



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110856251 B

(45) 授权公告日 2020.10.27

(21) 申请号 201911062995.3

(56) 对比文件

(22) 申请日 2019.10.31

CN 106961293 A, 2017.07.18

CN 108667653 A, 2018.10.16

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 110856251 A

审查员 王晓丽

(43) 申请公布日 2020.02.28

(73) 专利权人 北京航空航天大学

地址 100191 北京市海淀区学院路37号

(72) 发明人 刘荣科 刘启瑞 王孖杰

(74) 专利代理机构 北京慧泉知识产权代理有限

公司 11232

代理人 王顺荣 唐爱华

(51) Int. Cl.

H04W 64/00 (2009.01)

H04B 17/327 (2015.01)

H04B 17/336 (2015.01)

权利要求书2页 说明书6页 附图4页

(54) 发明名称

一种超密集网络中的终端定位方法

(57) 摘要

本发明公开了一种超密集网络中的终端定位方法,属于终端定位领域。所述方法包括终端根据接收各基站信号的信号质量识别可见基站;然后将可见基站根据SINR降序排列,利排列靠前的基站对应的伪距测量结果进行初步定位;随之基于几何关系进行选择、分组得到多个基站子集,并根据水平精度因子筛选几何分布较好的定位基站子集;最后根据筛选后的各基站子集对应的定位估计结果,利用聚类算法选择受非视距影响较小的定位基站子集,为终端提供定位服务。本发明提供的一种超密集网络中的终端定位方法可以解决OTDoA定位技术在5G超密集网络中精度较低的问题,同时可以向下兼容现有的多边定位技术;此外,本发明方法能够增强定位服务的鲁棒性和可靠性。



1. 一种超密集网络中的终端定位方法,其特征在于:该方法具体步骤如下:

步骤一、终端通过测量各基站发送的下行信号在用户终端处的信干噪比SINR识别超密集网络中用户终端可见的基站;

步骤二、测量步骤一中识别得到的可见基站所对应的伪距,并将各基站根据其SINR的大小降序排列,利用排列靠前的基站对应的伪距测量结果对用户终端进行初步定位;

步骤三、利用步骤二中获得的初始估计位置,计算用户终端与各基站间的相对高度角与方位角,并根据相对高度角与方位角对步骤一中识别得到的可见基站进行初次筛选和分组得到多个基站子集;

步骤四、计算步骤三中得到的各基站子集所对应的水平精度因子HDOP,并根据HDOP对基站子集进行二次基站筛选;

步骤五、计算步骤四中二次基站筛选后得到的各基站子集对应的定位结果,并根据获得的定位结果利用聚类算法选择为终端提供定位服务的定位基站子集;

第六步,利用步骤五中选出的定位基站子集对终端提供定位服务。

2. 根据权利要求1所述的一种超密集网络中的终端定位方法,其特征在于:所述步骤一具体选择下行参考信号在用户终端处的SINR大于可见性判决阈值的基站作为定位参考基站。

3. 根据权利要求1所述的一种超密集网络中的终端定位方法,其特征在于:所述步骤三基站初次筛选过程如下:

1) 计算用户初始估计位置 x_0 与集合 N' 中基站 n 的高度角 α_n 和方位角 β_n ;

2) 选择与用户之间高度角最小的基站 n^* 作为参考节点,即 $n^* = \arg \min_{n \in N} \alpha_n$;

3) 设置 M 个方位角分组参考角度, $\beta_i^{ref} = \beta_{n^*} + \frac{2(i-1)}{M} \pi, i \in \{1, \dots, M\}$, 根据各基站方位角和三个分组参考方位角之间的差值对基站进行分组,即当 $|\beta_n - \beta_i^{ref}| \leq \Delta\phi$ 成立时,基站 n 被分至第 i 组, $i \in \{1, \dots, M\}$;

4) 如果第 i 组被分配的基站数量为零,则增加 $\Delta\phi$ 值并重新对第 i 组分配基站,直到每组中至少有一个基站,第 i 组包含的基站索引集合表示为 $N_{Azimuth}^i$,包含元素数量为 N_i 。

4. 根据权利要求1所述的一种超密集网络中的终端定位方法,其特征在于:步骤四中所描述的二次基站筛选,其步骤如下:

1) 从 $N_{Azimuth}^i, i \in \{1, \dots, M\}$ 中各选择一个基站组成一个基站子集,即每个基站子集含有基站数量为 M ;各基站子集组成集合表示为 $S_{init} = \{s_j\}, j \in \{1, \dots, J_{init}\}$,子集数量

