

# 基于 5G 无线通信技术的城市轨道交通信息传输系统设计

孙 创

(延安大学 物理与电子信息学院, 陕西 延安 716000)

**摘要:** 目前提出的城市轨道交通信息传输系统运行稳定性较差, 导致丢包率过高; 基于 5G 无线通信技术设计一种新的城市轨道交通信息传输系统, 利用列车自动监控系统、区域控制系统、车载控制系统、联锁控制系统、数据库存储系统和数据通信子系统等构建系统框架; 设计硬件的监控子系统、控制器、5G 无线数据通信子系统, 保障城市轨道交通的信息传输及即时通信; 选用 Socket 将应用程序分为客户端和服务端, 在服务器收到客户端连接请求后, 向客户端返回响应消息, 实现软件通信功能, 同时设计了通信信号损耗分析程序; 为验证系统效果设定对比实验, 结果表明, 基于 5G 无线通信技术的城市轨道交通信息传输系统能够有效保证传输过程稳定性, 降低通信过程丢包率, 具有较好的传输安全性。

**关键词:** 5G 无线通信; 通信技术; 城市轨道交通; 交通信息; 传输系统

## Design of Urban Rail Transit Information Transmission System Based on 5G Wireless Communication Technology

Sun Chuang

(School of Physics and Electronic Information, Yan'an University, Yan'an 716000, China)

**Abstract:** At present, the proposed urban rail transit information transmission system has poor stability, resulting in high packet loss rate. A new urban rail transit information transmission system is designed based on 5G wireless communication technology. The system framework is constructed by using automatic train monitoring system, regional control system, on-board control system, interlocking control system, database storage system and data communication subsystem. The hardware monitoring subsystem, controller and 5G wireless data communication subsystem are designed to ensure the information transmission and instant communication of urban rail transit. The application program is divided into client and server by socket. After receiving the connection request from client, the server returns the response message to the client to realize the software communication function. At the same time, the communication signal loss analysis program is designed. In order to verify the effect of the system, comparative experiments are set up. The results show that the urban rail transit information transmission system based on 5G wireless communication technology can effectively ensure the stability of the transmission process, reduce the packet loss rate in the communication process, and has good transmission security.

**Keywords:** 5G wireless communication; communication technology; urban rail; traffic information; transmission system

## 0 引言

我国现代化、城市化进程的加快, 使城市规模不断扩大, 人口不断增加, 虽然经济不断发展, 但私家车数量的增多导致交通拥堵问题日益突出。城轨交通具有立体化、规模化、高效率等特点, 因此能够有效地解决和缓解交通拥挤。当前, 我国城市轨道交通建设正处于大有作为的发展阶段。作为现代城市交通的重要组成部分, 轨道交通在城市交通中起着重要作用。

目前人们对城市轨道交通信息传输系统进行了较为深入的研究。文献 [1] 设计了一种电子政务创新管理模式下的城市轨道交通传输系统, 该系统主要包括以下几个部分: 传输系统, 商务电话系统, 专用电话系统, 广播系统, 电

视监控系统, 电力系统, 钟表系统, 无线通信系统, 通过各部分相互协作完成特定的功能。文献 [2] 提出了一种基于无线局域网技术的城市轨道交通传输系统, 该系统以 LTE+WLAN 技术为基础, 利用 LTE A/B 双网系统设备, 实现了车地无线通信安全和非安全通信。作为列车监控管理系统、车载闭路电视和车载乘客信息系统的备用传输通道, 无线局域网能满足车辆无线通信业务对带宽和可靠性的要求, 保证城市轨道交通安全运行。但上述系统存在运行稳定性差、丢包率高等问题。

城轨交通具有有别于传统列车的特点: 车辆密度大, 行驶速度快, 常规地面控制列车的运行模式已经不能满足这种需求<sup>[3]</sup>。随着 5G 无线通信技术的发展, 列车已不再依

收稿日期: 2020-08-25; 修回日期: 2020-10-09。

作者简介: 孙 创(1998-), 男, 陕西西安人, 本科, 主要从事无线通信技术方向的研究。

引用格式: 孙 创. 基于 5G 无线通信技术的城市轨道交通信息传输系统设计[J]. 计算机测量与控制, 2021, 29(3): 234-237, 247.

