

基于MSP430的WSN双向链路设计

高雷, 郑相全, 姬国伟, 暴晋飞

(重庆通信学院信息工程系, 重庆 400035)

摘要: 介绍基于MSP430单片机实现的无线传感器网络的硬件组成, 分析传感器网络的传统应用形式。在特殊应用场景中的传感器节点之间需要进行信息的交互, 以树型结构为基础设计基于建立双向链路的组网协议和网络维护协议。通过编程实现, 定性地验证了双向链路的建立。

关键词: 无线传感器网络; MSP430单片机; 双向链路

Design of Wireless Sensor Network Bidirectional Link Based on MSP430

GAO Lei, ZHENG Xiang-quan, JI Guo-wei, BAO Jin-fei

(Department of Information Engineering, Chongqing Communication College, Chongqing 400035)

【Abstract】 This paper introduces the hardware of Wireless Sensor Network(WSN) based on MSP430 singlechip, analyses the application of traditional sensor network. In order to solve the special application of wireless sensor node, network protocol and maintained network protocol to build bidirectional link based on tree frame is presented. It is proved that the bidirectional link is set up through programming and compiling.

【Key words】 Wireless Sensor Network(WSN); MSP430 singlechip; bidirectional link

1 概述

无线传感器网络(Wireless Sensor Network, WSN)^[1]是由部署在监测区域内大量的廉价微型传感器节点组成, 通过无线通信方式形成的一个多跳的自组织的网络系统。传感器节点通过内置的各种类型的传感器收集周边外部环境中的声音、图像、温度、湿度、压力和地震波等信息以无线、短距离、低功耗、多跳的通信方式将采集到的数据传输到数据处理中心^[2]。无线传感器网络通常由传感器节点、汇聚节点、任务管理节点组成。传感器节点负责数据的采集、传输, 汇聚节点将各传感器节点的数据通过现有的网络设施, 如互联网和卫星传输给任务管理节点, 任务管理节点负责数据的处理。无线传感器网络这样的应用形式并不能够满足传感器网络的某些应用场景, 特别是在军事上的应用, 主要体现在以下2个方面:

(1)无线传感器网络中的汇聚节点并没有建立向各传感器节点传输数据的路由, 从而无法向各传感器节点传输数据或者只是通过洪泛的方式向各传感器节点发送数据, 这样不仅会对网络通信造成一个很大的压力, 还会过快地消耗网络中节点的能量, 造成节点的过早消亡。

(2)无线传感器网络必须依托现有的通信设施将数据传送到任务管理节点, 由任务管理节点负责进行数据的处理。

在军事应用环境中, 无线传感器节点布设在偏僻恶劣的环境中或敌方的活动区域中, 可能没有固有通信设施的支持, 并且在军事应用中, 数据汇聚节点不仅收集各传感器节点的数据信息, 还应具备数据的分析处理功能, 根据分析处理结果, 汇聚节点可能要向传感节点发送命令信息。在这样的应用背景下, 传感器节点不仅担负数据的采集, 而且还要进行命令信息的响应。

本文主要针对的无线传感器的应用环境为无基础设施的环境, 如军事应用环境, 传感器网络为需要建立双向链路的智能性的无人值守系统。本文主要基于MSP430单片机进行双向路由设计。

2 无线传感器硬件结构

本文传感器节点与数据汇聚节点采用相同的硬件结构, 由无线收发器、温度湿度传感器、串口模块组成, 其结构如图1所示。

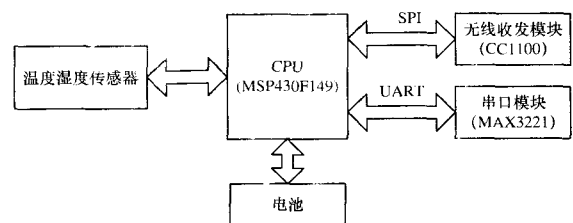


图1 系统结构

2.1 MSP430 单片机模块

MSP430系列单片机是TI公司生产的16位超低功耗的混合信号处理器^[3]。MSP430单片机能够在低电压下以超低功耗状态工作, 其控制器具有强大的处理能力和丰富的片内外设, 带FLASH存储器的单片机还可以方便高效地进行在线仿真和编程。本文针对MSP430F149进行路由设计。

