

# (12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织  
国际局

(43) 国际公布日  
2020 年 6 月 25 日 (25.06.2020)



(10) 国际公布号  
**WO 2020/125480 A1**

- (51) 国际专利分类号:  
**G01S 19/25** (2010.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2019/124204
- (22) 国际申请日: 2019 年 12 月 10 日 (10.12.2019)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:  
201811550368.X 2018 年 12 月 18 日 (18.12.2018) CN
- (71) 申请人: 中国科学院深圳先进技术研究院 (SHENZHEN INSTITUTES OF ADVANCED TECHNOLOGY CHINESE ACADEMY OF SCIENCES) [CN/CN]; 中国广东省深圳市南山区深圳大学城学苑大道 1068 号, Guangdong 518055 (CN)。
- (72) 发明人: 陈孔阳 (CHEN, Kongyang); 中国广东省深圳市南山区深圳大学城学苑大道 1068 号,

Guangdong 518055 (CN)。谭光 (TAN, Guang); 中国广东省深圳市南山区深圳大学城学苑大道 1068 号, Guangdong 518055 (CN)。顾韶颀 (GU, Shaoxin); 中国广东省深圳市南山区深圳大学城学苑大道 1068 号, Guangdong 518055 (CN)。

(74) 代理人: 深圳市科进知识产权代理事务所 (普通合伙) (SHENZHEN KEJIN INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE); 中国广东省深圳市南山区粤兴三道二号虚拟大学园产业化基地 A701 室, Guangdong 518055 (CN)。

(81) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL,

- (54) Title: COOPERATIVE POSITIONING METHOD AND APPARATUS, COMPUTER DEVICE, AND STORAGE MEDIUM
- (54) 发明名称: 一种协作定位方法与装置、计算机设备、存储介质

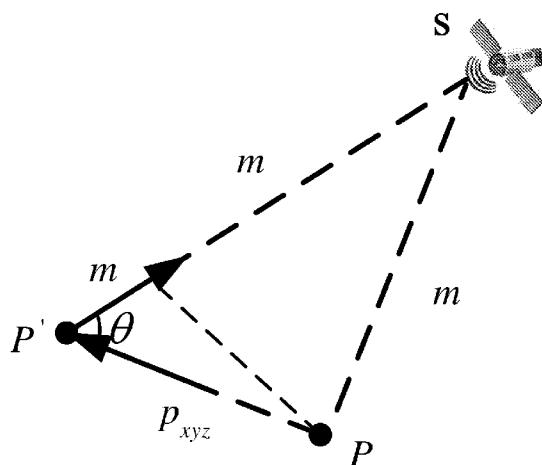


图4

(57) Abstract: A cooperative positioning method and apparatus, a computer device, and a storage medium. The method comprises: obtaining satellite signals independently acquired by multiple receiver nodes (S1); using a receiver node having the best positioning accuracy as a seed node, and mapping the satellite signals acquired by the other receiver nodes to the seed node to form an original observation information set (S2); selecting optimal satellite pseudorange information, satellite positioning accuracy information, and satellite signal strength information by means of iteration according to the original observation information set (S3); and calculating, by means of asynchronous CTN positioning, accurate location information of a node to be positioned (S3). The cooperative positioning method can be used for solving the problem of positioning in a complex urban environment.

(57) 摘要: 一种协作定位方法与装置、计算机设备、存储介质, 方法包括: 获取多个接收机节点独立采集的卫星信号 (S1); 将其中定位精度最好的接收机节点作为种子节点, 将其他接收机节点采集的卫星信号映射到种子节点, 形成原始观测信息集 (S2); 根据原始观测信息集通过迭代选择最优卫星伪距信息、卫星定位精度信息、卫星信号强度信息 (S3); 利用异步 CTN 定位方式计算待定位节点的精确位置信息 (S3)。该协作定位方法可用于解决复杂城市环境下的定位问题。

PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,  
SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG,  
US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

- (84) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的地区  
保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ,  
NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM,  
AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG,  
CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU,  
IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT,  
RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI,  
CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

- 包括国际检索报告 (条约第21条(3))。

## 一种协作定位方法与装置、计算机设备、存储介质

### 技术领域

本发明属于导航、定位技术领域，具体涉及一种协作定位方法与装置、计算机设备、存储介质。

### 背景技术

卫星定位系统包括空间站、地面站和用户接收机三个组成部分，空间站的卫星不断往外广播自己的位置和时间，地面站监测和控制卫星的运行状态，用户接收机采集广播的卫星信号，如果能捕获到 4 个以上可见卫星就能计算出自己的位置。卫星定位不需要额外的辅助设备，能独立自主定位，在晴朗可见的环境下能提供 10 米左右定位精度，已经成为人们日常生活的重要定位手段。

在城市环境中，由于高楼、高架桥等建筑物的遮挡和影响，卫星信号非常微弱，而且，建筑物还会引起多径、非视线接收等干扰，导致卫星信号产生很大的偏移，经常无法定位，或者定位结果存在很大的偏差，经常会有几十米、上百米的定位误差，影响着实际定位需求。在复杂城市环境下，如何设计和实现一个 GPS 高精度定位算法，仍是一个很有挑战的问题。

随着智能终端的普及，人们对室外导航、定位的需求不断增长，但是城市高楼附近，GPS 经常定位失败、或者定位误差特别大，给智能终端的定位带来很多不便之处。

文献[1]C. Bo, X. Li, T. Jung, X. Mao, Y. Tao, and L. Yao. SmartLoc: Push the Limit of the Inertial Sensor Based Metropolitan Localization Using Smartphone. ACM MobiCom, 2013，公开了在 GPS 定位失败时候，使用惯性传感器来辅助定位，提供一个位置参考。文献[1]方法的缺点是，当 GPS 不工作，惯性导航定位精度特别低，只能提供几十米甚至几百米的定位精度，而且惯导的累加误差特别大，难以满足终端的定位需求。

文献[2] A. Bilich, P. Axelrad, K. M. Larson. Scientific utility of the signal-to-noise ratio (SNR) reported by geodetic GPS receivers. Proc. of ION

GNSS, 2007, 公开了检测出 GPS 多径信号, 去掉多径卫星, 希望能降低定位误差。文献[2]只能适用于可见卫星较多的场合。在高楼等恶劣环境下, 可见卫星数目较少, 去掉多径卫星后, 经常无法定位。

文献[3] P. D. Groves. Shadow matching: A new GNSS positioning technique for urban canyons. Journal of Navigation, 2011 公开了, 利用周边建筑物的 3D 模型, 来检测干扰卫星, 降低定位误差。文献[3]需要事先有周边建筑的 3D 模型, 目前很难大规模获取。而且, 文献[3]还需要有一个比较准确的初始位置作为定位参考, 在实际环境下也很难保证。

## 发明内容

针对以上问题, 本发明旨在提供一种不依赖于累加误差大的惯导等器件, 也不需要 3D 模型、初始位置等前提条件, 而且能在可见卫星较少的场合下, 也能完成位置计算, 从而解决复杂城市环境下定位问题的协作定位方法。

