

文章编号: 1005-8451 (2008) 04-0009-04

基于 RFID 的列车跟踪与定位系统研究

易志刚, 杨林

(铁道科学研究院 铁道科学技术研究发展中心, 北京 100081)

摘要: 对国内外列车跟踪与定位系统的现状和发展以及目前最先进的定位技术进行分析, 研究满足客运专线需求的列车跟踪与定位系统, 给出基于射频识别技术的列车跟踪与定位系统。RFID 主要由应用主机、阅读器、标签、天线组成, 基于这一技术的列车跟踪与定位系统成本低, 抗干扰能力强, 具备防滑校正能力, 能实现连续速度测定, 定位精度高, 运行速度为 300 km/h 的高速列车的定位精度为 ± 70 cm, 可以满足客运专线以最高列车运行速度 350 km/h, 列车追踪间隔 3 min 运行的列车定位精度需求。

关键词: 列车跟踪与定位系统; 射频识别; 跟踪; 定位

中图分类号: TP391 : U283 文献标识码: A

Research on Train Tracking and Positioning System based on RFID

YI Zhi-gang, YANG Lin

(Railway Science and Technology Research and Development Center, China Academy of Railway Sciences,
Beijing 100081, China)

Abstract: The state quo and development progress about the Train Tracking and Positioning System in the world was investigated and studied firstly; then the latest train positioning technology in the world was analyzed, and the Train Tracking and Positioning System to meet the demand for Passenger Dedicated Railway was researched. On the basis of analysis of the function of the System, Train Tracking and Positioning System based on RFID was brought forward. RFID consisted of RFID Host, RFID Reader, RFID Tag and RFID Antenna. Train Tracking and Positioning System based on this technology cost low, and strong interference capability with anti-skid correction capability, speed could be implemented in a row, high positioning accuracy, the positioning accuracy for the speed of 300 km/h high-speed train was ± 70 cm, met the train positioning accuracy demand for Passenger Dedicated Railway which the highest speed was 350 km/h and the train track spacing less than three minutes.

Key words: Train Tracking and Positioning System; Radio Frequency Identification; tracking; positioning

实时、精确的列车跟踪与定位技术是列车运行控制系统由固定闭塞向移动闭塞发展所必须解决的技术问题^[1], 移动闭塞与固定闭塞相比, 可以减少连发列车间隔时分, 缩短追踪列车间隔时间, 增加行车密度, 提高线路输送能力, 欧洲列车运行控制系统 ETCS-3 级, 日本计算机和无线电辅助列车控制系统 CARAT、美国精确间隔列车控制系统 PTCS 均采用移动闭塞方式, 代表了列车控制的发展方向。在目前铁路运输能力紧张的情况下, 有必要对高速铁路列车跟踪与定位系统进行详细的研究, 提出面向系统的系统方案和解决方案, 对今后提高铁路运输能力具有非常重要的意义。

目前在国内外高速铁路中有多种列车定位方法^[2,3]。基于轨道电路的列车定位精度取决于轨道电路的长度, 不能实现精确定位, 无法构成移动闭塞。

收稿日期: 2007-10-17

作者简介: 易志刚, 在读硕士研究生; 杨林, 助理研究员。

基于查询/应答器的列车定位, 在地面应答器安装点的定位精度较高, 但是只能给出点式定位信息, 存在设置间距和投资规模的矛盾; 目前一般采用混合定位法, 即用轮轴编码器累加测距, 以查询/应答器纠正累计误差, 这种方法在车轮磨耗、空转和滑行时, 累计误差可能很大, 临近前方应答器时, 累计误差达到最大。交叉感应回线定位方式既可以实现列车定位, 又能实现列车与地面之间的双向通信, 但定位精度受交叉长度的限制, 如果交叉区比较窄, 位置脉冲漏计的可能性增大, 在感应回线交叉点之间可以采用转速计测距, 以达到更高的定位精度。通过多普勒雷达或加速度传感器(陀螺仪)测量列车的行驶速度, 计算已行驶的里程, 确定列车在线路上的具体位置, 这是一种典型的增量式相对定位, 存在累计误差, 在定位精度要求较高的地点, 可以通过加标志位的方法不断校正其位置信息。无线扩频定位法可以实现列车比较精确的定位, 但需

