

无线传感网协议测试平台研究

张 翠

(工业和信息化部电子工业标准化研究院 北京 100176)

摘要: 随着网络测试技术的飞速发展,无线传感网测试技术的发展也是日新月异,从物理量测试到协议符合度测试,从功能测试到性能测试,从射频一致性测试到协议一致性测试,测试平台的搭建成为了整个测试系统构建工作中的关键。结合近年来无线传感网络的发展趋势,在理论推导及数据仿真的基础上,设计了一种可支持无线传感网络协议测试验证的平台,综合介绍了无线传感网络协议测试平台的整体构建,以及核心模块关键技术的设计思路,为无线传感器网络的节点产品研发测试验证提供了依据和手段。

关键词: 无线传感网;协议;测试平台

中图分类号: TP216.1 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 510.99

Research of wireless sensor network protocol testing platform

Zhang Cui

(China Electronics Standardization Institute, Beijing 100176, China)

Abstract: With the rapid development of network testing technology, the development of wireless sensor network testing technology is also changing rapidly, from the physical testing to the protocol coincidence degree testing, from functional testing to performance testing, from RF conformance testing to protocol conformance testing, test platform to build the entire test system became a key work to build. In this paper, combining with the development trend of wireless sensor network in recent years, we design a test platform for wireless sensor network protocol verification. The overview of the whole building wireless sensor network(WSN) protocol test platform, as well as the core module was presented. The platform can provide the basis and method of inspection for the WSN nodes research and development.

Keywords: WSN; protocol; testing platform

1 引言

无线传感器网络(wireless sensor networks, WSN)由大量具有通信与计算能力的传感器节点组成,通过无线连接的方式构建了一个多跳自组织网络^[1],该网络是融合了融合、感知与控制智能分布式网络系统,在环境监测、工业控制状态监测^[2]、远程医疗、智能交通以及军事等领域有着广泛的应用^[3]。

对无线传感器网络节点相关产品的测试,是检验节点设备与标准的符合度,验证无线传感器网络节点设备一致性及商用化程度的重要手段。为推动我国无线传感器网络技术的发展,在聚焦无线传感器网络产业链中设备、芯片研发的同时^[4],针对产业发展及测试需求,研究相应的无线传感器网络测试方法。在理论推导及数据仿真的基础上,设计出相应的无线传感网测试平台^[5],将进

一步推动我国无线传感网络产业链发展,加速无线传感网络产业链中关键技术的市场化进程,这将对形成拥有我国自主知识产权的无线传感器网络产业链具有重要的战略意义^[6]。

2 测试平台整体构建

该文中构建的无线传感网协议测试平台,主要用于完成基于无线传感器网络协议栈中网络层、适配层、数据链路层的功能及协议符合度测试,可以对无线传感器网络中的简化节点如数据采集的传感器节点(reduced function device, RFD)、全功能节点如路由功能的传感器节点、网关节点(full function device, FFD)与 RFC4944、RFC4919、IEEE Std. 802.15.4、RPL等协议规范的一致性进行测试^[7]。如图1所示无线传感器网络测试平台的测试示意。

收稿日期:2015-03

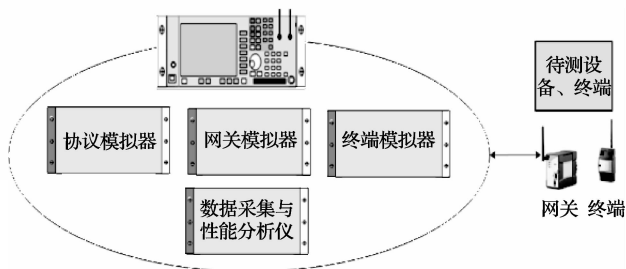


图1 无线传感器网络测试平台

无线传感器网络协议测试平台主要完成无线传感器网络网关模拟和多终端模拟,实现符合 IEEE Std. 802. 15. 4 的物理层和 MAC 层协议、符合 RFC4944 的 6LoWPAN 协议以及 RPL 低功耗路由协议,其频段支持:

780 MHz 频段 (779 ~ 787 MHz, 符合 IEEE Std. 802. 15. 4c™ - 2009 标准规定),该频段最多可模拟 8 个通道;

2 450 MHz 频段 (2 400 ~ 2 483. 5 MHz, 符合 IEEE Std. 802. 15. 4 - 2006 标准规定),该频段最多可模拟 16 个通道。

