

文章编号: 1005-8451 (2015) 08-0042-04

## LTE-R网络技术在重载铁路的应用

孔 宾

(朔黄铁路发展有限责任公司 线路检测和救援中心, 肃宁 062350)

**摘 要:** 朔黄铁路基于LTE-R网络, 实现重载铁路的同步操控、可控列尾、调度通信和调度命令传递。同步操控和可控列尾实现多机车间的通信连接, 从而实现多机车同步可控; 调度通信通过IP化的语音实现日常通话功能; 调度命令则直接利用LTE-R网络的数据传输功能在车—地间传递。这些应用技术为重载铁路的安全可靠运行提供了有力保障。

**关键词:** LTE-R; 无线通信; 重载铁路

**中图分类号:** U239.4 : TP39 **文献标识码:** A

### Application of LTE-R network technology in heavy haul railway

KONG Bin

(Line Inspection and Rescue Center, Shuohuang Railway Development Co. Ltd., Suning 062350, China)

**Abstract:** Shuohuang Railway Company implemented the synchronous operation, the controllable train-tail, dispatching communication and the command transfer, based on the LTE-R network for the heavy haul transportation. Synchronous operation controllable train-tail built communication connection between the machines to implement the synchronous control of multiple objects. Dispatching communication used the IP voice for the daily calls. Dispatching command was transmitted between the car and ground based on LTE-R network. These applications provided a strong protection for the safety of heavy haul transportation.

**Key words:** LTE-R; wireless communication; heavy haul railway

朔黄铁路是国家 I 级干线、双线电气化重载铁路, 西起山西省神池县神池南站, 东至河北省黄骅港站, 正线总长 594 km, 担负着国家西煤东运重要任务。为在现有线路基础上加大运能, 朔黄铁路开行了万吨列车, 并采用 800 MHz+400 kHz 无线通信系统提供机车同步操控数据传输。开行 2 万 t 货运重载列车以后, 系统存在容量较小, 可靠性、安全性较差, 通信距离不足等问题, 无法满足 2 万 t 货运重载列车多种编组型式和搭载其它业务的需求。因此迫切需要建设一套新型铁路专用宽带移动通信系统, 为开行 2 万 t 列车无线重联、可控列尾、无线列调、视频监控及下一步的移动闭塞等业务提供无线宽带通信平台。

### 1 LTE-R网络组成

目前朔黄铁路公司的 LTE-R (Long Term Evolution for Railways) 网络是在 TD-LTE (Time Division Long Term Evolution) 网络的基础上增加对重载

组合列车无线重联、集群调度通信、无线调度命令和无线车次号校核信息传送等业务的支持, 能满足重载铁路专用调度通信的要求。

LTE-R 是以演进型通用陆地无线接入网 (E-UTRAN, Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network) 为核心的移动通信网络和以演进型分组核心网 (EPC, Evolved Packet Core) 以核心的固定有线通信网络的互联互通, 形成现代调度通信、信息传输、列车控制于一体的通信系统。

LTE-R 网络组成: LTE-R 无线网络、有线调度通信网络、移动终端和固定终端。如图 1 所示。

当今的无线通信系统是有线网络和无线网络的结合体。基站与移动台之间是无线连接, 基站与交换机之间、交换机与交换机之间都是有线连接。一个移动用户要想与另一个移动 / 固定用户进行通信必须经过无线和有线两种传输过程。移动网络和固定网络之间的互联互通实现了用户在任何时间、任何地点与任何人进行通信的目的。一个 LTE-R 通信系统由若干个功能实体组成, 这些功能实体所实现的

