

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
H04B 7/00 (2006.01)



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200680026875.2

[43] 公开日 2009年6月17日

[11] 公开号 CN 101461151A

[22] 申请日 2006.5.31

[21] 申请号 200680026875.2

[30] 优先权

[32] 2005.6.1 [33] US [31] 60/686,127

[32] 2005.10.6 [33] US [31] 60/724,343

[86] 国际申请 PCT/US2006/021074 2006.5.31

[87] 国际公布 WO2006/130662 英 2006.12.7

[85] 进入国家阶段日期 2008.1.22

[71] 申请人 米伦尼尔网络股份有限公司

地址 美国马萨诸塞州

[72] 发明人 刘 申 李硕佑

[74] 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所
代理人 邸万奎

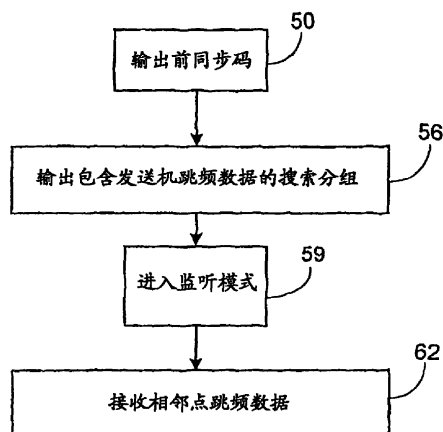
权利要求书5页 说明书27页 附图12页

[54] 发明名称

在无线网络上的通信

[57] 摘要

第一设备与包括节点的无线网络通信，所述节点在预定义的活动时间内活动、并在不活动时至少部分地休眠。该通信方法包括：经由消息识别通信的开始，该消息超过该无线网络上的节点的最大活动时间的N倍，其中，N至少等于在该无线网络上的频率的最大数目；以及与在该第一设备的传输范围内的无线网络上的节点的构成的第二设备交换信息，其中，跟随在该消息之后交换该信息，并且该信息包括用于该第二设备的跳频数据。



1、一种由第一设备执行的、用于与由节点组成的无线网络通信的方法，所述节点在预定义的活动时间内活动，且在不活动时至少部分地休眠，该方法包括：

经由消息识别通信的开始，该消息超过该无线网络上的节点的最大活动时间 N 倍，其中 N 至少等于在该无线网络上的频率的最大数目；以及

与在该第一设备的传输范围内的、构成无线网络上的节点的第二设备交换信息，其中，跟随在该消息之后交换该信息，并且该信息包括用于该第二设备的跳频数据。

2、如权利要求 1 的方法，其中，跟随在该消息之后被交换的该信息包括：用于该第一设备的跳频数据。

3、如权利要求 1 的方法，其中，在多个频率上交换该信息，其中，跟随在该消息之后，该第一设备跳动通过该多个频率，该多个频率跟随在该消息之后。

4、一种由第一设备执行的、与无线网络结合使用的方法，该方法包括：向该无线网络输出前同步码，该前同步码包括与该前同步码的持续时间相对应的时间数据；

识别跟随在前同步码之后的、该第一设备的一个或多个监听频率，所述一个或多个监听频率包括该第一设备活动的一个或多个频带；

从该无线网络中的第二设备、且在所述一个或多个监听频率中接收序列数据、唤醒数据和工作周期数据，该序列数据可被用于获得该第二设备活动的频率的序列，该唤醒数据对应于第二设备活动的时间，并且，该工作周期数据基于该第二设备活动的持续时间；以及

存储该序列数据、唤醒数据和工作周期数据。

5、如权利要求 4 的方法，进一步包括：向该第二设备输出搜索分组，跟随该前同步码之后、且在从该第二设备接收该序列数据、该唤醒数据和该工作周期数据之前输出该搜索分组，该搜索分组标识该第一设备，并包含用于该第一设备的序列数据、唤醒数据和工作周期数据。

6、如权利要求 4 的方法，其中，该无线网络包括包含该第二设备的 N ($N > 2$) 个设备，所述 N 个设备中的每个被配置为在 M ($M > 1$) 个频率的序列中的频率上

活动, 所述 N 个设备在时间间隔内活动, 所述 N 个设备之一具有最大活动时间间隔 T, 该前同步码具有至少为 $M \cdot T$ 的积的持续时间。

7、如权利要求 4 的方法, 其中, 所述一个或多个监听频率包括单个监听频率, 该单个监听频率是前同步码被输出的同一频率。

8、如权利要求 4 的方法, 其中, 所述一个或多个监听频率包括多个监听频率, 该搜索分组标识用于该多个监听频率的序列数据、以及工作周期数据。

9、如权利要求 4 的方法, 其中, 该序列数据包括单个数, 该第一设备通过利用预定义的算法处理该单个数, 而产生该第二设备活动的频率的序列。

10、如权利要求 4 的方法, 其中, 该序列数据是第一序列数据, 该唤醒数据是第一唤醒数据, 且该工作周期数据是第一工作周期数据; 并且,

其中, 该方法进一步包括:

从该无线网络中的第三设备接收第二序列数据、第二唤醒数据以及第二工作周期数据, 第二序列数据可用于获得该第三设备活动的频率的序列, 第二唤醒数据与该第三设备活动的时间相对应, 且第二工作周期数据基于该第三设备活动的持续时间;

其中, 在跟随前同步码之后的相同的监听频率上、但在与该第二序列数据、第二唤醒数据以及该第二工作周期数据不同的时间接收该第一序列数据、第一唤醒数据以及第一工作周期数据。

11、如权利要求 4 的方法, 进一步包括:

从该第二设备、且在一个或多个监听频率上接收用于该无线网络中的第三设备的序列数据、唤醒数据和工作周期数据, 其中, 该第三设备不在该第一设备的无线传输范围内。

12、如权利要求 4 的方法, 进一步包括:

使用该序列数据、该唤醒数据和该工作周期数据而向该第二设备发送通信;

其中, 发送通信包括:

发送第二前同步码, 其中, 在该序列数据中指定的频率上、大约在该唤醒数据中指定的时刻、并在超过在工作周期数据中指定的持续时间的持续时间内, 发送该第二前同步码;

从该第二设备接收响应于该第二前同步码的确认信号; 以及

跟随在第二前同步码之后、且响应于该确认信号, 发送用于通信的信息,

在与该第二前同步码相同的频率中发送该信息。

13、如权利要求4的方法，其中，该前同步码包括依次发送的一系列数据分组，所述数据分组包括时间数据，其中，可从该时间数据确定前同步码的持续时间。

14、一种设备，包括：

存储器，其被配置为存储可执行的指令；以及

至少一个处理器，其被配置为执行所述指令，以便：

进入活动模式，以经由无线网络通信；以及

周期性地进入休眠模式，所述至少一个处理器在休眠模式中比在活动模式中执行的任务少；

其中，为了配置该设备、以便在无线网络上通信或广播，所述至少一个处理器执行指令，以便：

向该无线网络输出前同步码，该前同步码包含与该前同步码的持续时间相对应的时间数据；

识别跟随在前同步码之后的该设备的一个或多个监听频率，所述一个或多个监听频率包括一个或多个频带，跟随在该前同步码之后，在所述一个或多个频带上，该设备进入活动模式；

从该无线网络中的节点、且在一个或多个监听频率上接收序列数据、唤醒数据和工作周期数据，该序列数据可用于获得该节点活动的频率的序列，该唤醒数据对应于该节点活动的时间，并且，该工作周期数据基于该节点活动的持续时间；以及

存储该序列数据、唤醒数据和工作周期数据。

15、一个或多个机器可读介质，用于存储可由第一设备执行、以用于无线网络的指令，该指令用于：

向该无线网络输出前同步码，该前同步码包括与该前同步码的持续时间相对应的时间数据；

识别跟随在前同步码之后的该第一设备的一个或多个监听频率，所述一个或多个监听频率包括该第一设备活动的一个或多个频带；

从该无线网络中的第二设备、且在一个或多个监听频率上接收序列数据、唤醒数据和工作周期数据，该序列数据可用于获得该第二设备活动的频率的序列，该唤醒数据对应于该第二设备活动的时间，并且，该工作周期数据基

于该第二设备活动的持续时间；以及

存储该序列数据、唤醒数据和工作周期数据。

16、一种由无线网络中的节点执行的方法，包括：

从设备接收前同步码，该前同步码包括与该前同步码的持续时间相对应的时间数据；

识别跟随在该前同步码之后的该设备的一个或多个监听频率，所述一个或多个监听频率包括该设备活动的一个或多个频带；以及

向该设备、且在一个或多个监听频率上发送序列数据、唤醒数据和工作周期数据，该序列数据可用于获得该节点活动的频率的序列，该唤醒数据对应于该节点活动的时间，并且，该工作周期数据基于该节点活动的持续时间。

17、如权利要求 16 的方法，其中，在为了减少与跟随在该前同步码之后向该设备发送数据的其它节点之间的冲突所获得的时刻发送该序列数据、唤醒数据和工作周期数据。

18、一种系统，包括：

由多个节点组成的无线网络，至少一些所述节点具有活动时间，所述至少一些所述节点在该活动时间期间活动；

第一设备，被配置为经由消息识别通信的开始，该消息超过该无线网络中的节点的最大活动时间 N 倍，其中 N 至少等于该无线网络中的最大频率数目；

构成无线网络中的节点的第二设备，该第二设备被配置为以跳频数据响应该消息，该跳频数据识别该第二设备如何执行跳频来接收数据。

19、如权利要求 18 的系统，其中，该第一设备识别跟随在该消息之后的一个或多个频率，该第二设备被配置为在所述一个或多个频率中响应该消息，其中，该第二设备对该消息的响应被定时，以减少与来自该无线网络中的其它设备的可能的消息的冲突。

20、如权利要求 18 的系统，其中，该消息包括包含与该前同步码的持续时间相对应的时间数据的前同步码，并且，该第一设备的一个或多个监听频率跟随在该前同步码之后，所述一个或多个监听频率包括该第一设备活动的一个或多个频带；

其中，该第二设备被配置为在所述一个或多个监听频率中对该消息响应；并且，

其中，该跳频数据包括序列数据、唤醒数据和工作周期数据，该序列数据可用于获得该第二设备活动的频率的序列，该唤醒数据对应于该第二设备活动的时间，并且，该工作周期数据基于该第二设备活动持续的时间。

在无线网络上的通信

对相关申请的交叉引用

本申请要求于2005年6月1日提交的美国临时申请 No.60/686,127 以及于2005年10月6日提交的美国临时申请 No.60/724,343 的权利。美国临时申请 No.60/686,127 和美国临时申请 No.60/724,343 的全部内容被合并于此作为参考相当于全文列出。

技术领域

本申请一般涉及无线网络上的通信，并且，尤其是涉及利用跳频而在无线网络上进行通信。

背景技术

ad hoc(专门)无线网络(网格网，mesh network)是自组织网络，其中，网络设备自身建立与彼此的通信链路。无线网络可以被用于不同的设置中。例如，可以在监视及控制设备与主机之间建立无线网络。

在一个例子中，网络设备监视和控制电气系统，如建筑照明系统或火警系统。该设备向主机报告来自它们的被监视系统的状态信息。作为响应，主机发送控制命令，设备使用这些控制命令来控制电气系统。

在建立和保持无线网络中存在很多问题，包括功率消耗和网络拥塞。典型地，在无线网络中的网络设备会耗费电池，必须周期性地检测并更换电池。频繁地更换电池可能不方便。而且，随着无线网络变得越来越大，经那些网络发送的数据量增加，这将导致数据分组冲突、以及因此而降低的服务质量(QoS)。

在无线网络上的节点(例如，设备)可以利用被称为跳频的处理来通信。跳频允许节点使用不同的频道来通信。典型地，网络上的节点循环通过不同频道，在这期间，能够向其它节点发送通信、或从其它节点接收通信。当没有通信时，为了省电，典型地，节点进入低功率状态。迄今，在网格网上的跳频是通过将网络的所有设备同步而实现的。即，每个设备遵循相同的频率序

列，并且，同时进入其通信模式并持续相同的时间。特别是对大型网络，这种配置被证明是很难维持的。

发明内容

本专利申请说明了用于在无线网络上进行通信的方法和装置，其包括计算机程序产品。

总体上，在一个方面，该申请涉及用于与由节点组成的无线网络通信的第一设备，所述节点在预定义的活动时间内活动、且在不活动时至少部分地休眠。通信方法包括：经由消息识别通信的开始，该消息超过该无线网络上的节点的最大活动时间 N 倍，其中 N 至少等于在该无线网络上的频率的最大数目；以及与在该第一设备的传输范围内的无线网络上的节点的构成的第二设备交换信息，其中，在该消息之后交换该信息，并且该信息包括用于该第二设备的跳频数据。该方面还可以包括一个或多个下面的特征。跟随在该消息之后被交换的该信息可包括用于该第一设备的跳频数据。跟随在该消息之后，可在多个频率上交换该信息，其中该第一设备跳动通过所述多个频率。可跟随在该消息之后定义所述多个频率。

