

# (12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织  
国际局

(43) 国际公布日  
2018 年 12 月 27 日 (27.12.2018)



(10) 国际公布号  
**WO 2018/233642 A1**

(51) 国际专利分类号:  
**H04L 12/40** (2006.01)

广东省深圳市坪山新区比亚迪路 3009 号, Guangdong 518118 (CN)。

(21) 国际申请号: PCT/CN2018/092047

(22) 国际申请日: 2018 年 6 月 20 日 (20.06.2018)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:  
201710478215.8 2017 年 6 月 21 日 (21.06.2017) CN

(71) 申请人: 比亚迪股份有限公司 (BYD COMPANY LIMITED) [CN/CN]; 中国广东省深圳市坪山新区比亚迪路 3009 号, Guangdong 518118 (CN)。

(72) 发明人: 磨俊生 (MO, Junsheng); 中国广东省深圳市坪山新区比亚迪路 3009 号, Guangdong 518118 (CN)。 曾文晓 (ZENG, Wenxiao); 中国

(74) 代理人: 北京清亦华知识产权代理事务所 (普通合伙) (TSINGYIHUA INTELLECTUAL PROPERTY LLC); 中国北京市海淀区清华园清华大学照澜院商业楼 301 室, Beijing 100084 (CN)。

(81) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,

(54) Title: TRAIN NETWORK NODE, AND TRAIN NETWORK NODE MONITORING METHOD BASED ON CANOPEN PROTOCOL

(54) 发明名称: 列车网络节点和基于 CANopen 协议的列车网络节点监测方法

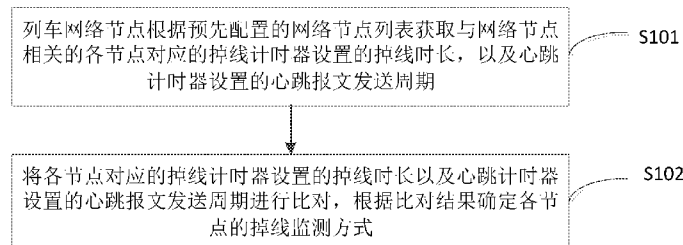


图 1

- S101 A train network node acquires, according to a pre-configured network node list, disconnection durations set by disconnection timers corresponding to various nodes relevant to the network node, and a heartbeat message sending period set by a heartbeat timer
- S102 Compare the disconnection durations, set by the disconnection timers corresponding to the various nodes, and the heartbeat message sending period set by the heartbeat timer, and determine disconnection monitoring methods for the various nodes according to a comparison result

(57) Abstract: Disclosed are a train network node, and a train network node monitoring method based on a CANopen protocol, wherein the method comprises: a train network node acquiring, according to a pre-configured network node list, disconnection durations set by disconnection timers corresponding to various nodes relevant to the network node, and a heartbeat message sending period set by a heartbeat timer; and comparing the disconnection durations, set by the disconnection timers corresponding to the various nodes, and the heartbeat message sending period set by the heartbeat timer, and determining disconnection monitoring methods for the various nodes according to a comparison result. Thus, the node is powered on, and automatically carries out suitable node disconnection monitoring on nodes relevant to the node, thus improving the accuracy of a node detection and determination result, facilitating the improvement of the redundancy effect of a train network, and guaranteeing the good operation of a whole train.

SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG,  
US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

- (84) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的地区  
保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ,  
NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM,  
AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG,  
CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU,  
IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT,  
RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI,  
CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

- 包括国际检索报告 (条约第21条(3))。

---

(57) 摘要: 本公开公开了一种列车网络节点和基于CANopen协议的列车网络节点监测方法, 其中, 方法包括: 列车网络节点根据预先配置的网络节点列表获取与网络节点相关的各节点对应的掉线计时器设置的掉线时长, 以及心跳计时器设置的心跳报文发送周期; 将各节点对应的掉线计时器设置的掉线时长以及心跳计时器设置的心跳报文发送周期进行比对, 根据比对结果确定各节点的掉线监测方式。由此, 实现了节点上电自动为与其相关节点采用合适的节点掉线监测, 提高了对节点检测判断结果的准确度, 便于提高列车网络的冗余效果, 保证整车的良好运行。

## 列车网络节点和基于 CANopen 协议的列车网络节点监测方法

5

### 相关申请的交叉引用

本申请要求比亚迪股份有限公司于 2017 年 06 月 21 日提交的、公开名称为“列车网络节点和基于 CANopen 协议的列车网络节点监测方法”的、中国专利申请号“201710478215.8”的优先权。

10

### 技术领域

本公开涉及车辆通信技术领域，尤其涉及一种列车网络节点和基于 CANopen 协议的列车网络节点监测方法。

### 15 背景技术

目前列车通信网络应用比较广泛的是列车通信网络 TCN 总线技术，TCN (Train Communication Network, 列车通信网络) 涵盖了 MVB (Multifunction Vehicle Bus, 多功能车辆总线)、WTB (Wire Train Bus, 绞线式列车总线)、以太网、CAN (Controller Area Network, 现场总线) 这四种总线。在对于 MVB、WTB、以太网、CAN 这四种总线的设计要求中，  
20 一个共同的要求是网络冗余设计。所谓的网络冗余，指的是为每个通信网络都应再设立一个备用网络，即网络上每个节点都会采用 A 线和 B 线的双线连接方式，当网络出现故障时，可以通过备用网络实现通信，确保网络上各产品数据交互畅通，使列车通信网络的运行环境具备高可用性。

通常列车通信网络设计如果应用 CAN 总线进行数据交互，多数情况都会基于 CANopen  
25 (一种基于 CAN 总线的高层通信协议，是目前工业控制常用的一种现场总线) 设计，CANopen 的定义是基于 CAN 总线设计的标准化应用层协议，CANopen 协议为传统 CAN 支援了一套完善的网络管理机制，以支撑冗余网络设计。目前基于 CANopen 的冗余网络设计都是要求所有网络节点双路同时发送数据，但默认情况所有节点只从主用网络获取数据，当某个或某些从节点在主用网络掉线时，切换到备用网络接收该部分节点的数据。

30

### 发明内容

本公开的目的旨在至少在一定程度上解决上述的技术问题之一。

为此,本公开的第一个目的在于提出一种基于CANopen协议的列车网络节点监测方法,该方法实现了节点上电自动为与其相关节点采用合适的节点掉线监测,提高了对节点检测判断结果的准确度,便于提高列车网络的冗余效果,保证整车的良好运行。

本公开的第二个目的在于提出一种列车网络节点。

5 本公开的第三个目的在于提出一种计算机设备。

本公开的第四个目的在于提出一种存储介质。

为了实现上述目的,本公开第一方面实施例提出了一种列车网络节点和基于 CANopen 协议的列车网络节点监测方法,包括以下步骤:列车网络节点根据预先配置的网络节点列表获取与所述网络节点相关的各节点对应的掉线计时器设置的掉线时长,以及心跳计时器  
10 设置的心跳报文发送周期;将所述各节点对应的掉线计时器设置的掉线时长以及心跳计时器设置的心跳报文发送周期进行比对,根据比对结果确定所述各节点的掉线监测方式。本公开实施例的列车网络节点和基于 CANopen 协议的列车网络节点监测方法,列车网络节点根据预先配置的网络节点列表获取与网络节点相关的各节点对应的掉线计时器设置的掉线  
15 时长,以及心跳计时器设置的心跳报文发送周期,将各节点对应的掉线计时器设置的掉线  
15 时长以及心跳计时器设置的心跳报文发送周期进行比对,根据比对结果确定各节点的掉线  
监测方式。由此,实现了节点上电自动为与其相关节点采用合适的节点掉线监测,提高了  
对节点检测判断结果的准确度,便于提高列车网络的冗余效果,保证整车的良好运行。

为了实现上述目的,本公开第二方面实施例提出的一种列车网络节点,包括:获取模  
块,用于根据预先配置的网络节点列表获取与所述网络节点相关的各节点对应的掉线计  
20 器设置的掉线时长,以及心跳计时器设置的心跳报文发送周期;比对模块,用于将所述各  
节点对应的掉线计时器设置的掉线时长以及心跳计时器设置的心跳报文发送周期进行比  
对;确定模块,用于根据比对结果确定所述各节点的掉线监测方式。

本公开实施例的列车网络节点,列车网络节点根据预先配置的网络节点列表获取与网  
络节点相关的各节点对应的掉线计时器设置的掉线时长,以及心跳计时器设置的心跳报  
25 文发送周期,将各节点对应的掉线计时器设置的掉线时长以及心跳计时器设置的心跳报  
文发送周期进行比对,根据比对结果确定各节点的掉线监测方式。由此,实现了节点上电自动  
为与其相关节点采用合适的节点掉线监测,提高了对节点检测判断结果的准确度,便于提  
高列车网络的冗余效果,保证整车的良好运行。

为了实现上述目的,本公开第三方面实施例提出的一种计算机设备,包括存储器、处  
30 理器及存储在存储器上并可在处理器上运行的计算机程序,其中,所述处理器执行所述计  
算机程序时实现本公开第一方面实施例所述的基于 CANopen 协议的列车网络节点监测方  
法。

为了实现上述目的，本公开第四方面实施例提出的一种存储介质，用于存储应用程序，所述应用程序用于执行如本公开第一方面实施例所述的基于 CANopen 协议的列车网络节点监测方法。

本公开附加的方面和优点将在下面的描述中部分给出，部分将从下面的描述中变得明显，或通过本公开的实践了解到。

## 附图说明

本公开上述的和/或附加的方面和优点从下面结合附图对实施例的描述中将变得明显和容易理解，其中：

10 图 1 是根据本公开一个实施例的基于 CANopen 协议的列车网络节点监测方法的流程图；

图 2 是根据本公开一个实施例的网络节点列表架构示意图；

图 3 是根据本公开第一个实施例的基于 CANopen 协议的列车网络数据传输方法的流程图；

15 图 4 为本公开一个实施例的列车冗余网络数据传输方法的示例拓扑图；

图 5 是根据本公开所列举的主用网络总线故障时各节点接收数据示例图；

图 6 是根据本公开第二个实施例的基于 CANopen 协议的列车网络数据传输方法的流程图；

20 图 7 是根据本公开第三个实施例的基于 CANopen 协议的列车网络数据传输方法的流程图；

图 8 是根据本公开第四个实施例的基于 CANopen 协议的列车网络数据传输方法的流程图；

图 9 是根据本公开第一个实施例的列车网络主节点的结构示意图；

图 10 是根据本公开第二个实施例的列车网络主节点的结构示意图；

25 图 11 是根据本公开第三个实施例的列车网络主节点的结构示意图；

图 12 是根据本公开第四个实施例的列车网络主节点的结构示意图；

图 13 是根据本公开第五个实施例的列车网络主节点的结构示意图；

图 14 是根据本公开第六个实施例的列车网络主节点的结构示意图；以及

图 15 是根据本公开第七个实施例的列车网络主节点的结构示意图。

30

## 具体实施方式

下面详细描述本公开的实施例，所述实施例的示例在附图中示出，其中自始至终相同

或类似的标号表示相同或类似的元件或具有相同或类似功能的元件。下面通过参考附图描述的实施例是示例性的，旨在用于解释本公开，而不能理解为对本公开的限制。

下面参考附图描述本公开实施例的列车网络节点和基于 CANopen 协议的列车网络节点监测方法。

5 应当理解的是，相关技术中，首选采用基于节点心跳报文的监测机制进行心跳报文的检测，即通过监测相关节点发送心跳报文，当连续几个（预定义数次）的心跳周期都接收不到某个或某些节点的心跳报文，则判定其在该网络上掉线。

也就是说，根据 CANopen 应用协议特点，网络上各节点对于节点掉线监测优先使用心跳报文监测机制，所谓心跳报文监测机制，是为每个节点都设置一个心跳计时器，心跳计  
10 时器数值设定为一个心跳报文周期，节点在进入操作状态后，每个心跳计时器就会进行倒计时，节点把收到的心跳报文解析出相应的节点 ID，然后再与其自身对象字典中的节点 ID 表匹配，并把匹配上的节点对应的心跳计时器置位，重新计时。若心跳计时器超时，依然接收不到某部分节点的心跳报文，则节点会记录这部分节点心跳报文掉线，当连续几个（预定义数次）心跳周期都接收不到某个或某些节点的心跳报文，即节点心跳报文掉线记录次  
15 数累加到一定值时，则判定这部分节点在该网络上掉线。

然而，按现有 CANopen 规范定义，所有节点的心跳包周期必须统一，这样各节点才能更方便地查询相关节点是否在线，如果每个节点心跳包周期不一样，那么对于各节点掉线判定处理是一种负担。并且，心跳包只是一种状态数据，按规定是不能定义发送周期过快，例如 50ms，设置过快发送周期，则会加大通信网络数据量，网络负载增大就会引起大批量  
20 的数据冲突（某一时间点会存在多个数据需要传输，但任何通信总线单通道上只能允许一个数据发送）。

为了解决上述技术问题，本公开提出了一种基于 CANopen 协议的列车网络节点监测方法，该方法实现了节点上电自动为与其相关节点采用合适的节点掉线监测，提高了对节点检测判断结果的准确度，便于提高列车网络的冗余效果，保证整车的良好运行。

25 图 1 是根据本公开一个实施例的基于 CANopen 协议的列车网络节点监测方法的流程图，如图 1 所示，该方法包括：

S101，列车网络节点根据预先配置的网络节点列表获取与网络节点相关的各节点对应的掉线计时器设置的掉线时长，以及心跳计时器设置的心跳报文发送周期。

可以理解，预先设置与网络节点相关的各节点对应的掉线计时器的掉线时长，将掉线  
30 时长保存在网络节点的对象字典对应的存储空间内。

具体而言，本公开是基于 CANopen 应用协议，要求各节点根据拓扑图建立一个所有网络节点列表，这里的网络节点列表是指自定义 CANopen 的对象字典中的一个对象索引以各

节点独有的节点 ID 来标记各节点身份，把所有相关节点的节点 ID 都包含在该对象存储空间内，同时与每个节点的节点 ID 所绑定的还有一个掉线计时器、一个心跳计时器。即本公开实施例中的网络节点列表架构如附图 2 所示。

S102，将各节点对应的掉线计时器设置的掉线时长以及心跳计时器设置的心跳报文发送周期进行比对，根据比对结果确定各节点的掉线监测方式。

具体地，本公开要求各节点上电完成初始化进入预操作状态时，首先要把网络节点列表上中所有节点相关的掉线计时器与心跳计时器进行比对，以根据该比对结果确定各节点的掉线监测方式。

更具体地，在实际应用中，各节点的掉线监测方式除了包括心跳报文掉线监测机制外，还存在另一种常见的掉线检测机制，基于 PDO（Process data object，过程数据对象）生产禁止时间的监测机制。当心跳包周期高于该节点 PDO 发送周期时，就对该节点启用 PDO 生产禁止时间掉线判定机制，例如我们现在给各节点定义了心跳包周期为 500ms，但是实际牵引这个产品 PDO 发送周期为 50ms，按行业规范，连续 250ms 接收不到牵引的 PDO 数据（5 个 PDO 发送周期）就需要判定牵引通信异常，进行紧急运行模式。

其中，基于 PDO 生产禁止时间，即通过预设时间（PDO 生产禁止时间，也可等于 PDO 发送周期）内接收处理一个 PDO 数据，如果在预设时间内未接收到对应 PDO 数据，则节点会记录该 PDO 报文丢帧，当生产禁止约束时间超时记录超过一个预定义的值时，则判定该节点在该网络上掉线。

