



(21) 申请号 201910932407.0

H04W 88/06 (2009.01)

(22) 申请日 2019.09.29

(56) 对比文件

(65) 同一申请的已公布的文献号

CN 105472715 A, 2016.04.06

申请公布号 CN 110572843 A

CN 106162844 A, 2016.11.23

(43) 申请公布日 2019.12.13

CN 108769947 A, 2018.11.06

(73) 专利权人 陈小艺

CN 108390842 A, 2018.08.10

地址 350000 福建省福州市仓山区对湖路  
兰庭新天地19栋

CN 109842919 A, 2019.06.04

CN 108882250 A, 2018.11.23

US 2017230907 A1, 2017.08.10

(72) 发明人 陈小艺

审查员 张琦

(74) 专利代理机构 福州市博深专利事务所(普  
通合伙) 35214

专利代理师 董晗

(51) Int. Cl.

H04W 24/02 (2009.01)

H04W 76/15 (2018.01)

权利要求书4页 说明书10页 附图4页

(54) 发明名称

一种基于LoRa无线模块CAD模式的嗅探方法  
及系统

(57) 摘要

本发明公开了一种基于LoRa无线模块CAD模式的嗅探方法及系统,当第一无线模块处于CAD检测模式,第二无线模块为嗅探状态,则第二无线模块循环发射一组射频参数序列帧去侦测第一无线模块,当第一无线模块为唤醒模式,第二模块为嗅探状态,则第一无线模块在第二无线模块的唤醒时刻内发射一个射频参数探测帧去侦测第二无线模块;若第二无线模块接收到第一无线模块的信标帧后,则两个无线模块进行数据通讯。本发明使得一个无线模块只知道另一个无线模块射频参数范围的情况下根据自身情况探测与其合适的射频参数并建立通讯连接或者使得一个无线模块在另一个无线模块保持尽量低的唤醒时间下进行成功唤醒,从而快速建立起两个无线模块的通信。

S1、当第一无线模块处于CAD检测模式,第二无线模块为嗅探状态,则第二无线模块循环发射一组射频参数序列帧去侦测第一无线模块,当第一无线模块为唤醒模式,第二模块为嗅探状态,则第二无线模块在第一无线模块的唤醒时刻内发射一个射频参数探测帧去侦测第一无线模块

S2、若第二无线模块接收到第一无线模块的信标帧后,则第二无线模块与第一无线模块进行数据通讯

1. 一种基于LoRa无线模块CAD模式的嗅探方法,其特征在于,包括步骤:

S1、当第一无线模块处于CAD检测模式,第二无线模块为嗅探状态,则所述第二无线模块循环发射一组射频参数序列帧去侦测第一无线模块,当第一无线模块为唤醒模式,第二模块为嗅探状态,则第二无线模块在所述第一无线模块的唤醒时刻内发射一个射频参数探测帧去侦测所述第一无线模块;所述步骤S1中“当第一无线模块处于CAD检测模式,第二无线模块为嗅探状态,则所述第二无线模块循环发射一组射频参数序列帧去侦测第一无线模块”具体为:

S111、第一无线模块使用第一射频参数 $P_x$ 初始化为CAD检测模式,所述第一射频参数 $P_x$ 属于所述第一射频参数序列 $R1 = \{P1, P2, \dots, Pn\}, x \in [1, n]$ ;

S112、第二无线模块启动嗅探,使用第二射频参数 $Q_y$ 设置为模块射频参数并发送第二CAD嗅探帧K1,进入CAD检测模式;所述第二射频参数 $Q_y$ 属于所述第二射频参数序列 $R2 = \{Q1, Q2, \dots, Qm\}, y \in [1, m]$ ,所述第二射频参数序列R2为所述第一射频参数序列R1的子集;

S113、第一无线模块产生CadDone信号之后,判断是否接收到第二CAD嗅探帧K1,若收到,则判断是否生成了CadDelected信号,若是,则返回第一CAD嗅探帧L1和信标帧L2,并使用第一射频参数 $P_x$ 进入接收模式,否则 $x = x + 1$ 后回到步骤S111;

S114、第二无线模块判断是否收到第一CAD嗅探帧L1,若收到,则判断是否生成了CadDelected信号,若是,则使用第二射频参数 $Q_y$ 进入接收模式,否则 $y = y + 1$ 后回到步骤S112;

S2、若所述第二无线模块接收到所述第一无线模块的信标帧后,则所述第二无线模块与所述第一无线模块进行数据通讯。

2. 根据权利要求1所述的一种基于LoRa无线模块CAD模式的嗅探方法,其特征在于,所述步骤S2具体为:

S21、第二无线模块判断是否接收到信标帧L2,若收到,则嗅探成功,开始发送应用数据,结束本次嗅探;

S22、第一无线模块接收所述应用数据。

3. 根据权利要求1所述的一种基于LoRa无线模块CAD模式的嗅探方法,其特征在于,所述步骤S112中“第二无线模块进入CAD检测模式”具体为:第二无线模块每发送一次第二CAD嗅探帧K1则进行至少一次CAD检测;

所述步骤S113具体为:

第一无线模块产生CadDone信号之后,判断是否接收到第二CAD嗅探帧K1,若收到,则判断是否生成了CadDelected信号,若是,则返回第一CAD嗅探帧L1和信标帧L2,并使用第一射频参数 $P_x$ 进入接收模式,并判断进入接收模式的时间是否超过第一预设时间,若未生成CadDelected信号或者超过第一预设时间,则 $x = x + 1$ 后,判断 $x$ 是否小于或等于 $n$ ,若是,则回到步骤S111,若 $x$ 大于 $n$ ,则使 $x = 1$ 后回到步骤S111;

所述步骤S114具体为:

第二无线模块判断是否收到第一CAD嗅探帧L1,若收到,则判断是否生成了CadDelected信号,若是,则使用第二射频参数 $Q_y$ 进入接收模式,并判断进入接收模式的时间是否超过第二预设时间,若未生成CadDelected信号或者超过第二预设时间,则 $y = y + 1$ 后,判断 $y$ 是否小于或等于 $m$ ,若是,则回到步骤S112,若 $y$ 大于 $m$ ,则结束嗅探。

4. 根据权利要求1所述的一种基于LoRa无线模块CAD模式的嗅探方法,其特征在于,所述步骤S1中“当第一无线模块为唤醒模式,第二模块为嗅探状态,则第二无线模块在所述第一无线模块的唤醒时刻内发射一个射频参数探测帧去侦测所述第一无线模块”具体为:

S121、第二无线模块在第一预设时间区间 $[T2, T3]$ 内,以射频参数 $P0$ 持续发送第三CAD嗅探帧 $J1$ 、第三CAD嗅探帧 $J2, \dots$ , 第三CAD嗅探帧 $Ji$ ,在时刻 $T3$ 时进入接收模式;

S122、第一无线模块在时刻 $T1$ 以射频参数 $P0$ 启动检测次数为 $E$ 次的CAD检测,若检测到第三CAD嗅探帧,则记录因所述第三CAD嗅探帧而产生CadDelected的时刻 $T4$ ,并在 $E$ 次检测次数范围内继续CAD检测,若在 $E$ 次检测次数范围内再次检测到第三CAD嗅探帧,则更新所述时刻 $T4$ ,并再进行 $E$ 次CAD检测;所述时刻 $T1$ 、 $T2$ 、 $T3$ 、 $T4$ 、满足以下公式: $T2 < T1 < T4 \leq T3 < T4 + Td$ ,所述时刻 $(T4 + Td)$ 为所述第一无线模块在时刻 $T4$ 之后的 $Td$ 时间段后发送信标帧 $L2$ ;

