

# Application Research of Communication Technology for Intelligent Monitoring of Transmission Line

Dongchao Zou<sup>1</sup>, Kaihong Li<sup>1\*</sup>, Baoren Chen<sup>2#</sup>

<sup>1</sup>Qingyuan Power Supply Bureau, Qingyuan

<sup>2</sup>Guangdong Electric Power Design Institute, Guangzhou

Email: [z072004@126.com](mailto:z072004@126.com), [13602936430@139.com](mailto:13602936430@139.com), [15818885892@139.com](mailto:15818885892@139.com)

Received: Nov. 15<sup>th</sup>, 2013; revised: Dec. 18<sup>th</sup>, 2013; accepted: Dec. 26<sup>th</sup>, 2013

Copyright © 2014 Dongchao Zou et al. This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited. In accordance of the Creative Commons Attribution License all Copyrights © 2014 are reserved for Hans and the owner of the intellectual property Dongchao Zou et al. All Copyright © 2014 are guarded by law and by Hans as a guardian.

**Abstract:** On the basis of the intelligent monitoring system communication network architecture and communication needs analysis, we have researched the requirements of the intelligent online monitoring system of four kinds of communication modes and the transmission channel, and discussed the solution of the transmission line communication intelligent monitoring system. In the application of intelligent monitoring system for transmission line, through the “EPON + broadband wireless MESH”, “industrial switches + broadband wireless MESH”, “fiber + distributed wireless broadband system”, the wireless public network and other means of introduction and scheme analysis of advantages and disadvantages, we chose an appropriate communication mode to suit one’s demand to local conditions, to achieve real-time monitoring of power transmission lines and tower operation state, which can effectively improve the security of transmission line.

**Keywords:** Communication Technology; Wireless MESH; Transmission Line

## 输电线路智能监测系统通信技术应用研究

邹冬超<sup>1</sup>, 李开红<sup>1\*</sup>, 陈宝仁<sup>2#</sup>

<sup>1</sup>清远供电局, 清远

<sup>2</sup>广东省电力设计研究院, 广州

Email: [z072004@126.com](mailto:z072004@126.com), [13602936430@139.com](mailto:13602936430@139.com), [15818885892@139.com](mailto:15818885892@139.com)

收稿日期: 2013年11月15日; 修回日期: 2013年12月18日; 录用日期: 2013年12月26日

**摘要:** 本文从输电线路智能监测系统通信网络架构、通信需求分析出发, 研究智能在线监测系统的四种通信组网模式和传输通道要求, 提出输电线路智能监测系统通信解决方案。在输电线路智能监测系统应用中, 通过“EPON + 宽带无线 MESH”、“工业交换机 + 宽带无线 MESH”、“光纤 + 分布式无线宽带系统”、无线公网等多种方式的介绍和方案优缺点分析, 因地制宜的选择合适的通信模式, 实现电力输电线路及杆塔运行状态实时监控, 可有效提高输电线路安全性。

**关键词:** 通信技术; 无线 MESH; 输电线路

### 1. 引言

输电线路智能监测系统(以下简称“监测系统”)

\*第一作者。

#通讯作者。

是运用先进的技术手段对输电线路进行自动化监视和科学管理, 也是实现智能电网的重要基础之一。输电线路智能监测是一项复杂的系统工程, 它以输电线路在线监测系统为核心, 并且涉及到对输电网一次网架和设

备的配套要求、多种通信手段的综合利用、以及与相关系统的应用集成等。目前国内已有较多的研究机构和企业单位研制开发出多种输电线路本体、气象及通道环境监测装置,包括导线温度、导地线微风振动、舞动,绝缘子串风偏,绝缘子泄漏电流、盐密、杆塔倾斜、杆塔振动,微气象、图像/视频,杆塔防盗等,这些装置已在特高压交流示范工程、30多个大跨越线路、跨区线路以及各电压等级的重要线路中投入使用。国内电力输电线路在线监测应用较多的有图像/视频、覆冰、微气象等。

通信网络的是监测系统运行的基础,如何在输电线路路上建设一套可靠、宽带的通信网络,是当前监测系统可靠运行的关键<sup>[1]</sup>。

## 2. 监测系统通信需求

输电线路智能检测系统要实现对输电线路的微风振动、舞动、污秽、覆冰及杆塔倾斜、振动及现场视频的传输,其通信系统应支持以下几种通信模式<sup>[2]</sup>:

