

# 动态调整ZigBee通信距离的方法和设计实现\*

陈明智<sup>1,2</sup>, 伍先达<sup>1</sup>, 李 锋<sup>1</sup>

(<sup>1</sup>中国科学院合肥智能机械研究所 安徽合肥, 230031)

(<sup>2</sup>中国科学技术大学 安徽合肥, 230026)

**摘 要:** 介绍了最近兴起的短距离无线通信技术——ZigBee, 并根据应用领域的需要提出了一种在保持ZigBee低功耗特点的基础上动态增加其通信距离的设计方案, 并从硬件和软件方面给出了详细阐述。本文的研究有效地解决了ZigBee通信距离的灵活性问题, 扩大ZigBee技术的应用领域。

**关键词:** ZigBee; IEEE802.15.4; 通信距离; CC2420; MAX2245

**Abstract:** This paper introduces a new wireless communication --- ZigBee, which has just been come forth. And based on the application's demand, here bring forward a scheme which is low power and can increase dynamically the distance of ZigBee. Finally the design of hardware and software has been described in detail. The scheme that this paper introduces can improve on the feature of ZigBee's flexible communication distance, and extend to ZigBee's applications.

**Key words:** ZigBee; IEEE802.15.4; Distance of communication; CC2420; MAX2245

中图分类号: TP872

文献标识码: A

文章编号: 1001-9227(2007)04-0024-04

## 0 引言

ZigBee是一种新兴的近距离、低复杂度、低功耗、低数据速率、低成本的无线网络技术, 它是一种介于无线标记技术和蓝牙之间的技术提案, 主要用于近距离无线连接, 可广泛应用到包括数据采集、工业控制、消费性电子设备、汽车自动化、农业自动化和医用设备控制等领域。

ZigBee于2004年底通过了IEEE802.15.4的标准, 由于freescal、chipcon、ember等等各大ZigBee联盟的IC生产商在2005年的大力推广, ZigBee技术已经在2006年进入了应用研发的阶段, 各种带有ZigBee技术的设备也将陆续大量的出现, 但在实际的产品的研发过程中, 发现ZigBee最大75m的传输距离在一些方面阻碍了它技术的推广和应用, 这里我们将介绍一种在保持ZigBee低功耗、低成本的特性的基础上又能有效的大幅度动态增加ZigBee的通信距离的方案, 从而将有助于扩大该技术的推广速度和应用范围。

## 1 问题的提出

下面以一个例子来说明动态调整ZigBee通信距离的必要性和它广泛的应用性。如图1所示, 当一个ZigBee网络需要跨越一条宽100m以上的河流时, 普通

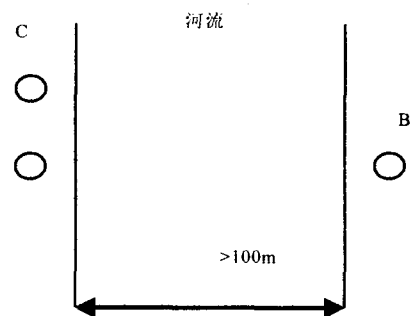


图1 动态调整ZigBee通信距离示例

的ZigBee节点A和B无法完成这个通信, 而又不能长期固定地在河上安放中间节点, 所以这就给我们带来了需要思考和解决的问题, 下面来对比以下的几种可能的方案:

(1) 换用其它的通信网络。可能系统的其它特性决定了使用ZigBee是最合适的, 不可能因为这一个而重新考虑整个系统;

(2) 在A和B上附加其它的通信方式来进行通信。这就需要A和B两个节点要把ZigBee的通信协议在A与B通信时转换为其它的通信协议, 这从成本和复杂度上来看都较高, 并且这个方案对节点的移动性不能较好的支持;

(3) 在A和B上增加固定增益的PA来达到A和B之间的通信。这会导致在A或B近距离的其它ZigBee节点因为输入功率过大而进入饱和, 不能正常通信, 如图1中

节点C;

