

1. 基于无线传感器网络的低功耗停车位状态收集方法,无线传感器网络由协调器节点和传感器节点两类节点组成,其特征在于:协调器节点在其运行周期的开始阶段发送广播,传感器节点接收广播之后在预定的时间将停车位信息发送给协调器节点,协调器节点通过有线或无线网络将停车位信息上传给上位机,并从上位机上下载对传感器节点的相关指令,所述的停车位状态收集方法包括以下步骤:

(1.1) 传感器节点初始化后进入接收广播状态,进行间歇性的唤醒/休眠动作,直到收到协调器节点发送的广播;

(1.2) 传感器节点进入休眠状态;

(1.3) 唤醒后的传感器节点进入发送数据状态,将包含有当前车位信息和指令信息的数据帧发送给协调器节点后,等待协调器节点的应答,如收到应答,则进入步骤(1.4),如没有收到应答,则返回步骤(1.1);

(1.4) 传感器节点分析接收到的协调器节点应答帧,根据应答帧内的信息执行相关指令;

(1.5) 传感器节点进入休眠状态;

(1.6) 唤醒后的传感器节点进入采集数据状态;

(1.7) 传感器节点将采集到的车位信息与本地存储的车位信息进行比较,如果车位状态改变,则进入步骤(1.3),如果车位状态没有改变,则将采集次数 N_c 加1,然后判断 N_c 是否大于采集次数阈值 N_{CM} ,如大于,则进入步骤(1.3),如不大于,则返回步骤(1.5)。

2. 根据权利要求1所述的基于无线传感器网络的低功耗停车位状态收集方法,其特征在于:所述协调器节点的运行周期为 T_x ,且满足以下公式 $T_x=T_g+T_r+T_s$,其中 T_g 为协调器节点总的广播时间, T_r 为协调器节点总的接收数据的时间, T_s 为协调器节点上传车位信息并下载指令的时间;

协调器节点初始化后发送编号为 $1\sim N_c$ 的 N_c 次广播,每次广播消耗的时间为 $T_g=T_c\div N_c$;广播完后,协调器节点进入接收数据状态,协调器节点处理每个传感器节点数据的时间均为 $T_r=T_r\div N_j$,其中 N_j 为传感器节点的数量,协调器节点接收到数据帧后,记录收到数据帧的时刻,提取车位信息以更新协调器节点本地车位信息数组中对应传感器节点编号的车位信息,提取指令返回信息,根据指令返回信息的内容和收到数据帧的时刻给传感器节点回复应答帧,所述指令返回信息包括指令ID和对应指令ID的指令执行结果;协调器节点接收完传感器节点的数据帧后,先将数据存储到本地,然后在 T_s 的时间段内通过串口(如SPI等协议)向上位机上传所有传感器节点的车位信息和指令状态为“已执行”的指令ID,并从上位机上为已上传的指令ID下载新的指令,协调器节点向上位机上传数据的完成时间为 T_s ,如果在 T_s 之前完成,协调器节点则延时一定的时间,保证整个上传过程消耗的时间为固定的 T_s ;协调器节点运行完本周期后立即进入下一周期的运行状态。

3. 根据权利要求2所述的基于无线传感器网络的低功耗停车位状态收集方法,其特征在于:所述协调器节点内有一个用于存储所有传感器节点的指令信息的数组,包括指令ID和对应指令ID的指令执行状态,指令执行状态有三种:未发送、已发送、已执行,所述协调器节点给传感器节点回复应答帧的过程如下:

协调器节点接收到传感器节点的数据帧,一方面:协调器节点提取数据帧内的指令返回信息后,查找协调器节点本地存储数组中对应传感器节点指令的指令ID,如指令ID相同

且对应的指令执行状态为“已发送”，则将对应的指令执行状态更新为“已执行”，然后协调器节点发送不包含指令信息的数据给对应的传感器节点作为应答；如指令 ID 相同且对应的指令执行状态为“已执行”，则对对应的指令执行状态不作处理，然后协调器节点发送不包含指令信息的数据给对应的传感器节点作为应答；如指令 ID 不同，则协调器节点将新的指令信息作为应答发送给对应的传感器节点；