所谓基于 PDO 生产禁止时间机制，是指在 CANopen 对象字典关于 RPDO（Receive Process data object，接收过程数据对象）对象索引（1400h to 15FFh）中根据实际掉线时限判定需求分别给各个节点选取其中一个代表性的 PDO，再根据这些 PDO 索引里的生产禁止时间参数分别为每个节点都设置一个 PDO 生产计数器，节点在进入操作状态后，节点会持续检测相关节点 PDO 发送情况，当一个生产禁止时间内未接收到 PDO 数据，则 PDO 生产计数器开始计数，当 PDO 生产计数器累加到一个预设值时，则会判定该节点掉线。

在该掉线监测机制中，对于掉线监测机制设计采用基于 PDO 生产禁止时间，但网络每个节点都使用 PDO 生产禁止时间掉线判定机制的话，一个节点 PDO 发送周期为 10ms，一个节点 PDO 发送周期为 50ms，一个节点 PDO 发送周期为 100ms，一个节点 PDO 发送周期为 500ms，等等，对于跟这些节点相关联的节点的掉线判定处理也是一种负担，因为需要根据各节点特点来设定不同掉线定时器，每新增一个节点都需要修改软件，不利用管理。

因此，结合以上对心跳报文掉线监测机制和 PDO 报文掉线监测机制的分析可知，这两种掉线监测机制都有各自的特点和局限性，即目前对于节点掉线监测设计考虑的失效模式比较少，单纯使用基于节点心跳报文监测机制或者基于 PDO 生产禁止时间监测机制，都无

法准确地界定网络所有节点掉线实际情况，存在一定的局限性。本公开实施例中，融合现有基于节点心跳报文与基于 PDO 生产禁止时间两种掉线监测机制的特点，通过设定各节点的掉线计时器，再结合一定的判定条件，从而实现节点上电自动为与其相关节点采用合适的节点掉线监测。

- 5 即继续参照图 2，与每个节点的节点 ID 所绑定的除了一个掉线计时器和一个心跳计时器外，还包括一个生产计数器。

具体而言，第一种场景：

- 在该场景下，所有节点掉线计时器的数值都大于心跳计时器的数值，对与其相关节点采用使用心跳报文监测机制，并将相关节点对应的 PDO 生产计数器设置为 0，此时前对于  
10 该节点基于 PDO 生产禁止时间机制使用失效。

当一个心跳报文发送周期内未接收到心跳报文，则心跳计时器重新置位，当累加到预设周期时，则会判定相关节点掉线。

在本实施例中，图 3 是根据本公开第一个实施例的基于 CANopen 协议的列车网络数据传输方法的流程图，如图 3 所示，该方法包括：

- 15 S201，根据预先配置的网络节点列表在主用网络上监听与活动主节点相关的各从节点通过第一 CAN 通道发送的心跳报文。

可以理解，预先根据网络拓扑图建立与活动主节点对应的网络节点列表，其中，网络节点列表包括：与活动主节点相关的各从节点标识和对应的心跳计时器，其中，节点标识可以是节点的身份标识 ID 等唯一标识数据信息的标识。

- 20 进而，同时从主用网络和备用网络向所有从节点发送网络控制指令，控制从节点的第一 CAN 通道和第二 CAN 通道进入心跳报文操作模式，并启动与活动主节点相关的各从节点对应的心跳计时器。

- 具体而言，活动主节点在自身操作状态后，执行心跳报文监测机制，活动主节点可根据网络拓扑图建立一个所有网络节点列表（可配置的），即自定义 CANopen 的对象字典中的一个对象索引以各节点独有的节点标识来标记各节点身份，把所有节点的节点标识（比如节点 ID）都包含在该对象存储空间内，活动主节点会为每个节点都设置一个心跳计时器，活动主节点在进入操作状态后，每个心跳计时器就会进行倒计时，活动主节点把收到的心跳报文解析出相应的节点标识，比如节点 ID，然后再与其自身对象字典中的节点列表匹配，再把匹配上的节点对应的心跳计时器置位，重新计时，根据此特性要求，包含活动主节点  
25 在内所有节点都会同时主用网络与备用网络上以各自节点 ID 通过特定的周期循环发送心跳报文。  
30

在实际应用中，默认状态下活动主节点先主用网络上监测各个从节点的心跳报文发

送情况，即根据预先配置的网络节点列表在主用网络上监听与活动主节点相关的各从节点通过第一 CAN 通道发送的心跳报文。

S202，根据与各从节点对应设置的心跳计时器的计时情况和心跳报文的接收情况，判断各从节点的第一 CAN 通道是否故障。

5 具体地，如果从节点的第一 CAN 通道通信良好，则在一定的时间内，活动主节点可以正常接收从节点发送的心跳报文，否则，从节点的第一 CAN 通道通信故障。

当然，在某些情况下，可能因为一些其他原因导致活动主节点没有正常接收从节点发送的心跳报文，比如，网络信号受到突然的干扰等，因而为了避免误判，准确确定各从节点的第一 CAN 通道是否故障，综合考量各从节点对应设置的心跳计时器的计时情况和心跳  
10 报文的接收情况，判断各从节点的第一 CAN 通道是否故障。

举例而言，当有三个心跳周期未监测到某个节点的心跳报文时，活动主节点首先会通过网络控制的复位指令先使该节点进行复位，之后再监听两个心跳周期，在两个心跳周期内可以收到节点的心跳报文，活动主节点维持在主用网络处理该节点处理，否则判断该从节点的第一 CAN 通道可能故障。

15 需要强调的是，上述示例中的心跳计时器的计时情况仅仅是一种示例，根据具体应用需求的不同，也可采取其他心跳周期的组合判断各从节点的第一 CAN 通道是否故障，比如，当有 5 个心跳周期未检测到某个从节点的心跳报文时，则直接判断该从节点的第一 CAN 通道故障。

S203，若判断获知在预设的第一心跳周期内没有接收到第一节点的心跳报文，则获知  
20 第一节点的第一 CAN 通道故障，并切换到备用网络监听第一节点发送的心跳报文。

其中，在备用网络监听的第一节点发送的心跳报文是第一节点通过第二 CAN 通道发送的，其中，第一节点为任意一个与活动主节点相关的从节点。

具体地，在预设的第一心跳周期内如果没有接收到第一节点的心跳报文，则表明导致活动主节点接收不到第一节点发送的心跳报文的原因，是第一 CAN 通道故障导致的，从而  
25 为了保证活动主节点可正常接收到第一节点的数据，维持整车的正常运行，切换到备用网络监听第一节点通过第二 CAN 通道发送的心跳报文。

需要强调的是，此时活动主节点仅从备用网络监听第一节点的心跳报文，针对其他第一 CAN 通道无故障的节点，仍在主用网络接收心跳报文，从而，节点 A 需要接收节点 B 与节点 C 的数据，节点 B 第一 CAN 通道故障且节点 C 第二 CAN 通道故障时，按照本公  
30 开的数据传输方法，节点 A 通过主用网络接收节点 C 的数据，从备用网络接收节点 B 发送的数据，因此可节点 B 和节点 C 的数据，保证了节点 A 的正常功能，进而保证整车良好运行，冗余效果增强。

在本公开的另一个实施例中，如果在预设周期内接收到第一节点的心跳报文，则表明该节点的数据传输故障时可以通过复位自行修复的，从而继续从主用网络上接收第一节点发送的数据。

5 S204，如果在预设的第一心跳周期内接收到第一节点通过第二 CAN 通道发送的心跳报文，则在备用网络上接收第一节点发送的数据，同时，在主用网络上接收其他正常发送心跳报文的从节点发送的数据。

具体地，如果在预设的第一心跳周期内接收到第一节点通过第二 CAN 通道发送的心跳报文，则表明第二 CAN 通道功能正常，从而在备用网络上接收第一节点发送的数据。

10 由此，根据上述对基于 CANopen 协议的列车网络数据传输方法的描述，同时参考行业规范 CIA302-6 对于 CAN 冗余的设计以及轨道行业成熟现场总线冗余机制，要求本公开实施例的网络架构参考附图 4，参照图 4，从节点 A 接收从节点 B 和 C 发送的数据，从节点 B 接收从节点 A 和 E 发送的数据，从节点 C 接收从节点 B 和 D 发送的数据，网络设立两个活动主节点，一个为活动活动主节点，另一个为备份活动主节点，当活动活动主节点出现故障时，备份活动主节点才会进行替代之前活动活动主节点的功能。

15 另外所有网络上的节点都采用 A、B 两对 CAN 线连接，A 线路定义为主用网络，B 线路定义为备用网络，所有节点在运行时，会同时往 A 线与 B 线上发送信息，但在初始默认情况下只会在 A 线上接收信息，但节点必须支持同时在 A 线与 B 线中接收信息，由此，当一个从节点的第一 CAN 通道发生故障时，从备用节点接收该节点的数据，针对其余的第一 CAN 通道没有发生故障的从节点，仍从主用网络接收其发送的数据，由此保证对对相关从节点数据的完整接收，保证了正常的良好运行。

20 当然，上述对本公开实施例的描述，默认主用网络和备用网络通信没有故障，在实际应用时，主用网络和备用网络均可能出现故障，因而，活动主节点自身进入操作状态后，还执行总线故障判定机制。

25 具体而言，根据 CAN 总线特性要求，所有 CAN 控制器都必须包含一个发送错误计数器与一个接收错误计时器，结合数据链路层所定义的错误检测机制，当检测到总线通信异常时，错误计数器会启用，计数累加到 255 则节点进入 bus off（总线关闭）状态。

30 现要求活动主节点同时监测主用网络与备用网络总线状态，当活动主节点主用网络总线出现故障（比如，CAN 线电压异常、错误帧过多导致 busoff 等等）时，活动主节点首先会解析备用活动主节点心跳报文，判定是否启用备用活动主节点，如果备用活动主节点可以正常担任活动活动主节点角色，活动主节点停止运行进入静默状态，备用节点启动，担任活动活动主节点，如果备用活动主节点目前处于故障状态，无法担任活动活动主节点角色，那当前活动主节点继续维持运行，并立即转到备用网络处理所有从节点数据，同时活

动主节点会给仪表或其他设备通报主用网络当前处于故障状态，如果当前备用网络也出现了故障，则通信网络进入瘫痪状态，所有节点进入车辆特殊操作状态。

其中，上述错误计数器累计的次数 255，仅仅是一种示例，根据具体应用需求的不同，当活动主节点发送错误计时器或者接受错误计时器累加到任意满足要求的预设数值时，获知主用网络故障，切换到备用网络与其他节点进行通信。

举例而言，如图 5 所示，主用网络总线出现短路故障即主用网络上所有节点都无法正常通信，各个节点的错误计数器都会持续累加，当各个节点判定主用网络通道进入 busoff 状态后，都会自行切换到备用网络接收各自所需的数据。

需要强调的是，基于以上描述，在实际应用中，有可能 CAN 通道发生的故障并不是长久故障，比如网速突变导致的运行暂停等，因而，为了避免不必要的切换造成的资源的浪费，在本公开的一个实施例中，向故障的 CAN 通道发送复位指令，以根据复位后心跳报文的接收情况，判断当前是否确实发生故障。

具体而言，在本公开的一个实施例中，在判断获知在预设的第一心跳周期内没有接收到第一节点的心跳报文之后，并不直接判断第一 CAN 通道故障，而是从主用网络向第一节点发送复位指令，以使得第一 CAN 通道进入运行初始状态。

进而，在主用网络上继续监听第一节点发送的心跳报文，如果在预设的第二心跳周期内没有接收到第一节点的心跳报文，则获知第一节点的第一 CAN 通道故障，并切换到备用网络监听所述第一节点发送的心跳报文。

如果在预设的第二心跳周期内接收到第一节点的心跳报文，则获知第一节点的第一 CAN 通道故障是暂时的，已经通过复位动作排除，因而在主用网络监听第一节点发送的心跳报文。

基于同样的原理，在切换到第二 CAN 通道接收第一节点发送的心跳报文时如果在预设的第一心跳周期内接收不到第一节点通过第二 CAN 通道发送的心跳报文，则并不直接判断第二 CAN 通道通信故障，而是从备用网络向第一节点发送复位指令，并在备用网络继续监听第一节点发送的心跳报文。

如果在预设的第二心跳周期内接收到第一节点通过第二 CAN 通道发送的心跳报文，则获知第一节点的第二 CAN 通道故障是暂时的，已经通过复位动作排除，因而在备用网络上接收第一节点发送的数据，同时，在主用网络上接收其他正常发送心跳报文的从节点发送的数据。

如果在预设的第二心跳周期内没有接收到第一节点通过第二 CAN 通道发送的心跳报文，则获知第一节点的第二 CAN 通道故障。

本公开实施例的基于CANopen协议的列车网络数据传输方法，根据预先配置的网络节点列表在主用网络上监听与活动主节点相关的各从节点通过第一CAN通道发送的心跳报文，并根据与各从节点对应设置的心跳计时器的计时情况和心跳报文的接收情况，判断各从节点的第一CAN通道是否故障，从而，若判断获知在预设的第一心跳周期内没有接收到第一节点的心跳报文，则获知第一节点的第一CAN通道故障，并切换到备用网络监听第一节点通过第二CAN通道发送的心跳报文，如果在预设的第一心跳周期内接收到第一节点通过第二CAN通道发送的心跳报文，则在备用网络上接收第一节点发送的数据，同时，在主用网络上接收各从节点中除第一节点外的其他从节点发送的数据。由此，当某个或某些从节点在主用网络掉线时，切换到备用网络接收该部分从节点的数据，其他从节点数据依然在主用网络上接收，保证了对相关从节点数据的完整接收，保证了整车的良好运行，提高了列车网络的冗余效果。

基于以上实施例，为了进一步提高基于CANopen协议的列车网络数据传输方法的稳定性与复用性，根据发送数据的情况实时展示当前列车网络的故障信息，以便于相关操作人员根据故障信息尽快维修等，以提高列车网络数据传输的稳定性。

图6是根据本公开第二个实施例的基于CANopen协议的列车网络数据传输方法的流程图，如图6所示，在上述步骤S204之后还包括：

S301，如果在预设的第二心跳周期内接收不到第一节点通过第二CAN通道发送的心跳报文，则向运行监控节点发送第一节点的第一CAN通道和第二CAN通道的当前故障消息，并显示给操作员，提示当前故障检修。

需要强调的是，上述第一心跳周期和第二心跳周期的时长，均可根据因公场景的需要自定标定，第一心跳周期和第二心跳周期可以相同，也可以不同。

另外上述监控节点在具体应用需求不同的情况下，可以为不同的装置，比如可以是仪表显示屏、终端设备的应用界面等，在此不做限制。

具体地，如果在预设的第二心跳周期内接收到不到第一节点通过第二CAN通道发送的心跳报文，则表明第二CAN通道也发生故障，从而，为了便于相关操作人员及时获知故障情况以进行故障处理，向运行监控节点发送第一节点的第一CAN通道和第二CAN通道的当前故障消息，并显示给操作员，提示当前故障检修。

举例而言，在本示例中，预设的第二心跳周期是五个心跳周期，运行监控节点是显示屏，则如果在备用网络上连续五个心跳周期依然监听不到第一节点的心跳报文，则活动主节点直接向仪表显示屏通报该第一节点主用网络与备用网络都已出现故障（故障类型为当前故障），提示对该节点主用网络与备用网络进行检修。

