

基于工业现场数据的制造执行系统应用研究

许 逵¹, 黄辉先¹, 李 康²

(1. 湘潭大学 信息工程学院, 湖南 湘潭 411105; 2. 大连理工大学 机械工程学院, 辽宁 大连 116024)

摘要: 离散制造业系统结构复杂, 系统间相互独立、缺乏数据信息共享, 导致各功能模块之间存在信息孤岛问题; 基于工业现场数据的制造执行系统 (MES) 遵循从下至上的规则将底层 (PCS) 数据通过 OPC 技术进行采集, 解决了传统方法数据采集异构的问题, 并经 MES 传至上层业务系统 (如 ERP), 实现对工厂信息的纵向集成, 对数据信息的处理形成异常信息检测及故障智能化处理模块, 使管理层能实时掌握车间状况及提前发现影响生产的问题, 利用信息化手段提高了工厂调度与管理效率, 对工厂的实际生产具有一定的指导意义。

关键词: 制造执行系统; OPC; 异常信息检测; 故障智能化处理

Application Research of Manufacturing Execution System Based on Industrial Field Data

Xu Kui¹, Huang Huixian¹, Li Kang²

(1. College of Information Engineering, Xiangtan University, Xiangtan 411105, China;

2. Dalian University of Science and Technology, Dalian 411105, China)

Abstract: With the complex structure of discrete manufacturing industry. The system is independent of each other and lack of data sharing. It leads to the existence of information island problem between various functional modules. Manufacturing execution system (MES) based on industrial data follow the bottom-up rules underlying (PCS) by OPC data acquisition. This method solves the problem of isomerism in the traditional method of data collection and pass through MES to the upper business system (such as ERP) and implement vertical integration of factory information. Forming abnormal information detection and fault intelligent processing module through processing of data information. The management layer can grasp the situation of the workshop in real time and discover the problems that affect the production in advance. With the input of this system it improve the plant scheduling and management efficiency. It has certain guiding significance for the practical production of the factory.

Keywords: manufacturing execution system; OPC; abnormal information detection; fault intelligent processing

0 引言

随着高新技术迅速发展及制造业全球化竞争日益加剧, 传统工厂的生产加工模式已不再适用现代化工业建设的浪潮, 以德国工业 4.0、中国制造 2025 为目标, 企业普遍开展了智能化车间建设, 制造执行系统 (MES) 作为 CIMS 中重要环节, 在车间生产过程中占据了重要作用, 现代化工业过程正朝着大规模、复杂化的方向发展, 以传感器技术、计算机技术、通信技术、数据存储技术的发展^[1-3], 离散制造业存储了大容量数据, 且随时间呈指数增长, 如何对 PCS 层数据进行采集及数据的筛选、评估、分析、传递, 有效利用在线及历史数据^[6]进行异常信息检测^[4-5]及故障智能化处理^[7]显得尤为重要, 对于工厂制造业整体水平提升具有重要意义。

本文以院士工作站开展的某国有企业应用智能工厂管控技术研究与 MES 系统开发为背景, 应用 OPC 技术^[8-11]进行数据采集, 形成基于数据的工业过程异常检测及故障智

能化处理, 最终实现基于 Web 的数据采集与监控系统。

1 MES 系统总体设计

为适应智能化工厂的管理需求, 研究与开发 MES 系统, MES 以制造数据为核心, 数据采集为基础, 辅之以监控和看板展示, 研究一款具有设备、物料、质量、排产及报工等功能模块的面向汽车零部件装配行业的系统, 而且还要具有数据的筛选、评估、分析、传递功能, 从而实现工厂信息的纵向和横向的集成。

MES 研发重点集中在数据采集、数据可视化及数据分析相关算法的应用上。数据采集部分主要研究传统 MES 不采的数据, 解决现有生产数据采集不上来的问题。在数据采集支撑的基础上, 将算法应用在排产、调度、设备管理、质量管理等模块上, 指导生产。

开发有特色、与传统 MES 不一样的系统体现在:

1) 生产状态可视化:

(1) 及时、准确采集生产现场过程数据, 包括物料消耗、批次、设备状态、质量数据、班组人员;

(2) 从生产、设备、质量、人员多个角度建立反映工厂生产状况的可视化综合评价体系, 通过对数据的统计、

收稿日期: 2017-12-17; 修回日期: 2018-01-22。

作者简介: 许 逵 (1990-), 男, 湖南岳阳人, 硕士, 主要从事电力电子及其自动化装置、智能制造方向的研究。

分析, 及时发现生产中存在的问题。

2) 生产过程可追溯

(1) 从生产计划的下达到生产任务的完成, 从零部件使用到成品入库, 在业务流和物料流两个维度建立全面可追溯的生产管控体系;

(2) 包括对生产事件和操作过程的追溯、追溯体系的建立将极大的推动现场操作和生产管控水平的提升。

3) 生产管理持续改善

(1) 规范生产作业流程, 使现场操作人员能够准确的执行生产指令, 管理人员能够及时地了解现场生产状况, 最终实现生产管理的持续改善;

(2) 为生产决策提供数据支撑, 提高生产效率, 推动管理目标持续改善以及精益化生产的实现。

1.1 系统架构

MES 系统划分为基础支撑层、数据库层、业务层和展示层。总体架构遵循相关法规与标准规范和安全保障体系的要求。MES 系统架构如图 1 所示。

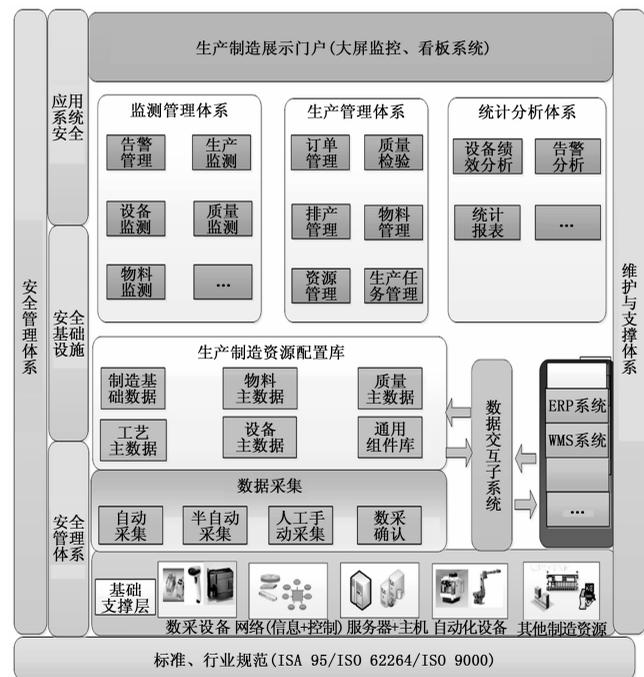


图 1 MES 系统架构

基础支撑层: 本层为 MES 系统提供基础的支撑, 包括硬件设备和网络环境, 如自动化设备(机床、机器人等)、服务器、人, 也包括 MES 系统所需数采设备(扫描枪、RFID、PLC 等)。

数据采集层: 本层包括数据采集方式(自动采集、手工录入)、数采的内容(生产动态数据、静态数据)和数采管理(数据修改、数据格式转换)。

数据层: 本层存放数据采集层所采集上来的数据和 MES 系统运行所需的数据。

业务层: 此层是 MES 系统的核心, MES 所能提供的业务处理包含在其中, 其对应了系统的业务需求及功能需求。

展示层: 此层为人机交互界面, 展示了 MES 系统所监控的生产运行情况和统计分析结果, 为用户对生产管理做决策提供判断依据。

监控管理体系: 此层对生产所涉及的人、机、物、料进行监控和警告, 可实时观测生产状态, 并以资源+KPI 的指标方式进行管理。

生产管理体系: 此层是 MES 系统的业务处理层, 其包含订单管理、设备管理、质量管理、物料管理及资源管理。

综合分析体系: 此层包含 MES 系统所需出具的各类报表、统计分析图。

具体表现为以下三点:

1) 向上与工厂级管理系统(如 ERP)可靠对接, 兼容主流管理系统软件, 如 ERP、PDM、CAPP 等系统;

2) 向下适应绝大多数主流 PLC、机器人、AGV、执行器、传感器的通讯协议;

3) 同时横向对工厂的排产、人员调度、设备状况、物料、质量控制等进行综合管理。

1.2 系统业务架构

由于业务线存在多条, 故只将总体业务流画出, 暂未整理具体的产线业务流程, 大致整理了计划层订单下达及底层数据上传过程, 通过 ERP 系统将订单下载或人工导入任务、相应的工序信息及生产 BOM 信息, 首先人工对订单进行适度调整, 然后利用 MES 系统中智能计算, 生成较优的排产方案, 生成订单排产信息下发至底层车间设备、物料、人员, 底层数据采集信息也及时传至 MES 系统。根据生产车间实时情况分析, 形成动态调度过程, 期间通过对底层数据的利用形成生产监控体系, 质量监控体系, 以生产进度图形、报告等形式进行展示, 在生产过程中, 每一个产品都建立了详实的档案库, 实现产品生产环节信息可查询、可追溯, 连接供应商、企业、客户之间的跟踪通道, 完善整个信息跟踪过程, 同时车间异常故障信息也能及时在监控层进行查看展示, 管理层能通过统计分析模块查看相应报表, 如: 计划报表、生产报表、质量报表、设备报表、人员报表及物料报表等。

MES 系统业务架构如图 2 所示。

2 系统软件架构

软件技术路线:

1) 整个 MES 系统采用 B/S 结构: 建立在浏览器、广域网上, 具有更加丰富的表现方式和用户进行交流及系统的无缝升级问题;

2) 基于 J2EE 架构进行设计和开发, 支持跨平台部署: J2EE 是专门针对企业级应用进行开发, 将复杂的企业应用的创建、管理、发布简单化, 它是一个典型的三层结构, 在实际应用中可以在不同的层上面进行扩展开发, java 语言适用不同的软硬件环境, 支持在不同的平台运行;

3) 使用 Web Service 技术, 利用 XML/JSON 作为系统接口的数据交换标准: Web Services 是建立可互操作的分布式应用程序的新平台, 定义了应用程序如何在 Web 上实现

