



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 115211088 B

(45) 授权公告日 2023. 11. 28

(21) 申请号 202080097982.4

(22) 申请日 2020.03.12

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 115211088 A

(43) 申请公布日 2022.10.18

(85) PCT国际申请进入国家阶段日  
2022.09.01

(86) PCT国际申请的申请数据  
PCT/CN2020/078902 2020.03.12

(87) PCT国际申请的公布数据  
W02021/179231 EN 2021.09.16

(73) 专利权人 华为技术有限公司  
地址 518129 广东省深圳市龙岗区坂田华为总部办公楼

(72) 发明人 陈以潇 冯皓宇 杨凯旋 谢刚  
李浩

(74) 专利代理机构 深圳市深佳知识产权代理事务所(普通合伙) 44285  
专利代理师 李杭

(51) Int.Cl.  
H04L 45/50 (2022.01)  
H04L 45/28 (2022.01)  
H04Q 11/00 (2006.01)

(56) 对比文件  
CN 101247354 A, 2008.08.20  
CN 102907051 A, 2013.01.30  
US 7626925 B1, 2009.12.01 (续)  
审查员 白芳芳

权利要求书2页 说明书14页 附图21页

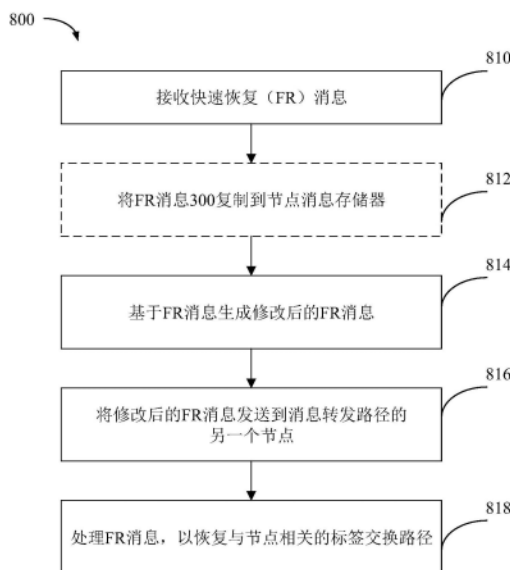
(54) 发明名称

用于恢复网络中标签交换路径的装置和方法

(57) 摘要

所公开的装置和方法涉及网络中的数据面恢复。一种方法包括:接收指示网络中故障的标签交换路径(label-switched path,LSP)故障通知;由所述网络的节点生成快速恢复(fast-restoration,FR)消息,并将所述FR消息发送到消息转发路径的第二节点。所述FR消息包括:多个转发指令对象(forwarding instruction object,FIO),所述多个FIO具有针对消息转发路径的每个节点的所述FR消息的转发指令;以及多个标签交换路径对象(label-switched path object,LSP0),所述多个LSP0具有用于保护绕行路径的每个节点的恢复LSP数据。另一种方法包括:接收所述FR消息;基于所述FR消息生成修改后的FR消息;以及在所述节点处理所述FR消息之前,基于所述FIO将所述修改后的FR消息发送到所述消息转发路径的另一个节点。

CN 115211088 B



[接上页]

**(56) 对比文件**

ZHANG Xian等."RSVP-TE Signaling Procedure for GMPLS Restoration and Resource Sharing-based LSP Setup and

Teardown" ,draft-ietf-teas-gmpls-resource-sharing-proc-00.draft-ietf-ccamp-gmpls-resource-sharing-proc.2014,5-6.

1. 一种节点,其特征在于,所述节点包括:  
存储指令的非暂态存储介质;以及  
处理器,用于执行所述指令,并且在执行所述指令时,用于:  
接收标签交换路径LSP故障通知;  
生成快速恢复FR消息,所述FR消息包括:  
多个转发指令对象FIO,所述多个FIO具有与消息转发路径的每个节点相关的转发指令;以及  
多个标签交换路径对象LSP0,所述多个LSP0具有用于保护绕行路径的每个节点的恢复标签交换路径LSP数据,所述消息转发路径的节点包括所述保护绕行路径的节点;以及  
将所述FR消息发送到所述消息转发路径的另一个节点。
2. 根据权利要求1所述的节点,其特征在于,所述多个FIO中的每个FIO包括动作标志,所述动作标志指示所述FR消息的数据是否应由所述消息转发路径的每个节点处理。
3. 根据权利要求1或2所述的节点,其特征在于,所述处理器还用于在生成所述FR消息之前,确定所述保护绕行路径的每个节点,并确定所述消息转发路径的每个节点。
4. 根据权利要求1至3中任一项所述的节点,其特征在于,所述FR消息中的FIO的数量等于所述消息转发路径的节点的数量。
5. 根据权利要求1至4中任一项所述的节点,其特征在于,所述FR消息中的LSP0的数量等于在所述保护绕行路径的每个节点处要恢复的LSP的数量。
6. 根据权利要求1至5中任一项所述的节点,其特征在于,所述FR消息还包括:  
报头,包括FR消息长度值、FR消息类型标识符和FR消息版本标识符;  
所述多个FIO中的FIO的数量的值;以及  
所述多个LSP0中的LSP0的数量的值。
7. 根据权利要求1至6中任一项所述的节点,其特征在于,所述多个FIO中的每个FIO包括:FIO长度值、FIO类型标识符、转发标签和动作标志。
8. 根据权利要求1至7中任一项所述的节点,其特征在于,所述多个LSP0中的每个LSP0包括:LSP0长度值、LSP0类型标识符和恢复LSP数据。
9. 根据权利要求1至8中任一项所述的节点,其特征在于,所述节点和所述保护绕行路径的其他节点操作光网络,所述FR消息中的LSP0的数量等于所述光网络的光通道的数量。
10. 一种节点,其特征在于,所述节点包括:  
存储指令的非暂态存储介质;以及  
处理器,用于执行所述指令,并且在执行所述指令时,用于:  
接收快速恢复FR消息,所述FR消息包括:  
具有第一转发指令对象FIO的多个转发指令对象FIO,所述第一FIO具有用于所述FR消息从所述节点到消息转发路径的另一个节点的转发指令;以及  
多个标签交换路径对象LSP0,每个LSP0具有用于保护绕行路径的每个节点的恢复标签交换路径LSP数据,所述消息转发路径的节点包括所述保护绕行路径的节点;  
基于所述FR消息生成修改后的FR消息;以及  
基于位于所述FR消息中的所述第一FIO,将所述修改后的FR消息发送到所述消息转发路径的另一个节点。

11. 根据权利要求10所述的节点,其特征在於,所述处理器还用于,在将所述修改后的FR消息发送到所述消息转发路径的另一个节点之后:

基于所述多个LSP0中的所述恢复LSP数据,处理所述FR消息以恢复与所述节点相关的LSP。

12. 根据权利要求10或11所述的节点,其特征在於,所述处理器还用于,在生成所述修改后的FR消息之前:

将所述FR消息复制到节点消息存储器,并在处理所述FR消息之前,从所述节点消息存储器检索所述FR消息。

13. 根据权利要求10至12中任一项所述的节点,其特征在於,所述处理器还用于通过从所述FR消息中删除与所述节点相关的所述第一FIO来生成所述修改后的FR消息。

14. 根据权利要求10至13中任一项所述的节点,其特征在於,所述修改后的FR消息包括修改后的多个FIO,所述修改后的多个FIO不包括所述第一FIO。

15. 一种方法,其特征在於,所述方法包括:

通过网络的节点接收快速恢复FR消息,所述FR消息包括:

具有第一转发指令对象FIO的多个转发指令对象FIO,所述第一FIO具有用于所述FR消息从所述节点到消息转发路径的另一个节点的转发指令;

多个标签交换路径对象LSP0,每个LSP0具有用于保护绕行路径的每个节点的恢复标签交换路径LSP数据,所述消息转发路径的节点包括所述保护绕行路径的节点;

基于所述FR消息生成修改后的FR消息;以及

基于位于所述FR消息中的所述FIO,将所述修改后的FR消息发送到所述消息转发路径的另一个节点。

16. 根据权利要求15所述的方法,其特征在於,还包括,在将所述修改后的FR消息发送到所述消息转发路径的另一个节点之后:

基于所述多个LSP0中的所述恢复LSP数据,处理所述FR消息以恢复与所述节点相关的LSP。

17. 根据权利要求16所述的方法,其特征在於,处理所述FR消息以恢复所述节点上的所述LSP还包括:在所述节点的数据面上建立至少一个交叉连接。

18. 根据权利要求15至17中任一项所述的方法,其特征在於,所述FR消息包括动作标志,所述动作标志指示:所述节点是否应当在将所述修改后的FR消息发送到另一个节点之后处理所述FR消息的数据。

19. 根据权利要求15至18中任一项所述的方法,其特征在於,还包括:在生成所述修改后的FR消息之前将所述FR消息复制到节点消息存储器。

20. 根据权利要求15至19中任一项所述的方法,其特征在於,生成所述修改后的FR消息还包括:从所述FR消息中删除与所述节点相关的所述第一FIO。

## 用于恢复网络中标签交换路径的装置和方法

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 这是为即时公开的技术提交的首次申请。

### 技术领域

[0003] 本发明大体上涉及通信领域,具体涉及网络中标签交换路径的恢复。

### 背景技术

[0004] 在电信网络中,节点和链路构成网络拓扑,链路提供节点之间的互连。自动交换光网络(automatically switched optical network,ASON)具有动态策略驱动的控制和ASON资源和连接的自动管理。

[0005] ASON的逻辑架构可以分为三个面:数据面(也可以称为“传送面”)、控制面和管理面。数据面具有交换机,负责通过连接传送用户数据。这些交换机通过链路相互连接。

[0006] 控制面负责ASON内部的资源和连接管理。控制面通常有一系列光连接控制器,这些控制器可以提供各种功能,例如网络拓扑发现、信令、路由、连接建立和拆除、连接保护和恢复、流量工程、波长分配。

[0007] 管理面负责管理控制面。管理面管理控制面资源、路由区、控制面的传送资源和策略的配置。管理面还可以提供故障管理、性能管理以及计费 and 安全管理功能。

[0008] 网络中的多协议标签交换(multi-protocol label switching,MPLS)路由技术通过使用路径标签将数据从一个节点引导到另一个节点。路径标签标识两个远程节点之间的路径,而不是数据的目的点。

[0009] 通用多协议标签交换(generalized multi-protocol label switching,GMPLS)路由技术基于MPLS路由技术。GMPLS技术支持例如二层交换(layer-2 switch capable,L2SC)接口、时分复用(time-division multiplex,TDM)接口、波长交换(Lambda switch capable,LSC)接口和光纤交换(fiber switch capable,FSC)接口。为了支持故障网络的恢复,GMPLS恢复技术使用控制面机制,例如信令、路由和链路管理机制。

[0010] 标签交换路径(label-switched path,LSP)可以定义为当数据包通过利用GMPLS的ASON网络传输时所遵循的预定路径。在网络发生故障的情况下,需要尽快恢复所有受影响的LSP和数据面。目前使用的恢复技术,例如针对流量工程的资源预留协议(resource reservation protocol-traffic engineering,RSVP-TE),是耗时且耗费资源的。

### 发明内容

[0011] 本发明的目的是提供用于改进网络中标签交换路径(label-switched path,LSP)的恢复的系统、方法和装置,例如节点、系统。具体地,这些系统、方法和装置可以在利用通用多协议标签交换(generalized multi-protocol label switching,GMPLS)的自动交换光网络(automatically switched optical network,ASON)中实现。

[0012] 根据这一目的,本发明的一方面提供了一种节点,所述节点包括:存储指令的非暂

态存储介质;处理器,用于执行所述指令,并且在执行所述指令时,用于:接收标签交换路径(label-switched path,LSP)故障通知;生成快速恢复(fast-restoration,FR)消息,所述FR消息包括:多个转发指令对象(forwarding instruction object,FIO),所述多个FIO具有与消息转发路径的每个节点相关的转发指令;以及多个标签交换路径对象(label-switched path object,LSP0),所述多个LSP0具有用于保护绕行路径的每个节点的恢复标签交换路径(label-switched path,LSP)数据,所述消息转发路径的节点包括所述保护绕行路径的节点。所述处理器还用于将所述FR消息发送到所述消息转发路径的另一个节点。

[0013] 在至少一个实施例中,所述处理器还用于在生成所述FR消息之前,确定所述保护绕行路径的每个节点,并确定所述消息转发路径的每个节点。

[0014] 处理器还可以用于,在生成所述FR消息之前:生成所述多个FIO;以及生成多个LSP0。

[0015] 所述节点还可以包括:包括转发数据的转发指令数据库;包括恢复LSP数据的LSP数据库。处理器在执行指令时还可以用于:访问转发指令数据库,以生成多个FIO;访问LSP数据库,以生成多个LSP0。

[0016] 根据本发明的另一方面,提供了一种节点,所述节点包括:存储指令的非暂态存储介质;以及处理器,用于执行所述指令,并且在执行所述指令时,用于:接收快速恢复(fast-restoration,FR)消息,所述FR消息包括:具有第一FIO的多个FIO,所述第一FIO具有用于所述FR消息从所述节点到消息转发路径的另一个节点的转发指令;以及多个LSP0,每个LSP0具有用于保护绕行路径的每个节点的恢复LSP数据,所述消息转发路径的节点包括所述保护绕行路径的节点。在至少一个实施例中,所述处理器还用于:基于所述FR消息生成修改后的FR消息;以及基于所述FR消息中的所述第一FIO,将所述修改后的FR消息发送到所述消息转发路径的另一个节点。

[0017] 所述处理器还可以用于:在将所述修改后的FR消息发送到所述消息转发路径的另一个节点之后,基于所述多个LSP0中的所述恢复LSP数据,处理所述FR消息,以恢复与所述节点相关的LSP。