为解决上述技术问题, 本发明采用的一个技术方案是: 提供一种协作定位方法, 包括如下步骤:

利用异步 CTN 定位方式计算待定位节点的精确位置信息; 所述异步 CTN 定位方式包括:

根据待定位节点的三维位置、节点的时钟偏差、节点的粗定位时间偏差利用最小二乘法通过迭代方式得到符合要求的位置迭代增量;

再进一步根据时钟偏差和粗时间偏差使用最小二乘法得到种子节点的精确位置;

最后利用各个节点之间的几何关系计算出其他节点的精度位置。

在其中一个实施例中, 在利用异步 CTN 定位方式之前还包括步骤:

获取多个接收机节点独立采集的卫星信号, 所述卫星信号包括卫星伪距、卫星定位精度、卫星信号强度和卫星时钟偏差信息;

将其中定位精度最好的接收机节点作为种子节点, 将其他接收机节点采集的卫星信号映射到种子节点, 形成原始观测量信息集;

根据原始观测量信息集通过迭代选择最优卫星伪距信息、卫星定位精度信息、卫星信号强度信息。

在其中一个实施例中,所述映射方法为:根据种子节点的卫星伪距,利用映射节点与种子节点的距离和方向,得到映射节点的卫星伪距。

在其中一个实施例中,所述“选择最优卫星伪距信息、卫星定位精度信息、卫星信号强度信息”步骤具体包括,通过设定距离阈值、信噪比阈值、定位贡献阈值初步选择出符合要求的信息集合,进一步通过迭代方式从信息集合中选出最优卫星伪距信息、卫星定位精度信息、卫星信号强度信息。

在其中一个实施例中,位置迭代增量计算过程如下:

预设节点 $B_1$ 的位置 $p = [x, y, z, t_b, t_c]^T$ , 每个迭代的位置增量 $\delta p = [\delta x, \delta y, \delta z, \delta t_b, \delta t_c]^T$ ; 首先初始化 $p = [0, 0, 0, 0, 0]^T$ ;

已知位置 $p$ 后,就可以更新原始观测量集合 $\widehat{M}_1 = \{\widehat{m}_{11}, \widehat{m}_{12}, \dots, \widehat{m}_{1z_1}\}$ , 其中 $\widehat{m}_{1j} = |B_1 S_j|$ 是节点 $B_1$ 和卫星 $S_j$ 的距离; 从而,可以更新原始观测量的增量 $\delta M_1 = M_1 - \widehat{M}_1$ ; 使用 $\delta M_1$ 来更新位置增量 $\delta p$ ;

节点 $B_1$ 的位置增量 $\delta p_{xyz}$ 来远小于伪距 $M_1$ , 因此 $\delta m_{1j} = -1 \cdot \delta p_{xyz} \cdot e_{B_1 S_j}$ ;

因此,  $\delta M_1$ 和 $\delta p$ 的关系可以综合如下:

$$\delta m_{1j} = -1 \cdot \delta p_{xyz} \cdot e_{B_1 S_j} + \delta t_b + v_{Sj} \cdot \delta t_c$$

矩阵形式为:

$$\begin{aligned} \delta M_1 &= H \cdot \delta p \\ H &= \begin{bmatrix} -e_{11} & 1 & v_{S1} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ -e_{1z_1} & 1 & v_{Sz_1} \end{bmatrix} \end{aligned}$$

使用最小二乘法求解上面的矩阵 $\delta M_1 = H \cdot \delta p$ , 得到 $\delta p = (H^T H)^{-1} H^T \delta M_1$ ; 重复步骤上述直至位置迭代增量小于预设数值。

在其中一个实施例中,所述种子节点精确位置计算过程如下:

由于各个接收机的均有独立的时钟偏差 $t_b$ 和粗时间偏差 $t_c$ ,并选中了 $N$ 个节点,每个节点贡献 $q_i$ 个原始观测量;那么种子节点的偏移量为 $\delta m_{ij} = -1 \cdot \delta p_{xyz} \cdot e_{B_i S_j} + \delta t_b(i) + v_{Sj} \cdot \delta t_c(i)$ ;

矩阵形式为:

$$\delta M = H \cdot \delta p$$

$$H = \begin{bmatrix} -e_{1,1} & 1 & v_{1,1} & \cdots & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots & \vdots \\ -e_{1,q_1} & 1 & v_{1,q_1} & \cdots & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots & \vdots \\ -e_{N,1} & 0 & 0 & \cdots & 1 & v_{N,1} \\ \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots & \vdots \\ -e_{N,q_N} & 0 & 0 & \cdots & 1 & v_{N,q_N} \end{bmatrix} ;$$

使用最小二乘法求解上述矩阵，可以得到种子节点的精确位置。

作为一种优选方式，所述步骤“选择最优卫星伪距信息”中，选择出符合要求的卫星需要彼此足够分隔开，具有有良好的几何分布。

一种协作定位装置，包括：

多个卫星信号采集模块，用以获取多个接收机节点独立采集的卫星信号，所述卫星信号包括卫星伪距、卫星定位精度、卫星信号强度和卫星时钟偏差信息；

映射模块，将其中定位精度最好的接收机节点作为种子节点，将其他接收机节点采集的卫星信号映射到种子节点，形成原始观测量信息集；

信息选择模块，根据原始观测量信息集通过迭代选择最优卫星伪距信息、卫星定位精度信息、卫星信号强度信息；

异步 CTN 定位模块，根据待定位节点的三维位置、节点的时钟偏差、节点的粗定位时间偏差利用最小二乘法通过迭代方式得到符合要求的位置迭代增量；再进一步根据时钟偏差和粗时间偏差使用最小二乘法得到种子节点的精确位置；最后利用各个节点之间的几何关系计算出其他节点的精度位置。

一种计算机设备，具有处理器和存储器，所述存储器存储有计算机程序，所述计算机程序被所述处理器执行时，使得所述处理器执行上述任一实施例的协作定位方法的步骤。

一种计算机可读存储介质，其上存储有计算机程序，所述计算机程序被处理器执行时，使得所述处理器执行上述任一实施例的协作定位方法的步骤。

本发明一种协作定位方法与装置、计算机设备、存储介质，针对多个节点的时差误差问题，提出一种异步 CTN 定位方法；本专利不需要辅助传感器（如惯导等），也不需要 3D 地图等先验知识，也不需要事先获取一个比较准确的初始位置而且能在可见卫星较少的场合下，也能完成位置计算，从而解决复杂城市环境下的定位问题，利用本发明技术方案可以将定位精度较现有定位精度提升 2-3 倍。

