

# 基于通信网与定位网融合的光缆故障在线定位技术研究

齐兆杨<sup>1</sup>, 李佳<sup>2</sup>, 武迪<sup>2</sup>, 程帅<sup>2</sup>, 金泽洙<sup>2</sup>

1、国网吉林省新能源集团有限公司、长春，吉林，130021；2、国网吉林省电力有限公司  
信息通信公司，长春，吉林，130021

## Research on Online Fault Location Technology of Optical Cable Based on Integration of Communication Network and Location Network

QI Zhao-yang<sup>1</sup>, LI Jia<sup>2</sup>, WU Di<sup>2</sup>, CHENG Shuai<sup>2</sup>, JIN Ze-zhu<sup>2</sup>

Jilin province New Energy Group, Changchun; Information and Communication Jilin Province Electric  
Power, Changchun

**摘要:** 随着能源互联网建设的推进,对电力通信网的可靠性提出更高的要求,光纤故障点准确性的准确性成为通信监视的重要指标。针对目前专用光纤在线定位网络安全性与运维成本大的问题,本文提出基于通信网与定位网融合的光缆故障定位技术,通过定位终端设备与电力通信网边缘设备耦合,实现控制与定位信息的传输,实现结果表明融合网络可以实现光纤在线定位,在节约专用定位网络建设成本的同时,提高电力通信网的承载能力,为电力系统的安全稳定运行提供有力的保障。

**关键词:** 电力通信网; 光纤在线定位; 专用定位网络; 设备耦合

**ABSTRACT:** With the development of Energy Internet, the reliability of power communication network is required more and more. The accuracy of fiber fault point becomes an important index of communication monitoring. In order to solve the problem of high security and high operation cost of dedicated optical fiber on-line location network, this paper proposes a fault location technology based on the fusion of communication network and location network, through the coupling of the positioning terminal equipment and the edge equipment of the electric power communication network, the transmission of the control and positioning information is realized, in order to save the construction cost of the special location network and improve the carrying capacity of the power communication network, it is necessary to ensure the safe and stable operation of the power system.

**KEY WORD:** power communication network; optical fiber on-line positioning; dedicated positioning network; equipment coupling

## 1 前言

光纤通信以其容量大、抗干扰、成本低、传输距离远且速度快的特点已成为电力通信的主要支柱之一,在现代电力通信网中起着举足轻重的作用。作为电力通信高速公路的主要传输媒介,一旦发生故障,中断较长时间将会严重影响电力系统的安全生产。光纤传输网络运行的可靠性是电力系统安全生产、高效运行的重要保障。

现有光纤监测系统采用双模式可自动切换

监测线路的方式,在线监测工作纤芯及备用纤芯的光功率、光缆振动等参数信息,对光缆故障实时自动检测和诊断,利用光缆故障定位专用通信网及时准确地报告光纤故障位置,实现光纤线路故障实时定位。但是构建及维护专用定位网络需要大量成本,从设备安装供电、控制维护、数据上传、服务器部署等一系列问题都是定位网络发展面临的挑战。

因此本文提出基于通信网与定位网融合的光缆故障定位技术,利用电力无线通信网,复用

通信网络的基础设施架构,大幅降低定位网部署成本,一方面降低定位网络运维成本,另一方面提高通信网络设备的使用效率,实现一网两用,即“一张电力通信网”+“一张光缆故障定位网”。

## 2 定位技术原理

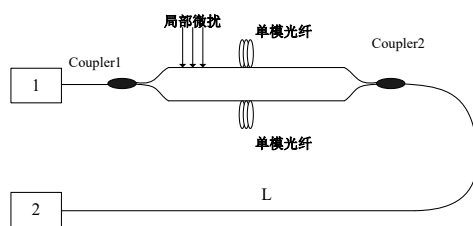
### 2.1 定位技术原理

根据基本定位原理的可分为基于几何特征定位、基于邻近信息定位、基于无线电指纹定位和基于行人航位推算定位等四大类。

基于几何特征定位是指利用几何学原理进行定位,常见的定位方法包括三边定位法、三角定位法以及双曲线定位法。通过计算待定位点与一系列位置已知的位置点间的距离、角度和时间实现定位目的。典型的基于邻近信息定位方法包括基于射频识别定位和基于蓝牙定位两类,但是由于接收信号强度受限,往往只能提供某些粗略的定位结果。基于无线指纹的定位是基于 WiFi 信号,是现阶段较为成熟的室内定位系统。基于行人航位推算的定位方法利用智能手机内置的惯性导航传感器来实现定位。