$J_{init} = \prod_{i=1}^M N_i$,并计算其相应的水平精度因子, $HDOP_{s_j}, s_j \in S_{init}$,表示为:

$$HDOP_{s_j} = \sqrt{\text{tr}\left\{\left(G_{s_j}^T G_{s_j}\right)^{-1}\right\}}$$

其中, G_{s_j} 是定位测距方程的雅可比矩阵,与基站子集 s_j 中的定位参考基站位置 $l_t = [x_t, y_t]^T, (t \in s_j)$ 和用户终端位置 $x = [x, y]^T$ 有关;将用户初始估计位置 x_0 作为用户终端位置信

息,即 $x=x_0$,则HDOP表示为:

$$G_{s_j} = \begin{bmatrix} \frac{x_1 - x}{\|\mathbf{I}_1 - \mathbf{x}\|} & \frac{y_1 - y}{\|\mathbf{I}_1 - \mathbf{x}\|} & 1 \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ \frac{x_t - x}{\|\mathbf{I}_t - \mathbf{x}\|} & \frac{y_t - y}{\|\mathbf{I}_t - \mathbf{x}\|} & 1 \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ \frac{x_M - x}{\|\mathbf{I}_M - \mathbf{x}\|} & \frac{y_M - y}{\|\mathbf{I}_M - \mathbf{x}\|} & 1 \end{bmatrix}$$

2) 根据HDOP阈值 H_{thr} 排除几何分布质量较差的基站子集,排除标准为 $HDOP_{s_j} \geq H_{thr}$, $HDOP_{s_j}, s_j \in S_{init}$,更新 S_{init}, J_{init} 为 S^*, J^* 。

5. 根据权利要求1所述的一种超密集网络中的终端定位方法,其特征在于:所述步骤五通过聚类算法筛选受NLoS影响较小的定位基站子集,具体步骤如下:

1) 根据步骤二中所述的定位方法,计算 S^* 中每个基站子集以及相应伪距测量值对应的位置估计,表示为集合 $\mathbf{X}^{G^*} = \{\mathbf{x}_{s_j}\}, s_j \in S^*$;

2) 使用K均值聚类算法对 \mathbf{X}^{G^*} 做聚类分析,将其划分为K ($K \geq 4$) 个聚类簇,聚类簇质心为 $\mathbf{p}_k = [x_k, y_k]^T, k \in \{1, \dots, K\}$;

3) 计算每个簇中包含的对象数量 $n_k, k \in \{1, \dots, K\}$;

4) 选择包含对象数量最多的聚类簇质心 $\mathbf{p}_{k^*}, k^* = \arg \max_k n_k$;

5) 在 \mathbf{X}^{G^*} 中选择距离 \mathbf{p}_{k^*} 最近的估计位置 \mathbf{x}_{s^*} ,即 $\mathbf{x}_{s^*} = \arg \min_{\mathbf{x}_{s_j} \in \mathbf{X}^{G^*}} \|\mathbf{x}_{s_j} - \mathbf{p}_{k^*}\|$;

6) 选择 \mathbf{x}_{s^*} 对应的基站子集 s^* 作为最终为用户终端提供定位服务的定位参考基站子集。

一种超密集网络中的终端定位方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种超密集网络中的终端定位方法,属于终端定位领域,尤其涉及一种超密集网络中的终端定位方法以及与其相关的定位流程和定位基站选择算法。

背景技术

[0002] 终端定位技术是一种根据给定的观测信息和统计信息,对用户终端未知的位置参数作出估计的技术,被公认为是第五代(5th Generation,5G)移动通信网络的重要使能技术。终端定位技术的应用,可以为用户提供多元化的基于位置的服务,如无人驾驶、定位导航、无线应急服务和移动营销等。另一方面,终端定位技术也可以协助5G网络增强其在可扩展性、延迟和健壮性方面的性能。

[0003] 可观测信号到达时间差(Observed time difference of Arrival,OTDoA)是蜂窝网络中的一种利用下行链路参考信号的信号到达时间差对用户终端进行定位的技术,已在LTE系统中得到成功应用,且被广泛认为是5G网络的一种候选定位技术。然而,在密集城市、城市峡谷和室内等复杂地形环境中,OTDoA技术的定位精度易受到信号非视距传播的影响,其性能无法满足5G网络对定位服务的需求。

[0004] 超密集网络(Ultra-dense Network,UDN)是5G网络的典型覆盖场景之一,旨在通过大量异构基站的密集部署,提升5G网络的承载能力以满足海量用户对无线泛在业务的日益增长的需求。与宏基站网络相比,基站密集化部署增加了用户终端可见的定位参考基站数量,同时减少了用户终端与基站之间的平均距离。然而,UDN的基站部署具有较强的随机性,从而导致了几何拓扑的不确定性。当定位参考基站与用户之间的几何分布质量较差时,测距误差将对OTDoA技术的定位精度产生严重的负面影响。