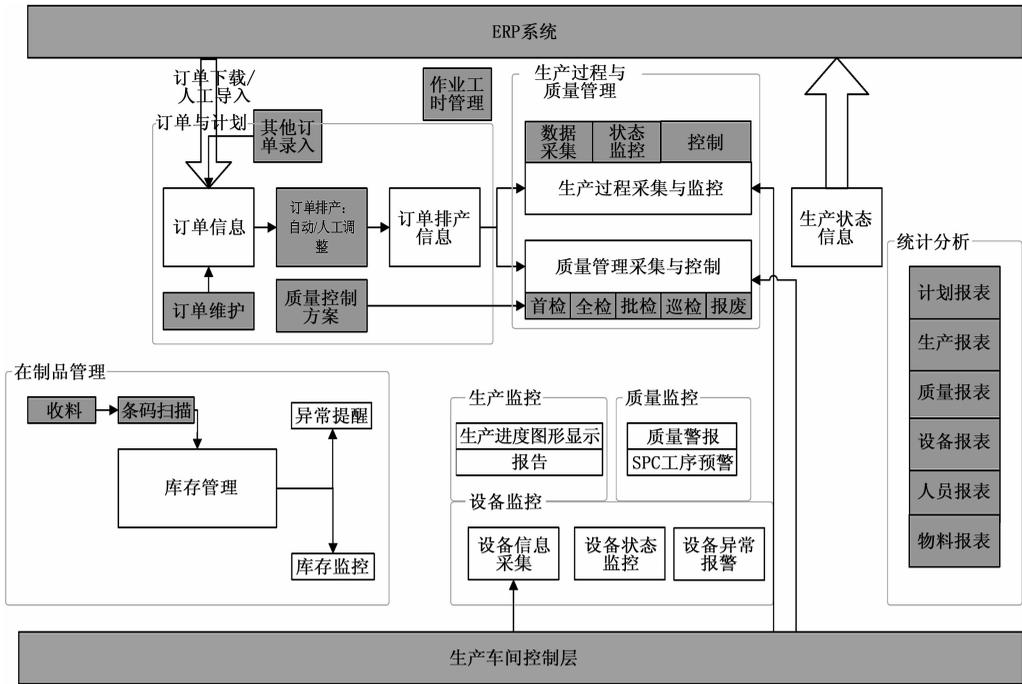


图 2 MES 系统业务架构

互操作性，系统前端采用 javascript、JSP，后端采用 Spring + SpringMVC + Mybatis (SSM) 框架进行逻辑处理，SSM 是一个轻量级的框架，是标准的 MVC 设计模式，整个系统被分为显示层、Controller 层、Service 层、Dao 层，Spring 负责实现业务对象管理，SpringMVC 实现请求转发和视图管理，Mybatis 作为数据对象的持久化引擎，是基于 java 的持久层框架，数据存储在服务中采用 XML 文件，它具有良好的自定义性和可交互性，其存储结构简单灵活；

4) 通过 OPC DA 2.0 进行硬件数据的读取，数据库采用 Oracle 存储数据：采用 OPC 技术进行数据采集，遵循 OPC 数据存取规范，数据库 Oracle 是关系型数据库，使用方便、可移植性好、功能强；

5) 应用服务器选用 Tomcat：Tomcat 是开源轻量级应用服务器，适合中小型系统及并发访问用户不多的场景下广泛使用；

6) 整个过程遵循 ISA-95 标准进行 MES 功能端开发，MES 应用架构在设计和模块功能实现均参照了 S95 标准，为信息交换提供了标准，技术实现如图 3 所示。

3 OPC 技术及其应用

OPC 是一种基于微软 OLE、COM/DCOM 技术的自动控制协定，它是工业控制软件接口标准，在设备及其控制软件之间建立了数据通信标准，解决了不同设备和应用软件、不同协议下的底层通讯问题，系统能够以服务器/客户端标准形式从服务器中获取数据并将数据传递给任何客户端应用程序，使自动化控制应用程序与现场系统、设备之间具有更强大的互操作性和兼容性。

OPC 技术规范有 5 个部分：包括 OPC 数据存取规范、

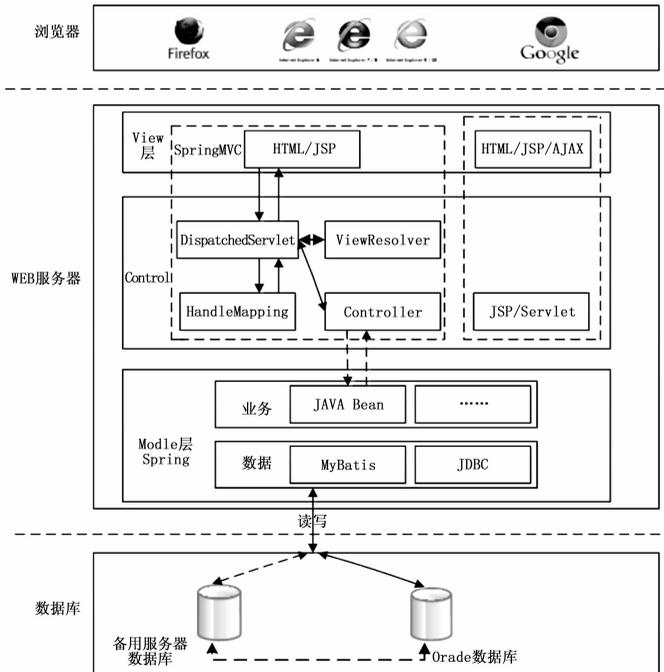


图 3 MES 系统软件方案

OPC 报警和事件规范、OPC 历史数据存取规范、OPC 批量过程规范、OPC 安全规范。OPC 规范建立的核心是数据存取规范 (OPC DA)，它提供了给用户访问实时过程数据的方法，对于开发者来说，OPC DA 是实现的数据采集的重点。