[0018] 所述处理器还可以用于:在生成所述修改后的FR消息之前,将所述FR消息复制到节点消息存储器,并在处理所述FR消息之前,从所述节点消息存储器检索所述FR消息。

[0019] 处理器还可以用于通过从所述FR消息中删除与所述节点相关的所述第一FIO来生成所述修改后的FR消息。所述修改后的FR消息可以包括修改后的多个FIO,所述修改后的多个FIO不包括所述第一FIO。

[0020] 根据本发明的另一方面,提供了一种方法,所述方法包括:接收指示网络中故障的LSP故障通知;由所述网络的节点生成FR消息,所述FR消息包括:多个FIO,所述多个FIO具有用于所述FR消息的针对消息转发路径的每个节点的转发指令;多个LSP0,所述多个LSP0具有用于保护绕行路径的每个节点的恢复LSP数据,所述消息转发路径的节点包括所述保护绕行路径的节点。在至少一个实施例中,所述方法还包括将所述FR消息发送到所述消息转发路径的第二计算节点。

[0021] 在至少一个实施例中,所述方法还包括:在生成所述FR消息之前,确定保护绕行路径的每个节点,并确定消息转发路径的每个节点。

[0022] 根据本发明的另一方面,提供了另一种方法,所述方法包括:由网络的节点接收FR

消息,所述FR消息包括:具有第一FIO的多个FIO,所述第一FIO具有用于所述FR消息从所述节点到消息转发路径的另一个节点的转发指令;多个LSP0,每个LSP0具有用于保护绕行路径的每个节点的恢复LSP数据,所述消息转发路径的节点包括所述保护绕行路径的节点。在至少一个实施例中,所述方法还包括:基于所述FR消息生成修改后的FR消息;基于所述FR消息中的第一FIO,将所述修改后的FR消息发送到所述消息转发路径的另一个节点。

[0023] 在至少一个实施例中,所述方法还包括:在将所述修改后的FR消息发送到所述消息转发路径的另一个节点之后,基于所述多个LSP0中的所述恢复LSP数据,处理所述FR消息以恢复与所述节点相关的LSP。

[0024] 在至少一个实施例中,处理所述FR消息以恢复所述节点上的所述LSP还可以包括在所述节点的数据面上建立至少一个交叉连接。所述方法还可以包括在生成所述修改后的FR消息之前将所述FR消息复制到所述节点消息存储器。生成所述修改后的FR消息还可以包括从所述FR消息中删除与所述节点相关的所述第一FIO。

[0025] 在至少一个实施例中,所述FR消息的所述多个FIO中的每个FIO包括动作标志,所述动作标志指示所述FR消息的数据是否应由所述消息转发路径的每个节点处理。

[0026] 在至少一个实施例中,所述FR消息还可以包括:报头,所述报头包括FR消息长度值、FR消息类型标识符和FR消息版本标识符。所述FR消息还可以包括:所述多个FIO中的FIO的数量的值;以及所述多个LSP0中的LSP0的数量的值。

[0027] 所述FR消息中的FIO的数量可以等于所述消息转发路径的节点的数量。所述LSP0的数量可以等于在所述保护绕行路径的每个节点处要恢复的LSP的数量。

[0028] 所述FR消息的所述多个FIO中的每个FIO可以包括:FIO长度值、FIO类型标识符、转发标签和动作标志。每个FIO还可以包括动作标志,所述动作标志指示所述FR消息是否应由所述节点处理。所述FR消息的所述多个LSP0中的每个LSP0可以包括:LSP0长度值、LSP0类型标识符和恢复LSP数据。

[0029] 所述节点和保护绕行路径的其它节点可以操作光网络,所述FR消息中的LSP0的数量可以等于光网络的光通道的数量。

[0030] 本发明的实现方式每个均具有上述目的和/或方面中至少一个,但未必具有所有这些目的和/或方面。应理解,本发明的某些方面是为了试图达到上述目的,但可能并不满足该目的,和/或可能满足本文未具体阐述的其它目的。

[0031] 通过以下描述、附图和所附权利要求书,本发明实现方式的其它和/或替代性特征、方面和优点将变得明显。

## 附图说明

[0032] 结合附图,通过以下详细描述,本发明的其它特征和优点将变得明显,在附图中:

[0033] 图1示出了根据本技术的各种实施例的具有若干节点的电信网络的一部分,这些节点适合于实现本文所述的方法;

[0034] 图2示出了根据本技术的各种实施例的图1的一个节点;

[0035] 图3示出了根据本发明的各种实施例的快速恢复(fast-restoration,FR)消息的非限制性示例;

[0036] 图4示出了根据本发明的各种实施例的图3的FR消息的转发指令对象(forwarding

instruction object, FIO) 的非限制性示例;

[0037] 图5示出了根据本发明的各种实施例的图3的FR消息的标签交换路径对象 (label-switched path object, LSP0) 的非限制性示例;

[0038] 图6示出了根据本发明的各种实施例的在节点接收FR消息之前的FR消息, 并且修改后的FR消息由节点生成并被发送到另一个节点;

[0039] 图7示出了根据本发明的各种实施例的用于网络恢复的方法;

[0040] 图8示出了根据本发明的各种实施例的用于网络恢复的另一种方法;

[0041] 图9示出了根据本发明的各种实施例的光网络的非限制性示例;

[0042] 图10示出了根据本发明的各种实施例的LSP0的两个非限制性示例;

[0043] 图11示出了根据本发明的各种实施例的LSP0的两个替代的非限制性示例;

[0044] 图12示出了根据本发明的各种实施例的在三个节点之间示出直接控制通道的图9的光网络;

[0045] 图13示出了根据本发明的各种实施例的一个节点的FR消息的FIO的示例;

[0046] 图14示出了根据本发明的各种实施例的在两个节点之间没有直接控制通道的图9的光网络;

[0047] 图15A示出了根据本发明的各种实施例的由图9的光网络的一个节点生成的第一FR消息的非限制性示例;

[0048] 图15B示出了根据本发明的各种实施例的由图9的光网络的另一个节点生成的第二FR消息的非限制性示例;

[0049] 图15C示出了根据本发明的各种实施例的由图9的光网络的又一个节点生成的第三FR消息的非限制性示例; 以及

[0050] 图15D示出了根据本发明的各种实施例的由图9的光网络的又一个节点生成的第四FR消息的非限制性示例。

[0051] 应当理解, 在所有附图和对应的描述中, 相同的特征由相同的附图标记标识。此外, 还应理解, 附图和伴随的描述仅用于说明目的, 并且此类公开内容并不限制权利要求的范围。

## 具体实施方式

[0052] 本发明旨在解决当前技术的至少一些缺陷。具体地, 本发明描述了用于改进利用通用多协议标签交换 (generalized multi-protocol label switching, GMPLS) 的自动交换光网络 (automatically switched optical network, ASON) 中标签交换路径 (label-switched path, LSP) 的恢复的装置和方法。利用GMPLS的ASON在本文中也称为“GMPLS网络”。

[0053] 如本文所提到的, 术语“节点”是指GMPLS网络中的节点。节点是可以用于通过可执行指令操作的硬件元件, 如下文进一步讨论。该节点例如可以是二层交换机、光传送网 (optical transport networking, OTN) 交换机或波长交换机。在GMPLS网络中, 节点通过链路相互连接。如本文所提到, 术语“链路”是指在节点之间提供连接的硬件。如本文所提到, 术语“跳数”是指数据在网络的两个节点之间传输时通过的中间设备 (例如节点) 的数量。

[0054] LSP是数据包在通过GMPLS网络传输时沿循的预定路径。LSP也可以定义为在GMPLS



网络中发送数据包的节点序列(例如标签交换路由器)。如本文所使用,术语“工作LSP”是指在GMPLS网络的常规操作期间使用的LSP。

[0055] 网络的一个或更多个节点和/或一个或更多个链路的故障(可能有很多原因)可能导致网络故障。网络故障可能会影响一个或更多个LSP,因此可能会中断或以其它方式损坏网络的至少两个节点之间的数据传输。

[0056] 为了恢复此类故障网络中数据面的数据传输,需要恢复所有受网络故障影响的LSP。恢复LSP包括恢复受网络故障影响的节点的数据面上的交叉连接。通常,希望快速、高效地完成恢复。

[0057] 术语“保护LSP”是指在网络发生故障和工作LSP不可用时用于传送用户流量的LSP。针对流量工程的资源预留协议(resource reservation protocol-traffic engineering,RSVP-TE)是一种最流行的GMPLS信令协议。RSVP-TE通常使用PATH消息和RESV消息进行保护LSP建立。但是,使用RSVP-TE消息进行LSP恢复有局限性。

[0058] GMPLS网络使用互联网协议(internet protocol,IP)在控制面中的不同组件之间进行通信。在网络故障的情况下,基于IP的信令通信网络可能需要若干秒钟才能达到路由收敛状态。本文所指的路由收敛状态是网络的节点的状态,其中,网络的所有节点具有关于网络拓扑的相同信息。在网络的节点具有关于网络拓扑的相同信息之前,RSVP-TE消息可能会丢失,因为RSVP-TE消息没有指定如何将消息从一个节点转发到另一个节点。如果RSVP-TE消息丢失,则网络将继续保持未恢复,直到下一个RSVP-TE消息到达所有节点以完成LSP的恢复。

[0059] 此外,为了恢复故障网络中的LSP,需要针对每个保护LSP建立来发送一个RSVP-TE消息。因此,为了恢复一个源节点与一个目的地节点之间N个光通道中的数据传输,需要恢复N个保护LSP。这样的N个保护LSP需要N个RSVP-TE消息。

[0060] 此外,使用RSVP-TE消息恢复所有受网络故障影响的LSP所需的总时间延迟对于一些应用来说可能太长。这种总时间延迟取决于源节点与目的地节点之间RSVP-TE消息的总消息处理时间和总消息传输时间的总和。

[0061] 在5兆比特每秒(megabits per second,Mbits/s)控制通道上具有20跳的80个RSVP-TE PATH消息的总消息传输时间从保护LSP的源节点到目的地节点可能约为3.8秒。此外,每个RSVP-TE PATH消息都需要在被保护LSP的每个节点接收到之后进行处理。每个节点处理RSVP-TE PATH消息,验证资源并更新RSVP-TE PATH“软状态”。例如,RSVP-TE PATH消息在一个节点处的处理时间可以是15毫秒(millisecond,ms)左右。RSVP-TE PATH消息只有在RSVP-TE PATH消息被当前节点处理后才能发送到另一个节点,因此延迟了LSP的恢复。

[0062] 为了改善消费者和提供商体验,网络运营商正在努力减少恢复受网络故障影响的LSP所需的总时间延迟。

[0063] 本文所述的装置、系统和方法能够减少受网络故障影响的LSP的恢复时间。如本文所述的节点用于生成和处理快速恢复(fast-restoration,FR)消息。

[0064] 如本文所述的FR消息通过消息转发路径使用显式转发指令转发。显式转发指令确保将FR消息沿消息转发路径发送到每个节点。

[0065] 保护绕行路径可以包括一个或更多个保护LSP,所述一个或更多个保护LSP包括相同网络节点。换句话说,保护绕行路径是通过GMPLS网络的路径,该路径包括需要接收和处

理FR消息以恢复LSP的节点序列。消息转发路径可以与保护绕行路径不同。消息转发路径包括保护绕行路径的所有节点,也可以包括一个或更多个其它节点。

[0066] 一个FR消息可以包括可用于恢复许多网络LSP的数据。换句话说,当这些保护LSP包括相同的网络节点时,单个FR消息可以包括与许多保护LSP相关的数据。

[0067] 如本文所述的FR消息的结构即使在存在缓慢的路由收敛的情况下也能够避免FR消息的丢失。由于节点对FR消息进行高效传输并且在传输FR消息之后或同时在节点处对FR消息进行处理,可以加速网络的数据面中数据传输的恢复。

[0068] 在使用本文所述的FR消息成功恢复LSP之后,可以同步控制面和数据面,以恢复整个网络。可以例如通过传统的RSVP-TE PATH消息来执行控制面和数据面的这种同步。

[0069] 图1示出了根据本技术的各种实施例的具有若干节点的电信网络的一部分100,这些节点适合于实现本文所述的方法。

[0070] 节点111、112、113、114、115中的每一个包括处理器121和存储由处理器121可执行的指令的非暂态存储介质122。

[0071] 保护绕行路径101包括节点111、112、113、115。节点111也可以称为保护绕行路径101的“源节点111”。节点115也可以称为保护绕行路径101的“目的地节点”。源节点111用于生成第一FR消息300。换句话说,当源节点111的处理器121执行指令时,源节点111的处理器121用于生成第一FR消息300。

[0072] 保护绕行路径101被定义为在数据面中。FR消息通过网络的控制面发送。在一些实施例中,控制面的节点可以不同于数据面的节点。位于控制面中的消息转发路径103包括保护绕行路径101的所有节点,也可以包括附加节点。

[0073] 在图1中,位于控制面中的消息转发路径103包括节点111、112、113、114和115。换句话说,消息转发路径103包括保护绕行路径101的所有节点,以及中间节点114(也可以称为“控制面节点114”)。消息转发路径103也可以称为“控制面路径103”。

[0074] 源节点111生成FR消息300(在本文中也称为“第一消息300”)。节点112接收第一FR消息300,并基于第一FR消息300生成第二FR消息602,如下文所述。节点113用于基于第二FR消息602生成第三FR消息603,如下文所述。节点113向节点114发送第三FR消息603。

[0075] 控制面节点114接收第三FR消息603并将该第三FR消息603转发到节点115而不对该第三FR消息603进行处理。控制面节点114可以基于第三FR消息603生成第四FR消息604,然后将第四FR消息604发送到节点115。