S123、第一无线模块判断 $(Tn - T4)$ 是否大于 $Td$ ,所述 $Tn$ 为当前时刻,若是,则以射频参数 $P0$ 发送信标帧 $L2$ ,并以射频参数 $P0$ 进入接收模式;

所述步骤S2具体为:

S21、第二无线模块判断是否接收到信标帧 $L2$ ,若收到,则嗅探成功,开始发送应用数据,结束本次嗅探;

S22、第一无线模块接收所述应用数据。

5. 根据权利要求4所述的一种基于LoRa无线模块CAD模式的嗅探方法,其特征在于,所述S122中所述第一无线模块每隔一个预设周期 $TS$ 启动一次检测次数为 $E$ 次的CAD检测;

所述步骤S122中若在 $E$ 次CAD检测范围后均未检测到任何一个第三CAD嗅探帧,则停止CAD检测,结束嗅探;

所述步骤S21中若所述第二无线模块未收到信标帧 $L2$ ,则嗅探失败,结束嗅探。

6. 一种基于LoRa无线模块CAD模式的嗅探系统,包括第一无线模块以及第二无线模块,所述第一无线模块包括第一存储器、第一处理器及存储在所述第一存储器上并可在第一处理器上运行的第一计算机程序,所述第二无线模块包括第二存储器、第二处理器及存储在第二存储器上并可在第二处理器上运行的第二计算机程序,其特征在于,所述第一处理器执行所述第一计算机程序时实现以下步骤:

S1、当第一无线模块处于CAD检测模式,第二无线模块为嗅探状态,则循环发射一组射频参数序列帧去侦测所述第一无线模块,当第一无线模块为唤醒模式,第二模块为嗅探状态,则在所述第一无线模块的唤醒时刻内发射一个射频参数探测帧去侦测所述第一无线模块;

在所述步骤S1中“当第一无线模块处于CAD检测模式,第二无线模块为嗅探状态,则所述第二无线模块循环发射一组射频参数序列帧去侦测第一无线模块”中,所述第一处理器执行所述第一计算机程序时实现以下步骤:

S111、当第一无线模块处于CAD检测模式,第二无线模块为嗅探状态,使用第一射频参数 $Px$ 初始化为CAD检测模式,所述第一射频参数 $Px$ 属于所述第一射频参数序列 $R1 = \{P1, P2, \dots, Pn\}$ ;

S113、产生CadDone信号之后,判断是否接收到第二CAD嗅探帧 $K1$ ,若收到,则判断是否生成了CadDelected信号,若是,则返回第一CAD嗅探帧 $L1$ 和信标帧 $L2$ ,并使用第一射频参数 $Px$ 进入接收模式,否则 $x = x + 1$ 后回到步骤S111;

在所述步骤S1中“当第一无线模块处于CAD检测模式,第二无线模块为嗅探状态,则所述第二无线模块循环发射一组射频参数序列帧去侦测第一无线模块”中,所述第二处理器执行所述第二计算机程序时实现以下步骤:

S112、启动嗅探,使用第二射频参数 $Q_y$ 设置为模块射频参数并发送第二CAD嗅探帧K1,进入CAD检测模式;所述第二射频参数 $Q_y$ 属于所述第二射频参数序列 $R2 = \{Q1, Q2, \dots, Qm\}$ ,所述第二射频参数序列R2为所述第一射频参数序列R1的子集;

S114、判断是否收到第一CAD嗅探帧L1,若收到,则判断是否生成了CadDelected信号,若是,则使用第二射频参数 $Q_y$ 进入接收模式,否则 $y = y + 1$ 后回到步骤S112;

所述第二处理器执行所述第二计算机程序时实现以下步骤:

S2、若接收到所述第一无线模块的信标帧后,则与所述第一无线模块进行数据通讯。

7. 根据权利要求6所述的一种基于LoRa无线模块CAD模式的嗅探系统,其特征在于,在所述步骤S2中,所述第二处理器执行所述第二计算机程序时实现以下步骤:

S21、判断是否接收到信标帧L2,若收到,则嗅探成功,开始发送应用数据,结束本次嗅探;

在所述步骤S2中,所述第一处理器执行所述第一计算机程序时实现以下步骤:

S22、接收所述应用数据。

8. 根据权利要求6所述的一种基于LoRa无线模块CAD模式的嗅探系统,其特征在于,所述步骤S112中“进入CAD检测模式”具体为:每发送一次第二CAD嗅探帧K1则进行至少一次CAD检测;

在所述步骤S113中,所述第一处理器执行所述第一计算机程序时具体实现以下步骤:

产生CadDone信号之后,判断是否接收到第二CAD嗅探帧K1,若收到,则判断是否生成了CadDelected信号,若是,则返回第一CAD嗅探帧L1和信标帧L2,并使用第一射频参数 $P_x$ 进入接收模式,并判断进入接收模式的时间是否超过第一预设时间,若未生成CadDelected信号或者超过第一预设时间,则 $x = x + 1$ 后,判断 $x$ 是否小于或等于 $n$ ,若是,则回到步骤S111,若 $x$ 大于 $n$ ,则使 $x = 1$ 后回到步骤S111;

在所述步骤S114中,所述第二处理器执行所述第二计算机程序时具体实现以下步骤:

判断是否收到第一CAD嗅探帧L1,若收到,则判断是否生成了CadDelected信号,若是,则使用第二射频参数 $Q_y$ 进入接收模式,并判断进入接收模式的时间是否超过第二预设时间,若未生成CadDelected信号或者超过第二预设时间,则 $y = y + 1$ 后,判断 $y$ 是否小于或等于 $m$ ,若是,则回到步骤S112,若 $y$ 大于 $m$ ,则结束嗅探。

9. 根据权利要求6所述的一种基于LoRa无线模块CAD模式的嗅探系统,其特征在于,所述步骤S1中“当第一无线模块为唤醒模式,第二模块为嗅探状态,则第二无线模块在所述第一无线模块的唤醒时刻内发射一个射频参数探测帧去侦测所述第一无线模块”中,所述第一处理器执行所述第一计算机程序时实现以下步骤:

S122、在时刻T1以射频参数P0启动检测次数为E次的CAD检测,若检测到第三CAD嗅探帧,则记录因所述第三CAD嗅探帧而产生CadDelected的时刻T4,并在E次检测次数范围内继续CAD检测,若在E次检测次数范围内再次检测到第三CAD嗅探帧,则更新所述时刻T4,并再进行E次CAD检测;所述时刻T1、T2、T3、T4、满足以下公式: $T2 < T1 < T4 \leq T3 < T4 + T_d$ ,所述时刻 $(T4 + T_d)$ 为在时刻T4之后的 $T_d$ 时间段后发送信标帧L2;

S123、判断  $(T_n - T_d)$  是否大于  $T_d$ , 所述  $T_n$  为当前时刻, 若是, 则以射频参数  $P_0$  发送信标帧  $L_2$ , 并以射频参数  $P_0$  进入接收模式;

所述步骤 S1 中“当第一无线模块为唤醒模式, 第二模块为嗅探状态, 则第二无线模块在所述第一无线模块的唤醒时刻内发射一个射频参数探测帧去侦测所述第一无线模块”中, 所述第二处理器执行所述第二计算机程序时实现以下步骤:

S121、在第一预设时间区间  $[T_2, T_3]$  内, 以射频参数  $P_0$  持续发送第三 CAD 嗅探帧  $J_1$ 、第三 CAD 嗅探帧  $J_2, \dots$ , 第三 CAD 嗅探帧  $J_i$ , 在时刻  $T_3$  时进入接收模式;

所述步骤 S2 中, 所述第二处理器执行所述第二计算机程序时实现以下步骤:

S21、判断是否接收到信标帧  $L_2$ , 若收到, 则嗅探成功, 开始发送应用数据, 结束本次嗅探;

所述步骤 S2 中, 所述第一处理器执行所述第一计算机程序时具体实现以下步骤:

