



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 112119320 B

(45) 授权公告日 2024.03.22

(21) 申请号 201980032402.0  
 (22) 申请日 2019.05.20  
 (65) 同一申请的已公布的文献号  
 申请公布号 CN 112119320 A  
 (43) 申请公布日 2020.12.22  
 (30) 优先权数据  
 1850609-7 2018.05.23 SE  
 (85) PCT国际申请进入国家阶段日  
 2020.11.13  
 (86) PCT国际申请的申请数据  
 PCT/SE2019/050460 2019.05.20  
 (87) PCT国际申请的公布数据  
 W02019/226104 EN 2019.11.28  
 (73) 专利权人 利拉伐控股有限公司  
 地址 瑞典通巴  
 (72) 发明人 K.弗洛尔恰克  
 (74) 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所  
 11105  
 专利代理师 邸万奎

(51) Int.Cl.  
 G01S 5/02 (2006.01)  
 G01S 5/14 (2006.01)  
 (56) 对比文件  
 CN 103607726 A, 2014.02.26  
 CN 105898858 A, 2016.08.24  
 CN 112119321 A, 2020.12.22  
 CN 1849007 A, 2006.10.18  
 EP 2042885 A1, 2009.04.01  
 JP 2011061336 A, 2011.03.24  
 US 2009267829 A1, 2009.10.29  
 US 2011268097 A1, 2011.11.03  
 US 2012149388 A1, 2012.06.14  
 US 2015094081 A1, 2015.04.02  
 US 2017026787 A1, 2017.01.26  
 US 2017042119 A1, 2017.02.16  
 US 2018136207 A1, 2018.05.17  
 CN 107817469 A, 2018.03.20  
 US 2005228613 A1, 2005.10.13  
 WO 2014067896 A1, 2014.05.08  
 WO 2014067897 A1, 2014.05.08 (续)  
 审查员 苏娜娜

权利要求书3页 说明书7页 附图3页

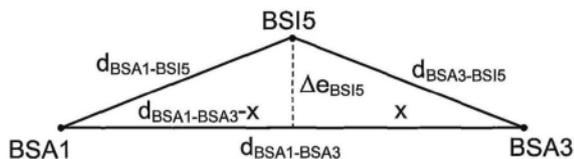
(54) 发明名称

用于定位动物标签的系统、确定中间基站的位置的方法

(57) 摘要

至少三个锚基站 (BSA1、BSA2、BSA3、BSA4) 以围绕区域的框来布置, 在该区域中, 基于使用全局时间参考、由动物标签发射的信号的传播延迟测量来确定动物标签的位置。锚基站具有已知的相应位置, 并且被添加到系统的中间基站 (BSI5) 的位置通过以下方式确定: (a) 将中间基站 (BSI5) 布置在第一锚基站 (BSA1) 和第二锚基站 (BSA3) 之间, 使得中间基站 (BSI5) 在公共平面中, 中间基站 (BSI5) 位于锚基站之间的直线上; (b) 基于由中间基站 (BSI5) 发射的信号的传播延

迟测量并使用全局时间参考 (b1), 确定第一锚基站 (BSA1) 和中间基站 (BSI5) 之间的第一计算距离, 以及 (b2) 第二锚基站 (BSA3) 和中间基站 (BSI5) 之间的第二计算距离; (c) 获得指定中间基站 (BSI5) 是否位于公共平面中、上方或下方的高度指示符; 以及 (d) 基于第一计算距离和第二计算距离以及高度指示符来确定中间基站的位置。



CN 112119320 B

[接上页]

(56) 对比文件

JP 2009047457 A, 2009.03.05  
JP 2001083229 A, 2001.03.30  
JP 2017129458 A, 2017.07.27  
JP H04318479 A, 1992.11.10  
JP 2017076927 A, 2017.04.20  
JP 2015017845 A, 2015.01.29  
WO 2017046998 A1, 2017.03.23  
US 2010013712 A1, 2010.01.21  
US 2011028166 A1, 2011.02.03  
US 2018136307 A1, 2018.05.17  
GB 201122103 D0, 2012.02.01  
WO 0146711 A1, 2001.06.28  
WO 2008118621 A1, 2008.10.02  
WO 2018131575 A1, 2018.07.19  
WO 2012003411 A2, 2012.01.05  
CN 102056478 A, 2011.05.11  
CN 102281629 A, 2011.12.14  
CN 101779142 A, 2010.07.14  
JP 2011252720 A, 2011.12.15  
US 2003125045 A1, 2003.07.03  
US 2011259106 A1, 2011.10.27  
WO 2011019141 A2, 2011.02.17  
李强. WSN三角约束定位算法实现及拓扑修

复研究.《中国优秀硕士学位论文全文数据库信息科技辑》.2011,全文.

张欣慧.无线传感器网络三维定位算法研究.《计算机技术与发展》.2016,第195-199页.

Musbiha Binte Wali.RF based underwater wireless sensor network architectures for tracking intruders in 3D space.《2015 IEEE International Conference on Telecommunications and Photonics (ICTP)》.2016,全文.

周艳;赵海;曹伟;蔡巍.三维空间定位参考点的分布问题研究.东北大学学报(自然科学版).2008,(第12期),第19-22+40页.

毕运波;柯映林;董辉跃.扫掠体六面体网格生成算法研究.浙江大学学报(工学版).2007,(第05期),第25-29页.

董海棠;万国峰;骆岩红.基于垂直平分线的无线传感器网络定位改进算法.计算机工程.2015,(第04期),第32-35+41页.

杨锋.基于移动锚节点的无线传感器网络测距定位技术研究.《中国优秀硕士学位论文全文数据库信息科技辑》.2018,全文.

刘星艳.广义相关时延估计在无源时差定位(TDOA)中的研究与应用.《中国优秀硕士学位论文全文数据库信息科技辑》.全文.