赖传统的轨道线路，在一定程度上，轨道线路运行间隔突破了这一瓶颈，极大地缩短了列车运行距离，在保证安全的前提下，效率得到有效提高。基于 5G 无线通信技术的城市轨道交通信息传输系统实现了对列车运行状况的实时在线监测和动态监测。综上所述，本文基于 5G 无线通信技术设计一种新的城市轨道交通信息传输系统，深入研究了系统的硬件和应用程序，并通过实验验证系统的可行性。

### 1 基于 5G 无线通信技术的城市轨道交通信息传输系统框架设计

基于 5G 无线通信技术的城市轨道交通信息传输系统就结构而言，主要有监控子系统、存储子系统、交换子系统等<sup>[4-5]</sup>。

控制系统的设备主要完成控制线路的设定，控制时间间隔的调整等功能<sup>[6]</sup>。DCS 的数据通信子系统采用 UDP/IP 协议，实现信号系统设备间数据的双向安全交换。图 1 展示了系统框架。

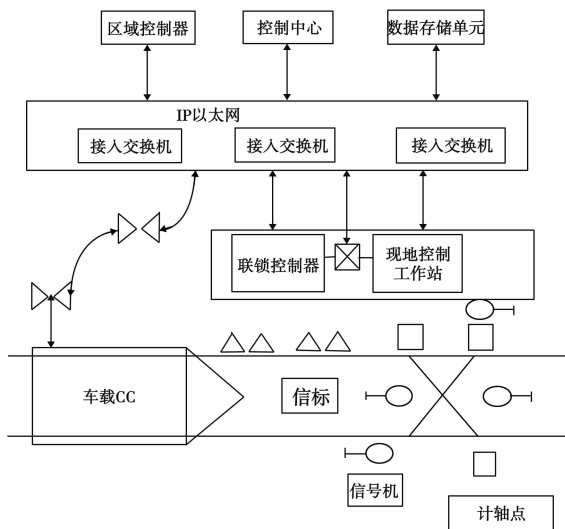


图 1 基于 5G 无线通信技术的城市轨道交通信息传输系统框架

观察图 1 可知，基于 5G 无线通信技术的城市轨道交通信息传输系统框架内部设备通过接入交换设备相连。从头到尾，系统都是通过消息地址发送数据信息的。在城市轨道交通信息传输系统中，5G 无线通信技术下的数据通信子系统的可靠度是一个重要因素<sup>[7-8]</sup>。

### 2 基于 5G 无线通信技术的城市轨道交通信息传输系统硬件设计

基于 5G 无线通信技术的城市轨道交通信息传输系统列车自动监控系统在结构上主要包括：区域控制器、车载控制系统、联锁系统、线路数据库及数据通信系统等<sup>[9-10]</sup>。各个子系统可以通过 5G 无线通信数据传输通道进入系统。

#### 2.1 监控子系统设计

硬件内部的监控子系统为 ATS 子系统，总的来说，ATS 子系统包括 ATS 中央控制子系统，它位于控制中心，

而车站子系统位于 ATS 沿线的站点和仓库<sup>[11]</sup>。

监控子系统一般设在中央自动监控系统的控制中心，实时监测列车运行情况。监测中心子系统主要包括调度中心工作站、自动监测中心主机服务器、自动监测中心通讯服务器、自动监测中心数据库服务器、操作图表/定时编辑中心、训练/模拟中心、供电系统、防雷器等。通常，控制中心根据线路长度设置多个调度站和一个总调度站，各调度站根据权限对线路中的某一部分进行控制。在调度工作站之间有很多冗余<sup>[12]</sup>。一个工作站可以通过授权来接管其它工作站的管理权限，以提高系统的可靠性。装上一台 ATS 主机服务器，实现软件处理功能；装上数据库服务器，处理数据库应用软件，生成报告；装上 ATS 通信服务器，处理数据信息，并与其他系统进行交互。如果主机出现故障，它会在不受干扰的情况下自动转换为空闲主机。