OPC 服务器由 3 个对象组成：服务器 (Server)、组 (Group)、项 (Item)，如图 4，OPC 服务器对象用来提供关于服务器对象自身的相关信息并且作为 OPC 组对象的容

器, 组对象用来提供关于自身相关信息并提供组织和管理项的机制。

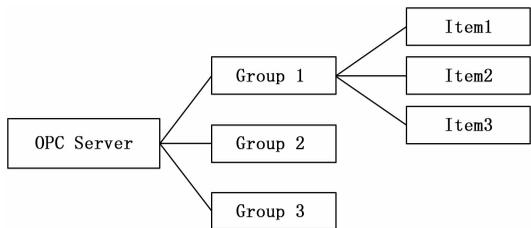


图 4 Server/Group/Item 关系

数据流程如图 5 所示。

工业现场数据采集与处理流程如下:

- 1) 采集阶段: 采用 OPC 技术对底层数据根据特征选择, 如: 物料、设备、人员、质量及关键运行参数进行采集;
- 2) 应用阶段: 关键运行参数指标监控及异常值筛选;
- 3) 分析阶段: 对相应的异常值, 根据相应的数据层搜寻到相应的业务层, 结合系统总体结构库, 如: 专家系统, 对生产异常的 (告警), 系统对其数据及解决方法进行存储, 再通过专家库中累积的知识, 自主的做出判断, 找到故障出错点, 提示给系统管理员、生产管理员, 找到故障出错点, 帮助其解决实际发生的问题, 形成闭环控制。

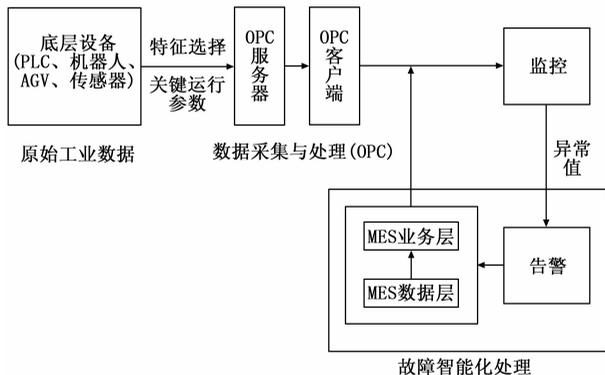


图 5 工业现场数据采集与处理流程

4 MES 系统实现

基于工业现场数据的制造执行系统应用 J2EE 体系进行开发, 从而满足系统应用的通用性 (JAVA 跨平台的特性), 如图 6 所示。

MES 系统布局实现页面, 左边导航栏显示相应四大体系, 整体由四大部分组成, 分别是监控管理体系、生产管理体系、综合分析体系及通用支撑体系, 其对应系统设计的总体框架图。整个流程可以清晰在系统中显示, 通过分析企业实际业务需求, 形成了生产计划管理、质量管理、设备管理、物料管理、资源管理等五个功能模块的面向汽车零部件装配企业的通用型 MES。

整个系统功能技术方案实现稳定可靠, 便于后期进行维护, 页面实现简洁, 便于员工进行操作, 以生产资源配置库管理为例, 里面包含线边库位管理、设备信息、设备

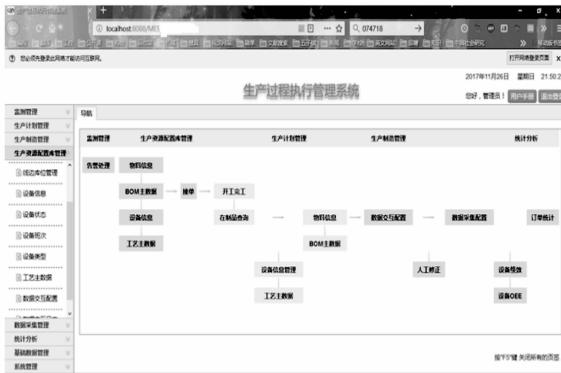


图 6 MES 系统

状态、设备班次、设备类型、工艺主数据、数据交互配置等功能栏, 在相应功能栏中, 通过相关关键字可以进行增删改查基本操作, 将系统与数据进行对接, 根据生产车间实际情况, 切实解决了工厂生产车间信息纵向和横向的集成。

