

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
H04L 12/56 (2006.01)



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200780035150.4

[43] 公开日 2009年8月26日

[11] 公开号 CN 101517993A

[22] 申请日 2007.5.16

[21] 申请号 200780035150.4

[30] 优先权

[32] 2006.9.22 [33] US [31] 11/525,495

[86] 国际申请 PCT/US2007/011761 2007.5.16

[87] 国际公布 WO2008/036129 英 2008.3.27

[85] 进入国家阶段日期 2009.3.20

[71] 申请人 卢森特技术有限公司

地址 美国新泽西州

[72] 发明人 K·巴拉钱德兰 J·H·康

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司
代理人 张雪梅 李家麟

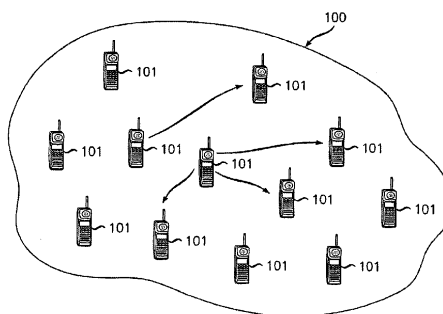
权利要求书2页 说明书12页 附图12页

[54] 发明名称

在机会性开放访问自组无线网络中发现邻居的方法

[57] 摘要

在自组无线网络中,为了邻居发现,传送节点在时隙中并在根据一个或多个所关联并已知的伪随机或循环跳频序列而从时隙到时隙不同的频率上传送信标。当在时隙中,跳频序列会选择如果传送则会违背在该时隙中适用的频谱策略的信标频率时,那么,在该时隙中,不在该时隙传送信标。在每个时隙中,邻居接收节点尝试在由它预期传送节点正使用的跳频序列所指定的频率上检测和解码所传送的信标。当接收节点成功地检测并解码由传送节点所传送的信标时,实现了传送节点和接收节点之间的邻居发现。



1. 一种自组无线网络中的传送节点和接收节点之间的邻居发现方法，在该自组无线网络中节点彼此直接通信，该方法包括：

在传送节点：

传送根据至少一个预定跳频序列从时隙到时隙改变频率的信标。

2. 根据权利要求1所述的方法，其中，当在一时隙中，信标在由跳频序列确定的频率上的传送会违背频谱策略时，不在该时隙传送信标。

3. 根据权利要求2所述的方法，其中，跳频序列是伪随机序列。

4. 根据权利要求2所述的方法，还包括为时隙从多个不同的预定跳频序列中选择用于确定信标传送频率的跳频序列。

5. 根据权利要求4所述的方法，其中，随机地从该多个不同的预定跳频序列中选择跳频序列。

6. 根据权利要求4所述的方法，其中，为时隙从在该时隙中不违背频谱策略的多个不同的预定跳频序列中选择跳频序列。

7. 根据权利要求6所述的方法，其中，从在该时隙中不违背频谱策略的多个不同的预定跳频序列中随机地选择跳频序列。

8. 根据权利要求4所述的方法，其中，从该多个预定跳频序列中选择的跳频序列对于包括预定数量时隙的帧内的每个时隙保持不变。

9. 根据权利要求8所述的方法，其中，从该多个预定跳频序列中随机地选择为每个帧选择的跳频序列。

10. 一种自组网络中的传送节点和接收节点之间的邻居发现方法，在该自组网络中节点彼此直接通信，该方法包括：

在接收节点：

在时隙中，尝试检测并解码由传送节点传送的根据跳频序列从时隙到时隙改变频率的信标，其中当成功地检测并解码了信标时，实现与传送节点的邻居发现。

11. 根据权利要求10所述的方法，其中，当跳频序列指示会在时隙中违背频谱策略的频率时，在该时隙中不传送信标。

12. 根据权利要求11所述的方法，其中，跳频序列是伪随机序列。

13. 根据权利要求11所述的方法，其中，在传送节点传送信标的每个时隙中，传送节点从多个不同的预定跳频序列中选择跳频序列，并且

在每个这种时隙中，接收节点在尝试检测并解码所传送的信标中选择该多个不同的预定跳频序列中的一个跳频序列。

14. 根据权利要求 13 所述的方法，其中，在每个这种时隙中，接收节点随机地选择该多个不同的预定跳频序列中的一个跳频序列。

15. 根据权利要求 13 所述的方法，其中，在每个这种时隙中，接收节点从指示不在该时隙中违背频谱策略的信标频率的那些跳频序列中选择该多个不同的预定跳频序列中的一个跳频序列。

16. 根据权利要求 13 所述的方法，其中，对于包括预定数量时隙的帧内的每个时隙，由传送节点从该多个不同的跳频序列中选择出的跳频序列保持不变，接收节点：

在帧内该预定数量时隙的子集中的每个时隙中，在每个可能的信标频率上进行能量检测；

将作为由传送节点使用的可能跳频序列的，会以在帧内的该时隙子集中的至少一个时隙中没有检测到能量的频率传送信标的任何跳频序列去除；

在帧内的该时隙子集之后的时隙中，使用未去除的跳频序列来尝试检测并解码信标。

17. 根据权利要求 13 所述的方法，其中，对于包括预定数量时隙的帧内的每个时隙，传送节点从该多个不同的预定跳频序列中选择出的跳频序列保持不变，接收节点：

a) 在帧内的至少一个时隙中在每个可能的信标频率上进行能量检测；

b) 将作为由传送节点使用的可能跳频序列的，会以在该至少一个预定时隙中没有检测到能量的频率传送信标的任何跳频序列去除；

c) 在帧内的该至少一个时隙中使用未去除的跳频序列尝试检测和解码；以及

d) 在帧内相继的其它时隙中，重复步骤 a)到 c)，其中累积所去除的可能跳频序列。

在机会性开放访问自组无线网络中发现邻居的方法

政府合同

利用在国家自然科学基金授予的合同 CNS 0434854 1/3 下的政府支持，作出了本发明。政府具有本发明中的一些权利。

技术领域

本发明涉及无线通信。

背景技术

在遍及全球的不同区域根据主流的管理策略来进行频谱分配。除已留出给无执照运行的几小块频谱之外，频谱被典型地视为与所有权相关联的资产。由于频谱的空间与时间使用根据来自不同服务的流量需求而变化，这种静态分配产生频谱不足，即，在特定的位置和时间频谱资源不可用的假象。近来，非常关注设计允许开放、机会性地访问频谱的介质访问控制(MAC)和物理层技术。这个能力是期望的，不仅为了满足长期的商业、军事和公共安全应用的计划的容量需求，而且还使得能够进行无执照商业或战术军事通信而无需任何频率规划或协调。

假定静态、连续的频谱分配限制，典型地设计了演进蜂窝和无线局域网技术(如，IEEE 802.11)中采用的物理层技术、协议和算法，并且该物理层技术、协议和算法通常限于窄带运行(几十 kHz 到几 MHz)。未来，通过在频谱可用性方面提供利用时间和空间的可变性的能力，在如频谱感知和表征、频率灵活性和动态无线承载管理等动态频谱访问技术方面的进步使得相对于当前静态分配在频谱利用方面有望大的改善。

在基于机会性、开放频谱访问的自组网络中的突出挑战之一在于帮助实现初始的邻居发现和与邻居的新节点的关联的技术的设计。特别地，在频谱不是专有地分配给用户和/或网络时，用户必须通过利用最少的传送/接收功率需求和最小的延迟全面搜索宽范围的频率来发现邻近用户的存在。这需要在用于控制和/或数据传输的无线承载的机会性建立之前进行。动态频谱访问架构中的另一挑战在于确保邻居发现过程不会

导致涉及与(诸如属于遗留网络的)非合作节点的共存的过多干扰。在设计使能开放频谱访问的协议和算法时必须仔细考虑这种共存的情况。

邻居发现典型地包含遵从特定标准的信标(探测消息)的传送以及对来自候选邻居节点的信标的扫描。这些探测消息可以指示包括节点的地址(或标识符)、位置和频谱质量测量等的可能用于资源分配、路由或转发决定和能量节约的所关注的多个参数。当成功检测并解码来自之前不知道它的存在的协作节点的探测消息时,称为发生邻居发现。

尽管可能能够通过将信标传送限制到固定、预定的频谱区域来改善邻居发现的性能,但是这种方法是不可伸缩的,例如,为支持具有大量协作节点或大量共存网络的开放频谱访问网络。此外,频谱的固定区域也极易受到来自非协作节点的干扰或干涉,因此使协作节点难于发现彼此。如果协作节点不能够发现彼此,则用于这些节点之间的数据传送的频谱的机会性使用是不可能的。

在邻居发现方面的技术现状集中在静态和/或小的频谱分配。例如,基于 802.11x 标准的无线局域网根据运行的模式而使用不同的信标帧传送和接收技术。在一种基础架构模式中,访问点在频率信道上进行周期性的信标帧传输,并且所有其它节点全面扫描不同的信道以检测访问点的存在。在自组模式中,正尝试发现的每个节点在特定的时间段上扫描信标,并且如果什么也没有检测到则在随机的延迟之后在特定的信道上传送信标。在 L. Gallulccio, G. Marbit 和 S. Palazzo 的“Analytical Evaluation of a Tradeoff Between Energy Efficiency and Responsiveness of Neighbor Discovery in Self-Organizing Ad Hoc Networks,”, IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Vol. 22, No. 7, 2004 年 9 月中,说明了针对采用随机信标传送和随机接收的自组网络的邻居发现的性能分析的结果。该工作基于预先固定的频率载波集合,并且没有应用到在其中被认为对于信标传送和/或接收可接受的频率可以根据所感知的频谱质量而从节点到节点不相同的动态频谱访问架构。此外,没有考虑与机会性开放访问无线网络相关联的策略限制。