(4) 动态调节ZigBee的通信距离。这样既不需要增加其它通信协议带来的高成本和高复杂性,也保证A和B附加的ZigBee节点不会因为输入功率过大而进入饱和。

从以上的分析来看,动态调节ZigBee的通信距离能够很好的解决以上例子中所遇到的类似问题。

## 2 ZigBee简介和技术特点分析

ZigBee是一种先进的近距离无线通信技术。它依据802.15.4标准,可在数千个微小的传感器之间相互协调实现通信。这些传感器只需要很少的能量,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,所以它们的通信效率非常高(如图2)。

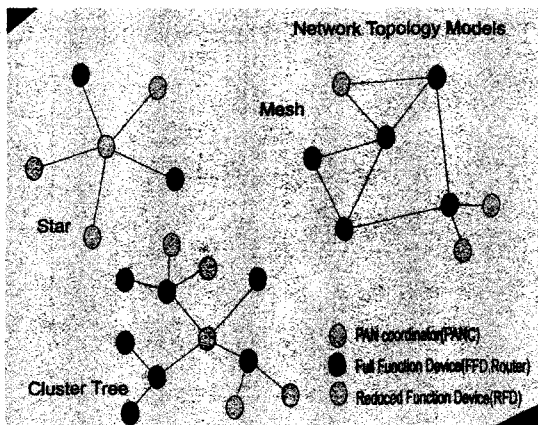


图2 ZigBee网络的三种拓扑结构

为了更好的利用ZigBee技术,开拓更广阔的应用领域,这里先分析ZigBee的技术特点。

- 数据传输速率低: 只有10k字节/秒到250k字节/秒,专注于低传输应用;

- 功耗低: 在低功耗待机模式下,两节普通5号干电池可使用6个月到2年,免去了充电或者频繁更换电池的麻烦。这也是ZigBee的支持者所一直引以为豪的独特优势。相比较,蓝牙能工作数周、WiFi可工作数小时;

- 成本低: ZigBee数据传输速率低,协议简单,所以大大降低了成本,且免收专利费;

- 网络容量大: ZigBee网络最多可支持65536个设备;

- 时延短: 通常时延都在15ms至30ms之间;

- 安全: ZigBee提供了数据完整性检查和鉴权功能,采用AES-128加密算法;

- 有效范围小: 有效覆盖范围10~75m之间,具体依据实际发射功率的大小和各种不同的应用模式而定,基本上能够覆盖普通的家庭或办公室环境;

- 工作频段灵活: 使用频段为2.4GHz、868MHz(欧

洲)及915MHz(美国),均为免执照频段。

从ZigBee的技术特点中可以看出,它非常适合工业控制和无线传感网络等应用领域,但最大75m的通信距离可能会在这些应用领域产生一些限制,如在河宽超过100m的两岸岸边,普通的ZigBee节点是不能跨越进行正常传输,同时这也让ZigBee网络中的节点的可移动性降低,而通过增加网络中的节点数来达到目的,也会让用户的成本直线上升。所以,这里提出了动态调整ZigBee的通信距离来解决这个问题。

## 3 系统方案

我们知道要增加一个无线通信设备的通信距离,唯有增加发射器的发射功率,通过在发射器的输出端和发射天线之间增加一个功率放大器(Power Amplify)来达到目的,但是增加PA又为我们带来了新的问题:

(1) 在近距离的情况下,仍然使用PA大功率的来发送数据,这样无异增加了无线通信设备的功率消耗,这是手持设备、传感器网络等等对功耗要求较高的领域无法接受的;

(2) 每个无线收发器都有一个最大接收功率(CC2420的最大接受功率为+10dbm),当两个通信模块在相距很近距离的情况下仍然使用PA大功率的发送数据,那么势必会造成接收设备因为接受功率大于自己的最大接收功率,从而使自己进入饱和,不能正常接收数据。

这里我们将通过选择合适的功率放大器,并通过结合软件控制的方法来解决以上问题,使其在尽可能小的功耗情况下达到最大的通信距离,并具有动态调节功能。

### 3.1 系统的硬件设计

- 系统原理(如图3)