生产跟踪主要对企业整个生产过程进行监控和管理, 从生产计划下达开始, 对企业生产过程产生的主要参数进行监控, 使得企业管理人员能够实时、准确地了解一线生产信息。通过对现场生产事件和物料消耗事件的跟踪和记录, 不仅可以实现从产成品到原材料的追溯和从原材料到产成品的追溯, 同时也可以对设备、人员、工序、工艺参数、质量检验等多个要素进行追溯, 实现对产品质量的全方位管控, 真正做到根据成品的生产批次追踪到该批次生产过程中的使用的设备, 经手的人员, 检验的标准以及所使用的原料批次和供货商等信息。

通过对底层设备采用 OPC 技术进行数据采集, 将采集回来的数据进行分析处理, 找到数据中的异常值, 然后智能化处理形成闭环控制, 整个过程将显示在导航栏监控管理中, 通过对监控可以及时发现存在的问题并及时做出相应决策, 实现以实时数据作为支撑的智能化 MES 系统。

在工厂生产车间复杂约束条件下, 对其进行调研, 抽象化复杂生产环境, 根据目标对象找到决策因子, 建立车间生产线仿真模型, 通过对机器和工序分别进行矩阵编码, 利用改进的遗传算法进行优化求解, 最终实现工序、加工机器的相互匹配过程安排, 节省了整个制造过程的最终完工时间。

系统以实现精益生产为目标, 研发重点聚焦在数据采集、数据可视化及数据分析的应用上, 使系统在数据采集支撑的基础上, 对生产状况、设备使用、产品质量进行统计分析, 通过相应算法进行排产与调度, 从而指导生产, 以最少的资源, 实现最大效率的产出。

5 结论

设计并开发了一款基于工业现场数据的制造执行系统 (MES), 本文叙述了整个 MES 系统架构、业务架构、软件实现方案及 OPC 技术在系统中的应用, 整体设计方案遵循

标准性、扩展性、先进性和成熟性、安全性和保密性、稳定和可靠性，重点集中在数据采集与处理分析，使底层(PCS)与ERP层信息纵向集成，基于B/S架构通过WEB直接可以远程实时监控和指导生产，提高了调度和管理效率，通过在车间的投产应用证明此系统的可行性，对其它类似车间建设MES系统具有一定的指导意义。

参考文献:

[1] 张洁, 高亮, 秦威, 等. 大数据驱动的智能车间运行分析与决策方法体系 [J]. 计算机集成制造系统, 2016, 22 (05): 1220-1228.

[2] 盛步云, 苏佳奇, 卢其兵, 等. 面向MES的生产线数据采集系统的研究 [J]. 计算机测量与控制, 2015, 23 (9): 3162-3164.

[3] 李澍, 吴瑜, 杨立斌. 面向离散企业制造执行系统关键技术研究 [J]. 控制工程, 2015, 22 (S1): 13-16.

[4] 周东华, 魏慕恒, 司小胜. 工业过程异常检测、寿命预测与维修决策的研究进展 [J]. 自动化学报, 2013, 39 (6): 711-722.

[5] 李诚, 郭延海, 陈守文, 等. 一种MES业务流程风险应对

措施决策优化算法 [J]. 计算机与应用化学, 2016, 33 (2): 129-133.

[6] 刘强, 秦泗钊. 过程工业大数据建模研究展望 [J]. 自动化学报, 2016, 42 (2): 161-171.

[7] 刘刚, 谌湘临, 张少宁. MES平台智能计算服务环境构建及应用 [J]. 计算机与应用化学, 2016, 33 (10): 1086-1090.

