



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 112373523 B

(45) 授权公告日 2022. 07. 19

(21) 申请号 202011354519.1

审查员 车沈云

(22) 申请日 2020.11.26

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 112373523 A

(43) 申请公布日 2021.02.19

(73) 专利权人 交控科技股份有限公司  
地址 100070 北京市丰台区科技园海鹰路6  
号院北京总部国际2、3号楼

(72) 发明人 吴梦委 包峰

(74) 专利代理机构 北京路浩知识产权代理有限  
公司 11002  
专利代理师 马瑞

(51) Int. Cl.  
B61L 27/50 (2022.01)

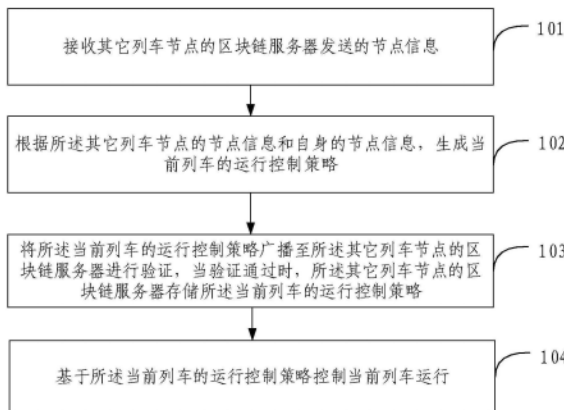
权利要求书3页 说明书10页 附图3页

(54) 发明名称

基于区块链的列车协同自治故障处理方法及装置

(57) 摘要

本发明提供一种基于区块链的列车协同自治故障处理方法、装置及电子设备,该方法接收其它列车节点的区块链服务器发送的节点信息;其中,节点信息包括列车故障信息、列车运行信息和线路信息,区块链由各列车节点基于共识机制组成;根据其它列车节点的节点信息和自身的节点信息,生成当前列车的运行控制策略;将当前列车的运行控制策略广播至其它列车节点的区块链服务器进行验证,当验证通过时,其它列车节点的区块链服务器存储当前列车的运行控制策略;基于当前列车的运行控制策略控制当前列车运行。基于区块链技术的协同自治机制实现去中心化,通过自主规划路线和共识机制实现自主决策,同时区块链保证了通信过程中的信息安全可靠。



1. 一种基于区块链的列车协同自治故障处理方法,其特征在于,包括:

接收其它列车节点的区块链服务器发送的节点信息;其中,所述节点信息包括列车故障信息、列车运行信息和线路信息,所述区块链由各列车节点基于共识机制组成;

根据所述其它列车节点的节点信息和自身的节点信息,生成当前列车的运行控制策略;

将所述当前列车的运行控制策略广播至所述其它列车节点的区块链服务器进行验证,当验证通过时,所述其它列车节点的区块链服务器存储所述当前列车的运行控制策略;

基于所述当前列车的运行控制策略控制当前列车运行;

当所述当前列车的运行控制策略为变道时,所述根据所述其它列车节点的节点信息和自身的节点信息,生成当前列车的运行控制策略,包括:根据所述其它列车节点的节点信息和自身的节点信息,生成当前列车的路径规划结果;

若所述当前列车的路径规划结果为以相向行驶车道作为临时行驶路线,则所述将所述当前列车的运行控制策略广播至所述其它列车节点进行验证,包括:

将所述当前列车的运行控制策略广播至所述其它列车节点进行验证,所述其它列车节点判断所述当前列车是否会与其它列车发生冲突,若是,则验证失败,执行冲突控制策略;若否,则验证通过,基于所述当前列车的运行控制策略控制当前列车运行;

其中,所述节点信息还包括时间戳信息和列车时刻表;

所述冲突控制策略,包括:

若相向行驶列车的客流大于所述当前列车的客流,则所述当前列车减速行驶或在道岔前停车等待,直至所述相向行驶列车通过后,所述当前列车进行变道行驶;

若相向行驶列车的客流小于所述当前列车的客流,则所述当前列车优先变道行驶,所述相向行驶列车减速行驶或在道岔前停车等待;

若相向行驶列车的客流等于所述当前列车的客流,则在所述相向行驶列车先于所述当前列车通过时的总延误时间小于所述相向行驶列车晚于所述当前列车通过时的总延误时间时,所述相向行驶列车加速或匀速行驶,所述当前列车维持当前速度或减速行驶,直至所述相向行驶列车通过道岔后,所述当前列车进行变道行驶;

在相向行驶列车先于所述当前列车通过时的总延误时间大于所述相向行驶列车晚于所述当前列车通过时的总延误时间时,所述相向行驶列车减速行驶或在道岔前停车等待,直至所述当前列车完成两次变道行驶回归正线后,所述相向行驶列车恢复正常行驶。

2. 根据权利要求1所述的基于区块链的列车协同自治故障处理方法,其特征在于,所述列车故障信息为列车节点的区块链服务器在确定所述列车节点的哈希值发生变化的情况下生成。

3. 根据权利要求1或2所述的基于区块链的列车协同自治故障处理方法,其特征在于,所述当前列车的运行控制策略,包括:

减速;

或,急停;

或,变道。

4. 一种基于区块链的列车协同自治故障处理装置,其特征在于,包括:

接收模块,用于接收其它列车节点的区块链服务器发送的节点信息;其中,所述节点信

息包括列车故障信息、列车运行信息和线路信息,所述区块链由各列车节点基于共识机制组成;

生成模块,用于根据所述其它列车节点的节点信息和自身的节点信息,生成当前列车的运行控制策略;

发送模块,用于将所述当前列车的运行控制策略广播至所述其它列车节点的区块链服务器进行验证,当验证通过时,所述其它列车节点的区块链服务器存储所述当前列车的运行控制策略;

控制模块,用于基于所述当前列车的运行控制策略控制当前列车运行;

当所述当前列车的运行控制策略为变道时,所述生成模块用于:根据所述其它列车节点的节点信息和自身的节点信息,生成当前列车的路径规划结果;

若所述当前列车的路径规划结果为以相向行驶车道作为临时行驶路线,则所述将所述当前列车的运行控制策略广播至所述其它列车节点进行验证,包括:

