

doi:10.19306/j.cnki.2095-8110.2018.03.012

泛在无线信号定位辅助信息的标准化研究

夏敬潮¹, 张彦祥², 汪善根¹, 曾秋¹

(1. 广州大学 土木工程学院, 广州 510006; 2. 东莞市测绘院, 东莞 523660)

摘要:目前利用泛在无线信号进行定位时所需要的特定辅助信息的数据格式和传输方式还没有出台相关标准,这在某种程度上制约了导航定位产业的发展。针对这一问题,提出了通过对卫星导航定位领域广泛使用的 RTCM SC-104 和 NMEA 0183 这两种国际标准格式进行扩展,使其包含泛在无线信号定位相关的辅助信息,并将其通过 NTRIP 协议进行播发,从而实现辅助信息数据格式和传输方式的标准化。该研究有利于传统高精度 GNSS 定位和泛在无线信号定位的融合,并为实现泛在(无处不在)的室内外一体化定位提供技术支持。

关键词:泛在无线信号; 室内外定位; 辅助信息; RTCM; NMEA 0183; 标准化

中图分类号: P228.4

文献标志码: A

文章编号: 2095-8110(2018)03-0070-06

Research on Standardization of Auxiliary Information for Wireless Signals of Opportunity Based Positioning

XIA Jing-chao¹, ZHANG Yan-xiang², WANG Shan-gen¹, ZENG Qiu¹

(1. School of Civil Engineering, Guangzhou University, Guangzhou 510006, China;

2. Dongguan Institute of Surveying and Mapping, Dongguan, Guangdong 523660, China)

Abstract: As there is no relevant standards issued on the data format and transmission mode of the special auxiliary information required for wireless signals of opportunity based positioning, the development of navigation and positioning industry has been restricted to some extent. To solve this problem, the expansion of the two widely used international standards named RTCM SC-104 and NMEA 0183 in the field of satellite navigation and positioning is proposed. The expanded standards draft will contain the auxiliary information for ubiquitous wireless signal positioning and would be broadcast via the NTRIP protocol, so as to realize the standardization of auxiliary information data format and transmission mode. This research is conducive to the integration of traditional high-precision GNSS positioning and ubiquitous wireless location, and could also provide technical support for ubiquitous indoor and outdoor integrated positioning.

Key words: Wireless signals of opportunity; Indoor and outdoor positioning; Auxiliary information; RTCM; NMEA 0183; Standardization

0 引言

定位是位置服务、万物互联、人工智能和未来

超智能(机器人+人类)应用的核心技术之一^[1]。以北斗、全球定位系统(Global Positioning System, GPS)为代表的全球导航卫星系统,已经成为人们获

收稿日期: 2018-03-09; 修订日期: 2018-03-22

基金项目: 国家自然科学基金(41701189, 41701190)

作者简介: 夏敬潮(1986-), 男, 博士, 讲师, 主要从事卫星定位与室内外定位方面的研究。E-mail: jcxia@gzhu.edu.cn

取定位信息的主要技术手段。现在人类 80%~90%的时间是在室内环境中度过的^[2],然而在室外复杂和室内封闭环境下,导航卫星信号容易被遮挡或屏蔽,使得其定位服务的可用性大大降低。如何实现高精度、全覆盖的定位,是一个亟需解决的问题。

泛在无线信号/机会信号(Signals of Opportunity, SoOP)指的是非专门用于导航定位的无线电信号^[3],较常见的有移动蜂窝信号、无线上网信号(Wireless Fidelity, Wi-Fi)等。随着无线通信技术的发展,以及无线城市、数字城市的建设,周围环境中的泛在无线信号日益丰富,已经成为实现室内和室外复杂环境下定位的一种有效途径。

泛在无线信号通常自身不具备导航定位功能,在利用这类信号进行定位时,用户需要额外的辅助信息,如 Wi-Fi 热点坐标、手机基站位置等。虽然市面上已经出现了不少基于泛在无线信号与全球导航卫星系统的商用室内外定位解决方案,例如 Skyhook 公司推出的 XPS 系统、百度地图、高德地图等,但是它们之间是相互独立的,对于泛在无线信号定位所需要的辅助信息,还没有建立相关的数据格式标准,缺少合作开放式的平台。针对这一问题,本文对泛在无线信号定位所需辅助信息的标准化进行了研究,主要分为 2 个方面内容:首先是辅助信息数据格式的标准化;其次是数据传输方式的标准化。

