

## The Application of Duo-Core Architecture in Wireless Sensor Network Nodes<sup>\*</sup>

WANG Ren, GUO Xiaochun, GUO Hang<sup>\*</sup>

(Peir Tung Sah MEMS Research Center, Xiamen University, Xiamen Fujian 361005, China)

**Abstract:** An ultra-low power monitoring microcontroller and a high performance microprocessor are used to realize a duo-core architecture in wireless sensor network nodes, and APTEEN network routing protocol is modified from the hierarchical structure to the plane structure under given experimental conditions. The wireless sensor network is built up and tested. The results show that compared with the existing single-core architecture in wireless sensor network nodes the new dual-core architecture nodes can easily realize fast data sampling and transmitting, therefore the sleep cycle of the entire wireless sensor network is greatly increased and power consumption greatly reduced.

**Key words:** wireless sensor network (WSN); duo-core architecture; low power consumption; ZigBee  
EEACC: 7230

## 双核架构在无线传感器网络节点设计中的应用<sup>\*</sup>

王 韧, 郭晓春, 郭 航<sup>\*</sup>

(厦门大学 萨本栋微机电研究中心, 福建 厦门 361005)

**摘 要:** 研究了采用超低功耗监控微控制器和高性能微处理器相结合的双核架构的无线传感器网络节点的实现。通过选用合适的芯片, 从硬件上构建了基于双核架构节点的无线传感器网, 基于 APTEEN 网络路由协议, 根据实验环境将层次结构简化为平面结构, 并进行了性能测试, 将测试结果与现有的基于单核架构节点的无线传感器网进行比较。结果表明双核架构在低功耗和高性能之间取得了平衡点, 相对于单核结构具有以更低的功耗获取更高性能的优势。

**关键词:** 无线传感器网络; 双核架构; 低功耗; ZigBee

**中图分类号:** TP212

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1004-1699(2008)02-0353-04

无线传感器网络 (WSN, wireless sensor networks) 是目前多学科高度交叉与集成的热点研究领域之一。它综合了传感器技术、嵌入式计算技术、网络及无线通信技术、分布式信息处理技术等, 能够通过各类集成微型传感器协作地实时监测、感知和采集各种环境或监测对象的信息, 这些信息通过无线方式发送, 并以自组多跳的网络方式传送到用户终端。无线传感器网络可以广泛应用在如国防军事、环境监测、交通管理、医疗卫生、反恐救灾等领域。近年来, 随着微电子机械系统 (MEMS)、无线通讯、集成电路等技术的迅猛发展, 使得发展低成本、低功耗、网络覆盖面广的无线传感器网络成为了可能。

无线传感器网络目前需要解决的主要问题有: 网络节点的自组织、路由控制策略、MAC 协议等, 而这些问题解决的前提是低功耗技术。低功耗技术可以为无线传感器网络提供一个实际使用中可以接受的传感器节点生命周期, 影响单个节点生命周期的因素主要有两点: 节点休眠期中的功耗和节点完成数据采集、路由选择、无线收发时间。

为了实现节点的低功耗, 需要最大限度降低以上两个参数, 通常采取选择更低功耗或更高性能的处理器的系统来降低, 但这两个因素相互制约, 在采用单个处理器的系统中难以做到两全。本文提出了一种采用超低功耗监控微控制器和高性能协议微处理器相结合的双核架构无线传感器网络节点, 低功耗监控

基金项目: 厦门大学引进人才科研启动基金资助 (0000-X07191)

