

ZigBee 无线语音通信组网技术

陈海燕, 张 晨

(哈尔滨理工大学 自动化学院, 黑龙江 哈尔滨 150080)

摘 要: 鉴于目前多数对讲设备安全性低、信号不稳定、易冲突、使用频率许可等问题,设计了一种以 ZigBee 为通信技术的语音对讲系统. 明显改善了上述问题. 该系统终端以单片机 MSP430F149 为微处理器,通过使用 TI 公司提供的 CC2430 射频芯片,应用 ZigBee 无线通信标准相关技术,在所设计的节点硬件试验平台上,组建 ZigBee 星型网络实现语音通信,并且对整个系统进行测试. 测试结果表明,利用 ZigBee 技术进行无线语音通信是具有优越性的,并且满足了无线个域网网络对功耗和传输的要求.

关键词: ZigBee; CC2430; 无线语音组网

中图分类号: TN921

文献标志码: A

文章编号: 1007-2683(2012)04-0068-05

The Technology of ZigBee for Building Wireless Voice Communications Network

CHEN Hai-yan, ZHANG Chen

(School of Automation, Harbin University of Science and Technology, Harbin 150080, China)

Abstract: Whereas most of the low security intercom equipment, signal instability, conflict-prone, frequency of use license and other issues, the paper design of a ZigBee as communication technology to voice intercom system, significantly improved the above-mentioned problems. Terminal to the system microcontroller MSP430F149 microprocessor, provided through the use of TI CC2430 RF chip, ZigBee wireless communication standard, application technology related to the node in design, hardware test platform, the formation of ZigBee star network realization voice communication, of the entire system tests. Test results show that, using the ZigBee wireless technology has the advantages of voice communication, and meet the WSN network of power and transmission requirements.

Key words: ZigBee; CC2430; network of wireless voice

0 引 言

近年来,无线语音通信在人们的日常生活中占据了越来越重要的地位,因而本文设计了一种新式对讲系统,该系统改良了以前对讲机的诸多缺点,如:通话安全性低、通信时延长、信号不稳、使用频率

付费、信道占用率高容易产生冲突等^[1-2].

本设计采用 ZigBee 作为核心技术,使用 TI 公司生产的 CC2430 射频芯片以及单片机 MSP430F149,具有独一无二的综合通话能力,采用免冲突多载波信道接入 CSMA-CA 方式,有效地避免了无线电载波之间的冲突;通话时间长;采用 AES 的加密算法,可以为用户提供高质量的通话安全

收稿日期: 2011-02-02

基金项目: 黑龙江省自然科学基金(3028-900881)

作者简介: 陈海燕(1959—),女,教授,研究生导师;

张 晨(1986—),女,硕士研究生, E-mail: zhang_chen521@163.com.

保障.

1 无线组网技术^[5-4]

ZigBee 就是一种便宜的、低功耗的近距离无线组网通信技术. 形象化的描述 ZigBee: 其核心是多信道无线通信装置和微控制器. 在硬件电路的基础上加载合适的无线通信软件(协议栈)和控制程序, 才能组成完整的控制模块. 为此现在也把这类带有 ZigBee 协议栈及无线收发模块的单片机称为“无线单片机”.

根据不同的应用需求, ZigBee 网络可以构建成星形网络、网状网络和簇状网络 3 种拓扑结构^[5], 如图 1 所示. 在星形网络中, 所有的设备都与中心设备——PAN 网络协调者通信, 实际上在这种简单的网络结构中路由器是没有路由作用的. 在这种网络结构中, 网络协调者一般使用电力系统供电, 而其他设备采用电池供电. 星形网络适合家庭自动化、个人计算机外设以及个人健康护理等小范围的室内应用. 簇状网络可以说是复杂的星形网络, 其他的与星形网络完全一致. 而网状网络 (mesh) 只要彼此在对方的无线辐射范围内, 任何两个 FFD 设备之间都能直接通信, 在 Mesh 中每一个 FFD 设备都可以认为是网络路由器, 都可以实现对网络报文的路由转发功能, Mesh 在构建时比较复杂, 节点所要维护的信息较多; 相对于 Mesh, 构建簇状网络比较简单, 所需的资源相对较少, 并且可以实现网络的路由转发功能, 从而也扩大了网络的通信范围.

