



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 109257725 B

(45) 授权公告日 2021.09.21

(21) 申请号 201810762075.1

H04W 72/08 (2009.01)

(22) 申请日 2018.07.12

(56) 对比文件

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 109257725 A

US 2016157078 A1, 2016.06.02

CN 105357632 A, 2016.02.24

CN 105282747 A, 2016.01.27

(43) 申请公布日 2019.01.22

CN 105704645 A, 2016.06.22

CN 105744541 A, 2016.07.06

(30) 优先权数据

CN 103517293 A, 2014.01.15

15/650,405 2017.07.14 US

CN 104902545 A, 2015.09.09

(73) 专利权人 硅实验室公司

CN 105704725 A, 2016.06.22

地址 美国德克萨斯州

CN 105704725 A, 2016.06.22

(72) 发明人 J·M·克纳皮拉

CN 105553508 A, 2016.05.04

(74) 专利代理机构 北京纪凯知识产权代理有限公司 11245

CN 104951413 A, 2015.09.30

CN 106851777 A, 2017.06.13

代理人 赵志刚 赵蓉民

CN 104168622 A, 2014.11.26

CN 106797644 A, 2017.05.31

(51) Int. Cl.

US 2017086204 A1, 2017.03.23

US 2010317289 A1, 2010.12.16

H04W 4/80 (2018.01)

H04W 8/00 (2009.01)

H04W 48/10 (2009.01)

H04W 72/00 (2009.01)

H04W 72/06 (2009.01)

审查员 张亚莉

权利要求书6页 说明书15页 附图15页

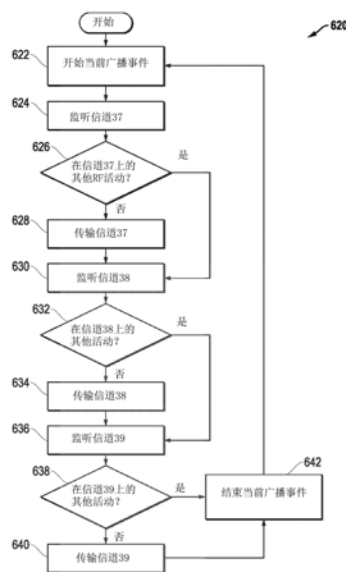
(54) 发明名称

用于自适应扫描和/或广播的系统和方法

(57) 摘要

本申请公开用于自适应扫描和/或广播的系统和方法。提供了可以被实施为自适应地控制无线网络环境中的多个广播信道上的广播和/或扫描操作的系统和方法。在一个示例中,无线设备可以监测在第一无线网络协议(诸如BLE无线网络协议)的多个广播信道中的一个或多个的频率上的来自其他协议(例如,诸如Wi-Fi或Zigbee)的无线活动。通过动态地改变在任何给定的时间使用的用于广播和/或扫描的广播信道的标识,无线设备可以实时响应于在第一协议的一个或多个广播信道上所检测到的来自其他协议的无线活动的存在。

CN 109257725 B



1. 一种将无线设备操作为广播设备的方法,包括:

监测多个RF广播信道以在多个不同RF广播信道中的每个上检测射频信号活动即RF信号活动的存在;和

基于在给定的RF广播信道上检测到的RF信号活动的存在,确定是否在所述给定的RF广播信道中的每个上从所述无线设备传输广播包;以及

其中所述方法进一步包括:

执行在多个单独的监听窗口期间监测所述多个RF广播信道的步骤,以在所述单独的监听窗口中的每个期间在所述多个不同RF广播信道中的每个上检测射频信号活动即RF信号活动的存在;并且

然后基于在所述多个单独的监听窗口期间在所述给定的RF广播信道上的RF信号活动的所述检测,确定是否在所述给定的RF广播信道中的每个上传输广播包。

2. 根据权利要求1所述的方法,进一步包括在没有检测到RF信号活动存在的所述多个RF广播信道中的任何一个上传输广播包。

3. 根据权利要求1所述的方法,进一步包括通过以下步骤,尝试在当前广播事件期间根据定义的优先级顺序一次一个地在所述多个RF广播信道中的每个上传输所述广播包:

首先确定先前在每个给定的RF广播信道上是否检测到RF信号活动的存在;并且然后:

如果确定先前在所述给定的RF广播包上没有检测到RF信号活动,则根据定义的优先级顺序,按调度在所述当前广播事件期间在给定的RF广播信道上传输所述广播包,并且

如果确定先前在所述给定的RF广播包上检测到RF信号活动的存在,则在所述当前广播事件期间跳过在所述给定的RF广播信道上传输所述广播包。

4. 根据权利要求1所述的方法,进一步包括通过以下步骤,尝试在多个顺序广播事件中的每个期间根据定义的优先级顺序一次一个地在所述多个RF广播信道中的每个上传输所述广播包:

首先在当前广播事件期间或在所述当前广播事件之前的最近的先前广播事件期间,确定先前在每个给定的RF广播信道上是否检测到RF信号活动的存在;并且然后:

如果在所述当前广播事件期间或在所述当前广播事件之前的最近的广播事件期间,确定先前在所述给定的RF广播包上没有检测到RF信号活动,则根据所述定义的优先级顺序,按调度在所述当前广播事件期间在给定的RF广播信道上传输所述广播包,并且

如果在所述当前广播事件期间或在所述当前广播事件之前的最近的广播事件期间,确定先前在所述给定的RF广播包上检测到RF信号活动的存在,则在所述当前广播事件期间跳过在所述给定的RF广播信道上传输所述广播包。

5. 根据权利要求1所述的方法,进一步包括通过在顺序广播事件中的每个期间执行以下步骤,尝试在多个顺序广播事件中的每个期间根据定义的优先级顺序一次一个地在所述多个RF广播信道中的每个上传输所述广播包:

首先在试图在所述给定的RF广播信道上传输所述广播包之前,直接监测以在当前广播事件期间在每个给定的RF广播信道上检测RF信号活动的存在;并且然后:

如果在试图在所述当前广播事件期间传输所述给定的RF广播包之前,直接确定在所述当前广播事件期间没有检测到RF信号活动,则根据所述定义的优先级顺序,按调度在所述当前广播事件期间在给定的RF广播信道上传输所述广播包,并且

如果在试图在所述当前广播事件期间传输所述给定的RF广播包之前,直接确定在所述当前广播事件期间检测到RF信号活动的存在,则在所述当前广播事件期间跳过在所述给定的RF广播信道上传输所述广播包。

6. 根据权利要求1所述的方法,进一步包括通过在顺序广播事件中的每个期间执行以下步骤,尝试在多个顺序广播事件中的每个期间根据定义的优先级顺序一次一个地在所述多个RF广播信道中的每个上传输所述广播包:

首先在当前广播事件之前的最近的广播事件期间,确定先前在每个给定的RF广播信道上是否检测到RF信号活动的存在;并且然后:

如果在试图在所述当前广播事件期间传输所述给定的RF广播包之前,直接确定在所述当前广播事件期间没有检测到RF信号活动,则根据所述定义的优先级顺序,按调度在所述当前广播事件期间在给定的RF广播信道上传输所述广播包,并且

如果在试图在所述当前广播事件期间传输所述给定的RF广播包之前,直接确定在所述当前广播事件期间检测到RF信号活动的存在,则在所述当前广播事件期间跳过在所述给定的RF广播信道上传输所述广播包;以及

然后在所述当前广播事件期间在所述给定的RF广播信道上传输所述广播包或跳过所述广播包的传输之后,直接监测以在所述给定的RF广播信道上检测RF信号活动的存在。

7. 根据权利要求1所述的方法,其中所述无线设备是支持低功耗蓝牙的设备,即支持BLE的设备;并且其中所述多个RF广播信道是BLE广播信道。

8. 一种将无线设备操作为广播设备的方法,包括:

监测多个RF广播信道以在多个不同RF广播信道中的每个上检测射频信号活动即RF信号活动的存在;和

基于在给定的RF广播信道上检测到的RF信号活动的存在,确定是否在所述给定的RF广播信道中的每个上从所述无线设备传输广播包;以及

其中所述方法进一步包括:

执行在至少一个信道质量扫描周期期间监测所述多个RF广播信道中的每个的步骤,

然后生成信道质量图以指示在所述信道质量扫描周期期间检测到的所述多个RF广播信道中的一个或更多个上的其他RF信号活动的存在,并且

然后基于从所述信道质量图所指示的在所述多个RF广播信道中的一个或更多个上的其他RF信号活动的存在,确定是否在当前广播事件期间在所述给定的RF广播信道中的每个上传输广播包,并且

其中该方法进一步包括在任何广播事件之外并且在开始所述当前广播事件之前执行所述信道质量扫描周期。

9. 一种将无线设备操作为扫描设备的方法,包括:

使用多个监听窗口的扫描序列,以根据定义的信道优先级顺序在多个不同射频广播信道即RF广播信道上监听广播包,所述定义的信道优先级顺序包括分配给多个RF广播信道中的每个的相应监听窗口时间;

在其相应的监听窗口时间期间在所述多个不同RF广播信道中的每个上监测无关RF信号活动的存在,所述无关RF信号活动包括不具有正确访问地址即正确AA的RF信号,该正确访问地址对应于由所述扫描设备使用的当前无线协议的广播包;

基于在其监听窗口时间期间在至少一个所述RF广播信道上检测到所述无关RF信号活动,确定是否修改当前或未来扫描序列的所述定义的信道优先级顺序;并且

然后如果基于包括不具有对应于由所述扫描设备使用的当前无线协议的广播包的正确访问地址即正确AA的RF信号的所述无关RF信号活动的被检测存在而确定为是,则修改所述当前或未来扫描序列的所述定义的信道优先级顺序。

10. 根据权利要求9所述的方法,进一步包括:

在分配给第一RF广播信道的第一监听窗口期间在所述第一RF广播信道上监听广播包;  
在所述第一监听窗口期间在所述第一RF广播信道上监测所述无关RF信号活动的存在;

和

如果在所述第一监听窗口期间在所述第一RF广播信道上检测到所述无关RF信号活动,则通过切换为在所述第一监听窗口期间在第二且不同的RF广播信道上监听广播包来修改所述信道优先级顺序,否则根据所述定义的信道优先级顺序在所述第一监听窗口期间在所述第一RF广播信道上继续监听广播包。

11. 根据权利要求9所述的方法,进一步包括:

在第一扫描序列的第一监听窗口期间在第一RF广播信道上监听广播包,所述第一监听窗口被分配给所述第一RF广播信道;

在所述第一扫描序列的所述第一监听窗口期间在所述第一RF广播信道上监测所述无关RF信号活动的存在;

通过在所述第一扫描序列的所述第一监听窗口期间在所述第一RF广播信道上继续监听广播包来完成所述第一扫描序列的所述第一监听窗口;和

如果在所述第一扫描序列的所述第一监听窗口期间在所述第一RF广播信道上检测到所述无关RF信号活动,则通过从跟随所述第一扫描序列的第二扫描序列中省略所述第一RF广播信道的监听窗口来修改所述第二扫描序列的所述信道优先级顺序,否则根据所述定义的信道优先级顺序,在所述第二扫描序列的第一监听窗口期间在所述第一RF广播信道上监听广播包。

12. 根据权利要求9所述的方法,其中所述无线设备是支持低功耗蓝牙的设备,即支持BLE的设备;并且其中所述多个RF广播信道是BLE广播信道。

13. 一种将无线设备操作作为扫描设备的方法,包括:

使用多个监听窗口的扫描序列,以根据定义的信道优先级顺序在多个不同射频广播信道即RF广播信道上监听广播包,所述定义的信道优先级顺序包括分配给多个RF广播信道中的每个的相应监听窗口时间;

在其相应的监听窗口时间期间在所述多个不同RF广播信道中的每个上监测无关RF信号活动的存在;

基于在其监听窗口时间期间在至少一个所述RF广播信道上检测到所述无关RF信号活动,确定是否修改当前或未来扫描序列的所述定义的信道优先级顺序;并且

如果确定为是,则修改所述当前或未来扫描序列的所述定义的信道优先级顺序;

其中所述方法进一步包括仅当在所述RF广播信道的至少一个上的所述无关RF信号活动的检测的时间段满足最大监听时间阈值时,确定修改所述当前或未来扫描序列的所述定义的信道优先级顺序。

14. 一种装置,其包括耦合到无线电电路的至少一个处理设备并经配置以作为无线广播设备耦合到天线,所述至少一个处理设备经编程以控制所述广播设备以:

监测多个RF广播信道以在所述多个不同RF广播信道中的每个上检测射频信号活动即RF信号活动的存在;并且

基于在给定的RF广播信道上检测到的RF信号活动的存在,确定是否在所述给定的RF广播信道中的每个上从无线设备传输广播包;

其中所述至少一个处理设备进一步经编程以:

执行在多个单独的监听窗口期间监测所述多个RF广播信道的步骤,以在所述单独的监听窗口中的每个期间在所述多个不同RF广播信道中的每个上检测射频信号活动即RF信号活动的存在,并且

然后基于在所述多个单独的监听窗口期间在所述给定的RF广播信道上的RF信号活动的所述检测,确定是否在所述给定的RF广播信道中的每个上传输广播包。

15. 根据权利要求14所述的装置,其中所述至少一个处理设备进一步经编程以通过以下步骤,尝试在当前广播事件期间根据定义的优先级顺序一次一个地在所述多个RF广播信道中的每个上传输所述广播包:

首先确定先前在每个给定的RF广播信道上是否检测到RF信号活动的存在;并且然后:

如果确定先前在给定的RF广播包上没有检测到RF信号活动,则根据所述定义的优先级顺序,按调度在所述当前广播事件期间在所述给定的RF广播信道上传输所述广播包,并且

如果确定先前在所述给定的RF广播包上检测到RF信号活动的存在,则在所述当前广播事件期间跳过在所述给定的RF广播信道上传输所述广播包。

16. 根据权利要求14所述的装置,其中所述至少一个处理设备进一步经编程以通过在顺序广播事件中的每个期间执行以下步骤,尝试在多个顺序广播事件中的每个期间根据定义的优先级顺序一次一个地在所述多个RF广播信道中的每个上传输所述广播包:

首先在试图在所述给定的RF广播信道上传输所述广播包之前,直接监测以在当前广播事件期间在每个给定的RF广播信道上检测RF信号活动的存在;并且然后:

如果在试图在所述当前广播事件期间传输所述给定的RF广播包之前,直接确定在所述当前广播事件期间没有检测到RF信号活动,则根据所述定义的优先级顺序,按调度在所述当前广播事件期间在给定的RF广播信道上传输所述广播包,并且

如果在试图在所述当前广播事件期间传输所述给定的RF广播包之前,直接确定在所述当前广播事件期间检测到RF信号活动的存在,则在所述当前广播事件期间跳过在所述给定的RF广播信道上传输所述广播包。

17. 根据权利要求14所述的装置,其中所述至少一个处理设备进一步经编程以通过在顺序广播事件中的每个期间执行以下步骤,尝试在多个顺序广播事件中的每个期间根据定义的优先级顺序一次一个地在所述多个RF广播信道中的每个上传输所述广播包:

首先在当前广播事件之前的最近的广播事件期间,确定先前在每个给定的RF广播信道上是否检测到RF信号活动的存在;并且然后:

如果在试图在所述当前广播事件期间传输所述给定的RF广播包之前,直接确定在所述当前广播事件期间没有检测到RF信号活动,则根据所述定义的优先级顺序,按调度在所述当前广播事件期间在给定的RF广播信道上传输所述广播包,并且

如果在试图在所述当前广播事件期间传输所述给定的RF广播包之前,直接确定在所述当前广播事件期间检测到RF信号活动的存在,则在所述当前广播事件期间跳过在所述给定的RF广播信道上传输所述广播包;并且