- 1) 事件触发式通信:支持监测终端事件触发或监测主站主动触发方式下的即时双向通信。
- 2) 实时通信:支持一直在线传输的实时双向通信。
- 3) 定时间隔通信:支持系统设定的定时间隔(按一定的时间间隔)双向通信。

输电线路智能检测系统通信应支持以下几种通信业务的透明传输:

- 1) 低带宽数据通信,支持以太网、RS232/RS485/RS422接口和无线公网制式的空中接口。
- 2) 高清或标清视频通信,支持不少于1Mbps以上业务带宽。

## 3. 监测系统通信网络架构

输电线路智能监测系统通信网络骨干层、接入层的分层结构,系统主站和变电站之间的通信网络为骨干层,变电站和输电杆塔之间的通信为接入层,层次结构如图1所示。

骨干层通信网络负责传输接入网络的各个通信终端的数据,并将其传送至监测系统主站。骨干通信网络应充分利用电力现有的通信网络,优选综合数据网;

接入层通信网络负责监测终端(如传感器、摄像机等)信息的接入,并将监测系统传送至骨干层网络。接入层通信网络接入层通信网络实现监测主站、子站和监测终端之间的通信,应采用光纤通信和无线通信方

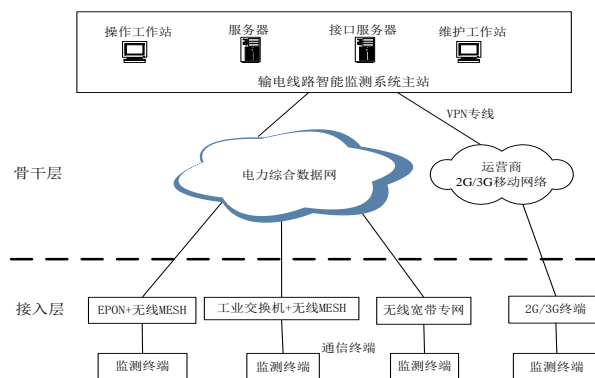


Figure 1. Communication system architecture of online monitoring on transmission line

图 1. 输电线路在线监测通信系统架构

式相结合的原则组建,可因地制宜地选择采用“EPON + 无线 MESH”、“工业交换机 + 无线 MESH”、“无线宽带专网”、无线公网等多种通信技术。

## 4. 接入层通信网络组网模式及传输通道要求

一般 110 kV 及以上输电线路都随输电线路敷设 OPGW 或 ADSS 光缆,每 3~4 km 或 5~7 级杆塔有光缆接口处,因此在一些杆塔中可以实现光纤通信的接入,而在其它更多的杆塔却没有光缆接入。因此,输电线路沿线通信方式的最佳选择是采用“光纤+无线”的通信方式<sup>[3]</sup>。其中主要模式如下。

### 4.1. 模式一: EPON+宽带无线 MESH 网

“EPON + 宽带无线通信”<sup>[5]</sup>模式组网结构如图 2 所示。

“EPON + 宽带无线通信”模式实现杆塔上光缆接续盒(光缆沿线接头点)与主站之间采用 EPON 实现,监测终端与 ONU 之间通过宽带无线 MESH 方实现通信。根据线路情况,合理地选择 OPGW、ADSS 或 OPPC 光缆作为接入光缆。无线宽带 MESH 的网络带宽可达到 20 Mbps 左右<sup>[4]</sup>。

一个典型的 EPON 系统由 OLT、ONU、POS 组成,ONU 设置在具有光缆接续盒的杆塔上,OLT 设置在主站通信机房,但 OLT 与 ONU 最大距离不超过 20 km。

### 4.2. 模式二: 工业以太网交换机 + 宽带无线 MESH 网

“工业以太网交换机+宽带无线通信”模式组网

结构如图 3 所示。

“工业以太网交换机+宽带无线 MESH”模式实现杆塔上光缆接续盒(光缆沿线接头点)与主站之间采用工业以太网交换机实现,监测终端与交换机之间通过宽带无线 MESH 方实现通信。根据线路情况,合理地选择 OPGW、ADSS 或 OPPC 光缆作为接入光缆。无线宽带 MESH 的网络带宽可达到 20 Mbps 左右。