[0005] 鉴于传统OTDoA技术应用于5G UDN时面临着非视距误差抑制能力弱以及定位参考基站几何分布质量差的问题,新型终端定位方法应充分利用5G UDN的特点,克服传统OTDoA技术在5G网络中遇到的困难,从而有效提升定位服务的性能。

发明内容

[0006] 本发明目的在于,提供一种用于超密集网络的终端定位方法,以解决OTDoA定位技术在5G超密集网络中精度较低的问题,同时增强定位服务的鲁棒性和可靠性。

[0007] 本发明提出一种超密集网络中的终端定位方法,具体步骤如下:

[0008] 步骤一,终端通过测量各基站发送的下行信号在用户终端处的信干噪比(Signal to Interference plus Noise Ratio,SINR)识别超密集网络中用户终端可见的基站。

[0009] 本发明选择下行参考信号在用户终端处的SINR大于可见性判决阈值的基站作为定位参考基站。基站集合为 $\mathbb{N} = \{1, \dots, N\}$, $p_{t,i}$ 是基站i下行参考信号的发射功率, PL_i 是基站i至用户终端的路径损耗, p_{noise} 是接收噪声功率; J_i 表示与基站i共用同一通信资源的基站集合,基站i的SINR可表示为:

$$[0010] \quad SINR_i = \frac{p_{t,i} / PL_i}{\sum_{k \in J_i, k \neq i} p_{t,k} / PL_k + p_{noise}}$$

[0011] 基站可见性判决阈值为 $SINR_{thr}$,当 $SINR_i$ 满足 $SINR_i \geq SINR_{thr}$ 时,判定基站 i 为该用户终端的可见基站,即该用户终端可以将基站 i 作为定位参考基站。用户终端可见的基站集合表示为 $\mathbb{N}' = \{i | SINR_i \geq SINR_{thr}, i \in \mathbb{N}\}$,集合 \mathbb{N}' 元素数量 $N' \geq 3$ 。

[0012] 步骤二,测量步骤一中识别得到的可见基站所对应的伪距,并将各基站根据其 $SINR$ 的大小降序排列,利用排列靠前的基站对应的伪距测量结果对用户终端进行初步定位。

[0013] 可见基站 i 对应的信号到达时间(Time of arrival,ToA)测量值,即伪距,可以表示为:

$$[0014] \quad \hat{t}_i = \frac{r_i}{c} + \Delta\tau + \varepsilon_i$$

[0015] 其中 r_i 是用户设备与基站 i 之间的欧氏距离, $\Delta\tau$ 是时钟误差, ε_i 是由噪声、干扰以及信号的非视距传播导致的时延测量误差。

[0016] 令 $\mathbf{x} = [x, y]^T$ 和 $\mathbf{I}_i = [x_i, y_i]^T$ 分别表示用户终端和基站 i 的二维坐标,则基站 i 和基站 j 对应的信号到达时间差(Reference signal time difference,RSTD)测量值表示为:

$$[0017] \quad \Delta\hat{t}_{i,j} = \hat{t}_i - \hat{t}_j = \frac{1}{c} \cdot (\|\mathbf{I}_i - \mathbf{x}\| - \|\mathbf{I}_j - \mathbf{x}\|) + (\varepsilon_i - \varepsilon_j)$$

[0018] 在获得至少3个基站(二维定位情况下)对应的RSTD观测值后,将基站 i 和基站 j 对应的RSTD测量值转换为距离差测量值 $\rho_{i,j}$,表示为实际距离差与误差项的和:

$$[0019] \quad \rho_{i,j} = h(\mathbf{x}) + \varepsilon_{i,j} = c\Delta t_{i,j} + \varepsilon_{i,j}$$

[0020] 基于上式所示的测量模型,使用加权最小二乘算法估计用户终端的位置,用户初次迭代位置为 $\hat{\mathbf{x}}_0$,设第 $k-1$ 次迭代更新后的位置为 $\hat{\mathbf{x}}_{k-1}$,则第 k 次迭代过程表示为:

$$[0021] \quad \hat{\mathbf{x}}_k = \hat{\mathbf{x}}_{k-1} + (\mathbf{H}^T \mathbf{W}^{-1} \mathbf{H})^{-1} \mathbf{H}^T \mathbf{W}^{-1} (\boldsymbol{\rho} - \boldsymbol{\rho}(\hat{\mathbf{x}}_{k-1}))$$

[0022] 以基站1作为参考基站,生成RSTD测量值,其中, \mathbf{W} 为对角矩阵,其根据接收信号 $SINR$ 进行设置,对角元素 $\mathbf{W} = \text{diag}(\sqrt{\text{const} \times 10^{-B \cdot SINR_i/10}})$,其中 $\text{const} = 1.1 \times 10^{-4}$, B 为信号带宽;

