

(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101542310 B

(45) 授权公告日 2012. 07. 04

(21) 申请号 200780043141. X

(22) 申请日 2007. 10. 25

(30) 优先权数据

60/854, 393 2006. 10. 25 US

(85) PCT申请进入国家阶段日

2009. 05. 21

(86) PCT申请的申请数据

PCT/US2007/022572 2007. 10. 25

(87) PCT申请的公布数据

W02008/115209 EN 2008. 09. 25

(73) 专利权人 麻省理工学院

地址 美国马萨诸塞州

(72) 发明人 H·麦米尔施 M·Z·温 J·利恩

(74) 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司

72002

代理人 过晓东

(51) Int. Cl.

G01S 5/02(2006. 01)

(56) 对比文件

WO 2005/009020 A1, 2005. 01. 27, 全文.

CN 1839615 A, 2006. 09. 27, 全文.

CN 1666111 A, 2005. 09. 07, 全文.

Alexander T. Ihler 等. Nonparametric Belief Propagation for Self-Localization of Sensor Networks. 《IEEE JOURNAL ON SELECTED AREAS IN COMMUNICATIONS》. 2005, 第 23 卷 (第 4 期), 809-819.

审查员 崔德邦

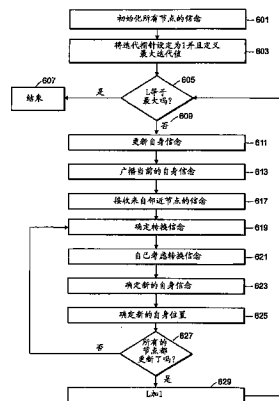
权利要求书 2 页 说明书 9 页 附图 6 页

(54) 发明名称

用于无线网络的协同定位

(57) 摘要

本发明提供一种使用协同定位技术自己识别无线电装置在无线网络中的位置的系统和对应的方法。该系统随着该无线电装置收到的来自无线网络中的至少一个其它无线电装置的信号的变化估计任意信号度量。该系统也可以转换表现那至少一个其它无线电装置的至少一个可能位置的分布的至少一个信念以产生至少一个转换后的信念。该系统可以将自身信念进一步确定为那至少一个转换信念的函数并且随着自身信念在该无线网络内的变化识别自身位置。



1. 一种用于无线电装置自己识别在无线网络中的位置的方法,该方法包括:
计算代表无线电装置在无线网络内的至少一个可能位置的分布的至少一个转换信念,所述的至少一个转换信念是任意信号度量的函数,所述的任意信号度量是与所述的无线电装置从至少一个其它无线电装置接收到的无线电信号相关联的;
将自身信念确定为至少一个转换信念的函数;以及
在无线网络内随着自身信念的变化识别自身位置。
2. 根据权利要求1的方法,其中无线网络的物理配置是随时间改变的。
3. 根据权利要求1的方法,其中多个其它无线电装置的至少一个子集相对于多个其它无线电装置的至少一个其它子集是移动的。
4. 根据权利要求1的方法,其中多个其它无线电装置的至少一个子集估计第一类型的任意信号度量,而且多个其它无线电装置的至少一个其它子集估计第二类型的任意信号度量。
5. 根据权利要求4的方法,其中任意信号度量用来计算该无线电装置与那至少一个其它无线电装置有关的特性,该特性选自自由角度、距离、连接性、位置、姿态、速度和角速度信息所组成的组。
6. 根据权利要求4的方法,其中第一类型的任意信号相对于第二类型的任意信号是非对称的。
7. 根据权利要求1的方法,其中转换至少一个信念和确定自身信念以因数图解原则为基础。
8. 根据权利要求1的方法,其中转换至少一个信念进一步包括自己考虑到与估计任意信号度量有关的能力。
9. 根据权利要求1的方法,其中确定自身信念进一步包括更新先前确定的自身信念或确定新的自身信念。
10. 根据权利要求1的方法,进一步包括识别那至少一个其它无线电装置在无线网络中的位置。
11. 根据权利要求1的方法,其中分布是概率密度或质量函数。
12. 一种用来自己识别无线电装置在无线网络中的位置的位置指示器装置,该装置包括:
配置成计算代表无线电装置在无线网络内的至少一个可能位置的分布的至少一个转换信念的计算单元,那至少一个转换信念是与无线电装置收到的来自至少一个其它无线电装置的无线电信号相关联的任意信号度量的函数;
配置成将自身信念确定为那至少一个转换信念的函数的自身信念确定单元;以及
配置成随着自身信念的变化在无线网络内识别自身位置的识别单元。
13. 根据权利要求12的装置,其中无线网络的物理配置是随时间改变的。
14. 根据权利要求12的装置,其中多个其它无线电装置的至少一个子集相对于多个其它无线电装置的至少一个其它子集是移动的,其中各自的计算单元、自身信念确定单元和识别单元被进一步配置以解决移动性。
15. 根据权利要求12的装置,其中多个其它无线电装置的至少一个子集的各自的计算单元被配置成估计第一类型的任意信号度量,而且那至少一个其它无线电装置的至少一个

其它子集的各自的计算单元被配置成估计第二类型的任意信号度量。

16. 根据权利要求 15 的装置,其中任意信号度量测量无线电装置关于那至少一个其它无线电装置的特性,该特性选自:角度、距离、连接性、位置、姿态、速度和角速度信息。

17. 根据权利要求 15 的装置,其中第一类型的任意信号相对于第二类型的任意信号是非对称的。

18. 根据权利要求 12 的装置,其中转换单元被进一步配置成转换至少一个信念,而确定单元被配置成根据因数图解原则确定自身信念。

19. 根据权利要求 12 的装置,其中计算单元被进一步配置成自己解决与估计任意信号度量有关的能力。

20. 根据权利要求 12 的装置,其中确定单元被进一步配置成更新先前确定的自身信念或确定新的自身信念。

21. 根据权利要求 12 的装置,其中识别单元被进一步配置成识别至少一个其它无线电装置在无线网络中的位置。

22. 根据权利要求 12 的装置,其中分布是概率密度或质量函数。

用于无线网络的协同定位

[0001] 相关申请

[0002] 这份申请要求 2006 年 10 月 25 日以“COOPERATIVE LOCALIZATION FOR UWB NETWORKS”为题申请的美国专利临时申请第 60/854,393 号的利益。上述申请的全部教导在此通过引证被并入。

背景技术

[0003] 位置认知技术有根本改变计算、网络服务、传感器网络和许多其它商业、军事和社会应用的潜能。定位可能用来寻找无线电装置在网络中的位置。所述的网络可能包括若干无线电装置（被称为代理）和若干支撑点。支撑点（例如，网络基站）通常可能有一些它们在网络内的位置的信息，而代理通常可能有一点点或没有它们在网络内的位置的信息。

[0004] 用来确定代理在网络中的位置的一种已知技术是集中式定位。在集中式定位中，网络的每个节点（例如，支撑点和代理）将它收集的相对定位测量结果发送到中央处理器。中央处理器可能使用从每个节点获得的一组测量结果确定网络中所有节点的位置，举例来说，通过在那组测量结果上使用优化函数。

