

LKJ 临时限速调度命令无线上车接入 GSM-R 网络方案

王丹¹ 林佳欣¹ 刘海军²

1. 国能朔黄铁路机辆分公司 河北沧州 062550; 2. 湖南中车时代通信信号有限公司 湖南株洲 412001

DOI:10.12238/ems.v7i6.13872

[摘要] 为解决普速铁路 LKJ 系统临时限速调度命令人工控速的安全隐患, 本研究提出基于 GSM-R 网络的 LKJ 临时限速调度命令无线上车方案。通过构建车载设备、车地通信网及地面设备组成的系统架构, 实现临时限速调度命令的数字化传输与机控, 提升铁路行车安全。本文详细阐述系统结构、功能、业务流程、通信协议及网络安全设计, 为 LKJ 技术升级提供技术支撑。

[关键词] LKJ; 临时限速; GSM-R; 无线上车; 铁路安全

1 引言

普速铁路是我国铁路网的重要组成部分, 承担着大量的客运及几乎全部货运任务。目前, 普速铁路列车运行安全控制车载设备采用列车运行监控装置 (LKJ) + 机车信号相结合的方式, 其中 LKJ 是实现列车运行安全防护的主体设备, 已装用在全路 2 万余台机车和 1 千余列动车组上。当前, 铁路在国家高质量发展战略引领下, 对行车安全和装备发展提出了更高要求。由于 LKJ 开发年份较早, 限于当时理念的差异和限制, LKJ 在地面配套支撑方面相对不足, 实际运用中也

存在一些问题, 其运行揭示调度命令 (有计划) 外的临时限速调度命令未纳入 LKJ 控制, 而是由乘务员人工操纵列车控速, 人为因素影响大, 存在严重的安全隐患。为落实国家高质量发展战略对铁路行车安全的要求, 国铁集团及朔黄铁路公司通过科研课题专项研究, 旨在实现 LKJ 对临时限速调度命令的全流程机控, 消除人为因素干扰。

2 系统架构

2.1 总体框架

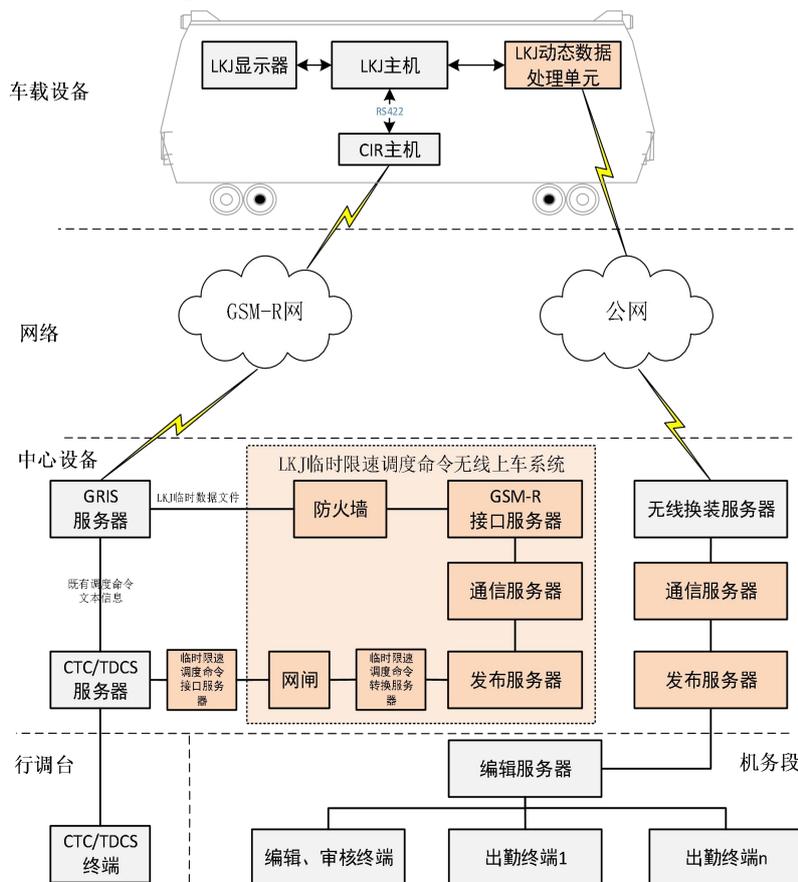


图 1 系统总体框架图

系统由车载设备、车地通信网、地面设备组成。如图1所示。

1) 车载设备由LKJ主机(升级更换主机插件)、LKJ显示器、LKJ主机(双路RS422)、CIR主机(双路RS422)组成。

2) 车地通信网采用GSM-R网和移动公网(4G/5G),其中GSM-R网络利用既有调度命令传输通道(GRIS服务器-G网),移动公网复用即有LKJ车载数据无线换装车地通道。

