

ICS 33 040 01
M 19

YD

中华人民共和国通信行业标准

YD/T 1638-2007

跨运营商的 IPv4 网络与 IPv6 网络 互通技术要求

Technical Specification for IPv4 Networks and IPv6
Networks Inter-networking Between Networks

2007-07-20 发布

2007-12-01 实施

中华人民共和国信息产业部 发布

目 次

前 言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 定义和缩略语	1
4 网络互通模型	3
5 互通功能要求	4
6 互通机制	5
7 路由策略要求	9
8 域名解析要求	9
9 服务质量要求	9
10 网络管理要求	9
11 安全要求	10
12 计费要求	10
参考文献	11

广东省网络空间安全协会受控资料

前 言

本标准根据《IP 网间互联总体技术要求》、《公用电信网间互联管理规定》、《互联网骨干网间互联管理暂行规定》、《中华人民共和国计算机信息网络国际联网管理暂行规定》以及相关技术标准，规定了不同运营商之间的 IPv4 网络与 IPv6 网络互联的总体技术要求。

本标准由网络互联互通技术标准工作组提出。

本标准由中国通信标准化协会归口。

本标准主要起草单位：信息产业部电信研究院、中国移动通信集团公司、中国电信集团公司、中国联通有限公司、中国网络通信集团公司、中国卫星通信集团公司、中国铁通集团公司

本标准主要起草人：曹蓟光、徐贵宝、袁 琦

广东省网络空间安全协会受控资料

跨运营商的 IPv4 网络与 IPv6 网络互通技术要求

1 范围

本标准规定了不同运营商的 IPv4 网络与 IPv6 网络进行互联的总体技术要求，包括网间互联模型、互联功能、互联机制和路由策略、域名解析、服务质量、网络管理、计费方式等方面的技术要求。

本标准可作为不同运营商之间进行 IPv4 网络与 IPv6 网络互联的技术依据。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本标准。然而，鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

YD/T 1170-2001	IP 网络技术要求——网络总体
YD/T 1771-2001	IP 网络技术要求——网络性能参数与指标
YD/T 1149-2001	IP 网络技术要求——计费
YD/T 1163-2001	IP 网络安全技术要求——安全框架
YD/T 1402-2005	IP 网间互联总体技术要求
YD/T 1097-2001	高端路由器技术要求

3 定义和缩略语

下列定义和缩略语适用于本标准。

3.1 定义

3.1.1 IPv4 网络

指基于 IPv4 协议的运营商 IP 网络。

3.1.2 IPv4 主机

指支持 IPv4 协议栈的通信终端。

3.1.3 IPv6 网络

指基于 IPv6 协议的运营商 IP 网络。

3.1.4 IPv6 主机

指支持 IPv6 协议栈的通信终端。

3.1.5 IPv4/IPv6 双栈网络

指同时支持 IPv4 协议栈和 IPv6 协议栈的 IP 网络。简称 IP 双栈网络。

3.1.6 IPvX 网络、IPvY 网络

分别指基于 IPvX 协议、IPvY 协议的运营商 IP 网络， $X \in \{4, 6\}$ ， $Y \in \{4, 6\}$ ，但 $X \neq Y$ 。

3.1.7 IP 网络

指基于 IPv4 协议和/或 IPv6 协议的 IP 网络，包括 IPv4 网络、IPv6 网络和双栈网络。

3.1.8 MPLS 网络

指支持 MPLS 协议的运营商 IP 网络。

3.1.9 互联点

指两个或多个运营商的 IP 网络间发生互联的地方。

3.1.10 对等方式互联

指运营商 A 的 IPvX 网络与运营商 B 的 IPvY 网络之间进行网络层面的互联，实现两个运营商 IP 网络的互通；这种方式下来自 IPvX 网络的流量终结在 IPvY 网络中，而不转接到第三方运营商 C 的 IP 网络中。参与对等方式互联的任何一方运营商，称为对等方。

3.1.11 转接方式互联

指运营商 A 的多个 IPvX 网络通过运营商 B 的 IPvY 网络进行网络层面的互联，或者运营商 A 的一个或多个 IPvX 网络通过运营商 B 的 IPvY 网络与运营商 C 的 IPvX 网络进行网络层面的互联，实现运营商 (A 或者 A 与 C) 的多个 IPvX 网络的互通。此时运营商 B 称为转接提供方；运营商 A、C 称为转接客户方。

3.1.12 网络互通

指建立运营商 IP 网络间的有效通信，这包括路由可达和 IP 包可达。

3.1.13 6 to 4 机制

一种利用兼容 IPv4 地址的特殊 IPv6 地址来实现 IPv4 网络与 IPv6 网络互通的自动隧道机制。采用的特殊 IPv6 地址前缀为 2002::/16。协议细节在 IETF RFC 3065 中定义。