1. 一种用于定位动物标签 (T) 的系统, 所述系统包括中央控制单元 (110)、一组至少三个锚基站 (BSA1、BSA2、BSA3、BSA4), 所述一组至少三个锚基站的相应位置是已知的, 以及时钟信号源 (140), 所述时钟信号源 (140) 被配置为向所述中央控制单元 (110) 和锚基站 (BSA1、BSA2、BSA3、BSA4) 提供全局时间参考 (CLK), 所述系统适用于确定被添加到所述系统的中间基站 (BSI1、BSI2、BSI3、BSI4、BSI5) 的位置, 其特征在于, 所述锚基站 (BSA1、BSA2、BSA3、BSA4) 以围绕区域的框来布置, 在所述区域中, 基于使用所述全局时间参考 (CLK)、由所述动物标签 (T) 发射的信号的传播延迟测量来确定动物标签 (T) 的位置, 所述锚基站位于公共平面中, 并且所述中央控制单元 (110) 被配置为:

接收中间基站 (BSI5) 已经被布置在所述锚基站的第一锚基站 (BSA1) 和第二锚基站 (BSA3) 之间的通知, 使得在所述公共平面上的投影中, 所述中间基站 (BSI5) 位于所述第一锚基站 (BSA1) 和所述第二锚基站 (BSA3) 之间的直线上, 并且响应于所述通知

基于由所述中间基站 (BSI5) 发射的信号的传播延迟测量并通过使用所述全局时间参考 (CLK), 确定所述第一锚基站 (BSA1) 和所述中间基站 (BSI5) 之间的第一计算距离 ( $d_{BSA1-BSI5}$ ), 以及所述第二锚基站 (BSA3) 和所述中间基站 (BSI5) 之间的第二计算距离 ( $d_{BSA3-BSI5}$ );

获得指定所述中间基站 (BSI5) 是位于所述公共平面中、位于所述公共平面上方还是位于所述公共平面下方的高度指示符, 以及

基于所述第一计算距离 ( $d_{BSA1-BSI5}$ ) 和所述第二计算距离 ( $d_{BSA3-BSI5}$ ) 以及所述高度指示符, 确定所述中间基站 (BSI5) 的位置。

2. 根据权利要求1所述的系统, 其中, 所述中央控制单元 (110) 被配置为通过使用所述第一计算距离 ( $d_{BSA1-BSI5}$ ) 和所述第二计算距离 ( $d_{BSA3-BSI5}$ )、所述第一锚基站 (BSA1) 和所述第二锚基站 (BSA3) 之间的已知参考距离 ( $d_{BSA1-BSA3}$ )、所述高度指示符, 并通过应用毕达哥拉斯定理来确定所述中间基站 (BSI5) 的位置。

3. 根据前述权利要求中任一项所述的系统, 其中, 所述中央控制单元 (110) 被配置为:

将所述第一计算距离 ( $d_{BSA1-BSI5}$ ) 和所述第二计算距离 ( $d_{BSA3-BSI5}$ ) 彼此相加, 以获得总计算距离 ( $d_{calc}$ );

将所述总计算距离 ( $d_{calc}$ ) 与所述第一锚基站 (BSA1) 和所述第二锚基站 (BSA3) 之间的已知参考距离 ( $d_{known}$ ) 进行比较, 并且如果所述总计算距离 ( $d_{calc}$ ) 超过所述已知参考距离小于阈值距离 ( $d_{th}$ )

确定指定所述中间基站 (BSI5) 位于所述公共平面中的高度指示符。

4. 根据权利要求3所述的系统, 其中, 如果所述高度指示符指定所述中间基站 (BSI5) 位于所述公共平面中, 则所述中央控制单元 (110) 被配置为, 基于所述第一锚基站 (BSA1) 和所述第二锚基站 (BSA3) 之一的已知位置和所述中间基站 (BSI5) 与所述第一锚基站 (BSA1) 和所述第二锚基站 (BSA3) 中的一个之间的所述第一计算距离 ( $d_{BSA1-BSI5}$ ) 或所述第二计算距离 ( $d_{BSA3-BSI5}$ ), 确定所述中间基站 (BSI5) 的位置。

5. 根据权利要求3所述的系统, 其中, 所述中央控制单元 (110) 通信地连接到用户界面, 并且如果所述总计算距离 ( $d_{calc}$ ) 超过所述已知参考距离 ( $d_{known}$ ) 至少所述阈值距离, 则所述中央控制单元 (110) 被配置为:

经由所述用户界面, 提示操作员输入反映所述中间基站 (BSI5) 是位于所述公共平面上

方还是下方的输入数据。

6. 一种确定被添加到用于定位动物标签 (T) 的系统中的中间基站 (BSI1、BSI2、BSI3、BSI4、BSI5) 的位置的方法, 所述系统包括中央控制单元 (110) 和一组至少三个锚基站 (BSA1、BSA2、BSA3、BSA4), 所述一组至少三个锚基站的相应位置是已知的, 其特征在于:

所述组中的锚基站 (BSA1、BSA2、BSA3、BSA4) 以围绕区域的框来布置, 在所述区域中, 基于使用全局时间参考 (CLK)、由所述动物标签 (T) 发射的信号的传播延迟测量来确定动物标签 (T) 的位置, 所述锚基站位于公共平面中, 并且所述方法包括:

检查是否已经接收到通知, 所述通知指示中间基站 (BSI5) 已经被布置在所述锚基站的第一锚基站 (BSA1) 和第二锚基站 (BSA3) 之间, 使得在所述公共平面上的投影中, 所述中间基站 (BSI5) 位于所述第一锚基站 (BSA1) 和所述第二锚基站 (BSA3) 之间的直线上; 并且如果已经接收到所述通知

基于由所述中间基站 (BSI5) 发射的信号的传播延迟测量并使用所述全局时间参考 (CLK), 确定:

所述第一锚基站 (BSA1) 和所述中间基站 (BSI5) 之间的第一计算距离 ( $d_{BSA1-BSI5}$ ), 以及所述第二锚基站 (BSA3) 和所述中间基站 (BSI5) 之间的第二计算距离 ( $d_{BSA3-BSI5}$ );

获得指定所述中间基站 (BSI5) 是否位于下面位置的高度指示符:

- (i) 所述公共平面中,
- (ii) 所述公共平面上方, 或
- (iii) 所述公共平面下方, 以及

基于所述第一计算距离 ( $d_{BSA1-BSI5}$ ) 和所述第二计算距离 ( $d_{BSA3-BSI5}$ ) 以及所述高度指示符, 确定所述中间基站 (BSI5) 的位置。

