



中华人民共和国国家标准

GB/T 44866.3—2024

面向单栈 IPv6 网络的 4over6 技术要求 第 3 部分:基于 IPv6 网络的 IPv4 地址动态分配

Technical requirements of 4over6 technology in IPv6-only network—
Part 3: IPv4 address dynamic allocation based on IPv6-only network

2024-10-26 发布

2025-02-01 实施

国家市场监督管理总局 发布
国家标准化管理委员会

目 次

前言 III

引言 IV

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 缩略语 2

5 概述 2

6 DHCPv6 选项消息处理要求 2

 6.1 消息类型 2

 6.2 消息格式 3

 6.3 DHCPv4 查询消息标志 3

 6.4 DHCPv4 响应消息标志 3

7 DHCPv6 选项扩展 4

 7.1 DHCPv6 消息选项格式 4

 7.2 DHCP 4o6 服务器地址选项格式 4

8 DHCPv4 查询单播标志的使用要求 5

9 DHCP 4o6 客户端行为要求 5

 9.1 获取 IPv6 配置与服务器地址选项处理 5

 9.2 多宿主配置与处理 5

 9.3 DHCPv4 查询消息的处理 6

 9.4 DHCPv4 响应消息的处理 6

10 DHCP 4o6 中继代理行为要求 6

11 DHCP 4o6 服务器行为要求 7

参考文献 8



前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

GB/T 44866《面向单栈 IPv6 网络的 4over6 技术要求》与 GB/T 44887《IPv6 演进技术要求》、GB/T 44598《多域 IPv6 单栈网络总体技术要求》共同构成 IPv6 演进技术的国家标准体系。

本文件是 GB/T 44866《面向单栈 IPv6 网络的 4over6 技术要求》的第3部分。GB/T 44866 已经发布了以下部分：

——第1部分：基于 IPv6 骨干网的 IPv4 网络互联；

——第3部分：基于 IPv6 网络的 IPv4 地址动态分配。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中华人民共和国工业和信息化部提出。

本文件由全国通信标准化技术委员会(SAC/TC 485)归口。

本文件起草单位：清华大学、北京中关村实验室、中国信息通信研究院、国家计算机网络应急技术处理协调中心、中国电信集团有限公司、中国移动通信集团有限公司、中国联合网络通信集团有限公司、华为技术有限公司、上海诺基亚贝尔股份有限公司。

本文件主要起草人：崔勇、吴建平、董江、张蕾、徐璐、许志勇、赵慧玲、曹蓟光、田辉、赵锋、高巍、王文磊、解冲锋、孙琼、陆璐、刘鹏、段晓东、王海军、李振斌、范大卫、郭大勇、陈端。

引 言

根据《关于加快推进互联网协议第六版(IPv6)规模部署和应用工作的通知》,为推动 IPv6 技术融合、构建 IPv6 技术体系,推动 IPv6 规模部署和应用成果标准化,我国制定了一系列 IPv6 技术标准。其中,GB/T 44866《面向单栈 IPv6 网络的 4over6 技术要求》是在我国开展 IPv6 规模部署的关键时期,为规范 4over6 过渡技术要求而制定的标准,由三个部分构成。

- 第 1 部分:基于 IPv6 骨干网的 IPv4 网络互联。目的在于规范 IPv6 骨干网的 IPv4 网络互联。
- 第 2 部分:基于 IPv6 接入网的 IPv4 网络互联。目的在于规范 IPv6 接入网采用 IPv4 公有地址及地址复用的方式实现用户与 IPv4 网络的双向互联。
- 第 3 部分:基于 IPv6 网络的 IPv4 地址动态分配。目的在于规范 IPv6 网络用户支持 IPv4 地址动态分配的机制。



面向单栈 IPv6 网络的 4over6 技术要求

第 3 部分：基于 IPv6 网络的 IPv4 地址动态分配

1 范围

本文件规定了一种使用 DHCPv6 协议在 IPv6 网络上动态分配 IPv4 地址和其他特定配置参数的要求。

本文件适用于在单栈 IPv6 网络客户端采用 DHCPv6 协议向 DHCPv6 服务器动态获取 IPv4 地址的场景。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

IETF RFC 2131(1993) 动态主机配置协议(Dynamic Host Configuration Protocol)

