

DHCPv6 技术详解

神州数码网络(北京)有限公司

2009 年 11 月

DHCPv6 技术概述

IPv6 协议具有地址空间巨大的特点，但同时长达 128 比特的 IPv6 地址又要求高效合理的地址自动分配和管理策略。IPv6 无状态地址配置协议[RFC2462] 是目前广泛采用的 IPv6 地址自动配置方式。配置了该协议的主机只需相邻路由器开启 IPv6 路由公告功能，即可以根据公告报文包含的前缀信息自动配置本机地址。但无状态地址配置方案中路由器并不记录所连接的 IPv6 主机的具体地址信息，可管理性差。而且当前无状态地址配置方式不能使 IPv6 主机获取 DNS 服务器的地址和域名等配置信息，在可用性上有一定缺陷。对于互联网服务提供商（ISP）来说，也没有相关的规范指明如何向路由器自动分配 IPv6 前缀，所以在部署 IPv6 网络时，只能采用手动配置的方法为路由交换设备配置 IPv6 地址。

DHCPv6 是动态主机配置协议（DHCP）的 IPv6 版本，协议基本规范由 RFC3315 定义。相对于 IPv6 无状态地址自动配置协议，DHCPv6 属于一种有状态地址自动配置协议。在有状态地址配置过程中，DHCPv6 服务器分配一个完整的 IPv6 地址给主机，并提供 DNS 服务器地址和域名等其它配置信息，这中间可能通过中继代理转交 DHCPv6 报文，而且最终服务器能把分配的 IPv6 地址和客户端的绑定关系记录在案，从而增强了网络的可管理性。DHCPv6 服务器也能提供无状态 DHCPv6 服务，即 DHCPv6 服务器不分配 IPv6 地址，仅需向主机提供 DNS 服务器地址和域名等其它配置信息，主机 IPv6 地址仍然通过路由器公告方式自动生成，这样配合使用就弥补了 IPv6 无状态地址自动配置的缺陷。DHCPv6 协议还提供了 DHCPv6 前缀代理的扩展功能，上游路由器可以自动为下游路由器分派地址前缀，从而实现了层次化网络环境中 IPv6 地址的自动规划，解决互联网提供商（ISP）的 IPv6 网络部署问题。

缩写和术语

DHCPv6（Dynamic Host Configuration Protocol Version 6）：DHCP(动态主机配置协议)是一种向客户端节点自动分配地址以及其它配置参数的协议。DHCPv6 是该协议的 IPv6 版本。

DHCPv6 客户端：发出请求消息希望从 DHCPv6 服务器获取配置信息的 IPv6 节点。

DHCPv6 服务器：响应 DHCPv6 客户端请求，向 DHCPv6 客户端分配地址以及其它配置参

数的节点，DHCPv6 服务器与 DHCPv6 客户端可以不在一条链路上。

DHCPv6 中继(Relay Agent): 在 DHCPv6 客户端和 DHCPv6 服务器之间转发 DHCPv6 报文的中间节点，DHCPv6 中继与 DHCPv6 服务器可以不在一条链路上，但与 DHCPv6 客户端一定在同一条链路上。

无状态 DHCPv6 服务: 客户端通过无状态 DHCPv6 只希望服务器提供诸如 DNS 服务器地址等其它配置参数给客户端，不需要服务器分配 IPv6 地址给客户端，从而服务器不需要维护客户端的状态信息。这种方法通常配合 IPv6 无状态地址配置使用。

DUID(DHCPv6 Unique ID): DHCPv6 参与节点的唯一标识符，每个 DHCPv6 客户端和 DHCPv6 服务器都有一个全局唯一的 DUID。

IA(Identity Association): 一组分配给 DHCPv6 客户端的地址，每个 IA 都与一个 IAID 相关联。每个客户端可以有多个分配的 IA，如不同接口都可以分配一个 IA，但一个 IA 只能与客户端一个接口绑定。