3.1.14 6 over 4 机制

一种实现多个 IPv6 网络通过支持组播的 IPv4 网络互通的自动隧道机制。此时，IPv6 网络中的互联点均位于 IPv4 网络的同一组播域中，通过组播机制实现 IPv6 网络的互联。协议细节在 IETF RFC 2529 中定义。

3.2 缩略语

6 over 4		基于 6 over 4 自动隧道的互通机制
6 to 4		基于 6 to 4 自动隧道的互通机制
ALG	Application Level Gateway	应用层网关
BGP	Border Gateway Protocol	边界网关协议
DNS-ALG	DNS-Application Level Gateway	DNS 应用层网关
GRE	Generic Packet Tunneling in IPv6	IPv6 中的通用隧道
IP	Internet Protocol	互联协议
MPLS	Multi-Protocol Label Switch	多协议标签交换协议
NAT	Network Address Translation	网络地址翻译
NAPT	Network Address Port Translation	网络地址端口转换
NAPT-NT	Network Address Translation - Protocol Translation	网络地址翻译与协议翻译
TCP	Transmission Control Protocol	传输控制协议
TCP-RELAY		TCP 中继 (器)
TRT	TCP Relay Transition	TCP 中继迁移机制

UDP	User Datagram Protocol	用户数据报协议
UDP-RELAY		UDP 中继 (器)

4 网络互通模型

4.1 网络互通的含义

跨运营商的 IPv4 网络与 IPv6 网络互通是指不同运营商的 IPv4 网络与 IPv6 网络实现网络层面的互通，在网络层提供相互转发 IP 包和路由信息的服务，以使一个运营商的用户能够与另一个或多个运营商的用户相互通信或者能够使用另一个或多个运营商的各种 IP 业务。

运营商间 IPv4 网络与 IPv6 网络互通主要有 3 种情况：

- (1) 一个运营商的 IPvX 网络与另一运营商的 IPvY 网络的对等互联；
- (2) 一个运营商的多个 IPvX 网络通过另一个运营商 IPvY 网络的转接方式互联；
- (3) 一个运营的 IPvX 网络通过另一个运营商的 IPvY 网络与第三方运营商的 IPvX 网络的转接方式间互联。

4.2 网络互通模型结构示意图

不同运营商的 IPv4 网络与 IPv6 网络互通的典型模型结构示意图如图 1 所示。

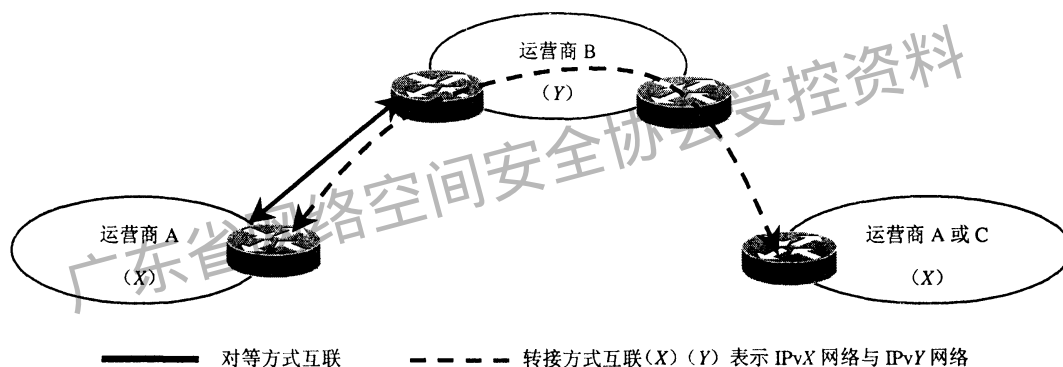


图 1 不同运营商的 IPv4 网络与 IPv6 网络互通的典型模型结构示意图

图中标示了跨运营商的 IPv4 网络与 IPv6 网络互通的两种主要方式：对等方式互联和转接方式互联。

说明：本标准所列举的互通模式是典型场景，是各种互通方式的示例说明。

4.2.1 对等方式互联

所谓对等方式互联，是指运营商 A 的 IPvX 网络与运营商 B 的 IPvY 网络之间互通。这种方式来自 IPvX 网络的 IP 流量终结在 IPvY 网络中，而不会转接到第三方运营商的 IP 网络中。