7. 根据权利要求6所述的方法, 其中, 确定所述中间基站 (BSI5) 的位置包括使用所述第一计算距离 ( $d_{BSA1-BSI5}$ ) 和所述第二计算距离 ( $d_{BSA3-BSI5}$ )、所述第一锚基站 (BSA1) 和所述第二锚基站 (BSA3) 之间的已知参考距离 ( $d_{BSA1-BSA3}$ )、所述高度指示符, 并应用毕达哥拉斯定理, 来计算距所述公共平面的偏离距离 ( $\Delta e_{BSI5}$ )。

8. 根据权利要求6或7中任一项所述的方法, 包括:

将所述第一计算距离 ( $d_{BSA1-BSI5}$ ) 和所述第二计算距离 ( $d_{BSA3-BSI5}$ ) 彼此相加, 以获得总计算距离 ( $d_{calc}$ );

将所述总计算距离 ( $d_{calc}$ ) 与所述第一锚基站 (BSA1) 和所述第二锚基站 (BSA3) 之间的已知参考距离 ( $d_{known}$ ) 进行比较, 并且如果所述总计算距离 ( $d_{calc}$ ) 超过所述已知参考距离小于阈值距离 ( $d_{th}$ )

确定指定所述中间基站 (BSI5) 位于所述公共平面中的高度指示符。

9. 根据权利要求8所述的方法, 其中, 如果所述高度指示符指定所述中间基站 (BSI5) 位于所述公共平面中, 则所述方法包括

基于所述第一锚基站 (BSA1) 和所述第二锚基站 (BSA3) 之一的已知位置和所述中间基站 (BSI5) 与所述第一锚基站 (BSA1) 和所述第二锚基站 (BSA3) 中的一个之间的所述第一计算距离 ( $d_{BSA1-BSI5}$ ) 或所述第二计算距离 ( $d_{BSA3-BSI5}$ ), 来确定所述中间基站 (BSI5) 的位置。

10. 根据权利要求8所述的方法, 其中, 如果所述总计算距离 ( $d_{calc}$ ) 超过所述已知参考距离 ( $d_{known}$ ) 至少所述阈值距离, 则所述方法包括:

经由用户界面,提示操作员输入反映所述中间基站(BSI5)是位于所述公共平面上方还是下方的输入数据。

11.一种非易失性数据载体(130),所述非易失性数据载体与处理单元(120)通信连接并包含能加载到所述非易失性数据载体(130)中的计算机程序(135),所述计算机程序(135)包括当所述计算机程序(135)在所述处理单元(120)上运行时、用于执行根据权利要求6至10中任一项所述的方法的软件。

## 用于定位动物标签的系统、确定中间基站的位置的方法

### 技术领域

[0001] 本发明一般涉及跟踪一组动物中的个体。更具体地,本发明涉及定位动物标签的系统和确定被添加到这样的系统的中间基站的位置的方法。本发明还涉及计算机程序和非易失性数据载体。

### 背景技术

[0002] 出于动物健康原因,并且为了保持以基于动物的食品生产的高质量和高效率,重要的是能够以方便和可靠的方式监测牲畜的身体状况。这进而要求动物的活动能够被连续地跟踪。

[0003] WO 2014/067896和WO 2014/067897描述了用于测量携带无线电发送器标签的多个动物的实时位置的系统。来自多个传感器的输入被接收,并且动物的实际位置基于无线电通信中的延迟测量来计算。因此,例如,可以分析每个动物的行为。校准是经由传感器和多个固定参考标签之间的通信来执行的。因此,可以以良好的准确度定位动物。

[0004] 然而,设置传感器系统需要相当大的努力,以确保以足够的精度获知每个传感器的位置。

### 发明内容

[0005] 本发明的目的是提供完善的定位系统,如果需要的话(例如,要覆盖更大的区域和/或提高定位质量),该定位系统易于安装并且易于扩展。

[0006] 根据本发明的一个方面,目的通过用于定位动物标签的系统来实现,该系统具有中央控制单元和一组至少三个锚基站,该组锚基站的相应位置是已知的。该系统还包括被配置为向中央控制单元和锚基站提供全局时间参考的时钟信号源。除了定位动物标签之外,该系统还适用于确定被添加到系统的中间基站的位置。这种扩展是如下实现的。假设锚基站都位于公共平面中。锚基站还以围绕区域的框(frame)来布置,在该区域中,基于使用全局时间参考、由动物标签发射的信号的传播延迟测量来确定动物标签的位置。中央控制单元被配置为接收中间基站已经以这样的方式(在公共平面上的投影中,中间基站位于第一锚基站和第二锚基站之间的直线上)被布置在第一锚基站和第二锚基站之间的通知。响应于该通知,中央控制单元被配置为确定第一锚基站和中间基站之间的第一计算距离;以及第二锚基站和中间基站之间的第二计算距离。第一计算距离和第二计算距离是基于由中间基站发射的信号的传播延迟测量并通过使用全局时间参考来确定的。中央控制单元被配置为获得高度(elevation)指示符,该高度指示符指定中间基站是位于公共平面中、上方还是下方。基于第一计算距离和第二计算距离以及高度指示符,中央控制单元被配置为确定中间基站的位置。

[0007] 该系统是有利的,因为能够以方便和非常直接的方式添加新的基站。

[0008] 根据本发明的这个方面的一个实施例,中央控制单元被配置为通过使用第一计算距离和第二计算距离、第一锚基站和第二锚基站之间的已知参考距离、高度指示符来计算

距公共平面的偏离 (deviation) 距离, 并且通过应用毕达哥拉斯定理 (Pythagorean theorem), 来确定中间基站的位置。从用户角度来看, 这使得对中间基站的添加非常简单。例如, 如果第一锚基站和第二锚基站被布置在一对顶梁 (roof beam) 的相应下端, 农民可以简单地在顶梁互连的脊梁处添加中间基站, 输入指定“上方”的高度指示符, 并让中央控制单元自动地确定该中间基站的精确空间坐标。

