

基于多智能体技术的 CTC 调度集中系统仿真自律设计研究

龙真真,王锐东

(湖南高速铁路职业技术学院,湖南 衡阳 421002)

摘要:“信息集中,控制分散”,具有自律性,是分散自律调度集中系统的突出特征,也是其区别于传统调度集中系统的突出优点。调度集中系统是指行车调度员在调度中心集中控制和监视所管辖区段内各车站信号设备,统一调度和指挥列车运行的遥控、遥信系统,是铁路运输的指挥中心。分散自律调度集中系统具有智能化的特点,文章将运用(Multi-agent)多智能体技术,对分散自律调度集中仿真系统的自律设计模块进行探讨,并建立了列车运行指挥仿真模型,为后续的研究奠定基础,同时,本文研究的调度集中仿真实训平台深入列车调度的现实需求,在现代仿真实现技术的支撑下,拟在开发出投入实际应用的 CTC 调度仿真虚拟实验和培训环境,有效解决一般站段和铁路院校培训实训不完善的难题,具有一定的现实意义。

关键词:多智能体;调度集中;自律控制

中图分类号:U284.59

文献标识码:A

文章编号:2096-9759(2023)06-0191-04

Research on the design of decentralized and autonomous dispatching centralized system simulation and autonomous control based on Multi-Agent Technology

LONG Zhenzhen, WANG Ruidong

(Hunan Technical College of Railway High-speed, Hengyang 421002, China)

Abstract:“Centralized information and decentralized control”, with self-discipline, is the prominent feature of decentralized and self-regulatory centralized dispatching system, and is also its outstanding advantage different from traditional centralized dispatching system. The centralized dispatching system refers to the remote control and remote signaling system that the train dispatcher centrally controls and monitors the signal equipment of each station in the section under the jurisdiction of the dispatching center, and uniformly dispatches and commands the train operation. It is the command center of railway transportation. Decentralized and autonomous centralized dispatching system has the characteristics of intelligence. This paper will use multi-agent technology to discuss the autonomous design module of decentralized and autonomous centralized dispatching simulation system, and establish a train operation command simulation model to lay the foundation for subsequent research. At the same time, the centralized dispatching simulation training platform studied in this paper goes deep into the actual needs of train dispatching, and is supported by modern simulation implementation technology. It is planned to develop the CTC dispatching simulation virtual experiment and training environment for practical application to effectively solve the problem of imperfect training in general stations and depots and railway colleges, which has certain practical significance.

Key words:Multi-agent; Centralized scheduling; Autonomous control

1 引言

在国内,调度集中仿真领域是针对特定的领域需求展开的,在铁路运输和城市轨道交通中都取得了一定的进步,这方面研究在列车时刻表和运行图、联锁和闭塞、列车运行及组织实验环境、调度集中、列车运行控制等方面研究不同调度仿真系统的设计与实现方法,取得了一定的理论和技术突破,在国外,仿真理论和技术主要用于解决一些局部问题,也有相应的应用系统研发成功,各国探讨了仿真在铁路领域中的应用,将仿真大多应用于铁路路网能力仿真、客运线网优化仿真、车辆结构仿真、轮轨关系仿真方案比较等专题仿真研究方面,并且取得了了一定的成果和经济效益。纵观国内外的研究现状,发现虽然取得了一定的成果,但在仿真系统应用集成化、智能化、规模化等方面还有许多完善的空间。

现代科学技术的进步,计算机、人工智能技术的高度发展,电子化、网络化逐渐成为了调度集中系统的发展方向。实时性、自主性和适应性是多智能体技术的突出优点,因此非常适

用于模拟铁路行车动态性和复杂性的要求,因此将 Multi-agent 技术应用于 CTC 系统的仿真研究显得非常必要和有意义。它具有自治性强、反应快、能动性高和社交性好的特点,因此,非常适合解决调度集中列车与调车作业计划的冲突,实现列、调车之间的统一智能控制。相比传统调度集中系统更具智能化、网络化、分散处理化的特点,提高系统的可操作性和安全性。本文将主要对车务仿真自律控制的设计进行探讨。