S22、接收所述应用数据。

10. 根据权利要求 9 所述的一种基于 LoRa 无线模块 CAD 模式的嗅探系统, 其特征在于, 所述 S122 中每隔一个预设周期  $T_S$  启动一次检测次数为  $E$  次的 CAD 检测;

所述步骤 S122 中若在  $E$  次 CAD 检测范围后均未检测到任何一个第三 CAD 嗅探帧, 则停止 CAD 检测, 结束嗅探;

所述步骤 S21 中若未收到信标帧  $L_2$ , 则嗅探失败, 结束嗅探。

## 一种基于LoRa无线模块CAD模式的嗅探方法及系统

### 技术领域

[0001] 本发明涉及无线嗅探技术领域,特别涉及一种基于LoRa无线模块CAD模式的嗅探方法及系统。

### 背景技术

[0002] LoRa为英文Long Range的缩写,它是低功耗广域网 (Low PowerWide Area Network, LPWAN) 通信技术的一种。LoRa的主要射频参数有频率 (Freq)、扩频因子 (SF)、带宽 (BW) 和编码率 (CR) 等,其中,两个LoRa模块之间要建立通讯的话,它们的频率 (Freq)、扩频因子 (SF) 和带宽 (BW) 三个参数必须完全一致;根据其芯片特性,若扩频因子越大、带宽越小,则其发送速率越低,距离就越远。

[0003] 目前,常用的LoRa芯片型号有SX1276、SX1277和SX1278等,在中国根据ISM (Industrial Scientific Medical) 免费频段要求,一般采用SX1278芯片 (1137~525MHz)。此外,LoRa芯片提供了信道活动检测 (channel activity detection) 功能,简称CAD;信道活动检测模式旨在以尽可能高的功耗效率检测无线信道上的LoRa前导码,在CAD模式下, SX1276/77/78快速扫描频段,以检测LoRa数据包前导码。LoRa芯片在CAD过程中,将会执行以下操作:

[0004] ①. PLL被锁定。

[0005] ②. 无线接收机从信道获取数据的LoRa前导码符号。

[0006] ③. 无线接收机及PLL被关闭,调制解调器数字处理开始执行。

[0007] ④. 调制解调器搜索芯片所获取样本与理想前导码波形之间的关联关系。建立这样的关联关系所需的时间仅略小于一个符号周期。

[0008] ⑤. 完成计算后,调制解调器产生CadDone中断信号。如果关联成功,则会同时产生CadDetected信号。

[0009] ⑥. 芯片恢复到待机模式。

[0010] ⑦. 如果发现前导码,清除中断,然后将芯片设置为Rx单一或连续模式,从而开始接收数据。

[0011] CAD模式只需要一个符号周期左右就能检测到相同射频参数的信号,而接收模式下需要完整的数据包才能确定,极大提高了信道确认的效率。在实际使用SX127x系列模块进行组网通信时,需要提前预知各模块的射频参数,并规划好时序才能进行有效通讯,进而限制了组网规模、降低了通讯效率;在需要进行低功耗休眠的节点上也很难在功耗与传输实时性之间取得有效的平衡。

### 发明内容

[0012] 本发明所要解决的技术问题是:提供一种基于LoRa无线模块CAD模式的嗅探方法及系统,能快速建立起两个无线模块的通讯连接。

[0013] 为了解决上述技术问题,本发明采用的技术方案为:

[0014] 一种基于LoRa无线模块CAD模式的嗅探方法,包括步骤:

[0015] S1、当第一无线模块处于CAD检测模式,第二无线模块为嗅探状态,则所述第二无线模块循环发射一组射频参数序列帧去侦测第一无线模块,当第一无线模块为唤醒模式,第二模块为嗅探状态,则第二无线模块在所述第一无线模块的唤醒时刻内发射一个射频参数探测帧去侦测所述第一无线模块;

[0016] S2、若所述第二无线模块接收到所述第一无线模块的信标帧后,则所述第二无线模块与所述第一无线模块进行数据通讯。

[0017] 为了解决上述技术问题,本发明采用的另一种技术方案为:

[0018] 一种基于LoRa无线模块CAD模式的嗅探系统,包括第一无线模块以及第二无线模块,所述第一无线模块包括第一存储器、第一处理器及存储在第一存储器上并可在第一处理器上运行的第一计算机程序,所述第二无线模块包括第二存储器、第二处理器及存储在第二存储器上并可在第二处理器上运行的第二计算机程序,所述第二处理器执行所述第二计算机程序时实现以下步骤:

[0019] S1、当第一无线模块处于CAD检测模式,第二无线模块为嗅探状态,则循环发射一组射频参数序列帧去侦测所述第一无线模块,当第一无线模块为唤醒模式,第二模块为嗅探状态,则在所述第一无线模块的唤醒时刻内发射一个射频参数探测帧去侦测所述第一无线模块;

[0020] S2、若接收到所述第一无线模块的信标帧后,则与所述第一无线模块进行数据通讯。

[0021] 本发明的有益效果在于:一种基于LoRa无线模块CAD模式的嗅探方法及系统,当第一无线模块处于CAD检测模式,第二无线模块为嗅探状态,第二无线模块循环发射一组射频参数序列帧去侦测第一无线模块,使得在一个无线模块只知道另一个无线模块射频参数范围的情况下,根据自身情况探测与其合适的射频参数并建立通讯连接;当第一无线模块为唤醒模式,第二模块为嗅探状态,第二无线模块在第一无线模块的唤醒时刻内发射一个射频参数探测帧去侦测第一无线模块,使得一个无线模块可以在另一个无线模块保持尽量低的唤醒时间下进行成功唤醒,即本发明能快速建立起两个无线模块的通信。

## 附图说明

[0022] 图1为本发明实施例的一种基于LoRa无线模块CAD模式的嗅探方法的流程示意图;

[0023] 图2为本发明实施例的在扫描模式下的流程示意图;

[0024] 图3为本发明实施例的在唤醒模式下的流程示意图;

[0025] 图4为本发明实施例的一种基于LoRa无线模块CAD模式的嗅探系统的结构示意图。

[0026] 标号说明:

[0027] 1、一种基于LoRa无线模块CAD模式的嗅探系统;2、第一无线模块;3、第一处理器;4、第一存储器;5、第二无线模块;6、第二处理器;7、第二存储器。

## 具体实施方式

[0028] 为详细说明本发明的技术内容、所实现目的及效果,以下结合实施方式并配合附图予以说明。

[0029] 请参照图1至图3,一种基于LoRa无线模块CAD模式的嗅探方法,包括步骤:

[0030] S1、当第一无线模块处于CAD检测模式,第二无线模块为嗅探状态,则所述第二无线模块循环发射一组射频参数序列帧去侦测第一无线模块,当第一无线模块为唤醒模式,第二模块为嗅探状态,则第二无线模块在所述第一无线模块的唤醒时刻内发射一个射频参数探测帧去侦测所述第一无线模块;

[0031] S2、若所述第二无线模块接收到所述第一无线模块的信标帧后,则所述第二无线模块与所述第一无线模块进行数据通讯。

[0032] 从上述描述可知,本发明的有益效果在于:当第一无线模块处于CAD检测模式,第二无线模块为嗅探状态,第二无线模块循环发射一组射频参数序列帧去侦测第一无线模块,使得在一个无线模块只知道另一个无线模块射频参数范围的情况下,根据自身情况探测与其合适的射频参数并建立通讯连接;当第一无线模块为唤醒模式,第二模块为嗅探状态,第二无线模块在第一无线模块的唤醒时刻内发射一个射频参数探测帧去侦测所述第一无线模块,使得一个无线模块可以在另一个无线模块保持尽量低的唤醒时间下进行成功唤醒,即本发明能快速建立起两个无线模块的通信。