收稿日期: 2007-09-30 修改日期: 2008-01-02

微控制器保证网络节点休眠期中的低功耗,高性能协议微处理器在节点活动期快速完成路由选择,无线收发,缩短工作时间,通过以上两点实现无线传感器网络的低功耗。

## 1 双核无线传感器网络节点体系结构

### 1.1 总体结构

如图1所示,双核架构由五个主要部件组成。分别是低功耗控制器、高性能处理器、射频模块、传感器和电源系统。

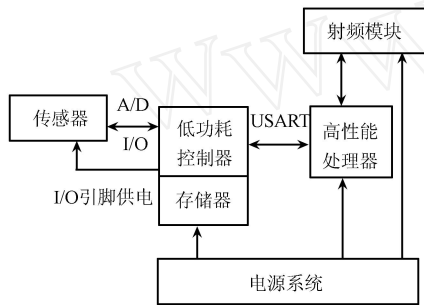


图1 双核传感器网络节点架构

由于现代传感器技术特别是MEMS技术的迅速发展,微型传感器的功耗已大幅降低,因此用控制器I/O引脚的高电平输出就足以对传感器供电,在休眠期,将I/O引脚置为低电平可以完全关断传感器电源。低功耗控制器通过A/D、SPI或I2C总线来获取各种传感器数据,数据缓存建立在RAM中,片上EEPROM存储器用来存储配置信息。高性能处理器和射频模块共同构成ZigBee协议处理、射频收发单元。低功耗控制器通过USART接口向高性能处理器发送数据和命令。由于采用了双核架构,将单核的控制器所要完成的任务分配到两个专用的控制器中,在不同的时段发挥各自的长处,实现节点的低功耗。

图2是节点工作过程的流程图。上电后,节点初始化,网络中的节点自组织,并进入睡眠状态的准备过程。在睡眠过程中,起主要作用的是低功耗微控制器。外部中断源可唤醒节点,执行相应的中断处理程序。若在整个睡眠状态中,没有外部中断,低功耗控制器将在8s后被唤醒。在被唤醒后,如遇网络同步时间点则唤醒高性能处理器,进入射频通讯状态;若是唤醒后,未遇到同步时间点,则完成一次数据采集和缓存。数据采集完成后,节点再次执行睡眠操作,进入睡眠状态。整个工作过程中,睡眠周期长为8s,功耗比较大的活动周期只有25-50ms,而高性能处理器和射频模块仅在几次需要射频通讯时才被唤醒,快速完成工作后再次休眠。因此,

功耗可以大幅度降低。

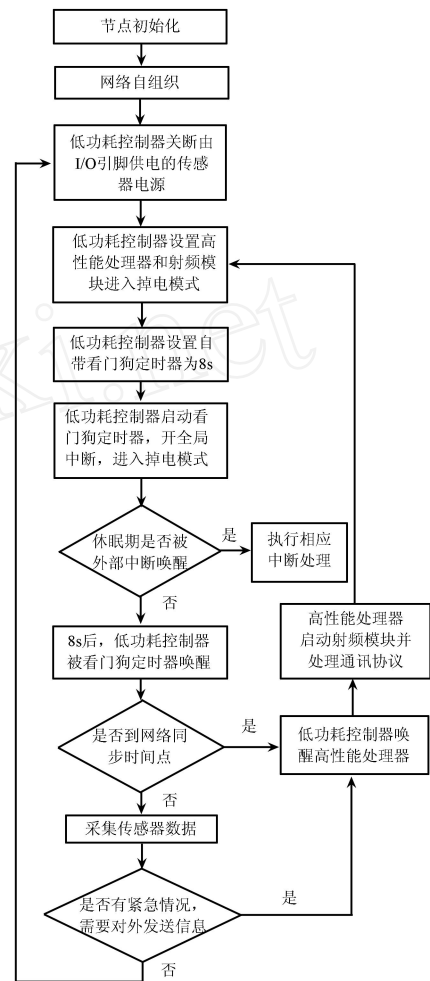


图2 节点工作流程图

### 1.2 低功耗监控微控制器(A Tmega168 V)

A Tmega168V是A Tmega系列中最新一代高性能、低功耗的8bit AVR微处理器,每种片上资源的电源都可以单独开启、关断,最大程度降低功耗;增强功能的看门狗(Enhanced Watchdog Timer),在原看门狗基础上增加了中断功能,可以实现从Power Down状态唤醒CPU;A Tmega168V同时能使中断和复位功能,可以在系统发生错误时,先进入中断状态,保存关键数据到EEPROM,再进行系统复位;在最低工作电压方面,降低到1.8V。以上特点说明A Tmega168V非常适合作为网络节点的监控芯片,完成长周期、低功耗、可定时唤醒的休眠和简单数据采集。但16KB片内Flash限制了它处理无线协议的复杂度,低电压下低速系统时钟无法快速完成路由选择和无线数据收发。

### 1.3 高性能微处理器(MC9S08GT60)

HCS08系列控制器具有强大的处理能力和丰富的片内外设。MC9S08GT60是HCS08家族中性能最强的,在1.8V的供电电压下,系统时钟达到8

MHz,在 2.1 V 时达到 20 MHz,能在短时间内处理数据和协议。60 KB 的片内 Flash 可以装下完整的网络通讯协议。在掉电模式下,只能通过 RESET 信号唤醒,虽然没有自身的长周期唤醒源,但此模式下功耗极低,2 V 驱动电压下电流仅 20 nA。以上特点说明 MC9S08GT60 不适合作为系统的监控芯片,但其在低电压下高系统时钟和掉电功耗极低的特点非常适合作为长时间掉电,短时间高速工作的高性能微处理器。