[0009] 根据本发明的这个方面的另一个实施例, 中央控制单元被配置为将第一计算距离和第二计算距离彼此相加, 以获得总计算距离; 并将总计算距离与第一锚基站和第二锚基站之间的已知参考距离进行比较。如果总计算距离超过已知参考距离小于阈值距离, 则中央控制单元被配置为确定指定中间基站位于公共平面中的高度指示符。因此, 在基本平坦的天花板 (ceiling) 上, 可以布置中间基站, 而无需手动输入高度指示符。

[0010] 根据本发明的这个方面的又一个实施例, 如果高度指示符指定中间基站位于公共平面中, 则中央控制单元被配置为基于 (a) 第一锚基站和第二锚基站之一的已知位置, 以及 (b) 中间基站和所述第一锚基站以及第二锚基站中的一个之间的第一计算距离或第二计算距离, 来确定中间基站的位置。当然, 这是非常容易实现的过程。

[0011] 根据本发明的这个方面的另一个实施例, 中央控制单元通信地连接到用户界面。这里, 如果总计算距离超过已知参考距离至少阈值距离, 则中央控制单元被配置为经由用户界面提示操作员输入反映中间基站位于公共平面上方还是下方的输入数据。通常, 对于操作员来说, 确定中间基站是位于锚基站平面上方 (例如, 在脊梁中) 还是位于锚基站平面下方并不重要。

[0012] 根据本发明的另一个方面, 目的是通过确定被添加到用于定位动物标签的系统中的中间基站的位置的方法来实现的。该系统包含中央控制单元和一组至少三个锚基站, 该组锚基站的相应位置是已知的。假设锚基站位于公共平面中。锚基站还以围绕区域的框来布置, 在该区域中, 基于使用全局时间参考、由动物标签发射的信号的传播延迟测量来确定动物标签的位置。该方法包括检查是否已经接收到通知, 该通知指示中间基站已经以这样的方式 (在公共平面的投影中, 中间基站位于第一锚基站和第二锚基站之间的直线上) 被布置在锚基站的第一锚基站和第二锚基站之间。如果已经接收到通知, 该方法还包括确定第一锚基站和中间基站之间的第一计算距离; 以及第二锚基站和中间基站之间的第二计算距离。第一计算距离和第二计算距离是基于由中间基站发射的信号的传播延迟测量并使用全局时间参考来确定的。该方法还包括获得指示中间基站位于公共平面中、上方还是下方的高度指示符; 以及基于第一计算距离和第二计算距离以及高度指示符来确定中间基站的位置。这种方法的优点, 以及其优选实施例的优点, 可以参考控制单元从上述讨论中变得清楚。

[0013] 根据本发明的另一个方面, 目的通过可加载到通信连接到处理单元的非易失性数据载体中的计算机程序来实现。计算机程序包括当程序在处理单元上运行时用于执行上述方法的软件。

[0014] 根据本发明的另一个方面, 目的通过包含上述计算机程序的非易失性数据载体来实现。

[0015] 从以下描述和从属权利要求中, 本发明的其他优点、有益特征和应用将变得清楚。

## 附图说明

- [0016] 现在将通过作为示例公开的优选实施例、并参考附图更详细地解释本发明。
- [0017] 图1示意性示出了通过基站系统如何定位动物标签；
- [0018] 图2示意性地示出了在一般情况下如何确定添加的基站的位置；
- [0019] 图3示出了根据本发明的一个实施例、如何布置锚基站和中间基站的一个示例；
- [0020] 图4-图6例示了根据本发明的实施例的锚基站和中间基站之间的不同高度关系；
- [0021] 图7示出了根据本发明的一个实施例、如何将第一锚基站和第二锚基站之间的总计算距离与已知参考距离进行比较；以及
- [0022] 图8以流程图示出了根据本发明的一般方法。

## 具体实施方式

[0023] 在图1中,我们看到根据本发明的一个实施例的用于定位动物标签T的系统的示意图。该系统分别包括中央控制单元110和一组基站122、123和124。该组基站中的每个基站被配置为(例如以来自中央控制单元110的时钟信号的形式)接收全局时间参考CLK。因此,所有基站共享公共时间基础,这使得能够确定已经由基站中的两个或更多个接收到的无线电信号中的传播延迟。

[0024] 该组基站122、123和124中的每个基站还被配置为接收已经从至少一个动物标签T发送的相应无线电信号 $S_T$ 。无线电信号 $S_T$ 中的每一个包含唯一标识相应动物标签T的标识符。因此,无线电信号 $S_T$ 可以在被基站接受时彼此区分。

[0025] 该组基站122、123和124中的每个基站还被配置为向中央控制单元110转发相应标签消息 $M_T(t_2)$ 、 $M_T(t_3)$ 和 $M_T(t_4)$ 。相应标签消息 $M_T(t_2)$ 、 $M_T(t_3)$ 和 $M_T(t_4)$ 描述任何接收到的无线电信号 $S_T$ 中的每一个。在图1所示的示例中,动物标签T位于离基站122相对较短距离、离基站124相对较长距离以及离基站123中间距离处。因此,无线电信号 $S_T$ 将在第一时间点 $t_1$ 到达基站122,在第二时间点 $t_2$ 到达基站123,并且在第三时间点 $t_3$ 到达基站124,其中第一、第二和第三时间点以时间顺序 $t_1$ 、 $t_2$ 和 $t_3$ 出现。标签信息 $M_T(t_2)$ 、 $M_T(t_3)$ 和 $M_T(t_4)$ 分别反映第一时间点 $t_1$ 、第二时间点 $t_2$ 和第三时间点 $t_3$ 。

[0026] 中央控制单元110被配置为接收标签信息 $M_T(t_2)$ 、 $M_T(t_3)$ 和 $M_T(t_4)$ ,并基于此确定动物标签T的位置 $P[T]$ 。该确定是通过分析已经由至少三个基站(这里是122、123和124)接收到的无线电信号 $S_T$ 而做出的。

[0027] 优选地,中央控制单元110被配置为通过使用标签消息 $M_T(t_2)$ 、 $M_T(t_3)$ 和 $M_T(t_4)$ 、基于三角测量来确定动物标签T的位置。也就是说,每个标签消息 $M_T(t_2)$ 、 $M_T(t_3)$ 和 $M_T(t_4)$ 包含对到所讨论的基站的传播延迟无线电信号 $S_T$ 的指示,并因此包含动物标签T和该基站之间的距离测量。假设所述基站122、123和124中的每一个的相应位置是已知的,确定动物标签T的位置 $P[T]$ 是简单的。