1 辅助信息数据格式的标准化

前文已经提到,目前用于泛在无线信号定位的辅助信息还没有标准的数据格式,市面上支持泛在无线信号定位的服务商(例如, Skyhook 公司)大多采用自定义的数据传输格式,并且格式详细内容是不公开的。相应的解决方法有两种:1)建立新的数据格式标准;2)将已有的相关标准进行修订或者扩展,使其含盖辅助信息。本文采取第二种方案,将卫星导航定位领域广泛使用的数据格式标准(RTCM SC-104 标准)进行扩展,以满足定位用户和位置服务提供商的相关需求。

1.1 RTCM SC-104 标准

国际海运事业无线电技术委员会(Radio Technical Commission for Maritime services, RTCM)是一个国际标准组织。RTCM 特别委员会(Special Commission)104 专门致力于卫星导航定位差分数据格式标准的制订,其发布的 RTCM SC-104 标准

已成为卫星导航定位产业界内广泛使用的数据传输标准。

RTCM SC-104 标准的版本会随着卫星导航定位技术的发展和用户需求的变化而不断地更新,目前最新的版本是 3. X。数据从服务器传输到用户端的过程中,电文内容以帧为单位进行播发,3. X 版本中的电文帧结构如图 1 所示^[4]。

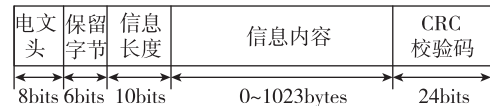


图 1 RTCM SC-104 标准 3. X 版本的电文帧结构

Fig. 1 Frame structure in version 3 of RTCM SC-104 standard

每一帧电文由 4 个部分组成:电文头、保留字节、信息长度、信息内容和 CRC 校验码。电文头用于电文的识别,内容固定不变,是一组长度为 8bits 的二进制数,相应的值为 11010011。保留字节的内容目前也是固定不变的,其长度为 6bits,相应的值为 000000,该值没有实际意义,在以后的版本中,保留字节可能会包含数据格式标准的版本信息。信息长度指的是其后面数据块信息内容所占的字节(byte)数,其内容占 10bits,数据类型为无符号整数,取值范围为 0~1023bytes。信息内容为定位用户所需要的数据内容,其大小由前面的信息长度给出,不同的信息通过信息类型号来加以区分,该值在信息内容数据块的开头给出,是一个 12bits 的无符号整数。定位用户可以根据所需的定位服务来决定所接收的信息组合,例如,在进行 GPS 单频 L1 的 RTK 测量时,需要接收以下几组信息:基准站观测值(信息类型为 1002)、基准站坐标(信息类型为 1005 或 1006)、基准站接收机和天线信息(信息类型号为 1033)、辅助操作信息(信息类型号为 1013)。CRC 校验码用于检验电文在传输的过程中是否发生错误,是一组 24bits 二进制数。3. X 版本采用高通公司的循环冗余校验(Cyclic Redundancy Check, CRC)算法,服务器端将准备发送的电文通过该算法得到 24bits 的校验码,并附加在电文后。当用户收到电文信息时,将计算出的校验码与电文中校验码进行比对,以确定是否使用该电文中的信息。

1.2 扩展的 RTCM SC-104 标准

由于 RTCM SC-104 标准不支持泛在无线信号

定位相关的数据,因此必须对已有的电文类型进行扩展。RTCM SC-104 标准规定:类型号从 4001~4095 的信息支持私人定制。截止到 3.2 版本,类型号从 4077~4095 的信息已经被相关的公司或者科研机构所申请,例如,类型号为 4095 的信息包含的是 Ashtech 公司的数据,类型号为 4077 的信息包含的是 Hemisphere 公司的数据。本文以城市环境下典型的泛在无线信号(移动蜂窝信号和 Wi-Fi 信号)为例,使用类型号为 4060 的信息来包含手机基站坐标;类型号为 4059 的信息包含 Wi-Fi 热点坐标;类型号为 4058 的信息包含室外泛在无线信号指纹;类型号为 4057 的信息包含室内泛在无线信号指纹。需要指出的是,这里所说的扩展只增加自定义的信息内容,对于信息内容之外的其他部分,如每一帧电文中的电文头、保留字节、信息长度和 CRC 校验码仍然按照 RTCM SC-104 标准来进行编码。