站点系统主要包括 ATS 站点工作站，网络设备，出站指令系统等。一般将 ATS 工作站配置在一个设备集中的地点，地点有更多的输出、信号和跟踪部件，它被用来监督司法权力的运作。为减少设备数量，ATS 位于设备基站内<sup>[13]</sup>。链路设备运行站共享，即本地控制工作站。发送者收到 ATS 控制指令，指示列车在发车时定位在每台月台两端的合适位置。在车辆段安排调度员在线操作列车和司机<sup>[14]</sup>。

#### 2.2 控制器设计

该控制器通过区域控制器引入的天线为 TI 天线，能够很好地把握数据之间的位置<sup>[15]</sup>。数据控制器内部的信息具备反馈能力，使驾驶员能对列车运行进行方便、实时的调整。汽车通信网是汽车内部各子系统、设备之间进行信息交互的传输平台。控制器内部结构如图 2 所示。

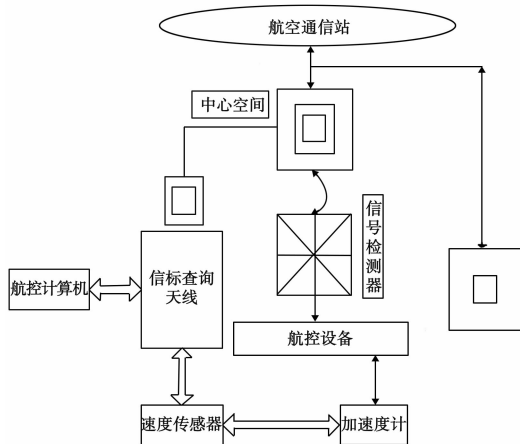


图 2 控制器结构

#### 2.3 5G 无线数据通信子系统设计

数据通信子系统包括有线通信子系统（主干网络、控制中心、轨道侧网、车辆网）和无线通信子系统。数字式通信子系统的有线网络连接控制中心和端端通信终端，地面无线接入点 AP 连接无线通信子系统和其它设备，负责整个通信系统的数据传输和转发。采用无线通信子系统，实

现了列车数据的传输和列车的切换控制。

5G 无线数据通信子系统原理如图 3 所示。

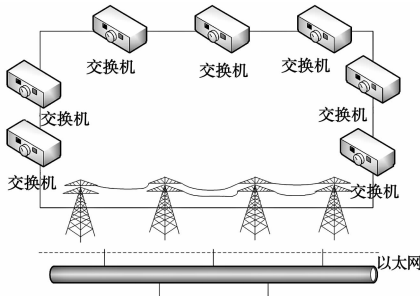


图 3 5G 无线数据通信子系统原理图

### 3 基于 5G 无线通信技术的城市轨道交通信息传输系统软件设计

根据系统的硬件对软件程序进行设计，设计的软件程序主要包括通信程序和通信信号损耗分析程序。

#### 3.1 无线通信程序设计

本文提出的基于 5G 无线通信技术的城市轨道交通信息传输系统主要利用 Socket（套接字）实现软件通信功能。

套接字有两种类型：数据报套接字和数据流套接字。“数据报套接字”是一个无连接的套接字，它提供面向记录的双向数据流，但不能保证传输信息的顺序和可靠性；而“数据流套接字”是一个没有记录边界的双向数据流，可以保证有序的、非重复的传输。

socket 可用于很多体系结构模型，最常用的是服务器/客户端模型。将应用程序分为客户端和服务端。伺服器将等待客户端连接。在服务器收到客户端连接请求后，服务器会处理并向客户端返回响应消息。软件程序发送的数据包信息如下表 1 所示。

表 1 软件程序发送的数据包信息

发送序号	数据包信息内容
1	5G 通信数据编号
2	相邻 5G 通信数据编号
3	车载信息标识
4	城市轨道交通内部列车信息
5	列车速度信息
6	列车位置信息
7	相关限速信息,主要为临时限速信息
8	MA 信息

