

文章编号: 1672-2892(2012)04-0441-05

功能模块分离的无线传感器网络节点设计

曹广华¹, 赵子滨¹, 张晓川², 刘雅喆³

(1.东北石油大学 电气信息工程学院, 黑龙江 大庆 163318; 2.大庆油田有限责任公司 采油工程研究院, 黑龙江 大庆 163000;
3.大庆师范学院 计算机科学与信息技术学院, 黑龙江 大庆 163000)

摘 要: 不同 ZigBee 联盟成员开发应用层框架通常运行于各自指定的微处理器芯片上。由于各联盟成员的 ZigBee 技术细节不同, 导致设计和应用及日常维护 ZigBee 网络时会发生兼容性问题。为此提出了一种将 ZigBee 节点上测控部分和通信部分分离为独立模块的思想, 可以使 ZigBee 节点的开发和维护更加灵活和便捷。设计以 Microchip 的开源 ZigBee 协议栈和 PIC18F4620 单片机为实验平台, 研究开发了测控和通信两模块间的控制协议, 并完成了实际测试试验。实验结果表明, 功能模块分离式设计能充分发挥测控部分的硬件资源优势, 减少对协议栈单片机的资源占用, 提高了网络节点的兼容性和日常维护和升级的便利性。

关键词: 无线传感器网络; ZigBee 协议; 模块化; PIC18F4620 单片机; Microchip 公司

中图分类号: TN926; TP212

文献标识码: A

Design of function-modules separated node in wireless sensor network

CAO Guang-hua¹, ZHAO Zi-bin¹, ZHANG Xiao-chuan², LIU Ya-zhe³

(1.School of Electrical and Information Engineering, Northeast Petroleum University, Daqing Heilongjiang 163318, China;
2.Production Engineering Research Institute of Daqing Oilfield Company Ltd., Daqing Heilongjiang 163000, China;
3.Department of Computer Science and Technology, Daqing Normal College, Daqing Heilongjiang 163000, China)

Abstract: Usually different member of the ZigBee Alliance develops different application layer framework which runs on the specified Micro Control Units(MCU). This may give rise to compatibility problems frequently happening in the design, application and routine maintenance in ZigBee network, because the technical details of each member are different. A new idea is proposed, which separates the measurement and control module from communication module in a ZigBee node, and makes it easy and convenient to develop and maintain ZigBee node. Based on the open source ZigBee stack of microchip and the experimental platform of PIC18F4620 microcontroller, control-protocol between the two modules is developed and tested. Testing results indicate that the design of separated function modules can make full use of hardware resources of measurement and control module, reduce the resource consumption of ZigBee-Stack MCU, and can improve the compatibility and routine maintenance of the network node.

Key words: wireless sensor network; ZigBee; modularize; PIC18F4620; Microchip

1 ZigBee 协议栈的运行特点

1.1 Microchip 开源 ZigBee 协议栈的运行特点

ZigBee 协议栈中的应用框架为驻扎在 ZigBee 设备中的应用对象提供活动环境^[1]。在 Microchip 的 ZigBee 开源协议栈中体现出, 协议栈的激活是通过对原语参数的修改并执行相应的原语实现的, 网络开发者可以有针对性地应用原语来使用指定的端点(EndPoint)和特定的程序流程^[2]。原语的执行是自动、连锁的, 之所以功能不同仅仅源于使用了不同的原语及原语参数。原语的使用具有一定的规律性, 且数量不是很多, 因此在应用中, 将通信模块分离出来是可能的^[3]。

1.2 ZigBee 网络节点的模块化原理

无线传感器网络节点在硬件上可分为: 通信部分和测控部分。节点向网络提交请求, 实际上是节点内, 测控

模块通过通信端口向通信模块提交网络操作请求的数据,数据中应包括“信息有效载荷”、“源端点(Source EndPoint)”、“目的端点(Target EndPoint)”和“任务标示(ProfileID)”等信息,具体情况可根据模块化规则的要求不同而不同。