然后在所述当前广播事件期间在所述给定的RF广播信道上传输所述广播包或跳过所述广播包的传输之后,直接监测以在所述给定的RF广播信道上检测RF信号活动的存在。

18. 根据权利要求14所述的装置,其中所述无线设备是支持低功耗蓝牙的设备,即支持BLE的设备;并且其中所述多个RF广播信道是BLE广播信道。

19. 一种装置,其包括耦合到无线电电路的至少一个处理设备并经配置以作为无线广播设备耦合到天线,所述至少一个处理设备经编程以控制所述广播设备以:

监测多个RF广播信道以在多个不同RF广播信道中的每个上检测射频信号活动即RF信号活动的存在;并且

基于在给定的RF广播信道上检测到的RF信号活动的存在,确定是否在所述给定的RF广播信道中的每个上从无线设备传输广播包;

其中所述至少一个处理设备进一步经编程以:

在任何广播事件之外并且在开始当前广播事件之前的至少一个信道质量扫描周期期间,监测所述多个RF广播信道中的每个,

然后生成信道质量图以指示在所述信道质量扫描周期期间检测到的所述多个RF广播信道中的一个或更多个上的其他RF信号活动的存在,并且

然后基于从所述信道质量图中所指示的在所述多个RF广播信道中的一个或更多个上的其他RF信号活动的存在,来确定是否在当前广播事件期间在所述给定的RF广播信道中的每个上传输广播包。

20. 一种装置,其包括耦合到无线电电路的至少一个处理设备并经配置以作为无线扫描设备耦合到天线,所述至少一个处理设备经编程以控制所述扫描设备以:

使用多个监听窗口的扫描序列,根据定义的信道优先级顺序在多个不同射频(RF)广播信道即RF广播信道上监听广告包,所述定义的信道优先级顺序包括分配给多个RF广播信道中的每个的相应监听窗口时间;

在其相应的监听窗口时间期间在所述多个不同RF广播信道中的每个上监测无关RF信号活动的存在,所述无关RF信号活动包括不具有正确访问地址即正确AA的RF信号,所述正确访问地址对应于由所述扫描设备使用的当前无线协议的广播包;

基于在其监听窗口时间期间在所述RF广播信道中的至少一个上的所述无关RF信号活动的检测,确定是否修改当前或未来扫描序列的所述定义的信道优先级顺序;并且

然后如果基于包括不具有对应于由所述扫描设备使用的当前无线协议的广播包的正确访问地址即正确AA的RF信号的所述无关RF信号活动的被检测存在而确定为是,则修改所述当前或未来扫描序列的所述定义的信道优先级顺序。

21. 根据权利要求20所述的装置,其中所述至少一个处理设备进一步经编程以:

在分配给第一RF广播信道的第一监听窗口期间在所述第一RF广播信道上监听广播包;

在所述第一监听窗口期间在所述第一RF广播信道上监测所述无关RF信号活动的存在;

和

如果在所述第一监听窗口期间在所述第一RF广播信道上检测到所述无关RF信号活动,

则通过切换为在所述第一监听窗口期间在第二且不同的RF广播信道上监听广播包来修改所述信道优先级顺序,否则根据所述定义的信道优先级顺序在所述第一监听窗口期间在所述第一RF广播信道上继续监听广播包。

22. 根据权利要求20所述的装置,其中所述至少一个处理设备进一步经编程以:

在第一扫描序列的第一监听窗口期间在第一RF广播信道上监听广播包,所述第一监听窗口被分配给所述第一RF广播信道;

在所述第一扫描序列的所述第一监听窗口期间在所述第一RF广播信道上监测所述无关RF信号活动的存在;

通过在所述第一扫描序列的所述第一监听窗口期间在所述第一RF广播信道上继续监听广播包来完成所述第一扫描序列的所述第一监听窗口;和

如果在所述第一扫描序列的所述第一监听窗口期间在所述第一RF广播信道上检测到所述无关RF信号活动,则通过从跟随所述第一扫描序列的第二扫描序列中省略所述第一RF广播信道的监听窗口来修改所述第二扫描序列的所述信道优先级顺序,否则根据所述定义的信道优先级顺序,在所述第二扫描序列的第一监听窗口期间在所述第一RF广播信道上监听广播包。

23. 根据权利要求20所述的装置,其中无线设备是支持低功耗蓝牙的设备,即支持BLE的设备;并且其中所述多个RF广播信道是BLE广播信道。

24. 一种装置,其包括耦合到无线电电路的至少一个处理设备并经配置以作为无线扫描设备耦合到天线,所述至少一个处理设备经编程以控制所述扫描设备以:

使用多个监听窗口的扫描序列,根据定义的信道优先级顺序在多个不同射频(RF)广播信道即RF广播信道上监听广告包,所述定义的信道优先级顺序包括分配给多个RF广播信道中的每个的相应监听窗口时间;

在其相应的监听窗口时间期间在所述多个不同RF广播信道中的每个上监测无关RF信号活动的存在;

基于在其监听窗口时间期间在所述RF广播信道中的至少一个上的所述无关RF信号活动的检测,确定是否修改当前或未来扫描序列的所述定义的信道优先级顺序;并且

如果确定为是,则修改所述当前或未来扫描序列的所述定义的信道优先级顺序;

其中所述至少一个处理设备进一步经编程以仅当在所述RF广播信道中的至少一个上的所述无关RF信号活动的所述检测的时间段满足最大监听时间阈值时,修改所述当前或未来扫描序列的所述定义的信道优先级顺序。

## 用于自适应扫描和/或广播的系统和方法

### 技术领域

[0001] 所公开的系统和方法涉及无线通信,并且更具体地涉及无线通信环境中的广播(advertising)和扫描。

### 背景技术

[0002] 低功耗蓝牙(BLE)涉及蓝牙无线无线电技术。它为短距离内无线设备的低功耗和低延迟应用而设计。当今,BLE应用可以从医疗保健、健身、安全、智能能源、工业自动化和家庭娱乐中找到。然而,BLE不仅限于这些,而且越来越多的利用BLE技术的新应用被设计出来。

[0003] BLE和传统蓝牙之间的区别在于BLE设备与传统蓝牙设备相比消耗非常少的通信功率。另外,BLE能够比传统蓝牙更快地开始数据传输。这使不断地启用BLE设备并且与其他设备间歇地通信成为可能。

[0004] 在BLE技术中,一个或更多个所谓的从设备能够被连接到主设备。为了让主(设备)在连接之前知道从设备,从设备(或者那时的“广播器(advertiser)”)可以,以伪随机间隔,周期性地传递主设备(又称为扫描器设备,即“扫描器”)正在扫描的广播包。取决于由从设备发送的广播包的类型,主设备可以通过请求与从设备的连接来响应于接收的广播包,或者可以通过从广播设备请求进一步的信息来作出响应。

[0005] BLE规范(蓝牙规范版本4.0、4.1、4.2)要求以T<sub>advEvent</sub>间隔在广播模式中从BLE广播设备周期性地传输单独的BLE广播包。T<sub>advEvent</sub>由两部分组成:advInterval是固定的时间值,以及advDelay是伪随机延迟时间,其用于添加从0到10毫秒的伪随机抖动。在蓝牙网格网络环境中以广播模式操作的BLE广播设备使用三个不同的广播信道(BLE信道37、38和39)来传输广播(或广播)数据。蓝牙网格网络当前使用广播信道来传输数据,来自其他网络协议(如Wi-Fi或Zigbee协议)的干扰可以引起在这些信道中的传输错误。由于与支持蓝牙的手机的兼容性,蓝牙网格设备也支持通过蓝牙连接传输数据。

[0006] BLE广播设备通常以固定的序列在每个广播信道(BLE信道37、38和39)上传输相同的广播数据,以试图补偿来自其他无线网络协议(如Wi-Fi和Zigbee)的与一个或更多个广播信道的可能的干扰。在相同网络环境中的BLE扫描设备以固定序列在被扫描的广播信道之间切换,以扫描所有广播信道上的包。在这样的网络环境中,扫描传输的广播包的BLE设备事先不知道广播设备将在哪个信道上以及在何时传输其下一个广播包。

### 发明内容

[0007] 本文公开了可以被实施为在无线网络环境中的多个广播信道上自适应地控制广播和/或扫描操作的系统和方法,例如,诸如BLE网格网络环境或任何其他类型的BLE或者利用多个广播信道的其他无线协议网络。在一个实施例中,所公开的系统和方法可以有利地由无线设备来实施,以监测在第一无线网络协议(诸如BLE无线网络协议)的多个广播信道中的一个或更多个的频率上的来自其他共存协议(例如,诸如Wi-Fi或Zigbee)的无线活动。



通过动态地改变在任何给定的时间使用的用于广播和/或扫描的广播信道的标识(identity),第一协议的无线设备可以实时响应于在第一协议的一个或多个广播信道上所检测到的来自其他协议的无线活动的存在。以这种方式,可以在一个实施例中实施所公开的系统和方法,通过克服固定序列和非自适应传统广播信道选择算法的不佳性能(其可以出现在拥挤的网络环境中,例如网格网络环境)的方式,来补偿在广播设备和/或扫描设备操作期间在广播信道上遇到的干扰。

[0008] 在一个示例性实施例中,广播设备可以在下一个调度传输时间之前,监听(listen)在给定的广播信道上的广播包,以在用于传输广播包的下一个调度时间之前在给定的信道上检测是否存在任何其它射频(RF)信号活动。在一个实施例中,在相同信道上传输广播包(即,在相同广播事件期间,根据定义的信道优先级顺序,在多个不同广播信道中的每个上进行传输)之前,广播设备可以立即监听在给定的信道上的其它RF信号活动。在另一个实施例中,在相同信道上传输广播包之后,广播设备可以立即监听在给定的信道上的其它RF信号活动。在任何情况下,当在任何给定的信道上检测到其他信号活动时,广播设备可以跳过在给定的信道上的广播包的下一个调度传输,无论其调度发生在当前广播事件期间还是在未来(例如,下一个)广播事件期间。相反,在再次尝试根据定义的信道优先级顺序在给定的广播信道上传输广播包之前,广播设备可以尝试在跳过的广播信道之后被调度用于传输的每个其他广播信道上传输广播包。在进一步的实施例中,当广播设备在给定的信道上检测到其他RF信号活动的存在已经存在了满足或超过定义的信号活动最小时间阈值的持续时间时,广播设备可以仅跳过在给定的广播信道上的广播包的传输。在此进一步的实施例中,即使广播设备在给定的信道上检测到其他信号活动的存在,如果其他信号活动尚未存在了满足信号活动最小时间阈值的持续时间,那么广播设备可以在给定的信道上传输广播包。

[0009] 在另一个示例性实施例中,扫描设备可以在给定的广播信道上进行监听,以在多个广播信道的当前扫描序列期间检测给定的广播信道上的任何RF信号活动。扫描设备可以在给定的广播信道上继续正常扫描,只要在给定的信道上没有检测到不具有正确访问地址(AA)的信号活动,该正确访问地址对应于由扫描设备使用的当前无线协议的广播包。然而,如果扫描设备在给定的信道上检测到不具有正确AA的信号活动,则表明该给定的信道正在被另一协议使用。在这种情况下,扫描设备可以切换为扫描当前扫描序列的另一个广播信道。在进一步的示例性实施例中,在定义的最大信号活动时间阈值(例如,诸如从最大包长度导出的时间)内,当扫描设备在给定的信道上检测到信号活动,但是没有接收到具有对应于广播包的正确AA的任何包时,扫描设备可以仅切换为扫描另一个广播信道。在可替代实施例中,扫描设备可以降低信道优先级,而不是切换为对扫描序列的另一个广播信道进行扫描。在这样的实施例中,当选择要切换到的当前扫描序列的下一个信道时,扫描设备可以实施信道切换算法以考虑该优先级信息。这允许基于变化条件的广播信道扫描时间的动态调整。

[0010] 在一个方面,本文公开了一种将无线设备操作为广播设备的方法,包括:监测多个RF广播信道以在多个不同RF广播信道中的每个上检测射频(RF)信号活动的存在;以及基于在给定的RF广播信道上检测到的RF信号活动的存在,确定是否在每个给定的RF广播信道上从无线设备传输广播包。

[0011] 在另一个方面,本文公开了一种将无线设备操作为扫描设备的方法,包括:使用多个监听窗口的扫描序列,根据定义的信道优先级顺序在多个不同射频(RF)广播信道上监听广告包,该定义的信道优先级顺序包括分配给多个RF广播信道中的每个的相应监听窗口时间;在其相应的监听窗口时间期间在多个不同RF广播信道中的每个上监测无关(extraneous)RF信号活动的存在;基于在其监听窗口时间期间在至少一个RF广播信道上的无关RF信号活动的检测,确定是否修改当前或未来扫描序列的定义的信道优先级顺序;并且如果确定为是,则修改当前或未来扫描序列的定义的信道优先级顺序。

[0012] 在另一个方面,本文公开了一种装置,其包括耦合到无线电电路的至少一个处理设备并经配置以作为无线广播设备耦合到天线。所述至少一个处理设备可以经编程以控制广播设备以:监测多个RF广播信道以在多个不同RF广播信道中的每个上检测射频(RF)信号活动的存在;并基于在给定的RF广播信道上检测到的RF信号活动的存在,确定是否在给定的RF广播信道中的每个上从无线设备传输广播包。

[0013] 在另一个方面,本文公开了一种装置,其包括耦合到无线电电路的至少一个处理设备并经配置以作为无线扫描设备耦合到天线。所述至少一个处理设备可以经编程以控制扫描设备以:使用多个监听窗口的扫描序列,根据定义的信道优先级顺序在多个不同射频(RF)广播信道上监听广告包,所述定义的信道优先级顺序包括分配给多个RF广播信道中的每个的相应监听窗口时间;在其相应的监听窗口时间期间在多个不同RF广播信道中的每个上监测无关RF信号活动的存在;基于在其监听窗口时间期间在至少一个RF广播信道上的无关RF信号活动的检测,确定是否修改当前或未来扫描序列的定义的信道优先级顺序;并且如果确定为是,则修改当前或未来扫描序列的定义的信道优先级顺序。

## 附图说明

[0014] 图1说明了根据所公开的系统和方法的一个示例性实施例的蓝牙无线电模块的简化框图。

[0015] 图2说明了根据所公开的系统和方法的一个示例性实施例的蓝牙智能模块的简化框图。

[0016] 图3A说明了根据所公开的系统和方法的一个示例性实施例的射频(RF)通信环境。

[0017] 图3B说明了根据所公开的系统和方法的一个示例性实施例的顺序(sequential)广播事件和顺序扫描监听窗口的模式。

[0018] 图4A图示了根据所公开的系统和方法的一个示例性实施例的顺序广播事件的模式。

[0019] 图4B图示了根据所公开的系统和方法的一个示例性实施例的顺序广播事件的模式。

[0020] 图4C图示了根据所公开的系统和方法的一个示例性实施例的顺序广播事件的模式。

[0021] 图4D图示了根据所公开的系统和方法的一个示例性实施例的顺序广播事件的模式。

[0022] 图5A图示了根据所公开的系统和方法的一个示例性实施例的顺序扫描监听窗口的模式。

[0023] 图5B图示了根据所公开的系统和方法的一个示例性实施例的顺序扫描监听窗口的模式。

[0024] 图6A说明了根据所公开的系统和方法的一个示例性实施例的方法。

[0025] 图6B说明了根据所公开的系统和方法的一个示例性实施例的方法。

[0026] 图6C说明了根据所公开的系统和方法的一个示例性实施例的方法。

[0027] 图7说明了根据所公开的系统和方法的一个示例性实施例的方法。

[0028] 图8说明了根据所公开的系统和方法的一个示例性实施例的方法。

### 具体实施方式

[0029] 图1说明了以BLE无线电模块100的形式配置的示例无线电装置的简化框图, BLE无线电模块100可以在一个示例性实施例中用作BLE设备, 以实施所公开的系统和方法。虽然本文描述了与在通信中使用BLE协议的BLE设备相关的示例, 但将理解的是, 用于自适应地 (adaptively) 控制广播和/或扫描操作的类似方法可以用于, 采用在多个广播信道(频率)上传输的广播包的任何其他类型的RF通信技术和/或无线电模块硬件和软件/固件配置。