S302，在主用网络和备用网络上继续监听第一节点通过第一CAN通道发送的心跳报

文，若在预设的第一心跳周期内从主用网络接收到第一节点的心跳报文，则获知第一节点的第一 CAN 通道恢复通信，则切换到主用网络上接收第一节点发送的数据，并向运行监控节点发送第一节点的第二 CAN 通道的当前故障消息，并显示给操作员，提示当前故障检修。

具体地，节点双路都出现通信故障时，活动主节点需继续在主用网络与备用网络继续  
5 监听该节点心跳报文，如若中途故障节点主用网络与备用网络其中之一恢复通信，则通过恢复的网络进行通信。

举例而言，在主用网络和备用网络上继续监听第一节点通过第一 CAN 通道发送的心跳报文，如若中途故障节点主用网络与备用网络其中之一恢复通信，即活动主节点在主用网络上连续五个心跳周期可以接收到该第一节点的心跳报文，则活动主节点在恢复的网络上  
10 接收处理该第一节点数据，但仍会向运行监控节点（如仪表显示屏等）通报该第一节点该路网络为历史故障且另一路网络为当前故障。

S303，在备用网络上继续监听第一节点通过第二 CAN 通道发送的心跳报文，若在预设的第一心跳周期内从备用网络接收到第一节点的心跳报文，则向运行监控节点发送第一节点的第一 CAN 通道和第二 CAN 通道的历史故障消息并显示给操作员，提示故障隐患检修。

15 为了使得列车网络全面恢复以提高其稳定性，在备用网络上继续监听第一节点通过第二 CAN 通道发送的心跳报文，举例而言，如若中途故障节点主用网络与备用网络都恢复了通信，则活动主节点只需在主用网络上处理相关从节点数据，但仍会向运行监控节点（如仪表显示屏等）通报该第一节点主用网络与备用网都出现过历史故障，以便于相关操作人员排除安全隐患，提高列车网络的安全稳定性。

20 S304，在主用网络和备用网络上继续监听第一节点通过第一 CAN 通道发送的心跳报文，若在预设的第一心跳周期内从备用网络接收到第一节点的心跳报文，则获知第一节点的第二 CAN 通道恢复通信，则从备用网络上接收第一节点发送的数据，并向运行监控节点发送第一节点的第一 CAN 通道的当前故障消息，并显示给操作员，提示当前故障检修。

具体地，如果第二 CAN 通道相对于第一 CAN 通道先恢复通信，则从备用网络上接收  
25 第一节点发送的数据，并向运行监控节点发送第一节点的第一 CAN 通道的当前故障消息，并显示给操作员，提示当前故障检修。

S305，在主用网络上继续监听第一节点通过第一 CAN 通道发送的心跳报文，若在预设的第一心跳周期内从主用网络接收到第一节点的心跳报文，则切换到主用网络上接收第一节点发送的数据，并向运行监控节点发送第一节点的第一 CAN 通道和第二 CAN 通道的历史故障消息并显示给操作员，提示故障隐患检修。  
30

具体地，在通过备用网络接收第二 CAN 通道发送的数据时，根据预设的第一心跳周期和接收心跳报文的情况，判断第一节点的第一 CAN 通道是否恢复通信，如果恢复，则切换

到主用网络上接收第一节点发送的数据，并向运行监控节点发送第一节点的第一 CAN 通道和第二 CAN 通道的历史故障消息并显示给操作员，提示故障隐患检修。

S306，如果在预设的第二心跳周期内接收到第一节点通过第二 CAN 通道发送的心跳报文，向运行监控节点发送第一节点的第一 CAN 通道的当前故障消息，并显示给操作员，提示当前故障检修。

具体地，如果在预设的第二心跳周期内接收到第一节点通过第二 CAN 通道发送的心跳报文，则表明第二 CAN 通道可正常提供数据服务，从而，活动主节点会在备用网上接收处理该节点相关数据，其他节点的数据仍从主用网络上接收处理，同时活动主节点会向运行监控节点（如仪表显示屏等）通报该节点的第一 CAN 通道出现故障（故障类型为当前故障），提示对该第一节点主用网络进行检修。

S307，在主用网络上继续监听第一节点通过第一 CAN 通道发送的心跳报文，若在预设的第一心跳周期内接收到第一节点的心跳报文，则获知第一节点的第一 CAN 通道恢复通信，则切换到主用网络上接收第一节点发送的数据。

S308，向运行监控节点发送第一节点的第一 CAN 通道的历史故障消息并显示给操作员，提示故障隐患检修。

具体地，在提示相关操作人员对第一节点的主用网络进行检修后，在主用网络上继续监听第一节点通过第一 CAN 通道发送的心跳报文，如若中途故障第一节点主用网络恢复通信，比如，活动主节点在主用网络上连续五个心跳周期可以接收到第一节点的心跳报文，则活动主节点恢复到主用网络上接收该第一节点数据，停止从备用网络的处理，但活动主节点仍会向运行监控节点（如仪表显示屏等）通报第一节点主用网络出现故障（故障类型为历史故障），同样提示对该第一节点主用网络进行检修，确认是否存在故障隐患。

综上所述，本公开实施例的基于 CANopen 协议的列车网络数据传输方法，根据列车网络的实时情况，进行主用网络和备用网络的选择，并在监控节点向相关操作人员进行相应的显示，提高了列车网络数据传输方法的稳定性与复用性。

## 第二种场景：

在该场景下，比较获知与网络节点相关节点的掉线时长小于等于心跳报文发送周期，启用基于 PDO 报文的生产禁止时间机制进行掉线判断，并根据掉线时长和相关节点的 PDO 报文的生产禁止时间在相关节点对应的 PDO 生产计数器中设置阈值，其中，阈值是节点会自动根据预设的掉线计时器的值与部分节点的 PDO 生产禁止时间计算出一个合适的值赋予 PDO 生产计数器的值。

进而，当一个生产禁止时间内未接收到 PDO 报文，则 PDO 生产计数器开始计数，当 PDO 生产计数器累加到阈值时，则会判定相关节点掉线。

图 7 是根据本公开第三个实施例的基于 CANopen 协议的列车网络数据传输方法的流程图，如图 7 所示，该方法包括：

S401，根据预先配置的网络节点列表在主用网络上监听与活动主节点相关的各从节点通过第一 CAN 通道发送的 PDO 报文。

5       其中，PDO(Process Data Object, 过程数据对象)是用来传输实时数据的，提供对设备应用对象的直接访问通道，它用来传输实时短帧数据，具有较高的优先权。

在 PDO 报文监测机制中，利用 PDO 对象字典中关于通信参数索引的生产禁止时间来作为界定一个节点有无掉线的关键判定条件。PDO 通信参数结构如下表 1 所示。

表 1

| 索引                      | 子索引 | 描述                                                       | 数据类型        |
|-------------------------|-----|----------------------------------------------------------|-------------|
| RPDO:<br>1400h to 15FFh | 00h | 记录数量                                                     | Unsigned 8  |
|                         | 01h | CAN-ID: 接收这个PDO帧ID                                       | Unsigned 32 |
|                         | 02h | 发送类型:                                                    |             |
|                         |     | 00h: 非循环同步<br>01h: 循环同步<br>FCh: 远程同步<br>FEh: 异步, 制造商特定事件 | Unsigned 8  |
|                         |     | FFh: 异常, 设备子协议特定事件                                       | Unsigned 16 |
|                         | 03h | 生产禁止约束时间 (1/10ms)                                        | Unsigned 16 |
|                         | 04h | 预留                                                       | 预留          |
|                         | 05h | 事件计时器触发的时间 (单位:ms)                                       | Unsigned 16 |
|                         | 06h | 同步起始值                                                    | Unsigned 8  |

10       可以理解，本公开要求主节点根据拓扑图建立一个所有网络节点列表（可配置的），其中，网络节点列表包括：与活动主节点相关的各从节点标识和对应的心跳计时器，其中，各从节点对应的心跳计时器根据 PDO 报文中的生产禁止时间设置，从主用网络和备用网络同时向所有从节点发送网络控制指令，控制从节点的第一 CAN 通道和第二 CAN 通道进入 PDO 报文操作模式，并启动与所述活动主节点相关的各从节点对应的心跳计时器。

15       即在 CANopen 对象字典关于 RPDO 对象索引（1400h to 15FFh）中根据实际掉线时限判定需求分别给各个节点选取其中一个代表性的 PDO，再根据这些 PDO 索引里的生产禁止时间参数分别为每个节点都设置一个心跳计数器。

进而，主节点在进入操作状态后，主节点会持续检测各节点 PDO 发送情况，由于默认主用网络工作，因而，根据预先配置的网络节点列表在主用网络上监听与活动主节点相关的各从节点通过第一 CAN 通道发送的 PDO 报文，以便于根据报文接收情况，判断各从节点是否掉线。

S402, 根据对各从节点发送的 PDO 报文的接收情况, 以及根据 PDO 报文中的生产禁止时间为各从节点对应设置的心跳计时器的计时情况, 判断各从节点的第一 CAN 通道是否故障。

应当理解的是, 继续参照上表 1, 在 PDO 报文发送机制中, 子索引 03h 生产禁止时间表示预设时间内接收处理一个 PDO 数据, 如果在预设时间内未接收到对应 PDO 数据, 则节点会记录该 PDO 报文丢帧, 当一个生产禁止时间内未接收到 PDO 数据, 则心跳计数器开始计数, 当心跳计数器累加到一个预设值时, 主节点会判定该节点掉线。因此, 在本公开实施例中, 针对生产禁止时间设置心跳计时器的计时情况, 从而, 根据对各从节点发送的 PDO 报文的接收情况, 以及根据 PDO 报文中的生产禁止时间为各从节点对应设置的心跳计时器的计时情况, 判断各从节点的第一 CAN 通道是否故障。

其中, 如果从节点的第一 CAN 通道通信良好, 则在一定的时间内, 主节点可以正常接收从节点发送的 PDO 报文, 否则, 从节点的第一 CAN 通道通信故障。

S403, 若在预设的与第一节点对应的第一心跳周期内没有在主用网络接收到第一节点的 PDO 报文, 则获知第一节点的第一 CAN 通道故障, 并切换到备用网络监听第一节点通过第二 CAN 通道发送的 PDO 报文。

其中, 第一节点为任意一个与活动主节点相关的从节点。

具体地, 在预设的与第一节点对应的第一心跳周期内, 如果在主用网络上没有接收到第一节点的 PDO 报文, 则表明导致活动主节点接收不到第一节点发送的 PDO 报文的原因, 是第一 CAN 通道故障导致的, 从而为了保证活动主节点可正常接收到第一节点的 PDO 报文, 维持整车的正常运行, 切换到备用网络监听第一节点通过第二 CAN 通道发送的 PDO 报文。

需要强调的是, 此时活动主节点可仅从备用网络监听第一节点的 PDO 报文, 针对其他第一 CAN 通道无故障的从节点, 仍在主用网络接收 PDO 报文, 从而, 节点 A 需要接收节点 B 与节点 C 的数据, 节点 B 第一 CAN 通道故障且节点 C 第二 CAN 通道故障时, 按照本公开的数据传输方法, 节点 A 通过主用网络接收节点 C 的数据, 从备用网络接收节点 B 发送的数据, 因此可节点 B 和节点 C 的数据, 保证了节点 A 的正常功能, 进而保证整车良好运行, 冗余效果增强。

在本公开的另一个实施例中, 如果在预设的第一心跳周期内接收到第一节点的 PDO 报文, 则表明该从节点的数据传输故障时可以通过复位自行修复的, 从而继续从主用网络上接收第一节点发送的数据。

S404, 若在预设的与第一节点对应的第一心跳周期内在备用网络接收到第一节点通过第二 CAN 通道发送的 PDO 报文, 则在备用网络上接收第一节点发送的数据, 同时, 在主

用网络上接收其他正常发送 PDO 报文的从节点发送的数据。

具体地，如果在与第一节点对应的第一心跳周期内接收到第一节点通过第二 CAN 通道发送的 PDO 报文，则表明第二 CAN 通道功能正常，从而在备用网络上接收第一节点发送的数据，同时，在主用网络上接收其他正常发送 PDO 报文的从节点发送的数据。

- 5 由此，根据上述对基于 CANopen 协议的列车网络数据传输方法的描述，同时参考行业规范 CIA302-6 对于 CAN 冗余的设计以及轨道行业成熟现场总线冗余机制，要求本公开实施例的网络架构参考附图 4，网络设立两个主节点，一个为活动主节点，另一个为备份主节点，当活动主节点出现故障时，备份主节点才会进行替代之前活动主节点的功能。

也就是说，在本公开的一个实施例中，若检测到活动主节点故障，则切换到备用主节点与其他相关的从节点进行数据交互。

另外所有网络上的节点都采用 A、B 两对 CAN 线连接，A 线路定义为主用网络，B 线路定义为备用网络，所有节点在运行时，会同时往 A 线与 B 线上发送信息，但在初始默认情况下只会在 A 线上接收信息，但节点必须支持同时在 A 线与 B 线中接收信息，由此，当一个从节点的第一 CAN 通道发生故障时，从备用节点接收该节点的数据，针对其余的第一 CAN 通道没有发生故障的从节点，仍从主用网络接收其发送的数据，由此保证对相关从节点数据的完整接收，保证了正常的良好运行。

当然，上述对本公开实施例的描述，默认主用网络和备用网络通信没有故障，在实际应用时，主用网络和备用网络均可能出现故障，因而，活动主节点自身进入操作状态后，还执行总线故障判定机制。

20 具体而言，根据 CAN 总线特性要求，所有 CAN 控制器都必须包含一个发送错误计数器与一个接收错误计时器，结合数据链路层所定义的错误检测机制，当检测到总线通信异常时，错误计数器会启用，计数累加到 255 则节点进入 bus off（总线关闭）状态。即若活动主节点内的发送错误计数器或者接收错误计数器累加到预设数值，则获知主用网络故障，切换到备用网络与其他节点进行通信。

25 现要求活动主节点同时监测主用网络与备用网络总线状态，当活动主节点主用网络总线出现故障（比如，CAN 线电压异常、错误帧过多导致 busoff 等等）时，活动主节点首先会解析备用主节点报文，判定是否启用备用主节点，如果备用主节点可以正常担任活动活动主节点角色，活动主节点停止运行进入静默状态，备用主节点启动，担任活动主节点，如果备用主节点目前处于故障状态，无法担任活动主节点角色，那当前活动主节点继续维持运行，并立即转到备用网络处理所有从节点数据，同时活动主节点会给仪表或其他设备通报主用网络当前处于故障状态，如果当前备用网络也出现了故障，则通信网络进入瘫痪状态，所有节点进入车辆特殊操作状态。

其中，上述错误计数器累计的次数 255，仅仅是一种示例，根据具体应用需求的不同，当活动主节点发送错误计时器或者接受错误计时器累加到任意满足要求的预设数值时，获知主用网络故障，切换到备用网络与其他节点进行通信。

5 举例而言，如图 5 所示，主用网络总线出现短路故障即主用网络上所有节点都无法正常通信，各个节点的错误计数器都会持续累加，当各个节点判定主用网络通道进入 busoff 状态后，都会自行切换到备用网络接收各自所需的数据。