IAID: 每一 IA 都有一个 IAID，由客户端选取，对于分配给该客户端的每一 IA，相对于该客户端的所有其它 IA 来说，其 IAID 是唯一的。

Transaction ID: 用来匹配响应 DHCPv6 客户端请求而发出的回应消息的一个值，它用来同步客户端和服务端之间的请求和响应。一般 transaction-id 由客户端根据随机数生成，不容易和别的事务 ID 重复，也不容易被预测。

绑定(Binding): 绑定是服务器分配给客户端的地址和配置参数与客户端标识的一个关联关系，服务器通过记录绑定信息维护客户端的有状态配置。包含地址信息的绑定由 3 元组 <DUID, IA-type, IAID>唯一标识。

All_DHCP_Relay_Agents_and_Servers (FF02::1:2): DHCPv6 客户端用于与位于同一链路 DHCPv6 服务器或中继代理通信的本地链路多播地址，所有的 DHCPv6 服务器或中继代理都属于这个多播组。

All_DHCP_Servers (FF05::1:3): DHCPv6 中继代理用于与 DHCPv6 服务器通信的本地站点多播地址。当 DHCPv6 中继代理希望与本站点所有 DHCPv6 服务器，或者它不知道 DHCPv6 服务器的单播地址时，使用该地址作为 DHCPv6 消息的目的地址。

前缀请求路由器(Requesting Router): 作为 DHCPv6 客户端请求分配 IPv6 地址前缀，本文亦称作前缀请求客户端。

前缀代理路由器(Delegating Router): 作为 DHCPv6 服务器响应请求分配 IPv6 地址前缀给

前缀请求路由器，本文亦称作前缀代理服务器。

IA_PD(Identity Association for Prefix Delegation): 一组分配给前缀请求路由器的 IPv6 地址前缀，每个 IA_PD 都有一个相关的 IAID，IAID 由客户端选定，每个 IA_PD 的 IAID 在客户端是唯一的。一个 IA_PD 并不与一个接口绑定，但与一台请求路由器绑定。

DHCPv6 技术介绍

DHCPv6 服务器

DHCPv6 报文用于客户端、中继代理与服务器三者之间的通信，以完成 DHCPv6 的协议行为。DHCPv6 报文承载于 UDP 协议之上。DHCPv6 客户端使用 UDP 端口 547 向 DHCPv6 服务器或中继代理发送请求报文，DHCPv6 服务器和中继代理使用 UDP 端口 546 向 DHCPv6 客户端发送应答报文。DHCPv6 报文格式比较简单，不再象 DHCPv4 报文一样包含 BOOTP 报头，原来 BOOTP 报头的相关信息在 DHCPv6 报文中改用相关选项来代替。

当 DHCPv6 客户端向位于同一链路的 DHCPv6 服务器请求分配 IPv6 地址以及其它配置参数时，客户端首先要定位和选择合适的服务器，然后才能向服务器请求分配地址和其它配置参数。在定位服务器时，客户端向所有 DHCP 中继代理和服务器多播地址 (FF02::1:2) 发出 SOLICIT 消息希望发现合适的 DHCPv6 服务器。任何能够满足该请求的服务器都会发送一个 ADVERTISE 消息给客户端，其中包含可分配的配置信息以及服务器的身份标识(DUID) 和该服务器的优先值信息。客户端可能接收到多个这样的通告消息，依据某种策略(如选择服务器优先值选项中优先值最高的服务器)选择其中一个服务器，然后向选定服务器发送 REQUEST 消息请求服务器分配通告的 IPv6 地址和其它配置参数。被选择的服务器回应以 REPLY 消息，其中包含确认的 IPv6 地址和其它配置参数，客户端收到 REPLY 消息提取地址和配置参数完成 DHCPv6 配置任务。

如果客户端发送的 SOLICIT 消息包含快速回复(Rapid Commit)选项，则服务器直接回应以 REPLY 消息，其中包含 IPv6 地址和配置参数，即通过一次消息交换完成 DHCPv6 配置任务。由于省去了服务器选择过程，使用 Rapid Commit 选项要确保同一链路只有一个 DHCPv6 服务器提供地址服务。