#### 3.2 通信信号损耗分析程序设计

通过发送机和接收机之间的距离为  $d$ ，单位为 km；系统内部接收的电磁波为  $f$ ，则受干扰通信信号损耗程序计算公式为：

$$P_{\text{loss}}(dB) = 20\lg f + 18.6\lg d + 41.6 \quad (1)$$

其中， $d$  的单位 Mhz， $P_{\text{loss}}(dB)$  为路径损坏结果。

除了通信信号路径损坏外，阴影衰落、快速衰竭、通信信号线缆损耗也会影响通信质量，因此通信信号损耗分

析计算公式如下：

$$P_r[dB] = P_t[dB] + G_t[dB] + G_r[dB] - P_l[dB] - a \quad (2)$$

其中： $P_r[dB]$  代表接收到的最小电平，在不同的传输速率下，接收的灵敏度不同； $P_t[dB]$  表示系统内部发射的功率； $G_t[dB]$  表示系统发射的通信天线增益； $G_r[dB]$  表示系统接收的通信天线增益； $P_l[dB]$  表示通信路径的信号损耗值； $a$  为其它损耗值。

### 4 实验结果与分析

根据上述传输系统设计方案进行实验操作，检验本文设计的性能，并构建静态与动态测试检测系统的基础性能。

#### 1) 静态测试：

本文静态测试选择在隧道内部进行。从隧道起始点出发直至隧道末端，选取信号强弱检测设备对不同距离信号点的信号强弱进行检测。本文选用 Net Stumbler 软件进行信号覆盖强度检测，读取信号结果，并构建场强测试参数表如表 2~3 所示。

表 2 轨旁无线设备测试参数 1

距离	0	100	200	300
信号强度(dBm)	-42	-47	-55	-63

表 3 车载无线设备测试参数 2

距离	0	100	200	300
信号强度(dBm)	-32	-40	-45	-56

按照隧道内部空间特点选取相应的防护工具对内部测试信息进行防护，时刻检验内部数据的状态，并根据不同的数据状态标定检验目标，控制不同方位的系统数据，将属于相同种类的数据存储于同一数据操作空间内。

选取特殊地点进行检测数据，并设置相应的实验操作方案。将 Net Stumbler 软件的内部计算装置与信号发送端及数据接收端相连接，如图 4 所示。相应的内部信息以数据报文形式传输，在数据信息层中执行信号传输指令，并建造内部数据传导信息。确保数据传输的精准性。管理相关的模拟系统，并传导内部数据，将内部数据由传导通道从车辆轨道一端口传向另一端口。在获取检测的文件信息后，利用统计数据状况展现传输性能。

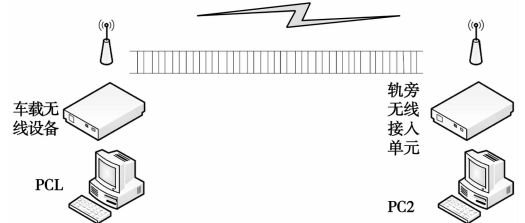
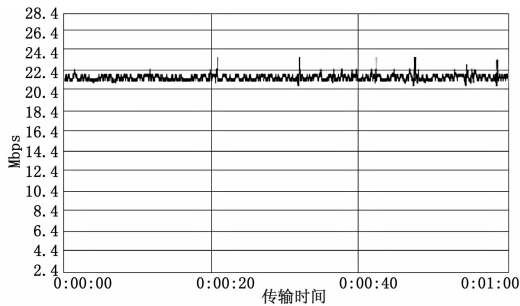


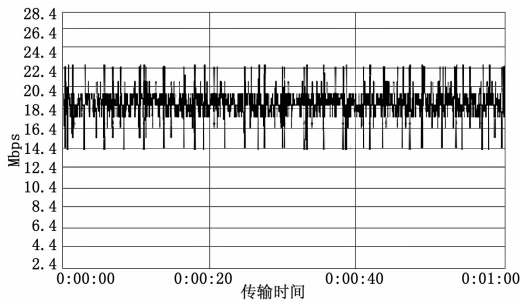
图 4 静态测试模拟图

如图 4 所示，轨旁无线接入单元与车载无线设备的距离设置为 200 m、350 m、500 m、750 m，车载无线设备的

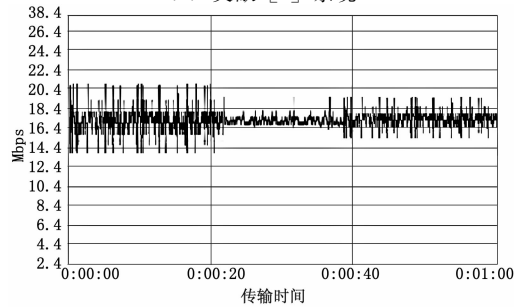
功率为 100 mW，轨旁无线接入单元在先前的操作条件情况下进行，根据检测的结果数据完善实验操作，在测试结果中选取较为典型的数据信息，实验检验距离为 500 m，车载无线设备功率为 75 mW，轨旁无线接入单元功率为 2.715 mW。通过上述信息，获取实验结果对比图，如图 5 所示。