[0005] 大多数现在的定位方法利用另一种已知的被称为非协同定位的定位技术。在非协同定位方法中，没有代理之间的沟通；只存在代理和支撑点之间的沟通。在定位过程中，代理为了确定它的位置可能需要在与多达三个支撑点沟通的范围内。因此，为了使代理给自己定位，可能需要使用若干支撑点，保证每个代理有机会存取足够的信息确定它的位置。因此，为了给所有的代理定位，非协同定位可能需要高密度的支撑点或长距离高功率的支撑点传输。

[0006] 第三种已知的定位技术是协同定位。在协同定位中，代理之间的沟通被允许，从而除去对所有的代理在多个支撑点的通信范围内的需求。因此，代理可能为其它的代理充当虚拟支撑点。因为每个代理都有较多的可用信息，所以协同定位可能提供较高的准确性和较大的覆盖范围。

发明内容

[0007] 虽然现有技术的协同定位方法提供超越当前的集中定位和非协同定位方法的进步，但是这些现有技术的协同定位方法仍然包括若干不足。现有技术的协同定位方法通常只允许单一位置估计从节点到节点交换。单一估计的使用可能将不准确性带入到定位计算中。此外，现有技术的协同定位方法只利用对称的数据组，例如，节点到节点的距离判断。现有技术的协同定位方法还要求网络中所有的节点都是同种的，在这种情况下处理信号度量（例如，收到的信号强度）可能被节点在与等同类型的其它节点的沟通中获得。另外，在现有技术的协同定位方法中，每个节点使用相同的程序或算法估计信号度量通常是必要的，借此使每个节点包括同一的硬件和软件能力成为必需的。

[0008] 在本发明的范例实施方案中，通过允许代理和支撑点传输其可能位置的概率，利用协同定位技术获得代理在网络系统中的可能位置分布。在本发明的实施方案中，异种节

点和异种处理方法可能被用来处理对称的和非对称的数据组,这可能大大提高定位能力。在本发明的另一个实施方案中,因数图表理论可能用来研发全面协同定位方法以确定网络中所有节点的估计位置。

[0009] 在本发明的实施方案中,描述了在无线网络中自动识别无线电装置位置的系统和对应的方法。该系统可能包括配置成计算代表无线电装置在无线网络内的至少一个可能位置的分布的至少一个转换信念的计算单元。至少一个转换信念可以是与无线电装置收到的来自至少一个其它无线电装置的无线电信号相关联的任意信号度量的函数。分布可以是概率密度或质量函数。该系统可以进一步包括配置成随着至少一个转换信念变化确定自身信念的信念确定单元和配置成随着自身信念变化识别自己在无线网络内的位置的识别单元。

[0010] 无线网络可以是随时间改变的。具体地说,至少多个其它无线电装置的子集可以相对于多个其它无线电装置的至少一个其它子集是移动的,而且各自的估计单元、转换单元、信念确定单元和识别单元可能被进一步配置以解决移动性。

[0011] 多个其它无线电装置的至少子集的各自的估计单元可以被配置以估计第一类型的任意信号度量,而多个其它无线电装置的至少一个其它子集的各自的估计单元可能被配置以估计第二类型的任意信号度量。任意信号度量可以是所述的无线电装置相对于至少一个其它无线电装置的特性,而且该特性可能选自:角度、距离、连接性、位置、姿态、速度和角速度信息。与第一类型的任意信号度量相对应的特性相对于与第二类型的任意信号度量相对应的特性可以是非对称的。

[0012] 转换单元可以被进一步配置以转换至少一个信念,而确定单元可以被配置成基于因数图解原则确定自身信念。转换单元也可能被进一步配置成自己解决与估计任意信号度量有关的能力。

[0013] 确定单元可以被进一步配置以更新先前确定的自身信念或确定新的自身信念。识别单元可以被进一步配置成识别至少一个其它无线电装置在无线网络中的位置。

附图说明

[0014] 通过下面结合附图举例说明的本发明的范例实施方案的更具体的描述,上述内容将是显而易见的,在这些附图中相似的参考符号在不同的视图中自始至终表示同一部份。这些附图不必依比例绘制,而是把重点放在举例说明本发明的实施方案上。

[0015] 图 1 和图 2 是依照本发明的范例定位方法和对应装置所应用的环境的内务操作框图;

[0016] 图 3A-3C 是举例说明在无线电装置和至少一个其它无线电装置之间的相对位置属性 (ARP) 范例的图表;

[0017] 图 4 是表现图 2 所示网络的因数图范例的图表;

[0018] 图 5 是在图 2 的节点中使用的范例位置处理器的示意图;而

[0019] 图 6 是依照本发明的范例实施方案描述协同定位方法的范例操作的流程图。

具体实施方式

[0020] 本发明的范例实施方案描述如下。

[0021] 图 1 提供以各种不同的移动装置或代理 103a-103h 为特色的使用集中定位方法的

户内环境 100 的平面图的范例。代理可能是,举例来说,在搜寻和援救任务期间与个别消防员相关联的无线电装置。该无线电装置可能是移动装置并因此有时位置是未知的。无线电装置可能完全依靠“支撑点”(例如,无线接入点)105a-105c 和中央定位计算单元 109 来确定它们各自的位置。支撑点可能被放在固定的已知位置。支撑点可以发送和接收来自附近代理的信号来尝试根据距离(例如,从支撑点到代理的距离)的估计为各种不同的代理提供位置判断。支撑点也可以被配置成经由连接 107(该连接可以是无线连接)与中央定位计算单元 109 通信。为了使代理能够借助集中定位方法来确定它的位置,各种不同的支撑点可能将收到的来自代理的信息发送到中央定位计算单元。该中央单元 109 可能计算每个代理在无线网络中的估计的位置。虽然集中定位方法可以用来提供可靠的位置判断,但是这个方法有要求所有的计算在单一位置完成的不足。

[0022] 图 2 举例说明利用非协同定位方法的网络范例。网络 200 包括三个可以充当支撑点的网络基地无线电收发机站(“基站”)(BTS3、BTS4 和 BTS5)。网络基站或支撑点可以每个都有它们各自位置的知识。网络也可以包括若干移动站(MS),例如,可以充当代理的移动电话(例如,MS1 和 MS2)。移动电话或代理可以有一点点或没有它们各自位置的信息。此外,代理也可以是在网络中到处移动的;因此,代理可能有可变的位置。人们应该领会到支撑点和代理不分别局限于基站和移动电话,也可以是任何形式的无线电装置,其中基站被包括在无线电装置的这一定义之中,即使基站通常与网络是有线连接的。人们还应该领会到支撑点和代理两者可以都是移动的。