3) 地面设备由CTC/TDCS系统、GRIS、LKJ车载数据无线换装等服务器、临时限速调度命令转换服务器、临时限速调度命令接口服务器、发布服务器、通信服务器、GSM-R接口服务器、网闸和防火墙。其中临时限速调度命令转换服务器、临时限速调度命令接口服务器、发布服务器、通信服务器、GSM-R接口服务器、网闸和防火墙为新增设备。

2.2 地面系统设备

复用LKJ车载数据无线换装系统的网络安全防护设备。新增临时限速调度命令转换、接口、发布、通信服务器及GSM-R接口服务器、网闸、防火墙。CTC系统与LKJ系统通过铁路专用网闸实现物理隔离,GRIS服务器与LKJ系统通过专用防火墙防护。

2.3 车载系统设备

CIR主机: 复用既有设备,升级程序以接收GSM-R网络传输的LKJ临时数据文件,并转发至LKJ主机。

LKJ主机: 改造升级主机插件,实现临时限速命令的机控功能。

3 系统功能设计

3.1 临时限速调度命令接口服务器

CTC系统内的编辑终端进行编辑拟定,临时限速调度命令接口服务器负责将拟定的数字化信息提供给临时限速调度命令转换服务器,同时实现CTC/TDCS系统与LKJ临时限速调度命令无线上车系统隔离。

3.2 网闸(安全隔离与信息交换系统)

安全隔离与信息交换系统,负责调度指挥系统(CTC/TDCS)与LKJ临时限速调度命令无线上车系统接口安全隔离与信息交换。

部署在区域业务边界接口位置,起到物理隔离作用,对区域间数据交互进行安全检查和过滤,可基于协议类别、IP地址、端口号识别数据是否合法,并对非法数据予以阻断,保证系统内不同区域间数据通信的安全防护,从而达到网络层主动防御的效果。网闸具有内外核机隔离,由内端机、外端机和专有隔离硬件组成。内端机和外端机各自具有独立主

板、独立总线、独立的存储和计算单元。内外端之间不通过线缆直连,只能通过专有隔离硬件连接。

3.3 临时限速调度命令转换服务器

将临时限速调度命令接口服务器发送过来的临时限速调度命令数字化信息进行信息验证,同时生成LKJ临时揭示,并将转换结果回执给CTC系统确认闭环。

3.4 发布服务器

发布服务器负责对临时限速调度命令转换服务器生成LKJ临时数据文件的安全存储,并发送至通信服务器。

3.5 通信服务器

通信服务器负责将需要上传的LKJ临时数据文件发送至GSM-R接口服务器。

3.6 GSM-R接口服务器

GSM-R接口服务器负责将LKJ临时数据文件发送至GRIS服务器,再由GRIS服务器通过GSM-R网络发送至CIR车载主机。

3.7 防火墙

防火墙负责GRIS服务器与LKJ临时限速调度命令无线上车系统接口安全隔离与信息交换。

3.8 GRIS服务器

GRIS服务器负责按CIR车地通信协议和业务规则将LKJ临时数据文件上传至CIR车载主机,同时负责将CIR车载主机的信息回执至地面。

3.9 CIR车载主机

CIR车载主机负责通过GSM-R网络从GRIS服务器接收地面发送的LKJ临时数据文件,并转发至LKJ主机;同时负责将LKJ临时数据文件签收信息回执至地面。

4 业务流程设计

4.1 系统业务流程

CIR车载主机通过GSM-R与地面GRIS服务器互连,GRIS服务器通过防火墙等网络安全设备与部署在CTC机房的GSM-R接口服务器互连。GSM-R接口服务器、通信服务器、发布服务器和临时调度命令接口服务器仅与CTC系统和GRIS服务器互连,不与其它任何网络互连。

4.2 临时限速调度命令下达与回执

临时限速调度命令由CTC系统内的编辑终端进行编辑拟定,将拟定的数字化信息提供给LKJ临时限速调度命令无线上车系统。LKJ临时限速调度命令无线上车系统进行信息验证和同时生成LKJ临时数据文件,并将转换结果提供给CTC系统确认。

LKJ主机在当前车站变化时,向LKJ临时限速调度命令

无线上车系统申请 LKJ 临时数据文件, 由 LKJ 临时限速调度命令无线上车系统依据 LKJ 车站信息, 提取对应车站的 LKJ 临时数据文件, 通过 GIRS 服务器发送至车载设备, 车载设备接收到 LKJ 临时数据文件后, 发送 LKJ 签收回执信息原路返回至 CTC/TDCS 系统。

