

IPv6地址配置

一、IPv6地址配置方式

1、IPv6地址配置的方式可以分为静态配置与动态配置

2、动态地址配置又可以分为：

2.1、无状态地址自动配置【Stateless Address Autoconfiguration | SLAAC】

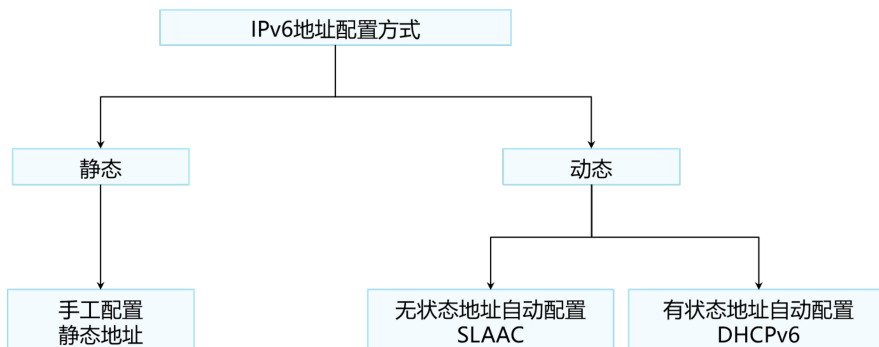
2.1.1、不需要IPv6地址分配服务器保存和管理每个节点的状态信息的一种IPv6地址自动配置方式，称之为IPv6无状态地址自动配置

2.1.2、无状态地址自动配置方式基于NDP来实现

2.2、有状态地址自动配置【Stateful Address Autoconfiguration】

2.2.1、IPv6地址分配服务器必须保存每个节点的状态信息，并管理这些保存的信息，这种方式称之为IPv6有状态地址自动配置

2.2.2、有状态地址自动配置基于DHCPv6【Dynamic Host Configuration Protocol for IPv6】来实现



二、IPv6地址无状态自动配置过程

1、PC1根据本地的接口ID自动生成链路本地地址

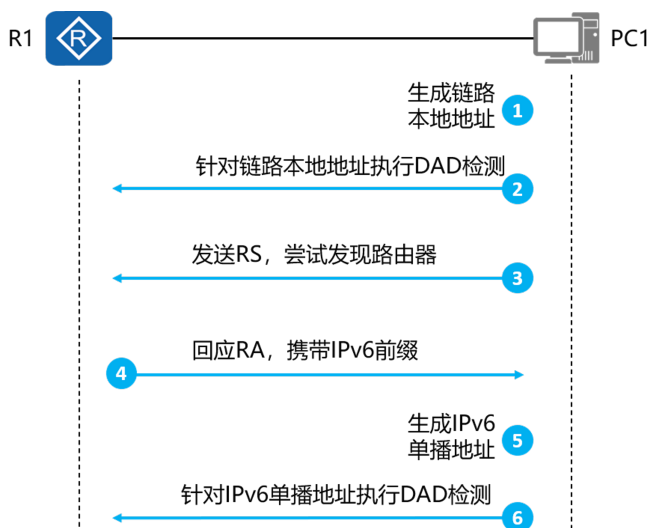
2、PC1对该链路本地地址进行DAD检测，如果该地址无冲突则可启用，此时PC1具备IPv6连接能力

3、PC1发送RS报文，尝试在链路上发现IPv6路由器

4、R1发送RA报文【携带可用于无状态地址自动配置的IPv6地址前缀。路由器在没有收到RS报文时也能够主动发出RA报文】

5、PC1解析路由器发送的RA报文，获得IPv6地址前缀，使用该前缀加上本地的接口ID生成IPv6单播地址

6、PC1对生成的IPv6单播地址进行DAD检测，如果没有检测到冲突，则启用该地址



三、RA报文中的Flags字段

1、M-bit：管理地址配置标识

1.1、M-bit默认为0，此时收到该RA的终端将使用RA中包含的IPv6前缀来构造单播地址，即采用无状态地址自动配置

1.2、M-bit设置为1时，收到该RA的终端将使用DHCPv6来获取地址及其它信息。当M-bit为1时，终端可以忽略O-bit。即终端将使用DHCPv6来获取地址及其它信息【如：DNS等】