将所述当前列车的运行控制策略广播至所述其它列车节点进行验证,所述其它列车节点判断所述当前列车是否会与其它列车发生冲突,若是,则验证失败,执行冲突控制策略;若否,则验证通过,基于所述当前列车的运行控制策略控制当前列车运行;

其中,所述节点信息还包括时间戳信息和列车时刻表;

所述冲突控制策略,包括:

若相向行驶列车的客流大于所述当前列车的客流,则所述当前列车减速行驶或在道岔前停车等待,直至所述相向行驶列车通过后,所述当前列车进行变道行驶;

若相向行驶列车的客流小于所述当前列车的客流,则所述当前列车优先变道行驶,所述相向行驶列车减速行驶或在道岔前停车等待;

若相向行驶列车的客流等于所述当前列车的客流,则在所述相向行驶列车先于所述当前列车通过时的总延误时间小于所述相向行驶列车晚于所述当前列车通过时的总延误时间时,所述相向行驶列车加速或匀速行驶,所述当前列车维持当前速度或减速行驶,直至所述相向行驶列车通过道岔后,所述当前列车进行变道行驶;

在相向行驶列车先于所述当前列车通过时的总延误时间大于所述相向行驶列车晚于所述当前列车通过时的总延误时间时,所述相向行驶列车减速行驶或在道岔前停车等待,直至所述当前列车完成两次变道行驶回归正线后,所述相向行驶列车恢复正常行驶。

5. 根据权利要求4所述的基于区块链的列车协同自治故障处理装置,其特征在于,所述列车故障信息为列车节点的区块链服务器在确定所述列车节点的哈希值发生变化的情况下生成。

6. 根据权利要求4或5所述的基于区块链的列车协同自治故障处理装置,其特征在于,所述当前列车的运行控制策略,包括:

减速;

或,急停;

或,变道。

7. 一种电子设备,包括存储器、处理器及存储在所述存储器上并可在所述处理器上运行的计算机程序,其特征在于,所述处理器执行所述计算机程序时实现如权利要求1至3任一项所述基于区块链的列车协同自治故障处理方法的步骤。

8. 一种非暂态计算机可读存储介质,其上存储有计算机程序,其特征在于,所述计算机程序被处理器执行时实现如权利要求1至3任一项所述基于区块链的列车协同自治故障处理方法的步骤。

## 基于区块链的列车协同自治故障处理方法及装置

### 技术领域

[0001] 本发明涉及列车控制技术领域,尤其涉及一种基于区块链的列车协同自治故障处理方法、装置及电子设备。

### 背景技术

[0002] 随着城市轨道交通需求不断提高,对交通运输的快速性、灵活性、准时性提出更严苛的要求,特别针对某些超大、特大等一线城市典型的客流潮汐现象,在交通资源有限的前提下,根据实际运营情况,实现客流高低峰列车的协同调度、灵活动态编组策略是有效且必然的手段。同时针对列车多种故障采取及时有效的应急处理,最大程度降低乘客晚点时间。

[0003] 传统列车协同控制方法主要依靠控制中心,所有列车的运行信息通过车地通信集中在控制中心,中心根据运行信息,结合线路、客流信息统一进行列车的协同调度,此方法一定程度上解决了列车的协同问题,提高运行效率;但对控制中心依赖度极高,当系统规模较大时,中心控制方法面临诸多挑战,如容错能力不足,少数个体故障可能导致系统功能失效;计算开销急剧增大,难以对突发状况做出及时响应。

### 发明内容

[0004] 针对现有技术存在的上述技术问题,本发明提供一种基于区块链的列车协同自治故障处理方法、装置及电子设备。

[0005] 第一方面,本发明提供一种基于区块链的列车协同自治故障处理方法,包括:

[0006] 接收其它列车节点的区块链服务器发送的节点信息;其中,所述节点信息包括列车故障信息、列车运行信息和线路信息,所述区块链由各列车节点基于共识机制组成;

[0007] 根据所述其它列车节点的节点信息和自身的节点信息,生成当前列车的运行控制策略;

[0008] 将所述当前列车的运行控制策略广播至所述其它列车节点的区块链服务器进行验证,当验证通过时,所述其它列车节点的区块链服务器存储所述当前列车的运行控制策略;

[0009] 基于所述当前列车的运行控制策略控制当前列车运行。

[0010] 可选地,所述列车故障信息为列车节点的区块链服务器在确定所述列车节点的哈希值发生变化的情况下生成。

[0011] 可选地,所述当前列车的运行控制策略,包括:

[0012] 减速;

[0013] 或,急停;

[0014] 或,变道。

[0015] 可选地,当所述当前列车的运行控制策略为变道时,所述根据所述其它列车节点的节点信息和自身的节点信息,生成当前列车的运行控制策略,包括:根据所述其它列车节点的节点信息和自身的节点信息,生成当前列车的路径规划结果;

[0016] 若所述当前列车的路径规划结果为以相向行驶车道作为临时行驶路线,则所述将所述当前列车的运行控制策略广播至所述其它列车节点进行验证,包括:

[0017] 将所述当前列车的运行控制策略广播至所述其它列车节点进行验证,所述其它列车节点判断所述当前列车是否会与所述其它列车发生冲突,若是,则验证失败,执行冲突控制策略;若否,则验证通过,基于所述当前列车的运行控制策略控制当前列车运行;

[0018] 其中,所述节点信息还包括时间戳信息和列车时刻表。

[0019] 可选地,所述冲突控制策略,包括:

[0020] 若相向行驶列车的客流大于所述当前列车的客流,则所述当前列车减速行驶或在道岔前停车等待,直至所述相向行驶列车通过后,所述当前列车进行变道行驶;

[0021] 若相向行驶列车的客流小于所述当前列车的客流,则所述当前列车优先变道行驶,所述相向行驶列车减速行驶或在道岔前停车等待;

[0022] 若相向行驶列车的客流等于所述当前列车的客流,则在所述相向行驶列车先于所述当前列车通过时的总延误时间小于所述相向行驶列车晚于所述当前列车通过时的总延误时间时,所述相向行驶列车加速或匀速行驶,所述当前列车维持当前速度或减速行驶,直至所述相向行驶列车通过道岔后,所述当前列车进行变道行驶;

