

业务驱动的跨层生存性策略

王力¹, 曲桦¹, 赵季红²

(1. 西安交通大学电信学院 西安 710049; 2. 西安邮电学院通信工程系 西安 710061)

【摘要】为了在多层网络中提供区分业务的差异化服务,避免发生故障后上下层生存性策略冲突,应用段保护机制,基于GMPLS控制平面,提出业务驱动的跨层生存性策略。该策略应用基于传输质量(QoT)的再生节点配置机制在网络中提供区分业务的差异化服务、基于再生节点的段保护机制保证网络生存性以及基于GMPLS控制平面的跨层路由映射机制,避免资源重复分配和生存性策略冲突。仿真结果表明,该策略不仅具有区分业务提供差异化服务的能力,而且能够提高网络生存性,优化网络资源。

关键词 跨层路由映射; GMPLS控制平面; 多层网络; 网络生存性; 业务驱动

中图分类号 TN915

文献标识码 A

doi:10.3969/j.issn.1001-0548.2012.02.012

Service-Oriented Cross-Layer Survivability Strategy

WANG Li¹, QU Hua¹, and ZHAO Ji-hong²

(1. School of Electronic & Information Engineering, Xi'an Jiaotong University Xi'an 710049;

2. Department of Communication Engineering, Xi'an University of Posts & Telecommunications Xi'an 710061)

Abstract A serviced-oriented cross-layer survivability strategy is proposed based on GMPLS control plane (SCSG). The strategy provides the differentiated services are implemented by using regeneration node configuration scheme based on quality of transmission (QoT). The network survivability is guaranteed by using segment protection scheme based on regeneration node. The duplication of resource assignment and conflict of interlayer survivability strategy are avoided by using cross-layer route mapping based on GMPLS control plane. The results show that the proposed survivability strategy not only can provide differentiated services, but also can improve network survivability and resource utilization.

Key words cross-layer route mapping; GMPLS control plane; multilayer networks; network survivability; service-oriented

随着通信网技术的发展,网络有向IP/MPLS over WDM多层网络发展的趋势^[1-2],而且网络中接入的业务量剧增,发生常见的光纤切断故障后对网络造成的影响越来越大,需要在网络中应用生存性策略,提高网络的生存性^[3-5]。同时,网络中接入的业务种类越来越多,不同业务对QoT^[6-7]的要求不同,使在网络中区分业务提供生存性策略成为一种趋势,其中QoT用承载业务的光链路信噪比度量,反映不同种类业务对误码率的要求,在GMPLS控制平面的支持下,能够有效地测量光链路QoT^[5],并在节点之间交互QoT信息,使基于业务请求QoT提供区分业务的服务成为可能。

在IP/GMPLS over WDM多层网络中,各层交换单位不同^[8-9],采用相互独立的控制平面,当网络中

发生光纤切断故障后,IP/GMPLS层和WDM层启动各自的生存性策略,导致层间资源重复分配,严重时造成层间生存性策略冲突,因此,在IP/GMPLS over WDM多层网络中需要联合上下层提供资源优化方法和生存性策略,而GMPLS控制平面为跨层生存性的实现提供了基础。为了避免层间生存性策略冲突,文献[10]提出了一种多层网络生存性策略,但不具有区分业务能力;文献[11]提出了一种多层网络生存性策略协调机制,但会造成层间资源的重复分配;文献[12]提出了一种段保护机制,但在计算段保护路由时,段的选取将会严重影响其性能。

为了解决上述问题,本文提出了业务驱动的跨层生存性策略,应用基于QoT的再生节点配置机制使工作路由满足业务的QoT请求,在网络中提供区

收稿日期: 2010-06-10; 修回日期: 2011-01-07

基金项目: 国家无线重大专项(2010ZX03004-001, 2011ZX03004-002); 国家自然科学基金(61071126, 60872058); 国家863计划(2009AA01Z213)