测试平台的内部功能如图 2 所示。

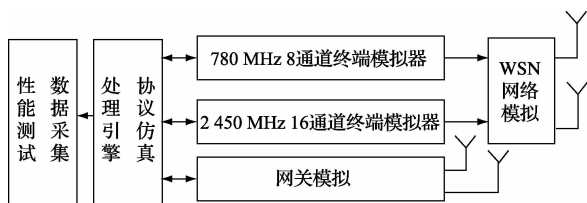


图2 一致性测试仪内部功能

无线传感器网络协议测试平台可以支持无线传感器网络网络层、适配层、数据链路层以及 RPL 低功耗路由协议的测试,既可以支持单终端设备、网关设备,也可以支持多终端的组网测试,同时满足路由一致性测试的需要^[8]。本测试平台采用可配置 FPGA 进行设计,为以后的升级提供方便,可以保证其随相关协议的完善而完善。

无线传感器网络协议测试平台作为协议测试的承载平台,其组成包括多终端模拟器、网关模拟器、无线传感器网络模拟器、协议引擎、数据采集模块、性能测试模块以及测试管理模块(主机)等,组成如图 3 所示。

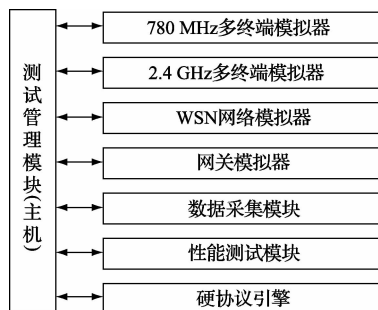


图3 无线传感器网络协议测试仪表硬件组成

无线传感器网络协议测试程序将以此平台为载体,实现对

无线传感器网络协议的测试,在实现该硬件平台时,其中也包含了大量的支撑软件。系统软件的总体组成如图 4 所示。

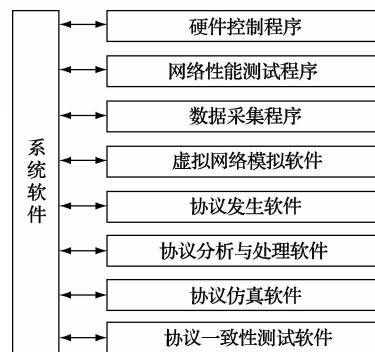


图4 无线传感器网络协议测试平台软件组成

1) 硬件控制程序

负责将用户操作和自动测试控制转换为平台硬件对应寄存器或存储空间的直接读写操作,为其他软件模块提供硬件控制函数接口。

2) 网络性能测试程序

完成针对无线传感器网络诸如流量统计、错误统计、吞吐量以及延迟等性能指标的测试^[9]。

3) 数据采集程序

控制硬件数据捕获电路,完成数据捕获、过滤、检索与转存工作。

4) 虚拟网络模拟软件

以软件的方式模拟出多个无线传感器网络节点,节点之间通过设定的方式组成一个无线传感器网络。

5) 协议发生软件

提供根据不同的协议规程编辑对应的帧数据,并通过控制硬件电路实现协议数据的发送。

6) 协议分析与处理软件

对接收数据进行协议解码与分析以及一些必要的统计处理。

7) 协议仿真软件

按照协议规范对一些特定的数据包进行响应操作^[10]。

8) 协议一致性测试软件

主要由完成协议测试的支撑软件以及可执行测试用例集 2 大部分组成,支撑部分包括测试框架实现以及编译器实现;测试用例集包括网络层、适配层、数据链路层以及路由协议所对应的测试用例。

3 测试平台关键技术设计

协议仿真测试用于测试被测设备(传感节点和网关)或网络,检验其是否符合相关协议标准,为协议一致性测试提供硬件支撑。通常仿真仪需要模拟一个网络终端设备,与被测设备建立通信。这一测试主要用于设备的研制开发。协议仿真测试不但要求有监视分析功能,还要求具

有模拟网络终端设备的功能。

通常和网络业务相关的网络故障很难隔离。利用协议仿真用户可以生成业务流,同时执行测量,以便能够重现故障,分析故障和排除故障。本测试平台可以一次、按指定的次数或连续把信息传送到网络上。

为了隔离协议故障,本专题测试程序可以按照要求建立正常或异常的协议操作。仿真协议数据分为固定协议数据和可编程协议数据 2 种。固定协议数据是编辑好并保存在主机内协议数据,只需设置目的地址即可。协议仿真技术主要包括接收分析特定的协议,并对该协议进行解码,根据分析的结果,自动产生响应。它在接收一条协议数据包后,启动相应的定时器,分析接收到的协议数据包,按协议规范作出响应,生成合适的协议数据包,封装后发送出去。