总体上，在另一个方面，该申请涉及与无线网络结合使用的第一设备。该第一设备向该无线网络输出前同步码，其中，该前同步码包含与该前同步码的持续时间相对应的时间数据，并识别(例如，输出或指示)跟随在前同步码之后的该第一设备的一个或多个监听频率，其中，所述一个或多个监听频率包括该第一设备活动的一个或多个频带。该第一设备从该无线网络中的第二设备、且在所述一个或多个监听频率中接收序列数据、唤醒数据和工作周期数据，其中，该序列数据可用于获得该第二设备活动的频率的序列，该唤醒数据对应于第二设备活动的时间，并且，该工作周期数据基于该第二设备活动的持续时间。该第一设备存储(例如，在存储器中)该序列数据、唤醒数据和工作周期数据。本申请的这个方面也可以包括一个或多个下面的特征。

该第一设备向该第二设备输出搜索分组。可跟随在该前同步码之后、且在从该第二设备接收该序列数据、该唤醒数据和该工作周期数据之前输出该搜索分组。该搜索分组可识别该第一设备，并包含用于该第一设备的序列数据、唤醒数据和工作周期数据。该无线网络可包括：包括该第二设备的 $N(N>2)$ 个设备，其中所述 N 个设备中的每个被配置为在 $M(M>1)$ 个频率的序列中的

频率上活动。所述N个设备在时间间隔内活动，所述N个设备之一具有最大活动时间间隔T，并且，该前同步码具有至少为 $M \cdot T$ 的积的持续时间。

所述一个或多个监听频率可包括单个监听频率。该单个监听频率可为输出前同步码的同一频率。所述一个或多个监听频率可包括多个监听频率。该搜索分组可识别用于该多个监听频率的序列数据、以及工作周期数据。该序列数据可包括单个数。该第一设备可通过利用预定义的算法处理该单个数，而产生该第二设备活动的频率的序列。

该第一设备可以从无线网络中的第三设备接收第二序列数据、第二唤醒数据和第二工作周期数据。第二序列数据可用于获得该第三设备活动的频率的序列。该第二唤醒数据对应于该第三设备活动的时间，并且，该第二工作周期数据可基于该第三设备活动的持续时间。可在跟随前同步码之后的相同的监听频率中、但在与该第二序列数据、第二唤醒数据以及该第二工作周期数据不同的时间，接收该第一序列数据、第一唤醒数据和第一工作周期数据(其由该第一设备从该第二设备接收)。

该第一设备可从该第二设备、且在一个或多个监听频率中接收用于该无线网络中的第三设备的序列数据、唤醒数据和工作周期数据。该第三设备可不在该第一设备的无线传输范围内。该第一设备可利用从该第二设备接收到的序列数据、唤醒数据和工作周期数据而向该第二设备发送通信。该发送处理可包括：(i)发送第二前同步码，其中以在该序列数据中指定的频率、大约在该唤醒数据中指定的时间上、并且在超过在工作周期数据中指定的持续时间的持续时间内，发送该第二前同步码；(ii)响应于该第二前同步码，从该第二设备接收确认信号；以及(iii)跟随在第二前同步码之后、且响应于该确认信号，发送用于通信的信息。可在与该第二前同步码相同的频率中发送该信息。该前同步码可包含依次发送的一系列数据分组，该数据分组可包含时间数据，其中可从该时间数据确定前同步码的持续时间。

总体上，在另一个方面，本申请涉及一种设备，该设备包含：存储器，被配置以存储可执行的指令；以及至少一个处理器，被配置执行该指令，以进入活动模式，从而在无线网络上通信，并周期性地进入休眠模式，其中，所述至少一个处理器在休眠模式中执行比在活动模式中少的任务。为了配置该设备以便在该无线网络上进行通信或广播，所述至少一个处理器执行指令，以便：向该无线网络输出前同步码，其中，该前同步码包括对应于该前同步

码的持续时间的数据；以及识别跟随在前同步码之后的该设备的一个或多个监听频率。跟随在该前同步码之后，所述一个或多个监听频率包括一个或多个频带，其中，在所述一个或多个频带上，该设备进入活动模式。所述至少一个处理器也执行指令，以从该无线网络中的节点、且在一个或多个监听频率上接收序列数据、唤醒数据和工作周期数据，其中，该序列数据可用于获得该节点活动的频率的序列，该唤醒数据对应于该节点活动的时间，并且，该工作周期数据基于该节点活动的持续时间。所述至少一个处理器也执行指令，以存储该序列数据、唤醒数据和工作周期数据。

总体上，在另一个方面，本申请涉及无线网络中的节点，该节点被配置为：从设备接收前同步码，其中，该前同步码包含对应于该前同步码的持续时间的数据；以及识别跟随在该前同步码之后的该设备的一个或多个监听频率，其中所述一个或多个监听频率包括该设备活动的一个或多个频带。该节点还被配置为：向该设备、且在一个或多个监听频率上发送序列数据、唤醒数据和工作周期数据，其中该序列数据可用于获得该节点活动的频率的序列，该唤醒数据对应于该节点活动的时间，并且，该工作周期数据基于该节点活动的持续时间。跟随在该前同步码之后，可在用来减少与向该设备发送数据的其它节点之间的冲突而获得的时间发送该序列数据、唤醒数据和工作周期数据。

总体上，在另一个方面，本申请涉及包括由多个节点组成的无线网络的系统，至少其中一些节点具有活动时间，在该活动时间期间，这些节点活动。该系统包括：第一设备，其被配置为经由消息识别通信的开始，该消息超过该无线网络上的节点的最大活动时间 N 倍，其中 N 至少等于在该无线网络上的频率的最大数目；以及构成无线网络上的节点的第二设备。该第二设备被配置为以跳频数据来响应该消息。来自该第二设备的该跳频数据指示该第二设备如何执行跳频，以接收数据。这方面也可以包括一个或多个下面的特征。

该消息可识别跟随在该消息之后的一个或多个频率。该第二设备被配置为在所述一个或多个频率中响应该消息。该第二设备对该消息的响应可被定时，以减少与来自该无线网络上的其它设备的可能的消息的冲突。该消息包括：包含对应于该前同步码的持续时间的数据的前同步码。该第一设备可识别跟随该前同步码之后的该第一设备的一个或多个监听频率。所述一个或多个监听频率可包括该第一设备活动的一个或多个频带。该第二设备可被

配置为：在所述一个或多个监听频率上响应该消息。该跳频数据包括序列数据、唤醒数据和工作周期数据，其中该序列数据可用于获得该第二设备活动的频率的序列，该唤醒数据对应于该第二设备活动的时间，并且，该工作周期数据基于该第二设备活动持续的时间。

每个前述的各方面和特征能够经方法、一个或多个装置、一个或多个系统和/或一个或多个由存储在一个或多个机器可读介质上的可执行指令构成的计算机程序产品来实现。而且，前述的各方面和特征能够以任何形式被合并在一起。

将结合附图和下面的说明列出一个或多个示例的详细说明。从这些说明、附图以及权利要求中可以明显的看出进一步的特征、方面以及优点。

附图说明

图 1 是无线网络的框图。

图 2 是包含图 1 中的网络的一部分的无线网络的框图。

图 3 是示出跳频序列、以及诸如图 1 和 2 的无线网络的无线网络上的接收设备的定时的时序图。

图 4 是示出跳频协议的流程图。

由图 5A 和 5B 组成的图 5 示出了描述跳频协议的操作的时序图，其包括在设备间交换信息时所使用的发送设备的时序和接收设备的定时。

图 6 示出了描述与接收设备的正常操作模式有关的、在跳频协议中使用的前同步码的独立单元的时序图。

图 7 示出了描述相邻节点如何在不同时刻响应由发送节点发送的搜索分组的时序图。

图 8 示出了描述在两个网络节点的操作的正常过程期间前同步码的使用的时序图，具体地，其中，设备的接收持续时间很短。

图 9A 至 9C 示出了在图 1 或 2 的无线网络中、可以实现跳频协议的设备的示例。

在不同附图中相同的附图标记指示相同的元素。

具体实施方式

此处所描述的是设备利用跳频而在无线网络上进行通信时所使用的处

理。图 1 示出了示例性的无线网络 10，可在其上执行该处理。根据该处理，在该网络上或进入该网络的设备可在一个或多个频道上通信。为了允许该通信，在设备进入该网络时，在设备之间交换跳频数据。如下面说明的，跳频数据说明了每个设备如何利用跳频而通信，从而使这些设备能够针对于合适的频率、时刻以及持续时间而调度通信。此处所使用的跳频增加了网络的容量，这是因为，它允许网络通信重叠，而不会显著增加拥塞和分组丢失。

在说明如何在无线网络中使用跳频之前，我们首先说明无线网络的例子以及如何建立它。

无线网络

无线网络 10 是异类网络 (heterogeneous network)，这是因为，在无线网络 10 中的设备不需要执行相同的功能。无线网络 10 包括端点设备 (endpoint device) 12 和 14、中间设备 15 至 22、以及基站 24 至 26。端点设备 12 和 14 以及中间设备 15 至 22 经射频(RF)链路通信。以虚线示出 RF 链路。基站 24 至 26 可经由 RF 链路与中间设备通信，并连接到(wire to)高速中枢 (backbone)29，基站 24 至 26 经该高速中枢以相对高的速率与主机 30 通信。高速中枢 29 可以是任何类型的有线或无线介质，例如以太网或者 Wi-Fi (wireless fidelity)。

端点设备 12 和 14、中间设备 15 至 22 以及基站 24 至 26 中的每一个定义了无线网络 10 的节点。这些设备中的每一个包括存储可执行指令的存储器 (未示出)、以及用于运行指令以实现此处所说的功能的一个或多个处理器(定义处理系统的一个或多个处理器-未示出)。在这个实施例中，端点设备 12 和 14 的结构可与中间设备 15 至 22 的结构相同，并且，每一个基站 24 至 26 的结构也相同。在其它实施例中可能不是这种情形。每个设备被编程为具有合适的功能。

当没有在无线网络 10 上通信时，无线网络 10 的每个节点可以进入低功率或“休眠”模式。在该低功率模式期间，节点可以维持一些低等级的操作；然而，为了节省功率，大部分的处理功能被缩减了。在低功率模式之后，节点“唤醒”，也就是，开始活动并进入其正常操作模式。在正常操作模式期间，节点又能够经在无线网络 10 上发送/接收数据。

只要在没有在无线网络上通信时，网络节点便可以总是处于低功率模式，或者，在不在无线网络上通信的某些周期期间，网络节点可以保持其正常操

作模式。减少的用于网络节点的功率消耗是有利的，因为网络节点通常是由低容量、小尺寸的电池供电，例如锂硬币型电池。当远程终端(例如，无线网络的节点)的平均功率消耗相对较低时，一般可以达到这类电池的长寿命。此处所说明的跳频协议允许网络节点在它们的低功率模式上保持相对长的时间段，这样，进一步减少了由所述节点消耗的功率量。

上述基站、中间设备和端点设备可以是任何类型的计算设备，例如工作站、个人计算机、服务器、便携式计算设备(例如，个人数字助理或“PDA”)、蜂窝式电话或任何其它类型的能够执行指令并连接到网络的智能设备。基站、中间设备和端点设备能够执行任何数量的计算机程序，包括为了在网络上使用而被配置为产生、接收和发送数据分组的应用程序。

在于2004年6月4日提交、在此作为引用被合并的美国专利申请No.10/860,935中所说明的，基于预定的规则，如果需要，则进入网络10的设备可以配置其自身以用作中间设备(例如，路由器或转发器)。这样的设备也可以具有下面说明的端点设备的功能(以及配置)。

端点设备可以是网络数据的源或目的地。在这个实施例中，一个或多个感测设备可以被连接到端点设备；其它实施例可以包括没有感测设备的端点设备。感测设备可以被用于监视物理系统(例如，加工车间)、以及变量(例如，温度)。端点设备可以从感测设备获得模拟和/或数字信号，并经由无线网络10向基站发送这些信号。在每个端点设备可能包括天线(未示出)以实现发送。也可在网络中的其它无线设备上包括天线。

在这个实施例中，一个或多个传动装置制动器也可以被连接到端点设备。该端点设备可以使用模拟或数字命令信号来命令传动装置制动器。这些命令信号可以产生于端点设备或主机30。在后一情况下，可将这些命令信号从主机30发送至基站，然后，在无线网络10中直接或通过一个或多个中间设备被发送至端点设备。

中间设备是无线网络10的中间节点，其用作路由器或转发器，以转发由端点设备、其它中间设备和/或基站所发送的数据。典型地，中间设备以数据被接收时的格式、以及以与数据被接收时的相同的速率来发送数据。上述每个端点设备可以配置其自身以用作中间设备，反之亦然。中间设备也可以存储路由信息，例如去往数据分组的计划的目的地网络路径中的下一跳(hop)，以及在返回路径上的跳。

基站是无线网络中可以被连接到高速中枢 29 的节点。基站用作无线网络 10 和中枢 29 之间的中介，执行任何必要数据和协议的转换，以允许在两者之间的数据交换。不连接到中枢 29 的基站也可以被集成到网络 10。这样的基站(图 1 中未示出)可与主机设备对接，以及可以通过例如 Wi-Fi(wireless fidelity)连接，经由无线链路被连接到其它主机设备或中枢。

主机 30 也可以连接到高速中枢 29。主机 30 管理无线网络 10 和执行包括接收、处理、以及存储由端点设备产生的数据的任务，并向端点设备发出命令信号。主机 30 也可以被用于重新配置端点设备和/或中间设备，以实现此处说明的无线网络。