## 附图说明

图 1 是本发明一种协作定位方法的流程示意图；

图 2 是本发明一种协作定位装置的模块结构示意图；

图 3 是本发明原始观测量的映射示意图；

图 4 是本发明 CTN 方法从位置  $P$  到位置  $P'$  的迭代过程示意图；

图 5 是实施例中各个节点的位置分布示意图；

图 6 是三种方法的定位精度对比示意图。

## 具体实施方式

以下结合图 1-6 具体说明本发明提供的一种协作定位方法与装置、计算机设备、存储介质。

如图 1 所示，本发明提供一种协作定位方法，包括如下步骤：

S1、获取多个接收机节点独立采集的卫星信号，所述卫星信号包括卫星伪距、卫星定位精度、卫星信号强度和卫星时钟偏差信息；

S2、原始观测量的映射；将其中定位精度最好的接收机节点作为种子节点，将其他接收机节点采集的卫星信号映射到种子节点，形成原始观测量信息集；

在不同位置各有一个卫星接收机，多个接收机均独立采集卫星信号。为了实现高精度定位，我们先选中一个定位精度较好的接收机，然后将其他卫星接收机的信号都映射到这个接收机。

映射的方式为根据种子节点的卫星伪距，利用映射节点与种子节点的距离和方向，得到映射节点的卫星伪距。具体的，假设有  $K$  个接收机节点，各个

节点之间的距离和方向已经事先测量得到。节点集合为 $V = \{B_1, B_2, \dots, B_K\}$ , 节点 $B_i$ 和 $B_j$ 之间的单位方向方向为 $e_{ij}$ 。每个节点均有一个卫星接收机, 节点 $B_i$ 可以观察到 $z_i$ 个卫星信号, 每个卫星均对应于一个原始观测量, 因此节点 $B_i$ 的卫星信号原始观测量集合为 $M_i = \{m_{i1}, m_{i2}, \dots, m_{iz_i}\}$ , 节点 $B_i$ 的卫星定位精度为 $DOP(B_i)$ 。

在原始观测量映射前, 首先要选择一个具有代表性的节点, 即: 种子节点。种子节点具有最大的定位精度 $DOP(B_i)$ , 然后将其他节点的原始观测量都映射到种子节点 $B_l$ 。

如图 3 所示是卫星原始观测量映射的图示。假设节点 $B_2$ 能观察到卫星  $S$ , 但节点 $B_1$ 不能直接观察到卫星  $S$  (例如, 被建筑物挡住了), 我们希望将节点 $B_2$ 的原始观测量映射到 $B_1$ 。也就是说, 现在已知 $B_2$ 到卫星  $S$  的伪距 $m_{2s}$ , 也知道 $B_1$ 和 $B_2$ 之间的距离和方向, 需要求解出 $B_1$ 到卫星  $S$  的伪距 $m_{1s}$ 。

考虑到卫星到节点的伪距 $m$ 大约是几十万千米, 要远大于节点之间的距离 $|B_1B_2|$  (通常仅几十米、或者几百米)。从图 3 可以近似得到

$$|m_{1s}| - |m_{2s}| \approx |B_1B_2| \cdot \cos \theta = |B_1B_2| \cdot e_{B_1S} \cdot e_{B_1B_2}.$$

因此,  $|m_{1s}| = |m_{2s}| + |B_1B_2| \cdot e_{B_1S} \cdot e_{B_1B_2}$ 。

S3、根据原始观测量信息集通过迭代选择最优卫星伪距信息、卫星定位精度信息、卫星信号强度信息;

所述“选择最优卫星伪距信息、卫星定位精度信息、卫星信号强度信息”步骤具体包括, 通过设定距离阈值、信噪比阈值、定位贡献阈值初步选择出符合要求的信息集合, 进一步通过迭代方式从信息集合中选择出最优卫星伪距信息、卫星定位精度信息、卫星信号强度信息。

由于经过映射后, 该接收机有很多原始观测量信息, 需要从中选择定位效果较好的一部分原始观测量, 具体包括: 假设所有  $K$  个节点的原始观测量集合为 $W$ , 算法每次选中一个原始观测量集合 $U \subset W$ , 并加入到已选中的原始观测量集合 $Q$ 。集合 $U$ 的选择过程要考虑卫星的几何分布、卫星信号强度、卫星的定位质量, 分别对应于卫星距离、信噪比、定位精度这三个指标。

卫星距离

选中的卫星需要彼此足够分隔开, 保证有良好的几何分布。本专利使用卫星两两之间的平均距离, 来衡量几何分布。在具体实现中, 已选中的卫星集合为 $Q$ , 需要计算待选卫星集合 $W - Q$ 中的每一个卫星到 $Q$ 中的卫星的距离, 即:

$$d = \frac{1}{|B_j|} \sum |B_i B_j|, \quad B_i \in W - Q, \quad B_j \in Q$$

如果 $d > \delta_d$ , 则认为选中卫星与 $Q$ 足够分隔开, 其中 $\delta_d$ 为距离阈值。

卫星信号强度

假设每个原始观测量 $m$ 的信噪比为  $SNR(m)$ , 如果信噪比足够高, 则认为卫星信号较为可靠。如果 $SNR(m) > \delta_s$ , 则认为选中卫星信噪比足够高, 其中 $\delta_s$ 为信噪比阈值。

卫星定位精度

每个原始观测量的定位贡献应该足够强, 保证能用于定位计算。如果 $DOP(m) > \delta_p$ , 则认为选中卫星的定位贡献足够高, 其中 $\delta_p$ 为定位贡献阈值。

如果集合 $W - Q$ 中的某个卫星同时满足 $d > \delta_d$ ,  $SNR(m) > \delta_s$ ,  $DOP(m) > \delta_p$ 的三个条件, 则加入到选中卫星的集合 $Q$ 。其中, 三个阈值参数 $\delta_d$ 、 $\delta_s$ 、 $\delta_p$ 在选择过程中会逐步迭代, 保证每次仅有一个最优的卫星(对应于一个最优的卫星原始观测量)加入到集合 $Q$ 。

S4、利用异步 CTN 定位方式计算待定位节点的精确位置信息; 所述异步 CTN 定位方式包括:

S41、根据待定位节点的三维位置、节点的时钟偏差、节点的粗定位时间偏差利用最小二乘法通过迭代方式得到符合要求的位置迭代增量;

如图 4 所示, 具体位置迭代增量计算过程如下:

预设节点 $B_1$ 的位置 $p = [x, y, z, t_b, t_c]^T$ , 每个迭代的位置增量 $\delta p = [\delta x, \delta y, \delta z, \delta t_b, \delta t_c]^T$ ; 首先初始化 $p = [0, 0, 0, 0, 0]^T$ ;

已知位置 $p$ 后, 就可以更新原始观测量集合 $\widehat{M}_1 = \{\widehat{m}_{11}, \widehat{m}_{12}, \dots, \widehat{m}_{1z_i}\}$ , 其中 $\widehat{m}_{1j} = |B_1 S_j|$ 是节点 $B_1$ 和卫星 $S_j$ 的距离; 从而, 可以更新原始观测量的增量 $\delta M_1 = M_1 - \widehat{M}_1$ ; 使用 $\delta M_1$ 来更新位置增量 $\delta p$ ;

