

一种用于设施农业的 ZigBee-WiFi 网关研制

仲伟波 李忠梅 石 婕 陈忠铭
(江苏科技大学电信学院 镇江 212003)

摘 要 为了满足设施农业中数据采集、无线传输和远程应用的要求,设计并实现了一种以 STM32W108 及 AX22001 为核心芯片的 ZigBee-WiFi 无线网关,该无线网关实现 ZigBee 与 WiFi 网络间的数据互通,拓展了设施农业装备的感知、监控范围。无线网关根据 ZigBee、WiFi 信号的频谱特性,采用信道选择和复用的方式减少 ZigBee 与 WiFi 间的信号互扰。测试结果表明,所实现的无线网关信号稳定,丢包率小,运行可靠,可满足设施农业装备数据采集和远程应用的需要。

关键词 设施农业, ZigBee, WiFi, 无线网关
中图分类号 TP274 **文献标识码** A

Design and Implementation of ZigBee-WiFi Gateway for Facility Agriculture

ZHONG Wei-bo LI Zhong-mei SHI Jie CHEN Zhong-ming

(College of Elec. & Info., Jiangsu University of Science and Technology, Zhenjiang 212003, China)

Abstract In order to meet the requirements of data acquisition, wireless transmission and remote application in facility agriculture, a ZigBee-WiFi wireless gateway based on STM32W108 and AX22001 was designed to extend the perception and monitoring scope of agricultural facilities and equipment. Channel selection and software channel multiplexing approach are used to reducing interference between ZigBee and WiFi signals based on their spectrum characteristics in this wireless gateway. The experimental results show that this wireless gateway has stable signal, lower data packet loss rate and can interconnect ZigBee and WiFi networks to satisfy the needs of data acquisition and remote application in facility-agriculture.

Keywords Facility agriculture, ZigBee, WiFi, Wireless gateway

1 引言

设施农业综合应用工程装备、生物、环境和信息技术,按照动植物生长发育所要求的最佳环境进行现代化农业生产,采用无线传感器网络技术来提升农业装备不仅可能而且必要^[1,2]。早期设施农业装备的监控数据多采用有线传输,因其布线繁冗、成本高而受到很大限制。智能化的数据采集处理与无线传输是设施农业装备的重要发展趋势^[3]。

ZigBee 是目前应用最为广泛的近场无线通信技术之一,具有自组织、低成本、低功耗、高可靠性和短时延的特点,是多传感控制节点应用的首选。ZigBee 工作在 2.4GHz ISM 频段,最多可容纳 65536 个节点,节点不仅能进行数据采集,还能以多跳的方式承担网内节点的数据转发。但 ZigBee 单跳通信距离较短,数据传输速率最高仅为 250kb/s 且不能直接与 Internet 互联^[4,5]。

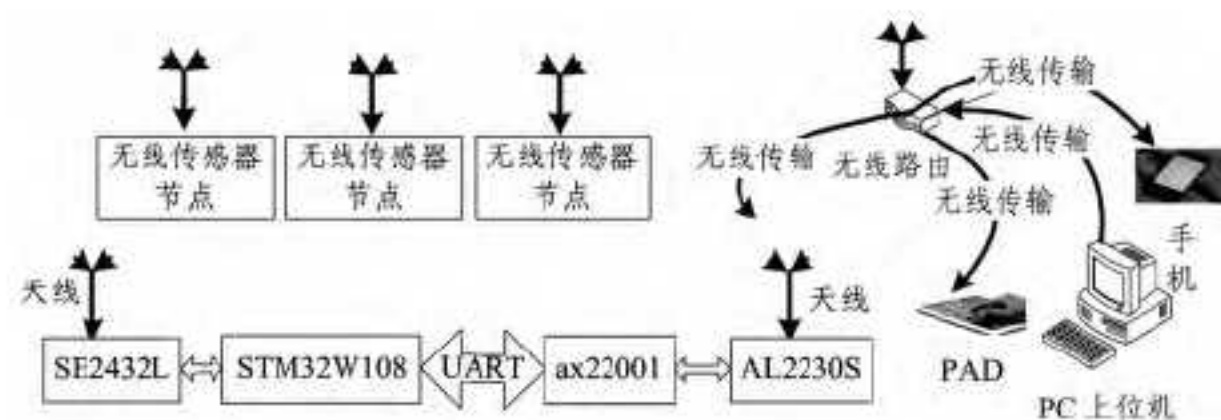
为了拓展通信距离和实现远程应用,文献^[6]直接给出了基于 WiFi 的监控方案,但是 WiFi 节点功耗相对较高。文献^[7,8]采用 ZigBee 和以太网相结合的方式实现数据采集与远程应用,具体是通过控制通信模块如 GPRS/CDMA 或其他以太网接口来实现的。主控芯片分别与 ZigBee 和通信模块相连,通过代码进行总体控制和协议转换,此类方案虽可实现