服务器分配给客户端的地址同样是有生存期的，地址即将过期时，客户端向服务器发送

RENEW 消息，请求延续所分配的 IPv6 地址的生存期，服务器回应以 REPLY 消息，其中包含要求被延续生存期的地址选项。当客户端发送 RENEW 报文得不到回应，经过一段时间后，客户端会向 FF05::1:3 地址发送 REBIND 报文给网络中所有可能的 DHCPv6 服务器，希望延续地址的生存期或更新其它配置参数，匹配到客户端信息的 DHCPv6 服务器回应以 REPLY 消息。

如果 DHCPv6 客户端发现服务器分配的地址已经被其它节点占用，客户端要向服务器发出 DECLINE 报文，通知冲突地址的发生，服务器回应以 REPLY 消息。

DHCPv6 客户端链路因某种原因中断又恢复，或者客户端连接到新的链路以后，客户端要向服务器发送 CONFIRM 报文希望确定当前被分配的地址是否仍然适合连接的链路。服务器回应 REPLY 报文或不作响应。

最后客户端不再使用分配的地址时，向选定的服务器发送 RELEASE 消息请求服务器回收分配的 IPv6 地址。

DHCPv6 客户端和 DHCPv6 服务器交互过程如图 1 所示。

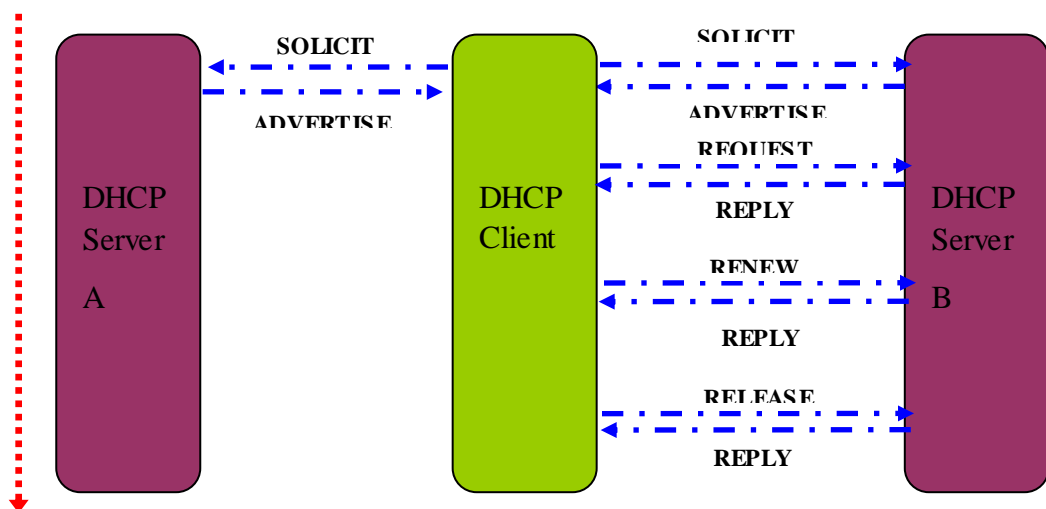


图 1 DHCPv6 客户端-服务器交互示意图

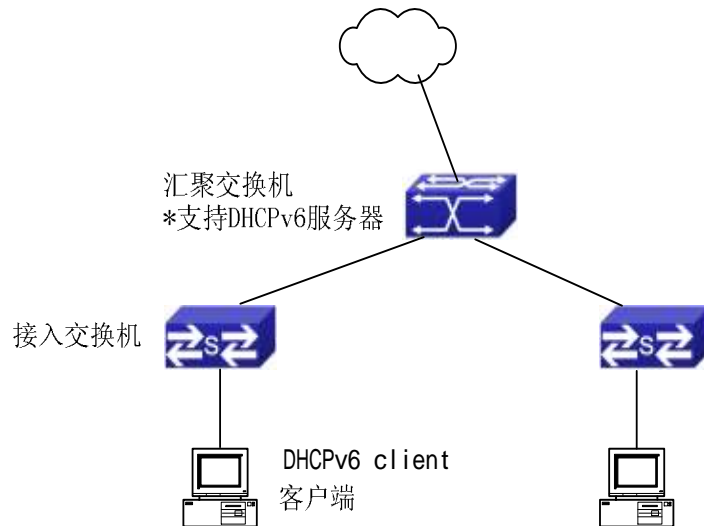


图 2 DHCPv6 服务器典型组网方式

DHCPv6 中继代理

当 DHCPv6 客户端希望从位于不同链路的 DHCPv6 服务器请求地址和配置参数时，客户端需要通过 DHCPv6 中继代理才能与服务器进行通信。中继代理节点收到来自客户端的 DHCPv6 消息，重新封装成 Relay-forward 报文转发给不在同一链路的服务器，服务器回应的 DHCPv6 消息被封装成 Relay-reply 报文交给 DHCPv6 中继代理节点，中继代理节点拆除中继封装还原成 DHCPv6 消息再转交给 DHCPv6 客户端，从而完成客户端与服务器之间的通信。

