

文章编号: 0258-7025(2004)01-0069-05

光网络中的分布式故障定位方法

王健全, 顾婉仪

(北京邮电大学光通信中心, 北京 100876)

摘要 提出一种用于全光网络中的故障定位方法, 该方法克服了以往的故障定位方法需要告警上报和传递、故障定位时间长和适用范围有限的缺点, 采用单节点分布式故障定位方法, 避免了告警信息在节点之间的传递, 能够实现快速准确的故障定位, 并且适用于任何规模和拓扑结构的网络。

关键词 光纤通信技术; 故障定位; 波分复用; 告警; 光交叉连接; 光网络

中图分类号 TN 929.11 文献标识码 A

Distributed Fault Location in MESH Optical Networks

WANG Jian-quan, GU Wan-yi

(Optical Communication Center, Beijing University of Posts & Telecommunications, Beijing 100876, China)

Abstract In this paper, an algorithm for distributed locating failure in all-optical networks is proposed, whose aim is assure the survivability of optical network. The algorithm avoids the signal transmission between optical nodes, so failure can be located fast. In addition, the algorithm is fit for any scale and any topology.

Key words fiber communication technique; fault location; WDM; alarm; OXC; optical networks

1 引言

网络的保护和恢复是有严格的时间要求的, 保护一般要求在 50 ms 内完成, 恢复要求至少在 200 ms 或 2 s 内完成。对于全光网, 如果网络得不到及时的保护和恢复, 将造成业务的大量损失, 而保护和恢复都依赖于故障准确定位, 所以要求故障定位不仅准确而且应该在最短的时间内完成。在现在的全光网络和下一代光网络智能光传送网(ASON)中, 生存性的重要性日益突出, 这就对故障定位提出了新的要求, 即将故障定位分为实时和非实时两个部分, 实时部分主要为解决生存性, 而非实时部分主要解决故障的维护和管理^[1]。因为生存性是靠网络的保护恢复机制来保证的, 保护恢复都是靠资源的重新选择和分配来完成的, 所以为生存性的故障定位仅仅需要定位到具体的链路、光纤、波长和节点这些具体的资源即可^[2]。

已经提出的故障定位方法有相关链路分析法和中心控制节点定位方法, 这两种方法在定位过程中均需要告警信息在节点之间的传递, 均需要不同节点的信息参与, 所以不仅受限于网络拓扑结构, 而且需要记忆的信息量大, 定位时间长^[1,3]。本文提出的故障定位方法就是为提高网络生存性而设计的一种故障定位方法, 该方法采用单节点定位的方法, 即每个节点都通过自己的告警信号进行对自己相邻资源的故障进行定位, 不需要其他节点的告警信号的参与, 这样就避免了告警信号在节点之间的传递, 也避免了故障定位过程中信号的传递, 正因为单节点定位的特性, 使得其不仅适用于采用集中式控制的网络, 也适用于采用分布式控制的网络。

2 分布式故障定位方法引入思路

在网格(MESH)网中, 由于同一链路和复用段

收稿日期: 2002-09-20; 收到修改稿日期: 2002-11-04

基金项目: 国家自然科学基金重点项目(编号: 60132020)和“863”计划资助课题。

作者简介: 王健全(1974, 11—), 男, 山西省平遥县人, 北京邮电大学光通信中心在读博士生, 研究方向为光节点结构及下一代光网络的生存性。E-mail: jackie3003@sohu.com

