

# 基于 ZigBee 的图像传输关键技术研究

王中生,黄动力,陈国绍

(西安工业大学 计算机科学与工程学院,陕西 西安 710021)

**摘要:**针对 ZigBee 技术短距离、低速率、低复杂度的传输特性,面对数据量较大的图像时,需要将图像先处理后再进行传输。文中介绍了系统的各个硬件节点的设计和各个模块软件程序的设计,利用 CMOS 摄像头进行图像的采集,最后通过图像压缩与解压缩技术实现了图像的传输。通过实验测试,最终可以得到分辨率为  $320 \times 240$ ,大小约为 13 kB 的清晰图像。文中也对图像传输的关键技术进行了详细的介绍,对实现大量数据通过 ZigBee 网络传输,具有一定的研究意义和实用价值。

**关键词:**ZigBee;CMOS 摄像头;压缩;解压缩

中图分类号:TN602

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2015)05-0183-04

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2015.05.043

## Research on Key Technology of Image Transmission Based on ZigBee

WANG Zhong-sheng, HUANG Dong-li, CHEN Guo-shao

(School of Computer Science and Engineering, Xi'an Technology University, Xi'an 710021, China)

**Abstract:** ZigBee technology owns transmission properties of the short distance, low speed rate and complexity. When it was used to transfer a large amount of data like image, the image should be processed firstly, then transferred. It introduces each node hardware design and software program design of the system, using CMOS camera to collect image and transfer through the ZigBee network based on the image compression and decompression technique. Through the experiment test, eventually can be able to get a clear image that the resolution is  $320 \times 240$  and the size is about 13 kB. Simultaneously make a research on the key technology about image transmission in detail, which has a certain research significance and practical value for the big data's transmission using ZigBee network.

**Key words:** ZigBee; CMOS camera; compression; decompression

## 0 引言

目前,国内外无线图像传输<sup>[1]</sup>大都采用 GPRS/CDMA 技术实现,在 GPRS/CDMA 网络的覆盖范围,图像可以稳定进行传输<sup>[2-3]</sup>。但在一些特定情况下,发射信号的基站出现问题,则整个网络就会陷入瘫痪。而 ZigBee 技术可以很好地解决这个弊端,只需一个网关节点就可以自组织一个网络<sup>[4]</sup>,其他节点可以直接加入或通过多跳方式加入该网络。

ZigBee 是具有功耗低、成本低、时延短、网络容量大、安全性高等特点的双向无线传感器网络通信技术,现已被广泛地应用在嵌入式设备、自动控制、工业控制、医疗监控、智能家居等多个领域。但由于其带宽小、传输速率低,在传输图像、音视频等数据量较大的数据时,会产生一个瓶颈。针对这个问题,文中以社区居家养老系统为研究背景,建立一个基于 ZigBee 的图

像采集传输系统<sup>[5]</sup>。该系统以一个小区为 ZigBee 网络覆盖范围,在被监护对象房间安装摄像头,监护中心根据需要发送拍照指令,采集实时图像,了解被监护对象的实时情况。

## 1 系统节点设计

该系统主要包括上位机和下位机两个部分,下位机主要进行图像的采集和传输,上位机主要进行图像的处理和展示。系统下位机主要由安装在被监护对象房间的 CMOS 摄像头和 ARM 处理器以及 ZigBee 模块组成终端节点,将采集到的图像通过 ZigBee<sup>[6]</sup>路由节点传输到 ZigBee 网关节点。其中与 PC 机相连的网关节点负责整个网络的建立,并接收来自多个路由节点的数据。

该系统的路由节点和网关节点部分,采用的是

收稿日期:2014-06-26

修回日期:2014-09-26

网络出版时间:2015-04-22

基金项目:陕西省教育专项基金(陕教财[2013]23号)

