

# 基于物联网的温室大棚环境监控系统设计方法

廖建尚

(广东交通职业技术学院计算机工程学院, 广州 510650)

**摘要:** 目前农业物联网通信协议尚不统一。为了更好地封装和传输农业信息, 提出一种适用于农业物联网的通信协议 AGCP (agricultural greenhouses communication protocol)。利用 AGCP 协议结合物联网架构完成了基于物联网架构的农业大棚监控系统的设计, 重点完成了感知层中协调器和节点终端的信息采集以及设备控制的软硬件设计, 并详细设计了光照控制模块、温度控制模块和灌溉控制模块, 最后进行了系统测试和分析。试验表明, 该系统能有效监测温室大棚的空气温度、湿度、二氧化碳以及土壤湿度等农业环境信息, 并能进行相应设备的自动控制, 验证了 AGCP 协议在农业物联网的有效性以及构建系统的可行性。

**关键词:** 温室大棚; 传感器; 设计; 物联网; 通信协议; 自动监控系统

doi: 10.11975/j.issn.1002-6819.2016.11.033

中图分类号: S625.5<sup>+</sup>1; S126

文献标志码: A

文章编号: 1002-6819(2016)-11-0233-11

廖建尚. 基于物联网的温室大棚环境监控系统设计方法[J]. 农业工程学报, 2016, 32(11): 233-243. doi: 10.11975/j.issn.1002-6819.2016.11.033 <http://www.tcsae.org>

Liao Jianshang. Design of agricultural greenhouse environment monitoring system based on internet of things[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2016, 32(11): 233-243. (in Chinese with English abstract) doi: 10.11975/j.issn.1002-6819.2016.11.033 <http://www.tcsae.org>

## 0 引言

中国是一个农业大国, 随着国家的城镇化发展, 大量务工人员进入城镇, 农村务农人数不断减少, 农耕方式开始由小规模种植模式逐步向大规模种植模式转变<sup>[1-3]</sup>, 因此需要利用智能化和自动化科学技术来提高农业种植产量和效率<sup>[4-6]</sup>, 尤其是农业大棚目前信息化、智能化程度低, 大部分管理工作仍需人工来完成。

农业物联网指一种应用无线传感网络技术, 通过设计的协议, 把农业系统中的环境监测设备控制设备等工具用物联网连接起来, 实现对农业环境信息的监测、控制以及管理的一种网络技术<sup>[7-9]</sup>。

美国在农业网络体系的基础上, 在精准农业领域、农业施肥喷药等控制技术开始产业化应用; 日本以轻便型智能农业为主, 荷兰建成温室农业高效生产体系<sup>[8-10]</sup>; 韩国、以色列建设农业物联网科技服务体系, 促进了农业物联网技术的应用<sup>[11-13]</sup>。中国农业物联网也开始有了的发展, 在环境监测与控制、精准农业等方面有一定的应用<sup>[12-13]</sup>。

物联网在温室大棚的研究中取得了一定成效, 但是也存在很多不足, 第一、农业物联网的自组织网络部署和信息传输技术还不够完善, 需要加强农业物联网技术

集成平台建设; 第二, 由于农业物联网涉及面广、技术多, 目前针对农业物联网的通信协议还没有统一, 各自农业物联网系统也是采取自己设计的通信协议, 将难以推广物联网在农业的应用。

该文对温室大棚物联网的研究着力于解决农业物联网的通信协议不一致、标准不统一的不足, 设计了一种适用于农业物联网的通信协议 (agricultural greenhouses communication protocol, AGCP), 用于封装和传输温室大棚监控系统的数据, 采用 ZigBee<sup>[14]</sup>技术来构建无线传感网络, 应用物联网架构设计了农业物联网系统, 实时收集温室大棚的环境信息, 根据需要进行实时控制, 对数据进行分析、整理、融合, 并对灾害进行预测。

## 1 系统设计

### 1.1 总体设计

应用物联网和云平台技术<sup>[15]</sup>可以实时收集温室大棚的环境信息, 如空气温度、空气湿度、土壤温度、土壤湿度和二氧化碳浓度等, 并根据需要进行实时控制, 农业环境信息可以帮助相关专业机构对数据进行分析、整理、融合, 并对灾害进行预测, 系统主要实现以下几个方面功能。

1) 农业环境信息采集。实现土壤水分传感器、土壤温度传感器、空气温湿度传感器、二氧化碳传感器、光照度传感器、土壤 Ph 值等传感器的数据采集, 用于全方位实时监测农作物的生长环境。

2) 农作物信息监测。使用摄像头监控农作物生长情况、病虫害情况, 使用超声波传感器进行农作物高度自

收稿日期: 2016-02-17 修订日期: 2016-04-27

基金项目: 国家星火计划项目 (2014GA780056); 广东省科技计划项目 (粤科规划字 (2013) 137 号); 中国职业技术教育学会科研规划项目 (201419Y22); 广东交通职业技术学院科研项目 (A18KX201443)。

作者简介: 廖建尚, 男, 广东英德人, 副教授, 系统分析师, 主要从事物联网系统、高光谱图像处理、模式识别研究。广州 广东交通职业技术学院, 510650。Email: liaojianshang@126.com

动检测, 绘制作物生长曲线图。

3) 农作物环境监控。通过监测数据, 通过远程 PC 或手机终端控制实现控制, 也可以通过设定超越界限控制。控制系统可以根据农作物的生长环境变化控制温度控制系统、光照度控制系统和灌溉控制系统, 实现农业生长环境调控。

4) 远程监控功能。通过在 Cortex A8<sup>[16-17]</sup>处理器和 CC2530<sup>[26]</sup>处理器, 完成所有节点传感器的数据采集, 将数据上传至云平台, 通过远程 PC 或手机终端等移动设备实时监测温室大棚传感器采集的数据, 对农业环境的温度、湿度、光照度、土壤水分、土壤温度等进行实时监测, 实现农业物联网的应用层, 图 1 为系统总体设计图。

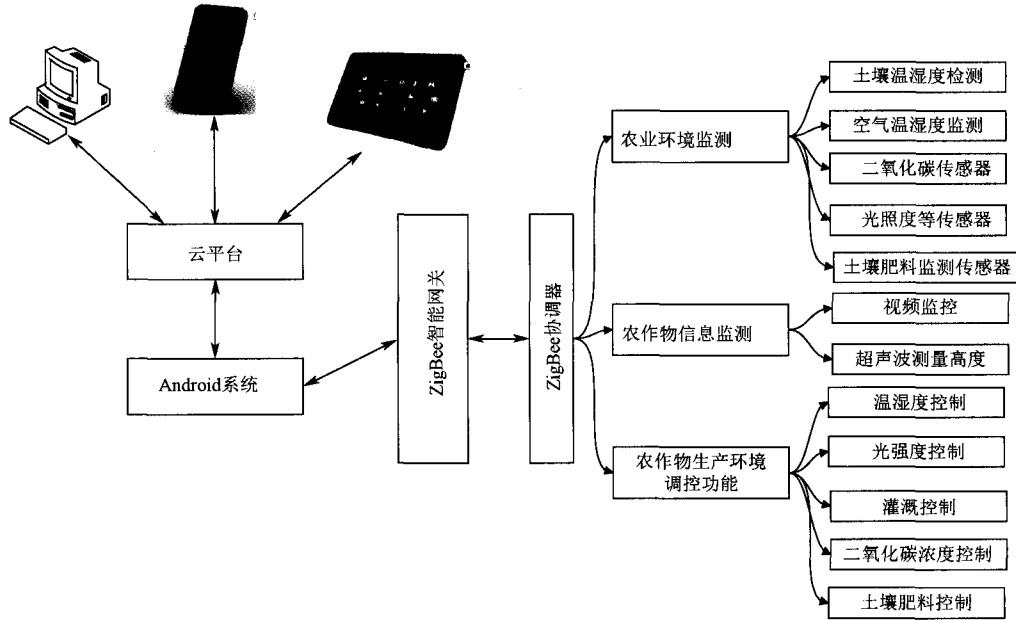


图 1 总体方案设计

Fig.1 Design of overall scheme

1.2 系统物联网架构设计

温室大棚系统依据物联网架构来进行设计, 采用 Zigbee 无线传输技术构建无线传感网络<sup>[17-18]</sup>, 网络划分为感知层, 网络层, 信息处理, 综合应用<sup>[19-21]</sup>, 在感知层由 CC2530 设计的节点终端和协调器实现无线网络, 功能构成由 5 部分组成。