可能承载源和目的地址都不同的几个业务,这样任何一处的链路或复用段故障都可能导致网络中好几个节点处出现告警,这也就是所谓的告警信号的传递性。如图 1 所示,节点 C 和节点 J 之间的链路 L_{CJ} 出现故障时,由于从节点 A 到节点 F 的业务 1,从节点 C 到节点 D 的业务 2 和从节点 I 到节点 B 的业务 3 都经过链路 L_{CJ} ,所以节点 B, C, D, F 和 I 都会出现告警。在大型的网路中或者波长利用率高的网路中,单点的故障会引发网路中大量的告警,这就给故障的定位带来了很大的难度。不难得出,如果采用相关链路分析法,则需要所有与该故障点相关的业务涉及到的节点参与,具体而言就是下游的告警信号向上游传递,在上游节点处利用相关性分析来定位故障,这样有几个业务就需要进行几个这样的进程。而若采用中心控制节点分析法,也需要所有告警的节点参与,即所有的告警信号都向中心控制节点传递,中心控制节点利用网路拓扑信息和业务配置信息来定位故障。所以这两种故障定位方法都需要信息在节点之间的传递,而且相关通道分析法需要节点记忆所有与其有关的多业务,以便在发生告警信息后向上游节点传递。而中心控制定位已经被证明是 NP 完备(NP-COMPLETE)问题。在大型网路中任何一处的故障,都会导致网路中大量的告警发生,采用相关通道分析法和中心控制分析法都会有大量的告警信息在节点之间传递,不仅实施复杂,而且可实现性不高,即使能够定位也需要大量的时间,因为不仅需要故障的传递时间 T_d ,而且需要具体的运算时间 T_c 。如果采用这两种故障定位方法很难满足保护和恢复所规定的时间要求,生存性也很难得以保证。

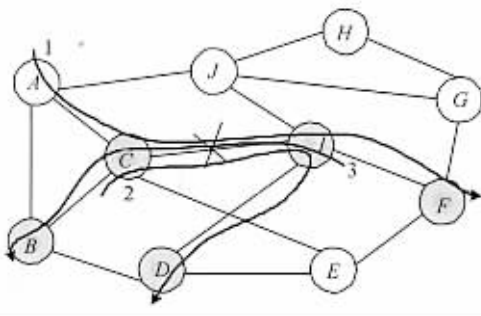


图 1 MESH 网中告警传递示意图

Fig. 1 Transferring of alarm signals in MESH network

告警信息的传递使得定位时间较长,并且利用其他节点传递来的信息定位必定使得定位时信息量过大,浪费定位运算时间。为了实时地将网路进行

定位,以满足生存性的要求,就力求发生故障时,能够减少告警信息在节点之间的传递,并且尽量用较少的信息来定位故障。分布式故障定位方法仅仅利用单个节点来定位与其相关的故障。

3 故障监测点的设置

3.1 资源和业务

因为生存性关心的仅仅为资源,所以为生存性实施的故障定位只需将故障定位到资源即可,资源是相对于业务而言的。如图 2 所示,资源对应下三层,即光传输段层(OTS),光复用段层(OMS)和光通道层(OCH),业务则对应客户层。同一客户可以占用不同的资源,同一资源也可承载不同的客户,资源是客户的载体,保护和恢复最终的目的是保护和恢复客户信息,但是这些保护和恢复的动作需要通过资源来完成。物理资源就是所谓的链路,光纤和波长通道,资源和原子功能模型对应的关系如图 3 所示。

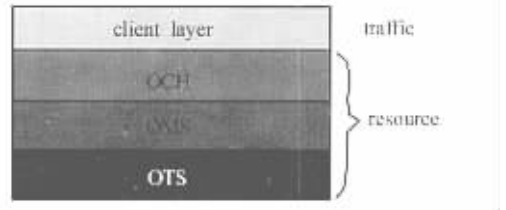


图 2 原子功能模型层间图

Fig. 2 Layers of atom-function model

图 3 中,OTS 层对应链路,OMS 层对应光纤,OCH 层对应波长通道,客户层(client layer)对应具体的业务。

3.2 网络的两种控制方式——集中式和分布式

集中式控制方法主要是指网路的业务配置,保护和恢复是由网路中某个节点集中控制完成的,这个节点就是网路中的中心控制节点,它必须储存有全网的实时拓扑信息和业务配置信息。分布式控制方式是指网路的业务配置,保护和恢复是由网路中的各个节点分散完成的,在这种控制方式中,每个节点的地位相同,它们都分别控制和管理与本节点相关的拓扑和业务信息,所以仅仅需要储存与本节点相关的信息即可。

