

基于 ZigBee 无线网络容性设备在线监测终端装置研究

黄 堃

(广州供电局变电二部,广东 广州 510000)

摘要:提出了基于 ZigBee 技术的容性设备在线监测系统方案,详细介绍了基于 ZigBee 网络通信技术的变电站容性设备在线监测终端装置的硬件和软件构成。通过采用测试配置软件对无线模块的数据通信进行测试,证明了通信的有效性。

关键词:ZigBee;无线通信;终端装置;容性设备

中图分类号:TM76

文献标志码:B

文章编号:1009-0665(2011)05-0027-04

电容型设备包括电流传感器、套管、耦合电容器、电容式电压互感器等^[1]。容性设备在变电站中占 40%~50%,它的安全运行直接影响电力系统安全、稳定和经济运行。传统的定时检修由于存在试验周期长、强度大和有效性低等缺点^[2],已经无法满足高压电力设备安全、稳定运行的要求。为了降低运行成本、提高设备运行的效率以及改善电能质量等,状态监测^[3]是必不可少的重要手段。目前,变电站容性设备在线监测系统的结构形式有带电监测、集中式监测和分层分布多 CPU 形式等 3 种结构形式^[4,5]。为了解决模拟信号在长距离传输后导致的失真问题,现倾向于将微弱的模拟信号进行就地 A/D 转换,采用点对点通信方式或现场总线技术,由主机进行循环监测及处理。基于无线通信网络的变电站容性设备在线监测系统主要由变电站监控中心、ZigBee 无线通信网络和现场监测终端装置组成,而变电站容性设备在线监测终端装置是构成在线监测系统的基础,文中主要对基于 ZigBee 网络通信技术的监测终端装置的研制进行了详细介绍。

1 ZigBee 网络通信实现

ZigBee 的特点是网络系统支持极低、易实现、数据可靠传输、短距离操作、极低功耗、各层次的安全性等。因此很适合构成基于无线通信网络的变电站容性设备在线监测系统,系统拓扑如图 1 所示。

现场分布在变电站容性设备中的 ZigBee 终端节点装置分别采集同相母线 PT 二次侧电压和容性设备的泄露电流信号,传感器采集该信号的模拟量,经过放大、补偿等处理后,由监测的终端设备的 A/D(模拟/数字)转换单元转换为数字量,通过路由节点传送到 ZigBee 数据汇集节点,最后通过 RS-485 总线传送到监控中心,在监控中心分析和处理采集到的数据,得出电力设备的状态参数。

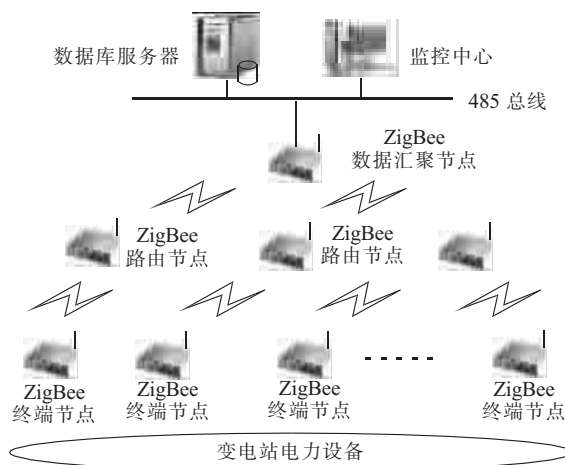


图 1 监测系统总体拓扑

1.1 ZigBee 芯片的选择

目前,有 4 家公司提供工作在 2.4 GHz 频段并支持 IEEE 802.15.4 标准的芯片,分别是 TI/CHIPCON, FREESCALE, JENNIC, MICROCHIP 等。考虑通信的距离,比较各芯片的信号接收灵敏度,在相同的发射功率条件下,接收灵敏度越高的芯片,节点之间的通信距离相应也就越远。这样可以减少系统路由节点个数,降低系统的成本和复杂度,从而提高系统运行的稳定性。

CC2420 是目前常用的 ZigBee 芯片,但信号灵敏度较低,传输距离受到限制,在视距情况下,CC2420 一般通信距离为 150 m 左右,使用 8051 单片机,8 位机处理的速度也受到限制。MC13192 在视距情况下,通信距离为 250~300 m,功能上较 CC2420 有所改进,搭配适当的 MCU,如 HCS08 系列单片机后,可作为硬件节点使用。

1.2 JN5139 芯片具体介绍

在线监测系统采用英国 JENNIC 公司生产的 JN5139 模块,作为 ZigBee 中心节点的控制板。JN5139 是 IEEE802.15.4 和 ZigBee 低成本低功耗微处理器,集成了 32 位 RISC 处理器、完全兼容的 2.4