1) 节点终端由 2 类传感器构成, 一是数据采集类传感器, 如温湿度传感器、光敏传感器, 二氧化碳传感器等; 二是设备执行类传感器, 如水泵传感器, 继电器传

感器, 排气扇传感器等;

2) 协调器负责 Zigbee 网络构建和无线采集数据收发, 并通过串口将数据和部署在 Cortex A8 的网关通信;

3) Cortex A8 处理器利用 Socket 通信将数据通过 IP 网络和手机用户的客户端进行通信;

4) 云终端服务器利用 IP 网络完成数据的收发、处理和存储;

5) 移动终端完成传感器采集数据的查询、设备人工控制和自动控制, 图 2 为系统架构设计图。

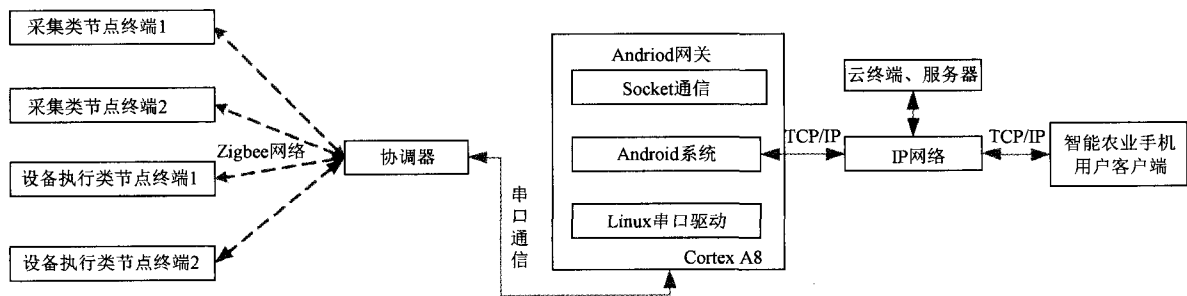


图 2 系统架构设计

Fig.2 Design of system architecture

2 数据通信协议设计

为了实现节点终端和移动终端的信息通信与设备控制, 本文设计一套完整的温室大棚通信协议 AGCP, 实现

物联网无线传感网数据的封装, 该协议设计如下:

2.1 通信协议数据格式设计

AGCP 通信协议数据格式统一设计为: ([参数]=[值], {[参数]=[值], .....), 每条数据以 “(” 作为起始字符;

“0”里面的参数之间用“;”隔开。

2.2 通信协议参数设计

2.2.1 变量设计

定义一组变量 X0~X7、Y0、Y1、Z0~Z3，用于传递传感器数值或者携带的信息量，通过赋值“?”来进行查询当前变量的数值，并且可以保存为历史数据。

1) X0~X7，用于传递传感器数值或者携带的信息量，权限为只能通过赋值“?”来进行查询当前变量的数值，支持上传到物联网云数据中心存储，例如：

A) 温湿度传感器采用 X0 表示温度值，X1 表示湿度值，数值类型为浮点型 0.1 精度；

B) 火焰报警传感器采用 X0 表示警报状态，数值类型为整型，未检测到火焰为 0，检测到火焰 1；

2) Y0, Y0 的 Bit0~Bit7 分别对应 X0~X7 的状态(是否主动上传状态)，权限为只能通过赋值“?”来进行查询当前变量的数值，0 表示禁止上传，1 表示允许主动上传，例如：温湿度传感器 X0 表示温度值，X1 表示湿度值，Y0=0 表示不上传温度和湿度信息，Y0=1 表示主动上传温度值，Y0=2 表示主动上传湿度值，Y0=3 表示主动上传温度和湿度值；

3) Y1, Y1 表示控制编码，通过赋值“?”来进行查询当前变量的数值，根据传感器属性来自定义功能，如温湿度传感器，Y1 的 Bit0 表示电源开关状态，Y1=0 表示电源处于关闭状态，Y1=1 表示电源处于打开状态；

2.2.2 控制命令设计

CY0/OY0，对 Y0 的位进行操作，CY0 表示位清零操作，OY0 表示位置一操作，例如水泵传感器，OY0=1 表示开启水泵，开启后，会主动上报 X0 的数值。

2.2.3 传感器功能参数设计

Z0~Z3 用于表示传感器的参数，根据传感器属性自定义功能，权限为可读写，举例设计如下，温湿度传感器，Z0 表示自动上传数据的时间间隔。

2.2.4 复杂设备通信协议设计

为了实现复杂的功能，可以扩展 AGCP 协议，如某个复杂设备包含以下传感器：一个温度传感器、一个电机开启装置、一个排气扇，要求由如下功能：

1) 可以开关电源；2) 可以实时上报温度浓度值；3) 当燃气达到一定峰值，声光报警器能报警，同时排气扇开始工作；4) 不同温度，排气扇有不同的转速。根据该需求，定义协议如表 1 所示。

表 1 复杂设备通信协议  
Table 1 Communication protocol of complex equipment

| 传感器<br>Sensor | 属性<br>Property | 参数<br>Parameter | 说明<br>Instruction   |
|---------------|----------------|-----------------|---|
| 复杂设备应用        | 温度值            | X0              | 温度值   |
|               | 上报状态           | Y0(OY0/CY0)     | Y0 的 Bit0 表示温度值上传状态，OY0/CY0 进行状态控制                            |
|               | 开关状态           | Y1(OY1/CY1)     | Y1 的 Bit0 表示设备电源状态，Bit1 表示电机的开启状态，Bit2 表示排气扇状态，OY0/CY0 进行状态控制 |
|               | 上报间隔           | Z0              | 可以修改上报的时间间隔   |
|               | 电机             | V1              | 可以修改电机转速  |
|               | 排气扇转速          | V2              | 可以修改排气扇转速   |

3 感知层软件设计

Zigbee 技术是一种低复杂度低功耗的双向无线通讯技术，目前广泛应用到应用到了物联网、家庭自动化、家庭安防、工业与环境控制等领域<sup>[22-23]</sup>；ZigBee 网络中存在 3 种逻辑设备类型：协调器，路由器和终端设备，一个 ZigBee 网络由一个协调器、多个路由器和多个终端设备组成<sup>[24-25]</sup>。

本文利用 CC2530<sup>[26]</sup>实现 Zibee 协议，分别在协调器和节点终端实现 ZStack 栈<sup>[27-29]</sup>，负责温室大棚环境信息数据和控制命令数据的无线传输。