收稿日期: 2015-01-08

作者简介: 孔 宾, 助理工程师。

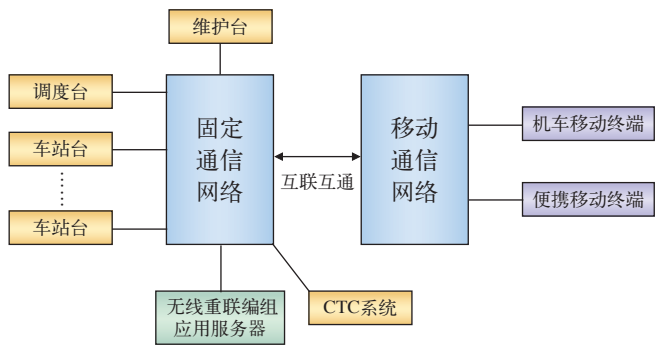


图1 LTE-R网络组成示意图

功能集合就是网络能够提供给用户的业务，以及对于用户的数据和移动性的操作、管理。LTE-R 由 4 个子系统组成，基本结构如图 2 所示。

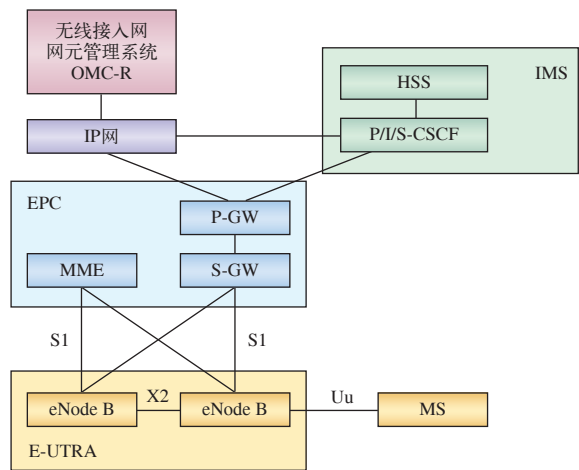


图2 LTE-R网络基本结构

空中接口是指移动终端（MS，Mobile Station）（包括车载移动终端和便携移动终端）和演进型节点 B（eNode B，Evolved Node B）间的接口。空中接口协议主要是用来建立、重配置和释放各种无线承载业务的。

E-UTRAN 由唯一的 eNode B 功能实体组成。eNode B 的功能如下：无线资源管理、IP 头压缩与用户数据流的加密、MS 终端附着时的移动性管理实体（MME，Mobility Management Entity）选择、提供到系统架构演进（SAE，System Architecture Evolution，）网关的用户面数据的路由、寻呼消息的调度与传输、系统广播信息的调度与传输、测量与测量报告的配置。eNode B 之间底层采用 IP 传输，在逻辑上通过 X2 接口互连；eNode B 通过 S1 接口与一个或多个 MME/ 服务网关（S-GW，Serving

GateWay）相连接。

EPC 由 MME、S-GW 和分组数据网络网关（P-GW，Packet Data Network GateWay）3 个部分组成。各个部分之间接口均是基于 IP 传输的。其中，MME 负责群发寻呼消息、接入层的安全控制、空闲状态的移动性管理、移动性管理涉及核心网节点间的信令控制、非接入层（NAS，Non Access Stratum）信令的加密与完整性保护处理、跟踪区列表管理、漫游及鉴权。S-GW 的功能有终止由于寻呼原因产生的用户平面监听、支持由于终端移动性产生的用户面切换、合法监听、分组数据的路由与转发、传输层分组数据的标记以及计费功能。P-GW 是面向其他网络的网关，其主要功能包括：基于用户的包过滤功能、UE 的 IP 地址分配功能。

IMS（IP Multimedia Subsystem）：IP 多媒体子系统。

HSS（Home Subscriber Server）：用户归属地服务器。

P/I/S-CSCF（Proxy/ Interrogating/Serving Calling Session Control Function（CSCF））：代理 / 查询 / 服务 - 呼叫会话控制功能。

OMC-R（Operation and Maintenance Center）：无线接入网网元管理系统。

IMS 是一个在分组域上的多媒体控制 / 呼叫控制平台，使得分组域具有电路域的部分功能，支持会话类和非会话类的多媒体业务。CSCF 呼叫会话控制功能是 IP 多媒体子系统内部的功能实体，是整个 IMS 网络的核心，其主要负责处理多媒体呼叫会话过程中的信令控制。它管理 IMS 网络的用户鉴权、IMS 承载面服务质量、控制与其它网络实体配合进行会话初始协议（SIP，Session Initiation Protocol）会话，以及业务协商和资源分配等。CSCF 根据功能分为代理 CSCF，查询 CSCF 和服务 CSCF。HSS 服务器，是 IMS 中控制层的重要组成部分。HSS 支持用于处理调用 / 会话的 IMS 网络实体的主要用户数据库，包含用户配置文件，执行用户的身份验证和授权，并能够提供有关用户物理位置的信息。

OMC-R 是无线接入网网元统一管理平台。通过这个平台，可以采用图形化用户界面统一管理

LTE-R 无线接入网的 eNode B 设备，并对基站的报警信息进行记录、保存。

2 LTE-R通信网络的应用

2.1 重载组合列车无线重联业务

重载铁路运输需要多机牵引模式，机车间的同步操作就显得格外重要，如协同各机车间的启动、加速、减速、制动等。假如机车操作不同步，就会造成车厢间的挤压或拉钩现象，严重影响运输安全，降低运输效率。利用 LTE-R 无线网络提供可靠的数据传输通道，采用无线通信的方式来实现机车间的同步操作控制。

