

基于 Android 手机的家居安防系统的设计与实现

朱 玲¹, 李艳东², 徐凤霞¹, 么洪飞¹

(1. 齐齐哈尔大学 机电工程学院, 黑龙江 齐齐哈尔 161006;

2. 齐齐哈尔大学 计算机与控制工程学院, 黑龙江 齐齐哈尔 161006)

摘要: 数字科技的高速发展使得家居安防趋于网络化和智能化, 为了满足人们对居住环境安全性的要求, 采用 Android 智能手机作为监控终端、家庭个人电脑作为服务器、STC89C52 单片机作为传感器采集节点的核心处理器, 结合 WIFI 局域网、3/4G 运营商网络、NRF 传感器网络设计了一个具备环境监测、防火防盗、异常警报功能的安防系统; 系统整合了实时视频监控功能, 用户可以在 Android 手机客户端实时观看远程监控视频并作应急处理; 联调测试表明该系统稳定可靠, 易于扩展, 具有实际应用价值。

关键词: 家居安防; 安卓系统; 远程监控; 视频监控; 无线网络

Design and Implementation of Home Security System Based on Android Phone

Zhu Ling¹, Li Yandong², Xu Fengxia¹, Yao Hongfei¹

(1. School of Mechanical and Electronic Engineering, Qiqihar University, Qiqihar 161006, China;

2. College of Computer and Control Engineering, Qiqihar University, Qiqihar 161006, China)

Abstract: With the rapid development of digital technology, home security tends to be networked and intelligent. In order to meet people's requirements for the safety of living environment, the home security system is designed, which has functions of environmental monitoring, fire and theft prevention and alarm. An Android smart phone is used as a monitoring terminal, and a home PC is used as a server. The STC89C52 micro-controller is a core processor of sensor acquisition nodes. The system integrates WIFI LAN, 3/4G operator network and NRF sensor network to realize real-time video monitoring. Users can watch remote monitoring video and make emergency treatment in the Android phone client in real time. The combined test of software and hardware shows that the system is stable and reliable, easy to extend and has application value.

Keywords: home security; Android; remote monitoring; video monitoring; wireless network

0 引言

智能化时代为人们的家居生活带来了各种便捷设施, 如智能电器、智能门窗、煤气设备等, 便利的同时难免存在安全隐患。随着人们物质生活水平及安全防患意识的提高, 家居安防再度引起重视, 但快节奏的生活使得人们在家的时间越来越少, 无法切身地顾及家居的安全问题, 这使得家居安防远程监控系统的研究成为一项热点。

早期的家居安防系统需采用专门铺设的线路进行信息传输, 对危险情况的警示大都是声光报警、电话拨号报警, 存在着传输距离短、无法监控危险现场、使用不便捷等问题^[1]。随着无线通信技术的迅速发展, 结合日益普及的智能手机、个人电脑、云服务器等构建灵活可靠的家庭安防监控系统成为该领域的主要研究方向。目前家居安防系统的研究多以物联网技术为核心, 采用 ZigBee 无线网络技术,

结合以太网/GPRS 等进行远程监控, 具有无需布线、网络丢包率低、功耗低等优点, 有效地避免了传输效率低、受距离限制等问题^[2-5]; 国外学者从节能角度设计了家庭自动化系统, 基于 Android 应用程序实现对家庭未断电设备的远程控制^[6-8]。上述文献有效地解决了早期家居安防系统存在的问题, 但没有客户端视频监控功能, 本文基于智能手机设计了具有视频监控功能的家居安防系统, 能让用户在任意时间和具备网络的地点实时观察家里情况, 是目前家居安防系统的重要功能, 具有研究和实现价值。

1 安防系统功能与组成

家居安防系统主要实现如下基本功能:

- 1) 环境温湿度值的监测;
- 2) 火灾报警;
- 3) 外出模式下的防盗功能;
- 4) 异常情况下的视频采集与传输报警;
- 5) 异常情况下的语音警示;
- 6) 手机客户端实时监控功能。