节点收到来自网络的请求,其内容可以是通信模块向测控模块请求数据,也可以是无关系测控模块的网络操作。在数据请求中,通过通信端口向测控模块传递信息,信息中也应包括:“事件标识符”、“信息长度”和“信息内容”等内容。将主动发出请求的模块定义为“主动端”,接收请求的模块定义为“被动端”。两端之间的连接可以仿照 I²C 总线制定模块间通信控制协议。

2 控制协议

2.1 帧结构与默认参数

帧,是主、被动端之间通信的基本数据单元。帧内部包含了主被动双方通信的各种信息和数据。帧的内部以字节为单位,帧接收方按照帧所包含的信息进行操作,可以实现模块化^[4]。

ZigBee 协议栈操作的具体参数有几十个,但是 ZigBee 协议的任务种类是有限的。按节点功用不同,任务种类有 4 至 11 条不等,包括“发送信息”、“收到信息”、“发送请求”、“收到请求”、“连入网络”、“离开网络”、“报错”、“加入分组”和“离开分组”等。ZigBee 协议栈操作具体参数恰恰与这些任务种类密切相关。

按照 ZigBee 中精简功能设备(Reduced Function Device, RFD)的功能将帧分为 8 类,由帧的第 0 个字节,即“任务标识符”来区分任务种类,最后 1 个字节为“结束标识符”用以判断帧的有效性。下面以“发送信息”为例描述帧结构的意义。

当要求节点向某目的地址发送 n 个字节数据时,帧结构为:

[“任务标识符”,“目的地址_高字节”,“目的地址_低字节”,“目的端点”,“载荷长度 n ”,“信息载荷_1”,...,“信息载荷_ n ”,“结束标识符”]

注意,帧中应只包含必要的参数,由任务类型所确定的参数,其默认规则为:

- 1) ClusterID = 0x0000;
 - 2) ProfileID = 0x0000;
 - 3) Txoptions.Val = 0;
 - 4) 源 EndPoint 与目的 EndPoint 须严格一致;
 - 5) 设置 currentPrimitive = APSDE_DATA_request;
 - 6) “任务标识符”与“结束标识符”须严格一致,回避使用固定的“结束标识符”。
- 其他类型的帧结构以此类推。

2.2 帧有效性的判断与处理

当主动端向被动端发送帧时,就依照帧结构逐字节地把信息传送至被动端。由于帧内部增加了“载荷长度”这样的字节并规定了严格的帧结构,所以帧的实际长度是可预料的,即被动端具备独立判断帧字节是否接收完成的条件。被动端帧接收完成后随即自行检查“任务标识符”和“结束标识符”是否对应。如对应,则立即提取帧字节并执行相应任务;如不对应则视该帧无效。此为帧有效性的判断与处理。该机制使 ZigBee 执行任务之前改变或取消任务成为可能,并可以避免由于帧数据的错误而产生的死机现象。

在分析中发现,通信模块接收帧字节直至执行相应任务的时效性并不高,原因在于通信模块时常要运行协议栈背景任务和同步原语而占用资源,只有空闲状态时才能接收来自测控模块的帧字节。可以适当精简一些背景任务以提高执行任务的时效性。以执行信息发送任务为例,简化后帧处理的部分源代码如下:

```
switch ( Buffer[0] )
{
    .....
    case 0x02:
    {
        if( Buffer[0] == Buffer[5 + Buffer[4]] )
        {
            unsigned char i;
            BUSY_STATUS = 1;
            params.APSDE_DATA_request.DstAddrMode = APS_ADDRESS_16_BIT;
```

```

params.APSDE_DATA_request.DstAddress.ShortAddr.v[1] = Buffer[1];
params.APSDE_DATA_request.DstAddress.ShortAddr.v[0] = Buffer[2];
params.APSDE_DATA_request.SrcEndpoint = Buffer[3];
params.APSDE_DATA_request.DstEndpoint = Buffer[3];
params.APSDE_DATA_request.ProfileId.Val = MY_PROFILE_ID;
params.APSDE_DATA_request.RadiusCounter = DEFAULT_RADIUS;
params.APSDE_DATA_request.DiscoverRoute = TRUE;
params.APSDE_DATA_request.DiscoverRoute = ROUTE_DISCOVERY_SUPPRESS;
params.APSDE_DATA_request.TxOptions.Val = 0;
params.APSDE_DATA_request.TxOptions.bits.acknowledged = 1;
params.APSDE_DATA_request.ClusterId.Val = 0x0000;
TxBuffer[TxData++] = Buffer[4];
for(i = 0; i < Buffer[4]; i++){TxBuffer[TxData++] = Buffer[5 + i];}
ZigBeeBlockTx();
currentPrimitive = APSDE_DATA_request;
}
else BUSY_STATUS = 0;
}break;
.....
}