协议仿真模块包括发生器子模块和分析仪子模块,它主要功能是仿真各种业务、协议数据包以及流量发生技术等。协议仿真电路原理如图 5 所示。采用该电路可以对协议数据进行过滤和初步处理,减少了 CPU 的处理时间,提高了协议的响应速度,节省了测试时间,同时采用较大的存储器进行缓存,可以保证 CPU 响应连续的协议请求。

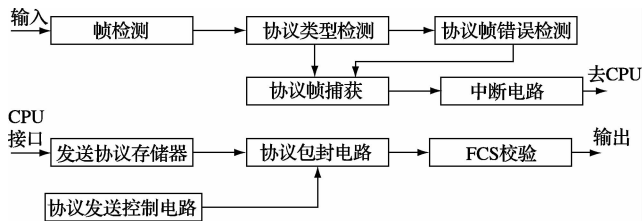


图 5 协议仿真模块原理

1) 帧检测

从输入的数据中检测帧头,并识别帧类型,其主要包括帧头搜索电路,帧定时信号产生和帧类型提取。帧头搜索电路从输入数据帧查找 SFD(start-of-frame delimiter) 字段,搜索到以后,将其作为帧头,并进行字节定位,然后从中提取帧类型字段,作为识别需要进行响应帧的条件。

2) 协议类型检测

当帧获得同步并经过帧类型识别后进一步进行高层协议识别,其首先提取协议标识字段,并滤除不需要的协议帧,让需要进行仿真的协议通过,并进入下一级处理。

3) 协议帧错误检测

错误的协议帧是不能响应的,因此符合协议类型的帧还需要进行错误检测,其主要对协议帧进行校验计算,并判断其正误,将正确的协议帧送到协议帧捕获电路。

4) 协议帧捕获

该电路存储完全正确并且需要进行仿真响应的数据,同时记录协议类型和长度等信息,等待 CPU 读取。

5) 中断电路

检测捕获电路状态,及时向 CPU 通报已捕获到需要响应的消息,保证 CPU 及时快速响应。

6) 发送协议存储器

CPU 读取捕获到需响应的协议后,根据硬件在数据包中提供的信息,生成响应的数据包,然后写入发送协议存储器。

7) 协议发送控制电路

检测到写发送协议存储器信号后,协议发送控制电路即刻启动读发送协议存储器。

8) 协议包封电路

将从发送协议存储器中读出的数据进行打包,补齐节省信息,使其符合协议规范。

9) FCS 校验电路

按照多项式 $G16(x) = x^{16} + x^{12} + x^5 + 1$,对包封好的数据进行 FCS 校验,形成完整的协议数据帧,并发送到基带处理电路。

4 测试数据及分析

4.1 测试环境

采用日本安立公司的 MD1230B 数据质量分析仪进行数据接收分析,在不同接口传输速率下,对本平台进行数据仿真速度及平台稳定度等指标进行比对。

4.2 测试方法

以协议仿真模块为例,将使用本方案设计的测试平台与传统测试平台分别与 MD1230B 进行连接,在等速率不同端口上(百兆、千兆)分别进行测试,同时将本方案平台与传统平台分析设置为单帧 100% 流量循环发送,利用系统时钟定时,两个平台分别发送 10 s 数据,利用 MD1230B 接收的数据进行比对。

4.3 测试结果

通过对比测试数据发现,本方案平台测试平台可实现实时修改源仿真数据,处理速度快,在高速率满负荷仿真测试中可靠性及稳定性有大幅提升,如表 1 所示。

表 1 测试结果对比

	传统	本方案
操作性	无法实时修改帧数据	可实时修改帧数据
稳定度	传输速率超过端口速率 80% 时,接收端出现误码	传输速率达到端口速率 100% 时,接收端无误码出现
Snapshot	后端无法实时调度资源,无法实现	模块与后端分级处理,可实现单端口数据在线实时分析
数据分析	当单端口接收数据速率达到 60 Mb/s 时,系统出现死机情况	单端口接收数据速率达到 1 000 Mb/s 时,系统未见异常
操作性	无法实时修改帧数据	可实时修改帧数据
稳定度	传输速率超过端口速率 80% 时,接收端出现误码	传输速率达到端口速率 100% 时,接收端无误码出现

