

基于LTE综合承载系统的城市轨道交通集群调度方案设计

戴俊杰

(上海市隧道工程轨道交通设计研究院, 上海 200000)

摘 要: 文章针对城市轨道交通专用无线调度业务需求, 分析基于LTE车地无线综合承载系统实现集群调度功能的可行性, 详细介绍基于LTE综合承载技术的集群调度方案的系统架构及组成, 并分析方案实际实施中可能存在的问题, 为城市轨道交通车地无线系统建设提供参考与借鉴。

关键词: 轨道交通; 集群调度; LTE-M; 综合承载

TD-LTE作为我国拥有核心自主知识产权的国际通信标准技术, 具有较为成熟的产业链。对比地铁常用的WLAN、TETRA等无线数据传输制式在抗干扰能力、安全性、业务优先级策略、吞吐速率、高速切换能力等方面也具有较大技术优势, 契合轨道交通业务承载需求。文章主要研究基于LTE综合承载系统的交通调度。

1 集群调度业务分析

专用无线集群调度系统主要用于列车运行指挥和防灾应急通信, 为固定人员(调度员、值班员)和流动人员(司机、维修人员、列检人员)提供相互间的语音和数据通信服务。专用无线通信系统能够为调度指挥提供安全可靠的无线通信, 是指挥列车运行的必要专用通信工具。无线调度系统的用户主要包括线网指挥中心调度员、行车调度员、车站值班员、外勤工作人员以及运行线路上的列车司机等。

传统无线调度系统多采用TETRA技术, 该方案因技术体制原因, 数据能力弱, 只能满足日常运营的语音集群调度

业务。现阶段, 轨道交通行业用户在集群语音业务的基础上, 对集群多媒体业务、高速数据业务的需求日益迫切, 尤其是以视频调度、数据调度、多媒体调度的需求最为突出。面对用户需求的变化, 既有的专用无线系统功能已无法满足用户需求, LTE技术作为一种专门为移动高带宽应用设计制定的无线通信标准, 可以较好实现上述功能。

2 基于LTE-M的集群调度

LTE综合承载(LTE-M)系统采用我国具有自主知识产权的TDD(时分复用)-LTE技术, 可承载的主要业务包括CBTC列控业务、集群调度业务、列车PIS紧急文本、列车实时状态监测、车载CCTV业务等。

相较于TETRA技术, 基于LTE技术的无线宽带集群通信(B-TrunC)系统在保证语音调度服务质量的前提下, 带宽更大, 能够进一步满足文本、图像、高速数据等调度业务的需求。

LTE(B-TrunC)与TETRA技术对比如表1所示。

表1 LTE(B-TrunC)与TETRA技术对比

| 项目 | B-TrunC | TETRA |
|----------|---|---|
| 关键技术 | TDD/FDD | 2G TDMA |
| MIMO支持 | 支持 | 不支持 |
| 支持带宽 | 1.4 Mbps, 3 Mbps, 5 Mbps, 10 Mbps, 15 Mbps, 20 Mbps | 单频点频宽25 kHz |
| 传输速率 | 单频点峰值速率UL: 50Mbps (@20 MHz) DL: 100 Mbps (@20 MHz) | 模拟语音和数据的传输速率理论可达28.8 kb/s, 净荷19.2 kbps。 |
| 单基站支持群/个 | 200 × 3 | 31 |
| 单组用户数/个 | 4 000 | 无限制 |
| 业务种类 | 视频, 高速数据, 语音集群, 短信, 彩信 | 低速数据, 语音集群, 短信 |
| QOS | 9级QOS (针对不同业务, 有不同QOS) | 针对语音有QOS |
| 系统间互通性 | PLMN、PSTN/PBX、TETRA、P25、超短波电台 | PLMN、PSTN/PBX |

3 系统设计方案分析

3.1 系统方案

LTE-M系统需要同时承载CBTC列控业务, 根据信号设计要求, LTE-M系统分A、B双网建设。A网综合承载CBTC列控业务、集群调度业务、列车PIS紧急文本、列车实时状态监测、车载CCTV业务; B网承载CBTC列控业务及集群语音业务备份。数据业务的LTE核心网(EPC)由各条轨道交