发明内容

根据本发明一实施例,当处于邻居发现和传送信标的状态中时,传送节点在一时隙内并且在根据一个或多个所关联而且已知的伪随机或

循环的跳频序列而从时隙到间隙不同的频率上传送信标。当在一时隙中跳频序列会选择如果传送则会违背在该时隙中适用的现有频谱策略的信标频率时，则在该时隙中，不传送信标。在每个时隙中，邻居接收节点尝试在由它预期传送节点正使用的跳频序列所指定的频率上检测和解码所传送的信标。当接收节点成功地检测并解码由传送节点所传送的信标时，实现了传送节点和接收节点之间的邻居发现。

在一单跳频序列(SFHS)实施例中，传送节点使用单跳频序列来确定连续的传送频率并且针对每个时隙判断在由该跳频序列指定的频率上在该时隙中的传送是否违背频谱策略。如果会违背频谱策略，则不在由该跳频序列指定的频率上在该时隙中传送信标。接收节点尝试在由该相同的已知跳频序列确定的频率上在时隙中检测和解码。

在一采用随机序列选择的多跳频序列(MFHS-RSS)实施例中，传送和接收节点为每个时隙从多跳频序列中独立地随机进行选择。当在一时隙中所选择的跳频序列会导致在会违背现有的频谱策略的频率上的信标传送时，则不在该时隙传送信标。在每个时隙中，接收节点为该时隙随机地选择可能的跳频序列之一，并且在由所选择的跳频序列所指定的频率上进行解码。

在一采用基于策略的序列选择的多跳频序列(MFHS-PBSS)实施例中，类似地允许多跳频序列。然而，在每个时隙中进行尝试，来通过将由传送节点所使用的可能的多跳频序列删减到只有会指定由频谱策略所允许的传送频率的那些跳频序列，并且然后随机地选择那些跳频序列之一及其所关联的频率来在该时隙传送信标，使传送会由主流的频谱策略允许的可能性最大化。如果在该时隙没有跳频序列具有由频谱策略所允许的所关联的频率，则在该时隙不传送信标。正如在前面的实施例中，接收节点在每个时隙中随机地选择可能的跳频序列之一，并且尝试在该时隙在由该跳频序列所指定的频率上进行解码。

在一采用顺次能量检测及解码的多跳频序列(MFHS-SeEDD)实施例中，传送节点和接收节点在由 L 个时隙组成的帧中进入传送、接收和空闲发现状态。传送节点中的操作与在帧内使用单跳频序列的 MFHS-RSS 实施例类似。接收节点在 L 长度的帧的最初的 L_{ED} 个时隙上进行能量检测，以减少可能被用于了该信标的传送的候选跳频序列的数量。在帧的最后 L_{DEC} 个时隙中，接收节点基于在最初 L_{ED} 个时隙中确定的经过减

少的候选序列的集合来随机地尝试解码。

在一采用同时能量检测及解码的多跳频序列(MFHS-SiEDD)实施例中，在同一时隙进行能量检测和解码，或者基于通过在L长度的帧内的前面的时隙中的能量检测而收集的信息来进行能量检测和解码。

附图说明

图 1 是示出在自组无线网络中邻近的多个节点的框图，这些节点可能有时期望基于一对一或者基于一对多彼此通信；以及

图 2 示出 SFHS 实施例的例子；

图 3 是示出根据 SFHS 实施例在传送节点中的步骤的流程图；

图 4 是示出根据 SFHS 实施例在接收节点中的步骤的流程图；

图 5 示出 MFHS-RSS 实施例的例子；

图 6 是示出根据 MFHS-RSS 实施例在传送节点中的步骤的流程图；

图 7 是示出根据 MFHS-RSS 实施例在接收节点中的步骤的流程图；

图 8 示出 MFHS-PBSS 实施例的例子；

图 9 是示出根据 MFHS-PBSS 实施例在传送节点中的步骤的流程图；

图 10 示出 MFHS-SeEDD 实施例的例子；

图 11 是示出根据 MFHS-SeEDD 实施例在接收节点中的步骤的流程图；

图 12 示出 MFHS-SiEDD 实施例的例子；以及

图 13 是示出根据 MFHS-SiEDD 实施例在接收节点中的步骤的流程图。

具体实施方式

尽管以下被说明为基于支持在无执照频谱中的自组通信的一般无线通信网络或系统，并且将在该示例性环境中进行说明，但是应注意，此处示出并说明的典型实施例旨在仅作为示例性而不以任何方式限定。

另外，在下面的使用中，可以认为术语“节点”与用户设备、终端、移动终端、传感器节点(sensor node)、订户、用户、远程站(remote station)、移动站、访问终端等同义，并且表示无线通信网络中的无线资源的远程用户。

图 1 是其中多个移动节点 101 能够彼此通信的自组无线通信系统

100 的框图。每个节点 101 具有用于向一个或多个其它终端传送消息的传送器。类似地,每个节点 101 具有用于接收由另一节点 101 向其发送的消息的接收器。由节点 101 传送的消息能够在传送节点的通信范围内点对点(即单播)地发送到另一节点,能够发送到目标节点组(即,在传送节点的通信范围内的多播),或者能够发送到在传送节点的通信范围内的所有节点(即,广播)。消息报头可以指定消息类型(即单播、多播或广播),并且如果是单播或多播,则可以指定目标节点或组接收者。尽管本质上所有的自组消息都是广播的,从而通信范围内的所有节点都能够尝试解码消息,在消息报头中的消息类型的说明使节点可以通过忽略该节点不是目标接收者的消息的净荷来提高电池寿命。另外,净荷可以是加密的。

信标传送可以发生在单个频率上或者可以发生在可能相邻或不相邻的多个频率上;为了简单,假定传送发生在单个频率上。另外,假定按时隙的信标传送和其中为了节省能量而没有传送和接收的空闲周期。还假定通过各节点中的公共系统时间基准的可用性(如,通过各节点内的 GPS 能力)来时间同步各节点。还可以使用定时获取技术来与异步节点进行邻居发现,但这种方法可能比同步的情况占用更长时间。

在任何时间点,节点可以正在传送信标、尝试接收信标或为空闲(即,既不传送信标也不尝试接收信标)。假定信标包含足够的信息(如,移动 ID、组 ID、策略信息、可用协议等)以允许节点在实现发现后彼此通信。因此,为了此处的说明,假定当一节点传送信标并且一邻近节点接收到该信标并将其成功解码时,实现了邻居发现。

将更详细地说明用于邻居发现的方法的各种实施例。

在单跳频序列(Single Frequency Hopping Sequence, SFHS)邻居发现实施例中,当发现正在进行时传送节点使用单个循环或伪随机跳频序列来确定在那些连续的时隙中的传送频率。由于跳频序列是预定的,传送节点针对每个时隙判断在该时隙中在由跳频序列指定的频率上的信标传送是否会违背频谱策略。如果该传送会违背频谱策略,则不在该时隙传送信标。接收节点尝试在时隙中并在根据同一跳频序列的频率信道上进行解码。由于传送和接收节点使用同一单个跳频序列,因此不存在关于信标传送将在每个时隙中在其上发生的频率的不清楚。因此,如果传送节点传送信标,则在主要的射频(RF)条件足够的情况下,试图接收信

标传送的邻近接收节点很可能接收到该信标并完成与该发送节点的邻居发现。

图 2 示出有两个正尝试将彼此发现为邻居的节点的本方法的运行的例子。在一般情况下中，如之前提到的，每个节点可能正在从时隙到时隙地(或从帧到帧地，其中每个帧由多个时隙组成)传送信标、尝试接收信标或者处于空闲状态。然而，为了简单，假定在策略允许时，第一节点连续地试图传送而第二节点连续地试图接收。当第二节点成功地接收到由第一节点正传送的信标时，发生发现。在图 2 中，跳频(FH)序列指定 f_3 作为头两个时隙 t_0 和 t_1 的信标频率。在这个示例性例子中，这头两个时隙中在 f_3 的传送是频谱策略禁止的，如在图中指出的，从而不会发生。在第三个时隙 t_3 ，由跳频序列指定的跳频为频谱策略未禁用的 f_7 ，因而允许传输节点在该频率传送信标。由于存在由传送节点和接收节点均利用的单个跳频序列，因此在该第三个时隙中实现了邻居发现。应注意，管理频率的使用的频谱策略，或许在不同的时间点上，在传送节点和接收节点之间可以相同或者稍微不同。

图 3 中的流程图示出根据本实施例的传送节点中的步骤。在步骤 301 中，根据伪随机或循环跳频序列为时隙确定信标的传送频率。在步骤 302 中，判断在该时隙中，该频率上的信标传送是否会违背频谱策略。如果会违背频谱策略，则然后在步骤 303 中，没有信标在该时隙传送。如果不会违背频谱策略，则然后在步骤 304 中，在该时隙传送在该所确定的频率上的信标。

在图 4 中的流程图示出根据本实施例的接收节点中的相应步骤。在步骤 401 中，根据已知的伪随机或循环跳频序列为一时隙确定将在其上尝试信标检测的频率。在步骤 402 中，判断在该时隙中在该频率上是否违背频谱策略。如果不违背频谱策略，则然后在步骤 403 中，不在该时隙尝试在该频率上检测和解码信标。如果不违背频谱策略，则然后在步骤 404 中，在该时隙进行在该频率上检测和解码信标的尝试，从而没有实现发现。在步骤 405 中，如果 RF 条件足够，则接收节点成功地检测和解码信标，从而实现在传送节点和接收节点之间的邻居发现。

在采用随机序列选择的多跳频序列(MFHS-RSS)实施例中，允许传送节点和接收节点从多个跳频序列中进行选择。在本实施例中，假定传送节点随机地选择 B_n 个跳频序列中的一个跳频序列。根据上述 SFHS 方

法，传送节点仅在频谱策略允许时传送信标。针对每个时隙，接收节点随机地选择 B_n 个跳频序列中的一个跳频序列并且尝试在由该跳频序列指定的频率上进行解码。因此，在特定时隙发生发现的可能性缩小为相对于 SFHS 方法的 $(1/B_n)$ 。