$\mathbf{H}(\mathbf{x}) = \nabla h(\mathbf{x})$,其具体表达式为:

$$[0023] \quad \mathbf{H}(\mathbf{x}) = \begin{bmatrix} \frac{x-x_1}{r_1} - \frac{x-x_2}{r_2} & \frac{y-y_1}{r_1} - \frac{y-y_2}{r_2} \\ \frac{x-x_1}{r_1} - \frac{x-x_3}{r_3} & \frac{y-y_1}{r_1} - \frac{y-y_3}{r_3} \\ \vdots & \vdots \\ \frac{x-x_1}{r_1} - \frac{x-x_N}{r_N} & \frac{y-y_1}{r_1} - \frac{y-y_N}{r_N} \end{bmatrix}$$

[0024] 令迭代更新量 $\delta\hat{\mathbf{x}}_{k-1} = (\mathbf{H}^T \mathbf{W}^{-1} \mathbf{H})^{-1} \mathbf{H}^T \mathbf{W}^{-1} (\boldsymbol{\rho} - \boldsymbol{\rho}(\hat{\mathbf{x}}_{k-1}))$, 当 $\|\delta\hat{\mathbf{x}}_{k-1}\| \leq \delta_{thr}$ 时, 判断为算法收敛, 结束迭代并输出最终估计位置 $\hat{\mathbf{x}}_k$, 同时记为用户终端的初始估计位置 \mathbf{x}_0 。

[0025] 步骤三, 利用步骤二中获得的初始估计位置, 计算用户终端与各基站间的相对高度角与方位角, 并根据相对高度角与方位角对步骤一中识别得到的可见基站进行初次筛选、分组得到多个基站子集。

[0026] 为了提升定位参考基站的几何分布质量, 本发明提出了如下基站初次筛选算法。

[0027] 1) 计算用户初始估计位置 \mathbf{x}_0 与集合 \mathbf{N}' 中基站 n 的高度角 α_n 和方位角 β_n ;

[0028] 2) 选择与用户之间高度角最小的基站 n^* 作为参考节点, 即 $n^* = \arg \min_{n \in \mathbf{N}'} \alpha_n$;

[0029] 3) 设置 M 个方位角分组参考角度, $\beta_i^{ref} = \beta_{n^*} + \frac{2(i-1)}{M} \pi, i \in \{1, \dots, M\}$, 根据各基站

方位角和三个分组参考方位角之间的差值对基站进行分组, 即当 $|\beta_n - \beta_i^{ref}| \leq \Delta\varphi$ 成立时, 基站 n 被分至第 i 组, $i \in \{1, \dots, M\}$;

[0030] 4) 如果第 i 组被分配的基站数量为零, 则增加 $\Delta\varphi$ 值并重新对第 i 组分配基站, 直到每组中至少有一个基站, 第 i 组包含的基站索引集合表示为 $\mathbf{N}_{Azimuth}^i$, 包含元素数量为 N_i ;

[0031] 步骤四, 计算步骤三中得到的各基站子集所对应的水平精度因子 (Horizontal Dilution of Precision, HDOP), 并根据 HDOP 对基站子集进行二次基站筛选。

[0032] 本发明针对提升定位参考基站的几何分布质量设计的二次基站筛选策略, 其步骤如下。

[0033] 1) 从 $\mathbf{N}_{Azimuth}^i, i \in \{1, \dots, M\}$ 中各选择一个基站组成一个基站子集, 即每个基站子集含有基站数量为 M 。各基站子集组成集合表示为 $S_{init} = \{s_j\}, j \in \{1, \dots, J_{init}\}$, 子集数量

$J_{init} = \prod_{i=1}^M N_i$, 并计算其相应的水平精度因子, $HDOP_{s_j}, s_j \in S_{init}$, 表示为:

$$[0034] \quad HDOP_{s_j} = \sqrt{\text{tr}\left\{\left(G_{s_j}^T G_{s_j}\right)^{-1}\right\}}$$