要在沿线设置专用扩频基站，投资成本较高。裂缝波导定位技术通过计数器确定列车经过的裂缝数来实现列车定位，也是一种相对定位技术。全球定位系统GPS (Global Positioning System) 是基于GNSS全球卫星导航系统的应用^[4]，用户可在全球范围内确定自己的位置、速度和时间，且价廉，不用付费，属自主定位方式。然而当列车进入隧道后，GPS 由于遮蔽而性能下降，因此，要配以其他辅助定位方式。

本文提出一种基于射频识别RFID技术的列车跟踪与定位系统，用以实时、精确、高效地确定列车在线路上的位置、速度、车次等信息，为客运专线各相关信息系统提供数据支持。

1 系统设计目标

应用先进的定位设备和分析技术，准确、及时地获得列车跟踪与定位信息，满足客运专线最高列车运行速度350 km/h，列车追踪间隔3 min的设计要求并兼顾发展的需求，系统应服务于整个高速铁路运输系统，能为现场施工作业人员提供安全防护信息^[5]。

2 系统结构

系统由RFID天线、RFID阅读器、RFID标签、列车定位处理单元、线路数据存储器、车载数据阅读/发送器、地面数据阅读/发送器、司机数据卡和信息共享平台组成。系统的基本结构如图1。

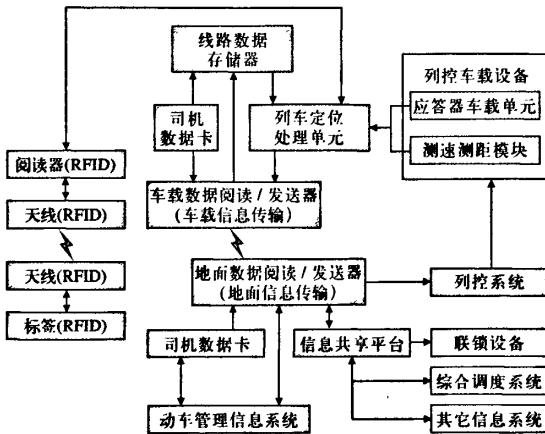


图1 系统基本结构图

2.1 射频识别

射频识别 (Radio Frequency Identification) 是一种利用射频信号通过空间耦合 (交变磁场或电磁场) 实现无接触信息传递，并通过所传递的信息达到自动识别目的的技术^[6]。射频识别系统由电子标签、阅读器和数据交换与管理系统3大基本部分组成，如图2。

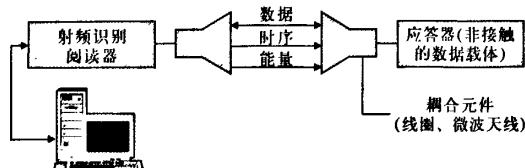


图2 射频识别系统的基本组成图

电子标签 (或称射频卡、应答器等)，由耦合元件及芯片组成，其中包括带加密逻辑、串行EEPROM (电可擦除及可编程式只读存储器)、微处理器以及射频收发及相关电路。电子标签具有智能读写和加密通信的功能，它通过无线电波与读写设备进行数据交换，工作的能量是由阅读器发出的射频脉冲提供。

目前有一种以SAW (表面声波) 技术实现的标签具有独特的优势，其读取范围大且可靠，可达数米；标签芯片与天线匹配简单，制作工艺成本低；不仅能识别静止物体，而且能识别速度达300 km/h的高速运动物体；可在高温差 (-100°C ~ 300°C)、强电磁干扰等恶劣环境下使用，能满足高速列车跟踪与定位的需要。OIS-W声表面波标签、SOFIS声表面波系统已成功用于德国慕尼黑火车进站定位系统。

阅读器，有时也被称为查询器、读写器或读出装置，主要由无线收发模块、天线、控制模块及接口电路等组成。阅读器可将主机的读写命令传送到电子标签，再把从主机发往电子标签的数据加密，将电子标签返回的数据解密后送到主机。

数据交换与管理系统主要完成数据信息的存储及管理、对卡进行读写控制等。

RFID的工作原理如图3，阅读器将要发送的信息，经编码后加载在某一频率的载波信号上经天线向外发送，进入阅读器工作区域的电子标签接收此脉冲信号，卡内芯片中的有关电路对此信号进行调制、解码和解密，然后对命令请求、密码和权限等进行判断。

