

团 体 标 准

T/ZKJXX XXXX—XXXX

IPv6 中全球米级网格压缩位置编码规则

Global meter-level grid compression position coding rules in IPv6

(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 术语和定义 1

4 坐标系统和参考框架 1

5 二维米级网格压缩位置编码 2

 5.1 二维米级网格压缩位置编码规则 2

 5.2 二维米级网格压缩编码层级计算规则 2

6 高度维米级网格压缩位置编码 3

7 全球三维米级网格压缩位置编码 3

附录 A（规范性） 位置服务网网格码编码转换 4

附录 B（规范性） 二维米级网格压缩编码层级计算 5

附录 C（资料性） 全球米级网格压缩位置编码的基本运算 6

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：

本文件主要起草人：

引 言

随着互联网的普及和物联网规模的不断增长,现有互联网体系架构上的一些固有问题也不断体现出来。首先,现有互联网的编址中,地址与地理位置信息并无直接关联,这使得网络层的位置监控无法实施。随着互联网在日常生活中的用途日益广泛,互联网的治理已经成为社会治理的一个必不可少的重要组成部分。缺乏和实际位置的紧密关联,对于互联网治理、犯罪追溯等,都是非常不利的。

为发挥空间地理信息在网络中的作用,能够切实有效的提供快速、高效和高可靠性的地学专用网络服务协议体系,满足人们对位置服务和应用的需求,提供了基于IPv6的网络空间网格位置编码映射标准。网络空间网格位置编码对全球网络空间与实体位置信息进行映射,既可标识实体位置,又可作为网络标识,能够很好地连接网络空间与现实空间,同时支持二维空间。能有效解决基于位置聚合泛在“人-物-事”信息,满足社会,经济和生活大小事件监测、管理和决策需求等难题。与国际上相关地址编码比较,具有同等位数下所表达的精度更高且具有更加丰富的层级粒度等特点。

IPv6 中全球米级网格压缩位置编码规则

1 范围

本标准规定了IPv6中全球米级网格压缩位置编码规则。
本标准适用于基于IPv6的全球米级网格压缩位置编码的标识。

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 22021—2008 国家大地测量基本技术规定
GB/T 40087—2021 地球空间网格编码规则
YD/T 1442—2006 IPv6网络技术要求——地址、过渡及服务质量

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

空间剖分 subdivision of space

将空间划分成形状近似、尺度连续、无缝无叠的多层次网格系统的过程。

3.2

网格 grid

地球空间剖分形成的离散化的空间区域单元。

3.3

网格编码 grid code

网格单元按照一定规则被赋予的唯一代码标识。

3.4

全球米级网格 global meter-level grid

网格的大小在1m*1m*1m以内，即网格的长宽高均小于等于1米。

3.5

全球米级网格压缩位置编码 global meter-level grid compression position coding

为满足IPv6相关规则约束，通过相应压缩算法，将全球米级网格的编码控制在72比特内，支持在IPv6内映射的网格编码。

4 坐标系统和参考框架

IPv6中全球米级网格的坐标系统采用GB 22021-2008规定采用2000国家大地坐标系（CGCS2000）。

IPv6中全球米级网格压缩位置编码是在GB/T 40087-2021 规定的地球空间网格剖分方法基础上，对经纬度编码进行压缩，形成多尺度压缩编码，高度维进行重新设计后嵌入到IPv6中应用的编码。

IPv6中全球米级网格压缩位置编码的参考网格框架采用GB/T 40087-2021规定的网格框架，最小精度为米级。对应GJB8896-2017规定的网格中的层级为26级。IPv6中全球米级网格压缩位置编码由二维米级网格压缩位置编码及高度维米级网格压缩位置编码组成。

5 二维米级网格压缩位置编码

5.1 二维米级网格压缩位置编码规则

二维米级网格压缩位置编码由经纬度转换而来，采用GJB8896-2017中规定的网格划分方式，编码规则采用多尺度网格编码方式进行编码。针对网络对象相关属性生成IPv6地址前缀标识及IPv6地址接口标识编码，根据YD/T 1442-2006中定义的IPv6地址前缀标识及接口标识编码形式，将二维米级网格压缩位置编码嵌入至IPv6地址中。具体编码规则如下：