作者简介: 王力(1985-),男,博士生,主要从事宽带通信网方面的研究。

分业务的差异化服务; 利用段保护机制最优化网络资源的优点, 应用基于再生节点的段保护机制选择合适的段并计算段保护路由; 应用基于GMPLS控制平面的跨层路由映射机制避免层间资源重复分配和生存性策略冲突。

1 避免层间冲突的跨层路由映射机制

在IP/GMPLS over WDM多层网络中, 每一层都有自己独立的生存性策略, 当网络中发生故障后, 各层启动生存性策略, 导致层间资源重复分配, 严重时造成层间生存性策略冲突。为了解决这一问题, 本文提出基于GMPLS控制平面的跨层路由映射机制。该跨层路由映射机制利用GMPLS控制平面, 能够同时支持IP/MPLS层的包交换路径(packet-label switch path, P-LSP)和WDM层的波长交换路径(λ -label switch path, λ -LSP), 将承载业务的光路映射到上层虚链路。当网络中发生故障后, 只需在

WDM层启动自动倒换保护, 将保护路由映射到上层虚链路。

基于GMPLS控制平面的跨层路由映射示意图如图1所示。每条P-LSP对应一条 λ -LSP, 一对P-LSP和 λ -LSP唯一确定一个业务连接, 每个节点只需要将入P-LSP和 λ -LSP交换到对应的出P-LSP和 λ -LSP即可。业务请求从路由器a到路由器d建立连接, 在WDM层以路径A-B-C-D承载业务。利用GMPLS控制平面可以同时支持P-LSP和 λ -LSP的特点, 在有光-电-光转换的交换节点处使业务连接穿过上层路由器和下层光交换节点。假设所有交换节点都需要光-电-光转换, 对应光路A-B、B-C、C-D分别生成虚链路a-b、b-c、c-d, 完成WDM层光路到IP/GMPLS层虚链路的跨层路由映射。表1显示了底层WDM交换节点和上层IP/GMPLS路由器配置的入和出 λ -LSP和P-LSP号。

