

# 基于 ZigBee 网络的风光储联合发电站气象监测系统

张 浩，刘世栋，李炳林

（中国电力科学研究院，南京市江宁区胜利西路 9 号 211106）

**摘 要：**ZigBee 技术是新兴的低成本低速率短距离的无线网络通信技术，并以其低功耗的优良特性成为物联网中的重要技术之一。本文着重研究了 ZigBee 技术在自组网和微功耗方面的技术特点，将 ZigBee 技术与风光储联合发电站中的气象监测系统应用需求相结合，主要从系统架构和组网方式等方面给出了 ZigBee 技术在气象监测系统中的应用模式，分析了 ZigBee 技术在气象监测系统中的应用效果。

**关键词：**物联网；传感器网络；ZigBee；气象监测

## 0 引言

随着社会的发展和科技的进步，人们的环境保护和低碳生活的要求也逐步提高，清洁能源和智能电网得到了大力的发展。风光储联合发电站建设是清洁能源工程的一个重要的环节，由于风光储联合发电站对气象环境的要求，一般都需要在场站内部署气象监测系统。由于气象监测系统的采集点具有数量众多、位置分散、数据量小等特点，需要借助于低功耗的传感器网络技术实现系统的通信网络。

ZigBee 技术是一种近距离、低复杂度、低功耗、低速率、低成本的双向无线通讯技术。主要用于距离短、功耗低且传输速率不高的各种电子设备之间进行数据传输以及典型的有周期性数据、间歇性数据和低反应时间数据传输的应用。非常适合于构建气象监测系统的数据传输网络。

## 1 ZigBee 技术介绍

### 1.1 简介

无线传感器网络节点要进行相互的数据交流就要有相应的无线网络协议（包括 MAC 层、路由、网络层、应用层等），传统的无线协议很难适应无线传感器的低花费、低能量、高容错性等的要求，这种情况下，ZigBee 协议应运而生。

Zigbee 是一种新兴的短距离、低速率的无线网络技术，也是一种重要的物联网通信技术，主要用于近距离无线连接<sup>[1]</sup>。它有自己的协议标准，在数千个微小的传感器之间相互协调实现通信。这些传感器只需要很少的能量，以接力的方式通过无线电波将数据从一个传感器传到另一个传感器，所以它们的通信效率非常高。Zigbee 是一个由可多到 65000 个无线数传模块组成的一个无线数传网络平台，十分类似现有的移动通信的 CDMA 网或 GSM 网，每一个 Zigbee 网络数传模块类似移动网络的一个基站，在整个网络范围内，它们之间可以进行相互通信；每个网络节点间的距离可以从标准的 75m，到扩展后的几百米，甚至几公里；另外整个 Zigbee 网络还可以与现有的其它的各种网络连接<sup>[2]</sup>。

### 1.2 协议栈

ZigBee 协议栈是在 IEEE 802.15.4 标准基础上建立的。IEEE 802.15.4 定义了物理层（PHY）和媒体访问控制层（MAC），ZigBee 定义了网络层（NWK）、应用层（APL）和安全服务提供者（SSP）。图 1 给出了这些组件的概况。