需要强调的是，基于以上描述，在实际应用中，有可能 CAN 通道发生的故障并不是长久故障，比如网速突变导致的运行暂停等，因而，为了避免不必要的切换造成的资源的浪费，在本公开的一个实施例中，向故障 CAN 通道发送复位指令，以根据复位后 PDO 报文的接收情况，判断当前是否确实发生故障。

具体而言，在本公开的一个实施例中，在判断获知在预设的第一心跳周期内没有接收到第一节节点的 PDO 报文之后，并不直接判断第一 CAN 通道故障，而是从主用网络向第一节节点发送复位指令，以使得第一 CAN 通道进入运行初始状态。

15 进而，在主用网络上继续监听第一节节点发送的 PDO 报文，如果在预设的与第一节节点对应的第二心跳周期内没有接收到第一节节点的 PDO 报文，则获知第一节节点的第一 CAN 通道故障，并切换到备用网络监听所述第一节节点发送的 PDO 报文。

如果在预设的第二心跳周期内接收到第一节节点的 PDO 报文，则获知第一节节点的第一 CAN 通道故障是暂时的，已经通过复位动作排除，因而在主用网络监听第一节节点发送的 PDO 报文。

20 基于同样的原理，在切换到第二 CAN 通道接收第一节节点发送的 PDO 报文时如果在预设的与第一节节点对应的第一心跳周期内接收不到第一节节点通过第二 CAN 通道发送的 PDO 报文，则并不直接判断第二 CAN 通道通信故障，而是从备用网络向第一节节点发送复位指令，并在备用网络继续监听第一节节点发送的 PDO 报文。

25 如果在与第一节节点对应的第二心跳周期内接收到第一节节点通过第二 CAN 通道发送的 PDO 报文，则获知第一节节点的第二 CAN 通道故障是暂时的，已经通过复位动作排除，因而在备用网络上接收第一节节点发送的数据，同时，在主用网络上接收其他正常发送 PDO 报文的从节点发送的数据。

如果在与第一节节点对应的第二心跳周期内没有接收到第一节节点通过第二 CAN 通道发送的 PDO 报文，则获知第一节节点的第二 CAN 通道故障。

30 需要强调的是，上述第一心跳周期和第二心跳周期的时长，均可根据因公场景的需要自定标定，第一心跳周期和第二心跳周期可以相同，也可以不同。

综上所述，本公开实施例的基于CANopen协议的列车网络数据传输方法，根据预先配置的网络节点列表在主用网络上监听与活动主节点相关的各从节点通过第一CAN通道发送的PDO报文，根据对各从节点发送的PDO报文的接收情况，以及根据PDO报文中的生产禁止时间为各从节点对应设置的心跳计时器的计时情况，判断各从节点的第一CAN通道是否故障，若在预设的与第一节点对应的第一心跳周期内没有在主用网络接收到第一节点的PDO报文，则获知第一节点的第一CAN通道故障，并切换到备用网络监听第一节点通过第二CAN通道发送的PDO报文，若在预设的与第一节点对应的第一心跳周期内在备用网络接收到第一节点通过第二CAN通道发送的PDO报文，则在备用网络上接收第一节点发送的数据，同时，在主用网络上接收其他正常发送PDO报文的从节点发送的数据。由此，当某个或某些从节点在主用网络掉线时，切换到备用网络接收该部分从节点的数据，其他从节点数据依然在主用网络上接收，保证了对相关从节点数据的完整接收，保证了整车的良好运行，提高了列车网络的冗余效果。

基于以上实施例，为了进一步提高基于CANopen协议的列车网络数据传输方法的稳定性与复用性，根据发送数据的情况实时展示当前列车网络的故障信息，以便于相关操作人员根据故障信息尽快维修等，以提高列车网络数据传输的稳定性。

图8是根据本公开第四个实施例的基于CANopen协议的列车网络数据传输方法的流程图，如8所示，在上述步骤S404之后还包括：

S501，若在预设的与第一节点对应的第二心跳周期内在备用网络上没有接收到第一节点发送的PDO报文，则向运行监控节点发送第一节点的第一CAN通道和第二CAN通道的当前故障消息，并显示给操作员，提示当前故障检修。

其中，在上述第二心跳周期内可接收正常工作的从节点发送的数据，另外上述监控节点在具体应用需求不同的情况下，可以为不同的装置，比如可以是仪表显示屏、终端设备的应用界面等，在此不做限制。

具体地，如果在预设的第二心跳周期内接收到不到第一节点通过第二CAN通道发送的PDO报文，则表明第二CAN通道也发生故障，从而，为了便于相关操作人员及时获知故障情况以进行故障处理，向运行监控节点发送第一节点的第一CAN通道和第二CAN通道的当前故障消息，并显示给操作员，提示当前故障检修。

举例而言，在本示例中，预设的第二心跳周期是a个心跳周期，运行监控节点是显示屏，则如果在备用网络上a个心跳周期依然监听不到第一节点的PDO报文，则活动主节点直接向仪表显示屏通报该第一节点主用网络与备用网络都已出现故障（故障类型为当前故障），提示对该节点主用网络与备用网络进行检修。

S502，在主用网络和备用网络上继续监听第一节点发送的PDO报文，若在预设的与第

一节点对应的第一心跳周期内从主用网络接收到第一节点的 PDO 报文，则获知第一节点的第一 CAN 通道恢复通信，则切换到主用网络上接收第一节点发送的数据，并向运行监控节点发送第一节点的第二 CAN 通道的当前故障消息，并显示给操作员，提示当前故障检修。

具体地，节点双路都出现通信故障时，活动主节点需继续在主用网络与备用网络继续  
5 监听该节点发送的数据，如若中途故障节点主用网络与备用网络其中之一恢复通信，则通过恢复的网络进行通信。

举例而言，在主用网络和备用网络上继续监听第一节点通过第一 CAN 通道发送的 PDO 报文，如若中途故障节点主用网络与备用网络其中之一恢复通信，即主节点在主用网络上  
a 个心跳周期可以接收到该第一节点的 PDO 报文，则主节点在恢复的网络上接收处理该第一节点数据，但仍会向运行监控节点（如仪表显示屏等）通报该第一节点该路网络为历史  
10 故障且另一路网络为当前故障。

S503，在备用网络上继续监听第一节点发送的 PDO 报文，若在预设的与第一节点对应的第一心跳周期内从备用网络接收到第一节点的 PDO 报文，则向运行监控节点发送第一节点的第一 CAN 通道和第二 CAN 通道的历史故障消息并显示给操作员，提示故障隐患检修。

为了使得列车网络全面恢复以提高其稳定性，在备用网络上继续监听第一节点通过第二 CAN 通道发送的 PDO 报文，举例而言，如若中途故障节点主用网络与备用网络都恢复了通信，则活动主节点只需在主用网络上处理相关从节点数据，但仍会向运行监控节点（如  
15 仪表显示屏等）通报该第一节点主用网络与备用网都出现过历史故障，以便于相关操作人员排除安全隐患，提高列车网络的安全稳定性。

S504，在主用网络和备用网络上继续监听第一节点发送的 PDO 报文，若在预设的与第一节点对应的第一心跳周期内从备用网络接收到第一节点的 PDO 报文，则获知第一节点的第二 CAN 通道恢复通信，则从备用网络上接收第一节点发送的数据，并向运行监控节点发  
20 送第一节点的第一 CAN 通道的当前故障消息，并显示给操作员，提示当前故障检修。

具体地，如果第二 CAN 通道相对于第一 CAN 通道先恢复通信，则从备用网络上接收  
25 第一节点发送的数据，并向运行监控节点发送第一节点的第一 CAN 通道的当前故障消息，并显示给操作员，提示当前故障检修。

S505，在主用网络上继续监听第一节点通过第一 CAN 通道发送的 PDO 报文，若在预设的与第一节点对应的第一心跳周期内从主用网络接收到第一节点的 PDO 报文，则切换到主用网络上接收第一节点发送的数据，并向运行监控节点发送第一节点的第一 CAN 通道和  
30 第二 CAN 通道的历史故障消息并显示给操作员，提示故障隐患检修。

具体地，在通过备用网络接收第二 CAN 通道发送的数据时，根据报文的情况，判断第一节点的第一 CAN 通道是否恢复通信，如果恢复，则切换到主用网络上接收第一节点发送

的数据，并向运行监控节点发送第一节点的第一 CAN 通道和第二 CAN 通道的历史故障消息并显示给操作员，提示故障隐患检修。

5 S506，若在预设的与第一节点对应的第二心跳周期内在备用网络上接收到第一节点发送的 PDO 报文，向运行监控节点发送第一节点的第一 CAN 通道的当前故障消息，并显示给操作员，提示当前故障检修。

具体地，如果在预设的第二心跳周期内接收到第一节点通过第二 CAN 通道发送的 PDO 报文，则表明第二 CAN 通道可正常提供数据服务，从而，主节点会在备用网上接收处理该节点相关数据，其他节点的数据仍从主用网络上接收处理，同时主节点会向运行监控节点（如仪表显示屏等）通报该节第一点的第一 CAN 通道出现故障（故障类型为当前故障），  
10 提示对该第一节点主用网络进行检修。

S507，在主用网络上继续监听第一节点通过第一 CAN 通道发送的 PDO 报文，若在预设的与第一节点对应的第一心跳周期内接收到第一节点的 PDO 报文，则获知第一节点的第一 CAN 通道恢复通信，则切换到主用网络上接收第一节点发送的数据。

15 S508，向运行监控节点发送第一节点的第一 CAN 通道的历史故障消息并显示给操作员，提示故障隐患检修。

具体地，在提示相关操作人员对第一节点的主用网络进行检修后，在主用网络上继续监听第一节点通过第一 CAN 通道发送的 PDO 报文，如若中途故障第一节点主用网络恢复通信，比如，主节点在主用网络上 a 个心跳周期可以接收到第一节点的 PDO 报文，则主节点恢复到主用网络上接收该第一节点数据，停止从备用网络的处理，但主节点仍会向运行  
20 监控节点（如仪表显示屏等）通报第一节点主用网络出现故障（故障类型为历史故障），同样提示对该第一节点主用网络进行检修，确认是否存在故障隐患。

综上所述，本公开实施例的基于 CANopen 协议的列车网络数据传输方法，根据列车网络的实时情况，进行主用网络和备用网络的选择，并在监控节点向相关操作人员进行相应的显示，提高了列车网络数据传输方法的稳定性与复用性。

25 为了提高本公开实施例的基于 CANopen 协议的列车网络节点监测方法的灵活性，在本公开的一个实施例中，各节点根据拓扑图建立一个所有网络节点列表是可配置的，且为所有相关节点再设立的描述对于某个节点掉线判定的实际时长的掉线计时器，也可由用户自行根据各节点特点改变数值。当列车网络上新增或减少一个节点时，重新配置与变化节点相关的网络节点列表及其对应掉线计时器，实现启用或停用对变化节点的掉线监测。

30 为了使得本领域的技术人员，对本公开基于 CANopen 协议的列车网络节点监测方法更加清楚，下面结合该方法在具体应用场景中的实施过程进行举例说明。

在本示例中，网络中有五个节点，一个活动主节点与四个从节点 A、B、C、D，现定

义主节点需要实时监测四个从节点的运行状态，即需要了解四个从节点是否掉线。

根据网络通信数据量决定，包括主节点在内所有节点的心跳报文发送周期为 500ms。对于各节点掉线界定条件的设定，主节点与从节点 A、B、C 的掉线时长均为 5s，即 5s 接收不到该节点数据时视其已掉线，而从节点 D 较为特殊，如果 300ms 接收不到从节点 D 数据，主节点等相关节点则会判定从节点 D 掉线。

主节点发送 PDO 报文周期为 100ms，从节点 A 发送 PDO 报文周期为 1000ms、从节点 B 发送 PDO 报文周期为 50ms、从节点 C 发送 PDO 报文周期为 100ms，从节点 D 发送 PDO 报文周期为 50ms。

按以上设定，主节点上电初始化完成后，依次把网络节点列表中的从节点 A、B、C、D 的掉线计时器与其心跳计时器时间对比，其中从节点 A、B、C 所属的掉线计时器的值为 5s，从节点 D 所属的掉线计时器的值为 300ms，从节点 A、B、C、D 各自的心跳计时器所设定的值都为 500ms，由于从节点 A、B、C 所属的掉线计时器的值都比其心跳计时器的值大，因此主节点对这三个从节点采用心跳报文监测机制，而从节点所属的掉线计时器的值比其心跳计时器的值小，则主节点对从节点 D 采用 PDO 生产禁止时间机制，从节点 D 发送 PDO 报文周期为 50ms，同时主节点也需要 50ms 接收处理从节点 D 的数据，即主节点对于从节点 D 的 PDO 生产禁止时间设定为 50ms，通过掉线计时器的值与生产禁止时间的值进行计算，推出生产计数器的值为 6，即当一个生产禁止时间内未接收到 PDO 数据，则 PDO 生产计数器开始计数，PDO 生产计数器累加到 6 时，则会判定从节点 D 掉线。

由此，本公开实施例中，结合现有基于节点心跳报文与基于 PDO 生产禁止时间两种掉线监测机制的特点，提供一套把两种掉线机制融合使用的算法。解决了现有技术中节点掉线监测机制因过于局限导致给网络通信带来负面影响的技术问题，在现有的两种掉线监测机制基础上，提供一种列车网络节点掉线监测设计方案，把基于节点心跳报文与基于 PDO 生产禁止时间两种掉线监测机制融合使用，针对不同节点不同的监测需求，网络节点根据一套校验算法自行决定对与其相关节点的监测是采用基于节点心跳报文机制还是采用基于 PDO 生产禁止时间机制，可有效避免单纯使用某一种掉线监测机制无法满足实际需求的问题，同时也从侧面提升了冗余设计的实际效果，提高列车网络安全性。

综上所述，本公开实施例的基于 CANopen 协议的列车网络节点监测方法，列车网络节点根据预先配置的网络节点列表获取与网络节点相关的各节点对应的掉线计时器设置的掉线时长，以及心跳计时器设置的心跳报文发送周期，将各节点对应的掉线计时器设置的掉线时长以及心跳计时器设置的心跳报文发送周期进行比对，根据比对结果确定各节点的掉线监测方式。由此，实现了节点上电自动为与其相关节点采用合适的节点掉线监测，提高了对节点检测判断结果的准确度，便于提高列车网络的冗余效果，保证整车的良好运行。

为了实现上述实施例，本公开还提出了一种列车网络节点，图 9 是根据本公开第一个实施例的列车网络主节点的结构示意图，如图 9 所示，该节点包括：获取模块 100、比对模块 200 和确定模块 300。

其中，获取模块 100，用于根据预先配置的网络节点列表获取与网络节点相关的各节点  
5 对应的掉线计时器设置的掉线时长，以及心跳计时器设置的心跳报文发送周期。

图 10 是根据本公开第二个实施例的列车网络主节点的结构示意图，如图 10 所示，在如图 9 所示的基础上，该节点还包括设置模块 400 和保存模块 500。

其中，设置模块 400，用于设置与网络节点相关的各节点对应的掉线计时器的掉线时长。

保存模块 500，用于将掉线时长保存在网络节点的对象字典对应的存储空间内。

10 比对模块 200，用于将各节点对应的掉线计时器设置的掉线时长以及心跳计时器设置的心跳报文发送周期进行比对。

确定模块 300，用于根据比对结果确定各节点的掉线监测方式。

图 11 是根据本公开第三个实施例的列车网络主节点的结构示意图，如图 11 所示，在如图 9 所示的基础上，确定模块 300 包括第一启动单元 310、第一设置单元 320。