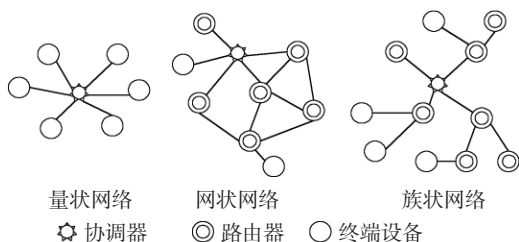


图1 ZigBee 拓扑结构

本设计使用的正是其中的网状网络, 具有独特性的是: 本设计将无线传感网络的新型混合路由算法与 ZigBee 技术的网状网络结合. 该算法是 AOD-Vjr 算法和 Cluster-Tree 算法的结合体, 具有二者的优点, 同时避免了二者的缺点, 姑且称之为 AC 算法. 应用 AC 算法可使数据传输速度提高、传输可靠性增强. 只要通信双方在对方的辐射范围内 (100 ~ 500 m), 双方即可实现实时通讯, 并且每一个通话

者又作为其他通话者的网络路由器, 为其他通话者转发通话内容, 实现多人通话解决方案. 该方案特点是: 数据传输量 625 kbps, 距离最多可达 500 m; 功耗小, 噪声低, 使用时间长; 支持全双工或半双工通话模式; 可做一对多的广播或者单独通话.

2 无线终端的软硬件设计

2.1 硬件设计

本设计共分为三大模块: 单片机控制模块、射频模块、语音编解码模块. 语音编解码模块的主要功能是对采集来的语音信号进行语音编码, 并且对控制模块传输来的数据进行语音解码, 还原成我们所熟知的语音信息; 系统 MCU 控制模块采用了单片机 MSP430F149, 主要功能是指挥射频模块收发信息并且在语音编解码芯片和自身之间进行语音数据传输; 采用以 CC2430 为核心的 ZigBee 射频模块作为子板, 实现无线信道的数据传输; 芯片之间的通讯采用 SPI 方式. 系统终端结构框图如图 2 图所示.

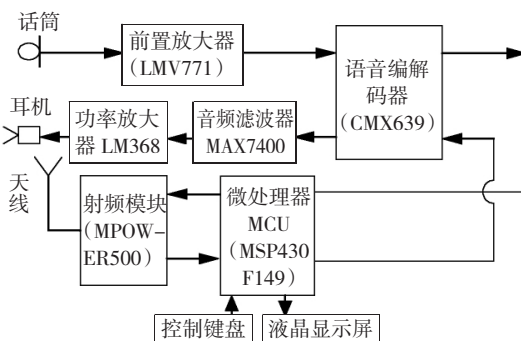


图2 系统终端硬件图

2.2 软件设计

只有通过程序的设计才能完成本设计需要的功能, 如: 建立无线网络, 网状拓扑的实现、数据传输等. 在设计程序时, 针对系统对网络结构和节点要求不同, 设定不同的系统函数来实现相应的功能.

1) 网络 PAN 建立网络^[7]. 如果有别的设备申请加入, 首先, 上一级网络管理实体会去搜索它的邻居表, 来确定想要加入的设备是否已加入网络, 看是否有匹配的 64 位扩展地址. 如果有匹配的地址, 那么上一级管理实体将得到一个 16 位的网络地址, 并使用响应原语返回给 MAC 子层; 如果没有匹配的地址, 那么上一级网络管理实体将会给新加入的设备分配一个 16 位地址, 这个地址是唯一的. 若允许新设备加入, 则上一级网络管理实体会在它的邻居列表中加入新设备的信息, 并使用链接响应原语发布