4.3 GSM-R 铁路专网数据流程

下行数据: CTC 临时限速编辑终端(临时限速调度命令)→临时限速调度命令接口服务器(临时限速调度命令)→网闸→临时限速调度命令转换服务器(LKJ 临时数据文件)→发布服务器(LKJ 临时数据文件)→通信服务器(LKJ 临时数据文件)→GSM-R 接口服务器(LKJ 临时数据文件)→防火墙(LKJ 临时数据文件)→GRIS 服务器(LKJ 临时数据文件)→GSM-R 网络(LKJ 临时数据文件)→CIR 主机(LKJ 临时数据文件)→LKJ 主机(LKJ 临时数据文件)。

上行数据: LKJ 主机(签收命令)→CIR 主机(回执确认信息/活动性检测信息)→GSM-R 网络(回执确认信息/活动性检测信息)→GRIS 服务器(回执确认信息/活动性检测信息)→防火墙(回执确认信息/活动性检测信息)→GSM-R 接口服务器(回执确认信息/活动性检测信息)→通信服务器(回执确认信息/活动性检测信息)→发布服务器(回执确认信息/活动性检测信息)→临时限速调度命令转换服务器(回执确认信息/活动性检测信息)→网闸→临时限速调度命令接口服务器(回执确认信息/活动性检测信息)→CTC 临时限速编辑终端(回执确认信息)。

4.4 系统活动性检测信息

系统车载活动性检测在 CIR 与 LKJ 主机实现, LKJ 主机以 60 秒为周期或 LKJ 越过信号机时发送。每个活动性检测信息 32 字节。

系统车载与地面之间的活动性检测直接复用 CIR 上传的 GRIS 转发的车次号信息和活动性检测信息。

5 通信协议设计

5.1 临时限速调度命令发送数据量

每条临时限速调度命令的数据量: 约 48 字节;

每个数据包的大小: 不超过 100 字节;

上传的频次: 每台机车大约 1 条临时限速调度命令。

发送时机: 触发式发送。地面存在临时限速调度命令信息时发送该信息

5.2 CIR 与 LKJ

LKJ 主机通过 2 路 RS422 与 CIR 连接(B2 和 B6) 接口。LKJ 周期性向 CIR 发送活动性检测信息; CIR 接收到 LKJ 临时

数据文件时, 需要转发给 LKJ, 并实现回执。CIR 车载主机与 LKJ 通信数据格式, 采用 RS422

5.3 CTC/TDCS 系统与 LKJ 临时限速调度命令无线上车系统 LKJ 临时限速调度命令无线上车系统的临时限速调度命令转换服务器通过网闸与临时限速调度命令接口服务器连接接入 CTC/TDCS 系统既有通信网络, 通过以太网进行数据交互。

CTC/TDCS 与 LKJ 临时限速调度命令无线上车系统的临时限速调度命令转换服务器间应采用 TCP 通信协议, 物理接口使用以太网, CTC/TDCS 为客户端, LKJ 临时限速调度命令无线上车系统的临时限速调度命令转换服务器为服务端。

按照 RSSP-II 铁路信号安全通信协议帧头进行简化处理, 每次仅发送一个消息组, 一个消息组包含为一个通用消息包, 一个通用消息包包含一个应用层信息包, 每个通用消息包总长不应超过 480 字节。

5.4 GRIS 服务器与 LKJ 临时限速调度命令无线上车系统 LKJ 临时限速调度命令无线上车系统的 GSM-R 接口服务器通过防火墙与 GRIS 服务器连接接入 GSM-R 网络, 通过以太网进行数据交互。

5.5 LKJ 临时限速调度命令无线上车系统建设相关协议 LKJ 临时限速调度命令无线上车系统与 CIR 共用一个服务器, 建议既有 CIR 系统新增 APN “LKJ”。

6 总结

本文对运行揭示调度命令外的临时限速调度命令未纳入 LKJ 控制, 而是由乘务员人工操纵列车控速、存在临时限速的安全风险的问题, 详细研究了通过 GSM-R 网络实现 LKJ 临时限速调度命令的无线上车与机控的技术实现方案, 实现了临时限速调度命令 LKJ 控车方案, 解决了人工控速的安全隐患, 提高 LKJ 临时限速调度命令控制的实时性和安全性。系统架构设计兼顾既有设备复用与安全隔离, 通信协议与网络安全措施满足铁路行业标准, 为 LKJ 技术升级提供了可行的技术方案。

[参考文献]

[1] 李雷, 杨志斌, 贾贺芝. 铁路 GSM-R 无线网络质量状态预警监测装置研究[J]. 铁路通信信号工程技术, 2025, 22(03): 72-78.

[2] 王海. 大秦重载铁路 GSM-R 的网络优化[D]. 中北大学, 2024. DOI: 10.27470/d.cnki.ghbgc.2024.001099.

作者简介: 王丹(1982.01.11-), 男, 汉, 本科, 陕西安康人, 中级工程师, 研究方向: LKJ 设备运维管理及技术更新。