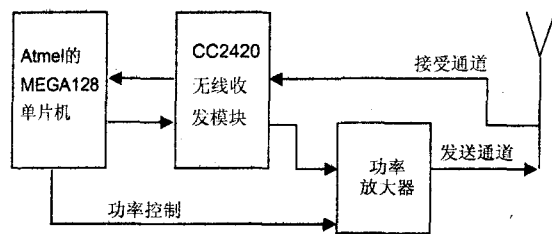


图3 系统硬件设计框图

在本方案中我们采用chipcon的CC2420作为RF收发器,Atmel的MEGA128作为协议控制器,使用点对点的通信方式作为例子来说明,其它的网络拓扑结构可以类似得到解决。

设计中我们使用了单端天线,即接收和发送使用同一个天线,使用CC2420的TX/RX开关引脚来控制选择

发送信道或者接收信道, 为了降低整个系统的功耗, 我们只在发送端采用了功率放大器, 以增加ZigBee模块的通信距离; 而对输入信号没有进行处理, 直接通过接收通道送入到CC2420模块。

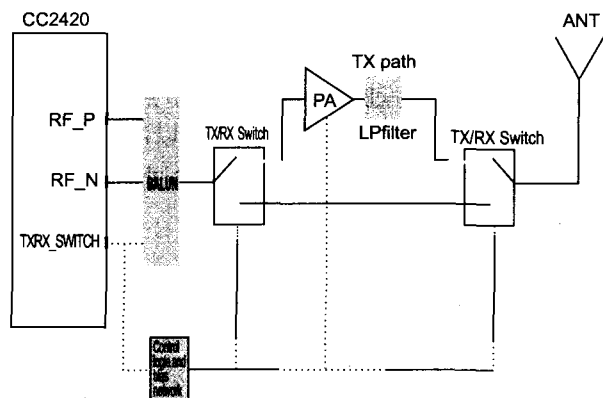


图4 功率放大器部分硬件原理图

• 功率放大器

我们选择PA的要求是能够动态的调整PA的输出功率, 从而能够让我们通过软件来进行自动调节, 并且PA能够控制达到的最小功率输出不能大于+10dbm, 即保证在两个无线模块在很近距离通信的情况下不会因为输出功率过大而引起CC2420饱和, 以致于模块不能够正常通信。

由于ZigBee没有出现多久, 现在还没有专门针对ZigBee模块设计的PA, 而考虑到bluetooth与ZigBee有很多特性相似, 所以我们就选用针对bluetooth设计的相关PA, 最后我们选择了MAXIM公司的MAX2245, 它的输入功率与输出功率之间的对应关系如图5。

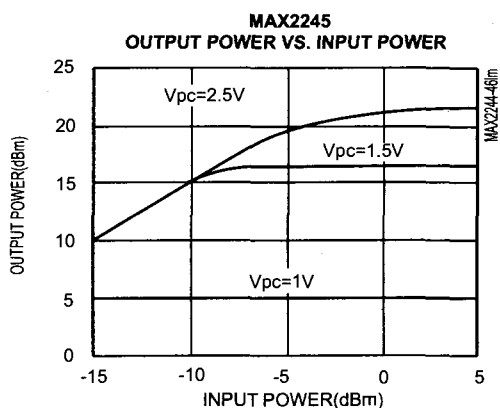


图5 MAX2245的输出功率与输入功率

从图5中可以看出, MAX2245的最大控制输出功率为22dbm, 比CC2420直接输出的最大功率10dbm有了很大的提高, 能大幅度的提高CC2420模块的通信距离。而MAX2245的最小控制输出功率为5dbm也小于CC2420的最大接收功率+10dbm。同时可以看出对于输入功率在-15dbm到0dbm之间, MAX2245的输出功率有较好的线性, 这样可以通过调整CC2420的输出功率来动态线性