在形成无线网络 10 时唯一的需求是：每个端点设备应当在基站或中间设备的 RF 传输范围内，并且，每个中间设备应当在基站或另一个中间设备的 RF 传输范围内。典型地，在它们的 RF 传输范围外的设备不能直接经由无线网络 10 而彼此通信。

无线网络 10 的总体拓扑类似生成森林(spanning forest)，其中端点设备用作叶，中间设备用作分枝，而基站用作根。与在树能够重叠的、茂密的森林一样，在中间设备之间的通信链路相互协调以形成网形结构，其使得端点设备(叶)和中间设备(枝)能够与多个基站(根)通信。

多个网络可以占用相同的物理空间。这样的网络的数据分组由网络组标识符(ID)区分。这样，即使它们占用相同的物理空间，网络仍保持逻辑上的分离。这样的网络甚至可以以相同或不同的角色使用相同的设备。例如，设备 24 可对于一个网络来说用作路由器，而对于另一个网络来说用作基站；设备 17 可对于一个网络来说用作端点设备，而对于另一个网络来说用作基站，等等。在这种不同网络中的设备的操作如此处所述。可通过指定一个网络中的组 ID 和用于那个组 ID 的设备的功能，将设备编程为用作在那个网络中的基站、路由器或端点设备。主机可以启动/控制各种设备的编程，或者可以直接在设备自身上对设备编程。典型地，网络数据分组包括用于它们的对应网络的网络组 ID。

在例如网络 10 的网络中，所有的基站被连接到主机 30。在此情况下，主机 30 可存储和组织数据分组。在诸如这些的网络中，主机 30 维护由来自一个或多个端点设备的分组所组成的中心数据库。在其它网络中，基站并非全部都连接到相同的主机。在这类型的网络中，不同的基站可接收到源自端

点设备的单个传输的分组。每个基站维护其接收的分组的独立数据库。各种基站可周期性地同步它们的数据库。可经无线连接、或经有线连接(例如以太网(如果在各种数据库之间存在有线连接时)),而产生同步。该同步导致每个基站包含在网络中到达基站的所有分组的完整的数据库。诸如这些的冗余数据库是非常有益的,这是因为,它们在网络上的基站有故障的情况下提供备份。

建立无线网络

如在于2002年11月26日提交、在此作为引用被合并的美国专利申请No.10/304,528中所说明的,在无线网络设备之间没有连接,直到至少一个端点设备启动通信(例如,通过发送“问候消息”(hello message))为止。在此,这个过程被称为“终端启动的轮询”(terminal-initiated polling)。当端点设备(例如,端点设备12)首先被激活时,启动通信。即,当端点设备12首先被激活时,端点设备12广播问候消息,以询问其周围的设备。术语“广播”指的是向一个或多个其它网络设备发送(或传送)。

问候消息是特定的数据分组,并因此被称为“搜索分组”。该搜索分组可以包含诸如端点设备的身份、以及进入无线网络的请求的信息。在该端点设备的RF传输范围内(典型地,30至100英尺,但不限于这些值)的所有的中间设备(例如,路由器或转发器)重新广播该搜索分组,以在它们相应的RF传输范围内搜寻与基站或其它中间设备的连接。中间设备重新广播该搜索分组,直到搜索分组到达了所有基站24至26为止。这种经网络传播搜索分组的技术被称为“泛洪(flooding)”网络。

当基站接收到搜索分组时,基站通过产生和广播确认分组而作出响应。还通过泛洪网络在整个无线网络10中传播该确认分组。最终,该确认分组到达启动问候分消息的端点设备。在这一点上,在网络节点间的通信成为可能。

沿着确认分组通过无线网络10而往返的路径,中间设备跟踪哪个节点向它们发送该确认分组,即,沿着该路径的紧接在前面的网络节点。每个中间设备在存储器中保存指向该节点的指针。该指针使得该中间设备能够识别相邻节点,这些相邻节点能够被用于向基站更接近地传送数据分组。这些相邻节点被称为主节点,或者简称为“主点(master)”。主点作为来自其附属或“从”节点的数据的主要接收者。

终端启动的轮询的一个优点是:端点设备不需等待进入无线网络。即,

由于端点设备启动进入到无线网络，所以，端点设备控制何时进入无线网络。在加入无线网络之前，端点设备不需等待来自基站的周期信标信号。

加入无线网络

在不需严格规定的层次的情况下形成异类网络。尤其是，无线网络 10 中的每个节点能够承担端点设备或中间设备的角色，并能够根据由用户指定的规则动态地改变。事实上，该无线网络取得了同类网络的灵活性以及异类网络的功率效率的优点。参照图 2 来说明加入无线网络 10 的过程。

图 2 示出了无线网络 31，其可以是无线网络 10 的一部分。当目标设备(例如，图 2 中的设备 40)第一次被激活时、以及想要加入网络 31 时，设备 40 尝试在其相邻节点定位分组转发设备，如中间设备或基站。如前述以及后述部分所说明的，设备 40 通过向网络广播搜索分组来进行其。在一个实施例中，网络相邻节点包括与设备 40 有直接 RF 链路的所有设备；然而，此申请不局限于对“附近”的此定义。

设备 40 从其相邻节点接收对其搜索分组的响应。设备 40 使用这些响应来确定：例如，一个或多个中间设备是否在其网络相邻处(意味着设备 40 能够与该设备建立 RF 链路)。如果是这样，则设备 40 选择满足预定规则的中间设备，并指定那个设备作为其初级主点(primary master)(并指定其它的作为第二级、第三级、等主点，如果可用的话)。然后，设备 40 作为具有低工作周期的端点设备加入该网络。如果设备 40 识别出在其相邻处的基站，则执行相同的处理。

用于选择初级主点的规则可包括但不限于：到基站(或网关)的距离、到中间设备的通信链路的质量、以及中间设备的电池容量。例如，设备 40 可选择具有少于特定数目的到基站或端点设备的跳的初级主点。另外，在这个实施例中，设备 40 也(或仅)可能根据其它规则选择初级主点。例如，设备 40 可选择具有低噪声量的链路、和/或具有大电池容量(由此保证初级主点的更可靠的操作)的节点。

如果设备 40 在其网络附近不能找到任何中间设备(或基站)，则设备 40 将开始用作中间设备(例如，路由器)。被编程到设备 40 的代码启动包括转发数据分组、维护路由信息的作为路由器的操作，并且，其中，可较不经常地进入低功率模式。在其作为路由器的操作期间，设备 40“监听(listen)”来自相邻设备(例如，节点 43)的传输。在此情况下，节点 43 是端点设备，这是因为，

它不是中间设备或基站(如果它是中间设备或基站,则设备40应当响应设备40在进入该网络时的启动尝试而同样地识别它)。设备40“监听”来自节点43的数据传输,而不搜索分组传输。这是因为,搜索分组的传输暗示节点43正在寻找到网络10的连接。另一方面,数据传输表明节点43已经连接到网络10。

在设备40检测到来自节点43的数据传输之后,设备40尝试确定节点43是否被连接到网络10。为了完成其,设备40可监听相同数据分组的重传。相同数据分组的重传暗示节点43没有连接到网络。设备40可以监听响应于初始发送的确认(或“ack”)分组。从网络上的另一个节点(例如,节点42)发送ack分组。然而,这并不是总是有效,因为设备40可能不能接收到ack分组,例如,这是由于与发送该ack分组的节点距离而造成的。设备40可向节点43发送分组,以确定其连接性。该分组可向节点43通知设备40的存在,并询问节点43:节点43是否被连接到网络。

假设设备40能够确认节点43被连接到网络,则设备40可向节点43发送数据分组,以要求节点43(如上述指出的,节点43是端点设备)重新配置其自身作为用于设备40的路由器。节点43根据例如其能力、可用带宽、网络通路等,而确定是否配置其自身作为路由器。假设节点43配置其自身作为路由器,那么,设备40随后重新配置其自身作为端点设备,其通过节点43而路由通信。设备40选择节点43作为其自身的初级主点。如果节点43未连接到网络,且没有其它的节点可供用作用于设备40的路由器,则在一段时间之后,设备40可将自身配置为端点设备。

在作为路由器工作了预定时间量(例如,1小时、或者多于或少于1小时)之后,设备40可被编程,以重新配置自身为端点设备。可使用任何时间段。如上述指出的,设备40可以周期性地进入低功率模式。一旦从低功率模式退出(“唤醒”)时,如上所述,设备40便可再次尝试作为端点设备而建立与网络的连接。如果不成功,设备40可尝试以上述的方式作为路由器而建立与网络的连接,即,通过配置自身为路由器、监听非搜索分组传输、等等。

设备40保持被配置为路由器的时间量可以被编程到设备40。作为选择,该时间量可以由设备40附近的网络流量(例如,搜索分组)指定。例如,在设备40附近检测到大量搜索分组表明:在相邻处存在设备(这些设备可能还未连接到网络)。相反地,在设备40附近检测到很少的搜索分组表明:在相邻

处可能存在很少的设备(并且,设备 40 可能是孤立的)。这样,如果在设备 40 附近检测到大量数据分组,则在较长时间段内,设备 40 配置自身作为路由器(因为越多设备暗示实现网络连接的可能性越高)。如果在设备 40 附近检测到少量数据分组,则在相对长的时间段内,设备 40 配置自身为能进入低功率模式的端点设备。在此情况下,设备 40 较不频繁地从低功率模式中“唤醒”,这是由于实现网络连接的机会很少。

设备 40 可以作为网络 31 上的一个或多个其它设备的中间节点工作。假设设备 40 具有到主中间设备的链路,则设备 40 可确定是否为相邻端点设备而保持为中间设备。根据由相邻端点设备所报告的中间设备 ID(标识符),设备 40 能够识别是否任何一个该相邻端点设备依赖于作为它的唯一中间设备的设备 40。例如,设备 40 能够向其它中间设备查询路由信息。如果至少一个设备单独地依赖于设备 40,则设备 40 保持为中间设备,否则,设备 40 配置自身为端点设备。

如果设备 40 在预定义的时间量内没有从相邻节点(端点设备或中间设备)接收数据或中间设备请求,则设备 40 可以配置自身为端点设备。该预定义的时间能够被编程到该设备、或基于一个或多个参数而被选择。该参数的一个例子是从属端点设备与中间设备通信时的频率;即,来自端点设备的通信越不频繁,则设备 40 越经常地配置其自身作为端点设备。

当中间设备变为大量节点的主中间设备时,大量的流量可流入到该中间设备。这将导致数据拥塞、以及可能频繁的数据分组冲突。过多的流量可通过从在相邻处的端点设备所获得的新中间设备而转向过载的中间设备。在这种情况下,中间设备可向其相邻端点设备发出和广播路由选择请求。当接收到该路由选择请求时,端点设备以表明其操作状态的消息来响应,该消息可以包括与它通信的中间设备的 ID、它的数据产生率、它的剩余电池电量等等。

在从所有相邻端点设备接收到响应之后,该中间设备根据某准则选择新的中间设备。例如,与最多数目的中间设备通信的端点设备能够提供与网络的其它部分的更高的连接性;具有相对较低的数据产生率的端点设备能够提供更多的带宽,以为其它节点路由数据;以及具有最多电池电量的端点设备能够以高的工作周期工作。该中间设备指示所选择的节点配置自身为路由器。指示相邻端点设备中的一个作为路由器的目的之一是为了转移流量。一旦选择了新的路由器时,该中间设备便不需选择这个新的路由器作为其自身的初

级主点。该过载的中间设备简单地选择新的路由器，以在相邻处增加中间设备的数目，以便能够减轻经该过载的中间设备的流量拥塞。

在网络中的每个节点将以上述的方式连续地寻找较佳的初级主点中间设备。在大多数情况下，除了其初级主点外，节点还能够具有一个或多个可替换的主点。能够从可替换的主点中选择这样的新的主点。然而，存在节点发现其所有的中间设备都不可靠的情形。此时，节点能够向其相邻节点广播路由选择请求。一旦接收到路由选择请求，作为端点设备、中间设备或基站的相邻节点将以其操作状态来进行响应。在查看了所有的响应后，正在请求的节点从相邻节点中选择新的初级主点。如果所选择的节点已经是中间设备，则简单地识别为正在请求的节点的新初级主点。如果该节点是端点设备，则正在请求的节点发出消息，以请求该端点设备变成中间设备、以及正在请求的节点的初级主点。该端点设备根据例如其能力、以及到网络的连接，而确定是否变成中间设备。如果它确实变成中间设备，则该端点设备通知正在请求的节点。

每个节点可试图用作端点设备。当节点识别出在其附近没有可用的中间设备、或例如由于过多的流量或无线链路问题而使得所有的中间设备不能提供可靠的连接时，该节点将用作中间设备。

最后，根据为了维持网络的连接性所需的预定义的规则，加入无线网络的操作将导致选择相对少数量的中间设备节点。该规则可包括、但不限于上述提到的一个或多个因素，如到基站的跳数、通信链路的可靠性以及剩余电池寿命。端点设备变成中间设备节点的可能性可通过调整这些因素来调节。可以例如经主机 30 和/或通过直接访问合适的网络设备、以及编程合适的值，来调整这些因素。