3.1 节点终端的软件设计

3.1.1 节点核心封装设计

节点核心封装设计主要围绕 SAPI\_ProcessEvent() 接口进行扩展设计，可以携带多个事件，如 SYS\_EVENT\_MSG：系统消息事件，当节点接收到消息之后自动触发该事件；ZB\_ENTRY\_EVENT 事件、Zigbee 协议栈入口事件，ZB\_USER\_EVENTS：处理所

有的用户事件，ZB\_BIND\_TIMER：绑定定时器事件，本文主要围绕用户事件进行设计，具体设计流程如图 3 所示。

3.1.2 采集类节点软件设计

采集类传感器主要包括光敏传感器、温湿度传感器、二氧化碳传感器等，这类传感器主要是用于采集大棚环境信息<sup>[26]</sup>。

采集类传感器主要完成数据采集和上传功能，一方面可以自主采集上传数据，另外一方面可以根据接收命令，进行解析，按照 AGCP 通信协议进行解析，数据有数值状态，电源状态，上报时间间隔状态等。

以温湿度传感器为例，对采集类传感器进行软件设计，主要在 2 个事件进行展开，一个是自上传数据事件，通过定时器触发数据报告事件，可以设定一个间隔时间；另一个是接收到协调器下发的无线命令事件，按照 AGCP 通信协议，分析数值，并通过定时器自上传数据事件，达到传感器的数据自动采集和传输，具体采集流程如图 4 所示。

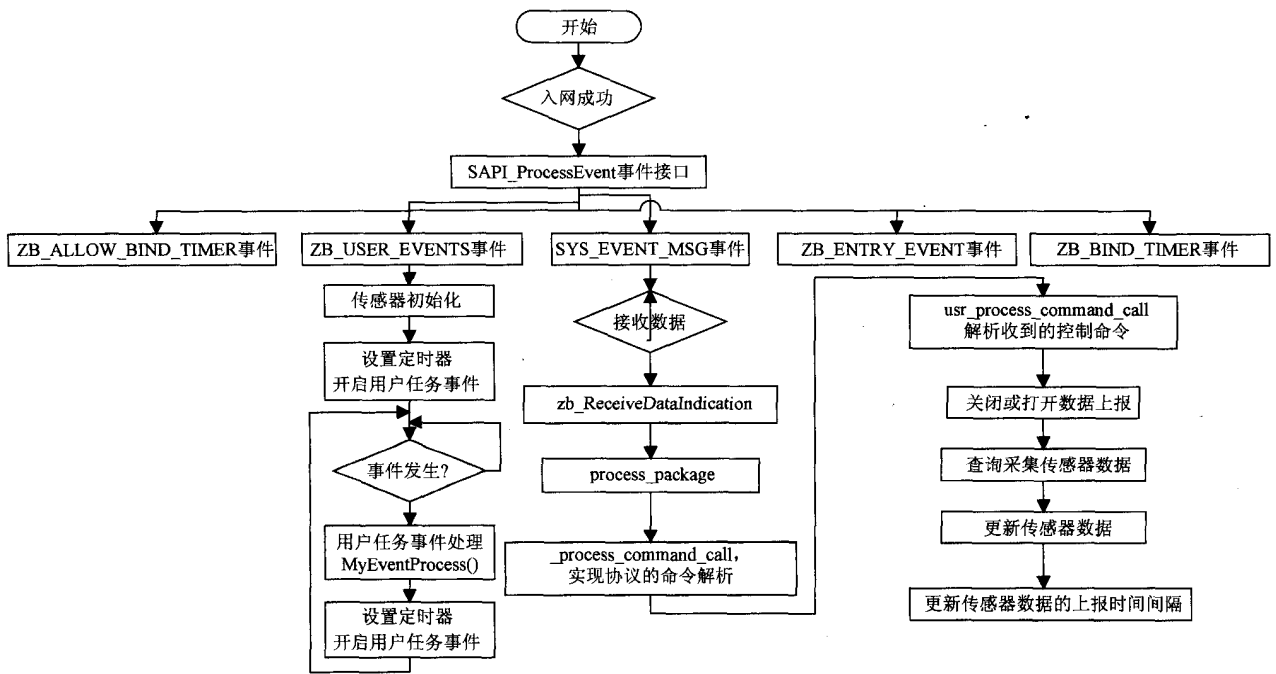


图3 节点核心封装设计

Fig.3 Design of node core packaging

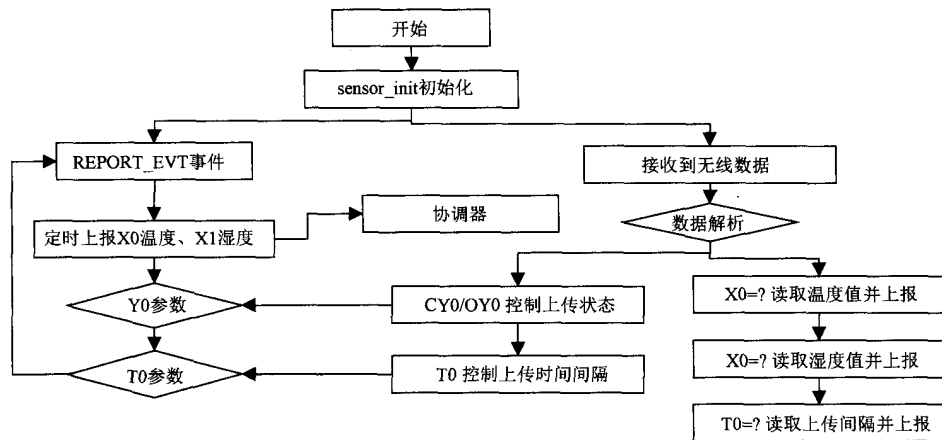


图4 采集类节点软件设计

Fig.4 Software design of acquisition node

### 3.1.3 控制类节点软件设计

控制类传感器主要包括继电器传感器、电机传感器、排气扇传感器和水泵传感器等，这类传感器主要用于控制设备的状态<sup>[27]</sup>。

控制类传感器主要是完成设备的状态上报和设备的控制功能，一方面可以完成设备的状态上报，另外一方面可以根据接收的命令，进行解析，命令按照 AGCP 通信协议进行解析，有设备状态，电源状态，上报时间间隔状态等等。以电机为例，对控制类传感器进行软件设计，主要在 SAPI\_ProcessEvent 的 2 个事件进行展开，一是自发上传设备状态事件，通过定时器触发报告数据事件；二是接收到协调器发送的无线命令事件，按照 AGCP 通信协议，分析出控制命令，电源状态，上报时间间隔状态，并通过定时器触发自定义的电机事件，达到传感器的控制，具体设计如图 5 所示。

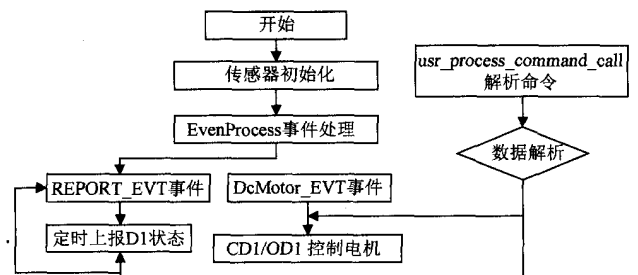


图5 控制类节点软件设计

Fig.5 Software design of control node

### 3.2 协调器软件设计

协调器在 Zigbee 协议中处于重要地位，负责启动 Zigbee 网络，随后启动整个网络，协调器的角色主要涉及启动和配置网络，功能类似一个路由器<sup>[28-29]</sup>。