使用与以上 SFHS 方法中说明相同的假定，图 5 示出 MFHS-RSS 方法的运行的例子。在本示例性实施例中，存在两个跳频序列。针对第一时隙 t_0 ，FH 序列 0 指定 f_1 而且 FH 序列 1 指定 f_5 。传送节点随机地选择 FH 序列 0 并且在 f_1 上进行传送，而接收节点随机地选择 FH 序列 1 并且尝试在 f_5 上解码。因此在时隙 t_0 中没有实现邻居发现。对于第二时隙 t_1 ，分别由 FH 序列 0 和 1 两者指定的频率 f_3 和 f_7 被频谱策略禁用，因此两者均不发送。对于第三时隙 t_3 ，传送节点随机地选择 FH 序列 0，但是针对该 FH 序列，所指定的频率 f_4 被频谱策略禁用，因此不进行传送。对于第四时隙 t_3 ，传送节点和接收节点均选择同一跳频序列 FH 序列 0，并且当传送节点在 f_6 上传送信标并且接收节点在同一频率上检测和解码该信标时，实现了发现。

图 6 中的流程图示出根据 MFHS-RSS 实施例的传送节点中的步骤。在步骤 601 中，为一时隙，随机地选择出 B_n 个可能的跳频序列中的一个跳频序列。在步骤 602 中，针对该时隙并且使用所选择的跳频序列，确定信标频率。在步骤 603 中，判断在该时隙中在所确定的频率上的信标传送是否会违背频谱策略。如果会违背频谱策略，则然后在步骤 604 中，不在该时隙传送信标。如果不违背频谱策略，则然后在步骤 605 中，在该时隙在所确定的频率上传送信标。

图 7 中的流程图示出根据 MFHS-RSS 实施例的接收节点的步骤。在步骤 701 中，针对一个时隙，接收节点随机或循环地从 B_n 个跳频序列中选择出一个跳频序列来用于解码。在步骤 702 中，针对所选择的跳频序列，确定将在该时隙中尝试检测和解码的频率。在步骤 703，判断在该时隙中在该频率上是否违背了频谱策略。如果违背了频谱策略，则然后在步骤 704 中，在该时隙中不尝试在该频率上检测和解码。如果没有违背频谱策略，则然后在步骤 705 中，在该时隙中，尝试在由所选择的跳频序列指定的频率上进行检测和解码。在步骤 706 中，判断所指定的频率是否是传送节点实际正在传送信标的频率(即，接收节点是否正确地选择了传送节点在该时隙正使用的跳频序列)。如果是并且 RF 条件良好，

则然后在步骤 707 中, 实现了传送节点和接收节点之间的邻居发现。如果该频率不是传送节点实际正在传送信标的频率, 则在步骤 708 中, 在该时隙中未实现邻居发现。成功的邻居发现等待其中传送节点和接收节点均分别在同一频率传送和接收的另一后续时隙。

采用基于策略的序列选择的多跳频序列(MFHS-PBSS)实施例与上述 MFHS-RSS 实施例类似之处在于允许 B_n 个跳频序列。然而, 与 MFHS-RSS 实施例不同的是, 试图使根据主流的频谱策略允许传送的可能性最大化。特别地, 针对每个时隙, 传送节点通过删除其频率在该时隙违背频谱策略的任何跳频序列来删减可能的 B_n 个跳频序列的集合。然后随机地从与剩余的所允许的候选跳频序列的子集相关联的频率中选择用于在时隙中传送信标的频率。如果在该时隙中没有候选跳频序列具有频谱策略允许的所关联的频率, 则不进行信标传送。与之前的 MFHS-RSS 实施例类似, 为每个时隙, 接收节点随机地选择 B_n 个跳频序列中的一个跳频序列并且在由该序列指定的频率上进行解码。

图 8 示出本 MFHS-PBSS 实施例的例子。对于第一时隙 t_0 , 传送节点随机地选择 FH 序列 0 并且在 f_1 上进行传送, 而接收节点随机地选择 FH 序列 1 并且尝试在 f_5 进行解码, 从而未实现发现。对于第二时隙 t_1 , 由 FH 序列 0 和 FH 序列 1 分别指定的频率 f_3 和 f_7 均被策略禁用, 因此没有传送信标。对于第三时隙 t_2 , FH 序列 0 指定的频率 f_4 被策略禁用, 但 FH 序列 1 指定的频率 f_1 未被禁用, 从而传送节点在该时隙排除 FH 序列 0 而选择所允许的 f_1 。正如所提到的, 接收节点随机地选择 FH 序列 1 并且在 f_1 上进行解码, 从而实现发现。然而, 如果接收节点随机地选择了 FH 序列 0, 则不会发生发现。在本实施例的可替换形式中, 接收节点会类似地因策略限制而避免在时隙 t_2 选择 FH 序列 0 并且会选择在所允许的 FH 序列 1 指定的频率 f_4 上进行解码。

图 9 中的流程图示出根据 MFHS-PBSS 实施例的传送节点中的步骤。在步骤 901 中, 针对一个时隙, 判断在其上的信标传送会违背频谱策略的频率。在步骤 902 中, 从 B_n 个可能的跳频序列的集合中删减在该时隙会选择在其上的信标传输会违背频谱策略的频率的所有跳频序列。在步骤 903 中, 在删减后的子集合中随机地选择跳频序列中的一个跳频序列。在步骤 904 中, 在该时隙在由所选择的跳频序列指定的频率上传输信标。

根据 MFHS-PBSS 实施例的接收节点中的步骤序列与用于上述

MFHS-RSS 实施例的图 7 中所示的相同。对于 MFHS-PBSS 实施例的替换形式，针对一个时隙，在尝试接收之前，接收节点从所指定的频率不违背频谱策略的跳频序列的子集中随机地进行选择。

在采用顺次能量检测及解码的多频率跳频(MFHS-SeEDD)实施例中，假定节点以 L 个时隙的帧进入传送、接收和空闲发现状态。除此之外在传送节点的操作与上述的 MFHS-RSS 实施例相同。传送节点连续在当频谱策略允许时的根据用于整个帧内的每个时隙的单个选择的跳频序列的频率上传送。然而，跳频序列可以是帧到帧不相同，或者可以是贯穿多个或所有帧不变。该 MFHS-SeEDD 实施例的接收节点操作不同于 MFHS-RSS 实施例之处在于：帧被分割为 L_{ED} 和 L_{DEC} 个时隙，其中 $L = L_{ED} + L_{DEC}$ 。在帧中接收节点活动的最初的 L_{ED} 个时隙中，接收节点进行跨 M 个频率和 L_{ED} 个时隙的能量检测以使候选跳频序列的数量从 B_n 个减少。例如，如果在特定时隙，FH 序列 i 指示在频率 f 的信标传送，但在频率 f 上没有检测到能量，则接收节点假定使用 FH 序列 i 的信标传送没有正在发生。以这种方式，能量检测被假定为比解码更灵敏并且无误地运行(例如，如果检测到了能量，则可以假定该能量是或者源自传送信标的节点或者源自干扰源)。将在能量检测之后的剩余候选序列的数量定义为 B_c ，其中 B_c 至多等于 B_n 。在帧的最后的 L_{DEC} 个时隙中，接收节点根据剩余的 B_c 个序列随机地进行解码。

图 10 是示出本实施例在 $L = 6$ 并且 $L_{ED} = L_{DEC} = 3$ 时的例子。由于在 t_0 没有在 f_3 检测到能量并且在 t_2 没有在 f_8 检测到能量，由于 FH 序列 2 指定在这些时隙中在这些频率上传送信标因此去除该跳频序列。在第四时隙 t_3 ，接收节点开始随机地在剩余的两个候选跳频序列 FH 序列 0 和 FH 序列 1 之间进行解码。可选地，接收节点可以在剩余候选跳频序列中循环。如图 5 所示，在第四时隙 t_3 ，接收节点选择在由 FH 序列 1 指定的频率 f_3 上解码，但是在由 FH 序列 0 指定的频率 f_5 上进行信标传送。在第五时隙 t_4 ，由 FH 序列 0 和 FH 序列 1 分别指定的频率 f_1 和 f_8 均被频谱策略禁用，因此没有实现发现。在第六时隙 t_5 ，以 FH 序列 0 在 f_3 上进行信标传送并且接收节点也选择 FH 序列 0 并且选择在 f_3 上进行解码。因此，除非较弱的 RF 条件妨碍了信标成功解码，否则实现发现。正如之前的实施例，传送和接收节点两者可能随机地或者由于选择受到禁用了跳频序列 1 所指定的频率的策略的影响而选择了同一跳频序列。

正如所提到的,除跳频序列在每个L个时隙的帧上保持不改变之外,传送节点的步骤与图6的流程图中所示的MFHS-RSS实施例相同。图11的流程图示出根据MFHS-SeEDD节点的接收节点中的步骤。在步骤1101中,针对L个时隙的帧的最初的 L_{ED} 个时隙中的每个时隙,确定没有检测到能量的频率。在步骤1102中,将会在时隙中并且在没有检测到能量的频率上传送信标的跳频序列从 B_n 个可能的跳频序列的集合中去除。在步骤1103中,在帧的剩余的 L_{DEC} 个时隙的每个时隙中,尝试在由剩余的跳频序列之一所指定的频率上进行检测并解码信标。在步骤1104中,判断是否检测到了信标。如果是,则然后在步骤1105中,实现在传送节点和接收节点之间的发现。如果没有检测到并解码信标,则然后在步骤1106中,没有实现发现。然后,在步骤1107中,判断该最近的时隙是否为帧的最后的时隙。如果是,则流程返回到步骤1101以处理下一帧。如果最近的时隙不是帧中的最后时隙,则流程返回到步骤1103以针对当前帧中的下一时隙选择不同的跳频序列和在其上尝试检测和解码的所关联频率。

