

基于光波检测的智能 ODN 故障管理系统

赵辑肖, 范红, 梁忠诚*

(南京邮电大学 电子与光学工程学院, 南京 210000)

摘要:智能光分配网络(ODN)系统在线路端口引入电子标签一定程度上提高了路由信息收集及工单收发的效率,光纤网络的管理更加自动化,但光纤网络的无源特性使这种改动在业务正在运营的已建机房实施困难。提出通过利用检测光波可携带线路信息的特性,实现智能化路由更新、故障检测,并结合人工智能技术,设计出更加完善的故障管理系统,以解决因光网络无源特性造成的智能 ODN 系统兼容性问题。

关键词:智能 ODN; 电子标签; 光波检测; 人工智能; 故障管理系统

中图分类号: TN913 **文献标识码:** A **文章编号:** 1002-5561(2019)02-0034-04

DOI: 10.13921/j.cnki.issn1002-5561.2019.02.008

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Intelligent ODN fault management system based on light wave detection

ZHAO Jixiao, FAN Hong, LIANG Zhongcheng*

(School of Electronics and Optics, Nanjing University of Posts and Telecommunications, Nanjing 210000, China)

Abstract: The introduction of electronic tags on the circuit ports of the intelligent optical distribution network (ODN) system improves the efficiency of routing information collection and work order sending and receiving. The management of the optical network is more automated. However, the passive nature of the fiber optic network makes this change difficult to implement in an existing computer room where the business is operating. In order to solve the problem of compatibility of intelligent ODN system caused by passive characteristics of optical network, this paper proposes to realize intelligent routing updating and fault detection by utilizing the characteristics of information that can be carried by detecting optical wave.

Key words: intelligent ODN; electronic label; light wave detection; artificial intelligent; malfunction management system

0 引言

宽带建设使中国通信系统主干网实现传输媒介光纤化^[1]、网络化的业务承载及自动化管理发展迅速。然而,光分配网络(ODN)节点多、覆盖面广和建设难度大,缺乏有效的故障运维管理,成为通信网络发展的瓶颈^[2]。传统 ODN 的设备及资源管理调度依赖人工,耗时多且差错率高,缺乏实时性。为改变光纤网络资源管理困难的局面,智能 ODN 应运而生^[3]。智能 ODN 在不改变传统 ODN 无源特性的基础上,在跳纤

收稿日期:2018-09-17。

基金项目:国家自然科学基金项目(NSFC No.61775102)资助。

作者简介:赵辑肖(1992-),男,硕士,南京邮电大学电子与光学工程学院、微电子学院硕士研究生。主要研究方向为光通信,负责智能 ODN 系统智能化管理的优化设计。

* 通信作者:梁忠诚(E-mail: zeliang@njupt.edu.cn)。



两端增加“电子标签”^[4],对光纤连接关系进行标识管理,通过智能网管图形化界面直观呈现全网资源^[5],实现资源数据自动采集、可视化施工指导和网络拓扑^[6]。目前,在国际方面,国际电信联盟电信标准分局(ITU-T)和国际宽带论坛(BBF)分别完成了智能 ODN 标准体系中电子标签类型和系统架构的标准化^[7];国内方面,中国通信标准化协会(CCSA)构建了智能 ODN 标准体系^[8],华为、中兴和烽火分别提出 iODN、eODN 和 sODN 等可行性技术方案,为运营商后期管理维护提供了一定的便利条件。但智能 ODN 的规模化应用,还需解决“现网平滑智能化升级”、“融入当前运维体系”以及“降低成本”3 大难题。智能 ODN 主要面向运营商等用户的光纤基础网,而运营商光缆网主干部分基本成型,大规模智能 ODN 新建的可能性越来越小,所以实现现网存量资源平滑智能化升级决定了智能 ODN 的应用前景^[9]。

因此,本文从理论上分析网络系统的故障管理功能以及其局限性,结合现网业务需求和人工智能技术,通过向光纤链路端周期性发送检测光波,利用光波可以携带信息的特性,将整网信息传送至网络资源管理单元进行分析处理,形成闭环式故障管理,真正实现网络管理自动化。

1 电子标签智能 ODN 故障管理系统

基于电子标签的智能 ODN 故障管理系统,主要完成智能 ODN 功能框架模型中管理层的内容,包括资源管理、故障管理和工单管理。各模块之间存在一定的联系,通过对网络资源的智能化管理,使各功能模块相结合(非单独)处理网络资源,可使资源得到充分利用。

1.1 工作原理

故障管理模块分为故障信息归类、故障点精确定位和主动运维 3 个方面,通过对智能 ODN 系统各部分的周期性检查,对发生故障的设备或线路通过告警指示灯智能提醒。不同的告警信息指示不同的故障原因,精确定位具体光交箱或网元设备端口。其运维流程如图 1 所示。