节点 $B_1$ 的位置增量 $\delta p_{xyz}$ 来远小于伪距 $M_1$ , 因此 $\delta m_{1j} = -1 \cdot \delta p_{xyz} \cdot e_{B_1 S_j}$ ;

因此,  $\delta M_1$ 和 $\delta p$ 的关系可以综合如下:

$$\delta m_{1j} = -1 \cdot \delta p_{xyz} \cdot e_{B_1 S_j} + \delta t_b + v_{Sj} \cdot \delta t_c$$

矩阵形式为：

$$\delta M_1 = H \cdot \delta p$$

$$H = \begin{bmatrix} -e_{11} & 1 & v_{S1} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ -e_{1z_1} & 1 & v_{Sz_1} \end{bmatrix}$$

使用最小二乘法求解上面的矩阵  $\delta M_1 = H \cdot \delta p$ ，得到  $\delta p = (H^T H)^{-1} H^T \delta M_1$ ；重复步骤上述直至位置迭代增量小于预设数值。

S42、再进一步根据时钟偏差和粗时间偏差使用最小二乘法得到种子节点的精确位置；

具体的，所述种子节点精确位置计算过程如下：

由于各个接收机的均有独立的时钟偏差  $t_b$  和粗时间偏差  $t_c$ ，并选中了  $N$  个节点，每个节点贡献  $q_i$  个原始观测量；那么种子节点的偏移量为  $\delta m_{ij} = -1 \cdot \delta p_{xyz} \cdot e_{BiS_j} + \delta t_b(i) + v_{Sj} \cdot \delta t_c(i)$ ；

矩阵形式为：

$$\delta M = H \cdot \delta p$$

$$H = \begin{bmatrix} -e_{1,1} & 1 & v_{1,1} & \cdots & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots & \vdots \\ -e_{1,q_1} & 1 & v_{1,q_1} & \cdots & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots & \vdots \\ -e_{N,1} & 0 & 0 & \cdots & 1 & v_{N,1} \\ \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots & \vdots \\ -e_{N,q_N} & 0 & 0 & \cdots & 1 & v_{N,q_N} \end{bmatrix}$$

使用最小二乘法求解上述矩阵，可以得到种子节点的精确位置。

S43、最后利用各个节点之间的几何关系计算出其他节点的精度位置。

如图 2 所示，一种协作定位装置 100，包括：

多个卫星信号采集模块 110，用以获取多个接收机节点独立采集的卫星信号，所述卫星信号包括卫星伪距、卫星定位精度、卫星信号强度和卫星时钟偏差信息；

映射模块 120, 将其中定位精度最好的接收机节点作为种子节点, 将其他接收机节点采集的卫星信号映射到种子节点, 形成原始观测量信息集;

信息选择模块 130, 根据原始观测量信息集通过迭代选择最优卫星伪距信息、卫星定位精度信息、卫星信号强度信息;

异步 CTN 定位模块 140, 根据待定位节点的三维位置、节点的时钟偏差、节点的粗定位时间偏差利用最小二乘法通过迭代方式得到符合要求的位置迭代增量; 再进一步根据时钟偏差和粗时间偏差使用最小二乘法得到种子节点的精确位置; 最后利用各个节点之间的几何关系计算出其他节点的精度位置。

一种计算机设备, 具有处理器和存储器, 所述存储器存储有计算机程序, 所述计算机程序被所述处理器执行时, 使得所述处理器执行上述任一实施例的协作定位方法的步骤。

一种计算机可读存储介质, 其上存储有计算机程序, 所述计算机程序被处理器执行时, 使得所述处理器执行上述任一实施例的协作定位方法的步骤。

本发明在一个典型城市环境下进行了实验验证。实验场景在一个高楼密集的城市小区, 实验面积为  $650 \times 300$  平方米。实验过程随机布置 12 个卫星接收机节点, 各节点分布如图 5 所示。

每个节点均连续采样 5 分钟卫星数据, 并进行卫星定位计算。结果发现, 只有节点 4、5、7、10 能够独立完成定位。与真实位置对比, 定位误差分别为 76.1 米, 86.4 米, 36.0 米, 43.2 米。其中, 真实位置是通过记录当前位置, 再查找谷歌地球来获取的。其余 8 个节点的可见卫星过少、或者信号偏移误差太大, 无法独立计算出自己的位置。也就是说, 这 12 个节点的定位精度为 (如表 1):

表 1

| 节点        | 1   | 2   | 3   | 4    | 5    | 6   | 7    | 8   | 9   | 10   | 11  | 12  |
|-----------|-----|-----|-----|------|------|-----|------|-----|-----|------|-----|-----|
| 精度<br>(米) | 无位置 | 无位置 | 无位置 | 76.1 | 86.4 | 无位置 | 36.0 | 无位置 | 无位置 | 43.2 | 无位置 | 无位置 |

为了实现本专利的方法,我们先用计步器和磁传感器来测量各个节点之间的距离和方向。然后选择定位精度较好的节点 7 作为种子节点,并将其他 11 个节点的原始观测量都映射到节点 7。按照上述专利方法,选择合适的原始观测量,进行异步 CTN 定位。最后,利用各个节点之间的距离、方向关系,计算出其他 11 个节点的位置。经过计算,这 12 个节点的定位精度如表 2:

表 2

| 节点        | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   |
|-----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 精度<br>(米) | 19.3 | 21.5 | 20.1 | 19.8 | 24.1 | 29.4 | 15.2 | 24.1 | 24.1 | 17.5 | 13.7 | 15.6 |

可以看出,经过原始观测量级的协同定位后,节点 7 的定位精度从 36.0 米提高到 15.2 米,其余节点也相应获取了高精度定位位置。

对比发现,本专利的定位均优于各个节点的独立定位。在具体数值上,独立定位方法的 4 个节点的平均定位精度为 60.4 米,本专利方法的平均定位精度为 20.4 米,定位精度提高 2.96 倍。

此外,本专利使用了各个节点的距离和方向。如果有了这些约束条件,其实也可以将能独立定位的节点 4、5、7、10 的位置传递到其他 8 个节点。这种方法被称为定位级的协作。作为区别,本专利是原始观测量级的卫星协作,已经深入到节点定位内部,两者有本质的区别。

我们也实现了定位级协作方法,利用距离和方向关系计算其他节点的位置,这 12 个节点的定位精度如下表,12 个节点的平均定位精度为 41.2 米。经过计算,本专利方法的定位精度比定位级协作方法提高了 2.02 倍。

如图 6 所示,对比了本专利方法、定位级协作方法、独立卫星定位方法的定位精度。可以发现,本专利的定位结果更好,提高 2.02~2.96 倍。

表 3

| 节点        | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   |
|-----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 精度<br>(米) | 38.8 | 45.0 | 40.1 | 42.7 | 46.6 | 47.9 | 36.4 | 43.7 | 44.5 | 40.2 | 35.2 | 33.8 |