[0023] 在非协同定位方法中,代理在确定它们的网络位置时只与支撑点通信。举例来说,考虑代理 MS1 在网络中位于它只能与支撑点 BS3 和 BS5 沟通的位置(即,代理 MS1 不在与支撑点 BS4 通信的范围内)的情形。因此,在与支撑点 BS3 通信时,代理 MS1 可以获得来自支撑点的信息包(未展示)。在图 2 提供的范例中,与信息包相对应的无线电信号可以将代理 MS1 的相对位置属性(ARP)估计的信号度量提供给支撑点 BS3。

[0024] 信号度量可以以一个或几个因数为基础,例如:抵达时间、抵达时差、接收信号强度、抵达角度、多普勒频移和连接性。这些信号度量可能提供关于相应的发射器和接收器之间的相对位置(ARP)的信息。举例来说,为了估计距离的 ARP,可能使用信号度量抵达时间、抵达时差、往返飞行时间、接收信号强度和跳变计数(hop-count)。为了估计角度的 ARP,可能使用信号度量抵达角度,或可能使用表示天线转向的信息。为了估计连接性的 ARP,可能使用信号度量接收信号强度(RSS)。

[0025] 图 3A-3C 提供 ARP 信息的范例形式,该 ARP 信息可能描述连接性(图 3A;将代理 MS1 的可能位置限制在圆盘的交叠区域内,每个圆盘有以支撑点 BS3 和 BS5 为圆心的已知半径)、距离(图 3B;将代理 MS1 的可能位置限制在圆的交叠圆周部分,每个圆分别有以支撑点 BS3 和 BS5 为圆心的已知半径)或角度(图 3C;将代理 MS1 的可能位置限制在离开支撑点 BS3 或 BS5 的一组线上)。各种不同的其它 ARP 可以是基于信号度量数据(例如,描述节点的位置、姿态、速度和角速度信息的 ARP)获得的。

[0026] 距离的 ARP 是对称的。举例来说,从节点 A 到节点 B 的距离等于从节点 B 到节点 A 的距离。角度和连接性的 ARP 可能是不对称的,因为从节点 A 到节点 B 的角度或连接性可能不等同于从节点 B 到节点 A 的角度或连接性。

[0027] 在图 2 提供的范例中,接收信号强度的信号度量可以用来估计距离的对称的 ARP。

给定 ARP 估计,代理 MS1 可以确定它位于距支撑点 BS3 在特定的距离或半径处。给定支撑点 BS3 提供的信息,代理 MS1 的可能位置可以用虚线圆周 201 表示。

[0028] 代理 MS1 从支撑点 BS5 获取距离信息,这样围绕 BS5 的虚线圆周 202 就表示 MS1 相对于支撑点 BS5 所有的可能位置。因此,代理 MS1 的真实位置可能被限制在两个虚线圆周 201 和 202 的交点上。因此,这可能导致代理 MS1 的两个可能的位置 203 和 205。因为代理 MS1 不在三个支撑点的通信范围内,所以 MS1 不能够唯一地确定它自己的位置。

[0029] 因为代理 MS2 只在支撑点 BS4 和 BS5 的通信范围内,所以代理 MS2 也可能无法唯一地确定它自己的位置。代理 MS2 的可能位置 207 和 209 对应于虚线圆周 206 和 208 的交点。

[0030] 另一种确定无线装置位置的方法可以借助协同定位。在协同定位中,代理可以通过交换它们的位置估计与支撑点和其它代理通信。因此,代理可以作为虚拟支撑点。代理和支撑点可能被视为节点,每个节点可能有能力与其它节点通信,而不管它们的类型。代理之间的通信消除了对所有的代理都在一个或多个支撑点的范围内的需求。

[0031] 然而,现有技术的协同定位方法包括若干不足。现有技术的协同定位方法只允许每次发送一个位置估计。现有技术的协同定位方法也受到限制,因为现有技术的方法只考虑到使用对称的 ARP(例如,基于距离的测量)。此外,现有技术的协同定位方法通常要求所有的网络节点是异种的,每个节点接收和发射导致同一类型的 ARP 的信号。异种节点也需要相似的硬件和软件能力以允许以相似的方式处理位置估计。

[0032] 在本发明的范例实施方案中,通过允许代理和支撑点传输描述可能多个位置的概率特征的分布来利用协同技术获得代理在网络系统中的可能位置。在本发明的实施方案中,信号度量可以用来获得对称的和不对称的 ARP。因此,依照本发明实施方案,协同定位方法可能使用技术上已知的任何 ARP 而且不仅仅局限于距离的 ARP。人们还应该领会到技术上已知的任何信号度量和 ARP 都可能被用在本发明的任何范例实施方案中。

[0033] 在本发明的另一个实施方案中,系统的节点可能是异种的,因此允许每个节点通过利用可以是非对称的、数值不等的和属于不同类型的 ARP 来估计位置。依照本发明的范例实施方案,网络的异种节点也可能包括从一节点到另一节点不同的硬件和软件系统。在本发明的另一个实施方案中,因数图表理论可能用来研发全面协同定位方法以确定所有节点在网络中的估计位置。

[0034] 图 4 是举例说明表示图 2 所示网络的因数图解的顶视图。图 5 代表在图 2 中的每个代理身上可以发现的位置处理器的示意图。图 6 是举例说明可仿效的协同定位方法的可能的操作的流程图。图 4-6 分别描述依照本发明的范例实施方案用于协同定位的数学的、硬件的和软件的方法。

[0035] 因数图解可以提供了一种直观的方式来表示和理解多变量函数。因数图解可以将整体函数表达为因数的产物或局部函数。通过举例说明哪个因数取决于哪个变量,因数解图展示整体函数的变量如何通过分享的局部函数相互依赖的。

[0036] 在本发明的范例实施方案中,因数图解可以是从在给定收集的信号度量 Z 的情况下表示所有的节点在网络中的可能位置的接合点经验概率分布 $p(x_1, \dots, x_N | Z)$ 中获得的,其中 N 等于网络中的节点总数。接合点经验分布可以被表示成:

[0037]
$$p(\mathbf{x}|\mathbf{z}) \propto p(\mathbf{z}|\mathbf{x})p(\mathbf{x})$$

$$[0038] \quad = \prod_{i=1}^N \prod_{j \in \Gamma_i} p(z_{j \rightarrow i} | x_i, x_j) p(x_i)$$

[0039] 其中 $Z_{j \rightarrow i}$ 可能是节点 i 从节点 j 发射的信号获得的信号度量。函数 $p(Z_{j \rightarrow i} | X_i, X_j)$ 是取决于节点 i 和 j 的位置的信号度量的分布。

[0040] 在获得结合点经验概率分布 $p(x_1, \dots, x_N | Z)$ 的表达时,和-积算法 (SPA) (也被称为信念传播) 可能被用在所产生的因数图解上确定用于所有的节点 i 的边缘经验分布 $p(x_i | Z)$ 的近似值。这些边缘经验分布近似值可以被网络中每个节点用来估计它自己的位置 x_i 。边缘经验分布 $p(x_i | Z)$ 的这些近似值也可能使用下面更详细地描述的因数图解理论映射到实际网络。