注：使用命令可将M-bit设置为1：ipv6 nd autoconfig managed-address-flag

2、O-bit：其它有状态配置标识

2.1、O-bit默认为0，此时收到该RA的终端进行无状态自动配置。即路由设备通过RA报文向终端发布除IPv6地址外的其它配置信息

2.2、O-bit设置为1时，收到该RA的终端将使用DHCPv6来获取除地址之外的其它参数

注：使用命令可将O-bit设置为1：ipv6 nd autoconfig other-flag

```
Internet Control Message Protocol V6
Type: 134 (Router advertisement)
Code: 0
Checksum: 0x4a68 [Correct]
Cur Hop Limit: 64
Flags: 0x00
  0 . . . . . = Not managed
  . 0 . . . . = Not Other
  . . 0 . . . = Not Home Agent
  . . . 0 . . = Router Preference:
Medium
  . . . . 0 . = Not Proxied
Router Lifetime: 1800
Reachable time : 0
Retrans timer: 0
ICMPv6 Option (Source Link-layer address)
ICMPv6 Option (MTU)
ICMPv6 Option (Prefix information)
```

3、A-bit，用于指示终端设备是否能使用该前缀进行无状态地址自动配置

3.1、A-bit被设置为0时，此时终端不能使用该前缀进行无状态地址自动配置

3.2、A-bit被设置为1时，终端可以使用该前缀进行无状态自动配置

注：使用如下命令将该比特位设置为0：ipv6 nd ra prefix 2001:DB8:: 64 2592000 604800 no-autoconfig

```
Internet Control Message Protocol V6
Type: 134 (Router advertisement)
Code: 0
...
Retrans timer: 0
ICMPv6 Option (Source Link-layer address)
ICMPv6 Option (Prefix information)
  Type: Prefix information
  Prefix-Length: 64
Flags: 0xc0
  1 . . . . . = On-Link Flag (L) : Set
  . 1 . . . . = Autonomously Addr-conf flag (A) : Set
  . . 00 0000 = Reserved: 0
Valid lifetime : 2592000
Preferred lifetime: 604800
Reserved
Prefix : 2001:DB8::
```

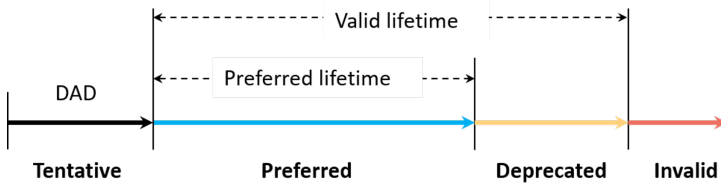
4、生存周期字段

4.1、当终端获取到前缀并生成IPv6单播地址后，首先进入Tentative状态，在通过DAD后，该地址将进入Preferred状态，并在Preferred lifetime内保持该状态

4.2、在Preferred状态，终端可以正常收发报文。Preferred lifetime超时后，地址进入Deprecated状态，并在Valid lifetime内保持该状态

4.3、在Deprecated状态，该地址仍然有效，现有的连接可以继续使用该地址，但是无法使用该地址建立新的连接

4.4、当Valid lifetime超时后，地址进入Invalid状态，表示该地址无法继续使用



```

Internet Control Message Protocol V6
Type: 134 (Router advertisement)
Code: 0
...
Retrans timer: 0
田 ICMPv6 Option (Source Link-layer address)
田 ICMPv6 Option (Prefix information)
  Type: Prefix information
  Prefix-Length: 64
田 Flags: 0xc0
  1 . . . . . = On-Link Flag (L) : Set
  . 1 . . . . . = Autonomouns Addr-conf flag (A) :
Set
  . . 00 0000 = Reserved: 0
Valid lifetime : 2592000
Preferred lifetime: 604800
Reserved
Prefix : 2001:DB8::