信息,以示成功链接.而新设备也会使用通信状态指示原语将它的响应情况发布返回给网络层.协调器建立 PAN 网络语句:

2) 新设备加入网络^[8].开始时,简单功能设备的 APL 层会发布网络查找请求原语给它的网络层.网络层在接到此原语之后会发布另一条下一层扫描请求原语给 MAC 子层,该原语要求 MAC 子层运行该扫描指令.当 MAC 子层完成扫描后,它就会返回一条扫描确认原语给网络层管理实体,网络层在收到该原语后,使用查找确认原语向 APL 层告知扫描的结果.邻居表中包含了全部网络信息,APL 层可以从中进行筛选,选择其中一个网络申请加入.

如果该设备已经加入过网络,那么在接收到请求原语之后,网络层会通过搜索邻居表来寻找恰当的上一级设备,如果其中有几个都适做上一届设备,那么会自动选择与网络 PAN 之间有最小纵深的设备.只要上一级设备被确定了,那么网络层管理实体便会发布连接请求原语给 MAC 子层^[8].MAC 子层会在接到该原语后,返回连接确认原语和连接状态信息.确认加入网络完成后,MAC 子层会返回连接确认原语给网络层,其中含有一个独有的 16 位逻辑地址,下一级设备便会使用该地址进行数据传输.网络层接收到确认原语,表明已成功建立上下级关系.

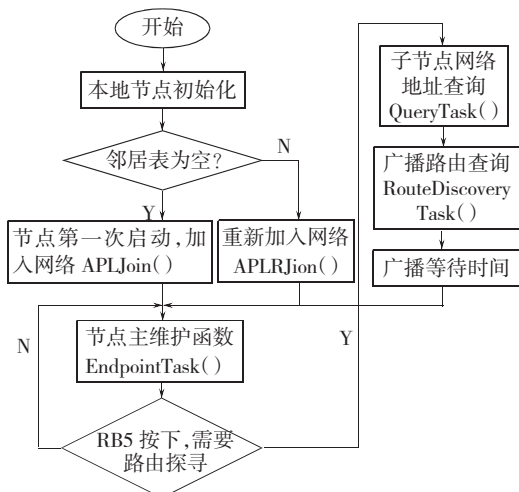


图3 系统主循环流程图

3) 路由节点.路由程序主函数是一个无线循环程序,主程序又包含了很多类的子程序,使用不同的调用函数来调用不同类的子程序,完成相应的功能,运行 PC 指针程序就能随意调用这些子程

序^[8].路由上电后,首先会运行初始化程序初始化各个硬件资源,例如 UART、SPI 口、时钟、存储设备等;然后路由会自动检查本地路由表,如果为空,那么这表明路由第一次上电,主函数调用 APLJoin() 函数加入协调器网络;若路由表不为空,那么表明路由节点曾经加入过网络,主函数便会使用 APLRejoin() 重新加入协调器网络.之后程序便会进入无限循环,其中,主要运行维护函数 EndpointTask,它反复检查是否有新的数据帧,若有,它会确定该帧的具体信息,然后根据信息中的要求作出相应操作.与此同时,主循环会检查按键的状态,若被按下便开始寻找路由^[14].该操作包含两个组成部分 QueryTask 和 RouteDiscoryTask,QueryTask 发出网络地址请求,会得到路由管辖范围内的简单功能节点短地址信息;RouteDiscoryTask 发出广播帧,建立、维护路由表.

3 系统测试及结果

为了测试系统可行性,只使用其中两块上面设计的无线语音组网硬件板,以及使用 TI - ZigBee 协议栈来减少程序的编写^[11].其中,硬件板 1 是 FFD 作为网络 PAN 协调器,硬件板 2 是 FFD 作为网络路由.在搭建好硬件平台后,使用计算机软件对该 ZigBee 网状网络进行系统测试,其硬件平台连接图如 4 图所示.