[0030] 如图1所示, BLE模块100包括第一模块部分110, 其包括一个或更多个中央处理单元(CPU)、处理器或其他处理设备以及具有应用数据的存储器。第二模块部分120经配置以实施无线电模块100的链路层和物理层的一部分, 并且包括组件, 诸如无线电仲裁器和寄存器140、链路层引擎125、调制器136和解调器134、接收器130和传输器132、频率合成器138、平衡-不平衡单元(“平衡-不平衡变换器(balun)”)、天线(“ant”)。第二模块120还可以包括混频器、放大器、滤波器和适用于相应的无线电传输和接收操作的其他无线电电路。在一个实施例中, 第二模块部分120可以包括存储器以及一个或更多个微控制器、处理器或经编程或另外配置以执行模块部分120的一个或更多个组件的其他处理设备, 例如, 诸如链路层引擎125。在一个实施例中, 模块部分110的一个或更多个处理设备、存储器和时钟电路可以通过系统总线互连或者一个或更多个其他类型的合适的通信介质(包括一个或更多个电气总线)和/或提供电气通信的中介电路彼此耦合并耦合到模块部分120的组件。在某些实施例中, 模块部分110和120的存储器可以包含指令, 当所述指令由BLE模块100的处理设备执行时, 使BLE模块100能够作为BLE设备来执行本文所描述的功能。例如, 可以使用一个或更多个非易失性存储器(例如, FLASH只读存储器(ROM)、电可编程ROM(EPROM)和/或其他非易失性存储器设备)、和/或一个或更多个易失性存储器(例如, 动态随机存取存储器(DRAM)、静态随机存取存储器(SRAM)和/或其他易失性存储器设备), 来实施BLE模块100的存储器。

[0031] 第二模块部分120包括作为第一模块部分110的无线接口来操作并且如图所示耦合到天线的电路。第二模块部分120可以包括无线电(radio), 该无线电包括基带处理、MAC(介质访问控制)级处理和/或用于BLE包通信的其他物理层处理。第一模块部分110和第二模块部分120的处理设备还可以在操作期间从各种系统存储器读取和写入, 例如, 存储从另一个BLE设备接收到的或传输到另一个BLE设备的包信息。虽然未示出, 但BLE模块120也可以经耦合以接收来自电源的电力, 该电源可以是电池或到永久电源(诸如墙上插座)的连接。

[0032] 第一模块部分110的CPU可以用于实现主机层和应用层, 该应用层包括装置相关的应用(例如, 心率、接近度、血压、时间更新、温度、电池等等)、智能配置文件以及脚本和应用

程序编程接口 (API)。这样的应用层可以能够读取传感器数据 (例如, 来自心率传感器等), 并且将数据报告给主机层, 以用于使用第二模块部分120的蓝牙 (或BLE) 控制器进行传输。链路层引擎125可以用于实现链路层, 该链路层存在以提供超低功率空闲模式操作和设备发现 (即, 连接模式和广播模式处理)。链路层还经配置以控制扫描、包传输和响应。例如, 关于BLE无线电模块及其组件和层的进一步信息可以在美国专利申请公开号2014/0321321、美国专利申请公开号2015/0319600和美国专利申请公开号20150271628中找到, 为了所有目的, 其中每个的全部内容通过引用整体并入本文。

[0033] 在BLE技术中, 一个或更多个所谓的从设备可以连接到主设备。主 (设备) 可以经配置以与一个或更多个从设备进行通信——也可以同时地进行。为了在建立主—从连接之前, 让主设备知道从设备, 从设备 (或者那时的“广播器”) 可以, 以伪随机间隔, 周期性地传递主设备 (那时的扫描器设备, 即“扫描器”) 正在扫描的广播包。

[0034] 可以自从设备传输的示例广播包类型包括:

[0035] ADV\_IND可连接和可扫描的非定向广播事件

[0036] ADV\_DIRECT\_IND可连接的定向广播事件

[0037] ADV\_NONCONN\_IND不可连接或不可扫描的非定向广播事件

[0038] ADV\_SCAN\_IND可扫描的非定向 (不可连接) 广播事件。

[0039] 响应包 (其可以响应于广播设备接收的广播包而由扫描设备传输) 的示例类型包括:

[0040] SCAN\_REQ扫描请求, 其用于请求来自广播器的进一步信息

[0041] CONNECT\_REQ连接请求。

[0042] 如果广播器发送ADV\_IND或ADV\_DIRECT\_IND包, 则希望与广播器交换数据的扫描器可以发送CONNECT\_REQ包。如果广播器接受CONNECT\_REQ包, 则设备将连接并可以开始通信。此时, 广播器成为从 (设备), 并且扫描器成为主 (设备)。连接后, 主设备可以请求与从设备绑定。这意味着设备交换将被存储用于未来连接的密钥或其他加密信息。

[0043] 代替CONNECT\_REQ, 扫描器设备也可以用SCAN\_REQ进行响应, SCAN\_REQ是对来自广播器的进一步信息的请求。这可以作为对ADV\_IND或ADV\_SCAN\_IND广播包的响应被发送。

[0044] 当广播设备从扫描设备接收SCAN\_REQ包时, 广播设备可以通过传输扫描响应 (SCAN\_RSP) 包而给予扫描设备更多的信息。SCAN\_RSP包可以包含关于广播设备的名称以及关于广播设备能够提供的服务的信息。然而, SCAN\_RSP包不限于只携带这些信息, 而且也可以包含其他数据。

[0045] 如所述的, 希望与广播设备连接的扫描设备可以发送CONNECT\_REQ包, 该CONNECT\_REQ包包含关于以下中的一个或更多个的数据: 传输窗口大小 (其为第一数据包定义时间窗口), 传输窗口偏移 (其在传输窗口开始时关闭 (off)), 连接间隔 (其是连接事件之间的时间), 从延迟定义了从 (设备) 可以忽略来自主 (设备) 的连接事件的次数, 连接超时是在认为链路丢失之前在连接中的正确接收的两个包之间的最大时间, 跳数序列 (hop sequence) 是随机数, 其指定跳数的起始点、信道映射、CRC (循环冗余校验) 初始化值。CONNECT\_REQ包发起连接, 即在设备之间建立点对点连接。

[0046] 用于传递广播包的状态被称为“广播状态”, 并且用于连接的状态被称为“连接状态”。在两种状态下都会发生数据传输。从设备可以是传感器或致动器, 诸如温度传感器、心

率传感器、照明用品、接近传感器等。主设备可以是能够收集数据的任何电子设备,例如,移动电话、智能电话、个人数字助理、个人电脑、笔记本电脑、平板电脑等。

[0047] 在广播模式下自从设备发送的包可以包含大约28个字节的数据和从地址。广播信道中的来自主设备的包可以包含扫描器和广播器地址。根据一个实施例,广播信道中的来自主设备的包仅包含主地址。关于BLE操作和通信的进一步信息可以在,例如美国专利申请公开号2014/0321321、美国专利申请公开号2015/0319600以及美国专利申请公开号20150271628中找到,为了所有目的,其中每个的全部内容已通过引用整体并入本文。

[0048] 图2是根据所公开的系统和方法的一个示例性实施例配置的蓝牙智能模块200的应用、主机和BLE控制组件的简化图示。尽管说明了蓝牙智能模块,但将理解的是,所公开的系统和方法可以使用采用广播包的任何其他RF通信技术来实现。例如,可以使用无线电模块100的硬件组件或无线电硬件组件的任何其他适当的组合,来实现蓝牙智能模块200的组件。如图所示,在该实施例中,蓝牙智能模块200包括应用层210、主机层220和蓝牙(或BLE)控制器230。应用层210可以包括,例如,与装置相关的应用212(例如,心率、接近度、血压、时间更新、温度、电池等)、智能配置文件214以及脚本和应用编程接口(API) 216。应用层210能够读取传感器数据(例如,来自心率传感器等),并且将数据报告给主机层220以使用蓝牙(或BLE)控制器230进行传输。主机层220包括通过连接运行的协议。主机层220还包括将要在广播简档(advertisement profile) (GATT) 222、通用访问简档(GAP) 229、属性协议(ATT) 224、安全管理器(SM) 226和逻辑链路控制和适配协议(L2CAP) 228中使用的数据。如图2所示,蓝牙(或BLE)控制器230还包括链路层232、基带234和物理层236(即,物理无线电,射频RF)。

[0049] 仍然参照图2,存在链路层232以提供超低功率空闲模式操作和设备发现(即,连接模式和广播模式处理)。链路层232还经配置以控制包传输和响应。链路层232可以经配置以支持一个或更多个连接252,或者在一个实施例中可以配置有同时运行的多个虚拟链路层,以及调度器(scheduler),其经配置以控制虚拟链路层通过基带234对物理层236的公共无线电资源的访问,其以2016年8月11日提交的美国专利申请序列号15/234,332中所描述的方式来实现,为了所有目的,其全部内容通过引用合并于此。

[0050] 如进一步所示,链路层232包括用于扫描和启动连接的扫描器/启动器状态260、用于广播的广播器状态262、一个或更多个连接252、以及在扫描或广播操作期间,在广播信道(例如,BLE信道37、38和39)上监听RF信号活动的自适应监测器264。自适应监测器264还基于以本文描述的方式在广播信道上检测到的RF信号活动的存在或不存在,实时控制广播信道选择以用于广播和扫描操作(取决于当前链路层状态是广播还是扫描)。应该理解的是,这里描述的BLE广播信道37(2402MHz)、38(2426MHz)和39(2480MHz)仅仅是示例性的,并且所公开的系统和方法可以以与本文所描述的相似的方式实现,以用于具有三个以上广播信道的无线网络协议或者用于具有两个广播信道的无线网络协议所。除了BLE协议之外,所公开的系统和方法也可以被实施用于采用多个广播信道的任何其他无线网络协议(例如,诸如Konnex射频(KNX-RF))。

[0051] 图3A说明了RF通信环境300的一个示例性实施例,其包括以广播模式操作的传输设备(在这种情况下是BLE广播设备100a),该传输设备与在扫描模式下操作的接收设备(在这种情况下是BLE扫描设备100b)进行无线通信。RF通信环境可以是,例如,网络网格环境,

其中多个无线设备在彼此的无线通信中同时操作,例如,诸如BLE网络网络,其中多个BLE设备100中的每个同时执行广播设备100a和扫描设备100b两者的角色。根据其他无线协议(例如,诸如Wi-Fi、Zigbee等)进行传输的无线设备也可以在无线通信环境300中操作。

[0052] 在图3A中图示的实施例中,BLE设备100a和100b中的每个可以包括链路层引擎125,其实施链路层232,以用于分别控制包的传输和接收,如关于图1和图2所描述和说明的。如图3A所示,广播设备100a在广播状态262中使用其链路层232,以控制每次在一个广播信道上传输的广播包,一个或更多个包正由扫描设备100b的链路层接收。广播设备100a的链路层可以使用包传输时序参数,以顺序广播事件312彼此之间确定的时间间隔( $T_{advEvent}$ )来控制顺序广播事件312的时序,如图3B所示,例如使用实施伪随机数生成算法的伪随机数生成器,诸如2016年6月29日提交的美国专利申请序列号15/197,166中所描述的,其全部内容通过引用并入本文。

[0053] 在图3A的每个广播事件312期间,以本文进一步描述的方式,在不同的广播信道上传输广播包。在给定的广播信道上传输可连接的广播包之后,然后广播设备100a的链路层232可以在广播事件312的下一个广播信道上传输可连接的广播包之前,监听来自扫描设备100b的扫描响应。在广播设备100a正在传输不可连接的广播包的情况下,在每个广播包传输之后可能不会发生这样的监听。如本文进一步描述的,在给定的广播事件期间,广播设备100a的链路层232还可以,在相应的监听窗口315期间,在每个广播信道上传输包之前和/或之后进行监听,并且基于在监听窗口315期间的RF信号活动的检测,在相同和/或随后的广播事件312期间,使用其自适应监测器264来修改或改变随后传输广播包350的广播信道。

[0054] 仍然参照图3A,扫描设备100b的链路层在扫描序列311的顺序监听窗口时间314处扫描和监听不同广播信道上的广播包350,扫描序列311的顺序监听窗口时间314通过确定的扫描间隔(如图3B所示的 $scan\_Int$ )彼此间隔开。扫描设备100b的链路层232可以在每个监听窗口314期间监听广播包350,并且使用其自适应监测器264,基于在监听窗口314期间的无关RF信号活动的检测(例如,不具有对应于由扫描设备使用的当前无线协议的广播包的正确访问地址(AA)的RF信号活动),修改或改变在一个或更多个后续监听窗口314期间使用的广播信道。

[0055] 图4A说明了广播包传输时间317(317a、317b、317c等)的模式402,它们可以在给定的不可连接和不可扫描的广播事件312期间发生,例如,根据图3A和图3B的实施例。如图所示,在第一广播信道上重新开始序列以及在第二和随后的广播事件312b中再次重复广播序列等之前,广播设备100a在第一广播事件312a期间在每个广播信道(即,BLE广播信道37、38和39)上顺序地传输相应的广播包350。可以理解的是,图4A的方法也可以用可连接和可扫描的广播事件312来实施。在这样的替代实施例中,广播设备100a可以,在每个传输窗口317期间在给定的广播信道上传输可连接和可扫描的广播包之后,以及在下一个顺序广播信道上传输广播包之前,直接监听扫描响应(SCAN\_RSP)或扫描请求(SCAN\_REQ)(图4A中未示出)。

[0056] 如图4A所示,每个广播事件312在对应的 $T_{advEvent}$ 时间间隔404结束时开始,该时间间隔404由两个部分组成, $advInterval$ ,其是预定的固定时间值(例如,在20毫秒到10,485.759375秒的范围内,是0.625毫秒的整数倍),以及 $advDelay$ ,其是由链路层232产生的伪随机延迟时间(例如,从0毫秒到10毫秒)。在该实施例中,除非另外修改,否则广播设备

100a在广播事件312期间传输广播包350是以在每个广播序列310期间定义的默认优先级顺序进行,使得广播设备100a循环通过所有广播信道,例如,在信道37重新开始以及再次重复该序列等之前,通过信道37、然后信道38、然后信道39(即,37>38>39)。然而,可以为广播序列310定义任何其他合适的默认优先级顺序,例如,诸如从信道38或信道39开始的优先级顺序,和/或以非递增顺序进行的优先级顺序(例如,诸如39>38>37或38>39>37或37>39>38,等等)。

[0057] 如图4A所示,广播设备100a还在监听窗口315期间监测广播广播事件312的每个广播信道的其他RF信号活动,该监听窗口315在相同广播信道上直接进行对应的传输窗口317。这样的其他RF信号活动可以是,例如,在相同频率上操作的另一个无线网络协议(诸如Wi-Fi或Zigbee)的RF信号。对于BLE规范协议广播,10毫秒的最大时间被设置为不同广播信道上邻近传输窗口317的开始之间的最大时间。如图4A所示,对于BLE,广播信道质量测量可以被调度为在传输窗口317之间的该10毫秒的最大时间期间发生。在广播信道上发送每个包之前的这种清除信道评估在一个或多个广播信道上存在间歇干扰的无线网络环境中是特别有用的。

[0058] 如图4A所示,每个监听窗口315的持续时间可以比每个传输窗口317的持续时间短或者更短。在一个实施例中,如果在当前广播事件312期间的任何给定的广播信道上检测到其他RF信号活动,则广播设备100a可以立即跳过当前广播序列312的在该给定的信道上的广播包350的传输,例如,试图仅在当前广播事件312的其他信道上传输给定的广播包350,其中在对应于那些其他信道的监听窗口315期间,针对当前广播事件312的其他信道未检测到其他RF信号活动。

