本申请提供了列车通信系统、方法、电子设备和存储介质，该列车通信系统包括：主物理信道和至少两个备用物理信道，所述主物理信道及各所述备用物理信道为不同类型的物理信道，且所述主物理信道和各所述备用物理信道中包括用于车车通信的物理信道；所述主物理信道，用于列车之间及列车与地面系统之间的通信；在列车通过所述主物理信道无法进行列车之间及列车与地面系统之间的通信时，所述列车根据各所述备用物理信道的可用性和优先级，通过至少一个所述备用物理信道进行列车之间及列车与地面系统之间的通信。本方案能够提高列车的运行效率。

1、一种列车通信系统（10），包括：主物理信道（11）和至少两个备用物理信道（12），所述主物理信道（11）及各所述备用物理信道（12）为不同类型的物理信道，且所述主物理信道（11）和各所述备用物理信道（12）中包括用于车车通信的物理信道；

所述主物理信道（11），用于列车（20）之间及列车（20）与地面系统（30）之间的通信；

在列车（20）通过所述主物理信道（11）无法进行列车（20）之间及列车（20）与地面系统（30）之间的通信时，所述列车（20）根据各所述备用物理信道（12）的可用性和优先级，通过至少一个所述备用物理信道（12）进行列车（20）之间及列车（20）与地面系统（30）之间的通信。

2、根据权利要求1所述的系统，其中，所述至少两个备用物理信道（12）包括：第一物理信道；

所述第一物理信道，用于在列车（20）之间的距离小于预设的通信距离阈值时，列车（20）之间直接通信。

3、根据权利要求2所述的系统，其中，所述至少两个备用物理信道（12）包括：第二物理信道；

所述第二物理信道包括设置于轨旁且通信连接的多个中继设备，所述中继设备用于与列车（20）直接通信；

所述第二物理信道，用于通过至少一个所述中继设备转发列车（20）之间的通信数据，使列车（20）之间进行通信。

4、根据权利要求3所述的系统，其中，所述至少两个备用物理信道（12）包括：第三物理信道；

所述第三物理信道包括设置于轨旁的多个广播设备；

所述广播设备，用于接收列车（20）广播的第一通信数据，并将所述第一通信数据发送给地面系统（30），或向列车（20）广播所述第一通信数据，并向列车（20）广播来自地面系统（30）的第二通信数据，使列车（20）之间或列车（20）与地面系统（30）之间进行通信。

5、根据权利要求1-4中任一所述的系统，其中，所述主物理信道（11）包括至少一个中心路由器和设置于轨旁的多个无线接入点，所述至少一个中心路由器与所述无线接入点通信连接；

所述无线接入点，用于接收列车（20）以点对点通信方式发送的第三通信数据，并将所述第三通信数据发送给所述中心路由器；

所述中心路由器，用于将所述第三通信数据发送给地面系统（30），或通过所述无线接入点以点对点通信方式向列车（20）发送所述第三通信数据，以及通过所述无线接入点向列车（20）发送来自地面系统（30）的第四通信数据，使列车（20）之间或列车（20）与地面系统（30）之间进行通信。

6、一种列车通信方法（200），应用于列车（20），包括：

响应于所述列车（20）通过主物理信道（11）无法进行列车（20）之间及列车（20）与地面系统（30）之间的通信，确定至少两个备用物理信道（12）的可用性，其中，所述主物理信道（11）及各所述备用物理信道（12）为不同类型的物理信道，且所述主物理信道（11）和各所述备用物理信道（12）中包括用于车车通信的物理信道；

确定所述至少两个备用物理信道（12）的优先级；

根据所述至少两个备用物理信道（12）的可用性和优先级，通过至少一个所述备用物理信道（12）进行列车（20）之间及列车（20）与地面系统（30）之间的通信。

7、根据权利要求6所述的方法，其中，所述至少两个备用物理信道（12）包括：第一物理信道、第二物理信道和第三物理信道；

所述第一物理信道用于在列车（20）之间的距离小于预设的通信距离阈值时，列车（20）之间直接通信；

第二物理信道包括设置于轨旁且通信连接的多个中继设备，所述中继设备用于与列车（20）直接通信，所述第二物理信道用于通过至少一个所述中继设备转发列车（20）之间的通信数据，使列车（20）之间进行通信；

所述第三物理信道包括设置于轨旁的多个广播设备，所述广播设备用于接收列车（20）广播的第一通信数据，并将所述第一通信数据发送给地面系统（30），或向列车（20）广播所述第一通信数据，以及向列车（20）广播来自地面系统（30）的第二通信数据，使列车（20）之间或列车（20）与地面系统（30）之间进行通信；

所述主物理信道（11）包括至少一个中心路由器和设置于轨旁的多个无线接入点，所述至少一个中心路由器与所述无线接入点通信连接，所述无线接入点用于接收列车（20）以点对点通信方式发送的第三通信数据，并将所述第三通信数据发送给所述中心路由器，所述中心路由器用于将所述第三通信数据发送给地面系统（30），或通过所述无线接入点以点对点通信方式向列车（20）发送所述第三通信数据，以及通过所述无线接入点向列车（20）发送来自地面系统（30）的第四通信数据，使列车（20）之间或列车（20）与地面系统（30）之间进行通信。

8、根据权利要求7所述的方法，其中，所述方法还包括：

所述列车（20）通过所述主物理信道（11）或任一所述备用物理信道（12），构建第一逻辑信道；

所述列车（20）与所述第一逻辑信道包括的列车（20）进行列车（20）之间的通信。

9、根据权利要求8所述的方法，其中，所述列车（20）与所述第一逻辑信道中其他列车（20）之间的距离大于最小网络半径，且小于通信网络半径；

所述最小网络半径满足如下公式：

用于表征所述最小网络半径，用于表征所述列车（20）的通信超时时长，用于表征所述列车（20）建立通信连接的最大时长，用于表征所述列车（20）的系统制动反应时长，用于表征所述列车（20），用于表征所述列车（20）的安全速度，用于表征预设的安全距离；用于表征所述列车（20）所处线路的最大安全速度；