### 2.2 光纤在线定位技术

光纤在线定位是利用激光器发射光脉冲信号,经过耦合器进入光纤内,发射端探测器接收到返回的信息(振幅、相位、偏振态、波长等),将光纤用作传感元件来探测各种物理量,计算光纤断点位置,原理图如图 1 所示。



光纤在线定位原理图

#### Optical fiber on-line positioning schematic diagram

其基本工作原理为:由 1 端发出的光,经耦合器 1 后分别进入长度基本相同的两根单模光纤中。两根光纤输出的光在第 2 个耦合器处发生干涉。同样,由于光路的对称性可知,在由 2 端发出的光,也同样在耦合器 1 处发生干涉。在传

感光纤无扰动前提下,1 端发出的光会在 2 端产生稳定的干涉条纹。同时,由 2 端发出的光也会在 1 端产生稳定的干涉条纹。通过利用双向干涉结果的相对相位,采用相关的方法取得两者相对时差进行定位。

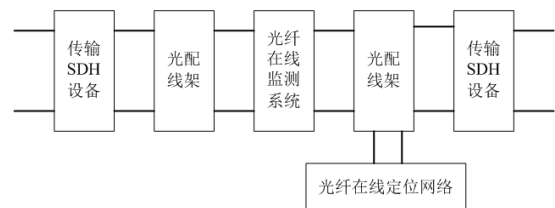
利用光在光纤传播的速度和激光器发出信号到探测器收到信号所用的时间计算断点位置,计算光纤断点位置公式如下。

$$d = (c \times t) / 2(IOR)$$

式中:  $c$  为光在真空中的传播速度  $3 \times 10^8 m/s$ ;  $t$  为激光器发出信号到探测器收到信号所用的总时间;  $IOR$  为被测光纤的折射率。

## 3 基于通信网与定位网融合定位技术

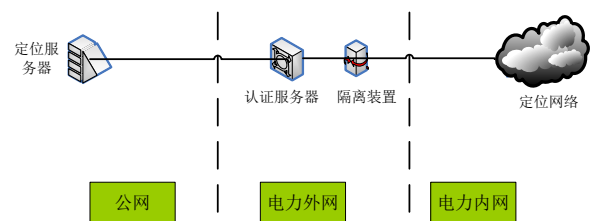
光纤在线定位网采集的特征参量(振幅、相位、偏振态、波长等)通过模数转换器经以太网接口接入专用定位网,实现数据与指令的相互传输与发送。结构图如图 2 所示。



光纤在线定位结构图

#### Optical fiber on-line positioning structure diagram

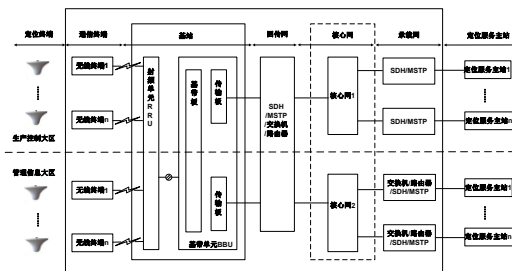
由上图所示,光纤在线监测系统开发专用的接口与光纤在线定位网实现双向通信,光纤在线定位网基于公网开发,实现数据通信必将通过电力公网和电力内网,原理图如图 3 所示,存在数据安全问题,且光纤在线定位网主要采用交换机、路由器等数通设备,网络维护和服务器部署等成本对定位网发展提出挑战。



现有光纤定位网络结构图

#### Existing optical fiber positioning network architecture

基于上述问题,本文提出电力无线通信网与定位网融合技术,借助现有的电力5G通信网络,定位终端设备的供电、管理控制、信号传输、数据处理全部与通信网络终端设备紧耦合,借助通信网络传输通道实现定位基站的管控与数据传递,典型融合网络架构如图4所示,具体各专业功能如下:



通信网与定位网融合网络结构图

#### Communication network and location network integration network structure chart

**定位终端设备:**负责光纤在线监控信号的采集、去噪与AD/DA转换等预处理,通信模块的物理和协议规范均符合国网规约。

**通信终端:**通信终端与定位终端设备相连接,可以直接内嵌于相应电力终端,减少实施的复杂度,配合基站系统传输定位终端的上下行数据。

**核心网设备:**负责通信终端鉴权认证、数据加密、IP地址管理、移动性管理等,通过骨干通信网与业务主站通信。

**基站设备:**作为无线网络的核心网元,提供有线无线协议转换、无线资源管理分配、终端接入与控制等主要功能。

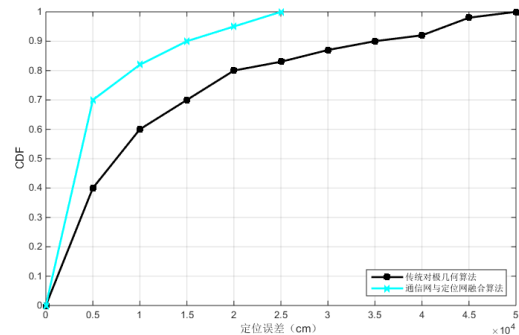
**定位主站设备:**用于对定位网络的配置管理、性能管理、故障管理、软件管理等,实现光纤在线定位。

**承载网:**即电力通信网,承接核心网与定位服务主站。

## 4 仿真与结果

本文实验对象为吉林电力大楼楼内传输机房至交换机房间ADSS光缆,光缆长度100米,检测模块参数设置为:波长1625nm,脉宽160ns,折射率1.47。以传输机房为起始端,分为在20米、40米、60米和80米设置四个故障点,进行模拟实验,定位精度如下图5所示,其中,横轴

为定位误差,单位为米,纵轴为定位误差的累积分布函数曲线(Cumulative Distribution Function, CDF)。



光纤在线定位 CDF 曲线图

#### Optical fiber on-line location CDF curve

从上图可以看出,本文提出通信网与定位网融合网络可以实现光纤在线定位数据传输,当定位误差为1.5m时,累计分布函数在90%左右,满足实际需求。

## 5 结论

电力光纤通信网的可靠性是电力通信网运行重要评价指标,光纤在线监测系统成为监测光纤质量的重要手段,本文提出的基于通信网与定位网融合的光缆故障定位技术,复用通信网络的基础设施架构,大幅降低定位网部署与运维成本,实现“一张电力通信网”+“一张光缆故障定位网”简约化建设目标,促进公司“提质增效”加速。

### 致谢

非常感谢我的同事们。平日里,总是用风趣幽默的语言对我们进行悉心的教导,也时常将正确的人生经验分享予我,使我在这些年中受益匪浅。另外亦得感谢武的主任在学术研究方面宝贵的指导意见,在讨论和传授研究的方向与方法之外,也因为有你才能使得本论文达到如今的规范严谨。

## 参考文献

- [1] 唐科萍, 许方恒, 沈才樑. 基于位置服务的科研综述[J]. 计算机应用研究, 2012, 12 (29): 4432-4434.
- [2] Ayres G, Jones J. Self-mapping Radio Maps for Location Fingerprinting[J]. Wireless Networks, 2015, 5 (21): 1485-1497.

- [3] Debele F G, Li N F, Meo M, et al. Experimenting Resourceon Demand Strategies for Green WLANs[J]. Performance Evaluation Review, 2014, 3 (42) : 61-66.
- [4] Li J, Qian X M, Lan K. ImprovedI Image GPS Location Estimation By Mining Salient Features[J]. Siganal Processing Image Communication, 2015, 3 (38) : 141-150.
- [5] 武丽,海洁. 光纤通信网络入侵干扰信号定位检测仿真[J]. 计算机仿真, 2020 (3) : 435-439
- [6] 基于FBG的触觉传感器研究[D]. 山东大学, 2020, 23=28.
- [7] 傅冬, 赵长宽. 光纤网络入侵后的节点倒退定位技术研究[J]. 激光杂志, 2017 (12) : 150-153.

**作者简介:**

齐兆杨 (1989-), 男, 吉林, 研究生, 中级工程师, 电力系统