5.1.1 二维米级网格压缩编码 IPv6 地址前缀标识规则

继承国际惯用的经纬度坐标系统，兼容现有地图分幅标准和行业网格。以本初子午线和赤道的交点为原点，将全球扩展为 $512^{\circ} \times 512^{\circ}$ 的网格，将每度的 $60'$ 空间扩展到 $64'$ ，将每分的 $60''$ 空间扩展到 $64''$ （如表1），按照四分法逐级递归剖分至19级。与当前不同前缀长度适用网络对象映射表如下：

表1 二维米级压缩编码层级与目前 IPv6 前缀长度对应关系

二维米级网格压缩编码的层级	对应网格大小	目前前缀长度	高精度地理位置服务适用对象
6	1024km	32	ASN 的运营商、互联网公司、大型企业。
9	128km	40	多个（256个以内）站点和数据中心
13	8km	44	多个（16个以内）站点和数据中心的中型企业
16	1km	48	中小客户或大中企业内一个站点的前缀
18	256m	56	家庭用户和小微企业
19	128m	64	末端设备子网

对于IPv6地址前缀，经纬度编码其编码方式如下：

对于给定经纬度编码，首先将其转换为度分秒进制。

(1) 经纬度中的度、分数值直接转换为对应二进制编码，约定东经、北纬第一位为0，西经、南纬第一位为1，形成“ddddd-ddd-mmmmm”的格式，即度的二进制数占用9比特，分的二进制数占用6比特；

(2) 根据19层级精度需要，经纬度中的秒的数值除以4后得到的商保留整数位，即秒的二进制数保留4比特，形成“ssss”的格式；

(3) 根据给定层级n，保留前n位经向、纬向编码；

(4) 根据多尺度编码规则，将(3)得到的经向、纬向编码按纬前经后的方式作交叉，然后在编码末位补0及 $(38-2n)$ 个1（二进制下），此处n为编码层级。得到的就是二维米级网格压缩编码IPv6地址前缀标识。

5.1.2 二维米级网格压缩编码 IPv6 地址接口标识规则

对于IPv6地址接口标识，经纬度编码其编码方式如下：

(1) 经纬度中的秒的数值乘以32并截取整数位，取该整数的二进制数后七位，形成“sssssss”的形式；

(2) 根据编码规则，将(1)得到的经向、纬向编码按纬前经后的方式作交叉，即形成二维米级网格压缩编码IPv6地址接口标识。

此处共需14比特编码位，二维米级网格压缩编码与GJB8896-2017中规定的地球表面空间网格编码转换规则可见附录A。

5.2 二维米级网格压缩编码层级计算规则

二维米级网格压缩编码的值为 M_c , 层级 N 的计算原理为: 判断编码值 M_c 的奇偶性, 如果为偶数, 则位于19层级, 如果为奇数则需要进一步的计算, 主要是计算 $M_c - 1$ 与 $M_c + 1$ 最近的相同父单元, 即数值 $Mid = (M_c - 1) \wedge (M_c + 1)$ 左边有多少位为0, 完成层级的计算。
其详细步骤见附录B。

6 高度维米级网格压缩位置编码

全球米级网格压缩位置编码是二维米级网格编码结合高度维编码扩展出的位置编码。根据当前网络覆盖范围, 高度维编码规则如下:

(1) 将-65536米至65536米范围划分为两部分, -65536米到0和0到65536米, 用0标识海平面以上区域, 用数字1标识海平面以下区域, 这两部分为高程编码的第一层级;

(2) 第二层级及以0~65536米为例, 0~16384用数字0标识, 16384~32768米用数字1标识, 32768~49152米用数字2标识, 49152~65536米用数字3标识, 编码延伸为00, 01、02、03; 然后将第二层级的每个高度层划为4部分, 用0~3标识;

(3) 第三层级高度跨度为4096米, 以0~16384米为例, 编码延伸为000~003; 将第三层级每个高度层划为8部分, 用0~7标识;

(4) 第四层级高度跨度为512米, 以0~4096米为例, 编码延伸为0000~0007; 将第四层级每个高度层划为2部分, 用0, 1标识;

(5) 第五层级高度层跨度为256米, 以0~512米为例, 编码延伸为00000、00001; 将第五层级每个高度层划为2部分, 用0, 1标识;

