

文章编号:1000-582X(2005)07-0078-04

基于 GIS 的光时域反射仪通信光缆故障智能决策*

郭茂耘¹,李楠¹,李尚福²,柴毅¹

(1. 重庆大学自动化学院,重庆 400030; 2. 西昌卫星发射中心,四川 西昌 615000)

摘要:针对通信光缆故障点位置及故障类型判断困难,维护效率较低等问题,提出了一个基于地理信息系统 GIS 的故障智能决策方法,根据光时域反射仪 OTDR 的基本工作原理及其在光缆接续点测量中各种接续点衰减曲线的特征,设计了专家系统的相关知识规则,并且结合通信光缆维护的具体特点和要求,建立了一个光缆沿途区域的 GIS 系统,以实现通信光缆维护的信息化和智能化,提高了光缆维护工作的维护效率。

关键词:通信光缆;OTDR;GIS;故障;专家系统
中图分类号:

文献标识码:A

随着光缆在通信网络中的大量应用,光缆的维护工作必将日益繁重,单靠人工维护是无法完成这项工作的,必须借助现代科学技术和仪器来完成。目前常用的方法是利用光时域反射仪 OTDR(Optical Time Domain Reflectometer)找到故障点的位置,派人前往故障点检修^[1]。OTDR 使光缆维护、故障定位效率大为提高,文献[1-3]开展了利用 OTDR 故障点波形突变处的分贝值进行故障类型判断的相关研究。

光缆铺设在一定的地理环境中,在维护光缆时,必须结合铺设地的实际情况进行。因此,地理信息系统 GIS(Geographic Information System)在光缆等通信系统的维护中得到大量的应用^[4]。

随着人工智能技术的广泛应用,将其引入光缆维护工作中,尤其是在故障的诊断和维护辅助决策等方面,可使光缆维护工作的效率得到有效提高。笔者就如何将 OTDR 中故障点波形突变处的分贝值的分析等数据形成知识规则,并且结合 GIS(地理信息系统)提供的相关地理信息和故障排除常用的手段构成专家决策系统等相关问题做了一些研究。

1 光缆故障的检测其特点

1.1 光时域计对光缆断点的探测

光缆故障的检测中,常用的仪器是 OTDR,又叫光纤分析仪。光纤的背向散射是由瑞利散射和菲涅耳反射引起的。光在传输过程中由于传输介质的折射率的变化,引起菲涅耳反射,这种反射常发生在接续点、接续器接头和光纤断点等形成的端面。光时域反射仪就

是利用光纤中背向散射光的强度具有一定规律的原理来进行测量的。利用光时域反射仪可以测量光纤的长度、光纤的损耗、光纤接续点的损耗、故障点的位置等。图 1 为典型的测试曲线。

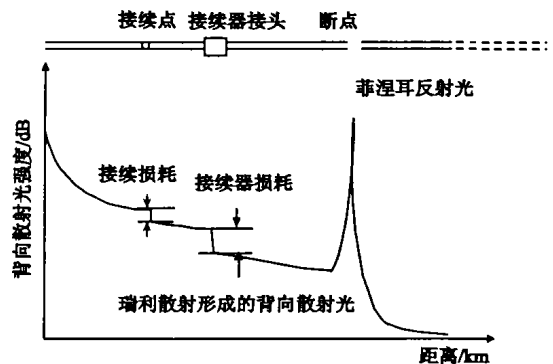


图 1 OTDR 典型测试曲线

根据以上介绍的 OTDR 原理可知,在实际应用中,如果光缆存在断裂等故障,就可以通过从 OTDR 输出的测试曲线图,得到该故障的大概位置。

$$d = \frac{Ct}{2n}, \quad (1)$$

其中, d 为发射端到背向光反射端的距离, C 为光在真空中的传播速度, t 为光信号从发射端发射后,经由背向光反射端反射回发射端所需的时间, n 为光缆的折射率^[2-3]。

1.2 OTDR 探测曲线特点

根据文献[2-3]所述,可以得到不同故障及连接点在 OTDR 中探测曲线的典型取值和波形。如表 1

* 收稿日期:2005-03-25

基金项目:国家 863 计划资助项目(2003AA132050)

作者简介:郭茂耘(1973-),男,重庆人,重庆大学博士研究生,讲师,主要从事地理信息系统(GIS)的研究与应用。

所示.

表 1 OTDR 探测曲线的典型取值和波形

故障类型	射光强度突变值/db		典型图
	前沿(U)	后沿(D)	
熔接接续点	0	-0.1	
机械接续点	15	-0.8	
有气隙 PC 连接器耦合	20	-0.8	
PC 连接器耦合	20	-0.6	
高质量 PC 连接器耦合	10	-0.6	
抛光端面	20	< -20	

此外,在 OTDR 的测试波形中,还有一种波形对光缆故障的判断影响较大,就是“幻影”或“鬼影”.它的出现有两种原因.