[0076] 保护绕行路径101的节点112、113和目的地节点115分别用于处理FR消息300和602、604,如本文所述。换句话说,保护绕行路径101的节点112、113、115的处理器121分别用于处理FR消息300、602、604,如下文所述。

[0077] 图2示出了根据本技术的各种实施例的图1的源节点111。除了处理器121和非暂态存储介质122外,源节点111还可以包括转发指令数据库125和LSP数据库126。转发指示数据库125可以包括消息转发数据,例如转发标签。例如,转发标签可以是全局标签或对于要处理标签的节点已知的本地标签。LSP数据库126包括恢复LSP数据,例如,全局路径标签。

[0078] 在网络故障的情况下,源节点111接收通知,例如LSP故障通知201。在源节点111接收LSP故障通知201之后,源节点111生成FR消息300。

[0079] 图3示出了根据本发明的各种实施例的FR消息300的非限制性示例。FR消息300包

括FR消息报头301、转发指令对象(forwarding instruction object, FIO)列表320和标签交换路径对象(label-switched path object, LSP0)列表330。在一些实施例中, FIO列表320可以具有一个元素。在一些实施例中, LSP0列表330可以具有一个元素。

[0080] FR消息报头301包括: FR消息长度值302、FR消息类型标识符304、FR消息版本标识符306。在一些实施例中, FR消息长度值302可以占用两个字节的的数据。FR消息类型标识符304可以指示消息类型。例如, FR消息类型标识符304可以是“快速恢复”。这种消息类型标识符304可以向保护绕行路径101的节点指示FR消息300需要由节点的处理器的121如本文所述作为FR消息来处理。在一些实施例中, FR消息长度值301可以在FR消息类型标识符304之前。FR消息类型标识符304可以占用1个字节。

[0081] 在一些实施例中, FR消息300还可以包括转发指令对象(forwarding instruction object, FIO)的数量(n)321和恢复LSP对象的数量(m)331。

[0082] FIO的数量(n)321可以由当通过消息转发路径103发送FR消息300时FR消息300需要被转发的节点的数量定义, 以建立保护绕行路径101并恢复网络的LSP。换句话说, FIO的数量n可以对应于消息转发路径103中的节点的数量。

[0083] 图4示出了根据本发明的各种实施例的第一FR消息300的转发指令对象(forwarding instruction object, FIO)400的非限制性示例。FIO 400包括由保护绕行路径101中的节点转发FR消息300的细节的数据。

[0084] 还参考图1至图3, FIO 400的列表320使FR消息能够通过FR消息300中指定的消息转发路径103的节点转发。本文中提到的“FR消息的转发”或“FR消息的传播”包括分别通过消息转发路径103转发第一FR消息300、第二FR消息602、第三FR消息603和第四FR消息604。

[0085] 保护绕行路径101在FIO 400中通过标签指定。由于FIO, 可以保证FR消息300中包括的数据被发送到保护绕行路径101上的每个节点并被保护绕行路径101上的每个节点接收。在没有转发指令的情况下, 由于网络故障和拓扑变化导致路由收敛缓慢, 因此FR消息将丢失。

[0086] 每个FIO 400包括FIO长度值410、FIO类型标识符412和转发标签414。在一些实施例中, FIO 400还可以具有动作标志416。

[0087] FIO长度值410指示FIO 400的信息的组合长度。例如, FIO长度值410可以占用两个字节。

[0088] 例如, FIO类型标识符412可以是“转发指令”。例如, FIO类型标识符412可以占用1个字节。

[0089] 转发标签414可以是例如全局标签或对于执行转发指令的节点已知的本地标签。转发标签414可以占用例如y个字节, 其中, y是整数。例如, y可以等于8个字节, 包括4个字节的节点标识符(identifier, ID)和4个字节的链路ID。

[0090] 动作标志416可以指示当前节点在接收到FR消息300时需要执行的动作。例如, 动作标志可以指示是否需要在当前节点处理相应的FR消息。例如, 特定于当前节点的动作标志可以是字符串“转发”。字符串“转发”可以表示接收到的FR消息需要由当前节点在不进行处理的情况下转发到另一个节点。或者, 特定于当前节点的动作标志可以是另一个字符串“复制和转发”。字符串“复制和转发”可以指例如当前节点接收到的相应FR消息需要由当前节点复制, 然后转发到另一个节点, 在FR消息300被转发到另一个节点之后, 由当前节点

处理该FR消息。例如,动作标志可以占用1个字节。

[0091] 在一些实施例中,FIO 400可以没有动作标志416。例如,默认动作可以是“复制和转发”,并且可能是读取FIO 400的节点已知的。如果FIO 400没有任何动作标志416,则读取FIO 400的节点可以预先配置用于复制和转发消息。

[0092] 如图4中所示,每个FIO 400可以占用 $(4+y)$ 个字节,其中, $y$ 是转发标签414的字节数量。还参考图3,FR消息300包括保护绕行路径101上的每个节点的FIO 400。因此, $n$ 个FIO的列表320可以占用FR消息300中的 $n(4+y)$ 个字节。

[0093] 除了FIO 400之外,FR消息300还包括LSP0列表330,如下文所述。

[0094] 图5示出了根据本发明的各种实施例的LSP0 500的非限制性示例。LSP0也可以称为“LSP数据对象”。

[0095] 一个LSP0 500包括用于保护绕行路径101上节点112、113、115中的一个节点的恢复LSP数据。还参见图3,单个FR消息300包括多个保护LSP数据对象,例如LSP全局标签。

[0096] 由于多个LSP0通过一个保护绕行路径101发送,因此对于具有相同节点路径的LSP,可以使用单个FR消息300信令来恢复保护绕行LSP。因此,如果多个保护绕行LSP位于一个保护绕行路径101上,则可以使用一个FR消息300来建立多个保护绕行LSP。

[0097] LSP0 500包括LSP0长度值510、LSP0类型标识符512和恢复LSP数据514。

[0098] LSP0长度值510指示LSP0的信息的组合长度。例如,LSP0长度值510可以占用两个字节。例如,LSP0类型标识符512可以是“LSP数据”类型。例如,LSP0类型标识符512可以占用一个字节。

[0099] 例如,恢复LSP数据514可以是全局路径标签。例如,恢复LSP数据可以占用 $x$ 个字节,其中, $x$ 是整数。例如,全局路径标签可以占用4个字节。在该非限制性示例中,每个LSP0 500可以占用 $(3+x)$ 个字节。例如,全局路径标签可以占用6个字节,包括4个字节的节点ID和2个字节的本地LSP索引。

[0100] 现在参考图3,FR消息300可以包括恢复LSP的数量 $m$ 的值331,其中, $m$ 是整数。恢复LSP的数量331可以取决于恢复路径(换句话说,保护绕行路径)的数量。例如,80个密集波分复用(dense wave length division multiplexing,DWDM)光通道可以有80个恢复路径。例如,恢复LSP的数量 $m$ 的值可以占用1个字节。

[0101] LSP0列表330可以遵循FR消息300中恢复LSP的数量 $m$ 的值。例如,对于光网络,FR消息中的LSP0的数量可以等于光网络的光通道的数量。

[0102] 图6示出了根据本发明的各种实施例的在由节点112接收之前的FR消息300(在本文中也称为“第一FR消息300”)以及节点112基于FR消息300生成的修改后的FR消息602(在本文中也称为“第二FR消息602”)。

[0103] 在图6中,第一FR消息300的FIO列表320包括第一FIO 401、第二FIO 402和第三FIO 403。还参考图1和图4,每个FIO 401、402、403具有如上针对FIO 400所述的结构,分别具有特定于节点112、113、114的转发指令。

[0104] 在节点112接收到第一FR消息300之后,其处理器121读取位于FIO列表320的第一位置的第一FIO 401。还参考图4,如果动作标志416存在于FIO 400中,并且动作标志416指定“复制和转发”,则节点112将FR消息300复制到例如节点消息存储器613。然后,节点112的处理器121生成第二FR消息602,并将第二FR消息602转发(发送)到节点113。或者,如果FR消

息没有任何动作标志416,则节点112可以默认复制FR消息300,生成第二FR消息602,然后将第二FR消息602转发到节点113。

[0105] 动作标志416可以仅指定“转发”,而不指定“复制”。在这些实施例中,节点112不复制FR消息300,而是生成第二FR消息并将第二FR消息转发到节点113。

[0106] 除了被节点112的处理器121删除的第一FIO 401以外,第二FR消息602具有第一FR消息300的所有字段。第二FR消息602的修改后的FIO列表322以第二FIO 402开始,第二FIO 402包括特定于节点113的转发指令。

[0107] 通过删除第一FIO 401,节点112生成比节点112接收到的第一FR消息300短的第二FR消息602。较短的第二FR消息602使得能够在保护绕行路径101的下一个节点更快地读取第二FR消息602。下一个节点(例如节点113)当读取第二FR消息602时,读取第二FIO 402,该第二FIO 402现在位于修改后的FIO列表322的第一位置上。

[0108] 节点112还更新第二FR消息602中的FR消息长度值302。第二FR消息602中的FIO的数量的值321也由节点112更新为(n-1)。

[0109] FR消息300由节点112的处理器121复制,第二FR消息602被转发到下一个节点113。

[0110] 在第二FR消息602被转发到保护绕行路径101的下一个节点113之后,第一FR消息300(或消息FR消息300的本地副本)可以由节点112处理。节点112在处理第一FR消息300之前发送第二FR消息602,然后随后或同时处理第一FR消息300,这样可以减少FR消息在保护绕行路径101中的传播时间,从而缩短网络的恢复时间。

[0111] 节点112对FR消息300的处理可以包括读取FR消息300中的与节点112对应的LSP0 500,并且使用LSP0 500的数据通过在节点112恢复(换句话说,建立)交叉连接来通过节点112建立数据路径。

[0112] 沿着保护绕行路径101的每个节点上的交叉连接(也可以称为“交叉跨接”)可以并行编程(建立)。换句话说,每个节点的输入端口与输出端口之间的路径(即节点上的LSP的子段)可以被编程为与处理FR消息大致同时地发送FR消息。换句话说,在节点内处理FR消息和通过交叉连接发送FR消息不是顺序的。在至少一个实施例中,节点在FR消息中接收到的LSP数据包括如何在该节点上建立交叉连接的指令。

[0113] 在将对应的修改后的消息向下游转发到保护绕行路径的下一个节点之后,每个节点可以分别处理FR消息300、602、603、604,使得FR消息300、602、603、604可以由保护绕行路径101的节点并行(非顺序)处理。

[0114] 如上所述,FR消息通过FR消息300中的转发指令指定的消息转发路径103转发,并被发送到位于保护绕行路径101上的每个节点。尽管在网络故障的情况下路由收敛速度缓慢,但FR消息300中的转发指令可以帮助FR消息沿循消息转发路径103而不会丢失。

[0115] 应理解,一个节点可以用于如本文所述生成FR消息300,并对该FR消息300进行复制、转发和处理。参见图1,节点112还可以在网络故障的情况下,确定保护绕行路径,并基于多个FIO和多个LSP0生成另一个FR消息。换句话说,网络的任何节点都可以是源节点,可以生成FR消息,可以是消息转发路径的源节点。

[0116] 图7示出了根据本发明的各种实施例的用于网络恢复的方法。在描述图7时,还将参考图1至图6。

[0117] 该方法700可以在保护绕行路径101的源节点111上实现。

[0118] 在步骤710中,源节点111接收LSP故障通知201。在步骤711中,源节点111的处理器121可以确定保护绕行路径101的每个节点,并确定消息转发路径103的每个节点。在一些实施例中,源节点111可以发送请求以确定保护绕行路径101的每个节点和确定消息转发路径103的每个节点,并随后接收此类数据。消息转发路径103的节点包括保护绕行路径101的节点。

[0119] 在步骤712中,源节点111的处理器121可以访问转发指令数据库,并可以生成多个FIO 400。在步骤714中,节点的处理器可以访问LSP数据库并生成多个LSP0 500。

[0120] 在一些实施例中,多个FIO 400和/或多个LSP0 500可以由处理器121响应于接收到LSP故障通知201而实时生成。

[0121] 在步骤716中,源节点111的处理器121生成FR消息300。如上所述,FR消息包括:多个FIO,多个FIO具有与消息转发路径的每个节点相关的转发指令;以及多个LSP0,多个LSP0具有用于保护绕行路径的每个节点的恢复LSP数据。在至少一个实施例中,所述FR消息还可以包括:报头,所述报头包括FR消息长度值、FR消息类型标识符和FR消息版本标识符。所述FR消息还可以包括:所述多个FIO中的FIO的数量的值;所述多个LSP0中的LSP0的数量的值。

[0122] 在至少一个实施例中,所述FR消息的所述多个FIO中的每个FIO包括动作标志,所述动作标志指示所述FR消息的数据是否应由所述消息转发路径的每个节点处理。所述FR消息的所述多个FIO中的每个FIO可以包括:FIO长度值、FIO类型标识符和转发标签。所述FR消息中的FIO的数量可以等于所述消息转发路径的所述节点的数量。

[0123] 所述LSP0的数量可以等于在所述保护绕行路径的每个节点处要恢复的LSP的数量。所述FR消息的所述多个LSP0中的每个LSP0可以包括:LSP0长度值、LSP0类型标识符和恢复LSP数据。

[0124] 在步骤718中,源节点111的处理器121将FR消息300发送到保护绕行路径101的另一个节点。还参考图1,例如,源节点111可以将FR消息300发送到保护绕行路径101的节点112。

[0125] 图8示出了根据本发明的各种实施例的用于网络恢复的另一种方法800。在描述图8时,还将参考图1至图6。

[0126] 例如,方法800可以在保护绕行路径101的节点112上实现。

[0127] 在步骤810中,节点112接收FR消息300。

[0128] 在步骤812中,FR消息300可以被复制到节点消息存储器613。节点消息存储器可以是临时存储器。

[0129] 在步骤814中,节点112的处理器121通过从FR消息300中删除与节点112相关的转发标签401来生成修改后的FR消息601。修改后的FR消息还具有更新的FR消息长度值和FIO的数量的更新值。