作者简介:王中生(1966-),男,教授,研究方向为无线传感网络;黄动力(1991-),男,硕士,研究方向为无线传感网络。

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20150422.0950.007.html>

ZigBee CC2530 套件。CC2530 不仅支持 2.4 GHz IEEE802.15.4/ZigBee 标准的实际应用,而且能够组建性能强大的网络。系统的终端节点主要由基于 VC0706 的 PTC08 串口摄像头和基于 S3C44B0X 的 ARM 处理器<sup>[7]</sup>组成。

PTC08<sup>[8]</sup> 串口摄像头集图像采集、拍摄控制、数据压缩、串口传输于一体。其内置的高性能数字信号处理芯片实现了对原始图像的高比例压缩。经过摄像头输出的图像是已经经过压缩的标准的 JPEG 格式。此时的图像数据量较大,不符合 ZigBee 网络传输字节大小的要求,需要将图像传给 ARM 处理器,根据压缩算法将图像数据进行分包,再通过网络传输。系统流程如图 1 所示。

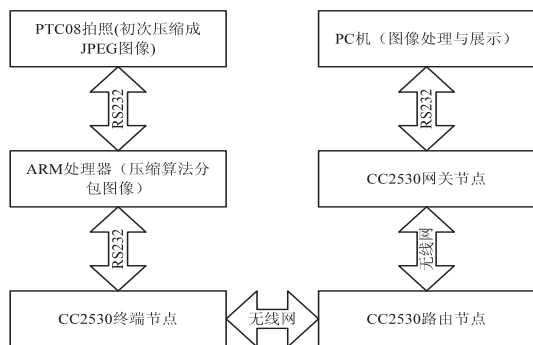


图 1 系统流程图

## 2 图像传输系统软件设计

整个图像传输系统可以按功能分为以下四个模块: ZigBee 数据传输模块、ARM 数据传输模块、数据处理模块、图像数据保存和展示模块。

### 2.1 ZigBee 数据传输模块程序设计

ZigBee 网络无线传输模块主要实现了数据透明传输<sup>[9]</sup>,即当上位机与摄像头进行数据交换时,仅需考虑是否有数据需要进行发送,不需对指令的发送格式进行考虑。当摄像头将获取的图像数据通过路由节点发送时,必须按 ZigBee 网络的要求将图像数据分成若干个数据包,然后按顺序发送每一个数据包,在网关节点把发送过来的数据按顺序接收,并传送给上位机软件进行解码,从而完成整个大数据量的传输过程。

### 2.2 ARM 数据传输模块程序设计

该模块的主要任务是接收安装在老人居室内的串口摄像头发送过来的图像信息,进行处理后再通过 ZigBee 路由节点发送出去,在处理过程和进行数据通信过程中需要保证数据的完整性、安全性和准确性。这个部分的通信机制为:首先创建一大一小两个数据缓冲区,小数据缓冲区用来接收上位机的指令,然后通过串口 0 接收,并通过串口 0 进行判断。只要上位机有指令发送,就接收并存放在缓冲区中。当没有指令

再发送,就从串口 1 将这些指令发送给摄像头。通过串口 1 对发送缓冲区进行查询,只要缓冲区里有数据就进行发送,保证拍照流程的指令能发送给摄像头。当指令完全发送后,串口 1 查询是否有数据从摄像头返回,如有就将这些数据存放在大的数据缓冲区中,所创建的缓冲区大小需能完全存储返回的图像数据。在将这些数据完全存储之后,根据 ZigBee 节点传输数据的特性,将这些数据分成大小适中的数据包,如果返回的数据小于一个数据包的大小,则这些数据可以直接从串口 0 发送。如返回的数据大于一个数据包的大小,则需对这些数据分包以后从串口 0 发送。摄像头返回数据的时间间隔要大于串口发送数据的时间间隔,需要增加一定的延时,确保将数据全部接收并存储,防止数据没有从 ZigBee 节点发送出去而被后来的数据所覆盖,造成数据丢失。当图像数据完全存储在缓冲区后,串口 0 通过轮询的方法查看发送缓冲区是否有数据需要发送,如果没有,则整个通信流程结束。该模块的程序设计主要包括以下四个部分:设备信息初始化,串口设置,串口数据通信和数据处理。