[0059] 例如,图4B说明了一个示例性实施例,其中对于全部第一广播事件312a以及第二广播事件312b的一部分,在BLE广播信道38上存在检测到的其他RF信号活动(如图4B所示的信道38的散列条(hashed bar))。在该实施例中,在此时间期间在其他BLE广播信道37和39上不存在其他RF信号活动。广播设备100a的自适应监测器264相应地在第一广播事件312a的监听窗口315b期间在信道38上检测其他RF信号活动的存在,并且基于对检测到的其他RF信号活动的检测,然后通过跳过广播事件312a期间的在信道38上的广播包350的传输,来修改用于当前广播包350的传输的BLE广播信道优先级顺序。然而,自适应监测器264,如图所示地继续进行在BLE广播信道37和39上(在该信道上,在广播事件312a的监听窗口315a和315c期间没有检测到其他RF信号活动)的广播包350的调度传输。通过在第一广播事件312a的所有广播信道37、38和39上传输广播包350来广播事件317。

[0060] 在完成广播事件312a的修改的广播信道序列之后,如图所示,广播设备100a然后可以在接下来的广播事件312b期间,在广播信道37、38和39中的每个上传输广播包350之前,再次类似地进行监听。在这种情况下,在广播事件312b和312c的任何监听窗口315中在任何广播信道上都没有检测到其他RF信号活动,并且因此将根据广播事件312b和312c期间的未修改的广播信道优先级顺序,在所有BLE广播信道37、38和39上传输广播包350。对于所有后续的广播事件312一遍又一遍地重复该过程。

[0061] 在图4C中说明的另一个实施例中,广播设备100a可以在监听窗口315期间监测不可连接和不可扫描的广播事件312的每个广播信道的其他RF信号活动,该监听窗口315在相同广播信道上直接跟随着对应的传输窗口317,即,在每个广播包传输之后一般不发生包监

听的时间段期间。例如,如图4C所示,在第一广播事件312a和一部分的连续的广播事件312b期间,在信道38上存在其他RF信号活动。然而,在此时间期间在其他BLE广播信道37和39上不存在其他RF信号活动。广播设备100a的自适应监测器264相应地在第一广播事件312a的监听窗口315b期间,检测在信道38上的其他RF信号活动的存在,并且基于对检测到的其他RF信号活动的检测,然后通过跳过在随后的广播事件312b期间的在信道38上的广播包350的传输,来修改用于当前广播包350的传输的BLE广播信道优先级顺序。同时,自适应监测器264,如图所示地继续进行在如图所示的广播事件312b期间在BLE广播信道37和39上的广播包350的调度传输。尽管在广播事件312b期间跳过了信道38上的传输,但是自适应监测器264在广播事件312b的监听窗口315e期间在信道38上监测(不在信道38上进行传输)其他RF信号活动的存在。在这种情况下,在广播事件312b期间在信道38上没有检测到其他RF信号活动,并且因此在随后的广播事件312c期间,根据调度默认优先级信道顺序在所有广播信道37、38和39上传输广播包350。

[0062] 在另一个实施例中,仅当广播设备100a检测到在给定的信道上的其他RF信号活动的存在已经连续地存在了满足或超过定义的信号活动最小时间阈值的一段持续时间时,广播设备100a才可以跳过在给定的广播信道上的广播包350的传输。例如,假定一个假设示例,其采用诸如关于图4C所描述的在包传输之后采用监听。然而,在这种可替代情况下,广播设备100a可以可替代地经配置以,仅在其检测到在给定的信道上的其他RF信号活动的存在已经连续地存在了满足或超过定义的信号活动最小时间阈值的一段持续时间时,广播设备100a才可以跳过在后来的广播事件312期间在给定的广播信道上的广播包350的传输。例如,假定在可替代的情况下,对于全部的多个广播事件312a、312b和312c,在BLE广播信道38上检测到其他RF信号活动的存在,而仅在第一广播事件312a期间而不在第二广播事件312b期间,在BLE广播信道39上检测到其他RF信号活动的存在。

[0063] 在该替代实施例中,链路层232的自适应监测器264可以测量在事件312a、312b和312c的所有监听窗口315期间,在信道38上检测到的其他RF信号活动的持续时间,并且可以测量仅在广播事件312a的监听窗口315b期间在信道39上检测到的其他RF信号活动的持续时间。自适应监测器264然后可以将将在信道38和39上检测到的这些其他RF信号活动中的每个的所测量持续时间与定义的其他RF信号活动最小时间阈值进行比较,以确定是否跳过在信道38和/或39中的一个上的传输。例如,假定已经定义了对应于两个连续的广播事件312的其他RF信号活动时间阈值,应当理解的是,可以可替代地定义和采用任何更大或更小的信号活动最小时间。由于在该假设情况下,在信道39上检测到的其他RF信号活动的所测量持续时间不满足或超过两个连续广播事件312的定义的所测量信号活动最小时间阈值,因此广播设备100a的自适应监测器364可以,在所有广播事件312a、312b和312c期间,在广播信道39上继续传输广播包350。然而,由于在信道38上检测到的其他RF信号活动的所测量持续时间是连续的并且超过了两个连续的广播事件312的定义的信号活动最小时间阈值,所以广播设备100a的自适应监测器364可以,通过跳过在广播事件312c期间的在BLE广播信道38上的广播包350的传输来修改广播事件312c,即,在广播事件312c期间,仅在BLE广播信道37和39上传输广播包350,同时在广播事件312c期间继续监听所有信道上的其他RF信号活动。

[0064] 应当理解的是,针对给定的应用,信号活动最小时间阈值可以按照需要或期望被



定义为大于或小于两个连续的广播事件312的任何长度。例如,可以使用小于或等于单个广播事件312的信号活动最小时间阈值(例如,对应于在给定的广播事件312的单个监听窗口315期间,在给定的广播信道上检测到的其他RF信号活动)来实现图4B的实施例。

[0065] 在另一个实施例中,假定在图4B或4C的多个给定的广播信道上的给定的广播事件312期间,同时检测到其他RF信号活动的情况,则广播设备100a可以,通过跳过在公共广播事件312期间在每个给定的广播信道上的广播包350的传输,来修改广播信道顺序优先级,例如,以便仅在没有检测到其他RF信号活动的单个广播信道上传输广播包350,其中根据图4B或4C的特定实施例,该其他RF信号活动在三个可用广播信道中的两个上被检测到。如果在给定的广播事件312中的所有广播信道上同时检测到其他RF信号活动,则在公共广播事件312期间仅可以发生监听窗口315(并且可以跳过在所有广播信道37、38和39上的传输窗口317)。

[0066] 图4D说明了另一个示例性实施例,其中广播设备100a的自适应监测器232可以,在发生在任何广播事件312之外并且在开始广播事件312a之前的单独信道质量扫描周期319期间,监测每个可用广播信道的其他RF信号活动,例如在广播设备100a进入广播模式之前,或者可替代地发生在广播设备100a处于广播模式时的两个广播事件之间。

[0067] 如图4D所示,在周期319的相应监听窗口315a、315b和315c期间监测每个广播信道37、38和39的其他RF信号活动。信道质量扫描周期319的结果可以用于生成信道质量图,例如,诸如在下表1中所示或者其他合适格式的查找表。所生成的信道质量图可以在广播状态中从自适应监测器264传递到广播器262,如图所示,以便致使广播器262改变信道顺序优先级,例如使得在图4D的每个广播事件312期间,广播信道39被跳过,因为在信道质量扫描周期319期间在信道39上的其他RF信号活动的检测。将理解的是,可以执行多个信道质量扫描周期319(例如,在重复周期性的基础上)以便随着其他RF信号活动的变化条件来更新信道质量图。

[0068] 表格1

广播信道	在信道质量扫描周期期间检测到的其他 RF 信号活动
37	没有
38	没有
39	有

[0070] 在另一个可能的实施例中,广播设备100a可以,将信道扫描周期319作为当广播设备100a在广播模式下操作时发生的单独且不同的过程的部分,来周期性地执行,并且一个或更多个信道扫描周期319与一个或更多个广播事件312同时发生。在这样的实施例中,可以在广播设备100a处于广播模式时生成、更新和周期性地向广播器262提供信道质量图。例如,信道扫描周期319可以与周期性数据信道分析同时(例如,作为周期性数据信道分析的一部分)实施,在该周期性数据信道分析中,广播设备100a扫(sweep)或扫描所有网络信道(例如,BLE信道),以产生用于自适应跳频的信道映射(诸如欧洲电信标准协会(ETSI) EN 300 328标准所要求的)。

[0071] 在另一个实施例中,当在给定的广播信道上检测到的其他RF信号活动的持续时间被发现超过给定的时间阈值时,可以仅排除该给定的广播信道(或者在信道质量图上将该给定的广播信道标记为具有干扰),例如,诸如以前文所述的方式。例如,当在给定的信道上发现其他RF信号活动干扰的存在大于或等于在该信道上的连续调度监听窗口315的给定的阈值最小数量时(例如,两个或更多个、三个或更多个、四个或更多个等),可以仅跳过在该给定的广播信道上的广播传输,而不管用于调度监听窗口的具体方案如何。可替代地,可以通过监测跨越多个监听窗口的其他RF信号监测活动的存在,而对给定的广播信道统计地执行信道质量分析。例如,仅当在用于给定的信道的具体数量的多个监听窗口315上(例如,诸如10个监听窗口),发现其他RF信号活动的存在超过所经过的时间的最小阈值平均分数(fraction)(例如,诸如所经过的时间的50%或更多)时,可以跳过用于给定的广播信道的调度传输窗口317。

[0072] 在又一个实施例中,信道质量图可以预先配置有广播信道的标识,其该广播信道已知具有与无线网络(例如,诸如Wi-Fi或LTE网络)或其他RF干扰源的频率重叠的频率,该其他RF干扰源已知在广播设备100a的相同无线范围环境内操作。该预先配置的信道质量图可以预先(例如,在开始无线通信之前)提供给广播设备100a。在任何情况下,信道质量图信息可以被存储在广播设备100a的易失性和/或非易失性存储器中,并且根据需要被访问和更新。

[0073] 在任何情况下,可以看出,由于检测到的其他RF信号活动,广播事件312可以在一个或更多个广播信道上的传输被跳过的地方较短(例如,参见图4B、4C和4D的实施例),因为在给定的广播事件312期间,将不会在具有干扰的广播信道上发生广播活动。例如,在BLE广播事件312期间,在不同BLE广播信道上的传输窗口317的开始之间的时间可以根据期望或需要被改变,例如,在不同BLE广播信道上的传输窗口317之间的最大时间间隔小于或等于10毫秒,并且在不同BLE广播信道上的传输之间的最小时间间隔为0秒。在该允许的持续时间(0ms至10ms)内,在下一个广播信道上尽可能快地发送广播包,例如如果在广播信道38上检测到干扰,则省略或跳过在信道38上的传输,并且在信道39上传输立即继续。同时,邻近BLE广播事件312的开始之间的时间间隔保持等于 $T_{advEvent}$ ,例如,如图4A所示。

[0074] 如图5A的示例性实施例所示,当在任何当前监听窗口314的初始部分期间检测到无关信号活动(例如,在这种情况下为非BLE协议信号活动)时,扫描设备100b可以立即切换到不同的广播信道。在图5A中,扫描设备100b经编程以根据定义的扫描序列进行扫描,在这种情况下,在再次重复序列之前,以首先信道37、然后信道38、然后信道39的默认优先级顺序进行扫描。然而,可以为扫描序列311定义任何其他合适的默认优先级顺序,例如,诸如以信道38或39中的任意一个开始的优先级顺序,和/或以非递增顺序进行的优先级顺序(例如,诸如 $39 > 38 > 37$ 、 $38 > 39 > 37$ 、 $37 > 39 > 38$ ,等等)。在扫描期间,无关RF信号可以被广播设备100b的自适应监测器364识别为在当前监听窗口314的广播信道上检测到的信号活动,其不具有有效的访问地址(AA),例如在BLE协议的情况下其为0x8e89bed6。

[0075] 例如,在图5A中,当扫描设备100b在定义的最大监听时间阈值内没有接收到具有有效BLE AA的包时,在扫描设备监听窗口314a期间,在广播信道37上初始地识别无关活动。当发生这种情况时,扫描设备100b立即将当前监听窗口314a切换到扫描序列311a的下一个优先级信道,在该例子中是广播信道38。应该理解的是,最大监听时间阈值可以是针对给定

的应用的特性按照期望或需要而选择的任何持续时间。然后,在下一个扫描序列311b在监听窗口314c期间在信道37上再次以监听开始,并且如前所述重复(因为在信道37上再次检测到无关信号活动)之前,在监听窗口314b中用广播信道39完成当前扫描序列311a。在一个示例性实施例中,可以从最大包长度的时间(例如,47字节或376微秒)导出小于扫描窗口时间的持续时间的最大监听时间阈值。在这样的实施例中,当检测到无关信号活动超过最大包长度时间(或超过最大包长度时间的倍数,例如最大包长度的十倍或100倍)并且因此当前信道在信道上有太多干扰而推断信道繁忙时,可以发生广播信道的切换。在另一个示例性实施例中,扫描窗口时间可以是,例如,对应于BLE协议包的扫描窗口长度的大约2.5毫秒至大约40.96秒。在后面的实施例中,广播信道的切换可以在扫描窗口结束之后发生。

[0076] 在图5B所示的可替代实施例中,当在任何监听窗口314的初始部分期间在给定的信道上检测到无关信号活动时,扫描设备100b可以降低该给定的广播信道的未来扫描优先级。例如,扫描设备100b可以经初始地编程以根据默认扫描顺序优先级进行扫描,在这种情况下,在再次重复该序列之前,以首先信道37、然后信道38、然后信道39的优先级顺序进行扫描。在图5B的示例中,在扫描序列311a期间,在广播信道37上存在无关RF信号(例如,非BLE协议信号),并且因此其将在监听窗口314a期间由广播设备100b的自适应监测器364检测到。在该实施例中,扫描设备可以根据当前扫描序列311a期间的默认信道顺序优先级来进行监听,而不是在监听窗口314a期间立即切换到另一个广播信道。然而,扫描设备100b可以,通过降低用于未来扫描序列311的广播信道37的信道优先级,来修改扫描顺序优先级。这在图5B中示出,其中扫描序列311b和311c的扫描优先级顺序已经各自改变为首先信道38、然后信道39、然后信道37(即 $38 > 39 > 37$ )。在该实施例中,对于所有将来的扫描序列可以重复相同的经修改的优先级顺序,直到在广播信道38或39的又一个上检测到无关RF信号活动。在可替代实施例中,扫描设备100b可以,通过在一个或多个未来扫描序列311期间跳过广播信道37,来修改扫描顺序优先级。

[0077] 在给定的扫描序列311期间在多个广播信道上同时检测到无关RF信号活动的情况下,则扫描设备100b可以,相对于用于未来扫描序列311的没有检测到无关RF信号活动的其他广播信道,通过降低具有检测到的无关RF信号活动的多个广播信道的信道优先级,来修改扫描顺序优先级。如果在给定的扫描序列311期间在所有广播信道上同时检测到无关RF信号活动,则扫描顺序优先级可以保持不变,以用于后面的扫描序列311。