(6) 第六层级高度层跨度为128米, 以0~256米为例, 编码延伸为000000、000001; 将第六层级每个高度层划为4部分, 用0~3标识;

(7) 第七层级高度层跨度为32米, 以0~128米为例, 编码延伸为0000000~0000003; 将第七层级每个高度层划为4部分, 用0~3标识;

(8) 第八层级高度层跨度为4米, 以0~16米为例, 编码延伸为00000000~00000003; 将第八层级每个高度层划为4部分, 用0~3标识;

(9) 第九层级高度层跨度为1米, 以0~4米为例, 编码延伸为000000000~000000003。

全球米级网格压缩位置编码中高度维编码共需9位占用16比特, 占据IPv6地址中的接口标识位。

7 全球三维米级网格压缩位置编码

全球米级网格压缩位置编码中, IPv6地址前缀中占用39比特, 接口标识中共占用30比特。其中编码前缀在5.1.1规则中定义, 占39bit。编码后缀由5.1.2中定义的二维米级网格压缩编码接口标识和6中定义的高度维米级网格压缩位置编码组成。二维米级网格压缩编码接口标识在前, 高度维米级网格压缩位置编码在后, 占30bit。全球米级网格压缩位置编码共69bit。

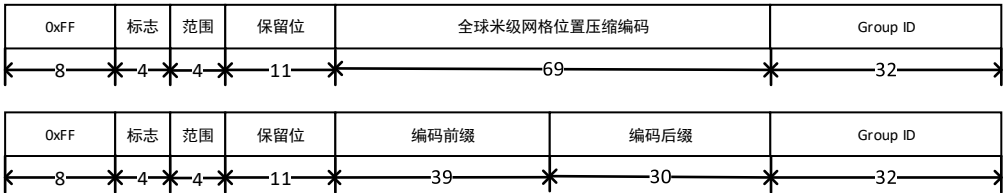


图1 IPv6 中全球三微米级网格压缩位置编码

以处于 (6° 3′ 48.328″ E, 24° 59′ 8.872″ S, 地面高10米) 的某家庭用户为例, 二维米级网格压缩编码地址前缀标识为 “100000001010010101101010001111010110011”, 二维米级网格压缩编码接口标识为“00001011001110”, 高度维编码为“0000000000000101, IPv6中全球米级网格压缩编码为“2004: 052B: 51EB: 3B38: 0014::”。

进一步IPv6中基于全球米级网格压缩位置编码的基本运算可见附录C。

附 录 A
(规范性)
位置服务网网格码编码转换

A.1 位置服务网二维网格编码与地球表面空间网格编码转换规则

位置服务网二维网格编码与地球表面空间网格编码采用同种坐标系统及二维网格参考框架,支持相互转换。设位置服务网二维网格编码与地球表面空间网格编码值为 M_c , 则有转换步骤如下:

- (1) 通过6.2的位置服务网二维网格编码层级计算规则计算位置服务网二维网格编码的层级 N .
- (2) 取位置服务网二维网格编码与地球表面空间网格编码前 $2N$ 位, 通过交叉取位的方式可得到两个长度为 N 的编码值, 较前取位的为纬向编码, 较后取位的为经向编码。
- (3) 在经向编码、纬向编码后添零使二者长度均为32位;
- (4) 将第(3)步后的编码按“纬前经后”的方式交叉组合, 即为GJB8896-2017中对应的网格编码值, N 为编码层级。

附录 B

(规范性)