工业以太网采用逐级传递的模式,对于任何两个相邻节点的距离,取决于所配光器件的能力,目前,市场上所能够采购到的成熟的光器件的传输距离最大能够达到 80 km 以上。

### 4.3. 模式三: 光纤+无线宽带专网(分布式基站)

光纤+无线宽带专网方式(分布式基站)模式组网结构如图 4 所示。

TD-LTE 分布式基站就是把传统的 TD-LTE 基站分成了两个相对独立的部分,基带单元(Baseband Unit, BBU)和远端射频单元(RemoteRadio Unit, RRU), BBU 与 RRU 之间采用光纤直连,拉远距离可达 40 km。

BBU 设置在 110 kV 及以上变电站,一般只有 1U 或 2U 高,可内置于传输机架内,也可直接挂墙安装,无需占用变电站通信机房面积。

RRU 应具有 IP65 的防护等级,可直接在杆塔上安装,只需跳线连接天线,无需馈缆,可减少 3dB 左右损耗,有效扩大覆盖面积。

一个 BBU 可以带多个(一般 6 个以上)RRU,可采用一对光纤串接或采用多对光纤并接方式,可实现多塔共享 BBU。每个 TD-LTE 基站在一个扇区(定向天线)能覆盖 3 km 及以上的距离,每个基站设置两个扇区,可覆盖 6 km 以上的距离。其实现方式如图 5。

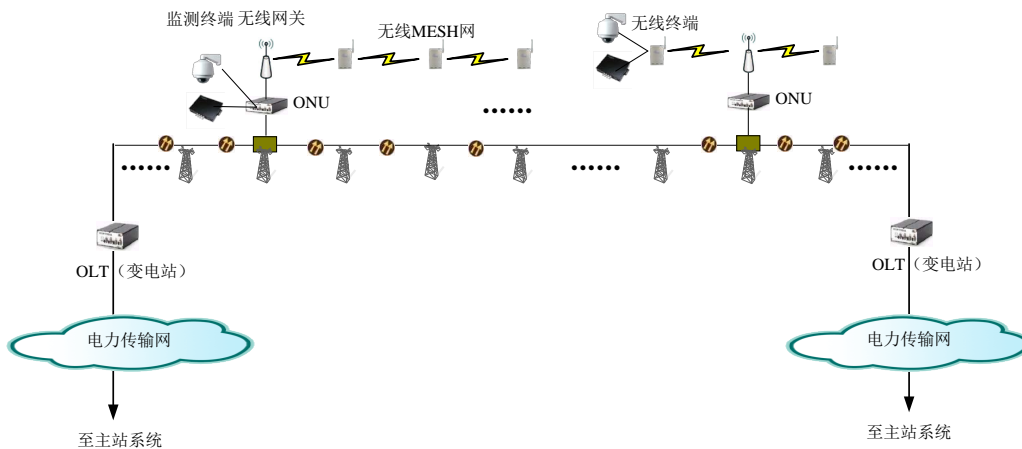


Figure 2. Network mode of EPON + broadband wireless MESH  
图 2. EPON + 宽带无线 MESH 组网模式