[0041] 在图 4 提供的范例中,图 2 所示的网络的五个节点 BS3、BS5、BS4、MS1 和 MS2 可以分别与用方框 403、415、411、407 和 419 加亮的子曲线图相关联。节点 MS1、MS2、BS3、BS4 和 BS5 的可能位置可以被分别表示为标注 X_1 - X_5 的因数图解的边缘。代理节点 MS1 和 MS2 的可能位置 (分别为 x_1 和 x_2) 可以由邻近节点发送的信息提供的。获得可能位置的操作可以在因数图解 400 中用顶点表示,下面将更详细地描述。

[0042] 在本发明的范例实施方案中,协同定位方法的第一操作可以是设定网络中所有节点的信念初值 (601)。在设定初值时,支撑点和代理的信念可以被设定为等于它们各自的边缘先验分布 $p(x_i)$ 。边缘先验分布 $p(x_i)$ 是变量 x_i (节点 i 的可能位置) 的函数。边缘先验分布 $p(x_i)$ 可以反映节点 i 在定位程序开始之前可能有的信息。用于网络中每个节点 BS3、BS5、BS4、MS1 和 MS2 的边缘先验分布是分别作为顶点 401、413、409、405 和 417 标注的。

[0043] 因为支撑点 BS3、BS5 和 BS4 有它们各自的位置知识,所以这些支撑点可以以狄喇克 (Dirac delta) 分布的形式将它们的信念初值设定到先验分布上。Dirac delta 分布是为唯一的一个位置 (该位置对于相应的支撑点是已知位置) 定义非零概率的函数。人们应该领会到在网络中可能有这样的支撑点,该支撑点可以总是没有关于它们的位置的全部知识;因此,有关于其位置的部分知识的支撑点的先验分布可以呈包括任意形状分布形式。

[0044] 代理 MS1 和 MS2 可以以均匀分布的形式将它们的信念初值设定到先验分布上。均匀分布可以对于相应的代理的所有可能位置有相等的概率值,因为代理最初可能没有关于它自己的位置的知识。代理也可能有关于它们的位置的部分知识,借此使先验分布有任意的形状。代理也可能有关于它们的位置的全部知识,这将导致用 Dirac delta 分布定义的先验分布。

[0045] 人们应该领会到代理和支撑点可以有任何上述的分布和技术上已知的任何其它分布。人们还应该领会到代理和支撑点不需要全有相同的分布,因为可以有一些代理和和支撑点与其它的代理和支撑点相比有较多的关于它们各自的位置的知识。

[0046] 在一个实施方案中,在设定网络中所有的节点的信念初值之时,重复数值可能被设定或确定 (603)。重复数值可以定义协同定位方法可能被网络中每个节点执行的次数。最大的重复数值“最大 (max)”可以被动态地设定成网络的运行时间。因此,网络可以被配置成坚持不懈地追踪和确定与网络相关联的各种装置的位置。人们应该领会到并非所有的节点都可以参加每次重复。

[0047] 一旦重复已被定义,如果最大的重复价值 ' \max' ' 已经被到达,系统可能频繁地或连续地监测重复“L”的当前值以确定最大的重复值“max”是否已达到 (605)。如果确定最

大的重复值“max”已达到,该定位系统可能被引向结束(607)。否则,网络中的节点或节点系统可以继续重复协同定位(609)。首先,该系统可以被配置成更新所有网络节点的自身信念(611)。自身信念的更新可能以节点的移动性为基础,而且可以依靠技术上已知的任何技术,例如,惰性测量单元或陀螺仪。代理和支撑点两者可以都有能力移动。人们应该领会到在至少一个实施方案中并非所有的网络节点都被更新;所以,在这样的实施方案中每次只有某个节点子集被更新。因此,分别标注为顶点401、413、409、405和417的每个节点BS3、BS5、BS4、MS1和MS2的边缘先验分布 $p(x_i)$ 可以被适当地更新。

[0048] 此外,在此期间,新的节点可以在进入网络的时候被发现,或当前的节点可以在离开网络时被发现,因此改变因数图解的配置(例如,与进入网络的节点相对应的新的子曲线图可能被添加到该因数图解中,或离开网络的节点的子曲线图可能被除去)。因此,因数图解的拓扑可能在协同定位程序的有效期中自始至终随着网络拓扑改变而改变。

[0049] 接下来,所有的网络节点图解广播它们当前的自身信念(613)。这广播可以是与SPA的使用一起实现的。SPA可能是作为传递因数图解的讯息应用的,以便获得用于每个网络节点的边缘经验分布 $p(x_i|Z)$ 的近似值。边缘经验分布 $(x_i|Z)$ 可以用自身信念 $b(x_i)$ 近似。

[0050] 举例来说,在图4所示的因数图解中,支撑点BS3可以将它的自身信念 $b(x_3)$ 421传输给代理MS1,因为代理MS1在支撑点BS3的通信范围内。同样,代理MS1可以充当虚拟支撑点并且将它的自身信念 $b(x_1)$ 423传输给代理MS2,因为代理MS1在代理MS2的通信范围内。同样,代理MS2也可能充当虚拟支撑点并且将它的自身信念 $b(x_2)$ 425传输给代理MS1。支撑点BS4在代理MS2的通信范围内并因此可能将它的自身信念 $b(x_4)$ 427传输给代理MS2。支撑点BS5在对代理MS1和代理MS2两者的通信范围内并因此可以将它的自身信念 $b(x_5)$ 428和429分别传输给代理MS1和代理MS2。

[0051] 在与支撑点BS5相关联的子曲线图415中,等式顶点431可以是在将自身信念发送给多个节点的时候使用的。同样,代理MS1和MS2的子曲线图407和419也分别包括等式顶点431,因为那些代理在与多个节点通信。

[0052] 人们应该领会到节点可以在广播周期期间发送和接收多个讯息包。举例来说,如果节点A估计往返时间的信号度量,节点A可以将信息包发送给节点B,而且节点B可以把信息包送回节点A。

[0053] 在每个网络节点广播自身信念之时,每个节点可以个别地使用位置处理器500根据广播的信念计算新的自身信念。首先,节点可以借助天线503接收来自其它网络节点的广播信念501(617)。每个节点可以在接收信念的节点的通信范围内接收来自若干节点的若干广播信念505。

[0054] 在收到来自邻近节点的信念之后,节点可以开始产生转换信念的程序(619)。在产生转换信念的程序中,节点的位置处理器可以提供配置成接收被传输信念501的估计单元507,以便估计该节点与至少一个其它网络节点有关的任意信号度量。任意信号度量是可以属于任何类型或数值的信号度量(例如,可以使用的信号度量的类型不局限于对称的或同种的信号度量)。估计的任意信号度量509可以是从至少一个节点收到的信念信号的函数。