[0023] 在相向行驶列车先于所述当前列车通过时的总延误时间大于所述相向行驶列车晚于所述当前列车通过时的总延误时间时,所述相向行驶列车减速行驶或在道岔前停车等待,直至所述当前列车完成两次变道行驶回归正线后,所述相向行驶列车恢复正常行驶。

[0024] 第二方面,本发明提供一种基于区块链的列车协同自治故障处理装置,包括:

[0025] 接收模块,用于接收其它列车节点的区块链服务器发送的节点信息;其中,所述节点信息包括列车故障信息、列车运行信息和线路信息,所述区块链由各列车节点基于共识机制组成;

[0026] 生成模块,用于根据所述其它列车节点的节点信息和自身的节点信息,生成当前列车的运行控制策略;

[0027] 发送模块,用于将所述当前列车的运行控制策略广播至所述其它列车节点的区块链服务器进行验证,当验证通过时,所述其它列车节点的区块链服务器存储所述当前列车的运行控制策略;

[0028] 控制模块,用于基于所述当前列车的运行控制策略控制当前列车运行。

[0029] 可选地,所述列车故障信息为列车节点的区块链服务器在确定所述列车节点的哈希值发生变化的情况下生成。

[0030] 可选地,所述当前列车的运行控制策略,包括:

[0031] 减速;

[0032] 或,急停;

[0033] 或,变道。

[0034] 可选地,当所述当前列车的运行控制策略为变道时,所述根据所述其它列车节点的节点信息和自身的节点信息,生成当前列车的运行控制策略,包括:根据所述其它列车节点的节点信息和自身的节点信息,生成当前列车的路径规划结果;

[0035] 若所述当前列车的路径规划结果为以相向行驶车道作为临时行驶路线,则所述将所述当前列车的运行控制策略广播至所述其它列车节点进行验证,包括:

[0036] 将所述当前列车的运行控制策略广播至所述其它列车节点进行验证,所述其它列车节点判断所述当前列车是否会与所述其它列车发生冲突,若是,则验证失败,执行冲突控制策略;若否,则验证通过,基于所述当前列车的运行控制策略控制当前列车运行;

[0037] 其中,所述节点信息还包括时间戳信息和列车时刻表。

[0038] 可选地,所述冲突控制策略,包括:

[0039] 若相向行驶列车的客流大于所述当前列车的客流,则所述当前列车减速行驶或在道岔前停车等待,直至所述相向行驶列车通过后,所述当前列车进行变道行驶;

[0040] 若相向行驶列车的客流小于所述当前列车的客流,则所述当前列车优先变道行驶,所述相向行驶列车减速行驶或在道岔前停车等待;

[0041] 若相向行驶列车的客流等于所述当前列车的客流,则在所述相向行驶列车先于所述当前列车通过时的总延误时间小于所述相向行驶列车晚于所述当前列车通过时的总延误时间时,所述相向行驶列车加速或匀速行驶,所述当前列车维持当前速度或减速行驶,直至所述相向行驶列车通过道岔后,所述当前列车进行变道行驶;

[0042] 在相向行驶列车先于所述当前列车通过时的总延误时间大于所述相向行驶列车晚于所述当前列车通过时的总延误时间时,所述相向行驶列车减速行驶或在道岔前停车等待,直至所述当前列车完成两次变道行驶回归正线后,所述相向行驶列车恢复正常行驶。

[0043] 第三方面,本发明提供一种电子设备,包括存储器、处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,所述处理器执行所述程序时实现如第一方面所提供的方法的步骤。

[0044] 第四方面,本发明提供一种非暂态计算机可读存储介质,其上存储有计算机程序,该计算机程序被处理器执行时实现如第一方面所提供的方法的步骤。

[0045] 本发明提供的基于区块链的列车协同自治故障处理方法、装置及电子设备,该方法接收其它列车节点的区块链服务器发送的节点信息;其中,所述节点信息包括列车故障信息、列车运行信息和线路信息,所述区块链由各列车节点基于共识机制组成;根据所述其它列车节点的节点信息和自身的节点信息,生成当前列车的运行控制策略;将所述当前列车的运行控制策略广播至所述其它列车节点的区块链服务器进行验证,当验证通过时,所述其它列车节点的区块链服务器存储所述当前列车的运行控制策略;基于所述当前列车的运行控制策略控制当前列车运行。采用基于区块链技术的协同自治机制实现去中心化,使得列车具有高度自主特性,利用车车通信实现高度协同自治,提高调度的灵活性和准确性,通过自主规划路线和共识机制实现自主决策,同时区块链保证了通信过程中的信息安全可靠,从而建立完善、灵活和可靠的协同自治体系。

## 附图说明

[0046] 为了更清楚地说明本发明或现有技术中的技术方案,下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作一简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图是本发明的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0047] 图1是本发明提供的基于区块链的列车协同自治故障处理方法的流程示意图;

[0048] 图2是本发明提供的区块链服务器与现有车载设备之间的关系示意图;

- [0049] 图3是本发明提供的区块链数据结构示意图；
- [0050] 图4是本发明提供的区块链中的区块结构示意图；
- [0051] 图5是本发明提供的基于区块链的列车协同自治故障处理装置的结构示意图；
- [0052] 图6是本发明提供的电子设备的结构示意图。

### 具体实施方式

[0053] 为使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚，下面将结合本发明中的附图，对本发明中的技术方案进行清楚、完整地描述，显然，所描述的实施例是本发明一部分实施例，而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例，本领域普通技术人员在没有作出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例，都属于本发明保护的范围。

[0054] 传统列车协同控制方法主要依靠控制中心，具有受限于控制中心的处理能力、协同调度灵活性较差、列车故障应急处理方式效率低等缺陷。

[0055] 对此，本发明提供了一种基于区块链的列车协同自治故障处理方法。图1为本发明提供的基于区块链的列车协同自治故障处理方法的流程示意图，如图1所述，该方法包括：

[0056] S101：接收其它列车节点的区块链服务器发送的节点信息；其中，所述节点信息包括列车故障信息、列车运行信息和线路信息，所述区块链由各列车节点基于共识机制组成。

