

团 体 标 准

T/ZKJXX xxxx-2021

基于位置信息映射的 IPv6 网络编址寻址

Location information mapping based IPv6 network addressing and routing
framework

(征求意见稿)

xxxx-xx-xx 发布

xxxx-xx-xx 实施

中关村空间信息产业技术联盟

发布

目 次

前言	II
引言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语、定义和缩略语	1
3.1 术语和定义	1
3.2 符号、代号和缩略语	2
4 总体框架	2
4.1 位置信息映射的 IPv6 网络系统架构	2
4.2 位置信息映射的 IPv6 网络	3
4.3 用户终端接入过程	4
5 位置信息编码与 IPv6 编址	5
5.1 位置信息获取和内容要求	5
5.2 位置信息的编码	5
5.3 位置信息映射的 IPv6 单播地址	6
5.4 位置信息映射的 IPv6 组播地址	7
6 位置信息映射的 IPv6 网络寻址与路由	8
6.1 位置信息映射的 IPv6 网络路由	8
6.2 位置信息映射的 IPv6 组播	8
附录 A（资料性） 示例	9
参考文献	10

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。

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。

本文件由中关村空间信息产业技术联盟提出并归口。

本文件起草单位：清华大学、新华三有限公司、北斗导航位置服务（北京）有限公司。

本文件主要起草人：张千里、罗琳、肖计划。

引 言

物联网已经成为下一代互联网的核心应用，相关发展已经较为成熟，而现有通信模式的技术问题也已经凸显出来，现有网络部署方式，难以解决物联网中海量接入、快速协同、能源受限的特点。海量的物联网设备，同时接入现有的互联网会导致网络不可用；海量的物联网设备，如果不能互相之间通讯协同，则必须通过集中的服务器进行协同，一方面增加了响应时间，另一方面也大大增加了网络和服务器的负载；最后，物联网设备通常能源受限，如果都需要进行广域网络通信，则能耗也将大幅度提高。

本标准规定了基于位置信息映射的IPv6网络编址寻址方法，主要适用于无线自组织网络中，位置固定的智能设备，通过位置信息映射生成IPv6地址，并利用这一地址进行路由，从而使得设备在没有通信基础设施建设的情况下，实现网络通信。本标准规定了位置信息映射方法的一般要求，针对不同的覆盖范围以及编码精度，其中的编址方法可以进行更为具体的规定。

本标准的主要技术内容包括，位置信息映射的IPv6网络总体结构和组成；IPv6网络中基于位置信息映射的编址方案；IPv6网络中基于位置的路由方案。本标准对以上内容进行了框架性规定。

后续标准将会针对其中的各个组成部分和细分场景，进一步规定具体的实施方法。

基于位置信息映射的 IPv6 网络编址寻址

1 范围

本文件规定了基于位置信息映射的 IPv6 网络编址寻址，定义了位置信息映射的 IPv6 网络组网与通信方式与过程。

本文件适用于基于位置信息映射的 IPv6 网络编址寻址，从而实现无线自组织网络。

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。

GB/T 2260 中华人民共和国行政区划代码

GB/T 10114 县以下行政区划代码编制规则

GB/T 18521 地名分类与类别代码编制规则

GB/T 39409 北斗网格位置码

YD/T 1442 IPv6 网络技术要求—地址、过渡及服务质量

3 术语、定义和缩略语

3.1 术语和定义

YD/T 1442 确立的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1.1

IPv6 地址 IPv6 address

IPv6 协议使用的地址，用于标识 IPv6 网络接口，长度为 128 比特。

注：类别上可分为单播地址、任播地址和组播地址等。

3.1.2

IPv6 全球单播地址 IPv6 global unicast address

全球单播地址等效于公用 IPv4 地址。可在 IPv6 网络中进行全局路由和访问。全球单播地址的作用域（即一个 IPv6 网络区域，该地址在其中是唯一、可寻址的）是整个 IPv6 互联网。