1.2.1 手机基站坐标

手机基站坐标信息包含了 6 个参数:信息类型号、基站识别号、坐标参考历元、协议地球坐标系(Earth Centered Earth Fixed, ECEF)下的 X 坐标、 Y 坐标和 Z 坐标,相关的定义如表 1 所示。

表 1 手机基站信息中各参数的定义

Tab. 1 Definition of each data field in cell phone base station message

参数	数据类型	比特数	比例因子
信息类型号("4060" = 111111011100)	UINT	12	1
基站识别号(Cell-ID)	UINT	64	1
坐标参考历元,约化儒略日(MJD)/d	UINT	32	1
协议地球坐标系 X 坐标(ECEF- X)/m	INT	38	0.0001
协议地球坐标系 Y 坐标(ECEF- Y)/m	INT	38	0.0001
协议地球坐标系 Z 坐标(ECEF- Z)/m	INT	38	0.0001

注:UINT 表示无符号整型;INT 表示有符号整型。

信息类型号沿用了 RTCM SC-104 标准中的信息分类方法,采用 12bits 无符号整数来表示。基站识别号采用 64bits 的无符号整数来识别不同的基

站,每个基站的识别号在全球范围内应该是唯一的。坐标参考历元为基站坐标值所对应的参考历元,同一基站的坐标值随着时间的流逝可能会发生变化,因此不同的空间位置信息还应该与时间相对应,此处使用约化儒略日(Modified Julian Date, MJD)来区分不同的时间历元,采用 32bits 的无符号整数来表示。基站的位置信息以三维空间直角坐标的形式给出,在中国范围内采用 2000 中国大地坐标系^[5], X 、 Y 和 Z 值分别用 3 个 38bits 的有符号整数来表示,单位为 m,在使用该值时,还需要乘上相应的比例因子 0.0001。

1.2.2 Wi-Fi 热点坐标

Wi-Fi 热点坐标信息包含 6 个参数:信息类型号、Wi-Fi 热点物理地址、坐标参考历元、协议地球坐标系下的 X 坐标、 Y 坐标和 Z 坐标,相关的定义如表 2 所示。

表 2 Wi-Fi 热点坐标信息中各参数的定义

Tab. 2 Definition of each data field in Wi-Fi hot spot coordinate message

参数	数据类型	比特数	比例因子
信息类型号("4059" = 111111011011)	UINT	12	1
Wi-Fi 热点物理地址(MAC 地址)	UINT	48	1
坐标参考历元,约化儒略日(MJD)/d	UINT	32	1
协议地球坐标系 X 坐标(ECEF- X)/m	INT	38	0.0001
协议地球坐标系 Y 坐标(ECEF- Y)/m	INT	38	0.0001
协议地球坐标系 Z 坐标(ECEF- Z)/m	INT	38	0.0001

注:UINT 表示无符号整型;INT 表示有符号整型。

Wi-Fi 热点坐标信息十进制的类型号为 4059,除了 Wi-Fi 热点物理地址是采用 48bits 的无符号整数表示之外,其他参数的含义和手机基站坐标信息中对应的同名参数相同,这里不再赘述。

1.2.3 室外指纹

每条指纹信息的内容分为两部分,第一部分称为数据头,相关参数的定义如表 3 所示。

表 3 室外指纹信息中数据头各参数的定义

Tab. 3 Definition of data head fields in outdoor fingerprint message

参数	数据类型	比特数	比例因子
信息类型号 (“4058” = 111111011010)	UINT	12	1
无线信号类型	UINT	16	1
指纹采集日期, 约化儒略日 (MJD)/d	UINT	32	1
协议地球坐标系 X 坐标 (ECEF-X)/m	INT	38	0.0001
协议地球坐标系 Y 坐标 (ECEF-Y)/m	INT	38	0.0001
协议地球坐标系 Z 坐标 (ECEF-Z)/m	INT	38	0.0001
信号强度观测值个数 N	UINT	6	1