[0130] 在步骤816中,修改后的FR消息602(在本文中也称为“第二消息602”)被发送到消息转发路径103的下一个节点113。基于在FR消息300中提供的与节点112相关的转发标签发送修改后的FR消息602。换句话说,基于位于FR消息300中的与节点112相关的多个FIO中的第一FIO,将修改后的FR消息发送到消息转发路径103的另一个节点。

[0131] 在步骤818中,FR消息300可以从节点消息存储器中检索,并在节点112处由节点112的处理器121进行处理。如上所述,FR消息具有FIO。FIO可以包括动作标志,所述动作标

志指示FR消息是否应由节点处理。基于FR消息300中的多个LSP0中的恢复LSP数据,处理FR消息以恢复与节点112相关的LSP。

[0132] 处理器读取LSP对象,对LSP数据进行解码,并使用LSP数据建立数据面的交叉连接。然后,可以建立LSP路径,并且更新的流量可以流动。

[0133] 图9示出了根据本发明的各种实施例的光网络900的非限制性示例。光网络900具有6个波长交换节点910a、910b、910c、910d、910e、910f。每个节点都有转发器端口。例如,节点910b或910d具有端口P1和P2。图9还示出了节点之间的链路,例如,链路“节点910b(L1) <-> 节点910d(L2)”连接节点910b和节点910d。

[0134] 例如,可以使用GMPLS RSVP-TE PATH/RESV消息生成两个隧道。参考图9,隧道1具有使用波长w1的工作LSP“LSP1”(用虚线表示)。隧道2具有使用波长w2的工作LSP“LSP2”(用点表示)。隧道1和隧道2使用不同的转发器端口,但在网络侧共享相同的链路。

[0135] 在图9中,工作LSP LSP1的路由可以表示如下:节点910b w1交叉连接P1xL1,节点910d w1交叉连接L2xP1,其中,P1是指相应节点的P1转发器端口,L1和L2是光链路接口,w1是指使用第一波长w1的交叉连接。换句话说,表达“节点910b w1交叉连接P1xL1”是指在节点910b处使用第一波长w1的交叉连接P1xL1。类似地,表达“节点910d w1交叉连接L2xP1”是指在节点910d处使用第一波长w1的交叉连接L2xP1。

[0136] 工作LSP LSP2的路由可以表示如下:节点910b w2交叉连接P2xL1,节点910d w2交叉连接L2xP2,其中,P2是相应节点的P2转发器端口,L1和L2是光链路接口。w2是指使用第二波长w2的交叉连接。

[0137] 在光网络900的链路“节点910b(L1) <-> 节点910d(L2)”发生故障的情况下,隧道1和隧道2都会受到影响,需要尽快恢复。

[0138] 一旦源节点910b接收到通知工作LSP的一个或多个故障的一个或多个LSP故障通知,如果已在工作LSP故障之前预先计算了保护LSP,则源节点910b可以从数据库中检索保护LSP。或者,源节点910b可以确定保护LSP。或者,源节点910b可以请求路径计算引擎(path computing engine,PCE)服务器实时确定保护LSP。

[0139] 例如,针对每个波长确定的保护绕行路径(在本文中也称为“保护LSP”)可以表示如下。保护LSP LSP1的路由可以是:节点910b w1交叉连接P1xL2、节点910f w1交叉连接L2xL1、节点910d w1交叉连接L1xP1。保护LSP LSP2的路由可以是:节点910b w2交叉连接P2xL1、节点910f w2交叉连接L2xL1、节点910d w2交叉连接L1xP2。

[0140] 保护LSP LSP1 931和保护LSP LSP2 932共享相同的节点910b、910f和910d。因此,如上所述,与两个保护绕行路径(保护LSP LSP1和保护LSP LSP2)相关的数据,例如用于保护LSP LSP1 931、LSP LSP2 932的每个节点910f、910d的恢复LSP数据可以分组在如上所述的单个FR消息300中。

[0141] 源节点910b基于保护LSP LSP1和保护LSP LSP2确定FR消息300的消息转发路径,以避免FR消息300因链路故障而丢失,并确保在沿着保护绕行路径的节点上成功生成所有交叉连接。

[0142] 应理解,消息转发路径可以不同于保护LSP LSP1和保护LSP LSP2。

[0143] 图10示出了根据本发明的各种实施例的可以为保护LSP LSP1和保护LSP LSP2编码的LSP0的示例。图11示出了根据本发明的各种实施例的可以为保护LSP LSP1和保护LSP

LSP2编码的LSP0的替代示例。

[0144] 如果两个保护LSP交叉连接尚未发送到节点910d和节点910f或尚未在节点910d和节点910f上进行预先配置,则从源节点910b发送的FR消息可以为节点910d和节点910f的交叉连接提供图10中所示的LSP0 1001、1002。

[0145] 或者,在链路“节点910b(L1)←→节点910d(L2)”发生故障之前,可以预先计算两个保护LSP,并将保护LSP交叉连接发送到节点910d和节点910f上并在节点910d和节点910f上进行预先配置。如果已预先计算了两个保护LSP,则从源节点910b发送的FR消息可以包括保护LSP全局标识符(identifier, ID),而不是图10中所示的LSP0 1001、1002的各个字段1003。图11示出了具有保护LSP全局ID 1103、1104的替代LSP0 1101、1102。

[0146] 图12示出了在节点910b与节点910f之间以及节点910f与节点910d之间具有光监控通道(optical supervisory channel, OSC)和直接控制通道的光网络900。节点910b(控制接口c2)与节点910f(控制接口c2)之间以及节点910f(控制接口c1)与节点910d(控制接口c2)之间有直接控制通道。控制面中的信令消息可以通过OSC通道发送。

[0147] 在图12中,节点910b与节点910f之间以及节点910f与节点910d之间没有保护LSP发生故障。因此,在网络900的控制面中的第一FR消息300的转发沿循与保护LSP相同的路径。

[0148] 消息转发路径1250上只有一个中间节点910f。因此,节点910b生成的第一FR消息300只有一个FIO。

[0149] 图13示出了根据本发明的各种实施例的节点910f的FR消息300的FIO 1300的示例。第一FR消息300由源节点910b生成并发送给节点910f。节点910f在接收到第一FR消息300之后,复制第一FR消息300并生成第二FR消息602。

[0150] 如上所述,除了FIO 1300以外,第二FR消息602具有与第一FR消息300相同的字段。换句话说,为了生成第二FR消息,节点910f从第一FR消息300中删除FIO 1300。

[0151] 节点910f将第二FR消息602转发到节点910d,节点910d是消息转发路径1250的最后一个节点。在第二FR消息602已经从节点910f转发到910d之后,节点910f对第一FR消息300进行解码。为了对第一FR消息300进行解码,节点910f提取LSP数据,例如图10至图11中所示的LSP字段1003或LSP全局ID 1103、1104。然后,节点910f针对波长w1和w2编程链路L2与链路L1之间的交叉连接。

[0152] 图14示出了在节点910b与节点910f之间具有OSC但没有直接控制通道的光网络900。例如,控制面信令消息可以通过OSC通道发送。由于保护LSP路由的节点910b与节点910f之间没有直接控制通道,因此节点910b路由表显示控制接口c1可以用于通过节点910d转发消息到节点910f。例如,这可以是网络900中的节点910b与节点910d之间的最短路径。但是,如果节点910b与节点910d之间的链路发生故障,则不应使用节点910b的控制接口c1。如果使用控制接口c1,则任何发送的消息都将丢失。

[0153] 因此,在节点910b与节点910d之间的链路发生故障的情况下,如图14所示,节点910b确定通往节点910d的另一个可行路径。例如,这种可用于向节点910d发送FR消息的可行路径可以是图14中所示的转发路径1410:节点910b(通过控制接口c3)到节点910a(通过控制接口c1)到节点910c(通过控制接口c1)到节点910f(通过控制接口c3)到节点910d。

[0154] 图15A示出了根据本发明的各种实施例的由网络900的节点910b生成的第一FR消



息1500b的非限制性示例。

[0155] 由于转发路径1410上有3个中间节点910a、910c、910f,因此FR消息1500b具有三个FIO 1520a、1520c、1520f(在FR消息1500b中称为“指令”)。三个FIO 1520a、1520c、1520f可以由源节点910b生成。

[0156] 前两个FIO 1520a、1520c具有带有指示节点910a和910c的“转发”的动作标志的字段,因为节点910a和910c不在保护绕行路径1420(也称为“保护LSP路由”)上。第三FIO 1520f具有指示节点910f的“复制+转发”的动作标志,因为节点910f位于保护绕行路径1420上,在本非限制性示例中,该保护绕行路径1420仅包括节点910b、910f和910d。

[0157] 在至少一个非限制性示例中,可以针对每个链路故障预先计算保护LSP路由,并且该保护LSP路由可以仅存储在每个隧道的源节点910b处。在这种示例中,当接收到指示针对两个波长w1和w2的工作LSP的故障的两个网络故障通知时,源节点910b可以从LSP数据库126中检索两个保护LSP。两个保护LSP中的每一个都对应于特定的波长w1或w2。在网络900的非限制性示例中,针对两个波长w1和w2的保护LSP共享相同的节点910b、910f、910d,并且如上所述,两个保护LSP可以分组在单个FR消息1500b中。

[0158] 图15B示出了根据本发明的各种实施例的由网络900的节点910a生成的第二FR消息1500a的非限制性示例。图15C示出了根据本发明的各种实施例的由网络900的节点910c生成的第三FR消息1500c的非限制性示例。图15D示出了根据本发明的各种实施例的由网络900的节点910f生成的第四FR消息1500f的非限制性示例。

[0159] 在节点910b向节点910a发送FR消息1500b之后,节点910b可以删除两个旧的交叉连接:使用波长w1的P1xL1交叉连接和使用波长w2的P2xL1交叉连接。然后,节点910b可以生成两个新的交叉连接:使用波长w1的P1xL2交叉连接和使用波长w2的P2xL2交叉连接。

[0160] 在生成了两个新的交叉连接之后,节点910b可以启动定时器。定时器可以计算例如5秒的延迟。在定时器超时后(假设保护路径已经建立,数据流量正在流动),节点910b可以沿着保护路径发送RSVP-TE PATH消息,以将控制面/RSVP软状态与数据面同步。

[0161] 当从节点910b接收到FR消息1500b时,节点910a对该消息进行解码,并读取FIO列表中的第一FIO 1520a(指令对象)。第一FIO 1520a具有指示“转发”的动作标志和转发标签值“出本地接口C1”。在至少一个非限制性实施例中,动作标志“转发”可以指示节点910a不需要复制和处理消息以替换其上的交叉连接。节点910a从消息体中删除第一FIO 1520a,将“指令数量”字段的值更新为具有值“2”而不是“3”,并将(FR消息的)“长度”字段的值更新为“96”而不是“104”。因此,节点910a可以生成修改后的第二FR消息1500a,然后将第二FR消息1500a从节点910a的本地控制接口C1发送到节点910c。

[0162] 当从节点910a接收到第二FR消息1500a时,节点910c对第二FR消息1500a进行解码,并读取FIO列表中的第一FIO。第二FR消息1500a的FIO列表中的第一FIO是第二FIO 1520c。第二FIO 1520c的动作标志字段的值为“转发”。第二FIO 1520c的“转发标签”字段的值为“出本地接口C1”。

[0163] 第二FIO 1520c的动作标志值“转发”可以指示节点910a不需要进一步复制和处理消息(例如,用于提供交叉连接)。在这种示例中,节点910c从第二FR消息1500a中删除第二FIO 1520c,将“指令数量”字段的值更新为“1”而不是“2”,并将“长度”字段的值更新为88而不是96。因此,节点910c生成第三FR消息1500c,并从其本地控制接口C1将第三FR消息1500a

发送出去。

[0164] 当从节点910c接收到第三FR消息1500c时,节点910f对第三FR消息1500c进行解码,并读取第三FR消息1500c的FIO列表中的顶部FIO:第三FIO 1520f。在图15C中,第三FIO 1520f具有指示“复制+转发”的动作标志字段。转发标签的值为“出本地接口C3”。

[0165] 在该非限制性示例中,第三FIO 1520f的“复制+转发”的动作标志值可以指示节点910f需要进一步复制和处理第三FR消息1500c,以便恢复数据面处的交叉连接。在复制第三FR消息1500c之后,节点910f删除了第三FIO 1520f。节点910f还可以从第三FR消息1500c中删除关于节点910f的两个交叉连接的数据。节点910f还将“指令数量”字段的值更新为0而不是1,并将“长度”字段的值更新为56而不是88。因此,节点910f可以生成图15D中所示的第四FR消息1500f。然后,节点910f从其本地控制接口C3向节点910d发送生成的第四FR消息1500f。

[0166] 在将第四FR消息1500f发送到节点910d之后,节点910f验证资源可用性,并在节点910f的数据面上生成两个交叉连接。基于在第三FR消息1500c中接收到的数据,节点910f可以生成两个交叉连接:(1)节点910f w1交叉连接L2xL1,是指使用第一波长w1在链路L2与L1之间的交叉连接;(2)节点910f w2交叉连接L2xL1,是指使用第二波长w2在链路L2与L1之间的交叉连接。

[0167] 在从节点910f接收到第四FR消息910f之后,节点910d对该消息进行解码,并确定第四FR消息910f中没有FIO。没有FIO表示不需要从节点910d发送传出的FR消息,因为节点910d是保护绕行路径的目的地节点。

[0168] 然后,接收到的第四FR消息1500f由节点910d处理。基于FR消息1500f,节点910d可以验证资源可用性,并删除两个旧的交叉连接L2xP1(使用波长w1)和L2xP2(使用波长w2)。然后,基于FR消息1500f,节点910d生成两个新的交叉连接L1xP1(使用波长w1)和L1xP2(使用波长w2)。

