



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 101919207 A

(43) 申请公布日 2010.12.15

(21) 申请号 200880125100.X

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2008.12.12

H04L 12/24 (2006.01)

(30) 优先权数据

H04L 12/40 (2006.01)

11/955,888 2007.12.13 US

H04L 12/56 (2006.01)

(85) PCT申请进入国家阶段日

2010.07.19

(86) PCT申请的申请数据

PCT/CA2008/002170 2008.12.12

(87) PCT申请的公布数据

W02009/073976 EN 2009.06.18

(71) 申请人 北电网络有限公司

地址 加拿大魁北克

(72) 发明人 D·斯卡勒克基 G·L·斯温克尔斯

D·I·艾伦 N·L·布拉格

M·霍尔尼斯

(74) 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专

利商标事务所 11038

代理人 马浩

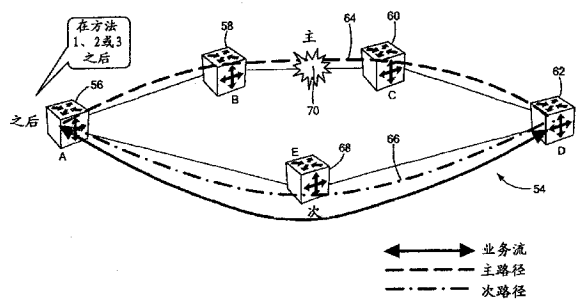
权利要求书 2 页 说明书 11 页 附图 8 页

(54) 发明名称

用于在 QiQ 以太网环和 1:1 保护的 PBT 干线
中环回业务的方法和系统

(57) 摘要

一种弹性虚拟以太网环具有由工作和保护路径互连的节点。如果某个跨段发生故障，与故障的两侧紧邻的两个节点被交叉连接以使环折叠。在这两个节点中的第一节点处，工作路径业务被交叉连接到保护路径上，然后在这两个节点中的第二节点处被交叉连接回到工作路径，从而业务始终从工作路径进入和离开环。业务发起节点适合于一旦确定所传输的包由于主路径上的故障而被环回，就将数据包的传输从主路径切换到次路径。



1. 一种用于减小快速保护切换网络中由所传输的包的环回导致的延迟的方法,所述方法包括:

检测由于主路径上的故障引起的环回状况的发生;
停止在主路径上在源节点和目的地节点之间传输包;以及
开始在次路径上在所述源节点和所述目的地节点之间传输包。

2. 如权利要求 1 所述的方法,其中检测环回状况的发生包括:
在所述源节点和所述目的地节点之间传输连续性检查消息 (CCM);
保证所传输的 CCM 不环回到所述源节点和所述目的地节点;以及
由所述源节点和所述目的地节点确定已经丢失了预定数量的 CCM。

3. 如权利要求 1 所述的方法,其中检测环回状况的发生包括:从检测到主路径上的故障的节点传输告警指示信号 (AIS) 至所述源节点和所述目的地节点中的至少一个,其中所述告警指示信号指示在主路径上故障的发生。

4. 如权利要求 1 所述的方法,其中检测环回状况的发生包括:将所述源节点和所述目的地节点之一的 SA MAC 地址与接收到的包中的 SA MAC 地址进行比较。

5. 如权利要求 1 所述的方法,还包括:在开始在次路径上在所述源节点和所述目的地节点之间传输新的包之前进行等待,直到在所述源节点和所述目的地节点之间传输的所有包都已经环回。

6. 如权利要求 5 所述的方法,还包括:在开始在次路径上在所述源节点和所述目的地节点之间传输包之前,缓冲所有新的包。

7. 如权利要求 6 所述的方法,还包括:在次路径上在所述源节点和所述目的地节点之间传输所有被缓冲的包。

8. 一种快速保护切换系统,包括:

主路径,所述主路径包括:

源节点;

目的地节点;和

次路径,所述次路径包括:

所述源节点;