[0028] 现在参考图2,我们将解释如何在一般情况下(即,当没有特定条件适用于被添加的基站121相对于现有基站122、123和124的位置时)确定被添加到系统中的基站121的位置。

[0029] 与上面类似,我们假设基站122、123和124的位置是已知的。然而,基站121是其精确位置将被确定的新添加的资源。为此,每个基站121、122、123和124被配置为发送包含唯

一标识该基站的标识符的相应无线电基站信号。图2示出了从基站121发送的一个这样的无线电基站信号 $S_{B1}$ ，因此 $S_{B1}$ 包含唯一标识基站121的标识符。

[0030] 每个基站被配置为从系统中的其他基站接收无线电基站信号，即这里基站122被配置为从基站121、123和124接收无线电基站信号；基站123被配置为从基站121、122和124接收无线电基站信号；基站124被配置为从基站121、122和123接收无线电基站信号；基站121被配置为从基站122、123和124接收无线电基站信号。此外，每个基站被配置为向中央控制单元110转发描述任何接收到的无线电基站信号的基站消息。在图2所示的示例中，描述无线电基站信号 $S_{B1}$ 的基站消息 $M_{B1}(t_2)$ 、 $M_{B1}(t_3)$ 和 $M_{B1}(t_4)$ 从基站122、123和124被转发到中央控制单元110。

[0031] 中央控制单元110进而被配置为接收描述无线电基站信号的基站消息，并基于此确定有关基站的位置。这样做的条件是，来自给定基站（比如121）的基站消息已经被至少三个其它基站接收到了。在图2中，中央控制单元110接收描述来自被添加的基站121的无线电基站信号 $S_{B1}$ 的基站消息 $M_{B1}(t_1)$ 、 $M_{B1}(t_2)$ 和 $M_{B1}(t_3)$ 。基于此，类似于上面参考确定动物标签T的位置P[T]所描述的，中央控制单元110使用三角测量和所述至少三个基站122、123和124中的每一个的相应已知位置来确定基站121的位置P[B1]。

[0032] 根据本发明的一个实施例，基站121、122、123和124被配置为重复（即不仅在新的基站被添加到系统时）发送无线电基站信号。

[0033] 中央控制单元110还被配置为响应于从基站121接收到新的无线电基站信号 $S_{B1}$ ，确定特定基站（例如，121）的相应更新位置P[B1]。类似于上述，这样做的条件是，新的无线电基站信号 $S_{B1}$ 已经被系统中的至少三个其它基站（诸如122、123和124）接收到了。

[0034] 根据本发明，当现有基站和所添加的基站之间存在某些空间相互关系（interrelationship）时，提出了用于确定添加的基站的位置的简化过程。在这种情况下，系统包含至少两个不同类别的基站，即锚基站和至少一个中间基站。图3示出了示例配置，其中锚基站BSA1、BSA2和BSA3、BSA4以围绕要确定动物标签T的位置的区域的框来布置。锚基站BSA1、BSA2、BSA3和BSA4位于公共平面中。通常，这意味着它们相对于参考平面（例如地面或谷仓（barn）的地板）都具有相同的高度。

[0035] 在图3中，至少一个中间基站由BSI1、BSI2、BSI3、BSI4和BSI5表示。中间基站被定义为被布置在一组基站中的两个基站（即这里的BSA1、BSA2、BSA3和BSA4）之间的基站。中间基站可以位于锚基站的公共平面中，也可以位于该平面外。例如，BSI1和BSI4可以位于公共平面中，而BSI2、BSI3和BSI5可以位于公共平面外。

[0036] 下面，我们将解释如何根据本发明将中间基站（比如BSI5）添加到用于定位动物标签T的系统中。

[0037] 如上所述，该系统包含中央控制单元110。该系统还包括一组至少三个锚基站BSA1、BSA2、BSA3和BSA4，该组锚基站的相应位置是已知的。该系统还包含时钟信号源140，其被配置为向中央控制单元110、锚基站BSA1、BSA2、BSA3和BSA4以及被添加到系统的任何中间基站BSI1、BSI2、BSI3、BSI4和/或BSI5提供全局时间参考CLK。

[0038] 假设锚基站BSA1、BSA2、BSA3和BSA4以围绕区域的框来布置，在该区域中，基于使用全局时间参考CLK、由动物标签T发射的信号的传播延迟测量来确定动物标签T的位置。

[0039] 中央控制单元110被配置为接收所添加的中间基站BSI5已经被布置在第一锚基站

和第二锚基站(这里由BSA1和BSA3来作示例)之间的通知。中间基站BSI5被布置为使得在公共平面上的投影中,中间基站BSI5位于第一锚基站BSA1和第二锚基站BSA3之间的直线上。

[0040] 我们现在参考图4,其示出了从垂直于图3所示视图的视图观察的锚基站BSA1和BSA3以及中间基站BSI5。

[0041] 响应于上述通知,中央控制单元110被配置为确定第一锚基站BSA1和中间基站BSI5之间的第一计算距离 $d_{\text{BSA1-BSI5}}$ ,以及第二锚基站BSA3和中间基站BSI5之间的第二计算距离 $d_{\text{BSA3-BSI5}}$ 。类似于上述,第一计算距离 $d_{\text{BSA1-BSI5}}$ 和第二计算距离 $d_{\text{BSA3-BSI5}}$ 是基于由中间基站BSI5发射的信号的传播延迟测量并通过使用全局时间参考CLK来确定的。

[0042] 中央控制单元110还被配置为获得高度指示符,该高度指示符指定中间基站BSI5是位于公共平面中、公共平面上方还是公共平面下方。因此,高度标识符可以用三元变量来表示。

[0043] 最后,中央控制单元110被配置为基于第一计算距离 $d_{\text{BSA1-BSI5}}$ 和第二计算距离 $d_{\text{BSA3-BSI5}}$ 以及高度指示符来确定中间基站BSI5的位置。