5 结论

根据无线传感网络的发展现状,设计了一种支持无线传感网络协议测试验证的平台,该平台可对无线传感网络节点产品进行验证,为产业链中的芯片、软件、节点设备厂商产品研发及产业化环节中,提供了必要的一致性测试。此外,该平台还可以用于节点设备入网前的预测试,从而可以极大地降低入网测试时间。无线传感网协议测试平台采用数字化、集成化、模块化和开放性的总体设计方案,这种创新的平台设计可以满足无线传感网协议演进的需要,为无线传感网测试提供了一个完整的协议测试平台。

参考文献

- [1] 何杰,曹一家,黄小庆,等.基于GSO的无线传感监测网络部署优化研究[J].仪器仪表学报,2013,34(11):2425-2434.
- [2] 王浩,李玉,秘明睿,等.一种基于监督机制的工业物联网安全数据融合方法[J].仪器仪表学报,2013,34(4):817-824.
- [3] 靳洪旭,曹洁,吴迪.一种传感器定位精度恶化情况下的恢复算法[J].仪器仪表学报,2011,32(7):1590-1597.

(上接第49页)

性价比从而实现节能又省钱,使太阳能光伏产业逐步脱离政府资助成为市场行为。针对能源丰富但不稳定的太阳光特点,设计了DC升压和AC逆变输出辅助市电供电的方式,其中跟踪市电的DC升压方式设计简单,自然利用了用电设备整流桥与市电单向输入的整流桥实现辅助供电。同时设计了交流单向隔离电路使光伏逆变可方便地进行辅助供电,而不会逆流进入电网从而避免了入网的技术难度。实验结果验证了辅助供电系统的有效性,逆变辅助供电中,也实现逆变交流电与市电同频同相。这种无蓄电辅助供电的典型应用之一就是空调用电,也可广泛地应用于其他电器乃至工业用电设备。

参考文献

- [1] 孙俨.风能、太阳能互补供电型基站的应用[J].通信电源技术,2011,28(4):33-37.
- [2] ALI M, ORABI M, ABDELKARIM E, et al. Design and development of energy-free solar street LED light system[C]. 2011 IEEE PES Conference on Innovative Smart Grid Technologies-Middle East (ISGT Middle East), 2011: 1-7.
- [3] 吕光昭,李勇,代彦军,等.独立光伏空调系统冬季采暖性能分析[J].太阳能学报,2013,34(7):1167-1171.
- [4] 秦奋,赵强,苏成利.电动汽车无线充电系统仿真与设

- [4] 郑朝霞.无线传感器网络节点芯片关键技术的研究与实现[D].武汉:华中科技大学,2008.
- [5] 罗配明.无线传感器网络测试平台的设计及实现[D].成都:电子科技大学,2012.
- [6] 吉世瑞.无线传感器网络安全协议测试技术研究和系统设计[D].西安:西安电子科技大学,2012.
- [7] 林炳,仇建.无线自组织传感网邻居节点检测协议及其实现[J].杭州电子科技大学学报,2012,32(5):183-186.
- [8] 孙昊,马列.基于IPv6的无线传感器网络协议一致性测试方法研究[J].国外电子测量技术,2013,32(2):29-31.
- [9] 李光永.网络性能测试仪设计方法的分析与研究[D].北京:清华大学,2005.
- [10] 何美红,许成谦,张东良.基于NS2的LEACH协议仿真与分析[J].电子测量技术,2009,32(1):40-42.

作者简介

张翠,1983年出生,硕士,工程师。主要研究方向标准研究与测试。

E-mail:eibb@ei41.com

计[J].国外电子测量技术,2014,33(7):45-48.

- [5] 钟莉娟,田书欣,杨喜军.输出功率300W的12V-220V DC-DC变换器的实现[J].电气自动化,2010,32(2):69-72.
- [6] 赵杰,胡学龙.微型光伏并网逆变器的研究[J].电子测量技术,2013,36(7):1-7.
- [7] NEIL S D, LUIZ A C, LIU X J. Comparative study of variable size perturbation and observation maximum power point trackers for PV systems[J]. Electric Power Systems Research, 2010, 80(3): 296-305.
- [8] 于晶荣,曹一家,何敏,等.单相单级光伏逆变器最大功率点跟踪方法[J].仪器仪表学报,2013,34(1):18-25.
- [9] LAKKA M, KOUTROULIS E, DOLLAS A. Development of an FPGA-based SPWM generator for high switching frequency DC/AC inverters[J]. IEEE Transaction on Power Electronics, 2013, 29(1):356-365.

作者简介

欧少敏,1988年出生,硕士研究生。主要研究方向为太阳能光伏技术。

何志毅(通讯作者),1965年出生,博士,教授。主要研究方向为开关电源和电池技术、LED智能照明方面的研究。