



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105592562 B

(45)授权公告日 2018.12.07

(21)申请号 201410561546.4

(22)申请日 2014.10.20

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 105592562 A

(43)申请公布日 2016.05.18

(73)专利权人 中国科学院沈阳自动化研究所
地址 110016 辽宁省沈阳市南塔街114号

(72)发明人 张晓玲 梁炜 杨莉

(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 徐丽 周秀梅

(51)Int.Cl.

H04W 74/04(2009.01)

(56)对比文件

CN 101039225 A,2007.09.19,
CN 103618998 A,2014.03.05,
EP 2166776 A1,2010.03.24,
CN 105284068 A,2016.01.27,
CN 103517445 A,2014.01.15,

审查员 雷永俊

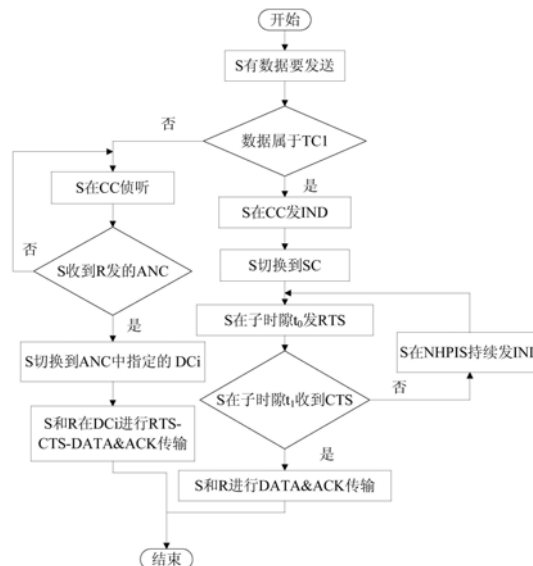
权利要求书2页 说明书5页 附图3页

(54)发明名称

一种面向紧急数据的异步多信道工业无线网络调度方法

(57)摘要

本发明涉及工业无线传感器网络技术,具体地说是一种面向紧急数据的异步多信道工业无线网络调度方法。本发明主要思想在于:根据工业无线网络中紧急数据的特征,面向两类典型的工业紧急数据;采用特殊信道结合优先级指示的方法保证紧急数据快速切换信道进行实时传输的同时,允许非紧急数据基于优先级指示标志采用退避机制占用信道,保证了特殊信道的利用率;采用基于接收端的策略,解决了异步多信道调度中存在的控制信道饱和问题;既适用于单播通信,也适用于广播通信。本发明是在充分考虑工业无线网络在工业自动化应用中的特点的前提下提出的,能够保证紧急数据的低延时高可靠传输,提高网络吞吐量,进而提升网络的实时性和规模。



1. 一种面向紧急数据的异步多信道工业无线网络调度方法,其特征在于,包括以下步骤:

将可用信道划分为一个控制信道和多个数据信道,在多个数据信道中选择一个数据信道作为特殊信道;

当发送节点有数据要发送时,判断要发送的数据是否是紧急数据;

如果要发送的数据是紧急数据,则发送节点在控制信道发送指示,再切换到特殊信道发送发送请求,判断发送节点是否收到发送允许,如果收到则发送节点和接收节点进行待发送数据和ACK的传输;否则,发送节点持续发送指示,在下一个时隙重新发送发送请求;

如果要发送的数据不是紧急数据,则发送节点在控制信道持续侦听接收节点是否发送了声明消息包,在侦听到声明消息包后,发送节点切换到声明消息包中指定的数据信道,发送节点和接收节点在该数据信道中进行发送请求、发送允许、待发送数据和ACK的传输。

2. 根据权利要求1所述的一种面向紧急数据的异步多信道工业无线网络调度方法,其特征在于,所述特殊信道的时隙长度为节点发送一个紧急数据数据包的平均时间与发送一个广播数据数据包的平均时间相比的较大值。

3. 根据权利要求1所述的一种面向紧急数据的异步多信道工业无线网络调度方法,其特征在于,所述特殊信道划分为高优先级指示空间和非高优先级指示空间,其中,高优先级指示空间用于有紧急数据要发送的节点发送发送请求与接收发送允许,非高优先级指示空间用于发送节点与接收节点之间的数据传输。