[0057] 具体地，本发明提供的基于区块链的列车协同自治故障处理方法在现有车载系统基础上实现，在现有系统车载系统的基础上增加一套区块链服务器设备，区块链服务器与现有车载设备之间的关系如图2所示；通过无线通信网络建立P2P(peer-to-peer,个人对个人)组网实现各个列车的感知信息、车地通信信息、车车通信信息的统一存储，且基于分布式系统结构，每列车上的区块信息完全相同，有助于实现列车间信息共享与自主决策。

[0058] 所述区块链由各列车节点基于共识机制组成，每一个列车为一个节点，由当前列车节点的区块链服务器接收其它列车节点的节点信息。所述节点信息包括列车故障信息、列车运行信息和线路信息，进一步地，所述列车运行信息包括列车当前运行路线信息、速度信息和位置信息。

[0059] 可选地，所述节点信息还可以包括感知信息和O-D(Origin,出发地点；Destination,出行目的地)对信息等，进一步地，所述感知信息包括行人信息、障碍物信息等。

[0060] 区块链技术共分为五层，自下而上分为感知层、数据层、网络层、共识层和应用层，如图3所示：

[0061] 感知层主要依靠列车上装备的摄像头、雷达等多传感器进行环境信息感知，具体包括：探测范围内的列车运行信息、行人信息、障碍物信息等；感知信息上传到区块链的数据层，形成区块链信息的一部分。

[0062] 数据层主要是采用链式结构将获取的各类信息存储在数据区块中，主要包括数据区块、哈希函数、链式结构、Merkle(默克尔)树、时间戳、非对称加密等技术要素；感知层所获得感知信息、车车通信共享的列车运行信息以及本车记录的位置速度信息、速度曲线、当前运行路线等，都存储在数据区块中。

[0063] 网络层首先建立了P2P对等网络，实现各个列车节点间相互无差别的通信与信息共享，在此基础上实现消息广播、身份认证和动态通信拓扑等功能。



[0064] 共识层借助于相关的共识机制,在一个由高度分散的节点参与的去中心化系统中就交易和数据的有效性快速达成共识,确保整个系统所有列车节点记账的一致性和有效性,同时实现新区块的形成与链接。

[0065] 最上层为应用层,应用层的底层为智能合约层,通过封装算法或编程脚本实现区块链的业务逻辑,根据区块信息更新自动执行约定的相关协议,为实现列车协同自治,应用层又分为两层,上层包括加密通信、路径规划、协同决策与控制等,实现具体的链下控制。下层为智能合约,根据数据区块中存储的节点信息进行贝叶斯估计信息融合,并利用卡尔曼滤波或智能算法等算法对列车运行状态、路径进行预测,上层根据预测信息进行列车协同决策与控制,发生行车冲突时进行路径的重新规划。

[0066] S102:根据所述其它列车节点的节点信息和自身的节点信息,生成当前列车的运行控制策略。

[0067] 具体地,当前列车节点的区块链服务器根据所述其它列车节点的节点信息和自身的节点信息,生成当前列车的运行控制策略。

[0068] S103:将所述当前列车的运行控制策略广播至所述其它列车节点的区块链服务器进行验证,当验证通过时,所述其它列车节点的区块链服务器存储所述当前列车的运行控制策略。

[0069] 具体地,每一个列车为一个节点,节点和运行路线具有各自的身份哈希,以及针对任意路线的计算谜题,计算谜题的难度系数针对不同节点可调整;

[0070] 将列车和所选线路的身份哈希作为交易信息生成新的区块,广播给全部列车节点,全部列车节点停止计算并开始验证,如果该答案获得大多数所述节点的验证,则全部所述节点存储该所述区块,同时生成所述区块的所述节点获得所述路线的使用权;如果该答案未获得大多数所述节点的验证,则舍弃该区块并继续求解所述技术谜题;每一所述区块还包括上一所述区块的哈希值,以形成区块链。

[0071] S104:基于所述当前列车的运行控制策略控制当前列车运行。

[0072] 具体地,当前列车节点的车载ATO (Automatic Train Operation,列车自动驾驶系统)基于所述当前列车的运行控制策略控制当前列车运行。

[0073] 传统的虚拟编组需要依靠中心ATS (Automatic Train Supervision,自动列车监控系统)系统发送编组计划,缺乏编组的灵活性、机动性。对此,本发明提供的基于区块链的列车协同自治故障处理方法,基于区块链进行列车虚拟编组,由于本列车存储了其他列车的所有运行信息,列车间实现信息的快速共享,因此可实现虚拟编队的自主决策。将一个编组看作一条子链,编组内所有列车为节点,每个区块包含编组内所有节点数目,如图4所示;当编组外的列车发出入队要求时,首先进行节点的身份认证,然后进行编组加入,形成新的子链区块,完成加入列车的信息共享,列车根据信息确定前车位置,根据距离速度信息进行动态编组,实现追踪,完成虚拟编队。编组成功后的整编列车看作是一列车,及一个节点,从子链中选择头节点作为整个编组的种子节点,与其他节点进行信息共享。列车解编时,首先与前车进行解编,然后向整个编组申请出队,区块链剥离该节点,生成新的区块。该过程实现动态编组的安全可靠。

[0074] 本发明提供的方法,通过区块链技术实现列车群的自主协同控制,同时完成故障列车的后续列车路径重新规划,降低晚点时间;通过区块链技术实现更安全、更灵活自主的

分布式的列车协同自治体制,有效防止单点故障造成的系统性能下降,实现以列车为主导的行车控制,摆脱对控制中心的强依赖,具有去中心化、安全可靠和自主自治等特点。

[0075] 基于上述实施例,所述列车故障信息为列车节点的区块链服务器在确定所述列车节点的哈希值发生变化的情况下生成。

[0076] 具体地,若本车发生故障,则其哈希值会发生改变,通过区块链服务器,监测列车的哈希值变化,当哈希值变化时,服务器判定列车故障,并通过广播形式发送给所有列车,由于分布式账本特性,其他节点可以通过区块链追溯到故障时间及节点,并在整个区块链中达成共识,剥离故障节点,其他节点根据现有列车运行信息重新计算运行速度、安全防护曲线等,甚至重新规划路线,即生成运行控制策略。