所述通信网络半径满足如下公式：

用于表征所述通信网络半径，用于表征预设的冗余距离。

10、根据权利要求7所述方法，其中，所述方法还包括：

所述列车（20）通过所述主物理信道（11）或所述第三物理信道，构建第二逻辑信道；

所述列车（20）通过所述第二逻辑信道与所述中心路由器进行通信。

11、根据权利要求7所述的方法，其中，所述方法还包括：

所述列车（20）通过所述主物理信道（11）构建第三逻辑信道；

所述列车（20）通过所述第三逻辑信道与列车（20）自动监控系统、轨道控制器和轨道元件控制器中的至少一个进行通信。

12、根据权利要求6-11中任一所述的方法，其中，所述方法还包括：

所述列车（20）根据所述主物理信道（11）和各所述备用物理信道（12）的可用性，确定所述列车（20）的网络级别；

所述列车（20）根据所述网络级别，按照相对应的运行策略进行运行。

13、一种电子设备（700），包括：处理器（702）、通信接口（704）、存储器（706）和通信总线（708），所述处理器（702）、所述存储器（706）和所述通信接口（704）通过所述通信总线（708）完成相互间的通信；

所述存储器（706）用于存放至少一可执行指令，所述可执行指令使所述处理器（702）执行如权利要求6-12中任一项所述的列车通信方法对应的操作。

14、一种计算机可读存储介质，所述计算机可读存储介质上存储有计算机指令，所述计算机指令在被处理器执行时，使所述处理器执行权利要求6-12中任一项所述的方法。

15、一种计算机程序产品，所述计算机程序产品被有形地存储在计算机可读介质上并且包括计算机可执行指令，所述计算机可执行指令在被执行时使至少一个处理器执行根据权利要求6-12中任一项所述的方法。

**列车通信系统、方法、电子设备和存储介质**

**技术领域**

本申请涉及轨道交通技术领域，尤其涉及一种列车通信系统、方法、电子设备和存储介质。

**背景技术**

基于通信的列车自动控制（Communication Based Train Control，CBTC）系统是一种以通信技术为基础的列车运行控制系统，CBTC通过通信网络实现列车和地面设备的双向通信，用实时汇报的列车位置和计算移动授权的移动闭塞来代替固定的轨道区段闭塞实现列车运行控制。传统CBTC系统的车载部分和轨旁部分需要通过主干网络进行通信，导致通信延迟较大，最大通信延迟甚至会超过10秒。

目前，采用基于车车通信的列车控制系统，解决传统CBTC系统通信延迟较大的问题。

然而，基于车车通信的列车控制系统虽然可以解决通信延迟较大的问题，但存在降级处理困难的问题，对运力影响较大。

**发明内容**

有鉴于此，本申请提供的列车通信系统、方法、电子设备和存储介质，能够在解决通信延迟较大问题的同时，方便对列车进行降级处理。

根据本申请实施例的第一方面，提供了一种列车通信系统，包括：主物理信道和至少两个备用物理信道，所述主物理信道及各所述备用物理信道为不同类型的物理信道，且所述主物理信道和各所述备用物理信道中包括用于车车通信的物理信道；所述主物理信道，用于列车之间及列车与地面系统之间的通信；在列车通过所述主物理信道无法进行列车之间及列车与地面系统之间的通信时，所述列车根据各所述备用物理信道的可用性和优先级，通过至少一个所述备用物理信道进行列车之间及列车与地面系统之间的通信。

根据本申请实施例的第二方面，提供了一种列车通信方法，包括：响应于所述列车通过主物理信道无法进行列车之间及列车与地面系统之间的通信，确定至少两个备用物理信道的可用性，其中，所述主物理信道及各所述备用物理信道为不同类型的物理信道，且所述主物理信道和各所述备用物理信道中包括用于车车通信的物理信道；确定所述至少两个备用物理信道的优先级；根据所述至少两个备用物理信道的可用性和优先级，通过至少一个所述备用物理信道进行列车之间及列车与地面系统之间的通信。

根据本申请实施例的第三方面，提供了一种电子设备，包括：处理器、通信接口、存储器和通信总线，所述处理器、所述存储器和所述通信接口通过所述通信总线完成相互间的通信；所述存储器用于存放至少一可执行指令，所述可执行指令使所述处理器执行上述第二方面提供的列车通信方法对应的操作。

根据本申请实施例的第四方面，提供了一种计算机可读存储介质，所述计算机可读存储介质上存储有计算机指令，所述计算机指令在被处理器执行时，使所述处理器执行如第二方面提供的列车通信方法。

根据本申请实施例的第五方面，提供了一种计算机程序产品，所述计算机程序产品被有形地存储在计算机可读介质上并且包括计算机可执行指令，所述计算机可执行指令在被执行时使至少一个处理器执行如上述第二方面提供的列车通信方法。

由上述技术方案，列车可以通过主物理信道和备用物理信道，与其他列车及地面系统进行通信，主物理信道和备用物理信道包括用于车车通信的物理信道，当列车通过主物理信道无法与其他列车及地面系统进行通信时，列车可以通过备用物理信道与其他列车及地面系统进行通信，进而列车可通过备用物理信道进行降级运行，基于用于车车通信的物理信道可以解决通信延迟问题，而基于备用物理信道可以解决列车的降级处理问题，因此能够在解决通信延迟较大问题的同时，方便对列车进行降级处理。