在无线网络中的跳频

在异类无线网络(如无线网络 10)的环境中已经说明了下面说明的跳频协议。然而，跳频协议不限于用于异类网络中，而且也可用于同类网络中，例如，所有设备具有相同的结构和/或功能的网络。例如，仅包括路由器的无线网络可以从跳频协议中受益，这是因为，跳频协议允许路由器工作于降低的工作周期(如下所述)。结果，为路由器供电的电池将较不迅速地使用电力。

而且，跳频协议不需要在整个无线网络中有公共时基。即，无线网络的节点根据对相邻节点的唤醒时间的知识、唤醒持续时间和/或信道序列(如下所

述), 与它们的相邻节点通信。这种操作的优点之一在于: 其允许节点更频繁地唤醒, 每次进行其时都利用相对短的持续时间。因为节点较频繁地唤醒, 所以, 分组能够相对快地经网络传播。因此, 该无线网络能够以增加的鲁棒性(主动的信道切换)、相对高的带宽、相对低的功率消耗以及相对等待时间来工作。

现在转到一个例子, 无线网络 10(31)的一个或多个节点(例如, 所有节点)可利用跳频而通信。在无线网络的情况下, 通过提供窗口实现跳频, 在窗口期间, 网络节点可以从其它节点接收通信。参照图 3, 接收节点是用于接收通信的节点。在预定义的持续时间的时刻 45、46 等, 该接收节点唤醒, 意味着它开始活动, 并工作在其正常操作模式。这些持续期间被标记为 MN_RX_time, 其中, “MN”表示“Mesh Node(网节点)”, 以及“RX”表示“接收”(“TX”表示“发送”)。MN_RX_time 也可以取决于网络状态而即时改变, 并且, 每个节点可以具有不同的 MN_RX_time。该接收节点在预定义的频道上唤醒, 这些预定的频道被标记为 Ch7、CH11 等等。在其它时刻 47、49 等等, 该接收节点可处于低功率或休眠模式, 其被标记为 MN_sleep_time。

我们使用节点 15(图 1)作为开始的例子。在其正常操作模式期间, 该接收节点(此处为节点 15)仅能够在指定的频道中接收通信。例如, 在时刻 46, 节点 15 在 200 μ s (microseconds)的持续期间内, 在信道(Ch)11 唤醒。如果在无线网络上的另一个节点想要向节点 15 发送通信, 则该另一个节点必须在 Ch11 中、在 200 μ s 内完成; 否则, 它必须等待, 直到节点再次唤醒(例如, 在另一个 10ms(毫秒, millisecond)后)。然而, 当节点 15 再次唤醒时, 它可以在不同的频道(Ch2)中唤醒, 尽管典型地(但不是需要的), 它将唤醒相同的持续时间。因此, 想要与节点 15 通信的节点必须知道节点 15 唤醒的时间、节点 15 唤醒持续时间、以及用于节点 15 的信道序列(使得想要与节点 15 通信的节点能够确定向节点 15 发送通信的信道)。

对于复杂的情况, 在网络 10 中, 节点不需要具有相同的唤醒时间、唤醒持续时间或信道序列。例如, 节点 15 可以每 10ms 唤醒一次并持续 200 μ s, 节点 16 可以每 2 秒唤醒一次并持续 200 μ s, 节点 17 可以每半秒唤醒一次并持续 50 μ s, 等等。同样地, 节点 15 可以按照 7、11、2、10...12 的随机信道序列, 节点 16 可以按照 16、15、14、13、...1 的信道序列, 以及节点 17 可以按照 1、2、3、4...16 的信道序列。信道序列可以被存储在每个节点上的存储

器中的跳频列表中。尽管每个节点可以按照不同的信道序列，但典型地(但不需要)，每个节点保持其相同的序列。即，节点 15 周期性地重复 7、11、2、10...12 的序列，节点 16 周期性地重复 16、15、14、13、...1 的序列，以及节点 17 周期性地重复 1、2、3、4...16 的序列。在这个实例(2.4GHz RF 操作)中，每个节点经 16 个信道通信；然而，在其它实例中，一些节点可能经少于或多于此处所指定的 16 个信道而通信。例如，在 900MHz RF 操作中，可以有 50 个频道。

因此，为了确定何时发送通信从而通信将被接收到，发送节点(即，用于发送通信的节点)应当知道频率序列、唤醒时间以及接收节点的工作周期。典型地，与其自身的接收频道序列和定时无关地，发送节点能够在任何信道上唤醒并发送通信。典型地，接收节点可向发送节点发送回 ack 分组，以确认通信的接收。如果发送节点未接收到响应于通信的合适的 ack 分组，则该发送节点将在供接收节点使用的随后时刻和频道上重发该通信(所述随后时刻和频道可能是或可能不是紧接在当前时间和频率之后的时间和频率)。例如，发送节点可以被编程为在随机的随后时刻上重新尝试该通信，这样减少了与其它发送节点冲突的机会。这个操作被重复，直到发送节点从接收节点接收到 ACK 分组为止。

在这个实例中，每个节点存储和跟踪其相邻节点的时钟，其中，这些相邻节点处于通信路径中的上游和下游。搜索响应分组包含时间戳，以及可以包括发送 ACK 分组的节点的信道序列。每次从相邻节点接收到搜索响应分组时，接收设备将调整在其相邻处的数据库中的相邻节点的时钟为该接收的时间。作为示例，对 2 个上游节点(初级和次级)以及 30 个下游节点而言，节点应当在其附近的数据库中保存至少 32 个独立的时钟(或其它下次唤醒的信息)。每个时钟可以包含至少 2 个字节，这样能够存储 65536 个时钟单位(clock tick)。因此，随着 1ms(时间单位)的增加，时钟能够覆盖 65 秒的下次唤醒的信息。对于所有的通信、而不仅仅是对搜索响应分组，都可以完成上述操作。

新节点进入无线网络的一个问题是：新节点不知道其相邻节点的频率的序列、唤醒时间以及工作周期(duty cycle)。因此，提供一种协议(此处被称为“跳频协议”)，其以使设备能够发现相邻网络节点如何执行跳频，例如，发现它们的频率的序列数据、唤醒数据和工作周期数据。在此环境中，频率的序列数据(或简称为序列数据)用于获得相邻节点活动的频率的序列；唤醒数据对应

于相邻节点活动的时间；并且，工作周期数据对应于相邻节点活动的持续时间。

在上述进入和建立无线网络的操作的环境中，在跳频协议中所使用的前同步码(下面将说明)和跟随在前同步码之后的监听频率之间发送问候消息(例如，搜索分组)。跳频协议也被用于经由无线网络的广播，如下所述。

参照图 4 和 5，进入无线网络的发送设备(例如，图 2 的设备 40)输出(50)前同步码 51。在一个实例中，前同步码是从该设备输出的分组的序列。数据分组可以是 IEEE802.15.4 数据分组，并且，每个分组可以是例如 1ms(~25 字节)。本质上，设计该前同步码以获得邻近该设备的节点的注意。在非 IEEE802.15.4 环境中，该前同步码可代表特定的数据模式，例如“01010101...”。该前同步码识别在设备 40 与一个或多个其相邻节点之间通信的开始。在该环境中，邻近该设备的节点是作为无线网络的一部分、且在该设备的无线传输范围内的任何节点。为了保证每个相邻节点识别前同步码，在一个频道(例如，图 5 的 Ch 8)上发送前同步码，并且，构造前同步码以使其超出无线网络中所有节点的最大活动时间的 N 倍，其中 N 至少等于在无线网络中的频率的最大数目。这保证设备 40 的所有相邻节点将在前同步码的频道上唤醒，并且，由此，在其活动周期内至少接收到前同步码一次。

作为示例，如果该无线网络上的任何节点的活动之间的最长时间为 5s(其中“s”表示秒)，且该网络识别出 16 个频道，则该前同步码将至少为 80s(16×5s)。在另一个例子中，活动之间的时间(也被称为节点的休眠周期)是 10.2ms，且总共有 50 个信道，从而导致 510ms 的前同步码。在另一个例子中，前同步码为 3.2s。注意，在一些情形下(下面将说明)，大于 400ms 的前同步码将根据联邦通信委员会(FCC)规定而在多个频道之中被分割。

参照图 6，接收机监听频道上的通信的持续时间 52(MN_RX_time)应当至少是前同步码分组单元 54 的长度的 2 倍那么长。这样做是为了确保接收机识别至少一个完整的前同步码分组(或“前同步码单元”)。如果使用帧分隔符的起始(SFD)来检测前同步码，则 MN_RX_time 仅需要略长于前同步码单元。

前同步码的持续时间可以用数学方式表达如下。每个前同步码单元包括至尾端的时间值(time-to-tail end value)(这样，任何接收前同步码分组单元的相邻节点知道何时返回前同步码信道，以接收搜索分组)。假设以毫秒为单位的前同步码分组的长度为 L_{pu} 。在此情况下，

$$MN_RX_time=2*L_pu.$$

MN_RX_time 是网络节点的工作周期, 并等于 M_ps*2*L_pu , 其中 M_ps 是预定义的功率节省倍数。作为节点处于其低功率或休眠周期的时间量的 MN_sleep_time 被定义如下:

$$MN_sleep_time= MN_cycle_time-MN_RX_time.$$

功率节省倍数 M_ps 实际上是 MN_cycle_time 对 MN_RX_time 的比。 M_ps 越高意味着休眠时间对活动时间的比越高, 从而导致更多的功率节省。

由此, 如下确定前同步码的全部长度:

$$preamble_length=CN_hop*MN_cycle_time=CN_hop*M_ps*2*L_pu,$$

其中, CN_hop 是具有最大 MN_sleep_time 的网络上的节点的跳序列中的信道的最大数目。

典型地, 在前同步码被输出、以便确认目前在相同的频道上没有其它前同步码之前, 执行 CSMA(载波感测多路接入, Carrier Sense Multiple Access) 监听。如果在那个频道上已经有前同步码, 那么, 该节点能够决定等待, 直到正在进行的搜索处理结束、或者跳到没有正在进行的搜索处理的另一个频道为止, 并且, 在所述另一个频道中, 立刻开始其搜索操作, 即, 在所述另一个频道中发出前同步码, 等等。

前同步码可以包括定时信息。更具体地, 跟随在前同步码之后, 相邻节点向设备 40 发送它们的序列数据、唤醒数据和工作周期数据。这些相邻节点因此需要知道何时前同步码将结束, 以便它们能够开始发送。因此, 前同步码可包括标识前同步码的结束的定时数据。例如, 在一个实例中, 前同步码是以流的方式被发送的数据分组的序列。每个数据分组可包含倒计数的时间, 其表明前同步码的剩余长度。在另一个实施例中, 仅选择的数据分组才可以包含倒计数的时间。

跟随在前同步码之后, 设备 40 在 58a 发送(56)其搜索(或问候)分组 57。该搜索分组包括设备 40 的序列数据、唤醒数据和工作周期数据。即, 搜索分组包含设备 40 监听通信的频率的序列、设备 40 在那些频率中监听的时间、以及监听持续时间。这个信息被存储在相邻节点的跳频列表中, 并使那些节点向设备 40 发送通信。

在传输该搜索分组后, 在 58b, 设备 40 在一个或多个频率上监听(59)来自其相邻节点的通信, 尤其是, 相邻节点的序列数据、唤醒数据和工作周期

数据(例如, 节点 42 和 43, 在该例子中, 假设节点 43 已经是该网络的成员、并且在节点 40 的传输范围内)。即, 发送机进入接收模式, 并等待接收搜索响应(如果发送广播分组, 则发送机将恢复其休眠/唤醒周期)。为了向设备 40 发送诸如序列数据、唤醒数据和工作周期数据的跳频数据, 相邻节点需要知道设备 40 将在跟随前同步码之后进行监听的频率。在这一点上, 设备 40 可在单个频率或多个频率上监听。换句话说, 设备 40 将在跟随前同步码之后的监听阶段 59 期间跳频。在任何情况下, 相邻节点应当知道设备 40 被监听的频率。

在一个实例中, 设备 40 在发送该前同步码的相同的频道内进行监听。这样, 相邻节点通过前同步码的频率识别设备 40 的监听频率(即, 它事先知道两者是相同的)。在这种情况下, 如图 5 所示, 在检测到前同步码后, 相邻节点(例如, 节点 42)锁定到那个信道(在图 5 中, 在 63 处的信道(Ch)8), 并在那个信道中继续唤醒。然而, 注意, 该节点的内部信道跳时钟(hopping clock)继续运行, 使得在 58c 处(在向设备 40 发送其跳频数据之后)恢复其跳频序列 60, 如同那个序列从未被中断过那样。

在另一个实例中, 相邻节点使用前同步码中的定时数据来调度对设备 40 的通信。即, 相邻节点跟踪在前同步码中所剩的时间量, 并且, 跟随在前同步码之后, 在与前同步码相同的频道上向设备 40 发送其跳频数据。在发送其跳频数据(例如, 时刻 61)之前, 该节点根据其常用的调度而跳频, 并执行发送和接收操作。