针对上述功能要求, 设计安防系统的基本组成如图 1 所示。基于 Android 智能手机的家居安防系统首先需要进行客户端和服务端设计, 即实现一个 C/S 架构的系统模式。

收稿日期:2018-11-01; 修回日期:2018-12-04。

基金项目:黑龙江省自然科学基金面上项目(F2015025); 齐齐哈尔大学青年教师科研启动支持计划项目(2012k-M13); 齐齐哈尔大学教育科学研究项目(2015091)。

作者简介:朱 玲(1981-), 女, 黑龙江省甘南县人, 博士, 讲师, 主要从事控制理论与控制系统设计方向的研究。

此安防系统用于家庭使用, 所需服务器并发量很小, 因此选用个人电脑作为服务器而无需租用。服务器主要处理传感器数据、采集摄像头图像数据和响应 Android 客户端请求等任务; Android 客户端则是在用户启动后请求并显示服务器端的内容, 并可以进行录音广播; 硬件部分通过微处理器对传感器数据进行采集与处理, 并通过 NRF 无线网络传送给接收端, 接收端通过串口通信将数据传给服务器。

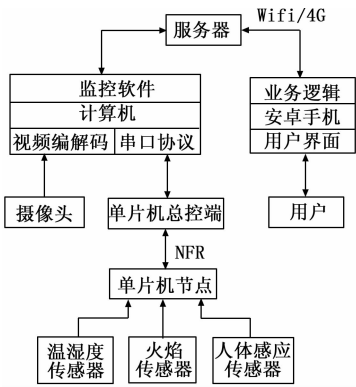


图 1 安防系统组成

2 安防系统硬件设计

针对安防系统的功能要求, 将硬件设计分为以下 9 个模块:

1) 温湿度采集模块: 选用广州奥松电子有限公司的 DHT11 数字温湿度传感器采集当前温湿度数据, 传感器的湿度分辨率为 1%RH、精度为 4~5%RH, 而温度的分辨率为 1℃、精度为 1~2℃, 量程为 0~50℃。温湿度传感器集成于一个单独采集节点中, 数据通过微处理器解析后经 NRF 无线网络传输到与主机连接的总接收端的微处理器, 再经由串口通信协议将数据传输到服务器主机, 当 Android 客户端请求时, 将此数据发送给客户端。

2) 人体感应器模块: 人体感应器选用 HC-SR501 模块, 该传感器能够接收 10 微米左右的红外线, 灵敏度高、可靠性强, 当传感器接收到人体发出的红外线时会使得热释电元件释放电能, 从而检测是否有人靠近。

3) 火焰传感器模块: 该模块可以用于检测 760~1 100 nm 范围内的光源或者火焰, 其使用 LM393 低压双路比较器用于比较信号电压与基准电压以确定输出电平信号, 并且通过配置电位器调节基准电压值, 从而调节感应灵敏度。当火焰传感器接收到信号源时, 光电元件触发光电效应产生一个电压值, 该值经电压比较器基准电压值进行比较, 大则输出高电平, 反之输出低电平。工作电压为 3.3~5 V。

4) 无线通信模块: 无线通信起到串联模块节点与终端的作用, 使得监测节点可以脱离有线的束缚, 自由、灵活。基于实际使用场景、传输距离和性价比考虑, 选用 NRF24L01 无线传输模块, 该模块对外开放了 5 个可编程 GPIO, 可以很方便地与各种处理器进行组合构建通信系统, 并且它拥有多达 125 个可选通信频道, 对于家庭室内

应用场景而言, 可以满足多个节点组网需求。实际应用中, 通常将 NRF24L01 模块的 GPIO 接至处理器的 GPIO 上模拟 SPI 通信, 而在编写 SPI 通信程序时需要严格遵守对应的通信时序 (具体可查阅芯片的 DataSheet 手册)。