**附图说明**

图1是本申请一个实施例的列车通信系统的示意图；

图2是本申请一个实施例的列车通信方法的流程图；

图3是本申请一个实施例的列车间距离的示意图；

图4是本申请另一个实施例的列车间距离的示意图；

图5是本申请一个实施例的列车线路拓展方法的流程图；

图6是本申请一个实施例的列车救援方法的流程图；

图7是本申请一个实施例的电子设备的示意图。

附图标记列表：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 10：列车通信系统 | 200：列车通信方法 | 500：列车线路拓展方法 |
| 600：列车救援方法 | 700：电子设备 | 11：主物理信道 |
| 12：备用物理信道 | 20：列车 | 30：地面系统 |
| T1：列车 | *R0T1*：列车T1的最小网络半径 | *R1T1*：列车T1的通信网络半径 |
| T2：列车 | *R0T2*：列车T2的最小网络半径 | *R1T2*：列车T2的通信网络半径 |
| 702：处理器 | 704：通信接口 | 706：存储器 |
| 708：通信总线 | 710：程序 |  |
| 201：响应于列车通过主物理信道无法进行通信，确定至少两个备用物理信道的可用性 | | |
| 202：确定各备用物理信道的优先级 | | |
| 203：根据各备用物理信道的可用性和优先级，通过备用物理信道进行通信 | | |
| 501：列车注册其列车信息和位置，并进行时钟同步 | | |
| 502：列车获取包括各列车位置信息的注册表 | | |
| 503：列车进行模糊定位 | | |
| 504：列车进行准确定位 | | |
| 505：列车构建第一逻辑信道 | | |
| 506：第一逻辑信道中的列车进行通信，确定路线优先级 | | |
| 507：列车根据路线优先级，设置并锁定轨道元件 | | |
| 508：列车通过路线 | | |
| 601：列车仅能够通过第一物理信道进行通信 | | |
| 602：列车在广播网络中丢失 | | |
| 603：列车进行紧急制动 | | |
| 604：其他列车寻找位置丢失的列车 | | |
| 605：进入列车丢失区域的列车降速行驶 | | |
| 606：找到位置丢失列车的列车生成移动权限，引导位置丢失列车行驶 | | |

**具体实施方式**

如前所述，列车通过设置于轨旁的物理信道与地面设备进行双向通信，实现列车之间以及列车与地面系统之间的通信，进而根据各列车的位置实现列车运行控制。当某一列车无法通过设置于轨旁的物理信道与地面设备进行双向通信时，该列车位置丢失，该列车位置丢失前所处区段内的各列车都需要降级运行，避免列车碰撞，直至该位置丢失的列车被找到，在此前间降级运行的列车需要停止运行、降速运行或手动控制运行，因此会影响列车的运行效率。

在本申请实施例中，列车通信系统包括主物理信道和至少两个备用物理信道，主物理信道和备用物理信道均可用于列车之间及列车与地面系统之间的通信，在列车通过主物理信道无法进行列车之间及列车与地面系统之间的通信时，列车可以根据各备用物理信道的可用性和优先级，通过备用物理信道进行列车之间及列车与地面系统之间的通信。由于主物理信道和各备用物理信道中包括用于车车通信的物理信道，而用于车车通信的物理信道可以解决网络延迟较大问题，而列车通过备用信道可以进行降级运行，因此能够在解决通信延迟较大问题的同时，方便对列车进行降级处理。

需要说明的是，通信信道(Channels of communicationl)是数据传输的通路，在计算机网络中信道分为物理信道和逻辑信道。物理信道指用于传输数据信号的物理通路，它由传输介质与有关通信设备组成；逻辑信道指在物理信道的基础上，发送与接收数据信号的双方通过中间结点所实现的逻辑通路，由此为传输数据信号形成的逻辑通路。本申请实施例中所述的物理信道适用于上述对于物理信道的定义，本申请后续各实施例中所述的逻辑信道适用于上述对于逻辑信道的定义。

下面结合附图对本申请实施例提供的列车通信系统、方法和电子设备进行详细说明。

图1是本申请实施例提供的一种列车通信系统的示意图。如图1所示，列车通信系统10包括主物理信道11和至少两个备用物理信道12，主物理信道11及各备用物理信道12为不同类型的物理信道，且主物理信道11和各备用物理信道12中包括用于车车通信的物理信道。主物理信道11用于列车20之间及列车20与地面系统30之间的通信。在列车20通过主物理信道11无法进行列车20之间及列车20与地面系统30之间的通信时，列车20可以根据各备用物理信道12的可用性和优先级，通过至少一个备用物理信道12进行列车20之间及列车20与地面系统30之间的通信。

在列车20可以通过主物理信道11进行通信时，列车20优先通过主物理信道11进行列车20之间以及列车20与地面系统30之间的通信。在列车20无法通过主物理信道11进行通信时，从各备用物理信道12中确定可用的备用物理信道12，然后根据优先级从可用的备用物理信道12中确定优先级较高的至少一个备用物理信道12，进而通过优先级较高的至少一个备用物理信道12进行通信。

备用物理信道12的优先级可以预先设定，也可以在列车20无法通过主物理信道11进行通信后，根据列车20与各备用物理信道12之间通信的稳定性，确定各备用物理信道12的优先级，本申请实施例对此不作限定。

在本申请实施例中，列车20可以通过主物理信道11和备用物理信道12，与其他列车20及地面系统30进行通信，主物理信道11和备用物理信道12包括用于车车通信的物理信道，当列车20通过主物理信道11无法与其他列车20及地面系统30进行通信时，列车20可以通过备用物理信道12与其他列车20及地面系统30进行通信，进而列车20可通过备用物理信道12进行降级运行，基于用于车车通信的物理信道可以解决通信延迟问题，而基于备用物理信道12可以解决列车20的降级处理问题，因此能够在解决通信延迟较大问题的同时，方便对列车进行降级处理。