ZigBee 与以太网之间的协议转换,但是网关的功耗大,成本高,协议转换效率低,可靠性与稳定性相对较差。

本文给出并实现了一种基于 STM32W108 和 AX22001 的 ZigBee-WiFi 无线网关,通过固化在芯片中的代码实现 ZigBee 网络与 WiFi 网络的协议转换,从而实现设施农业装备监控数据与 Internet 的无缝链接,拓展设施农业装备的监控和应用范围。

2 网关硬件设计与实现

ZigBee-WiFi 无线网关位于 ZigBee 网络和 WiFi 网络之间,实现两种不同协议的转换。本文设计实现的网关既是 ZigBee 网络的协调器,负责构建和配置整个 ZigBee 无线传感器网络,又是 WiFi 的无线节点,具有收集分发 ZigBee 节点数据、协议转换功能。其结构和功能如图 1 所示。



Zigbee-wifi无线网关

图1 ZigBee-WiFi 网关结构和功能

ZigBee 部分以 STM32W108CBU61 为核心芯片,它是集成了符合 IEEE 802.15.4 标准 2.4GHz 收发器的 32 位 ARM Cortex-M3 微处理器,固化了 Ember ZigBee 协议栈,支持星型、树状和网状 3 种 ZigBee 基本网络结构^[9]。

使用片内功率放大器时,无线网关的 ZigBee 无阻挡传输距离约为 75m,能够满足布局简单、范围较小的场合。在覆盖范围大、结构相对复杂如连栋温室的应用场合可以通过跳线选用外部功率放大器 SE2432L,此时无阻挡传输距离超过 300m,可穿透 1~2 堵墙。

网关中 WiFi 的主控核心芯片 AX22001 是双 CPU 架构的微处理器,其中 MCU 负责应用程序和 TCP/IP 协议处理,WCPU 则负责 WLAN 协议处理以及以太网封包格式的转换,支持软件设置 TCP 服务器、TCP 客户端以及 UDP 工作模式。WiFi 射频部分的核心芯片是 AL2230S,它工作于 2.4GHz 频段,支持 802.11b/g 协议。STM32W108 与 AX22001 间的数据交换通过 UART 完成。

ZigBee 和 WiFi 都使用 2.4GHz ISM 频段,其间干扰是影响网关稳定工作的重要因素。ZigBee 将工作的 2.4GHz 频段划分为 16 个带宽为 2MHz 的信道,WiFi 则将该频段划分为 11 个带宽为 22MHz 的信道。ZigBee 与 WiFi 有 12 个信道重叠,无重叠信道最多有 4 个,如图 2 所示。