```

2.3 帧数据丢失与应答机制

主动端向被动端传送帧字节之前应检查被动端是否处于“忙”状态,如果返回“FALSE”便改变输出引脚电平告知被动端有“通信要求”,被动端收到通信要求后向主动端发送“接受要求”电平,主动端通过并行端口在读写控制引脚的配合下向被动端发送帧字节^[5]。此为控制协议引入查忙与应答机制,每发送一个字节,主动端都等待来自被动端的确认电平,直至所有控制信息发送完毕。程序流程见图1和图2。

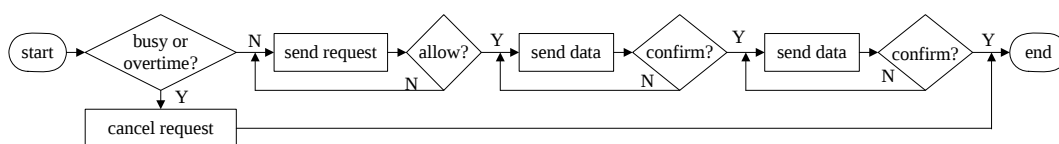


Fig.1 Active-side flow chart

图1 主动端流程图

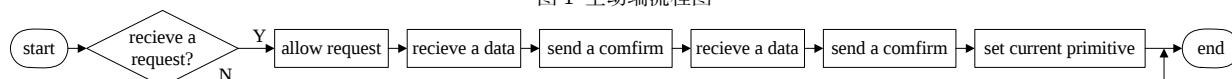


Fig.2 Passive-side flow chart

图2 被动端流程图

查忙与应答机制是保证被动端接收帧字节时减少丢失的关键机制,用以确保帧的完整,促使任务的有效执行。虽然略微损失了时效性,但却提高了节点整体可靠性。

实际测试中发现,通信模块向测控模块发送帧字节的时效性很好,这是因为一般来说测控模块任务轻得多,帧字节的时效性也就好得多,若测控模块帧字节的接收采用端口中断触发方式,数据则很难丢失,但时效性并不能因此而改善^[6]。