DHCPv6 客户端与服务器的通信路径允许包含多个 DHCPv6 中继。每经过一个中继节点，DHCPv6 消息需要重新进行一次中继封装和解封装。

DHCPv6 中继代理的工作过程如图 3 所示。

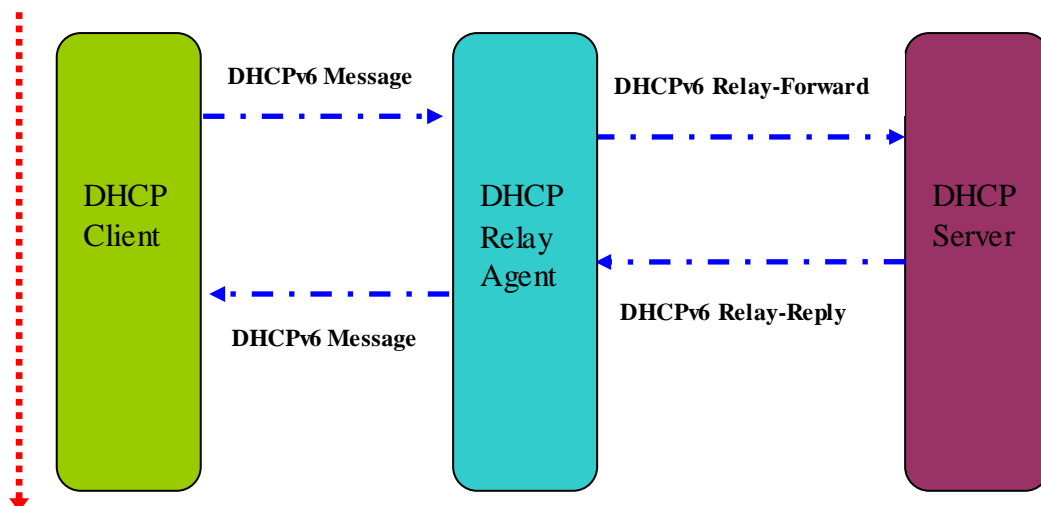


图 3 DHCPv6 中继代理工作示意图

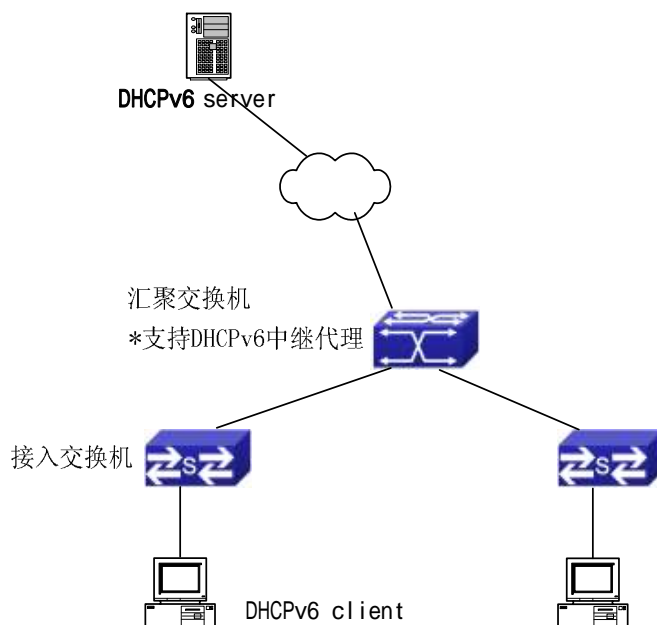


图 4 DHCPv6 中继代理典型组网方式

无状态 DHCPv6

无状态 DHCPv6 服务主要是配合基于路由器公告的无状态地址自动配置方式使用，DHCPv6 客户端希望从 DHCPv6 服务器获取通过路由器公告不能获得的配置参数，如 DNS 服务器地址、域名等信息，客户端 IPv6 地址仍然通过路由器公告方式生成，并不希望 DHCPv6 服务器分配地址。

在实现上，DHCPv6 客户端选择了服务器以后，向服务器发送 INFORMATION-REQUEST 报文请求提供相关配置参数，服务器收到请求回应以 REPLY 报

文提供请求的配置参数发送给客户端。无状态 DHCPv6 服务允许和有状态 DHCPv6 服务同时使用，DHCPv6 服务器根据客户端的请求类型决定不同的应答方式。