4. 根据权利要求3所述的一种面向紧急数据的异步多信道工业无线网络调度方法,其特征在于,所述高优先级指示空间由两个等长的子时隙组成,分别用于有要发送紧急数据数据包的节点发送发送请求、接收发送允许。

5. 根据权利要求1所述的一种面向紧急数据的异步多信道工业无线网络调度方法,其特征在于,所述声明消息包中指定的数据信道通过以下方法选择:

当接收节点的睡眠时间到达时,它以概率 p 在所有数据信道中随机地选择一个数据信道,而以概率 $1-p$ 继续睡眠, p 定义为平均可用数据信道数 A 与总数据信道数 K 之比,其中, K 由协议设计确定; $A=K-\lambda \times (1/p)$,其中 λ 为报文到达速率, p 为报文长度服从分布的参数。

6. 根据权利要求1所述的一种面向紧急数据的异步多信道工业无线网络调度方法,其特征在于,所述发送节点切换到声明消息包中指定的数据信道,包括以下步骤:检测该数据信道的状态,若空闲,则发送一个发送请求;若忙碌,则随机退避一段时间后发送一个发送请求;如果发送节点在控制信道上侦听时间 T_{\max} 后仍然没有收到接收节点发送的声明消息包,则发送节点主动在控制信道上发送一个声明消息包,所述 T_{\max} 为定义的最大侦听时间,用于避免由于接收节点同时在控制信道上等待发送节点发送声明信息包而导致的死锁问题。

7. 根据权利要求1所述的一种面向紧急数据的异步多信道工业无线网络调度方法,其特征在于,当接收节点收到发送请求后,接收节点发送一个发送允许来确认这次预约,当接收节点切换到数据信道后,如果没有收到来自其他节点的发送请求,则接收节点根据自己的占空比切换回控制信道,然后进入睡眠阶段。

8. 根据权利要求1所述的一种面向紧急数据的异步多信道工业无线网络调度方法,其特征在于,当发送节点收到发送允许后,发送节点与接收节点进行传输,传输完毕后,发送

节点和接收节点切换回控制信道,然后进入睡眠阶段。

9.根据权利要求1所述的一种面向紧急数据的异步多信道工业无线网络调度方法,其特征在于,还包括:

当发送节点有广播数据要发送时,发送节点切换到特殊信道,开启其无线收发器检测特殊信道的信道状态;

如果特殊信道空闲,那么发送节点在接下来的M个时隙内连续发送M个相同的数据包,M根据不同工业网络WSN的性能需求进行动态地调整;

如果特殊信道忙碌,那么发送节点随机退避一段时间。

一种面向紧急数据的异步多信道工业无线网络调度方法

技术领域

[0001] 本发明涉及工业无线传感器网络技术,具体地说是一种面向紧急数据的异步多信道工业无线网络调度方法。

背景技术

[0002] 用于工业现场环境具备高可靠、硬实时、高安全特征的无线网络被称为工业无线网络(Industrial Wireless Sensor Networks, IWSNs)。无线技术低成本、易使用、易维护等优点,使得以较低投资和使用成本实现“泛在感知”和“全流程优化控制”的工业测控系统成为可能,具有广阔的应用前景,已成为工业测控和无线领域新的研究热点。

[0003] 工厂自动化应用中的数据通常包括三类:安全、控制和监测。其中,安全是指关乎生产和人身安全的动作数据;控制是指闭环管理、闭环监督和开环等控制类数据;监测是指报警、登录和下载/上传等数据。不同类型的数据对应网络中不同的性能需求,安全是紧急性最高的数据类。紧急数据要求苛刻的硬实时和高可靠性能,超过紧急数据的延时上限,则会导致系统不稳定,带来经济损失,甚至危害人身安全。

[0004] 针对紧急数据的传输方法的研究中,工业无线传感器网络技术中的介质访问控制(MAC, medium access control)方法,旨在为相互竞争的节点分配无线通信资源,是关系网络性能的关键技术。针对紧急数据的传输,主要包括下述三类方法:

[0005] 1) 固定分配方式,为每个传感器节点分配固定的通信时隙和信道,从而避免节点之间的相互干扰;

[0006] 2) 随机竞争方式,传感器节点在需要发送数据时随机占用无线资源,重点考虑尽量减少节点间的冲突和干扰;