[0169] 尽管已经参考本发明的特定特征和实施例描述了本发明,但是明显在不脱离本发明的情况下可以制定本发明的各种修改和组合。因此,说明书和附图仅被视为对所附权利要求书限定的本发明的说明,并且预期覆盖落入本发明的范围内的任何和所有修改、变化、组合或等同物。

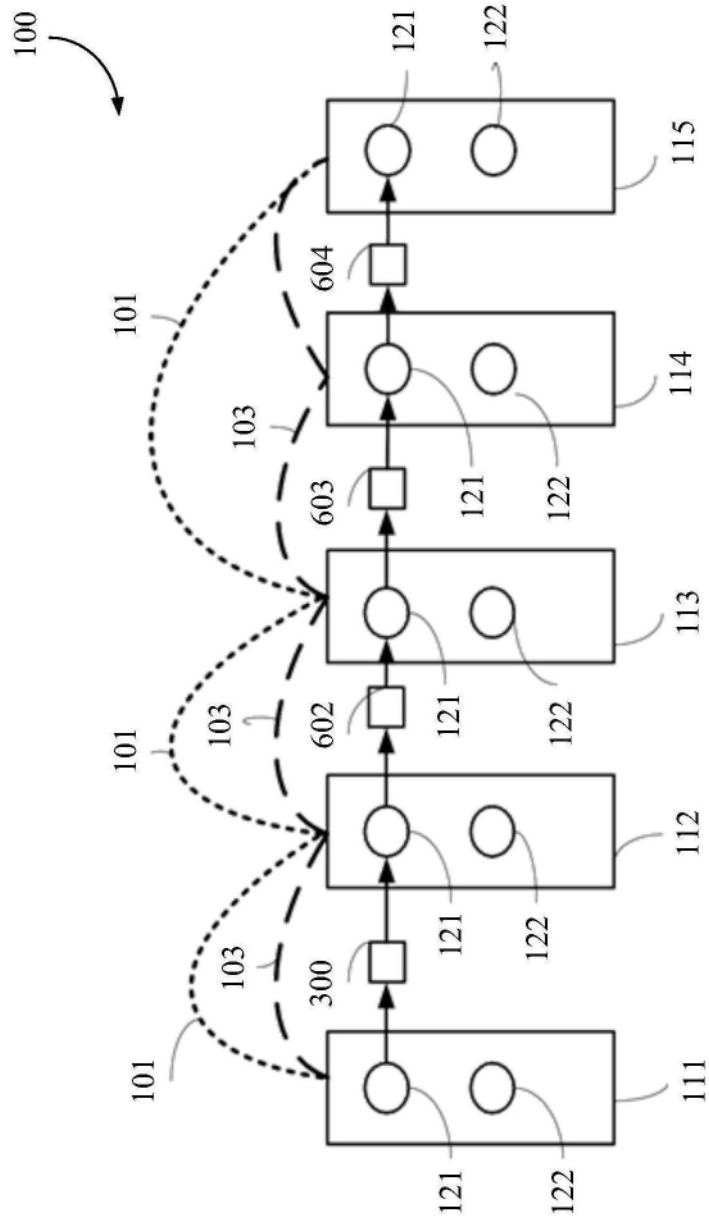


图1

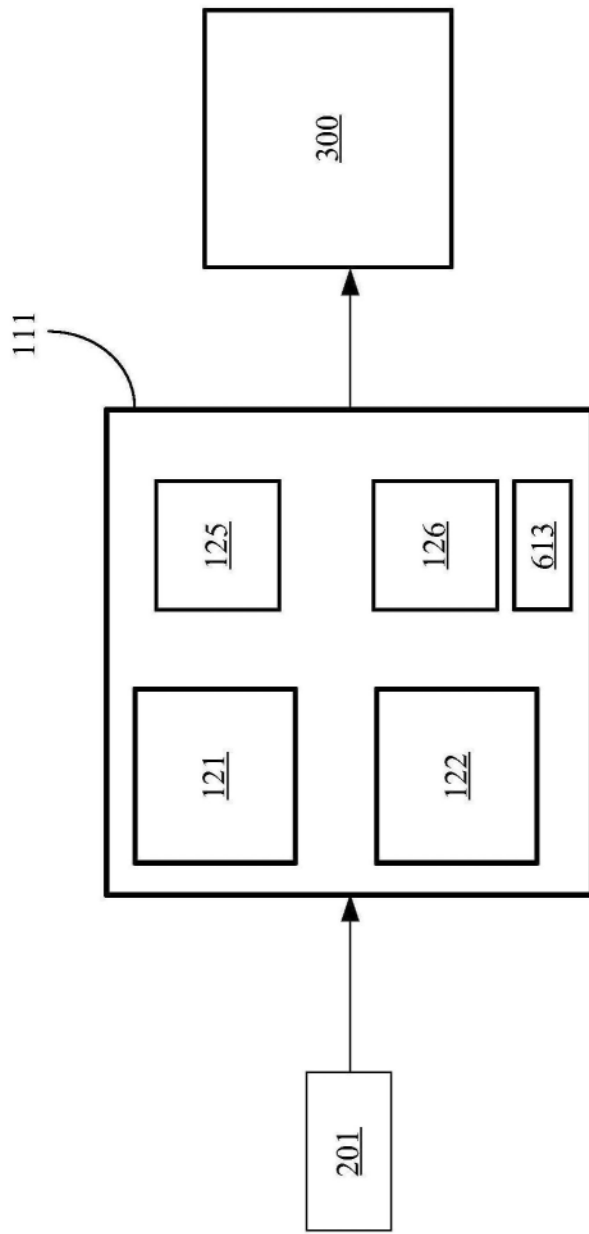


图2

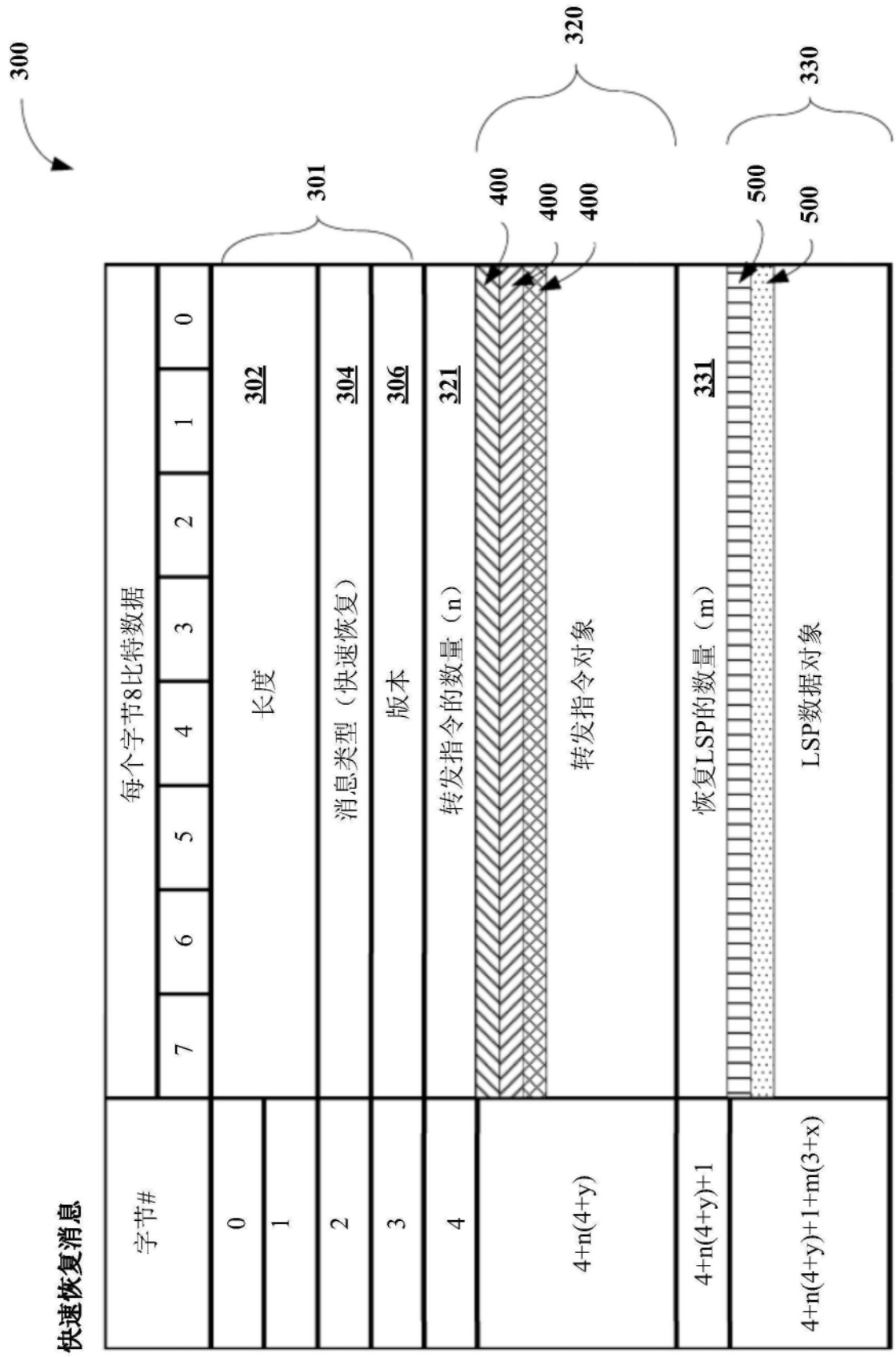


图3

400

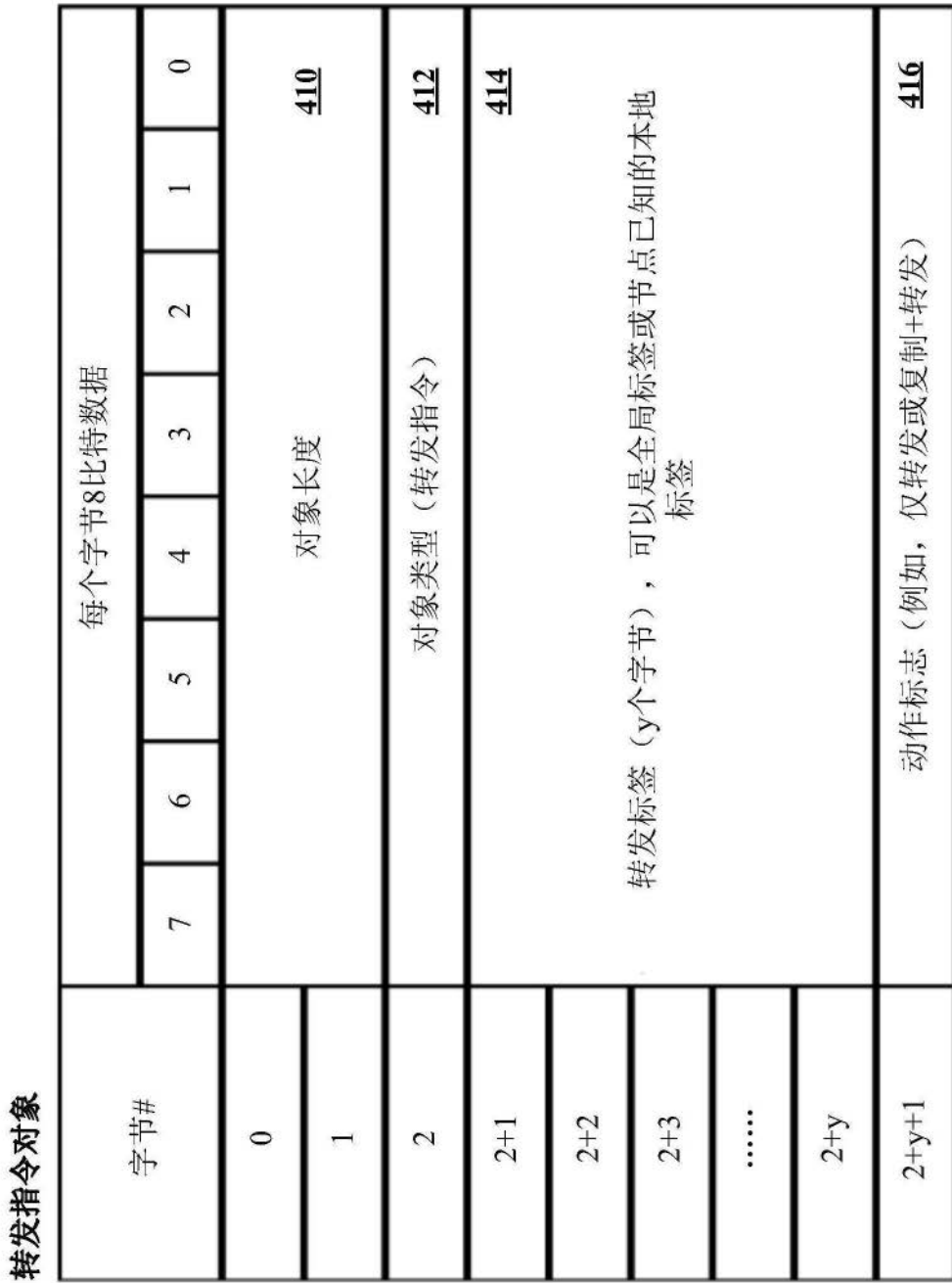


图4

500

LSP 数据对象		每个字节8比特数据							
		7	6	5	4	3	2	1	0
字节#									
0		对象长度							
1		510							
2		对象类型 (LSP数据)							
2+1		512							
2+2		恢复LSP数据 (x个字节), 例如全局路径标签 (4个字节)							
.....									
2+x									
		514							