无状态的 DHCPv6 服务工作过程如图 5 所示。

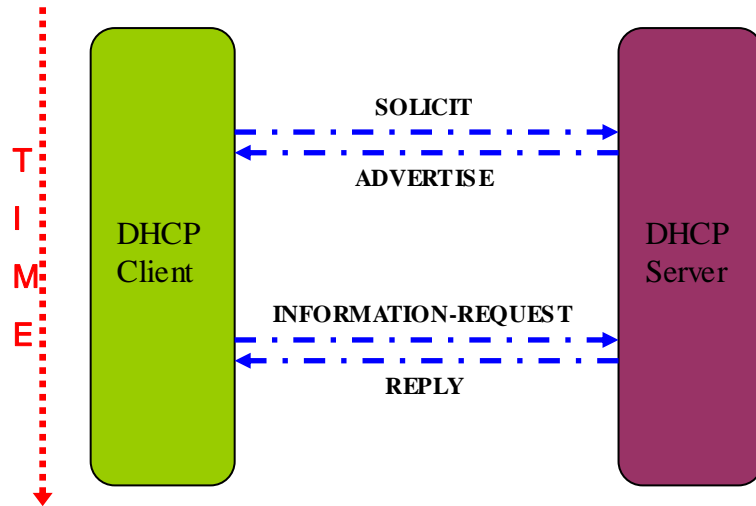


图 5 无状态 DHCPv6 服务工作示意图

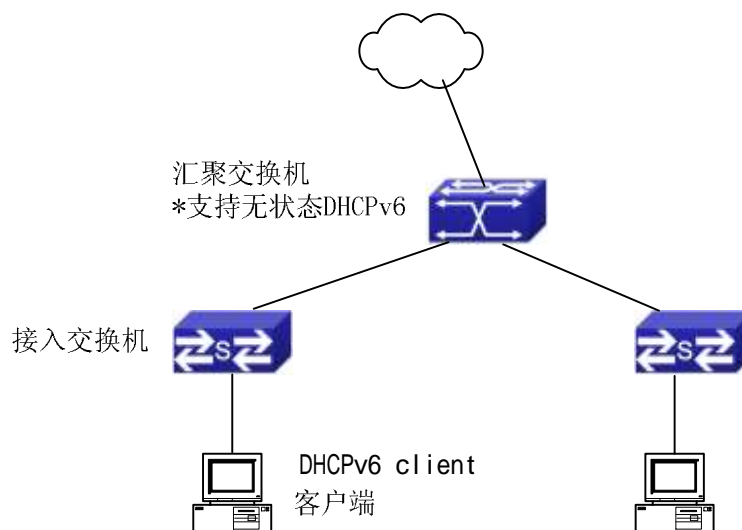


图 6 无状态 DHCPv6 典型组网方式

DHCPv6 前缀代理

DHCPv6 前缀代理(Prefix Delegation)是由 Cisco 公司提出的一种前缀分配机制，并在 RFC3633 中得以标准化。在一个层次化的网络拓扑结构中，不同层次的 IPv6 地址分派一般是手工指定的。这种方法扩展性不好，不利于地址的统一规划管理。通过前缀代理机制，下游网络路由器(CPE)不需要再手工指定用户侧链路的 IPv6 地址前缀，它只需要向上游网络路

由器(PE)提出前缀分配申请，上游网络路由器便可以分配合适的地址前缀给下游路由器，下游路由器把获得的前缀(一般前缀长度小于 64)进一步自动细分成 64 前缀长度的子网网段，把细分的地址前缀再通过路由公告(RA)至与主机直连的用户链路上，实现主机的地址自动配置，从而完成整个系统层次的地址布局。

与地址分配过程类似，前缀请求客户端首先需要发送 SOLICIT 报文发现前缀代理服务器，前缀代理服务器回应以 ADVERTISE 报文通告其存在，前缀请求客户端选择合适的前缀代理服务器后，发出 REQUEST 请求报文，前缀代理服务器回应以 REPLY 报文确认代理前缀的分配。前缀代理同样也支持 RAPID-COMMIT 快速交换方式。