协调器设计围绕 SAPI 任务事件处理函数实现, 该事件中处理了 SYS\_EVENT\_MSG 事件、ZB\_ALLOW\_BIND\_TIMER 事件、ZB\_BIND\_TIMER 事件、ZB\_ENTRY\_EVENT 和 ZB\_USER\_EVENTS 事件。其中 ZB\_ENTRY\_EVENT 事件为 zigbee 协议栈的入口事件包括 zigbee 入网的过程处理等, ZB\_USER\_EVENTS 为用户的自定义的事件, 在 ZB\_ENTRY\_EVENT 和 ZB\_USER\_EVENTS 事件处理过程中最终都调用了 zb\_HandleOsalEvent()函数, 将这两个事件的处理过程中都集中在该函数内处理, 如果要处理自定义的事件, 需要在 zb\_HandleOsalEvent()函数中实现相应的功能。

1) ZB\_ENTRY\_EVENT 和 ZB\_USER\_EVENTS 事件, 调用 zb\_HandleOsalEvent()接口, 其中处理的事件包括 ZB\_ENTRY\_EVENT、\_START\_EVT 和 \_REPORT\_EVT 事件, \_START\_EVT 事件启动 Zigbee 协议栈; ZB\_ENTRY\_EVENT 事件负责解析收到的数据命令, 通过函数接口, 解析接收的数据属于哪种类型, 是由哪个

传感器发送的数据, 再如何转发等信息;

2) \_REPORT\_EVT 事件利用定时器启动数据传输, 一方面可以通过串口事件将数据发送到网关, 另一方面可以接收网关通过串口发来的数据。

3) SYS\_EVENT\_MSG 事件, 处理两类事件, 一类是收到的 MSG 类型的信息, 再通过串口事件发送数据; 另一类是用户事件, 对用户命令进行解析, 如果目标地址不为空, 直接通过 zb\_SendDataRequest 发送数据, 目标地址为 0 或者是 0xFFFF, 则进行命令解析, 通过 MAC 地址或者网络地址查找节点, 利用该信息进行读写操作和数据发送。

4) 串口事件, 主要完成协调器发送数据到网关, 以及协调器接收从网关发送的命令。

该事件通过定时器调用了 SYS\_EVENT\_MSG 事件起来, 通过 SYS\_EVENT\_MSG 事件进行命令解析和数据收发。

协调器详细功能设计如图 6 所示。

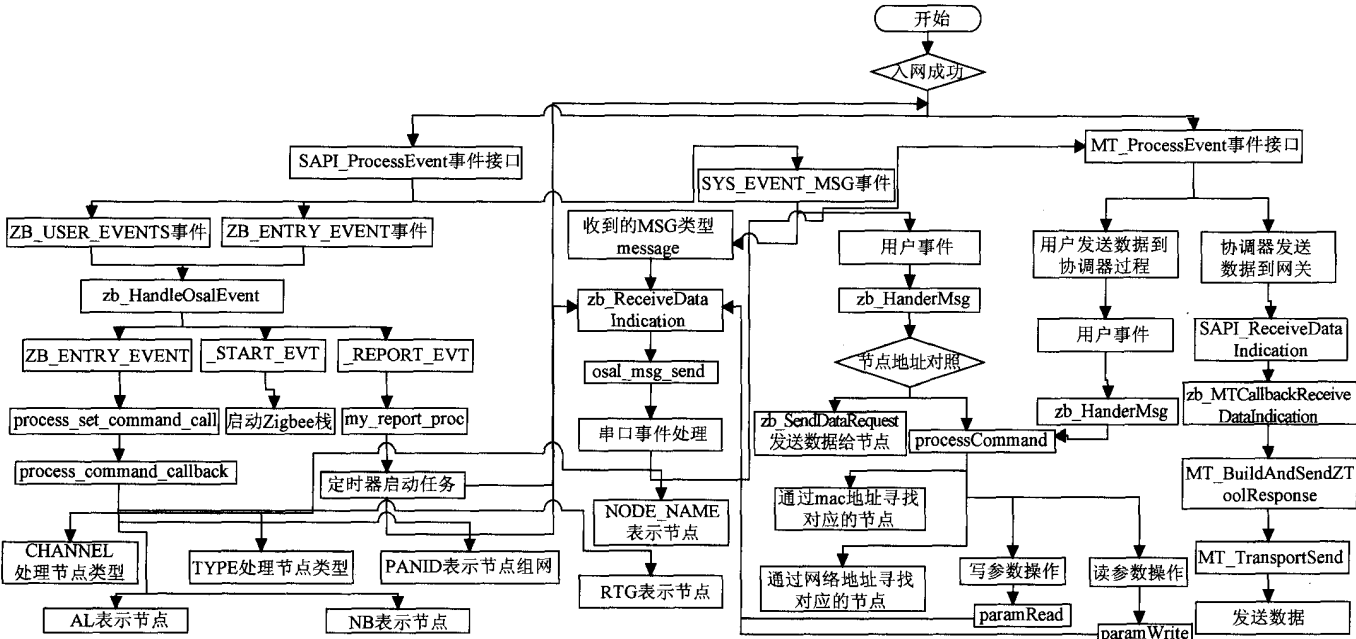


图 6 协调器软件设计

Fig.6 Software design of coordinator

3.3 功能模块软件设计

3.3.1 光照控制模块设计

光敏传感器采用 ML-020S-O<sup>[30-31]</sup>适用于高照度的传感器, 量程为 0-150000lux, 主要采集光照值, 光敏传感

器利用光敏元件将光信号转换为电信号的传感器, 它的敏感波长在可见光波长附近, 包括红外线波长和紫外线波长, 遮光操作采用直流电机驱动遮阳板, 表 2 是根据 AGCP 通信协议进行设计的光敏传感器和电机的通信协议。

表 2 光照控制模块通信协议

Table 2 Communication protocol of light control module

| 传感器 Sensor | 属性 Property | 参数 Parameter | 说明 Instruction                 |
|------------|-------------|--------------|--------------------------------|
| 光敏传感器      | 数值          | X0           | 光敏数值, 浮点型: 0.1 精度              |
|            | 上报状态        | Y1(OY1/CY1)  | Y1 的 Bit0 表示上传状态               |
|            | 上报间隔        | T0           | 修改主动上报的时间间隔                    |
| 电机         | 转动状态        | Y1(OY1/CY1)  | Y1 的 Bit0 表示转动状态, Bit1 表示正转/反转 |
|            | 转速          | V0           | 表示转速                           |

遮光控制功能：针对不同的季节和不同的作物，根据太阳光照度，设定相应的目标值，如果强度过高，自动打开遮阳板；如低于设定目标值，则自动关闭遮阳板并采用补光灯进行补光。

