

基于 Packet Tracer 的工业计算机网络模拟实验设计

隋涛 管良 陈浩然 梁宁 刘秀芝

(山东科技大学 电气与自动化工程学院, 青岛 266590)

摘要:利用 Packet Tracer 软件,设计了一个工业计算机网络,完成 TCP 数据传输协议通信实验。介绍了工业计算机网络与通信的基本结构,完成了工业局域网的设计及设置,实现服务器和客户端数据传输。实验设计紧凑,内容完整,可以让学生学习工业计算机网络的基本组成,掌握数据传输的基本方法,具有示范和说明性作用。实验可以通过 PC 或手机灵活进行,节省空间和投资。

关键词:工业计算机网络;Packet Tracer;TCP

中图分类号:G424.31

文献标识码:A

文章编号:1008-0686(2022)04-0162-04

Simulation Experiment Design of Industrial Computer Network Based on Packet Tracer

SUI Tao GUAN Liang CHEN Haoran LIANG Ning LIU Xiuzhi

(College of Electrical Engineering and Automation, Shandong University of Science and Technology, Qingdao 266590, China)

Abstract:In this paper, an industrial computer network is designed by using the software of Packet Tracer, for the communication experiment based on the TCP protocol. The basic structure of industrial computer network and communication is introduced. In this structure, through the design and setting of the industrial network, data transmission between server and client is realized. The experiment design is compact and the content is complete, which helps student learn the industrial computer network basic composition, grasp the data transmission basic method. It has the demonstration and the illustrative function. Experiments can be carried out flexibly through a PC or mobile phone, saving the space and investment.

Key words:industrial computer network; packet tracer; TCP

随着控制技术、计算机技术的发展,计算机控制技术已经成为工业自动化生产的必然要素。及时准确地获取现场设备的信息,完成设备间的信息交互,是实现计算机控制的基本条件。高效可靠的控制网络与通信则是迅速有效地传输生产与管理数据的基本保证^[1-2]。这就要求自动化及相关专业的学生掌握工业计算机网络与通信的相关知识。而各大高校现有的工业计算机网络与通信或工业现场总线一类的课程主要承袭了早期的工业现场总线课程设置,理论较难且关联性不强,难以满足当前相关专业的建设需要^[3]。

随着通信技术(Communication Technology),互联网技术(Internet Technology),运营技术(Operational Technology)等技术的相互融合,工业计算机网络与通信技术发展日新月异。高校实验室需要紧跟技术发展前沿,培养适应时代发展,具

有工程应用能力的“新工科”人才。但限于其运营特点,高校不可能每年都投入大量的人力、物力进行实验室建设,如何多快好省的建设适应技术发展的专业技术实验室,是每个高校面临的实际问题。

思科公司开发的 Packet tracer 仿真软件,用户可利用其中的设备和组件模拟工业现场的各种传感器、单片机、执行器等硬件,实现事物间的互联^[4]。

借此平台,设计一个组网实验,意在锻炼学生的动手能力和实践创新能力,帮助相关专业学生了解工业计算机网络与通信的基础理论,较完整地形成工业综合互联的基本思想,一定程度上也解决实验室设备局限等问题^[4]。

1 工业计算机网络与通信

根据通信数据功能的不同,传统的工业计算机

收稿日期:2021-03-07;修回日期:2021-07-28

基金项目:山东省教育厅科技计划项目(J18KA317)

第一作者:隋涛(1971—),男,博士,副教授,主要从事自动检测技术、计算机控制与仿真技术的研究和教学工作,E-mail:suitao@sdust.edu.cn

网络结构一般具有设备层 (DeviceNET), 控制层 (ControlNET)、信息层 (EtherNET), 其中设备层主要实现实时工业生产的短数据通信, 信息层主要是完成数据量大的非实时通信, 而控制层介于两者之间, 实现控制层的中型数据通信。基于此结构, 许多公司或协会提出了多种多样的工业网络通信协议, 难以统一^[5]。