5) 微处理器为核心的硬件电路: 微处理器的工作是接收来自传感器的数据并进行数据的转换工作, 当转换完成后将数据通过无线模块发送给接收节点。处理器任务少且内存空间消耗不大, 故选择 STC 公司的 STC89C52 作为各节点的核心处理器将上述四个模块连接成硬件电路图, 如图 2 所示。

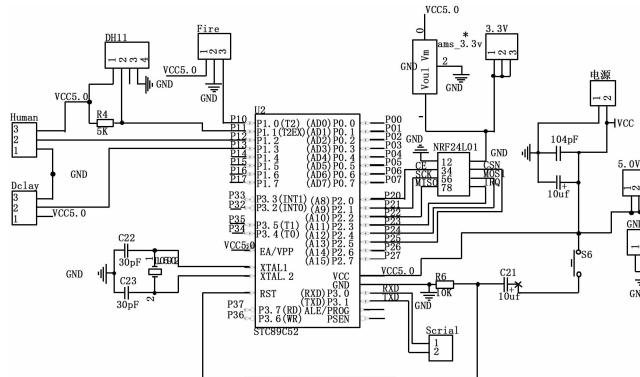


图 2 系统硬件电路图

6) 视频采集和处理模块: 视频采集设备使用的是 USB 摄像头, 并采用摄像头采集技术框架 webcam-capture 采集图像。webcam-capture 是 Bartosz Firyn 和开源贡献者们开发的一个专门用来采集摄像头数据的 Java 跨平台开源库, 支持多种驱动拓展, 可以采集 PC 端内置摄像头和 USB 摄像头, 以及 IP 网络摄像头的图像数据^[9]。摄像头的数据采集需要一定的触发条件才会正常进行, 例如在闲置的一定时间后如果没有客户端请求, 那么摄像头会处于录像监控模式, 而有请求触发后则进入等待响应用户处理模式。

7) 异常警报模块: 人体感应传感器和火焰传感器二者其中之一被触发时会通过 NRF 无线网络将信号传输到本地服务器主机, 主机判断信号后随即抓拍图像或者短视频并以邮件附件形式发送给用户。

8) 视频显示模块: 视频显示在 Android 客户端中进行, 客户端通过身份验证登陆, 登陆成功后方可根据参数请求视频数据, 请求成功后即可在客户端中播放远程视频。

9) 语音广播模块: 语音广播功能即用户在 Android 客户端可以录制一段语音数据上传到服务器主机, 并可在主机播放。

3 系统软件设计

3.1 服务器软件模块

服务器主要负责数据的采集与加工处理, 以及响应客户端数据请求, 包含账户验证、串口数据采集和处理、摄像头数据采集和处理、MJPEG 视频数据流合成处理、异常时发送邮件以及播放客户端上传的语音文件等功能。根据性能要求, 服务器端软件选用开源的 Apache Tomcat。

3.1.1 Java 服务器开发环境搭建

服务器端使用的开发语言是 Java，而 Java 依赖 JVM (Java 虚拟机) 来编译和运行程序代码，因此需要先配置 Java 开发平台。从 Oracle 官方网站下载合适版本的 JDK 和 Java EE 工具包，安装后在系统变量表中的 PATH 变量末尾直接添加 JDK 安装路径下 bin 文件夹的路径，例如 C:\Program Files\Java\jdk1.8.0_152\bin，操作完成后打开 CMD 控制台输入 java -version，如果输出类似于图 3，则说明 JDK 配置完成。同样的方法配置 Apache Tomcat 服务器并安装 Eclipse 编辑器。



图 3 JDK 环境配置成功时测试输出图

3.1.2 验证并响应客户端请求

以用户名和密码作为验证依据，只有用户名和密码正确时才能进行客户端数据请求，由于每个请求都会伴随表单数据，因此出于数据安全考虑服务器将不接受 GET 请求而只接受 POST 形式的请求。

