



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108696921 A

(43)申请公布日 2018.10.23

(21)申请号 201710092252.5

(22)申请日 2017.02.21

(71)申请人 中国科学院沈阳自动化研究所
地址 110016 辽宁省沈阳市东陵区南塔街
114号

(72)发明人 郑萌 都满毅 梁炜 于海斌
杨雨沱 刘帅

(74)专利代理机构 沈阳科苑专利商标代理有限
公司 21002

代理人 王倩

(51)Int.Cl.

H04W 52/02(2009.01)

H04W 74/08(2009.01)

H04B 17/30(2015.01)

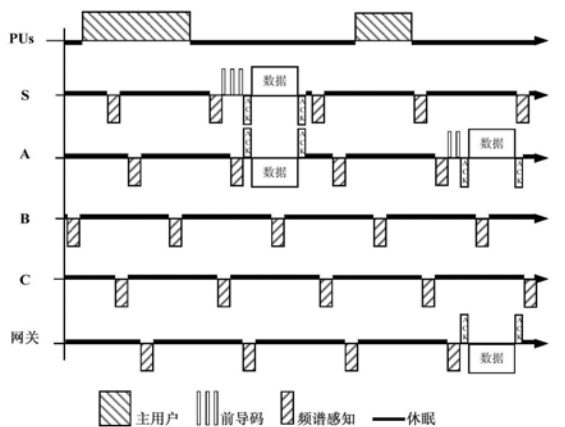
权利要求书1页 说明书5页 附图2页

(54)发明名称

基于广播前导侦听的认知传感器网络介质访问控制方法

(57)摘要

本发明涉及认知无线传感器网络技术,是一种基于广播前导侦听的认知传感器网络介质访问控制方法。认知传感器网络中的认知节点采用周期性的休眠-唤醒机制,首先利用频谱感知技术判断主用户的状态,如果主用户不活跃,那么数据发送节点使用广播前导码的方式建立通信链路。各邻居节点按照唤醒的先后顺序,同时考虑距网关的跳数信息,自主决定充当中继节点进行数据转发。此外,由于主用户的回归或者漏警可能导致认知节点与主用户的传输冲突,本发明采用基于确认的重传机制,以保证数据包传输的可靠性。本发明不依赖于公共控制信道,可以实现认知传感器网络对授权频段的低开销可靠接入。



1. 基于广播前导侦听的认知传感器网络介质访问控制方法, 其特征在于认知传感器节点CS在每个休眠-唤醒周期执行以下步骤:

步骤1, 频谱感知: CS检测主用户是否正在占用授权频段; 主用户未占用授权频段, 执行步骤2; 否则, 执行步骤7;

步骤2, 载波监听: CS进行载波监听; 当载波监听结果显示信道未被占用时, 执行步骤3; 当载波监听结果显示信道忙并且接收到前导码时, 如果自身不满足转发条件, 则执行步骤7, 否则执行步骤6; 当载波监听结果显示信道忙并且未接收到前导码时, 执行步骤7;

步骤3, CS检测自身数据队列长度; 当数据队列不为空时, 执行步骤4; 否则执行步骤7;

步骤4, 广播发送前导码: CS在传输数据前, 首先发送前导码, 用来和邻居节点建立通信链路;

步骤5, 数据传输: 如果CS发送前导码的过程中接收到邻居节点的响应ACK, 则立即停止前导码的发送, 并开始向该邻居节点发送数据包; 如果数据包发送完成后接收到确认ACK, 则表示数据包发送成功, 执行步骤7; 否则, 表示传输失败, 执行步骤7;

步骤6, 前导码响应: CS进入接收状态, 并发送响应ACK, 表示准备接收数据; 如果接收到数据包, 则发送确认ACK告知发送节点, 执行步骤7; 否则, 直接进入步骤7;

步骤7, 休眠: CS关闭射频收发器, 同时打开超时定时器进行计时; 计时结束后重新唤醒, 执行步骤1。

2. 根据权利要求1所述的基于广播前导侦听的认知传感器网络介质访问控制方法, 其特征在于, 所述CS检测主用户是否正在占用授权频段包括以下步骤:

CS在主用户的一个工作频段上采集N个信号样本; 其中, $N = f * T_s$, f 为CS的采样频率, T_s 为频谱感知时间;

将N个样本的信号能量 $T(y) = \sum_{n=1}^N |y(n)|^2$ 与能量阈值 ϵ 进行比较; 其中, $y(n)$ 为CS采集到的第n个信号样本;

如果 $T(y) \geq \epsilon$, CS判定主用户正在占用授权频段; 否则, CS判定主用户未占用授权频段。

3. 根据权利要求1所述的基于广播前导侦听的认知传感器网络介质访问控制方法, 其特征在于, 所述前导码的发送周期不小于CS进行载波监听的时间间隔。

4. 根据权利要求1所述的基于广播前导侦听的认知传感器网络介质访问控制方法, 其特征在于, 所述前导码由若干个前导码短周期构成, 每个前导码短周期分为发送和接收两部分, 发送部分用来发送前导码, 接收部分用来等待满足转发条件的邻居节点的ACK响应。

5. 根据权利要求1所述的基于广播前导侦听的认知传感器网络介质访问控制方法, 其特征在于, 所述前导码包括节点自身到网关的跳数。

6. 根据权利要求1所述的基于广播前导侦听的认知传感器网络介质访问控制方法, 其特征在于, 所述转发条件如下: $H2 < H1$, $H1$ 表示发送节点到网关的跳数, $H2$ 表示自身到网关的跳数。

基于广播前导侦听的认知传感器网络介质访问控制方法

技术领域

[0001] 本发明涉及无线传感器网络技术,具体地说是一种基于广播前导侦听的认知传感器网络介质访问控制方法。

背景技术

[0002] 无线传感器网络作为一种事件监测和数据采集技术,已广泛应用于环境监测、军事监控和工业应用等领域。随着无线业务的快速增长,由于无线传感器网络设备和WIFI,蓝牙,射频识别RFID等技术同样使用工业、科学及医疗频段,这使得该免授权频段变得非常拥挤。无线信道的开放共享特性使得无线传感器网络设备会受到其他技术干扰,影响了网络的性能。认知无线传感器网络将认知无线电技术引入到无线传感器网络中,可以实现认知传感器节点(Cognitive Sensors,CSs)对授权频段的动态接入,为上述问题提供了解决思路。而决定认知无线传感器网络性能的关键点依然是介质访问控制(Medium Access Control,MAC)方法的设计。传统无线传感器网络的MAC方法,只考虑在免授权频段通信的情况下传感节点之间的传输冲突问题;而认知无线传感器网络主要面向授权频段,除了解决CSs之间的冲突,还需要严格保护主用户(Primary Users,PUs),实现CSs对PUs的透明传输。

[0003] 现有认知无线传感器网络MAC方法,大多通过假设一个预先设置的公共控制信道,用于CSs间交互控制信息。然而,采用公共控制信道本身就要浪费一个信道。此外,公共控制信道还存在控制信道饱和,一旦控制信道遭受攻击,则认知无线传感器网络不能正常工作。此外,由于CSs为了节省能量而采用休眠-唤醒机制,导致较大的数据包传输时延。

发明内容

[0004] 针对传统认知传感器网络采用的机会频谱接入方法所存在的控制信道饱和、资源浪费以及休眠-唤醒机制造成传输时延增加的问题,本发明提出一种基于广播前导侦听的认知传感器网络介质访问控制方法,可以实现认知传感器网络对授权频段的低开销、高可靠和低时延接入。

[0005] 本发明解决其技术问题所采用的技术方案是:基于广播前导侦听的认知传感器网络介质访问控制方法,认知传感器节点CS在每个休眠-唤醒周期执行以下步骤:

[0006] 步骤1,频谱感知:CS检测主用户是否正在占用授权频段;主用户未占用授权频段,执行步骤2;否则,执行步骤7;

[0007] 步骤2,载波监听:CS进行载波监听;当载波监听结果显示信道未被占用时,执行步骤3;当载波监听结果显示信道忙并且接收到前导码时,如果自身不满足转发条件,则执行步骤7,否则执行步骤6;当载波监听结果显示信道忙并且未接收到前导码时,执行步骤7;