[8] Gharte M. Automation of soap windscreen washer filling machine with PLC and LabVIEW [A]. 2016 International Conference on Automatic Control and Dynamic Optimization Techniques (ICACDOT) [C]. Pune, 2016: 469-472.

[9] Verma N K, Sharma T, Maurya S, et al. Real-time monitoring of machines using open platform communication [A]. 2017 IEEE International Conference on Prognostics and Health Management (ICPHM) [C]. Dallas, TX, 2017: 124-129.

[10] Guo Z X, Xie X Q, Ni Z G. The application of OPC DA in factory data acquisition [A]. 2012 IEEE International Conference on Computer Science and Automation Engineering (CSAE) [C]. Zhangjiajie, 2012: 209-212.

[11] 张贵军, 陈凯, 徐建明, 等. MES实时数据监测系统设计与开发 [J]. 浙江工业大学学报, 2017, 45 (04): 401-408.

(上接第131页)

传输距离更远，抗干扰性能更强。由此可知，LoRa技术在智能农业大棚中更具实用性。

表2 LoRa测试结果

组数	距离/m	接收数据包	丢包率/%	误码率/%
1	100	10000	0	0
2	200	10000	0	0
3	350	10000	0	0
4	500	10000	0	0.05
5	750	9990	0.10	0.12
6	900	9950	0.50	0.50
7	1050	9899	1.01	1.20
8	1200	9769	2.31	1.65
9	1350	9556	4.44	1.90
10	1500	9355	6.45	3.11
11	1800	8999	10.01	5.25

表3 ZigBee测试结果

组数	距离/m	接收数据包	丢包率/%	误码率/%
1	100	10000	0	0
2	200	8549	14.51	8.23
3	350	1021	89.79	86.23
4	500	0	100	100

5 结束语

本文旨在将LoRa技术应用在智能农业系统中。通过应用LoRa无线网络技术和3G/4G/有线宽带网络传输方式，实现农业云平台服务器与终端节点间通信，保证终端节点和LoRa基站能够实时有效的工作。文中对系统总体架构设

计、软硬件设计以及通信协议等方面作出详细的分析与研究。从功能测试与性能测试的结果表明，基于LoRa的智能农业系统运行更加稳定，组网更便捷，传输距离更远，抗干扰性能更强，而且成本与功耗低，应用在智能农业中有益于提高农业效率与农业产量，具有良好的应用与推广空间。

参考文献:

[1] 王航. 基于ZigBee的智能精准农业系统关键技术研究及应用 [D]. 合肥: 中国科学技术大学, 2015.

[2] 赵太飞, 陈伦斌, 袁麓, 等. 基于LoRa的智能抄表系统设计与实现 [J]. 计算机测量与控制, 2016, 24 (9): 298-301.

[3] Aref M, Sikora A. FreeSpace Range Measurements with Semtech LoRa TM Technology [A]. 2014 2nd International Symposium on Technology and Applications (IDAACS-SWS) [C]. Offenburg, 2014: 19-23.

[4] 孙曼, 张乃谦, 金立标, 等. 基于LoRa标准的MAC层协议研究 [J]. 电视技术, 2016, 40 (10): 77-81.

[5] 杨颖红, 汪力纯, 毛增闯, 等. 基于Zigbee的智能大棚控制系统的研究 [J]. 电子测试, 2015 (17): 14-17.

[6] 胡圣尧, 杨子立, 关静, 等. 基于GPRS或4G的通信基站电源监控系统设计 [J]. 电源技术, 2016, 40 (9): 1865-1866, 1892.

[7] 胡大可. MSP430系列FLASH型超低功耗16位单片机 [M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2001.

[8] 刘鹏飞, 刘云学. 基于STM32的智能家居系统 [J]. 光电技术应用, 2013, (3): 55-60.

[9] 侯广松, 高军, 徐珂, 等. 基于远程监控技术的电力调度设计与实现 [J]. 电子设计工程, 2016, 24 (17): 107-110.