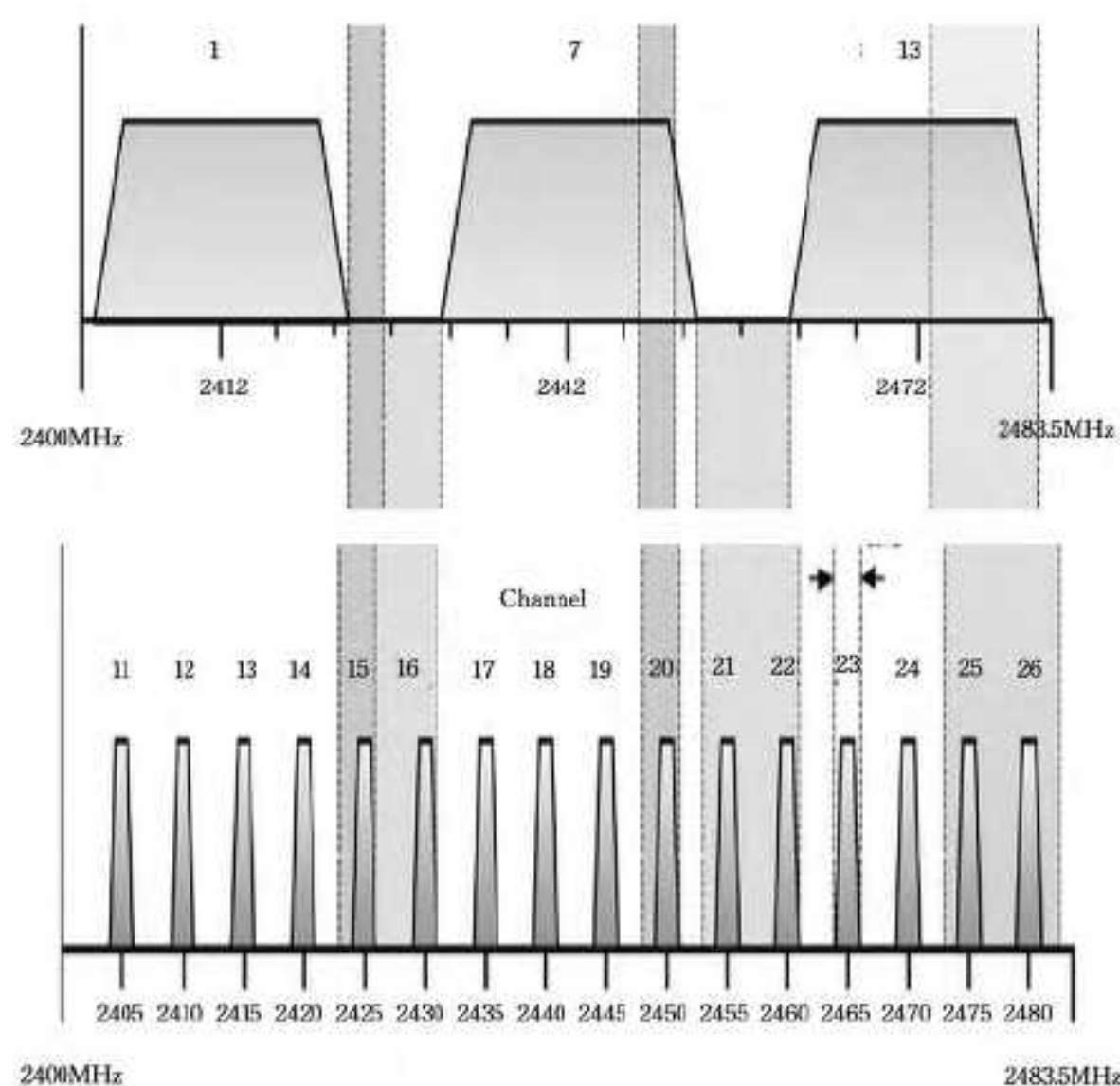
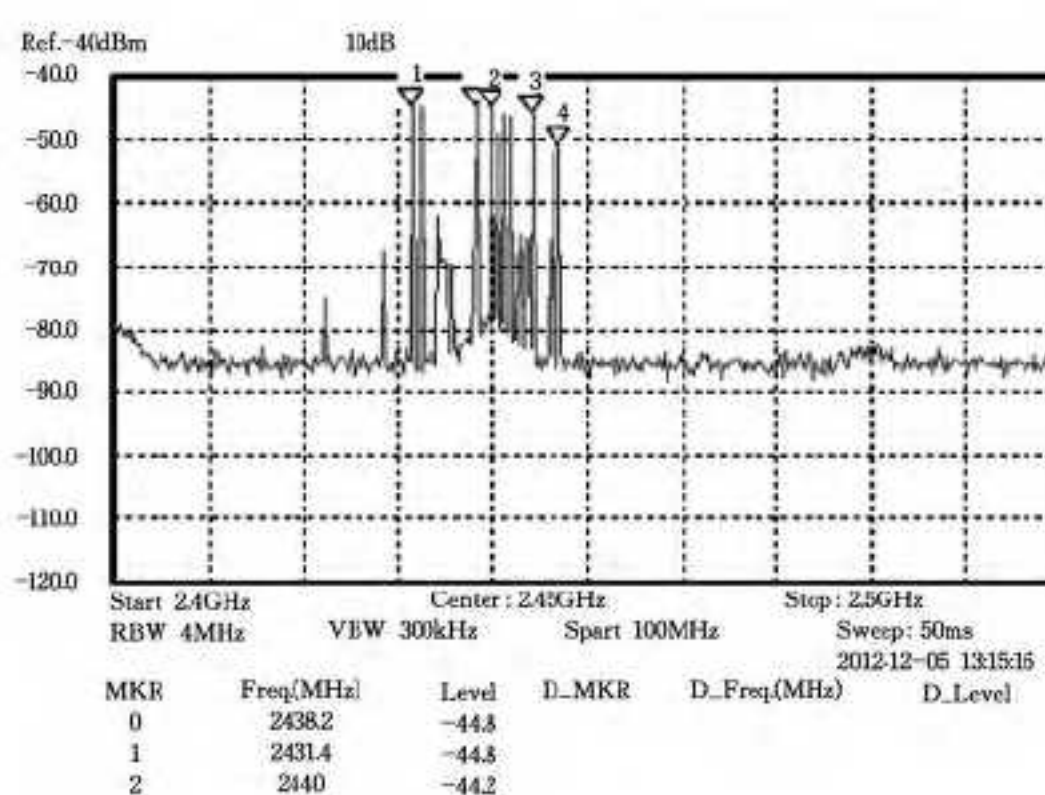