如图 2 所示，此时运营商 A 的 IPvX 网络与运营商 B 的 IPvY 网络互通需要互联网网关的支持。

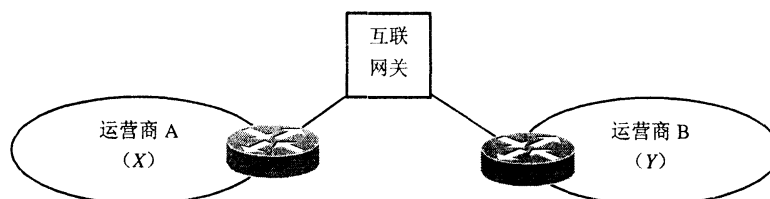


图 2 运营商 A 的 IPvX 网络与运营商 B 的 IPvY 网络对等互联结构图

互联网网关建议由 IPv6 网络运营商管理维护，但也可考虑由 IPv4 网络运营商或第三方来管理维护，可根据具体情况协商确定。

4.2.2 转接方式互联

(1) 运营商 A 的两个或多个 IPvX 网络通过运营商 B 的 IPvY 网络进行网络层面的互联, 实现同一运营商 (A) 的多个 IPvX 网络的互通。

如图 3 所示, 运营商 B 的 IPvY 网络作为运营商 A 的两个 IPvX 网络的中继, 负责传递两个 IPvX 网络的路由和 IP 包。运营商 A 的 IP 业务不会终结在运营商 B 的 IP 网络中。

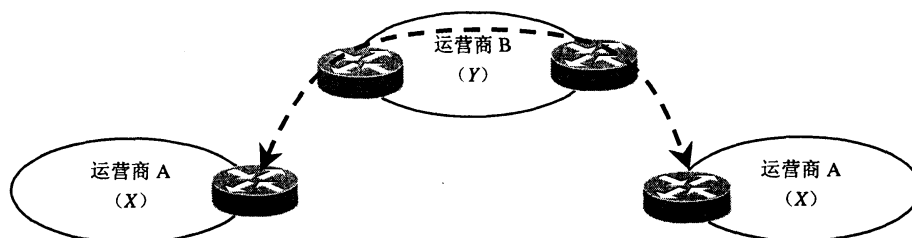


图 3 运营商 A 的两个 IPvX 网络通过运营商 B 的 IPvY 网络转接互联结构图

(2) 运营商 A 的一个或多个 IPvX 网络通过运营商 B 的 IPvY 网络与运营商 C 的 IPvX 网络进行网络层面的互联, 实现两个运营商的 IPvX 网络的互通。

如图 4 所示, 运营商 B 的 IPvY 网络作为运营商 A 和 C 的 IPvX 网络之间的桥梁, 运营商 A 和 C 的 IP 业务不会终结在运营商 B 的 IP 网络中。

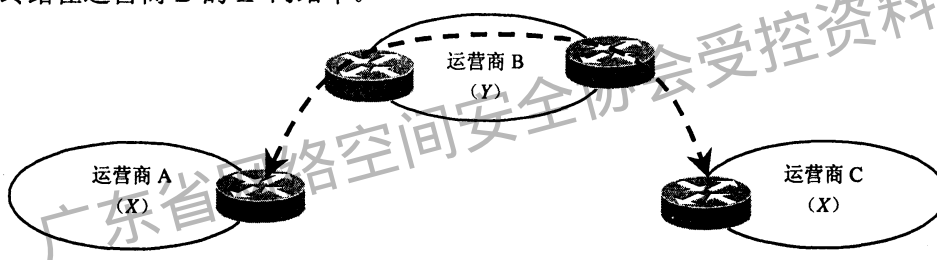


图 4 运营商 A 的 IPvX 网通过运营商 B 的 IPvY 网与运营商 C 的 IPvX 网进行转接互联结构图

5 互通功能要求

5.1 对等方式

互联网关要求支持双协议栈, 并具有网络层翻译功能 (如 NAT-PT)、TCP/UDP 中继功能 (如 TRT 等)、IPvY IN IPvX 隧道功能 (如手工配置隧道、ISATAP 隧道、TEREDO 隧道等)。

同时, 还要求互联网关能够提供 DNS-ALG 和其他一些业务网关 (ALG) 功能, 具体的 ALG 类型由两个运营商按照需要互通的业务类型来协商确定。

互联网关可以是一种物理设备, 也可以把互联网关的这些功能集成在互联点的路由器中。

5.2 转接方式

根据具体互通机制, 互联方应支持以下机制中的一种或多种: 手工配置隧道机制 (手工隧道 (RFC2893)、GRE 隧道 (RFC2473))、自动配置隧道机制 (6 to 4 机制 (RFC3065)、6 over 4 机制 (RFC2529))、MPLS BGP 隧道机制和隧道代理机制 (RFC3053)。

6 互通机制

6.1 对等互联方式的互通机制

6.1.1 运营商 A 的 IPvX 网络中的 IPvX 主机与运营商 B 的 IPvY 网络中的 IPvY 主机互通时

此时需要互联网关设备实现IP层的数据包格式转换或者TCP/UDP层面的协议中继。按照互联网关功能的不同，对等互联方式下的互通机制主要有两种：IP层翻译机制、TCP/UDP层中继机制。