GHz IEEE 802.15.4 收发器、192 KB ROM、96 KB RAM 以及丰富的模拟和数字外设。成本敏感的 ROM/RAM 架构支持系统软件存储,包括协议堆栈、路由表格以及应用代码/数据。每个器件都集成了硬件 MAC 和 AES 加密加速器、节电模式和定时睡眠模式以及安全键和程序代码加密。

ZigBee 中心节点主要由 JN5139 芯片、天线、16 MHz 的晶振、1Mbit FLASH 和一些相关的电阻、电容组成。ZigBee 网络具有强大的组网能力,可以形成星型、树型和 MESH 网状网。完整的 ZigBee 协议由高层应用规范、应用层接口、网络层、数据链路层和物理层组成。

1.3 ZigBee 无线数据传输模块的设计

无线数传模块的设计主要分为 4 个部分:CPU、射频、接插件和 GPS 模块。CPU 部分主要由 AT91SAM7S64 及其辅助电路组成;射频部分由

JN5139 模块组成;为了方便模块的替换,选择可以插拔的、间距 1.27~的插针作为接插件,这种接插件使得模块也可以像其他芯片一样直接焊接在目标 PCB 上,作为目标板的一部分,同时也可以上自动贴片机。GPS 部分采用摩托罗拉 M12+Timing 授时模块。

2 基于 ZigBee 在线监测终端装置研制

2.1 硬件设计

数据采集处理模块由 AT91SAM7S64 单片机作为 CPU 处理器,控制 A/D 转换器 TLC3578 进行数据的实时采集,采集到的数据存在 FLASH 芯片中,等待上位机的命令进行数据传输。AT91SAM7S64 通过 SPI 接口与 JN5139 相连。TLC3578 特性:串行输出、低功耗,具有内置转换时钟 8x FIFO、8 通道。数据采集应用电路如图 2 所示。

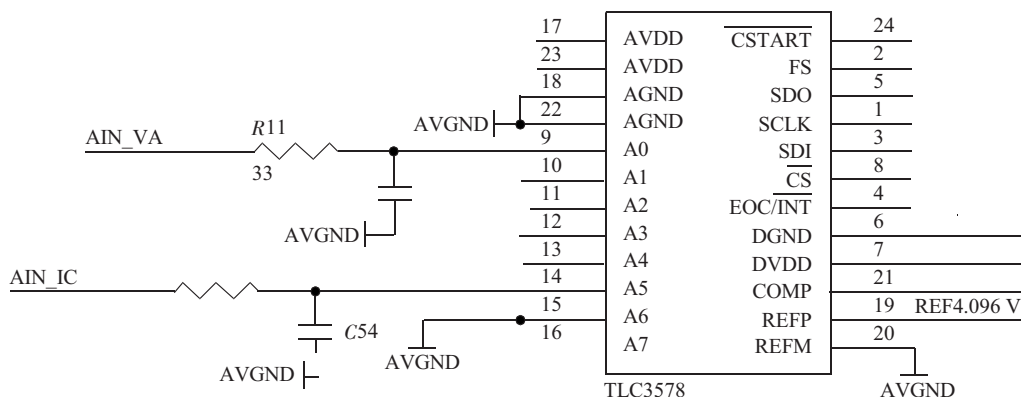


图 2 TLC3578 数据采集应用电路

ZigBee 中心节点协调器控制板可通过 2 种方式供电,一是通过串口与 PC 相连供电,二是通过 3 节 1.5 V 的电池供电。根据中心节点是否需移动采用相应的供电形式。文中提出的在线监测系统,供电方式采用第 2 种方式,电路如图 3 所示。当线路正常时,由 PT 提供外接的 3.6 V 电源,经限流电阻后接至三极管使其导通,三极管的 e 极输出 3.3 V 的电压 BAT3.6, N 极接电压判断回路,当电压低于 3.5 V 时能够对其自动充电。

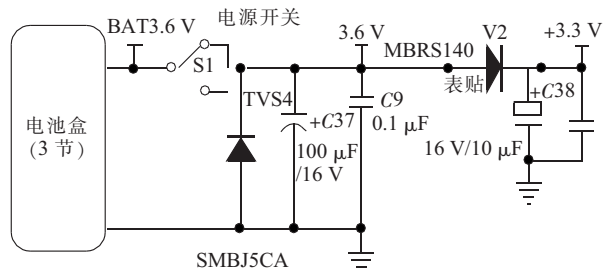


图 3 节点供电电路

在变电站容性设备在线监测系统中,一般采用单匝穿心式微电流传感器来测量设备末屏的泄露电

流。为降低强电磁场工作环境对测量精度产生的影响,设计电流传感器屏蔽结构时,可从屏蔽电场干扰和磁场干扰入手。为屏蔽电场干扰,应依靠高电导率铜材的反射损耗。而对工频磁场干扰可采用高磁导率、低电导率的强磁材料进行屏蔽。由于数据必须满足同步采样,即采样频率为信号基波频率的整数倍,但频率波动等因素使得同步采样很难满足,故采用 GPS 进行同步授时方式来达到同步性。