[0044] 根据本发明的一个实施例,中央控制单元110被配置为通过使用第一计算距离 $d_{\text{BSA1-BSI5}}$ 和第二计算距离 $d_{\text{BSA3-BSI5}}$ 、第一锚基站BSA1和第二锚基站BSA3之间的已知参考距离 $d_{\text{BSA1-BSA3}}$ 、高度指示符,并且应用毕达哥拉斯定理计算与公共平面的偏离距离 $\Delta e_{\text{BSI5}}$ ,来确定中间基站BSI5的位置。具体地,偏离距离 $\Delta e_{\text{BSI5}}$ 可以如下确定。

[0045] 设 $x$ 表示从第二锚基站BSA3到中间基站BSI5正下方的点(即测量偏离距离 $\Delta e_{\text{BSI5}}$ 的地方)的未知距离。然后,从所述点到第一锚基点BSA1的剩余距离变为 $d_{\text{BSA1-BSA3}}-x$ 。毕达哥拉斯定理给出了方程:

$$[0046] \quad (d_{\text{BSA1-BSA3}}-x)^2 + \Delta e_{\text{BSI5}}^2 = d_{\text{BSA1-BSI5}}^2 \quad \text{以及} \quad (1.1)$$

$$[0047] \quad \Delta e_{\text{BSI5}}^2 + x^2 = d_{\text{BSA3-BSI5}}^2 \quad (1.2)$$

[0048] 求解方程1.1和1.2中的 $\Delta e_{\text{BSI5}}$ ,得出:

$$[0049] \quad \Delta e_{\text{BSI5}} = \sqrt{d_{\text{BSA3-BSI5}}^2 - \frac{(d_{\text{BSA1-BSA3}}^2 + d_{\text{BSA3-BSI5}}^2 - d_{\text{BSA1-BSI5}}^2)^2}{4d_{\text{BSA1-BSA3}}^2}}$$

[0050] 现在参考图7,根据本发明的一个实施例,中央控制单元110被配置为将第一计算距离 $d_{\text{BSA1-BSI5}}$ 和第二计算距离 $d_{\text{BSA3-BSI5}}$ 彼此相加,以获得总计算距离 $d_{\text{calc}}$ 。中央控制单元110然后被配置为将总计算距离 $d_{\text{calc}}$ 与第一锚基站BSA1和第二锚基站BSA3之间的已知参考距离 $d_{\text{known}}$ (即,在图4中, $d_{\text{known}} = d_{\text{BSA1-BSA3}}$ )进行比较。

[0051] 如果总计算距离 $d_{\text{calc}}$ 超过已知参考距离 $d_{\text{known}}$ 小于阈值距离 $d_{\text{th}}$ ,则中央控制单元110被配置为确定指定中间基站BSI5位于公共平面中的高度指示符。换句话说,如果

$$[0052] \quad d_{\text{calc}} - d_{\text{known}} < d_{\text{th}} \quad (1.3)$$

[0053] 则偏离距离接近于零。

[0054] 图6例示了这种情况,其中中间基站BSI3位于公共平面(即分别包括锚基站BSA3和BSA4的平面)之下。这里,锚基站BSA3和BSA4彼此分开总距离 $d_{\text{BSA3-BSA4}}$ ,锚基站BSA3和中间基站BSI3之间的第一子距离为 $d_{\text{BSA3-BSI3}}$ ,并且锚基站BSA4和中间基站BSI3之间的第二子距离为 $d_{\text{BSA4-BSI3}}$ 。从公共平面到中间基站BSI3的偏离距离 $\Delta e_{\text{BSI3}}$ 根据1.3近似为零。因此,高度指示符被设置为指定中间基站BSI3位于公共平面中。

[0055] 如果高度指示符指定中间基站位于公共平面中,则中央控制单元110优选地被配置为应用简化的过程来确定中间基站的位置,即如下。

[0056] 中央控制单元110被配置为基于第一锚基站BSA4或第二锚基站BSA3之一的已知位置以及中间基站BSI3以及中间基站BSI3和所述第一锚基站BSA4或第二锚基站BSA3中的一个之间的第一计算距离 $d_{BSA4-BSI3}$ 或第二计算距离 $d_{BSA3-BSI3}$ 来确定中间基站BSI3的位置。因此,这里不需要毕达哥拉斯定理。

[0057] 然而,如果 $d_{calc} - d_{known} \geq d_{th}$ ,优选的是,中央控制单元110通信地连接到用户界面,操作员可以通过该用户界面向中央控制单元110输入输入数据。如果总计算距离 $d_{calc}$ 超过已知参考距离 $d_{known}$ 至少阈值距离 $d_{th}$ ,则中央控制单元110被配置为经由用户界面提示操作员输入反映中间基站BSI5是位于公共平面上方还是下方的输入数据。

[0058] 中央控制单元110被配置为从数据库或通过上面的考察1.3获得锚基站BSA1和BSA3之间的总距离 $d_{BSA1-BSA3}$ 。中央控制单元110还被配置为计算第一锚基站BSA3和中间基站BSI5之间的第一子距离 $d_{BSA1-BSI5}$ ;并且计算第二锚基站BSA3站和中间基站BSI5之间的第二子距离 $d_{BSA3-BSI5}$ 。第一子距离 $d_{BSA1-BSI5}$ 和第二子距离 $d_{BSA3-BSI5}$ 类似地通过在位置已知的地点处的基站中接收来自中间基站BSI1的基站消息来计算。

[0059] 图5示出了说明中间基站BSI2位于锚基站BSA2和BSA3所在的公共平面下方的偏离 $\Delta e_{BSI2}$ 处的一个示例。锚基站BSA2和BSA3彼此分开总距离 $d_{BSA2-BSA3}$ ,锚节点BSA2和中间节点BSI2之间的第一子距离是 $d_{BSA2-BSI2}$ ,并且锚节点BSA3和中间节点BSI2之间的第二子距离是 $d_{BSA3-BSI2}$ 。

[0060] 如果处理单元120被配置为通过执行计算机程序135、以自动方式实现上述过程,则一般是有利的。因此,处理单元120可以包括存储计算机程序135的存储器单元(即非易失性数据载体130),该计算机程序135进而包含软件,用于当计算机程序135在至少一个处理器上运行时、使得以处理单元120中的至少一个处理器的形式的处理电路执行上述动作。