注:UINT 表示无符号整型;INT 表示有符号整型。

室外指纹信息十进制的类型号为 4058。无线信号类型用来区分不同类型的无线电信号,它是一个 16bits 的无符号类型整数,1 表示 Wi-Fi 信号,其他无线信号的类型值可以在此基础上依次增加。指纹采集日期指的是采集指纹记录的时间,一般来说,受周围环境变化的影响,指纹库每隔一段时间要进行更新,更新时间离用户请求数据的时间越接近,定位效果越好。信号强度观测值个数 N 指的是数据头后面的数据块中所包含的信号强度观测值个数,该值是一个 6bits 的无符号整数,最大值为 63。

第二部分为信号强度观测值记录,记录总数为 N ,每条记录中包含一个信号强度观测值和相应的识别号,各参数的定义如表 4 所示。

表 4 每条室外信号强度观测值记录中各参数的定义

Tab. 4 Definition of each data field in every outdoor signal intensity observation

参数	数据类型	比特数	比例因子
无线信号源的识别号	UINT	48	1
信号强度观测值/dBm	INT	32	1

无线信号源的识别号用来区分不同的信号发射源,是一个 48bits 无符号整数,对于 Wi-Fi 信号,该值对应于 Wi-Fi 热点的物理(Media Access Control,MAC)地址。信号强度观测值是用户所观测到的无线信号的强度值,是一个 32bits 有符号整数,单位为 dBm。

1.2.4 室内指纹

和室外指纹信息类似,每条室内指纹信息也分

为数据头和信息强度观测值记录 2 个部分,数据头中各参数的定义如表 5 所示。

表 5 室内指纹信息中数据头各参数的定义

Tab. 5 Definition of data head fields in indoor fingerprint message

参数	数据类型	比特数	比例因子
信息类型号 (“4057” = 111111011001)	UINT	12	1
无线信号类型	UINT	16	1
室内指纹库的总记录数	UINT	32	1
当前指纹记录号	UINT	32	1
指纹采集日期,约化儒略日 (MJD)/d	UINT	32	1
独立平面直角坐标系 X 坐标/m	INT	38	0.0001
独立平面直角坐标系 Y 坐标/m	INT	38	0.0001
信号强度观测值个数 N	UINT	6	1

室内指纹信息十进制的类型号为 4057,与室外指纹信息中的数据头相比,室内指纹信息数据头新增加了室内指纹库的总记录数和当前指纹记录号这 2 个参数。室内指纹库的总记录数指的是用户所在室内区域指纹库中总的指纹记录数,是一个 32bits 无符号整数。当前指纹记录号是一个 32bits 无符号整数,指的是当前播发的电文中指纹记录的编号,例如第一条记录的编号为 1,最后一条记录的编号应该等于室内指纹库的总记录数。由于室内指纹库带有明显的区域性,因此新增加的 2 个参数可以帮助用户确定所接收的指纹记录的总数是否完整。另外需要指出的是,数据头中的坐标值为独立平面直角系下的坐标,而不是协议地球坐标系下的坐标,其他参数的定义和室外指纹库中同名参数相同。

第二部分为信号强度观测值记录,总记录数为 N ,每条记录中各参数的定义如表 6 所示。

表 6 每条室内信号强度观测值记录中各参数的定义

Tab. 6 Definition of each data field in every indoor signal intensity observation

参数	数据类型	比特数	比例因子
无线信号源的识别号	UINT	48	1
信号强度观测值/dBm	INT	32	1

2 辅助信息传输方式的标准化

在制定好了辅助信息的数据格式后,接下来的

问题便是如何将数据发送给用户。考虑到定位中所使用的泛在无线信号大都支持网络通信,而且基于互联网的网络通信技术已经很成熟,所以本文使用基于互联网的网络通信来进行辅助信息的发送和接收。

2.1 NTRIP 协议

通过互联网进行 RTCM 网络传输的协议(Networked Transport of RTCM via Internet Protocol, NTRIP)是一个基于 HTTP 的应用层协议,隶属于 TCP/IP 协议簇,主要用于在互联网上传输 RTCM 格式的数据流,由德国联邦测绘局发起并制定,目前已经成为互联网上进行卫星导航定位相关数据传输的标准协议。