二维米级网格压缩编码层级计算

二维米级网格压缩编码层级具体步骤为：

- (1) 若 M_c 为偶数，则有 $M_c \& 1 = 0$ ，可得层级 $N = 19$ 。
- (2) 若 M_c 为奇数，通过异或运算计算整数 $Mid = (M_c - 1) \wedge (M_c + 1)$ ，其目的是计算 $M_c - 1$ 和 $M_c + 1$ 前面高位有多少位是相同的，找这两个多尺度整数编码最近的相同父编码。
- (3) 通过分支方法确定整数 Mid (64bit) 左边有多少位是 0，计算多尺度整数编码 M_c 的层级 N ：
 - ① 首先令 $N = 0$ ；
 - ② 利用 $0xFFFFFFFF00000000$ 取 Mid 的高位，然后右移 32 位得到 Mid_0 ，判断 Mid_0 是否为 0。若 $Mid_0 \neq 0$ ，则 $Mid = Mid_0$ ， N 不变；否则， $Mid = Mid \& 0x00000000FFFFFFFF$ ， $N = 32$ ；
 - ③ 利用 $0xFFFF0000$ 取 Mid 的高位，然后右移 16 位得到 Mid_0 ，判断 Mid_0 是否为 0。若 $Mid_0 \neq 0$ ，则 $Mid = Mid_0$ ， N 不变；否则， $Mid = Mid \& 0x0000FFFF$ ， $N = N + 16$ ；
 - ④ 利用 $0xFF00$ 取 Mid 的高位，然后右移 8 位得到 Mid_0 ，判断 Mid_0 是否为 0。若 $Mid_0 \neq 0$ ，则 $Mid = Mid_0$ ， N 不变；否则， $Mid = Mid \& 0x00FF$ ， $N = N + 8$ ；
 - ⑤ 利用 $0xF0$ 取 Mid 的高位，然后右移 4 位得到 Mid_0 ，判断 Mid_0 是否为 0。若 $Mid_0 \neq 0$ ，则 $Mid = Mid_0$ ， N 不变；否则， $Mid = Mid \& 0x0F$ ， $N = N + 4$ ；
 - ⑥ 利用 $0xC$ 取 Mid 的高位，然后右移 2 位得到 Mid_0 ，判断 Mid_0 是否为 0。若 $Mid_0 \neq 0$ ，则 $Mid = Mid_0$ ， N 不变；否则， $Mid = Mid \& 0x3$ ， $N = N + 2$ ；
 - ⑦ 利用 $0x2$ 取 Mid 的高位，然后右移 1 位得到 Mid_0 ，判断 Mid_0 是否为 0。若 $Mid_0 \neq 0$ ，则 $Mid = Mid_0$ ， N 不变；否则， $Mid = Mid \& 0x1$ ， $N = N + 1$ ；
 - ⑧ 对按以上步骤计算得到的 N 进行转换得到层级 n ，所用公式如下 $n = (N * 0xAAAABBBB) \gg 33$ 。

附录 C

(资料性)

全球米级网格压缩位置编码的基本运算

C.1 父体块编码计算

位置服务网网格保持了多层次嵌套的特性，即一个父网格可分解为8个子网格。对于父网格计算，计算输入为体块编码，输出为体块的父体块编码。位置服务网网格码直接反应了体块之间的继承性，父体块编码计算可以直接通过对编码取前缀完成。设 $Code$ 为某一体块的位置服务网网格码，则其父体块编码计算步骤如下：

- (1) 通过6.2的位置服务网网格码层级计算规则计算位置服务网网格码的层级 N ；
- (2) 截取 $Code$ 前 $(2N-2)$ 位；
- (3) 在截取后编码后补0及 $(40-2N)$ 个1。

C.2 子体块编码计算

对于子体块编码计算记作，计算输入为体块编码，输出为包含体块所有子体块编码的集合。同理，由于位置服务网网格码的继承性，子体块编码可以通过父体块编码和子体块在父体块内的编码组合而成。计算步骤如下：

- (1) 通过6.2的位置服务网网格码层级计算规则计算位置服务网网格码的层级 N ；
- (2) 截取 $Code$ 前 $2N$ 位；
- (3) 编码集合为在截取后编码后分别补上00、01、10、11，补0及 $(36-2N)$ 个1。

C.3 邻域计算

邻域运算通过体块位置服务网网格码获取体块相邻的体块编码，一个面片与周边面片的邻近关系分为边相邻和角相邻。只计算边相邻的面片可以的到给定面片四邻域面片集合，加上角相邻的面片，可以得到给定面片的八邻域面片集合。面片和面片的邻域面片集中的任意面片都可通过符合以下特征的位移到达：从指定面片出发，在 n 维度剖分空间的 n 个方向上不位移；或者沿着正半轴/负半轴移动一个面片。

编码位移可以按照如下操作进行（ G_{Level} 为计算位置服务网网格码的层级）：

- (1) 正向移动一个体块： $Code_{New} = Code + 2^{32-G_{Level}(Code)}$ ，
 - (2) 负向移动一个体块： $Code_{New} = Code - 2^{32-G_{Level}(Code)}$
-