2 多智能体技术(MAT, Multi-Agent System)

Agent 本来含义为代理商,在计算机和人工智能领域,被称之为智能体,用来形容计算机的智能行为。在生活中,很多东西都可以描述为智能体,将很多单个的智能体(Agent)组合在一起,构成一个系统,则构成多智能体系统,它是一个庞大而复杂的系统,彼此各部分之间相互通信与协调,共同协作。多智能体系统(Multi-Agent System)具有自治、能动、社交、反应四个特性。能够通过系统使用学习、推理和其他一些技术来分析各种信息和知识,同时感知外界的情况,进而自动做出反应。

收稿日期:2023-03-04

作者简介:龙真真(1988-),女,湖南衡阳人,本科,讲师,主要研究方向为铁道信号自动控制;王锐东(1986-),男,湖南衡阳人,硕士,讲师,主要研究方向为计算机技术。

3 调度集中系统的功能

铁路运输工作点多、线长、生产连续性强、时间要求精准、各环节联系紧密,涉及到车、机、工、电、辆等多个部门,同时受人、车、天、地、图、规等多方因素影响,为使铁路运输系统能够持续、均衡、高效地运转,要求各子系统、各作业点有机配合,

有序动作,为此,我国铁路对其日常生产活动实行分散控制,集中管理,通过分散自律,可以协调调车与列车作业的矛盾,既提高了运输效率,又保证了安全,在铁路运输组织工作中,各级运输部门都建立了相应的调度机构,分别完成一定范围内的日常运输组织指挥工作。列车作业流程图如图 1 所示。