[0078] 图6A说明了方法620的一个示例性实施例,如其可以通过广播模式中的广播设备100a的链路层来实现,以在广播事件312期间控制广播包350的传输,例如,以实现图4B中的实施例。尽管针对BLE协议的示例性情况进行了说明,但将理解的是,方法620可以可替代地用于其他类型的无线通信协议。如所示的,当前广播事件312在步骤622开始,并且广播设备100a在步骤624、630和636的每个步骤中在相应的BLE广播信道37、38和39上进行监听,并且在相应的步骤626、632、638中确定在这些广播信道中的每个上的其他RF信号活动的存在。如图所示,如果确定没有其他RF信号活动存在于广播信道37、38和39中的任何广播信道上,则在当前广播事件312在步骤642中结束之前,相应的广播包350在对应的步骤628、634和640中被传输。然而,如果确定其他RF信号活动存在于广播信道37、38和39中的任何广播信道上,则如图所示针对当前广播事件312跳过广播包350的传输。在当前广播事件312在步骤642中被关闭之后,则在步骤622中开始新的当前广播事件312,并且只要广播设备100a处于

广播模式,就重复方法620。

[0079] 图6B说明了方法620的一个示例性实施例,如其可以通过广播模式中的广播设备100a的链路层来实现,以控制广播事件312期间的广播包350的传输,例如,以实现图4C中的实施例。尽管针对BLE协议的示例性情况进行了说明,但将理解的是,方法620可以可替代地用于其他类型的无线通信协议。如所示的,当前广播事件312在步骤652开始,并且在相应的传输步骤656、662和668中的在这些对应的广播信道中的每个上传输广播包350之前(如果先前没有在这些信道中的任何信道上检测到其他RF信号活动),广播设备100a在步骤654、660和666的每个中确定,在广播信道37、38和39的每个上是否先前已经检测到其他RF信号活动的存在(例如,在当前广播事件312紧接的先前的广播事件312期间检测到)。然而,如果先前在紧接的在前广播事件312期间在广播信道37、38和39中的任何广播信道上检测到其他RF信号活动,则如图所示,针对当前广播事件312,跳过广播包350的传输。在任何一种情况下,如图所示,在传输(或跳过传输)每个广播包350之后,广播设备100a,在步骤658、664和670的每个中,在相应的BLE广播信道37、38和39上进行监听,并且基于这些监听,确定在相应广播信道中的每个上的其他RF信号活动的存在,以用于确定是否在紧接着的广播事件312期间在每个信道上传输广播包350。在当前广播事件312在步骤672中被关闭之后,则在步骤652中开始新的当前广播事件312,并且只要广播设备100a处于广播模式,就重复方法650。

[0080] 图6C说明了方法600的一个示例性实施例,如其可以通过广播设备100a的链路层来实现,以基于在一个或多个广播信道上检测到的其他RF信号活动的所检测持续时间,来控制广播包350的传输。如图所示,在当前广播序列310的当前广播事件312期间传输广播包350(其根据当前广播序列310的当前广播信道优先级顺序来实现)之前,通过在当前广播信道上传输之前进行监听,方法600在步骤602中开始。在步骤604中,接着确定在当前广播信道上是否存在其他RF信号活动。如果不存在,则方法600进行到步骤608,并且在当前广播事件期间在当前广播信道上传输广播包350。然后,方法600在步骤609中根据当前广播序列310的广播信道优先级顺序(如果在当前序列310中剩余任何信道)移动到下一个广播信道,或者移动到下一个广播序列310(如果没有)的第一调度广播信道,而不修改任何未来广播序列310的广播信道优先级顺序,然后返回到步骤602。

[0081] 然而,如果在步骤604中确定在当前广播信道上存在其他RF信号活动,则图6C的方法600进行到可选步骤606,在步骤606中确定其他RF信号活动的连续持续时间是否已经满足或超过了定义的信号活动最小时间阈值。例如,为了实现图4C的实施例,可以定义对应于两个连续广播序列310的监听窗口315的持续时间的信号活动最小时间阈值。可替代地,为了实现图4B的实施例,步骤606可以被跳过并且直接进行到步骤610,或者可以定义对应于单个广播序列310的监听窗口315的信号活动最小时间阈值。如果在步骤606中确定定义的信号活动最小时间阈值尚未被满足,那么方法600进行到步骤608(如前文所述执行步骤608)。然而,如果在步骤606中确定已经满足或超过了定义的信号活动最小时间阈值,则方法600进行到步骤610,并且在当前广播事件期间在当前广播信道上传输广播包350,但是设置在下一个后续广播序列310期间跳过当前广播信道的标识(频率)。然后,方法600在步骤612中移动到下一个调度广播信道,该下一个调度广播信道可以是当前广播序列的当前广播序列的另一个广播信道(如果有任何信道剩余),或者如果在当前广播序列310中没有信

道剩余,则可以是下一个广播序列310的第一个广播信道。

[0082] 图7说明了方法700的一个示例性实施例,如其可以通过扫描设备100b的链路层来实现,以控制对广播包350的监听,例如,以实现图5A的实施例。如图所示,方法700开始于步骤702,其中扫描设备100b根据当前扫描序列311的当前扫描信道优先级顺序,在当前扫描序列311的当前监听窗口314期间监听当前广播信道。在步骤704中,确定在当前扫描信道上是否存在无关RF信号活动,如果不存在,则方法700进行到步骤708,在(在步骤710中的)移动到当前扫描序列311的下一个调度的优先级广播信道(如果有任何信道剩余),或者(如果当前扫描序列311完成)移动到下一个扫描序列311的第一广播信道之前,方法700在步骤708中完成在当前扫描信道上的监听窗口314。然后方法700在步骤702处开始重复。

[0083] 如果在步骤704中确定无关RF信号活动存在于当前扫描信道上,那么方法700进行到步骤706,在步骤706中确定无关RF信号活动是否已经存在了满足最大监听时间阈值的持续时间(例如,没有接收到有效的BLE AA)。如果否,则方法700进行到步骤708并且如前所述继续。然而,如果在步骤706中确定无关RF信号活动已经存在了满足最大监听时间阈值的持续时间,则方法700进行到步骤707,在步骤707中针对当前广播信道的当前监听窗口314未完成,而是在步骤709中,被切换并且完成于当前扫描序列311的下一个调度的优先级广播信道(如果有任何信道剩余)上,或者(如果当前扫描序列311完成)下一个扫描序列311的第一广播信道上。然后方法700进行到步骤710,并如前所述继续。

[0084] 图8说明了方法800的一个示例性实施例,如其可以通过扫描设备100b的链路层来实现,以控制对广播包350的监听,例如以实现图5B中的实施例。如所示,方法800开始于步骤802,其中扫描设备100b根据当前扫描序列311的当前扫描信道优先级顺序,在当前扫描序列311的当前监听窗口314期间监听当前广播信道。在步骤804中,确定在当前扫描信道上是否存在无关RF信号活动,如果不存在,则方法800进行到步骤809,在(在步骤810中的)移动到当前扫描序列311的下一个调度的优先级广播信道(如果有任何信道剩余),或者(如果当前扫描序列311完成)移动到下一个扫描序列311的第一广播信道之前,方法800在步骤809中完成在当前扫描信道上的监听窗口314。然后方法800在步骤802处开始重复。

[0085] 如果在步骤804中确定无关RF信号活动存在于当前扫描信道上,则方法800进行到步骤806,在步骤806中确定无关RF信号活动是否已经存在了满足最大监听时间阈值的持续时间(例如,没有接收到有效BLE AA)。如果否,则方法800进行到步骤809并如前所述继续。然而,如果在步骤806中确定无关RF信号活动已经存在了满足最大监听时间阈值的持续时间,则方法800进行到步骤808,在(在步骤809中)完成在当前广播信道的当前监听窗口314之前,在步骤808中当前广播信道的频率的优先级被降低,以用于未来扫描序列311。然后,方法800接着移动到步骤810,并如前所述继续。

[0086] 应该理解的是,方法600、620、650、700和800仅仅是示例性的,并且可以采用附加、更少和/或可替代步骤的任何其他组合,其适合于自适应地控制广播和/或扫描在无线网络环境中的多个广播信道上的操作,以补偿在网络环境中的广播信道上遇到的干扰,诸如BLE网格环境或者多个无线设备和/或不同协议同时在相似或相同频率上操作的任何其他环境。

[0087] 还将理解的是,本文描述的用于无线电模块或无线电设备(例如,包括本文描述的用于模块部分110和模块部分120的那些,包括图1的链路层引擎125,图2的链路层组件260、

262和264等)的任务、功能或方法中的一个或更多个可以,通过电路和/或通过指令的计算机程序(例如,诸如固件代码或软件代码的计算机可读代码)来完成,其中所述计算机程序的指令体现在非暂时性有形计算机可读介质中(例如,光盘,磁盘,非易失性存储器设备等),其中包括指令的计算机程序经配置以,当其在以可编程集成电路形式的处理设备(例如,诸如CPU、控制器、微控制器、微处理器、ASIC等的处理器或诸如FPGA,复杂可编程逻辑器件“CPLD”等的可编程逻辑器件“PLD”)被执行时,完成本文公开的方法的一个或更多个步骤。在一个实施例中,一组这样的可编程集成电路可以从由CPU、控制器、微控制器、微处理器、FPGA、CPLD和ASIC组成的组中选择。指令的计算机程序可以包括用于在信息处理系统或其组件中实现逻辑功能的可执行指令的有序列表。可执行指令可以包括多个代码段,其可操作以命令信息处理系统的组件执行本文公开的方法。还将理解的是,可以在计算机程序的一个或更多个代码段中采用本方法的一个或更多个步骤。例如,由信息处理系统执行的代码段可以包括所公开方法的一个或更多个步骤。将理解的是,可编程集成电路可以经配置以执行软件、固件、逻辑和/或存储在一个或更多个非暂时性有形计算机可读介质(例如,数据存储设备、闪存、随机更新存储器、只读存储器、可编程存储器设备、可重编程存储设备、硬盘驱动器、软盘、DVD、CD-ROM和/或任何其他有形数据存储介质)中的其他程序指令或者以其他方式利用其被编程以执行本文描述的用于所公开的实施例的操作、任务、功能或动作。

[0088] 此外,虽然本发明可以适用于各种修改和替代形式,但是已经通过示例的方式示出了具体实施例并且在本文中进行了描述。然而,应该理解的是,本发明并非意在限于所公开的特定形式。相反,本发明将覆盖落入由所附权利要求限定的本发明的精神和范围内的所有修改、等同和替代。此外,所公开的电路和方法的不同方面可以以各种组合和/或独立地使用。因此,本发明不仅限于本文所示的那些组合,而是可以包括其他组合。