图5

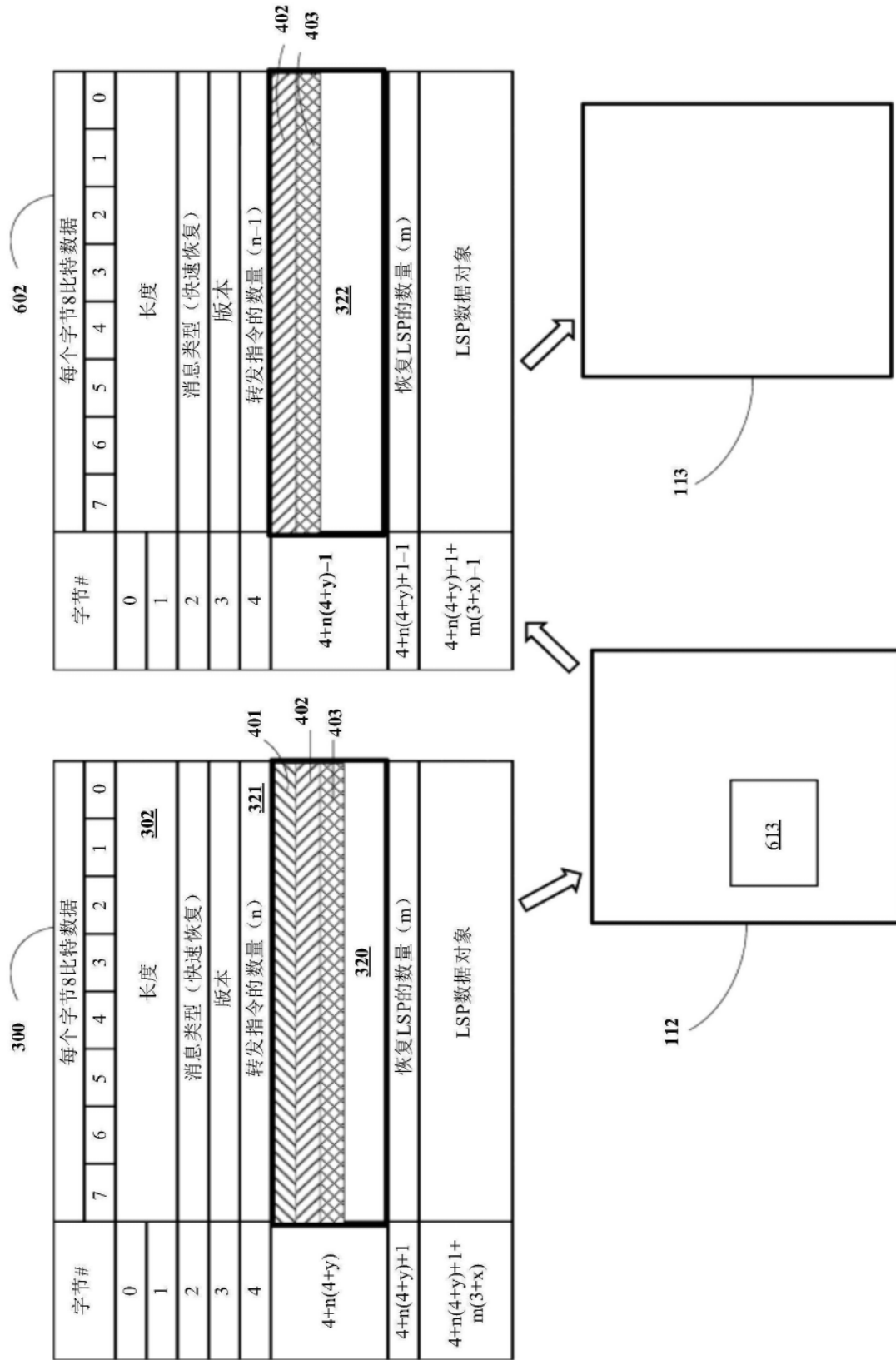


图6



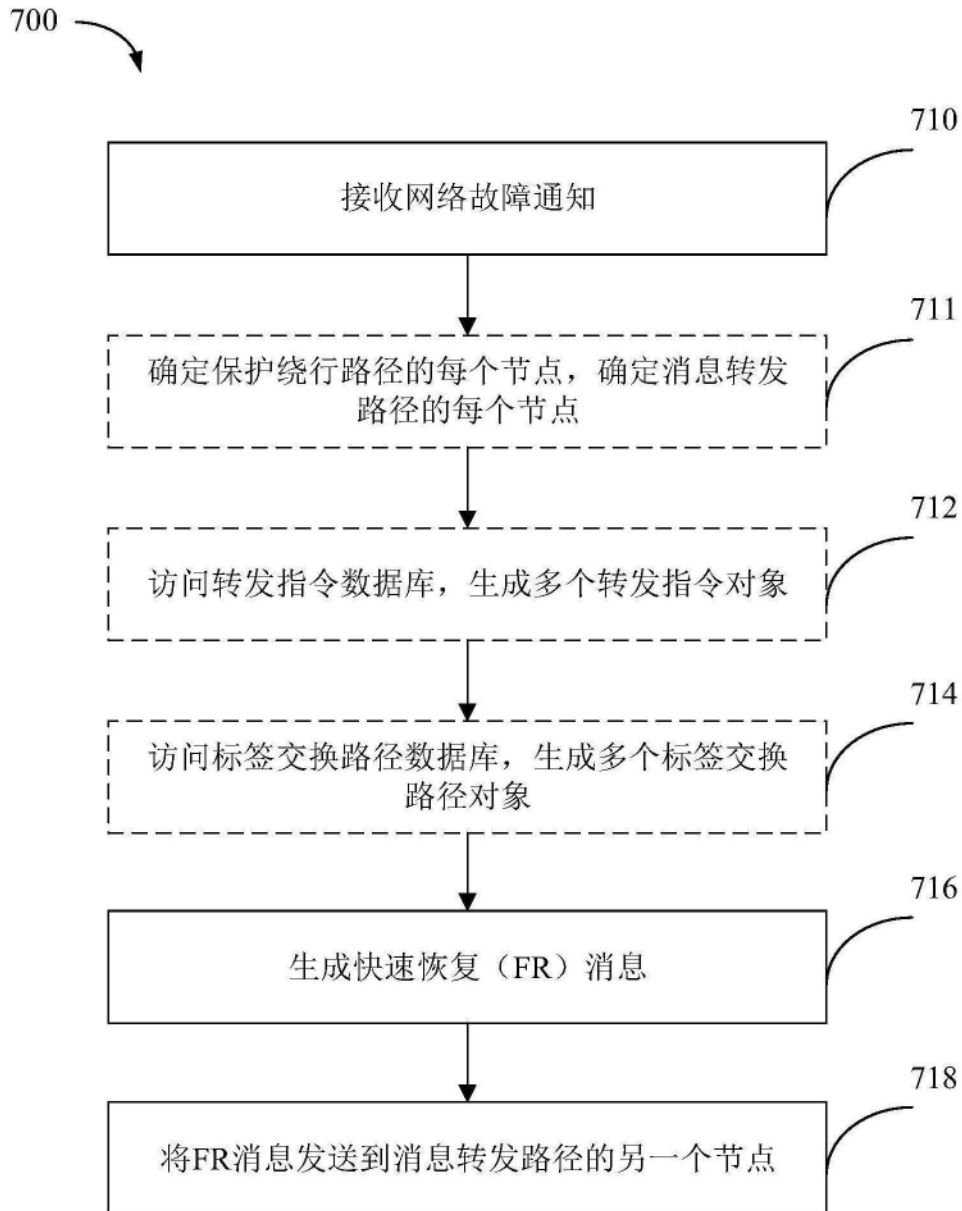


图7

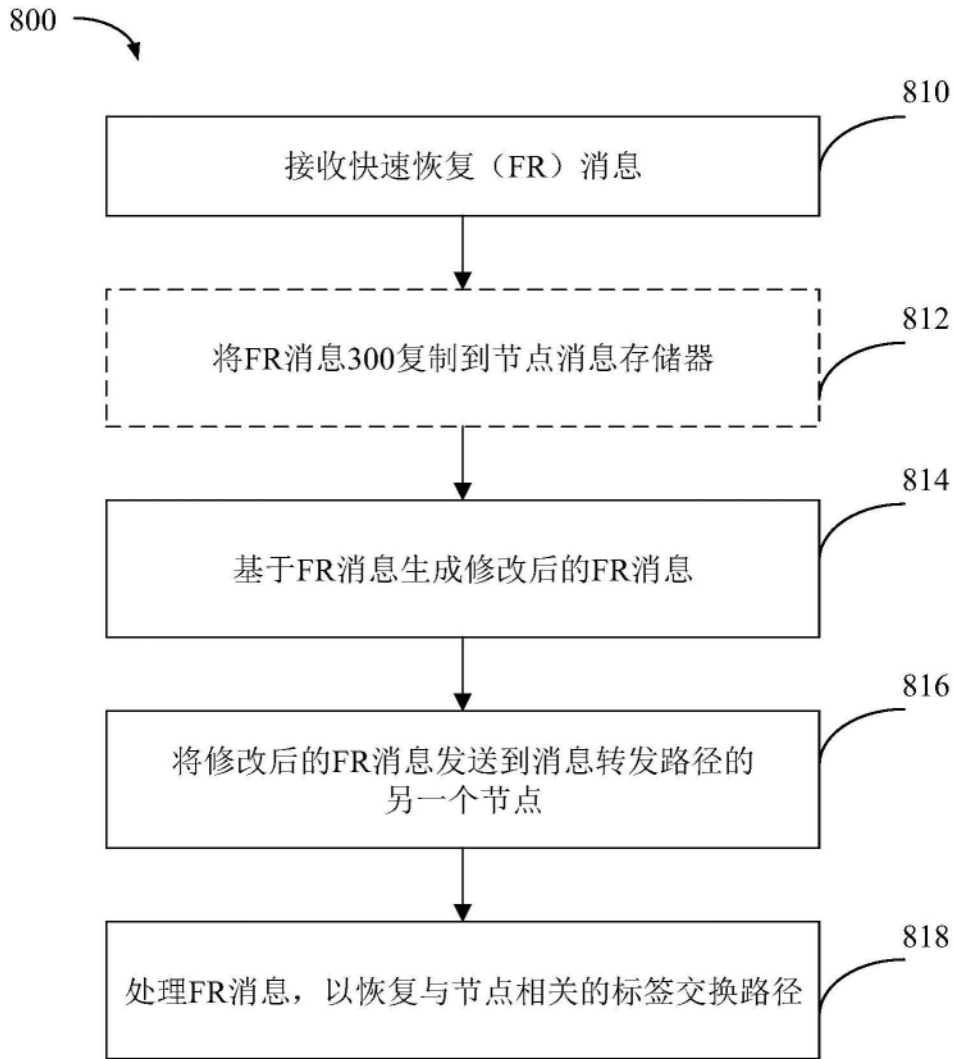


图8

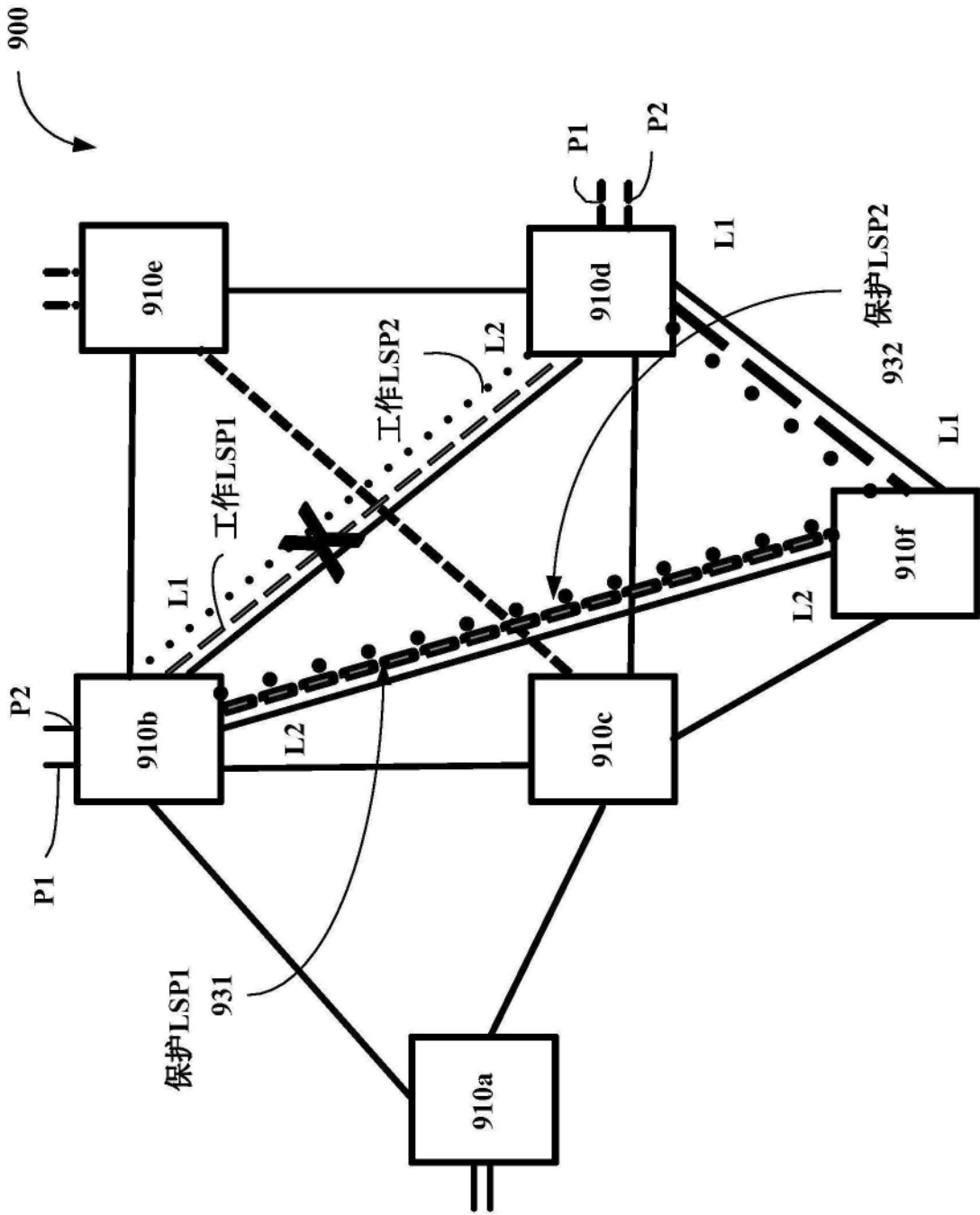


图9

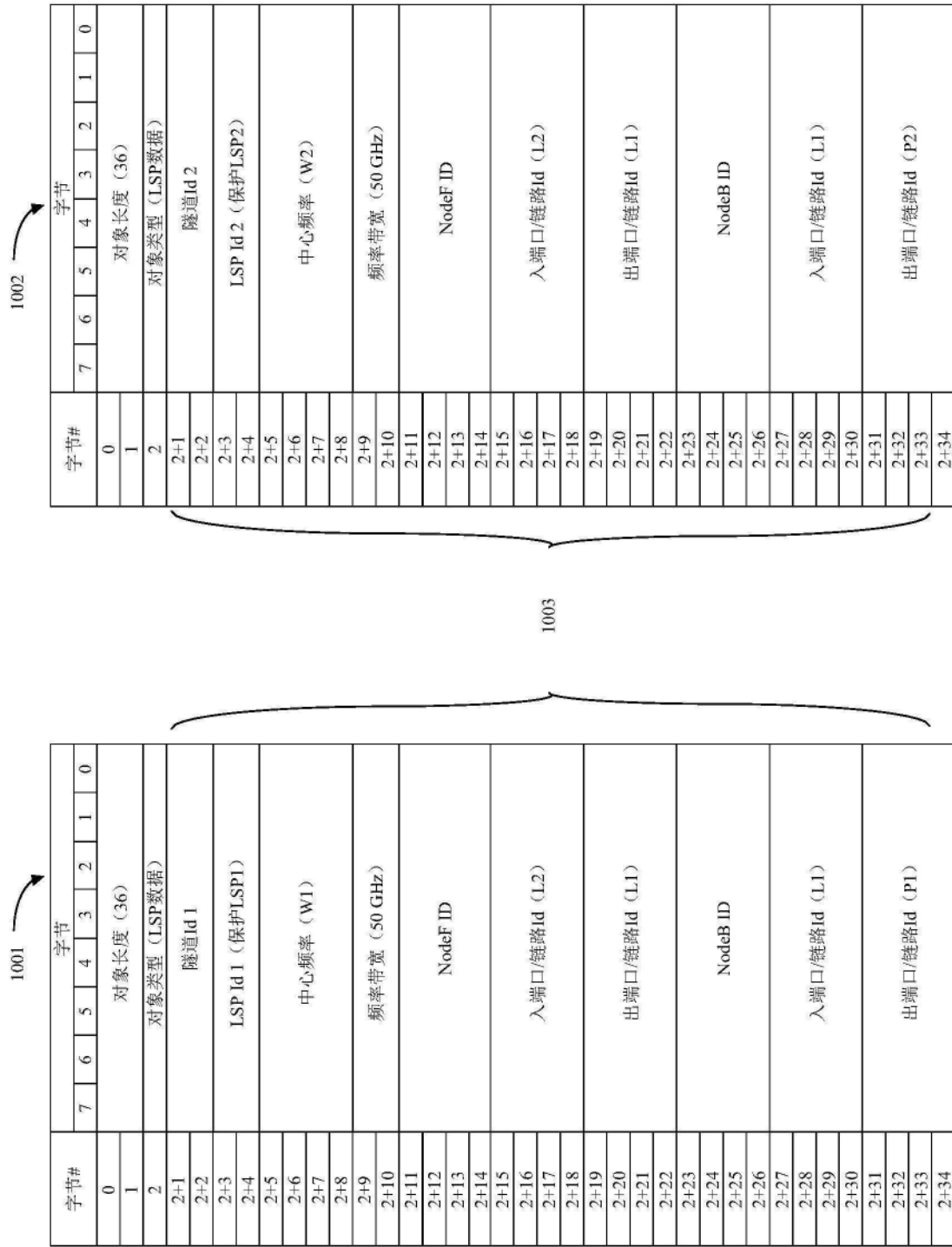
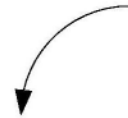


图10

保护LSP1 LSP数据对象

1101

字节#	字节								
	7	6	5	4	3	2	1	0	
0	对象长度 (10)								
1									
2	对象类型 (LSP数据)								
2+1	LSP1全局Id (保护LSP1)								
2+2									
2+3									
2+4									
2+5									
2+6									<u>1103</u>
2+7									
