

基于编码的透明光网络故障定位算法研究

王群芳,敖发良

(桂林电子科技大学,广西 桂林 541004)

摘要:有效的故障管理需要依靠从网络中收集到的信息来实现,在透明光网络中,这些信息通过监控设备来传递。可通过分析光设备和监控设备的特性,利用编码的方法对透明光网络(设置了监控器)进行故障定位。文章采用的算法既考虑了不存在漏/误告警的理想情况,也考虑了存在漏/误告警的非理想情况,从而提高了故障定位的准确性。

关键词:透明网络;故障管理;故障定位

中图分类号:TN919.4 **文献标识码:**A **文章编号:**1005-8788(2009)03-0025-03

Encoding-based failure location algorithm for optical networks

Wang Qunfang, Ao Faliang

(Guilin University of Electronic Technology, Guilin 541004, China)

Abstract: The implementation of efficient failure management relies on the information collected from the network. In transparent optical networks, such information is delivered by the monitoring equipment. Failures in such networks can be located by encoding on the basis of analyzing the performances of the optical and monitoring devices. The failure location algorithm used in this paper can cope with both the ideal scenarios (no false and/or lost alarms), and nonideal scenarios (having false and/or lost alarms), thus improving the accuracy of failure location.

Key words: transparent networks; failure management; failure location

故障定位和识别是基于网络管理系统接收到的告警信息。当同时存在两个或更多个故障时,告警信息的数量显著增长,故障定位的问题将变得非常复杂。透明光传输网中的信号不再像非透明网络那样经历电再生,所以发生在物理层的故障更加难以监测和恢复。因此可以通过监控设备检测到的光信号的信息来定位透明光网络(设置了监控器)的故障,并且这些监控设备不会影响光信号的传输。

我们利用了编码的方法在确定的信道中实现多种故障类型的定位,同时考虑了漏告警和误告警的情况,提高了故障定位的准确性。

1 透明光网络设备及存在的故障类型

透明光网络设备包括两类:光设备和监控设备。前者进行光信号的传输,后者则负责光信号的监控。用 O 定义网络中的光设备,它们的故障屏蔽能力分类如表 1 所示。表中, O₀ 表示不能屏蔽任何故障; O₁ 表示能够屏蔽任何故障; O₂ 表示能够屏蔽带外干扰; O₃ 表示能够屏蔽功率衰减。

用 V 定义网络中的监控设备,如表 2 所示。表中, V₁ 表示检测功率衰减; V₂ 表示检测功率衰减和带外干扰; V₃ 表示检测功率衰减、带内干扰和带外干扰; V₄ 表示检测功率衰减和波长偏移。

表 1 光设备故障屏蔽能力分类

光器件	功率 衰减	带内 干扰	带外 干扰	波长 偏移	分类
光纤	否	否	否	否	O ₀
发射机/接收机	否	否	否	否	O ₀
光滤波器	否	否	是	否	O ₂
光开关	否	否	否	否	O ₀
耦合器	否	否	否	否	O ₀
转换/再生器	是	是	是	是	O ₁
光放大器	是	否	否	否	O ₃

表 2 监控设备故障检测能力分类

监控设备	功率 衰减	带内 干扰	带外 干扰	波长 偏移	分类
光功率计(PM)	是	否	否	否	V ₁
光谱分析仪(OSA)	是	否	是	否	V ₂
Eye 监控器	是	是	是	否	V ₃
BER 监控器	是	是	是	否	V ₃
波长计	是	否	否	是	V ₄

在透明光网络中,监测信号需要在光域中实现,并且光信号转换成电信号仅仅是在光通路的终端,因此对信号有影响。透明光网络中可能发生的故障可以分为 4 类^[1]:功率衰减(PD)、带内干扰(IBJ)、带外干扰(OBJ)和波长偏移(WM)。

收稿日期:2008-12-17
作者简介:王群芳(1982-),女,天津人,硕士研究生,主要研究方向为光通信网络。

2 算法的实现方式

参考环网中两个光分插复用器(OADM)之间的单连接信道模型(见图1),其中包括滤波器(Filt)、

光再生器(O3R)和色散抑制器(DSE)等设备,由光纤(OF)、放大器(Amp)、复用器(Mux)和解复用器(Demux)连接而成。监控设备主要有能监控光信噪比(OSNR)的光谱仪和误码率(BER)监控器。