1) 当测试信号由于连接器大的菲涅耳反射送回起点,再返回到连接器处,再一次反射而引起的.如果反射很强,将形成多次反射,会形成等间隔的“鬼影”;

2) 当设定 OTDR 的测量范围是 L , 对应脉冲重复范围是 R , 当光缆长为 $M(M < L)$, 那么将在 $L - M$ 处出现“鬼影”.

关于“鬼影”的曲线如图 2(a) 和(b)所示.

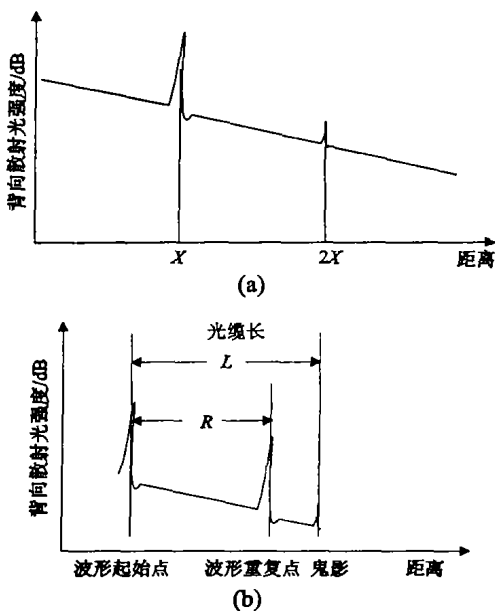


图 2 OTDR“鬼影”示意图

在实际使用过程中,以上损耗值可能会因为光缆的材料、实际维护处理工艺以及相关测试仪器的不同而不同.因此,在利用 OTDR 判断故障类型时,应根据实际情况作相应修正.

1.3 相关知识的表达

根据 OTDR 的测量原理及表 1 给出的典型损耗值,可以得到光缆中接续点和连续器接头等的位置、损耗等相关信息,以便于进行光缆的日常维护.

由表 1 描述 OTDR 典型故障的相关知识可以得到判断光缆常见故障的产生式知识规则^[4],如下:

$$\text{IF } U \wedge D \text{ THEN } F_i, \quad (2)$$

$F_i \in F = \{F_1, F_2, \dots, F_m\}$ F 为典型故障构成的故障集, m 为典型故障数. 根据表 1, 可以得到以下知识规则:

$$\text{IF } U = 0 \wedge D = 0.1 \text{ THEN 熔接接续点,} \quad (3)$$

$$\text{IF } U = 15 \wedge D = 0.8 \text{ THEN 机械接续点,} \quad (4)$$

$$\text{IF } U = 20 \wedge D = 0.6 \text{ THEN PC 连接器耦合,} \quad (5)$$

$$\text{IF } U = 20 \wedge D > 20 \text{ THEN 抛光端面,} \quad (6)$$

根据图和式可得鬼影判断规则,如下:

$$\text{IF } E(x) \wedge E(kx) \text{ THEN } T(kx), \quad (7)$$

式(7)中 $k = 1, 2, 3 \dots$.

$$\text{IF } E(L) \wedge E(L - R) \text{ THEN } T(L - R), \quad (8)$$

L 为光缆长度, R 为脉冲重复范围, $E(x)$ 表示在 x 处 OTDR 测试曲线有突变. $T(x)$ 表示在 x 处突变为“鬼影”.

在以上规则中,式(2)~(6)是判断相关故障类型的规则,式(7)和(8)是判断是否有鬼影的规则.

2 通信光缆 GIS 系统

从以上阐述可以知道,通过 OTDR 测得的是测量点与光缆故障点的距离,而在实际工作中,使用的是光缆的地理位置,而且为了维护方便,在铺设中,每隔一定距离还留有余缆,致使光缆维护非常不便.应该建立一个通信光缆 GIS 系统,主要存放光缆信息及其光缆其沿线的相关地理信息,以便光缆故障维护时进行相关信息查询和为故障的智能判断提供相关事实信息.

2.1 地图的分层及相关属性数据

GIS 系统的关键是基础地图数据的设计,基础地图数据的设计分为:空间数据和属性数据的设计.空间数据的设计主要是将根据本系统的基本目的,按照有利于系统功能实现的原则将原始的地理空间数据加以规划分层^[5-6].如表 2 空间数据分层如下:地形层、河流层、道路层、建筑层、传输设施层、光缆层等.