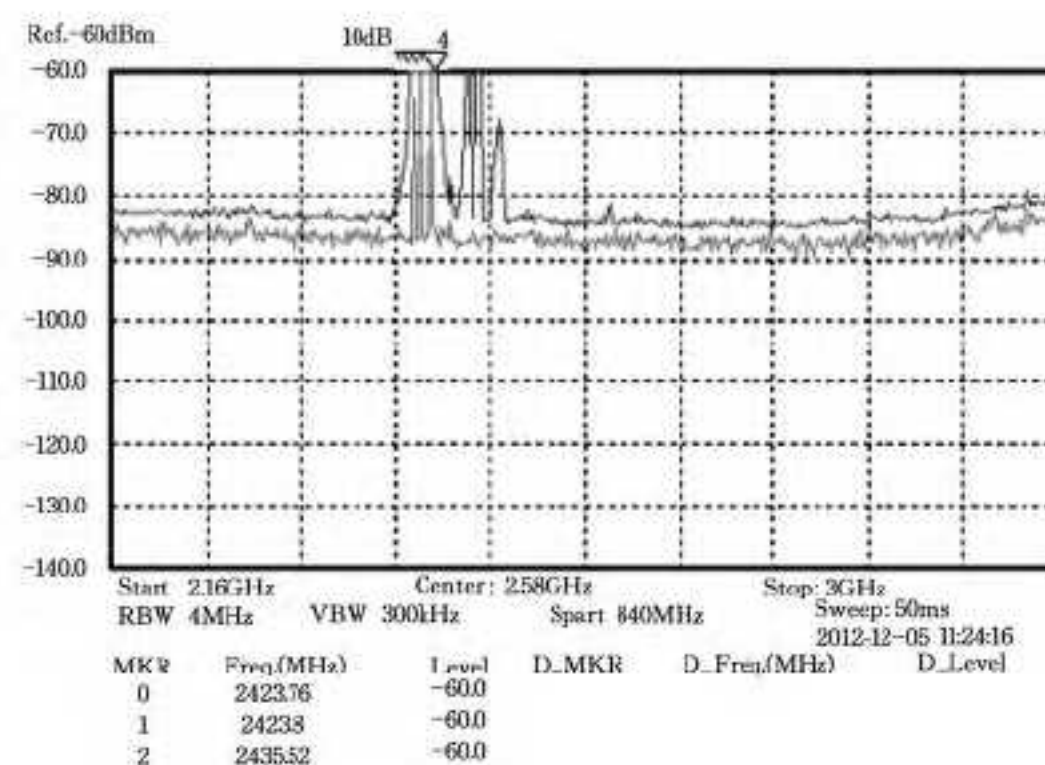