```

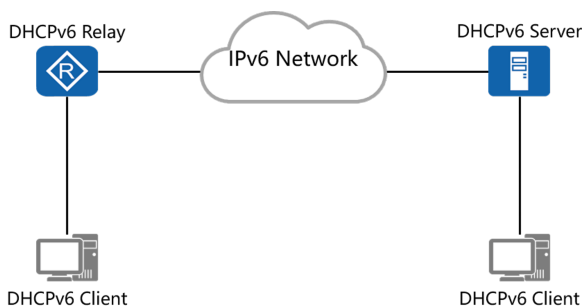
四、DHCPv6概述

- 1、DHCPv6针对IPv6编址方案设计，支持对客户端分配IPv6前缀、IPv6地址和其它网络配置参数，并记录这些信息，便于网络管理
- 2、DHCPv6又分为如下三种：
 - 2.1、DHCPv6有状态自动配置：DHCPv6服务器自动配置IPv6地址/前缀及其它网络配置参数【DNS、NIS、SNTP服务器地址等参数】
 - 2.2、DHCPv6无状态自动配置：主机IPv6地址仍然通过路由通告方式自动生成，DHCPv6服务器只分配除IPv6地址以外的配置参数，包括DNS服务器等参数
 - 2.3、DHCPv6 PD【Prefix Delegation，前缀代理】自动配置：下层网络路由器不需要再手工指定用户侧链路的IPv6地址前缀，它只需要向上层网络路由器提出前缀分配申请，上层网络路由器便可以分配合适的地址前缀给下层路由器，下层路由器把获得的前缀【前缀一般长度小于64】进一步自动细分成64位前缀长度的子网网段，把细分的地址前缀再通过路由通告（RA）至与IPv6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IPv6网络的层次化布局

五、DHCPv6网络构成

DHCPv6基本协议架构主要包括以下3种角色：

- 1、DHCPv6 Client：DHCPv6客户端，通过与DHCPv6服务器进行报文交互，获取IPv6地址/前缀和其他网络配置参数，完成自身的网络配置
- 2、DHCPv6 Server：DHCPv6服务器，负责处理来自客户端或中继的地址分配、地址续租、地址释放等请求，为客户端分配IPv6地址/前缀和其他网络配置参数
- 3、DHCPv6 Relay：DHCPv6中继，负责转发来自客户端或服务器的DHCPv6报文，协助DHCPv6客户端和DHCPv6服务器完成地址配置功能

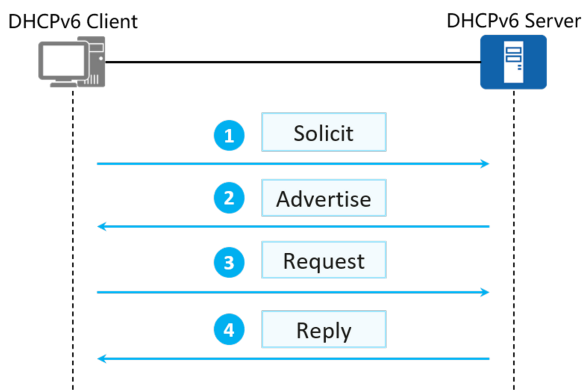


六、DHCPv6有状态自动配置 — 四步交互

四步交互是指DHCPv6客户端与服务器交互四次来完成前缀/地址等参数获取的过程

- 1、DHCPv6客户端发送Solicit消息，请求DHCPv6服务器为其分配IPv6地址/前缀和网络配置参数

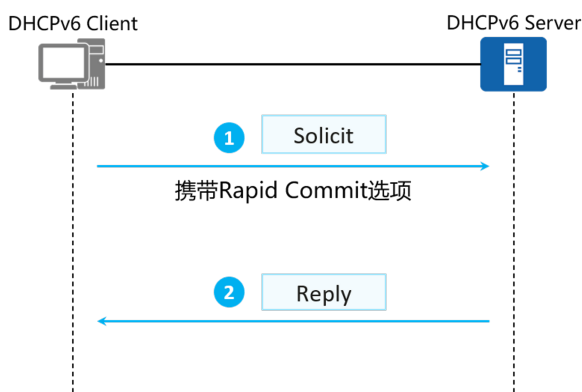
- 2、DHCPv6服务器回复Advertise消息，通知客户端可以为其分配的地址/前缀和网络配置参数
- 3、如果DHCPv6客户端接收到多个服务器回复的Advertise消息，则根据消息接收的先后顺序、服务器优先级等，选择其中一台服务器，并向该服务器发送Request消息，请求服务器确认为其分配地址/前缀和网络配置参数
- 4、DHCPv6服务器回复Reply消息，确认将地址/前缀和网络配置参数分配给客户端使用



七、DHCPv6有状态自动配置 - 两步交互

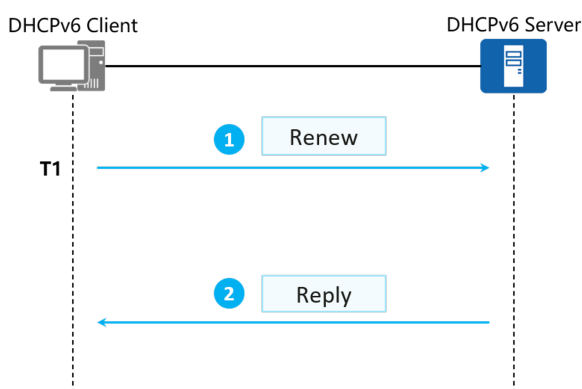
DHCPv6客户端可以在发送的Solicit消息中携带Rapid Commit选项，标识客户端希望服务器能够快速为其分配地址/前缀和网络配置参数

