

ZigBee 技术在无线温室数据采集系统中的应用研究^①

Study the Zigbee Technology application in Wireless Data Acquisition system in Greenhouse

祝晓东 肖四友 (浙江万里学院智能控制研究所 宁波 315101)

摘要: 根据 ZigBee 技术的具功率小、成本低等优点,能够很好解决传统温室有线数据采集系统存在的成本较高、监控点扩充性差,移动性较差等问题。提出了一种利用 ZigBee 技术组建无线温室数据采集系统的方案,重点介绍了基于 S3C4510B 芯片的无线网关的设计,以及无线传感器节点控制模块 MSP430 和 CC2420 的开发。构架一个较大范围的无线传感器网络,用于监测温室的各项指标,收集必要的信息,传送到控制中心,进行数据分析,能够满足对温室的情况进行实时监控的要求。

关键词: ZigBee 无线传感器网络 无线网关 S3C4510B

1 前言

目前温室大都以有线接入为主,传统的传感器数据采集系统采用导线连接,在传感器至信号处理器之间需要大量电缆。存在着明显不足,如温室内布有大量的信号传输线和动力线,导致温室建造、安装、维护复杂,工作量大,可靠性低;设施扩建更新困难;设施环境信息检测灵活性差,信息检测在空间位置上无法随时调整,不能适应高矮、大小不同作物对生长空间和环境的要求。为此,在温室中应用无线数据采集系统,将有助于解决原有有线系统的局限性^[1]。用于温室中的传感器节点要满足体积小、精度高、生命周期长等要求。由于温室环境对于外来设备的敏感性,需要尽量地减少传感器节点的体积。为了获得周围确切参数,节点需要装备高精度的传感器;为了延长传感器网络部署的有效时间、增强传感器网络的实用性,需要传感器节点具有尽可能长的生命周期。ZigBee 是一种体积小、低功耗无线网络技术,建立在这种技术上的无线传感器网络能够很好的满足这些要求^[2]。

2 ZigBee 技术简介

ZigBee 是一种新兴的短距离、低速率、低功耗无线

网络技术,以接力的方式通过无线电波将数据从一个传感器传到另一个传感器,因此它们的通信效率非常高。最多可以有 65536 个无线数传模块组成的无线数传网络平台,十分类似现有的移动通信的 CDMA 网或 GSM 网,每一个 ZigBee 网络数传模块类似移动网络的一个基站,在整个网络范围内,它们之间可以进行相互通信;每个网络节点间的距离可以从标准的 75 米,到扩展后的几百米,甚至几公里;另外整个 ZigBee 网络还可以与现有的其它的各种网络实现有效地连接。每个 ZigBee 基站费用不到 1000 元人民币;每个 ZigBee 网络节点不仅本身可以参与监控,例如传感器连接直接进行数据采集和监控,它还可以自动中转别的网络节点传过来的数据;每个 ZigBee 网络节点(FFD 和 RFD)可以支持 31 个的传感器和受控设备,采集和传输数字量和模拟量。ZigBee 定义了两种器件:全功能器件(FFD)和简化功能器件(RFD)。对全功能器件,要求它支持所有的 49 个基本参数。而对简化功能器件,在最小配置时只要求它支持 38 个基本参数。一般 ZigBee 网络最多包括有 255 个 ZigBee 网络节点,其中一个为主控(Master)设备,其余则是从属(Slave)设备。若是通过网络协调器(Network Coordinator),整个网络最多可以支持超过 65536 个 Zig-

^① 基金项目:宁波自然科学基金项目(2007A610045)

Bee 网络节点。

采用了由成千上万个传感器构成的 ZigBee 网络后,农业将可以逐渐地转向以信息和软件为中心的生产模式,使用更多的自动化、网络化、智能化和远程控制的装置来进行精细耕种。传感器可能收集包括土壤湿度、氮浓度、pH 值、降水量、温度、空气湿度和气压等信息,这些信息和采集信息的经由 ZigBee 网络传递到中央控制装置供决策和参考。