IETF RFC 3315(2003) IPv6 动态主机配置协议(Dynamic Host Configuration Protocol for IPv6)

IETF RFC 4242(2005) IPv6 动态主机配置协议(DHCPv6)的信息刷新时间选项[Information Refresh Time Option for Dynamic Host Configuration Protocol for IPv6 (DHCPv6)]

IETF RFC 4361(2006) DHCPv4 的特定节点客户标识符(Node-specific Client Identifiers for DHCPv4)

IETF RFC 7283(2014) 处理未知 DHCPv6 消息(Handling Unknown DHCPv6 Messages)

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

DHCPv6 **Dynamic Host Configuration Protocol for IPv6**

用于 IPv6 网络的动态主机配置协议，可实现网络参数、IP 地址和前缀等信息的配置。

3.2

DHCP 4o6 **DHCPv4 over DHCPv6**

用于在 DHCPv6 消息的有效负载中承载 DHCPv4 消息的协议。

3.3

DHCP 4o6 客户端 **DHCPv4 over DHCPv6 client**

支持 DHCPv6 协议和 DHCP 4o6 协议的 DHCP 客户端。

注：客户端能够使用 DHCPv6 请求 IPv6 配置，并通过 DHCPv6 请求使用 DHCPv4 的 IPv4 配置。

3.4

DHCP 4o6 服务器 **DHCPv4 over DHCPv6 server**

能够处理封装在 DHCPv4 消息选项中的 DHCPv4 数据包的 DHCP 服务器。

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

CPE:客户端设备(Customer Premises Equipment)

DHCP:动态主机配置协议(Dynamic Host Configuration Protocol)

DHCPv4:用于 IPv4 的动态主机配置协议(Dynamic Host Configuration Protocol for IPv4)

DHCPv6:用于 IPv6 的动态主机配置协议(Dynamic Host Configuration Protocol for IPv6)

IPv4:互联网协议第四版(Internet Protocol version 4)

IPv6:互联网协议第六版(Internet Protocol version 6)

ORO:选项请求项(Option Request Option)

MBZ:应为零(Must Be Zero)

UDP:用户数据报协议(User Datagram Protocol)

5 概述

在单栈 IPv6 网络中,客户端通过 4over6 机制访问 IPv4 互联网服务,并利用 DHCP 协议动态申请 IPv4 地址。CPE 作为 DHCP 客户端,其通过 IPv6 网络向 DHCPv6 服务器申请 IPv4 地址。

DHCP 4o6 机制的部署方式如图 1 所示。图 1 展示了 DHCP 4o6 协议业务的部署架构,DHCP 4o6 客户端可部署在 CPE 设备、终端主机或任何支持 DHCP 客户端功能的其他设备上。

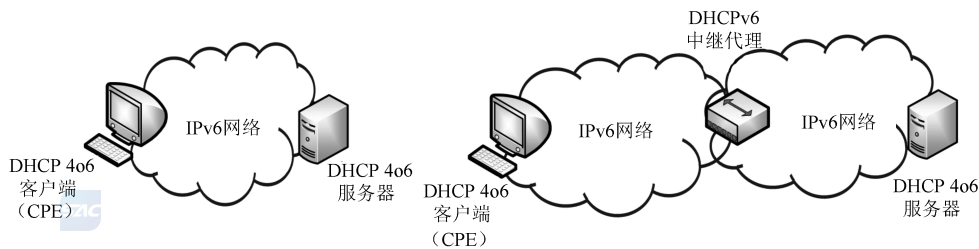


图 1 DHCP 4o6 协议业务部署架构

本文件对 DHCP 4o6 机制中的消息格式和操作流程进行了定义,并对 DHCP 4o6 客户端、服务器和中继代理实体的处理过程进行了规定,以实现在 IPv6 网络上通过 DHCPv6 协议动态申请 IPv4 地址。

6 DHCPv6 选项消息处理要求

6.1 消息类型

在 DHCP 4o6 机制中,主要采用两个 DHCPv6 消息来实现在客户端和服务器之间传递 DHCP 4o6 消息:DHCPv4-QUERY 和 DHCPv4-RESPONSE。具体消息如下。