表 2 GIS 系统空间数据信息

层名	内 容
地形层	存放地形信息,山地的等高线
河流层	存放光缆经过区域的河流信息(河流的宽度、名称等)
道路层	存放光缆经过区域的道路信息(包括道路的等级、名称等)
建筑层	存放光缆经过区域的建筑信息(包括建筑的大小、名称、所属、性质等)
传输设施层	存放与光缆相关的传输设施相关信息(包括设备的信息、用途、编号)
光缆层	存放光缆信息(包括光缆电杆的杆号,该电杆与后一电杆的光缆距离,该杆的余缆等,具体见后)
地名层	存放光缆经过区域的地名信息(相关的地名)

属性数据的设计主要是空间关系的数据中的地理实体的非空间相关信息的结构化设计. 为了实现故障维护决策,在光缆层设计中,以电杆为基本地理实体,在地图中准确标出电杆的地理位置(经纬度),在电杆的属性数据的处理上,主要有以下字段:电杆号、此杆到起点机房光缆长度、此杆余缆长度、此杆是否有连接、此杆连接类型、此杆连接损耗前沿和此杆连接损耗前沿等. 因此,当 OTDR 测出故障点的位置,就可以通过“此杆到起点机房光缆长度”和“此杆余缆长度”等字段找到与故障点对应的电杆号. 再通过属性查图,在数字地图上找到故障点. 利用 GIS 的空间上的特点和缓冲区分析等手段,查询故障点周围的情况和相关传输设施的基本情况等有用信息.

3 专家决策系统

将 OTDR 和 GIS 系统相结合,可以准确地获得光缆故障的相关信息,能够满足光缆维护的基本要求. 随着人工智能技术的广泛应用,将其引入光缆维护工作中,尤其是在故障的诊断和维护辅助决策等方面,可使光缆维护工作的效率得到提高. 为此,笔者给出了一个基于 OTDR 和 GIS 系统的专家系统. 如图 3 所示.

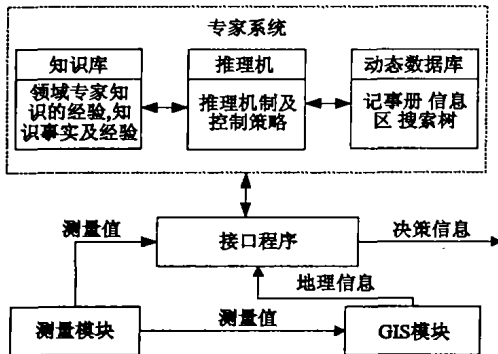


图 3 专家决策系统功能结构图

图 3 中,专家系统的知识规则来源于 OTDR 的基本原理、光缆维护的相关知识. 例如,根据 OTDR 的输出不同的损耗值和是否有菲涅耳反射等情况形成一个 OTDR 故障判断规则. 知识规则的建立见本文 1.3. 根

据这些规则,进行推理^[4],可对故障的进行判断和提出相应的抢修建议.

3.1 知识推理

推理是根据一定的知识规则从已有事实推出相关结论的过程,是专家系统问题求解的主要方式. 如图 4,推理机的主要功能有:分配子任务给记事册,选择当前要执行的任务,根据任务的性质调用相应的知识模块,利用知识模块进行推理,求解子任务. 动态数据库是一个记录当前求解状态控制信息的介质,记事册记录当前欲求解的目标;信息区是记录事实的事实库;搜索树记录当前的搜索状态和路径. 动态数据库是动态刷新的,它的操作由推理机或规则来控制^[4,6,8].

根据前述 OTDR 进行光缆故障判断的知识表达特点,系统采用正向和正反向混合推理机制推理求证,以判断故障类型^[4,8].

在判断是否存在“鬼影”时,按照惯用的思维方式,先是根据给定的 OTDR 突变曲线,向前推理,得出该突变可能为“鬼影”的结论,然后以这些结论为假设,进行反向推理,再寻找支持这个假设的事实. 如式(7)式中,在距离 x 和 $2x$ 处有突变,因此可以假设为“鬼影”,然后再验证 $3x$ 等处是否符合式(7)中的其它事实,从而判断是否为鬼影. 其正反向混合推理机制求证目标其结构如图 4.

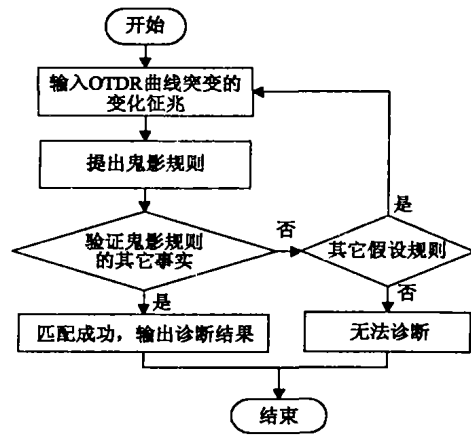


图 4 正反向混合推理机制求解“鬼影”

在诊断是具体故障类型时,采用正向推理机制求解,即将已知故障处的突变事实与故障知识规则库中规则的前提进行匹配,找到与事实相匹配的知识块,将该知识块的结论部分作为中间结果,继续进行匹配得到相关故障诊断结论. 其结构如图 5,图中, N 为知识库规则数.