在一种可能的实现方式中，备用物理信道12包括第一物理信道，第一物理信道可以在列车20之间距离小于预设的通信距离阈值时，实现列车20之间的直接通信。

在本申请实施例中，列车20上设置有车载通信设备，基于该用于无线通信的车载通信设备，当两个列车20之间的距离小于通信距离阈值时，两个列车20可以直接进行通信，从而在一个列车20无法通过主物理信道11进行通信时，该列车20可以通过第一物理信道与附近的列车20进行通信，由附近的列车20引导该列车20运行，使该列车20退出运行线路，减小对其他列车的影响，保证其他列车的运行效率。

列车20通过第一物理信道可以实现列车20之间的直接通信，当一个列车20通过第一物理信道与多个列车进行通信时，该列车20可以作为中继来转发其他列车之间的通信数据。比如，列车A与列车B可通过第一物理信道通信，列车B与列车C可通过第一物理信道通信，则列车B可作为中继转发列车A与列车C之间的通信数据，使得列车可以通过第一物理信道与更大范围内的其他列车进行通信，提高了列车通信网络的可用性。

在一种可能的实现方式中，备用物理信道12包括第二物理信道，第二物理信道包括设置于轨旁且通信连接的多个中继设备，中继设备可以与列车直接通信。第二物理信道可通过至少一个中继设备转发列车20之间的通信数据，实现列车20之间的通信。

第二物理信道包括多个设置于轨旁的中继设备，中继设备可以与进入其通信范围内的列车20进行无线通信。中继设备在接收到列车20发送的通信数据后，确定通信数据的目标列车。如果目标列车位于该中继设备的通信范围内，则该中继设备直接将通信数据发送给目标列车。如果目标列车未位于该中继设备的通信范围内，则该中继设备将通信数据转发给其他的中继设备，通过中继设备之间至少一次转发通信数据，将通信数据转发至可与目标列车直接通信的中继设备，进而由接收到通信数据的中继设备将通信数据发送给目标列车。

比如，中继设备1接收到列车A发送给列车B的通信数据后，如果列车B位于中继设备1的通信范围内，则中继设备1将通信数据发送给列车B，如果列车B未位于中继设备1的通信范围内，则中继设备1将通信数据发送给中继设备2，列车B位于中继设备2的通信范围内，由中继设备1将通信数据发送给列车B。其中，若中继设备1与中继设备2直接通信连接，则中继设备1直接将通信数据发送给中继设备2，若中继设备1与中继设备2未直接通信连接，则中继设备1将通信数据发送给位于中继设备1和中继设备2之间的中继设备，通过中继设备1和中继设备2之间至少一个中继设备的转发，将通信数据转发至中继设备2。

在本申请实施例中，第二物理信道包括设置于轨旁的中继设备，中继设备可以与列车20进行通信，而各中继设备通信连接，列车20将通信数据发送给中继设备后，通过至少一个中继设备的转发，可以将通信数据发送给目标列车，实现列车20之间的通信。在列车20通过主物理信道11无法通信时，可以通过第二物理信道转发列车20之间的通信数据，实现列车20之间的通信，进而可以基于列车之间的通信控制列车20运行，通过其他列车20控制轨道元素，避免列车20停止运行，减小对其他列车20的影响，从而可以提高列车20的运行效率。

在一种可能的实现方式中，备用物理信道12包括第三物理信道，第三物理信道包括设置于轨旁的多个广播设备。广播设备可以接收列车20广播的第一通信数据，并将第一通信数据发送给地面系统30，或者对第一通信数据进行广播，以将第一通信数据发送给其他列车，广播设备还可以广播来自地面系统30的第二通信数据，实现列车20之间或列车20与地面系统30之间的通信。

列车20以广播方式发送第一通信数据后，第三物理信道包括的广播设备可以接收第一通信数据，由广播设备将第一通信数据发送给地面系统30，广播设备还可以接收来自地面系统30的第二通信数据，并将第二通信数据广播给列车20，实现列车20与地面系统30之间的通信。

列车20以广播方式发送第一通信数据后，第三物理信道包括的广播设备可以接收第一通信数据，并将第一通信数据广播给其他列车20，实现列车20之间的通信。

在本申请实施例中，当列车20无法通过主物理信道11进行通信时，列车20可以广播通信数据，第三物理信道接收列车20广播的通信数据后，第三物理信道可以将通信数据广播给其他列车20，实现列车20之间的通信，第三物理信道还可以将通信数据发送给地面系统30，并将来自地面系统30的通信数据广播给列车20，实现列车20与地面系统30之间的通信。可见，在列车20无法通过主物理信道11进行通信时，列车20还可以通过第三物理信道进行列车20之间及列车20与地面系统30之间的通信，保证列车20正常运行，从而可以提高列车20的运行效率。

在一种可能的实现方式中，主物理信道11包括至少一个中心路由器和设置于轨旁的多个无线接入点，各中心路由器分别与各无线接入点通信连接。无线接入点可以接收列车20以点对点通信方式发送的第三通信数据，并将第三通信数据发送给中心路由器。中心路由器可以将第三通信数据发送给地面系统30，并通过无线接入点向列车20发送来自地面系统30的第四通信数据。中心路由器还可以通过无线接入点以点对点通信方式向列车20发送第三通信数据。

列车20以点对点通信方式向无线接入点发送第三通信数据后，无线接入点将第三通信数据发送给至少一个中心路由器，中心路由器根据第三通信数据的目标列车，将第三通信数据发送给可与目标列车直接通信的无线接入点，进而接收到第三通信数据的无线接入点将第三通信数据发送给目标列车，实现列车20之间的通信。