[0007] 3) 混合方式,即固定分配和随机竞争结合的方法。

[0008] 随机竞争方式中被广泛采用的是载波侦听多路访问/冲突避免(CSMA/CA, Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance)机制。CSMA/CA在没有大的外部干扰且数据负荷较小时能够提供低延时和充足的吞吐量,特别是对于不可预测的数据。然而,当网络密度增加时,CSMA/CA不能提供有保证的无线信道接入。

[0009] 固定分配方式中被广泛采用的是时分多址(TDMA, Time Division Multiple Access)机制。相对于CSMA/CA, TDMA能够提供更确定的性能。然而,由于不可预测的紧急数据具有发生的不确定性, TDMA不能为其提供优先分配的专用传输时间,进而不能提供低延时。TDMA方法在紧急数据传输中的研究刚刚起步。已有典型研究提出了PriorityMAC,根据数据的周期性、重现率和延时要求将其分为4个优先级,分别对应4种媒介接入方式。该方法能够很好地解决不可预测的紧急数据的实时传输问题,然而,只是针对单信道进行资源调度,当节点多通信量比较大时,使得信道竞争比较大。

发明内容

[0010] 针对现有TDMA方法解决紧急数据传输,局限于单信道通信、信道竞争较大,且对不

可预测的紧急数据的处理能力较差,无法较高保障可靠性和实时性的问题,本发明提出了一种面向紧急数据的异步多信道工业无线网络调度方法,能够很好地解决多信道通信中不可预测的紧急数据的实时传输问题。

[0011] 本发明为实现上述目的所采用的技术方案是:一种面向紧急数据的异步多信道工业无线网络调度方法,包括以下步骤:

[0012] 将可用信道划分为一个控制信道和多个数据信道,在多个数据信道中选择一个数据信道作为特殊信道;

[0013] 当发送节点有数据要发送时,判断要发送的数据是否是紧急数据;

[0014] 如果要发送的数据是紧急数据,则发送节点在控制信道发送指示,再切换到特殊信道发送发送请求,判断发送节点是否收到发送允许,如果收到则发送节点和接收节点进行待发送数据和ACK的传输;否则,发送节点持续发送指示,在下一个时隙重新发送发送请求;

[0015] 如果要发送的数据不是紧急数据,则发送节点在控制信道持续侦听接收节点是否发送了声明消息包,在侦听到声明消息包后,发送节点切换到声明消息包中指定的数据信道,发送节点和接收节点在该数据信道中进行发送请求、发送允许、待发送数据和ACK的传输。

[0016] 所述特殊信道的时隙长度为节点发送一个紧急数据数据包的平均时间与发送一个广播数据数据包的平均时间相比的较大值。

[0017] 所述特殊信道划分为高优先级指示空间和非高优先级指示空间,其中,高优先级指示空间用于有紧急数据要发送的节点发送发送请求与接收发送允许,非高优先级指示空间用于发送节点与接收节点之间的数据传输。

[0018] 所述高优先级指示空间由两个等长的子时隙组成,分别用于有要发送紧急数据数据包的节点发送发送请求、接收发送允许。

[0019] 所述声明消息包中指定的数据信道通过以下方法选择:

[0020] 当接收节点的睡眠时间到达时,它以概率 p 在所有数据信道中随机地选择一个数据信道,而以概率 $1-p$ 继续睡眠, p 定义为平均可用数据信道数 A 与总DC数 K 之比,其中, K 由协议设计确定; $A=K-\lambda \times (1/p)$,其中 λ 为报文到达速率, p 为报文长度服从分布的参数。

[0021] 所述发送节点切换到声明消息包中指定的数据信道,包括以下步骤:检测该数据信道的状态,若空闲,则发送一个发送请求;若忙碌,则随机退避一段时间后发送一个发送请求;如果发送节点在控制信道上侦听时间 T_{\max} 后仍然没有收到接收节点发送的声明消息包,则发送节点主动在控制节点上发送一个声明消息包,所述 T_{\max} 为定义的最大侦听时间,用于避免由于接收节点同时在控制信道上等待发送节点发送声明信息包而导致的死锁问题。

[0022] 当接收节点收到发送请求后,接收节点发送一个发送允许来确认这次预约,当接收节点切换到数据信道后,如果没有收到来自其他节点的发送请求,则接收节点根据自己的占空比切换回控制信道,然后进入睡眠阶段。

[0023] 当发送节点收到发送允许后,发送节点与接收节点进行传输,传输完毕后,发送节点和接收节点切换回控制信道,然后进入睡眠阶段。

[0024] 还包括:

[0025] 当发送节点有广播数据要发送时,发送节点切换到特殊信道,开启其无线收发器检测特殊信道的信道状态;

[0026] 如果特殊信道空闲,那么发送节点在接下来的M个时隙内连续发送M个相同的数据包,M根据不同WSN的性能需求进行动态地调整;

[0027] 如果特殊信道忙碌,那么发送节点随机退避一段时间。

[0028] 本发明具有以下优点及有益效果:

[0029] 1. 本发明采用的特殊信道机制,保证了紧急数据的优先传输,同时采用的指示机制,在保证不可预测紧急数据的目的节点能够快速切换信道的同时,使得选择使用特殊信道的普通数据在紧急数据占用信道时能够进行退避,不干扰紧急数据传输,而在特殊信道空闲时能充分利用信道资源;

[0030] 2. 本发明中特殊信道中时隙长度的设置,保证了不可预测的紧急数据和广播数据的确定性传输。

附图说明

[0031] 图1为本发明中特殊信道中的时隙示意图;

[0032] 图2为本发明中普通紧急数据单播通信示意图;

[0033] 图3为本发明中不可预测的紧急数据单播通信的示意图;

[0034] 图4为本发明中广播通信的示意图;

[0035] 图5为本发明的算法流程图。

具体实施方式

[0036] 下面结合附图及实施例对本发明做进一步的详细说明。

[0037] 根据工业无线网络中紧急数据的特征,面向两类典型的工业紧急数据,采用特殊信道结合优先级指示的方法保证紧急数据快速切换信道进行实时传输的同时,允许非紧急数据基于优先级指示标志采用退避机制占用信道,保证了特殊信道的利用率;采用基于接收端的策略,解决了异步多信道调度中存在的控制信道饱和问题;既适用于单播通信,也适用于广播通信。

[0038] 图1所示为特殊信道中时隙,本发明定义信道模型如下:

[0039] (1) 将可用信道划分为一个控制信道(CC, control channel)和多个数据信道(DC, data channel);

[0040] (2) 为了提高不可预测的紧急数据TC1的实时性和可靠性,在数据信道DC中设置一个特殊信道(SC, special channel),属于TC1和广播数据(BD, broadcast data)的专用传输信道,同时,采用指示退避机制,使得普通紧急数据TC2也可以选择使用该信道,避免资源浪费,保证信道资源的利用率。

[0041] 定义时隙模型如下:

[0042] (1) 为了保证算法适用于广播通信,将SC的时隙长度T定义为节点发送一个TC1数据包的平均时间与发送一个BD数据包的平均时间的较大值,即 $t_{TC1} = t_{RTS} + t_{CTS} + t_{DATA} + t_{ACK}$, $T = \max\{t_{TC1}, t_{BD}\}$ 。其中, t_A 表示节点发送一个A包的平均时间,A为各类包的统称;

[0043] (2) 为了使得TC1能够利用特殊信道进行实时可靠传输,将SC时隙划分为高优先级

指示空间 (HPIS, high priority indication space) 和非高优先级指示空间 (NHPIS, not high priority indication space), 其中, HPIS 由两个等长的子时隙 t_0 和 t_1 组成, 分别用于有 TC1 数据包要发送的节点发送发送请求 (RTS, Request to Send) 和接收发送允许 (CTS, Clear to Send)。

[0044] 图2所示为普通紧急数据 (TC2) 的单播通信过程, 包括以下步骤:

[0045] (1) 当处于睡眠阶段的发送节点 S 有 TC2 数据要发送给接收节点 R 时, S 首先开启其无线收发器, 然后在 CC 上侦听。如果 S 侦听到指示 (IND, Indication), 且 IND 中的目的节点地址为自身地址时, S 立即切换到 SC 侦听。

[0046] (2) 当接收节点 R 睡眠时间到达后, R 通过在 CC 发送一个声明消息包 (ANC, Announcement) 来开始一个潜在的数据传输, 该 ANC 中包含 R 选择的 DC 序号, 例如 i , 然后 R 切换到 DC_i 进行侦听。R 采用一种基于概率的随机方法来进行信道选择, 当 R 的睡眠时间到达时, 它以概率 p 在所有 DC 中随机地选择一个 DC, 而以概率 $1-p$ 继续睡眠以节省能量。 p 定义为平均可用 DC 数 A 与总 DC 数 K 之比, 其中, K 可由协议设计确定; $A = K - \lambda \times (1/p)$, 其中 λ 为报文到达速率, p 为报文长度服从分布的参数。如果 R 在发送 ANC 前侦听到 IND, 且 IND 中的目的节点地址为自身地址时, R 立即切换到 SC 侦听。