[0035] 其中, G_{s_j} 是定位测距方程的雅可比矩阵, 与基站子集 s_j 中的定位参考基站位置 $\mathbf{I}_t = [x_t, y_t]^T, (t \in s_j)$ 和用户终端位置 $\mathbf{x} = [x, y]^T$ 有关。将用户初始估计位置 \mathbf{x}_0 作为用户终端位置信息, 即 $\mathbf{x} = \mathbf{x}_0$, 则 HDOP 可以表示为:

$$[0036] \quad G_{s_j} = \begin{bmatrix} \frac{x_1 - x}{\|\mathbf{I}_1 - \mathbf{x}\|} & \frac{y_1 - y}{\|\mathbf{I}_1 - \mathbf{x}\|} & 1 \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ \frac{x_t - x}{\|\mathbf{I}_t - \mathbf{x}\|} & \frac{y_t - y}{\|\mathbf{I}_t - \mathbf{x}\|} & 1 \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ \frac{x_M - x}{\|\mathbf{I}_M - \mathbf{x}\|} & \frac{y_M - y}{\|\mathbf{I}_M - \mathbf{x}\|} & 1 \end{bmatrix}$$

[0037] 2) 根据HDOP阈值 H_{thr} 排除几何分布质量较差的基站子集,排除标准为 $HDOP_{s_j} \geq H_{thr}, HDOP_{s_j}, s_j \in S_{init}$,更新 S_{init}, J_{init} 为 S^*, J^* 。

[0038] 步骤五,计算步骤四中二次基站筛选后得到的各基站子集对应的定位结果,并根据获得的定位结果利用聚类算法选择为终端提供定位服务的定位基站子集。

[0039] 本发明通过聚类算法筛选此类受NLoS影响较小的定位基站子集,具体步骤如下。

[0040] 1) 根据步骤二中所述的定位方法,计算 S^* 中每个基站子集以及相应伪距测量值对应的位置估计,表示为集合 $\mathbf{X}^{G^*} = \{\mathbf{x}_{s_j}\}, s_j \in S^*$;

[0041] 2) 使用K均值(K-Means)聚类算法对 \mathbf{X}^{G^*} 做聚类分析,将其划分为K($K \geq 4$)个聚类簇,聚类簇质心为 $\mathbf{p}_k = [x_k, y_k]^T, k \in \{1, \dots, K\}$;

[0042] 3) 计算每个簇中包含的对象数量 $n_k, k \in \{1, \dots, K\}$;

[0043] 4) 选择包含对象数量最多的聚类簇质心 $\mathbf{p}_{k^*}, k^* = \arg \max_k n_k$;

[0044] 5) 在 \mathbf{X}^{G^*} 中选择距离 \mathbf{p}_{k^*} 最近的估计位置 \mathbf{x}_{s^*} ,即 $\mathbf{x}_{s^*} = \arg \min_{\mathbf{x}_{s_j} \in \mathbf{X}^{G^*}} \|\mathbf{x}_{s_j} - \mathbf{p}_{k^*}\|$;

[0045] 6) 选择 \mathbf{x}_{s^*} 对应的基站子集 s^* 作为最终为用户终端提供定位服务的定位参考基站子集。

[0046] 第六步,利用步骤五中选出的定位基站子集为对终端提供定位服务。

[0047] 本发明通过上述基站选择策略,为用户终端选择几何分布质量好且受NLoS影响较小的定位基站子集 s^* ,根据步骤二中所述的定位方法,为用户提供高精度定位服务。

[0048] 本发明一种超密集网络中的终端定位方法,其优点及功效在于:本发明方法可以较为准确地为用户终端选择几何分布质量好且受NLoS影响较小的定位基站子集,进而提升定位服务的精度、鲁棒性以及可靠性。

附图说明

[0049] 图1为本发明所提出的终端定位方法的流程图;

[0050] 图2为本发明所提出的基于方位角和HDOP的基站选择方法流程图;

[0051] 图3为本发明所提出的基于聚类算法的基站选择方法流程图;

[0052] 图4为本发明所针对的5G超密集网络示意图;

具体实施方式

[0053] 下面将结合附图和实施例对本发明作进一步的详细说明。

[0054] 本发明通过对超密集网络中的基站进行优化筛选,从而减少信号的非视距传播和定位基站几何分布质量不理想的因素对位置估计的影响,进而提升定位服务的性能。

[0055] 下面将以基站可见性判决阈值 $SINR_{thr} = -10\text{dB}$,初步定位所用基站数量 $\lambda = 6$,算法收敛性判断阈值 $\delta_{thr} = 1 \times 10^{-7}$,初始角度划分阈值 $\Delta\varphi = \frac{15}{180}\pi$, $\Delta\varphi$ 增加值 $\delta\varphi = \frac{5}{180}\pi$,基站

子集中的基站数量 $M = 6$,HDOP排除阈值 $H_{thr} = 3$,以及聚类簇数量 $K = 4$ 为例对发明的具体实施方式进行详细介绍,方法总体流程如图1所示。