另一方面：协调器节点记录收到传感器节点数据帧的时刻后，将该时刻与预估计收到该传感器节点数据的时刻对比，判断是否超出一定范围，即判断传感器节点发送数据的时刻是否偏差过大，如偏差过大，则在协调器节点将要发送的应答帧中设置消息通知该传感器节点在协调器节点的下一个运行周期进入接收广播状态。

4. 根据权利要求 1 至 3 中任一所述的基于无线传感器网络的低功耗停车位状态收集方法，其特征在于：所述步骤(1.1)中，传感器节点进入接收广播状态后，进行间歇性的唤醒/休眠动作的过程如下：

传感器节点处于接收状态的时间为 T_{jr} ，且满足以下公式 $2 \times T_g < T_{jr} < T_{jr}$ ，其中 T_g 为协调器节点每次广播消耗的时间， T_{jr} 为传感器节点单次等待广播及休眠的时间；

如果传感器节点在 T_{jr} 时间段内没有收到协调器节点的广播，传感器节点在 $T_{jr}-T_{jr}$ 的时间段内进行休眠，唤醒后再次进入接收广播的状态，如此循环 N_{jr} 次后，若传感器节点一直没有收到广播，则判断为协调器节点不存在，传感器节点休眠较长的 T_{js} 时间后返回步骤(1.1)，如果传感器节点在某一 T_{jr} 时间段内收到广播，则进入步骤(1.2)。

5. 根据权利要求 1 至 3 中任一所述的基于无线传感器网络的低功耗停车位状态收集方法，其特征在于：所述步骤(1.3)中，传感器节点收到协调器节点的应答后，说明传感器节点发送数据成功，则将传感器节点本地存储的采集次数 N_c 重置为 0，更新传感器节点本地存储的车位信息使其与已发送成功的车位信息一致。

6. 根据权利要求 1 至 3 中任一所述的基于无线传感器网络的低功耗停车位状态收集方法，其特征在于：所述步骤(1.4)中，传感器节点根据接收到的应答帧中的信息执行相关指令的过程如下：

首先，判断应答帧中是否有指令信息，如有指令信息则执行相关指令，执行完指令后，将刚执行完毕的指令 ID 进行保存，更新传感器节点本地存储数组中的指令信息，如没有指令信息，则不用执行任何指令；

然后，判断应答帧中是否有在协调器节点的下一个运行周期进入接收广播状态的消息，如没有，进入步骤(1.5)，如有，休眠 T_{idg} 时间后返回步骤(1.1)重新接受广播， T_{idg} 满足以下公式 $T_{idg} = (N_c - N_{gid}) \times T_r + 1/2 T_g$ ，其中 N_c 为协调器节点在其每个运行周期的广播总次数， N_{gid} 为传感器节点收到的广播的编号， T_r 为协调器节点处理每个传感器节点数据的时间槽， T_g 为协调器节点总的广播时间。

7. 根据权利要求 1 至 3 中任一所述的基于无线传感器网络的低功耗停车位状态收集方法，其特征在于：所述步骤(1.6)中，所述传感器节点采集数据的过程如下：

传感器节点利用磁场传感器采集周围磁场值，与传感器节点本地存储的磁场基准值对比，超过一定阈值则判断车位状态为“有车”，如没有超过阈值则判断车位状态为“无车”。

基于无线传感器网络的低功耗停车位状态收集方法

技术领域

[0001] 本发明基于无线传感器网络的低功耗停车位状态收集方法,属于一种基于无线传感器网络的停车位状态收集方法。

背景技术

[0002] 随着人类生活水平的提高,车辆已渐渐成为人们生活的必需品,但是,现今城市里人们对停车位的需求正在逐渐超越对车辆的需求,停车位建设困难是造成车位供不应求的不可控制因素,而不能有效地利用车位以致造成浪费则是产生上述问题的一个可控制因素,这就使得一种实时收集停车位状态信息、并将车位状态信息上传给远程终端以使人们能够及时、有效地利用车位的方法应运而生,而无线传感器网络技术因其无线传输、安装成本低等优点被越来越多地应用在停车位状态收集系统中,当使用无线传感器网络传输停车位状态信息时,通常将各传感器节点埋在停车位的地底下对停车位的数据进行采集,这就对传感器节点的功耗、网络传输的稳定性和可靠性提出了较高的要求;