15 其中，第一启动单元 310，用于在比较获知与网络节点相关节点的掉线时长大于心跳报文发送周期时，启用心跳报文监测机制对相关节点进行故障掉线判断。

第一设置单元 320，用于将相关节点对应的 PDO 生产计数器设置为 0。

图 12 是根据本公开第四个实施例的列车网络主节点的结构示意图，如图 12 所示，在如图 11 所示的基础上，第一启动单元 310 包括第一监听子单元 311、第一判断子单元 312、  
20 第一切换子单元 313 和第一接收子单元 314。

其中，第一监听子单元 311，用于根据预先配置的网络节点列表在主用网络上监听与活动主节点相关的各从节点通过第一 CAN 通道发送的心跳报文。

第一判断子单元 312，用于根据与各从节点对应设置的心跳计时器的计时情况和心跳报文的接收情况，判断各从节点的第一 CAN 通道是否故障。

25 第一切换子单元 313，用于在判断获知在预设的第一心跳周期内没有接收到第一节点的心跳报文时，获知第一节点的第一 CAN 通道故障，并切换到备用网络监听第一节点发送的心跳报文，其中，第一节点为任意一个与活动主节点相关的从节点。

第一接收子单元 314，用于在预设的第一心跳周期内接收到第一节点通过第二 CAN 通道发送的心跳报文时，在备用网络上接收第一节点发送的数据，同时，在主用网络上接收  
30 其他正常发送心跳报文的从节点发送的数据。

图 13 是根据本公开第五个实施例的列车网络主节点的结构示意图，如图 13 所示，在如图 9 所示的基础上，确定模块 300 包括第二启用单元 330、第二设置单元 340。

其中，第二启用单元 330，用于在比较获知与网络节点相关节点的掉线时长小于等于心跳报文发送周期时，启用基于 PDO 报文的产生禁止时间机制对相关节点进行掉线故障判断。

第二设置单元 340，用于根据掉线时长和相关节点的 PDO 报文的产生禁止时间在相关节点对应的 PDO 产生计数器中设置阈值。

图 14 是根据本公开第六个实施例的列车网络主节点的结构示意图，如图 14 所示，在如图 9 所示的基础上，该节点还包括：配置模块 600。

其中，配置模块 600，用于在列车网络上新增或减少一个节点时，重新配置与变化节点相关的网络节点列表及其对应掉线计时器，实现启用或停用对变化节点的掉线监测。

图 15 是根据本公开第七个实施例的列车网络主节点的结构示意图，如图 15 所示，在如图 13 所示的基础上，第二启用单元 330 包括第二监听子单元 331、第二判断子单元 332、第二切换子单元 333 和第二接收子单元 334。

其中，第二监听子单元 331，用于根据预先配置的网络节点列表在主用网络上监听与活动主节点相关的各从节点通过第一 CAN 通道发送的 PDO 报文。

第二判断子单元 332，用于根据对各从节点发送的 PDO 报文的接收情况，以及根据 PDO 报文中的产生禁止时间为各从节点对应设置的心跳计时器的计时情况，判断各从节点的第一 CAN 通道是否故障。

第二切换子单元 333，用于在预设的与第一节点对应的第一心跳周期内没有在主用网络接收到第一节点的 PDO 报文时，获知第一节点的第一 CAN 通道故障，并切换到备用网络监听第一节点通过第二 CAN 通道发送的 PDO 报文，其中，第一节点为任意一个与活动主节点相关的从节点。

第二接收子单元 334，用于若在预设的与第一节点对应的第一心跳周期内在备用网络接收到第一节点通过第二 CAN 通道发送的 PDO 报文时，在备用网络上接收第一节点发送的数据，同时，在主用网络上接收其他正常发送 PDO 报文的从节点发送的数据。

需要说明的是，前述对基于 CANopen 协议的列车网络节点监测方法的解释说明，也适用于本公开实施例的列车网络节点，本公开列车网络节点实施例中未公布的细节，在此不再赘述。

综上所述，本公开实施例的列车网络节点，列车网络节点根据预先配置的网络节点列表获取与网络节点相关的各节点对应的掉线计时器设置的掉线时长，以及心跳计时器设置的心跳报文发送周期，将各节点对应的掉线计时器设置的掉线时长以及心跳计时器设置的心跳报文发送周期进行比对，根据比对结果确定各节点的掉线监测方式。由此，实现了节点上电自动为与其相关节点采用合适的节点掉线监测，提高了对节点检测判断结果的准确

度，便于提高列车网络的冗余效果，保证整车的良好运行。

在本说明书的描述中，参考术语“一个实施例”、“一些实施例”、“示例”、“具体示例”、或“一些示例”等的描述意指结合该实施例或示例描述的具体特征、结构、材料或者特点包含于本公开的至少一个实施例或示例中。在本说明书中，对上述术语的示意性表述不必须  
5 针对的是相同的实施例或示例。而且，描述的具体特征、结构、材料或者特点可以在任一个或多个实施例或示例中以合适的方式结合。此外，在不相互矛盾的情况下，本领域的技术人员可以将本说明书中描述的不同实施例或示例以及不同实施例或示例的特征进行结合和组合。

尽管上面已经示出和描述了本公开的实施例，可以理解的是，上述实施例是示例性的，  
10 不能理解为对本公开的限制，本领域的普通技术人员在本公开的范围内可以对上述实施例进行变化、修改、替换和变型。

## 权利要求书

1、一种基于 CANopen 协议的列车网络节点监测方法，其特征在于，包括以下步骤：

列车网络节点根据预先配置的网络节点列表获取与所述网络节点相关的各节点对应的  
5 掉线计时器设置的掉线时长，以及心跳计时器设置的心跳报文发送周期；

将所述各节点对应的掉线计时器设置的掉线时长以及心跳计时器设置的心跳报文发送周期进行比对，根据比对结果确定所述各节点的掉线监测方式。

2、如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述根据比对结果确定所述各节点的掉线监测方式，包括：

10 比较获知与所述网络节点相关节点的掉线时长大于心跳报文发送周期；

若比较获知与所述网络节点相关节点的掉线时长大于心跳报文发送周期，则启用心跳报文监测机制对所述相关节点进行掉线故障判断，并将所述相关节点对应的 PDO 生产计数器设置为 0。

3、如权利要求 2 所述的方法，其特征在于，所述启用心跳报文监测机制对所述相关节点进行掉线故障判断，包括：  
15

根据预先配置的网络节点列表在主用网络上监听与活动主节点相关的各从节点通过第一 CAN 通道发送的心跳报文；

根据与所述各从节点对应设置的心跳计时器的计时情况和所述心跳报文的接收情况，判断所述各从节点的第一 CAN 通道是否故障；

20 若判断获知在预设的第一心跳周期内没有接收到第一节点的心跳报文，则获知所述第一节点的第一 CAN 通道故障，并切换到所述备用网络监听所述第一节点发送的心跳报文，其中，所述第一节点为任意一个与所述活动主节点相关的从节点；

如果在预设的第一心跳周期内接收到所述第一节点通过第二 CAN 通道发送的心跳报文，则在所述备用网络上接收所述第一节点发送的数据，同时，在所述主用网络上接收其他正常发送心跳报文的从节点发送的数据。  
25

4、如权利要求 3 所述的方法，其特征在于，在所述判断获知在预设的第一心跳周期内没有接收到第一节点的心跳报文之后，还包括：

从所述主用网络向所述第一节点发送复位指令；

在所述主用网络上继续监听所述第一节点发送的心跳报文，检测在预设的第二心跳周期内是否在所述主用网络接收到所述第一节点的心跳报文；  
30

所述获知所述第一节点的第一 CAN 通道故障，包括：

若在预设的第二心跳周期内没有在所述主用网络接收到所述第一节点的心跳报文，则

获知所述第一节点的第一 CAN 通道故障。

5、如权利要求 3 或 4 所述的方法，其特征在于，在所述如果接收到所述第一节点通过第二 CAN 通道发送的心跳报文之后，还包括：

向运行监控节点发送所述第一节点的第一 CAN 通道的当前故障消息，并显示给操作  
5 员，提示当前故障检修；

在所述主用网络上继续监听所述第一节点通过第一 CAN 通道发送的心跳报文，若在预设的第一心跳周期内接收到所述第一节点的心跳报文，则获知所述第一节点的第一 CAN 通道恢复通信，则切换到所述主用网络上接收所述第一节点发送的数据。

6、如权利要求 5 所述的方法，其特征在于，在所述切换到所述主用网络上接收所述第一节点发送的数据之后，还包括：  
10

向所述运行监控节点发送所述第一节点的第一 CAN 通道的历史故障消息并显示给操作员，提示故障隐患检修。

7、如权利要求 3-6 任一所述的方法，其特征在于，在所述切换到所述备用网络监听所述所述第一节点发送的心跳报文之后，还包括：

15 如果在预设的第一心跳周期内接收不到所述第一节点通过第二 CAN 通道发送的心跳报文，则从所述备用网络向所述第一节点发送复位指令；

在所述备用网络继续监听所述第一节点发送的心跳报文；

如果在预设的第二心跳周期内接收到所述第一节点通过第二 CAN 通道发送的心跳报文，则在所述备用网络上接收所述第一节点发送的数据，同时，在所述主用网络上接收其  
20 他正常发送心跳报文的从节点发送的数据。

8、如权利要求 7 所述的方法，其特征在于，还包括：

如果在预设的第二心跳周期内接收不到所述第一节点通过第二 CAN 通道发送的心跳报文，则向运行监控节点发送所述第一节点的第一 CAN 通道和第二 CAN 通道的当前故障消息，并显示给操作员，提示当前故障检修。

25 9、如权利要求 8 所述的方法，其特征在于，还包括：

在所述主用网络和所述备用网络上继续监听所述第一节点发送的心跳报文，若在预设的第一心跳周期内从所述主用网络接收到所述第一节点的心跳报文，则获知所述第一节点的第一 CAN 通道恢复通信，则切换到所述主用网络上接收所述第一节点发送的数据，并向所述运行监控节点发送所述第一节点的第二 CAN 通道的当前故障消息，并显示给操作员，  
30 提示当前故障检修；

在所述备用网络上继续监听所述第一节点通过第二 CAN 通道发送的心跳报文，若在预设的第一心跳周期内从所述备用网络接收到所述第一节点的心跳报文，则向所述运行监控

节点发送所述第一节点的第一 CAN 通道和第二 CAN 通道的历史故障消息并显示给操作员，提示故障隐患检修。

10、如权利要求 8 或 9 所述的方法，其特征在于，还包括：

5 在所述主用网络和所述备用网络上继续监听所述第一节点发送的心跳报文，若在预设的第一心跳周期内从所述备用网络接收到所述第一节点的心跳报文，则获知所述第一节点的所述第二 CAN 通道恢复通信，则从所述备用网络上接收所述第一节点发送的数据，并向所述运行监控节点发送所述第一节点的第一 CAN 通道的当前故障消息，并显示给操作员，提示当前故障检修；

10 在所述主用网络上继续监听所述第一节点通过第一 CAN 通道发送的心跳报文，若在预设的第一心跳周期内从所述主用网络接收到所述第一节点的心跳报文，则切换到所述主用网络上接收所述第一节点发送的数据，并向所述运行监控节点发送所述第一节点的第一 CAN 通道和第二 CAN 通道的历史故障消息并显示给操作员，提示故障隐患检修。

11、如权利要求 2-10 任一所述的方法，其特征在于，所述根据比对结果确定所述各节点的掉线监测方式，还包括：

15 若比较获知与所述网络节点相关节点的掉线时长小于等于心跳报文发送周期，则启用基于 PDO 报文的产生禁止时间机制对所述相关节点进行掉线故障判断，并根据所述掉线时长和所述相关节点的 PDO 报文的产生禁止时间在所述相关节点对应的 PDO 产生计数器中设置阈值。

20 12、如权利要求 11 所述的方法，其特征在于，所述启用基于 PDO 报文的产生禁止时间机制进行掉线判断包括：

根据预先配置的网络节点列表在主用网络上监听与活动主节点相关的各从节点通过第一 CAN 通道发送的 PDO 报文；

25 根据对所述各从节点发送的 PDO 报文的接收情况，以及根据 PDO 报文中的产生禁止时间为所述各从节点对应设置的心跳计时器的计时情况，判断所述各从节点的第一 CAN 通道是否故障；

若在预设的与第一节点对应的第一心跳周期内没有从所述主用网络接收到所述第一节点的 PDO 报文，则获知所述第一节点的第一 CAN 通道故障，并切换到备用网络监听所述第一节点通过第二 CAN 通道发送的 PDO 报文，其中，所述第一节点为任意一个与所述活动主节点相关的从节点；

30 若在预设的与第一节点对应的第一心跳周期内在所述备用网络接收到所述第一节点通过第二 CAN 通道发送的 PDO 报文，则在所述备用网络上接收所述第一节点发送的数据，同时，在所述主用网络上接收其他正常发送 PDO 报文的从节点发送的数据。

13、如权利要求 12 所述的方法，其特征在于，在所述若在预设的与第一节点对应的第一心跳周期内没有在该主用网络接收到所述第一节点的 PDO 报文之后，还包括：

从所述主用网络向所述第一节点发送复位指令；

5 在所述主用网络上继续监听所述第一节点发送的 PDO 报文，检测在预设的与第一节点对应的第二心跳周期内是否在该主用网络接收到所述第一节点的 PDO 报文；

所述获知所述第一节点的第一 CAN 通道故障，包括：

若在预设的与第一节点对应的第二心跳周期内没有在该主用网络接收到所述第一节点的 PDO 报文，则获知所述第一节点的第一 CAN 通道故障。

10 14、如权利要求 12 或 13 所述的方法，其特征在于，在所述接收到所述第一节点通过第二 CAN 通道发送的 PDO 报文之后，还包括：

向运行监控节点发送所述第一节点的第一 CAN 通道的当前故障消息，并显示给操作员，提示当前故障检修；

15 在所述主用网络上继续监听所述第一节点通过第一 CAN 通道发送的 PDO 报文，若在预设的与第一节点对应的第一心跳周期内接收到所述第一节点的 PDO 报文，则获知所述第一节点的第一 CAN 通道恢复通信，则切换到所述主用网络上接收所述第一节点发送的数据。

15、如权利要求 14 所述的方法，其特征在于，在所述切换到所述主用网络上接收所述第一节点发送的数据之后，还包括：

20 向所述运行监控节点发送所述第一节点的第一 CAN 通道的历史故障消息并显示给操作员，提示故障隐患检修。

16、如权利要求 12-15 任一所述的方法，其特征在于，在所述切换到备用网络监听所述第一节点通过第二 CAN 通道发送的 PDO 报文之后，还包括：

25 若在预设的与第一节点对应的第一心跳周期内没有在该备用网络接收到所述第一节点的 PDO 报文，则从所述备用网络向所述第一节点发送复位指令，并在所述备用网络继续监听所述第一节点发送的 PDO 报文；

若在预设的与第一节点对应的第二心跳周期内在所述备用网络上接收到所述第一节点发送的 PDO 报文，则在所述备用网络上接收所述第一节点发送的数据，同时，在所述主用网络上接收其他正常发送 PDO 报文的从节点发送的数据。