[0008] 步骤3,CS检测自身数据队列长度;当数据队列不为空时,执行步骤4;否则执行步骤7;

[0009] 步骤4,广播发送前导码:CS在传输数据前,首先发送前导码,用来和邻居节点建立通信链路;

[0010] 步骤5,数据传输:如果CS发送前导码的过程中接收到邻居节点的响应ACK,则立即停止前导码的发送,并开始向该邻居节点发送数据包;如果数据包发送完成后接收到确认ACK,则表示数据包发送成功,执行步骤7;否则,表示传输失败,执行步骤7;

[0011] 步骤6,前导码响应:CS进入接收状态,并发送响应ACK,表示准备接收数据;如果接收到数据包,则发送确认ACK告知发送节点,执行步骤7;否则,直接进入步骤7;

[0012] 步骤7,休眠:CS关闭射频收发器,同时打开超时定时器进行计时;计时结束后重新唤醒,执行步骤1。

[0013] 所述CS检测主用户是否正在占用授权频段包括以下步骤:

[0014] CS在主用户的一个工作频段上采集N个信号样本;其中, $N=f*T_s$,f为CS的采样频率, T_s 为频谱感知时间;

[0015] 将N个样本的信号能量 $T(y) = \sum_{n=1}^N |y(n)|^2$ 与能量阈值 ϵ 进行比较;其中,y(n)为CS采集到的第n个信号样本;

[0016] 如果 $T(y) \geq \epsilon$,CS判定主用户正在占用授权频段;否则,CS判定主用户未占用授权频段。

[0017] 所述前导码的发送周期不小于CS进行载波监听的时间间隔。

[0018] 所述前导码由若干个前导码短周期构成,每个前导码短周期分为发送和接收两部分,发送部分用来发送前导码,接收部分用来等待满足转发条件的邻居节点的ACK响应。

[0019] 所述前导码包括节点自身到网关的跳数。

[0020] 所述转发条件如下: $H_2 < H_1$, H_1 表示发送节点到网关的跳数, H_2 表示自身到网关的跳数。

[0021] 本发明具有以下有益效果及优点:

[0022] 1.在无需公共控制信道的前提下,通过前导侦听和频谱感知技术有效解决CS的空闲侦听问题和CS与主用户之间的传输冲突问题;

[0023] 2.采用广播前导侦听的方法,实现认知传感网络中数据的低延时、低开销和高可靠发送。

附图说明

[0024] 图1为基于广播前导侦听的介质访问控制有限状态机图;

[0025] 图2为基于广播前导侦听的介质访问控制过程示例图一;

[0026] 图3为基于广播前导侦听的介质访问控制过程示例图二。

具体实施方式

[0027] 下面结合实施例对本发明做进一步的详细说明。

[0028] 本发明涉及认知无线传感器网络技术,是一种基于广播前导侦听的认知传感器网络介质访问控制方法。认知传感器网络中的认知节点采用周期性的休眠-唤醒机制,首先利用频谱感知技术判断主用户的状态,如果主用户不活跃,那么数据发送节点使用广播前导码的方式建立通信链路。各邻居节点按照唤醒的先后顺序,同时考虑距网关的跳数信息,自主决定充当中继节点进行数据转发。此外,由于主用户的回归或者漏警可能导致认知节点

与主用户的传输冲突,本发明采用基于确认的重传机制,以保证数据包传输的可靠性。本发明不依赖于公共控制信道,可以实现认知传感器网络对授权频段的低开销可靠接入。

[0029] 如图1所示,基于广播前导侦听的认知传感器网络介质访问控制方法,CS在每个休眠-唤醒周期执行以下步骤:

[0030] 步骤1,频谱感知:CS采用能量检测技术检测PUs是否正在占用授权频段。当PUs未占用授权频段时,执行步骤2;否则,执行步骤7;所述PUs表示主用户(Primary Users);