[0061] 为了总结,并参考图8中的流程图,我们现在将描述根据本发明的用于确定被添加到用于定位动物标签的系统的中间基站的位置的一般方法。

[0062] 在第一步骤810,检查是否已经接收到通知,该通知指示中间基站已经被添加到系统中,并且以这样的方式(在锚基站的公共平面上的投影中,中间基站位于锚基站之间的直线上)被布置在第一锚基站和第二锚基站之间。如果对步骤810中的检查的回答是否定的,则过程返回并停留在步骤810。

[0063] 如果对步骤810中的检查的回答是肯定的,则继续步骤820,其中基于由中间基站发射的信号的传播延迟测量并使用定位系统的全局时间参考CLK来确定第一计算距离和第二计算距离。更准确地,第一锚基站和中间基站之间的第一计算距离,以及第二锚基站和中间基站之间的第二计算距离被确定。

[0064] 此后,在步骤830,通过上述自动考察1.3或经由用户界面,检查是否已经获得高度指示符。高度指示符确定中间基站是位于公共平面中、上方还是下方。如果获得了高度指示符,则继续步骤840;否则程序返回并停留在步骤830。

[0065] 在步骤840,基于第一计算距离和第二计算距离以及高度指示符来确定中间基站的位置。此后,程序结束。

[0066] 参考图8描述的处理步骤中的所有以及步骤的任何子序列都可以通过编程的处理

器来控制。此外,尽管上面参考附图描述的本发明的实施例包括处理器和在至少一个处理器中执行的过程,因此本发明还扩展到适于将本发明付诸实践的计算机程序,特别是载体上或载体中的计算机程序。程序可以是源代码、目标代码、介于源代码和目标代码之间的代码的形式,诸如以部分编译的形式,或者以适用于实现根据本发明的过程的任何其他形式。程序可以是操作系统的部分,也可以是独立的应用。载体可以是能够承载程序的任何实体或设备。例如,载体可以包括存储介质,诸如闪存、只读存储器 (ROM),例如数字视频/多功能盘 (DVD)、光盘 (CD) 或半导体ROM、电可擦可编程只读存储器 (EPROM)、电可擦可编程只读存储器 (EEPROM) 或磁记录介质,例如软盘或硬盘。此外,载体可以是可传输载体,诸如电信号或光信号,其可以经由电缆或光缆或者通过无线电或其他方式传输。当程序具体体现为信号时,该信号可以直接通过缆线或其它设备或者装置来传输,载体可以由这样的缆线或设备或者装置来控制。可替代地,载体可以是其中嵌入了程序的集成电路,该集成电路适用于相关程序的执行。

[0067] 尽管本发明的主要目的是确定产奶动物(例如奶牛)的位置,但是所提出的解决方案同样适用于任何其他种类的牲畜或野生动物。

[0068] 当在本说明书中使用时,术语“包括/包含”用来指定所陈述的特征、整数、步骤或组件的存在。然而,该术语不排除一个或多个附加特征、整体、步骤或组件或其组合的存在或添加。