图 2 WiFi 与 ZigBee 信道分配图

ZigBee 信号相对于 WiFi 属于窄带干扰源,WiFi 通过扩频可以充分抑制 ZigBee 信号。同时 ZigBee 网络在信道访问上采用了 CSMA-CA 碰撞避免机制,这种信道占用检测和动态信道选择的方式对 ZigBee 和 WiFi 抗同频干扰、实现共存非常重要。在网关的硬件设计中仍需尽可能地将 ZigBee 和 WiFi 模块隔开并用铁壳覆盖以减少辐射外泄,软件设置 ZigBee 与 WiFi 信道选择范围,以减少二者信道相互重叠的可能性。此外,ZigBee 和 WiFi 分别单独供电,软件实现“时分复用”以尽可能避免出现 ZigBee 和 WiFi 同时发送数据的情况。图 3 为 ZigBee-WiFi 无线网关工作时的频谱图,从图中可以看出 WiFi 信号分布在图 3 中的频道 7 中,ZigBee 信号主要分布在频道 15 和 16 中,二者在频谱上有一定的区分度,可有效避免干扰,提高网关无线数据传输的可靠性和稳定性^[10,11]。



(a) WiFi 频谱图



(b) ZigBee 频谱图

图 3 ZigBee-WiFi 网关频谱图

3 网关软件设计与实现

ZigBee 采用 IEEE 802.15.4 协议,根据节点地址进行通信,WiFi 采用 TCP/IP 协议,根据 IP 地址进行通信。ZigBee 传感节点采集到的数据按照 IEEE 802.15.4 协议传送到网关,网关解析出数据的有效载荷并转发给 WiFi 网络。当 WiFi 网络需要发送数据给 ZigBee 中节点时,网关会根据 TCP/IP 数据包中含有的 ZigBee 节点地址将有效数据转发到指定节点。网关软件通过调用协议栈建立并维护网络通信,数据转换在应用层上实现。

网关中 ZigBee 模块作为协调器,负责 ZigBee 网络的建立和信息接收、汇总及传输。协调器上电后扫描信道创建 ZigBee 网络,选定一个 PANID 作为协调器的网络标识,创建路由表并广播之,允许节点加入网络。ZigBee 模块的工作流程如图 4 所示。