本发明一种协作定位方法与装置、计算机设备、存储介质，针对多个节点的时差误差问题，提出一种异步 CTN 定位方法；本专利不需要辅助传感器（如惯导等），也不需要 3D 地图等先验知识，也不需要事先获取一个比较准确的初始位置而且能在可见卫星较少的场合下，也能完成位置计算，从而解决复杂城市环境下的定位问题，利用本发明技术方案可以将定位精度较现有定位精度提升 2-3 倍。

以上所述仅为本发明的实施方式，并非因此限制本发明的专利范围，凡是利用本发明说明书及附图内容所作的等效结构或等效流程变换，或直接或间接运用在其他相关的技术领域，均同理包括在本发明的专利保护范围内。

## 权 利 要 求

1、一种协作定位方法，其特征在于，包括如下步骤：

利用异步 CTN 定位方式计算待定位节点的精确位置信息；所述异步 CTN 定位方式包括：

根据待定位节点的三维位置、节点的时钟偏差、节点的粗定位时间偏差利用最小二乘法通过迭代方式得到符合要求的位置迭代增量；

再进一步根据时钟偏差和粗时间偏差使用最小二乘法得到种子节点的精确位置；

最后利用各个节点之间的几何关系计算出其他节点的精度位置。

2、如权利要求 1 所述的协作定位方法，其特征在于，在利用异步 CTN 定位方式之前还包括步骤：

获取多个接收机节点独立采集的卫星信号，所述卫星信号包括卫星伪距、卫星定位精度、卫星信号强度和卫星时钟偏差信息；

将其中定位精度最好的接收机节点作为种子节点，将其他接收机节点采集的卫星信号映射到种子节点，形成原始观测量信息集；

根据原始观测量信息集通过迭代选择最优卫星伪距信息、卫星定位精度信息、卫星信号强度信息。

3、如权利要求 2 所述的协作定位方法，其特征在于，所述映射方法为：根据种子节点的卫星伪距，利用映射节点与种子节点的距离和方向，得到映射节点的卫星伪距。

4、如权利要求 2 所述的协作定位方法，其特征在于，所述“选择最优卫星伪距信息、卫星定位精度信息、卫星信号强度信息”步骤具体包括，通过设定

距离阈值、信噪比阈值、定位贡献阈值初步选择出符合要求的信息集合，进一步通过迭代方式从信息集合中选择出最优卫星伪距信息、卫星定位精度信息、卫星信号强度信息。

5、如权利要求 1 所述的协作定位方法，其特征在于，位置迭代增量计算过程如下：

预设节点  $B_1$  的位置  $p = [x, y, z, t_b, t_c]^T$ ，每个迭代的位置增量  $\delta p = [\delta x, \delta y, \delta z, \delta t_b, \delta t_c]^T$ ；首先初始化  $p = [0, 0, 0, 0, 0]^T$ ；

已知位置  $p$  后，就可以更新原始观测量集合  $\widehat{M}_1 = \{\widehat{m}_{11}, \widehat{m}_{12}, \dots, \widehat{m}_{1z_1}\}$ ，其中  $\widehat{m}_{1j} = |B_1 S_j|$  是节点  $B_1$  和卫星  $S_j$  的距离；从而，可以更新原始观测量的增量  $\delta M_1 = M_1 - \widehat{M}_1$ ；使用  $\delta M_1$  来更新位置增量  $\delta p$ ；

节点  $B_1$  的位置增量  $\delta p_{xyz}$  来远小于伪距  $M_1$ ，因此  $\delta m_{1j} = -1 \cdot \delta p_{xyz} \cdot e_{B_1 S_j}$ ；

因此， $\delta M_1$  和  $\delta p$  的关系可以综合如下：

$$\delta m_{1j} = -1 \cdot \delta p_{xyz} \cdot e_{B_1 S_j} + \delta t_b + v_{Sj} \cdot \delta t_c$$

矩阵形式为：

$$\delta M_1 = H \cdot \delta p$$

$$H = \begin{bmatrix} -e_{11} & 1 & v_{S1} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ -e_{1z_1} & 1 & v_{Sz_1} \end{bmatrix}$$

使用最小二乘法求解上面的矩阵  $\delta M_1 = H \cdot \delta p$ ，得到  $\delta p = (H^T H)^{-1} H^T \delta M_1$ ；

重复步骤上述直至位置迭代增量小于预设数值。

6、如权利要求 1 所述的协作定位方法，其特征在于，所述种子节点精确位置计算过程如下：

由于各个接收机的均有独立的时钟偏差  $t_b$  和粗时间偏差  $t_c$ ，并选中了  $N$  个节点，每个节点贡献  $q_i$  个原始观测量；那么种子节点的偏移量为  $\delta m_{ij} = -1 \cdot \delta p_{xyz} \cdot$

$$e_{B_i S_j} + \delta t_b(i) + v_{S_j} \cdot \delta t_c(i);$$

矩阵形式为:

$$\delta M = H \cdot \delta p$$

$$H = \begin{bmatrix} -e_{1,1} & 1 & v_{1,1} & \cdots & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots & \vdots \\ -e_{1,q_1} & 1 & v_{1,q_1} & \cdots & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots & \vdots \\ -e_{N,1} & 0 & 0 & \cdots & 1 & v_{N,1} \\ \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots & \vdots \\ -e_{N,q_N} & 0 & 0 & \cdots & 1 & v_{N,q_N} \end{bmatrix};$$

使用最小二乘法求解上述矩阵,可以得到种子节点的精确位置。

7、如权利要求4所述的协作定位方法,其特征在于,所述步骤“选择最优卫星伪距信息”中,选择出符合要求的卫星需要彼此足够分隔开,具有有良好的几何分布。

8、一种协作定位装置,其特征在于,包括:

多个卫星信号采集模块,用以获取多个接收机节点独立采集的卫星信号,所述卫星信号包括卫星伪距、卫星定位精度、卫星信号强度和卫星时钟偏差信息;

映射模块,将其中定位精度最好的接收机节点作为种子节点,将其他接收机节点采集的卫星信号映射到种子节点,形成原始观测量信息集;

信息选择模块,根据原始观测量信息集通过迭代选择最优卫星伪距信息、

卫星定位精度信息、卫星信号强度信息；

异步 CTN 定位模块，根据待定位节点的三维位置、节点的时钟偏差、节点的粗定位时间偏差利用最小二乘法通过迭代方式得到符合要求的位置迭代增量；再进一步根据时钟偏差和粗时间偏差使用最小二乘法得到种子节点的精确位置；最后利用各个节点之间的几何关系计算出其他节点的精度位置。

9、一种计算机设备，其特征在于，具有处理器和存储器，所述存储器存储有计算机程序，所述计算机程序被所述处理器执行时，使得所述处理器执行如权利要求 1~7 任一项所述的协作定位方法的步骤。

10、一种计算机可读存储介质，其上存储有计算机程序，其特征在于，所述计算机程序被处理器执行时，使得所述处理器执行如权利要求 1~7 任一项所述的协作定位方法的步骤。