6.1.1.1 IP层翻译机制

目前，IP层翻译机制主要指利用NAT-PT方法来实现不同运营商网络的对等互联。

在对等方式互联中，在IP层面可以采用NAT-PT方式进行互通，NAT-PT利用SIIT算法将运营商A的IPvX数据包翻译为运营商B的IPvY数据包。为了实现业务层面的互通，按照运营商A与运营商B之间达成的业务互通类型协议来设置相应的应用层网关(ALG)，以实现对业务层相关协议的翻译，如图5所示。

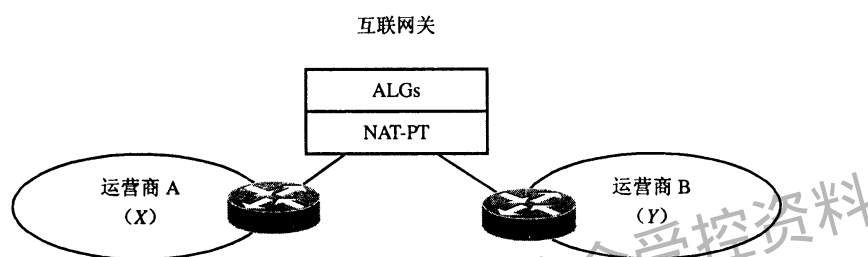


图 5 对等互联方式下的 IP 层翻译机制网络结构示意图

6.1.1.2 TCP/UDP层中继机制

TCP/UDP层中继机制是指在运营商A的IPvX网络与运营商B的IPvY网络之间设置TCP中继（Relay）或者UDP中继，如图6所示。

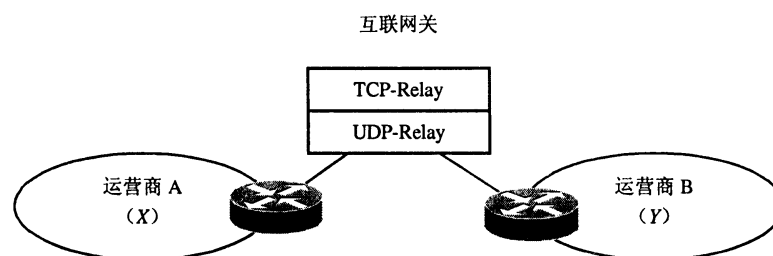


图 6 对等互联方式下的 TCP/UDP 层中继机制网络结构示意图

在这种方式下，运营商A到运营商B的所有TCP连接均通过TCP中继（TCP-RELAY）来完成。如运营商A中的IPvX主机需要与运营商B中的IPvY主机建立TCP连接，则运营商A的IPvX主机先与TCP中继建立TCP连接，然后TCP中继再与运营商B的IPvY主机建立TCP连接。要求TCP中继为双栈，并且同时支持基于IPv4的TCP连接和基于IPv6的TCP连接，如图7所示。

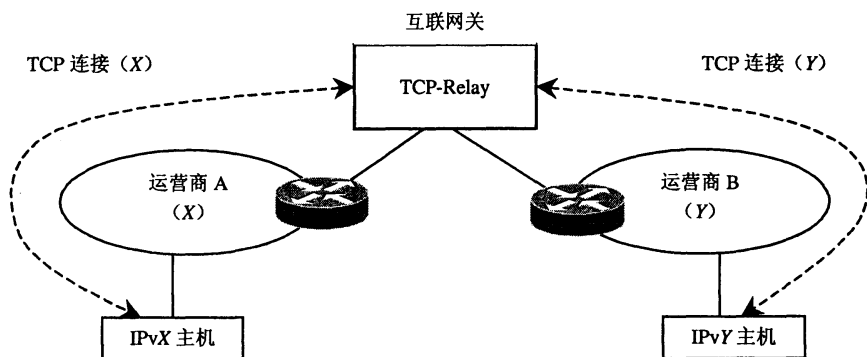


图 7 对等互联方式下的 TCP 中继方式示意图

在这种方式下，运营商A到运营商B的所有UDP连接均通过UDP中继（UDP-RELAY）来完成。如运营商A中的IPvX主机需要与运营商B中的IPvY主机建立UDP连接，则运营商A的IPvX主机先与UDP中继建立UDP连接，然后UDP中继再与运营商B的IPvY主机建立UDP连接。要求UDP中继为双栈，同时支持基于IPv4的UDP连接和基于IPv6的UDP连接，如图8所示。