通线独立冗余配置, 集群业务的LTE核心网(EPC)在线网中心处统一设置, 两种业务通过基站共享方式实现业务流分离。在传输层和核心层, 数据业务与集群业务分离, 轨行区业务实行综合承载, 非轨行区业务主要为集群调度业务, 覆盖设备独立设置。针对LTE综合承载网的无线覆盖部分, 区间采用泄漏同轴电缆分别馈入A、B网络信号, 不进行互馈。

集群业务的LTE核心网(EPC)应实现全网LTE集群调

度的互通,考虑大量线路仍使用TETRA网络,为保证线网集群业务互通,LTE-M系统可实现与TETRA网络的语音级互联。A、B网组成如图1所示。

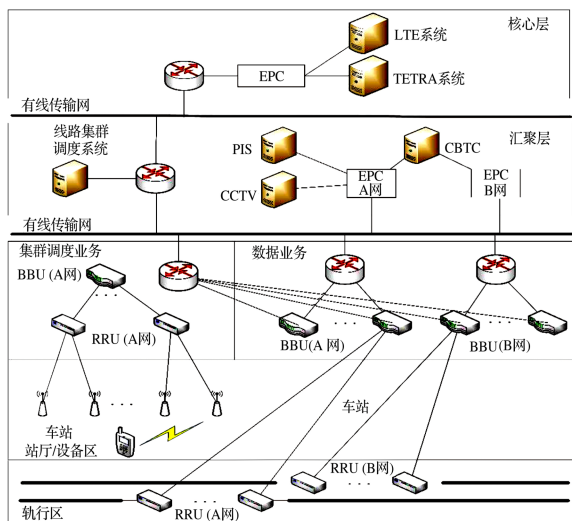


图1 LTE-M系统组成

(1) LTE-M组网。

LTE-M系统基站的组网方式采用基站(BBU)+射频单元(RRU)方案。线路所有车站、控制中心、场段均设置BBU/RRU设备,车站及场段BBU通过有线传输网提供的传输通道与核心网设备相连,RRU采用光纤与BBU直接连接。为实现区间TD-LTE无线信号覆盖,一般采用在区间增设RRU方式,通过RRU将无线信号送入收发信号的漏泄电缆,实现隧道内覆盖。

(2) LTE双网方案描述。

信号CBTC系统需要保证冗余以及单点的故障不影响列车位置的定位。对于行车集群调度业务,尤其是列车的司机调度可靠性,需要在正线上保证单点故障的情况下调度业务能够正常运行。随着全自动驾驶和无人驾驶在上海轨道交通中的应用,LTE网络自身的稳定性、可靠性显得更为重要。

基于需求角度分析,采用LTE系统建设车地无线通信系统时,为增强系统的安全性,建议采用A、B双网冗余设计,两张网络完全独立(包括有线传输网络),并行工作、互不影响。A网用于集群调度、列车运行控制业务、集群调度、紧急文本下发、车辆关键视频监控、车辆状态信息、乘客紧急对讲业务;B网络用于列车运行控制业务、集群调度。

A/B双网的数据业务(包括信号列车运行控制业务、车载视频监控、车辆状态信息、紧急文本下发等)在核心网子系统、车站子系统及车载子系统内各设备设置完全一致,各单点主要设备(车载天线、BBU/RRU、交换机、服务器等)均为两套,双网唯一不同是频段的分配和承载业务的主备功能。A/B双网的集群业务(包括集群调度、乘客紧急对讲业务等)在数据业务设备部署的基础上,由A网在站厅、站台等需要集群业务覆盖的区域设置设备、天馈,B网不进行增设。集群业务核心网子系统为线网级冗余设置,多线共享,以保证线网集群业务的统一管理,减少后续线路建设成本。可设置与TETRA集群系统对接接口,实现与传统TETRA制式业务互联。