在另一个实例中, 设备 40 发送没有定时数据的相同的前同步码分组, 并且, 当其接近前同步码周期的末端时, 设备 40 在前同步码分组中设置指示前同步码的即将到来的末端(有时被称为其“尾”)的标志。相邻节点可在唤醒时间之间进行检查, 以确定前同步码是否接近其末端。在这之前, 该节点根据其常用的调度而跳频、以及执行发送和接收的操作。在该实例中, 前同步码可包括数据, 例如定时数据, 其指示前同步码接近其末端。在这种情况下, 当节点确定前同步码接近其末端(例如, 在其末端的预定义的时间内)时, 节点锁定到发送前同步码的信道, 并仅在那个信道中唤醒。然而, 注意, 该节点的内部信道跳时钟继续运行, 这样节点能够恢复其跳频序列(在向设备 40 发送其跳频数据后), 如同那个序列从未被中断过那样。

当设备 40 在多个频率中监听时, 设备 40 向相邻节点提供用于监听周期

的序列数据、唤醒数据和工作周期数据。该信息可以在跟随该前同步码之后广播的搜索分组内被提供，并在与前同步码相同的信道中(由此确保相邻节点将接收该搜索分组)、但在监听周期之前。作为选择，可在前同步码自身中提供该信息。

在设备 40 的监听周期 59 中，相邻节点向设备 40 发送它们的跳频数据，如它们的序列数据、唤醒数据和工作周期数据。设备 40 为每个节点接收(62)跳频数据，并将其与节点标识符和该节点的时钟相关联地保存在存储器中。这样，设备 40 知道了用于其相邻节点的跳频数据，反之亦然。这样，设备 40 能够跟踪其所有的相邻节点的当前频道、唤醒时间以及工作周期，并且，相邻节点能为设备 40 做相同的事情。

在监听模式期间，许多相邻节点试图向设备 40 发送跳频数据。例如，第一、第二、第三等相邻节点可能都试图向设备 40 发送它们的序列数据、唤醒数据和工作周期数据。如果所有的设备试图同时发送，则可导致数据冲突，并且，所请求的数据将不能到达设备 40。因此，设备 40 的监听模式被构造得足够长，以使得大量节点能够在不同时刻发送它们的数据。例如，监听模式可以为 100ms、500ms、或者更长。

在一个实例中，网络 10 的每个节点都被编程，以在设备 40 的监听模式期间、在随机时刻上发送它们的跳频数据。例如，每个相邻节点可包含在监听期间选择随机时刻来发送它的跳频数据的算法。在随机时刻发送数据减少了来自不同节点的跳频数据之间的冲突的可能性。当发生冲突时，节点将不能接收到从设备 40 返回的 ack 分组。此时，该节点在不同的时刻重发其跳频数据。如果设备 40 在监听模式期间跳频，那么，它的相邻节点在发送它们的跳频数据时也必须考虑这点。这种偶然如图 7 中所示，其中，节点 42 在第一时刻 64、在信道 6 中发送其跳频数据，并且，节点 43 在第二时刻 65、在信道 1 中发送其跳频数据。

注意，如果所有节点使用相同的跳序列、唤醒时间和/或工作周期，那么，不需要在节点之间发送所有跳频数据。例如，如果网络上的所有节点具有相同的工作周期(并且，每个节点或潜在节点知道这一点)，则在节点之间不需要发送工作周期数据。

为了减少设备 40 与其相邻节点之间交换的信息量，设备 40 和其相邻节点各自存储这样的算法，其接收单个的“种子(seed)”数，并处理那个种子数，

以产生跳频序列。例如，设备 40 可能从相邻节点 42 接收了种子数，并处理那个种子数，以确定节点 42 跳跃到接收数据的频率的序列。结果，仅发送单个数、而不是整个序列，这样减少了网络流量。

在这方面，应当根据一致分布，尽可能随机地从特定的一组信道中选择跳频信道，这样，从平均上说，该设备将在每个信道上花费相同的时间量。重复地执行计算，以从每次迭代产生新的随机数。种子数将产生对应于第一频道的第一随机数。这个第一随机数作为新种子数而被馈送到该算法中，然后，产生对应于第二频道的第二随机数。该处理能够在跳频期间继续无限地选择新信道。在一个实例中，使用该计算，以产生以二进制表示的 32 比特长的随机数。在这个实例中，产生 1 和 16 之间的单个数，并且，仅使用 32 比特随机数的最后 4 比特。(在十进制表示中，32 比特长的数能够被 16 除，并且，使用余数—求模运算。)在每一次迭代中，把该 32 比特长的随机数作为新种子数 I，使得随机序列变成周期性的可能性更小。

可根据种子数而使用大量处理来产生随机数序列。下面的代码是摘自由 Kernighan 和 Ritchie 所著的书“The C Programming Language(C 编程语言)”、用于从种子数产生序列的示例：

```
int rand()
{
    random_seed = random_Seed * 1103515245 + 12345;
    return (unsigned int) (random_seed / 65536) % 32768;
}
```

取决于种子数，这个函数将返回在 0-32767 之间的随机数。如果信道的总数为 16，则可使用至少最低有效的 4 个比特来产生 0 和 15 之间的随机数。如上所述，从种子数所获得的第一随机数可以代替前述处理中的种子数，然后使用前述处理产生下一个随机数。经由这种方法，有可能使用一个种子数来产生 16 个信道的完整跳频序列。

可能存在多个节点几乎同时启动的情形。例如，如果所述节点是线路供电的(line-powered)，并且在断电(power outage)后恢复线路电源，那么，被连接到相同的线路电源的所有节点将同时导通。在此情况下，存在所有节点的唤醒时间和频道确实相同的机会。虽然对某些应用而言、这种情形是可以接受的，但典型地，这种情形不是所期望的，这是因为，它妨碍了所提出用以

增加网络的总体通信容量的跳频的异步操作。因此，每当节点加电时，该节点便可在该节点开始运行之前具有特定随机量的“空载时间(dead time)”。这样，不大可能出现许多节点将共享相同的唤醒调度和频道。

如果在跳频期间、所有的相邻节点占用不同的时隙，则这是有益的。例如，当相邻节点的多个监听时隙很接近时，跳频将变得更困难。这是因为，在向一个节点发送分组时，需要一些预处理时间和后处理时间。例如，如果节点 A 的唤醒调度和节点 B 的唤醒调度过于靠近，那么，相邻节点在向节点 A 和 B 两者发送数据分组时可能存在困难。在相邻节点(例如，节点 C)向节点 A 发送数据分组之后，它可能需要处理时间，以完成发送，并准备向节点 B 发送的下一个数据分组。如果节点 A 和 B 的监听时隙在时间上过于靠近，那么，节点 C 将不能有足够的时间来准备对节点 B 的数据传送。而且，如果两个监听时隙过于靠近在一起，则节点 C 在时隙之间的短时间内进入其休眠模式、并随后再次唤醒可能是不可行的。在这种情况下，节点 C 在向节点 A 发送了数据分组之后保持唤醒、并在唤醒的时候等待节点 B 的监听时隙可能是更好的。

减少由多个相邻节点的监听时隙的紧密接近所引起的冲突的一种方式是在所述节点活动(加电)后，调整它们的初始唤醒调度。例如，当节点加电时，它将发送搜索分组，并收集关于其相邻节点的信息，如唤醒时间、唤醒持续时间以及信道序列。因此，正在进入网络的节点可在从相邻节点收集信息之后选择其自己的唤醒时间，并选择减少(例如，最小化)与相邻节点的冲突的唤醒时间。

由于设备的前同步码的长度，设备能够消耗相对大量的功率。结果，减少设备必须使用前同步码来启动通信的次数是有利的。一种完成其的方式是：“承载(piggy-back)”节点跳频(以及其它)数据。参照图 2，节点 42 为其相邻节点存储了跳频数据，所述相邻节点，包括那些处于设备 40 的传输范围之外的相邻节点，例如节点 28。因此，当在设备 40 的监听模式期间发送其跳频数据时，与节点 28 的身份(identity)一起，节点 42 也向设备 40 发送节点 28 的跳频数据(然后，设备 40 将其存储在存储器中)。这样，设备 40 也将接收到节点 28 的跳频数据。如果设备 40 或节点 28 能够进入彼此的传输范围内(例如，如果其中之一或两者同时是可移动的)，则这将非常有利。能够扩展这种概念。例如，节点 28 为其相邻节点保存跳频数据，所述相邻节点包括在节点

42 的传输范围之外的那些节点, 例如节点 26。与其自身的跳频数据一起, 节点 28 可向节点 42 发送这种跳频数据。然后, 节点 42 可向设备 40 发送两个其它节点的跳频数据, 其中之一(节点 26)在节点 42 的传输范围之外。

为了增加网络节点的工作周期(例如, 通过增加节点的唤醒持续时间), 前同步码的使用可以被扩展到常规节点通信。参见图 1 和 8, 如果接收节点(例如, 节点 15)具有相对短的唤醒持续时间, 则发送节点(例如节点 12)将很难使其传输匹配那个短的唤醒持续时间。例如, 发送节点内部时钟上的相对短的时间偏移可有效地防止发送节点与接收节点通信(如果接收节点的唤醒持续时间足够短)。为了解决这个问题, 发送节点可在接收节点的预计的唤醒持续时间之前, 在合适的信道上输出相对短的前同步码(例如, 5ms 或 10ms)。

在图 8 示出的示例中, 在信道 10 中的接收机唤醒时间之后, 该发送节点在信道 6 输出前同步码 70。该接收节点在其接收持续时间期间, 在信道 6 中检测到前同步码, 并延长其接收持续时间 71, 如所示出的那样。在该延长的接收持续时间期间, 发送节点 12 在信道(Ch)6 中向接收节点发送数据分组 72。当接收节点在数据分组中检测到“帧结束(end-of-frame)”指示符时, 接收节点在 68a 处结束被延长的接收持续时间 71。然后, 发送节点进入接收模式 74, 以从接收设备接收 ack 分组 75。然而, 注意, 这两个设备的内部信道跳时钟继续运行, 使得这些设备能够恢复它们的跳频序列 76(在延长的接收持续时间之后), 如同那个序列从未被中断过那样。

在图 8 中所示的定时的一种代替是产生与接收设备的单个 MN_sleep_time 相适应的整个数据分组。这样, 前同步码长到足够覆盖 MN_RX_time。因此, 跳频序列不需要被扰乱。

如上面所提到的, 在 900MHz 的射频操作中, FCC 把在单个信道内与窄带无线电的通信限制为 400ms。如果使用 DSSS(直接序列扩频, Direct Sequence Spread Spectrum), 则将不存在对单个信道内的连续通信的持续时间的限制。然而, 很少有具有这个能力的 900MHz 的商用无线电。相反, 在 2.4GHz 的操作中, 有许多基于标准的无线电(例如, IEEE IEEE802.15.4)可与 DSSS 能力一起使用。因此, 如果在 900MHz 操作期间、前同步码长于 400ms, 那么, 可在多个频率中发送该前同步码。在此将其称为“信道分组(channel grouping)”。

如上面所提到的, FCC 规范使用 FHSS(跳频扩频, Frequency Hopping

Spread Spectrum), 而禁止多信道窄带(例如, 900MHz)无线电而在一个频道内停留长于 400ms。因此, 在这个被限制的环境中, 前同步码在一个信道内停留长于 400ms 是不合法的。为了解决这个问题, 长于 400ms 的前同步码可被分割为多个部分, 并在 900MHz 频谱中、在不同频道上被发送。例如, 1.5s 的前同步码被分为 4(或更多)段, 所述段可以具有相等或不等长度。当该前同步码的一段在第一频道中完成发送时, 发送该前同步码的节点改变频道, 并在新的频道上继续发送该前同步码。进行这个过程, 直至发送了整个 1.5s 的前同步码、而不违反 FCC 规范为止。

由于上述所解释的原因, 即使当前同步码正在多个信道上被发送时, 每个相邻节点的至少一个监听时隙也应当被前同步码覆盖。为了实现其, 使用称为“信道组”的处理。

作为示例, 可在 N 个不同信道中发送前同步码, 使得每个信道包括不多于 400ms 的前同步码。在此情况下, 现有频道可被划分成 N 组。例如, 如果前同步码为 1.4s, 则它可被分割为 4 段。在此情况下, $N=4$ 。如果存在 16 个可用信道, 则可以每 4 个一组而将这些信道划分为 4 组。在另一个例子中, 如果前同步码是 700ms, 那么该前同步码可被分割为 2 段, 并且, 每组可存在 2 个信道(假设有 8 个信道可用)。

当节点正在跳频以监听通信时, 该节点的信道序列遵循组次序。换句话说, 一旦该节点在第一组(组 1)中的信道中开始跳动, 便可从同一组 1 中选择下一跳的信道, 直至组 1 用完了所有信道为止。在该节点已经跳过了组 1 中的所有信道之后, 该节点开始在第二组(组 2)中的信道之中跳动, 等等。例如, 组 1 可包括信道 1 至信道 10, 组 2 包括信道 11 至信道 20。在此情况下, 应定义序列, 使得首先选择信道 1 至 10, 然后是信道 11 至 20。

然而, 前同步码仅在一组内跳动。例如, 如果发送前同步码的节点选择组 2, 那么, 前同步码应当仅在组 2 内跳动(例如, 在信道 11 至 20 之中)。因为前同步码包括 N 段, 所以, 每组应当包括至少 N 个信道。这意味着, 可供使用的 RF 信道的总数应当大于 $N \times N$ 。这是因为, 具有 N 段的前同步码需要 N 组信道, 并且, 每组信道需要包括最少 N 个信道。