一种基于无线传感器网络的停车位状态收集系统中,包含一个协调器和多个、几十个或上百个传感器节点,协调器作为无线传感器网络的中心节点,一般采用有线电或太阳能供电,不用过多考虑其功耗问题;传感器节点采用电池供电,要求长时间免维护运行,对其稳定性和功耗的要求较高;在无线传感器网络中,无线节点一般有以下几个状态:发送数据状态、接收数据状态、处理数据状态和休眠状态,休眠状态的功耗一般在 nA 级别,可忽略不计,传感器节点处于采集数据状态时,只有单片机和传感器工作,无线射频模块休眠,故采集数据状态的功耗比发送和接受状态都低,而发送数据状态的功耗一般在接受数据状态的功耗的两倍以上,所以上述几个状态的功耗由高到低依次为:发送数据状态、接收数据状态、采集数据状态、休眠状态,所述,减小传感器节点功耗的主要思路是减少传感器节点发送数据和接受数据的次数或时间,特别是减少传感器节点发送数据的次数,让传感器节点更多地处于采集数据状态和休眠状态。

发明内容

[0003] 本发明克服现有技术存在的不足,所要解决的技术问题为:提供一种具有较低功耗的基于无线传感器网络的停车位状态收集方法。

[0004] 为了解决上述技术问题,本发明采用的技术方案为:

基于无线传感器网络的低功耗停车位状态收集方法,无线传感器网络由协调器节点和传感器节点两类节点组成,协调器节点在其运行周期的开始阶段发送广播,传感器节点接收广播之后在预定的时间将停车位信息发送给协调器节点,协调器节点通过有线或无线网络将停车位信息上传给上位机,并从上位机上下载对传感器节点的相关指令,所述的停车位状态收集方法包括以下步骤:

(1.1) 传感器节点初始化后进入接收广播状态,进行间歇性的唤醒/休眠动作,直到收到协调器节点发送的广播;

(1.2) 传感器节点进入休眠状态；

(1.3) 唤醒后的传感器节点进入发送数据状态,将包含有当前车位信息和指令信息的数据帧发送给协调器节点后,等待协调器节点的应答,如收到应答,则进入步骤(1.4),如没有收到应答,则返回步骤(1.1)；

(1.4) 传感器节点分析接收到的协调器节点应答帧,根据应答帧内的信息执行相关指令；

(1.5) 传感器节点进入休眠状态；

(1.6) 唤醒后的传感器节点进入采集数据状态；

(1.7) 传感器节点将采集到的车位信息与本地存储的车位信息进行比较,如果车位状态改变,则进入步骤(1.3),如果车位状态没有改变,则将采集次数 N_c 加 1,然后判断 N_c 是否大于采集次数阈值 N_{CM} ,如大于,则进入步骤(1.3),如不大于,则返回步骤(1.5)。

[0005] 所述协调器节点的运行周期为 T_x ,且满足以下公式 $T_x=T_G+T_R+T_S$,其中 T_G 为协调器节点总的广播时间, T_R 为协调器节点总的接收数据的时间, T_S 为协调器节点上传车位信息并下载指令的时间；