(a) 本文系统



(b) 文献 [1] 系统



(c) 文献 [2] 系统

图 5 稳定性实验结果对比

根据上述图示可以分析出，文献 [1] 系统的传输数据流曲线稳定性较高，传输性能较高，但低于本文系统设计，文献 [2] 系统的传输数据流曲线稳定性较低，传输性能较弱。而基于 5G 无线通信技术的城市轨道交通信息传输系统的传输数据流曲线趋于稳定，传输性能均强于其他两种传统系统设计。造成此种差异的主要原因在于，本文设计的系统能够集中查询城市轨道交通信息，强化轨道性能检验操作性能，不断调节交通信息传输数据，并将传输数据全部录入传导通道中，确保数据的完整安全存储。在数据存储的基础上执行交通信息传输指令，提升了信息传输的稳定性，获取完善的测试信号数据。增强了内部数据传输性能，具有良好的数据传输性。

### 2) 动态测试:

隧道内部车辆运行将产生一定的震动差异，为此，在

操作过程中需提升隧道内部的操作性能，管理不同的操作机制，对隧道空间内部的情况进行勘查，同时转化不同的隧道内部数据操作模式，获取良好的隧道操作数据。在高速移动的同时检验数据衰落变化，数据衰落的变化将影响数据的丢包率的变化，设置数据移动区域图如图 6 所示。

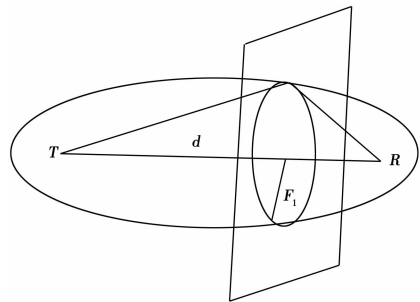


图 6 数据移动区域图

采用基础功能软件对模拟车辆进行检验，构建车载数据模式，调节隧道内部移动端点。管理轨道网络功率，同时调配车辆系统结构，转变车辆轨道行为，结合传输系统的内部操控空间。记录承载宽带数据，并加强对宽带数据的调配力度，将宽带信号控制在系统许可范围内。设置车载无线设备的功率为 200 mW，对不同的承载宽带进行调整，并整合操作信息，记录测试结果，并观察隧道起始点至终点的运行过程中的宽带变化，检验不用系统设计传输过程中的丢包率，构建实验对比图如图 7 所示。

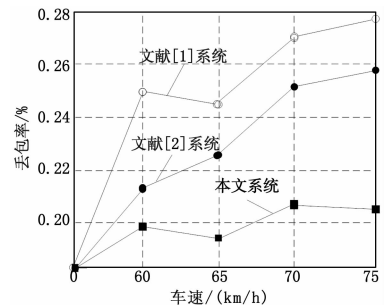


图 7 丢包率对比图

根据上述图像，文献 [1] 系统的丢包率较高，文献 [2] 系统的丢包率较文献 [1] 系统有较为明显地降低，而本文基于 5G 无线通信技术的城市轨道交通信息传输系统设计的丢包率均低于其他两种传统系统。由于本文系统设计选用 5G 无线通信技术，优化了轨道信息，并强化了内部信息管控性能，具有较强的实用性，可调配无线通信网，确保数据传输的完整性，减少了数据传输过程的丢包率，提升数据的传输性能。

综上所述，本文系统设计的传输性能较强，能够在较高程度上提升系统的自主保护性能，且运行稳定性较好，具有良好的操作性，能够更好地为使用者提供服务。

## 5 结束语

目前 5G 通信技术已经广泛应用在轨道交通的领域，

(下转第 247 页)