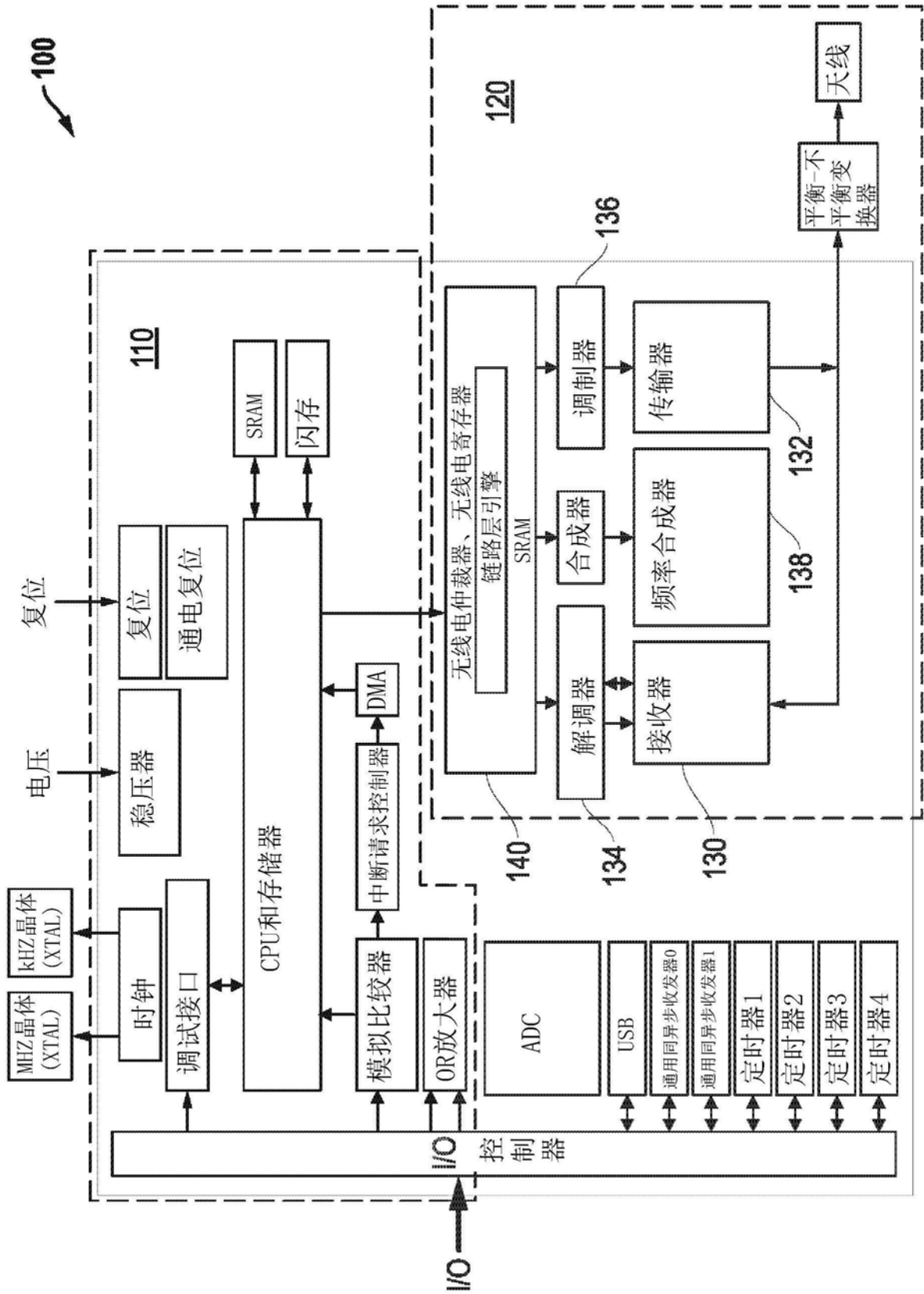


图1

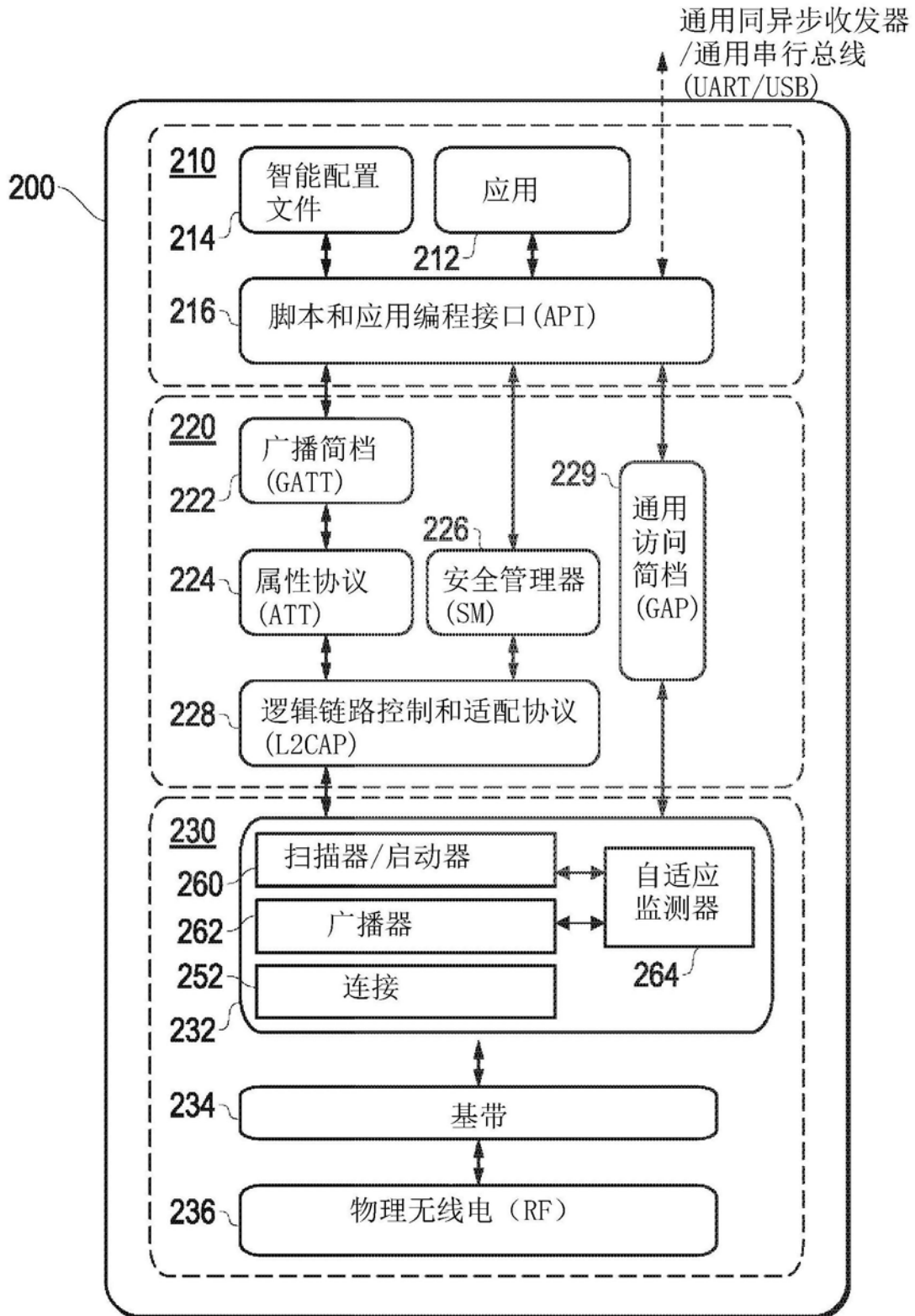


图2



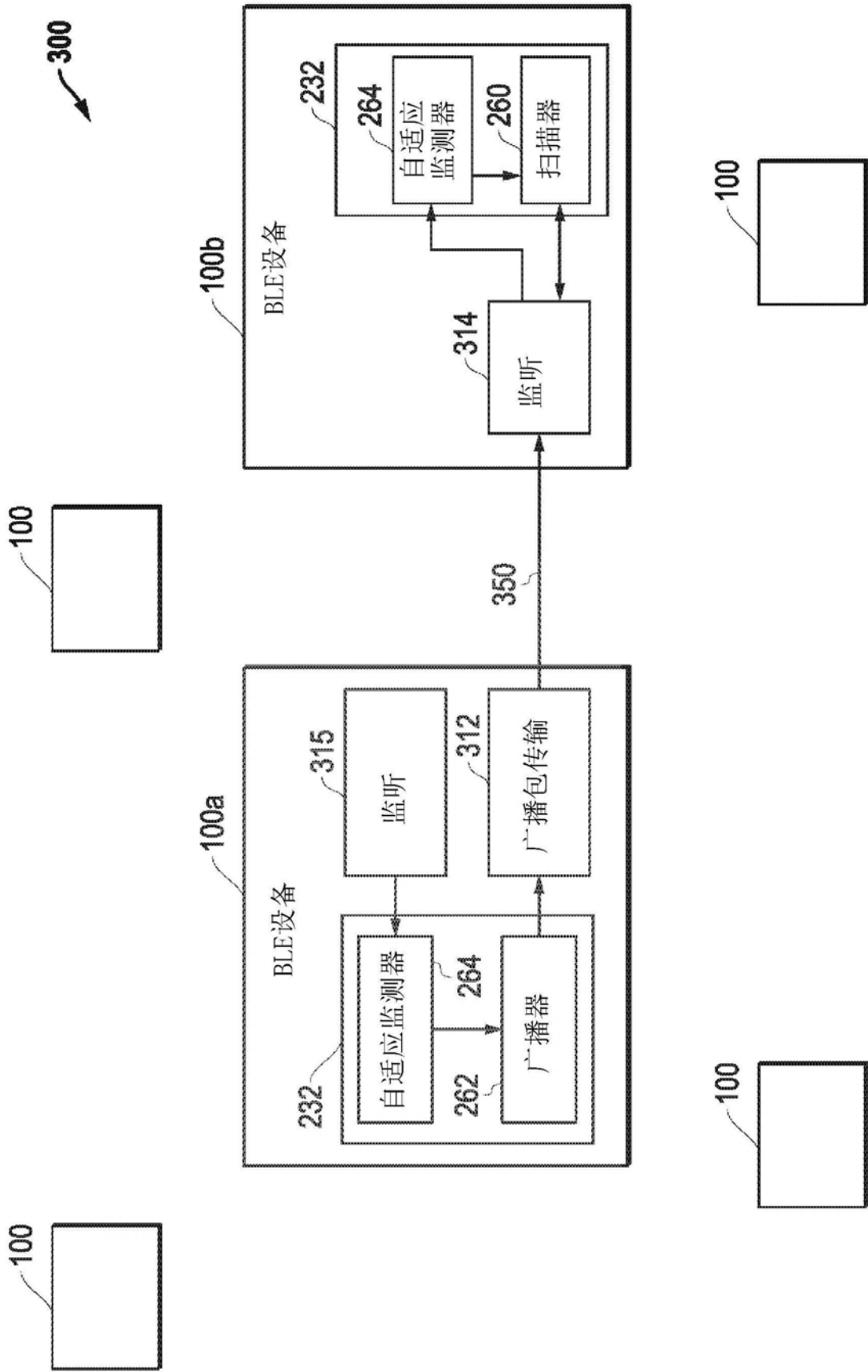


图3A

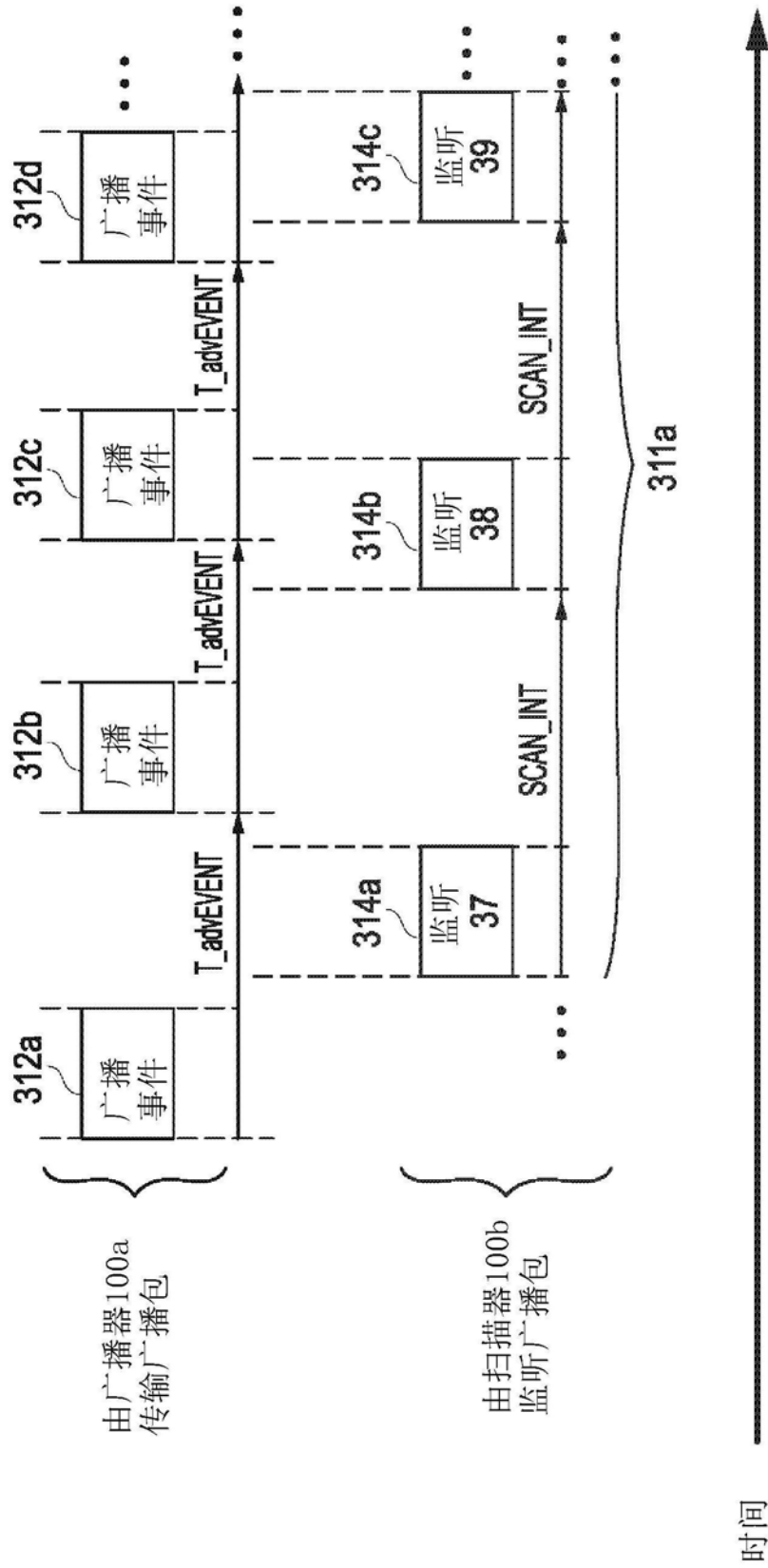


图3B

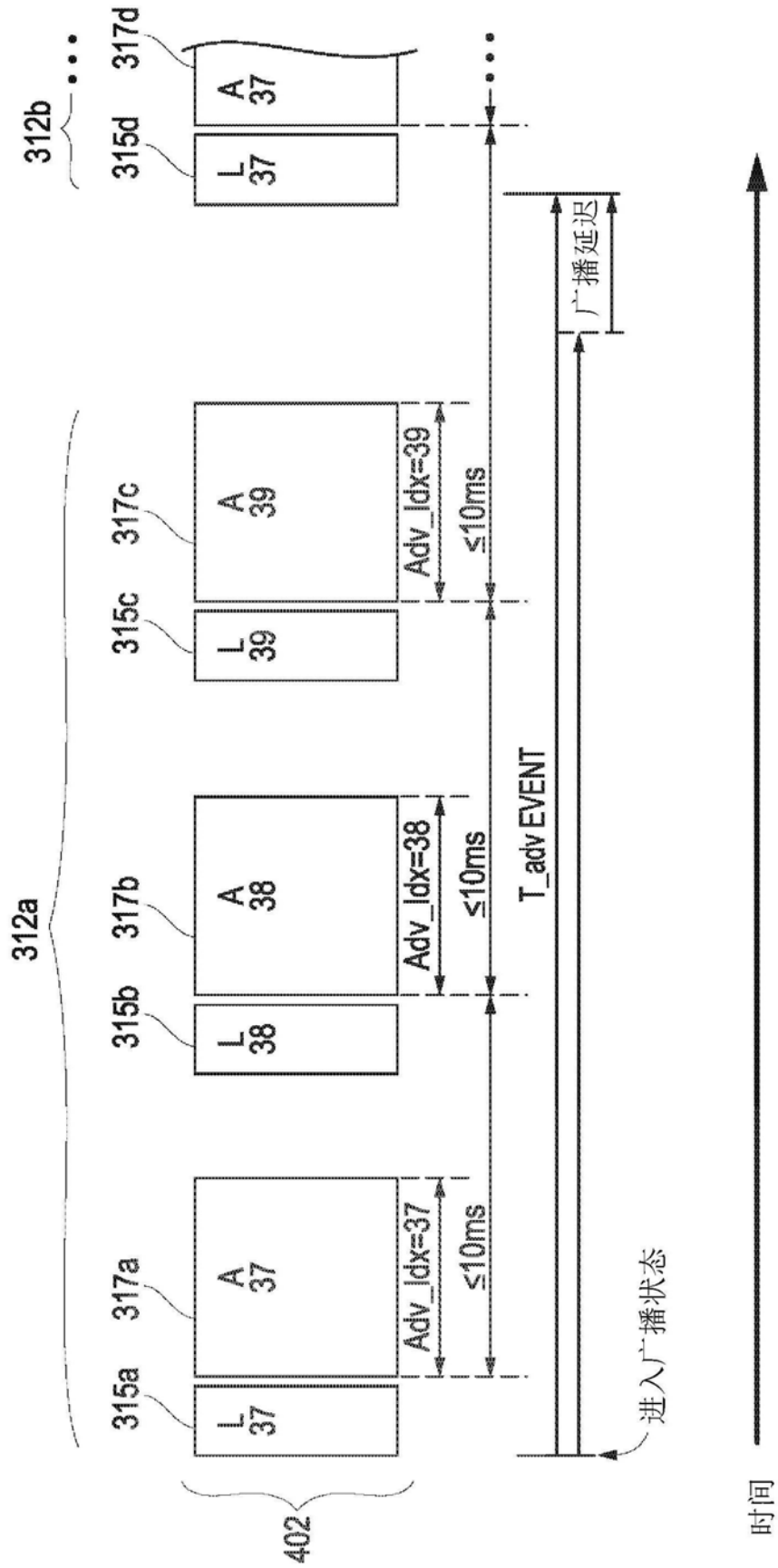


图4A