因为 ZigBee 网络只能低速率传输数据,最复杂的问题是实现对摄像头发送的图像数据先分包再发送功能。

### 2.3 数据处理模块程序设计

这部分是保证图像数据在 ZigBee 网络完整<sup>[10]</sup>、正确传输的关键部分。若图像数据经过有线传输并保存为文本文档,经过测试可得大小为 40 kB 左右的文本文档,这么大的数据量在 ZigBee 网络中传输很可能会出现丢包现象。这里首先对摄像头返回的数据的大小进行判断,根据 ZigBee 网络传输的特性,为了保证传输稳定性,程序中将一个数据包的大小设定为 200 B,若摄像头返回数据小于 200 B 则直接通过串口 0 发送出去,大部分摄像头的返回命令都小于 200 B,这样可以提高程序的执行效率,只有当返回图像数据大于 200 B 时,才开始进行分包操作。很明显,当设定的包越大,传输图像数据时间就越短;包越小,传输图像数据的时间就越长。这里可以根据实际情况对包的大小进行设定,对时效性要求较高的场合可以适当将包设定大一点,对正确性和稳定性要求较高的场合则可以将包设定的稍小一点。

### 2.4 数据保存和展示模块程序设计

当被分包后的图像数据,按序地通过无线网络传给 PC 机时,上位机软件需要按一定的解压算法将按序到达的数据包进行解压,然后展示。实现图像的保存时,需要按一定的命名格式对图像进行命名之后存储,该设计中命名是以英文字母 a 到 z 的顺序进行的,也可以按照数字进行命名。当需要查看已保存的图像

时,可以通过选择操作进行查找。当上位机发送拍照流程的命令时,会从摄像头返回相应的数据,当需要保存返回在编辑框内显示的数据时,可通过保存进行操作。设计中设置两个按钮,一个保存为 .jpg 格式的文件,一个保存为 .txt 格式的文件。触发保存事件后,数据将被保存,返回的图像数据可以选择保存为 .jpg 格式的文件,返回的一些其他响应命令数据可以保存为 .txt 格式的文件。

图像展示模块的主要作用就是将保存的图像数据以图片的形式直观地显示给监护人员,方便监护人员做出及时、正确的措施。在该设计中,采用的是标准 jpg 进行压缩和解压缩。这种方式不仅能满足实际的需求而且相对简单,成本较低,具有高压缩比、图像质量好等特点。

3 数据帧定义

ZigBee 设备支持网络内任意节点间数据的传输,实现点对点的信息传输时,需要对数据帧加上目标地址,当目的节点接收到发送指令后会首先进行判断,若是发给自己则正确接收,若不是则丢弃。发送指令的帧格式为:数据传送指令+数据长度+目标地址+数据。发送指令的帧格式如图 2 所示,数据长度支持变长,一般在 32 字节以内。



图 2 发送指令帧格式

当接收节点接收数据后,在接收到的全部数据后面加上来源地址(两个地址)形成接收帧的数据格式,如图 3 所示。



图 3 接收数据帧格式

当需要进行广播发送时只需将目标地址设置为 FF FF,当需要把数据发送给中心节点时则把目标地址设置为 00 00。

4 图像传输关键技术

该设计采用的是标准 jpg 图像格式进行压缩和解压缩<sup>[11]</sup>。这种方式相对简单,成本较低,具有高压缩比、图像质量好等特点。

4.1 图像压缩流程

在图像被压缩过程中,图像会被分割成许多 8 \* 8 像素的小块,进行正向离散余弦变换,把空间域表示的图变成频率域表示的图。用 8 \* 8 的量化矩阵对这些

二维 DCT 系数进行量化处理,被量化后的二维 DCT 系数会产生由直流 DC 系数和交流 AC 系数组成的二维矩阵,根据 DC 系数和 AC 系数的数据特性采用不同的编码方式,从而提高压缩效率。对 DC 系数和 AC 系数分别采用差分脉冲调制编码和行程编码处理,最后分别查询 DC 霍夫曼编码表和 AC 霍夫曼编码表得到压缩图像数据。图像压缩流程如图 4 所示。