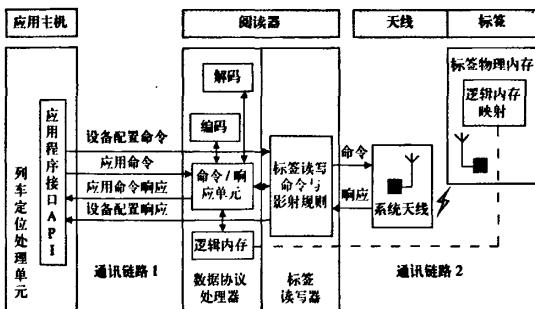


图 3 RFID 基本工作原理

若为读命令，控制逻辑电路则从存储器中读取有关信息，经加密、编码、调制后通过卡内天线再发送给阅读器，阅读器对接收到的信号进行解调、解码、解密后送至中央信息系统进行有关数据处理；若为修改信息的写命令，有关控制逻辑引起的内部电荷泵提升工作电压，提供擦写 EEPROM 中的内容进行改写，若经判断其对应的密码和权限不符，则返回出错信息。

目前射频识别技术在列车跟踪与定位系统中取得了重大突破，基于这一技术的系统能满足 300 km/h 高速列车运行的需要。

如图 4，系统将无源标签以 100 m 的间距固定于枕木上，标签读写器及通讯设备安装于车上，并联至车载微机。当列车通过一枚定位标签时，车载读写装置（射频主动天线 RF-Active Antennas，安装在火车底部）读取标签内的数据，这些数据包括精确定位信息（高速时定位误差小于 20 cm，低速时小于 1 cm）及指导司机驾驶的前方路况及行车信息（可存储 16 种列车的驾驶指导信息）。

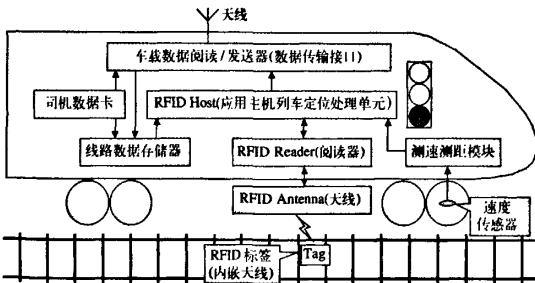


图 4 射频识别在列车跟踪与定位系统中的工作原理图

在通过一枚标签时，车载读写装置同时向定位标签的空闲内存写入本车运行信息，如车速及有关

变量，使后续列车可读取这些信息以做出相应反应。即使列车的外部通讯出现中断，定位系统仍可正常工作。高度的定位精度使其适合用于无人驾驶列车系统。

2.2 列车定位处理单元

列车定位处理单元，相当于 RFID 定位的应用主机，是列车跟踪与定位系统的核心。接收从点式信息处理（RFID 阅读器）、测速测距信息处理（测速测距模块）和参数输入装置（线路数据存储器）传来的信息，实时计算列车运行的位置、速度等相关数据。

列车定位处理单元提供绝对定位数值。为了独立地确定列车位置，随车携带的里程表系统可以把读取的速度积分，计算出每个位置标签的运行距离。相反的，系统的定位标签可以用于标定列车里程表或其它形式的速度传感器的输出数据。

同时，列车定位处理单元可以提供前行列车通过该点时的相关信息，包括车次号、运行方向、运行速度和通过时间等信息。列车定位处理单元提供的数据信息经由车载数据阅读/发送器传输给地面系统。

在阅读器读取标签数据信息的同时，列车定位处理单元发送命令通过阅读器向标签无线写入本次列车的车次号、运行方向、运行速度及当前时间等有关变量，使后续列车可读取这些信息以做出相应反应。这一功能保证定位系统在外部通讯出现中断时仍可正常工作，为列车控制系统提供前行列车相关的运行信息。

2.3 线路数据存储器

线路数据存储器内存储了列车运行全程中整个运行线路的完整的线路基础数据：包括各车站、应答器、轨道区段、坡道、弯道、隧道、桥梁、道岔、分相点和信号机等精确坐标及相关限速值，涉及区段速度的应包含起始坐标、终止坐标、允许速度等信息；计划时刻表，包括图定区间运行时间、停靠或通过车站的股道号和时间等；以及必须向地面系统报告数据信息的时间、内容要求。

2.4 车载（地面）数据阅读/发送器

车载（地面）数据阅读/发送器完成系统车—地间数据传输的信息交换。

车载数据阅读/发送器从地面数据阅读/发送器阅读的数据信息包括：司机数据和列车数据，识别身份、明确任务；地面设备识别码，线路基础数据，

写入或更新线路数据存储器内容，提供列车定位处理单元运算参数。

发送给地面数据阅读/发送器的数据信息包括：列车定位处理单元运算校核输出的列车定位信息，包括列车车次号、运行位置、速度、方向和时间等，为地面系统信息共享平台提供信息源；车载设备识别码，确认信息，正确收到司机数据和列车数据、地面设备识别码、线路基础数据后的回执确认。