3.1.3 串口数据的采集

串口数据的采集工作需要在在一个独立的线程中执行，而不是运行在 Servlet 中，这是由于 Servlet 运行在特定的线程池中，并且每当客户端发出一个请求，服务端都会创建一个 Servlet 来响应这个请求，如果把串口数据放在 Servlet 中，会有多个线程进行串口通信，这会导致只有一个线程成功通信，而其他线程则会因串口被占用而导致错误。基于上述缘故，串口数据采集线程需要在 Tomcat 服务器启动后部署工作开始前开启，这样就可以保证串口数据采集线程的生命周期跟随服务器而非 Servlet。

3.1.4 实时视频监控

实时监控是本系统设计实现的重点之一，该系统使用 Motion JPEG，即 MJPEG 作为视频传输格式，视频中的每一帧都是使用 JPEG 格式编码的图片，对硬件编码和运算能力要求较低。在服务端得知客户端请求实时视频后，服务器会通过摄像头进行连续拍照，采用 webcam-capture 技术进行图像采集工作。为保证视频流畅，1 秒内至少连续采集图像 30 次，并将图像连续发送回客户端，直到客户端中断连接。程序过程如图 4 所示。

3.1.5 异常时发送警报邮件

异常时发送附带抓拍图像的警报邮件是安防系统的重要功能，在串口数据采集正常进行的条件下，异常在以下两种情况发生时成立：1) 设置为外出模式的情况下，人体感应器检测到有人进入室内；2) 火焰感应器检测到火灾发生。当服务器根据串口数据检测到异常发生时，将会通过摄像头抓拍室内图像或者短视频，并以邮件附件的形式发送给用户，程序流程如图 5 所示，如果异常持续，此过程

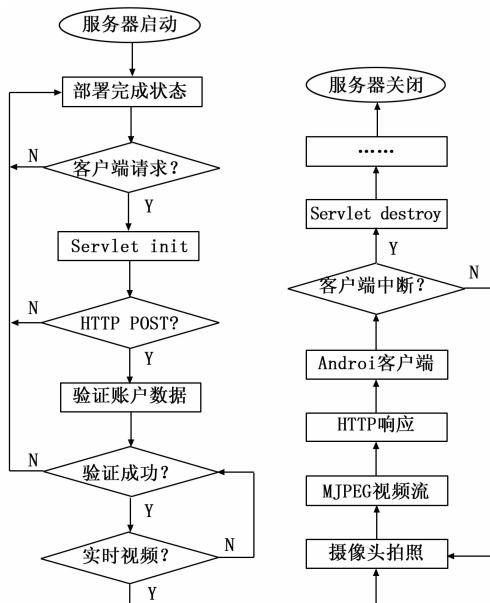


图 4 实时视频请求与响应过程

会连续进行多次。

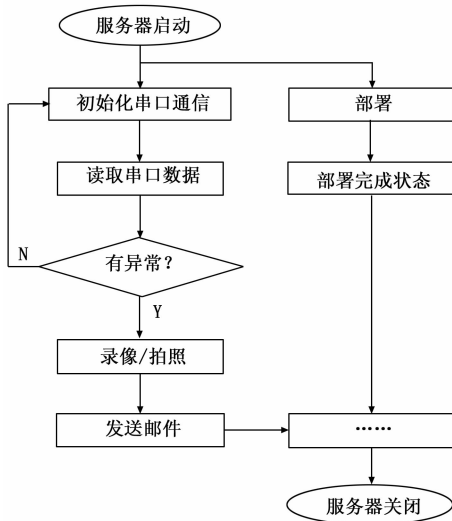


图 5 异常时发送邮件过程

3.2 Android 客户端软件模块设计与实现

Android 是目前市场占有率最大的手机系统平台，支持不同设备类型的开源软件堆栈。Android 的主要目的是为运营商、OEM 和开发者创建一个开放的软件平台，使他们能够将自己的想法转化为现实，引入真实的产品，从而有效地提高用户的移动体验。Android 系统架构自底向上分别是 Linux 内核层、硬件抽象层 (HAL)、Android 系统服务层、Binder IPC 代理层和应用层。