3.1.3

链路本地地址 link-local address

前 10 比特前缀为 1111111010 的 IPv6 地址为链路本地地址，节点使用链路本地地址与同一个链路上的相邻节点进行通信。

3.1.4

IPv6 网络前缀 IPv6 network prefix

IPv6 地址中的高 64 比特部分，包含路由前缀和用户子网标识。

3.1.5

IPv6 无状态地址自动分配 (IPv6 SLAAC)

IPv6 网络中使用 RS/RA 交互地址前缀，根据前缀和接口标识自动生成地址。

3.1.6

IPv6 动态地址分配协议 DHCPv6

主机通过动态地址分配协议和服务器获取 IPv6 地址和其它网络参数的交互过程。

3.2 符号、代号和缩略语

下列缩略语适用于本文件：

IPv6：网际协议版本 6 (Internet Protocol Version 6)

RA：路由器通告 (Router Advertisement)

RS：路由器请求 (Router Solicitation)

SLLAC：无状态地址自动分配 (Stateless address autoconfiguration)

DHCP：动态主机设置协议 (Dynamic Host Configuration Protocol)

MLD：组播侦听者发现协议 (Multicast Listener Discovery)

4 总体框架

4.1 位置信息映射的 IPv6 网络系统架构

位置信息映射的 IPv6 网络系统如图 3 所示。对于端系统而言，位置信息映射的 IPv6 网络不会改变通信系统中的数据包收发基本系统，对于管理子系统而言，增加了基于位置进行编址的方法，对于数据包转发而言，增加了基于位置进行寻址的方法。

位置信息映射系统由以下四个组成部分构成：位置信息获取子系统，针对不同的使用场景，获取地理坐标下的位置信息或语义位置信息，实现量化表示；位置信息编码，则是为了满足 IPv6 地址的使用限制，将位置信息进行编码、压缩的方法规范；位置编址子系统，将根据需求的不同，映射为 IPv6 单播地址，或组播地址；在映射完成后，通过位置寻址子系统，实现位置信息映射的 IPv6 网络通讯。

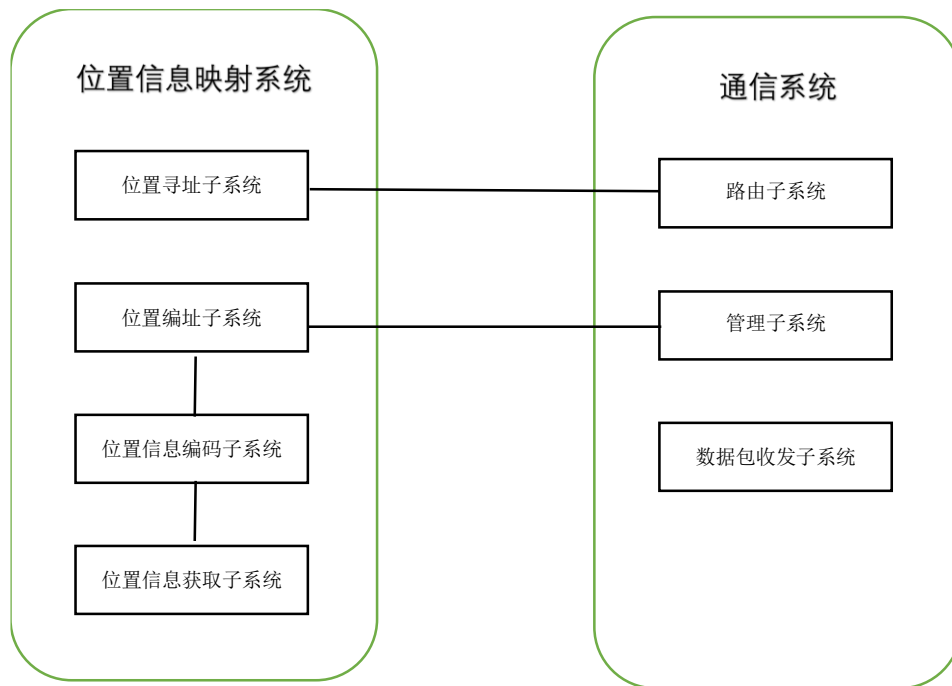


图 1 基于位置信息映射编址寻址的 IPv6 网络系统框架

4.2 位置信息映射的 IPv6 网络

具有相同的位置编码与映射算法、保持连通的 IPv6 网络，就形成了一个位置信息映射的 IPv6 网络。处在同一个位置信息映射的 IPv6 网络中的网络设备，可以使用基于位置的编址、寻址和路由，如图 2 所示。