近年来, 随着以太网技术的发展, 以太网技术已经克服原有的拥堵、非实时的短板, 在一定层次可以实现实时控制。以太网作为工业计算机网络与通信的主要技术方向和手段已形成广泛共识, 出现了多种工业以太网技术, 从而使高层管理人员可直接获取工业现场的控制信息, 实现管理层、监控层与现场设备层之间工业通信的“一网到底”^[6-7], 如图 1 所示。

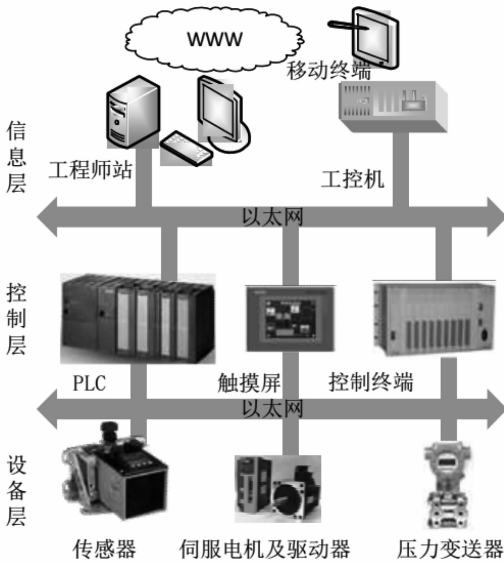


图 1 工业计算机网络与通信基本结构

2 Packet Tracer

Packet Tracer 是美国思科公司 (CISCO) 开发的一款网络仿真软件^[8], 为设计、配置、排除网络故障提供网络模拟环境, 能够提供路由器、交换机、服务器、控制单元等网络设备, 用户可以在软件的图形用户界面 (GUI) 上直接使用拖曳方法建立网络拓扑, 并可提供数据包在网络中行进的处理过程, 观察网络实时运行情况。

Packet Tracer 网络仿真软件中, 除了已有的路由器、交换机等设备外, 新增了许多智能硬件设备和组件。其中, 智能硬件设备具有网络模块, 通过网关或注册服务器联网实现远程监控和配置, 组件则通过连接到控制单元 (MCU) 的数字或模拟接口进行联网, 使用 JavaScript、Python 和可视化编程语

言进行操控, 实现远程控制和管理^[9]。

3 组网实验

以物联网设备为组件, 模拟了一个基本的工业计算机网络, 包含设备层、控制层、信息层的各个层次。组网简图如图 2 所示, 在此基础上, 设计了一个工业计算机网络的组网实验。

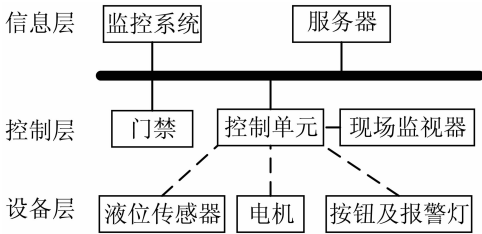


图 2 工业计算机网络组网简图

3.1 组网拓扑

该实验依据图 2 构建了一个组网拓扑结构, 将计算机和设备连接到工业计算机网络, 其基本结构如图 3 所示。

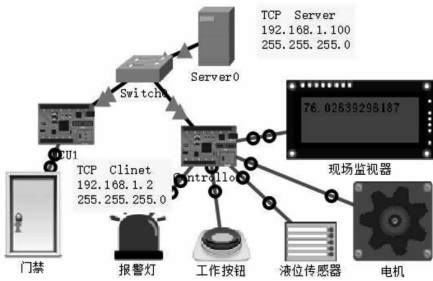


图 3 工业计算机网络

整个实验模拟一个工业锅炉液位控制系统, 电机表示抽水水泵, 液位检测由液位传感器完成, 控制器采用 MCU 控制器, 实现局部控制, 安全门禁系统可以看作工业生产的安全门。通过局域网服务器及 TCP 协议和控制单元进行数据传输, 监控系统可以实现远程监控。这个系统实现了一个简易的工业计算机网络系统, 系统共分为 3 级, 上下两层网络, 其中上层网络是以太网, 下层是物联网网络连线 (该连线代表 IO 直连、工业实时以太网、CAN、RS485 等工业现场连接方式)。