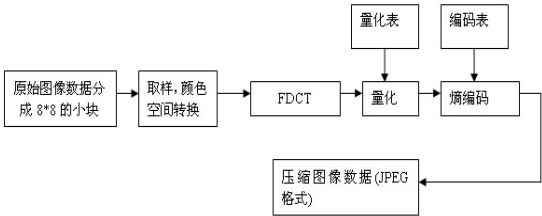


图 4 图像压缩流程图

4.2 图像解压缩流程

上位机接收到发送过来的图像数据后需要进行解压缩,图像的解压缩就是压缩的反向操作。对图像数据进行解压的过程,主要分为以下几个步骤:

- (1)从文件头提取该文件的相关信息。JPEG 数据文件中包含了两部分内容:文件头信息和图像数据。文件头信息主要记录了图像的版本、采样因子、宽长、所采用的哈夫曼表和量化表等重要信息。
- (2)从图像数据信息中提取每一个编码单元 (MCU),并读取每一个颜色的颜色分量。
- (3)将每个颜色分量从数据流形式恢复成矩阵形式的数据。这个过程的实现就是利用文件头信息所给出的哈夫曼表,对上步分割后的图像颜色分量进行数据解码,形成 8 \* 8 数据矩阵形式。
- (4)对 8 \* 8 矩阵继续解码形成新的 8 \* 8 矩阵。在此过程中是以上一步形成的每一个 8 \* 8 的矩阵为一个单元,首先利用相邻矩阵直流系数进行差分编码,再利用文件头信息的量化表进行反量化,再进行反 Zig-zag 编码、隔行的正负纠错以及反向的离散余弦变换形成一个新的 8 \* 8 矩阵并进行输出。
- (5)YCrCb 与 RGB 之间的转换。图像是在 RGB 颜色系统的基础之上显示的,需要将每一个 MCU 的颜色分量的解码结果从 YCrCb 颜色系统转换为 RGB 颜色系统。
- (6)将各个 MCU 解码数据整合。
- (7)读取每个 MCU 并解码,并将解码后的数据进行正确排列。

需要注意的是,由于离散余弦变换的过程中对定义域有对称的要求,在编码的过程中将 RGB 的数值都减去 128 由 [0,255] 变为了 [-128,127],因此在这里需要为每个分量再统一加上 128。按如下公式进行具体操作:



$$R = Y + 1.402 \times Cb + 128$$
$$G = Y - 0.344 \ 14 \times Cr - 0.714 \ 14 \times Cb + 128$$
$$B = Y + 1.772 \times Cb + 128$$

通过计算得到  $R, G, B$  的值可能不在定义域的范围。若小于 0, 则保持为 0; 若大于 255, 则保持为 255。

### 5 系统测试

系统上位机的界面主要实现监护人员与用户之间信息交互的功能, 监护人员可以在上位机按拍照流程点击相应按钮, 所发命令将通过 ZigBee 网络传输模块和 ARM 传输模块传递给摄像头, 摄像头在接收到命令

后会响应命令并返回响应命令, 再通过 ARM 传输模块和 ZigBee 网络传输模块最终传送到上位机的接收编辑框内。当发送拍照命令后, 会返回图像数据, 通过在图像显示编辑框可以观看到老人的实际状况, 此照片是做出何种判断的重要依据, 因此需要了解拍照命令的流程, 主要包括发送复位指令、拍照指令、读取所拍图片长度指令、读取所拍图像数据指令、停止拍照指令, 也可以发送设置拍照图片压缩指令、设置图片大小指令、进入省电状态指令、修改串口速率指令。