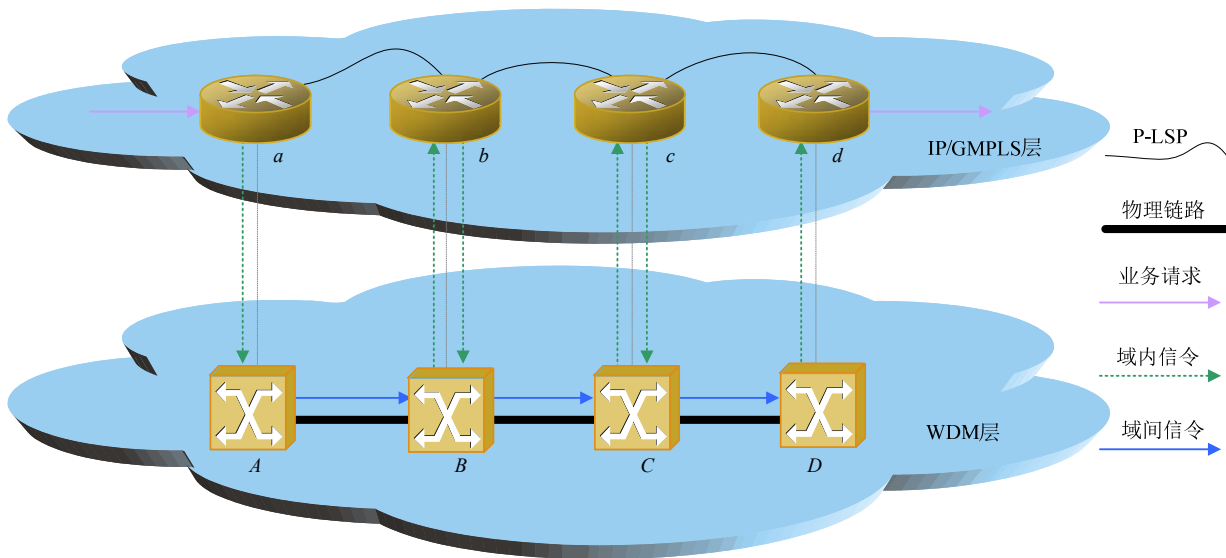


图1 基于GMPLS控制平面的跨层路由映射示意图

表1 图1中各节点交换的LSP标志

	入LSP标志		出LSP标志	
	λ -LSP号	P-LSP号	λ -LSP号	P-LSP号
a/A			λ_{AB}	P_{ab}
b/B	λ_{AB}	P_{ab}	λ_{BC}	P_{bc}
c/C	λ_{BC}	P_{bc}	λ_{CD}	P_{cd}
d/D	λ_{CD}	P_{cd}		

当WDM层发生光纤切断故障后, 在WDM层启动自动倒换保护, 应用本文的跨层路由映射机制将保护路由映射到原工作路由对应的上层虚链路, 此时, 与发生故障的光路对应的P-LSP仍然存在, 只是其对应的 λ -LSP发生改变。应用该跨层路由映射机制

的跨层生存性策略不用在上层启动恢复机制, 避免了层间资源的重复分配和层间生存性策略冲突。

出现故障后保护路由向上层虚链路的映射示意图如图2所示, 表2显示了各交换节点 λ -LSP和P-LSP的配置。

表2 图2中各节点交换的LSP标志

	入LSP标志		出LSP标志	
	λ -LSP号	P-LSP号	λ -LSP号	P-LSP号
a/A			λ_{AEB}	P_{ab}
b/B	λ_{AEB}	P_{ab}	λ_{BC}	P_{bc}
c/C	λ_{BC}	P_{bc}	λ_{CD}	P_{cd}
d/D	λ_{CD}	P_{cd}		