17、如权利要求 16 所述的方法，其特征在于，还包括：

30 若在预设的与第一节点对应的第二心跳周期内在所述备用网络上没有接收到所述第一节点发送的 PDO 报文，则向运行监控节点发送所述第一节点的第一 CAN 通道和第二 CAN 通道的当前故障消息，并显示给操作员，提示当前故障检修。

18、如权利要求 17 所述的方法，其特征在于，还包括：

在所述主用网络和所述备用网络上继续监听所述第一节点发送的 PDO 报文，若在预设的与第一节点对应的第一心跳周期内从所述主用网络接收到所述第一节点的 PDO 报文，则获知所述第一节点的第一 CAN 通道恢复通信，则切换到所述主用网络上接收所述第一节点发送的数据，并向所述运行监控节点发送所述第一节点的第二 CAN 通道的当前故障消息，并显示给操作员，提示当前故障检修；

在所述备用网络上继续监听所述第一节点发送的 PDO 报文，若在预设的与第一节点对应的第一心跳周期内从所述备用网络接收到所述第一节点的 PDO 报文，则向所述运行监控节点发送所述第一节点的第一 CAN 通道和第二 CAN 通道的历史故障消息并显示给操作员，提示故障隐患检修。

19、如权利要求 17 或 18 所述的方法，其特征在于，还包括：

在所述主用网络和所述备用网络上继续监听所述第一节点发送的 PDO 报文，若在预设的与第一节点对应的第一心跳周期内从所述备用网络接收到所述第一节点的 PDO 报文，则获知所述第一节点的第二 CAN 通道恢复通信，则从所述备用网络上接收所述第一节点发送的数据，并向所述运行监控节点发送所述第一节点的第一 CAN 通道的当前故障消息，并显示给操作员，提示当前故障检修；

在所述主用网络上继续监听所述第一节点通过第一 CAN 通道发送的 PDO 报文，若在预设的与第一节点对应的第一心跳周期内从所述主用网络接收到所述第一节点的 PDO 报文，则切换到所述主用网络上接收所述第一节点发送的数据，并向所述运行监控节点发送所述第一节点的第一 CAN 通道和第二 CAN 通道的历史故障消息并显示给操作员，提示故障隐患检修。