[0031] 步骤2,载波监听:CS进行载波监听,当载波监听结果显示信道未被占用时,执行步骤3;当载波监听结果显示信道忙并且接收到前导码时,如果自身不满足转发条件,则执行步骤7,否则执行步骤6;当载波监听结果显示信道忙并且未接收到前导码时,执行步骤7;

[0032] 步骤3,CS检测其数据队列长度,当数据队列不为空时,执行步骤4;否则执行步骤7;

[0033] 步骤4,广播发送前导码:CS在传输数据前,首先发送前导码,用来和邻居节点建立通信链路;

[0034] 步骤5,数据传输:如果CS发送前导码的过程中接收到邻居节点的响应ACK,则立即停止前导码的发送,并开始向该邻居节点发送数据包。如果数据包发送完成后接收到确认ACK,则表示数据包发送成功,执行步骤7;否则,表示传输失败,执行步骤7,并于下一周期对发送失败的数据进行重传,若重传若干次仍然失败则丢弃该数据包;

[0035] 步骤6,前导码响应:CS进入接收状态,并发送响应ACK,表示其已经准备接收数据。如果接下来成功接收数据包,则发送确认ACK告知发送节点,执行步骤7;否则,直接进入步骤7;

[0036] 步骤7,休眠:CS关闭射频收发器,同时打开超时定时器进行计时。计时结束后重新唤醒,执行步骤1。

[0037] 所述采用能量感知方法检测PUs是否正在占用授权频段,包括以下步骤:

[0038] CS通过能量检测器采集 $N=f*T_s$ 个PUs信号样本,其中, f 为采样频率, T_s 为频谱感知时间;

[0039] 将该 N 个样本的信号能量 $T(y) = \sum_{n=1}^N |y(n)|^2$ 与给定的能量阈值 ϵ 进行比较,其中, y

(n)为通过能量检测器采集到第 n 个信号样本;

[0040] 如果 $T(y) \geq \epsilon$,判定该授权频段正被PUs占用;否则,判定该授权频段未被PUs占用。

[0041] 所述前导码的发送方式如下:

[0042] 当CS进行数据传输前,首先采用广播方式发送前导码,用来和邻居节点建立通信链路,此过程不指定特定的接收节点;为了保证邻居节点对前导码的接收,一个完整的前导码的发送周期应不小于传感器节点进行载波监听的时间间隔。前导码由若干个前导码短周期构成,每个前导码短周期进一步划分为发送和接收两部分,发送部分用来进行前导码的发送,前导码中包括了自身到网关的跳数信息,接收部分用来等待满足转发条件的邻居节点的ACK响应;当CS在接收部分收到来自邻居节点的响应ACK,则立即停止前导码发送并开始向该响应节点发送数据包。

[0043] 所述在邻居节点中选择转发节点的方式如下:

[0044] 发送节点传输范围内率先唤醒的邻居节点在载波监听过程中接收到前导码时,将

其中含有的发送节点到网关的跳数信息H1与自身到网关的跳数信息H2相比较。当H2<H1时，则发送节点满足转发条件。

[0045] 本发明提出了一种面向认知传感网的基于广播前导侦听的介质访问控制方法，其主要思想是通过CS的频谱感知、载波监听、队列检测、发送前导码、数据传输、前导码响应和休眠等过程实现认知传感器网络的介质访问控制。在保证认知传感网对授权频段的可靠接入的同时，可以综合邻居节点到网关的跳数信息和唤醒的时间先后对接收数据包的目的节点进行选择，减少时延。

[0046] 本发明适用于采用机会频谱接入方式的认知传感网。假设在认知传感网中部署有大量的CSs。每个CS都配备一个半双工的认知无线电收发器，即同一时间CSs在授权频段只能发送或接收数据。认知传感网采用自组织方式组网，网络无需公共控制信道和全局时钟同步。参照IEEE 802.22标准，每个CS的帧长度设置为 $T \leq 100\text{ms}$ 。每个CS循环执行自身的休眠-唤醒周期，并根据上述各步骤的执行情况，进行发送-接收状态的切换。为保证邻居节点对前导码的接收，设定发送前导码的时长 T_p 不小于 T_{CI} ，其中 T_{CI} 为CS进行载波监听的时间间隔。