协调器节点初始化后发送编号为 $1 \sim N_c$ 的 N_c 次广播,每次广播消耗的时间为 $T_g=T_G \div N_c$ ；广播完后,协调器节点进入接收数据状态,协调器节点处理每个传感器节点数据的时间均为 $T_r=T_R \div N_j$,其中 N_j 为传感器节点的数量,协调器节点接收到数据帧后,记录收到数据帧的时刻,提取车位信息以更新协调器节点本地车位信息数组中对应传感器节点编号的车位信息,提取指令返回信息,根据指令返回信息的内容和收到数据帧的时刻给传感器节点回复应答帧,所述指令返回信息包括指令 ID 和对应指令 ID 的指令执行结果；协调器节点接收完传感器节点的数据帧后,先将数据存储在本地,然后在 T_s 的时间段内通过串口(如 SPI 等协议)向上位机上传所有传感器节点的车位信息和指令状态为“已执行”的指令 ID,并从上位机上为已上传的指令 ID 下载新的指令,协调器节点向上位机上传数据的完成时间为 T_s ,如果在 T_s 之前完成,协调器节点则延时一定的时间,保证整个上传过程消耗的时间为固定的 T_s ；协调器节点运行完本周期后立即进入下一周期的运行状态。

[0006] 所述协调器节点内有一个用于存储所有传感器节点的指令信息的数组,包括指令 ID 和对应指令 ID 的指令执行状态,指令执行状态有三种:未发送、已发送、已执行,所述协调器节点给传感器节点回复应答帧的过程如下：

协调器节点接收到传感器节点的数据帧,一方面:协调器节点提取数据帧内的指令返回信息后,查找协调器节点本地存储数组中对应传感器节点指令的指令 ID,如指令 ID 相同且对应的指令执行状态为“已发送”,则将对应的指令执行状态更新为“已执行”,然后协调器节点发送不包含指令信息的数据给对应的传感器节点作为应答;如指令 ID 相同且对应的指令执行状态为“已执行”,则对对应的指令执行状态不作处理,然后协调器节点发送不包含指令信息的数据给对应的传感器节点作为应答;如指令 ID 不同,则协调器节点将新的指令信息作为应答发送给对应的传感器节点；

另一方面:协调器节点记录收到传感器节点数据帧的时刻后,将该时刻与预估计收到该传感器节点数据的时刻对比,判断是否超出一定范围,即判断传感器节点发送数据的时刻是否偏差过大,如偏差过大,则在协调器节点将要发送的应答帧中设置消息通知该传感器节点在协调器节点的下一个运行周期进入接收广播状态。

[0007] 传感器节点处于接收状态的时间为 T_{jr} ，且满足以下公式 $2 \times T_g < T_{jr} < T_{JR}$ ，其中 T_g 为协调器节点每次广播消耗的时间， T_{JR} 为传感器节点单次等待广播及休眠的时间；

如果传感器节点在 T_{jr} 时间段内没有收到协调器节点的广播，传感器节点在 $T_{JR} - T_{jr}$ 的时间段内进行休眠，唤醒后再次进入接收广播的状态，如此循环 N_{jr} 次后，若传感器节点一直没有收到广播，则判断为协调器节点不存在，传感器节点休眠较长的 T_{JS} 时间后返回步骤(1.1)，如果传感器节点在某一 T_{jr} 时间段内收到广播，则进入步骤(1.2)。

[0008] 所述步骤(1.3)中，传感器节点收到协调器节点的应答后，说明传感器节点发送数据成功，则将传感器节点本地存储的采集次数 N_c 重置为 0，更新传感器节点本地存储的车位信息使其与已发送成功的车位信息一致。

[0009] 所述步骤(1.4)中，传感器节点根据接收到的应答帧中的信息执行相关指令的过程如下：

首先，判断应答帧中是否有指令信息，如有指令信息则执行相关指令，执行完指令后，将刚执行完毕的指令 ID 进行保存，更新传感器节点本地存储数组中的指令信息，如没有指令信息，则不用执行任何指令；