机车同步操控系统由地面设备和机车车载设备组成，如图 3 所示。其中，地面设备由无线重联应用服务器与 LTE-R 网络组成；机车车载设备包括无线重联控制模块和 LTE-R 车载通信模块。无线重联控制模块的功能包括：主控机车分别和从控机车建立或断开连接，并在无线重联应用服务器进行注册；主控机车与每个从空机车之间的排风、紧急制动、制动缓解、列车尾部风压查询的同步操作。LTE-R 车载通信模块的功能包括：建立通信链路、保持通信链路、通信链路监视、数据传输等。地面的无线重联应用服务器的功能包括：通信链路的连接、保持和监视的控制；数据记录和查询业务等。

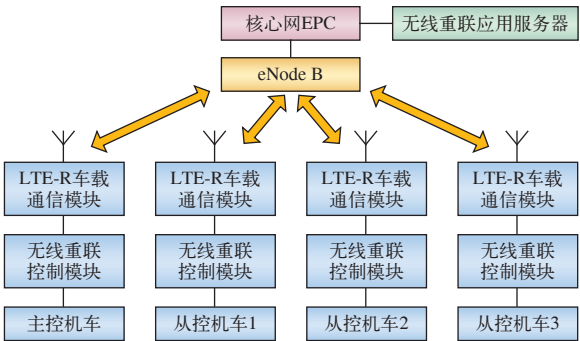


图3 机车同步操控系统组成示意图

2.2 可控列尾业务

可控列尾设备由电源单元、控制单元、接口单元以及通信单元等组成。可实现通信单元自动完成 LTE 网络注册；控制通信单元与重载无线重联编组应用服务器建立链接、拆除链接；控制通信单元进行无线链路有效性检测；在列尾主机控制单元和重

载无线重联车载数据通信设备间实时传输数据，实现常用排风、紧急排风、跟随排风、风压反馈等功能；实现数据记录和工作日志记录。

2.3 集群调度通信业务

列车调度系统主要是解决铁路运输过程中的“大三角”和“小三角”通信,其主要用户包括列车调度员、机务调度员、车辆调度员、电力调度员、车站值班员、机车司机、施工调度员及其他人员。

LTE-R 网络中除具备列车调度通信的业务外，通过增加集群服务器的方式满足铁路调度指挥的需求，具备了集群通信的功能。利用 LTE-R 组网的网络结构如图 4 所示。该列车调度集群语音通信系统可提供紧急呼叫、站内组呼、相邻三基站组呼、功能号码寻址、短号码等铁路集群通信的典型业务。

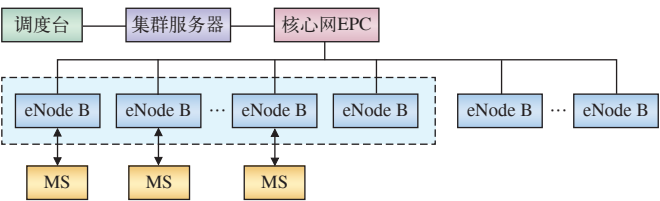


图4 集群调度通信组网方式

2.4 无线调度命令传输和车次号核对业务

调度命令是调度所的列车调度员向司机下达的书面命令，是列车行车安全的重要保证。列车调度员通过向司机发送调度命令，对行车组织与调度、事故救援进行指挥控制，是实现铁路运输安全管理的重要手段。现在朔黄铁路调度命令的发布是基于 CTC 系统进行的，调度员将编辑好的调度命令发送至相关车站，再由车站值班员向相应的机车司机进行传送。采用 LTE-R 无线网络将调度命令以无线的方式直接发送到机车司机处，无疑将加速调度命令的传递过程，提高工作效率。系统流程如图 5 所示。

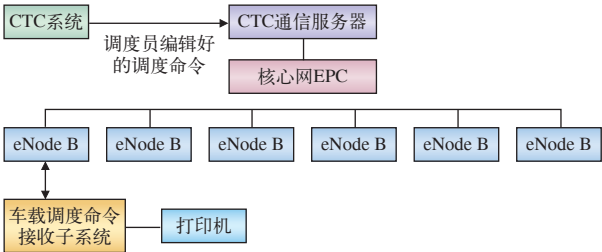


图5 无线调度命令传递子系统组成

调度员通过 CTC 系统计算机编辑调度命令，编



辑好的调度命令以分组交换的方式通过 LTE-R 无线调度子系统进行传输至相应的机车司机处。机车司机通过车载调度命令接收子系统对调度命令进行存储和打印。同时调度员这一侧的 CTC 系统显示相应的调度命令传送成功。如果机车司机未能正确接收调度命令，调度员这一侧的系统也有相应提示。