#### 1.4 ZigBee 协议与射频芯片(MC13192)

ZigBee 技术是在 IEEE 802.15.4 基础上发展起来的一种近距离、低复杂度、低功耗、低数据速率、低成本、双向的无线通信技术,可工作在 2.4 GHz,868 MHz 和 915 MHz 这 3 个频段上。它最显著的技术特性是低功耗和低成本。本设计选用了 Freescale 公司完全符合 IEEE 802.15.4 标准的 MC13192 ZigBee 射频芯片。这种功能丰富的双向 2.4 GHz 收发器带有一个优化的数字核心,有助于降低 MCU 处理功率,缩短执行周期。

## 2 无线传感器网络路由协议

依照应用模式的不同,无线传感器网络可以分为主动式和反应式两种类型。主动式无线传感器网络持续监测周围环境,并以恒定速率发送监测数据;而反应式无线传感器网络只是在被观测变量发生突变时才传送数据。相比之下,反应式传感器网络更适合应用在对时间敏感的应用中,但不适合应用在没有周期性采集的应用系统中,这是因为如果网络中的节点没有收到相关的阈值,那么节点就不会与汇聚节点进行通信,用户也就完全得不到网络的任何数据。

在本网络中,选择 APTEEN(Adaptive Periodic Threshold sensitive Energy Efficient sensor Network protocol)路由协议,是针对 TEEN(Threshold sensitive Energy Efficient sensor Network protocol)协议的缺点进行改良的,它是一种结合响应型和主动型传感器网络策略的混合型网络路由协议。APTEEN 在 TEEN 的基础上定义了一个计数时间,当节点从上一次发送数据开始经历这个计数时间还没有发送数据,那么不论当前的数据是否满足软、硬门限的要求都会发送这个数据。APTEEN 可以通过改变计数时间来控制能量的消耗。

APTEEN 的缺点体现在构建多层簇以及设置门限功能在实现上较为复杂。在本文研究中,实验环境中节点数量不大,笔者将层次化协议简化为平

面结构,每个节点都作为原协议中的簇首节点。初始化时,由中继节点向其他节点广播以下参数。

**属性:**用来表示用户期望获取信息的一组物理参数。本网络中的属性为:网络号、节点号、电源用量、网络角色、当前状态、光强值、温度值、湿度值、震动检测量。

**门限值:**该参数有硬门限值和软门限值构成。在反应式特性中使用,判断是否达成触发反应的要求。本网络中为以下 4 种测量值分别限定软门限值:光强值、温度值、湿度值、震动检测量。处理器的中断条件为硬门限值。

**计数时间:**表示有一个节点成功发送报告的最大时间周期。

## 3 无线传感器网络的构建与测试

经过分析和对比,作者选用了以上结构和相应的芯片以实现双核架构无线传感器网络节点,低功耗控制器模块如图 3 所示;高性能处理器和 ZigBee 射频模块如图 4 所示。由于高性能微处理器和射频模块带有 PCB 天线,为了方便天线位置的调整和放置,两个模块之间用软排线相连。

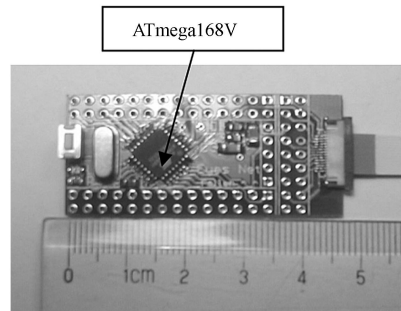


图 3 低功耗控制器模块实物图

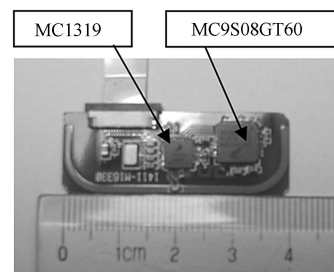


图 4 高性能处理器和 ZigBee 射频模块实物

为了测试在真实环境下的效果,笔者搭建了一个温湿度、震动、光强监测的无线传感器网络,网络中有 6 个节点,平均间距 40 ~ 50 m,中继服务器采用一台扩展 ZigBee 接口的 PC,将无线传感器网络的数据传进局域网。B/S 架构远程测控平台,如图 5 所示,提供免刷新的实时数据显示和过程记录,每个节点都列出:网络号、节点号、电源用量、网络角