列车20以点对点通信方式向无线接入点发送第三通信数据后，无线接入点将第三通信数据发送给至少一个中心路由器，中心路由器可以通过点对点通信方式向可以目标列车通信的无线接入点发送给第四通信数据，接收到第四通信数据的无线接入点将第四通信数据发送给目标列车，实现列车20与地面系统30之间的通信。

应理解，无线接入点可以基于WiFi、LTE等无线通信协议与列车20进行通信。

在本申请实施例中，主物理信道11包括中心路由器和无线接入点，无线接入点可通过点对点通信方式与列车20进行数据传输，中心路由器可以转发列车20之间及列车20与地面系统30之间的通信数据，从而实现列车20之间及列车20与地面系统30之间的通信。主物理信道11通过点对点的通信方式，使得主物理信道11可以被雷车自动监控（Automatic Train Supervision，ATS）系统及其他轨旁设备共享，从而可以降低列车控制系统的成本，而且可以便于对列车通信系统进行维护。

下面结合上述实施例所提供的列车通信系统10，对本申请实施例提供的列车通信方法进行详细说明。在下述列车通信方法实施例中，列车可为前述实施例中的列车20，地面系统可为前述实施例中的地面系统30，主物理信道可为前述实施例中的主物理信道11，备用物理信道可为前述实施例中的备用物理信道12。

如图2是本申请一个实施例提供的列车通信方法的流程图，该列车通信方法应用于列车。如图2所示，列车通信方法200包括如下步骤：

步骤201、响应于列车通过主物理信道无法进行列车之间及列车与地面系统之间的通信，确定至少两个备用物理信道的可用性。

主物理信道及各备用物理信道为不同类型的物理信道，且主物理信道和各备用物理信道中包括用于车车通信的物理信道。在主物理信道可用的前提下，列车优先通过主物理信道进行列车之间及列车与地面系统之间的通信。当主物理信道不可用时，列车确定各备用物理信道的可用性。

步骤202、确定各备用物理信道的优先级。

响应于列车通过主物理信道无法进行列车之间及列车与地面系统之间的通信，列车确定各物理信道的优先级。

在确定备用物理信道的优先级时，可以根据确定备用物理信道可用性的结果，仅确定可用的备用物理信道的优先级，也可以确定全部备用物理信道的优先级。

备用物理信道的优先级可以预先设定，列车通过读取相应的配置文件便可以确定各备用物理信道的优先级。备用物理信道的优先级也可以根据列车与各备用物理信道的通信可靠性进行确定，比如根据列车通过备用物理信道进行通信的信号强度，确定各备用物理信道的优先级。

步骤203、根据各备用物理信道的可用性和优先级，通过至少一个备用物理信道进行列车之间及列车与地面通信系统之间的通信。

在确定出备用物理信道的可用性和优先级后，根据备用物理信道的可用性和优先级，选择一个或多个备用物理信道列车之间及列车与地面系统之间的通信。

比如，可以从可用的备用物理信道中确定优先级最高的备用物理信道，进而列车通过该别用物理信道进行列车之间及列车与地面系统之间的通信。

在本申请实施例中，列车优先使用主物理信道进行列车之间及列车与地面系统之间的通信，当列车通过主物理信道无法与其他列车及地面系统进行通信时，列车根据各备用物理信道的可用性和优先级，通过可用的备用物理信道进行列车之间及列车与地面系统之间的通信，使得列车在主物理信道不可用时仍可以通过备用物理信道继续运行或快速被找到，减小对当前列车及其他列车的影响，从而能够提高列车的运行效率。

在一种可能的实现方式中，可用于列车进行列车之间及列车与地面系统进行通信的备用物理信道包括第一物理信道、第二物理信道和第三物理信道。

第一物理信道可以在列车之间的距离小于预设的通信距离阈值时，实现列车之间直接通信。第二物理信道包括设置于轨旁且通信连接的多个中继设备，中继设备可以与列车直接通信，第二物理信道可以通过至少一个中继设备转发列车之间的通信数据，实现列车之间进行通信。第三物理信道包括设置于轨旁的多个广播设备，广播设备可以接收列车广播的第一通信数据，并将第一通信数据发送给地面系统，或向列车广播第一通信数据，以及向列车广播来自地面系统的第二通信数据，实现列车之间或列车与地面系统之间进行通信。

主物理信道包括至少一个中心路由器和设置于轨旁的多个无线接入点，至少一个中心路由器与无线接入点通信连接，无线接入点可以接收列车以点对点通信方式发送的第三通信数据，并将第三通信数据发送给中心路由器，中心路由器可以将第三通信数据发送给地面系统，或通过无线接入点以点对点通信方式向列车发送第三通信数据，以及通过无线接入点向列车发送来自地面系统的第四通信数据，实现列车之间或列车与地面系统之间进行通信。

在本申请实施例中，第一物理信道和第二物理信道，可以实现列车之间的通信，第三物理信道和主物理信道可以实现列车之间及列车与地面系统之间的通信，当主物理信道不可用时，还可以通过第三物理信道进行列车之间及列车与地面系统之间的通信，当主物理信道和第三物理信道均不可用了，还可以通过第一物理信道或第二物理信道进行列车之间的通信，提高了列车通信系统的可用性，避免列车直接降级到最低等级运行，从而可以提高列车的运行效率。

需要说明的是，列车通过主物理信道及备用物理信道所包括各物理信道的通信方式，已在前述列车通信系统实施例中进行了详细说明，具体可参数前述列车通信系统实施例中的说明，在此不再进行赘述。

在一种可能的实现方式中，列车可以通过主物理信道或任一备用物理信道构建第一逻辑信道，进而列车可以与第一逻辑信道包括的其他列车进行通信。

每个列车都可以通过主物理信道、第一物理信道、第二物理信道或第三物理信道构建相对应的第一逻辑信道，所构建的第一逻辑信道的核心为组成该第一逻辑信道的各列车，一个列车可与其所对应第一逻辑信道包括的各列车进行列车之间的通信。由于列车运行过程中列车之间的相对位置及相对距离会发生变化，因此第一逻辑信道是动态变化的，第一逻辑信道具有相应的加入/退出机制，比如可以通过列车之间的距离作为第一逻辑信道的加入/退出机制。