根据通信协议和功能设计，光敏传感器和遮阳板感知层的数据采集和设备控制的逻辑驱动开发设计如图 7 所示。

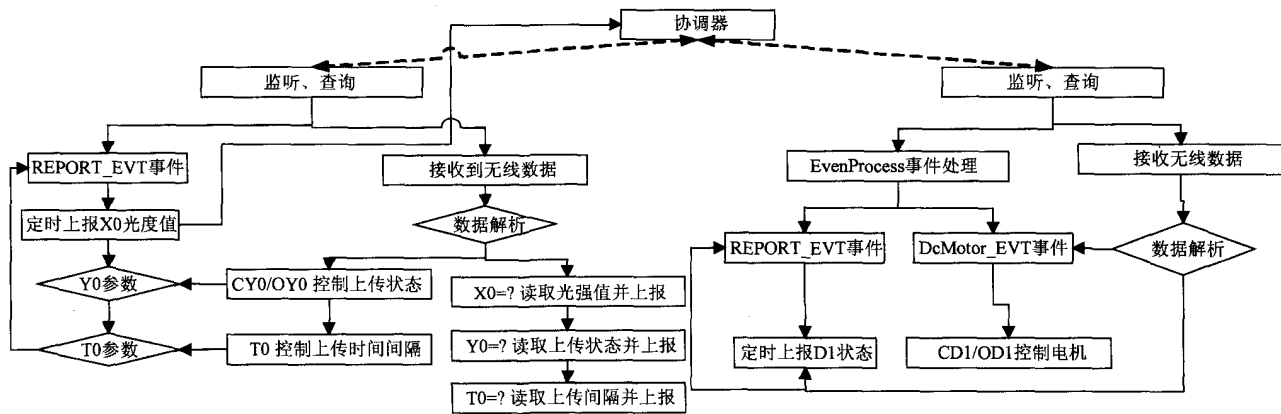


图 7 光敏传感器软件设计  
Fig.7 Software design of photosensitive sensor

3.3.2 温度控制模块设计

大棚湿度和温度采集采用 DHT11<sup>[32-33]</sup> 传感器，DHT11 是数字信号输出温湿度传感器，相对湿度精度为 ±5%，温度为 ±2℃，相对湿度量程为 20%~90%，温度量程为 0~50℃，DHT11 和 CC2530 之间采用单总线进行通信，数据由 5 个字节组成，一次完整的数据传输为 40 位<sup>[34-35]</sup>。

降温采用自然和强制通风降温的方式进行降温，根据目标温度与实际室温的偏差以及室温的变化进行控制，先开启顶窗进行自然通风调整温室内的温度，持续一段时间如果温度值没有降到预定值，则采用强制通风的方式来控制室内温度，表 3 是温度控制模块通信协议，设计实现如图 8 所示。

表 3 温度控制模块通信协议

Table 3 Communication protocol of temperature control module

| 传感器<br>Sensor | 属性<br>Property | 参数<br>Parameter | 说明<br>Instruction             |
|---------------|----------------|-----------------|-------------------------------|
| 温度            | 温度值            | X0              | 温度值                           |
|               | 湿度值            | X1              | 湿度值                           |
|               | 上报状态           | Y1(OY1/CY1)     | Y1 的 Bit0 表示温度上传、Bit1 表示湿度上传  |
|               | 上报间隔           | TD              | 修改主动上报的时间间隔                   |
| 排气扇           | 电源开关           | Y1(OY1/CY1)     | Y1 的 Bit0 表示电源状态，Bit1 表示正转/反转 |
|               | 转速             | V0              | 表示转速                          |

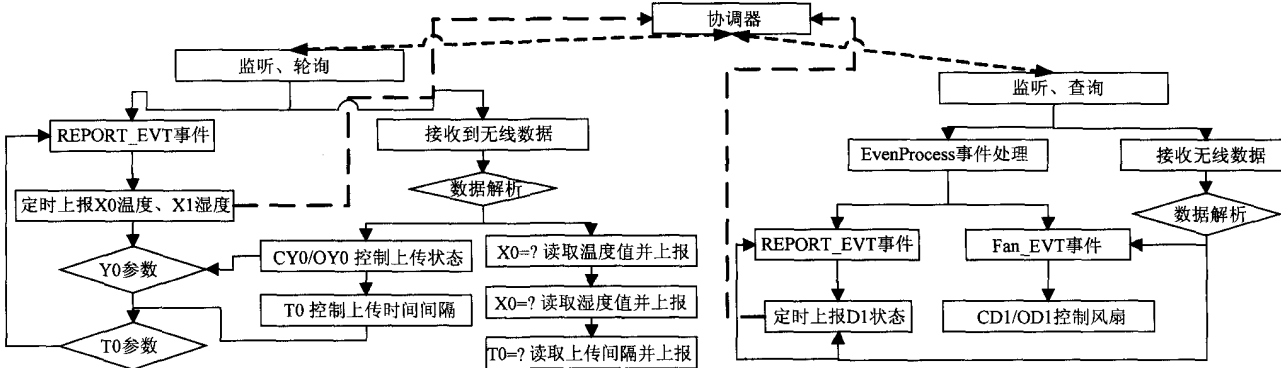


图 8 温度控制模块软件设计  
Fig.8 Software design of temperature control module

3.3.4 灌溉控制模块设计

采用 TYX-CTS1 型 TDR(time-domain reflectometry)<sup>[36]</sup> 传感器采集土壤湿度信息，该传感器测量的土壤湿度信息准确，能正确获取土壤的湿度值，湿度量程为 0~

100%RH，分辨率为 0.1%；温度传感器采用 DS18B20<sup>[37-38]</sup> 传感器，通过单总线和 CC2530 连接并驱动获得温度值，土壤温度值用于土壤环境信息参考；

通过 TYX-CTS1 型 TDR 土壤湿度传感器采集湿度

值，与设定值进行对比，如高于设定目标值，则自动关闭灌溉阀门，如低于设定目标值，则自动启动灌溉阀门，灌溉采用水泵完成。表 4 为灌溉控制模块通信协议，设计实现如图 9 所示。

表 4 灌溉控制模块通信协议  
Table 4 Communication protocol of irrigation module

| 传感器 Sensor | 属性 Property | 参数 Parameter | 说明 Instruction                |
|------------|-------------|--------------|-------------------------------|
| 土壤湿度       | 数值          | X0           | 数值，0 或者 1 变化                  |
|            | 上报状态        | Y1(OY1/CY1)  | Y1 的 Bit0 表示上传状态              |
| 水泵         | 转动状态        | Y1(OY1/CY1)  | Y1 的 Bit0 表示转动状态，Bit1 表示正转/反转 |
|            | 转速          | V0           | 表示转速                          |

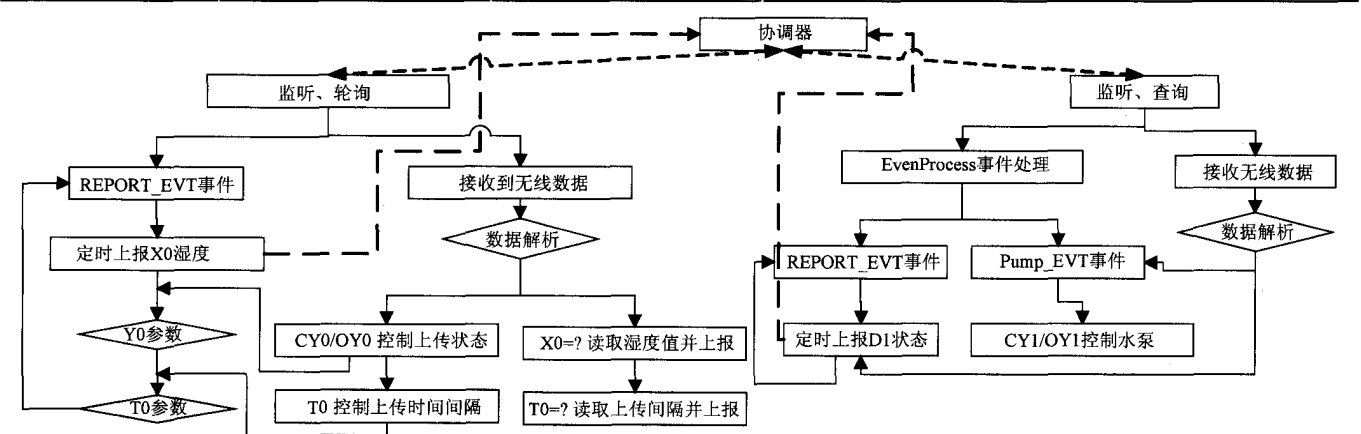


图 9 灌溉控制模块软件设计  
Fig.9 Software design of irrigation control module

4 移动终端软件设计

为了实现移动终端软件设计，完成数据的接收、处理和自动控制，用 Android 系统实现移动终端软件设计，通过封装核心类，从而实现多种控制功能，详细设计如下<sup>[39]</sup>：