通过使用前述的处理, 尽管在多个信道中发送前同步码, 但存在其被相邻节点的至少一个监听信道所捕获的良好的机会。但是, 也存在前同步码将被一个或多个相邻节点错过的不可忽视的机会(大约 $(N-1)/$ 信道总数)。然而,

随着信道总数的增加，相邻节点不能捕获前同步码的概率下降。例如，当前同步码至少为 1.5s 时，前同步码将跳动通过至少 4 个信道($N=4$)，使得每个信道占用不多于 400ms 的时间。因此，可用的信道总数应当大于或等于 $16(N \times N = 4 \times 4 = 16)$ 。当然，这仅在每个信道为窄带(例如，900MHz)信道时适用。在 2.4GHz DSSS 射频的情况下，例如，基于 IEEE802.15.4 的无线电，不需要信道分组，但也可以使用。

跳频协议的一个实施例使用来自 Chipcon Products 的 CC2420 收发机。正如在 Chipcon Products 网站中的说明，“该 CC2420 是为在 2.4GHz 未许可的 ISM 频带中低功率、低电压 RF 应用专门设计的低成本收发机”。在该例中，整个分组(不仅一个字节)构成前同步码的一个单元。在此情况下，每个前同步码单元约为 1ms。因此，MN_RX_time 至少是前同步码单元大小的 2 倍，或 2ms。为了达到 100 倍的功率的节省，MN_sleep_time 应当大约为 200ms。该 CC2420 提供 16 个信道。能够覆盖所有 16 个信道的最小前同步码长度为 3.2s ($200\text{ms} \times 16$ 个信道)。因为 CC2420 利用 DSSS 能力而工作于 2.4GHz，所以，对 CC2420 可在一个信道中停留的最大时间没有限制。因此，前同步码能够在同一个信道中停留任何长度的时间。可选择地，也可以在 2 至 4 个信道间分割前同步码。即，可以在不同的频道内发送前同步码。

对于其中有一个已知的分组目的地的普通的分组传输，如果时间同步足够准确($\sim 1\text{ms}$ 的准确度)，则数据分组的开始能够适合于接收设备的 MN_RX_time($\sim 2\text{ms}$)窗口。在 MN_RX_time 期满之前，该接收设备将检测该 SFD，并且，MN_RX_time 将被延长，直至完成分组接收为止。如果时间同步不够准确、或者不能从无线电得到 SFD，那么，在真正的数据分组之前可存在一些短前同步码分组(例如，IEEE802.15.4 分组)。这个短前同步码分组的流将可包括 5 至 10 个短 IEEE802.15.4 分组($\sim 1\text{ms}/\text{分组}$)。结果将为大概 10ms 的前同步码，即使存在 $\pm 5\text{ms}$ 的时钟漂移，其也将使得 2ms MN_RX_time 窗口能够捕捉至少一个前同步码分组。一旦接收机在 MN_RX_time 窗口中识别前同步码分组，那么，为了接收真正(即，非前同步码)的数据分组，接收机将在同一频道中(如上所述)继续监听。在该例中，在正常的分组传输之后的下一跳信道上发送 ack 分组。可选择地，可以在与正常的的数据分组传输相同的信道上发送 ack 分组。

当在分组交换之间的间隔变得相当长时，可发出时钟漂移。为了减少时

钟漂移,以给定间隔,无线网络的每个节点向其每个父母节点(初级以及次级、等等)发送本地“心跳分组(heartbeat packet)”。例如,如果相邻节点的时钟必须每40秒调整一次、以把该漂移保持在可接受的范围内,那么,至少每40秒产生并向每个父母节点发送本地心跳。如果数据分组被发出到父母节点,那么,该数据分组可以作为本地心跳分组的替代。

当设备进入网络、以及当设备经该网络广播时,将使用跳频协议。即,在广播期间,设备需要获得其所有相邻节点的注意。由于相邻节点可能处于不同的频率,所以,以上述的方式发送前同步码以及进行处理将使得设备能够向其相邻节点广播信息,然后,这些相邻节点可利用跳频协议向它们的相邻节点传播该信息,等等,直至在该网络上的每个节点已接收到该信息为止。

网络设备

2004年10月12日公布的美国专利No.6,804,790中说明了可被作用无线网络10的节点、并可以实现此处说明的处理的网络设备的例子,该专利的内容在此作为引用被合并到本申请中。图9A至9C示出了可实现此处说明的处理的网络设备80的一个示例的框图。

网络设备80是自包含的(self-contained)微型计算机。如图9A和9B所示,网络设备80包含第一处理单元82、RF收发机84、第二处理单元86、低时钟频率晶体88、高时钟频率晶体90、以及I/O连接器92,所有这些都安装在电路板94上。如图9C所示,电源96(例如,电池)可以被附加在电路板94的后面。包含每个处理单元要执行的指令的存储器可以被包含在每个处理器内,或者一个或多个这样的存储器(未示出)可以被安装在电路板94上。

小尺寸、低功率消耗的网络设备80允许网络设备80从电池90操作。在该实施例中,第一处理单元82以32kHz的时钟频率工作,而第二处理单元86以4MHz的时钟频率工作。执行协调的协议(coordinating protocol),使得网络设备80能够以被提高的功率效率来执行信号处理和RF传输。

使用协调的协议,以通过根据执行给定功能的任务所需的速率向处理单元分配任务和操作,来控制网络设备80的操作。设计该协调的协议,以向各个处理单元分配任务,从而提高网络设备12的功率效率。例如,根据任务或操作的速率需求、以及处理单元的时钟频率,该协调的协议将允许CPU82向它自身或向CPU86分配给定的任务或操作(例如,在无线网络10中加入或建立存在性(presence))。需要低时钟频率的任务和操作将被分配给具有低时钟

频率的 CPU 86。因为 CPU 86 工作于低时钟频率，所以，该系统作为一整体提高了功率效率。当该系统的任务负载足够低时，CPU 可以被关闭、或被置于低功率模式，以进一步提高该系统的功率效率。

其它应用

此处所说明的包含但不限于跳频协议的这些处理(此后被统称为“处理”)可以在任何计算或处理环境中找到适用性。这些处理可以利用硬件、软件或两者的结合来实现。这些处理不限于使用此处说明的硬件和软件，它们可以在任何计算、处理或网络环境中找到适用性并具有任何类型的能够运行机器可读指令的机器。

这些处理可以利用数字电路、或以计算机硬件、固件、软件或它们的组合来实现。这些处理能够经计算机程序产品，即被有形地嵌入到信息载体(例如，一个或多个机器可读存储设备/媒体)或可传播的信号中的计算机程序，由一个或多个数据处理装置(例如，可编程处理器、一个计算机或多计算机)运行或控制一个或多个数据处理装置的操作。计算机程序能够以任何形式的编程语言编写，包括编译或解释语言，以及以任何形式来配置，包括单机程序或作为模块、组件、子程序或其它适于在计算机环境中使用的单元。计算机程序能够被配置以在一个计算机或在一个地点或分布于多个地点并由通信网络相互连接的多个计算机上运行。

由这些处理所执行的操作能够由一个或多个可编程处理器执行一个或多个可实现这些处理的功能的计算机程序来实现。这些操作也可以由、以及这些处理能够经专用逻辑电路(例如，一个或多个 FPGA(现场可编程门阵列, field programmable gate array)或 ASIC(专用集成电路, application-specific integrated circuit))来实现。

适于运行计算机程序的处理器包括：例如，通用和专用微处理器、以及任何一个或多个具有任何类型的数字计算器的处理器。一般地，处理器将从只读存储器或随机访问存储器或上述两者接收指令和数据。计算机的元件包括用于执行指令的处理器以及用于存储指令和数据的一个或多个存储设备。一般，计算机也包括或者被可操作性地连接以接收数据于和/或发送数据至一个或多个用于存储数据的大容量存储设备(例如，磁盘、磁光盘、或光盘)。适于嵌入计算机程序指令和数据的信息载体包括永久性存储器的所有形式，包括作为示例的半导体存储设备，例如，EPROM、EEPROM、以及闪存设备；

磁盘，例如，内部硬盘或可拆卸硬盘；磁光盘；以及 CD-ROM 和 DVD-ROM 盘。处理器和存储器能够被专用逻辑电路增加或被合并到专用逻辑电路中。

这些处理能够经计算系统而被实现，其中计算系统包括一个或多个后端组件，例如数据服务器，或者包括一个或多个中间设备组件，例如应用服务器，或者包括一个或多个前端组件，例如，客户计算机。该系统的组件能够经任何形式或媒体的数字数据通信(例如，通信网络)而相互连接。通信网络的例子包括局域网(“LAN”)以及广域网(“WAN”)，例如，因特网。

计算系统可包括客户和服务器。客户和服务器一般彼此相距一距离，以及典型地，经通信网络相互作用。由于在相应计算机上运行并彼此具有客户-服务器关系的计算机程序，增加了客户和服务器的关系。

这些处理不限于上述的实例。例如，这些处理可以与除了 9A 至 9C 中所示的那些之外的网络设备一起使用。任何计算机、路由器、服务器、无线设备或相同的机器可实现这些处理。这些处理也能被用于同类网络中。这些处理能用于具有除了图 1 和 2 中所示的那些配置之外的配置的网络，包括具有有线和无线部分两者的网络。这些处理不限于在此所说明的协议和数据传输方法，而是普遍地适用的。