- DHCPv4-QUERY (20):DHCP 4o6 客户端会向 DHCP 4o6 服务器发送 DHCPv4-QUERY 消息。这个消息中包含了一个 DHCPv4 消息选项,DHCP 4o6 客户端使用这个选项向服务器请求 IPv4 配置参数。
- DHCPv4-RESPONSE (21): DHCP 4o6 服务器向 DHCP 4o6 客户端发送 DHCPv4-RESPONSE 消息。它包含一个 DHCPv4 消息选项,其中携带一个 DHCPv4 消息,作为对

DHCPv4-QUERY 消息中 DHCPv4 消息选项接收到的 DHCPv4 消息的响应。
注：DHCPv4-QUERY 和 DHCPv4-RESPONSE 的消息类型(msg-type)的取值为 20,21。

6.2 消息格式

- DHCPv4 查询和 DHCP4 响应消息的格式如图 2 所示。具体字段定义如下。
- 消息类型字段(msg-type)应设置为 DHCPv4-QUERY(20)或 DHCPv4-RESPONSE(21),以区分客户端请求和服务器响应。
 - 标志位字段(flags)用于提供附加信息,以便服务器正确处理 DHCPv4-QUERY 消息中封装的 DHCPv4 消息,或客户端正确处理 DHCPv4-RESPONSE 消息中封装的 DHCPv4 消息。
 - 选项字段(options)应携带 DHCPv4 消息选项。此字段只能包含用于 IPv4 配置相关的 DHCPv6 选项。不应包含仅适用于 IPv6 配置或仅与 IPv6 服务配置相关的 DHCPv6 选项。

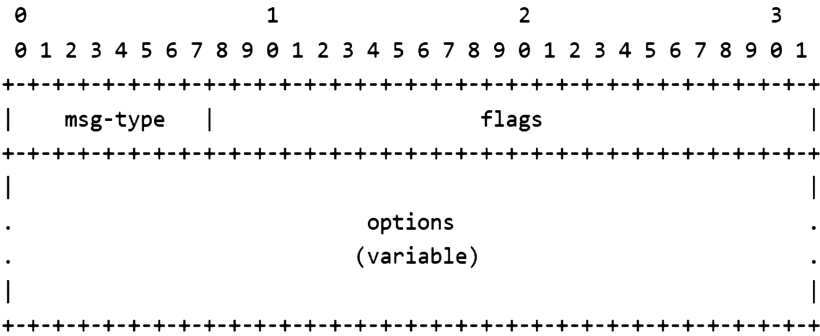


图 2 DHCPv4 查询和 DHCPv4 响应消息的格式

6.3 DHCPv4 查询消息标志

DHCPv4-QUERY 消息的标志(flags)字段用于携带服务器处理封装的 DHCPv4 消息所需的额外信息。该字段仅使用一个比特位。其余比特位保留用于未来使用。标志字段的格式如图 3 所示。具体字段定义如下。

- 单播标志(U)占用 1 比特。设置为 1 时,表示封装的 DHCPv4 消息应使用单播地址发送;设置为 0 时,表示封装的 DHCPv4 消息应使用广播地址发送。
- 应为零(MBZ)字段为保留字段,在发送时应设置为 0,在接收时应被忽略。

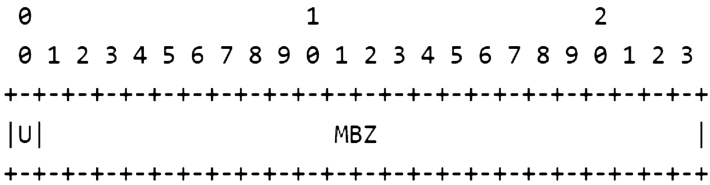


图 3 DHCPv4 查询标志格式



6.4 DHCPv4 响应消息标志

在 DHCPv4-RESPONSE 消息的标志位字段中不引入任何标志。所有位均保留供后续使用。DHCP 4o6 服务器应将此字段的所有位设置为 0,DHCP 4o6 客户端应忽略此字段中的内容。

7 DHCPv6 选项扩展

7.1 DHCPv4 消息选项格式

DHCPv4 消息选项携带由客户端或服务器发送的 DHCPv4 消息。不包括任何 IP 或 UDP 头。
DHCPv4 消息选项的格式如图 4 所示。具体消息字段定义如下。