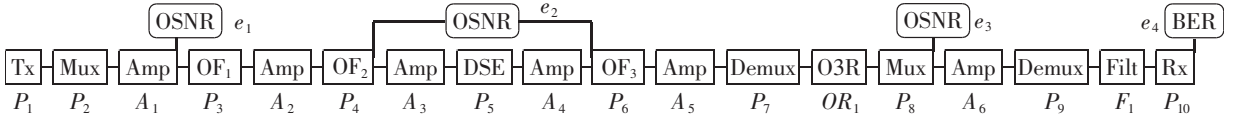


图 1 透明光网络传输信道模型框图

2.1 算法思想

如图 1 所示,根据设备性质分别对它们进行分类,并用不同的符号表示(信道框图对应的设备标号)如下:监控设备集合 $E = \{e_1, e_2, e_3, e_4\}$,能够屏蔽功率衰减的设备集合 $A = \{A_1, A_2, A_3, A_4, A_5, A_6\}$,能够屏蔽带外干扰的设备集合 $F = \{F_1\}$,可以屏蔽任何故障的设备集合 $OR = \{OR_1\}$,不能屏蔽任何故障的设备集合 $P = \{P_1, P_2, P_3, P_4, P_5, P_6, P_7, P_8, P_9, P_{10}\}$ 。本例应用的监控设备都不能检测出波长偏移,因此这里只考虑功率衰减、带外干扰和带内干扰 3 种类型的故障。

算法基于网络中的特定信道,每个信道 $CH_i = \{comp_j\}$ 是网络设备的一个有序序列,这里的信道看作是单向的,双向信道相当于一对单向信道。算法使用函数 $Pos(comp_j, CH_i)$ 返回信道 CH_i 内 $comp_j$ (光设备或监控设备)的具体位置,使用函数 $Domain(cp)$ 定义给出的光设备 cp 出现故障时,能够发出告警的监控设备集合^[2]。

$PDomain(cp)$ 为光部件 cp 发生功率衰减时,产生告警的监控设备集合; $OBJDomain(cp)$ 为光部件 cp 发生带外干扰时,产生告警的监控设备集合; $IBJDomain(cp)$ 为光部件 cp 发生带内干扰时,产生告警的监控设备集合。

根据网络设备性质可以得出每个光部件 cp 在 3 种故障类型情况下分别对应的告警设备集合^[2]: $IBJDomain(P_9) = \{e_4\}$, $IBJDomain(A_6) = \{e_4\}$, $PDomain(A_1) = \{e_1\}$, $IBJDomain(A_5) = null$ (O3R 能够抑止 IBJ), $OBJDomain(P_4) = \{e_2\}$, $OBJDomain(P_1) = \{e_1, e_2\} \dots$ 。把告警设备集和故障类型相同的光部件合并成候选故障设备集合 $P(C_i)$ ^[2],相应告警信息可表示为 C_i 。针对文献[2]介绍的二进制树算法进行拓展,对单个信道中的告警设备信息和 3 种故障类型同时进行编码。告警信息 $C_i = (\times \times \times | e_1 e_2 e_3 e_4)$,对其进行二进制转换 $Bin(C_i)$,前 3 位码用来表示告警类型,后 4 位代表

4 个监控设备,即某一设备告警用“1”表示,不告警用“0”表示。3 种故障类型用如下编码表示:PD:001;OBJ:010;IBJ:100。

发生故障时,监控设备能够检测到这种故障并向网管系统发出告警,提供检测出的故障行为信息。这些信息通过进行相应的二进制编码反馈到网络管理层,例如接收到二进制告警向量 $Bin(C_i) = (0101100)$ 时,首先判断前 3 位码“010”可得知发生了带外干扰,再判断后 4 位“1100”表示监控器 e_1, e_2 检测出了带外干扰,根据此二进制向量给出可能发生故障的设备集 $P(C_i) = \{P_1, P_2, A_1\}$ 。

根据上述分析方法,可以得出发生单个故障时网管系统接收到的告警向量及其对应的告警设备集合如下:

$Bin(C_1) = (0010100), P(C_1) = \{A_2, P_4, A_3, P_5, A_4\}$; $Bin(C_2) = (0010001), P(C_2) = \{P_3\}$; $Bin(C_3) = (0011000), P(C_3) = \{A_6, P_9, F_1, P_{10}\}$; $Bin(C_4) = (0010010), P(C_4) = \{OR_1, P_8\}$; $Bin(C_5) = (0101100), P(C_5) = \{P_1, P_2, A_1\}$; $Bin(C_6) = (0100100), P(C_6) = \{P_3, A_2, P_4, A_3, P_5, A_4\}$; $Bin(C_7) = (0100010), P(C_7) = \{OR_1, P_8\}$; $Bin(C_8) = (0100001), P(C_8) = \{F_1, P_{10}\}$; $Bin(C_9) = (1000001), P(C_9) = \{OR_1, P_8, A_6, P_9, F_1, P_{10}\}$ 。

透明光网络中可能发生多重故障,这里只考虑两个故障(两种类型或两个光设备的故障)同时发生的情况,因为同一信道发生两个以上故障的情况比较少。可以通过对单故障的码字进行“或”运算,求得两种故障情况同时发生所产生的新码字,所有故障码组成二进制故障码集。单故障时候选故障设备集 $P(C_i) = \{cp | j - Domain(cp) = C_i\}$ ($j - Domain$ 可能代表 $PDomain, IBJDomain$ 或 $OBJDomain$),通过计算 $Bin(C_i) = Bin(C_m) \vee Bin(C_n)$,这里“ $\vee$ ”代表“或”运算,可得出双重故障发生时的候选故障设备集 $P(C_i) = \{(cp_m, j)(cp_n, k) | j - domain(cp_m) \cup k - Domain(cp_n) = C_j\}$ 。