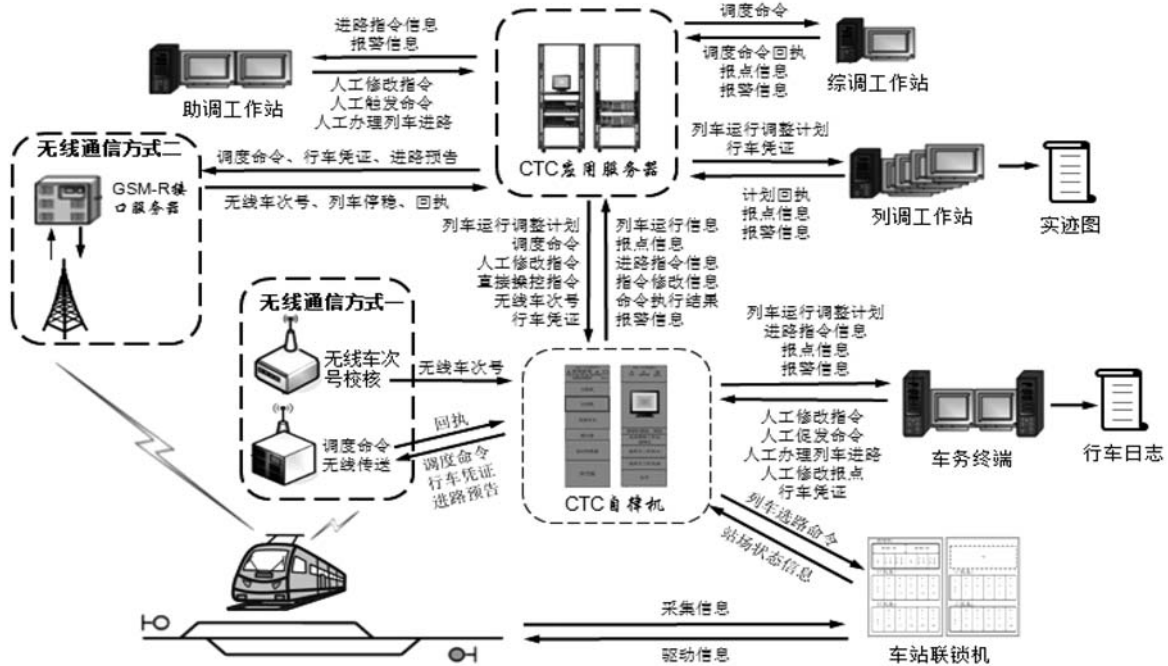


图 1 列车作业流程图

4 车务仿真自律控制设计

CTC 系统的智能性主要体现为自律控制,它通过将调度中心发来的阶段计划转化为对车站计算机联锁系统的控制命令,实现对现场进路、信号、道岔等的控制。

4.1 CTC 自律控制功能分析

铁路运输生产组织模式是一个复杂的联动机构,它分工明确、点多面广、连续性和动态性强,其生产过程要求各单位和各工种必须服从高度集中、同一指挥、动态调整、实时监控的工作原则和方式,调度集中系统在其中担当列车组织指挥的职能。

分散自律调度集中系统采用铁路总公司、铁路局、车站三级调度指挥机构,主要包括中心和车站两大模块,铁路运输调度工作,就是铁路日常运输的组织指挥工作,对于整个运输生产过程,各级调度机构编制与执行日常工作计划,都是对列车运行进行不断的指挥与监督,以使全路能够连续、均衡、合理、质量良好地进行运输生产。

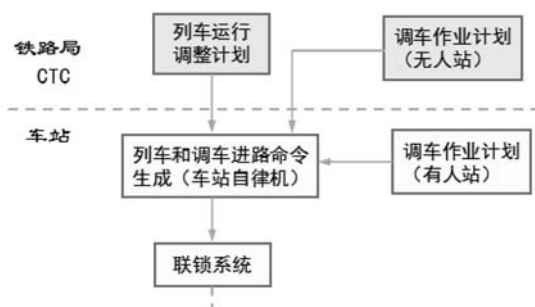


图 2 分散自律控制原理

分散自律调度集中系统的自律控制功能主要包括列车进路控制和调车进路控制两大部分:

列车进路控制:在自动控制状态时,自律机按照接收到的阶段计划,自动排列列车进路,当安排不合理或出现冲突时,给出报警,提示人工进行修改,当存在延续进路或变更进路时,自律机自动排列延续进路和基本进路。当然人工也可以修改计划中的股道。

调车进路控制:在分散自律控制状态下,系统首先检查将要办理的调车进路与列车进路是否存在冲突,如有冲突,给出报警提示,若车站一定要直接办理有冲突的调车进路,在输入预计进路需要占用的时段后才能办理。如检查没有冲突,可直接办理。调车进路办理之后,会随列车计划的变化自动调整,实现自律智能控制。

4.2 列车进路自律控制设计

参照实际分散自律调度集中系统,车务终端智能体 Agent 有如下三种列车进路的排列方式。

手动办理:运用传统的继电联锁按压始终端按钮办理进路的选路方式,在计划临时变更或调整的情况下,能快速排出进路,这种方法也同样适用于车站联锁系统的 Agent。

人工触发:人工触发其实就是人工干预,也就是当特殊情况需要人工调整时,人工触发进路命令,实现人工干预。

自动触发:大部分的进路办理都为自动触发方式,这种出发方式依据阶段计划和列车的实际位置,自动发出进路命令,同时,需要办理、正在办理、以及已经办理的进路在数据库中进行了设置和存储,但任何进路命令的下达都首先需要进行合理性、实时性、和无冲突三个方面的检查,最重要的检查是无冲突性检查。