2+8									



保护LSP2 LSP数据对象

1102

字节#	字节								
	7	6	5	4	3	2	1	0	
0	对象长度 (10)								
1									
2	对象类型 (LSP数据)								
2+1	LSP2全局Id (保护LSP2)								
2+2									
2+3									
2+4									
2+5									
2+6									<u>1104</u>
2+7									
2+8									

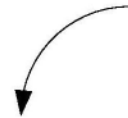


图11

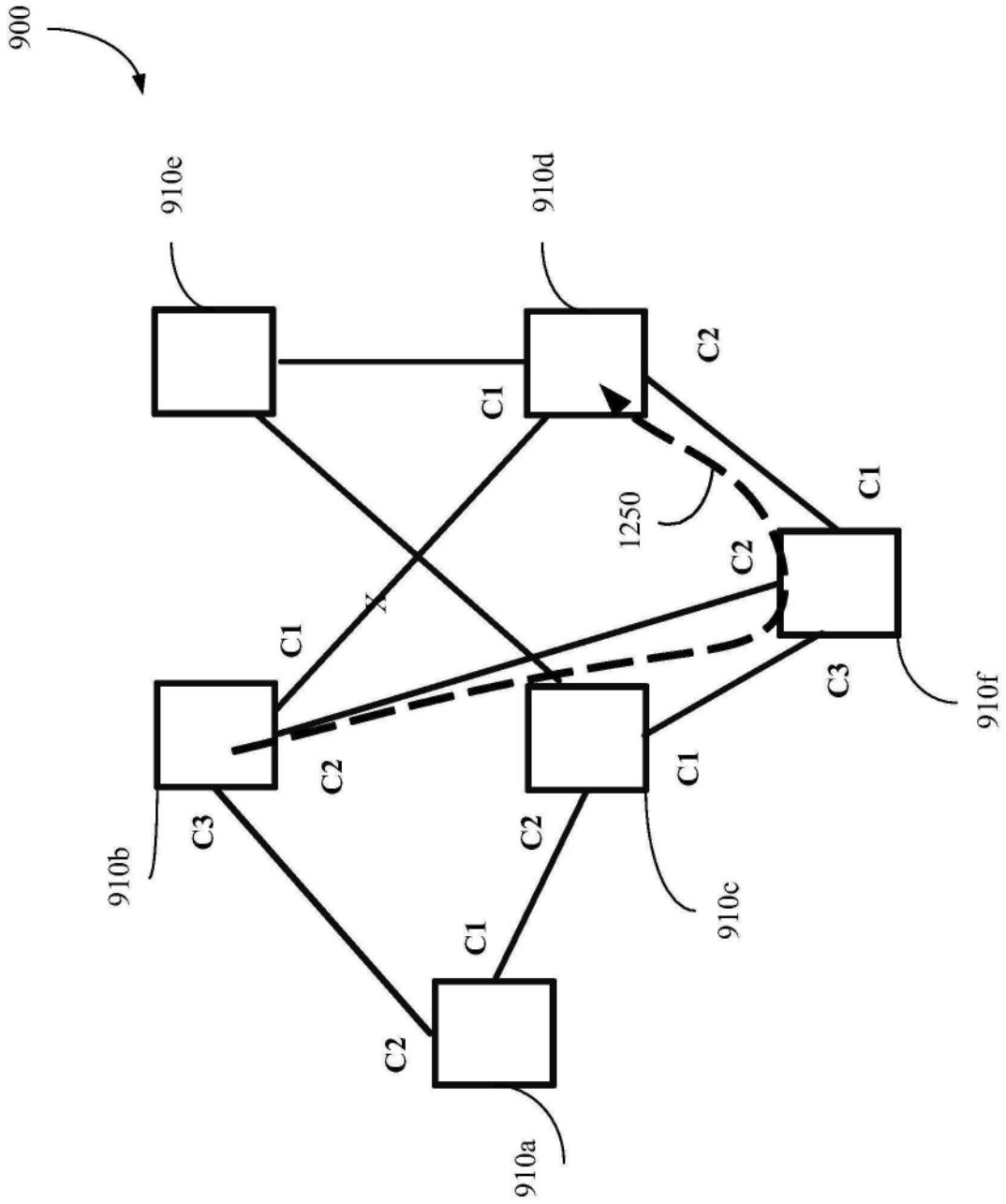


图12

1300

字节#	字节							
0	7	6	5	4	3	2	1	0
1	对象长度 (8)							
2	对象类型 (指令)							
2+1	本地标签-出本地接口C1							
2+2								
2+3								
2+4								
2+4+1	动作标志 (复制+转发)							

