

WDM 网络恢复算法性能的比较

刘 媛,张 沛,顾晚仪

(北京邮电大学 光通信中心 先进光网络实验室,北京 100876)

摘要:随着波分复用(WDM)技术的迅速商用化,骨干网络传输带宽呈现爆炸式增长的趋势,这使得网络生存性变得越来越重要。传统的网络生存性包括保护和恢复两种机制,而恢复机制直接影响着网络失效以后其承载业务的可靠性。文章综合前人的研究成果,从 3 个角度出发,提出了 3 种不同的恢复算法,并通过仿真数据对这 3 种算法性能进行了分析。

关键词:波分复用;网络生存性;恢复机制

中图分类号:TN915 **文献标志码:**A **文章编号:**1005-8788(2006)05-0011-02

Comparison of restoration algorithms in WDM networks

Liu Yuan, Zhang Pei, Gu Wanyi

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

Abstract: With the rapid commercial applications of the WDM technology and the explosive growth of the transmission bandwidth of backbone networks, network survivability has become increasingly more important. The traditional network survivability includes protection and restoration mechanisms and the latter has direct effects on the reliability of the traffics on the failure of networks. Based on the research results in this field, we present three different restoration algorithms from three angles and analyze their performances in terms of restoration probability and resource utilization through simulation data.

Key words: WDM; network survivability; restoration mechanism

在现代通信网络特别是在光网络中,生存性是网络的一个重要特性。网络的生存性(Survivability)是指当网络设备发生故障时,网络能够维持某种可容忍的服务水平的能力。网络的生存性是靠保护和恢复措施来保证的。在前人的成果中,大部分是针对波分复用(WDM)网络的保护机制进行研究,并且已经提出了很多种比较优秀的网络保护算法,但对于网络恢复机制,却研究不够。本文主要针对 WDM 网络的恢复机制进行详细的研究,并在集中式恢复控制前提下,提出了 3 种恢复算法。

1 网络恢复控制方法

网络恢复控制方法从机制上看主要分为集中式和分布式两大类。

1.1 集中控制方法

当采用集中控制方法时,网络由一个集中控制系统(网管系统)全面控制,当链路或节点失效后,故障信息经其他路由报告给网管系统。然后网管系统从其网络数据库中搜寻有关链路或节点的信息并计算和模拟可能的替代路由。减小集中式控制恢复时间的关键是选择有效的恢复算法。本文提出的算法是在集中控制下研究的。

1.2 分布控制方法

分布控制方法基本上都是基于网络泛洪法,它

无需中央集中控制系统。当链路失效后,检测到故障的源节点所产生的要求空闲通道的消息将以广播方式传向所有相邻节点,并在遇到的每一节点的所有方向上都分支,直到最后到达终节点为止^[1]。

1.3 网络通道恢复和链路恢复的比较

网络恢复通常以通道为基础,通道恢复就是当网络发生故障时,网管根据不同通道的不同情况,为受影响的各个通道分别重新安排新的可用通道。由于通道恢复是基于业务端到端的恢复,因此相应地提高了业务的恢复时间。针对此情况,也可以选择以链路为基础,所谓链路是指两个相邻数字交叉连接(DXC)节点之间所有链路的集合。在以链路为基础的恢复方式中,当某链路发生光缆切断时,网管系统将在该故障段两端的固定节点之间寻找替代路由,网络的其他部分不动^[2]。

2 网络恢复性能算法

以往文献中只是区分通道恢复和链路恢复算法的不同,而本文不仅在算法仿真上进行了验证,而且在基于通道恢复的基础上又提出了两种算法,分别是与工作路径相关和与工作路径不相关。为了描述方便,假设网络中的节点数量为 G ,链路数量为 L ,每一条链路中包含所能提供的波长最大数目为 M 。波长按编号排列分别记为 $\lambda_i(i=1,2,\dots,M)$ 。将

收稿日期:2006-04-13
基金项目:国家自然科学基金重点资助项目(60302026);北京市科委资助项目(z0005170041321)
作者简介:刘媛(1983-),女,安徽芜湖人,硕士,主要研究方向为光网络中路由和波长分配算法。

所有业务分为 N 个,分别记为 $p_j(j=1,2,\dots,N)$,优先级从 p_1 至 p_n 依次递减。

2.1 算法 1:基于链路恢复策略

对于某一个业务 p_i ,其对应的工作路由为 W_{p_i} ,工作波长为 λ_{p_i} 。当在工作路由上的某一条链路 L 发生故障时,该业务需要请求基于链路恢复策略(LR)的恢复。首先记录故障链路 L 的源节点 S_L 、目的节点 D_L ,并设故障链路的权重 $W_i=\infty$,同时将工作路由 W_{p_i} 上所有的链路权重也都设置为无穷大。其次,以源节点 S_L 、目的节点 D_L 为输入参数,利用最短路径(Dijkstra)算法为故障链路选择保护链路 P_{p_i} 。如果选出的路由的权重有限大,考虑到波长连续性限制条件,则在该保护链路 P_{p_i} 上判断波长 λ_{p_i} 是否已经被使用,如果没有被使用,则表示业务已经得到恢复,否则表示业务恢复不成功,被阻塞。