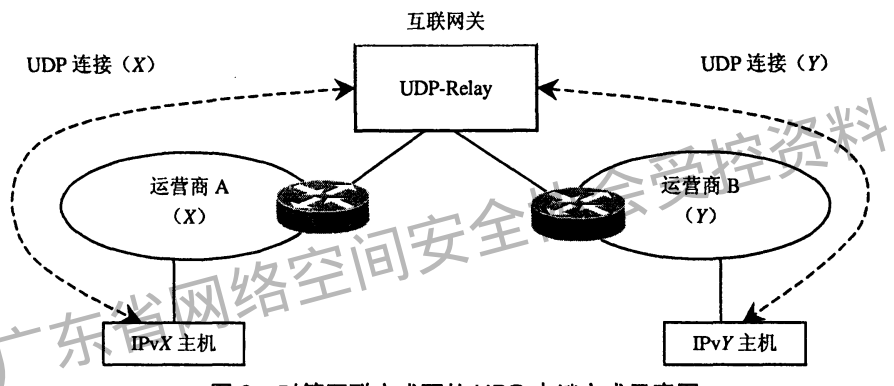


图 8 对等互联方式下的 UDP 中继方式示意图

6.1.2 运营商 A 的 IPvX 网络中的 IPvY 主机与运营商 B 的 IPvY 网络中的 IPvY 主机互通时

此时运营商A的IPvX网络中的IPvY主机需要与互联网网关间建立某种IPvY in IPvX的隧道（如手工配置隧道、ISATAP隧道、TEREDO隧道等），实现IPvY数据包在在IPvX网络中的传送，如图9所示。

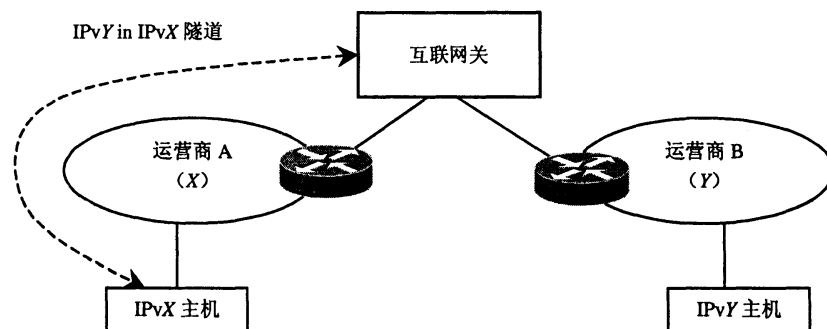


图 9 对等互联方式下的隧道机制示意图

这种情况下，运营商B的互联节点从运营商A处获得的是IPvY数据包，对运营商B的互联节点没有特殊要求，因此这种情况不在跨运营商IPv4网络与IPv6网络互联中考虑，不属于本建议的规定范畴。

6.2 转接互联方式的互通机制

转接互联方式下，运营商A的多个IPvX网络通过运营商B的IPvY网络进行互联主要有以下几种机制：手工配置隧道机制、自动配置隧道机制、MPLS BGP隧道机制、隧道代理机制。

6.2.1 手工配置隧道机制

在这种机制中，运营商A的 n 个IPvX网络之间通过手工配置隧道方式进行隧道连接，如图10所示。当这些IPvX网络进行全连接时则需要配置 $n(n-1)/2$ 个隧道。