[0069] 本发明不限于附图中描述的实施例,而是可以在权利要求的范围内自由变化。

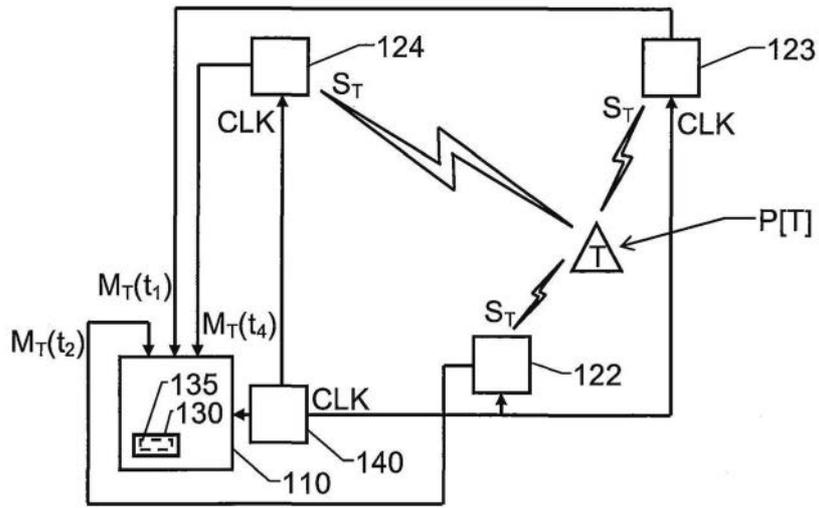


图1

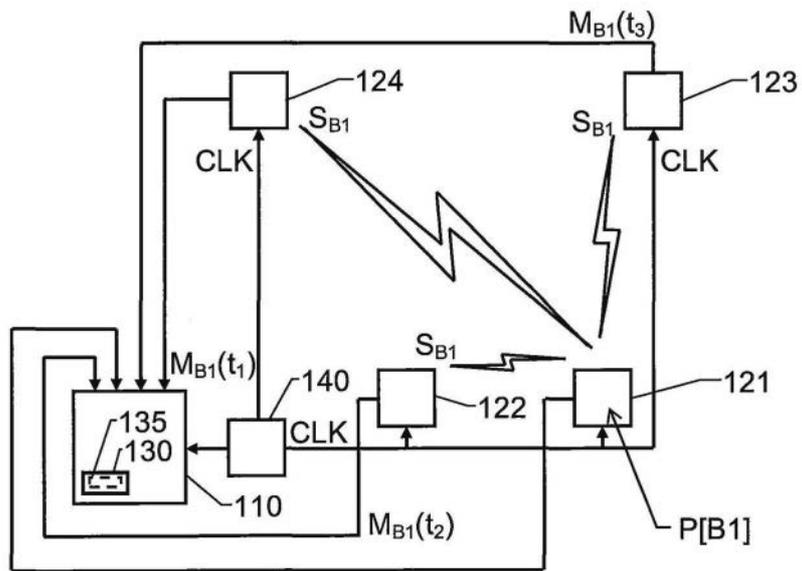


图2

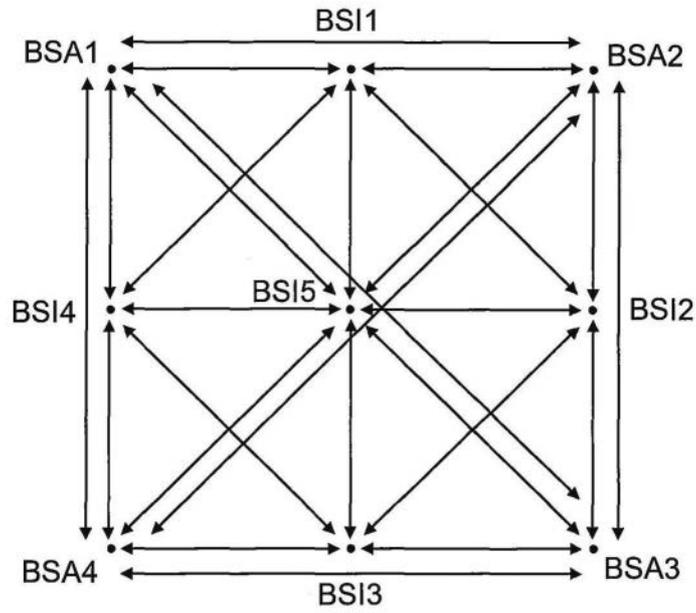


图3

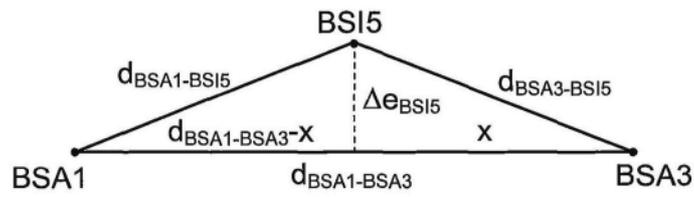


图4

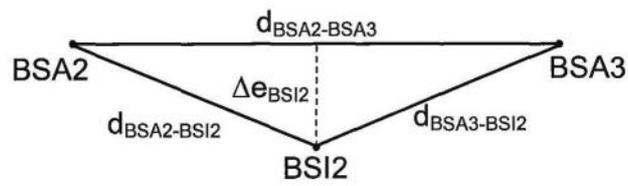


图5

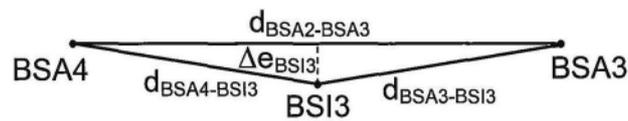


图6

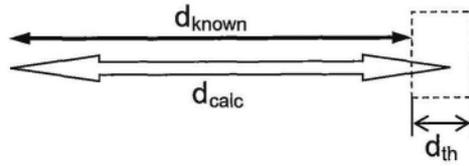


图7

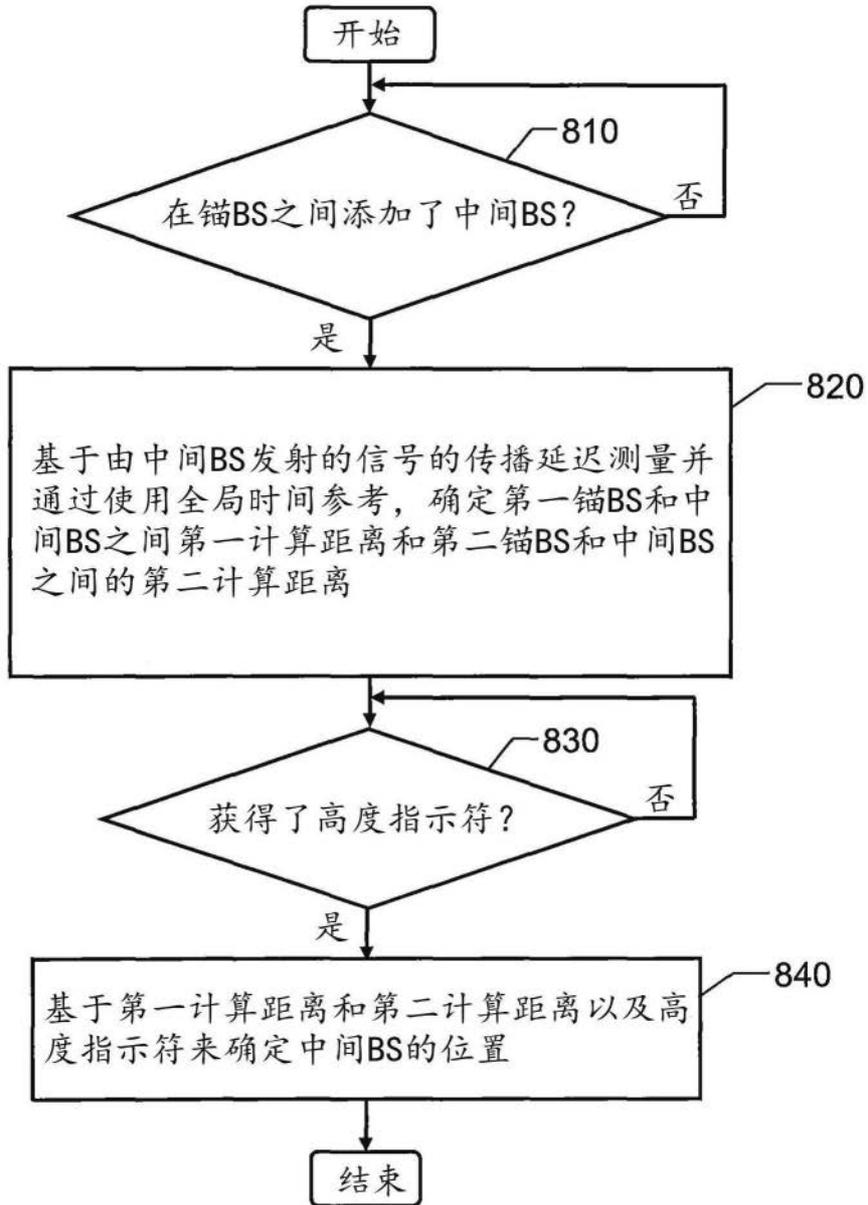


图8