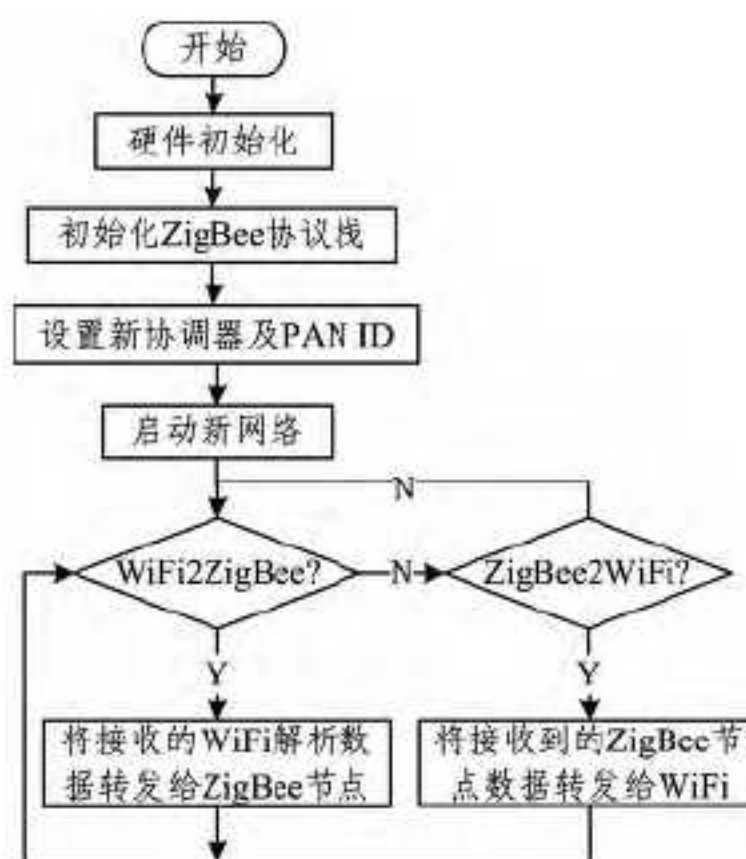


图 4 ZigBee 协调器工作流程

WiFi 模块负责 WiFi 网络中的数据收发,支持 AD-HOC 直连和基础网络模式两种通信模式。本文将其配置成基础网络模式,通过无线路由与其他设备进行数据交换。WiFi 模块上电后,初始化硬件和网络协议栈,设置模块参数,扫描信道加入无线局域网。图 5 为 WiFi 模块工作流程图。

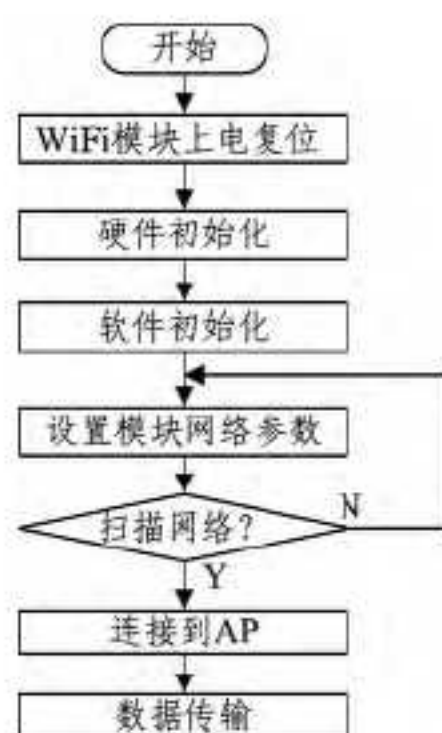


图 5 WiFi 模块工作流程图

4 系统测试与结果分析

为测试 ZigBee-WiFi 无线网关的运行情况,本文采用多线程技术开发了上位机监控测试程序,其中主线程用来接收数据,发送线程用来发送数据。ZigBee-WiFi 网关与测试程序之间的通信通过 Socket 套接字来完成,网关运行在服务器模式下,测试程序运行在客户端模式下,通信流程如图 6 所示。