图13

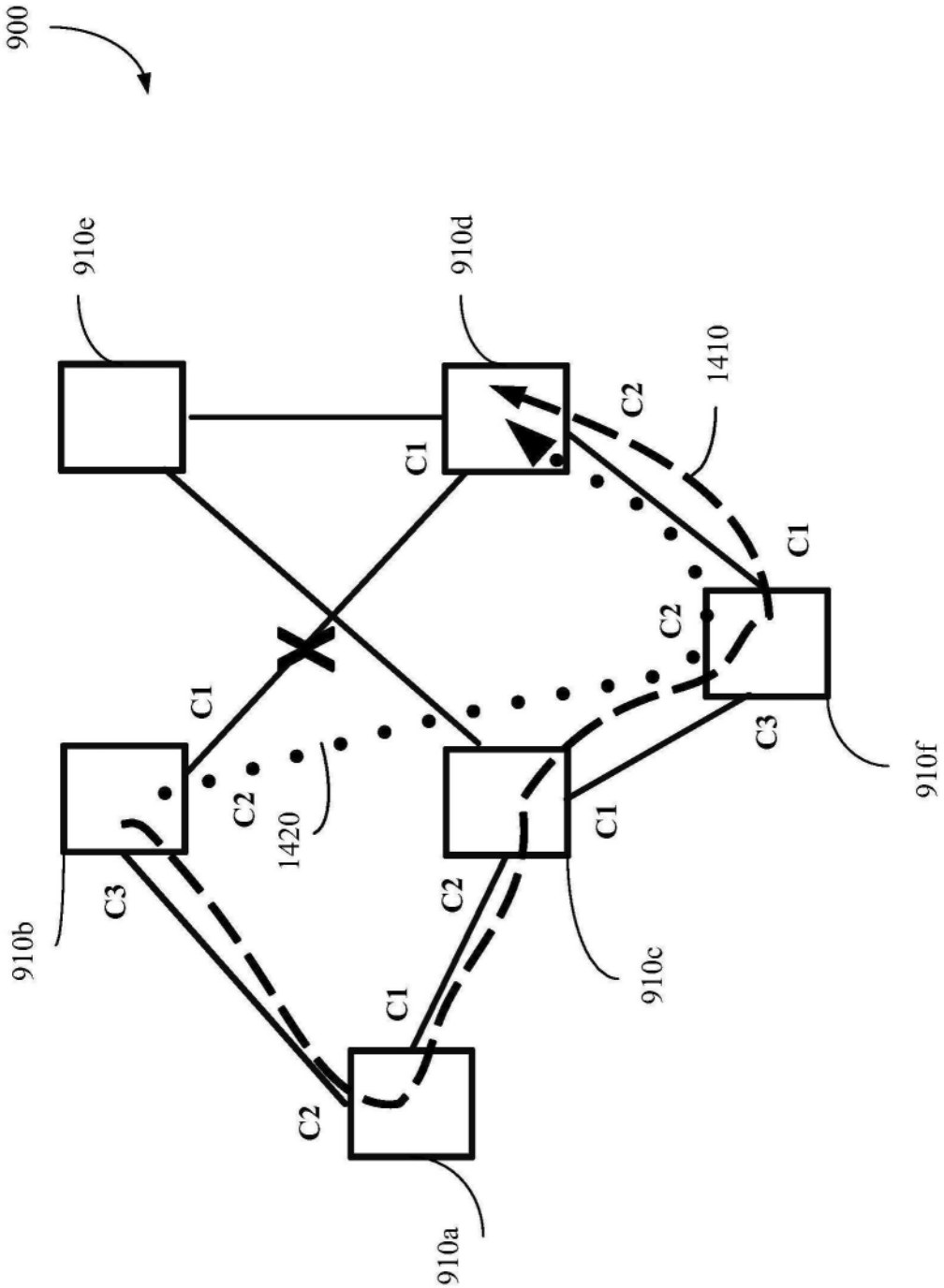


图14



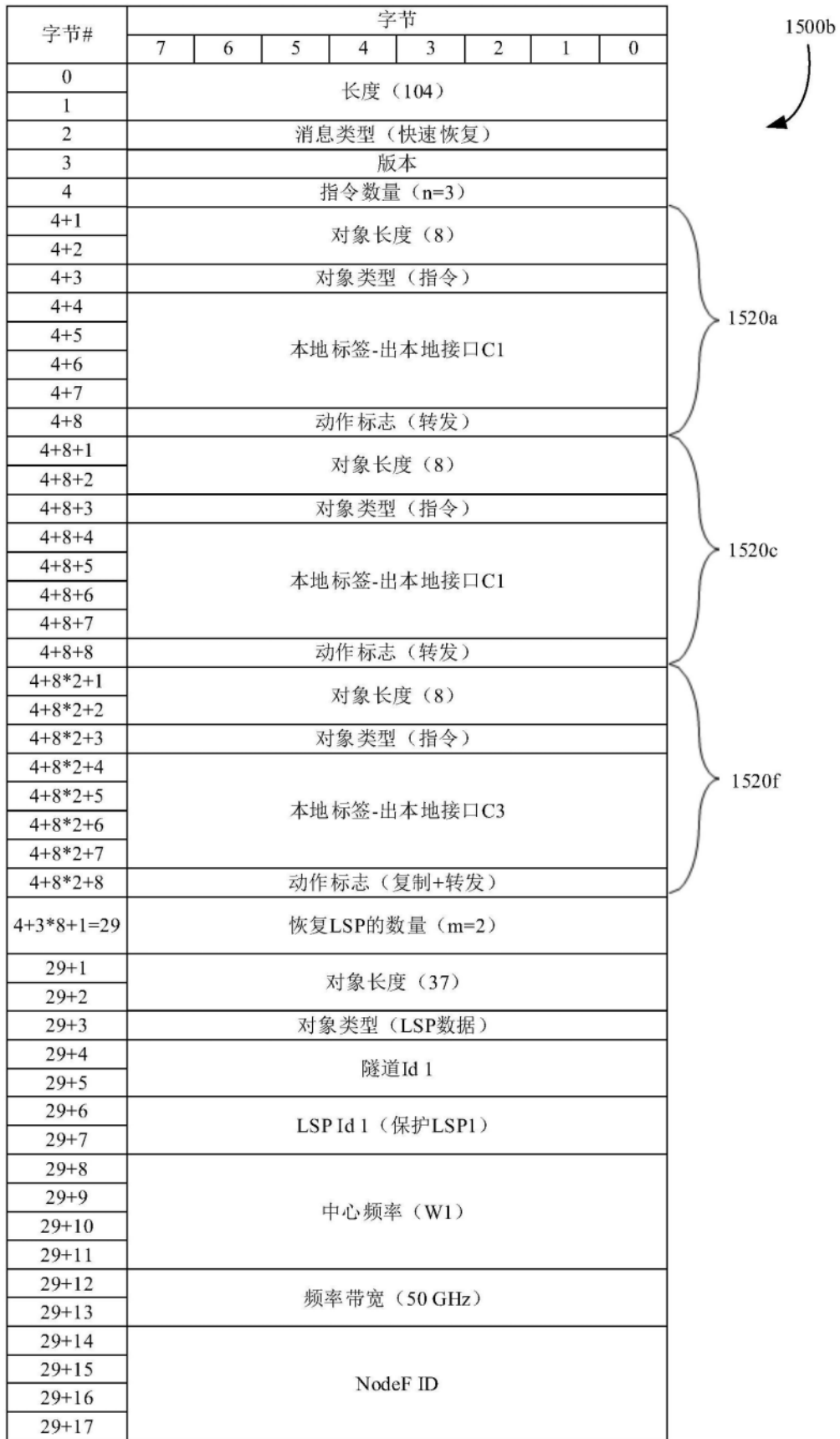


图15A

29+18	入端口/链路Id (L2)
29+19	
29+20	
29+21	
29+22	出端口/链路Id (L1)
29+23	
29+24	
29+25	
29+26	NodeB ID
29+27	
29+28	
29+29	
29+30	入端口/链路Id (L1)
29+31	
29+32	
29+33	
29+34	出端口/链路Id (P1)
29+35	
29+36	
29+37	
29+37+1	对象长度 (37)
29+37+2	对象类型 (LSP数据)
29+37+3	隧道Id 2
29+37+4	LSP Id 2 (保护LSP2)
29+37+5	
29+37+6	
29+37+7	中心频率 (W2)
29+37+8	
29+37+9	
29+37+10	
29+37+11	频率带宽 (50 GHz)
29+37+12	
29+37+13	
29+37+14	NodeF ID
29+37+15	
29+37+16	
29+37+17	
29+37+18	入端口/链路Id (L2)
29+37+19	
29+37+20	
29+37+21	
29+37+22	出端口/链路Id (L1)
29+37+23	
29+37+24	
29+37+25	
29+37+26	NodeB ID
29+37+27	
29+37+28	
29+37+29	
29+37+30	入端口/链路Id (L1)
29+37+31	
29+37+32	
29+37+33	
29+37+34	出端口/链路Id (P2)
29+37+35	
29+37+36	
29+37+37	

1500b  
(续)

图15A (续)

字节#	字节																	
	7	6	5	4	3	2	1	0										
0	长度 (96)								1500a ↙									
1																		
2	消息类型 (快速恢复)																	
3	版本																	
4	指令数量 (n=2)																	
4+1	对象长度 (8)									1520c								
4+2																		
4+3											对象类型 (指令)							
4+4																		
4+5	本地标签-出本地接口C1																	
4+6																		
4+7																		
4+8											动作标志 (转发)							
4+8+1	对象长度 (8)										1520f							
4+8+2																		
4+8+3	对象类型 (指令)																	
4+8+4	本地标签-出本地接口C3																	
4+8+5																		
4+8+6																		
4+8+7																		
4+8+8	动作标志 (复制+转发)																	
4+2*8+1=21	恢复LSP的数量 (m=2)																	
21+1	对象长度 (37)																	
21+2																		
21+3	对象类型 (LSP数据)																	
21+4	隧道Id 1																	
21+5																		
21+6	LSP Id 1 (保护LSP1)																	
21+7	中心频率 (W1)																	
21+8																		
21+9																		
21+10																		
21+11																		
21+12	频率带宽 (50 GHz)																	
21+13	NodeF ID																	
21+14																		
21+15																		
21+16																		
21+17																		
21+18	入端口/链路Id (L2)																	
21+19																		
21+20																		
21+21																		
21+22	出端口/链路Id (L1)																	
21+23																		
21+24																		
21+25																		

图15B

21+26	NodeB ID
21+27	
21+28	
21+21	
21+30	入端口/链路Id (L1)
21+31	
21+32	
21+33	出端口/链路Id (P1)
21+34	
21+35	
21+36	
21+37	对象长度 (37)
21+37+1	
21+37+2	对象类型 (LSP数据)
21+37+3	
21+37+4	隧道Id 2
21+37+5	
21+37+6	LSPId 2 (保护LSP2)
21+37+7	
21+37+8	中心频率 (W2)
21+37+9	
21+37+10	
21+37+11	
21+37+12	频率带宽 (50 GHz)
21+37+13	
21+37+14	NodeF ID
21+37+15	
21+37+16	
21+37+17	
21+37+18	入端口/链路Id (L2)
21+37+19	
21+37+20	
21+37+21	出端口/链路Id (L1)
21+37+22	
21+37+23	
21+37+24	
21+37+25	NodeB ID
21+37+26	
21+37+27	
21+37+28	
21+37+21	入端口/链路Id (L1)
21+37+30	
21+37+31	
21+37+32	
21+37+33	出端口/链路Id (P2)
21+37+34	
21+37+35	
21+37+36	
21+37+37	

1500a  
(续)



图15B(续)

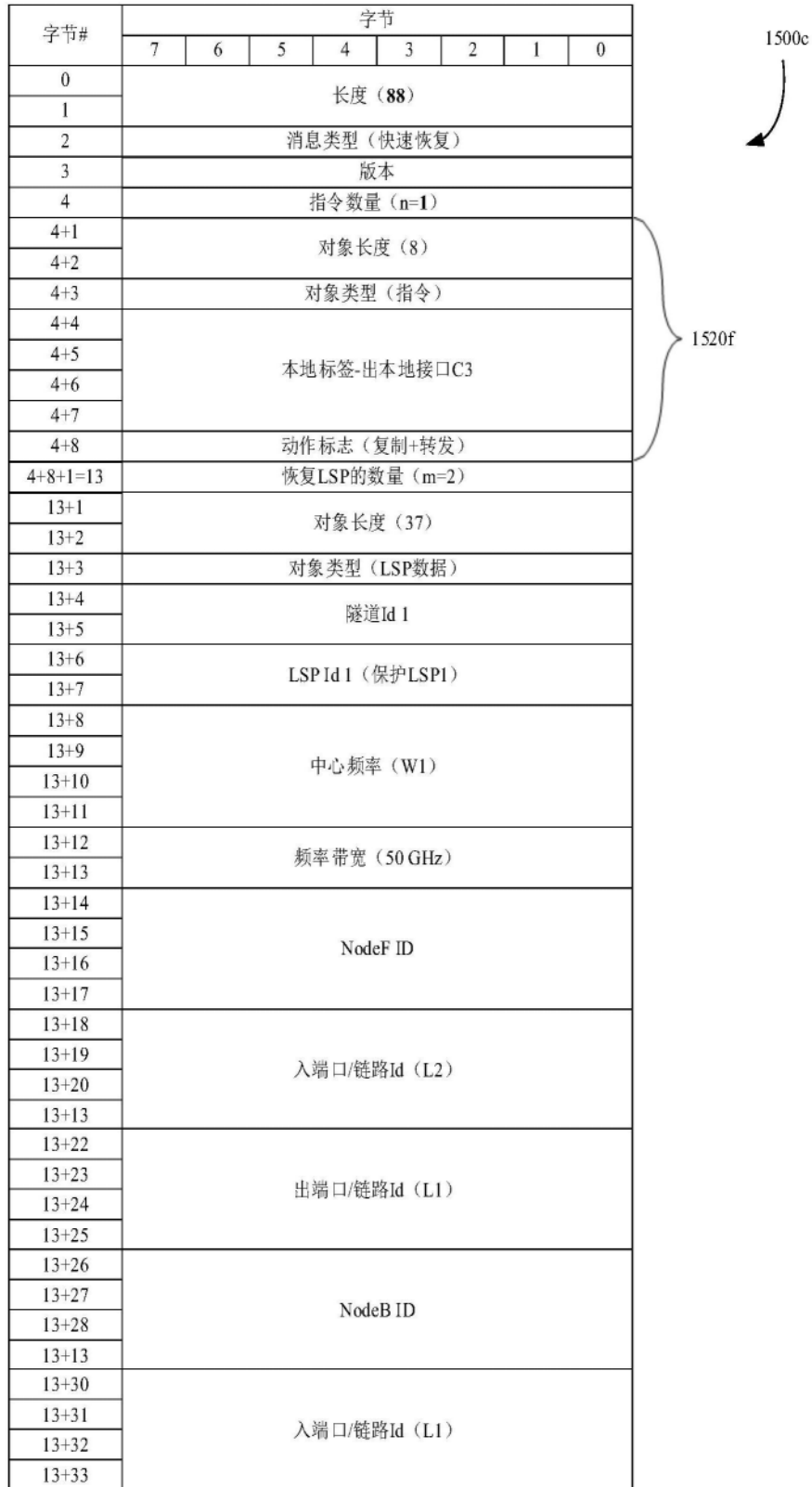


图15C

13+34	出端口/链路Id (P1)
13+35	
13+36	
13+37	
13+37+1	对象长度 (37)
13+37+2	
13+37+3	对象类型 (LSP数据)
13+37+4	隧道Id 2
13+37+5	
13+37+6	LSP Id 2 (保护LSP2)
13+37+7	
13+37+8	中心频率 (W2)
13+37+9	
13+37+10	
13+37+11	
13+37+12	频率带宽 (50 GHz)
13+37+13	
13+37+14	NodeF ID
13+37+15	
13+37+16	
13+37+17	
13+37+18	入端口/链路Id (L2)
13+37+19	
13+37+20	
13+37+21	出端口/链路Id (L1)
13+37+22	
13+37+23	
13+37+24	
13+37+25	NodeB ID
13+37+26	
13+37+27	
13+37+28	
13+37+29	入端口/链路Id (L1)
13+37+30	
13+37+31	
13+37+32	
13+37+33	出端口/链路Id (P2)
13+37+34	
13+37+35	
13+37+36	
13+37+37	

1500c  
(续)



图15C (续)

字节#	字节							
	7	6	5	4	3	2	1	0
0	长度 (56)							
1								
2	消息类型 (快速恢复)							
3	版本							
4	指令数量 (n=0)							
4+1=5	恢复LSP的数量 (m=2)							
5+1	对象长度 (25)							
5+2								
5+3	对象类型 (LSP数据)							
5+4	隧道Id 1							
5+5								
5+6	LSP Id 1 (保护LSP1)							
5+7								
5+8	中心频率 (W1)							
5+9								
5+10								
5+11								
5+12	频率带宽 (50 GHz)							
5+13								
5+14	NodeB ID							
5+15								
5+16								
5+17								
5+18	入端口/链路Id (L1)							
5+19								
5+20								
5+21								
5+22	出端口/链路Id (P1)							
5+23								
5+24								
5+25								
5+25+1	对象长度 (25)							
5+25+2								
5+25+3	对象类型 (LSP数据)							
5+25+4	隧道Id 2							
5+25+5								
5+25+6	LSP Id 2 (保护LSP2)							
5+25+7								
5+25+8	中心频率 (W2)							
5+25+9								
5+25+10								
5+25+11								
5+25+12	频率带宽 (50 GHz)							
5+25+13								
5+25+14	NodeB ID							
5+25+15								
5+25+16								
5+25+17								
5+25+18	入端口/链路Id (L1)							
5+25+19								
5+25+20								
5+25+21								
5+25+22	出端口/链路Id (P2)							
5+25+23								
5+25+24								
5+25+25								

1500f

图15D