调节MAX2245的输出功率和模块的输出功率。

3.2 系统的软件设计

ZigBee的协议软件是一组基于IEEE批准通过的802.15.4无线标准研制开发的, 它不仅只是802.15.4的名字。IEEE仅处理低级MAC层和物理层协议, ZigBee联盟对其网络层协议和API进行了标准化。ZigBee联盟还开发了安全层, 以保证这种便携设备不会意外泄漏其标识, 而且这种利用网络的远距离传输不会被其它节点获得。完整的Zigbee协议套件由高层应用规范、应用会聚层、网络层、数据链路层和物理层组成。网络层以上协议由ZigBee联盟制定, IEEE802.15.4负责物理层和链路层标准。应用会聚层将主要负责把不同的应用映射到ZigBee网络上。(如图6)

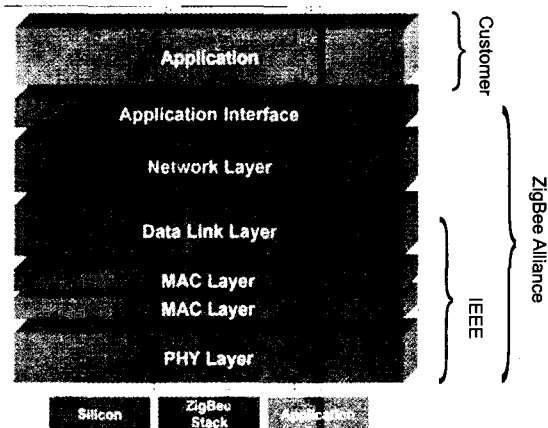


图6 ZigBee协议构架

为了提高本方案的应用范围和可移植性, 我们把软件部分的设计放在应用层, 这样就不需要对ZigBee-stack进行任何修改而能直接嵌入到用户的应用程序中, 为此我们设计了一个结构体来封装这些数据和操作。

```

struct pa_management
{
    char MAX2245_pc; //MAX2245的 power control引脚的控制电压值, 1V、1.5V、2.5V三个控制电压
    char CC2420_output_power; //CC2420 输出到MAX2245的功率大小, 从-25dbm到0dbm有8级可以控制
    char CC2420_rx_power; //CC2420接受到信号的功率大小, 有助于我们减小功率消耗
    char (*ctrl_MAX2245_pc)(char pc); //控制MAX2245的PC电压
    char (*energy_detection)(void); //计算CC2420的接受功率大小
    char (*ctrl_CC2420_tx_p)(char outpower); //控制CC2420的发送功率
}pa_management;
    
```

(下转第43页)

Simulink进行基于数学模型的仿真,在仿真过程中验证参数设计的正确性。然后进行基于电气原理图的仿真,实时观察各个元件的相关波形,从而加深对实际系统的理解,在仿真过程中,学生可以灵活地调整参数,优化参数设计。因此仿真不仅能加深学生对所学知识理解,也能培养学生自学和独立思考的能力。最后学生根据仿真验证的参数来调试实际系统,会得到事半功倍的效果。

(上接第26页)

这里,我们有MAX2245\_pc,CC2420\_output\_power两个控制量,两个模块如果没有配置相同的控制参数,就有可能不能通信,所以为了保证两个模块之间能够正常通信,我们把有关发送模块的MAX2245、CC2420的控制配置参数作为第一个发送包发送,如果接收模块接受到这个控制配置参数包,则首先按照这个包的参数进行配置,然后回送给发送模块的应答,这样两个模块之间就建立了正确的通信通道。