[0047] 本发明主要包括如下实现过程：

[0048] CS：(1) CS进行频谱感知；(2) CS进行载波监听；(3) CS进行数据队列检测；(4) CS发送前导码；(5) CS进行数据传输；(6) CS对前导码的响应；(7) CS转入休眠状态。

[0049] 图3给出了上述实现过程之间的时序关系。图2表示节点S使用本方案通过选择传输范围内的邻居节点A，向网关发送数据。S, A, B, C均为认知传感器节点。下面结合图1~3，对本发明的具体过程做如下详细说明。

[0050] (1) CS进行频谱感知

[0051] 由于CS要接入到授权频段进行数据传输，必须首先进行频谱感知以判别PUs是否正在占用授权频段。只有当PUs未占用授权频段时，CS才可以接入到该授权频段进行数据传输。根据PUs占用授权频段的情况，可以建立如下二元假设检验模型：

$$[0052] \begin{cases} H_0 : y_m(n) = u_m(n) \\ H_1 : y_m(n) = h_m(n) \cdot x(n) + u_m(n) \end{cases} \quad m = 1, \dots, M; n = 1, \dots, N$$

[0053] 其中， H_0 和 H_1 分别表示PUs未占用和占用授权频段的情况。 $x(n)$ 表示PUs的传输信号， $h_m(n)$ 和 $u_m(n)$ 分别表示PUs到 CS_m 的信道增益和 CS_m 处的噪声。 $y_m(n)$ 表示 CS_m 通过能量检测器采集到第 n 个信号样本，然后 CS_m 对 $N = f * T_s$ 个样本的信号能量 $T(y_m) = \sum_{n=1}^N |y_m(n)|^2$ 与事先给定的阈值 ϵ_m 比较，其中 f 表示采样频率。如果 $T(y_m) \geq \epsilon_m$ ， CS_m 判定该授权频段正被PUs占用；否则， CS_m 判定该授权频段未被PUs占用；其中 M 表示认知传感器节点数。

[0054] 当CS判定PUs正在占用授权频段时，CS不能接入授权频段，进入休眠状态，以降低功耗。当CS判定PUs未占用授权频段时，CS下一步进行载波侦听。

[0055] (2) CS进行载波监听

[0056] 认知传感器网络采用自组织方式组网，各个CS独立决策，不需要全网的时间同步。当载波监听结果显示信道空闲时，CS对自身数据队列进行检测，决定是否接入信道；当载波监听结果显示信道忙并且接收到前导码时，CS对自身是否满足转发条件进行判定，条件满足则进行前导码响应，否则进入休眠；当信道忙且未接收到前导码时，直接进入休眠。

[0057] (3) CS进行数据队列检测

[0058] CS检测其数据队列长度 q_m (数据包的个数) $m=1, 2, \dots, M$, 当 $q_m=0$ 时, 即队列为空, CS转入休眠状态; 否则开始发送前导码。

[0059] (4) CS发送前导码

[0060] 为了降低网络的能耗, CS通常采用休眠的方式。因此, 当CS接入到授权频段发送数据时, 如果其目的接收节点处于休眠状态, 那么CS将无法接收数据, 造成数据传输时延。为了解决上述问题, CS采用广播发送前导码的方法建立通信链路。具体来说, 当CS接入到空闲信道时, 将进行前导码的发送。前导码内含有节点自身到网关跳数信息。前导码由若干个前导码短周期构成, 每个前导码短周期分为发送和接收两部分, 发送部分进行前导码的发送, 接收部分用来等待满足转发条件的邻居节点的ACK响应。

[0061] (5) CS进行数据传输

[0062] 如果CS接收到邻居节点发送的响应ACK, 则停止发送前导码并向邻居节点发送数据。如果CS始终未接收到响应ACK, 则认为本次建立通信链路失败, 下一个周期进行重传。