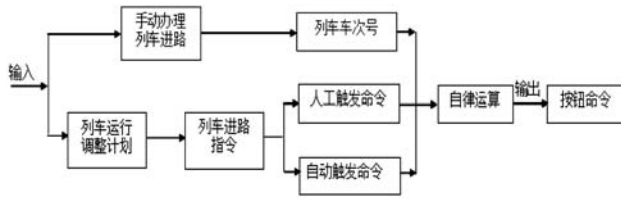


图3 列车进路控制方式示意图

4.3 调车进路自律控制设计

“列车作业优于调车作业。”因此,在列车作业与调车作业无论在时间上还是空间上都没有冲突时,才能排列办理调车进路。

调车作业不得干扰列车作业的原则,在车务终端 Agent 进行调车进路计划控制时也须遵从。为了提高效率,为办理调车进路创造条件,得出列车列车作业的空档非常关键,而这就需要依靠系统的自律功能,它可以根据实时下达的阶段计划、列车进路状态和列车实时位置的信息,计算列车进路建立及解锁时间,得出列车空档时间。

实际分散自律调度集中系统根据一些参数(如:机车类型、行程长度、允许速度等)为调车作业分别建立相应的数据库。在研究仿真系统时,为了方便简化设计,车务终端 Agent 设计根据行程长度完成调车作业时刻的估算。在对调车作业进行自律控制时,首先根据接收到的阶段计划获取列车作业的空档时间,在这之后查好调车作业的时段,同时根据作业计划进行自律检查,最终排出与列车进路无冲突的调车进路。

4.4 构建进路仿真模型

建立进路等逻辑对象仿真模型,模拟进路的构成、属性、状态以及行为动作,如进路包含道岔、敌对信号、控制信号等进路属性仿真,进路预先锁闭、接近锁闭、自动解锁等状态仿真,进路建立时的选岔、锁闭、开放信号、取消等行为动作仿真。

基于面向对象的建模方法,进路模型包含有如下属性:

- (1)名称:名称、类型;;
- (2)状态属性:进路方向、进路状态;
- (3)与其他设备关系:道岔相关设备、敌对信号、敌对进路、控制信号、所属车站;
- (4)按钮:进路开始结束按钮;
- (5)与移动设备关系:占用进路设备。

进路模型包含有如下相关功能:发生故障与恢复故障功能;选岔、道岔转换功能;开放关闭信号功能;锁闭、取消、解锁功能;分析、设置、输出相关信息功能,进路模型结构示意图如图4所示。

4.5 构建调车作业计划优化模型

阶段计划是由调度员通过铁路局控制中心下发到各车站的自律机,车站值班员负责实行,没有对内容的修改权限。对计划内容的修改没有权限。但在进行调车作业时,车站值班员可以执行 CTC 下发的命令,也可以编制调车作业计划命令,好的合理的调车作业计划能使车站作业是更高效,更有序的运行。虽然高速铁路调车作业量少,但却对正点率和速度都要求比较高,在高峰时段,空档少且段,能用于调车作业的时间和机会都将更少,同时,调车作业计划安排的合理与否也将影响列车是否能正点到达,列车与调车是否冲突等。因此,有必要在现有分散自律调度集中自律控制的基础上,通过计算协调列车、调车作业之间的冲突,构建分散自律调度集中系统调车作业计划优化模型。