列车可通过主物理信道、第一物理信道、第二物理信道或第三物理信道构建其对应的第一逻辑信道，主物理信道、第一物理信道、第二物理信道或第三物理信道具有相对应的优先级，列车优先通过优先级高的主物理信道或备用物理信道构建第一逻辑信道。比如，在主物理信道、第一物理信道、第二物理信道和第三物理信道中，第二物理信道具有最高的优先级，因为基于第二物理信道可以构建较大范围且通信稳定的逻辑信道，进而列车会优先通过第二物理信道构建第一逻辑信道，在第二物理信道不可用时再通过其他物理信道构建第一逻辑信道。

在本申请实施例中，列车通过主物理信道或任一备用物理信道构建相对应的第一逻辑信道，通过第一逻辑信道实现列车之间的通信，列车可以基于预设的加入和退出机制维护其对应的第一逻辑信道，保证能够正常与第一逻辑信道中的列车进行通信，进而基于列车之间的通信实现列车的运行控制。

在一种可能的实现方式中，对于一个列车所构建的第一逻辑信道，该列车与的第一逻辑信道中其他列车之间的距离需要大于最小网络半径，且小于通信网络半径，以确定列车之间通信的稳定性，而且保持列车之间具有足够的安全距离，避免列车碰撞风险。

最小网络半径满足如下公式：

用于表征最小网络半径，用于表征列车的通信超时时长，用于表征列车建立通信连接的最大时长，用于表征列车的系统制动反应时长，用于表征列车，用于表征列车的安全速度，用于表征预设的安全距离；用于表征列车所处线路的最大安全速度。

通信网络半径满足如下公式：

用于表征所述通信网络半径，用于表征预设的冗余距离。

需要说明的是，可以根据与当前列车建立车车直连网络的对端列车的信息做优化，以减小最小网络半径，达到节省网络资源的目的。预设的冗余距离用于确定建立车车直连网络的时间和距离，该冗余距离可根据运行状态进行优化。

在上述用于确定最小网络半径和通信网络半径的公式中，各项参数的确定需要考虑列车的运行方向、列车包络及实际轨道拓扑，保证列车安全性的前提下，提高车车直连网络的可用性。

列车T1对应的最小网络半径为，列车T2对应的最小网络半径为，列车T1对应的通信网络半径为，列车T2对应的通信网络半径为。如果没有覆盖到列车T2且没有覆盖到列车T1，则列车T1与列车T2不需要建立车车直连网络，如果没有覆盖到列车T2或没有覆盖到列车T1，则列车T1与列车T2需要建立车车直连网络。即，所有进入的列车都需要开始与列车T1建立车车直连网络。

图3是本申请一个实施例的列车间距离的示意图。如图3所示，由于列车T1与列车T2之间的距离大于列车T1对应的通信网络半径为及列车T2对应的通信网络半径为，所以列车T1与列车T2不建立第一逻辑信道。

图4是本申请另一个实施例的列车间距离的示意图。如图4所示，由于列车T1与列车T2之间的距离小于列车T1对应的通信网络半径为，且大于列车T1对应的最小网络半径为，所以列车T1与列车T2开始建立第一逻辑信道。

在本申请实施例中，位于同一第一逻辑信道中的列车可以进行列车之间的通信，进而基于列车之间的通信控制列车运行，如果列车基于第一逻辑信道所进行的列车间通信中断，需要保证列车之间具有足够的距离进行通信重连接，避免由于列车间通信中断而发生列车碰撞，保证了列车运行的安全性。

在一种可能的实现方式中，列车可以通过主物理信道或第三物理信道构建第二逻辑信道，进而列车可以通过第二逻辑信道与中心路由器进行通信。

主物理信道包括中心路由器和设置于轨旁的无线接入点，无线接入点与中心路由器通信连接，无线接入点可以与列车进行直接通信，中心路由器可以与地面系统进行通信。第三物理信道包括设置于轨旁的广播设备，广播设备可以与列车进行广播通信。因此，列车可以通过主物理信道或第三物理信道构建第二逻辑信道，进而可以通过第二逻辑信道与中心路由器进行通信。

在本申请实施例中，列车基于主物理信道或第三物理信道构建第二逻辑信道，列车通过第二逻辑信道可以广播消息，实现在列车与中心路由器之间传输报文，从而列车可以向中心路由器发送列车状态信息，列车还可以接收中心路由器发送的指令信息，实现列车运行控制。

需要说明的是，在主物理信道和第三物理信道均不可用时，列车也可以通过第一物理信道或第二物理信道构建第二逻辑信道。

在一种可能的实现方式中，列车可以通过主物理信道构建第三逻辑信道，列车通过第三逻辑信道可以与列车自动监控系统、轨道控制器和轨道元件控制器等进行通信。

在本申请实施例中，主物理信道由列车自动监控系统和其他轨旁系统共享，列车通过主物理信道可以构建第三逻辑信道，进而通过第三逻辑信道可以与列车自动监控系统、轨道控制器和轨道元件控制器等地面设备进行通信，实现道岔等的控制，保证列车基于第三逻辑信道便可以正常运行。

在一种可能的实现方式中，列车可以根据主物理信道和各备用物理信道的可用性，确定列车的网络级别，进而列车根据网络级别，按照相对应的运行策略进行运行。

在本申请实施例中，主物理信道和各备用物理信道用于不同类型的通信，其中的不同物理信道不可用时，会对列车的通信产生不同程度的影响，因此列车可以根据主物理信道和各备用物理信道的可用性，确定列车的网络级别，进而根据网络级别采取相对应的运行策略，在保证列车运行安全性的前提下，提高列车运行的效率。