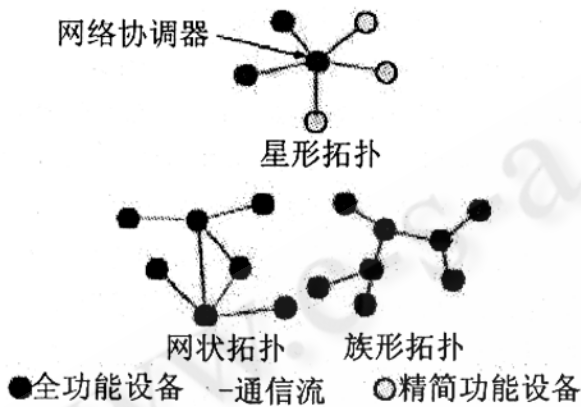


图 1 网络拓扑结构

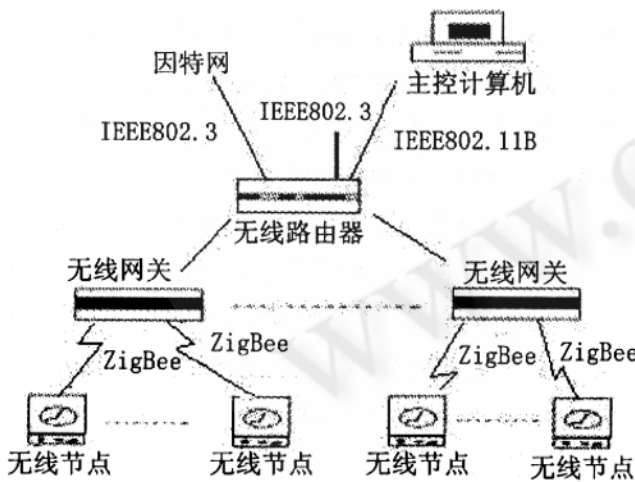


图 2 无线网络平台

一般地,ZigBee 网络中主要包括了网络协调器、全功能设备和精简功能设备。

网络协调器:包含所有的网络消息,是 3 种设备类型中最复杂的一种,存储容量最大、计算能力最强。发

送网络信标、建立一个网络、管理网络节点、存储网络节点信息、寻找一对节点间的路由消息、不断地接收信息。

全功能设备(FFD),可以担任网络协调者,形成网络,让其它的 FFD 或是精简功能装置(RFD)连结,FFD 具备控制器的功能,可提供信息双向传输。

精简功能设备(RFD),RFD 只能传送信息给 FFD 或从 FFD 接收信息。低成本。

3 智能无线传感器网络系统

3.1 网络结构图

我们研究的智能无线网络系统每个温室安装一个网关和若干个 ZigBee 技术的无线传感器节点网络,在网关和每个子节点上都连接一个无线网络收发模块(符合 ZigBee 技术标准的产品),通过这些无线网络收发模块,数据在网关和子节点之间进行传送,如图 2 示^[4]。

本设计采用 ARM 构架的 32 位嵌入式处理器 S3C4510B 和 uLinux 操作系统设计的无线网关,并通过其扩展的控制模块 MSP430 与收发数据模块 CC2420 实现对节点的监控,此网关也通过其无线模块与网络中各子节点实现通讯。

3.2 无线网关的硬件实现

无线网关是整个智能网络的核心,它主要实现:Internet 接入;远程控制;连接内部异构子网。本系统研究以 32 位的 ARM 嵌入式微处理器 S3C4510B 为核心,并外扩多个功能模块构建硬件平台,通过移植嵌入式操作系统 uLinux 内核,开发相应的硬件驱动、微型 GUI 和上层应用软件,从而构建嵌入式网关,系统结构如图 3 示。该网关对外与 Internet 和公共电话交换网 PSTN 相连,对内采用 MSP430 无线通信模块和 CC2420 收发模块实现和节点的无线通信,从而实现通过 Internet 上的计算机,构建出智能无线网络系统。

本系统设计的网关硬件系统主要是以 S3C4510B 嵌入式微处理器为核心,因此本系统的硬件设计包括以 S3C4510B 为核心所搭建的基本硬件平台,及无线收发、电话语音控制和红外遥控等模块的硬件设计。

3.3 无线智能传感器节点的设计

本设计中,无线传感器采集数据,并将数据发送给各个传感器节点组的网关。传感器节点主要由电源模块、计算模块、存储单元、通信模块和数据采样单元组

成。为了开发出具有低成本低功耗的 ZigBee 网络节点，本系统中采用了 TI 公司的 16 位微控制器 MSP430。传感器节点的通信模块的功能是由 CC2420 射频收发器来实现。CC2420 具有完全集成的压控振荡器，只需要天线、16MHz 晶体等非常少的外围电路就能在 2.4GHz 频段上工作。系统中传感器节点采用了以 MSP430 为核心控制模块，以 CC2420 为无线收发模块的设计方法，MSP430 与 CC2420 通过 SPI 方式相互通讯，MSP430 采用主模式，CC2420 采用从模式。