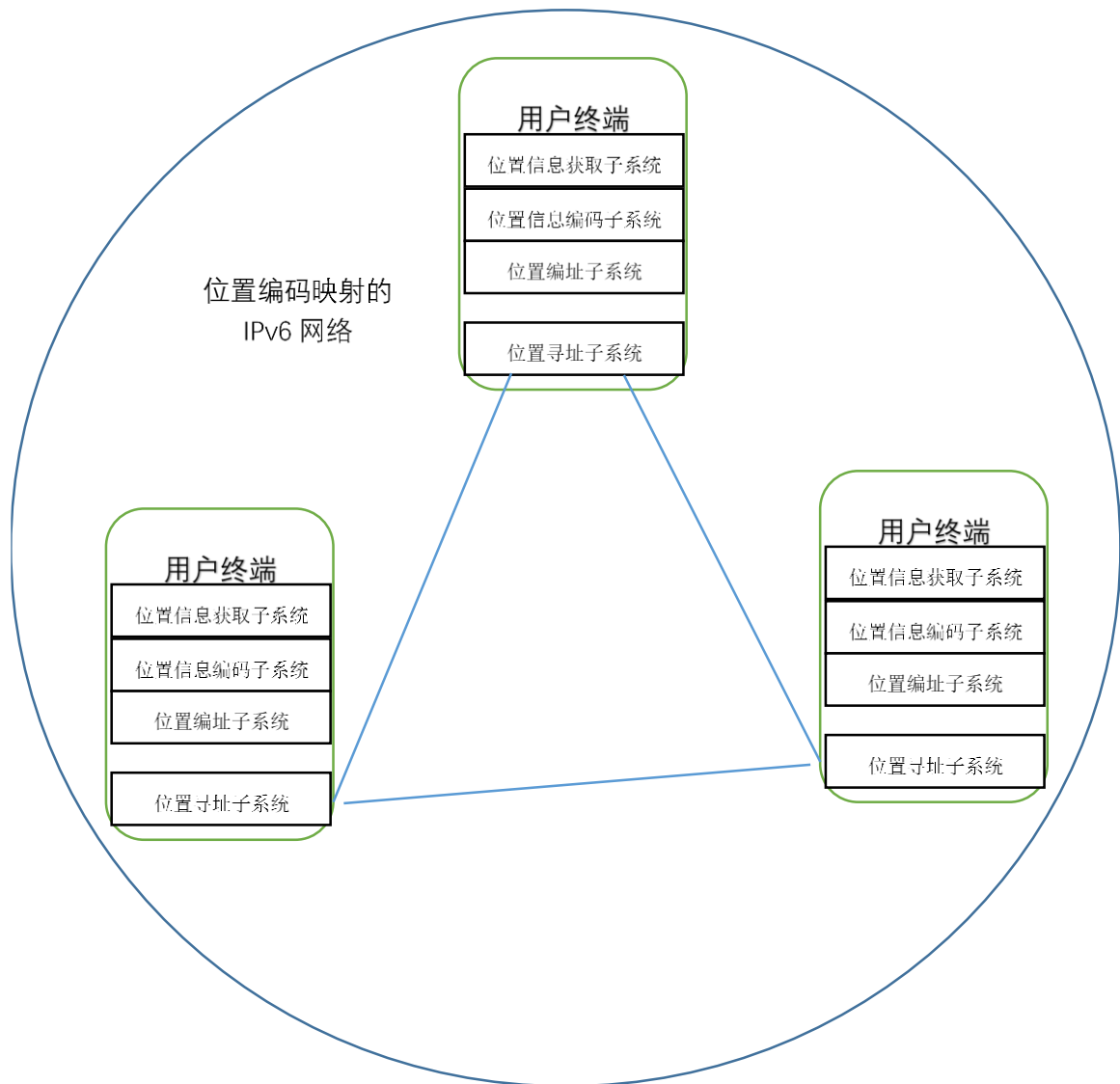


图 2 位置信息映射的 IPv6 网络

4.3 用户终端接入过程

用户终端接入过程如图 3 所示：网络设备获得位置信息后，对位置信息进行编码，并将位置编码映射到 IPv6 地址中，利用基于位置的路由，实现各个物联网主体之间的通信。

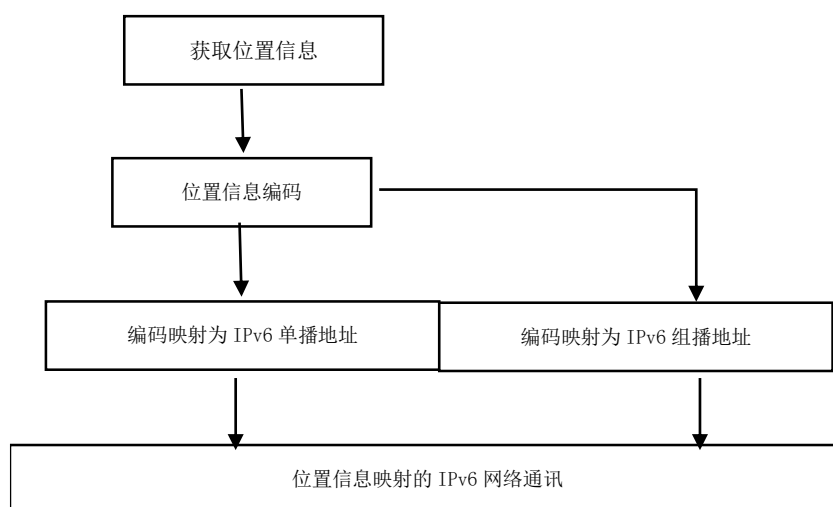


图 3 用户接入位置信息映射的 IPv6 网络过程

5 位置信息编码与 IPv6 编址

5.1 位置信息获取和内容要求

位置信息可以从固定配置得来，也可以通过外部设备获得：

- 客户端按照有状态地址分配方式获取 IP 地址的过程中，从 DHCP 服务器获取目标设备的位置信息；
- 客户端按照无状态地址分配方式获取 IP 地址的过程中，从网关服务器获取目标设备的位置信息。

示例1：携带定位模块客户端直接从定位模块获取位置信息，继续后续处理。

示例2：未携带定位模块的客户端，使用 IPv6 网络的网络服务器或设备等获得位置信息。