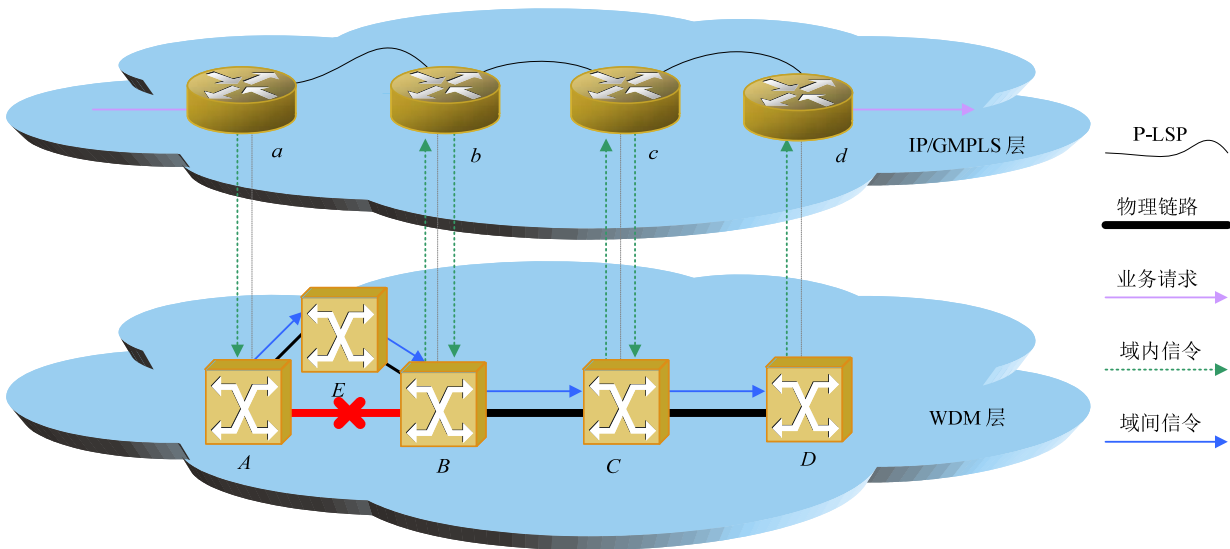


图2 出现故障后保护路由向上层虚链路的映射示意图

2 业务驱动的跨层生存型策略

本文提出的业务驱动的跨层生存性策略包括基于QoT的再生节点配置机制、基于再生节点的段保护机制和基于GMPLS控制平面的跨层路由映射机制的3个模块。

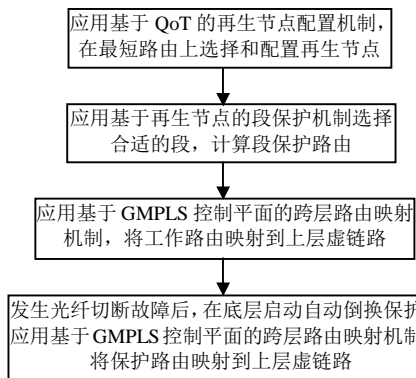


图3 业务驱动的跨层生存性策略组成模块和实现步骤

该生存性策略首先应用基于QoT的再生节点配置机制, 根据业务QoT请求, 在最短工作路由上配置再生节点, 使该工作路由满足业务的QoT请求; 再应用基于再生节点的段保护机制, 选择合适的段计算段保护路由; 最后应用基于GMPLS控制平面的跨层路由映射机制将工作路由映射到上层虚链路。当网络中发生故障后, 只在WDM层启动自动倒换保护, 将保护路由映射到上层虚链路, 不需要在上层启动生存性策略。生存性策略的组成模块和实现步骤如图3所示。

2.1 基于QoT的再生节点配置机制

基于QoT的再生节点配置机制在应用已有的算法计算得到的最短工作路由上, 选择合适的节点配置成再生节点, 在该节点上重定时、重放大、重整

形工作路由上承载的业务信号, 使其满足业务的QoT请求。业务的QoT请求不同, 在最短路由上配置的再生节点不同, 实现了在网络中区分业务提供差异化服务的目的。

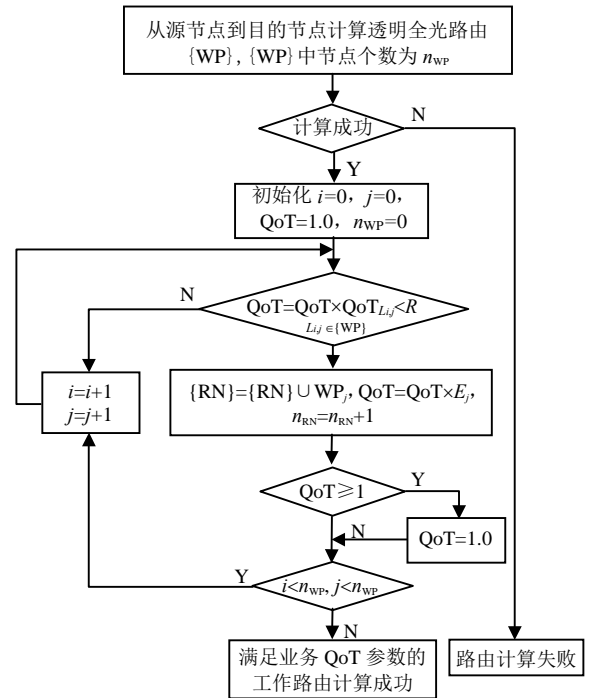


图4 基于QoT的再生节点配置机制流程图

基于QoT的再生节点配置机制流程如图4所示, 其流程如下:

- 1) 从源节点到目的节点计算一条最短工作路由{WP}, 节点数为 n_{WP} 。如果计算成功, 转步骤2), 否则转步骤8);
- 2) 初始化 $i=0, j=0, QoT=1.0, n_{RN}=0$;
- 3) 计算 $QoT = QoT \times QoT_{L_{i,j}}$, 其中 $L_{i,j} \in \{WP\}$, 如果 $QoT < R$, 转步骤4), 否则转步骤7), 其中 R 为业

务请求QoT;

4) 计算 $QoT = QoT \times E_j$, $n_{RN} = n_{RN} + 1$, 其中, E_j 为节点 j 的增强倍数; {RN} 为需要设置再生器的节点集合;