[0033] 进一步地,所述步骤S1中“当第一无线模块处于CAD检测模式,第二无线模块为嗅探状态,则所述第二无线模块循环发射一组射频参数序列帧去侦测第一无线模块”具体为:

[0034] S111、第一无线模块使用第一射频参数 $P_x$ 初始化为CAD检测模式,所述第一射频参数 $P_x$ 属于所述第一射频参数序列 $S1 = \{P1, P2, \dots, Pn\}$ ;

[0035] S112、第二无线模块启动嗅探,使用第二射频参数 $Q_y$ 设置为模块射频参数并发送第二CAD嗅探帧 $K1$ ,进入CAD检测模式;所述第二射频参数 $Q_y$ 属于所述第二射频参数序列 $S2 = \{Q1, Q2, \dots, Qm\}$ ,所述第二射频参数序列 $S2$ 为所述第一射频参数序列 $S1$ 的子集;

[0036] S113、第一无线模块产生CadDone信号之后,判断是否接收到第二CAD嗅探帧 $K1$ ,若收到,则判断是否生成了CadDelected信号,若是,则返回第一CAD嗅探帧 $L1$ 和信标帧 $L2$ ,并使用第一射频参数 $P_x$ 进入接收模式,否则 $x = x + 1$ 后回到步骤S111;

[0037] S114、第二无线模块判断是否收到第一CAD嗅探帧 $L1$ ,若收到,则判断是否生成了CadDelected信号,若是,则使用第二射频参数 $Q_y$ 进入接收模式,否则 $y = y + 1$ 后回到步骤S112;

[0038] 所述步骤S2具体为:

[0039] S21、第二无线模块判断是否接收到信标帧 $L2$ ,若收到,则嗅探成功,开始发送应用数据,结束本次嗅探;

[0040] S22、第一无线模块接收所述应用数据。

[0041] 其中,值得说明的是,射频参数探测帧的格式为:(频率,扩频因子,带宽),即设第一射频参数序列 $S1$ 为 $P1(freq1, sf1, bw1)$ 、 $P2(freq2, sf2, bw2)$ , ...,  $Pn(freqn, sfn, bwn)$ ,其中freq为频率,sf为扩频因子,bw为带宽,下同;第二射频参数序列 $S2$ 为 $Q1(freq1, sf1, bw1)$ 、 $Q2(freq2, sf2, bw2)$  ...  $Qm(freqm, sfm, bwm)$ 。

[0042] 从上述描述可知,利用LoRa无线芯片CAD模式检测的高效率特性,使得一个无线模块可以快速确定与另一个无线模块合适的通讯参数,在射频参数和外部条件允许下,会在50~1000ms之间嗅探成功,不仅可以快速确立两个无线模块的通讯参数,还时刻优化通讯参数,使得两个无线模块之间可以用尽量快的速率进行通讯,这在无线组网领域内意义重



大。

[0043] 进一步地,所述步骤S112中“第二无线模块进入CAD检测模式”具体为:第二无线模块每发送一次第二CAD嗅探帧K1则进行至少一次CAD检测;

[0044] 所述步骤S113具体为:

[0045] 第一无线模块产生CadDone信号之后,判断是否接收到第二CAD嗅探帧K1,若收到,则判断是否生成了CadDelected信号,若是,则返回第一CAD嗅探帧L1和信标帧L2,并使用第一射频参数Px进入接收模式,并判断进入接收模式的时间是否超过第一预设时间,若未生成CadDelected信号或者超过第一预设时间,则 $x=x+1$ 后,判断x是否小于或等于n,若是,则回到步骤S111,若x大于n,则使 $x=1$ 后回到步骤S111;

[0046] 所述步骤S114具体为:

[0047] 第二无线模块判断是否收到第一CAD嗅探帧L1,若收到,则判断是否生成了CadDelected信号,若是,则使用第二射频参数Qy进入接收模式,并判断进入接收模式的时间是否超过第二预设时间,若未生成CadDelected信号或者超过第二预设时间,则 $y=y+1$ 后,判断y是否小于或等于m,若是,则回到步骤S112,若y大于m,则结束嗅探。

[0048] 从上述描述可知,设定超时时间,以避免漫无目的的等待,从而提高连通效率。

[0049] 进一步地,所述步骤S1中“当第一无线模块为唤醒模式,第二模块为嗅探状态,则第二无线模块在所述第一无线模块的唤醒时刻内发射一个射频参数探测帧去侦测所述第一无线模块”具体为:

[0050] S121、第二无线模块在第一预设时间区间 $[T2, T3]$ 内,以射频参数P0持续发送第三CAD嗅探帧J1、第三CAD嗅探帧J2, ..., 第三CAD嗅探帧Ji,在时刻T3时进入接收模式;

[0051] S122、第一无线模块在时刻T1以射频参数P0启动检测次数为E次的CAD检测,若检测到第三CAD嗅探帧,则记录因所述第三CAD嗅探帧而产生CadDelected的时刻T4,并在E次检测次数范围内继续CAD检测,若在E次检测次数范围内再次检测到第三CAD嗅探帧,则更新所述时刻T4,并再进行E次CAD检测;所述时刻T1、T2、T3、T4、满足以下公式: $T2 < T1 < T4 \leq T3 < T4 + Td$ ,所述时刻 $(T4 + Td)$ 为所述第一无线模块在时刻T4之后的Td时间段后发送信标帧L2;

[0052] S123、第一无线模块判断 $(Tn - T4)$ 是否大于Td,所述Tn为当前时刻,若是,则以射频参数P0发送信标帧L2,并以射频参数P0进入接收模式;

[0053] 所述步骤S2具体为:

[0054] S21、第二无线模块判断是否接收到信标帧L2,若收到,则嗅探成功,开始发送应用数据,结束本次嗅探;

[0055] S22、第一无线模块接收所述应用数据。

[0056] 从上述描述可知,在唤醒模式下,一个无线模块根据提前预知的另一个无线模块的唤醒时刻以及唤醒后的CAD检测参数,通过发送一系列的嗅探帧使其检测成功并进入唤醒阶段,接收应用数据;由于CAD检测的时间极短,唤醒模式在低功耗领域可以在能耗和实时性之间取得良好的平衡效果。

[0057] 进一步地,所述S122中所述第一无线模块每隔一个预设周期TS启动一次检测次数为E次的CAD检测;

[0058] 所述步骤S122中若在E次CAD检测范围后均未检测到任何一个第三CAD嗅探帧,则停止CAD检测,结束嗅探;

[0059] 所述步骤S21中若所述第二无线模块未收到信标帧L2,则嗅探失败,结束嗅探。

[0060] 从上述描述可知,按照预设周期启动并限定其检测次数以及等待时间,以避免漫无目的的等待,从而提高连通效率。

[0061] 如图4所示,一种基于LoRa无线模块CAD模式的嗅探系统,包括第一无线模块以及第二无线模块,所述第一无线模块包括第一存储器、第一处理器及存储在所述第一存储器上并可在第一处理器上运行的第一计算机程序,所述第二无线模块包括第二存储器、第二处理器及存储在第二存储器上并可在第二处理器上运行的第二计算机程序,所述第二处理器执行所述第二计算机程序时实现以下步骤:

[0062] S1、当第一无线模块处于CAD检测模式,第二无线模块为嗅探状态,则循环发射一组射频参数序列帧去侦测所述第一无线模块,当第一无线模块为唤醒模式,第二模块为嗅探状态,则在所述第一无线模块的唤醒时刻内发射一个射频参数探测帧去侦测所述第一无线模块;