此处所说明的处理可能以不同的序列实现和/或可能省略其中的部分。因此，对该处理的进一步实现的操作不限于此处说明的流程。

不同实例的元件可能被组合在一起以形成上述未专门说明的另一个实例。在此未专门说明的其它实例也处于后面的权利要求的范围内。

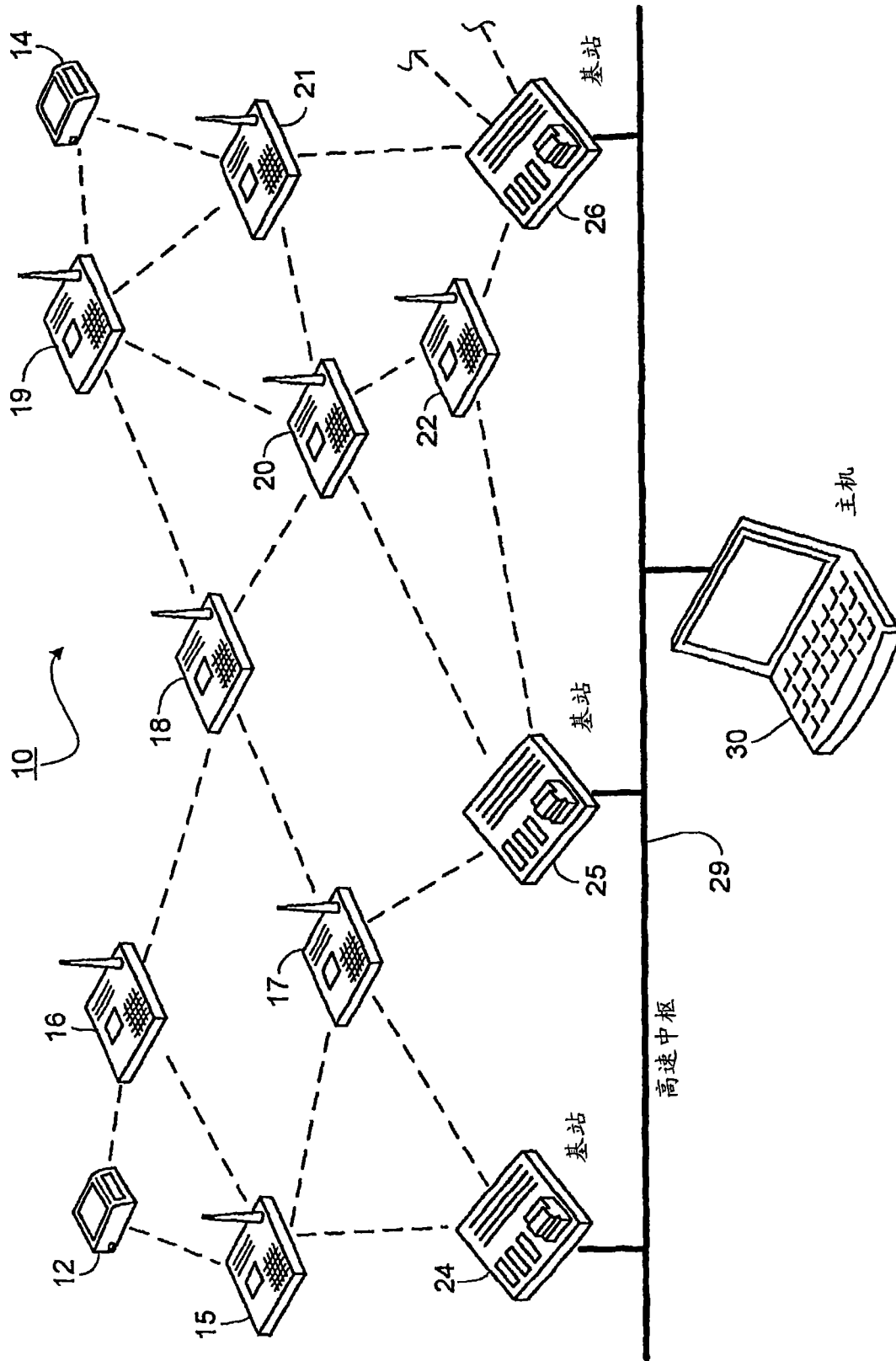


图 1

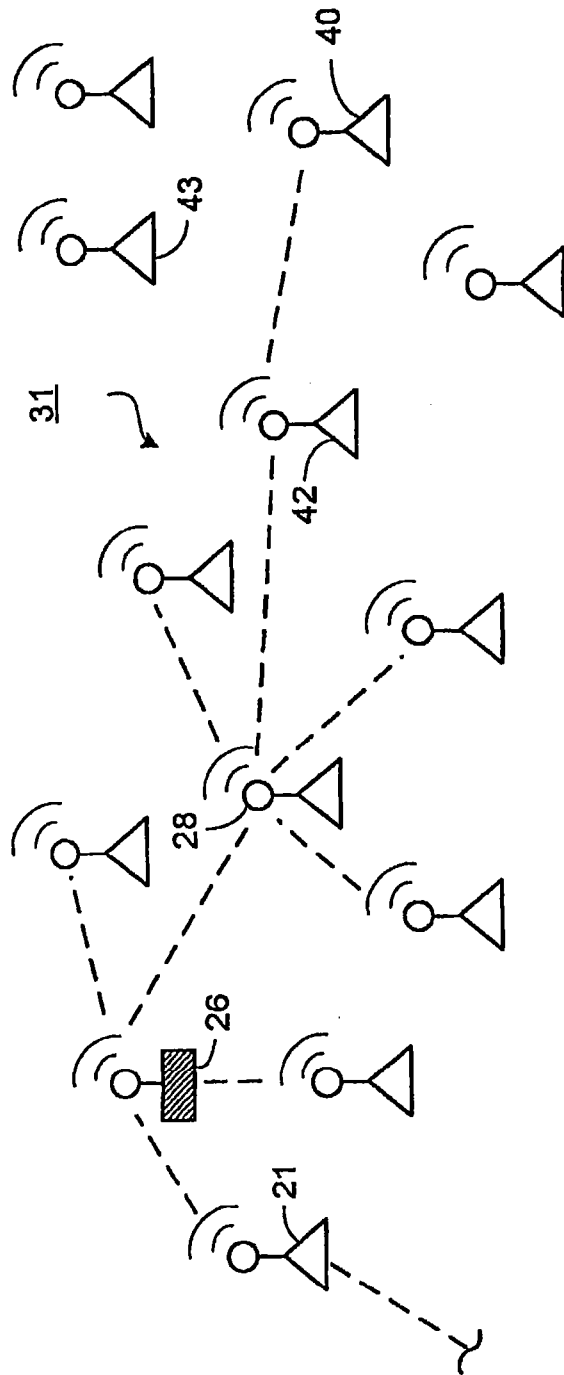


图 2

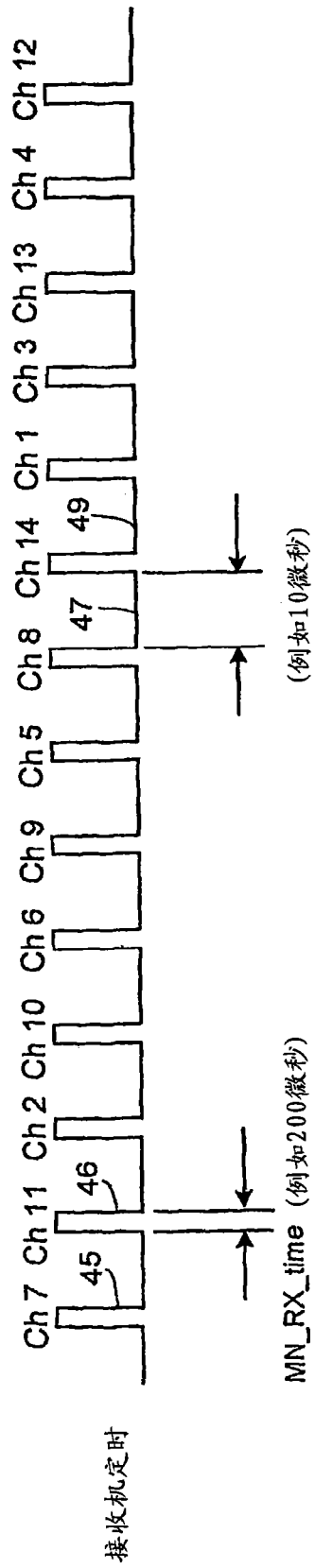


图 3

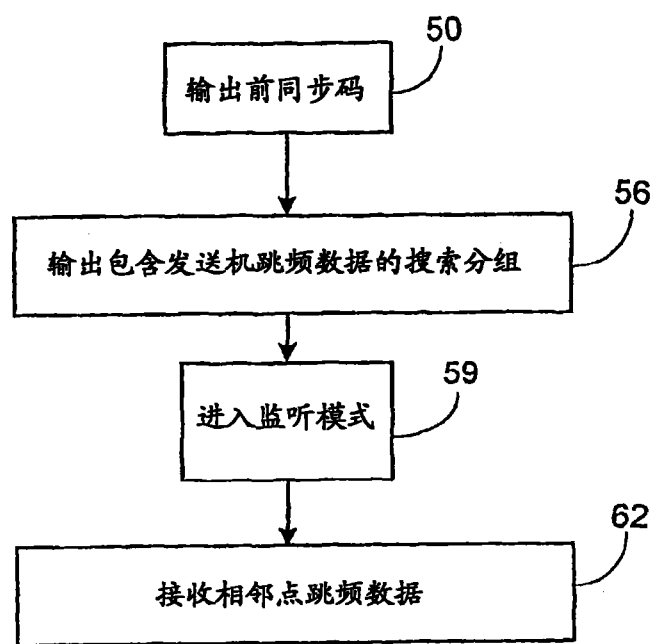


图 4