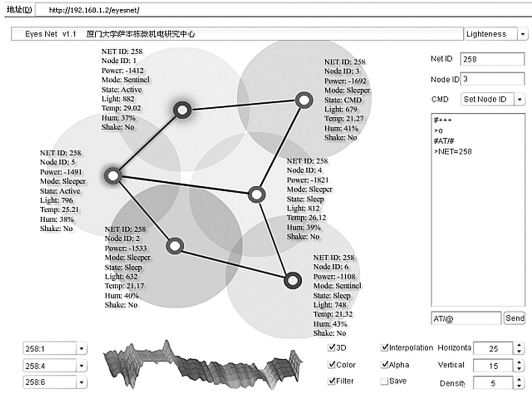


图5 B/S架构的界面

色、当前状态、光强值、温度值、湿度值、震动检测量这9种属性。每个节点后的大圆颜色为当前选定属性(界面右上角选定为Lightness)的可视化表示,光晕表示节点是否处在活动、通讯状态,图5中节点1

和节点5处于活动状态,并正在进行通讯,界面右边的控制台可以通过AT命令远程修改各节点的配置参数,发送唤醒、强制休眠等命令。界面底部为三维数据显示区,实时显示左下角选定的节点群信息组成的曲面,提供直观的信息变化趋势。

在对单核 ATmega168V、单核 MC9S08GT60、双核 ATmega168V + MC9S08GT60 这三种架构工作过程中各种状态和各项参数的进行测量后,结果如表1所示。通过实测数据比较,可以发现,双核架构结合了两种单核架构的优点,在完整的实现了Zigbee协议的同时,也取得了较长的休眠周期(8s)和较短的活动周期(25-50ms),进而可以得到更高的性能和更小的平均功耗(67.3μw)。因此,按照本文的设计,双核架构可以提供更低的功耗和更高的性能。

表1 单核、双核功耗的测试结果

架构 参数	单核	单核	双核
	ATmega168v	MC9S08GT60	ATmega168v + MC9S08GT60
ZigBee 协议实现	无法实现完整协议	可以	可以
休眠周期	< 8s @3.1μA, 1.86V	< 1.3s @2.1μA, 1.86V	< 8s @3.2μA, 1.86V
休眠功耗 μW	5.8	3.9	6.0
活动周期 ms	60-100	25-50	25-50
活动功耗 mW	2.43	5.99	6.42
射频功耗 mW	55.82 (每 64 s 收发一次)	55.82 (每 64 s 收发一次)	55.82 (每 64 s 收发一次)
平均功耗 μW	104.2	218.4	67.3

### 4 结论

本文中讨论了双核架构在无线传感器网络节点应用中的体系结构设计、工作过程分析、微处理器和射频芯片的选型、网络协议的实现等问题。在此基础上,从硬件和软件方面,实现了双核架构的网络节点。通过对该节点工作参数的实验和测量,对比单核架构,可以看到,双核架构在提高工作性能和降低平均功率方面对比其它两种单核架构有取长补短的作用,表现出较大的综合优势,可实现以更低的功耗获得更高的性能,具有良好的应用前景。

### 参考文献:

[1] Geoff V. Merrett, Nick R. Harris, Bashir M. Al-Hashimi, Energy Managed Reporting for Wireless Sensor Network [J]. Sensors and Actuators 4 (2007) :1-11.

[2] Paolo Baronti, Prashant Pillai, Vince W. C. Chook, Wireless Sensor Networks: A Survey on the State of the Art and the 802.15.4 and ZigBee standards [J]. Computer Communications 30 (2007) :1655-1695.

[3] Liu Dandan, Hu Xiaodong, Jia Xiaohua. Energy Efficient Information Dissemination Protocols by Negotiation for Wireless Sensor Networks [J]. Computer Communications 29(2006) : 2136-2149.



王 韧(1983-),男,硕士研究生,研究方向为无线传感器网络、远程数据采集与控制、嵌入式系统及人机交互, fallen11@gmail.com.



郭 航(1967-),男,厦门大学萨本栋微机电研究中心副教授,研究方向为微机电系统、MEMS 技术在超声领域的应用、集成电路设计与制造以及纳米技术。先后承担了国家“863”高技术计划项目、国家自然科学基金课题等, hangguo@xmu.edu.cn.