与假定能量检测和解码是顺序进行的并且接收节点在每个时隙中或者检测能量或者解码的上述MFHS-SeEDD实施例不同,在采用同时能量检测和解码的多跳频序列(MFHS-SiEDD)实施例中,能够在同一时隙中进行能量检测和解码。在MFHS-SiEDD实施例中,接收节点在时隙S中进行能量检测并且在具有大于S的索引的时隙中使用从时隙S得来的信息(如,来允许处理延迟)。正如在MFHS-SeEDD实施例中,在由L个时隙组成的帧中始终使用同一跳频序列。在该MFHS-SiEDD实施例中,接收节点在帧内的连续的时隙i中进行能量检测, $i=1, \dots, L$,维护用于每个相继的时隙的剩余候选序列的数量 $B_{c,i}$,从而 $B_{c,i}$ 至多等于 $B_{c,i-1}$ 。接收节点随机地或循环地选择来自剩余的 $B_{c,i}$ 个候选序列之一的频率以进行解码,其中, $B_{c,i}$ 可以基于由在当前或之前的帧中的能量检测所收集的信息。

图12示出本方法的操作。在由L个时隙组成的帧的第一时隙 t_0 中,接收节点在由跳频序列2指定的频率 f_3 没有检测到能量。因此,将跳频序列2去除而不进一步考虑作为在整个该帧中使用的跳频序列。在该第一时隙中,接收节点选择在跳频序列0在该时隙指定的频率 f_1 进行解码。然而,如所提到的,由于在由跳频序列2所指定的频率 f_3 进行传送,因

此没有实现信标发现。在第二时隙 t_1 ，能量检测没有提供更多的信息并且接收节点随机地(或以循环的方式)从剩余可能的跳频序列 0 和 1 中选择,并且特别地选择跳频序列 0 和该跳频序列在该时隙所关联的频率 f_3 。然而,由于传送节点和接收节点选择了不同的跳频序列,没有实现发现。然而,在第三时隙 t_2 中,接收节点选择跳频序列 1 在该时隙所关联的频率 f_1 ,跳频序列 1 是由传送节点在该帧中选择的跳频序列。因此,除非 RF 条件差,否则在该时隙 t_2 实现邻居发现。

正如前面说明的 MFHS-SeEDD 实施例,除正如在 MFHS-SeEDD 实施例那样跳频序列在每个 L 个时隙的帧上维持不变之外,针对 MFHS-SiEDD 的在传送节点中的步骤与图 6 的流程图中示出的 MFHS-RSS 实施例相同。图 13 是示出根据 MFHS-SiEDD 模式的接收节点中的步骤的流程图。在步骤 1301 中,针对 L 个时隙的帧内的给定时隙,确定没有检测到能量的一个或多个频率。在步骤 1302 中,针对该时隙中没有检测到能量的每个频率,将对其的使用会导致在这种频率上的能量的那些跳频序列去除而不进行考虑。在步骤 1303 中,在该同一时隙,从剩余的跳频序列中随机或循环地选择跳频序列,并且尝试在由该跳频序列为该时隙所指定的频率上检测和解码信标。在步骤 1304 中,判断是否检测到并解码了信标。如果成功地检测到并解码了信标,则然后在步骤 1305 中,实现发现。如果没有成功地检测到并解码了信标,则然后在步骤 1306 中,没有实现发现。在步骤 1307 中,判断该没有实现发现的时隙是否为帧中的最后的时隙。如果是最后的时隙,则在当前帧中没有实现发现,并且在步骤 1308 中,以下一帧中的第一时隙继续处理。然后流程返回步骤 1301 以在下一帧内的第一时隙进行处理。如果在步骤 1307 中,判断为之前处理的时隙不是帧中的最后时隙,则在步骤 1309 中,处理进入当前帧内的下一时隙并且流程返回步骤 1301 以在该下一时隙进行处理,其中在步骤 1302 中删除的跳频序列,与之前在当前帧内的前一时隙的处理中删除的跳频序列累积。

尽管参考示意性的典型实施例描述了特定的发明,但是本描述不旨在以限制的意义进行解释。应理解,尽管已经描述了本发明,不脱离如在所附权利要求中所述的本发明的精神的示意性实施例的各种修改和另外的本发明实施例对于本领域普通技术人员在参考本描述时是显而易见的。因此,本领域技术人员将容易地发现可以不脱离本发明的精神

和范围而对本发明作出这样的各种其它修改、布置和方法，而无需严格地遵从在此说明和示出的典型实施例。因此，预期所附权利要求将概括落入本发明的确切范围的任何这种变形或实施例。