本系统 Android 客户端主要负责根据用户操作请求服务器数据，并将响应数据展示至用户界面，包含账户验证、服务器温湿度数据显示、MJPEG 视频流数据播放、语音录制与上传、模式切换以及账户管理等功能，部分功能的实现详细介绍如下。

3.2.1 Android 开发环境搭建

Android 客户端 App 开发环境使用的是 Google 官方 IDE Android studio。从 Google 开发者中文网站中下载 Android studio 最新版并安装^[10], 安装完成后打开 Android studio, 同时新建工程。

3.2.2 UI 界面设计与实现

UI 界面是与用户沟通的桥梁, 良好的界面设计和操作逻辑能提升用户体验。Android 客户端需要向用户展示温湿度、视频监控, 提供安全模式切换、账户管理等功能, 因此可设计主要功能 UI 如图 6 所示。

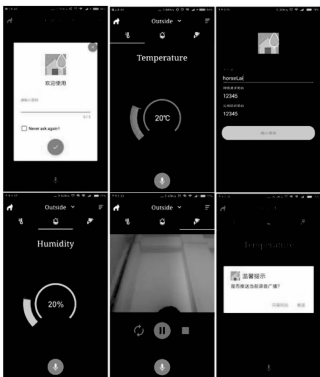


图 6 主要功能的 UI 界面

3.2.3 网络请求框架设计与实现

网络请求框架用于连接服务器并请求相关数据, 本系统采用 Square 公司的 OkHttp, OkHttp 的请求过程如下:

1) 当使用 URL (统一资源定位符) 进行请求时, OkHttp 会使用这个 URL 配置 OkHttpClient 来创建一个 Address (地址), 用于指定目标服务器;

2) 然后在数据库 ConnectionPool (连接池) 中查看是否具有已经连接到目标服务器的连接, 如果存在, 则复用这个连接, 如果不存在, 则通过另一条 Route (路径) 进行尝试, 这意味着会进行 DNS 请求以获取目标服务器的 IP 地址;

3) 接着进行 Socket 连接或者 HTTPS 连接, 如果连接失败, OkHttpClient 会选择另一条 Route 进行尝试。连接成功后, OkHttpClient 向服务器发出 HTTP 请求, 并读取响应数据, 同时这个 Connection (连接) 将会放到 ConnectionPool 中以备后续复用, 如果这个 Connection 在一定时间内没有再次被使用, 则被销毁。

3.2.4 监控视频数据播放

MJPEG 视频流是由一帧一帧的图片组成的, 由于不需要频繁变化播放界面, 因此可以采用 Android 系统中充当着浏览器角色的 WebView 来请求和播放 MJPEG 视频流, 操作简单、性能稳定。

3.2.5 语音录制与远程播报

当通过异常邮件得知有陌生人闯入室内时, 通过语音广播震慑陌生人而让对方得知自身已经被发现, 这是对异常情况的一种回应方式。本系统 Android 客户端语音录制使用的是 MediaRecorder (Android 系统开放的用于录制语音和

视频的 API), 根据 MediaRecorder 状态图完成初始化过程^[11]。在编写应用程序时需要严格遵守其状态时序, 否则无法正确进行录音工作。完成音频录制后, 会将音频文件上传至服务器, 服务器成功接收到音频文件后立即播放。

4 安防系统测试

以家庭个人电脑作为中央服务器, 以 Android 智能手机作为客户端设备, 对硬件端的传感器信息采集与 NRF 无线通信、服务器端与硬件端的串口通信、服务器与 Android 端的数据交互、Android 客户端对数据的解析等功能进行了测试。在测试过程中使用局域网, 如需进行外网访问, 则可租用外网域名并在服务器端配置即可。

4.1 硬件端测试方法

PC 端通过 STC-ISP 程序烧录软件中的串口助手进行测试, 正常工作下, 接收缓冲区会不断接收到硬件端通过串口通信传来的数据, 检查数据格式, 若与硬件接收端传出的数据格式一致且在传感器状态发生改变时接收到的数据也会发生变化, 表明硬件部分工作正常。