MSP430F149主要包含以下组件: 基础时钟模块, 包括

作者简介: 高雷(1982-), 男, 硕士研究生, 主研方向: 无线传感器网络, OPENET仿真; 郑相全, 教授、博士后; 姬国伟、暴晋飞, 硕士研究生

收稿日期: 2010-01-30 **E-mail:** gaoleisoldier@163.com

1 个数控振荡器(DCO)和 2 个晶体振荡器;看门狗定时器,可用作通用定时器;16 位定时器 Timer A;16 位定时器 Timer B;2 个具有中断功能的 8 位并行端口: P1 与 P2;串行通信接口(软件选择 DART/SPI 模式);60 KB+256 Byte FLASH 存储器和 2 KB 的 RAM。

2.2 其他模块

无线收发模块采用 Chipcon 公司的 CC1100 射频芯片。该芯片体积小、功耗低,数据速率支持 1.2 Kb/s~500 Kb/s 的可编程控制。可以工作在 915 MHz、868 MHz、433 MHz、315 MHz 4 个波段,在所有频段提供-30 dBm~10 dBm 输出功率。本文 CC1100 工作在 433 MHz 的频率上,与 MSP430F149 之间采用的是 SPI 通信协议。

系统中每个节点都配有串口通信模块,利用传感器节点和汇聚节点的串口模块可观察节点的数据发送与接收,便于网络协议的调试。串口通信模块采用的是 MAX3221 与计算机的 RS232 串口进行电平匹配,采用的是异步通信方式,通信的波特率为 19 200。

系统中数据采集模块温度湿度传感器采用的是 Sensirion 公司的数字式温度湿度传感器 DHT90。DHT90 可以直接提供温度在-40 ℃~120 ℃,分辨率为 14 位,湿度在 0~100%RH 范围内且分辨率为 12 位的数字输出。

3 无线传感器网络通信协议设计

本文通信协议采用分层结构,主要包括:物理层,数据链路层,网络层,应用层。

(1)物理层:物理层采用 CC1100 无线发射接收模块。微处理器 MSP430F149 与 CC1100 之间通过 SPI 接口进行数据交换,通过对 MSP430F149 编程设计来控制无线收发模块的状态转换和数据收发。

(2)数据链路层:数据链路层采用 CSMA/CA 机制,通过数据成功发送所返回的 ACK 来控制退避计数器的退避时间。初始化时退避计数器的值设为最小退避时间,并且规定了退避计数器的最大退避时间。

(3)网络层:网络层设计主要包括传感器网络的路由建立和路由的维护,本系统在网络层建立了双向路由,从而数据汇聚节点能够通过确定的路径向普通节点发送数据。

(4)应用层:应用层主要包括温度湿度传感器的数据采集和为其他应用所预留的接口。

3.1 系统网络的建立

系统网络建立过程如下:

(1)数据汇聚节点发送在网信号,普通节点进入等待接收状态。

节点首先判断本节点的节点类型,如果本节点为普通节点,则本节点进入等待接收状态,如果本节点为数据汇聚节点,则本节点发送在网信号,在网信号中包括本节点的 ID、本节点的级别和本节点的时间信息。

(2)普通节点收到在网信号,未入网节点发送请求入网信号。

普通节点收到数据汇聚节点或已入网节点的在网信号后判断本节点是否已经入网,如果本节点已经入网,则丢弃此信息,如果本节点还没有入网,则本节点向数据汇聚节点发送请求入网信息。请求入网信息中包括本节点的 ID。

(3)数据汇聚节点或已入网节点收到普通节点的入网请求信号后进行处理。

数据汇聚节点或已入网节点收到普通节点的入网请求信

号后处理步骤如下:

步骤 1 向普通节点发送允许入网信息 1,允许入网信息 1 中包括本节点的 ID、本节点的级别、本节点的时间信息。

步骤 2 本节点将入网请求节点的 ID 记入本节点的子节点表中,同时本节点的子节点个数加 1。

步骤 3 如果本节点为数据汇聚节点,则将子节点信息(到子节点的路径、跳数)写入本节点的路由表中。

(4)普通节点收到已入网节点或数据汇聚节点发来的允许入网信息 1,节点入网成功。

普通节点收到已入网节点或数据汇聚节点发来的允许入网信息 1 后表示本节点入网成功,处理步骤如下:

步骤 1 将自己的状态修改为已入网,记录本节点的父节点(发送允许入网信息 1 的节点)与自己的级别。

步骤 2 通过父节点向数据汇聚节点发送新节点入网信息,此信息包括本节点的 ID、本节点到数据汇聚节点的路径(初始时为 0)、本节点到数据汇聚节点的跳数(初始时为 0)。

步骤 3 向外广播 2 次在网信号。

(5)普通节点在规定时间内未收到在网信息的节点或入网后因父节点消亡又脱网的节点,向外广播入网扫描信息。

规定时间内未收到在网信号的节点或入网后因父节点消亡又脱网的节点,间隔一定的时间向外广播入网扫描信息,同时启动计算可能父节点定时器,入网扫描信息中包括本节点的 ID。

(6)已入网节点(包括数据汇聚节点)收到入网扫描信息后,回复允许入网信息 2。

节点收到入网扫描信息后,判断本节点是否已入网,如果本节点未入网,则不作处理,如果本节点已入网,则向源节点发送允许入网信息 2。允许入网信息 2 中包括本节点的 ID、本节点的级别。

(7)普通节点收到允许入网信息 2,保存此信息。

普通节点收到允许入网信息 2 后,将此信息保存于本节点的可能父节点表中,本节点的可能父节点表中保存源节点 ID、源节点级别。

(8)普通节点的计算可能父节点定时时间到,找出可能父节点表中的级别最高的节点。

普通节点的计算可能父节点定时时间到,找出可能父节点表中节点级别最高的节点,向此节点发送入网请求信息 1,之后清空可能父节点表。

(9)节点收到新节点入网信息,进行处理。

节点收到新节点入网信息,先判断此信息的目的节点是不是本节点(即本节点是不是数据汇聚节点,因为新节点入网信息是发向数据汇聚节点的,为数据汇聚节点建立正向路由),如果目的节点是本节点,则将本节点到新节点的路径记录在路由表中,如果目的节点不是本节点,则将本节点的 ID 号写入新节点入网信息帧中,并将信息帧中的跳数加 1 后发向本节点的父节点。

3.2 系统网络的维护

系统网络维护过程如下所述:

(1)父节点对子节点的呼叫

系统中如果节点入网并且本节点的子节点数不为零,则本节点每隔一定的时间对本节点的全体子节点发起呼叫,如果在规定的时间内收不到部分子节点的呼叫应答,则对部分子节点逐一进行呼叫,并且将呼叫失败次数加 1,如果在规定的时间内收到子节点回复的应答信息,则转 0。如果呼叫

失败次数达到最大的允许值，则认为子节点消亡，从本节点的子节点表中将子节点删除，如果本节点为数据汇聚节点，则修改路由表，如果本节点为普通节点，则向数据汇聚节点发送子节点脱网信息。

(2)子节点收到父节点的呼叫

子节点收到父节点的呼叫处理步骤如下：

步骤 1 将未收到父节点的呼叫次数置为 0。

步骤 2 向父节点回复呼叫应答信息。

(3)父节点收到子节点回复的在网应答信息

父节点收到子节点的在网应答信息后，将呼叫子节点失败次数置为 0。

(4)子节点对父节点发起呼叫

子节点在规定的时间内收不到父节点的呼叫，则将未收到父节点呼叫的次数加 1，如果未收到父节点呼叫的次数达到最大值，则在这种情况下子节点对父节点发起呼叫。如果子节点在发送对父节点的呼叫次数达到最大还没有收到父节点对子节点的呼叫，则表示父节点消亡本节点脱网(将自己的状态设置为未入网)，转 3.1 节中的(104)。

(5)父节点收到子节点的对自己的呼叫

父节点收到子节点对自己的呼叫后，判断本节点的子节点表里是否有这个子节点，如果没有，则将这个节点加入本节点的子节点表中并且本节点的子节点数量加 1，否则不作处理。

(6)节点收到某节点脱网信息

节点收到某节点脱网信息，判断本节点是不是目的节点(是否是数据汇聚节点)，如果本节点是目的节点，则将某节点从路由表中删除，如果本节点不是目的节点，则将此信息发向本节点的父节点。