[0077] 本发明提供的方法,各列车节点基于共识机制组成区块链,通过监测列车的哈希值变化情况,实时掌握列车故障信息,通过区块链技术实现列车群的自主协同控制,同时完成故障列车的后续列车路径重新规划,降低晚点时间。

[0078] 基于上述实施例,所述当前列车的运行控制策略,包括:

[0079] 减速;

[0080] 或,急停;

[0081] 或,变道。

[0082] 具体地,当前列车节点的区块链服务器根据其它列车节点的节点信息和自身的节点信息,生成当前列车的运行控制策略,如减速,或急停,或变道。

[0083] 可选地,当采用变道策略时,需要进行路径重新规划,当前列车节点的区块链服务器根据其它列车节点的节点信息和自身的节点信息进行自主决策,根据晚点时间最小原则规划最优的路线,

[0084] 本发明提供的方法,完成故障列车的后续列车路径重新规划,提高了协同调度的灵活性和自主性,提高了列车故障应急处理的效率,从而降低了列车晚点时间,提高了该方法的可靠性。

[0085] 基于上述任一实施例,当所述当前列车的运行控制策略为变道时,所述根据所述其它列车节点的节点信息和自身的节点信息,生成当前列车的运行控制策略,包括:根据所述其它列车节点的节点信息和自身的节点信息,生成当前列车的路径规划结果;

[0086] 若所述当前列车的路径规划结果为以相向行驶车道作为临时行驶路线,则所述将所述当前列车的运行控制策略广播至所述其它列车节点进行验证,包括:

[0087] 将所述当前列车的运行控制策略广播至所述其它列车节点进行验证,所述其它列车节点判断所述当前列车是否会与所述其它列车发生冲突,若是,则验证失败,执行冲突控制策略;若否,则验证通过,基于所述当前列车的运行控制策略控制当前列车运行;

[0088] 其中,所述节点信息还包括时间戳信息和列车时刻表。

[0089] 具体地,若所述当前列车的路径规划结果为以相向行驶车道作为临时行驶路线,在该场景下有可能会发生当前列车与来向列车发生冲突的情况。

[0090] 针对上述场景,由当前列车节点的区块链服务器进行冲突预测,在当前列车提出所选路径时,其他列车会对其进行验证,验证时从前一区块获取节点信息,区块链服务器根据节点信息进行预测,判断本车以当前速度行驶是否发生冲突,如果发生冲突则执行冲突控制策略。如果其他节点预测结果都不发生冲突,则所述当前列车采用新的路径行驶。

[0091] 节点信息除了列车故障信息、列车运行信息和线路信息之外,还包括时间戳信息和列车时刻表;其中,所述列车运行信息可以包括如列车运行线路信息、列车速度位置信息和速度曲线等。

[0092] 本发明提供的方法,考虑到若当前列车的运行控制策略为选择对向行驶车道作为临时行驶路线是可能会与对向列车发生冲突的情况,由当前列车节点的区块链服务器判断是否会与对向行驶列车发生冲突,从而提高基于区块链的列车协同自治故障处理的安全性。

[0093] 基于上述任一实施例,所述冲突控制策略,包括:

[0094] 若相向行驶列车的客流大于所述当前列车的客流,则所述当前列车减速行驶或在道岔前停车等待,直至所述相向行驶列车通过后,所述当前列车进行变道行驶;

[0095] 若相向行驶列车的客流小于所述当前列车的客流,则所述当前列车优先变道行驶,所述相向行驶列车减速行驶或在道岔前停车等待;

[0096] 若相向行驶列车的客流等于所述当前列车的客流,则在所述相向行驶列车先于所述当前列车通过时的总延误时间小于所述相向行驶列车晚于所述当前列车通过时的总延误时间时,所述相向行驶列车加速或匀速行驶,所述当前列车维持当前速度或减速行驶,直至所述相向行驶列车通过道岔后,所述当前列车进行变道行驶;

[0097] 在相向行驶列车先于所述当前列车通过时的总延误时间大于所述相向行驶列车晚于所述当前列车通过时的总延误时间时,所述相向行驶列车减速行驶或在道岔前停车等待,直至所述当前列车完成两次变道行驶回归正线后,所述相向行驶列车恢复正常行驶。

[0098] 具体地,冲突控制策略以最小延误时间和大客流线路有限原则进行设计,包括:

[0099] 当A列车(正线行驶列车,即相向行驶列车)客流大时,A列车先行,B列车(变道行驶列车,即当前列车)根据速度位置信息在道岔前减速等待或停车等待,A列车通过后,进行变道行驶;

[0100] 当AB列车客流相当时,以AB两车总延误时间最小为基准,包括:

[0101] 当A车先于B车通过计算其总延误时间较小时,A列车在速度防护曲线下加速或匀速,B列车维持当前速度或减速行驶,A车通过道岔后,B车同时开始进入道岔变道;

[0102] 当B车先于A车通过计算其总延误时间较小时,A列车减速行驶或在道岔前停车等待,B车完成两次变道行驶,回归正线,越过故障车辆;

[0103] 当B列车客流较大时,B车优先变道行驶,A列车根据速度位置信息在道岔前减速行驶或停车等待。

[0104] 在上述过程中,进行连续的车车通信、车道通信,车载ATO实时计算列车运行信息(距离、速度等),及时进行道岔切换,实现列车的协同驾驶。

[0105] 本发明提供的方法,考虑到若当前列车的运行控制策略为选择对向行驶车道作为临时行驶路线是可能会与对向列车发生冲突的情况,在当前列车节点的区块链服务器判断会与对向行驶列车发生冲突时,以最小延误时间和大客流线路有限原则生成冲突控制策略,从而提高基于区块链的列车协同自治故障处理的安全性。

[0106] 下面对本发明提供的基于区块链的列车协同自治故障处理装置进行描述,下文描述的基于区块链的列车协同自治故障处理装置与上文描述的基于区块链的列车协同自治故障处理方法可相互对应参照。

[0107] 基于上述任一实施例,图5为本发明提供的基于区块链的列车协同自治故障处理装置的结构示意图,如图5所示,该基于区块链的列车协同自治故障处理装置包括接收模块501,生成模块502、发送模块503和控制模块504。