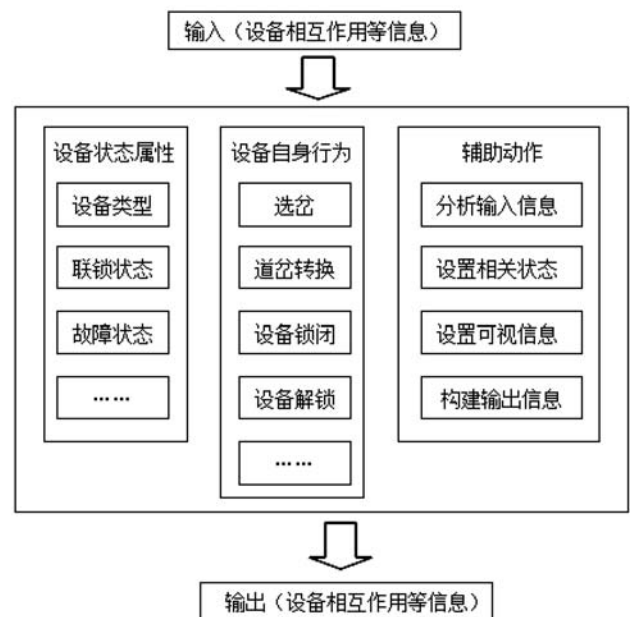


图4 进路模型结构

4.6 构建列车运行组织指挥仿真模型

列车运行组织指挥模块通过操纵协调车站区间设备仿真,移动设备仿真、列车运行计划及运行图等模块,结合调度员的实际操作实现铁路列调度指挥模拟过程,列车运行组织指挥仿真框架设计时,需满足下列原则与要求:

- (1)在设定的实验条件下能够稳定的运行,保证仿真过程的实现;
- (2)系统能够提供令人满意的仿真实验环境和教学训练条件;
- (3)提供和其他系统连接的接口,使系统既能独立运行,又能和其他系统协调配合共同完成实验研究和教学;
- (4)对于系统操作人员和维护人员提供易于理解的人-机交互界面和辅助功能,提高系统人-机协调配合程度;
- (5)对于系统中出现的问题能提供实时有效的检测手段,保障迅速恢复系统的正常运行。

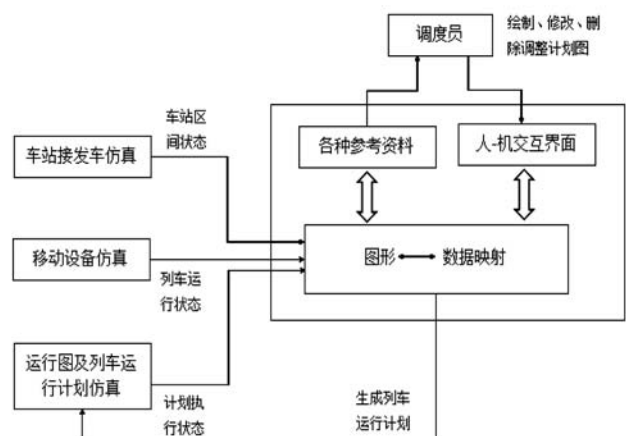


图5 列车运行组织指挥仿真模型

列车运行组织指挥仿真模型具有调整计划的自动生成、修改、执行等功能,它根据接受的列车运行实绩信息,按照一定的方法自动产生列车运行调整计划,调整计划的执行,分为两种模式,一种为对应调度监督模式,系统把调度员确认后的调整计划编译为控制信息,传递到各个车站,再由车站完成列车

智能城域网基于 EVPN VPWS 的固网综合业务 承载实践与优化

姜国春

(中国联合网络通信有限公司孝感市分公司,湖北 孝感 432000)

摘要: EVPN 是 ALL IN ONE 的 VPN 解决方案,以协议简化促进网络简化,是构建联通智能城域网的基础技术。2022 年以来,联通某地市分公司作为全省的试点,搭建 100G 的 MAR 环,分三种场景进行业务开通实验,通过开展技术攻关圆满解决 IPTV 组播在 EVPN VPWS 通道承载的难题,成功在智能城域网上实现对固定综合业务的承载。

关键词: 智能城域网; EVPN; 固网; 业务

中图分类号: TN913

文献标识码: A

文章编号: 2096-9759(2023)06-0194-04

Practice and Optimization of carrying fixed network integrated service based on EVPN VPWS in Smart MAN

JIANG Guochun

(Xiaogan Branch of China United Network Communications Co., Ltd Hubei province, Xiaogan City, 432000, China)

Abstract: EVPN is a VPN solution for ALL IN ONE, Promoting Network Simplification with Protocol Simplification. IT is the basic technology for building Unicom's Smart MAN. Since 2022, A prefecture-level branch of Unicom as a pilot in the province, has built a 100G MAR ring and carried out business opening experiment in three scenarios. Through the development of technical breakthroughs to successfully solve the problem of IPTV multicast bearer on EVPN VPWS channels, Successfully implemented the carrying of fixed integrated services in the Smart MAN.