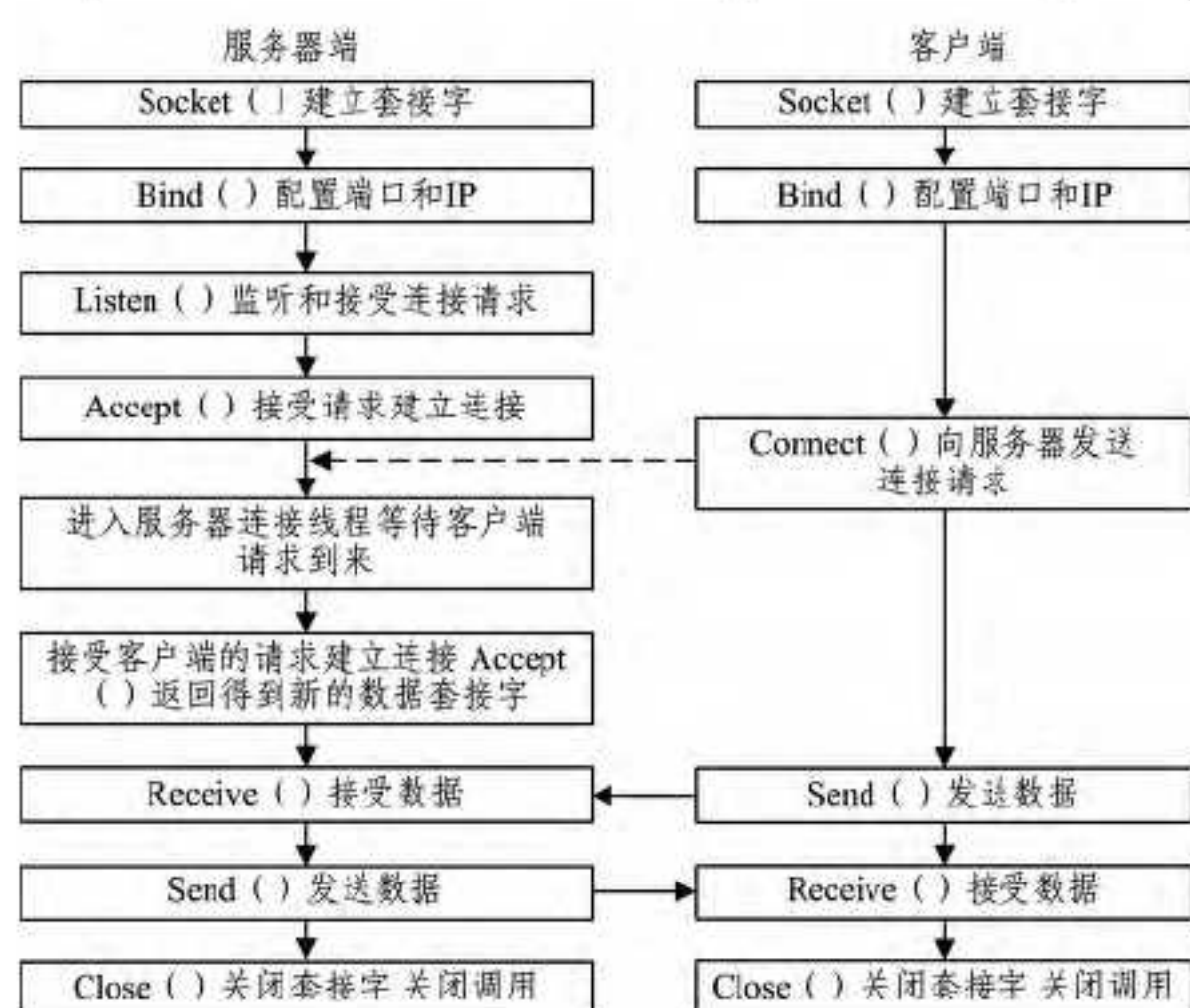


图 6 socket 通信流程图

测试时将 ZigBee 采集节点设置为全功能路由节点,外接温湿度、光强、二氧化碳浓度传感器。在一 112m×49m 联体温室大棚中布置 15 个数据采集结点,测试程序运行在 PC 上,配置 PC 使得 ZigBee-WiFi 网关和 PC 工作在同一无线网络中,且位于测试空间的中部。ZigBee-WiFi 网关首先加电启动,然后运行位于 WiFi 网络中 PC 上的测试程序,输入指定的 IP 地址和端口后,点击连接。接收数据结果如图 7 所示。

接收到的数据包括 ZigBee 节点 64 位全球唯一的物理地址,如图中的“0080E102001BC0A8”,接收到的信号的强度 RSSI 常被用来判定链接质量,本无线网关的 ZigBee 信号强度约为 -30dB,信号良好。其余分别为传感器测得的环境参数值。同时上位机通过 WiFi 向 ZigBee 中所有节点循环依次发送数据,ZigBee 节点均可正确接收。经多天连续运行测试,

约 98% 的数据传输在单跳内完成且时延小于 10ms,丢包与信号强度及频率有关,实测网关丢包率小于 1%。上述结果表明,设计的网关节点功能符合要求且系统运行稳定、可靠。