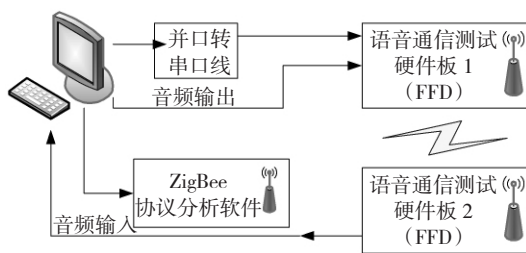


图4 系统测试连接图

3.1 网络的建立

在两设备上电后,计算机应用 ZigBee 专用数据包跟踪软件便开始监测各种数据,其中建立 ZigBee 网络的数据包截图如表 1 所示.在表 1 中,2 号数据包显示 ZC 建立 ZigBee 网络用了 2 486ms;3 - 12 号数据包详细地显示了 ZR 加入网络的各个步骤的时间,所发送数据包长度,目的地址以及 PAN 地址,并且表明了它加入网络一共用了 2 602ms(12 号数据包 23 157ms - 3 号数据包 20 555ms = 2 602ms).通过框架控制领域来确保建立的是网状网络.

表 1 建立 ZigBee 网络

数据包	时间/ms	数据包长度	框架控制领域	序列号	PAN	目的地址
1	0	10	CMD0000	0x04	0xFFFF	0xFFFF
2	2 486	43	DATA0001	0x05	0x1110	0xFFFF
3	20 555	10	CMD0000	0x5D	0xFFFF	0xFFFF
4	20 557	24	BCN0000	0xA3	0x1110	0x0000
5	21 336	24	BCN0000	0xA4	0x1110	0x0000
6	22 145	10	CMD0000	0x5F	0Xffff	0xFFFF
7	22 149	24	BCN0000	0Xa5	0x1110	0x0000
8	22 659	21	CMD0010	0x60	0x1110	0x0000
9	22 660	5	ACK0000	0x60		
10	23 154	18	CMD0011	0x61	0x1110	0x0000
11	23 155	5	ACK0100	0x61		
12	23 157	27	CMD0011	0x06	0x1110	0x3030303030303033

3.2 数据的发送

在上面建立的网状网络中,将短地址和广播地址由 ZC 分别发送到 ZR,并且使用乒乓发送方式在

ZC 与 ZR 之间进行数据的传输与测试. ZC 使用短地址发送数据到 ZR,如表 2 所示. 在表 2 中,1731 号数据包显示应答延时为 2 ms.

表 2 PAN(ZC) 使用短地址向 Router(ZR) 发送数据

数据包	时间/ms	数据包长度	框架控制领域	PAN	目的地址
1728	7 800 010	56	0xD5	0x1110	0x0001
1729	7 800 013	5	0xD5		
1730	7 803 023	56	0xD6	0x1110	0x0001
1731	7 803 025	5	0xD6		
1732	7 806 037	56	0xD7	0x1110	0x0001

表 3 为 ZC 使用广播地址 0xFFFF 将数据发送到 ZR. 表 3 显示,ZR 在接收到 ZC 所发送的数据后,立刻将数据广播出去. 其中,1869 号数据包表明,ZR 的

单跳延时大约为 8ms. ZR 收到 ZC 发送的数据后,又将数据原封不动的返回给 ZC,如此反复,这种发送数据的方式就称为乒乓发送,如表 4 所示.

表 3 协调器使用广播地址向路由器发送数据

数据包	时间/ms	数据包长度	框架控制领域	目标 PAN	目标地址	源地址
1866	10 224 286	32	0x1A	0x1110	0xFFFF	0x0000
1867	10 224 293	32	0x6E	0x1110	0xFFFF	0x0001
1868	10 227 306	32	0x1B	0x1110	0xFFFF	0x0000
1869	10 227 314	32	0x6F	0x1110	0xFFFF	0x0001
1870	10 230 326	32	0x1C	0x1110	0xFFFF	0x0000
1871	10 230 334	32	0x70	0x1110	0xFFFF	0x0001