2.5 信息传输方式

机车的移动性决定了系统必须采用移动通讯方式来构架机车定位数据无线传输系统。本系统所要采用的移动通信方式有多种形式的选择。可以采用微波通信方式、集群移动通信方式、高保真无线通信网络、卫星通信方式、铁路专用全球移动通信系统(GSM-R)或GPRS通信方式作为列车跟踪与定位系统的车—地、地—车信息传输通道^[7]。

2.6 司机数据卡

用以明确司机身份、出乘任务(时间、车次、往返区间)和工作动车底的列车数据。

2.7 信息共享平台

信息共享平台基于GIS模式，对全路范围内所有在途列车的跟踪与定位数据统一规划、统一管理。信息共享平台的功能结构如图5，底下3层是GIS基础平台，第4层是列车定位数据服务模块，第5层是业务功能模块。

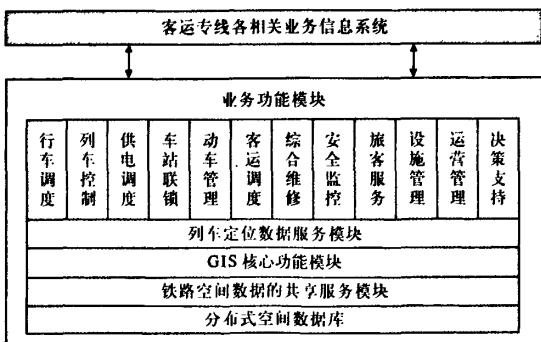


图5 信息共享平台功能结构示意图

分布式空间数据库，存储高速铁路地理信息系统相关的所有数据；铁路空间数据的共享服务模块，提供空间数据的共享服务，提供调用接口供GIS业务功能模块调用；GIS核心功能模块，提供地理信

息的基本操作和分析功能，是GIS二次开发的基础；列车定位数据服务模块，提供全路的列车的定位数据、列车数据、出乘司机数据；业务功能模块，提供调用接口供各种高速铁路应用系统开发访问和运行调用。

信息共享平台，最大限度地实现了列车定位信息的资源共享，为高速铁路各相关信息系统提供数据支持。铁路运输管理各MIS系统可以在统一模式的平台上实现系统间的互通互连，通过电子地图将列车定位信息与各自的业务需求相融合，全面、直观、准确地反映运输对象和运输设备及其它信息的现状、分布及技术特征，为铁路系统各级领导指挥运输生产提供大量直观的参考依据和辅助决策支持。

3 结束语

本文综合分析国内外现有列车跟踪与定位技术，结合目前最先进的定位技术，提出了基于射频识别技术的列车跟踪与定位系统，基于这一技术的系统成本低，抗干扰能力强，具备防滑校正能力，能实现连续速度测定，定位精度高，对运行速度为300 km/h的高速列车的定位精度为±70 cm，可以满足客运专线以最高列车运行速度350 km/h，列车追踪间隔3 min运行的列车定位精度需求。

参考文献：

- [1] 罗丽云, 吴汶麟. 城市轨道交通移动闭塞列车安全间隔时间分析[J]. 中国铁道科学, 2005, 26 (1): 119-123.
- [2] 刘进, 吴汶麟. 轨道交通列车定位技术[J]. 城市轨道交通研究, 2001, 4 (1): 30-34.
- [3] 孙林祥, 房坚. 城市轨道交通的列车定位技术[J]. 电子工程师, 2002, 28 (7): 27-29.
- [4] 肖建, 李治, 李群湛. 关于列车定位系统的探讨[J]. 铁道学报, 1995, 17 (增刊): 22-26.
- [5] 李敏, 刘志明, 张源. 高速铁路列车跟踪与定位技术的研究[R]. 北京: 铁道科学研究院, 2005: 22-28.
- [6] Klaus F. 射频识别(RFID)技术[M]. 陈大才. 北京: 电子工业出版社, 2001: 6-8.
- [7] 王威. 机车实时定位与监测数据传输系统的研制[D]. 成都: 西南交通大学, 2006: 12-16.
- [8] 周忠良, 黄志平. 铁路客车运行监控车地实时通信的研究[J]. 铁路计算机应用, 2007, 16 (6).