然后，判断应答帧中是否有在协调器节点的下一个运行周期进入接收广播状态的消息，如没有，进入步骤(1.5)，如有，休眠 T_{idg} 时间后返回步骤(1.1)重新接受广播， T_{idg} 满足以下公式 $T_{idg} = (N_c - N_{gid}) \times T_r + 1/2 T_G$ ，其中 N_c 为协调器节点在其每个运行周期的广播总次数， N_{gid} 为传感器节点收到的广播的编号， T_r 为协调器节点处理每个传感器节点数据的时间槽， T_G 为协调器节点总的广播时间。

[0010] 所述步骤(1.6)中，所述传感器节点采集数据的过程如下：

传感器节点利用磁场传感器采集周围磁场值，与传感器节点本地存储的磁场基准值对比，超过一定阈值则判断车位状态为“有车”，如没有超过阈值则判断车位状态为“无车”。

[0011] 本发明与现有技术相比具有以下有益效果：

1、本发明中，传感器节点不需要周期性发送数据，只有在车位状态发生改变和采集次数超过采集次数阈值时才向协调器节点发送数据包，最大程度减少了发送数据的次数降低了传感器节点的功耗，延长其工作时间；

2、本发明中，协调器节点接收到传感器节点的数据后，判断收到数据的时刻是否超出一定范围，如超出一定范围则指示传感器节点在协调器节点下一周期先接收广播，消除时间误差，校准发送时刻，将传感器节点发送数据的时刻误差控制在一定范围内，既使传感器节点之间不会相互冲突，又最大程度地减少了传感器节点接收广播的次数，降低了传感器节点的功耗；

3、本发明中，传感器节点只要接收到协调器节点的广播，即可按照预定的时间向协调器节点发送数据，不需另外发出入网请求，简化了入网流程；

4、本发明中，传感器节点发送数据帧时，将指令信息和车位信息封装成一个数据包进行发送，协调器节点发送应答帧时，将应答包和指令信息封装成一个数据帧进行发送，这样使得指令不需要定义另外的帧格式，减少了各个节点发送数据的种类，降低节点间的通信流程的复杂度，降低了传感器节点的功耗，提高了无线传感器网络的稳定性；

5、本发明中，传感器节点根据采集数据的次数来发送心跳包，可以让协调器节点及时获取传感器节点的工作状态，并让传感器节点及时查询指令，与其他无线传感器网络数据

采集方法相比,每个传感器节点都是一个相对独立的采集模块,没有固定的工作周期,彼此之间互不干扰,提高了网络的可靠性;

6、本发明中,协调器节点如果没有收到当前指令的执行结果,会一直向传感器节点发送当前指令,直到返回正确的执行结果后,才发送下一条指令、加入指令 ID,保证了指令有序、可靠地执行。

附图说明

[0012] 下面结合附图对本发明做进一步详细的说明。

[0013] 图 1 为协调器节点本地数据存储格式结构示意图;

图 2 为传感器节点本地数据存储格式结构示意图;

图 3 为传感器节点的工作流程图;

图 4 为传感器节点的数据帧格式结构示意图;

图 5 为协调器节点的应答帧格式结构示意图;

图 6 为协调器节点的工作流程图;

图 7 为协调器节点的广播帧的格式。

具体实施方式

[0014] 如图 1~图 7 所示,基于无线传感器网络的低功耗停车位状态收集方法,无线传感器网络由协调器节点和传感器节点两类节点组成,协调器节点在其运行周期的开始阶段发送广播,传感器节点接收广播之后在预定的时间将停车位信息发送给协调器节点,协调器节点通过有线或无线网络将停车位信息上传给上位机,并从上位机上下载对传感器节点的相关指令;

协调器节点内有两个长度跟传感器节点数 N_j 相同的数组,一个数组用于存储所有传感器节点的车位信息,一个数组用于存储所有传感器节点的指令信息,包括指令 ID 和对应指令 ID 的指令执行状态(有三个指令状态:未发送、已发送、已执行),图 1 为协调器节点本地数据存储格式;每个传感器节点本地存储一个数据结构,包含传感器节点编号、车位状态、传感器磁场基准、指令 ID、采集次数等,图 2 为传感器节点本地数据存储格式。