3.3 故障监测点的设置

以图 4 所示的光交叉连接(OXC)节点为例说明分布式故障定位方法的具体实施方案、原理和步骤。

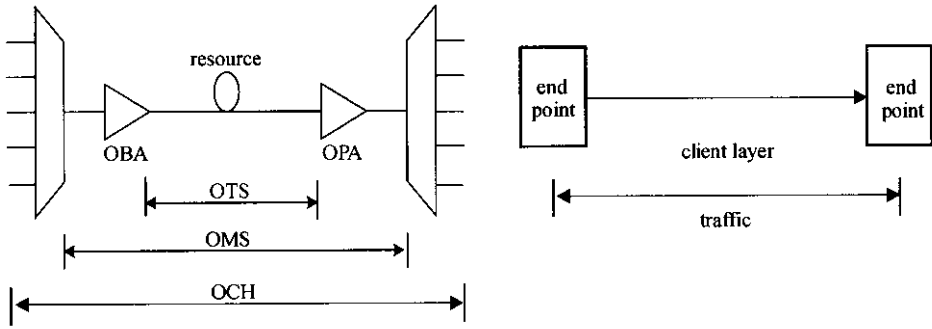


图 3 资源业务的对应关系及其原子功能模型图

Fig. 3 Relations between resource/traffic and atom-function model

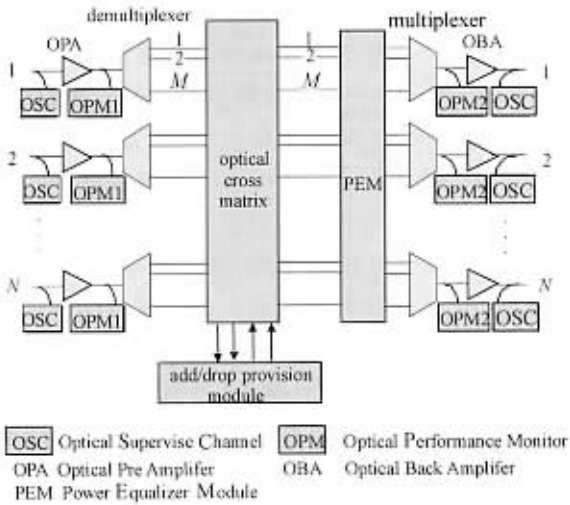


图 4 OXC 节点功能图

Fig. 4 Fault detection points in function of OXC nodes

定位,以中间交换矩阵为轴,把节点分为内部的上下游,在交换矩阵输入前的为节点的上游侧;在交换矩阵输入后的为节点的下游侧。在节点内部的告警信号中,上游端告警过滤下游端告警,如果上游无故障,下游出现故障则故障定位于本节点内部,如果上游有故障又不能定位的则认为本节点无故障,为上游节点处故障,这种故障可由上游节点实现定位。在图 4 中应该设置的故障监测点如表 1 所示。

不难看出这些监测点其实就对应具体的原子功能模型之间的层次关系,其中监测点 1 和 2 联合对应 OTS 层,监测点 1 单独对应光信道层,而监测点 3,5 对应节点上游的复用段故障,监测点 10,12 和 13 对应节点下游的 OMS 故障,监测点 4,7 对应上游 OCH,监测点 8,9,11 对应下游 OCH,监测点 7 既对应 OCH 又与具体的业务一一对应,所以在故障定位中和业务故障定位中均需要 7 监测点的信号参与。