20、一种列车网络节点，其特征在于，包括：

获取模块，用于根据预先配置的网络节点列表获取与所述网络节点相关的各节点对应的掉线计时器设置的掉线时长，以及心跳计时器设置的心跳报文发送周期；

比对模块，用于将所述各节点对应的掉线计时器设置的掉线时长以及心跳计时器设置的心跳报文发送周期进行比对；

确定模块，用于根据比对结果确定所述各节点的掉线监测方式。

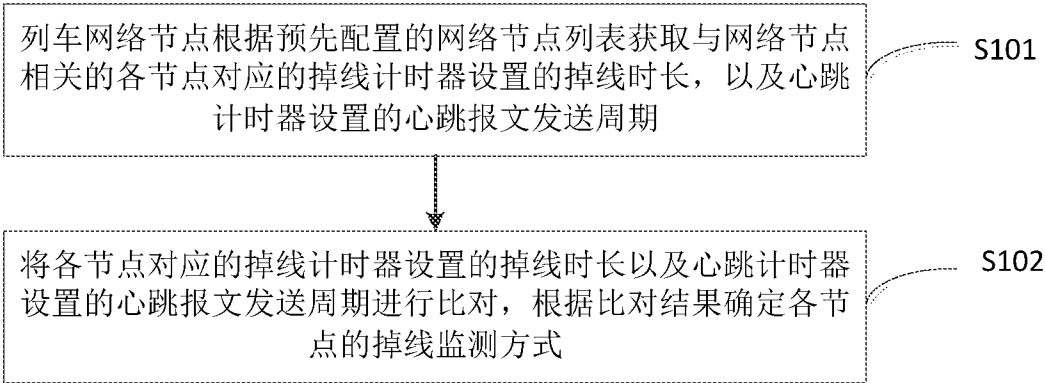


图 1

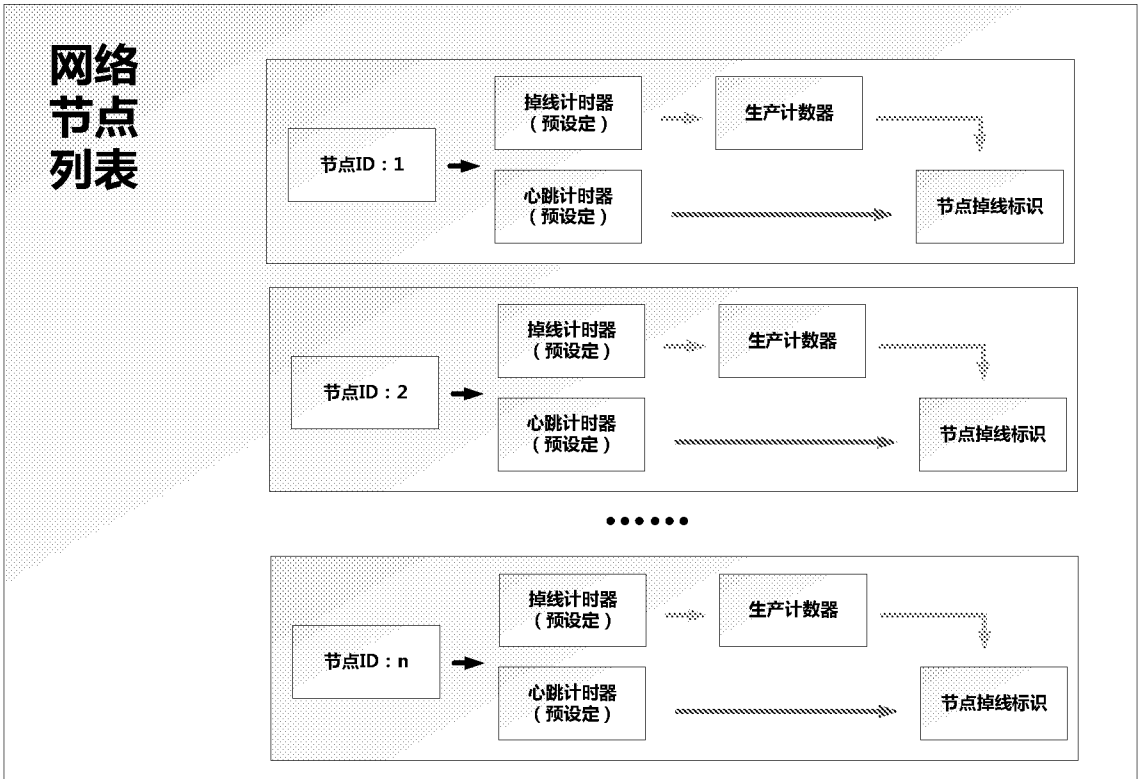


图 2

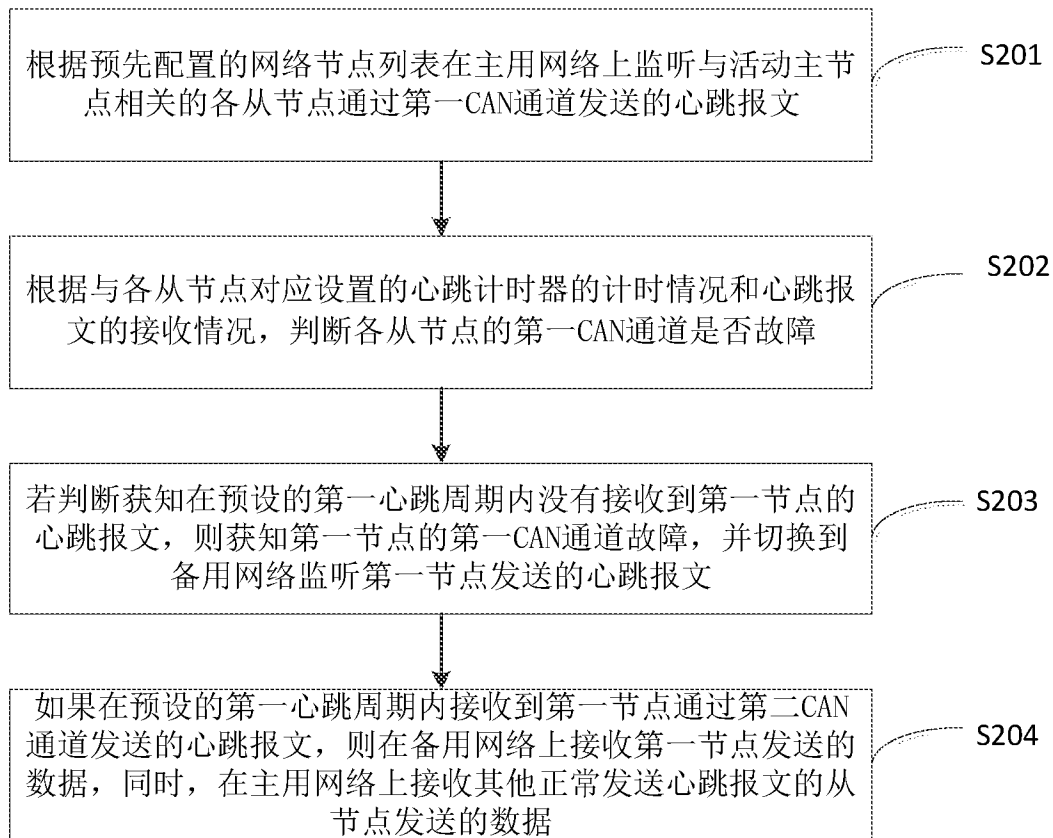


图 3

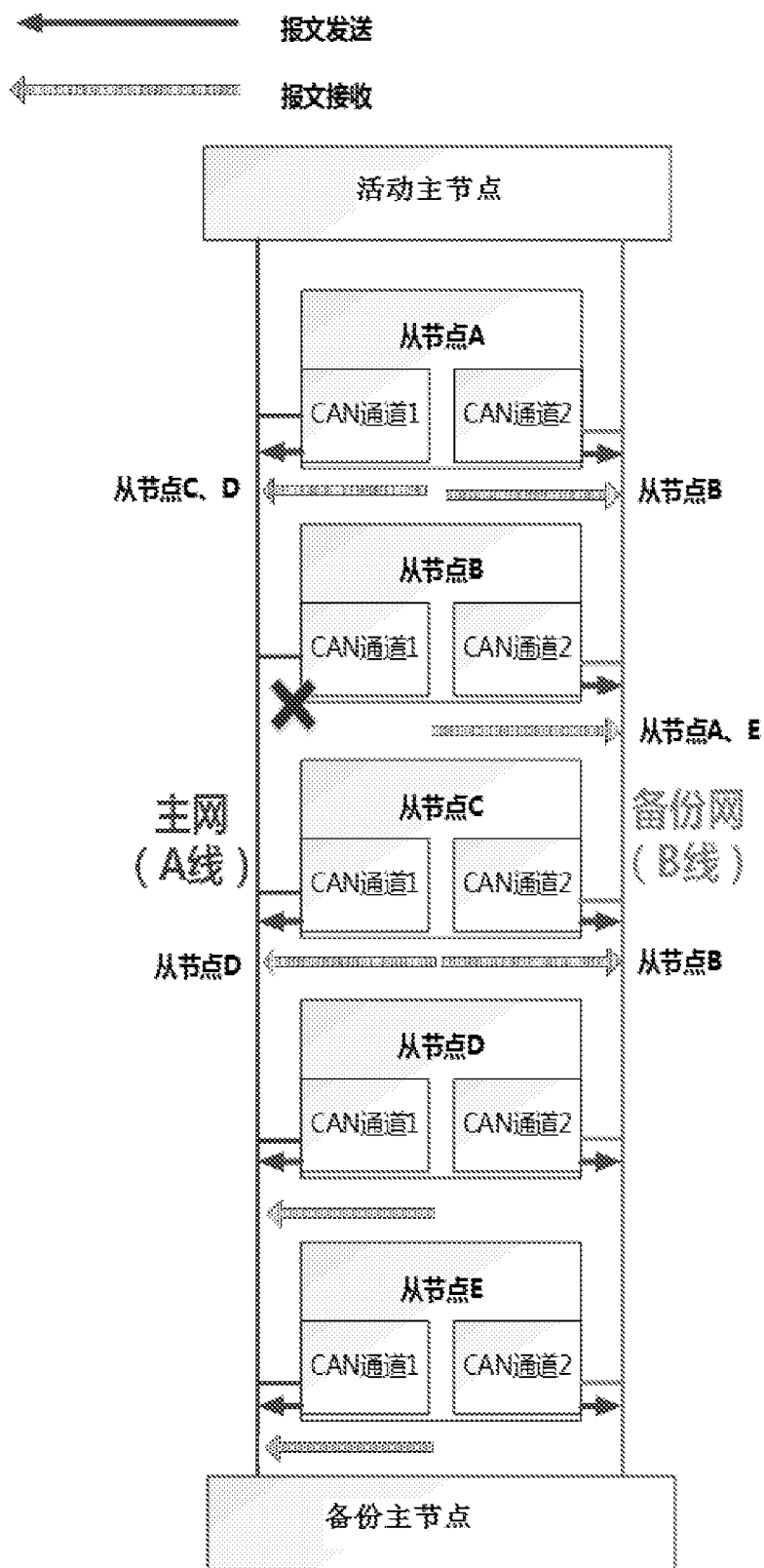


图 4

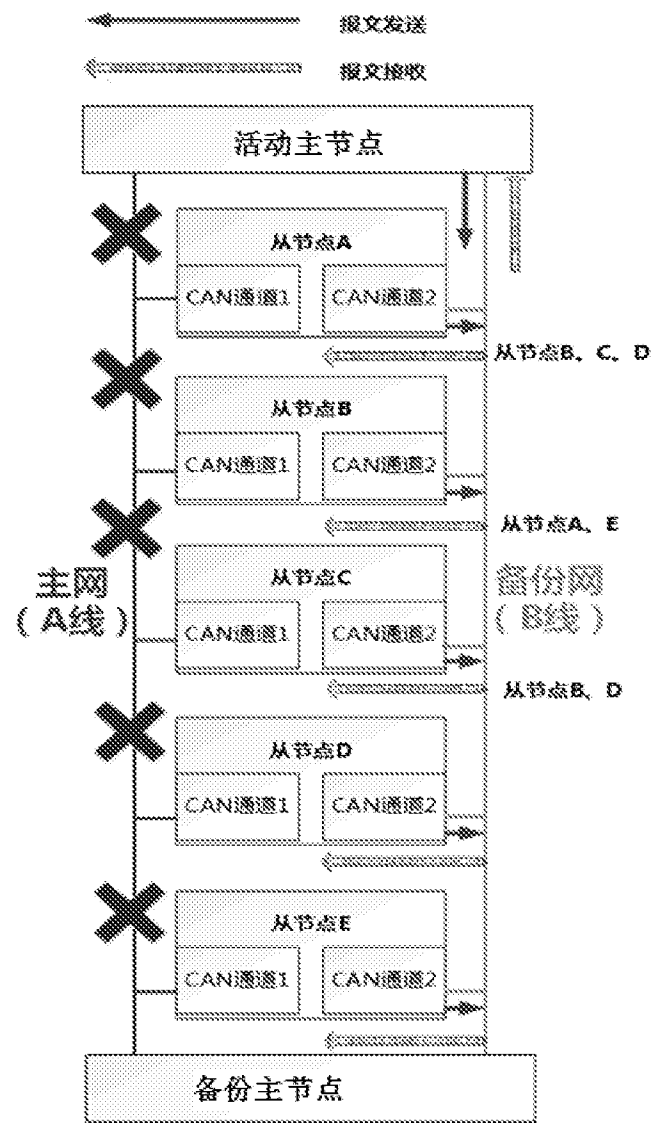


图 5

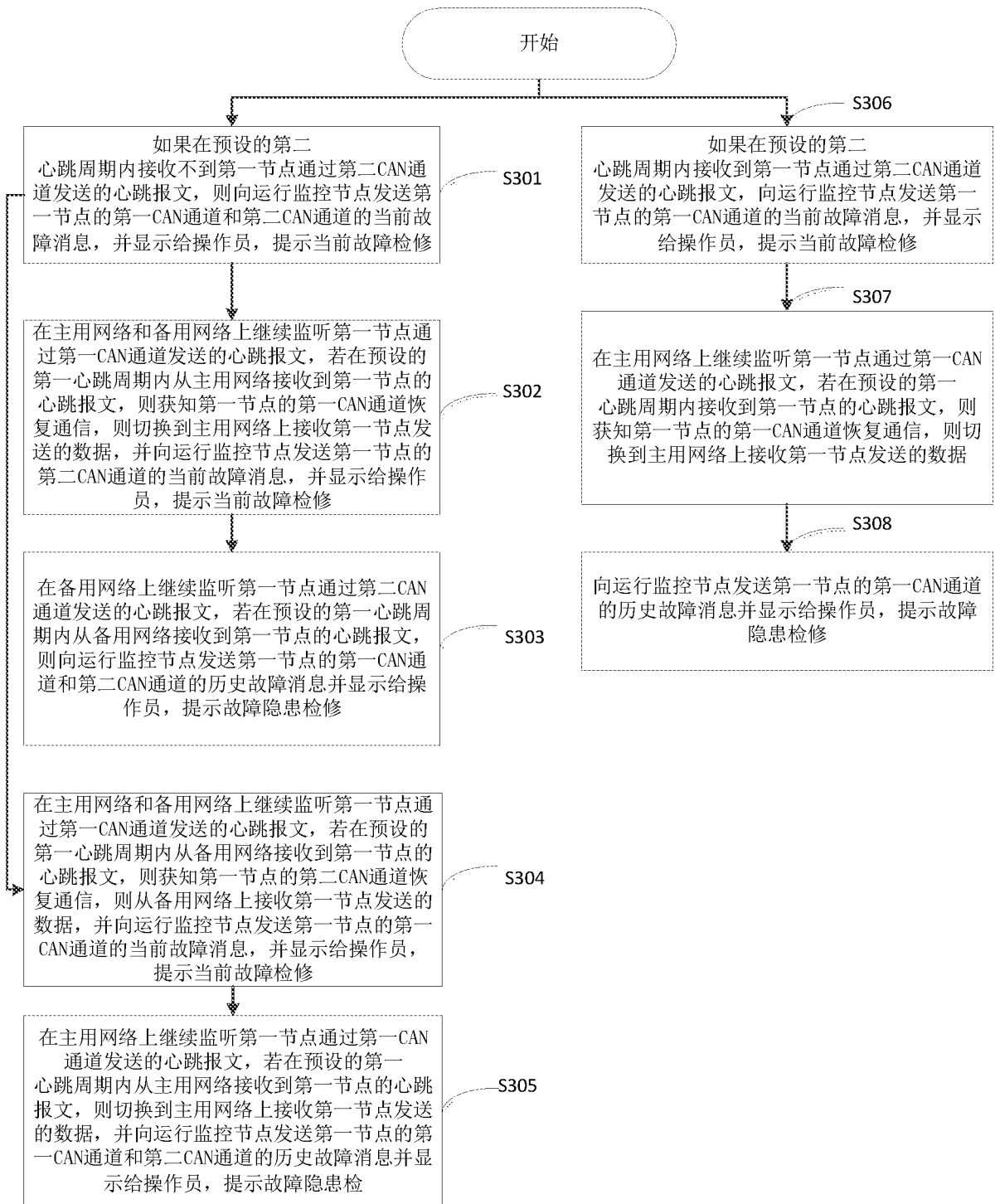


图 6

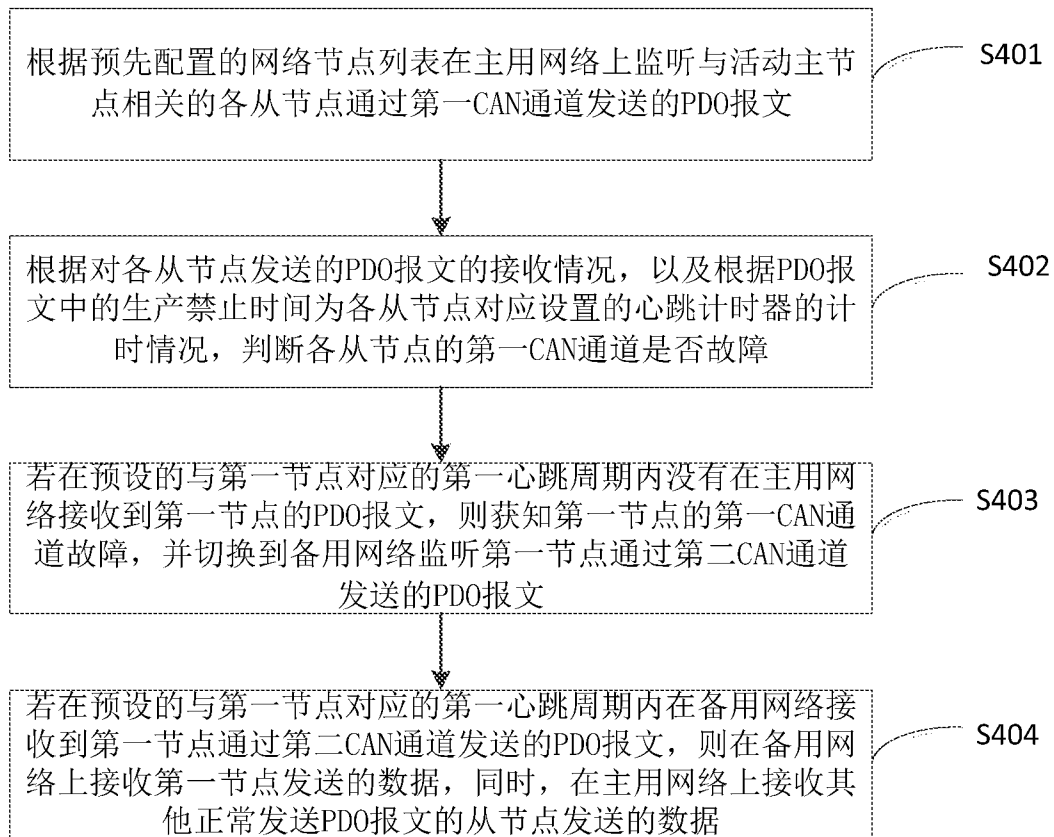


图 7

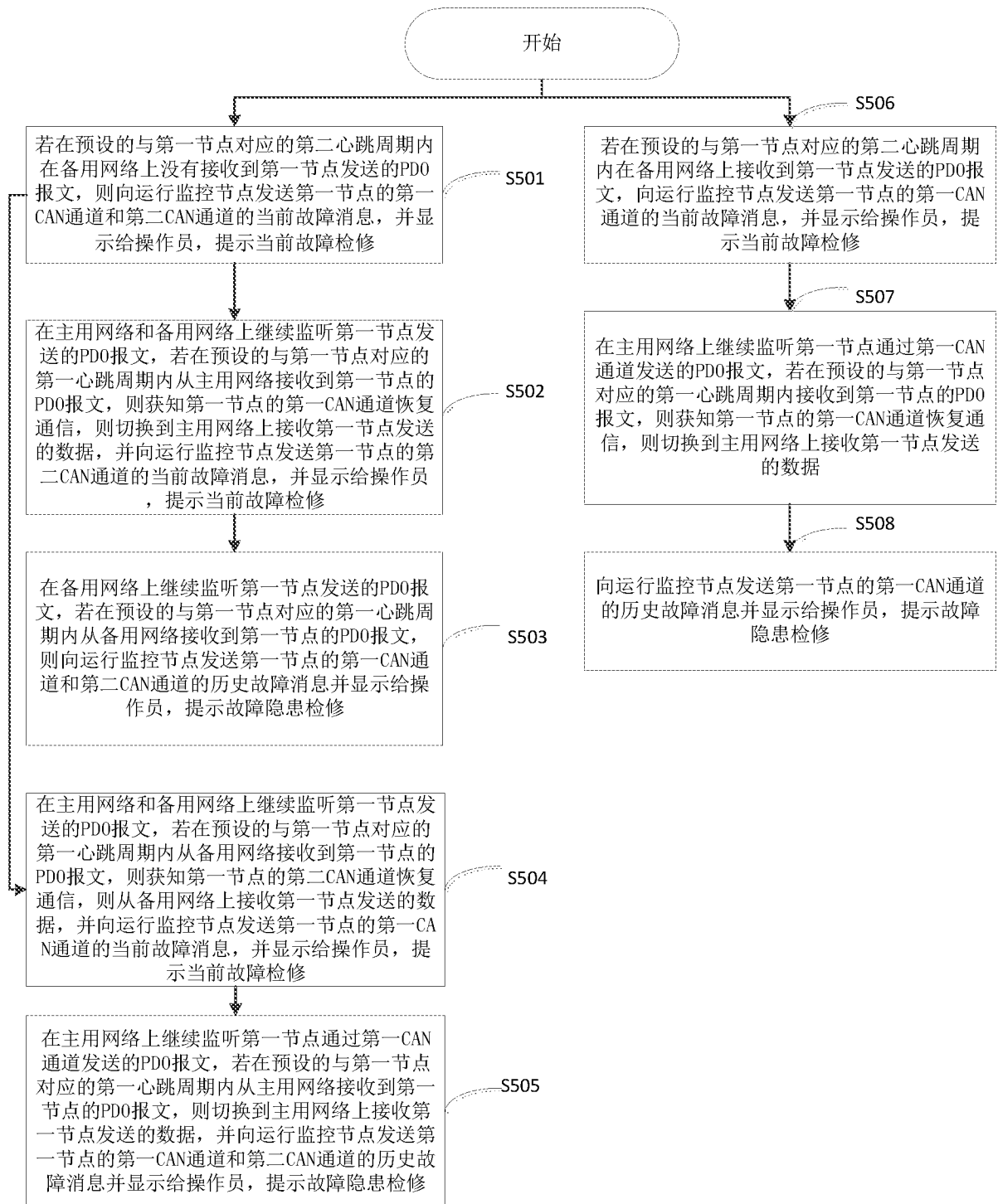


图 8

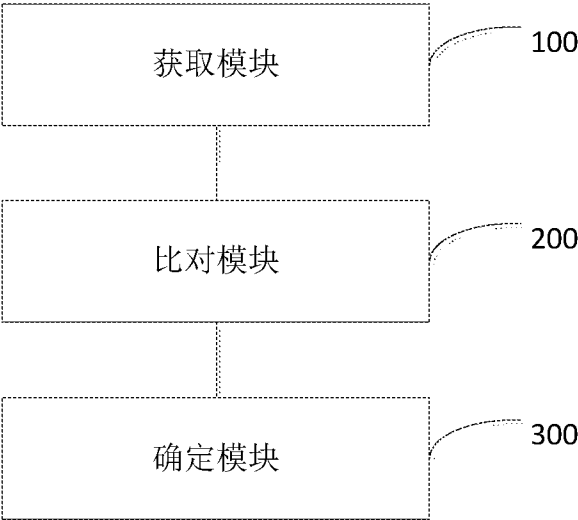


图 9

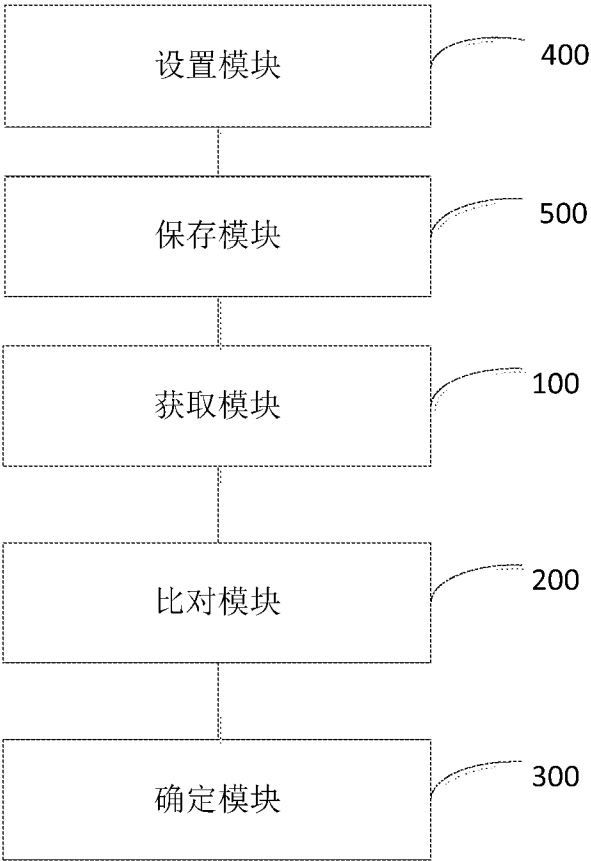


图 10

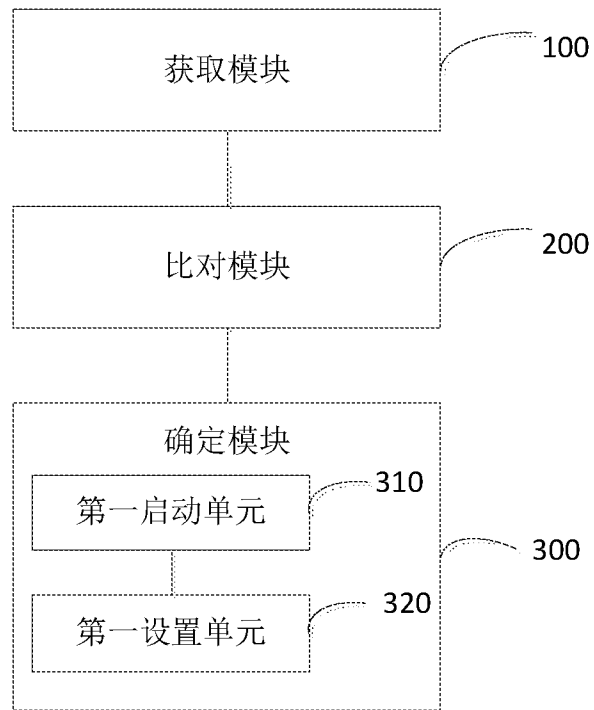


图 11

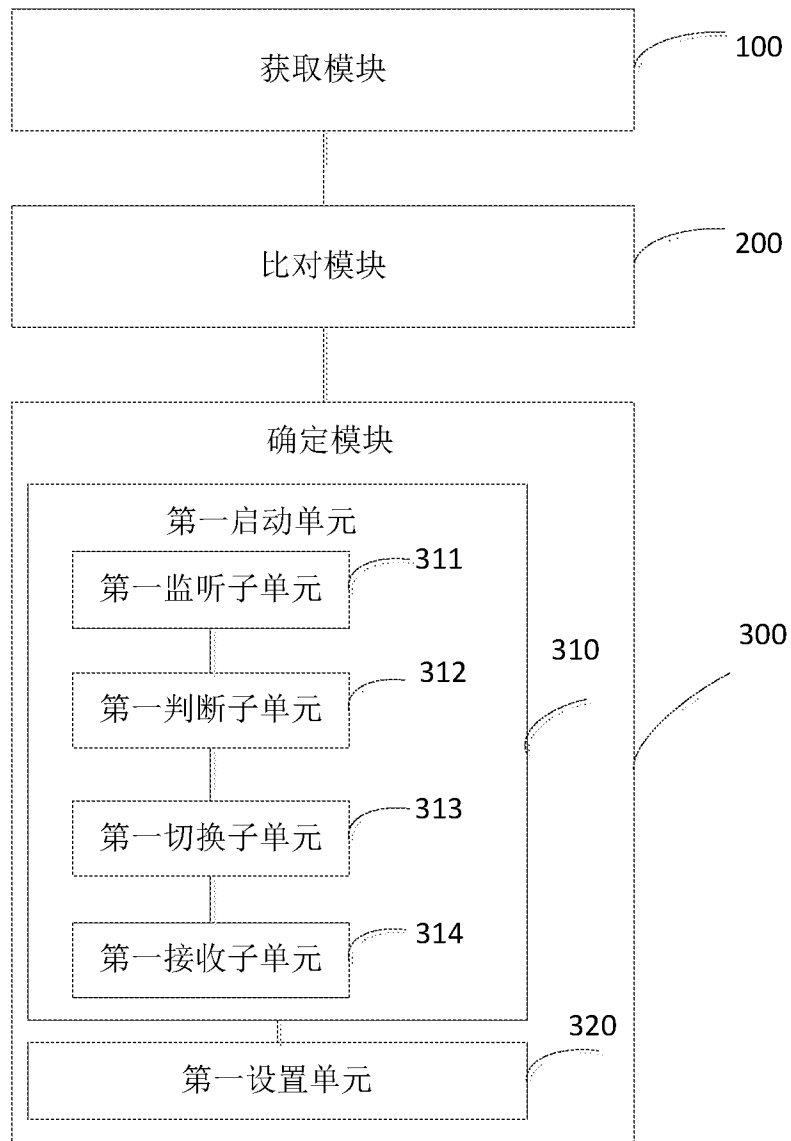


图 12

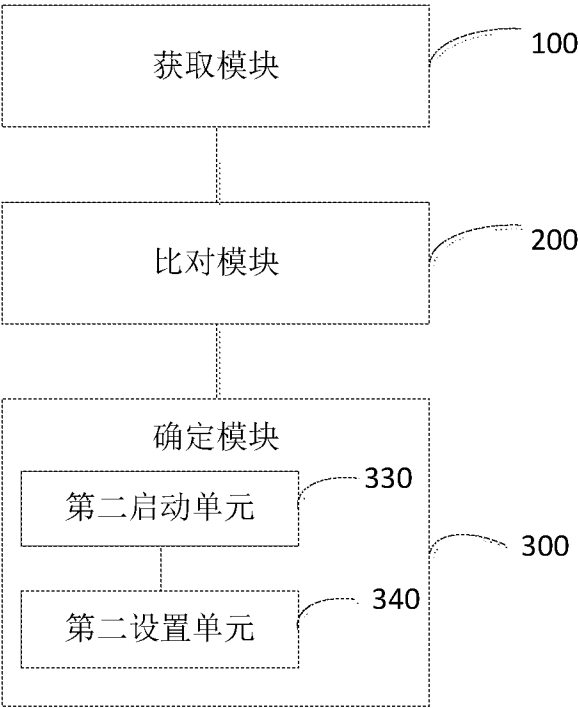


图 13

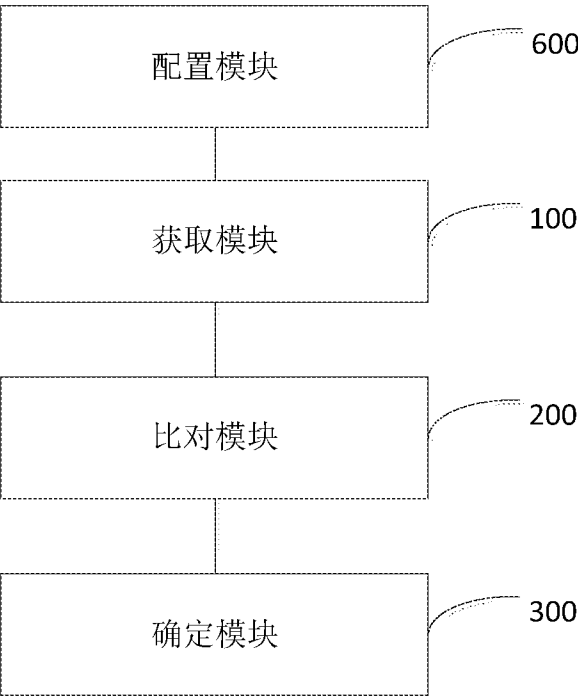


图 14

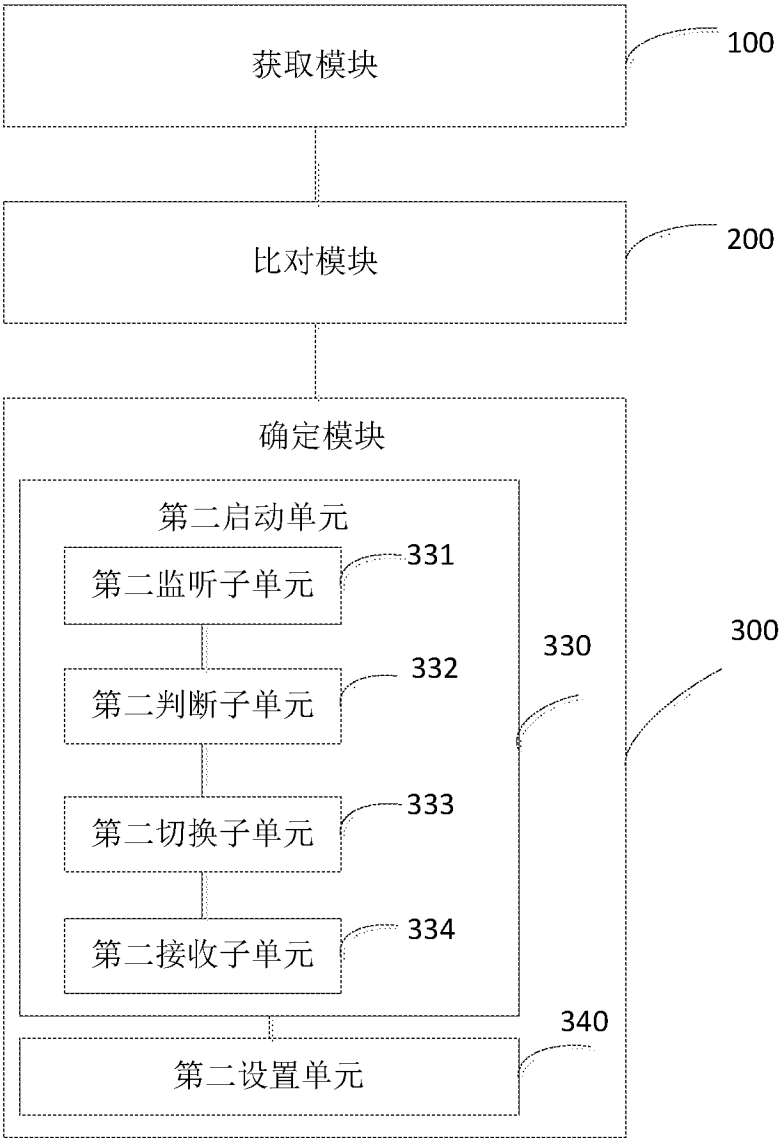


图 15

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2018/092047

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**

H04L 12/40(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H04L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNABS; CNTXT; CNKI; VEN; USTXT; EPTXT; WOTXT; IEEE: 磨俊生, 心跳, 间隔, 周期, 离线, 断线, 掉线, 超时, 探测, 判断, 检测, 监测, 确定, 过程数据对象, 比较, 比对, CANopen, CAN open, PDO, heartbeat, period, interval, offline, disconnect, time out, detect, monitor, judge, compare

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                                          | Relevant to claim No. |
|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| X         | CN 102088372 A (DATANG MOBILE COMMUNICATIONS EQUIPMENT CO., LTD. ET AL.) 08 June 2011 (2011-06-08)<br>description, paragraphs [0007]-[0041] | 1, 2, 20              |
| A         | CN 101854300 A (BEIJING UNIVERSITY OF TECHNOLOGY) 06 October 2010 (2010-10-06)<br>entire document                                           | 1-20                  |
| A         | US 2006253859 A1 (MICROSOFT CORP.) 09 November 2006 (2006-11-09)<br>entire document                                                         | 1-20                  |

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.☒ See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&amp;” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

20 August 2018

Date of mailing of the international search report

28 August 2018

Name and mailing address of the ISA/CN

State Intellectual Property Office of the P. R. China  
No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing  
100088  
China

Facsimile No. (86-10)62019451

Authorized officer

Telephone No.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
**Information on patent family members**

International application No.

**PCT/CN2018/092047**

| Patent document<br>cited in search report |            |    | Publication date<br>(day/month/year) | Patent family member(s) |           |    | Publication date<br>(day/month/year) |
|-------------------------------------------|------------|----|--------------------------------------|-------------------------|-----------|----|--------------------------------------|
| CN                                        | 102088372  | A  | 08 June 2011                         | CN                      | 102088372 | B  | 02 April 2014                        |
| CN                                        | 101854300  | A  | 06 October 2010                      | CN                      | 101854300 | B  | 16 May 2012                          |
| US                                        | 2006253859 | A1 | 09 November 2006                     | US                      | 7603484   | B2 | 13 October 2009                      |

## 国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2018/092047

| <b>A. 主题的分类</b><br>H04L 12/40 (2006.01) i<br><br>按照国际专利分类 (IPC) 或者同时按照国家分类和 IPC 两种分类                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                    |                                               |      |                   |         |   |                                                                                    |        |   |                                                             |      |   |                                                                       |      |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|------|-------------------|---------|---|------------------------------------------------------------------------------------|--------|---|-------------------------------------------------------------|------|---|-----------------------------------------------------------------------|------|
| <b>B. 检索领域</b><br>检索的最低限度文献 (标明分类系统和分类号)<br>H04L<br><br>包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献<br><br>在国际检索时查阅的电子数据库 (数据库的名称, 和使用的检索词 (如使用))<br>CNABS; CNTXT; CNKI; VEN; USTXT; EPTXT; WOTXT; IEEE: 磨俊生, 心跳, 间隔, 周期, 离线, 断线, 掉线, 超时, 探测, 判断, 检测, 监测, 确定, 过程数据对象, 比较, 比对, CANopen, CAN open, PDO, heartbeat, period, interval, offline, disconnect, time out, detect, monitor, judge, compare                                                                                                                                      |                                                                                    |                                               |      |                   |         |   |                                                                                    |        |   |                                                             |      |   |                                                                       |      |