3 功能模块的硬件设计

控制协议的有效运行需要硬件接口的支持。硬件接口具备5组信号引脚确保数据传输的实现与可靠。它们分别是“读/写控制”、“数据端口”、“发送”、“接收”和“状态”。

测控部分的电路和通信端口的配备应根据控制协议和需要进行配备。

3.1 通信模块电路

使用 Microchip 的 ZigBee 收发器和 PIC 单片机所设计的通信模块见图3^[7]。

3.2 引脚功能

基于控制协议,模块处在主动端或被动端时,引脚功能和状态是不同的。表1和表2描述了主动端和被动端的通信端口引脚^[8]。

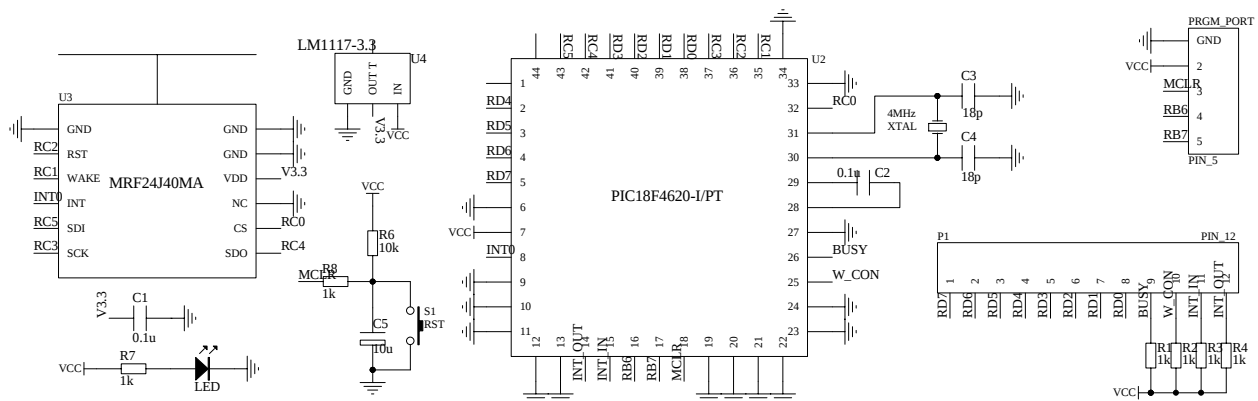


Fig.3 Diagram of communication modules
图3 通信模块原理图

4 应用结果与结论

在应用开发过程中, ZigBee 通信模块和测控模块分别采用 PIC18F4620-I/PT 和 STC89C52RC 单片机, 将 ZigBee 协议栈配置完成, 载入自行设计的控制协议, 将 PIC18F4620-I/PT 的 PORTD 端口和 RE0, RE1, RB4 和 RB5 引脚分别连接至 STC89C52RC 的 P0, P2.0, P2.1, P2.2 和 P3.2, ADXL345 重力加速度传感器连接在 P2.3, P2.4, P2.5 和 P2.6 上。通信协调器向该节点请求 40 字节数据后成功获取振动采样数据, 实现了功能模块的分离, 验证了所设计的 ZigBee 通信模块与不同类型单片机的兼容性。

本文设计了一种基于 Microchip 开源 ZigBee 协议栈和 PIC18F4620-I/PT 单片机的模块化方法, 制定了模块间控制协议, 使 ZigBee 通信模块和测控模块物理上相互独立, 又将二者在功能上统一。在遵守控制协议的前提下, 测控模块的单片机不必局限于 ZigBee 协议栈运行平台的要求来实现 ZigBee 技术, 可以是 8051 系列、AVR 系列单片机, 也可以是 ARM 系列嵌入式微处理器等, 这样就可以按照网络开发者的需要配备系统, 进而增加了网络设计的灵活性和兼容性, 从而使 ZigBee 技术可与其他技术结合, 得到更广泛的应用。

参考文献:

- [1] Microchip Technology Inc. MICROCHIP Stack for the ZigBee® Protocol Version v2.0-2.6.0c[M]. [s.n.]:Microchip, 2008.
- [2] 王视环. 基于 RFID 和 WLAN 技术的物联网应用分析[J]. 信息与电子工程, 2010,8(5):603-606. (WANG Shihuan. Applications analysis of IOT based on RFID and WLAN technologies[J]. Information and Electronic Engineering, 2010,8(5):603-606.)
- [3] 姚俊邑,傅煊. 基于 CC2431 实现的无线传感器网络定位[J]. 信息与电子工程, 2010,8(3):257-260. (YAO Junyi,FU Xuan. Location estimation based on CC2431 RF transceiver in WSN[J]. Information and Electronic Engineering, 2010,8(3): 257-260.)
- [4] 李学海. PIC 单片机实用教程-提高篇[M]. 北京:北京航空航天大学出版社, 2002. (LI Xuehai. PIC Microcontrollers Tutorials-Advanced[M]. Beijing:BEIHANG University Press, 2002.)
- [5] Microchip Technology Inc. PIC18F2525/2620/4525/4620 Data Sheet[EB/OL]. (2008-05)[2011-08-01]. <http://ww1.microchip.com/downloads/en/devicedoc/39626e.pdf>.
- [6] Barry B Brey. Applying PIC18 Microcontrollers Architecture:Programming and Interfacing using C and Assembly[M]. [s.n.]: Prentice Hall, 2008.
- [7] Microchip Technology Inc. MRF24J40MA Datasheet[EB/OL]. (2008-09)[2011-08-01]. <http://ww1.microchip.com/downloads/en/devicedoc/70329b.pdf>.
- [8] 李文仲,段朝玉. PIC 单片机与 ZigBee 无线网络实战[M]. 北京:北京航空航天大学出版社, 2007. (LI Wenzhong,DUAN Chaoyu. Practice of PIC Microcontrollers & Wirless Network[M]. Beijing:BEIHANG University Press, 2007.)