[0015] 如图 3 所示,所述的停车位状态收集方法包括以下步骤:

(1.1) 传感器节点上电初始化,传感器节点初次采集传感器磁场值,将本次采集到的磁场值作为基值存储在传感器节点本地,初始化车位信息为“无车”,将指令 ID 设为初始值,采集次数设置为 0;进入接收广播状态,传感器节点处于接收状态的时间为 T_{jr} ,为了保证传感器节点能正确接收到协调器节点发送的广播, T_{jr} 满足以下公式: $2 \times T_g < T_{jr} < T_{jr}$,其中 T_g 为协调器节点每次广播消耗的时间, T_{jr} 为传感器节点单次等待广播及休眠的时间;

如果传感器节点在 T_{jr} 时间段内没有收到协调器节点的广播,传感器节点在 $T_{jr}-T_{jr}$ 的时间段内进行休眠,唤醒后再次进入接收广播的状态,如此循环 N_{jr} 次后,若传感器节点一直没有收到广播,则判断为协调器节点不存在,传感器节点休眠较长的 T_{js} (一般为 10min) 时间后返回步骤(1.1),为了保证当协调器节点存在时传感器节点能收到广播,应满足以下公式: $N_{jr} \times T_{jr} > T_x$,其中 T_x 为协调器节点的一个运行周期;如果传感器节点在某一 T_{jr} 时间段内收到广播,则进入步骤(1.2);

(1.2) 传感器节点进入休眠状态, 休眠时间为 $T_{ids} = (N_g - N_{gid}) \times T_g + N_{id} \times T_r$, 其中 N_{gid} 为传感器节点收到的广播的编号, N_{id} 为传感器节点的编号;

(1.3) 唤醒后的传感器节点进入发送数据状态, 将包含有当前车位信息和指令信息的数据帧发送给协调器节点后, 等待协调器节点的应答, 等待时间为 T_w , 图 4 为数据帧格式; 如在 T_w 时间内收到应答, 说明传感器节点发送数据成功, 则将传感器节点本地存储的采集次数 N_c 重置为 0, 更新传感器节点本地存储的车位信息使其与已发送成功的车位信息一致, 然后进入步骤(1.4), 如没有在 T_w 时间内收到应答, 则返回步骤(1.1);

(1.4) 传感器节点分析接收到的协调器节点应答帧, 图 5 为应答帧格式, 根据应答帧内的信息执行相关指令:

首先, 判断应答帧中是否有指令信息, 如有指令信息则执行相关指令, 执行完指令后, 将刚执行完毕的指令 ID 进行保存, 更新传感器节点本地存储数组中的指令信息, 如没有指令信息, 则不用执行任何指令;

然后, 判断应答帧中是否有在协调器节点的下一个运行周期进入接收广播状态的消息, 如没有, 进入步骤(1.5), 如有, 休眠 T_{idg} 时间后返回步骤(1.1) 重新接受广播, T_{idg} 满足以下公式 $T_{idg} = (N_g - N_{gid}) \times T_r + 1/2T_g$, 其中 N_g 为协调器节点在其每个运行周期的广播总次数, N_{gid} 为传感器节点收到的广播的编号, T_r 为协调器节点处理每个传感器节点数据的时间槽, T_g 为协调器节点总的广播时间。

[0016] (1.5) 传感器节点进入休眠状态, 休眠时间为协调器节点的一个运行周期 T_x ;

(1.6) 唤醒后的传感器节点进入采集数据状态: 传感器节点利用磁场传感器采集周围磁场值, 与传感器节点本地存储的磁场基准值对比, 超过一定阈值则判断车位状态为“有车”, 如没有超过阈值则判断车位状态为“无车”。

[0017] (1.7) 传感器节点将采集到的车位信息与本地存储的车位信息进行比较, 如果车位状态改变, 则进入步骤(1.3), 如果车位状态没有改变, 则将采集次数 N_c 加 1, 然后判断 N_c 是否大于采集次数阈值 N_{cm} , 如大于, 则进入步骤(1.3), 如不大于, 则返回步骤(1.5)。