[0055] 人们应该领会到如果任意信号度量已被同一传输节点从之前的重复或在定位程序的开始之前估定,那么新的任意信号可以已被估计定或未被估定。人们还应该领会到网

络节点可能是异种的,以致从估定的信号度量获得的 ARP 估计可能从一节点到另一节点使用不同的类型和 / 或数值。

[0056] 此外,网络节点也可以是异种的,以致每个节点可以使用不同技术或程序估计信号度量。人们还应该领会到信号度量和 ARP 可以通过分析方法、数字方法或统计方法的任何组合估计的。人们还应该领会到每个节点可以独立于其它网络节点估计信号度量。举例来说,节点 A 可以在不知道其它网络节点的被估计信号度量情况下估计来自收到的讯息的信号度量。

[0057] 一旦已经提供任意信号度量 509,这个信号度量可以被传送给转换单元 511,以便根据已估计的任意信号度量 509 提供转换信念 513。每个网络节点可以有多个估计和转换单元或可能被配置成同时确定每个收到的输入信念 501 的转换信念 513 的计算单元 515。作为替代,估计和转换单元或计算单元 515 可以被配置成继续确定每个收到的输入信念 501 的转换信念 513。人们应该领会到,从另一个节点转送的信念可能被当前节点用来估计若干信号度量,后者可能依次用来描述若干 APR。

[0058] 转换信念的产生可以用图 4 做数学解释。举例来说,在代理 MS1 中,起因于从支撑点 BS3 传送给代理 MS1 的自身信念 421 的转换信念的产生可以用顶点 430 表示。该 SPA 可以被配置成把所产生的转换信念 $c_{3 \rightarrow 1}(x_1)$ 432 送到等式顶点 431。同样,来自支撑点 BS5 的被传输的自身信念 428 可以用来获得估计的任意信号度量以产生用顶点 433 举例说明的转换信念。然后,转换信念 $c_{5 \rightarrow 1}(x_1)$ 434 也可以被送到等式顶点 431。最后,以被传输的自身信念 425 为基础产生第三转换信念可以经由顶点 435 举例说明。所产生的转换信念 $c_{2 \rightarrow 1}(x_1)$ 436 也可以借助 SPA 送到等式顶点 431。

[0059] 同样,对于代理 MS2,转换信念的产生可以分别用顶点 441、437 和 439 表示,从而导致转换信念 $C_{1 \rightarrow 2}(x_2)$ 442、 $C_{4 \rightarrow 2}(x_2)$ 438 和 $c_{5 \rightarrow 2}(x_2)$ 448。转换信念 $C_{1 \rightarrow 2}(x_2)$ 442、 $C_{4 \rightarrow 2}(x_2)$ 438 和 $C_{5 \rightarrow 2}(x_2)$ 448 可以借助 SPA 送到子曲线图 MS2 的等式顶点 431。

[0060] 转换信念的产生可以用下面的方程表示:

$$[0061] \quad c_{j \rightarrow i}(x_i) \propto \int p(z_{j \rightarrow i} | x_i, x_j) b^{(L-1)}(x_j) dx_j$$

[0062] 其中 $C_{j \rightarrow i}(x_i)$ 是在当前节点 i 产生的转换信念, $P(Z_{j \rightarrow i} | X_i, X_j)$ 是依据从节点 j 传输到当前节点 i 的信号提取的信号度量 $z_{j \rightarrow i}$ 的分布,和 $b^{(L-1)}(x_j)$ 是节点 j 向当前节点 i 广播的自身信念。上述的积分可以是对所有可能的 x_j 完成的多维积分。人们应该领会到转换信念的产生可以通过分析的、数字的或统计的整合方法的任何组合完成的。人们还应该领会到转换信念可以顾及到与随着位置 x_i 和 x_j 变化的估计信号度量 $z_{j \rightarrow i}$ 有关的任何不确定性和关于环境的任何知识(例如,障碍的出现、信噪比低、信号强度弱、估算程序固有的不确定性,等等)。人们应该领会到转换信念的产生可以通过分析方法、数字方法或统计方法的任何组合完成的。

[0063] 一旦所有的转换信念都被送到它们各自的节点的子曲线图的等式顶点 431,等式顶点 431 就可以估算每个转换信念。等式顶点 431 可能自己考虑到不一致性,例如,一个所产生的转换信念的数值是否明显地不同于所产生的其它转换信念 (621)。举例来说,如果转换信念是从故障节点送出的被传输自身信念的结果,那么这个自身信念可能偏移后续的定位计算。故障节点可以是以低信噪比传输信号的节点、传输错误信息的节点数据或传输导致位置判断非常不同于用从其它节点发来的信息获得的位置判断的信息的节点。

[0064] 一旦转换信念已针对不一致性被估定,用于每个节点的新的自身信念就可以确定(623)。每个节点的位置处理器 500 可以把所产生的转换信念 513 全部转发给信念确定单元 517。信念确定单元 517 可以通过考虑当前节点的边缘先验分布 $p(x_i)$ 和所产生的转换信念(它是在通信范围内从网络节点发来的自身信念的函数)产生新确定的自身信念 519。

[0065] 新确定的自身信念 519 的产生可以是在考虑到居先确定的自身信念的情况下完成的。换句话说,信念确定单元 517 可以利用之前的重复确定的自身信念的记忆或知识从确定新的自身信念 519。利用记忆确定新的自身信念 519 可以用下面的公式表示:

$$[0066] \quad b^{(L)}(x_i) \propto b^{(L-1)}(x_i) \prod_{j \in \Gamma_i} c_{j \rightarrow i}(x_i)$$

[0067] 其中 $b^{(L)}(x_i)$ 是在当前的重复 L 期间确定的节点 j 的自身信念, $b^{(L-1)}(x_i)$ 是在之前的重复 L-1 中确定的自身信念, Γ_i 是节点 i 的那组邻近节点,从那组邻近节点中节 i 已经选出一致的转换信念,而 $c_{j \rightarrow i}(x_i)$ 是用节点 i 发送给节点 j 的信号度量产生的转换信念。人们应该领会到,新确定的自身信念 519 的产生也可能是在没有从之前的重复确定的自身信念的记忆或知识的情况下完成的。在没有记忆的情况下产生新的自身信念 519 可以用下面的公式表示:

$$[0068] \quad b^{(L)}(x_i) \propto \prod_{j \in \Gamma_i} c_{j \rightarrow i}(x_i) p(x_i)$$

[0069] 其中 $p(x_i)$ 是当前节点的边缘先验分布。所以,边缘先验分布可以用在不考虑之前产生的自身的系统中。人们应该领会到信念确定单元 517 可以利用当前节点 i 的边缘先验分布和之前产生的自身信念。人们还应该领会到网络节点可以是异种的,其中一些节点可以靠记忆产生新的自身信念,而其它网络节点可以不使用记忆产生新的自身信念。人们还应该领会到新确定的自身信念 519 的产生不论有没有记忆都可以是通过分析方法、数字方法或统计方法的任何组合完成的。人们应该领会到不是每个网络节点都需要产生自身信念。举例来说,如果已经确定,某个节点有限定的位置而且自之前的重复以来没有移动,则那个节点不需要更新它的自身信念。