- 5) 如果 $QoT \geq 1.0$, 则 $QoT = 1.0$;
- 6) 如果 $i < n_{WP}$, $j < n_{WP}$, 转步骤7); 否则转步骤9);
- 7) $i = i + 1$; $j = j + 1$; 转步骤3);
- 8) 路由计算失败;
- 9) 符合业务请求QoT参数的工作路由由计算成功。

2.2 基于再生节点的段保护机制

满足业务QoT请求的工作路由计算成功后, 应用基于再生节点的段保护机制, 以源节点到再生节点、再生节点到再生节点和再生节点到目的节点为段, 计算最短保护路由; 再根据业务QoT请求, 在段保护路由上配置再生节点, 使段保护路由也满足业务的QoT请求。业务QoT请求越高, 在最短路由上配置的再生节点越多, 需要计算的段保护路由的段数越多, 越接近基于链路的保护策略, 发生故障后的倒换时间越短, 使网络能够区分业务提供服务, 而且最优化网络资源。

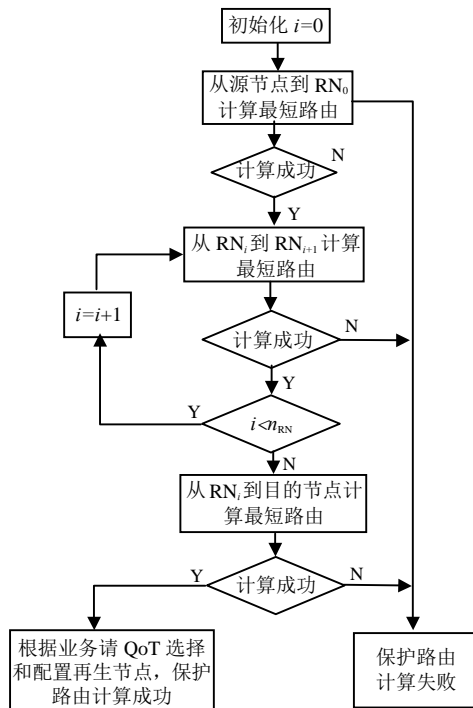


图5 基于再生节点的段保护机制流程图

基于再生节点的段保护机制流程图如图5所示, 其流程如下:

- 1) 初始化 $i = 1$;
- 2) 从源节点到 RN_0 计算一条最短保护路由, 如果计算成功, 转步骤3), 否则转步骤7);
- 3) 从 RN_i 到 RN_{i+1} 计算一条最短路由, 如果计算

成功, 转步骤4), 否则转步骤7);

- 4) 如果 $i < n_{RN}$, 转步骤5), 否则转步骤6);
- 5) $i = i + 1$, 转步骤3);
- 6) 从 RN_i 到目的节点计算一条最短保护路由, 如果计算成功, 转步骤8), 否则转步骤7);
- 7) 计算保护路由失败;
- 8) 根据业务QoT参数为每条保护路由段配置再生节点, 保护路由计算成功。

2.3 仿真与数值分析

为了验证业务驱动的跨层生存性策略的性能, 本文采用美国自然科学基金网为参考物理拓扑。该物理参考拓扑包含了14个节点和21条物理链路, 每条物理链路由一对方向相反的单向光纤组成, 每根光纤支持16个波长; 每个节点都由IP/GMPLS路由器和OXC组成, 并且不受波长一致性约束。

在仿真过程中, 本文假设每条物理链路的QoT参数分布在0.9~1.0之间, 业务连接请求表示为 $R(s, d, R)$, s 和 d 分别是业务请求的源、目的节点, R 表示业务的QoT请求, 每个业务请求的带宽为一个波长。所有业务连接请求的源、目的节点对随机生成, 且业务连接请求按照平均速率服从参数为 λ 的泊松分布独立到达, 被成功接入的业务连接的持续时间服从均值为 $1/\mu$ 的负指数分布, 网络总负载为 λ/μ 。该算法根据业务请求 $R(s, d, R)$ 计算满足其QoT请求的工作路由和段保护路由, 如果计算失败则业务请求被阻塞, 不存在排队现象, 产生 10^6 次业务, 应用统计方法得出仿真数据。为了检验所提生存性策略的性能, 本文与基于通道的保护机制(PMP)和基于链路的保护机制(PML)做对比。