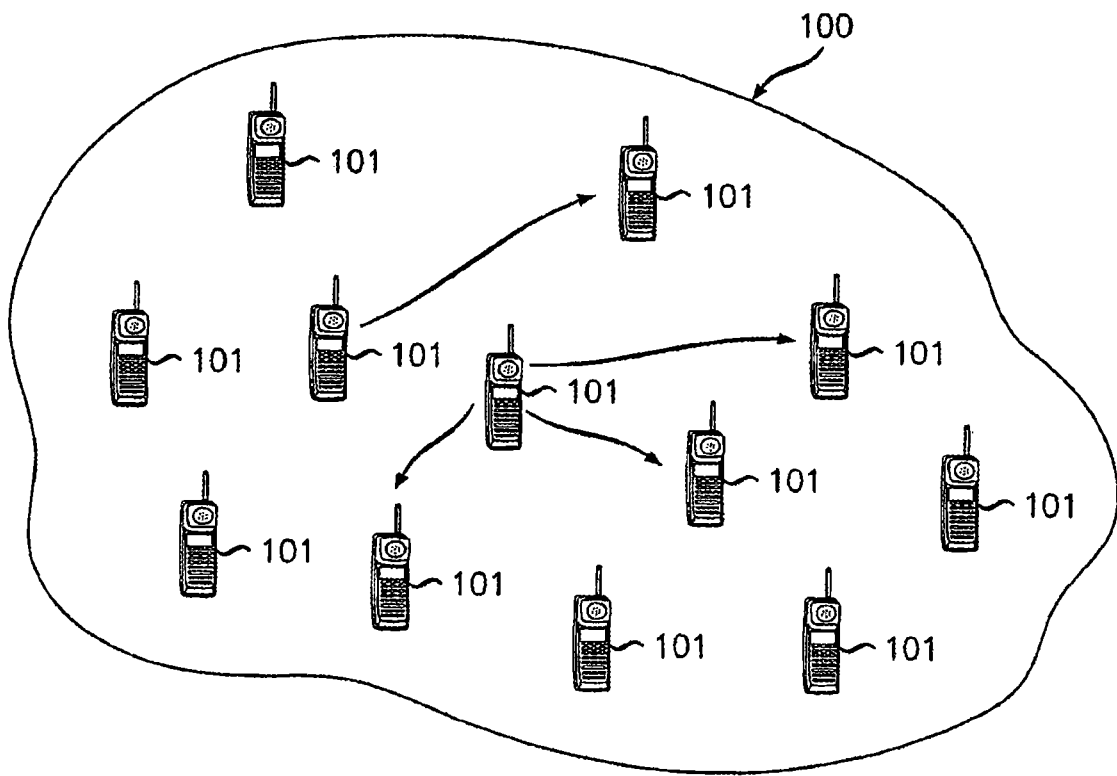


图 1

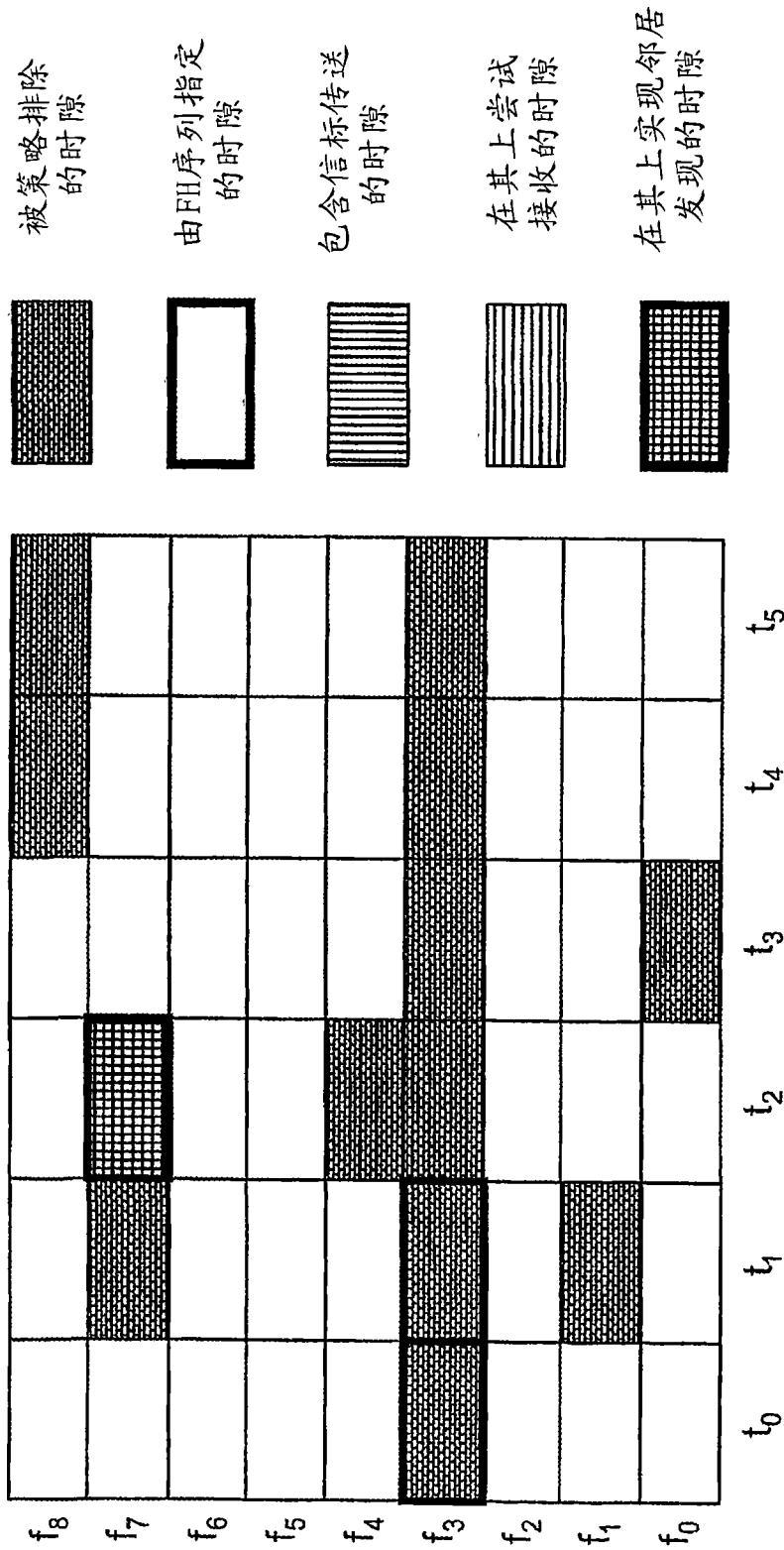


图 2

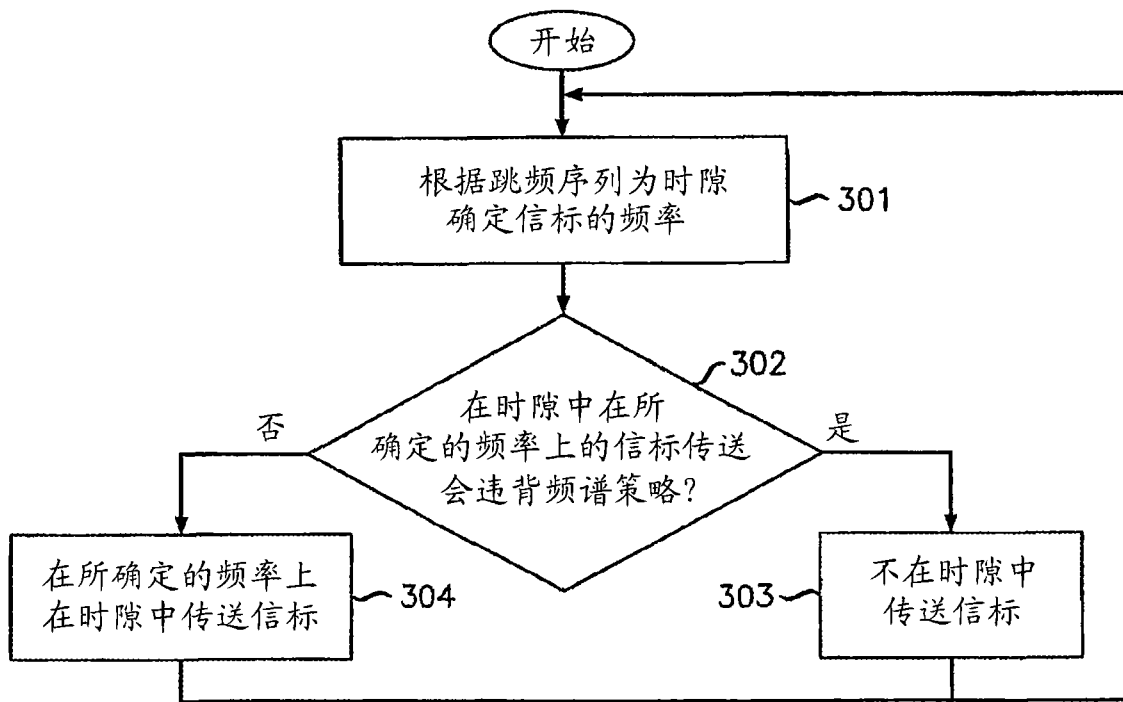


图 3