表 4 PAN 和 Router 进行乒乓发送

数据包	时间/ms	数据包长度	框架控制领域	目标 PAN	目标地址	源地址
1928	10 310 069	32	0x2B	0x1110	0x0001	0x0000
1929	10 310 071	32	0x2B			
1930	10 310 434	32	0x7F	0x1110	0x0000	0x0001
1931	10 310 436	32	0x7F			
1932	10 311 544	32	0x2C	0x1110	0x0001	0x0000
1933	10 311 546	32	0x2C			

3.3 语音通信

建网和数据的发送监测结果表明: ZC 建网需要 2 486 ms, ZR 加入网络需 2 602 ms, 应答延时为 2 ms, ZR 的单跳延时大约为 8 ms. 因为在多跳 ZigBee 网状网络中, 网络延时与所跳级数成正比, 然而语音通信对实时性的要求比较高, 所以本设计使用了 ZigBee 网状网络.

测试过程为: 首先按图 4 连接好硬件, 然后播放测试音频, ZR 便会对该音频进行采样, 并将采样结果发送给 ZC, ZC 在收到采样信息后便进行播放. 经过该测试验证, 该系统能够实现无线语音通信的实时传输, 发射功率为 -2dBm , 语音延时小于 25 ms, 传输距离却可达 15 m, 其中传输距离同发射功率成正比.

测试结果表明, 该系统可组成无线语音通信的网状网络, 且在测试过程中, 没有出现丢包等情况, 这就能够说明该网络的数据传输可靠性高, 传输时间很短, 充分满足了语音设备对信号传输实时性的要求, 完成了最初的设计目的.

4 结 语

本设计具有诸多优点, 如: 通信延时短、信号稳定、功能强大等优点. 它的创新性在于将 ZigBee 技术和全新的 AC 路由算法应用为该通信系统的收发技术, 使得无线通信数据传输的可靠性和效率进一步提高. 使用全球免费通用的工业科学医疗 (ISM) 频段, 实现了数据的可靠、实时、透明传输, 特别是在恶

劣环境下, 穿透性较强, 完全避免了以前传输模式的缺陷. 本设计还需进一步调试, 用以完全避免其他信号的干扰. 在实际应用中, 还可将其应用于饭店、工地、商场、消防, 公安、工厂等地. 该系统还颇具塑造性.

参 考 文 献:

- [1] 高守玮, 吴灿阳. ZigBee 技术实践教程 [M]. 北京: 北京航空航天大学出版, 2007: 7-15.
- [2] 任丰原, 黄海宁, 林 闯. 无线传感器网络 [J]. 软件学报, 2003, 14(7): 20-25.
- [3] 孙 亭, 杨永田, 李立宏. 无线传感器网络技术发展现状 [J]. 电子技术应用, 2006(6): 18-40.
- [4] 彭 立, 徐红漫. 发展中的 IEEE802. 15. 4 [J]. 现代电信科技, 2004(4): 56-58.
- [5] 李文仲, 段朝玉. ZigBee 无线网络技术 [M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2007: 7-15.
- [6] 徐勇军. 低速无线个域网实验教程 [M]. 北京: 北京理工大学出版社, 2008: 25-27.
- [7] 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: 55-70.
- [8] 金 纯. ZigBee 技术基础及案例分析, [M]. 北京: 国防工业出版社, 2008: 24-30.
- [9] 陈彦明. 基于 ZigBee 技术的音频传输系统 [J]. 哈尔滨理工大学学报, 2009(6): 52-55.
- [10] 薛 萍, 武俊峰, 荣盘祥. 网络通信系统的信息脆性风险评估 [J]. 电机与控制学报, 2010(8): 75-80.
- [11] 唐孝通, 焦秉立. 通信网络聚合流量突发性的产生机理研究 [J]. 哈尔滨理工大学学报, 2011(2): 29-34.

(编辑: 付长纓)