1) 界面 UI 设计。主界面设计一个类，MainActivity 类是智能家居应用主视图，主视图里包含一个 Gallery 控件，利用 Gallery 实现了模块图标的左右滑动，二级界面设计一个类。

2) 初始化类设计。FarmApplication 类实现对整个应用启动时服务连接的建立、数据的初始化和整个应用注销时数据的服务连接关闭操作。FarmApplication 继承 Application 对象，Application 基类的作用是为了获取整个应用程序的状态。需要 Activity 的 getApplication 方法来获得一个 Application 对象，再利用 Application 调用所需的方法。FarmApplication 实现对整个应用启动时服务连

接的建立、数据的初始化和整个应用注销时数据的服务连接关闭操作<sup>[40]</sup>。

3) 网络通信类设计。利用 AGCP 通信协议，封装 TCP 网络传输，实现和网关的数据通信，完成了传感器终端数据采集、协调器、网关和客户移动终端的对接，达到了数据通信的远程传输<sup>[41]</sup>。

4) 传感器设备类设计。传感器设备类 Sonser 类实现所有传感器模块 Activity 的抽象类，每个传感器建立一个 Sonser 类的子类，有信息采集模块 InformationActivity，完成光敏强度、温湿度等信息采集与存储；FanActivity 排气扇控制功能，实现温度控制；灌溉控制 IrrigationActivity 类，实现灌溉控制功能、光照控制功能、温度控制功能<sup>[16]</sup>。

5) 自动控制类设计。AutoControl 是自动控制实现类，该类实现了传感器数据的监听接口，即实现 OnSensorData() 方法，通过该方法来实现对底层传感器的控制<sup>[17]</sup>，应用交互终端的软件架构如图 10 所示。

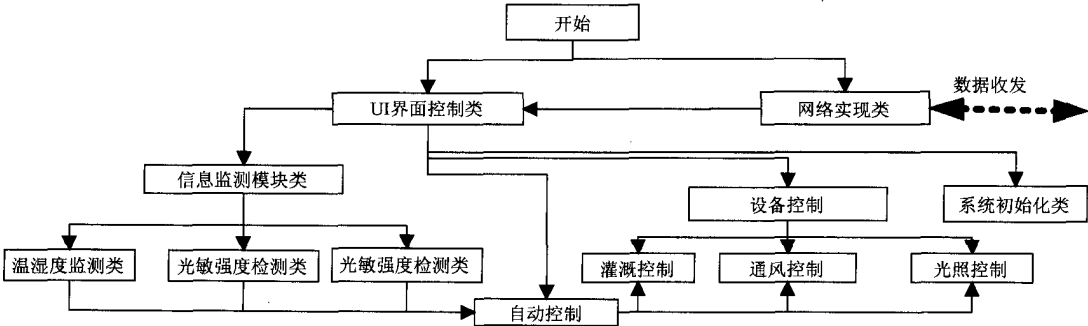


图 10 应用交互终端的软件设计  
Fig.10 Application software design of interactive terminal



## 5 系统测试与分析

### 5.1 系统测试

以广东省清远市某地农业园区为例说明具体应用,把 660 m<sup>2</sup> 面积的大棚为实际布署环境,以一个大棚按约 12 m×12 m 的大小分割成 4 个区域。整个园区配置一台服务器,若干台路由器和交换机,一个大棚每个区域配置一个 Zigbee 协调器节点,其他为路由器节点或者终端节点,其中节点包括每个区域配置 4 个温湿度传感器节点、6 个光敏传感器节点、2 个二氧化碳传感器节点、4 个土壤温湿度传感器节点、2 个大棚顶窗开启节点、2 个大棚侧窗开启节点,2 个灌溉模块节点、2 个排气模块节点,环境信息采集节点实时采集大棚中的环境参数,然后通过 Zigbee 网络,最终把全部感知数据上传到云终端服务器,移动终端或 PC 终端通过访问 IP 网络访问云终端服务器,实现对全部节点信息的数据采集和设备控制,系统测试有温室大棚环境数据采集测试和温室大棚设备控制测试。

1) 数据采集测试,对大棚温湿度、CO<sub>2</sub> 浓度、光照度、土壤温湿度等进行测试,其中图 11 是温室大棚环境信息采集部分传感器的情况表,图 12 是数据采集的效果图,其中图 2016 年 4 月 7 日 12 时获取的数据,大棚温度 21.4℃,湿度是 65.3%,CO<sub>2</sub> 浓度为 867 mg/m<sup>3</sup>,光照强度为 690 klux,土壤温度 20.06℃,土壤湿度 6.6%,图 12 到图 13 为大棚 CO<sub>2</sub> 浓度、温湿度、光照度、土壤温湿度历史记录情况,从历史记录图可以分析,温室大棚 CO<sub>2</sub> 浓度有跳动,但是短时间内变化不大,温室大棚温度逐渐上升,湿度逐渐下降,光照强度较为平稳,土壤温湿度也较为平稳,完全符合当地和当时中午时节的情况。

| 设备型号       | 传感器地址                      | 传感器类型              | 单位   |
|------------|----------------------------|--------------------|------|
| 大棚1区温度     | 00:12:48:00:07:5E:28:00_A0 | 温度                 | ℃    |
| 大棚1区湿度     | 00:12:48:00:07:5E:28:00_A1 | 湿度                 | %    |
| 大棚1区光照     | 00:12:48:00:07:5E:44:A3_A0 | 光照                 | klux |
| 大棚1区二氧化碳浓度 | 00:12:48:00:07:5E:53:4A_A0 | CO <sub>2</sub> 浓度 | ppm  |
| 大棚1区土壤温度   | 00:12:48:00:07:5E:59:07_A0 | 温度                 | ℃    |
| 大棚1区土壤湿度   | 00:12:48:00:07:5E:59:07_A1 | 湿度                 | %    |

图 11 温室大棚环境信息采集传感器

Fig.11 Environmental information collection sensor of Agricultural greenhouse

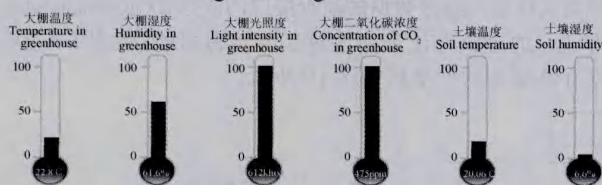
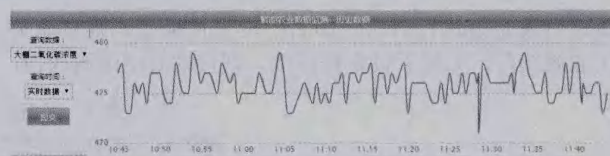