3.2 实验步骤

1) 设置 TCP 通信服务

实验中, 数据通信是基于以太网 TCP 通信协议^[9], 包括一个服务器端 (局域网服务器), 两个客户端 (安全门禁、控制单元), 两个客户端通过服务器端的数据交互。其中服务器端的部分网络通信程序如下所示。

```
port = 1234
server = TCPServer()
```

```
.....
server. onNewClient( onTCPNewClient)
print( server. listen( port))
客户端的部分网络通信程序如下所示。
serverIP = "192. 168. 1. 100"
serverPort = 1234
client = TCPClient()
def onTCPConnectionChange( type):
    print( "connection to " + client. remoteIP()
+ " changed to state " + str( type))
def onTCPReceive( data):
    print( "received from " + client. remoteIP()
+ " with data: " + data)
.....
client. onConnectionChange( onTCPConnection-
Change)
client. onReceive( onTCPReceive)
print( client. connect( serverIP, serverPort))
2) 设置服务器数据接收和传送程序
在实验中服务器是数据传输的网络中枢,其接
收门禁客户端的开关状态,然后传送到控制器中,
从而实现远程控制,其由服务器接收事件响应程序
完成,由于服务器和客户端的通信是由 TCP 完成,
需要注意消息序列,该部分程序代码如下。
clients_Add = client. remoteIP()
print( clients_Add)
if clients_Add == "192. 168. 1. 6":
    client. send( "C" + Romt_Ctrl + "@" + recvddata)
    print( "C" + Romt_Ctrl + "@" + recvddata)
    elif clients_Add == "192. 168. 1. 2":
        Romt_Ctrl = recvddata
        client. send( recvddata)
        print( recvddata)
    else :
        recvddata = "9999"
        client. send( recvddata)
        print( recvddata)
        client. onConnectionChange( onTCPConnection-
Change)
        client. onReceive( onTCPReceive)
```

3) 设置 MCU 客户端

利用 Packet Tracer 软件中的组件,实验以控制单元(MCU)为核心构建了一个工业锅炉液位控制系统的局部控制网络,其组成如图 3 所示。设备与控制单元之间通过软件中的 IoT 线缆(IoT Custom

cable)连接,模拟实现现场传感器及执行器等组成的控制网络。控制单元与服务器间通信与门禁客户端设置相同,实现与服务器的数据交互。利用编程实现设备的就地控制。控制单元可以形成一个具有模拟输入输出的闭环系统,也可以接收远端设备的控制信号,该部分程序的代码如下。

```
def readFromSensors():
    global AlarmVal # declare switchValue as global
    global ButtonValue # declare ButtonValue as global
    global
    global LevelValue # declare LevelValue as global
    global
    global Motor_Sta # declare Motor_Sta as global
    AlarmVal = digitalRead(0) # 读取运行状态
    ButtonValue = digitalRead(1) # 读取按钮状态
    LevelValue = analogRead( A0) # 读取液位值
    #actuator or alarm writer
def writeToActuators():
    if ( ButtonValue == HIGH): # 读取按钮状
    态值
        digitalWrite(0, HIGH) # 状态指示
        if ( LevelValue > 0): #液位状态
            analogWrite(2, LevelValue) # 驱动电机旋转,
            #此处可加闭环控制
            Motor_Sta = HIGH
        else:
            analogWrite(2, 0) #电机速度输入为 0
            Motor_Sta = HIGH
        digitalWrite(0, LOW) # turn off the LEDelse:
            analogWrite(2, 0) # turn off the motorMotor_
            Sta = LOW
            digitalWrite(0, LOW) # 状态指示
            analogWrite(3, LevelValue) #液位状态显示
```