Key words: Smart MAN; EVPN; Fixed network; Service

1 引言

智能城域网是中国联通推出的新一代承载网络。当前联通承载家庭宽带和政企互联网专线的网络是 IP 城域网, 承载 3G/4G 移动基站回传的网络是 IPRAN, 承载固网语音的网络

是 CUIN 网, 承载移动业务的网络是 IP 承载 B 网和本地 CE 网络, 多张 IP 网并存, 在设备的选型、协议的使用、自治域的规划上不可避免地存在各自为政的现象, 这增加了网络管理的复杂度, 导致跨网业务开通时间长、新业务应用支撑乏力。随着

收稿日期: 2023-03-03

作者简介: 姜国春(1973-), 男, 湖北孝感人, 本科学历, 工程师, 研究方向: IP 网络的规划、维护和优化, 云计算。

的控制, 另一种对应调度集中, 模块把调度员确认后的调整计划编译后自动执行, 发出相应的控制命令操纵车站联锁设备。

5 结语

本文阐述了分散自律调度集中系统列车、调车进路自律控制功能, 通过对自律功能的分析, 提出运用多智能体 Agent 对列车进路控制及调车进路控制进行分析与设计, 并提出了构建调车作业计划优化模型, 进路模型、列车运行组织指挥仿真模型, 为后续设计和实现一套建立在相似性原理基础上的调度集中仿真系统奠定基础, 以更好地为铁路管理科学研究搭建可靠的基础平台, 更好地为铁路及各院校培训服务。

参考文献:

- [1] 李鹏. 新一代分散自律调度集中系统技术(三)[J]. 铁道通信信号, 2004, 40(12): 43-45.
- [2] 黄殿元. 基于 MAS 的多站协同高速铁路车务仿真实训系统的研究和实现[D]. 北京: 北京交通大学, 2017.
- [3] 湖南高至科技有限公司. 面向多智能体仿真建模的仿真方法、装置、设备和介质: CN202111417426.3[P]. 2021-12-24.
- [4] 刘文博, 易海旺, 开祥宝等. 青藏铁路通信信号系统接口技术的研究《中国铁道科学研究院通信信号研究所(通号所)

建所 60 周年学术报告会》, 2010-03-01.

- [5] 许诚. 铁路行车调度集中系统中的自动控制问题研究. 同济大学交通运输工程学院, 博士(专业: 交通运输规划与管理), 2009.
- [6] 任伟. CTC 中心系统结构与功能分析. 《城市建设理论研究(电子版)》. 2012-11-25.
- [7] 李志杰. 调度集中系统中提高调车作业效率的智能化算法[D]. 北京交通大学, 2006.
- [8] 林忠, 杨光. 分散自律调度集中网络管理的探讨[J]. 铁道通信信号, 2008(01): 13-15.
- [9] 高峰, 段晓磊, 孙国华. CTC 系统列车进路数据分析及自动校验方法研究[J]. 铁道通信信号, 2019, 55(06): 6-10.
- [10] 程钢. 分散自律调度集中模拟仿真系统(CTC)设计的可行性分析[J]. 科技信息, 2011(31): 86+88.
- [11] 郝瑞琴, 杨文琪. 分散自律调度集中系统(CTC)分析与设计研究[J]. 电气传动自动化, 2006(06): 22-25.
- [12] 张殿业, 陈刚, 高四维, 金键. 铁路运输——列车调度仿真系统[M]. 北京: 中国铁道出版社, 2004.
- [13] 张健. 调度集中系统进路搜索的研究与设计[D]. 北京交通大学, 2009.