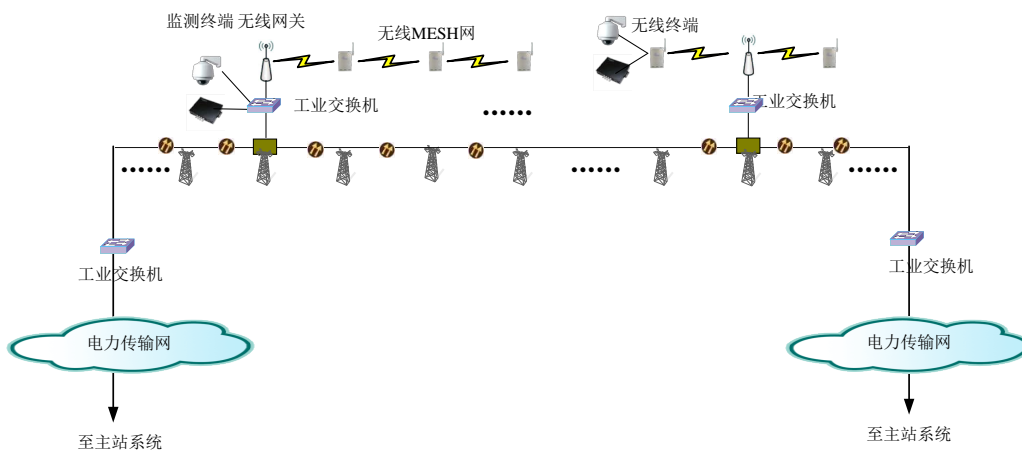


Figure 3. Network mode of industrial Ethernet Switch + broadband wireless MESH  
图 3. 工业以太网交换机 + 宽带无线 MESH 组网模式

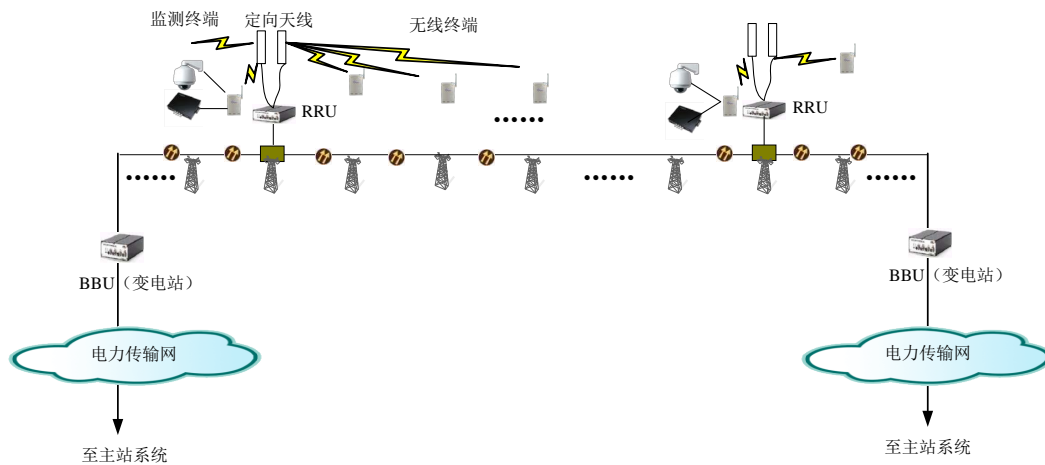


Figure 4. Mode of fiber + TD-LTE distributed base station  
图 4. 光纤 + TD-LTE 分布式基站模式

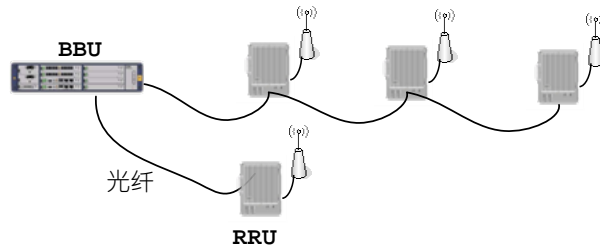


Figure 5. Network mode of BBU and RRU series and parallel  
图 5. BBU 与 RRU 串联和并网络方式

#### 4.4. 模式四：无线公网(2G/3G 无线传输)

2G/3G 无线传输模式组网结构如图 6 所示。

2G/3G 终端模块和各供电局主站系统/Radius 认证服务器之间的数据通信必须通过 VPN 专线方式，主站系统置于企业网内部。

2G/3G 终端采用静态 IP 的方式，终端预置 IP 地址，并保持不变。

在应用 2G 网络作为通信通道的配电终端必须支持 GSM 和 CDMA 双模方式，其中 GSM 模式同时支持 GPRS 和 EDGE。在 3G 公网有覆盖的区域，宜考虑选择 2G 和 3G 双模终端模块，2G 和 3G 双模终端模块可自动切换 2G 和 3G 网络，并优先选择 3G 网络通信。3G 网络的上行带宽一般在 100 kbps~1 Mbps 之间，但在很多山区、农村区域无 3G 网络覆盖。