可选地，定义网络级别0至网络级别4。网络级别0为基础级别，此时列车的主物理信道和各备用物理信道据不可用，列车需要紧急制动。网络级别1为救援级别，此时列车仅能够使用第一物理信道，列车不能自动移动，列车的控制权限仅能由人工或与其进行列车之间通信的其他列车授予。网络级别2为列车的主物理信道和第三物理信道不可用，列车不能自动设置路线，列车只能通过与其进行列车之间通信的其他列车控制轨道元素，同时广播网络的通信效果也会受到影响，出于安全原因，位于该列车的第一逻辑信道中的各列车需要降低速度并增加车头时距。网络级别3为监督级别，此时列车的主物理信道和第三物理信道中的一个不可用，在该网络级别列车通过正常运行策略运行，因为各逻辑信道仍可正常运行，但出现故障的物理信道需要尽快修复。网络级别4为列车的主物理信道和各备用物理信道均可正常使用，或者第一物理信道和第二物理信道中的部分或全部发生故障，此时列车通过正常运行策略运行。

下面基于上述实施例中的列车通信方法，对列车通信的部分应用场景进行说明。

图5是本申请一个实施例提供的列车线路拓展方法的流程图。如图5所示，列车线路拓展方法500包括如下步骤：

步骤501、列车注册其列车信息和位置，并进行时钟同步。

当列车进入线路运行时，列车需要以广播的方式优先通过广播网发送注册信息给所有列车，以注册列车信息和位置，使其他列车获得列车进入线路运行的相关信息。列车还将通过广播进行时钟同步，以保证通信和列车运行控制的时效性。

步骤502、列车获取包括各列车位置信息的注册表。

列车可以通过广播网络和协议下载或者更新注册表，或者可以向各列车广播注册表。注册表的有效性与网络类型、可信连接占有效连接的百分比及列车状态等多个因素相关，通过对网络类型、可信连接占有效连接的百分比及列车状态等进行融合计算，可以确定注册表的有效性。比如，对于网络类型对注册表有效性的影响优先级，车车直连网络大于车地网络（列车与地面系统件的通信网络），车地网络大于广播网络。对于列车状态对注册表有效性影响的优先级，精确定位的列车大于模糊定位的列车，模糊定位的列车大于降级运行的列车。

步骤503、列车进行模糊定位。

列车通过三点定位法进行模糊定位。列车的模糊定位能力由列车之间通信的协议、广播协议和基带协议提供。列车可以通过与其通信的列车的位置、轨旁的中继设备、无线天线等进行测距，进而根据测距结果，通过三点定位法进行模糊定位。其中，第二物理信道包括的中继设备具有测距功能，中继设备检测到的与列车之间的距离，可用于列车通过三定定位法进行模糊定位。

由于列车刚上线运行时并不确定其所处的位置，通过模糊定位可以减少列车位置的不确定性，减小对其他列车的影响。列车进行模糊定位后，由于还不能确定列车的准确位置，所以列车不能全速行驶。

步骤504、列车进行准确定位。

列车开始行驶后，列车可通过视觉设备、无线测距设备等进行融合定位，以实现列车的精确定位。

步骤505、列车构建第一逻辑信道。

当前列车确定其对应的通信网络半径R1，基于R1确定通信区域，位于该通信区域内的所有列车与当前列车建立第一逻辑信道，与当前列车建立第一逻辑信道内的各列车会向当前列车进行注册。

步骤506、第一逻辑信道中的列车进行通信，确定路线优先级。

列车构建第一逻辑信道后，位于第一逻辑信道中的各列车进行通信，确定每个列车的线路优先级，线路优先级用于指示各列车通过相应区段的先后顺序。

步骤507、列车根据路线优先级，设置并锁定轨道元件。

列车根据路线优先级，设置并锁定相应路线上的轨道元件，比如道岔等，保证轨道元件在列车通过是不会被其他列车设置，并保证列车向目标方向行驶。

步骤508、列车通过路线。

列车设置并锁定相应路线上的轨道元件后，通过相应路线。

图6是本申请一个实施例提供的列车救援方法的流程图。如图6所示，列车救援方法600包括如下步骤：

步骤601、列车仅能够通过第一物理信道进行通信。

当列车无法通过主物理信道、第二物理信道和第三物理信道进行通信时，列车仅能够通过第一物理信道进行列车之间的通信。

步骤602、列车在广播网络中丢失。

由于列车无法通过主物理信道和第三物理系统进行通信，所以列车无法通过广播网络发送位置信息或将位置信息发送给中心路由器，导致列车位置丢失。

步骤603、列车进行紧急制动。

列车位置丢失后，列车无法确定前方是否有其他列车，存在发生列车碰撞的风险，所以列车进行紧急制动。

列车位置丢失的判断，可基于列车本身收到的信息的融合处理结果，比如大部分列车无法提供一列车的定位信息时，可确定该列车位置丢失。

步骤604、其他列车寻找位置丢失的列车。

当一个列车位置丢失后，其他列车开始寻找该列车。如果位置丢失列车的第一逻辑信道未发生故障，则第一逻辑信道中的列车开始寻找该位置丢失的列车。如果位置丢失列车在位置丢失之前没有构建第一逻辑信道，则通知相关区域内的列车查找位置丢失的列车。通过逐步缩小列车的丢失区域，进而使用多点定位法找到位置丢失的列车。