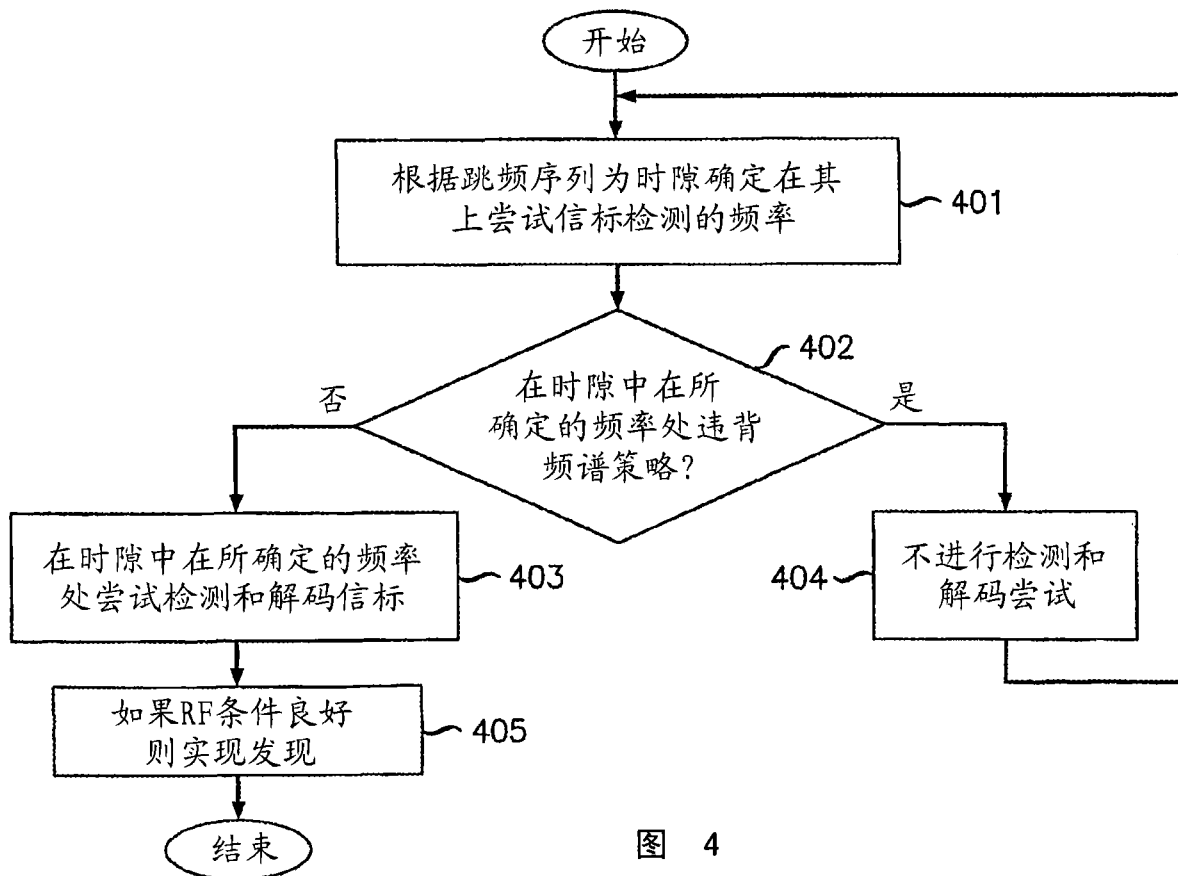


图 4

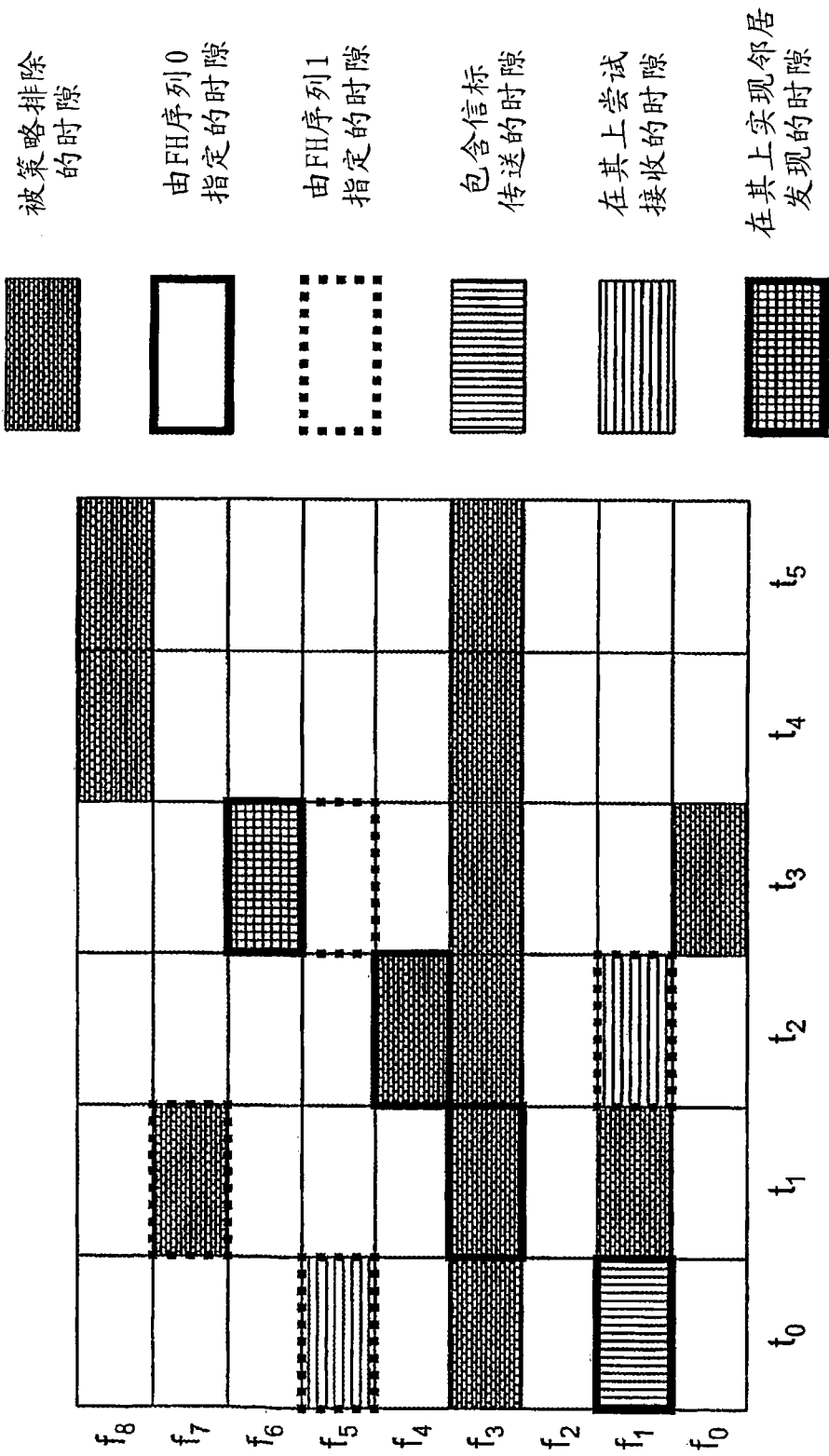


图 5

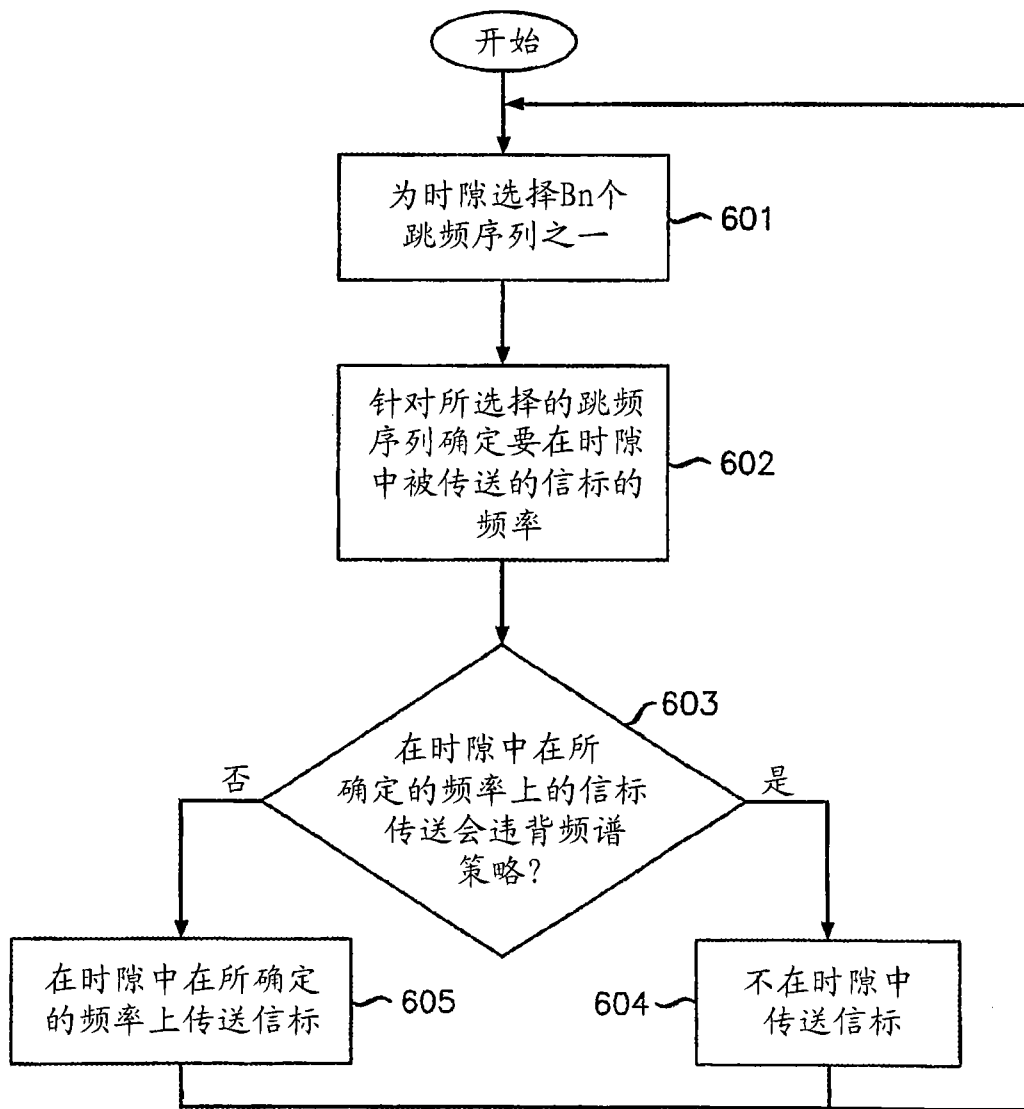


图 6

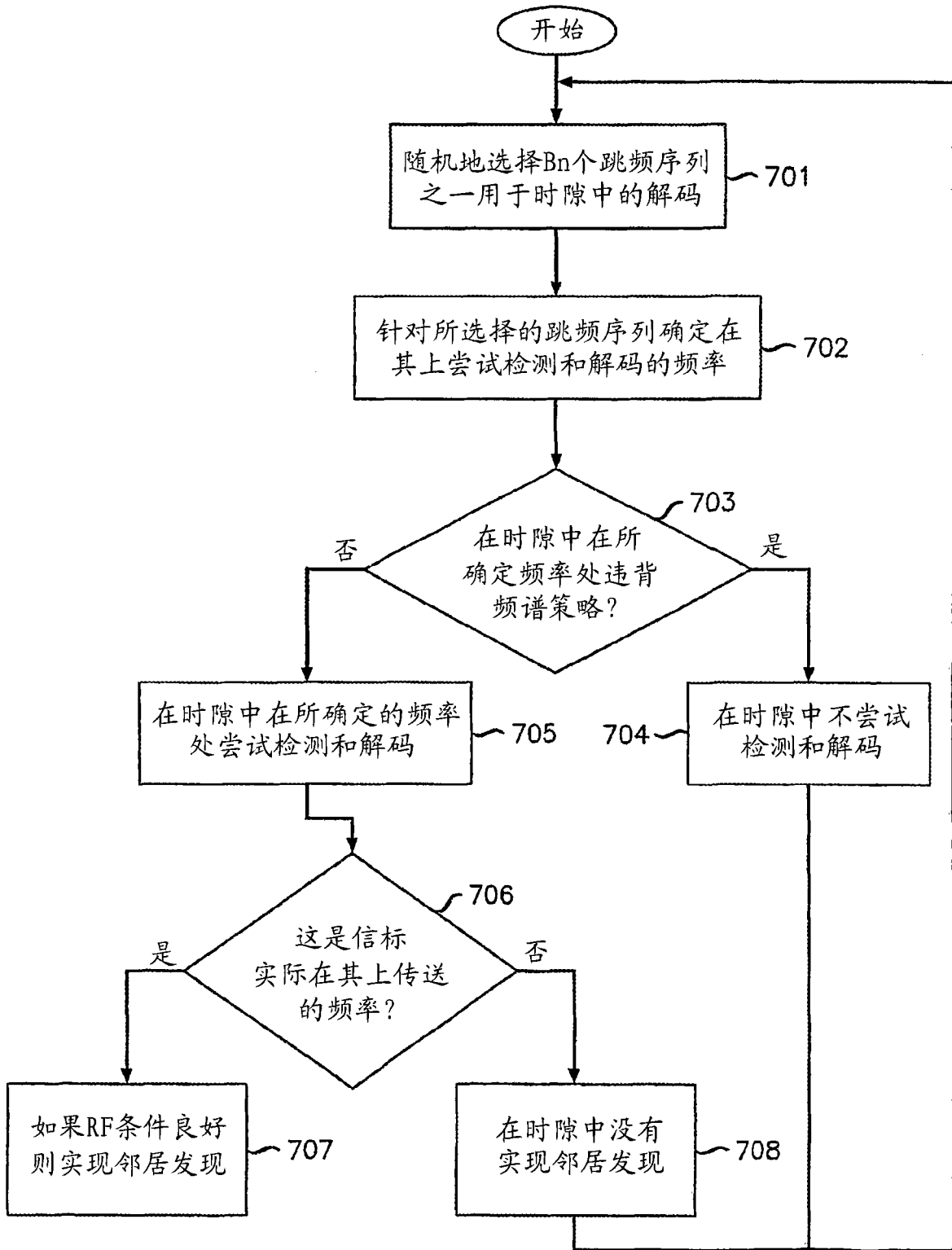