[0070] 在确定新的自身信念之后,识别单元 521 可以用来估计自身位置 523(625)。估计的自身位置 523 可以通过取已确定的可能呈概率分布形式的自身信念的平均值、中值或众数确定的。网络节点可能利用不同的方法估计自身位置 523。

[0071] 网络节点的位置处理器 500 也可以包括邻居识别单元 527。邻居识别单元 527 可以用来通过取邻近节点传输的信念的平均值、中值或众数估计通信范围内的节点位置。因此,网络节点的拓扑图 529 可以产生,从而将这种拓扑知识给与每个节点。这可能使每个网络节点都有权使用完全的网络拓扑。该拓扑图可能被每个节点用独立的数据包广播 531。人们应该领会到被传输的拓扑 531 也可以是作为包含被传输的确定的自身信念 525 的数据包的一部份组成的。人们还应该领会到网络节点可能使用不同的方法创造拓扑图 529。

[0072] 人们还应该领会到每个节点产生的估计的信号度量可以提供 ARP,后者可能包括关于障碍的信息。障碍可能存在于网络节点之间或周围。障碍的范例可以包括但不限于墙壁或建筑物。这个信息也可能被用于产生网络拓扑和产生自身信念。上述的操作 615-625 可以是在现在的重复期间针对网络中所有的节点完成的(627)。一旦操作 615-625 已经在所有的网络节点上完成,新的重复可以被完成(629)。在新的重复期间,已确定的自身信念

517 可以被更新,以便考虑到先前描述的移动性(611)。一旦被更新,更新后确定的自身信念就可能被广播 525,于是上述的操作 615-625 可能随后使用更新后确定的自身信念被完成。人们应该领会到不是每个网络节点在所有的重复中都需要涉及。此外,节点可能不参与重复中涉及的每个计算操作。

[0073] 人们应该理解在此揭示的特定程序(例如,协同定位程序)可以是在硬件、固件或软件中实现的。如果在软件中实现,该软件可能被储存在任何形式的计算机易读的媒体上,例如,随机存取存储器(RAM)、只读存储器(ROM)、光盘只读存储器(CD-ROM),等等。在运行时,通用或特殊应用处理器以技术上很好理解的方式装载和运行该软件。

[0074] 虽然这项发明已经参照其范例实施方案被具体地展示和描述,但是熟悉这项技术的人将理解在形式和细节方面各种不同的改变可以在不脱离本发明的权利要求书所囊括的范围的情况下完成。