基于 NTRIP 协议的数据传输主要由 NtripClient、NtripServer 和 NtripCaster 这 3 个程序模块来实现,其中 NtripCaster 作为 HTTP 服务器端应用程序,NtripServer 作为数据传输程序,负责将 NtripSource 中的数据传输到 NtripCaster,NtripClient 则作为 HTTP 客户端应用程序。在 NtripClient 与 NtripCaster 之间进行通信时,采用非持久连接模式,所使用的消息格式和状态码都是基于 HTTP 1.1 协议,例如使用消息格式中的“GET”来向服务器获取信息,状态码“200”则表示服务器已经成功处理了请求。NtripServer 与 NtripCaster 之间进行通信时,则在 HTTP 1.1 通信协议的基础上定义出了一个新的消息格式“SOURCE”和一个新的状态码“ERROR Bad Password”。

一个完整的 NTRIP 数据流传输系统由 NtripSource、NtripServer、NtripCaster 和 NtripClient 这 4 个部分组成,它们之间的关系如图 2 所示。

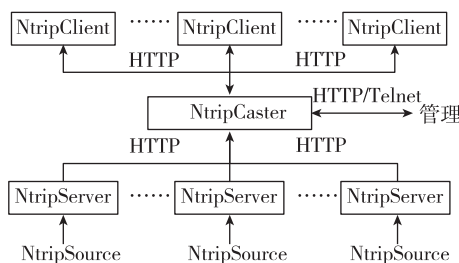


图 2 NTRIP 数据流传输系统示意图

Fig. 2 Schematic diagram of NTRIP data stream transmission system

NTRIP 中各组成部分的功能和 workflows 可以参考文献[6-8],这里不再赘述。第 1 节已经提到,

通过将消息类型进行扩展,就可以将泛在无线定位辅助信息纳入到 RTCM SC-104 标准之中,由于 NTRIP 支持 RTCM 格式数据的网络传输,因此利用 NTRIP 就可以直接支持泛在无线定位辅助信息的网络传输。

2.2 扩展的 NMEA 0183 格式

用户在通过互联网向 NTRIP 服务器请求数据时,对于资源列表中 NMEA 标志位为 1 的数据流,需要向服务器发送自己的概略位置信息。该信息通过 NMEA 0183 格式(详细说明可考看文献[9-10])中的 \$GPGGA 语句发送,概略位置一般通过 GNSS 伪距单点定位获得。然而,对于泛在无线信号定位用户而言,通常是在 GNSS 定位功能失效的情况下才会向服务器发送数据请求,以获得辅助定位信息,然后通过相关的运算获得定位结果,此时用户向服务器发送的信息只能是基站 ID、Wi-Fi 的 MAC 地址、上网所使用的 IP 地址等相关内容,因此现有 NMEA 0183 格式中的语句不能满足我们的需要,必需对其进行扩展。

为了使 NMEA 0183 包含泛在无线信号相关的信息,本文在原有标准的基础上新增了 4 条语句,相应的标识符为: \$NTIP4、\$NTIP6、\$CLLID、\$WLNID。\$NTIP4 和 \$NTIP6 语句包含了用户上网所用的 IP 地址,其中 \$NTIP4 表示 IPv4 地址,即 IP 协议第四版;\$NTIP6 表示 IPv6 地址,即 IP 协议第六版。\$CLLID 语句包含了手机基站的 ID,即 Cell-ID。\$WLNID 语句包含了 Wi-Fi 热点 MAC 地址信息。

NTIP4 语句的基本格式为:

\$NTIP4,<1>*hh<CR><LF>

字段<1>表示用户上网使用的 IPv4 地址,例如 IP 地址为 202.103.24.68 的 \$NTIP4 语句内容为:

\$NTIP4,202.103.24.68*3F<CR><LF>

\$NTIP6 语句的基本格式和 \$NTIP4 类似:

\$NTIP6,<1>*hh<CR><LF>

字段<1>表示用户上网使用的 IPv6 地址,例如 IP 地址为 2000:0000:0000:0000:0001:2345:6789:abcd 的 \$NTIP6 语句内容为:

\$NTIP6,2000:0000:0000:0000:0001:2345:6789:abcd*24<CR><LF>

\$CLLID 语句的基本格式为:

\$CLLID,<1>*hh<CR><LF>

字段<1>表示正在为手机提供通信服务的基站 ID 号,该值是一个十进制的整数,例如 ID 号为 00860270010001537 的 \$CLLID 语句内容为:

```
$ CLLID,00860270010001537* 58<CR><LF>
```

需要指出的是,\$CLLID 语句所发送的 ID 号码不是基站的原始 ID 号,而是在原有 ID 号基础上加上区域信息重新编码而成。

\$WLNID 语句的基本格式为:

```
$ WLNID,<1>,<2>,<3>,<4>,...<4>*  
hh<CR><LF>
```

各字段的含义如下:

1)为 WLNID 语句的总数。

2)为当前 WLNID 语句的编号。

3)为探测到的 Wi-Fi 热点总的个数,取值范围为 00~99,前面的 0 也将被传输。

4)为 Wi-Fi 热点的 MAC 地址,由 12 个十六进制的 ASCII 字符组成。每条语句中最多包含 5 个热点的 MAC 地址,当 Wi-Fi 热点总数大于 5 时,多余的信息将在下一序列的 WLNID 语句中输出。

例如当前有 2 个 Wi-Fi 热点,MAC 地址分别为 02:E1:40:00:01:E0 和 28:2C:B2:B0:9F:5C,则对应的 \$WLNID 语句为:

```
$ WLNID,1,1,02,02E1400001E0,  
282CB2B09F5C* 00<CR><LF>
```

3 结论

本文对于泛在无线信号定位辅助信息的标准化研究只是一个开始,无线信号类型只涵盖了城市环境下典型的移动蜂窝信号和无线上网 Wi-Fi 信号;鉴于指纹定位法是目前主流的 Wi-Fi 定位方法^[11-12],Wi-Fi 相关的辅助信息标准的内容也以指纹消息为主。随着泛在无线信号的日益丰富,以及定位技术的不断发展,本文的研究内容显然不能满足未来的用户需求。当有新类型的无线信号加入到定位系统中时,可以根据需要继续补充和完善扩展的 RTCM SC-104 标准和扩展的 NMEA 0183 语句,使其更好地支持泛在无线信号相关数据的编码

和传输。另外,在标准草案提出后,如何作进一步的调整和优化,使其通过官方认证,并且成为学术界和工业界广泛认同和使用的标准,也是一个需要考虑的问题。

参考文献

- [1] 陈锐志,陈亮.基于智能手机的室内定位技术的发展现状和挑战[J].测绘学报,2017,46(10):1316-1326.
- [2] 朱欣焰,周成虎,芮维,等.全息位置地图概念内涵及其关键技术初探[J].武汉大学学报(信息科学版),2015,40(3):285-295.
- [3] 田辉,夏林元,莫志明,等.泛在无线信号辅助的室内外无缝定位方法与关键技术[J].武汉大学学报(信息科学版),2009,34(11):1372-1376.
- [4] RTCM special committee No. 104. RTCM standard 10403.1 for differential GNSS services-version 3[R]. Arlington:Radio Technical Commission for Maritime Services,2006.
- [5] 魏子卿.2000 中国大地坐标系及其与 WGS84 的比较[J].大地测量与地球动力学,2008,28(5):1-5.
- [6] 杨汀.网络 RTK 定位精度影响因子与 GNSS 数据网络传输研究[D].北京:中国矿业大学,2010.
- [7] 刘科,聂桂根,范叹奇,等.基于 Ntrip 协议的差分数据实时传输平台及定位研究[J].测绘信息与工程,2009,34(1):7-9.
- [8] 李成钢.网络 GPS/VRS 系统高精度差分改正信息生成与发布研究[D].成都:西南交通大学,2007.
- [9] National Marine Electronics Association.NMEA 0183 standard for interfacing marine electronic devices version 3.01[R].Maryland:National Marine Electronics Association,2002.
- [10] 刘赋山,郭承军,贾振东.一种新的 NMEA0183 协议解析方法实现[J].全球定位系统,2017,42(1):70-73.
- [11] Yuan Y,Pei L,Xu C,et al.Efficient WiFi fingerprint training using semi-supervised learning[C]// Ubiquitous Positioning Indoor Navigation and Location Based Service (UPINLBS).IEEE,2014:148-155.
- [12] 裴凌,刘东辉,钱久超.室内定位技术与应用综述[J].导航定位与授时,2017,4(3):1-10.