图 7

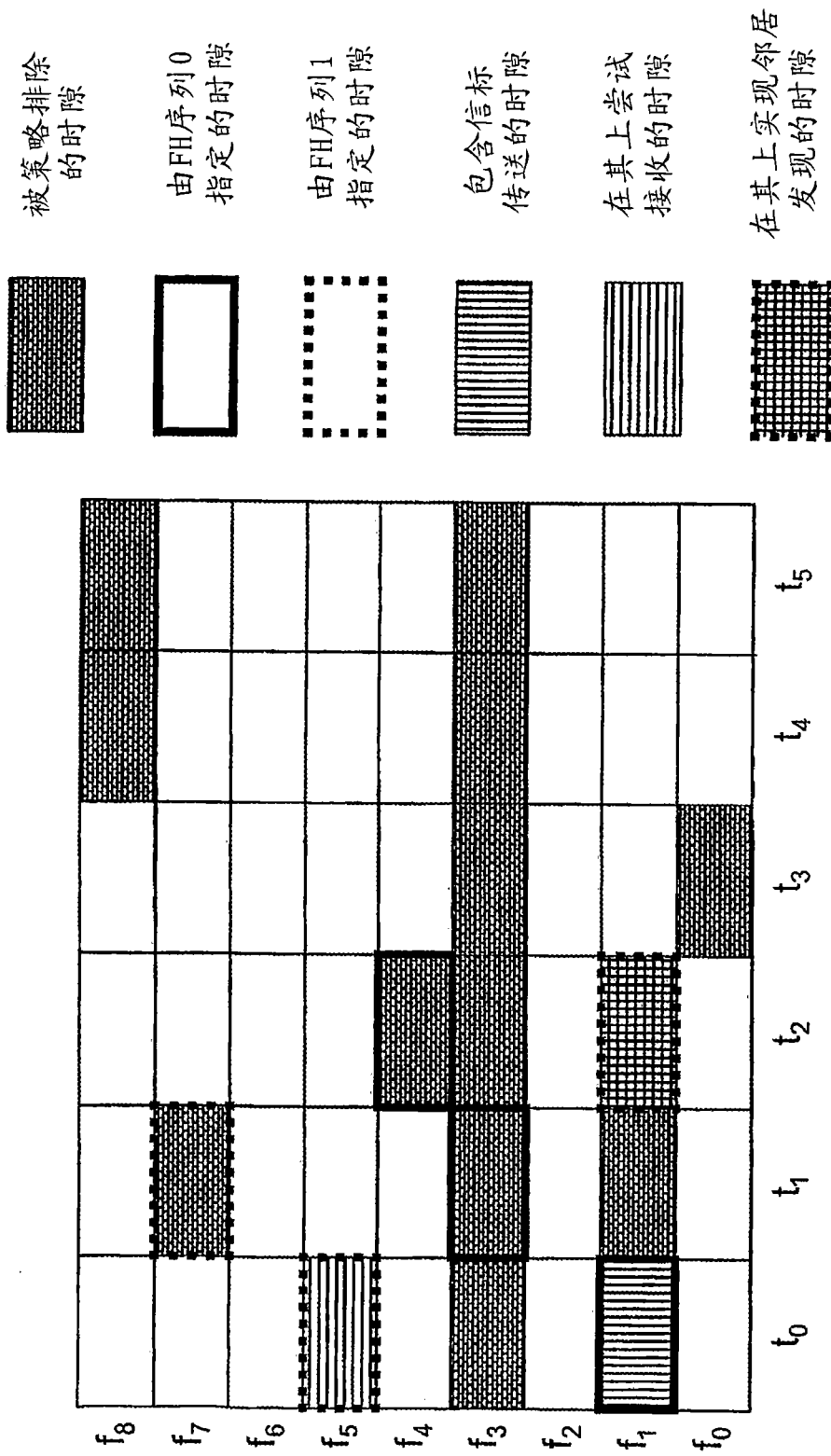


图 8

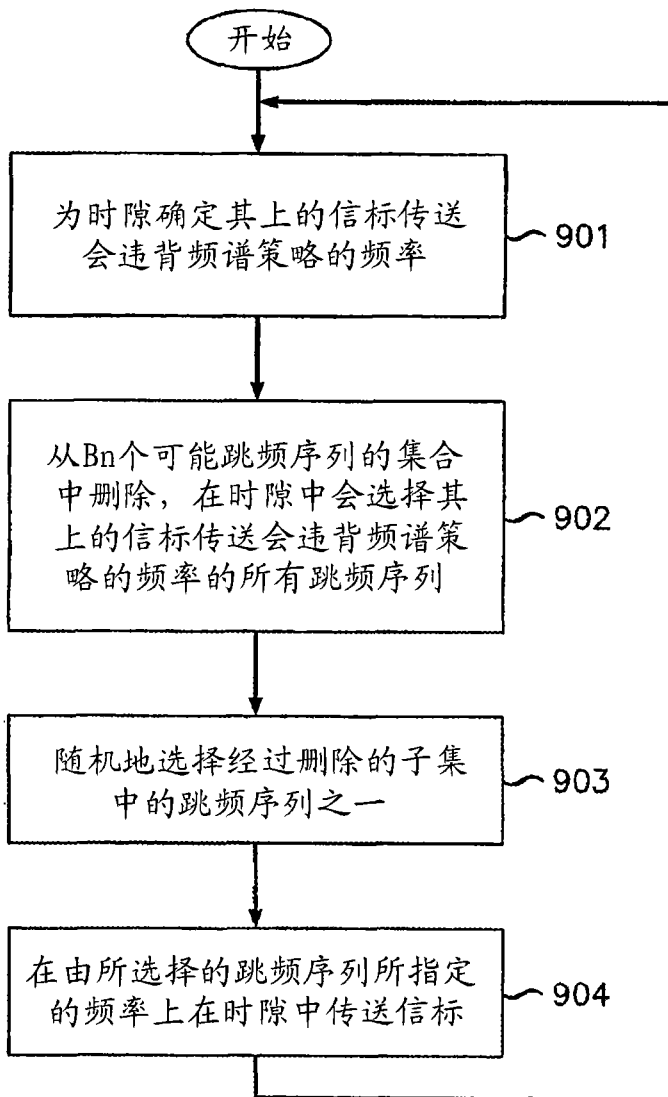


图 9

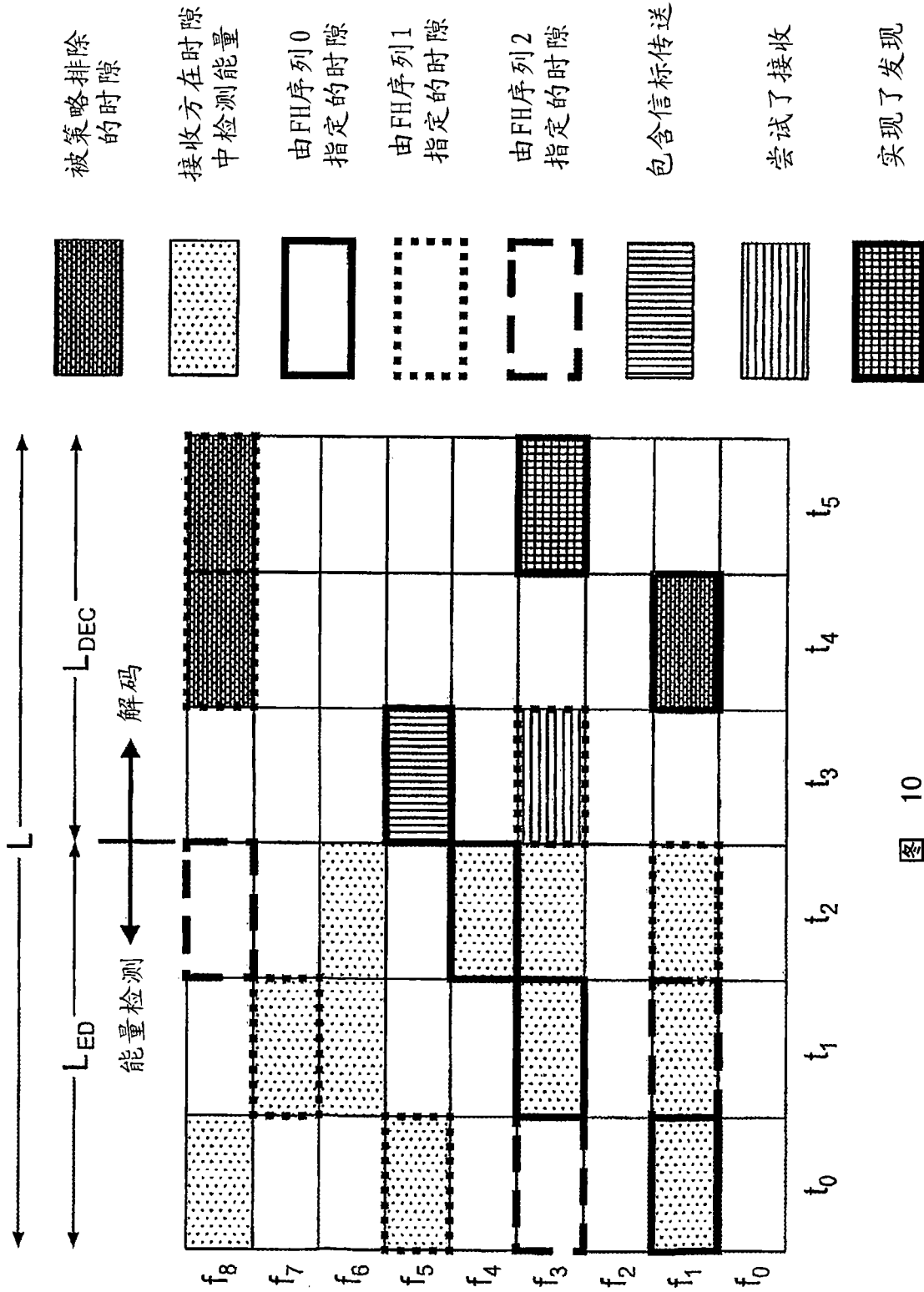