- 选项码(option-code)取值为 OPTION_DHCPv4_MSG(87)。
- 选项长度(option-len)定义 DHCPv4 消息的长度。
- DHCPv4 消息(DHCPv4-message)是客户端或服务器发送的 DHCPv4 消息。在 DHCPv4-query 消息中,它包含客户端发送的 DHCPv4 消息;在 DHCPv4-response 消息中,它包含服务器发送的 DHCPv4 消息,作为对客户端的响应。

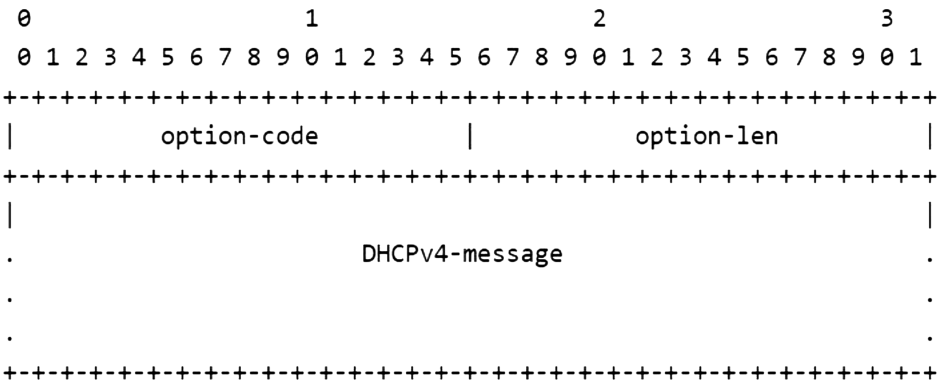


图 4 DHCPv4 消息选项格式

7.2 DHCP 4o6 服务器地址选项格式

DHCP 4o6 服务器地址选项由 DHCPv6 服务器向请求 IPv6 配置的客户端发送。此选项包含一个 IPv6 地址列表,指定了客户端为获取 IPv4 配置应联系的 DHCP 4o6 服务器地址。列表中的地址包括多播和单播地址。客户端应向此选项中包含的所有唯一地址发送其请求。

若该选项未携带任何 IPv6 地址,则客户端应将所有的 DHCP 中继代理和服务器多播地址用作目标地址。

若服务器的响应中包含该选项的存在,表明客户端应采用 DHCP 4o6 来获取 IPv4 配置。若响应中未包含 DHCP 4o6 服务器地址选项,则客户端不应激活 DHCP 4o6 功能。

DHCP 4o6 服务器地址选项的格式如图 5 所示。具体消息字段定义如下:

- 选项码(option-code)取值为 OPTION_DHCP4_O_DHCP6_SERVER(88);
- 选项长度(option-len)携带的 IPv6 地址长度,即 16 个字节的倍数,最小长度可为 0;
- IPv6 地址[IPv6 Address(es)]是 DHCP 4o6 服务器的一个或多个 IPv6 地址。

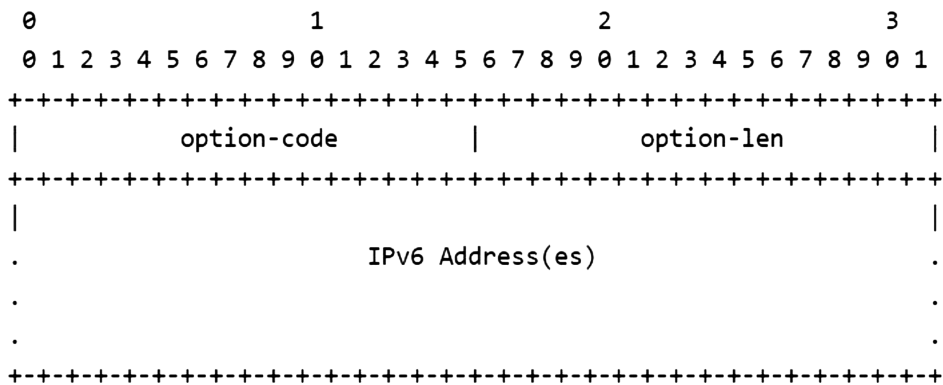


图 5 DHCP 4o6 服务器地址选项格式

8 DHCPv4 查询单播标志的使用要求

DHCPv4 客户端根据其当前状态,可将 DHCPREQUEST 消息发送到广播或单播地址。例如,处于续租状态下的客户端应使用单播地址与 DHCPv4 服务器进行通信,以续租其 IP 地址租约;而处于重新绑定状态的客户端则应使用广播地址进行通信。