根据以上系统硬件和软件的设计思想, 完成了系统的开发, 并对该系统进行了测试, 测试结果如图 5 和图 6 所示。



图 5 图像十六进制示图



图 6 图像展示图

通过上位机软件发送拍照命令后, 摄像头进行拍照, 并将图像数据传给上位机软件。图 5 显示按序到达上位机软件的图像的十六进制数据信息, 点击保存数据按钮后, 图像数据以 jpg 格式的文件进行存储。然后单击按钮可将 jpg 格式的图像展示出来。测试时设置图像分辨率的大小为 320 \* 240, 返回来的图像大小约为 13 kB, 从图 6 中可以清晰地看见拍摄到的图像, 实现了图像的无线传输<sup>[12]</sup>。

### 6 结束语

文中详细介绍了基于 ZigBee<sup>[13-14]</sup> 的图像传输数据格式和关键技术, 并最终实现了该系统的设计。通过测试, 可以清晰地看到实时拍摄到的图像。在居家养老监护系统中, 可以帮助监护人员更好地掌握被监护对象的情况。同时, 也为在无线传感器网络中实现 (下转第 191 页)

5 结束语

目前,我国已进入经济转型的关键时期,由原来的工业主导型经济转化成服务主导型经济,投资主导型经济转化成消费主导型经济。餐饮行业作为服务型经济和消费型经济的主体之一,具有巨大的市场潜力,同时也面临提高服务质量和管理水平的挑战。餐饮企业的信息化建设是提升餐饮行业工作效率、降低人工成本和增加盈利能力的有利手段。文中借助移动终端的设备的普及和移动终端技术的飞速发展,采用 Android 和 J2EE 技术提出基于智能终端设备的电子点餐系统解决方案,详细描述了智能终端电子点餐系统的体系结构、功能结构和关键技术。基于智能终端设备电子点餐系统在蓝湾咖啡等餐厅的应用效果显示,此系统能有效提升餐饮企业形象,节约管理成本,提高管理水平,满足用户的个性化需求。

参考文献:

[1] 简爱华,萧宇嘉,康建华. 2014-2018 年中国餐饮业投资分析及前景预测报告[R/OL]. [2014-04-15]. <http://www.ocn.com.cn/reports/2006083canyin.htm>.  
[2] 吴亚峰,苏亚光. Android 应用案例开发大全[M]. 北京:人民邮电出版社,2011.  
[3] 杨丰盛. Android 技术内幕:系统卷[M]. 北京:机械工业出版社,2011.  
[4] Jendrock E, Evans I, Gollapudi D, et al. Java EE 6 权威指南:基础篇[M]. 第4版. 北京:人民邮电出版社,2012.  
[5] 蒋卫祥. J2EE 综合案例开发[M]. 北京:北京师范大学出版社,2011.

(上接第 186 页)

大数据量的文件的传输提供重要的设计思路,具有一定的研究意义和实用价值。

参考文献:

[1] 宋志强,周献中,王雷,等. 基于 ZigBee 的无线图像传输的研究[J]. 计算机应用与软件,2012,29(7):1-2.  
[2] Lloret J, Bosch I, Sendra S, et al. A wireless sensor network for vineyard monitoring that uses image processing[J]. Sensors,2011,11(6):6165-6196.  
[3] 熊磊,董奎勇,钱炜,等. 基于 ZigBee 的无线网络系统的设计与实现[J]. 计算机技术与发展,2009,19(4):242-245.  
[4] 刘子京,裴文江. 基于 ZigBee 协议的无线传感器网络研究[J]. 计算机技术与发展,2009,19(5):192-194.  
[5] 吕治安. ZigBee 网络原理与应用开发[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2008.  
[6] Holman R, Stanley J, Ozkan-Haller T. Applying video sensor networks to nearshore environment monitoring[J]. IEEE