阻塞率和恢复时间随网络负载变化的曲线分别如图6和图7所示。

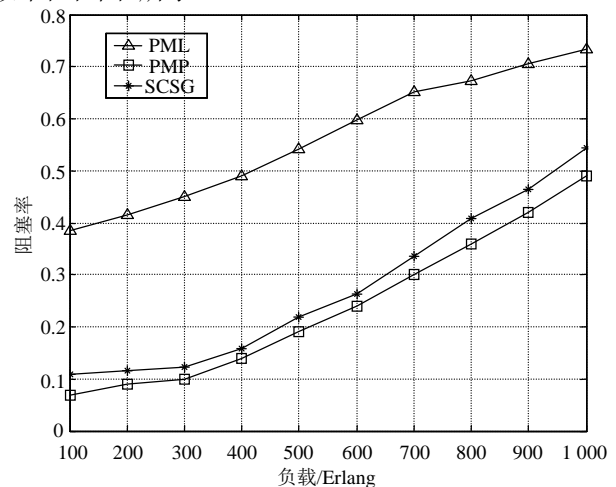


图6 阻塞率随负载变化曲线

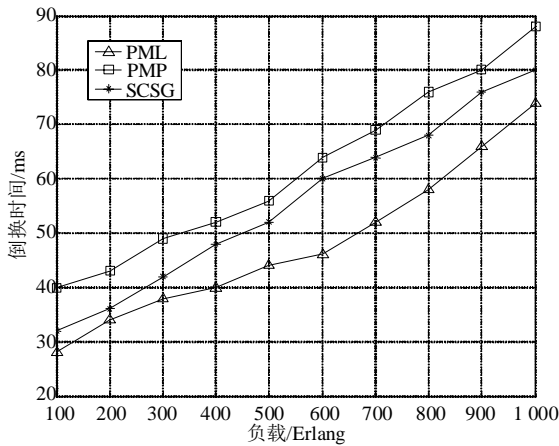


图7 倒换时间随负载变化曲线

业务驱动的跨层生存性策略根据业务请求QoT选择和配置再生节点，再根据再生节点选择段计算段保护路由，减少了保护路由的平均长度；提高了网络资源利用率，相对获得了较多的可用网络资源。因此，由图6和图7可知，本文的生存性策略的阻塞率比基于链路的保护机制低，恢复时间比基于通道的保护机制短；同时，随着网络负载的增加，阻塞率升高，恢复时间变长，说明网络负载对该生存性策略有显著影响。