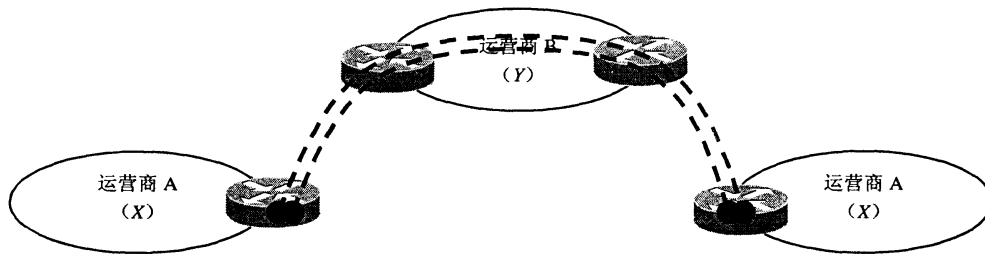


图 10 转接互联方式下手工配置隧道机制示意图

当 $X=6$, $Y=4$ 时，可以利用手工隧道（RFC2893 Manual Tunnel）来互联，如图11所示。

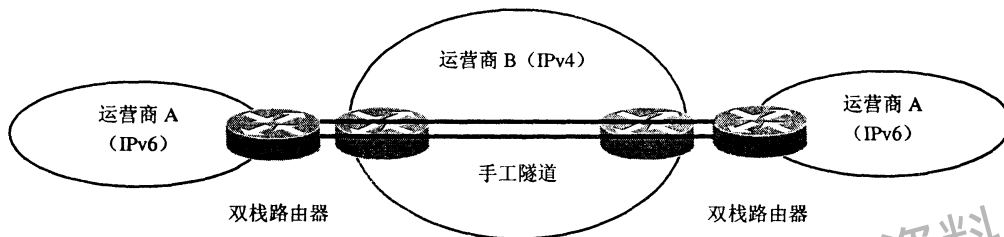


图 11 转接互联方式下手工隧道方式（RFC2893）示意图

此时，运营商B在IPv4网络中为运营商A的隧道端点提供IPv4路由。

当 $X=4$, $Y=6$ 时，可以利用GRE隧道（RFC2473 Generic Packet Tunneling in IPv6）来互联，如图12所示。

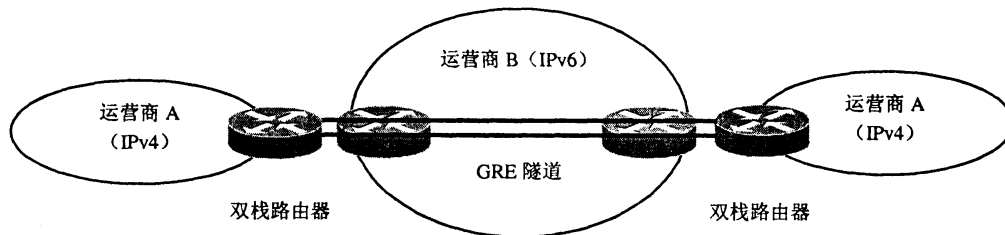


图 12 转接互联方式下的 GRE 隧道方式（RFC2473）示意图

此时，运营商B在IPv6网络中为运营商A的隧道端点提供IPv6路由。

在手工配置隧道机制中，要求互联点的双栈路由器同时支持双向隧道和单向隧道。

6.2.2 自动配置隧道机制

在中继互联方式下，可采用的自动配置隧道机制主要有：6 to 4机制、6 over 4机制。

1) 当 $Y=4$, $X=6$ 时，运营商A的IPv6网络可以采用6 to 4机制（RFC3065）实现网络互联，如图13所示。

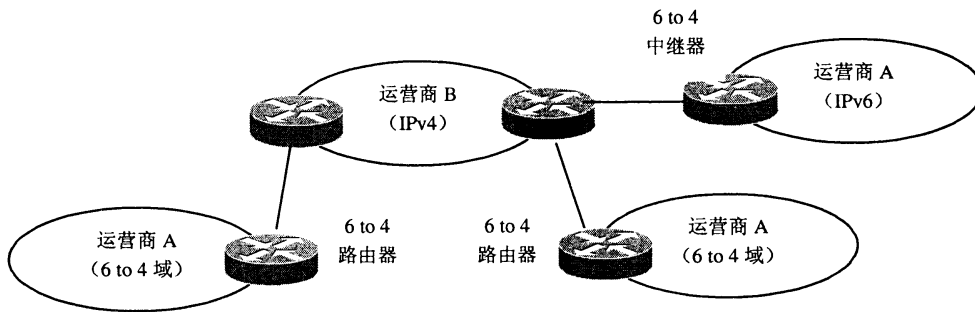


图 13 转接互联方式下的 6to4 机制示意图

当需要互联的运营商A的IPv6网络都是6 to 4域时，则要求互连节点均支持6 to 4协议，成为6 to 4路由器。当运营商A的IPv6网络有的是6 to 4域，有的是IPv6网络时，网络中需要同时配置6 to 4路由器和6 to 4中继器（6 to 4 RELAY），6 to 4中继器功能可以集成到6 to 4路由器中，也可以单独设置。

此时要求运营商B的IPv4网络为运营商A的6 to 4路由器和6 to 4中继器的IPv4地址提供IPv4路由。运营商A的IPv6网络和6 to 4域之间的路由采用MP-BGP方式进行交换与更新。

2) 当Y=4, X=6, 且运营商B的IPv4网络能够提供组播服务时，可以通过将互联点设备配置为运营商B的一个IPv4组播域，通过6 over 4机制（RFC2529）来实现运营商A的多个IPv6网络互通。

6.2.3 MPLS BGP 隧道机制

当运营商B的IPvY网络支持MPLS协议栈时，互联点的运营商B的设备为双栈PE设备，互联点的运营商A的设备为CE设备，运营商A的IPvX网络中的IPvX站点可以通过CE连接到一个或多个运行MP-BGP的双栈PE上。如图14所示。

此时，PE之间通过MP-BGP来交换IPvX的路由可达信息；并通过MPLS BGP隧道来传送IPvX数据包。当X=6, Y=4时，具体互联方式参见IETF draft-ooms-v6ops-bgp-tunnel-03.txt。