DHCPv6 的前缀代理功能如图 7 所示。

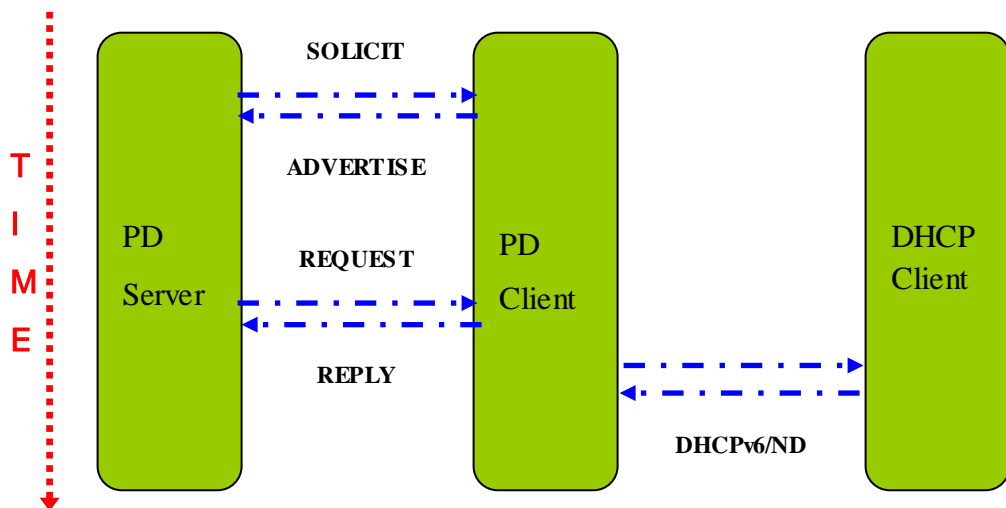


图 7 DHCPv6 前缀代理工作示意图

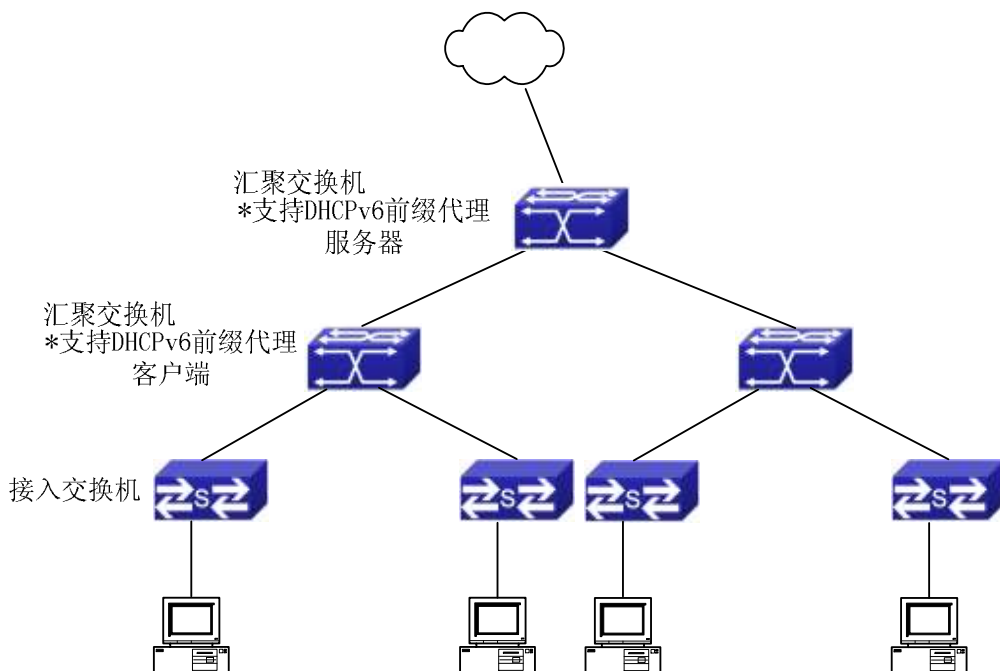


图 8 DHCPv6 前缀代理典型组网方式

主要特性

DHCPv6 功能目前已在 DCRS-5950 系列交换机,DCRS-98/76(68)00 系列交换机上实现。

目前已实现的 DHCPv6 功能特性包括:

- 支持有状态IPv6地址自动配置;
- 支持无状态DHCPv6服务;
- 支持自然顺序分配或者按照EUI-64方式分配IPv6地址;
- 支持冲突地址检测和规避;
- 支持快速回复(Rapid Commit)选项;
- 支持服务器ALLOW-HINT功能, 响应客户端的地址建议值;
- 支持DNS服务器地址(DNS recursive name server)、域名列表(Domain search list)选项;
- 支持厂商信息(Vendor specific)选项;
- 支持DHCPv6中继代理功能;
- 支持DHCPv6前缀代理功能;
- 支持IPv6通用前缀配置。

技术特色与优势

全面支持有/无状态 DHCPv6、支持 DHCPv6 中继代理以及支持 DHCPv6 前缀代理, 是当前同类产品中功能最为齐全的, 能广泛应用于校园网、企业网以及运营商等各个领域。