[0056] 本发明首先给出了针对基站可见性的判断方法,如步骤1所示。

[0057] 步骤1:用户终端测量各基站的SINR,当 $SINR_i$ 满足 $SINR_i \geq SINR_{thr}$,即 $SINR_i \geq -10dB$ 时,判定基站 i 为该用户终端的可见基站,即该用户终端可以将基站 i 作为定位参考基站。用户终端可见的基站集合表示为 $N' = \{i | SINR_i \geq -10dB, i \in N\}$,集合 N' 元素数量 $N' \geq 3$ 。

[0058] 在得到终端可见基站组成的集合 N' 后,发明将其应用于基于最强SINR的OTDoA算法中,做初始定位估计,具体流程为步骤2.1~步骤2.2。

[0059] 步骤2.1:测量步骤1中识别得到的可见基站所对应的伪距。

[0060] 步骤2.2:将步骤1中识别到的可见基站根据其SINR降序排列,选择排列前 $\lambda=6$ 个基站对应的伪距测量结果对用户终端进行初步定位,当加权最小二乘法的迭代更新量 $\|\delta\hat{x}_{k-1}\| \leq 1 \times 10^{-7}$ 时,判断为算法收敛,结束迭代并输出最终估计位置 \hat{x}_k ,同时记为用户终端的初始估计位置 x_0 。

[0061] 在得到用户的初始估计位置后,发明将其应用于计算用户终端与各基站间的相对高度角与方位角,并根据相对高度角与方位角对步骤1中识别得到的可见基站进行选择、分组得到多个基站子集,具体流程为步骤3.1~步骤3.3。

[0062] 步骤3.1:计算用户初始估计位置 x_0 与集合 N' 中基站 n 的高度角 α_n 和方位角 β_n ;选择与用户之间高度角最小的基站 n^* 作为参考节点,即 $n^* = \underset{n \in N'}{\operatorname{argmin}} \alpha_n$ 。

[0063] 步骤3.2:设置6个方位角分组参考角度,根据各基站方位角和三个分组参考方位角之间的差值对基站进行分组,即当 $|\beta_n - \beta_i^{ref}| \leq \Delta\varphi = \frac{15}{180}\pi$ 成立时,基站 n 被分至第 i 组 $N_{Azimuth}^i, i \in \{1, \dots, 6\}$ 。

[0064] 步骤3.3:如果第 i 组被分配的基站数量为零,则将 $\Delta\varphi$ 增加 $\delta\varphi = \frac{5}{180}\pi$,并重新对第 i 组分配基站,直到每组中至少有一个基站。

[0065] 至此,得到的各基站子集中基站分布较均匀,但还需要进一步筛选。计算所对应的水平精度因子HDOP,并根据HDOP对基站子集进行筛选,具体流程为步骤4.1~步骤4.2,步骤3与步骤4的总体流程如图2所示。

[0066] 步骤4.1:从 $N_{Azimuth}^i, i \in \{1, \dots, 6\}$ 中各选择一个基站组成一个基站子集,即每个基站子集含有6个基站。各基站子集组成集合表示为 $S_{init} = \{s_j\}, j \in \{1, \dots, J_{init}\}$,并计算其相应的水平精度因子, $HDOP_{s_j}, s_j \in S_{init}$ 。

[0067] 步骤4.2:根据HDOP阈值 H_{thr} 排除几何分布质量较差的基站子集,排除标准为 $HDOP_{s_j} \geq 3, HDOP_{s_j}, s_j \in S_{init}$,更新 S_{init}, J_{init} 为 S^*, J^* 。

[0068] 经过步骤3、4的两次基站筛选后,可用定位基站子集组成的集合 S^* 中。至此,各定位基站子集的几何分布质量均好于设定的阈值,排除了几何分布对定位的影响,即定位精度的主要负面影响因素变为NLoS测量误差导致的估计误差。如图3所示,本发明通过聚类算法筛选此类位置估计,从而得到受NLoS影响较小的定位基站组合,具体流程为步骤5.1~步骤5.3:

[0069] 步骤5.1:根据步骤2.2中所述的定位方法,计算 S^* 中每个基站子集以及相应伪距测量值对应的位置估计 $\mathbf{X}^{G^*} = \{\mathbf{x}_{s_j}\}, s_j \in S^*$ 。

[0070] 步骤5.2:使用K均值聚类算法对 \mathbf{X}^{G^*} 做聚类分析,将其划分为 $K=4$ 个聚类簇,聚类簇质心为 $\mathbf{p}_k = [x_k, y_k]^T, k \in \{1, \dots, 4\}$ 。

[0071] 步骤5.3:计算每个簇中包含的对象数量 $n_k, k \in \{1, \dots, 4\}$,选择包含对象数量最多的聚类簇质心 $\mathbf{p}_{k^*}, k^* = \arg \max_k n_k$ 。