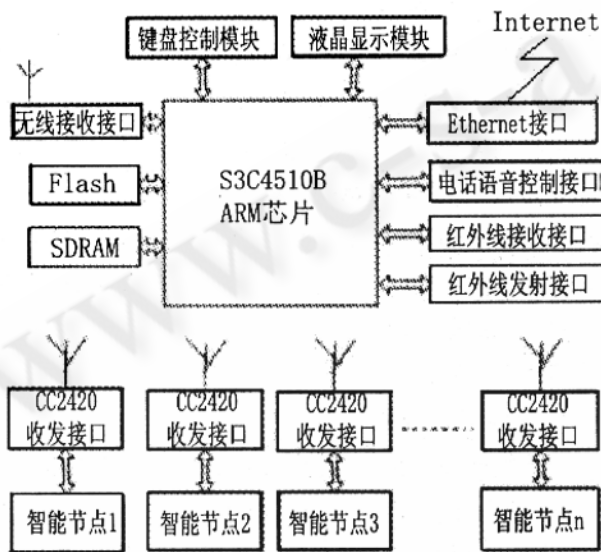


图 3 无线网关系统结构图

3.3.1 控制模块 MSP430

TI 公司的 16 位微控制器 MSP430，从功能模块角度划分 ZigBee 硬件平台可以分为几个部分：MSP430 模块，RS232 模块，Flash 外部存储模块，传感器模块，CC2420 无线收发模块，键盘 LED 模块。MSP430 是系统的控制核心，MSP430F149 有 60KB + 256B Flash，2KB RAM，各地址段的使用情况如下。

- 0x0000 — 0x01FF Peripherals
- 0x0200 — 0x09FF RAM
- 0x1000 — 0x10FF Information Flash
- 0x1100 — 0x10FF ROM
- 0x1100 — 0xFFE0 ROM
- 0xFFE0 — 0xFFFF Interrupt Vector

3.3.2 收发数据模块 CC2420^[5]

CC2420 是 Chipcon 公司推出的一款符合 IEEE 802.15.4 规范的 2.4GHz 射频芯片，已经被用来开发工业无线传感器等的 ZigBee 设备和产品。CC2420 具有完全集成的压控振荡器，只需要天线、16MHz 晶体等非常少的外围电路就能在 2.4GHz 频段上工作。IEEE802.15.4 规范中规定使用 DSSS 调制方式，CC2420 中的调制和扩频功能从而实现数据的收发。CC2420 先将要传输的数据流进行变换，每个字节被分组为两个符号，每个符号包括 4 个比特 LSB 优先传输。每个被分组的符号用 32 码片的伪随机序列表示，共有 16 个不同的 32 码片伪随机序列。经过 DSSS 扩频变换后，码片速率达到 2Mchip/s，此码片序列再经过 O-QPSK 调制，每个码片被调制为半个周期的正弦波。码片流通过 I/O 通道交替传输，两通道延时为半个码片周期。另外，管脚状态的设置可以控制清除通道估计通过 SFD 管脚状态的设置可以控制时钟/定时信息的输入，这些接口必须与微处理器的相应管脚相连来实现系统射频功能的控制与管理。

CC2420 为 IEEE802.15.4 的数据帧格式提供硬件支持。其 MAC 层的帧格式为：头帧 + 数据帧 + 校验帧；PHY 层的帧格式为：同步帧 + PHY 头帧 + MAC 帧，帧头序列的长度可以通过寄存器的设置来改变。可以采用 16 位 CRC 校验来提高数据传输的可靠性。发送或接收的数据帧被送入 RAM 中的 128 字节的缓存区进行相应的帧打包和拆包操作，其 RF 的状态控制如图 4 所示。

3.4 无线网关与控制接点的连接

无线传感器的节点单元中，微控制器 MSP430 是通过 SPI 总线和一些离散控制信号与 CC2420 数据收发器相连，如图 5 所示。控制器 (MSP430) 充当 SPI 主器件而 CC2420 收发器充当从器件。控制器 MSP430 实现了 IEEE802.15.4 MAC 层和 ZigBee 协议层，它还包含了特定应用的逻辑，它使用 CC2420 总线和 RF 收发器交互。