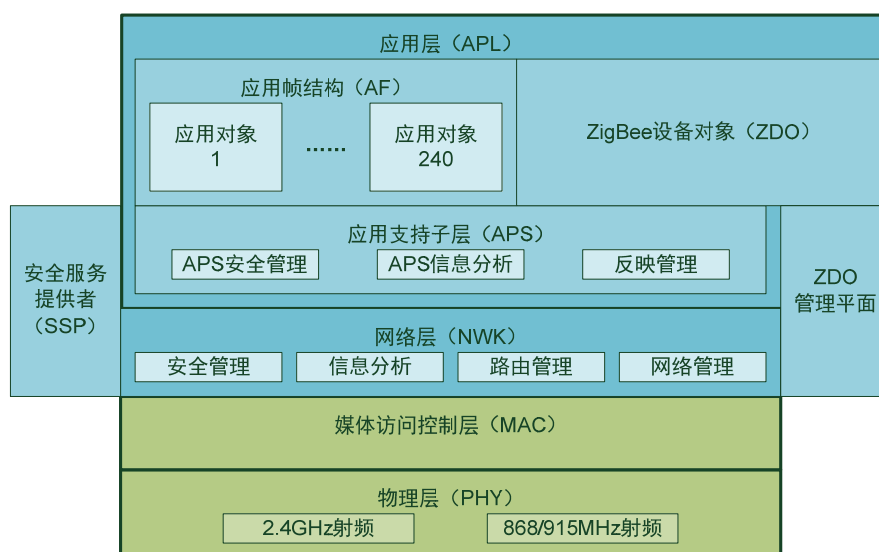


图 1 ZigBee 协议栈结构

ZigBee 协议栈的物理层和 MAC 层都是由 IEEE802.15.4 规定的。物理层支持 868/915MHz 和 2.4GHz 三种频段。MAC 层之上是网络层，主要提供网络层数据收发和路由功能，网络层之上是应用层，应用层又分为几个模块，其中网络层之上是应用支持子层 (APS)，主要提供应用层数据处理和绑定功能。APS 之上是真正的应用。ZigBee 中用“应用对象”来表示每个应用，其中 ZigBee 设备对象 (ZDO) 是一个特殊的应用。它是所有 ZigBee 设备都实现的一个应用，提供设备管理的各项功能，包括设备发现、服务发现、绑定管理和网络管理等。所有应用对象的定义，还会受到应用框架 (AF) 的一些规定的限制。ZigBee 还提供了安全的功能，称为安全服务提供者 (SSP)，为网络层和应用层提供安全服务<sup>[3]</sup>。

### 1.3 ZigBee 无线数据传输网络描述

与移动通信的 CDMA 网或 GSM 网不同的是，ZigBee 网络主要是为工业现场自动化控制数据传输而建立，因而，它必须具有简单，使用方便，工作可靠，价格低的特点。而移动通信网主要是为语音通信而建立，每个基站价值一般都在百万元人民币以上，而每个 ZigBee“基站”却不到 1000 元人民币。每个 ZigBee 网络节点不仅本身可以作为监控对象，例如其所连接的传感器直接进行数据采集和监控，还可以自动中转别的网络节点传过来的数据资料。除此之外，每一个 ZigBee 网络节点 (FFD) 还可在自己信号覆盖的范围内，和多个不承担网络信息中转任务的孤立的子节点 (RFD) 无线连接。

### 1.4 ZigBee 采用的自组织网通信方式

ZigBee 技术所采用的自组织网是其一个重要的技术特点和技术优势，举一个简单的例子就可以说明这个问题。当一队伞兵实施空降，每人持有一个 ZigBee 网络模块终端降落到地面后，只要他们彼此间在网络模块的通信范围内，通过彼此自动寻找，很快就可以形成一个互联互通的 ZigBee 网络。即使人员移动带来了彼此间相对位置的变化，ZigBee 模块仍然可以通过重新寻找通信对象，建立彼此间的联络，对原有网络进行刷新。

自组织网通信包含了网状网通信和动态路由两个重要的技术。网状网通信实际上就是多通道通信，在实际工业现场，由于各种原因，往往并不能保证每一个无线通道都能够始终畅通，当某路出现暂时中断，此时由于有多个通道，数据仍然可以通过其他路由到达目的地。而这一点对工业现场控制而言则非常重要。动态路由是自组织网通信能够得以实现的技术基础。所谓动态路由是指网络中数据传输的路径并不是预先设定的，而是传输数据前，通过对网络当时可利用的所有路径进行搜索，分析它们的位置关系以及远近，然后选择其中的一条路径进行数据传输。在实际工业现场，预先确定的传输路径随时都可能发生

变化,或者因各种原因路径被中断了,或者过于繁忙不能进行及时传送。动态路由结合网状拓扑结构,就可以很好解决这个问题,从而保证数据的可靠传输。

### 1.5 技术特点

ZigBee技术想对于其他相近的无线网络通信技术而言有以下技术特点:

**低功耗。**在低功耗待机模式下,2节5号干电池可支持1个节点工作6~24个月,甚至更长。这是ZigBee的突出优势。相比较,蓝牙能工作数周,WiFi可工作数小时。

**低成本。**通过大幅简化协议(不到蓝牙的1/10),降低了对通信控制器的要求,按预测分析,以8051的8位微控制器测算,全功能的主节点需要32KB代码,子功能节点少至4KB代码,而且ZigBee免协议专利费。每块芯片的价格大约为2 美元。