4 协议实现与验证

本文通过对 MSP430F149 的编程实现基于分层的通信协议。通过 IAR Embedded Workbench 平台编写程序，经编译后下载到 MSP430F149 单片机中。程序实现如图 2 所示。

```
#include <stdlib.h>
#include "smart_pet.h"
#include "smart_mac.h"
#include "MSP430_TIMEA.h" //need read temp time in .h
#include "event.h"
#include "msp430_timea.h"
#include "msp430_waitus.h"
#include "MSP430_IO.h"

NETTIME nettime; //define nettime
NETATTR netattr; //define netattr
static ASKSCAN_RECEIVEPERMIT_BUFF askscan_receivepermit_buff[MAXNETZGHSOURNODE];

ROUTERTABLE routertable[MAXROUTERROADLEN]; //only used to sink node

void Net_init()
{
    nettime.hour=0;
    nettime.minute=0;
    nettime.second=0; //initial node nettime
    netattr.localaddr=_LOCAL_NODE_ADDR; //initial node attribute
    netattr.childdrennum=0;
    if(netattr.localaddr==_SINK_NODE_ADDR_)
    {
        netattr.rank=0;
        netattr.fathernode=0;
        netattr.isinnnet=1;
    }
}
```

图 2 基于分层的通信协议实现

本文采用了 3 个节点对通信协议的双向链路进行验证，每个节点硬件包含红绿蓝 3 个指示灯(硬件的右下角)。0 号节点为数据汇聚节点，节点级别为 0 级，1 号节点为通过 0 号节点入网节点级别为 1 级，2 号节点通过 1 号节点入网，节点级别为 2 级。拓扑图如图 3 所示。

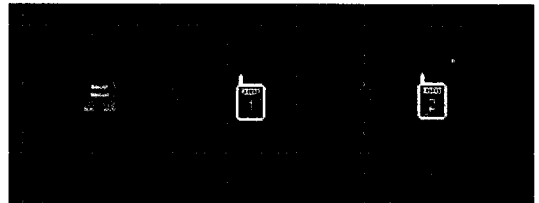


图 3 节点拓扑图

验证过程如下：

(1)2 号节点向外发送目的地址为 0 号节点的信息包。

(2)1 号节点收到信息包后绿灯亮，并转发信息，如图 4 所示。

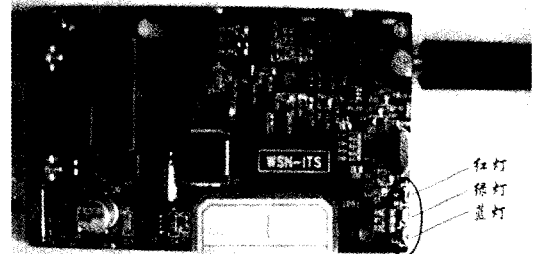


图 4 1 号节点收到信息

(3)0 号节点收到信息包后延迟 5 s 后向 2 号节点发送回复信息(回复信息中包含到 2 号节点的路径)并且蓝色灯亮，如图 5 所示。

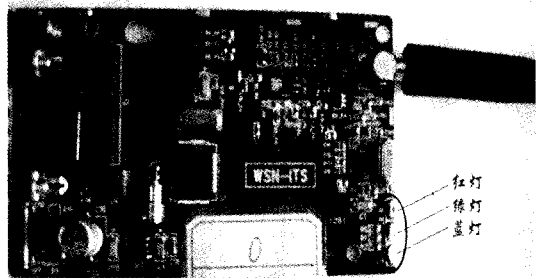


图 5 0 号节点收到信息

(4)1 号节点收到回复信息后转发回复信息。

(5)2 号节点收到回复信息作信息处理，完成验证。

5 结束语

本文介绍了基于 MSP430 的无线传感器网络的硬件组成和基于分层的通信协议结构，阐述了基于双向链路建立的组网和网络维护设计思想，最后对协议进行了实现与验证。本文所设计的通信协议通过编程实现，定性验证了双向链路，在后期的工作中，将对本设计做进一步的完善并进行量的验证，以提高网络的性能和网络的实用性。

参考文献

- [1] 孙利民, 李建中, 陈渝, 等. 无线传感器网络[M]. 北京: 清华大学出版社, 2006.
- [2] 任丰原, 黄海宁, 林闯. 无线传感器网络[J]. 软件学报, 2003, 14(7): 1282-1291.
- [3] 沈建华, 杨艳琴, 翟晓曙. MSP430 系列 16 位超低功耗单片机原理与应用[M]. 北京: 清华大学出版社, 2005.

编辑 索书志