- 1、DHCPv6客户端发送Solicit报文，携带Rapid Commit选项
- 2、DHCPv6服务器接收到Solicit报文后，将会判断，如果DHCPv6服务器支持快速分配，则直接返回Reply报文，为客户端分配IPv6地址/前缀和其他网络配置参数。如果DHCPv6服务器不支持快速分配，则将采用四步交互方式



八、地址 / 前缀租约更新

- 1、DHCPv6服务器分配的IPv6地址/前缀具有有效时间。地址/前缀的租借时间超过有效时间后，DHCPv6客户端不能再使用该地址/前缀
- 2、因此在有效时间超时之前，如果DHCPv6客户端希望继续使用该地址/前缀，则需要更新地址/前缀的租约
 - 2.1、DHCPv6客户端在T1时刻【默认为Preferred Lifetime的1/2】发送Renew报文进行地址/前缀租约更新请求
 - 2.2、如果DHCPv6客户端可以继续使用该地址/前缀，则DHCPv6服务器回应续约成功的Reply报文，通知DHCPv6客户端已经成功更新地址/前缀租约。否则，DHCPv6服务器回应续约失败的Reply报文，通知DHCPv6客户端不能获得新的租约



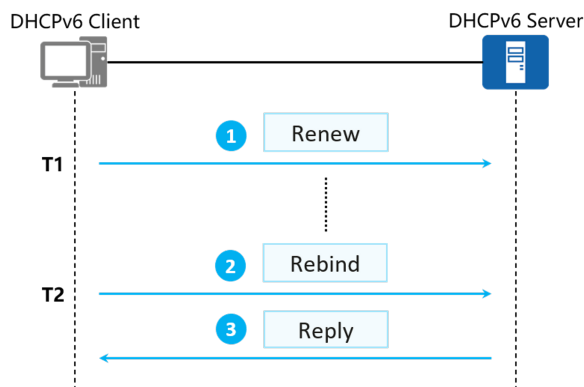
- 3、如果DHCPv6服务器未响应T1时刻DHCPv6客户端发出的Renew请求，则客户端会在T2【默认为Preferred Lifetime的0.8倍】向所有

DHCPv6服务器组播发送Rebind请求更新租约

3.1、DHCPv6客户端在T1时刻发送Renew请求更新租约，但是没有收到DHCPv6服务器的回应报文

3.2、DHCPv6客户端在T2时刻，向所有DHCPv6服务器组播发送Rebind报文请求更新租约

3.3、如果DHCPv6客户端可以继续使用该地址/前缀，则DHCPv6服务器回应续约成功的Reply报文，通知DHCPv6客户端已经成功更新地址/前缀租约。否则DHCPv6服务器回应续约失败的Reply报文，通知DHCPv6客户端不能获得新的租约

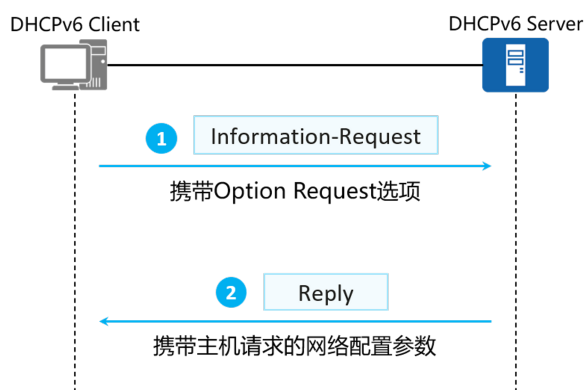


九、DHCPv6无状态自动配置

1、DHCPv6服务器为已经具有IPv6地址/前缀的客户端分配除地址/前缀以外的其它网络配置参数，该过程称为DHCPv6无状态自动配置

1.1、DHCPv6客户端以组播的方式向DHCPv6服务器发送Information-request报文，该报文中携带Option Request选项，指定客户端需要从服务器获取的配置参数

1.2、服务器收到该报文后，为客户端分配网络配置参数，并单播发送Reply报文将网络配置参数返回给客户端。客户端检查Reply报文中提供的信息，如果与Information-request报文中请求的配置参数相符，则按照Reply报文中提供的参数进行网络配置；否则，忽略该参数