[0047] (3) S 在 CC 上收到 R 发送的 ANC 以后, S 立即切换到 DC_i , 首先检测信道状态, 若空闲, 则发送一个 RTS 控制包; 若忙碌, 则随机退避一段时间后发送一个 RTS 控制包。如果 S 在 CC 上侦听时间 T_{max} 后仍然没有收到 R 发送的 ANC, S 主动在 CC 上发送一个 ANC, 以避免由于 R 在 CC 上等待 S 发送 ANC 而导致的死锁问题。

[0048] (4) 当 R 收到 RTS 后, R 发送一个 CTS 控制包来确认这次预约。当 R 切换到 DC 后, 如果没有收到来自其他节点的 RTS, R 则根据自己的占空比切换回 CC, 然后进入睡眠阶段。

[0049] (5) 当 S 收到 CTS 后, S 利用 DATA&ACK 的方式与 R 进行数据传输。当传输完毕后, 它们切换回 CC, 然后进入睡眠阶段。

[0050] 图3所示为不可预测的紧急数据 (TC1) 的单播通信过程, 包括以下步骤:

[0051] (1) 当处于睡眠阶段的发送节点 S 有 TC1 数据要发送给接收节点 R 时, S 首先开启其无线收发器, 然后在 CC 发送 IND, 之后切换到 SC。

[0052] (2) 如果 R 在 CC 上侦听到 IND, 立即切换到 SC 侦听。

[0053] (3) S 在子时隙 t_0 发送一个 RTS 控制包, 若此时 R 在 SC 侦听到 RTS, R 在子时隙 t_1 发送一个 CTS 控制包来确认这次预约。

[0054] (4) 若 S 在子时隙 t_1 收到 R 发来的 CTS 控制包, 那么就在该时隙接下来的 NHPIS 利用 DATA&ACK 的方式与 R 进行数据传输; 若 S 在子时隙 t_1 没有收到 R 发来的 CTS 控制包, 那么就在该时隙接下来的 NHPIS 持续发送 IND, 然后在下一个时隙的子时隙 t_0 重新发送一个 RTS 控制包, 重复上述过程。

[0055] 图4所示为广播通信过程, 包括以下步骤:

[0056] (1) 当处于睡眠阶段的发送节点 S 有 BD 要发送时, S 首先切换到 SC, 然后开启其无线收发器检测 SC 信道状态;

[0057] (2) 如果 SC 空闲, 那么 S 在接下来的 M 个时隙内连续发送 M 个相同的数据包, 其中, M 可以根据不同 WSN 的性能需求进行动态地调整, 本发明为节点的平均邻居数。如果 SC 忙碌, 那么 S 随机退避一段时间。