[0063] (6) CS进行前导码响应

[0064] 发送响应ACK, 表示其已经准备接收数据。如果接下来成功接收数据包, 则发送确认ACK告知发送节点, 然后进入休眠; 否则直接进入休眠。

[0065] (7) CS转入休眠状态

[0066] CS关闭收发器, 同时打开超时定时器, 休眠至当前周期结束。

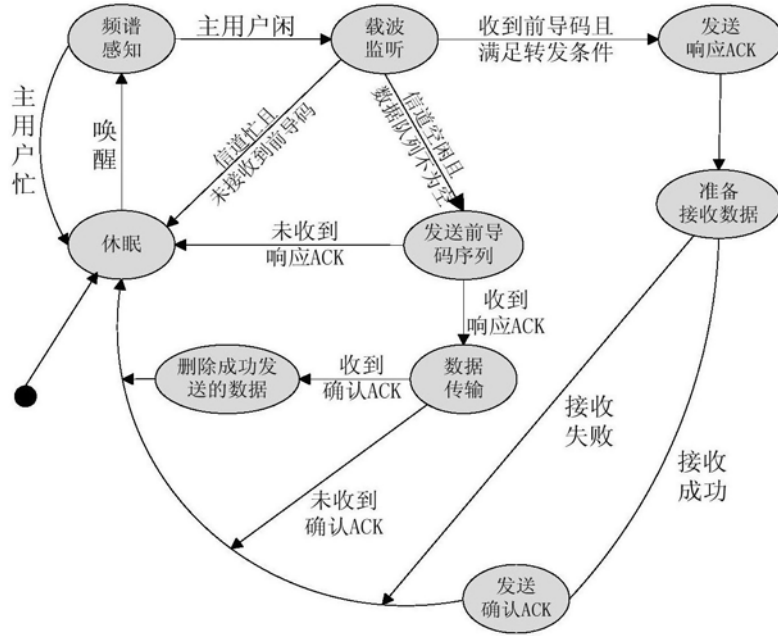


图1

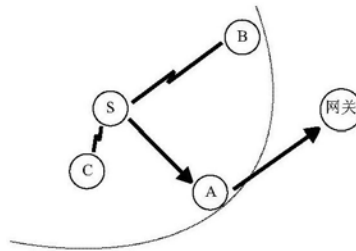


图2

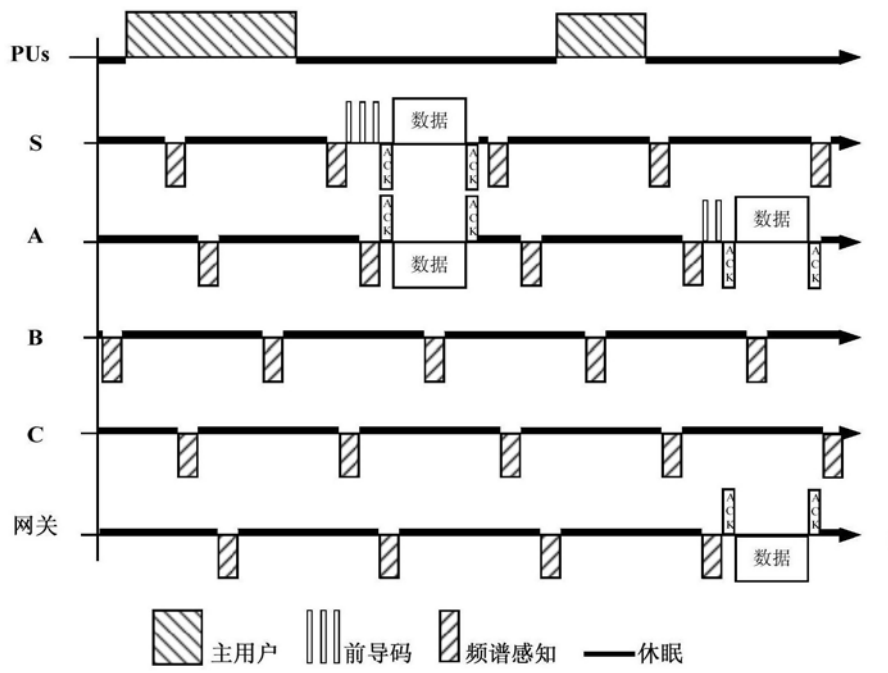


图3