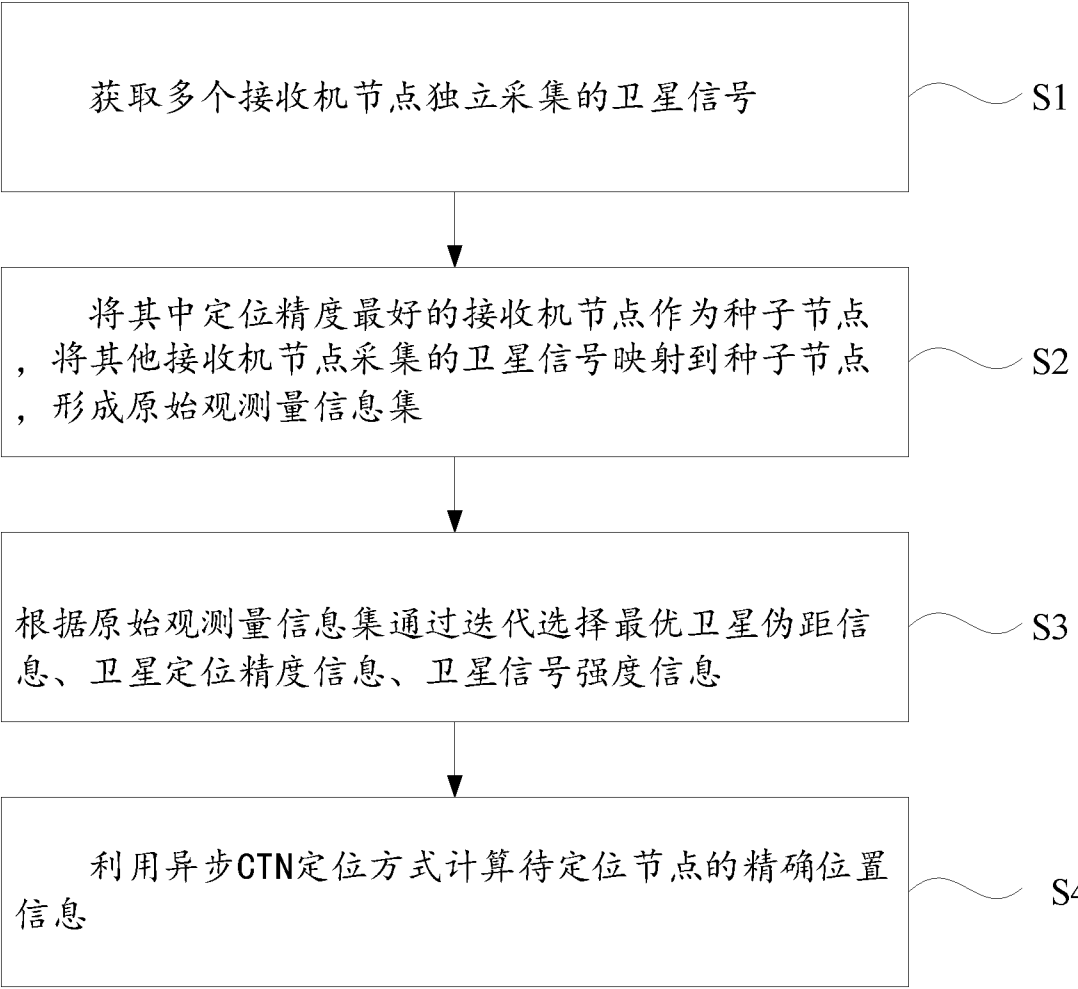


图1

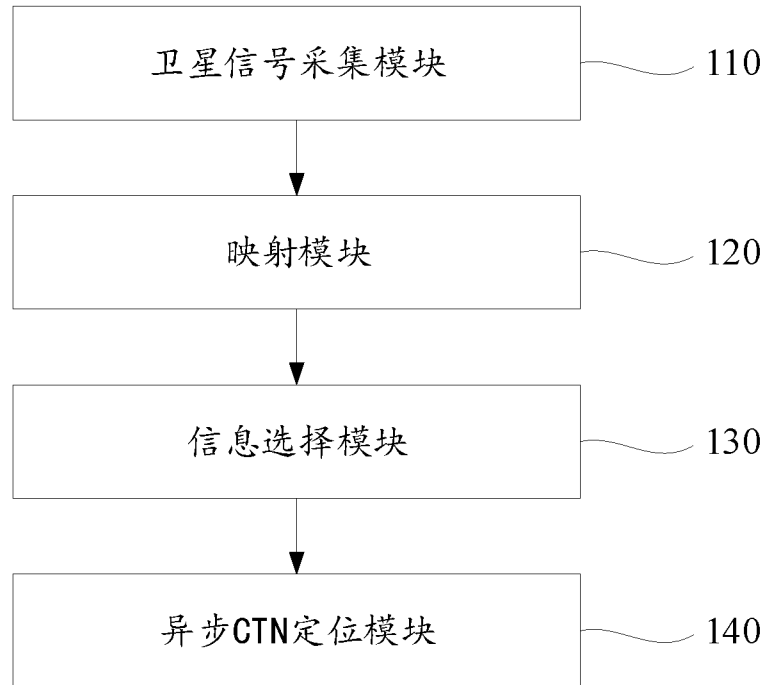
100

图2

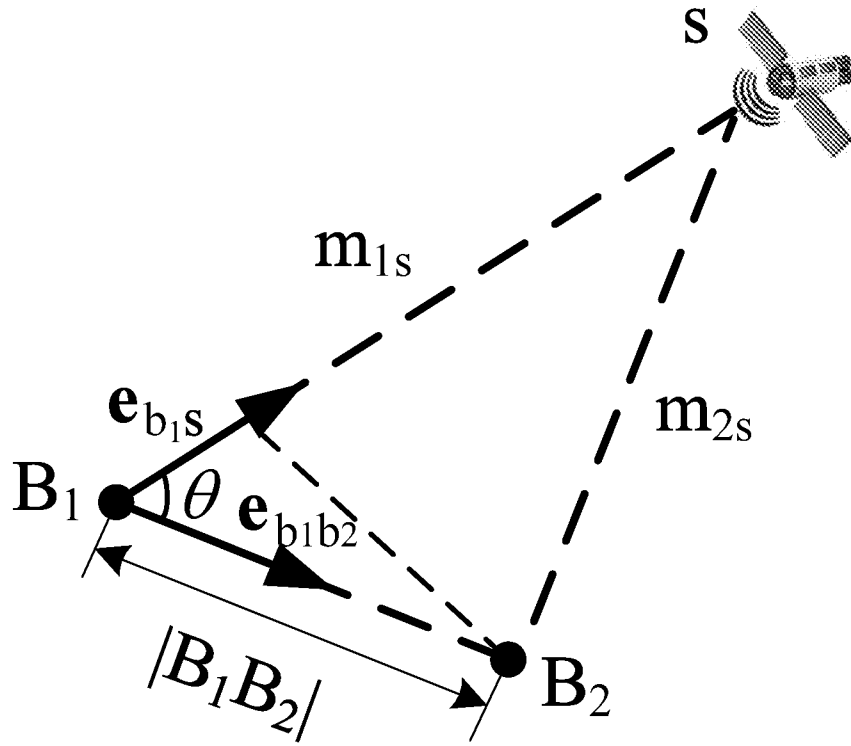


图3

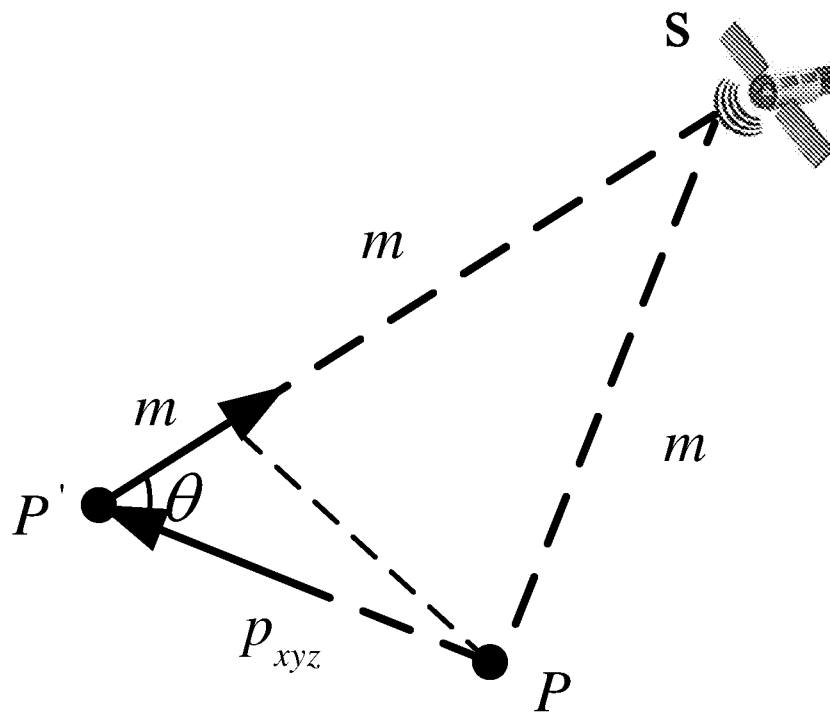


图4

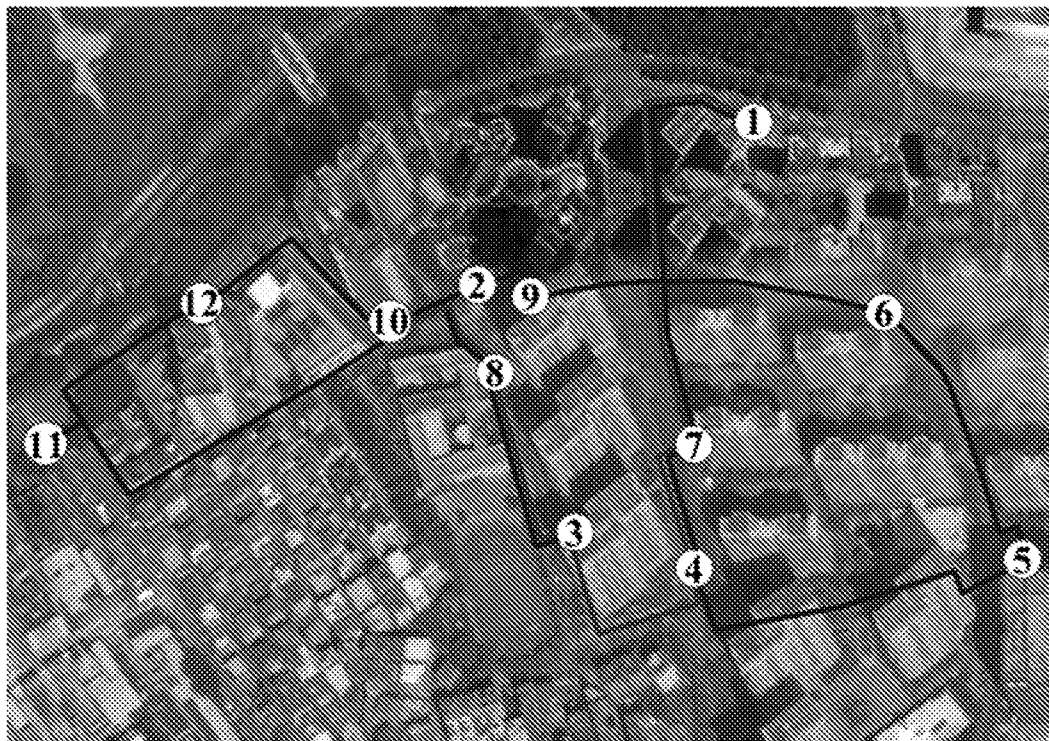


图5

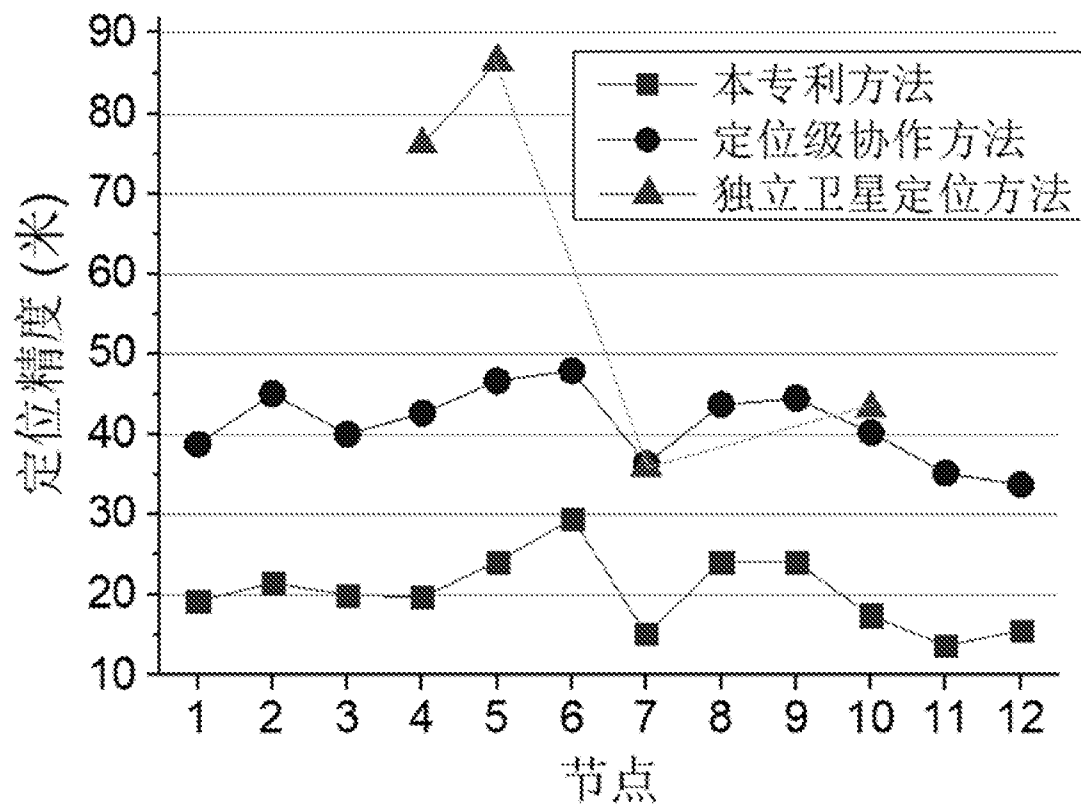


图6

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2019/124204

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**

G01S 19/25(2010.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01S

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNPAT, EPODOC, WPI, CNKI: 中国科学院深圳先进技术研究, 协同, 协作, 定位, 异步, CTN定位, 种子, 卫星, 精度, COOPERATIVE, CTN, LOCATION, SEED NODE, POSITION, PRECISION