目标设备的位置信息可包括：经度（Latitude）信息、纬度（Longitude）信息和高度（Altitude）信息，也可除经度信息、纬度信息和高度信息之外的其它信息。位置信息的精度与所使用的底层网络类型和应用类型有关，针对不同的底层网络类型，建议位置信息精度如表 1 所示。

表 1 不同底层网络的建议位置信息精度

底层网络类型	对应要求的位置精度范围
WIFI	10米级别或更高精度
蓝牙	米级别或更高精度
LoRa	100米级别或更高精度

具体的示例如附录 1 所示。

5.2 位置信息的编码

5.2.1 编码算法一般要求

物联网设备在获取位置信息后，需要对位置信息进行编码。在同一个位置信息映射的 IPv6 网络内部，必须保持位置信息编码方法的一致性。

位置信息编码由位置原始数据、位置编码算法、必要的其他参数来定义。在一个位置信息映射的 IPv6 网络内部，需要保证所有这三者的一致性。位置原始数据可以是二维的经纬度，也可以是三维的

经度、纬度、高度数据。在室内时，也可以选择由其他坐标系规定的位置原始数据，以另外的坐标点为原点的编码方式。通常而言，经纬度一般用于室外位置描述中，而以某个坐标原点为原点则用于室内位置描述中。位置原始数据也可以是具有语义或区划含义的位置信息。