| <b>C. 相关文件</b> <table border="1"> <thead> <tr> <th>类 型*</th> <th>引用文件, 必要时, 指明相关段落</th> <th>相关的权利要求</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X</td> <td>CN 102088372 A (大唐移动通信设备有限公司 等) 2011年 6月 8日 (2011 - 06 - 08)<br/>说明书第[0007]-[0041]段</td> <td>1、2、20</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 101854300 A (北京工业大学) 2010年 10月 6日 (2010 - 10 - 06)<br/>全文</td> <td>1-20</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>US 2006253859 A1 (MICROSOFT CORP) 2006年 11月 9日 (2006 - 11 - 09)<br/>全文</td> <td>1-20</td> </tr> </tbody> </table> |                                                                                    |                                               | 类 型* | 引用文件, 必要时, 指明相关段落 | 相关的权利要求 | X | CN 102088372 A (大唐移动通信设备有限公司 等) 2011年 6月 8日 (2011 - 06 - 08)<br>说明书第[0007]-[0041]段 | 1、2、20 | A | CN 101854300 A (北京工业大学) 2010年 10月 6日 (2010 - 10 - 06)<br>全文 | 1-20 | A | US 2006253859 A1 (MICROSOFT CORP) 2006年 11月 9日 (2006 - 11 - 09)<br>全文 | 1-20 |
| 类 型*                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 引用文件, 必要时, 指明相关段落                                                                  | 相关的权利要求                                       |      |                   |         |   |                                                                                    |        |   |                                                             |      |   |                                                                       |      |
| X                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | CN 102088372 A (大唐移动通信设备有限公司 等) 2011年 6月 8日 (2011 - 06 - 08)<br>说明书第[0007]-[0041]段 | 1、2、20                                        |      |                   |         |   |                                                                                    |        |   |                                                             |      |   |                                                                       |      |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | CN 101854300 A (北京工业大学) 2010年 10月 6日 (2010 - 10 - 06)<br>全文                        | 1-20                                          |      |                   |         |   |                                                                                    |        |   |                                                             |      |   |                                                                       |      |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | US 2006253859 A1 (MICROSOFT CORP) 2006年 11月 9日 (2006 - 11 - 09)<br>全文              | 1-20                                          |      |                   |         |   |                                                                                    |        |   |                                                             |      |   |                                                                       |      |
| <input type="checkbox"/> 其余文件在C栏的续页中列出。 <input checked="" type="checkbox"/> 见同族专利附件。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                    |                                               |      |                   |         |   |                                                                                    |        |   |                                                             |      |   |                                                                       |      |
| * 引用文件的具体类型:<br>“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件<br>“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利<br>“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件 (如具体说明的)<br>“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件<br>“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件<br>“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件<br>“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性<br>“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性<br>“&” 同族专利的文件                                                                                                                  |                                                                                    |                                               |      |                   |         |   |                                                                                    |        |   |                                                             |      |   |                                                                       |      |
| 国际检索实际完成的日期<br><br>2018年 8月 20日                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                    | 国际检索报告邮寄日期<br><br>2018年 8月 28日                |      |                   |         |   |                                                                                    |        |   |                                                             |      |   |                                                                       |      |
| ISA/CN的名称和邮寄地址<br>中华人民共和国国家知识产权局 (ISA/CN)<br>中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088<br>传真号 (86-10) 62019451                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                    | 授权官员<br><br>徐方南<br><br>电话号码 86-(512)-88996070 |      |                   |         |   |                                                                                    |        |   |                                                             |      |   |                                                                       |      |

国际检索报告  
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2018/092047

| 检索报告引用的专利文件 |            |    | 公布日<br>(年/月/日) | 同族专利 |           |    | 公布日<br>(年/月/日) |
|-------------|------------|----|----------------|------|-----------|----|----------------|
| CN          | 102088372  | A  | 2011年 6月 8日    | CN   | 102088372 | B  | 2014年 4月 2日    |
| CN          | 101854300  | A  | 2010年 10月 6日   | CN   | 101854300 | B  | 2012年 5月 16日   |
| US          | 2006253859 | A1 | 2006年 11月 9日   | US   | 7603484   | B2 | 2009年 10月 13日  |