然而,某些告警信息不会生成或者可能会丢失,还有一些告警可能与这个网络发生的故障没有关系而是错误的信息。处理这种非理想情况下的漏告警和误告警时,我们分别用 m_1 和 m_2 来定义漏、误告警容限,用 m 来定义总的失配门限值,即 $m = m_1 + m_2$ 。二进制编码的任何两个码字逻辑“或”可以组成另外一个码字, n 位二进制码有 2^n 种编码结果(本例 $2^7=128$)。并非所有码字都属于二进制故障码集合,不属于该集合的码字代表错误码字信息,要找到与这个错误码汉明距离最小的故障码字,即需要找出拥有最小距离的二进制向量并给出失配门限值和 m_1 和 m_2 。例如 $m_1 \neq 0 \ \& \ m_2 = 0$,我们认为漏掉了 m_1 个告警信息,假如二进制向量符合这个容限,则正确向量 $\text{Bin}(C_i)$ 中的“1”值变成“0”值,即改变了 m_1 个位置。当然,这里的漏、误告警信息只考虑后 4 位码字,暂不考虑监控设备检测到的故障类型有误,所以对于前 3 位码字的错误情况无需计算。

2.2 算法实现步骤及结论

算法分为预计算阶段(PCP)和核心阶段(CP),如图 2 所示。预计算阶段集中了算法复杂度的大部

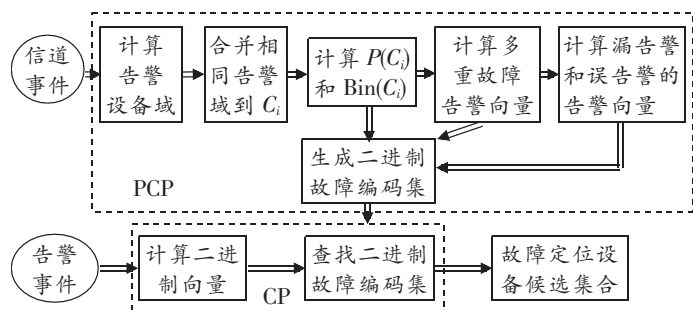


图 2 故障定位算法图解

分,核心计算阶段算法的复杂度最小,这样主要是为了尽可能快地给出故障定位算法的结果。另外一个优点是预计算部分只在确定信道集合 $CH = \{CH_i\}$ 改变时才会执行,而不是在接收到告警时,这样减少了传递给管理员最终结果所需算法的执行时间。

管理员一旦从网络中接收到告警信息 R ,即计算对应的二进制向量 $\text{Bin}(R)$ 。二进制向量传递到网管系统,根据预计算阶段得出的故障码集进行查找,每个故障码字都有相对应的故障设备候选集 $P(C_i)$,据此定位使网络发生故障的设备。例如接

收的告警来自设备 e_2 ,先判断监控设备给出的告警类型(假设检测结果为带外干扰),并计算二进制向量 $\text{Bin}(R) = (0100100)$,得到故障设备集 $P(C_6) = \{P_3, A_2, P_4, A_3, P_5, A_4\}$ 。如果接收到了错误信息,则根据前面提到的最小汉明距离进行计算,然后再查找。

4 个监测器发出的 0、1 报警代码可以通过使用缆内监控纤或缆外单独线路等方式传到远方监测点。由于报警信号可以不占用专用监控信道,亦由于监控信号比特率低不需要复杂的编解码,所以执行起来十分方便快捷,成本低廉。

3 结束语

本文分析了透明光网络设备的特性及存在的故障类型,利用编码的方法对确定信道中的光设备进行故障定位。与文献[6]介绍的算法相比较,该算法把可能存在的故障类型进行编码,使得输出结果更为精确。但是也存在局限性,它同二进制树算法一样需要在确定的信道中实现,且算法复杂性相对较高,存储空间比较大。由于实际的网络更加复杂,因此还有待于发展以此为思路的更有效的故障定位算法。

参考文献:

- [1] 景琦,赵峰,邓大鹏,等. 透明光网络物理层中攻击、故障检测方法研究 [J]. 光通信技术,2005, (9):14-16.
- [2] Mas Carmen, Tomkos Ioannis, Tonguz Ozan K. Failure Location Algorithm for Transparent Optical Networks [J]. IEEE Journal, 2005, 23 (8):1 508-1 519.
- [3] Mas Carmen, Thiran Patrick. An Efficient Algorithm for Locating Soft and Hard Failures in WDM Networks [J]. IEEE Journal, 2000, 18(10):1 900-1 911.
- [4] 孙俊. WDM 全光网络的故障定位 [J]. 光通信研究, 2002, (6):10-14.
- [5] 龚倩,徐荣,张民,等. 光网络的组网与优化设计[M]. 北京:北京邮电大学出版社,2002.
- [6] 王群芳,散发良. 基于二进制树的光网络故障定位算法研究 [J]. 桂林电子科技大学学报,2008, 28(4): 273-276.