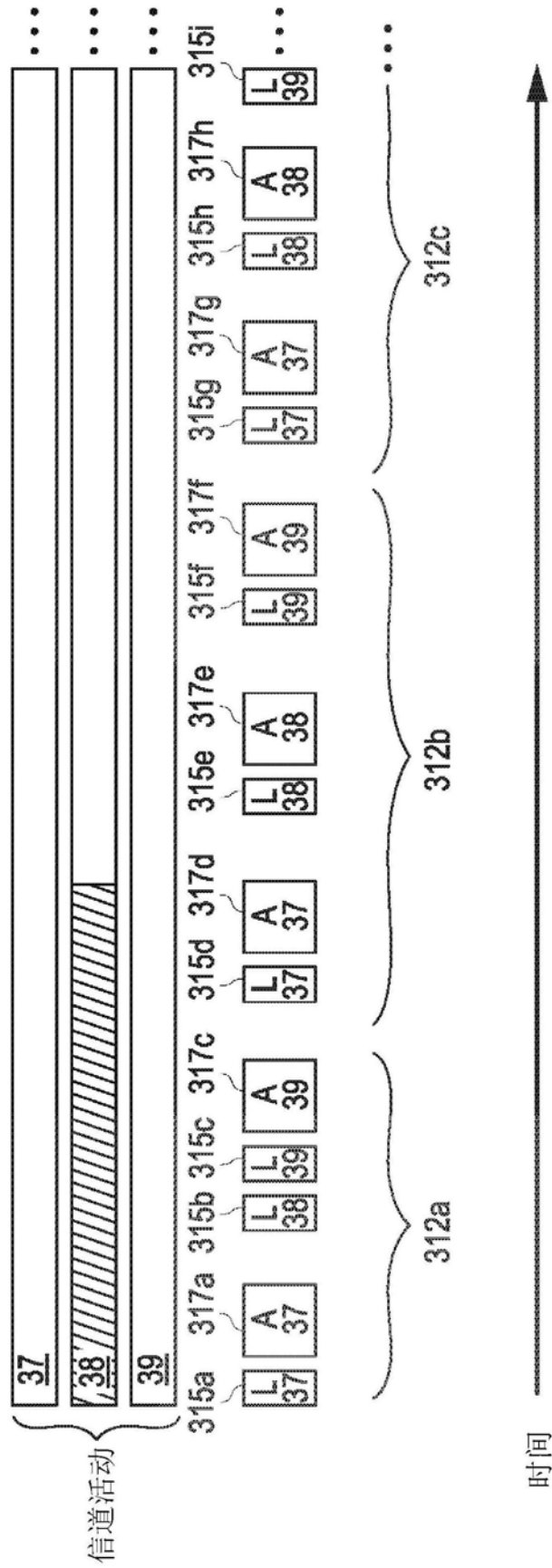


图4B

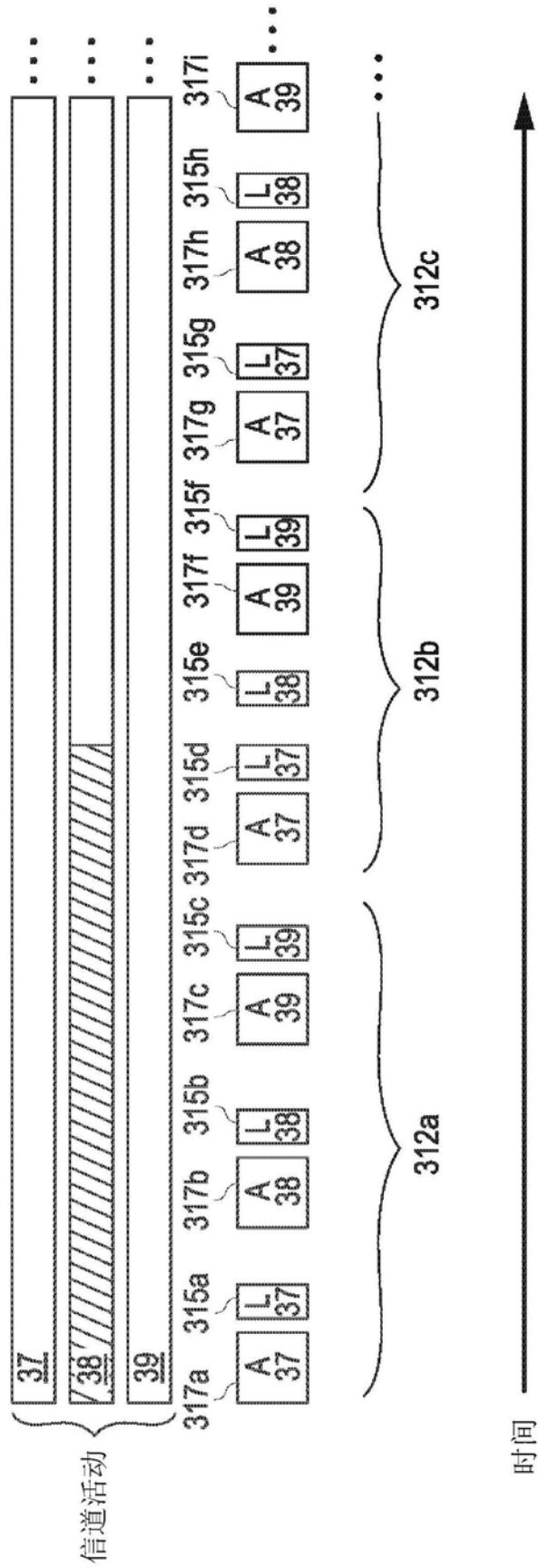


图4C

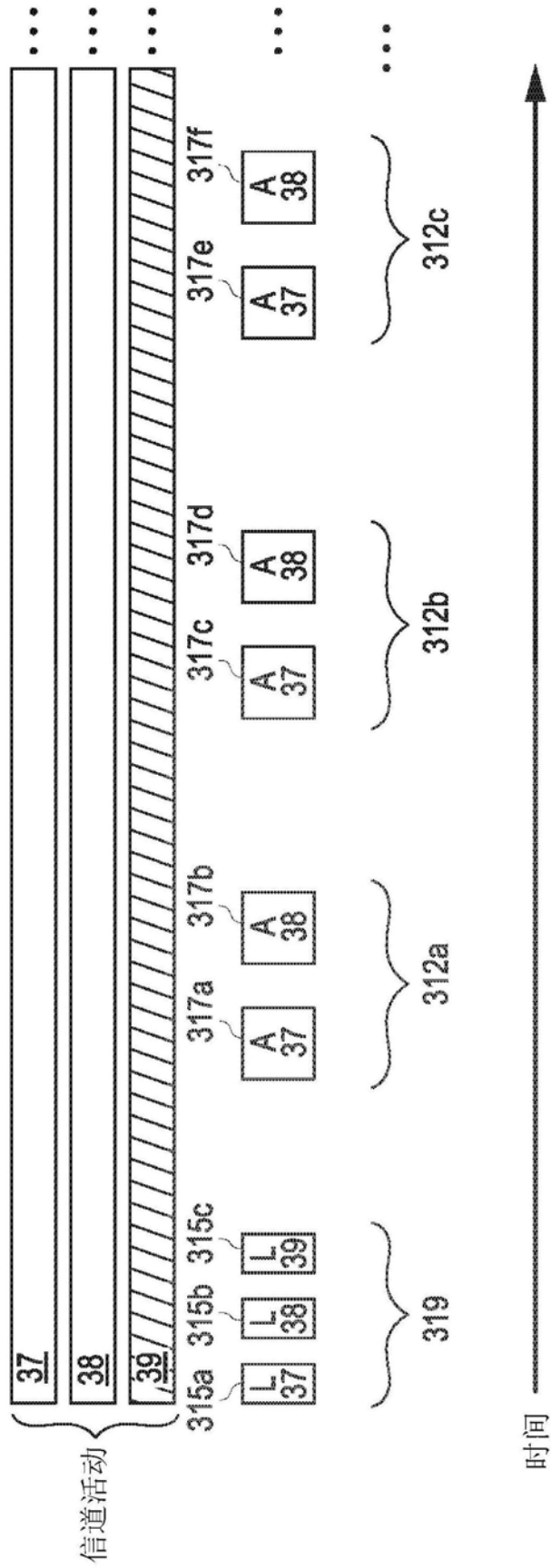


图4D

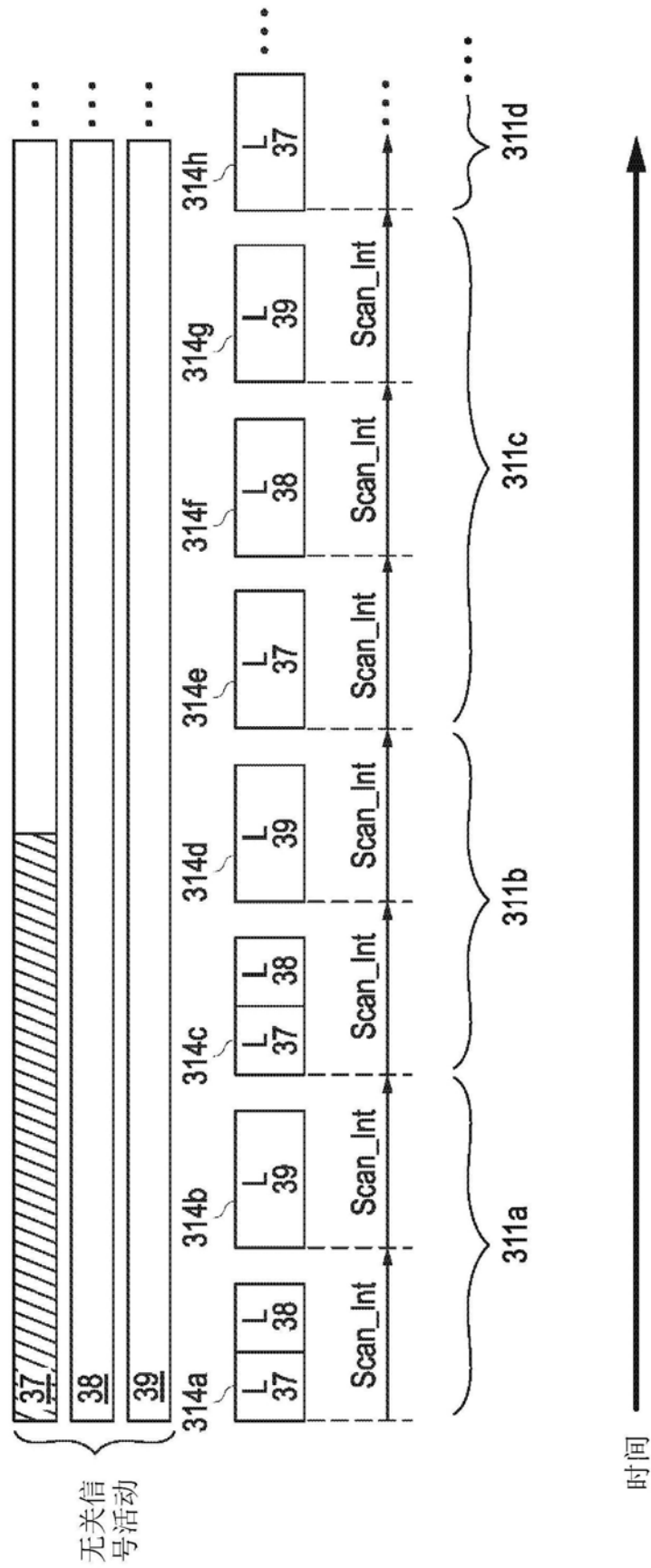


图5A

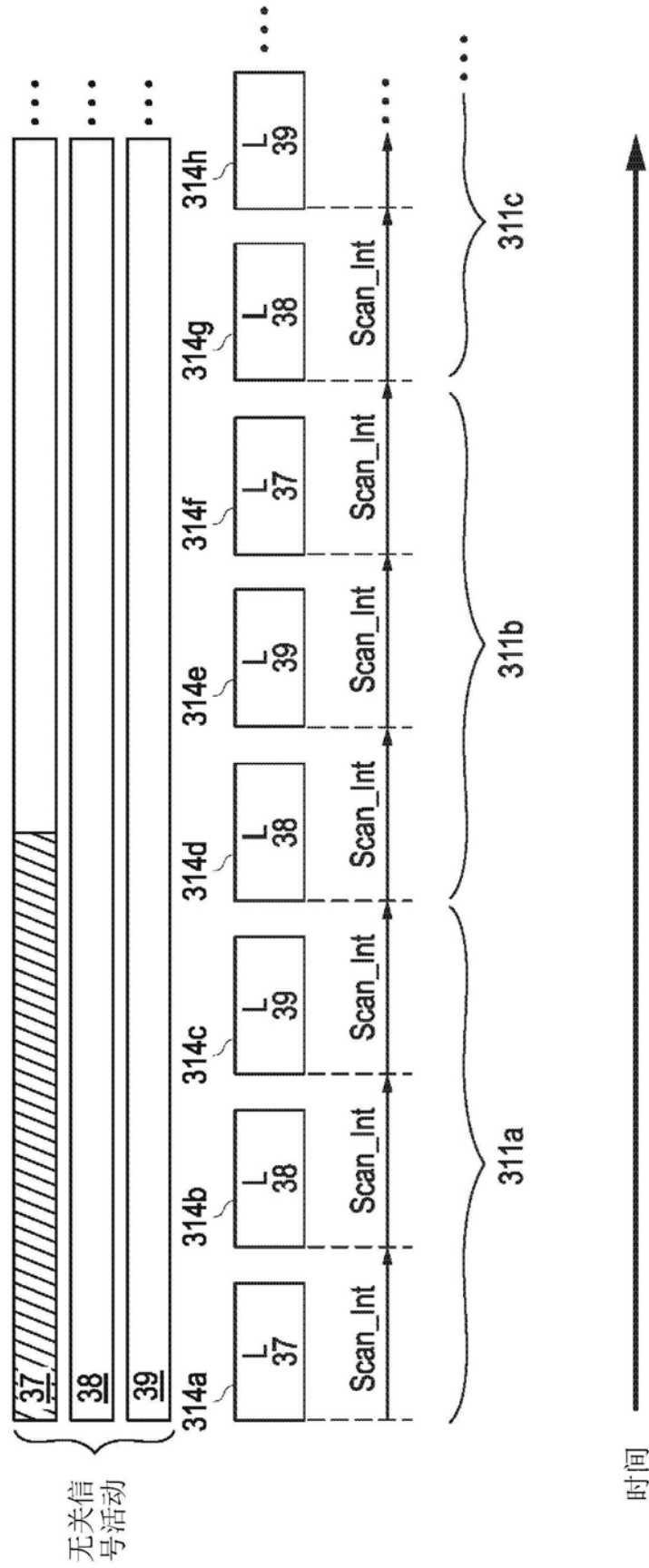


图5B