图 10

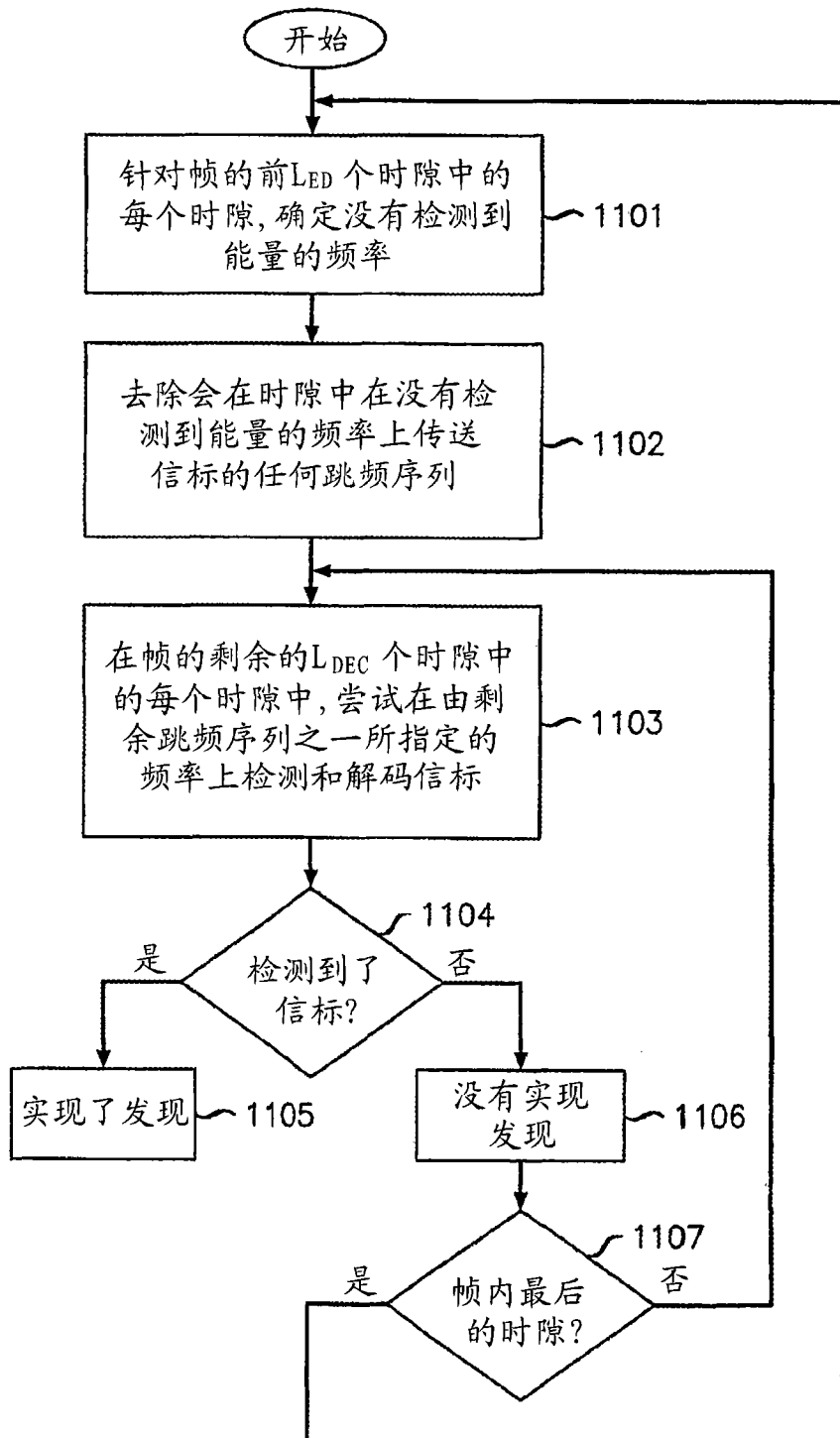


图 11

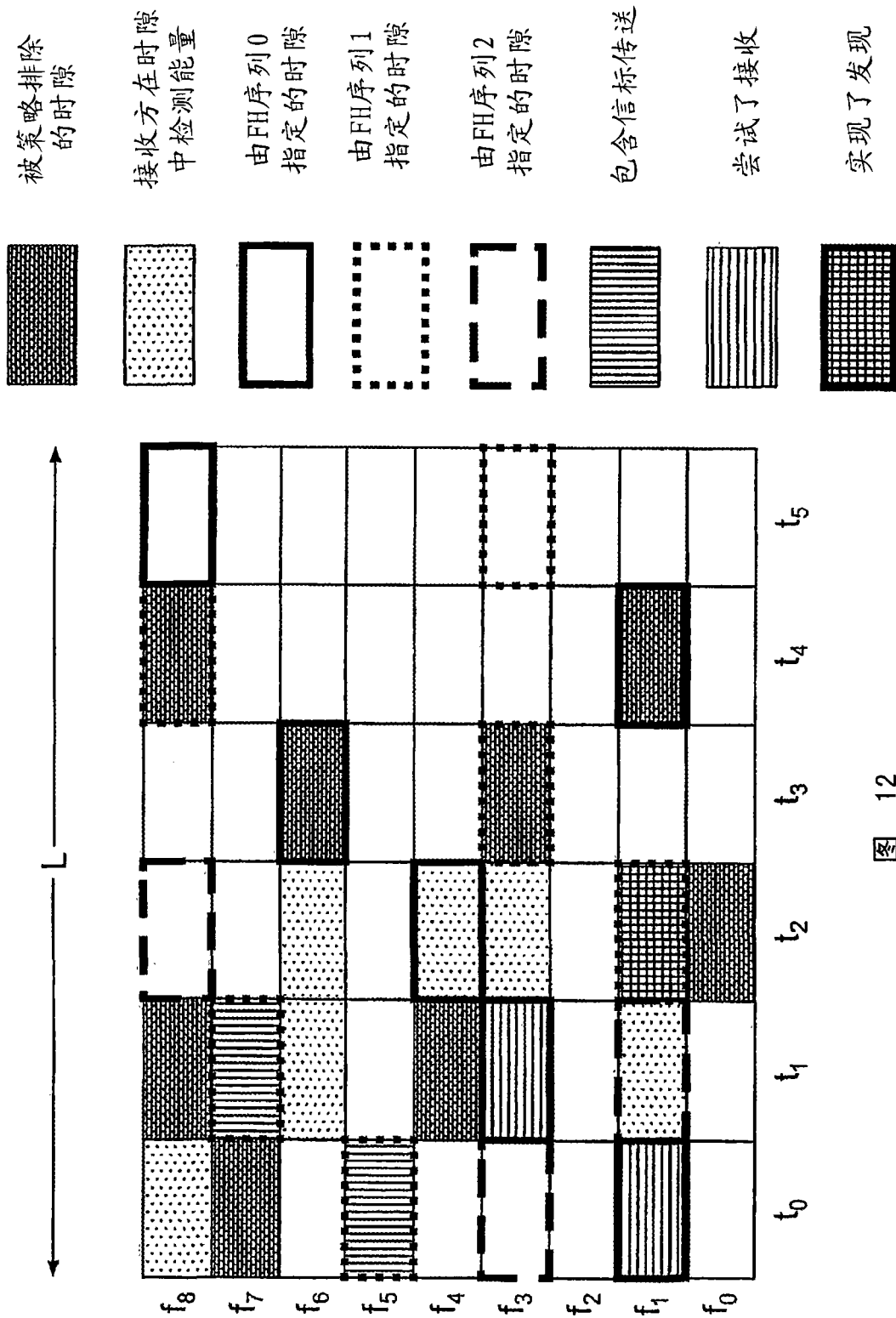


图 12

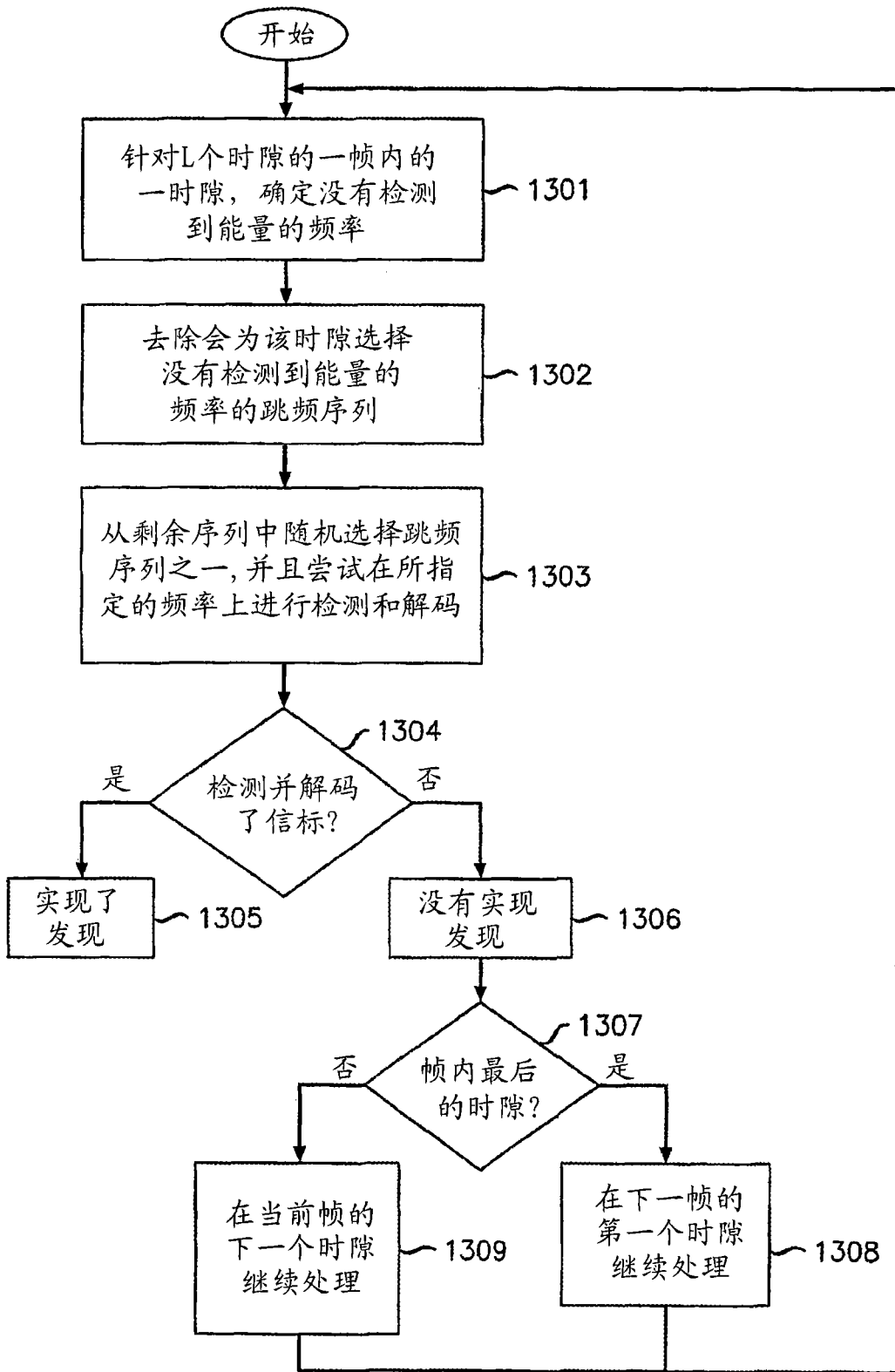


图 13