[0072] 步骤5.5:在 \mathbf{X}^{G^*} 中选择距离 \mathbf{p}_{k^*} 最近的估计位置 \mathbf{x}_{s^*} ,即 $\mathbf{x}_{s^*} = \arg \min_{\mathbf{x}_{s_j} \in \mathbf{X}^{G^*}} \|\mathbf{x}_{s_j} - \mathbf{p}_{k^*}\|$ 。

[0073] 步骤5.6:选择 \mathbf{x}_{s^*} 对应的基站子集 s^* 作为最终为用户终端提供定位服务的定位参考基站子集。

[0074] 通过上述基站选择策略,最终为用户终端提供定位服务的基站子集 s^* 具有几何分布质量好且受NLoS影响较小的特点。发明将基站子集 s^* 应用于为用户终端提供高精度定位服务,具体流程为步骤6:

[0075] 步骤6:根据步骤2.2中所述的定位方法,使用 s^* 以及相应伪距测量值对用户终端提供定位服务。

[0076] 综上所述,本发明所提出的一种超密集网络中的终端定位方法可以较为准确地为用户终端选择几何分布质量好且受NLoS影响较小的定位基站子集,进而提升定位服务的精度、鲁棒性以及可靠性。

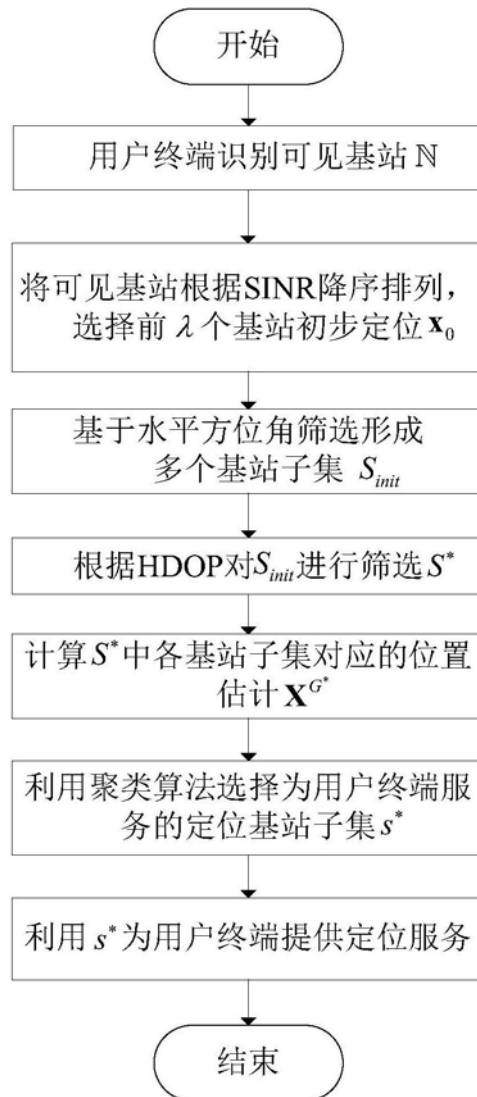


图1

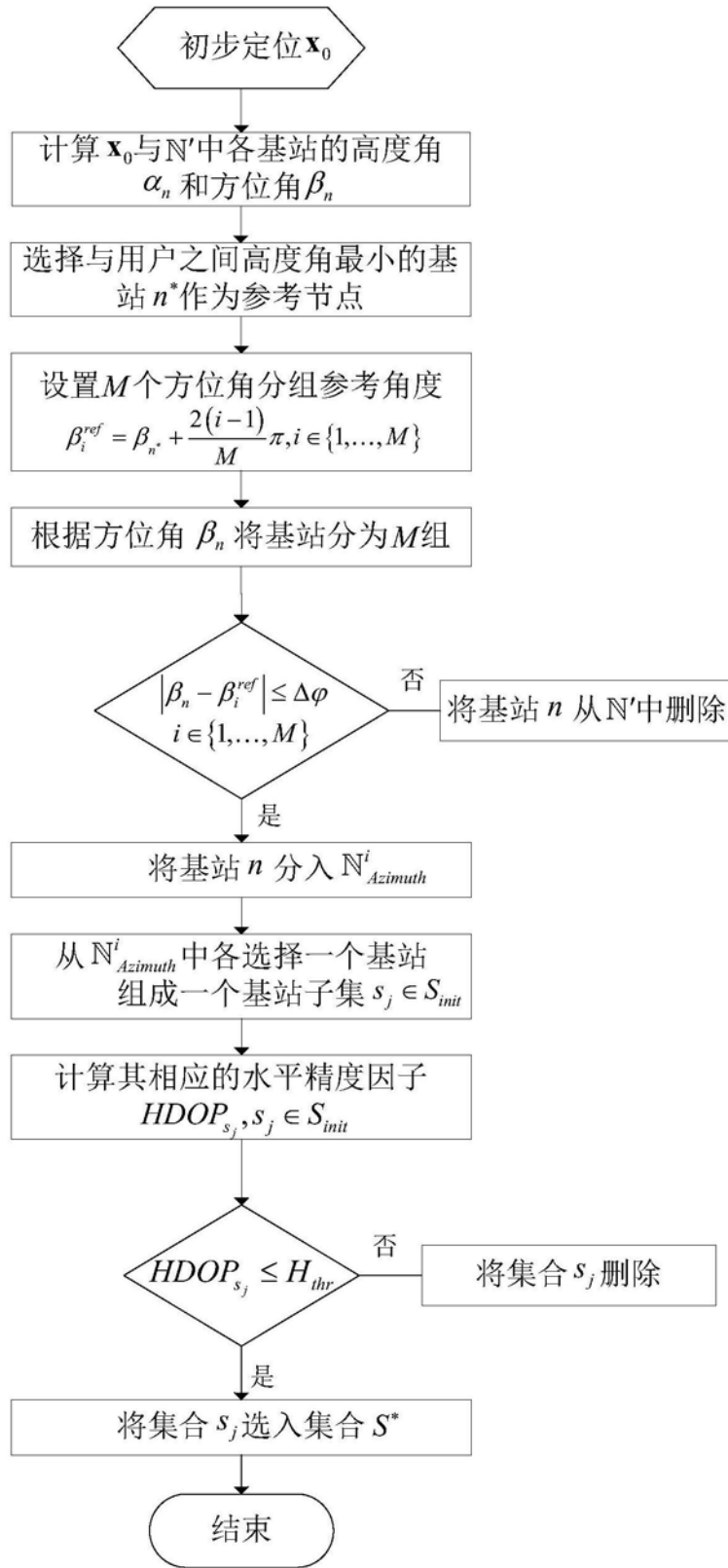


图2

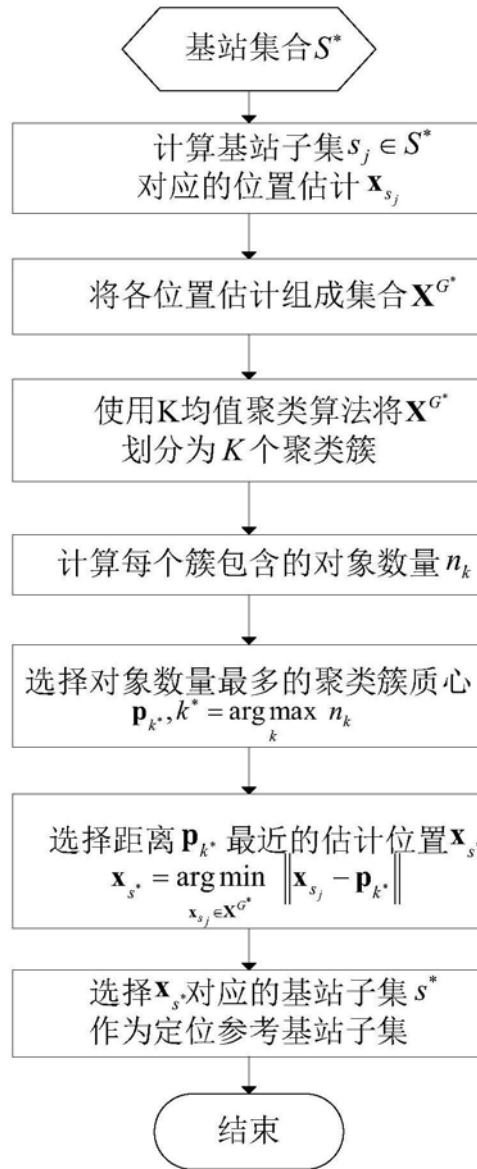


图3

5G 超密集网络

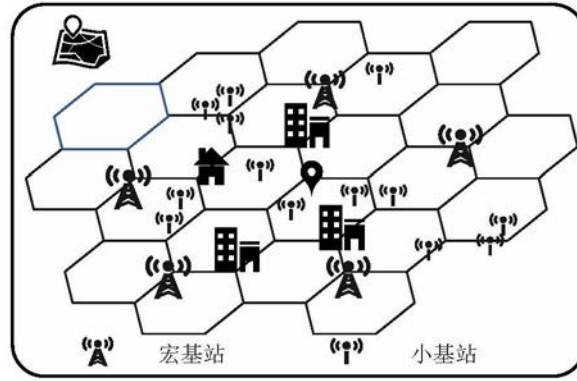


图4