4.2 服务器端与 Android 客户端功能测试

服务器端主要测试能否正常与硬件端进行串口通信、异常时能否正常发送警报邮件、能否正常响应客户端请求以及传输视频数据到 Android 客户端。与之对应的, Android 客户端则主要测试是否能正常请求和解析服务器的数据、能否正常进行视频实时监控以及能否正常进行语音录制与广播功能。

通过打印 log 日志的方法观察运行情况。例如, 测试服务器是否正常响应客户端请求时, 客户端的每个请求都包含一个标志用来标识所请求的类型, 服务器接收到请求后根据这个类型返回对应类型的数据, 正常响应客户端请求时 log 输出如图 7 所示, “type: sensor” 表示当前客户端请求的是传感器数据, 而 “type: motion” 表示当前请求的数据是摄像头监控数据, “capturing..” 则是开启摄像头拍照时的 log 日志输出。

```

type: sensor
Read 13 bytes..
1,0,30,55,255
type: sensor
type: motion
SLF4J: Failed to load class "org.slf4j.impl.StaticLogg
SLF4J: Defaulting to no-operation (NOP) logger impleme
SLF4J: See http://www.slf4j.org/codes.html#StaticLogge
type: sensor
Read 13 bytes..
1,0,30,55,255
webcam opened !
capturing..
type: sensor
capturing..
capturing..
capturing..

```

图 7 正常响应客户端请求时 log 输出

再比如测试服务器是否正常发送警报邮件, 邮件正常发送时的 log 输出如图 8 所示, 在 “Outsides” 外出模式下, 通过传感器数据判定为异常时 (数据 “1, 0, 30, 55, 255” 中的 255 是人体感应器触发时的信号输出, 正常时为 0), 将会发送附带摄像头抓拍图像的邮件给用户, 接收到的邮件如图 9 所示。

```

mode shifted : Outside
type: sensor
Read 13 bytes..
1,0,30,55,255
type: sensor
{mail.password: [REDACTED], mail.transport.protocol=smtp, mail.user=1542873238,
type: sensor
opened

```

图 8 邮件正常发送时 log 输出

要求, 远程视频监控的功能也适用于对家中孤单老人的监护。

参考文献:

[1] 刘冀鹏, 张洪沛. 智能家居安防技术专利分析 [J]. 软件, 2018, 39 (1): 165-168.

[2] 蒋春利, 李政林, 罗文广, 等. 罗植升智能家居监控及安防系统设计 [J]. 自动化仪表, 2017, 38 (11): 13-16.

[3] 文 桦. 智能家居安防系统设计 [J]. 计算机测量与控制, 2018, 26 (6): 290-293.

[4] 贺小艳. 基于物联网无线传感的小区安防系统设计 [J]. 电子测试, 2018 (7): 38-40.

[5] 陈 静. 面向物联网的智能家居安防子系统的设计与开发 [J]. 自动化技术与应用, 2018, 37 (7): 123-125.

[6] Shinde A, Kanade S, Jugale N, et al. Smart home automation system using IR, bluetooth, GSM and Android [A]. Fourth International Conference on Image Information Processing (ICI-IP) [C]. 2017: 512-517.

[7] Vaidya B, Patel A, Panchal A, et al. Smart home automation with a unique door monitoring system for old age people using Python, OpenCV, Android and Raspberry PI [A]. International Conference on Intelligent Computing and Control Systems (ICICCS) [C]. 2017: 82-86.

[8] Magar S, Saste V, Lahane A, et al. Smart home automation by GSM using Android application [A]. International conference on infromation communication & embedded systems (ICICES) [C]. 2017.

[9] <http://webcam-capture.saxos.pl/>. [EB/OL].

[10] <https://developer.android.google.cn/studio/>. [EB/OL].