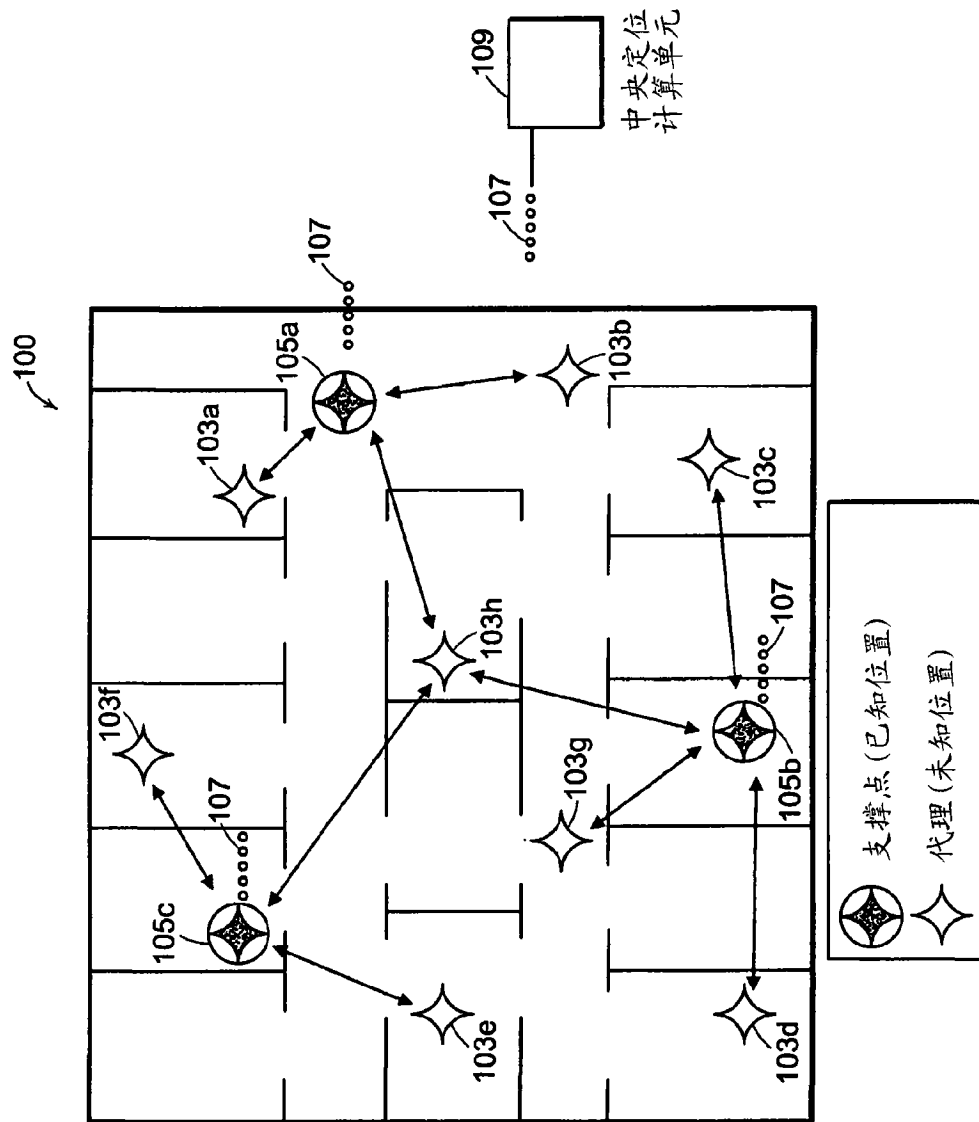


图1

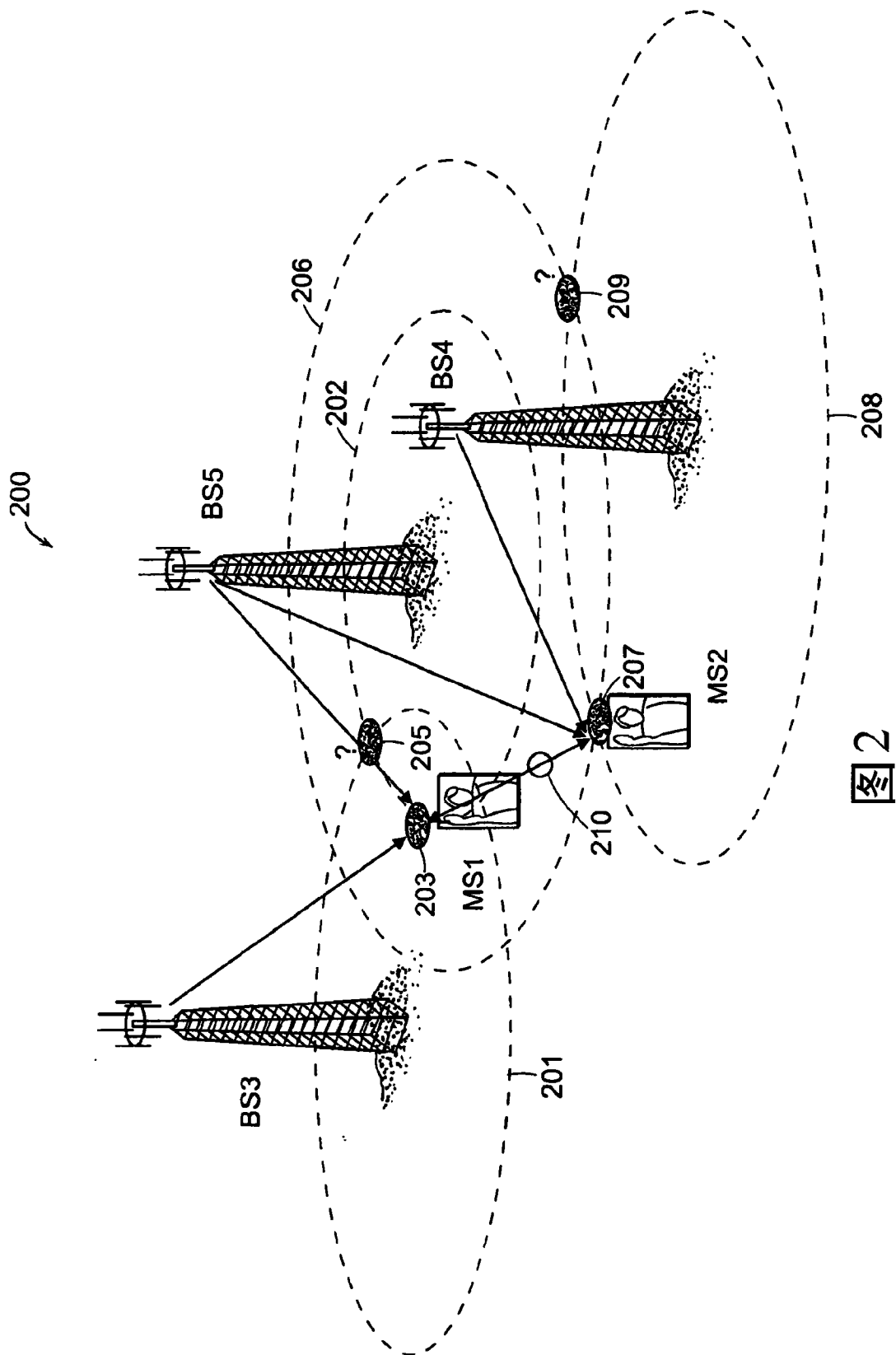


图2

任意信号度量范例如

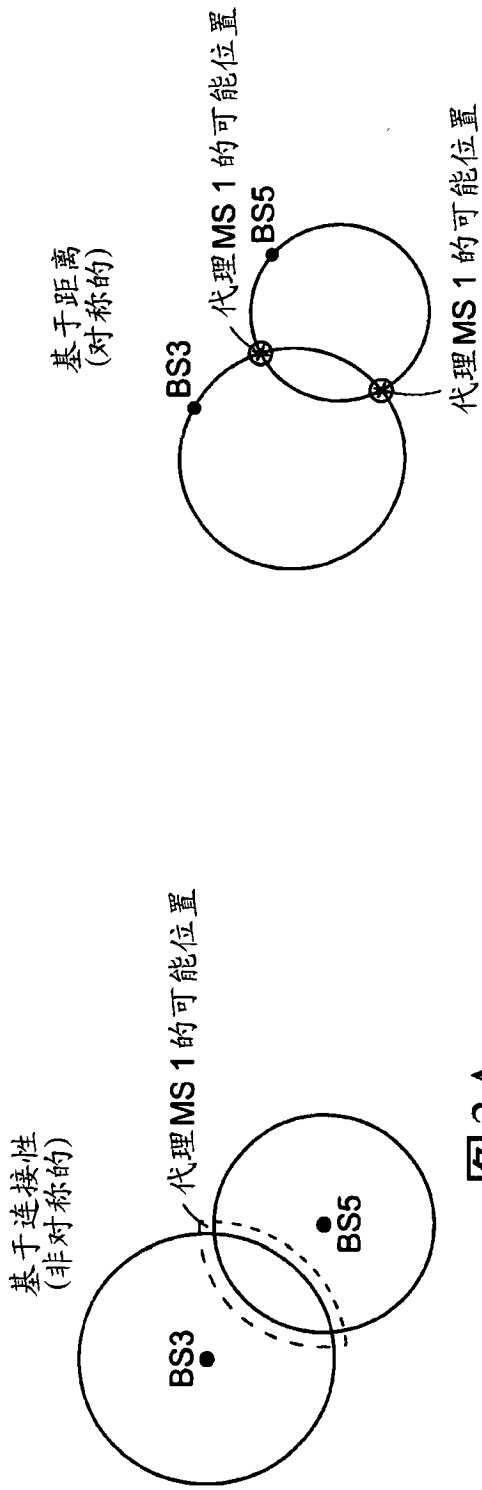


图 3A

图 3B

基于角度
(非对称的)