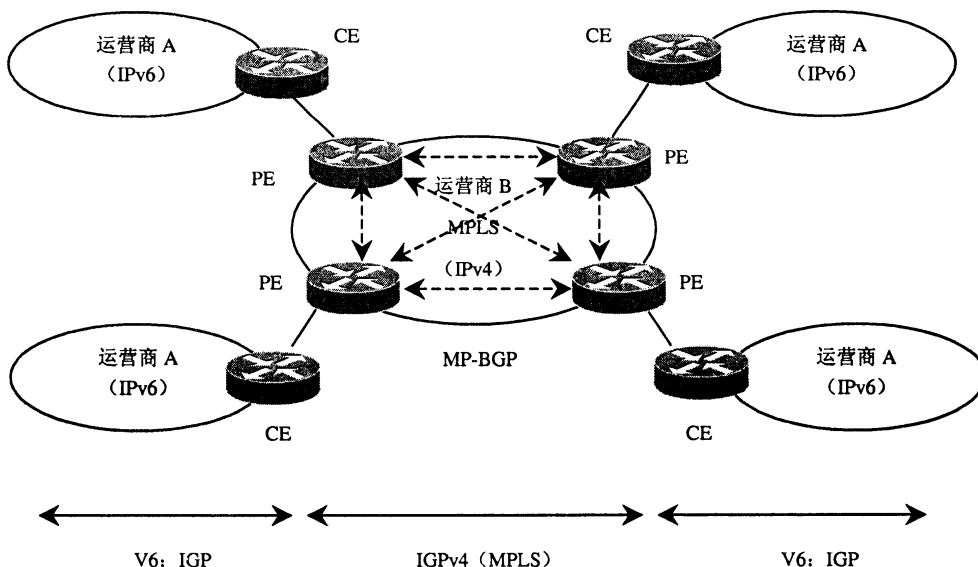


图 14 转接互联方式下的 MPLS BGP 机制示意图

6.2.4 隧道代理机制

当运营商A或C的多个IPv6网络并不是需要长期固定互联时，可以在网络中设置隧道代理(TUNNEL

BROKER)，通过隧道代理机制（RFC3053）实现不同 IPv6 网络之间按需进行隧道配置。

通常隧道代理由运营商 A 设置并维护，运营商 B 为运营商 A 或 C 的互连节点之间提供 IPv4 路由。要求运营商 A 或 C 的互连节点与隧道代理之间均已存在互通渠道，由隧道代理按照运营商 A 或 C 的互连节点请求，在互连节点之间建立 IPv4 隧道，实现运营商 A 或 C 的 IPv6 网络之间的互连，如图 15 所示。

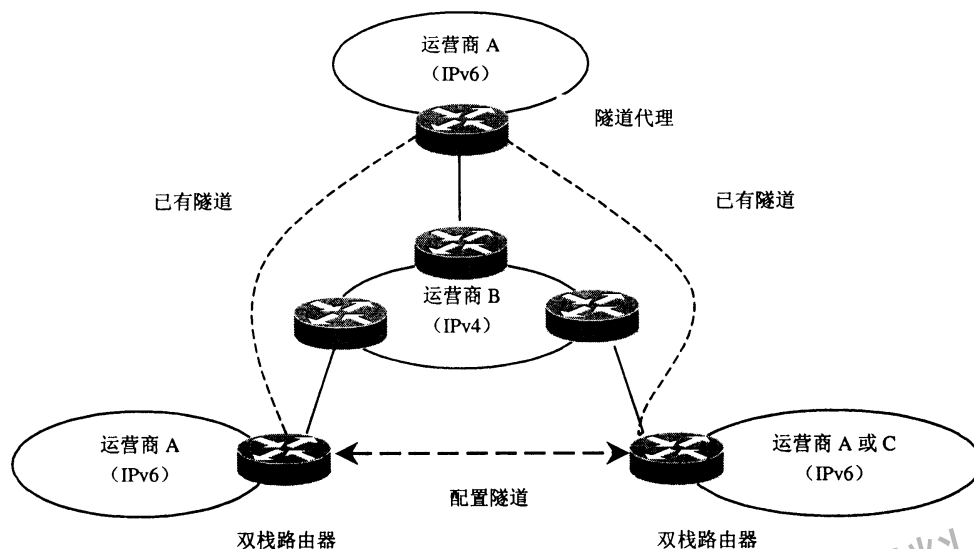


图 15 转接互联方式下的隧道代理机制示意图

7 路由策略要求

(1) 转接互联方式中，互联的 IP 网络通过 MP-BGP 方式实现跨网络的路由交换与更新。

(2) 在采用 6to4 机制互联时，为防止 IPv4 路由表成分混入 IPv6 路由表，不能将比 6to4 前缀 2002::/16 更精确的路由信息通告进入纯 IPv6 路由域中。并且所有纯 IPv6 网络必须过滤掉所有前缀长度大于 16 的 2002::路由公告。