十、DHCPv6 PD自动配置

1、在一个层次化的网络结构中，不同层次的IPv6地址配置一般是手工指定的。手工配置IPv6地址扩展性不佳，不利于IPv6地址的统一规划管理。DHCPv6 PD可以解决这个问题

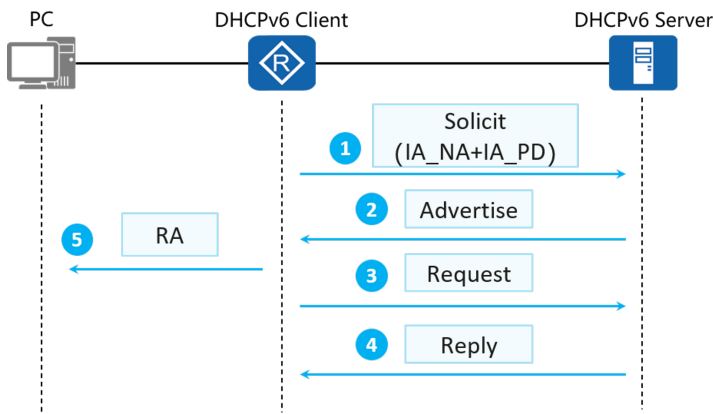
1.1、DHCPv6客户端发送Solicit报文，请求DHCPv6服务器为其分配IA_NA地址和IA_PD前缀

1.2、DHCPv6服务器回复Advertise报文，通知客户端可以为其分配的IPv6地址和前缀

1.3、如果客户端接收到多个服务器回复的Advertise报文，则根据Advertise报文中的服务器优先级等参数，选择优先级最高的一台服务器（若服务器优先级一样，则选择带有该客户端需要的配置参数的Advertise报文），并向其发送Request报文，请求为其分配地址/前缀

1.4、DHCPv6服务器回复Reply报文，确认将IPv6地址/前缀分配给DHCPv6客户端

1.5、DHCPv6客户端在收到PD前缀后，与终端进行RS/RA报文交互，在RA报文中将携带获取到的PD前缀下发至终端



十一、DHCPv6中继工作过程

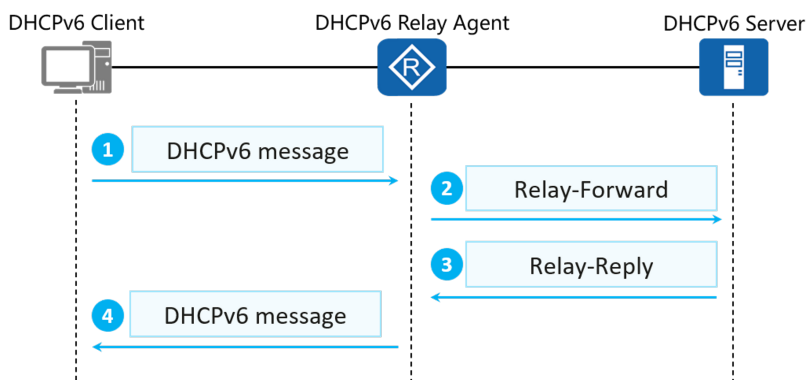
1、当服务器和客户端不在一个网段时，需要使用到DHCPv6中继来完成IPv6地址/前缀和其它网络配置参数的获取

1.1、DHCPv6客户端向所有DHCPv6服务器和DHCPv6中继的组播地址FF02::1:2发送请求报文

1.2、DHCPv6中继收到客户端的报文后，将其封装在Relay-Forward报文中，并将Relay-Forward报文发送给DHCPv6服务器或下一跳中继

1.3、DHCPv6服务器从Relay-Forward报文中解析出DHCPv6客户端的请求，为DHCPv6客户端选取IPv6地址和其它配置参数，并将Relay-Reply报文发送给DHCPv6中继

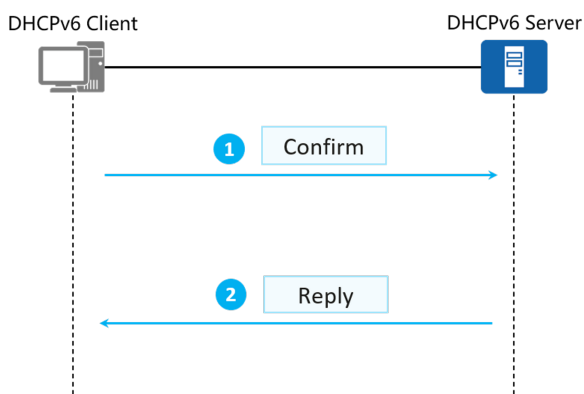
1.4、DHCPv6中继从Relay-Reply报文中解析出DHCPv6服务器的应答，转发给DHCPv6客户端