(3) QOS设置。

根据业务的重要性和传输性能要求,结合LTE对优先级和服务质量的分类,定义各车地通信业务的优先级和服务质量(延时、丢包等)。将列车运行控制业务的优先级设置为1,即系统中的最高优先级,由于紧急信息在特殊需求的情况下发,因此要求有较高的优先级、较低的时延和丢包率。车辆的视频监控回传定义为较低优先级。

通过对不同的业务划分不同的优先级,可以保证列车运行控制业务传输的高优先级及服务质量(延时、丢包等),在此基础上再进行其他业务的调度传输。

(4) 时钟同步。

LTE-M系统采用TD-LTE技术,要求无线帧严格同步,系统同步方式主要有两种。

① 卫星时钟同步。

北斗/GPS向全球范围内提供定时和定位的功能,全球任何地点的北斗/GPS用户通过低成本的北斗/GPS接收机接受卫星发出的信号,获取准确的空间位置信息、同步时标及标准时间。系统可在每个基站BBU设置北斗/GPS天线以获取北斗/GPS定时信息。

② 传输网络PTP协议同步。

IEEE 1588v2同步方式是基于分组包的同步技术,简称PTP协议,是一种主从同步系统。在系统的同步过程中,主时钟周期性发布PTP时间同步协议及时间信息,从时钟端口接收主时钟端口发来的时间戳信息,系统据此计算出主从线路时间延迟及主从时间差,并利用该时间差调整本地时间,使设备时间与主设备时间保持一致的频率与相位。

考虑工程的实际建设情况,一般在核心网侧安装北斗/GPS天线获取北斗/GPS定时信息,通过支持PTP协议的有线传输网络将信号传送到站场级BBU设备。此外可在BBU设备侧设置GPS天线作为备用时钟源。

3.2 冗余保护

因系统承载了大量行车相关信息的传输,在设计时应考虑具有更高可靠性的方案,降低系统故障概率和有关影响正常运行的随机性。

- (1) 采用冗余措施保证系统的可靠性及可用性。
- (2) 采用已被证明具有高可靠性的元件。
- (3) 采用已被证明具有高可靠性的设计。
- (4) 避免会中断运行的单点故障。
- (5) 提供各种故障情况下的“故障操作”能力。
- (6) 必须具备自诊断及告警功能。
- (7) 系统能提供可靠的“功能后备”运行方式。
- (8) 各网元设备本身应具备单板级备份,保证网元内单板故障后不影响正常工作。

(9) 组网方案中不允许出现单点故障,需要存在多路径或节点备份。

3.3 频谱规划

2003年工信部(信部无[2003]408号)文件规定,1 785~1 805 MHz频段主要用于本地公众网无线接入,本地专用网也可用于无线接入。将TDD系统5 MHz带宽扩展为20 MHz带宽,1 800~1 805 MHz扩展为1 785~1 805 MHz。

小清河洪水预报调度一体化系统设计要点探析

赵 钊 徐永兵 牛会泽

(山东省水利勘测设计院, 山东 济南 250013)

摘 要: 小清河洪水预报调度一体化系统是集洪水预报与防洪调度功能为一体的智能化应用, 采用B/S系统结构, 引入微服务框架, 吸收“快速迭代”“小步快跑”分布式微服务架构特点, 提高系统运行效率, 充分运用大数据、人工智能等各类新技术实现洪水预报计算、防洪调度管理等业务。以防洪调度一张图为统一用户交互界面, 集中展现相关实况信息、预测预报信息、仿真模拟信息、调度方案和效益评估信息, 提供调度令下达和视频会商等人机交互功能, 全面提升调度决策的科学性和效率。

关键词: 小清河流域; 洪水预报; 防洪调度; 微服务架构; 大数据技术

小清河源于济南市南部山区, 干流自玉符河右堤的睦里庄闸起, 自西向东流经济南市、淄博市、滨州市、东营市、潍坊市的12个县、市、区, 汇集20个县、市、区的来水, 于寿光市羊口镇东注入莱州湾。小清河干流全长229 km, 控制流域面积10 433 km²。具有海河联运、农田灌溉、水产养殖等功能, 是鲁中地区重要的排水河道。流域内地形复杂, 既有山地丘陵, 又有平原盆地。流域面积呈典型的单羽毛状水系分布。沿河湖泊洼地较多, 历史上为干流和南部支流洪水的天然滞洪区。