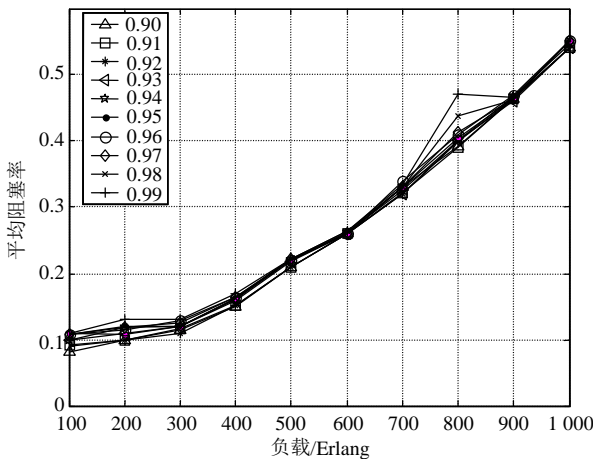


图8 不同QoT请求的业务阻塞率随负载变化曲线

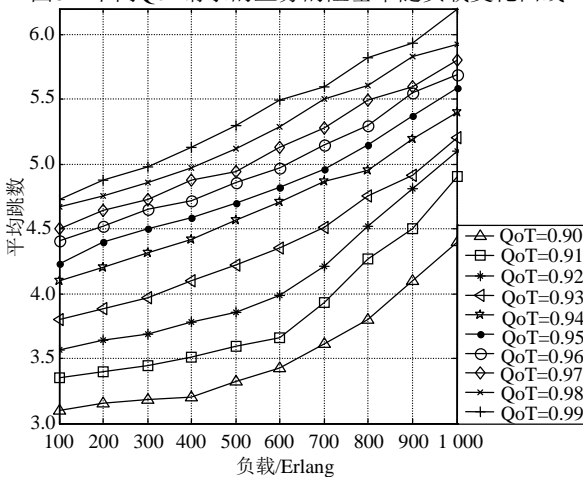


图9 不同业务请求的平均跳数

不同QoT请求的业务阻塞率随负载变化曲线如图8所示，不同QoT请求的业务保护路由的平均段数如图9所示。

从图中可以看出，QoT请求越高，业务的阻塞率越高，计算成功的保护路由的平均段数越多。这是因为业务的QoT请求越高，为业务计算的工作路由中配置的再生节点越多，计算的段保护路由数越多，网络中可用资源相对减少，导致业务的阻塞率增加；而且随着负载的增加，网络可用资源减少，计算成功的工作路由并非最短路由，导致业务的阻塞率增大，保护路由的平均段数增加，说明网络负载对业务驱动的跨层生存性策略有较大影响。

3 结束语

本文的业务驱动的跨层生存性策略首先根据业务请求QoT在最短工作路由上选择和配置再生节点；再根据再生节点选择合适的段，计算段保护路由；最后通过GMPLS控制平面将工作路由映射到上层虚链路。该生存性策略不仅满足了业务的QoT请求，提供区分业务的差异化服务，避免了多层网络的生存性策略冲突，同时最优化网络资源。对多层网络中设计区分业务的生存性策略具有参考价值和指导意义。

参考文献

- [1] ROSHANO R, MONTI P, TACCA M, et al. Reconfigurable optical networks: is it worth? [C]//2008 Conference on Optical Fiber Communication/National Fiber Optical Engineers. San Diego, CA, USA: [s.n.], 2008.
- [2] LOPEZ V, HEMANDEZ J A, GONZALEZ D, et al. Multilayer traffic engineering for IP over WDM networks based on bayesian decision theory [J]. Journal of Optical Communications and Networking, 2010, 99: 515-529.
- [3] COLLE D, DE M S, DEVELDER C, et al. Data-centric optical networks and their survivability [J]. IEEE Journal on Selected Areas in Communications, 2002, 20(1): 6-20.
- [4] ZHAO Ji-jun, WANG Su-jian, TANG Zhi-yuan. Integrated multi-layer network survivability based on gmpls to improve fault recovery time [C]//2009 International Conference on Computer Engineering and Technology. Singapore: [s.n.], 2009.
- [5] WONHYUK L, KWANGJONG C, HYUNCHEOL K, et al. The design of routing framework for protection & restoration of multi-layer based on gmpls network [C]//Fourth International Conference on Networked Computing and Advanced Information Management. Gyeongju, Republic of Korea: [s.n.], 2008.
- [6] SAMBO N, ANDRIOLLIN, GIORGETTI, et al. GMPLS-controlled dynamic translucent optical networks [J]. IEEE Network, 2009, 23(3): 34-40.