在 DHCP 4o6 机制中,使用 IPv6 传送 DHCPv4 消息至 DHCP 4o6 服务器。IPv6 地址作为外部传输地址,与封装在内的 DHCPv4 消息之间没有关联,因此,DHCP 4o6 服务器无法仅通过 IPv6 地址判断 DHCPv4 消息的发送方式是使用单播还是广播。

为了使服务器能够识别客户端的通信状态,DHCPv4 查询消息中携带了一个单播标志。当 DHCPv4 客户端把 DHCPv4 消息发送到单播地址时,应将该将此标志设置为 1。若 DHCPv4 客户端向 IPv4 广播地址发送消息,则应将该标志设置为 0。消息是通过广播还是单播发送的选择,应符合 IETF RFC 2131(1993)中第 4 章的相关要求。

9 DHCP 4o6 客户端行为要求

9.1 获取 IPv6 配置与服务器地址选项处理

在采用 DHCP 4o6 机制之前,客户端应从 DHCPv6 服务器获取必要的 IPv6 配置。

客户端在发送的每一个 DHCPv6 请求消息中,包括征求(Solicit)、请求(Request)、续租(Renew)、重新绑定(Rebind)和信息请求(Information-request)消息,均应使用 ORO 请求 DHCP 4o6 服务器地址选项。

若 DHCPv6 服务器响应中包含此选项,标明客户端可使用 DHCP 4o6 机制获取 IPv4 配置。如果 DHCPv6 服务器响应中不包含 DHCP 4o6 服务器地址选项,则客户端不能使用 DHCP 4o6 请求 IPv4 配置。

若客户端已经根据 DHCP 4o6 服务器地址获得了 IPv6 配置,但该配置随后过期,或者续订的 IPv6 配置不包含 DHCP 4o6 服务器地址选项,客户端应停止使用 DHCP 4o6 请求或更新 IPv4 配置。

只要客户端希望使用 DHCP 4o6,它应继续在发送给 DHCPv6 服务器的消息中请求 DHCP 4o6 服务器地址选项,以确保其能够继续利用该机制获取 IPv4 配置。

9.2 多宿主配置与处理

在多归属配置中,可能存在多个包含 DHCP 4o6 服务器地址选项的配置。在这种情况下,这些配

置被视为独立的,当任何此类配置处于激活状态时,可为该配置启用 DHCP 4o6 功能。

在实际的配置中可将这些配置视为互斥的,即一次只保持一个配置处于激活状态。在这种情况下,只要配置有效,客户端将持续保持同一配置处于激活状态。若该配置失效,但其他一个或多个配置仍然有效,客户端就会激活其余有效配置中的一个。

在某些应用中,同时保持多个配置处于活动状态可能会提供有用的冗余,但在其他情况下,则会带来不必要的复杂性。

若客户端接收到包含 DHCP 4o6 服务器地址选项的 DHCPv6 选项,且该接口上使用了 DHCPv4,则客户端应停止在该接口上使用 DHCPv4 接收到的 IPv4 配置。客户端可向 DHCPv4 服务器发送 DHCPRELEASE 消息,以放弃现有租约。只要从 DHCPv6 服务器收到的消息中包含 DHCP 4o6 服务器地址选项,客户端就不应在此接口上使用 DHCPv4。

若客户端收到的 DHCP 4o6 服务器地址选项不包含 IP 地址,即为空选项,则客户端应向 All_DHCP_Relay_Agents_and_Servers 多播地址发送请求。如果选项中包含 IP 地址列表,则客户端应向选项中的每个唯一地址发送请求。

若客户端通过向服务器发送信息请求消息获得无状态 IPv6 配置,客户端应符合 IETF RFC 4242 (2005)第 3 章中的规定,定期刷新 DHCP 4o6 配置(即 DHCP 4o6 服务器列表)和其他配置数据。对于获得有状态 IPv6 配置的客户端,应在延长所获 IPv6 地址的生命周期(更新和重新绑定消息)时刷新 DHCP 4o6 功能的状态。

9.3 DHCPv4 查询消息的处理

客户端应使用一个适当作用域范围的 IPv6 地址作为 DHCPv4-query 消息的源地址。当客户端向多播地址发送 DHCPv4-query 消息时,应使用链路本地地址作为的源地址。当客户端使用单播发送 DHCPv4-query 消息时,源地址应是提前获得的适当作用域范围的地址。