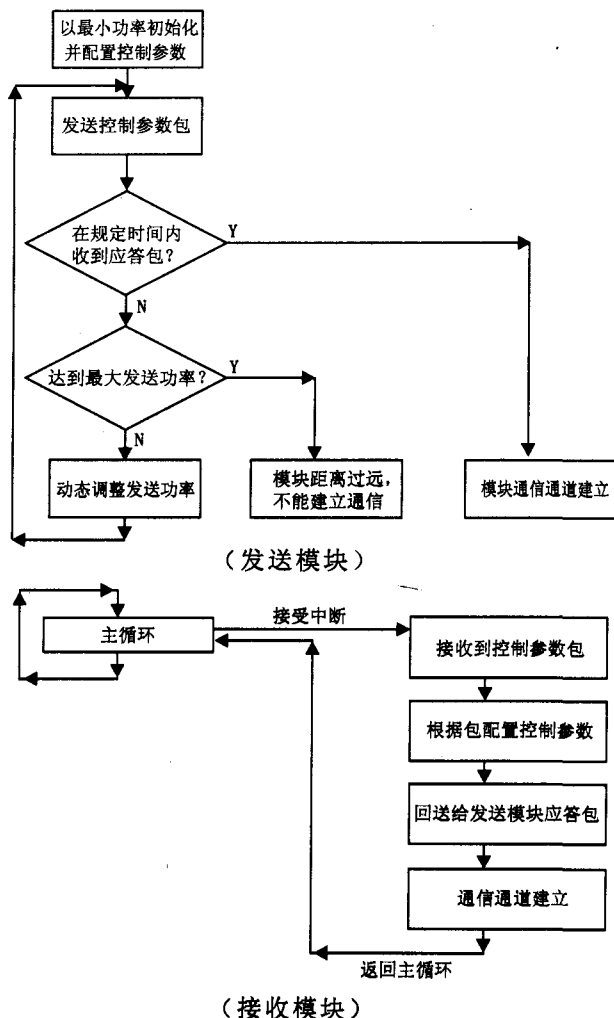


图7 两个ZigBee无线模块通信信道的建立流程图

## 参考文献

- 1 薛定宇. 控制系统计算机辅助设计[M]. 北京: 清华大学出版社, 2006
- 2 陈伯时. 电力拖动自动控制系统运动控制系统[M]. 北京: 机械工业出版社, 2004
- 3 潘湘高. 基于MATLAB的电力电子电路建模仿真方法的研究[J]. 计算机仿真, 2003, 20(5)
- 4 王兆安, 黄俊. 电力电子技术[M]. 北京: 机械工业出版社, 2002

下面仅给出两个模块之间建立正确的通信信道的程序流程图(如图7)。

### 3.3 需要改进的地方

从上面的流程图中可以看出发送模块是通过不停的试探性的发送数据包来与接收模块建立正确的通信通道,但这样做是有一定代价的,即牺牲了系统的实时性,为此,可以根据不同系统对无线通信的要求来设计不同的试探算法,从而缩短建立通信所需时间,改进系统的实时性。

## 4 小结

本文阐述了ZigBee技术及IEEE802.15.4标准,并针对ZigBee有限的通信距离,提出了一种低功耗和低速率无线通信市场的空缺,其成功的关键在于丰富而便捷的应用,而不是技术本身。随着正式版本协议的公布,更多的注意力和研发力量将转到应用的设计和实现、互联互通测试和市场推广等方面。我们有理由相信在不远的将来,将有越来越多的内置式ZigBee功能的设备进入我们的生活,并将极大地改善我们的生活方式和体验。

## 参考文献

- 1 IEEE Standard for Information Technology-Telecommunications and information exchange between systems - Local and metropolitan area networks - Specific Requirements - Part 15.4: Wireless Medium Access Control(MAC) and Physical Layer(PHY) Specifications for Low Rate Wireless Personal Area Networks(LR-WPANS)
- 2 CC2420 datasheet V1.2[Z]. [www.chipcon.com](http://www.chipcon.com)
- 3 MAX2245 datasheet[Z]. [www.maxim-ic.com](http://www.maxim-ic.com)
- 4 ZigBee Specification[Z]. [www.zigbee.org](http://www.zigbee.org)
- 5 李明亮, 邢斌. 蓝牙硬件电路与蓝牙核心技术及应用[M]. 北京: 电子工业出版社, 2006
- 6 原羿, 苏鸿根. 基于ZigBee技术的无线网络应用研究[J]. 计算机应用与软件, 2004(6): 89~91