[0063] S2、若接收到所述第一无线模块的信标帧后,则与所述第一无线模块进行数据通讯。

[0064] 从上述描述可知,本发明的有益效果在于:当第一无线模块处于CAD检测模式,第二无线模块为嗅探状态,第二无线模块循环发射一组射频参数序列帧去侦测第一无线模块,使得在一个无线模块只知道另一个无线模块射频参数范围的情况下,根据自身情况探测与其合适的射频参数并建立通讯连接;当第一无线模块为唤醒模式,第二模块为嗅探状态,第二无线模块在第一无线模块的唤醒时刻内发射一个射频参数探测帧去侦测所述第一无线模块,使得一个无线模块可以在另一个无线模块保持尽量低的唤醒时间下进行成功唤醒,即本发明能快速建立起两个无线模块的通信。

[0065] 进一步地,在所述步骤S1中“当第一无线模块处于CAD检测模式,第二无线模块为嗅探状态,则所述第二无线模块循环发射一组射频参数序列帧去侦测第一无线模块”中,所述第一处理器执行所述第一计算机程序时实现以下步骤:

[0066] S111、当第一无线模块处于CAD检测模式,第二无线模块为嗅探状态,使用第一射频参数 $P_x$ 初始化为CAD检测模式,所述第一射频参数 $P_x$ 属于所述第一射频参数序列 $S1 = \{P1, P2, \dots, Pn\}$ ;

[0067] S113、产生CadDone信号之后,判断是否接收到第二CAD嗅探帧K1,若收到,则判断是否生成了CadDelected信号,若是,则返回第一CAD嗅探帧L1和信标帧L2,并使用第一射频参数 $P_x$ 进入接收模式,否则 $x = x + 1$ 后回到步骤S111;

[0068] 在所述步骤S1中“当第一无线模块处于CAD检测模式,第二无线模块为嗅探状态,则所述第二无线模块循环发射一组射频参数序列帧去侦测第一无线模块”中,所述第二处理器执行所述第二计算机程序时实现以下步骤:

[0069] S112、启动嗅探,使用第二射频参数 $Q_y$ 设置为模块射频参数并发送第二CAD嗅探帧K1,进入CAD检测模式;所述第二射频参数 $Q_y$ 属于所述第二射频参数序列 $S2 = \{Q1, Q2, \dots, Qm\}$ ,所述第二射频参数序列S2为所述第一射频参数序列S1的子集;

[0070] S114、判断是否收到第一CAD嗅探帧L1,若收到,则判断是否生成了CadDelected信号,若是,则使用第二射频参数 $Q_y$ 进入接收模式,否则 $y = y + 1$ 后回到步骤S112;

[0071] 在所述步骤S2中,所述第二处理器执行所述第二计算机程序时实现以下步骤:

[0072] S21、判断是否接收到信标帧L2,若收到,则嗅探成功,开始发送应用数据,结束本次嗅探;

[0073] 在所述步骤S2中,所述第一处理器执行所述第一计算机程序时实现以下步骤:

[0074] S22、接收所述应用数据。

[0075] 从上述描述可知,利用LoRa无线芯片CAD模式检测的高效率特性,使得一个无线模块可以快速确定与另一个无线模块合适的通讯参数,在射频参数和外部条件允许下,会在50~1000ms之间嗅探成功,不仅可以快速确立两个无线模块的通讯参数,还时刻优化通讯参数,使得两个无线模块之间可以用尽量快的速率进行通讯,这在无线组网领域内意义重大。

[0076] 进一步地,所述步骤S112中“进入CAD检测模式”具体为:每发送一次第二CAD嗅探帧K1则进行至少一次CAD检测;

[0077] 在所述步骤S113中,所述第一处理器执行所述第一计算机程序时具体实现以下步骤:

[0078] 产生CadDone信号之后,判断是否接收到第二CAD嗅探帧K1,若收到,则判断是否生成了CadDelected信号,若是,则返回第一CAD嗅探帧L1和信标帧L2,并使用第一射频参数Px进入接收模式,并判断进入接收模式的时间是否超过第一预设时间,若未生成CadDelected信号或者超过第一预设时间,则 $x=x+1$ 后,判断x是否小于或等于n,若是,则回到步骤S111,若x大于n,则使 $x=1$ 后回到步骤S111;

[0079] 在所述步骤S114中,所述第二处理器执行所述第二计算机程序时具体实现以下步骤:

[0080] 判断是否收到第一CAD嗅探帧L1,若收到,则判断是否生成了CadDelected信号,若是,则使用第二射频参数Qy进入接收模式,并判断进入接收模式的时间是否超过第二预设时间,若未生成CadDelected信号或者超过第二预设时间,则 $y=y+1$ 后,判断y是否小于或等于m,若是,则回到步骤S112,若y大于m,则结束嗅探。

[0081] 从上述描述可知,设定超时时间,以避免漫无目的的等待,从而提高连通效率。

[0082] 进一步地,所述步骤S1中“当第一无线模块为唤醒模式,第二模块为嗅探状态,则第二无线模块在所述第一无线模块的唤醒时刻内发射一个射频参数探测帧去侦测所述第一无线模块”中,所述第一处理器执行所述第一计算机程序时实现以下步骤:

[0083] S122、在时刻T1以射频参数P0启动检测次数为E次的CAD检测,若检测到第三CAD嗅探帧,则记录因所述第三CAD嗅探帧而产生CadDelected的时刻T4,并在E次检测次数范围内继续CAD检测,若在E次检测次数范围内再次检测到第三CAD嗅探帧,则更新所述时刻T4,并再进行E次CAD检测;所述时刻T1、T2、T3、T4、满足以下公式: $T2 < T1 < T4 \leq T3 < T4 + T_d$ ,所述时刻 $(T4 + T_d)$ 为在时刻T4之后的 $T_d$ 时间段后发送信标帧L2;

[0084] S123、判断 $(T_n - T4)$ 是否大于 $T_d$ ,所述 $T_n$ 为当前时刻,若是,则以射频参数P0发送信标帧L2,并以射频参数P0进入接收模式;

[0085] 所述步骤S1中“当第一无线模块为唤醒模式,第二模块为嗅探状态,则第二无线模块在所述第一无线模块的唤醒时刻内发射一个射频参数探测帧去侦测所述第一无线模块”中,所述第二处理器执行所述第二计算机程序时实现以下步骤:

[0086] S121、在第一预设时间区间 $[T2, T3]$ 内,以射频参数P0持续发送第三CAD嗅探帧J1、

第三CAD嗅探帧J2, ..., 第三CAD嗅探帧Ji, 在时刻T3时进入接收模式;

[0087] 所述步骤S2中, 所述第二处理器执行所述第二计算机程序时实现以下步骤:

[0088] S21、判断是否接收到信标帧L2, 若收到, 则嗅探成功, 开始发送应用数据, 结束本次嗅探;

[0089] 所述步骤S2中, 所述第一处理器执行所述第一计算机程序时具体实现以下步骤:

[0090] S22、接收所述应用数据。

[0091] 从上述描述可知, 在唤醒模式下, 一个无线模块根据提前预知的另一个无线模块的唤醒时刻以及唤醒后的CAD检测参数, 通过发送一系列的嗅探帧使其检测成功并进入唤醒阶段, 接收应用数据; 由于CAD检测的时间极短, 唤醒模式在低功耗领域可以在能耗和实时性之间取得良好的平衡效果。

[0092] 进一步地, 所述S122中每隔一个预设周期TS启动一次检测次数为E次的CAD检测;

[0093] 所述步骤S122中若在E次CAD检测范围后均未检测到任何一个第三CAD嗅探帧, 则停止CAD检测, 结束嗅探;

[0094] 所述步骤S21中若未收到信标帧L2, 则嗅探失败, 结束嗅探。

[0095] 从上述描述可知, 按照预设周期启动并限定其检测次数以及等待时间, 以避免漫无目的的等待, 从而提高连通效率。

[0096] 请参照图1, 本发明的实施例一为:

[0097] 一种基于LoRa无线模块CAD模式的嗅探方法, 包括步骤:

[0098] S1、当第一无线模块处于CAD检测模式, 第二无线模块为嗅探状态, 则第二无线模块循环发射一组射频参数序列帧去侦测第一无线模块, 当第一无线模块为唤醒模式, 第二模块为嗅探状态, 则第一无线模块在第二无线模块的唤醒时刻内发射一个射频参数探测帧去侦测第二无线模块;

[0099] S2、若第二无线模块接收到第一无线模块的信标帧后, 则第二无线模块与第一无线模块进行数据通讯。

[0100] 具体的, 步骤S1中“当第一无线模块处于CAD检测模式, 第二无线模块为嗅探状态, 则第二无线模块循环发射一组射频参数序列帧去侦测第一无线模块”具体为:

[0101] S111、第一无线模块使用第一射频参数Px初始化为CAD检测模式, 第一射频参数Px属于第一射频参数序列 $S1 = \{P1, P2, \dots, Pn\}$ ;

[0102] S112、第二无线模块启动嗅探, 使用第二射频参数Qy设置为模块射频参数并发送第二CAD嗅探帧K1, 每发送一次第二CAD嗅探帧K1则进行至少一次CAD检测; 第二射频参数Qy属于第二射频参数序列 $S2 = \{Q1, Q2, \dots, Qm\}$ , 第二射频参数序列S2为第一射频参数序列S1的子集;

[0103] S113、第一无线模块产生CadDone信号之后, 判断是否接收到第二CAD嗅探帧K1, 若收到, 则判断是否生成了CadDelected信号, 若是, 则返回第一CAD嗅探帧L1和信标帧L2, 并使用第一射频参数Px进入接收模式, 并判断进入接收模式的时间是否超过第一预设时间, 若未生成CadDelected信号或者超过第一预设时间, 则 $x = x + 1$ 后, 判断x是否小于或等于n, 若是, 则回到步骤S111, 若x大于n, 则使 $x = 1$ 后回到步骤S111;

[0104] S114、第二无线模块判断是否收到第一CAD嗅探帧L1, 若收到, 则判断是否生成了CadDelected信号, 若是, 则使用第二射频参数Qy进入接收模式, 并判断进入接收模式的时

间是否超过第二预设时间,若未生成CadDelected信号或者超过第二预设时间,则 $y=y+1$ 后,判断 $y$ 是否小于或等于 $m$ ,若是,则回到步骤S112,若 $y$ 大于 $m$ ,则结束嗅探。

[0105] 步骤S2具体为:

[0106] S21、第二无线模块判断是否接收到信标帧L2,若收到,则嗅探成功,开始发送应用数据,结束本次嗅探;

[0107] S22、第一无线模块接收应用数据。

[0108] 其中,值得说明的是,射频参数探测帧的格式为:(频率,扩频因子,带宽),即设第一射频参数序列S1为 $P1(freq1,sf1,bw1)$ 、 $P2(freq2,sf2,bw2)$ ,..., $Pn(freqn,sfn,bwn)$ ,其中 $freq$ 为频率, $sf$ 为扩频因子, $bw$ 为带宽,下同;第二射频参数序列S2为 $Q1(freq1,sf1,bw1)$ 、 $Q2(freq2,sf2,bw2)$ ... $Qm(freqm,sfm,bwm)$ 。

[0109] 在本实施例中,对于在扫描模式下的原理如下:第一无线模块在一个无线射频参数序列S1内循环调用其中的某一个参数集 $P_x$ 并初始化为CAD检测模式,第二无线模块用第二射频参数序列S2内的某一个参数集 $Q_y$ 发送嗅探帧L1,当 $P_x=Q_y$ 时,第一无线模块会因接收到嗅探帧K1产生CadDelected信号,随后第一无线模块用参数集 $P_x$ 连续返回发送一个嗅探帧L1和一个信标帧L2,随后进入接收模式;由于第二无线模块在发送完嗅探帧K1后会以参数集 $Q_y$ 进入CAD检测模式,此时能够接收到嗅探帧L1,并产生CadDelected信号,随即进入接收模式以接收信标帧L2;在接收到信标帧L2后说明嗅探成功,可以进行应用数据的发送了。

[0110] 其中,在本实施例中,嗅探帧是模块发送任一数据包,在未发送完成之前提前终止发送。例如设置模块发送0xA5一字节数据,发送过程中,LoRa无线模块会先发送前导码,再发送数据0xA5,为了达到嗅探帧的效果,在模块发送完前导码的前2个符号后,强制控制模块终止发送数据,一般前导码有8个符号,还不包含有效负载的符号,嗅探帧其实不会发送有效负载的内容,因为前导码都还没发送结束,这样另一个模块可以用CAD模式检测到这个信号,同时大大降低了嗅探帧发送时间,提高嗅探效率。

[0111] 其中,信标帧是模块发送的一个包含特定数据的完整数据包。正常使用0xA5一个字节的包作为信标帧。

[0112] 在本实施例中,结合上述步骤,设定 $freq=470MHz$ , $sf=12$ , $9 \geq bw \geq 6$ ,则第一无线模块的扫描序列S1为(470,12,9)、(470,12,8)、(470,12,7)和(470,12,6);第二无线模块处于嗅探状态,设定其嗅探序列S2为(470,12,8)和(470,12,6)。

[0113] 当第二无线模块启动嗅探后,在第二无线模块使用参数集(470,12,8)发送嗅探帧时,第一无线模块正在使用参数集(470,12,8)进行CAD检测,距离条件允许下,第一无线模块产生了CadDelected信号;此时第一无线模块用参数集(470,12,8)发送了一个CAD探测帧,第二无线模块检测到此探测帧,立刻进入接收模式以接收信标帧;紧接着第一无线模块发送一个信标帧,比如发送一字节数据0xA5,随后进入接收模式以接收应用数据;第二无线模块接收到此信标帧,嗅探成功,第二无线模块开始发送应用数据到第一无线模块,结束嗅探。

[0114] 请参照图1,本发明的实施例二为:

[0115] 一种基于LoRa无线模块CAD模式的嗅探方法,在上述实施例一的基础上,步骤S1中“当第一无线模块为唤醒模式,第二模块为嗅探状态,则第一无线模块在第二无线模块的唤

醒时刻内发射一个射频参数探测帧去侦测第二无线模块”具体为:

[0116] S121、第二无线模块在第一预设时间区间 $[T2, T3]$ 内,以射频参数P0持续发送第三CAD嗅探帧J1、第三CAD嗅探帧J2, ..., 第三CAD嗅探帧Ji,在时刻T3时进入接收模式;

[0117] S122、第一无线模块在时刻T1以射频参数P0每隔一个预设周期TS启动一次检测次数为E次的CAD检测,若检测到第三CAD嗅探帧,则记录因第三CAD嗅探帧而产生CadDelected的时刻T4,并在E次检测次数范围内继续CAD检测,若在E次检测次数范围内再次检测到第三CAD嗅探帧,则更新时刻T4,并再进行E次CAD检测;时刻T1、T2、T3、T4、满足以下公式: $T2 < T1 < T4 \leq T3 < T4 + Td$ ,时刻 $(T4 + Td)$ 为第一无线模块在时刻T4之后的Td时间段后发送信标帧L2,若在E次CAD检测范围后均未检测到任何一个第三CAD嗅探帧,则停止CAD检测,结束嗅探;

[0118] 结合图3可知,在进行第一次CAD检测,即为 $k = 1$ ,在进行一次检测后,若得到CadDelected,则更新T4时刻,并使得 $k = 1$ ,即在E次检测次数内得到CadDelected,都需要将检测次数重新归为1后继续执行E次的检测;若未得到,则 $k = k + 1$ ,即进行下一次检测,直到 $k = E$ 为止;