[0108] 其中,接收模块501用于接收其它列车节点的区块链服务器发送的节点信息;其中,所述节点信息包括列车故障信息、列车运行信息和线路信息,所述区块链由各列车节点基于共识机制组成;生成模块502用于根据所述其它列车节点的节点信息和自身的节点信息,生成当前列车的运行控制策略;发送模块503用于将所述当前列车的运行控制策略广播至所述其它列车节点的区块链服务器进行验证,当验证通过时,所述其它列车节点的区块链服务器存储所述当前列车的运行控制策略;控制模块504用于基于所述当前列车的运行控制策略控制当前列车运行。

[0109] 本发明提供的装置,通过区块链技术实现列车群的自主协同控制,同时完成故障列车的后续列车路径重新规划,降低晚点时间;通过区块链技术实现更安全、更灵活自主的分布式的列车协同自治体制,有效防止单点故障造成的系统性能下降,实现以列车为主导的行车控制,摆脱对控制中心的强依赖,具有去中心化、安全可靠和自主自治等特点。

[0110] 基于上述任一实施例,所述列车故障信息为列车节点的区块链服务器在确定所述列车节点的哈希值发生变化的情况下生成。

[0111] 基于上述任一实施例,所述当前列车的运行控制策略,包括:

[0112] 减速;

[0113] 或,急停;

[0114] 或,变道。

[0115] 基于上述任一实施例,当所述当前列车的运行控制策略为变道时,所述根据所述其它列车节点的节点信息和自身的节点信息,生成当前列车的运行控制策略,包括:根据所述其它列车节点的节点信息和自身的节点信息,生成当前列车的路径规划结果;

[0116] 若所述当前列车的路径规划结果为以相向行驶车道作为临时行驶路线,则所述将所述当前列车的运行控制策略广播至所述其它列车节点进行验证,包括:

[0117] 将所述当前列车的运行控制策略广播至所述其它列车节点进行验证,所述其它列车节点判断所述当前列车是否会与所述其它列车发生冲突,若是,则验证失败,执行冲突控制策略;若否,则验证通过,基于所述当前列车的运行控制策略控制当前列车运行;

[0118] 其中,所述节点信息还包括时间戳信息和列车时刻表。

[0119] 基于上述任一实施例,所述冲突控制策略,包括:

[0120] 若相向行驶列车的客流大于所述当前列车的客流,则所述当前列车减速行驶或在道岔前停车等待,直至所述相向行驶列车通过后,所述当前列车进行变道行驶;

[0121] 若相向行驶列车的客流小于所述当前列车的客流,则所述当前列车优先变道行驶,所述相向行驶列车减速行驶或在道岔前停车等待;

[0122] 若相向行驶列车的客流等于所述当前列车的客流,则在所述相向行驶列车先于所述当前列车通过时的总延误时间小于所述相向行驶列车晚于所述当前列车通过时的总延误时间时,所述相向行驶列车加速或匀速行驶,所述当前列车维持当前速度或减速行驶,直至所述相向行驶列车通过道岔后,所述当前列车进行变道行驶;

[0123] 在相向行驶列车先于所述当前列车通过时的总延误时间大于所述相向行驶列车

晚于所述当前列车通过时的总延误时间时,所述相向行驶列车减速行驶或在道岔前停车等待,直至所述当前列车完成两次变道行驶回归正线后,所述相向行驶列车恢复正常行驶。

[0124] 本发明的基于区块链的列车协同自治故障处理装置,可用于执行上述各基于区块链的列车协同自治故障处理方法的技术方案,其实现原理和技术效果类似,此处不再赘述。

[0125] 图6示例了一种电子设备的实体结构示意图,如图6所示,该电子设备可以包括:处理器(processor)610、通信接口(CommunicationsInterface)620、存储器(memory)630和通信总线640,其中,处理器610,通信接口620,存储器630通过通信总线640完成相互间的通信。处理器610可以调用存储器630中的逻辑指令,以执行基于区块链的列车协同自治故障处理方法,该方法包括:接收其它列车节点的区块链服务器发送的节点信息;其中,所述节点信息包括列车故障信息、列车运行信息和线路信息,所述区块链由各列车节点基于共识机制组成;根据所述其它列车节点的节点信息和自身的节点信息,生成当前列车的运行控制策略;将所述当前列车的运行控制策略广播至所述其它列车节点的区块链服务器进行验证,当验证通过时,所述其它列车节点的区块链服务器存储所述当前列车的运行控制策略;基于所述当前列车的运行控制策略控制当前列车运行。

[0126] 此外,上述的存储器630中的逻辑指令可以通过软件功能单元的形式实现并作为独立的产品销售或使用,可以存储在一个计算机可读取存储介质中。基于这样的理解,本发明的技术方案本质上或者说对现有技术做出贡献的部分或者该技术方案的部分可以以软件产品的形式体现出来,该计算机软件产品存储在一个存储介质中,包括若干指令用以使得一台计算机设备(可以是个人计算机,服务器,或者网络设备)执行本发明各个实施例所述方法的全部或部分步骤。而前述的存储介质包括:U盘、移动硬盘、只读存储器(ROM, Read-OnlyMemory)、随机存取存储器(RAM, RandomAccessMemory)、磁碟或者光盘等各种可以存储程序代码的介质。

[0127] 另一方面,本发明还提供一种非暂态计算机可读存储介质,其上存储有计算机程序,该计算机程序被处理器执行时实现以执行上述各提供的基于区块链的列车协同自治故障处理方法,该方法包括:接收其它列车节点的区块链服务器发送的节点信息;其中,所述节点信息包括列车故障信息、列车运行信息和线路信息,所述区块链由各列车节点基于共识机制组成;根据所述其它列车节点的节点信息和自身的节点信息,生成当前列车的运行控制策略;将所述当前列车的运行控制策略广播至所述其它列车节点的区块链服务器进行验证,当验证通过时,所述其它列车节点的区块链服务器存储所述当前列车的运行控制策略;基于所述当前列车的运行控制策略控制当前列车运行。