表 1 主动端引脚描述

Table1 Active-side pins descriptions

Num.	name	status	level	function description
1	STATUS	I	low	Receive the signal, indicate the passive-side is busy or not.
2	W_con	O	low	Tell the passive-side data on DATA port is ready.
3	DATA	O	-	8-bit parallel communication port
4	SEND	O	low	Active-side sends request or confirms signal on this pin.
5	RECEIVE	I	-	Passive-side receives signals through this pin.

表 2 被动端引脚

Table2 Passive-side pins descriptions

Num.	name	status	level	function description
1	STATUS	O	low	Passive-side outputs signal of status to indicate busy or not.
2	W_con	I	-	Passive-side receives signal and indicates the data is ready.
3	DATA	I	-	8-bit parallel communication port
4	SEND	O	low	Passive-side sends request or confirms signal on this pin.
5	RECEIVE	I	-	Passive-side receives signals through this pin.

作者简介:



曹广华(1964-),男,黑龙江省虎林县人,博士,教授,主要研究方向为智能测试仪器系统与传感器技术、高分辨率数据采集与处理技术.email:cgh_05@163.com.

赵子滨(1982-),男,黑龙江省大庆市人,硕士,工程师,主要研究方向为智能路灯的无线、有线测控技术,智能家居自动控制系统技术研发工作.

张晓川(1987-),男,黑龙江省大庆市人,工学学士,助理工程师,主要研究方向为采油工程设备及油气井压裂工艺研究.

刘雅喆(1982-),女,黑龙江省双城市人,工学硕士,讲师,研究方向为计算机网络与计算机控制系统的研究.

(上接第415页)

参考文献:

- [1] 陈自力,孙锦涛,田庆民. 无人机数据链路信道 LMS 和 RLS 自适应均衡性能比较[J]. 无线电工程, 2003,33(11):33-36.
- [2] 邱天爽. 通信中的自适应信号处理[M]. 北京:电子工业出版社, 2005.
- [3] Simon H. 自适应滤波器原理[M]. 北京:电子工业出版社, 2006.
- [4] 赵春晖,张朝柱,王立国. 自适应信号处理技术[M]. 北京:北京理工大学出版社, 2009.
- [5] 纪志成,高春能. FPGA 数字信号处理设计教程——System Generator 入门与提高[M]. 西安:西安电子科技大学出版社, 2008.
- [6] 田耘. Xilinx ISE Design Suite 10.x FPGA 开发指南——DSP、嵌入式与高速传输篇[M]. 北京:人民邮电出版社, 2008.
- [7] 冯文江,王勇. 运用误差反馈的判决反馈均衡器的性能分析[J]. 信息与电子工程, 2006,4(2):107-110.
- [8] 苏成翔,房鸿瑞,洪伟. PSK 信号均衡器抽头数量选取方法[J]. 信息与电子工程, 2009,7(5):416-421.

作者简介:



裴亮锋(1988-),男,湖北孝感人,在读硕士研究生,主要研究方向为火控指挥和制导系统理论与应用.email:peiliangfeng@126.com.

陈自力(1964-),男,山西长治人,博士,教授,主要从事无线电信道均衡和编码理论研究工作.