4) 通信测试

实验系统建立后可以通过 Packet Tracer 的实时及仿真功能查看数据通信的流程,了解工业数据通信各个环节。如图 4 所示。

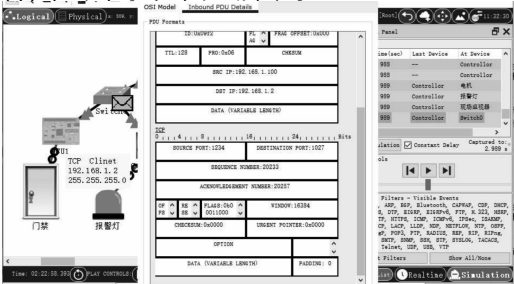


图 4 TCP 通信模拟测试界面

也可以通过设备的 Progamming 标签页中的 outputs 窗口查看设备间的通信状态。如图 5 所示。

```
0,0
received from 192.168.1.6 with data: 317
192.168.1.6
C0,0@317
received from 192.168.1.2 with data: 0,0
192.168.1.2
0,0
received from 192.168.1.6 with data: 377
192.168.1.6
C0,0@377
received from 192.168.1.2 with data: 0,0
```

图 5 服务器端的 Outputs 窗口截图

3.3 实验总结

组网拓扑图中的门禁、电机、液位传感器等都可视为工业现场的各类设备,这些设备及、服务器、交换机则构成一个“工业控制网络”。由此可看出,实验包含了设备层、控制层和信息层的各个层次,形成了一个基本的工业计算机网络与通信模拟操作实验架构^[10]。

4 结语

利用 Packet Tracer 8.0 版本设计一个组网实验,完成了各个部分设置,实现各个设备间的交互过程,大大提升实验教学的实用性、直观性和趣味性。通过该实验,可使学生了解工业综合互联的基本思想,激发学生的学习兴趣。实验模拟网络的硬件资源,并能直接移植到硬件设计中,突破时空限制,学生随时随地进行实验,并能在不更新硬件设备的情

况下,紧跟工业计算机网络与通信技术发展,节省实验空间与投资。

参考文献

[1]刘泽祥,李媛. 现场总线技术(第 3 版)[M]. 北京:机械工业出版社,2018.

[2]贾鸿莉,吴玲. 现场总线技术及其应用[M]. 北京:化学工业出版社,2016.

[3]王芳,龙根星. Cisco Packet Tracer 在物联网线上教学中的应用探索[J]. 电子元器件与信息技术,2020,4(5): 30-31.

[4]杨功元. Packet Tracer 使用指南及实验实训教程(第 2 版)[M]. 北京:电子工业出版社,2017.

[5]乔焰,马慧敏. 基于 Packet Tracer 的智能家居组网教学设计[J]. 电脑知识与技术,2018,14(6): 150-153.

[6]王平,谢昊飞,肖琼,等. 工业以太网技术[M]. 北京:科学出版社,2007.

[7]汤旻安,邱建东,汤自安,等. 现场总线及工业控制网络[M]. 北京:机械工业出版社,2018.

[8]唐灯平. 利用 Packet Tracer 模拟组建大型单核心网络的研究[J]. 实验室研究与探索,2011, 30(1): 186-189.

[9]余振养. 基于 Packet Tracer 的温湿度传感器的实训设计[J]. 现代信息科技, 2020,4(20): 166-168,171.

[10]Tao S, Jiajun W, Xiuzhi L, et al. Application of packet tracer in the industrial computer network and communication experiment teaching[J]. IPPTA: Quarterly Journal of Indian Pulp and Paper Technical Association, 2018, 30(4):521-526.