首先为了尽可能地在现有的监测点处实现精确

表 1 故障监测点的位置及其对应的层间关系

Table 1 Failure detection points and their relation with corresponding layers

Detection points	Corresponding position	Corresponding alarm module	Corresponding layers
1	Input of OSC	OSC	Optical supervise channel, Corresponding to OTS with 2
2	Input of OPA	OPA	Corresponding to OTS with 1
3	Input of OPA	OPA	OMS
4	OPM1	OPM	OCH
5	Input of demultiplexer	Optical demultiplexer	OMS
6	Up port	Add/drop provision module	OCH
7	Down port	Add/drop provision module	OCH, Corresponding to client layer
8	Input of optical PEM	Optical power equalizer module	OCH
9	Output of optical PEM	Optical power equalizer module	OCH
10	Output of optical	Optical multiplexer	OMS
11	OPM2	OPM	OCH
12	Input of OBA	OBA	OMS
13	Output of OBA	OBA	OMS

信号全部收集到故障定位模块处。

2) 告警信息的相关性处理:由于告警是来自不同监测点的,而这些监测点分别对应不同的链路和不同的通路,为便于进行相关性分析,必须先将这些告警进行分类,即把属于同一链路的和同一路径的告警信号分离出来,以便进行相关性分析。

3) 告警过滤:由于本故障定位是针对资源的,更专业的说法是对 OCH,OMS 和 OTS 层,对于服务层的告警指示信号并不采取措施,这也就是所谓的业务和资源分离的方法。当然故障定位定的是资源的故障,其定位也需依靠客户层的告警指示参与。而客户层的业务告警留给失效业务模块去处理。另外在保护和恢复的过程中也可能导致一些监测点告警,也应将这些告警过滤掉。

4) 故障定位:经过第 2 和第 3 步的处理,已经得到的告警是相关链路和通道上的告警。图 5 所示的流程图将详细解释故障定位的原理和思路。

5) 失效业务上报:由于故障定位定的是资源,但是终端的告警也要上报给故障定位模块,故障定位模块除了分离相关链路和通路的告警外,还应将终端告警信号分离出来,转化为具体的业务告警上报保护恢复模块。这部分与故障定位同时进行,可以成为失效业务定位功能模块。因为只有终端才能检测到真正受损的业务,这样就很好地实现了资源和业务的分离,业务受损,资源未必有故障,资源出故障,经过该故障的业务必定受损,所以业务和资源的分离有助于资源保护和业务的恢复,还可以避免重复动作。

实现的流程:

在故障定位时,首先应判断是否处于业务配置阶段或者保护恢复阶段,若正处于此阶段应先将业务配置或者单板调节所涉及到的链路或通道监测点的故障告警暂时过滤,即不作为故障定位的依据考

虑,等配置和动作完毕后再放开对这些监测点的过滤。图 5 流程是在已经把告警进行相关性处理后的情况,即流程图是针对某条相关链路的,其他链路的定位过程与此相同。

从图 5 可以清楚地看出:1) 故障定位仅仅限于资源。2) 复用段层的定位与通道层的定位既相关又相互独立。3) 受损业务的定位由下路端的客户层告警去处理。

本流程图中分析的是在相关告警全部收集过来的情况,即未考虑具体告警上报时间的不同以及某些单板告警的特殊性,所以应该根据实际情况在适当的位置设置定时器,以保证故障定位算法启动时,相关的告警已经全部收集全。

5 结 论

分布式故障定位方法克服了以往故障定位过程中需要节点之间的告警信息,实现了单节点的故障定位,并且提出了在定位过程中资源和业务分离的思路,实现了为保证生存性的快速分布资源故障定位方法,该方法定位时间短,实现简单,适用于任何规模、任何拓扑和任何控制方式的网络。

参 考 文 献

- 1 Carmen Mas, Patrick Thiran. An efficient algorithm for locating soft and hard failures in WDM networks [J]. *Selected Areas in Communications, IEEE Journal*, 2000, 18(10):1900~1911
- 2 H. Ito, I. Shuto, H. Ayakawa *et al.*. Development of an improved multifunction high speed operating current differential relay for transmission line protection [C]. *Developments in Power System Protection, Seventh International Conference on (IEE)*, 2001. 511~514
- 3 C. S. Chao, D. L. Yang, A. C. Liu. An automated fault diagnosis system using hierarchical reasoning and alarm correlation [J], *Internet Applications, IEEE Workshop on*, 1999. 120~127