#### 4.5. 通信模式选择

以上四种模式的优点、缺点和适用范围如表 1。

综上，在需要视频监控等高带宽业务或无线公网

无覆盖的区域，优选选择模式一或模式二，在可解决 RRU 供电的情况下，可选择模式三；在不实现视频监控且无线公网信号良好的情况下优选选择模式四。

### 5. 结束语

由于输电线路监测智能化需要同时具备安全、经济、稳定、低时延等多方面的要求，简单的利用无线公网的通信方式无法同时满足以上需求，而且还要受到无线公网信号覆盖的约束。输电线路的路径经常会选择在没有公网信号的山林之中，这一部分线路往往是重冰区、大跨越、舞动区、风口区、林区等需要重点监测的线路，利用无线公网实现输电线路监测智能化极大的制约了线路监测系统作用的发挥。同时需要在需要安装视频/图像监测装置的线路中，为保证视频图像的清晰流畅，对传输的视频信号的实时性和完整性提出了很高的要求，这就要求监测装置需要通过高带宽、低延时的通信通道，本文提出的模式一、模式二、模式三是较为可行的几种解决方案，然而由于这几种方式均存在无线 MESH 基站或 RRU 功耗大，太阳能供

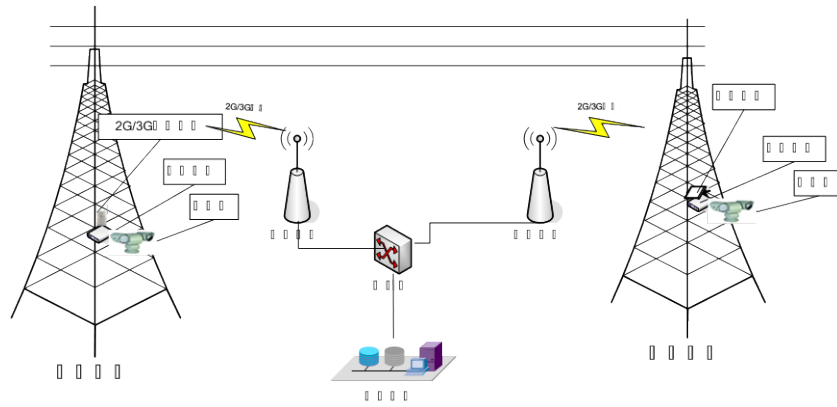


Figure 6. Network mode of 2G/3G wireless transmission  
图 6. 2G/3G 无线传输模式

Table 1. Advantages and disadvantages of the four modes  
表 1. 四种模式的优缺点对比

模式	主要优点	主要缺点	适用范围
模式一	1) 技术成熟; 2) 抗多点失效。	逐级设置节点, 成本较高;	需要视频监控等高带宽业务或无线公网无覆盖的区域
模式二	1) 技术成熟; 2) 抗单点失效。	逐级设置节点, 成本较高;	
模式三	除基站节点外, 终端节点功耗小、基站节点功耗大(RRU 设备功 成本低, 业务接入方便。	耗一般超过100 W), 供电困难。	基站节点可解决供电问题的情况。
模式四	终端功耗低、投资少、工程简单	带宽小、通信可靠性低, 部分 区域无网络	在不实现视频监控且无线公网信号良好的情况

电不足、电池寿命短等问题。后续研究应重点在降低 MESH 基站或 RRU 的功耗, 或采用其它可靠的供电方式, 否则输电线路智能监测系统就无法得到大规模推广。

### 参考文献 (References)

[1] 刘丽榕, 王玉东, 肖智宏等 (2011) 输电线路在线监测系统

通信传输方式研究. *电力系统通信*, **32**, 20-24.  
 [2] 于德明, 郭昕阳, 陈方东等 (2009) 500kV 输电线路在线监测系统应用. *中国电力*, **42**, 53-56.  
 [3] 王炫, 李红, 丛琳 (2009) 基于无线通信和光通信的高压输电线路监测系统. *电网技术*, **33**, 198-203.  
 [4] 秦裕斌, 陈建华, 黄晓 (2009) 无线 MESH 网络技术及其应用. *通信技术*, **12**, 144-146.  
 [5] 陈丽娟 (2007) 应用于无线 MESH 路由协议的研究. 电子工业出版社, 北京, 95.