3.2 故障维护决策

如图 6,当光缆发生故障时,在故障维护决策中,首先根据 OTDR 测量信息确定新故障的位置. 由于光缆历史故障的接续点存在,因此要在 OTDR 测量曲线的突变中找出当前新增. 在本文 2.1 中的 GIS 系统中,对历史故障都有记录,如果对应突变处没有历史故障记录. 则该处突变为新增故障. 然后,根据通信光缆 GIS 系统,由 OTDR 曲线中横坐标(沿光缆的距离),根据“此杆到起点机房光缆长度”等字段得到和属性查

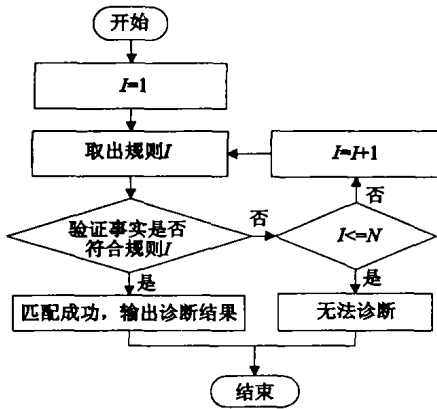


图 5 正向推理机制求解故障类型图功能,可确定新增故障的地理坐标位置.

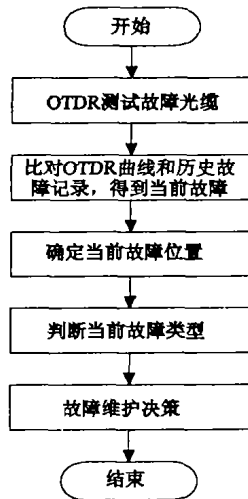


图 6 光缆故障维护流程

然后,根据 OTDR 曲线的突变等故障征兆,结合 OTDR 判断光缆故障的规则知识,经过推理求解,可得到新增故障的类型判断.

由得到的新增故障的故障类型和位置,以及由通信光缆 GIS 系统得到的故障点周围相关信息,进行故障维护决策.系统给出相应道路方案、维修人员配备方

案及维修设备配方方案等得到辅助决策信息.

4 结束语

所提出通信光缆故障智能决策方法的实质就是将光缆故障在 OTDR 输出曲线中的突变特点形成专家系统的知识规则,利用该专家系统对光缆故障进行诊断其故障类型.再根据光缆 GIS 系统得到故障点地理位置坐标等相关信息.为故障维护决策的快速准确实施提供支持.

GIS 技术和专家系统等人工智能技术在光缆维护工作中应用,能够提高故障判断的准确率,快速给出故障的类型和地理位置及故障点周围情况,为故障维修迅速决策提供支持.从而有效提高光缆维护水平和工作效率,光缆故障促进维护工作的智能化和自动化,降低通信损失.

参考文献:

- [1] 张引发,王宏科,邓大鹏,等. 光缆线路工程设计、施工与维护[M]. 北京:电子工业出版社,2002.
- [2] Manual of Optical Time Domain Reflectometer[M]. MW9070B, Anritsu Wiltron Co.,1998.
- [3] 胡清兰,张国山,滕秀英,等. 光时域计的特性参数与测量的几个问题[J]. 电力系统通信,1999,(1):37-41.
- [4] JOSEPH GIARRATANO, GARY RILEY. Expert System Principles and Programming(Third Edition)[M]. PWS Publishing Company,1998.
- [5] 吴信才. 地理信息系统设计与实现[M]. 北京:电子工业出版社,2002.
- [6] ARMSTRONG M P, DENSHAM P J. Database Organization Strategies for GIS[J]. Int J Geographical Information Systems, 1990,4(1):.
- [7] 蔡自兴,徐光佑. 人工智能及其应用[M]. 北京:清华大学出版社,1996.
- [8] 吴今培,肖健华. 智能故障诊断与专家系统[M]. 北京:科学出版社,1997.

Intelligent Diagnosis Method of Optical Cable Based on GIS and OTDR

GUO Mao-yun¹, LI Nan¹, LI Shang-fu², CHAI Yi¹

(1. College of Automation, Chongqing University, Chongqing 400030, China;

2. Xichang Satellite Launch Center, Xi Chang Sichuang, 615000)

Abstract: Aiming at the difficulty optical cable-maintaining, this paper issues an intelligent diagnosis system based on GIS and expert system. To improve the optical cable-maintaining efficiency, the rules of the expert system are established according to the characteristic of the optical cable faults in the OTDR output. And the GIS is also established contained the information of the optical cable and the region the cable locates in.

Key words: optical cable; OTDR; GIS; fault; expert system