[0119] S123、第一无线模块判断 $(Tn - T4)$ 是否大于Td,Tn为当前时刻,若是,则以射频参数P0发送信标帧L2,并以射频参数P0进入接收模式;

[0120] 步骤S2具体为:

[0121] S21、第二无线模块判断是否接收到信标帧L2,若收到,则嗅探成功,开始发送应用数据,结束本次嗅探,若第二无线模块未收到信标帧L2,则嗅探失败,结束嗅探;

[0122] S22、第一无线模块接收应用数据。

[0123] 在本实施例中,对于在唤醒模式下的原理如下:在唤醒模式下,第一无线模块会周期性唤醒进行CAD检测,其射频参数为P0,第二无线模块在第一无线模块唤醒之前的一段时间内提前以射频参数P0连续发送CAD嗅探帧L1、L2...Ln,并且Ln的发送时间在第一无线模块产生最后一个CadDone信号之后,即第一无线模块的CAD检测时间段包含在第二无线模块发送嗅探帧的时间段之内,确保能够有效激活第一无线模块;发送完嗅探帧Ln后,第二无线模块会以射频参数P0进入接收模式;在第一无线模块产生CadDelected信号后,会继续进行CAD检测,当距离最后一次CadDelected信号产生的时刻大于Td后,第一无线模块会发送信标帧L1,随后进入接收模式,当第二无线模块接收到信标帧L1后表明嗅探成功,可以进行应用数据的发送了。

[0124] 在本实施例中,结合上述步骤,设定第一无线模块的唤醒周期为10s,唤醒后用参数(470,12,7)进行CAD检测2次,每次持续的时间约为40ms,若起始时间为0,那么第一无线模块在0s、10s...10\*Ns会进行唤醒。第二无线模块在9s时刻开始嗅探,用参数(470,12,7)持续发送嗅探帧,直到10.5s时刻停止,随即进入接收模式;第一无线模块在10s时刻开始检测到CadDelected信号,直到10.5s,在随后的0.5s内未再检测到CadDelected信号,在11s时刻开始发送一个信标帧,随后进入接收模式;第二无线模块接收到此信标帧,嗅探唤醒成功,开始发送应用数据到第一无线模块,嗅探结束。

[0125] 请参照图4,本发明的实施例三为:

[0126] 一种基于LoRa无线模块CAD模式的嗅探系统1,包括第一无线模块2以及第二无线模块5,第一无线模块2包括第一存储器4、第一处理器3及存储在第一存储器4上并可在第一处理器3上运行的第一计算机程序,第二无线模块5包括第二存储器7、第二处理器6及存储

在第二存储器7上并可在第二处理器6上运行的第二计算机程序,第一处理器3执行第一计算机程序时实现上述实施例一中对应的步骤,第二处理器6执行第二计算机程序时实现上述实施例一中对应的步骤:

[0127] 请参照图4,本发明的实施例四为:

[0128] 一种基于LoRa无线模块CAD模式的嗅探系统1,在上述实施例三的基础上,第一处理器3执行第一计算机程序时实现上述实施例二中对应的步骤,第二处理器6执行第二计算机程序时实现上述实施例二中对应的步骤。

[0129] 综上所述,本发明提供一种基于LoRa无线模块CAD模式的嗅探方法及系统,当第一无线模块处于CAD检测模式,第二无线模块为嗅探状态,第二无线模块循环发射一组射频参数序列帧去侦测第一无线模块,使得在一个无线模块只知道另一个无线模块射频参数范围的情况下,根据自身情况探测与其合适的射频参数,在射频参数和外部条件允许下,会在50~1000ms之间嗅探成功,不仅可以快速确立两个无线模块的通讯参数,还时刻优化通讯参数,使得两个无线模块之间可以用尽量快的速率进行通讯;一个无线模块根据提前预知的另一个无线模块的唤醒时刻以及唤醒后的CAD检测参数,通过发送一系列的嗅探帧使其检测成功并进入唤醒阶段,接收应用数据;由于CAD检测的时间极短,唤醒模式在低功耗领域可以在能耗和实时性之间取得良好的平衡效果,即本发明能快速建立起两个无线模块的通信,并在扫描模式下实现快速通信以及在唤醒模式下实现在能耗和实时性之间取得良好的平衡效果。

[0130] 以上所述仅为本发明的实施例,并非因此限制本发明的专利范围,凡是利用本发明说明书及附图内容所作的等同变换,或直接或间接运用在相关的技术领域,均同理包括在本发明的专利保护范围内。