位置编码算法定义了将位置原始数据编码为位置编码的过程。位置编码算法由其他的标准另行定义，在位置信息映射的 IPv6 网络中，必须保证所使用的位置编码算法的一致性。

必要的其他参数用于规定编码精度、编码算法参数等其他一系列需要事先约定的信息。在位置信息映射的 IPv6 网络中，必须保证所使用的参数都是相同的。

位置信息编码将针对不同的应用场景，分别进行相应的编码，具体的编码方案由针对性的后续标准来进行约定。映射为 IPv6 全球单播地址时，位置信息编码长度不应当多于 64 比特。

5.2.2 经纬度信息编码

对于经纬度点位置编码体系，应符合 GB/T 39409 等标准的规定。在使用时，可以根据使用场景进行压缩。

5.2.3 语义位置信息编码

针对语义位置信息，应符合国家标准 GB/T 2260、GB/T 10114、GB/T 18521 制定。

5.3 位置信息映射的 IPv6 单播地址

5.3.1 映射方法一般要求

位置编码映射到 IPv6 单播地址的方案，由映射位置、映射算法、映射参数来唯一指定。在同一个位置信息映射的 IPv6 网络中，必须保证这三者都是相同的。

对于不同的 IPv6 单播地址，位置编码映射到 IPv6 单播地址的位置可以有所不同。位置编码可以映射到 IPv6 地址的任何一个部分，建议位置编码或者映射到前 64 比特还是后 64 比特的某一部分。除非特别要求，不建议将位置编码跨越前 64 比特和后 64 比特。将位置信息编码映射到后 64 比特的接口标识中时，必须保证留有至少 8 比特的值用于产生随机性，例如，用后 64 比特中的前 56 比特作为位置信息编码，最后 8 比特为随机值。

在同一个位置编码映射的 IPv6 网络中，必须使用相同的映射参数。映射参数包括但不限于：映射的长度、映射算法所使用的参数如填充数据、密钥等。

在同一个位置信息映射的 IPv6 网络中，必须保证所使用的映射位置、映射算法、映射参数全部相同。

5.3.2 面向唯一本地地址的映射

对于使用位置信息进行路由，可将位置信息编码映射到唯一本地地址 ULA (Unique Local Unicast, ULA) 的子网前缀中。唯一本地地址为 fc00::/7，第 8 比特为 L 比特，设置为 1 说明是本地指定的，位置编码可以映射到之后的 56 比特中。如图 3 所示。

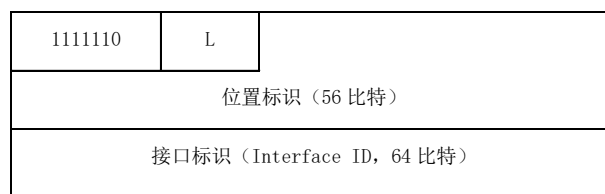


图 4 位置信息映射到唯一本地地址中

5.3.3 映射算法的安全建议

位置编码的映射算法定义了如何将位置编码映射到 IPv6 地址中的方法。建议对于没有外在安全风险的私有网络，可以将位置编码直接嵌入到 IPv6 地址中。对于有安全风险的公网，建议采取加密处理，以避免位置信息泄露。加密算法可以是国家标准推荐使用的加密算法。如果所需要的数据长度超过了位置编码的长度，需要定义必要的填充数据。

5.4 位置信息映射的 IPv6 组播地址

基于单播前缀的组播地址结构应符合 RFC 3306 要求，定义 Reserved 字段中第一比特为 G 比特，如果为 1，表示是位置信息映射生成的组播地址，如图 5 所示。