[0058] (3) 每个节点(包括睡眠节点)在M-1个时隙内都切换到SC上来接收可能发送的BD包,从而S的每个邻居节点都可以在M个时隙内收到BD。

[0059] 图5所示为算法流程图,包括图2-图4的所有过程。

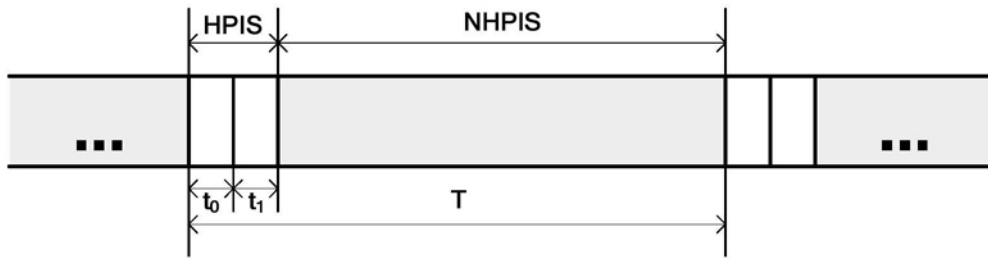


图1

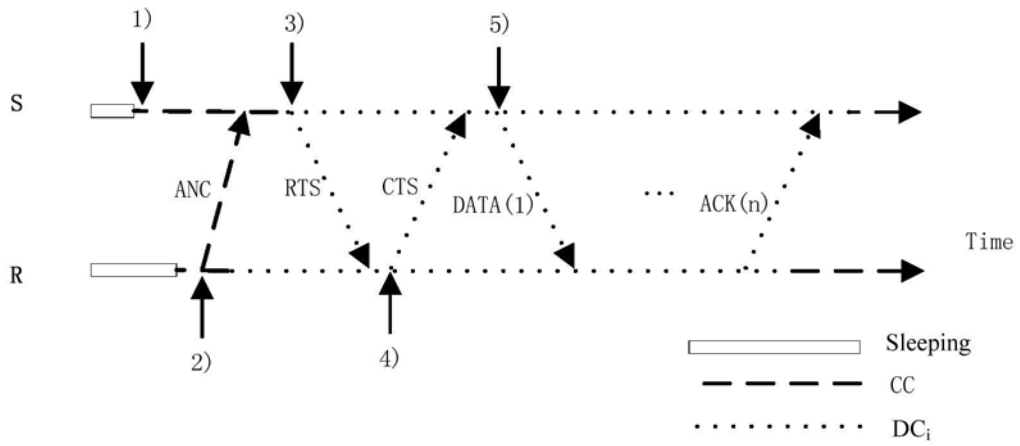


图2

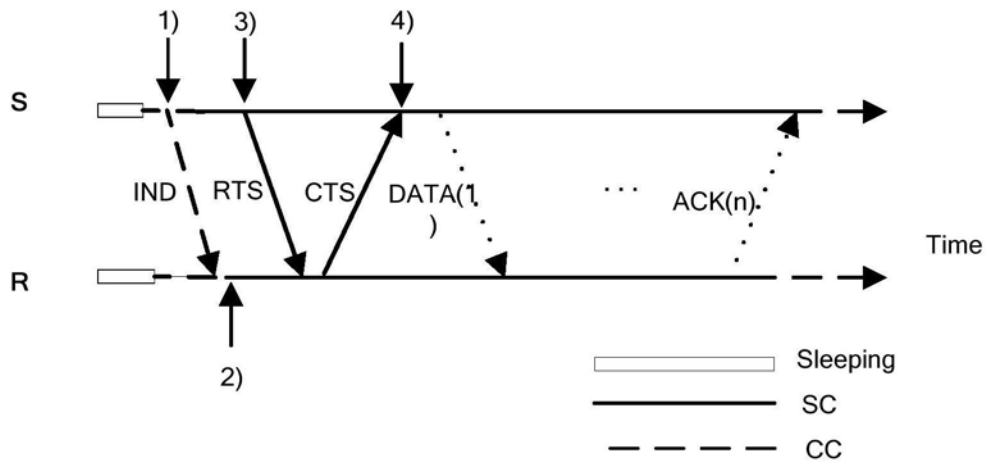


图3

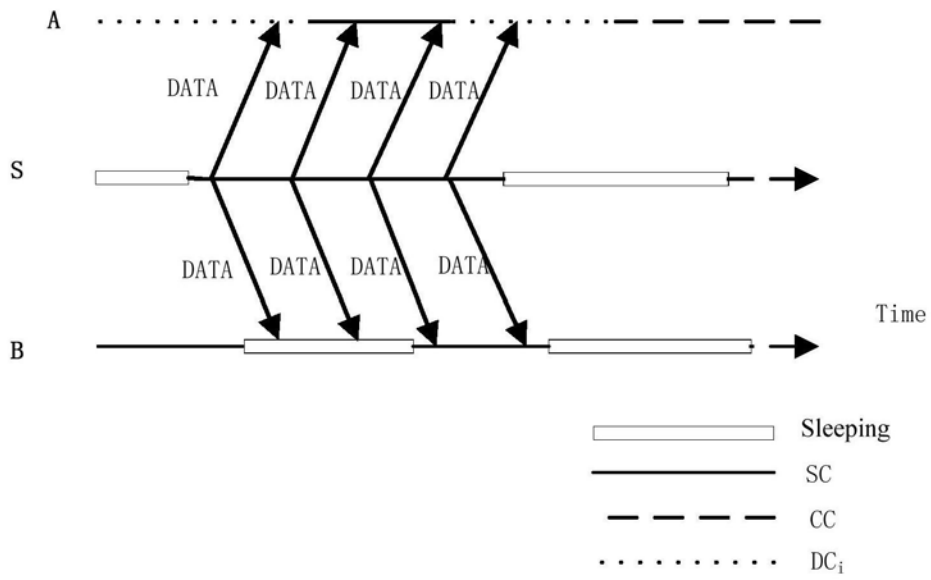


图4

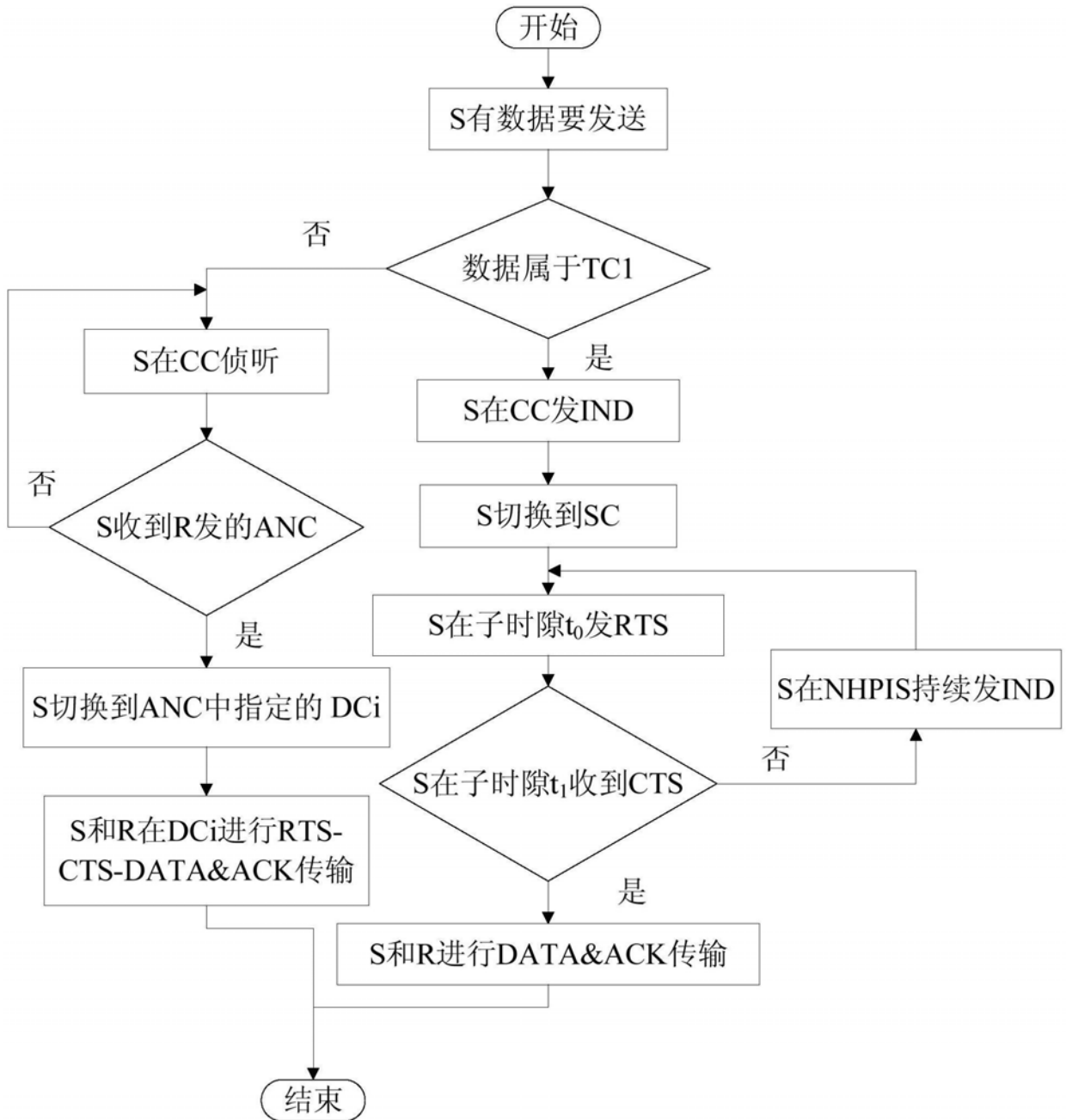


图5