2.2 软件设计

本系统所开发的硬件平台有如下特点:工作在免费的 2.4 GHz 频段上,与 IEEE 802.15.4-2003 标准兼容;支持 Jennic 的 IEEE 802.15.4-2003 MAC/PHY 层软件;支持 Jennic 的 Stack 软件系统。软件设计主要研究基于 Jennic 开发套件配套的软件系统来开发 ZigBee 网络,其开发流程如图 4 所示。

基于 ZigBee 的无线传感器网络通常包括精简功能设备节点(RFD)、全功能设备节点(FFD)、协调节点(Coordinator)、路由节点(Router)。

需要分别对 Coordinator 节点、Router 节点和

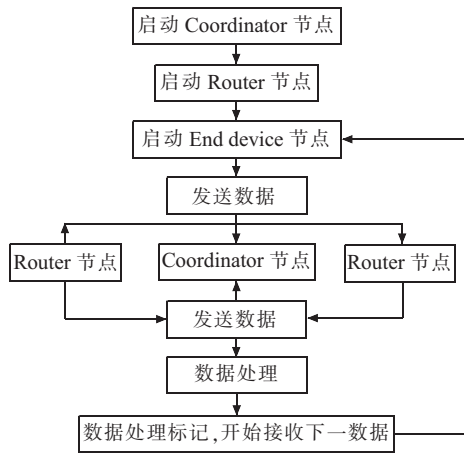


图 4 ZigBee 网络开发流程

End device 节点编写程序来完成 ZigBee 网络开发的流程。首先对网络中的 ZigBee 节点初始化,再开始启动网络,给每个节点分配一个簇(Cluster)和短地址(Network Address),设置网络接收数据入口地址和网络接收数据出口地址。网络启动后,便可收发数据。在接收数据之前,需先启动 BOS,使得每个下层设备向系统注册各自的任务,再对 Coordinator 节点串口初始化,在初始化系统时,触发设备板上的可编程 LED1,获取 LED 闪动的频率,根据 LED 闪动进行每一次数据的发送。网络中各个节点的程序流程如图(5—7)所示。

ZigBee 模块与后台通信采用询问式通信方式。

3 ZigBee 终端装置实验

实验通过不同距离的测试来验证通信效率,并且在距离较远、通信效率不能满足要求时,增加路由节点实现 ZigBee 网络的自组,进而提高通信效率,从 300 m 开始每间隔 50 m 进行无线接发数据的实验。实验数据如表 1 所示,通信距离较远时,效果不

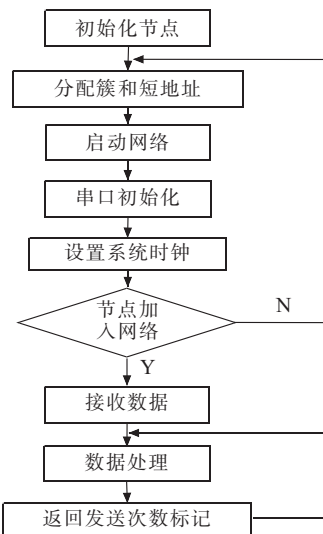


图 5 Coordinator 节点程序流程

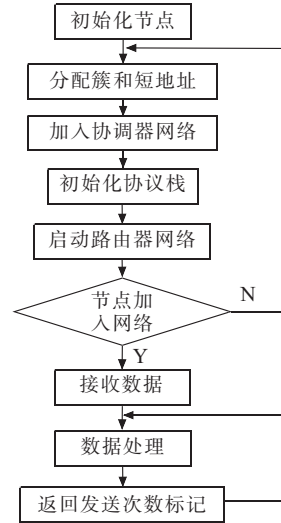


图 6 Router 节点程序流程

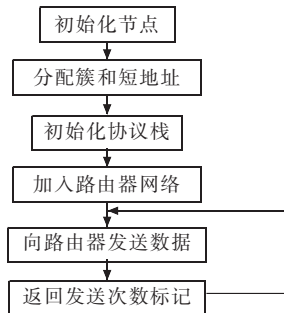


图 7 End Device 节点程序流程

理想加入路由节点后的数据如表 2 所示,在 220 kV 高压输电线路下的通信数据如表 3 所示。

表 1 无线网络实验通信数据

距离 /m	响应 / 发送次数	通信成功率 /%
250	161/161	100.00
300	125/126	99.21
350	103/113	91.15
400	115/118	97.46
450	88/102	86.27
500	101/112	90.18
550	103/137	75.18
600	70/104	67.31
650	70/102	68.63
700	145/185	78.38
750	62/101	61.39