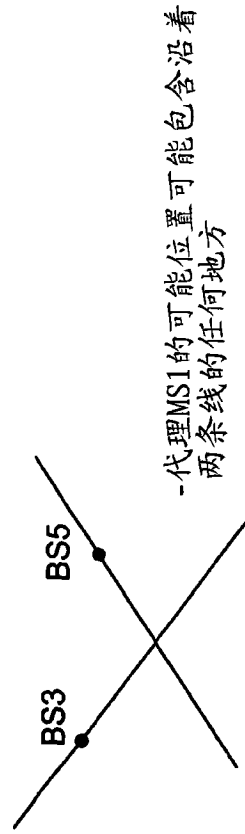


图 3C

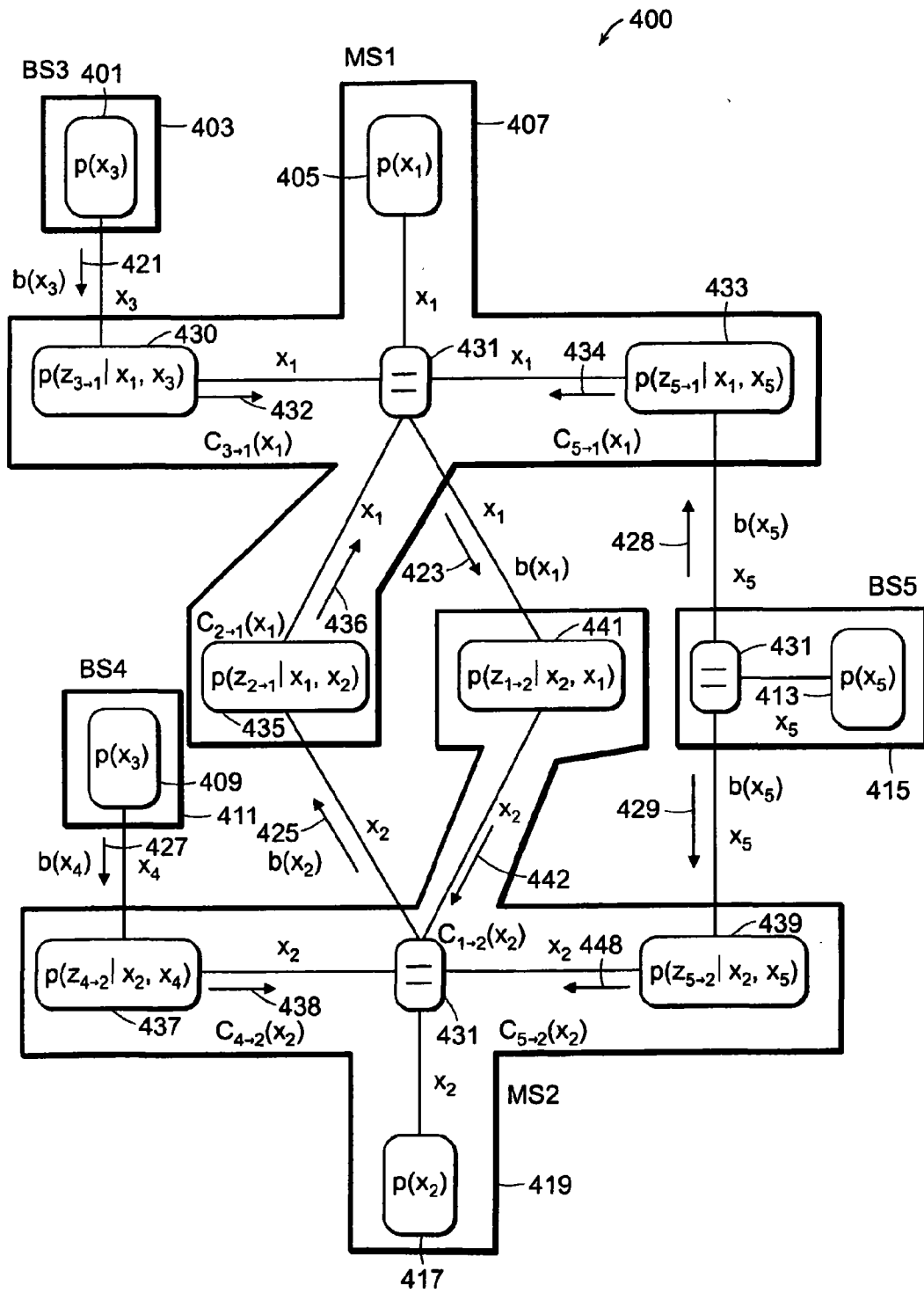


图 4

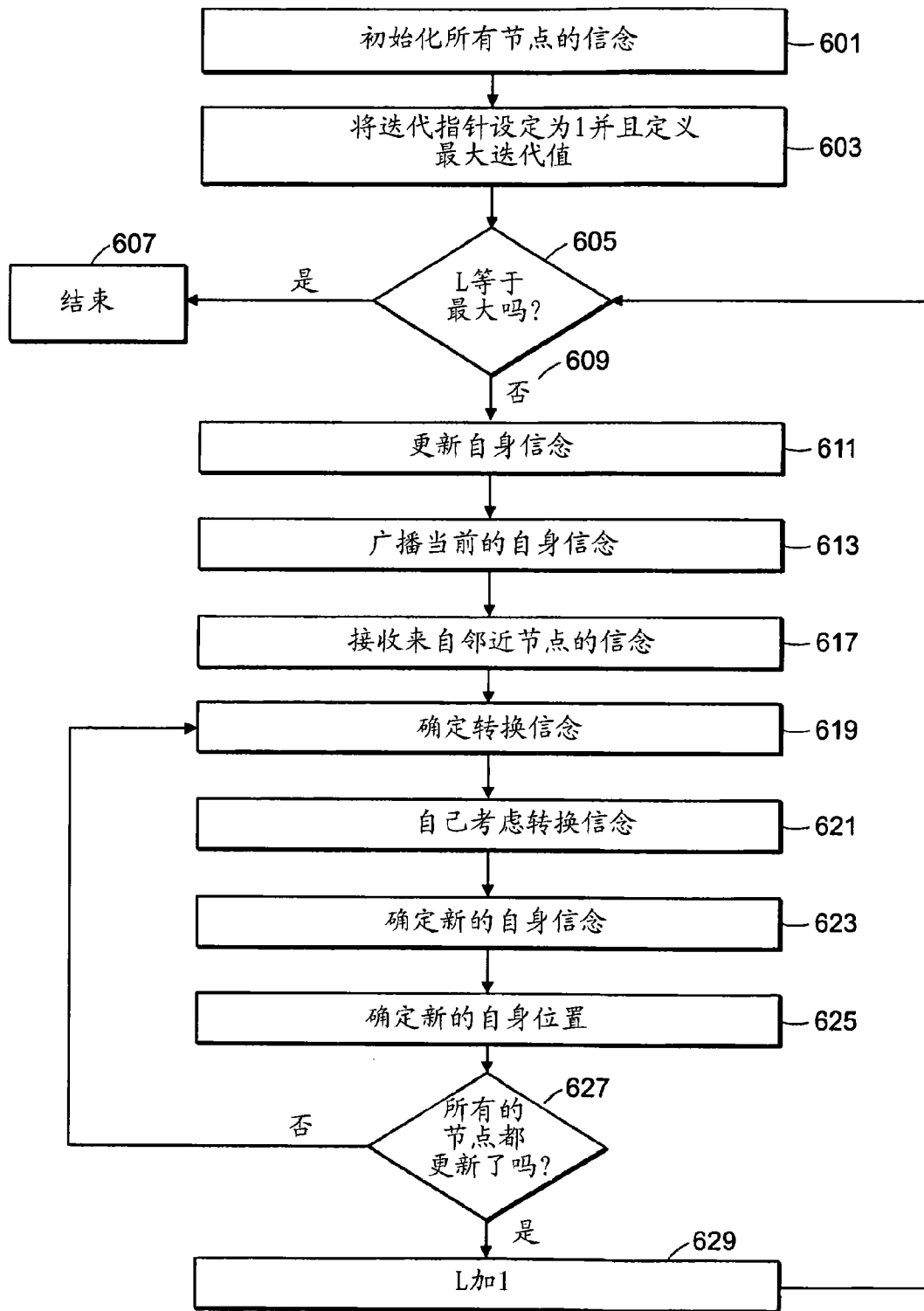


图 6