[11] <http://book.51cto.com/art/200912/173825.htm>. [EB/OL]

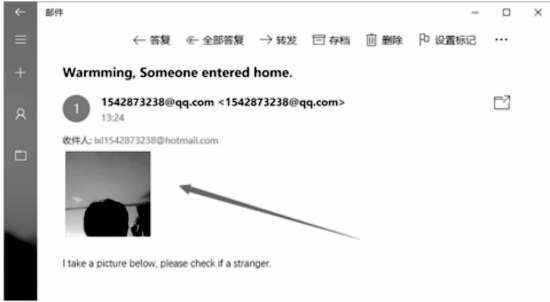


图 9 异常警报邮件

经测试, 客户端的环境数据显示、视频监控、语音录制与播放等功能都能稳定运行, 实现了家居安防系统的功能要求。

5 结束语

家居安防系统实现了对室内温湿度、火情和人员闯入的信息检测, 能够在 Android 手机客户端远程请求视频查看功能, 并在异常发生时收到视频邮件, 及时查看异常情况, 适时进行语音警告提醒。无线网络传输方式解决了布线问题。经测试, 该系统运行稳定可靠。增加烟雾传感器、光线传感器等则可实现室内的特殊气体和光线检测功能, 具有较强的扩展性。

该系统能够满足现代智能家居安全、便捷、低成本

(上接第 130 页)

时间以及屏蔽信息, 同时在站台处应有隔离/紧急开关手柄, 同时应有防挤压功能。

3.5 综合监控

综合监控系统也叫 ISCS 系统, 通过无线电的通道与车内信息交流, 车内主要事件的触发均应显示在 ISCS 的终端, 例如乘客紧急通讯时的报警触发。综合监控系统在调试时应注意与其余系统的接口问题, 自身的程序调试无误后, 在调试的过程中仔细检查与信号方及通讯方的信息交流。

3.6 车辆基地

全自动车辆基地是承担全自动运行列车运用、停车、整备、清洁、检查、定期检修、调试等功能的场所, 将正线对列车的运营控制权由车站延伸至场段的全自动运行区域。应具备自动唤醒、休眠列车、自动出入场功能, 宜具备与停车列检库库门、洗车库库门联动、自动洗车等功能。

4 结论

基于 CBTC 的全自动无人驾驶地铁系统具有高安全性、高舒适性, 节约了能源, 减免了司机劳动, 是目前城轨地铁运行的自动化程度最高级别的轨道系统, 已经成为下一

代轨道车辆运行系统的设计的趋势。

参考文献:

[1] 王 野, 陈丽君. 城市轨道交通 CBTC 信号系统互联互通的设计思考 [J]. 城市轨道交通研究, 2016 (S2): 7-11.

[2] 叶富智. 城市轨道交通在同一 CBTC 信号系统下列车跨线运营研究 [J]. 城市轨道交通研究, 2015, 12: 40-45.

[3] 黄云玲. LTE 在城市轨道交通 CBTC 信号系统车地无线通信的应用 [J]. 产业装备, 2016, 6: 92-94.

[4] 高 飞. 上海轨道交通 10 号线无人驾驶运营管理组织方案的设想 [J]. 城市轨道交通研究, 2016, 9: 1-4.

[5] 王曰凡. 全自动无人驾驶系统—全新理念的城市轨道交通模式 [J]. 城市轨道交通研究, 2006 (8): 1-5.

[6] 张 爽. 北京地铁机场线无人驾驶系统运营管理模式初探 [J]. 现代城市轨道交通, 2013, 5: 75-76.

[7] 张海涛, 梁汝军. 地铁列车全自动无人驾驶系统方案 [J]. 城市轨道交通研究, 2015, 5: 33-37.

[8] 郭泽阔. 全自动驾驶车辆段总体布局方案设计 [J]. 都市轨道交通, 2017, 30 (2): 42-47.

[9] 任安萍. 浅谈我国全自动无人驾驶地铁的发展 [J]. 科技视野, 2012, 25: 207-208.