客户端生成 DHCPv4 消息,并将其存储在 DHCPv4-query 消息中携带的 DHCPv4 消息选项中。每个 DHCPv4-query 消息中应包含一个 DHCPv4 消息选项,且不应在 DHCPv4-query 消息中请求 DHCP 4o6 服务器地址选项。

客户端在根据 DHCPv4 目的地设置单播标志时,客户端应按照本文件第 8 章中定义的规则。

9.4 DHCPv4 响应消息的处理

客户端在收到 DHCPv4-response 消息时,应在该消息中查找 DHCPv4 消息选项。若未发现该选项,应丢弃该 DHCPv4-response 消息。若存在 DHCPv4 消息选项,客户端就会提取其中包含的 DHCPv4 消息,应按照 IETF RFC 2131(1993)第 4 章的规定进行处理。

客户端在处理 IPv4 配置时,应符合 IETF RFC 2131(1993)第 4 章规定的正常 DHCPv4 重传要求和策略。DHCPv4 查询报文没有明确的相关传输参数,因为它受 DHCPv4 状态机的控制。

客户端应按照 IETF RFC 4361(2006)第 6 章执行,以确保设备正确识别自己。在通过 DHCPv6 使用 DHCPv4 时,客户端应发送客户端标识符选项。

10 DHCP 4o6 中继代理行为要求

DHCPv6 中继代理接收到 DHCPv4-QUERY 消息时,可能无法识别此消息类型。对于无法识别的消息应按照 IETF RFC 7283(2014)第 4 章的规定进行转发。

能够识别 DHCP 4o6 消息的 DHCPv6 中继代理可配置一个单独的目的地地址集,用于转发这类消息,以用于转发其他 DHCPv6 消息的目的地地址集。为实现此功能,中继代理应检查接收到的 DHCPv6 消息类型,并根据以下逻辑进行转发:

——若消息类型为 DHCPv4-QUERY,应将数据包作为正常的 DHCPv6 数据包转发到配置的 DHCP 4o6 服务器地址;

——对于任何其他 DHCPv6 消息类型,应符合 IETF RFC 3315(2003)第 20 章的规定进行转发。

以上逻辑仅适用于在距离客户端最近的中继代理(即单跳中继)上配置单独的中继目的地。在此配置下,不考虑多跳中继的情况。

11 DHCP 4o6 服务器行为要求

当 DHCP 4o6 服务器接收到客户端的 DHCPv4-QUERY 消息时,它将检查 DHCPv4 消息选项。若数据包缺少该选项,服务器将丢弃,并可能会通知管理员收到了这个未知数据包,这种通知机制不属于本文件的规定范围。

对于包含有效的 DHCPv4 消息选项的数据包,DHCP 4o6 服务器会提取原始的 DHCPv4 消息。由于 DHCPv4 消息被封装在 DHCPv6 消息中,它不包含 DHCPv4 服务器在执行时通常用来做出地址分配的信息,因此,DHCP 4o6 服务器根据服务器管理员确定的本地地址分配策略来分配地址。

若 DHCPv4-query 消息是由直接连接的客户端发送的,服务器可使用报文的 IPv6 源地址来确定适当的 IPv4 子网,用于 DHCPv4 地址分配。服务器也可充当 DHCPv4 中继代理,将 DHCPv4 数据包转发给正常的 DHCPv4 服务器。

服务器应使用 DHCPv4-query 消息的标志(flags)字段来创建响应服务器到客户端的 DHCPv4 消息。一旦创建了 DHCPv4 响应后,服务器会将其放入 DHCPv4 报文选项的有效载荷中,并将其放入 DHCPv4-response 报文中。

若 DHCPv4-query 消息是由服务器直接接收的,则 DHCPv4-response 消息应从接收原始消息的接口单播。若 DHCPv4-query 消息是在中继-转发消息中收到的,服务器将创建一个中继-回复消息,在中继消息选项的有效载荷中包含 DHCPv4-response 消息,应按照 IETF RFC 3315(2003)中第 20 章规定的描述进行回复。



参 考 文 献

- [1] IETF RFC 7341(2014) DHCPv4-over-DHCPv6 (DHCP 4o6) Transport
-