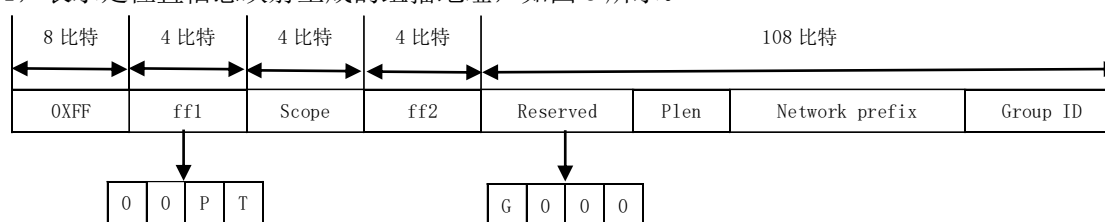


图 5 基于位置网络前缀的 IPv6 组播地址

客户端根据定位信息所生成的位置组播地址结构包括了前缀掩码长度、基于位置生成的前缀信息和组 ID，各字段含义见表 2。

表 2 位置网络前缀组播结构各字段定义

字段	含义
0xFF	最高 8 个比特取值为 1，表示此地址为 IPv6 组播地址
ff1 字段	占用 4 个比特。P 比特表示此 IPv6 组播地址是否为基于网络前缀的组播地址。T 比特表示是临时组播还是永久组播。
Scope 字段	占用 4 个比特，表示组播组的应用范围，取值及含义如下： 0、3、F 保留 (reserved) 1 接口本地范围 (interface-local scope) 2 链路本地范围 (link-local scope) 4 管理本地范围 (admin-local scope) 5 站点本地范围 (site-local scope) 6、7、9、A~D 未分配 (unassigned) 8 机构本地范围 (organization-local scope) E 全球范围 (global scope)
ff2 字段	占用 4 个比特。R 比特作为附加的标志位用于将来的赋值。
Reserved 字段	占用 4 个比特。G 比特指示是否基于目标设备的位置信息生成。G 取值为 1 时，指示 IPv6 组播地址是基于目标设备的位置信息生成；G 取值为 0 时，指示 IPv6 组播地址并非是基于目标设备的位置信息生成。
Plen 字段	占用 8 个比特，表示网络前缀的有效长度。
Network prefix 字段	占用 64 个比特，表示所属于网的网络前缀。当该组播地址是基于目标设备的位置生成时，该前缀表示目标设备的位置信息。
Group ID 字段	占用 32 个比特，范围内唯一标识一个组播组。

6 位置信息映射的 IPv6 网络寻址与路由

6.1 位置信息映射的 IPv6 网络路由

6.1.1 路由算法的一般要求

位置信息映射的 IPv6 网络中，既可以按照传统的路由协议进行路由，这时位置信息映射相当于实现了一种可扩展的自动地址划分方案，同时实现了更好的位置追溯功能；也可以使用位置路由协议进行路由，这时可以进一步成为自组织的 IPv6 网络。每个终端节点需要维护路由表，进行数据包路由。

6.1.2 建立路由表的流程

路由表建立流程包括：

- a) 获取接口的 IPv6 地址和链路层地址；
- b) 构建状态报告报文，周期广播发送状态报告报文，时间间隔由相应网络设置并保持一致；
- c) 监听并接收邻居发来的状态报告报文，并记录当前时间作为该邻居的最新活跃时刻。
- d) 对每个邻居地址，提取出地址中的位置信息。

6.1.3 位置路由流程

位置路由流程包括：

- a) 接收到数据包 P 后的路由算法如下：
 - 1) 提取出数据包 P 的源地址 S，记录 S 的路由表下一跳为该数据包的来源。
 - 2) 提取出数据包 P 的源地址 D，如果本机就是目标地址 D 则接收。
 - 3) 如果 D 所在的子网本机可达，则直接发送给 D。
 - 4) 如果在路由表中有 D 所在子网的下一跳信息，则将数据包转发给相应的下一跳。
 - 5) 遍历邻居列表，如果 D 所在子网出现在邻居列表中，则转给相应的邻居。
 - 6) 提取 D 中的位置信息，计算各个邻居到 D 的距离，取出其中距离最小的项，如果距离最小的项是来源节点，或者该距离大于本机到 D 的距离，则丢弃这一数据包并发送 ICMPv6 网络不可到达错误给源节点 S，否则转发该数据包给距离最小项对应的邻居节点。
- b) 当数据包发送节点收到 ICMPv6 的不可到达信息时，将使用其他路由算法进行路由。