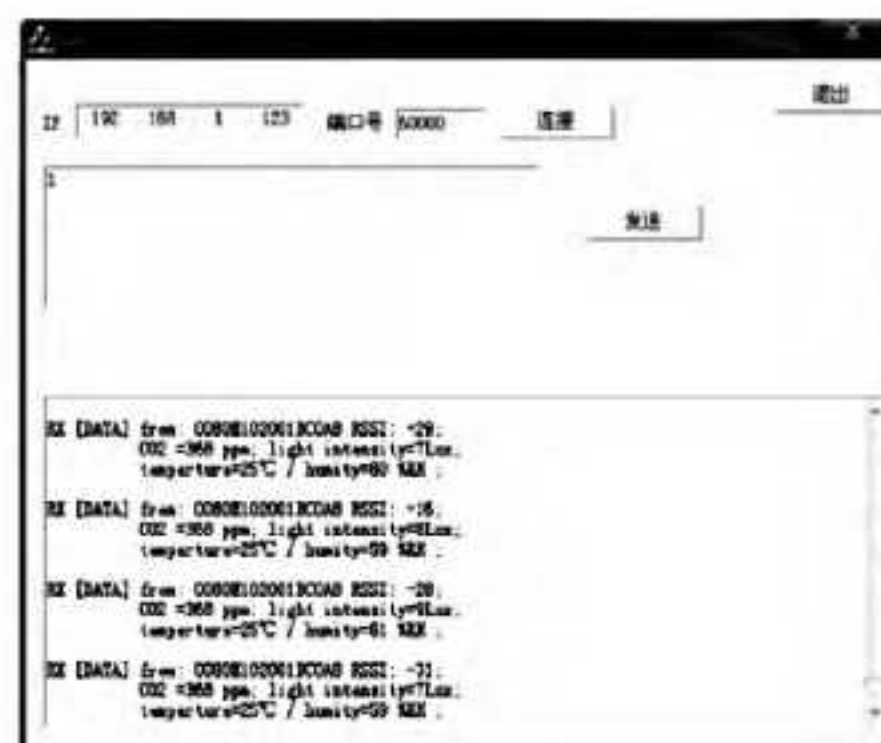


图 7 上位机接收数据

结束语 本文以 STM32W108 及 AX22001 为核心芯片设计并实现了一个用于设施农业装备中的 ZigBee-WiFi 无线网关。该无线网关能够满足 ZigBee 与 WiFi 两种不同网络间的数据互联要求,实现了 ZigBee 网络与 WiFi 网络的无缝连接,拓展了 ZigBee 网络的覆盖范围。此网关较其他方案具有功耗低、结构简单、组网方便等特点,长期测试结果表明该无线网关工作稳定,可以广泛用于设施农业装备中。

参考文献

- [1] 郭文川,程寒杰,李瑞明,等. 基于无线传感器网络的温室环境信息监测系统[J]. 农业机械学报,2010,41(7):181-185
- [2] Atzofi L, Ieraand A, Morabito G. The Internet of things: A survey[J]. Computer Networks, 2010, 54(15):2787-2805
- [3] Chi Tao, Chen Ming, Gao Qiang. Implementation and study of a greenhouse environment surveillancesystem based on wireless sensornetwork[C]// InternationalConference on. IEEEEmbedded Software and SystemsSymposia, 2008 (ICESS Symposia' 08), 2008:287-291
- [4] Kim H S, Yoon J. Hybrid Distributed Stochastic Addressing Scheme for ZigBee/IEEE 802. 15. 4 Wireless Sensor Networks [J]. Etri Journal, 2011, 33(5):704-711
- [5] 张荣标,谷国栋,冯友兵,等. 基于 IEEE802. 15. 4 的温室无线监控系统的通信实现[J]. 农业机械学报, 2008, 39(8):119-122, 127
- [6] 刘红义,赵方,李朝晖,等. 一种基于 WiFi 传感器网络的室内外环境远程监测系统设计与实现[J]. 计算机研究与发展, 2010, 47(z2):361-365
- [7] 韩华峰,杜克明,孙忠富,等. 基于 Zigbee 网络的温室环境远程监控系统设计与应用[J]. 农业工程学报, 2009, 25(7):158-163
- [8] 陈琦,韩冰,秦伟俊,等. 基于 Zigbee/GPRS 物联网网关系统的设计与实现[J]. 计算机研究与发展, 2011, 48(z2):367-372
- [9] STMicroelectronics. High-performance 802. 15. 4 wireless system-on-chip[EB/OL]. <http://www.st.com>
- [10] Thonet G, Allard-Jacquin P, Colle P. Zigbee-wificoexistence[R]. Schneider Electric White Paper and Test Report, 2008
- [11] STMicroelectronics. EMC Design Guidefor Stmicrocontrollers [EB/OL]. <http://www.st.com>