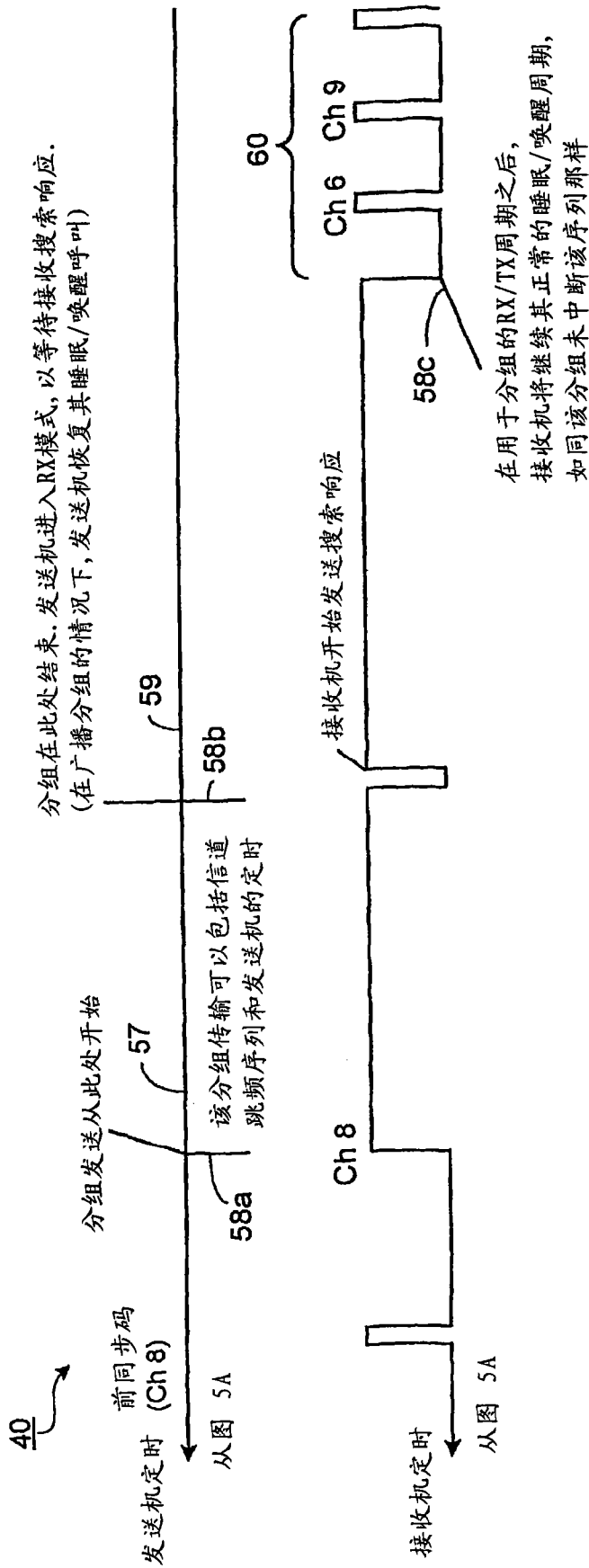


图 5B

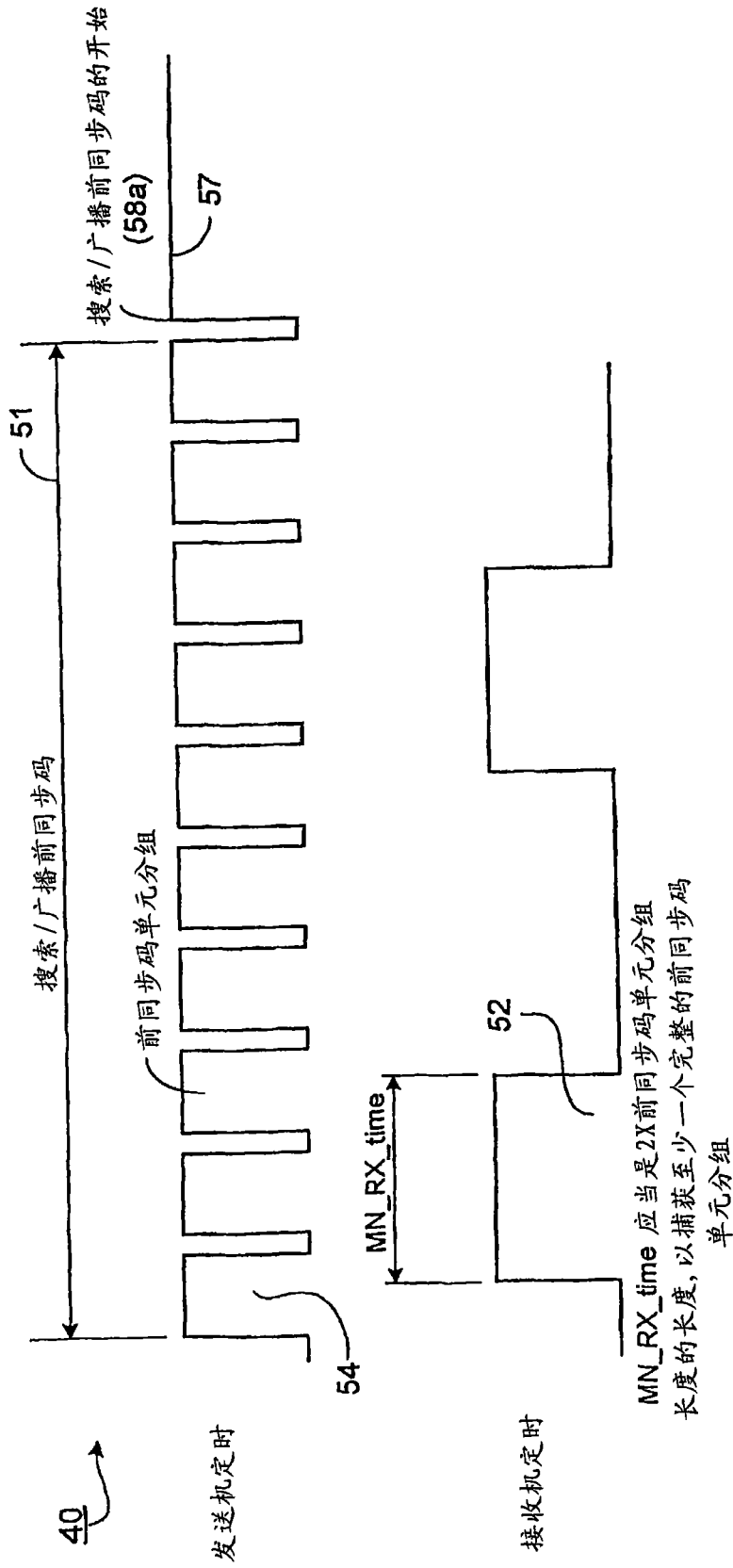


图 6

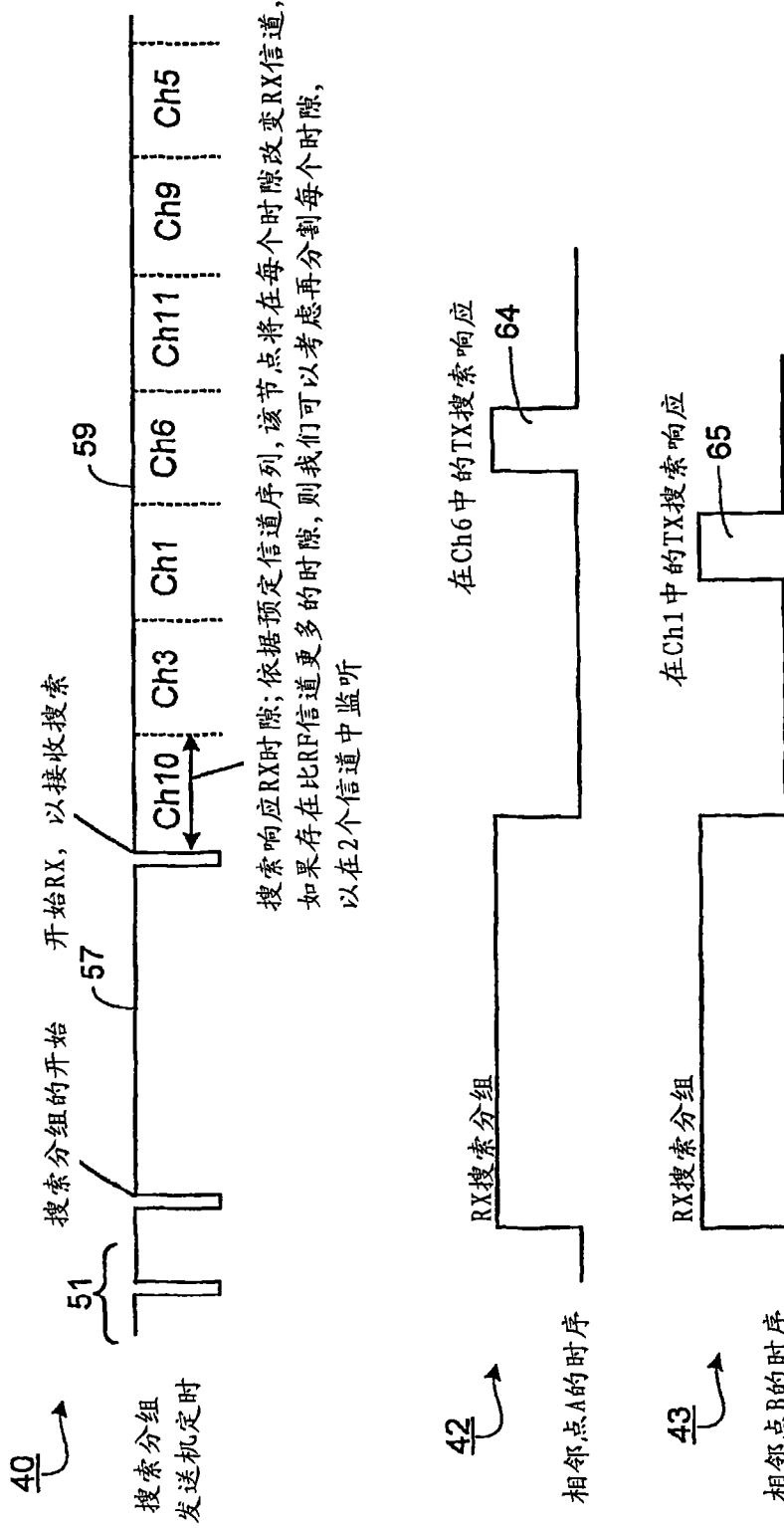


图 7

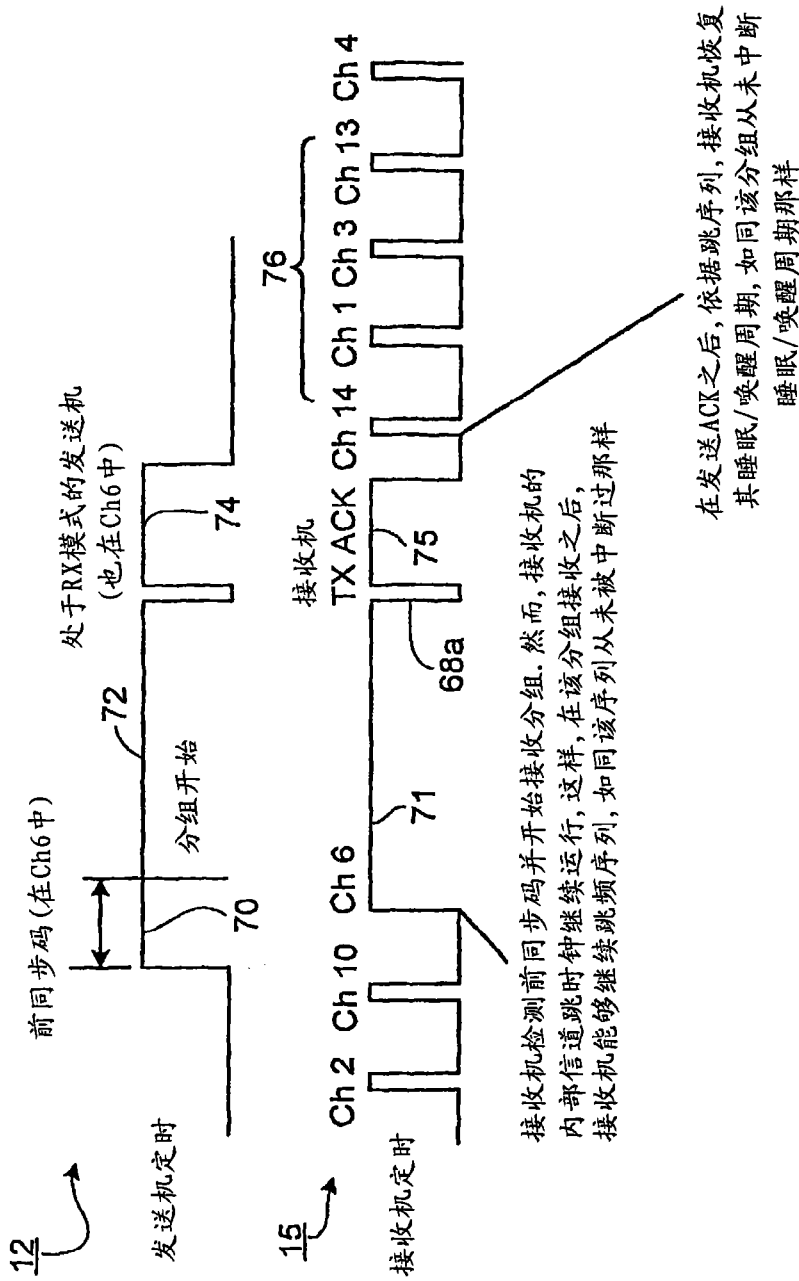


图 8

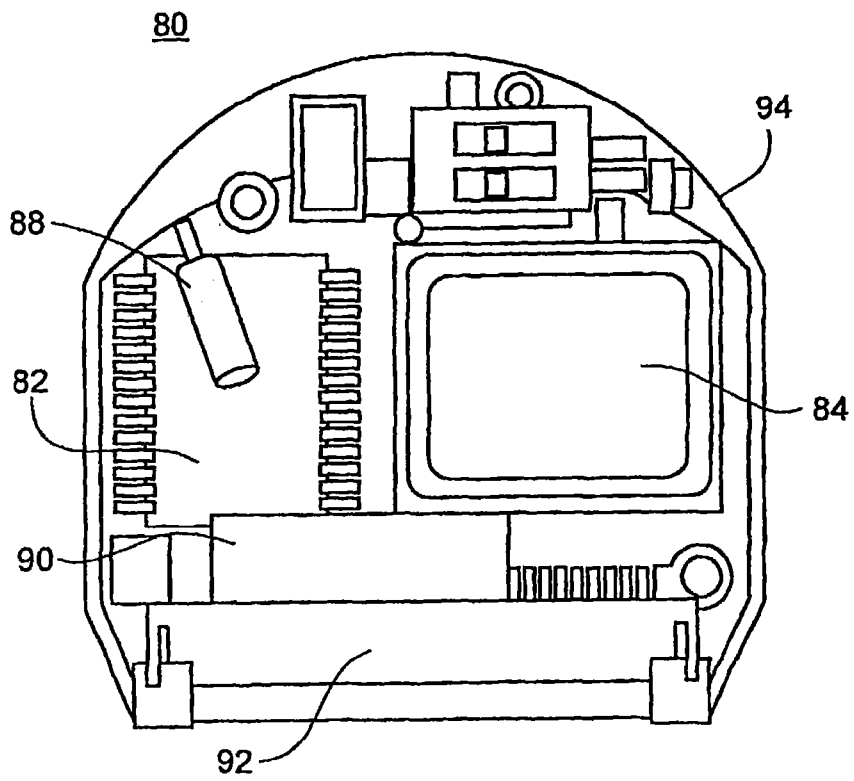


图 9A

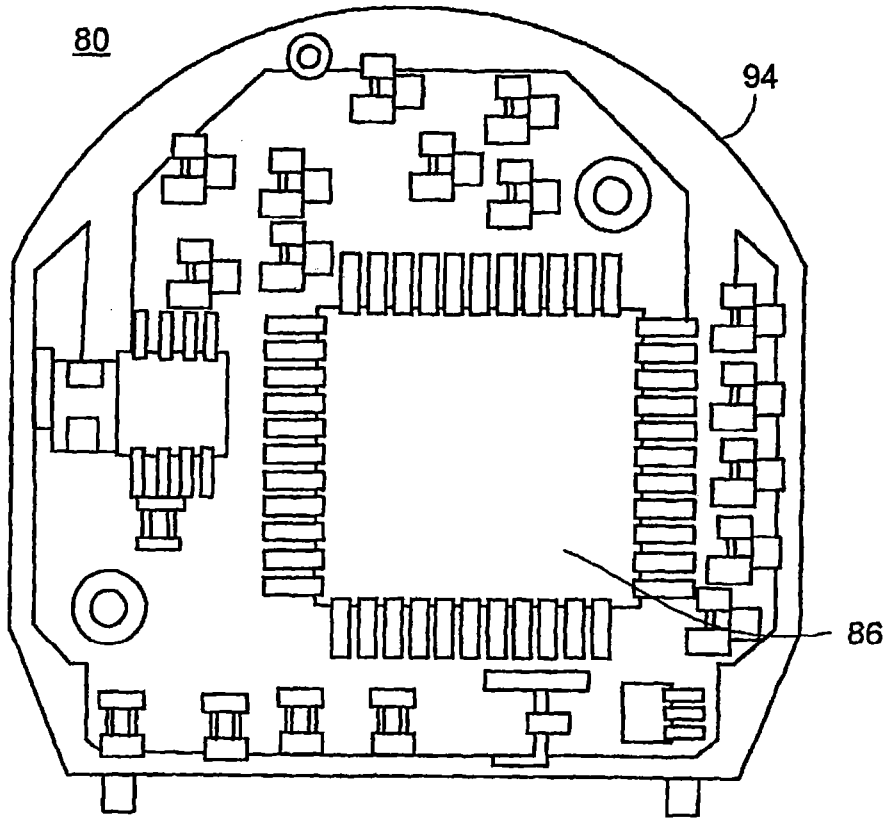


图 9B

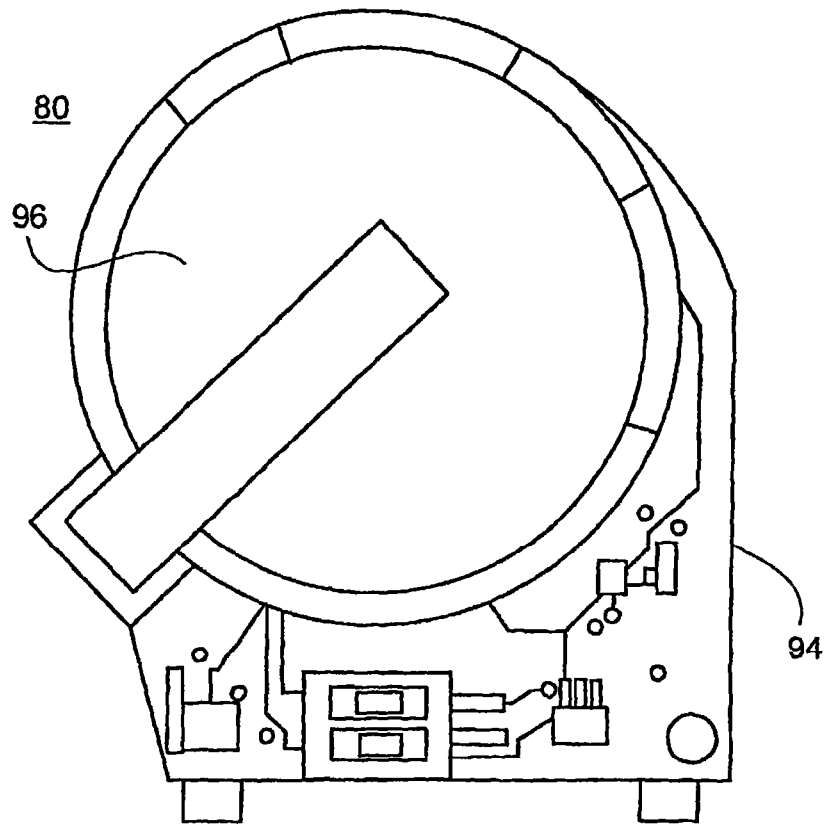


图 9C