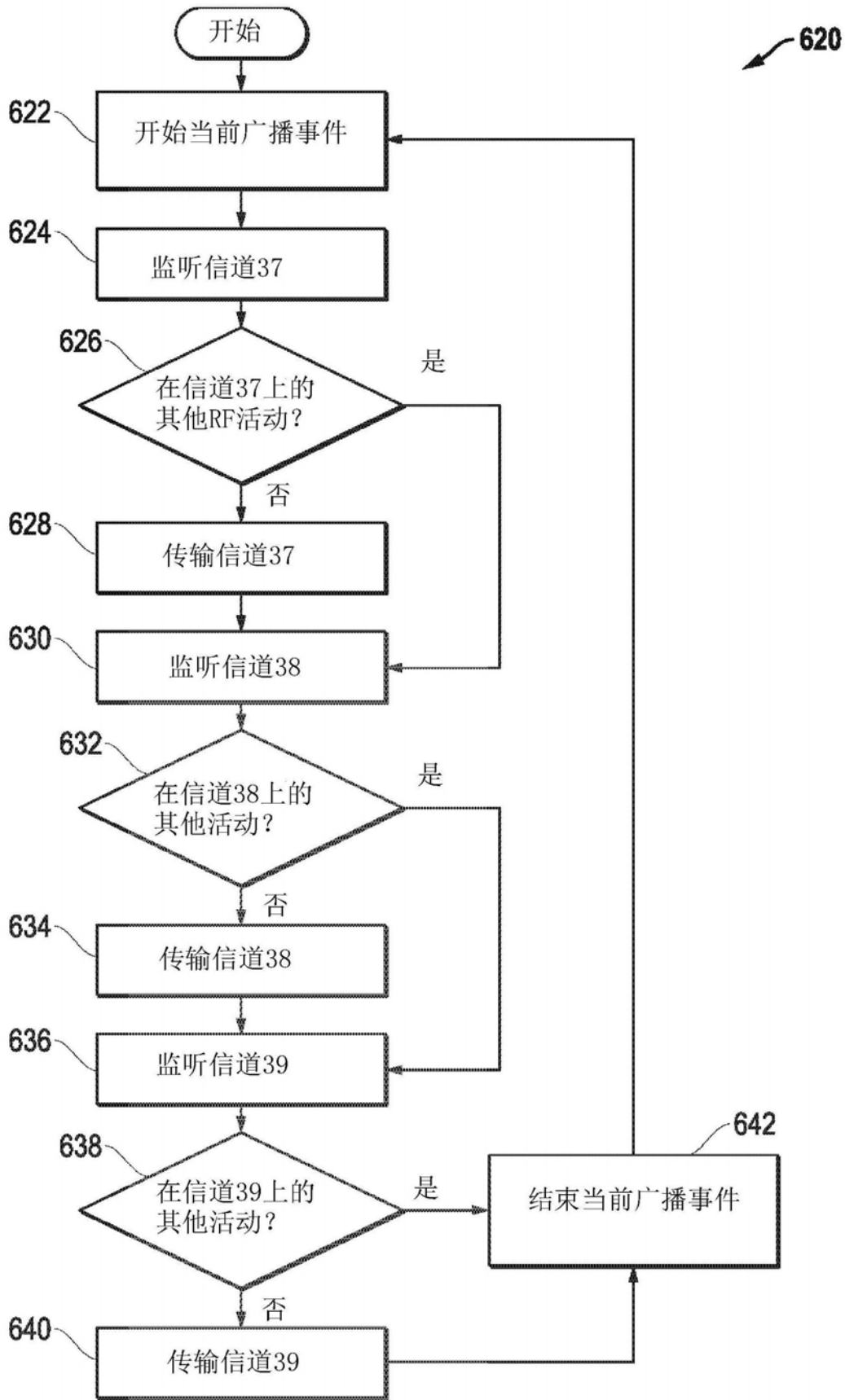


图6A

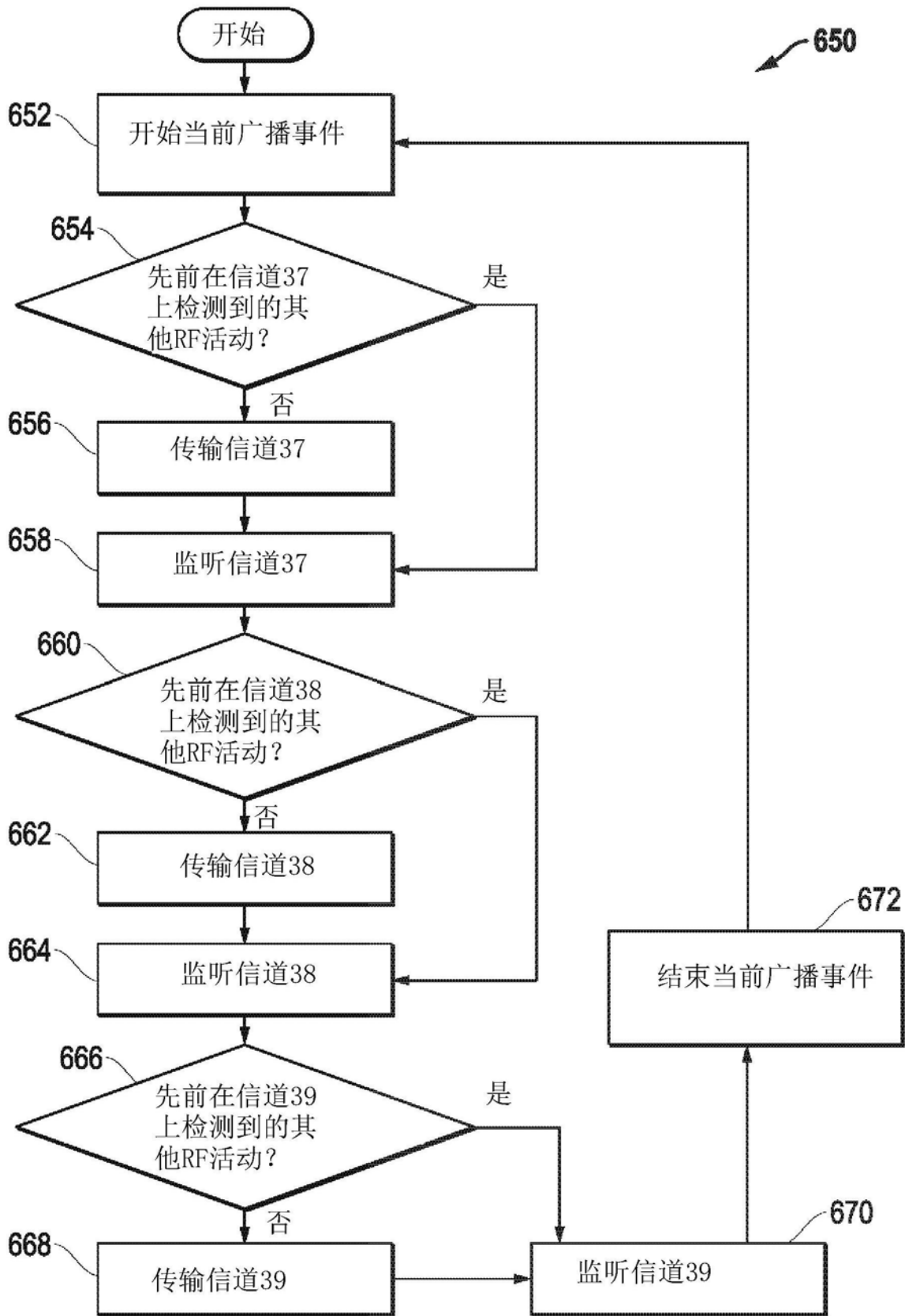


图6B

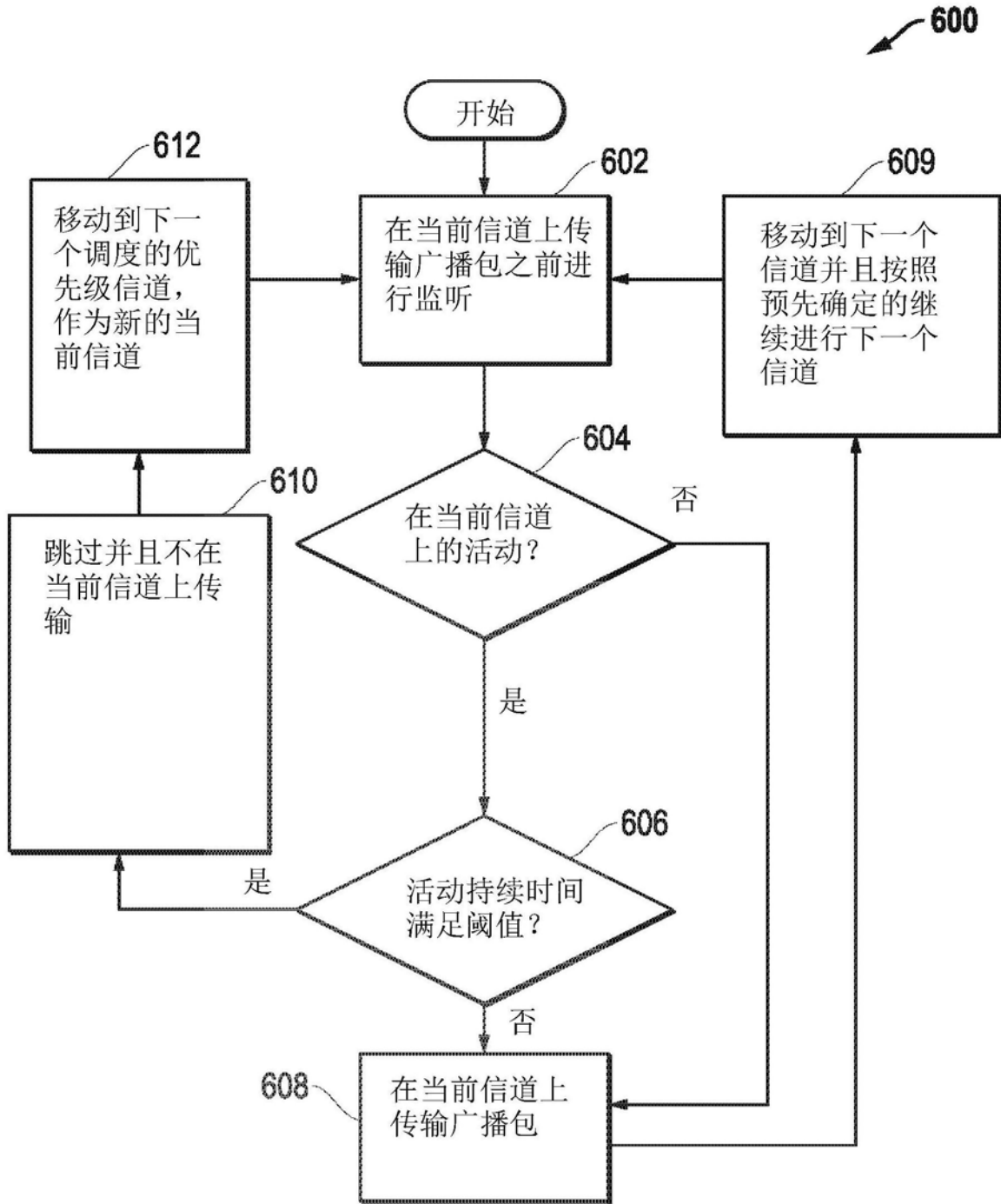


图6C

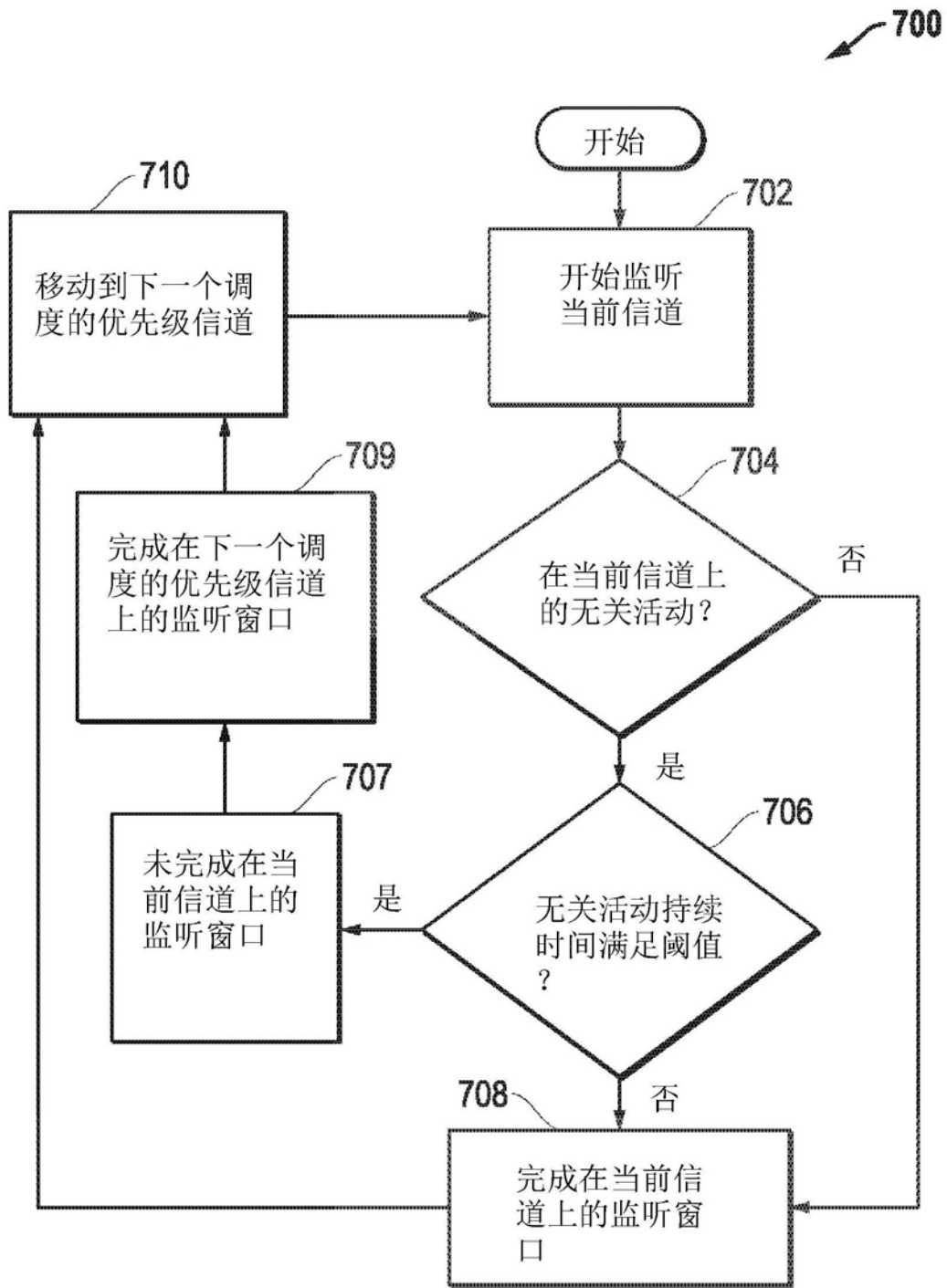


图7

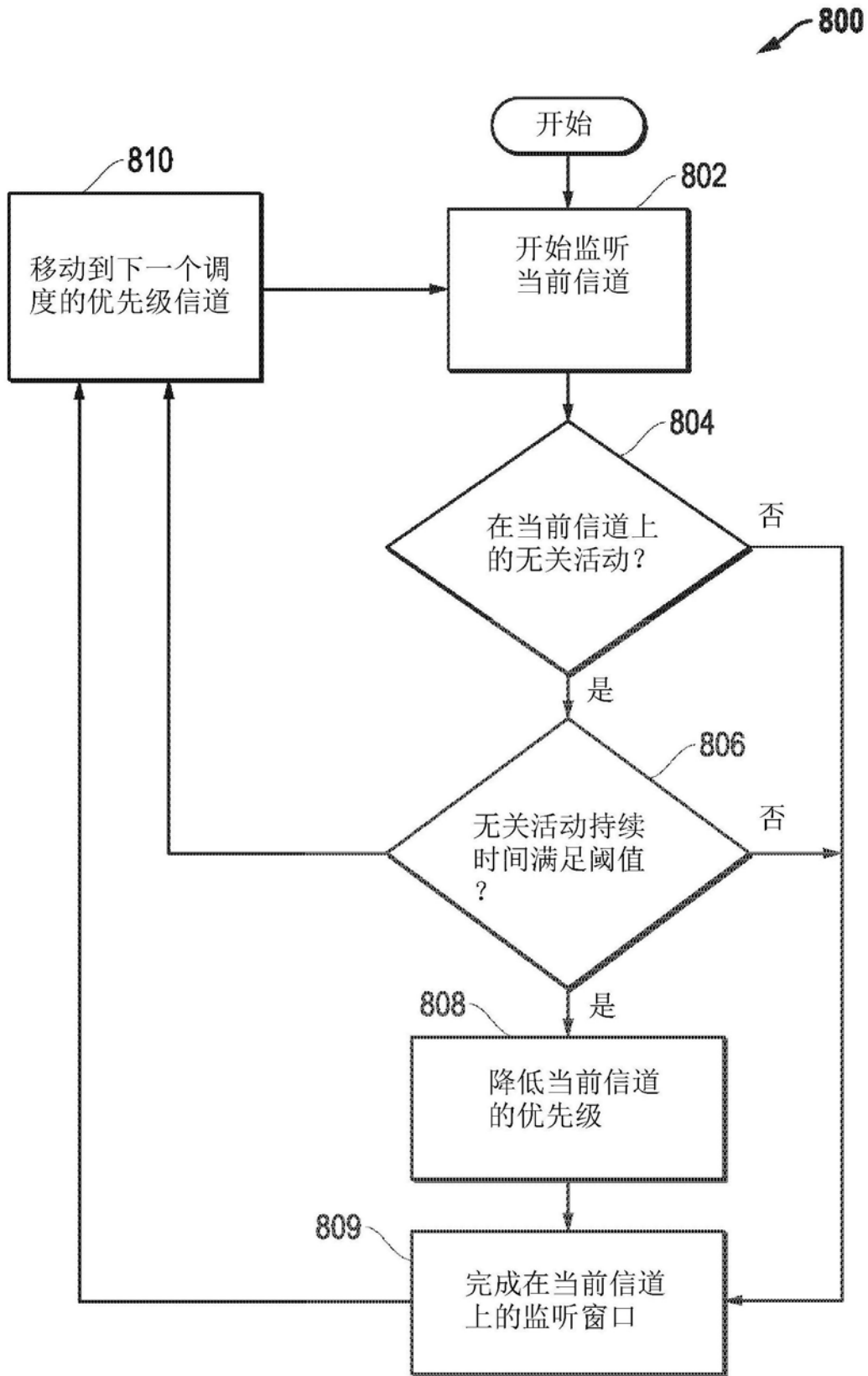


图8