6.2 位置信息映射的 IPv6 组播

客户端按照位置信息，根据 5.4 节的方式生成位置组播地址，客户端发送组播监听发现报文加入位置组播组。组播路由器通过 MLD 报文可以获取所有的位置组播组，后续基于位置的应用将信息发送给该组播组即可。当设备位置变动离开时，客户端发送组播监听发现报文退出位置组播组，组播路由器将该设备信息从对应位置组播组中删除。

附录 A

(资料性)

示例

A.1 基于位置信息映射的 IPv6 编址 (米级精度)

在室内使用的场景下,可以使用室内自定义的坐标系。编码算法为使用第33到48比特编码米级精度下横坐标,第49到64比特编码米级精度下纵坐标,取原点后,设网络设备A的位置坐标为(16米,16米),映射到唯一本地地址中,映射算法为直接映射到前64比特的最后32比特中,后64比特全部设置为1,则其IPv6地址为“fd00:0:10:10::1/64”,其中“10”为十六进制的16。而对于面向该站点范围的组播,则映射为ff35:0840:fd00:0:10:10::2。设另一个网络设备B的位置坐标为(1米,1米),其IPv6地址可以是“fd00:0:1:1::1/64”,而对于面向该站点范围的组播,则映射为ff35:0840:fd00:0:1:1::2。设另一个网络设备C的米级位置坐标为(8米,8米),其IPv6地址可以是“fd00:0:8:8::1/64”,而对于面向该站点范围的组播,则映射为ff35:0840:fd00:0:8:8::2。

A.2 基于位置信息映射的 IPv6 编址 (分米级精度)

如上例,在分米精度下,编码算法为使用第33到48比特编码横坐标,第49到64比特编码纵坐标,取原点后,设网络设备A的米级位置坐标为(16米,16米),映射到唯一本地地址中,映射算法为直接映射到前64比特的最后32比特中,后64比特全部设置为1,则其IPv6地址为“fd00:0:a0:a0::1/64”,其中“a0”为十六进制的160。而对于面向该站点范围的组播,则映射为ff35:0840:fd00:0:a0:a0::2。设另一个网络设备B的米级位置坐标为(1米,1米),其IPv6地址可以是“fd00:0:a:a::1/64”,而对于面向该站点范围的组播,则映射为ff35:0840:fd00:0:a:a::2,其中“a”为十六进制的10。设另一个网络设备C的米级位置坐标为(8米,8米),其IPv6地址是“fd00:0:50:50::1/64”,其中“50”为十六进制的80。而对于面向该站点范围的组播,则映射为ff35:0840:fd00:0:50:50::2。

A.3 基于位置信息映射的 IPv6 寻址与路由

假设(16,16)点的网络设备A向(1,1)点的设备B发送数据包,而二者之间并不直接相连,两者均与(8,8)点的网络设备C相连,则三个节点通过定期的邻居发现发现彼此的邻居。A通过路由计算,发现C与B更近,则将数据包发送给C,而C根据邻居发现B,从而将数据包转发给B。

如上例,若C不与B相连,则C发现无法到达B,则发送ICMPv6网络不可到达错误给A,A在接收到这一错误后启动按需路由算法进行路由发现。

若A向位置为(25,25)的网络设备发送数据包,A发现自己的邻居与(25,25)的距离均超过自己,则放弃发送,改用按需路由算法进行路由发现。

参 考 文 献

- [1] Hinden, R. and B. Haberman, "Unique Local IPv6 Unicast Addresses", RFC 4193, October 2005.
 - [2] Haberman, B. and D. Thaler, "Unicast-Prefix-based IPv6 Multicast Addresses", RFC 3306, August 2002.
 - [3] Boucadair, M. and S. Venaas, "Updates to the IPv6 Multicast Addressing Architecture", RFC 7371, September 2014
 - [4] S. Deering, W. Fenner and B. Haberman, "Multicast Listener Discovery (MLD) for IPv6", RFC 2710, October 1999
-