8 域名解析要求

为了保证 IPv4 网络与 IPv6 网络互通时跨域的域名解析能够完成，避免出现域名空洞，建议运营商的域名解析服务器满足下述要求：

(1) 每一个 DNS 服务器至少支持 IPv4 协议。

(2) 每一个包含 IPv6 主机或双栈主机的 DNS 域至少应该有一个 DNS 服务器为 IPv4 与 IPv6 同时可达。

9 服务质量要求

跨运营商的 IPv4 网络与 IPv6 网络互通的服务质量要求应满足 YD/T 1402-2005 《IP 网间互联总体技术要求》中的相关规定。

对等方式互联中，互联网关进行 IP 层翻译和 TCP/UDP 层中继时，引入的时延一般应小于 1ms（暂定）。

转接方式互联中，由于隧道机制所引入的时延一般应小于 1ms（暂定）。

10 网络管理要求

运营商的互联点管理要求参见 YD/T 1402-2005 《IP 网间互联总体技术要求》。

要求互联方能够按以下互联协议对流量进行采集、统计、监测、过滤、分析、报表和备份：网络层翻译协议（如 NAT-PT）、中继协议（如 TRT 等）、业务网关协议（如 DNS-ALG 等）、隧道协议（如手工配置隧道、ISATAP 隧道、TEREDO 隧道等）。

11 安全要求

有关 IP 网络安全的详细要求可参考行标 YD/T 1163-2001 《IP 网络安全技术要求——安全框架》和 YD/T 1402-2005 《IP 网间互联总体技术要求》和《IP 网间互联安全技术要求》。

在转接互联方式中（图 4），多个运营商的 IPvX 网络间互联需要有信任机制，此机制可以通过运营商之间的合作协议来保证，也可以在不同运营商的互联节点之间采用某种安全认证协议，具体安全认证协议不作要求。

12 计费要求

本章规定 IP 网络的计费要求，有关 IP 网络计费的详细要求参见行标 YD/T 1149-2001 《IP 网络技术要求——计费》和 YD/T 1402-2005 《IP 网间互联总体技术要求》。

互联方均需提供双方互通流量的信息，这些互通流量信息应至少能按以下互联协议进行统计：网络层翻译协议（如 NAT-PT）、中继协议（如 TRT 等）、业务网关协议（如 DNS-ALG 等）、IPvY IN IPvX 隧道协议（如手工配置隧道、ISATAP 隧道及 TEREDO 隧道等）。

广东省网络空间安全协会受控资料

参考文献

- RFC2473 Generic Packet Tunneling in IPv6 Specification
- RFC2529 Transmission of IPv6 over IPv4 Domains without Explicit Tunnels
- RFC2766 Network Address Translation - Protocol Translation (NAT-PT)
- RFC2767 Dual Stack Hosts using the "Bump-In-the-Stack" Technique (BIS)
- RFC2893 Transition Mechanisms for IPv6 Hosts and Routers
- RFC3053 IPv6 Tunnel Broker
- RFC3056 Connection of IPv6 Domains via IPv4 Clouds
- RFC3089 A SOCKS-based IPv6/IPv4 Gateway Mechanism
- RFC3142 An IPv6-to-IPv4 Transport Relay Translator
- RFC3338 Dual Stack Hosts Using "Bump-in-the-API" (BIA)
- RFC 3574 Transition Scenarios for 3GPP Networks
- RFC 3750 Unmanaged Networks IPv6 Transition Scenarios
- RFC 3904 Evaluation of Transition Mechanisms for Unmanaged Networks
- RFC 3964 Security Considerations for 6to4
- RFC 4029 Scenarios and Analysis for Introducing IPv6 into ISP Networks
- RFC 4038 Application Aspects of IPv6 Transition
- RFC 4057 IPv6 Enterprise Network Scenariosdraft-ietf-ngtrans-isatap-22
- draft-ietf-ngtrans-isatap-22 Intra-site Automatic Tunnel Addressing Protocol
- draft-ooms-v6ops-bgp-tunnel-03 Connecting Ipv6 islands over Ipv4 MPLS using Ipv6 provider edge routers(6PE)
-

广东省网络空间安全协会受控资料

中华人民共和国
通信行业标准
跨运营商的 IPv4 网络与 IPv6 网络互通技术要求
YD/T 1638-2007

*

人民邮电出版社出版发行
北京市崇文区夕照寺街 14 号 A 座
邮政编码：100061
北京新瑞铭印刷有限公司印刷
版权所有 不得翻印

*

开本：880×1230 1/16 2007 年 12 月第 1 版
印张：1.25 2007 年 12 月北京第 1 次印刷
字数：30 千字

ISBN 978 - 7 - 115 - 1549/07 - 212

定价：15 元

本书如有印装质量问题，请与本社联系 电话：(010)67114922