2.5 铁路其它业务

LTE-R 网络还可以搭载其它铁路业务，如移动闭塞、机车车载摄像回传、区间移动公务通信等。

3 结束语

2014 年 9 月朔黄铁路全线开通 LTE-R 网络，并同时试验开行 2 万 t 重载列车。上述应用系统也同时进入到实用化阶段。经过一段时间运行，各项应用

技术日臻完善、成熟。目前，朔黄铁路每天安全开行多对 1.74 t 重载列车，而基于 LTE-R 的铁路其它业务也在逐步开始试验中。相信基于 LTE-R 网络的铁路应用系统会为安全、绿色、高效、数字化铁路提供技术支撑。

参考文献：

[1] 肖清华,汪丁鼎,许光斌,丁 薇.TD-LTE 网络规划设计与优化[M].北京:人民邮电出版社,2013:3-6.  
[2] 华 燕.TD-LTE 关键技术及发展趋势探讨[J].中国新技术新产品,2011(15):3.  
[3] 付红升,兰 海,钟章队.基于 GSM-R 实现多机车同步操作控制[J].中国铁路,2004(6):30-31.

责任编辑 徐侃春

(上接 P41)

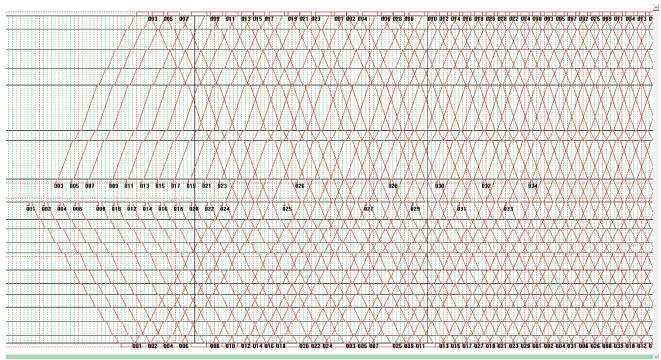


图10 生成的运行图

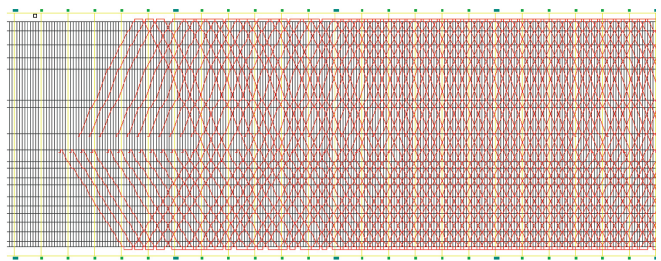


图11 CAD下打开的运行图

参考文献：

[1] 史小俊.关于城市轨道交通列车运行图编制的探[J].都市轨道交通,2008,21(2):24-27.  
[2] 彭其渊,杨明伦,倪少权.单线实用货物列车运行图计算机编制系统[J].西南交通大学学报,1995(5).  
[3] 刘爱江,许长枫,何大可.基于遗传算法的列车运行图初始不点配对模型[J].铁路计算机应用,2003,12(1).

[4] M A Odijk.A constraint generation algorithm for the Construction of periodic railway timetable[J].Transportation Research par B,1996.  
[5] M A Odijk. Railway Timetable Generation[D]. Delft: Delft University of Technology,1997.  
[6] Christian Liebchen, Leon Peeters. On Cyclic Timetabling and Cycles in Graphs[C]. Berlin: Fakultät II Mathematik Und Naturwissenschaften, 1997.  
[7] 汪 波,杨 浩,牛 丰,王保华.周期运行图编制模型与算法研究[J].铁道学报,2007,29(5).  
[8] 柳 进,张 巍,王仲峰.客车简明运行图CAD系统的设计功能及关键技术研究[J].铁道运输及经济,2005(5).  
[9] 许 红,马建军,龙建成,等.城市轨道交通列车运行图编制的数学模型及方法[J].北京交通大学学报,2006(3).  
[10] 苗 沁,周天星.城市轨道交通折返站折返能力分析[J].城市轨道交通研究,2010(11).  
[11] 仇立新.城市轨道交通系统车辆段设计有关问题探讨[J].中国铁路,2001,(12):39-41.  
[12] 王分线,汪履直.城市轨道交通车辆段出入段线的设置[J].现代城市轨道交通,2006(2):36-37.  
[13] 杨 洪.浅谈城市轨道交通的配线设置[J].西铁科技,2009(2):42-42.  
[14] 朱光正.列车由车辆段往返正线的接发车能力分析[J].铁路通信信号工程技术,2007,4(1):41-42.  
[15] 原桂海,刘标林.浅谈CAD脚本技术在道路工程设计中的运用[J].中国水运,2007(10).

责任编辑 徐侃春