CC2420 通过简单的四线 (SI、SO、SCLK、CSn) 与 SPI 兼容串行接口配置，这时 CC2420 是受控的。MSP430 的 SPI 工作在主机模式，它是 SPI 数据传输的控制方，CC2420 设为从机工作方式。MSP430 的 SPI 设为主机工作方式时，其硬件电路是不会自动控制 SS 引脚的。因此，在 SPI 通信时，应在 SPI 初始化时由程序控制 SS，将

模块连接上以 S3C4510B 为核心的目标板后,就可以接受来自电话或 Internet 上任何计算机通过敲入目标板的 IP 浏览到的 IE 控制界面而发送过来的控制命令,达到了远程控制的目的。

4 结束语

基于 Zigbee 技术的无线传感器网络构建温室数据采集系统,极大地提高了系统的可靠性、实时性,且系统开发价格较低廉、性价比高,安装维护简单。并只需要部署一次就可以进行长期的监测工作,节点的扩展也非常容易,提高了温室环境信息管理自动化程度^[2]。具有传统温室环境监测系统所不具有的优势,非常适用于温室环境监测应用。因此 Zigbee 技术应用必将有很广阔的应用前景。

参考文献

- 1 孙超、张世庆、张西良、杨军,无线传感器网络在温室环境监测中的应用,农机化研究[J],2006年9月 P194-195.
- 2 吴金洪、丁飞、陈应春、张建宏,现代温室无线数据采集系统的研究,计算机测量与控制[J],2007.15(3), P405-406.
- 3 张克、李洋等,基于 ZigBee 的传感器网络在石化工业中的应用探讨,计算机工程与设计[J],2007年1月, P409-410.
- 4 刘静、赵望达,基于 Zigbee 技术的火灾报警系统设计,单片机与嵌入式系统应用[J],2007年第1期, P55-57.
- 5 秦霆镐、豆晓强、黄文彬,Zigbee 技术在无线传感器网络中的应用,仪表技术[J],2007年第1期,P57-58.

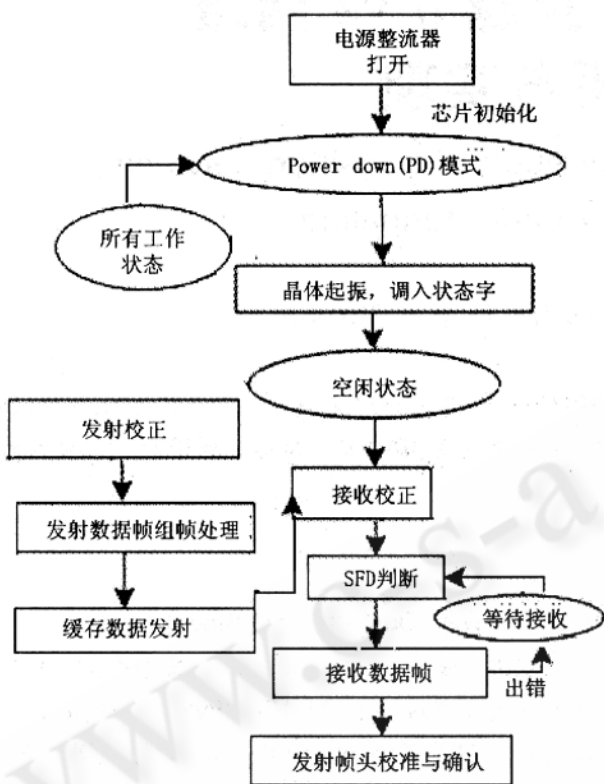


图 4 CC2420 收发数据状态图

CC2420 的引脚		信号传送方向	MSP430 的引脚	
FIFO		→	GIO0	
FIFOP		→	Interrupt	
CCA		→	GIO1	
SFD		→	Timer Capture	
SPI	CSn	←	GIO2	SPI
	SI	←	MOSI	
	SO	→	MISO	
	SCLK	←	SCLK	

图 5 CC2420 与 MSP430 的连接

其拉为低电平,此后,当把数据写入主机的 SPI 数据寄存器后,主机接口将自动启动时钟发生器,在硬件电路控制下,移位传送,通过 MOSI 将数据移出 MSP430。同时从 CC2420 由 MISO 移入数据,8 位数据全部移出时,两个寄存器就实现了一次数据交换。对于采用无线遥控的节点,无线网关能将接受的控制命令转为控制信号发射出去达到控制子节点的目的。通过 MSP430 无线收发