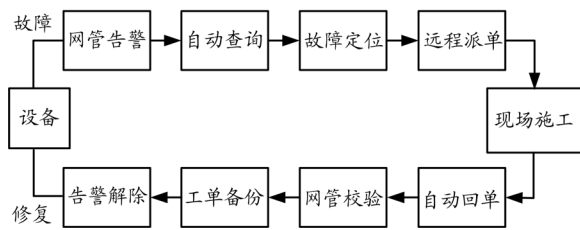


图 1 故障管理运维流程图

1.2 系统特性分析

智能 ODN 引入电子标签关键技术,通过可感知的电子检测器件对光纤网络进行标识与管理,解决传统 ODN 维护难题,具体特性包括:

- ①支持端口对应 ID 数据及线路资源的自动采集;
- ②支持端口资源(包括端口状态、标签读写和控制灯指示灯)的自动管理;
- ③可视化端到端路由检测,基于 GIS 的光线路路由逻辑拓扑^[9],便于故障快速确认与恢复;
- ④支持现场智能化施工。

智能 ODN 的发展是一个不断改进的过程。目前基于电子标签智能 ODN 方案在新建网络采用 eID 电子标签技术已具备商用价值,但现存光纤网络的智能

化升级技术仍待进一步提高完善,没有充分利用现存网络资源降低成本。此外,电子标签智能 ODN 系统故障定位的实现,是依托智能 ODN 网络管理系统的告警信息定位疑似故障段,根据故障段大致位置安排附近施工人员通过光时域反射仪(OTDR)对故障光路段的故障点精确定位,步骤繁琐,实时性不足。因此,基于电子标签的智能 ODN 管理系统无法实现规模应用,而是采用地区试点部署。

2 基于光波检测的 ODN 故障管理

光波包含波长约为 400~760nm 的可见光、红外线、紫外线和 X 射线等波长较长的不可见光。光波具有波长、频率、振幅和相位等重要特征指标,每一种特征量的变化都代表光波信息的改变。因此,光波可作为载波以携带信道信息来实现光纤通信。

基于光波检测的智能 ODN 解决方案是在不改变传统 ODN 网络无源特性的基础上,增加检测光波收发单元,通过光纤适配器中节点检测器接收携带光纤端口 ID 的检测光波,实现端口查询、故障检测定位和声光告警;同时结合人工智能技术对接收信息进行分析处理,实现 ODN 系统故障管理与网络管理及智能 ODN 设备的实时互通,以达到光纤网络的智能管理与维护。

2.1 系统架构

基于光波检测的智能 ODN 系统架构,主要包括智能 ODN 管理系统、智能管理终端、智能 ODN 设备以及智能配件等主要模块,其中智能 ODN 设备包括智能光配线架、智能光缆交接箱和智能光纤分纤箱;智能配件则由检测光波收发单元以及该单元模块与光纤连接所需的光纤适配器和光纤连接适配器组成,其系统架构如图 2 所示。

2.2 工作原理

在不同光线路终端(OLT)光纤端口设置检测光波收发单元,包括检测光波收发器、光开关、耦合器、放大器、转换器以及信号处理器等。由智能 ODN 网络管理系统控制其周期性发送带有光纤端口 ID 信息的检测光波(波长可设置),经过光开关,通过耦合器将检测光波与通信光波耦合至同一光纤中;在每个智能 ODN 设备的光纤接续节点设置光纤适配器,包括具有分光功能的光纤耦合器和检测功能的节点检测器,其中节点检测器具备唯一的 ID 标识码。