[6] Carneiro C. AJAX made simple with DWR[EB/OL]. [2005-06-20]. <http://www.javaworld.com/article/2071890/web-app-frameworks/ajax-made-simple-with-dwr.html>.  
[7] Begin C, Goodin B, Meadors L. iBATIS in Action[M]. 北京:人民邮电出版社,2008.  
[8] 刘军,戴金山. 基于 Spring MVC 与 iBATIS 的轻量级 Web 应用研究[J]. 计算机应用,2006,26(4):840-843.  
[9] 孙强,孙龙清,邱小彬. 基于 Struts+Spring+iBATIS 的轻量级 Web 应用框架研究[J]. 计算机应用与软件,2008,25(10):135-137.  
[10] 王朝华,陈德艳,黄国宏,等. 基于 Android 的智能家居系统的研究与实现[J]. 计算机技术与发展,2012,22(6):225-228.  
[11] Yu M C, Shin D, Shin D K, et al. Fundamentals and design of smart home middleware[C]//Proc of international joint conference on computational sciences and optimization. Washington, DC: IEEE, 2009:647-650.  
[12] Google Inc. Android documentation[EB/OL]. 2010. [http://code.google.com/intl/zh-CN/apis/maps/Documentation/javascript/v2/services.html#Geocoding\\_Direct](http://code.google.com/intl/zh-CN/apis/maps/Documentation/javascript/v2/services.html#Geocoding_Direct).  
[13] Song Maoqiang, Sun Jie, Fu Xiangling. Design and implementation of media player based on Android[C]//Proc of 2010 6th international conference on wireless communications networking and mobile computing. Chengdu: IEEE, 2010.  
[14] Zhao Xueliang, Tian Dan. The architecture design of streaming media applications for Android OS[C]//Proc of 2012 IEEE 3rd international conference on software engineering and service science. Beijing: IEEE, 2012:280-283.

Pervasive Computing,2003,2(4):14-21.  
[7] 熊茂华,杨振伦. ARM 体系结构与程序设计[M]. 北京:清华大学出版社,2009.  
[8] Akyildiz I F, Melodia T, Chowdhury K R. A survey on wireless multimedia sensor networks[J]. Computer Networks, 2007,51(4):921-960.  
[9] 杨诚,聂章龙. ZigBee 网络层协议的分析与设计[J]. 计算机应用与软件,2009,26(12):219-221.  
[10] 陈松,邵谦明,朱谦. ZigBee 网络中的图像传输[J]. 计算机工程,2008,34(11):129-130.  
[11] 孙雪青,邵谦明. 方块填充法:一种新的图像压缩编码算法[J]. 计算机工程,2006,32(8):221-223.  
[12] 熊迎军,沈明霞,孙玉文,等. 农田图像采集与无线传输系统设计[J]. 农业机械学报,2011,42(3):184-187.  
[13] Choi S, Cha H, Cho S. A SoC-based sensor node: evaluation of RETOS-enabled CC2430[C]//Proc of SECON. San Diego: IEEE, 2007:132-141.  
[14] 金纯. ZigBee 技术基础及案例分析[M]. 北京:国防工业出版社,2008:16-52.

基于ZigBee的图像传输关键技术研究

作者：[王中生](#)，[黄动力](#)，[陈国绍](#)，[WANG Zhong-sheng](#)，[HUANG Dong-li](#)，[CHEN Guo-shao](#)  
作者单位：[西安工业大学 计算机科学与工程学院, 陕西 西安, 710021](#)  
刊名：[计算机技术与发展](#)  
英文刊名：[Computer Technology and Development](#)  
年，卷(期)：2015(5)

引用本文格式：[王中生](#).[黄动力](#).[陈国绍](#).[WANG Zhong-sheng](#).[HUANG Dong-li](#).[CHEN Guo-shao](#) [基于ZigBee的图像传输关键技术研究](#)[期刊论文]-[计算机技术与发展](#) 2015(5)