[0018] 上述步骤发生在协调器节点的运行周期内, 所述协调器节点的一个运行周期 T_x 满足以下公式 $T_x = T_g + T_r + T_s$, 其中 T_g 为协调器节点总的广播时间, T_r 为协调器节点总的接收数据的时间, T_s 为协调器节点上传车位信息并下载指令的时间;

如图 6 所示, 协调器节点初始化后发送编号为 $1 \sim N_g$ 的 N_g 次广播, 每次广播消耗的时间为 $T_g = T_g \div N_g$, 图 7 为协调器节点广播帧的格式; 广播完后, 协调器节点进入接收数据状态, 协调器节点处理每个传感器节点数据的时间均为 $T_r = T_r \div N_j$, 其中 N_j 为传感器节点的数量, 协调器节点接收到数据帧后, 记录收到数据帧的时刻, 提取车位信息以更新协调器节点本地车位信息数组中对应传感器节点编号的车位信息, 提取指令返回信息, 根据指令返回信息的内容和收到数据帧的时刻给传感器节点回复应答帧, 所述指令返回信息包括指令 ID 和对应指令 ID 的指令执行结果; 所述协调器节点给传感器节点回复应答帧的过程如下:

协调器节点接收到传感器节点的数据帧, 一方面: 协调器节点提取数据帧内的指令返回信息后, 查找协调器节点本地存储数组中对应传感器节点指令的指令 ID, 如指令 ID 相同且对应的指令执行状态为“已发送”, 则将对应的指令执行状态更新为“已执行”, 然后协调器节点发送不包含指令信息的数据给对应的传感器节点作为应答; 如指令 ID 相同且对应的指令执行状态为“已执行”, 则对对应的指令执行状态不作处理, 然后协调器节点发送不

包含指令信息的数据给对应的传感器节点作为应答；如指令 ID 不同，则协调器节点将新的指令信息作为应答发送给对应的传感器节点；

另一方面：协调器节点记录收到传感器节点数据帧的时刻后，将该时刻与预估计收到该传感器节点数据的时刻对比，判断是否超出一定范围，即判断传感器节点发送数据的时刻是否偏差过大，如偏差过大，则在协调器节点将要发送的应答帧中设置消息通知该传感器节点在协调器节点的下一个运行周期进入接收广播状态。

[0019] 协调器节点接收完传感器节点的数据帧后，将数据存储到本地，然后在 T_s 的时间段内通过串口（如 SPI 等协议）向上位机上传所有传感器节点的车位信息和指令状态为“已执行”的指令 ID，并从上位机上为已上传的指令 ID 下载新的指令，协调器节点向上位机上传数据的完成时间为 T_s ，如果在 T_s 之前完成，协调器节点则延时一定的时间，保证整个上传过程消耗的时间为固定的 T_s ；协调器节点运行完本周期后立即进入下一周期的运行状态。

| | | | | | | | | |
|------|-----|------|------|-------|-----|------|------|------|
| 1号节点 | | | | | | 2号节点 | 3号节点 | |
| 节点编号 | 磁场值 | 磁场基准 | 电池温度 | 停车位状态 | 自加值 | | | |

图 1

| | | | | | | | |
|------|-----|------|------|-------|-----|-------|--------|
| 节点编号 | 磁场值 | 磁场基准 | 电池温度 | 停车位状态 | 自加值 | 指令 ID | 指令返回数值 |
|------|-----|------|------|-------|-----|-------|--------|