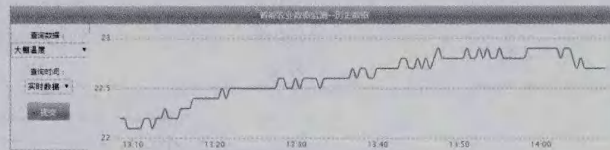
图 12 温室大棚环境信息数据采集

Fig.12 Data collection of greenhouse environmental information

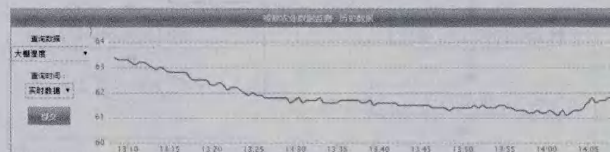
2) 设备控制测试,对风扇、遮阳板、CO<sub>2</sub> 发生器、水泵、补光灯进行测试,其中图 14 为温室大棚部分设备控制情况表,可以通过图 15 添加控制设备操作来增加相应的设备,其中地址指的是 CC2530 芯片 IEEE MAC 地址<sup>[26]</sup>,指令内容采用 AGCP 协议进行控制设备,图 16 为实景图。



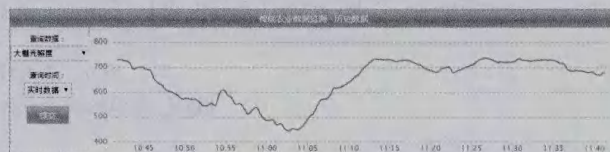
a. 温室大棚 CO<sub>2</sub> 浓度历史记录信息  
a. History information of CO<sub>2</sub> in greenhouse



b. 温室大棚温度历史记录信息  
b. History information of temperature in greenhouse



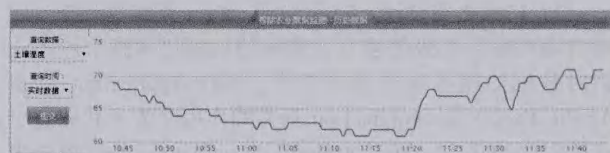
c. 温室大棚湿度历史记录信息  
c. History information of humidity in greenhouse



d. 温室大棚光照强度历史记录信息  
d. History information of light intensity in greenhouse



e. 土壤温度历史记录信息  
e. History information of soil temperature



f. 温室大棚土壤湿度历史记录信息  
f. History information of soil humidity

图 13 温室大棚环境信息历史记录

Fig.13 History information of greenhouse environment

| 设备型号      | 执行器类型 | 执行器地址                   | 指令内容       |
|-----------|-------|-------------------------|------------|
| 农业大棚补光灯   | 补光灯   | 00:12:48:00:07:5E:44:A3 | (开)(OD1... |
| 农业大棚声光报警器 | 声光报警  | 00:12:48:00:07:5E:23E4  | (开)(OD1... |
| 农业大棚人体红外  | 人体红外  | 00:12:48:00:07:5E:1E:FB | (开)(OD1... |
| 农业大棚排气扇   | 风扇    | 00:12:48:00:07:5E:44:9B | (开)(OD1... |
| 农业大棚水泵    | 水泵    | 00:12:48:00:07:5D:D7:D0 | (开)(OD1... |
| 农业大棚红外对射  | 红外对射  | 00:12:48:00:07:5D:D6:2C | (开)(OD1... |
| 农业大棚遮阳板   | 遮阳板   | 00:12:48:00:06:1B:57:5A | (开)遮阳(O... |

图 14 大棚设备控制传感器

Fig.14 Sensors of greenhouse control equipment





- [11] 李忠德. 美、日、韩农业和农村信息化建设的经验及启示[J]. 科技管理研究, 2009(10): 279—281.
- [12] 肖黎, 刘纯阳. 发达国家农业信息化建设的成功经验及对中国的启示——以美日法韩四国为例[J]. 世界农业, 2010, 11: 16—20.
- [13] 刘晓燕. 荷兰、以色列农业对贵州农业区域经济发展的借鉴[J]. 中国农业资源与区划, 2009(3): 75—80.  
Liu Xiaoyan. Thoughts about developing regional agriculture economic in guizhou--learning from netherlands and israel's experiences of developing agriculture[J]. Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning, 2009(3): 75—80. (in Chinese with English abstract)
- [14] 杨玮, 吕科, 张栋, 等. 基于 ZigBee 技术的温室无线智能控制终端开发[J]. 农业工程学报, 2010, 26(3): 198—202.  
Yang Wei, Lv Ke, Zhang Dong, et al. Development of wireless intelligent control terminal of greenhouse based on zigbee[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2010, 26(3): 198—202. (in Chinese with English abstract)
- [15] 廉小亲, 李康飞, 龚永罡, 等. 基于物联网云平台及 STM32F100 的壁挂炉远程控制系统研究[J]. 计算机测量与控制, 2015(8): 2719—2722.  
Lian Xiaoqin, Li Kangfei, Gong Yonggang, et al. Research on remote control system of gas boiler based on Internet of Things cloud platform and STM32F100[J]. Computer Measurement & Control, 2015(8): 2719—2722. (in Chinese with English abstract)
- [16] 万跃鹏, 黄双, 秦元庆, 等. 基于 Cortex-A8 的工业以太网安全协议栈开发[J]. 计算机工程与设计, 2013(6): 1941—1945.  
Wan Yuepeng, Huang Shuang, Qin Yuanqing, et al. Development of industrial ethernet security protocol stack based on Cortex-A8[J]. Computer Engineering and Design, 2013(6): 1941—1945. (in Chinese with English abstract)
- [17] 李慧, 刘星桥, 李景, 等. 基于物联网 Android 平台的水产养殖远程监控系统[J]. 农业工程学报, 2013, 29(13): 175—181.  
Li Hui, Liu Xingqiao, Li Jing, et al. Aquiculture remote monitoring system based on IOT Android platform[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2013, 29(13): 175—181. (in Chinese with English abstract)
- [18] 杨玮, 李民赞, 王秀. 农田信息传输方式现状及研究进展[J]. 农业工程学报, 2008, 24(5): 297—301.  
Yang Wei, Li Minzan, Wang Xiu. Status quo and progress of data transmission and communication technology in field information acquisition[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2008, 24(5): 297—301. (in Chinese with English abstract)
- [19] 赵志军, 沈强, 唐晖, 等. 物联网架构和智能信息处理理论与关键技术[J]. 计算机科学, 2011(8): 1—8.  
Zhao Zhijun, Shen Qiang, Tang Hui, et al. Theory and key technologies of architecture and intelligent information processing for Internet of Things[J]. Computer Science, 2011(8): 1—8. (in Chinese with English abstract)
- [20] ITU Internet Reports 2005, the Internet of Things[EB/OL]. www.itu.int/internetofthings/, 2010.
- [21] A True System-on-Chip Solution for 2.4-GHz IEEE 802.15.4 and ZigBee Applications. http://www.ti.com.cn/cn/lit/ds/symlink/cc2530.pdf
- [22] 张猛, 房俊龙, 韩雨. 基于 ZigBee 和 Internet 的温室群环境远程监控系统设计[J]. 农业工程学报, 2013, 29(增刊 1): 171—176.  
Zhang Meng, Fang Junlong, Han Yu. Design on remote monitoring and control system for greenhouse group based on zigBee and internet[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2013, 29(Supp.1): 171—176. (in Chinese with English abstract)
- [23] 安璐, 丁恩杰, 李曙俏. 基于 ZigBee 的采空区无线温度监测系统[J]. 传感器与微系统, 2012(4): 96—98.  
An Lu, Ding Enjie, Li Shuqiao. Goaf wireless temperature monitoring system based on zigbee technology[J]. Transducer and Microsystem Technologies, 2012(4): 96—98. (in Chinese with English abstract)
- [24] Texas instruments. Z-stack developer's guide[M]. California USA: Texas Instruments, 2015.
- [25] ZigBee Alliance. ZigBee Specification[S]. USA: ZigBee Alliance, 2008.
- [26] Texas Instruments. Z-Stack user's guide for smartrf05eb and CC2530[M]. California USA: Texas Instruments, 2011.
- [27] 黎贞发, 王铁, 宫志宏, 等. 基于物联网的日光温室低温灾害监测预警技术及应用[J]. 农业工程学报, 2013, 29(4): 229—236.  
Li Zhenfa, Wang Tie, Gong Zhihong, et al. Forewarning technology and application for monitoring low temperature disaster in solar greenhouses based on Internet of Things[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2013, 29(4): 229—236. (in Chinese with English abstract)
- [28] 吴舟. 基于移动互联网的农业大棚智能监控系统的设计与实现[D]. 北京: 北京邮电大学, 2013.  
Wu Zhou. The Design and Implementation of Intelligent Monitoring System of Agricultural Greenhouse Based on Mobile Internet[D]. Beijing: Beijing University of Posts and Telecommunications, 2013. (in Chinese with English abstract)
- [29] 张瑞瑞, 赵春江, 陈立平, 等. 农田信息采集无线传感器网络节点设计[J]. 农业工程学报, 2009, 25(11): 213—218.  
Zhang Ruirui, Zhao Chunjiang, Chen Liping, et al. design of wireless sensor network node for field information acquisition[J]. Transactions of the Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2009, 25(11): 213—218. (in Chinese with English abstract)
- [30] Janjai S, Wattan R, Nunez M. A statistical approach for estimating diffuse illuminance on vertical surfaces[J]. Building and Environment, 2009, 44(10): 2097—2105.
- [31] Masaaki K T I N H. validation of lighting simulation program with all sky model-I[A]. International Commission on illumination[J]. Proceedings of 26th Session of the CIE (Volume 2), 2007.
- [32] 倪天龙. 单总线传感器 DHT11 在温湿度测控中的应用[J]. 单片机与嵌入式系统应用, 2010(6): 60—62.  
Ni Tianlong. application of single bus sensor DHT11 in temperature humidity measure and control system[J]. Microcontrollers & Embedded Systems, 2010(6): 60—62. (in Chinese with English abstract)
- [33] 韩英梅, 赵建平, 白慧静. 基于 DHT11 的无线温湿度传