检测光波收发单元在智能 ODN 网络管理系统控制下发送带有光纤端口 ID 信息与特定波长的检测光

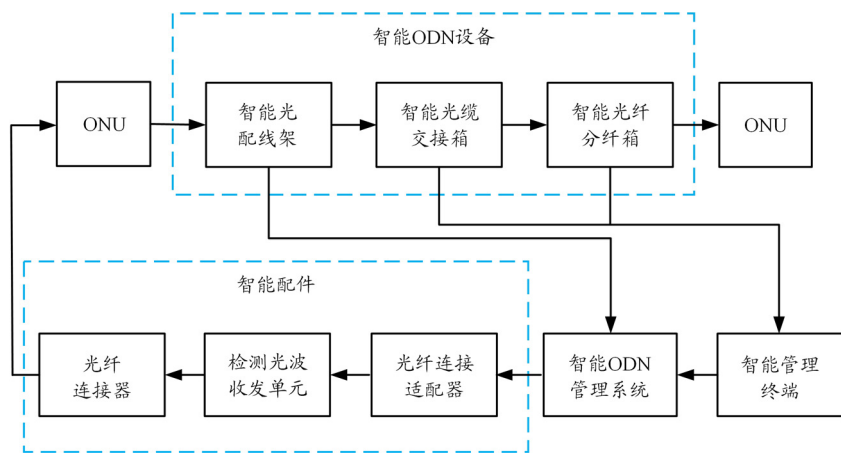


图2 基于光波检测的智能 ODN 系统架构

波信号,并通过光开关和耦合器入射到光纤链路中。当光网络出现故障时,检测光波经过光纤链路从端口部分溢出,在入射端的检测光波接收器探测到溢出光,通过光感应器件产生声光告警,实现故障精确定位;同时溢出光信号会随着光纤链路的衰减、节点连接情况产生光强变化,从而生成光功率随距离变化的特性曲线,实现对光纤链路的实时监控。

2.3 光子标签

为了具体描述光波检测在智能 ODN 系统中所起到的作用,本文引入光子标签的概念,其结构如图3所示。

光子标签的原理是利用携带光纤端口 ID 信息的检测光波,经过其传输链路中的每一个光纤接续点上的节点检测器,通过每个节点检测器获取检测光波中的信号变化与光纤端口 ID 信息,完成检测光波光纤端口 ID 信息与相应节点检测器唯一 ID 的自动绑定,从而自动生成可以描述某条光纤链路上各个光纤连

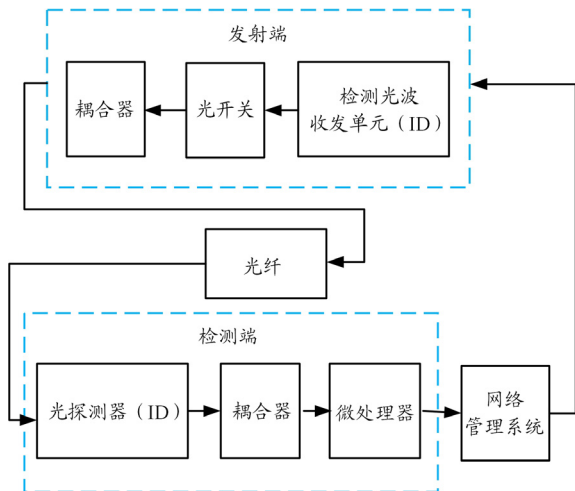


图3 光子标签结构

接关系的 ID 链,并将 ID 链信息存储于资源数据库中,实现光纤连接关系的识别与光纤跳接管理功能。

智能 ODN 系统在故障管理方面,主要借助设备自身对链路通道的光功率和误码情况对网络进行检测,将采集的性能数据与预设门限值进行比较,上报告警信息,通过网管提取相应的性能和告警信息。当某光纤链路发生故障时,维护人员需通过网管系统查询该链路基本状态,提取有效数据信息进行故障预处理,同时网管系统对该链路及相邻链路的状态信息进行统计并生成报表,实现故障快速定位和原因诊断,指导维护人员施工。相比传统 ODN 系统,智能 ODN 系统在故障定位效率上有所提升,但在灵活性和自动化程度方面仍存在一定的局限性,主要表现为:①需要集成于设备和网管之内,增加了对设备本身的依赖程度,降低了灵活性;②需要人工提取链路状态、故障等信息,运维人员现场提出施工方案,效率和准确率无法得到保障,人工参与度高。

3 故障管理与人工智能融合

人工智能方法是指人工智能研究的核心内容,包括搜索技术、推理技术、知识表示、机器学习与人工智能语言等方面。目前,人工智能的研究已进入实际应用阶段,主要研究内容包括:专家系统^[1]、知识库系统、决策支持系统、自然语言理解、模式识别以及自动程序设计等,其中专家系统是人工智能最主要也是最成熟的应用。专家系统通过计算机程序,采用人工智能的符号表示、符号推理和启发式搜索等技术,运用理论知识、推理步骤和实际经验解决复杂问题,可以完成诊断、预测、解释、调试、修理、规划、设计、监督和控制等多种类型的功能。专家系统主要由知识库和推理机构成,知识库存放专家知识,推理机对知识进行推理,作出决策。知识库的建立,是指领域知识的获取以及运行过程中的不断调整,达到实用的程度;而推理机的建造就是程序设计的过程。

本文利用人工智能自主学习的能力,使智能 ODN 在故障管理方面可以自动生成解决方案,并将人工智能与故障管理系统进行融合对接,通过人机接口收集故障信息,经过推理机生成解决方案,并连接网管进行派单施工。故障管理与人工智能对接结构如图4所示,主要部分结构功能如下:

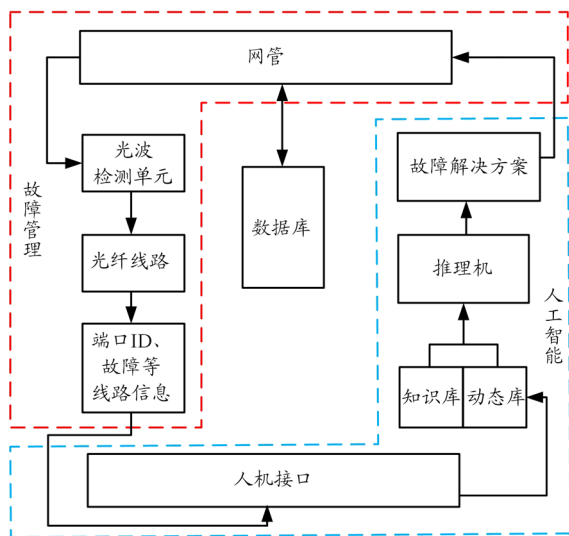


图 4 故障管理与人工智能对接结构框图

◆故障管理:主要是通过网管控制光波检测单元周期性发射检测光波,携带整网资源信息,并将信息接入到人机接口。

◆**人机接口**:将接收到的故障信息(包括来自用户提供、运维人员上报以及告警设备等)转化为系统内部信息,同时将子系统提供的系统内部信息转化为人可接受的形式,如:自然语言、图形和表格等,完成人机之间的信息交互。

◆动态库:存放由人机接口所收集的故障或业务信息,为推理机调用资源准备。

◆推理机:根据知识库中的专家知识与动态库中的数据
数据进行推理,作出相应的决策,并将方案传给网管。
网管通知工单管理系统根据解决方案生成任务工单派
发给运维人员进行施工,同时将解决方案上传至数据
库进行备份,便于后期运维的实施。

◆**网管:**将经过处理的网络资源以及故障解决方案等信息存储到智能 ODN 管理系统的数据库中,并利用光波检测单元的周期性发送检测光波的特点,结合人工智能的自主学习能力实现数据库的实时更新。

该系统在故障处理、业务管理和数据更新维护等

方面相比基于电子标签的智能 ODN 系统更加智能化、自动化。

4 结束语

本文基于光波检测的智能 ODN 故障管理系统与人工智能技术相结合,并引入光子标签的概念,利用检测光波携带线路信息,对光纤网络监测管理,实现数据信息的实时交互,使故障信息及业务信息等自动分析处理,解决方案自动生成,弥补了基于电子标签的 ODN 管理系统耗时多、效率低的不足;同时对误报信息进行智能过滤,避免人力财力浪费,为后期运维降低了成本。智能 ODN 网络管理与人工智能相结合将推动着光分配网络走向成熟,促进 ODN 网络更快更好地发展。

参考文献:

- [1] 沙巍. GPON 技术下的电信接入网设计及应用 [J]. 中国新通信, 2017, 15(1): 106-109.
- [2] 曹宇. 光接入网配线网络资源管理研究 [D]. 南京: 南京邮电大学, 2014.
- [3] 叶晓东. FTTH 时代的智能 ODN 网络解决方案 [J]. 信息安全技术, 2015, 1(15): 54-55.
- [4] 敖立. 光分配网 ODN[M]. 北京: 电子工业出版社, 2014.
- [5] 聂海涛. 新型 PON 实验系统设计与智能 ODN 技术研究[D]. 北京: 北京邮电大学, 2016.
- [6] 马伟. 智能 ODN 技术在 FTTx 网络中的应用分析 [J]. 光通信技术, 2017, 41(11): 16-19.
- [7] BBF. Fiber Infrastructure Management System: Architecture and Requirements: WT- 311[S]. [出版地不详]: BBF, 2015.
- [8] 张德朝, 王世光. 智能 ODN 关键技术研究[J]. 电信网技术, 2014, 23(9): 18-21.
- [9] 烽火通信科技股份有限公司. 烽火通信引领智能 ODN 行业标准[J]. 烽火科技, 2013, 18(6): 9-10.
- [10] 李兢. 基于 GIS 技术的光纤网络资源管理系统的研究与设计[J]. 电信工程技术与标准化, 2016, 8(11): 88-92.
- [11] 田盛丰. 人工智能原理与应用 - 专家系统、机器学习、面向对象的方法[M]. 北京: 北京理工大学出版社, 1998: 193-218, 223-232.

《光通信技术》加入 OSID 公告

《光通信技术》期刊自 2018 年 9 月 3 日起加入 国家新闻出版署出版融合发展(武汉)重点实验室提出的 OSID(Open Science Identity)开放科学计划。通过在期刊每篇文章上添加 OSID 开放科学(资源服务)标识码,可以使论文成果更加立体化展现,增强论文质量,促进传播与交流;使作者获得直接拓展学术人脉的渠道,并为作者与研究同领域课题的学者交流互动提供途径。

《光通信技术》编辑部