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                                                                                                                                                                                                                       | Relevant to claim No. |
|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| X         | 陈孔阳 (CHEN, Hongyang). "面向城市环境的低功耗、高精度GPS定位技术 基础科学辑 (Non-official translation: Low-power, High-precision GPS Positioning Technology for Urban Environments)"<br>中国博士学位论文全文数据库 (China Doctoral Dissertations Full-Text Database),<br>No. no. 02, 15 February 2018 (2018-02-15),<br>ISSN: 1674-022X,<br>the text, pp. 66-73 | 1-10                  |
| PX        | CN 109738924 A (SHENZHEN INSTITUTES OF ADVANCED TECHNOLOGY, CHINESE ACADEMY OF SCIENCES) 10 May 2019 (2019-05-10)<br>claims 1-10                                                                                                                                                                                         | 1-10                  |
| A         | CN 102636795 A (TSINGHUA UNIVERSITY) 15 August 2012 (2012-08-15)<br>entire document                                                                                                                                                                                                                                      | 1-10                  |
| A         | CN 108120992 A (SHENZHEN INSTITUTES OF ADVANCED TECHNOLOGY, CHINESE ACADEMY OF SCIENCES) 05 June 2018 (2018-06-05)<br>entire document                                                                                                                                                                                    | 1-10                  |
| A         | CN 104808226 A (PEKING UNIVERSITY) 29 July 2015 (2015-07-29)<br>entire document                                                                                                                                                                                                                                          | 1-10                  |



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

26 February 2020

Date of mailing of the international search report

06 March 2020

Name and mailing address of the ISA/CN

China National Intellectual Property Administration (ISA/  
CN)  
No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing  
100088  
China

Facsimile No. (86-10)62019451

Authorized officer

Telephone No.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

**PCT/CN2019/124204****C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages       | Relevant to claim No. |
|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| A         | CN 105319566 A (PEKING UNIVERSITY) 10 February 2016 (2016-02-10)<br>entire document      | 1-10                  |
| A         | US 2009177382 A1 (COMMSCOPE, INC. OF NORTH) 09 July 2009 (2009-07-09)<br>entire document | 1-10                  |

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
**Information on patent family members**

International application No.

**PCT/CN2019/124204**

| Patent document<br>cited in search report |            |    | Publication date<br>(day/month/year) | Patent family member(s) | Publication date<br>(day/month/year) |
|-------------------------------------------|------------|----|--------------------------------------|-------------------------|--------------------------------------|
| CN                                        | 109738924  | A  | 10 May 2019                          | None                    |                                      |
| CN                                        | 102636795  | A  | 15 August 2012                       | CN 102636795            | B 21 August 2013                     |
| CN                                        | 108120992  | A  | 05 June 2018                         | None                    |                                      |
| CN                                        | 104808226  | A  | 29 July 2015                         | None                    |                                      |
| CN                                        | 105319566  | A  | 10 February 2016                     | None                    |                                      |
| US                                        | 2009177382 | A1 | 09 July 2009                         | None                    |                                      |

## 国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2019/124204

## A. 主题的分类

G01S 19/25 (2010.01) i

按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类

## B. 检索领域

检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)

G01S

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用))

CNPAT, EPDOC, WPI, CNKI: 中国科学院深圳先进技术研究院、协同、协作、定位、异步、CTN定位、种子、卫星、精度、COOPERATIVE、CTN、LOCATION、SEED NODE、POSITION、PRECISION

## C. 相关文件

| 类 型* | 引用文件, 必要时, 指明相关段落                                                                                                          | 相关的权利要求 |
|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| X    | 陈孔阳, “面向城市环境的低功耗、高精度GPS定位技术 基础科学辑”<br>中国博士学位论文全文数据库, 第02期, 2018年 2月 15日 (2018 - 02 - 15),<br>ISSN: 1674-022X,<br>正文第66-73页 | 1-10    |
| PX   | CN 109738924 A (中国科学院深圳先进技术研究院) 2019年 5月 10日 (2019 - 05 - 10)<br>权利要求1-10                                                  | 1-10    |
| A    | CN 102636795 A (清华大学) 2012年 8月 15日 (2012 - 08 - 15)<br>全文                                                                  | 1-10    |
| A    | CN 108120992 A (中国科学院深圳先进技术研究院) 2018年 6月 5日 (2018 - 06 - 05)<br>全文                                                         | 1-10    |
| A    | CN 104808226 A (北京大学) 2015年 7月 29日 (2015 - 07 - 29)<br>全文                                                                  | 1-10    |
| A    | CN 105319566 A (北京大学) 2016年 2月 10日 (2016 - 02 - 10)<br>全文                                                                  | 1-10    |
| A    | US 2009177382 A1 (COMMScope, INC. OF NORTH) 2009年 7月 9日 (2009 - 07 - 09)<br>全文                                             | 1-10    |

☐ 其余文件在C栏的续页中列出。☒ 见同族专利附件。

\* 引用文件的具体类型:

“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的)

“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件

“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件

“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性

“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性

“&amp;” 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期

2020年 2月 26日

国际检索报告邮寄日期

2020年 3月 6日

ISA/CN的名称和邮寄地址

中国国家知识产权局(ISA/CN)

中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088

传真号 (86-10)62019451

受权官员

贾奇峰

电话号码 86-(10)-53962443

国际检索报告  
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2019/124204

| 检索报告引用的专利文件 |            |    | 公布日<br>(年/月/日) | 同族专利         | 公布日<br>(年/月/日) |
|-------------|------------|----|----------------|--------------|----------------|
| CN          | 109738924  | A  | 2019年 5月 10日   | 无            |                |
| CN          | 102636795  | A  | 2012年 8月 15日   | CN 102636795 | B 2013年 8月 21日 |
| CN          | 108120992  | A  | 2018年 6月 5日    | 无            |                |
| CN          | 104808226  | A  | 2015年 7月 29日   | 无            |                |
| CN          | 105319566  | A  | 2016年 2月 10日   | 无            |                |
| US          | 2009177382 | A1 | 2009年 7月 9日    | 无            |                |