小清河历史上多次发生洪涝灾害, 2019年10月, 根据山东省政府有关工作安排, 开始组织实施小清河干流、分洪道治理及信息化工程。信息化系统以小清河流域洪水统一调度指挥为目标, 结合流域防洪除涝综合治理需求, 全面整合各类资源, 以防洪调度业务为核心, 以控制性工程、蓄滞湖泊的自动化控制为手段, 以各类监测信息和预报数据为支撑, 构建准确高效、实时快速、要素齐全、智能联动的自动化防

洪调度指挥系统。实现流域内上下游、左右岸、干支流、各区间洪水调度的统筹指挥管理。全面提升小清河流域洪水自动化调度指挥能力, 构建流域一体化防洪工程体系。

1 主要建设内容

1.1 水系及预报断面外业调查与资料收集处理

调查流域水利工程及非工程措施建设基本情况、河道行洪能力和河道防洪标准、流域地形, 采集遥感影像资料、水文及洪水资料、工程设计及调度等资料, 并进行断面以上流域下垫面情况的调查, 开展预报断面的补充测量, 对收集资料进行处理整编。

1.2 洪水预报方案库建设

根据小清河流域地形地貌、历史降水、汇流特点、防洪标准、防汛应急响应机制、中下游地区社会经济信息等, 针对预报断面、区域建立洪水预报方案库。

1.3 洪水预报模型研发与参数率定

研发洪水预报模型库, 根据相关图预报模型、洪水预报

载频中心频率为1 785.125 MHz : 0.25 MHz : 1 804.875 MHz 或1 785.25 MHz : 0.5 MHz : 1 804.75 MHz。

LTE-M原则上采用A网(15 Mbps)+B网(5 Mbps)构建, 站厅集群LTE网采用15 Mbps构建。

考虑到1 785~1 805 MHz频段并非城市轨道交通单一业务专用频段, 在高架区段会存在受到其他场所同频信号覆盖的影响, 同频干扰会对小区吞吐量、覆盖范围产生影响。所以规划LTE频率时, 应充分考虑高架区间可能存在的干扰, 尽量避免其他LTE系统对轨道交通LTE系统的干扰:

(1) 对高架区间预先进行扫频, 了解其他LTE系统的覆盖情况、频率使用情况及覆盖功率。

(2) 针对其他LTE系统覆盖情况, 选择适当无线信号覆盖角度以对抗干扰。

(3) 通过适当增加系统输出功率, 降低周围其他干扰源的影响。

(4) 针对干扰非常严重区域, 建议采用行政干涉控制其覆盖范围, 降低其对轨道交通LTE系统的干扰。

对于频谱资源协调确实存在困难的区段, 以满足集群及信号CBTC业务带宽需求的方式建设, 如A网(15 Mbps)+

B网(5 Mbps)方式。此条件下区段车载PIS、车载CCTV、车辆信息等需通过其他车地无线传输方案进行传输。

4 结语

随着轨道交通的不断发展, 除基础的语音调度功能, 轨道交通运营管理部门对多媒体视频调度的需求也不断增加。LTE技术作为一种通用移动通信技术, 不仅能保证语音通信质量, 也能满足运营维保人员对图像、视频、文件等多媒体调度功能需求。目前LTE-M作为车地无线传输技术已在轨道交通建设工程中逐渐普及, 在应用过程中不断完善和改进, 基于LTE-M的集群调度系统能够更好地为轨道交通的安全运营提供服务。

参考文献

[1] 蒋海林, 赵红礼, 朱力, 等. 基于5.9 GHz的TD-LTE的城市轨道交通通信系统测试研究[J]. 铁道学报, 2016(5): 53-59.

作者简介: 戴俊杰, 工程师, 研究方向为轨道交通及建筑电气智能化设计。