典型应用指南

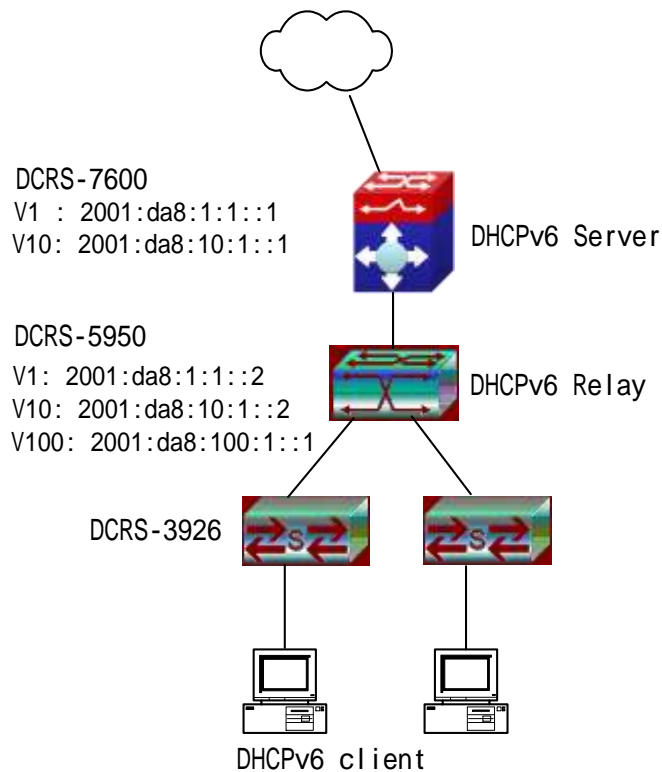
DHCPv6 服务器与中继代理的典型应用

实现功能

在部署全 IPv6 校园网时, 若使用专门的服务器进行 IPv6 地址的统一分配和管理, 则可

以使用 DCRS 系列路由交换机的 DHCPv6 服务器功能进行 IPv6 地址分派。DHCPv6 服务器同时支持有状态与无状态 DHCPv6。

网络拓扑



接入层使用 DCRS-3926 交换机，连接宿舍楼栋的用户；一级汇聚层使用 DCRS-5950-28(52)T 做 DHCPv6 中继代理；二级汇聚层使用 DCRS-7608 做 DHCPv6 服务器，并与骨干网或更高的汇聚层设备相连；用户 PC 端一般装有 Windows Vista 操作系统，具有 DHCPv6 客户端。

DHCPv6 前缀代理的典型应用

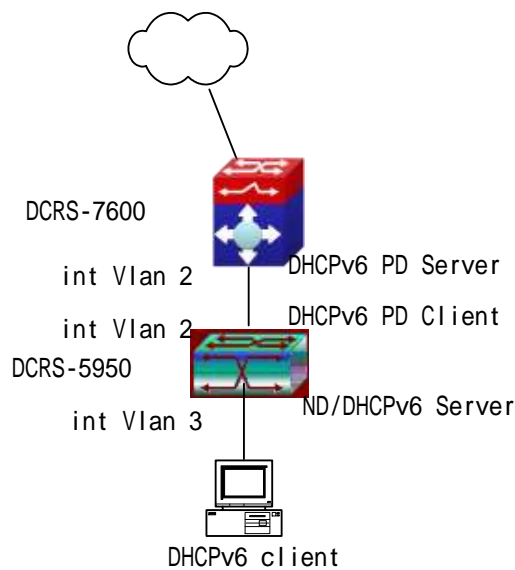
实现功能

运营商在部署层次化的 IPv6 网络时，不再需要为网络下游的路由交换设备手工配置 IPv6 地址，可以通过前缀代理机制，实现层次化 IPv6 网络的自动配置：

1. 配置上游路由交换设备为 DHCPv6 前缀代理服务器，维护一个保存已分配前缀与下游设备 DUID 关联信息的本地数据库；

2. 配置下游路由交换设备为前缀代理客户端，通过与前缀代理服务器进行类似 DHCPv6地址分配相似的交互，获得长度小于64的IPv6地址前缀；
3. 获得前缀的下游接入设备与用户PC处于同一链路的接口通过路由公告(RA)告知接入用户所在链路的前缀信息，用户的PC机进一步通过无状态地址自动配置获取 IPv6地址；同时，该接口配置无状态DHCPv6服务器，为DHCPv6 client提供DNS、Domain name信息。

网络拓扑



下游路由交换设备使用 DCRS-5950，与上游路由交换设备相连的接口配置前缀代理客户端，与用户 PC 处于同一链路的接口配置无状态 DHCPv6 服务器，为 PC 提供无状态信息（如 DNS、domain name 等），并开启无状态地址自动配置的路由公告；上游路由交换设备使用 DCRS-7608，配置前缀代理服务器，开启有状态地址自动配置的路由公告；用户 PC 端一般装有 Windows Vista 操作系统，具有 DHCPv6 客户端。