- [7] SAMBO N, PINART C, LE R E, et al. Signaling and multi-layer probe-based schemes for guaranteeing QoT in GMPLS transparent networks[C]//2009 Conference on Optical Fiber Communication-Includes Post Deadline Papers. San Diego, CA, USA: [s.n.], 2009.
- [8] IETF RFC3717. IP over optical networks: a framework[S]. 2004.
- [9] CUI Xin-you, WANG Jing, YAO Xiang-yu. Optimization of multilayer restoration and routing in IP-over-WDM networks[C]//Optical Fiber Communication/National Fiber Optic Engineers Conference. San Diego, CA, USA: [s.n.], 2008.
- [10] RATNAM K, ZHOU Lu-ying, GURUSAMY M. Efficient multi-layer operational strategies for survivable IP-over-WDM networks[J]. IEEE Journal on Selected Areas in Communications, 2006, 24(8): 16-31.
- [11] 赵继军, 纪越峰, 徐大雄. IP/GMPLS/Optical多层网络生存性机制的协调[J]. 光子学报, 2003, 32(7): 803-806.
ZHAO Ji-jun, JI Yue-feng, XU Da-xiong. Coordinated survivability strategies for IP/GMPLS/optical multi-layer network[J]. Acta Photonica Sinica, 2003, 32(7): 803-806.
- [12] TAPOLCAI J, HO P P, VERCHERE D, et al. A new shared segment protection method for survivable networks with guaranteed recovery time[J]. IEEE Transactions on Reliability, 2008, 57(2): 272-282.

编辑 黄 莘

(上接第202页)

- [7] 张群英, 杨学贤. LFM信号误差对SAR成像的影响分析[J]. 电子与信息学报, 2003, 25(2): 229-234.
ZHANG Qun-ying, YANG Xue-xian. Effect of LFM error on the image of SAR[J]. Journal of Electronics and Information Technology, 2003, 25(2): 229-234.
- [8] 陆必应, 梁甸农. 调频线性度对线性调频信号性能影响分析[J]. 系统工程与电子技术, 2005, 27(8): 1834-1836.
LU Bi-ying, LIANG Dian-nong. Effects of FM linearity on the performance of LFM signals[J]. Systems Engineering and Electronics, 2005, 27(8): 1834-1836.
- [9] 江志红. 调频连续波SAR实时成像算法研究[D]. 长沙: 国防科技大学, 2008.
JIANG Zhi-hong. Study on real-time imaging algorithm of FMCW SAR[D]. Changsha: National University of Defense Technology, 2008.
- [10] 李保国, 王远模, 赵宏钟, 等. 调频线性度对chirp信号的距离分辨力影响仿真分析[J]. 系统仿真学报, 2005, 17(4): 986-989.
LI Bao-guo, WANG Yuan-mo, ZHAO Hong-zhong, et al. Simulation and analysis of FM linearity effect on range resolution of chirp signal[J]. Journal of System Simulation, 2005, 17(4): 986-989.
- [11] WANG Dong-jin, HU Xiang, RUAN Wen-jie. Analysis of the influence of the FM non-linearity on the range resolution of LFMCW radar[C]//Asia Pacific Microwave Conference. [S.l.]: [s.n.], 1999: 714-717.
- [12] 董勇伟, 梁兴东, 丁赤飏. 调频连续波SAR非线性处理方法研究[J]. 电子与信息学报, 2010, 32(5): 1034-1039.
DONG Yong-wei, LIANG Dong-xing, DING Chi-biao. Non-linear signal processing for FMCW SAR[J]. Journal of Electronics and Information Technology, 2010, 32(5): 1034-1039.
- [13] TRETTER S A. Estimating the frequency of a noisy sinusoid by linear regression[J]. IEEE Transactions on Information Theory, 1985, IT-31(6): 832-835.
- [14] 纪慧波, 王一丁, 洪峻, 等. 合成孔径雷达线性调频信号的线性度约束研究[J]. 测试技术学报, 2003, 17(3): 247-250.
JI Hui-bo, WANG Yi-ding, HONG Jun, et al. Research on the linearity requirement of LFM in SAR[J]. Journal of Test and Measurement Technology, 2003, 17(3): 247-250.
- [15] 陈祝明, 丁义元, 向敬成. 线性调频连续波雷达的噪声性能分析[J]. 电子科技大学学报, 1999, 28(1): 28-31.
CHEN Zhu-ming, DING Yi-yuan, XIANG Jing-cheng. Analysis on antinoise property of LFMCW radar[J]. Journal of University of Electronic Science and Technology of China, 1999, 28(1): 28-31.

编辑 税 红