[0128] 以上所描述的装置实施例仅仅是示意性的,其中所述作为分离部件说明的单元可以是或者也可以不是物理上分开的,作为单元显示的部件可以是或者也可以不是物理单元,即可以位于一个地方,或者也可以分布到多个网络单元上。可以根据实际的需要选择其中的部分或者全部模块来实现本实施例方案的目的。本领域普通技术人员在不付出创造性的劳动的情况下,即可以理解并实施。

[0129] 通过以上的实施方式的描述,本领域的技术人员可以清楚地了解到各实施方式可借助软件加必需的通用硬件平台的方式来实现,当然也可以通过硬件。基于这样的理解,上述技术方案本质上或者说对现有技术做出贡献的部分可以以软件产品的形式体现出来,该计算机软件产品可以存储在计算机可读存储介质中,如ROM/RAM、磁碟、光盘等,包括若干指

令用以使得一台计算机设备(可以是个人计算机,服务器,或者网络设备等)执行各个实施例或者实施例的某些部分所述的方法。

[0130] 最后应说明的是:以上实施例仅用以说明本发明的技术方案,而非对其限制;尽管参照前述实施例对本发明进行了详细的说明,本领域的普通技术人员应当理解:其依然可以对前述各实施例所记载的技术方案进行修改,或者对其中部分技术特征进行等同替换;而这些修改或者替换,并不使相应技术方案的本质脱离本发明各实施例技术方案的精神和范围。