**低速率。**ZigBee工作在20~250 kbps的较低速率,分别提供250 kbps(2.4GHz)、40kbps(915 MHz)和20kbps(868 MHz)的原始数据吞吐率,满足低速率传输数据的应用需求。

**近距离。**传输范围一般介于10~100 m之间,在增加RF发射功率后,亦可增加到1~3 km。这指的是相邻节点间的距离。如果通过路由和节点间通信的接力,传输距离将可以更远。

**短时延。**ZigBee的响应速度较快,一般从睡眠转入工作状态只需15ms,节点连接进入网络只需30ms,进一步节省了电能。相比较,蓝牙需要3~10s、WiFi需要3s。

**高容量。**ZigBee可采用星状、片状和网状网络结构,由一个主节点管理若干子节点,最多一个主节点可管理254 个子节点;同时主节点还可由上一层网络节点管理,最多可组成65000 个节点的大网。

**高安全。**ZigBee提供了三级安全模式,包括无安全设定、使用接入控制清单(ACL)防止非法获取数据以及采用高级加密标准(AES 128)的对称密码,以灵活确定其安全属性。

**免执照频段。**采用直接序列扩频在工业科学医疗(ISM)频段,2.4 GHz(全球)、915 MHz(美国)和868 MHz(欧洲)。

## 2 在气象监测系统中的应用

### 2.1 需求分析

风光储联合发电站的选址一般需要满足日照充足,风量充足稳定等要求。由于光伏发电和储能的要求,一般选址陆地建设风光储联合发电站。与火电和核电等不同,风光储联合发电站的占地面积会比较大,以便获得最大的光照和风力。虽然场站的面积比较大,但是都布置了风机和太阳能电池板。一般而言,一台风机、若干太阳能电池板和储能装置构成一个单元,风光储联合发电站的规模大小取决于单元的数目。这些单元按照一定的间距排列,构成了整个风光储联合发电站的主体部分<sup>[4]</sup>。

微气象监测的应用对于风光储联合发电站来说是非常重要的,因为风的情况和日照情况是直接决定风光储联合发电站的运行情况。

风力发电机可简称风机,是构成风光储联合发电站的必要条件之一,主要由塔架、叶片、发电机等三大部分所构成。运转的风速必须大于2~4 m/s(依发电机不同而有所差异)不等,但是风速太强(约25 m/s)也不行,当风速达10~16 m/s 时,即达满载发电,根据风机类别的不同,IEC标准对最大耐风速有不同规定,某些风机约为70 m/s,所以好的风场不但要一年四季吹风的日子多,风速的大小和稳定也很关键。

为了合理使用风力资源,在强风到来之前有效地保护风机,需要对进入风光储联合发电站的风的风力风向进行预测。这样的预测是无法通过天气预报获知的,只能通过在风光储联合发电站的周边布置微气象传感器,预先获知风力风向,为系统对风机参数的调整取得依据,提高风机对风力的利用率,有效地保护风机。

这样,微气象传感器的布置就比较分散和广阔。一般位于风光储联合发电站的外围几公里处到几十公里处。由于电波传送的速度远远高于风速,配合联动的自动控制系统,可以在很短的时间内实现对风机的保护,因此,传感器节点布置的距离可以近一些,一般几公里内就可以实现对风机的有效保护。太远的距离有时候也不利于通信的实现,反而增加了成本。

由于气象监测点的位置较为分散，并且数量较多，在通信方式的选择上需要采用低成本的设计。气象监测的数据量并不大，但是对通信延时的要求较高。由于气象监测点较多且分散，其供电是一个需要解决的问题，需要采用电池供电，或者辅助于太阳能。但无论怎样的供电方式都对功耗有很高的要求，越低的功耗意味着越低的建设成本。从这几个方面考虑，ZigBee技术是最合适的通信技术，用于构建风光储联合发电站内的气象监测系统<sup>[5][6]</sup>。

### 2.2 系统架构

气象监测系统的总体架构如图所示。整个系统由气象监测主站、基于ZigBee的无线传感器网络和各种气象传感器构成，如图2所示。

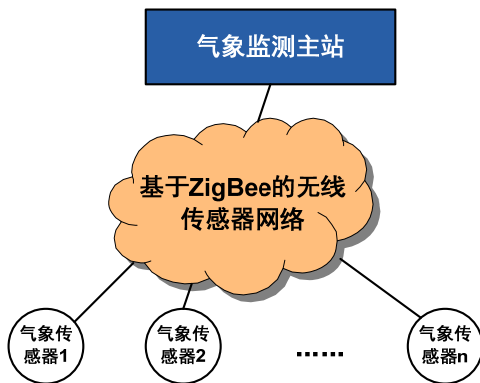


图 2 气象监测系统的体系结构

气象监测系统主要由气象监测主站和气象传感器构成，它们之间通过基于ZigBee的无线传感器网络进行通信。气象监测主站复杂对数据进行收集，存储，分析和展示，并协调整个网络的通信。主站系统的分析结果可以作为对电力生产进行调整的依据，和其他系统联动，进行一些控制，调配生产资源。气象传感器包括很多种类，有风向风速、温度湿度、日照、雨量等。气象传感器中集成ZigBee通信模块，利用基于ZigBee的无线传感器网络和气象监测主站进行通信，将各种监测数据提交给气象监测主站。

### 2.3 组网方式

组网方式的重点在于基于ZigBee的无线传感器网络的拓扑结构。基于ZigBee的无线传感器网络由3种重要的设备构成，它们分别为协调器设备、全功能设备（FFD）和缩减功能设备（RFD），如图3所示。