十二、DHCPv6地址确认过程

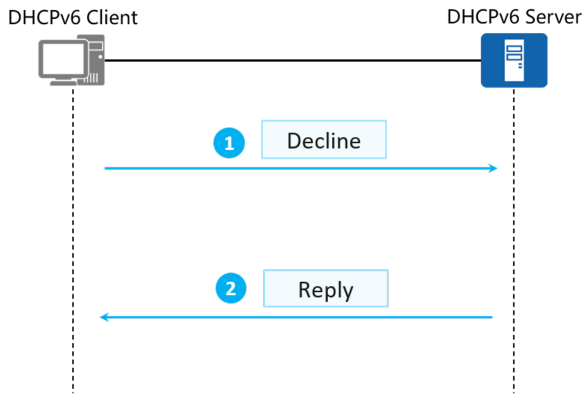
1、当客户端有断电、掉线、漫游等情况发生时，客户端会发送Confirm报文确认自己的IPv6地址是否可用

2、如果客户端确认的地址是合法的，则服务器回应；如果没有回应，则客户端需要重新启动地址申请流程



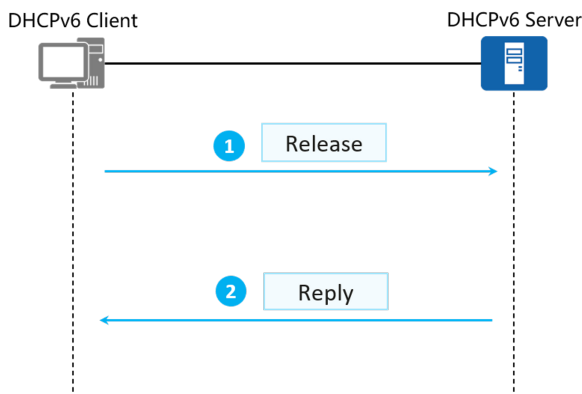
十三、DHCPv6地址冲突检测过程

1、客户端完成地址申请后，会在开始使用该地址前发起DAD探测。如果DAD检测到地址存在冲突，则客户端发送Decline消息通知服务器，并不再使用该地址



十四、DHCPv6地址释放过程

当客户端不需要再使用某地址时，将发送Release消息至服务器，发起释放地址的交互流程



十五、DHCPv6报文总结

报文类型	报文作用
Solicit	DHCPv6客户端发送该消息，请求DHCPv6服务器为其分配IPv6地址/前缀和网络配置参数
Advertise	DHCPv6服务器发送Advertise消息，通知客户端可以为其分配的地址/前缀和网络配置参数
Request	如果DHCPv6客户端接收到多个服务器回复的Advertise消息，则根据消息接收的先后顺序、服务器优先级等，选择其中一台服务器，并向该服务器发送Request消息，请求服务器确认为其分配地址/前缀和网络配置参数
Reply	DHCPv6服务器发送Reply消息，确认将地址/前缀和网络配置参数分配给客户端使用
Information-Request	客户端向DHCPv6服务器发送Information-request报文，该报文中携带Option Request选项，指定客户端需要从服务器获取的配置参数
Renew	地址/前缀租借时间到达时间T1时，DHCPv6客户端会向为它分配地址/前缀的DHCPv6服务器单播发送Renew报文，以进行地址/前缀租约的更新
Rebind	如果在T1时发送Renew请求更新租约，但是没有收到DHCPv6服务器的回应报文，则DHCPv6客户端会在T2时，向所有DHCPv6服务器组播发送Rebind报文请求更新租约
Confirm	当有断电、掉线、漫游等情况发生时，客户端会发送Confirm报文确认自己的IP地址是否可用
Decline	当客户端发现地址冲突时，发送Decline通知服务器

十六、地址自动配置比较

地址配置	基于DHCPv6	基于NDP
地址管理	有状态，服务器端存储用户地址或前缀的分配和释放信息	无状态，不保存用户地址分配信息
部署价值	支持128bit地址和不同长度的前缀分配，扩展性强	只支持64bit前缀配置，扩展性差
实现难度	配置复杂	配置简单
安全性	应用层协议，安全性强	安全性较差

十七、IPv6无状态获取地址与有状态获取地址的配置
详细配置见实验手册