图 2

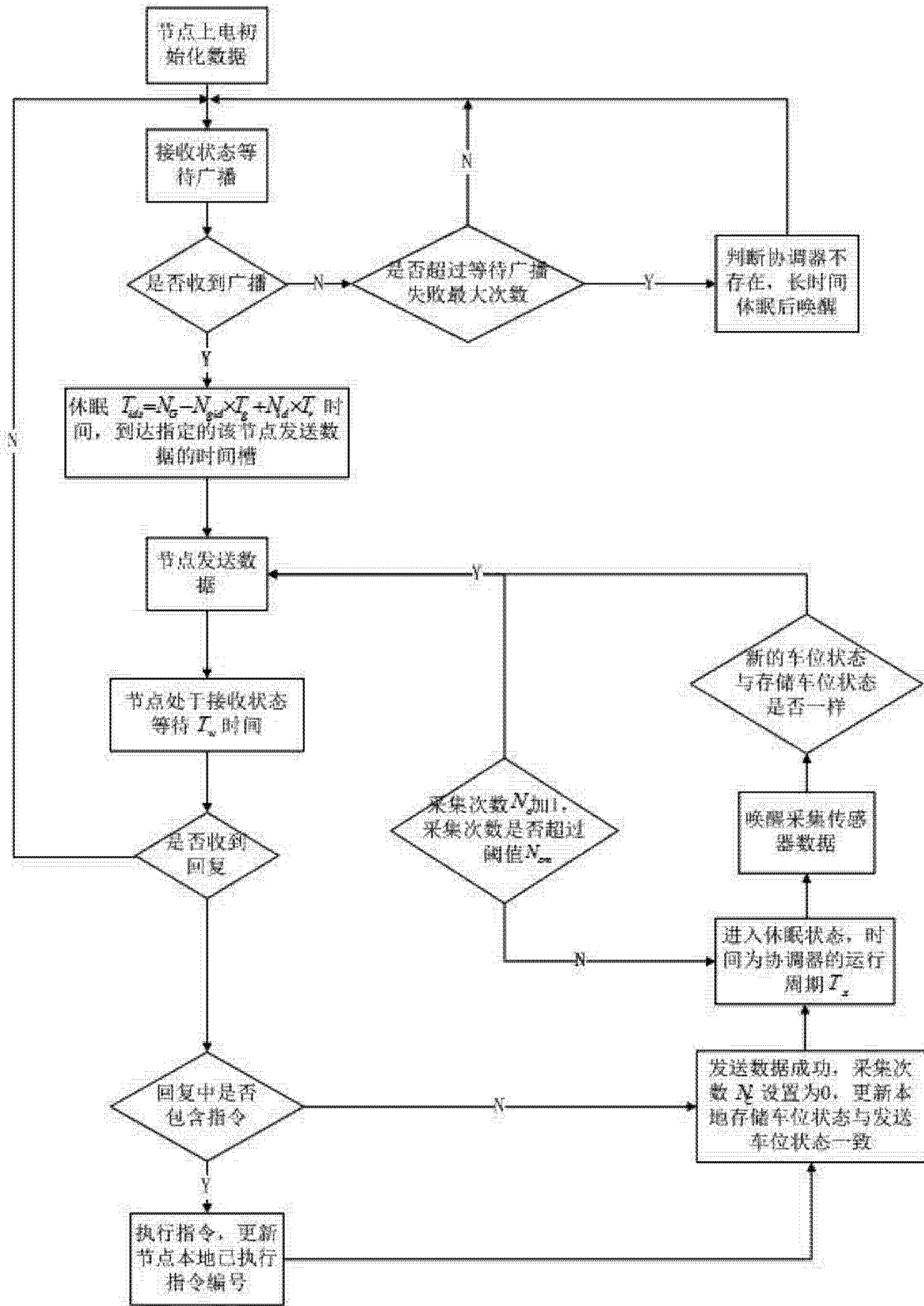


图 3

| | | | | |
|------|-------|-------|-------|--------|
| 节点编号 | 传感器数据 | 停车位状态 | 指令 ID | 指令执行结果 |
|------|-------|-------|-------|--------|

图 4

| | | | |
|--------|-------|------|------|
| 接收广播标识 | 指令 ID | 指令类型 | 指令参数 |
|--------|-------|------|------|

图 5