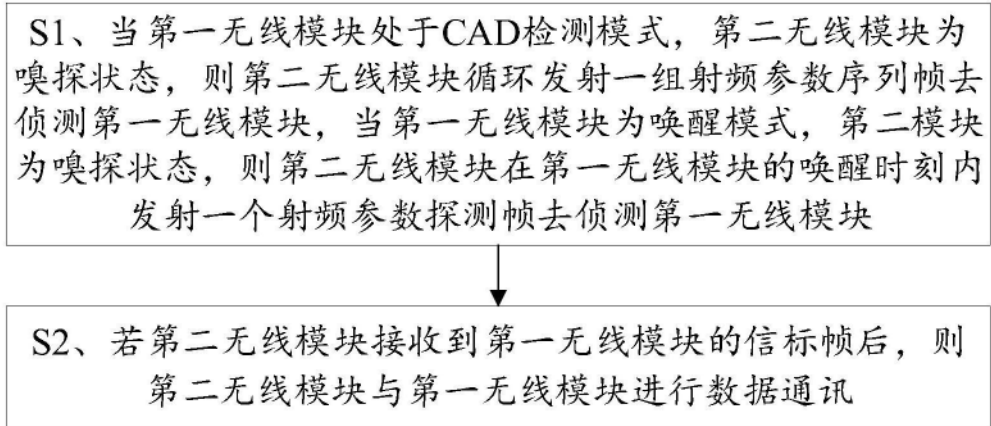


图1



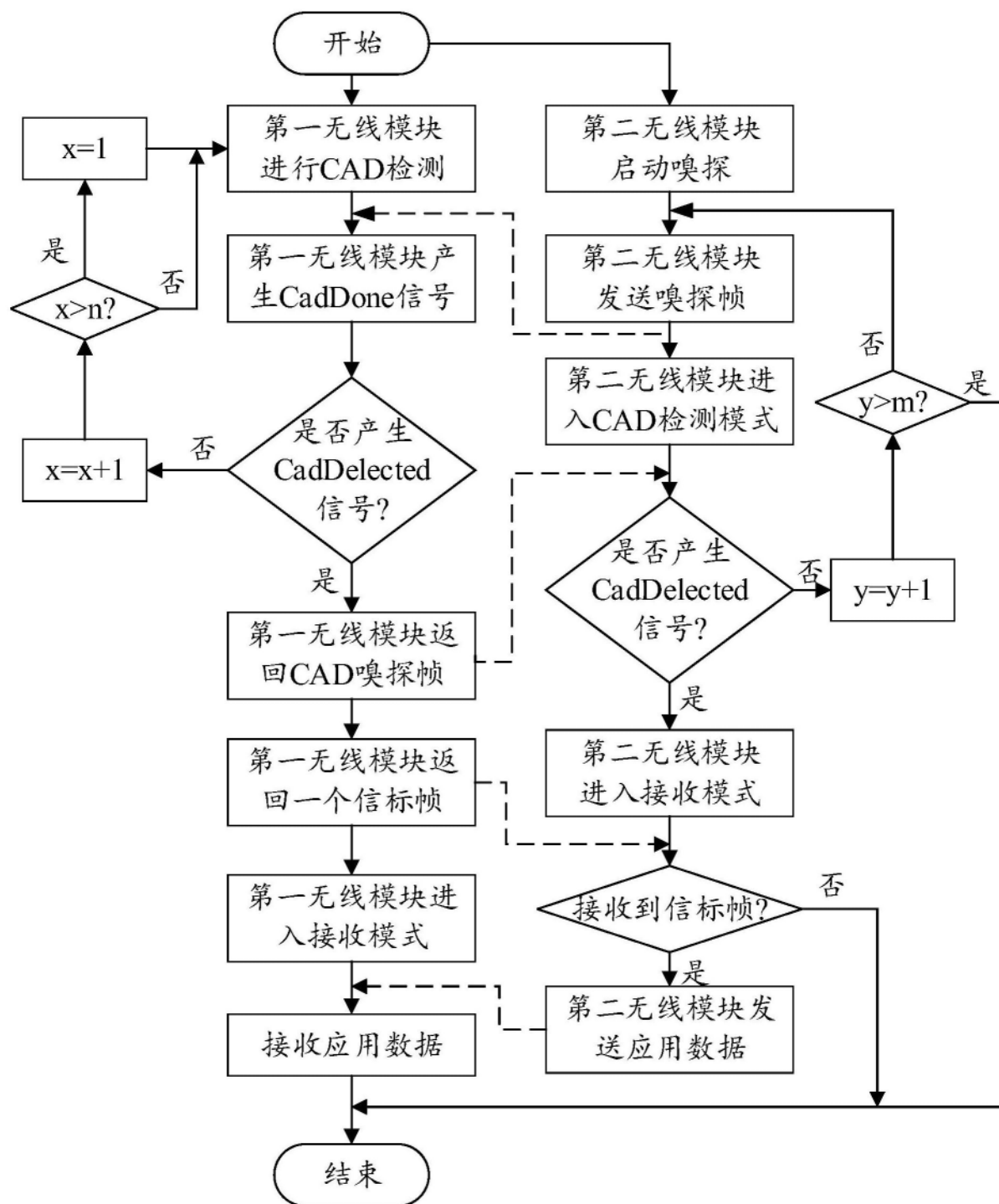


图2

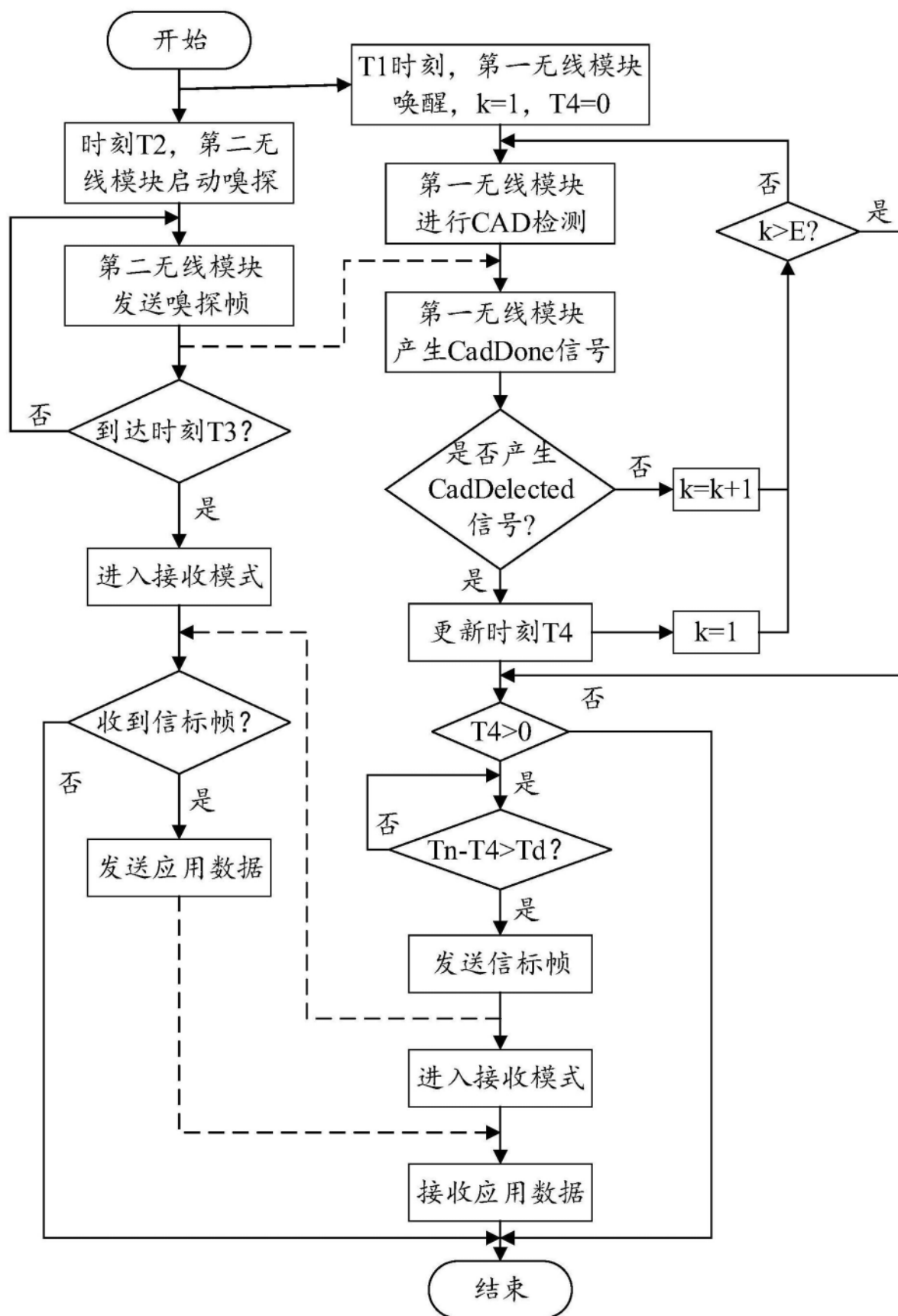


图3

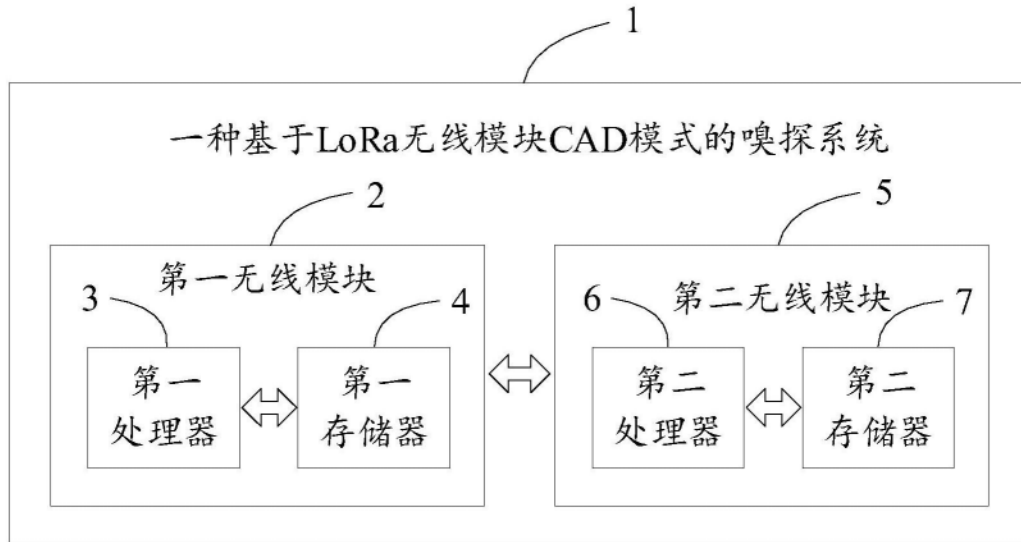


图4