2.2 算法 2:基于通道恢复策略(与工作路径不相关)

对于某一个业务 p_i ,其对应的工作路由为 W_{p_i} 。当在工作路由上的某一条链路 L 发生故障时,该业务需要请求基于通道恢复策略(PRIW)的恢复。

记录该业务 p_i 的源节点 S_{p_i} 和目的节点 D_{p_i} ,并设置该工作路由 W_{p_i} 上的所有链路权重 $W_i=\infty$ 。以源节点 S_{p_i} 和目的节点 D_{p_i} 为输入参数,利用 Dijkstra 算法为故障链路选择保护链路 P_{p_i} ,如果选出的路由的权重有限大,则再利用首次命中(First-Fit,FF)算法为所选择的路由分配波长,如果可以分配则表示此业务已经得到恢复,否则表示业务阻塞。

2.3 算法 3:基于通道恢复策略(与工作路径相关)

对于某一个业务 p_i ,其对应的工作路由为 W_{p_i} 。当在工作路由上的某一条链路 L 发生故障时,该业务需要请求基于通道恢复策略(PRRW)恢复。

记录该业务 p_i 的源节点 S_{p_i} 和目的节点 D_{p_i} ,与 LR 恢复不同的是,此时仅仅将链路 L 上的权重设置为无穷大。以源节点 S_{p_i} 和目的节点 D_{p_i} 为输入参数,利用 Dijkstra 算法为故障链路选择保护链路 P_{p_i} ,如果选出的路由的权重有限大,则再利用 FF 算法为所选择的路由分配波长,如果可以分配则表示此业务已经得到恢复,否则表示业务阻塞。

3 仿 真

下面是对以上 3 种算法进行的仿真。网络链路每个方向上包含 8 根光纤,每根光纤中复用 4 个波长。每个业务请求的粒度为一个波长。仿真中采用

动态均匀业务模型,即假设每个节点对上的业务强度是相同的,每个节点上的平均业务强度为 6~28 Erl。仿真拓扑图如图 1 所示。在仿真过程中,使用 Dijkstra 算法为新到业务计算工作路由,使用 FF 算法为该工作路由分配波长。当新到业务累计到达

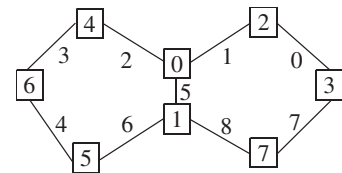


图 1 8 节点仿真拓扑

一定数量的时候,将网络状态暂时“冷冻”住,从链路 0 开始依次假设每条链路发生故障,当该链路发生故障的时候,

统计受到故障影响的业务数量,并为这些业务进行恢复。在本文中,定义了故障恢复成功概率: $R=n/N$,其中, n 为已经恢复成功的业务数量, N 代表受影响的业务数量的总和。

图 2 是在不同业务强度下,针对 3 种算法的全网恢复成功概率仿真曲线图。基于通道的恢复概率总的来说比基于链路的恢复概率要高,这是由于基于通道恢复不会考虑波长连续性限制,而基于链路恢复需要考虑链路上游和下游区段的波长连续性,在计算完恢复路由之后,还需要根据链路上游和下游的波长编号去为恢复路由寻找波长,这在一定程度上限制了恢复成功的概率。在某一些仿真点, PRRW 比 PRIW 的恢复成功概率要高,这是由于与原工作路由相关的恢复策略无形中降低了对恢复算法的要求,从而使得恢复成功的可能性变高了。

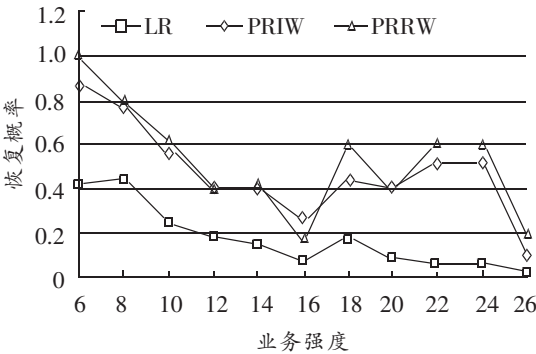


图 2 不同业务强度下的全网的恢复概率

图 3 是在特定业务强度下得到的全网每条链路的恢复成功概率。从柱状图可以看到,对于基于通道恢复策略,全网各条恢复链路的恢复成功概率大致差不多,这是由于对于业务基于通道的恢复相当于是基于业务的端到端恢复,这样可以看作是为业务重新选定了一条路由,在这种情况下,网络拓扑结构对于业务的恢复成功概率的影响是不大的。