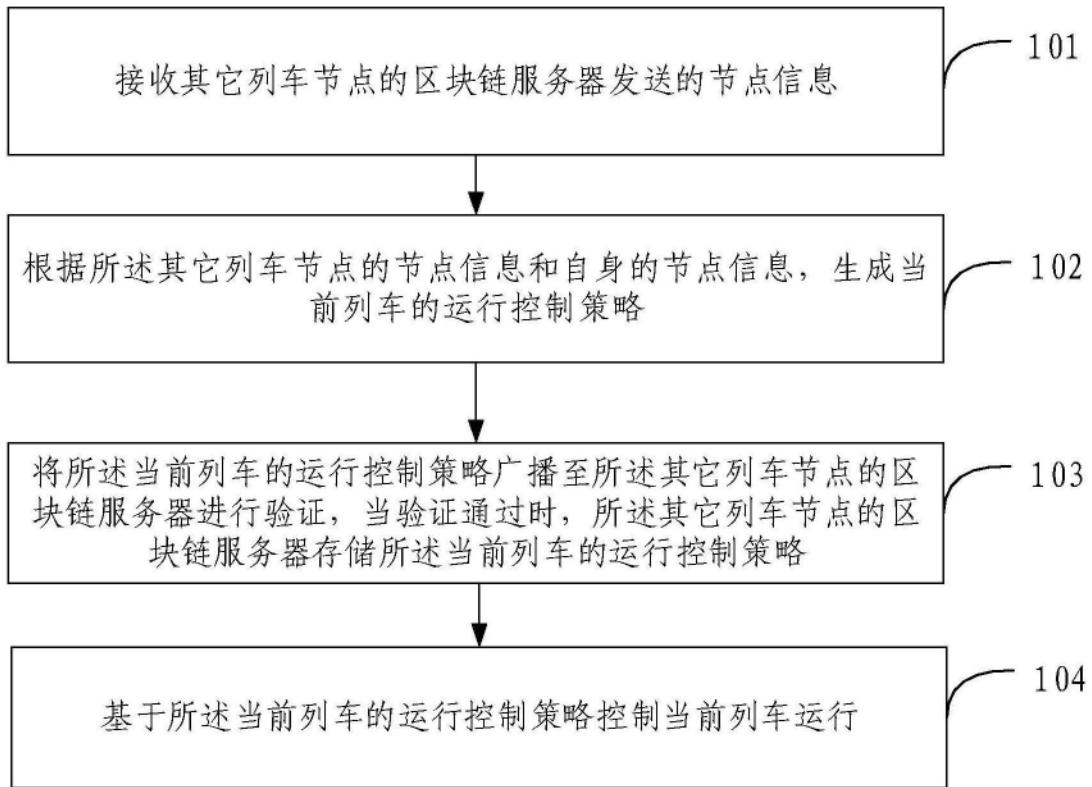


图1

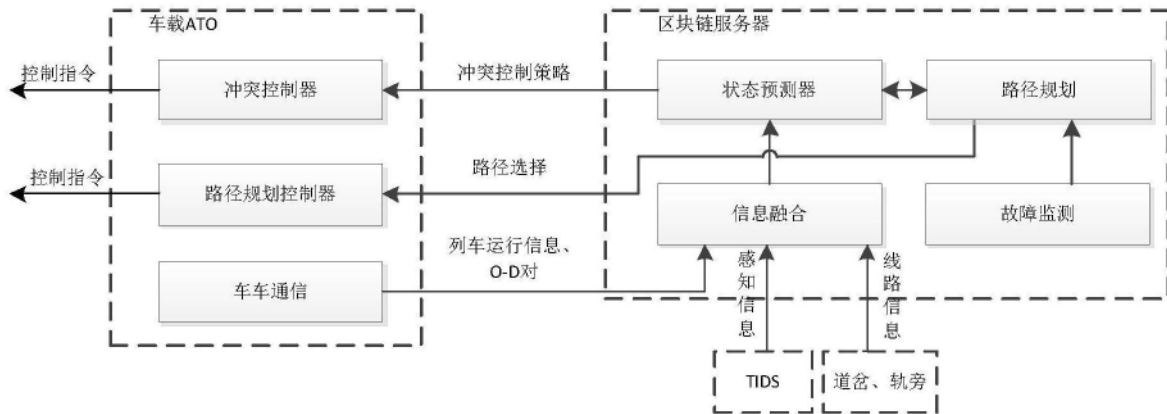


图2

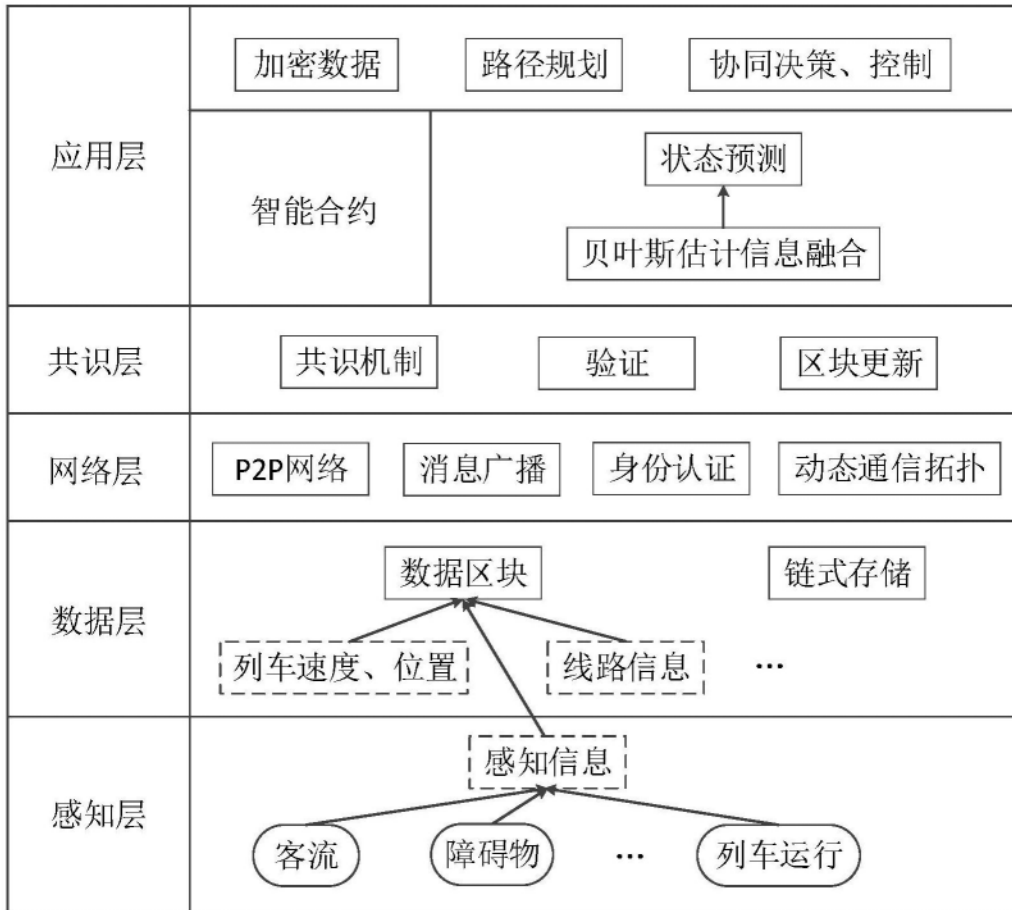


图3

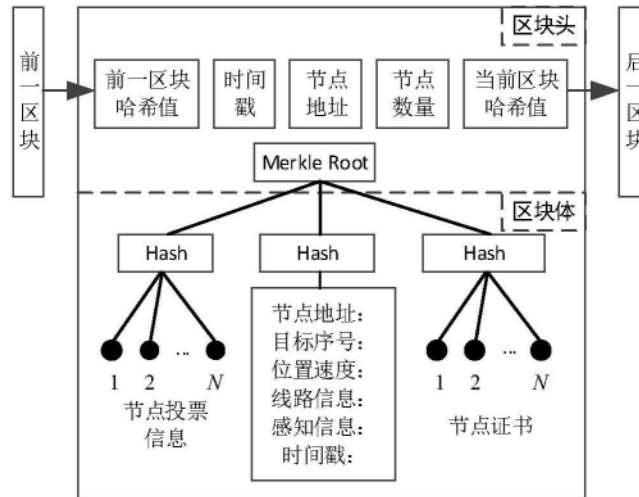


图4



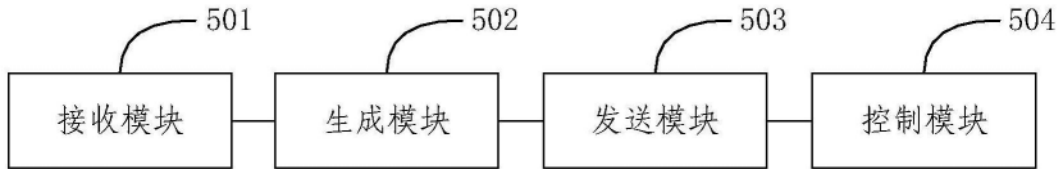


图5

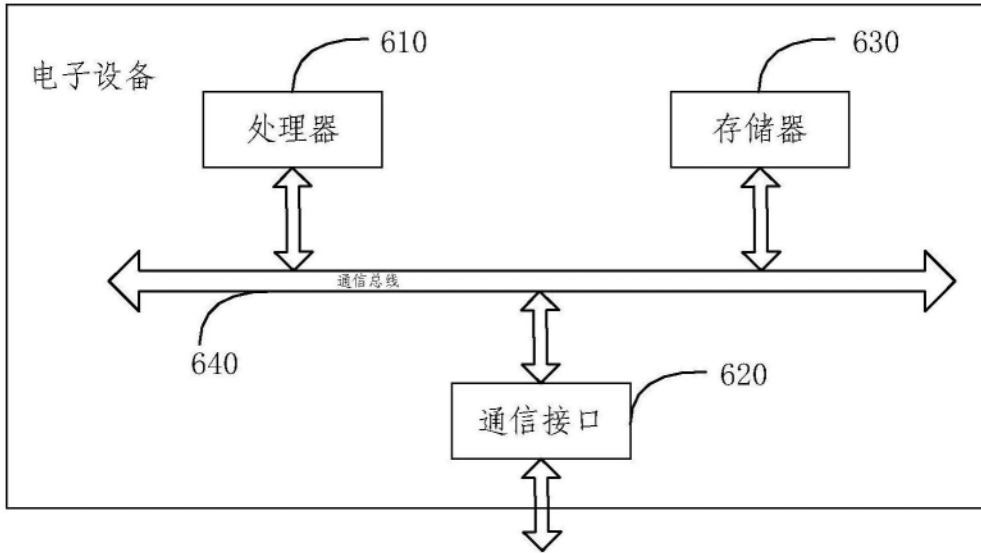


图6