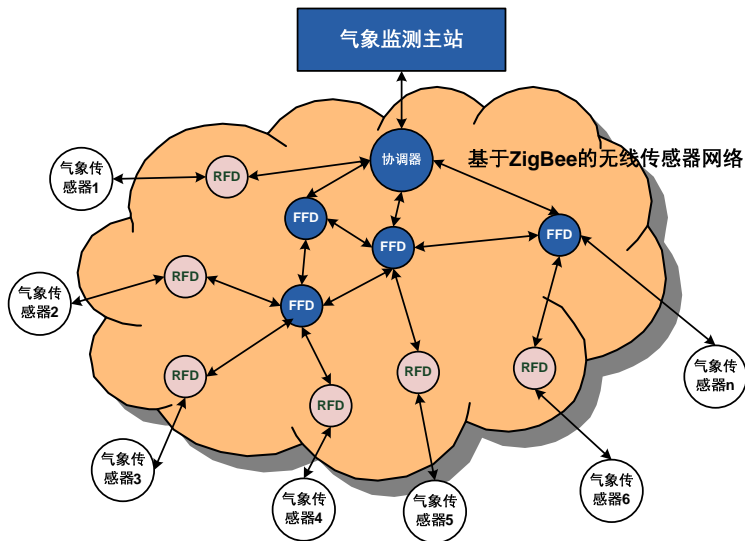


图 3 基于 ZigBee 的无线传感器网络的组网方式

协调器在一个ZigBee网络中只有一个，它的主要功能是协调网络中所有节点之间的通信，保证网络的正常工作。协调器可以和FFD和RFD之间进行通信。FFD是一个全功能节点，它具有中继的功能，是一个路由节点。它可以和RFD进行通信，也可以和FFD以及协调器进行通信。RFD是一个缩减功能节点，功能相对简单，一般作为网络的末梢，它可以和FFD通信，也可以直接和协调器进行通信，但是两个RFD之间不能够进行通信。

协调器因为能够协调整个网络，并汇集所有网络的信息，因此，它被放在主站，作为主站系统的前置接入。FFD和RFD是网络中的节点，气象传感器可以集成FFD，也可以集成RFD，这样气象传感器就可以利用ZigBee的节点进行通信。集成了FFD的气象传感器可以作为中继节点，转发其他传感器的数据信息。

### 3 结论

由于ZigBee在成本和功耗上的优势，集成了ZigBee通信模块的气象监测终端可以采用太阳能电池供电，太阳能电池板的功率和电池的容量均可以很小，从而价格也很低，设备体积也能够得到很好的控制，气象监测点的部署成本和施工难度也相应很低。

单点成本降低可以使得节点的数目在总投资额不变的情况下得以增加，提高了气象监测的精度和水平。节点数据的增加同时提高了ZigBee网络的强壮性，更容易克服某些节点失效和电磁干扰带来的通信效率的下降。

ZigBee的低通信延时保证了气象监测点的数据可以及时的送到气象监测主站，并且保证了一些气象数据计算的精度，提升了气象监测系统的整体性能指标。

ZigBee系统安全性完全能够满足气象监测系统应用的需求，并且使用ISM频段，在频率使用上不需要申请和授权，大大简化了系统建设的过程，提高了系统部署的速度。虽然ISM频段会受到不可预知的干扰，但是在风光储联合发电站附近由于居民很少，因此，在实际使用过程中ZigBee网络受到干扰的情况很少。

因此，ZigBee技术非常适合于风光储联合发电站气象监测系统中的应用，并能够有效地提高系统的建设速度，降低系统的建设成本，提升系统的服务质量。

#### 参考文献：

- [1] 马驹.ZigBee在物联网中的应用[J].科协论坛,2011(2).
- [2] 彭燕.基于ZigBee的无线传感器网络研究[J].现代电子技术,2011,34(5).
- [3] 钟永峰,刘永俊.ZigBee无线传感器网络[M].北京:北京邮电大学出版社,2011.
- [4] 唐宏德,郭家宝,陈文升.风光储联合发电技术及其工程应用[J].电力与能源,2011(1).
- [5] 周海,范火生,程序.浅析电网防灾气象监测系统的数据通信组网技术[J].水电自动化与大坝监测,2009,33(6).
- [6] 李建宇,郑丽春,李文华.自动气象监测站网运行监控系统的设计[J].硅谷,2008(10).

---

#### 作者简介：

张 浩(1981-), 男, 工程师, 研究方向为电力系统通信;

刘世栋(1971-), 男, 工程师, 研究方向为通信与信息系统;

李炳林(1970-), 男, 高级工程师, 主要从事电力系统通信研究工作。