步骤605、进入列车丢失区域的列车降速行驶。

在列车位置丢失后，进入该列车丢失区域的其他列车需要降低速度，避免速度过大而制动距离不够，导致列车碰撞事故的发生。

步骤606、找到位置丢失列车的列车生成移动权限，引导位置丢失列车行驶。

当一个列车找到位置丢失的列车后，该列车使用第一物理信道生成移动权限，引导位置丢失列车到达车站或修复轨道。找到位置丢失列车的列车和位置丢失列车在行驶的过程中保持相应的安全距离，并按照特定的速度等速行驶。

需要说明的是，上述列车救援方法适用于无司机有人值守下列车自动驾驶系统（Driverless train operation，DTO）和无人值守下的列车自动驾驶系统（Unattended train operation，UTO）。

图7是本申请一个实施例提供的电子设备的示意图，本申请具体实施例并不对电子设备的具体实现做限定。参见图7，本申请实施例提供的电子设备700包括：处理器(processor)702、通信接口(Communications Interface)704、存储器(memory)706、以及通信总线708。其中：

处理器702、通信接口704、以及存储器706通过通信总线708完成相互间的通信。

通信接口704，用于与其它电子设备或服务器进行通信。

处理器702，用于执行程序710，具体可以执行前述任一列车通信方法实施例中的相关步骤。

具体地，程序710可以包括程序代码，该程序代码包括计算机操作指令。

处理器702可能是中央处理器CPU，或者是特定集成电路ASIC（Application Specific Integrated Circuit），或者是被配置成实施本申请实施例的一个或多个集成电路。智能设备包括的一个或多个处理器，可以是同一类型的处理器，如一个或多个CPU；也可以是不同类型的处理器，如一个或多个CPU以及一个或多个ASIC。

存储器706，用于存放程序710。存储器706可能包含高速RAM存储器，也可能还包括非易失性存储器（non-volatile memory），例如至少一个磁盘存储器。

程序710具体可以用于使得处理器702执行前述任一实施例中的列车通信方法。

程序710中各步骤的具体实现可以参见前述任一列车通信方法实施例中的相应步骤和单元中对应的描述，在此不赘述。所属领域的技术人员可以清楚地了解到，为描述的方便和简洁，上述描述的设备和模块的具体工作过程，可以参考前述方法实施例中的对应过程描述，在此不再赘述。

通过本申请实施例的电子设备，列车优先使用主物理信道进行列车之间及列车与地面系统之间的通信，当列车通过主物理信道无法与其他列车及地面系统进行通信时，列车根据各备用物理信道的可用性和优先级，通过可用的备用物理信道进行列车之间及列车与地面系统之间的通信，由于主物理信道和备用物理信道包括用于车车通信的物理信道，进而列车可通过备用物理信道进行降级运行，基于用于车车通信的物理信道可以解决通信延迟问题，而基于备用物理信道可以解决列车的降级处理问题，因此能够在解决通信延迟较大问题的同时，方便对列车进行降级处理。

本申请还提供了一种计算机可读存储介质，存储用于使一机器执行如本文所述的列车通信方法的指令。具体地，可以提供配有存储介质的系统或者装置，在该存储介质上存储着实现上述实施例中任一实施例的功能的软件程序代码，且使该系统或者装置的计算机（或CPU或MPU）读出并执行存储在存储介质中的程序代码。

在这种情况下，从存储介质读取的程序代码本身可实现上述实施例中任何一项实施例的功能，因此程序代码和存储程序代码的存储介质构成了本申请的一部分。

用于提供程序代码的存储介质实施例包括软盘、硬盘、磁光盘、光盘（如CD-ROM、CD-R、CD-RW、DVD-ROM、DVD-RAM、DVD-RW、DVD+RW）、磁带、非易失性存储卡和ROM。可选择地，可以由通信网络从服务器计算机上下载程序代码。

此外，应该清楚的是，不仅可以通过执行计算机所读出的程序代码，而且可以通过基于程序代码的指令使计算机上操作的操作系统等来完成部分或者全部的实际操作，从而实现上述实施例中任意一项实施例的功能。

此外，可以理解的是，将由存储介质读出的程序代码写到插入计算机内的扩展板中所设置的存储器中或者写到与计算机相连接的扩展模块中设置的存储器中，随后基于程序代码的指令使安装在扩展板或者扩展模块上的CPU等来执行部分和全部实际操作，从而实现上述实施例中任一实施例的功能。

本申请实施例还提供了一种计算机程序产品，所述计算机程序产品被有形地存储在计算机可读介质上并且包括计算机可执行指令，所述计算机可执行指令在被执行时使至少一个处理器执行上述各实施例提供的列车通信方法。应理解，本实施例中的各方案具有上述方法实施例中对应的技术效果，此处不再赘述。

需要说明的是，上述各流程和各系统结构图中不是所有的步骤和模块都是必须的，可以根据实际的需要忽略某些步骤或模块。各步骤的执行顺序不是固定的，可以根据需要进行调整。上述各实施例中描述的系统结构可以是物理结构，也可以是逻辑结构，即，有些模块可能由同一物理实体实现，或者，有些模块可能分由多个物理实体实现，或者，可以由多个独立设备中的某些部件共同实现。

以上各实施例中，硬件模块可以通过机械方式或电气方式实现。例如，一个硬件模块可以包括永久性专用的电路或逻辑（如专门的处理器，FPGA或ASIC）来完成相应操作。硬件模块还可以包括可编程逻辑或电路（如通用处理器或其它可编程处理器），可以由软件进行临时的设置以完成相应操作。具体的实现方式（机械方式、或专用的永久性电路、或者临时设置的电路）可以基于成本和时间上的考虑来确定。

上文通过附图和优选实施例对本申请进行了详细展示和说明，然而本申请不限于这些已揭示的实施例，基与上述多个实施例本领域技术人员可以知晓，可以组合上述不同实施例中的代码审核手段得到本申请更多的实施例，这些实施例也在本申请的保护范围之内。