表 2 在 300 m 处加入路由节点后的通信数据

距离 /m	响应 / 发送次数	通信成功率 /%
550	142/146	97.26
600	123/128	96.09
650	107/114	93.86
700	85/90	94.44
750	119/131	90.84

从测试结果可以看出,通信成功率与通信节点

表 3 220 kV 线路下的现场实验通信数据

距离 /m	响应 / 发送次数	通信成功率 /%
250	312/312	100.00
300	318/338	94.08
350	288/312	92.31
400	301/312	96.47
450	356/379	93.93
500	345/366	94.26
550	350/370	94.60
600	332/364	91.21
650	373/376	99.20
700	145/185	78.38
750	62/101	61.39

之间的距离基本上成正比关系。这 5 个节点可以很好地完成节点慢速相对移动下 300~400 m 距离内的数据平稳准确传输。距离移动较远后增加路由节点后的通信效率也比较高。

实验结果表明,随着实验节点数目的增多,网络传输的稳定性和覆盖范围大大提高。这说明在大范围的电力系统网络中,可以布置大量的无线通信节点达到对电力系统进行实施监测的目的。

4 结束语

本文对基于 ZigBee 无线网络通信技术的容性设备在线监测终端装置进行了深入分析和介绍,实验证明了 ZigBee 技术进行数据传输的有效性,对 ZigBee 无线网络通信的开发和应用具有一定参考意义。

参考文献:

- [1] 王楠,陈志业,律方成.电容型设备绝缘在线监测与诊断技术综述[J].电网技术,2003,27(8):72-76.
- [2] 关根志,贺景亮.电气设备的绝缘在线监测与状态维修[J].中国电力,2000,33(3):46-49.
- [3] 梁国文,刘文举.电容型设备在线监测装置现状分析及建议[J].华北电力技术,2002(10):41-44.
- [4] 黄建华,金园,何青.电容型设备绝缘在线监测系统及其选用原则[J].高电压技术,2001,27(5):13-19.
- [5] 黄建华,全零三.变电站高压电气设备状态检修的现状及其发展[J].电力系统自动化,2001,25(16):56-61.

作者简介:

黄堃(1980-),男,江西都昌人,工程师,从事 500 kV 变电站变电运行及设备监控工作。

Development of Online Monitoring Terminal Device For Capacitive Equipment Based On ZigBee WSN

HUANG Kun

(2nd Dept. of Substation Engineering, Guangzhou Power Supply Bureau, Guangdong 510000, China)

Abstract: This paper proposes a monitoring scheme for capacitive equipment based on ZigBee technology, and introduces detailed description of the monitoring terminal device's hardware and software composition. The effectiveness of communication is proved through data communication testing on the wireless module based on test configuration software.

Key words: ZigBee; wireless communication; terminal device; capacitive equipment

常见气象名词(一)

(1) 梅雨

每年夏初在江淮流域一带常会出现的连绵阴雨天气,此时正值江南梅子黄熟季节,故称“梅雨”,又因为这时空气湿度大,百物极易受潮霉烂,因此又有“霉雨”之称,入梅时间大多在 6 月 6~15 日,出梅时期大多在 7 月 6~10 日,入梅与出梅最早、最晚可差 40 d 左右。

(2) 风力

空气的水平运动称为风。风的来向称风向,风的大小用风速(m/s)表示,有时也用风力来表示,通常分 0~12 个等级。平均风力在 6 级以上,阵风在 7 级以上的风,气象上就称为大风,大风一年四季都可能发生。

(3) 雨量

降雨量是指降到地面未经蒸发、渗透、流失的雨量,用积聚在水平面上的深度来表示。降雨量级:小雨指 24 h 降雨量小于 10 mm,中雨 10~25 mm,大雨 25~50 mm,暴雨 50~100 mm,大暴雨 100~200 mm,特大暴雨大于 200 mm。

(4) 厄尔尼诺现象

厄尔尼诺现象是全球气候年际异常变化的最强信号,是南美洲的秘鲁、厄瓜多尔等沿海在圣诞节前后发生的海水异常增暖现象,是大尺度的海洋和大气相互作用的结果。它的形成、发展和消失,会造成大范围大气环流的异常变化,继而出现全球性气候异常,甚至极端的气候灾害,进而导致大范围灾害性天气的发生。