- 感器网络节点的设计[J]. 井冈山大学学报: 自然科学版, 2011(1): 67—70.
- Han Yingmei, Zhao Jianping, Bai Huijing. Design of temperature humidity wireless sensor network node based on DHT11[J]. Journal of Jinggangshan University: Natural Science, 2011(1): 67—70. (in Chinese with English abstract)
- [34] 李长有, 王文华. 基于 DHT11 温湿度测控系统设计[J]. 机床与液压, 2013(13): 107—108, 97.
- Li Changyou, Wang Wenhua. Design of humiture measurement and control system based on DHT11[J]. Machine Tool & Hydraulics, 2013(13): 107—108, 97. (in Chinese with English abstract)
- [35] DHT11 Humidity & Temperature Sensor. <http://www.micro4you.com/files/sensor/DHT11.pdf>
- [36] 周凌云, 陈志雄, 李卫民. TDR 法测定土壤含水量的标定研究[J]. 土壤学报, 2003(1): 59—64.
- Zhou Lingyun, Chen Zhixiong, Li Weimin. calibration on measurement of soil water content using time domain reflectrometry(TDR)[J]. Acta Pedologica Sinica, 2003(1): 59—64. (in Chinese with English abstract)
- [37] 王芳, 王凯, 王先超. 基于 ARM-Linux 与 DS18B20 的温湿度监测系统[J]. 计算机工程与设计, 2010(12): 2736—2739.
- Wang Fang, Wang Kai, Wang Xianchao. Temperature monitoring system based on ARM-linux and DS18B20[J]. Computer Engineering and Design, 2010(12): 2736—2739. (in Chinese with English abstract)
- [38] 廖建尚. ARM9 和 Linux 的 DS18B20 驱动程序研究[J]. 单片机与嵌入式系统应用, 2013(4): 53—56.
- Liao Jianshang. Driver study of DS18B20 based on ARM9 and linux[J]. Microcontrollers & Embedded Systems, 2013(4): 53—56. (in Chinese with English abstract)
- [39] <http://developer.android.com/>
- [40] Phillips Bill Brian Hardy. Android programming[M]. the big nerd ranch gui 2013-9
- [41] Meier Reto. Professional android 4 application development[M]. Wrox. 2012-05

## Design of agricultural greenhouse environment monitoring system based on internet of things

Liao Jianshang

(School of Computer Engineering, Guangdong Communication Polytechnic, Guangzhou 510650, China)

**Abstract:** At present, the communication protocol of the agriculture Internet of Things (IoT) is not uniform. To pack and transmit agricultural information better, a suitable protocol of the IoT, i.e. AGCP (Agricultural Greenhouses Communication Protocol), was proposed for agricultural communication, and an agricultural greenhouse monitoring system was designed using AGCP protocol combined with IoT. AGCP includes a set of data communication format, and defines the parameters in the protocol. There are variable design used for the data transmission which is collected by sensor, and command parameters used for equipment control, as well as function parameter which represents status and the function of sensor. Taken advantage of AGCP, firstly, a wireless sensor network for data transmission based on ZigBee technology was designed, which was used as coordinator in the perception layer. Secondly, terminal node core packaging, acquisition function node, such as temperature and humidity sensor, and the control function node, such as pump, were designed respectively. Then the agricultural environment information acquisition and equipment control by terminal had been realized. Thirdly, in functional module, communication protocols of the specific function modules were designed based on AGCP and characteristics of different modules, so the light control module, temperature control module, irrigation control module were detailed designed respectively. Finally, Android system was designed as mobile terminal with various core classes. The architecture of the UI interface, initialization, network communications, sensor equipment and automatic control were realized, respectively, which were used for remote monitoring on mobile terminal. The system test and analysis had been carried out in an agriculture park of Qingyuan city, Guangdong province. All kinds of sensor data from agricultural greenhouses were recorded at 12 pm, April 7, 2016. The greenhouse temperature, the humidity, the concentration of carbon dioxide, the light intensity, the soil temperature and humidity were 21.4 °C, 65.3%, 867 mg/m<sup>3</sup>, 690 Klux, 20.06 °C and 6.6%, respectively. Furthermore, from the historical record of different sensor data, it was shown that carbon dioxide concentrations in agricultural greenhouse changed quickly, but kept steady in a short period. The temperature was risen gradually. On the contrary, humidity was declined, while light intensity, temperature and humidity also maintained stable, which were in accordance with local environmental characteristics at that time. Additionally, the generator of carbon dioxide, water pump, fan, and fill light were successfully controlled by setting. It is shown that the system can collect the agricultural environment information, including the air temperature, humidity, carbon dioxide, soil moisture and the corresponding equipment automatic control, with very good performance. The results verify the effectiveness of the AGCP protocol in the Internet of things of agriculture as well as the feasibility of building the system.

**Keywords:** greenhouses; sensors; design; internet of things; communication protocol; monitor and control system