所述目的地节点;以及

一旦在主路径上检测到环回状况,所述源节点和所述目的地节点就停止在主路径上传输包并将包的传输切换到次路径。

9. 如权利要求 8 所述的快速保护切换系统,其中所述源节点和所述目的地节点中的至少一个沿主路径传输连续性检查消息 (CCM),保证所传输的 CCM 不被环回,并确定已经丢失了预定数量的 CCM,一旦检测到 CCM 丢失,所述源节点和所述目的地节点就停止在主路径上传输包并将包的传输切换到次路径。

10. 如权利要求 8 所述的快速保护切换系统,还包括主路径中的至少一个主路径中转节点,其中所述源节点和所述目的地节点中的至少一个从所述至少一个主路径中转节点之一接收告警指示信号 (AIS),所述告警指示信号指示在主路径上故障的发生,一旦接收到 AIS,所述源节点和所述目的地节点就停止在主路径上传输包并将包的传输切换到次路径。

11. 如权利要求 8 所述的快速保护切换系统,其中所述源节点和所述目的地节点检测

所传输的包何时被环回,一旦检测到环回的包,所述源节点和所述目的地节点就停止在主路径上传输包并将包的传输切换到次路径。

12. 如权利要求 8 所述的快速保护切换系统,其中所述源节点和所述目的地节点适合于在开始在次路径上在所述源节点和所述目的地节点之间传输新的包之前进行等待,直到所有在所述源节点和所述目的地节点之间传输的包都已经环回。

13. 如权利要求 12 所述的快速保护切换系统,其中所述源节点和所述目的地节点适合于在开始在次路径上在所述源节点和所述目的地节点之间传输包之前缓冲所有新的包。

14. 如权利要求 13 所述的快速保护切换系统,其中所述源节点和所述目的地节点适合于在次路径上传输它们缓冲的包。

15. 一种用于具有通往目的地节点的主路径和次路径的快速保护切换系统的设备,所述设备包括:

网络接口子系统,所述网络接口子系统被布置为使用主路径和次路径传输包到所述目的地节点;以及

与所述网络接口子系统通信的处理器,所述处理器操作以:

检测环回状况;和

一旦检测到环回状况,就停止通过主路径向所述目的地节点传输包。

16. 如权利要求 15 所述的设备,其中检测环回状况包括:将所述源节点的 SA MAC 地址与接收到的包中的 SA MAC 地址进行比较。

17. 如权利要求 15 所述的设备,其中检测环回状况包括:

向所述目的地节点传输连续性检查消息 (CCM);

保证所传输的 CCM 不被环回;以及

确定已经丢失了预定数量的 CCM。

18. 如权利要求 15 所述的设备,其中所述处理器从中转节点接收告警指示信号 (AIS),所述告警指示信号指示在主路径上故障的发生,所述处理器一旦接收到 AIS 就停止在主路径上传输包并将包的传输切换到次路径。

19. 如权利要求 15 所述的设备,其中,当所述处理器检测到所传输的包从所述目的地节点被环回时,发生所述环回状况。

20. 如权利要求 15 所述的设备,所述处理器还适合于在开始在次路径上向所述目的地节点传输新的包之前进行等待,直到所有所传输的包都已经环回。

用于在 QiQ 以太网环和 1 : 1 保护的 PBT 干线中环回业务的方法和系统

技术领域

[0001] 本发明一般涉及以太网,尤其涉及用于城域网的以太网环和显著降低与由网络故障引起的环回业务相关联的延迟的交换网。

背景技术

[0002] 由于其“泛洪和学习 (flood-and-learn)”特性,标准以太网 (IEEE802.3) 通常不适合于在任意两个节点之间有多于一条路径的网络拓扑。并行路径的存在形成使以太网帧沿其无休止循环的环路,从而使网络负担过重。因此,以太网最适合于树形拓扑而非环形拓扑。然而,对于在例如为了弹性而期望环形拓扑的城域网中部署以太网而言,环形拓扑是所期望的。

[0003] 但是,除非使用诸如 IEEE 802.1D 生成树协议 (STP) 或 IEEE802.1W 快速重构之类的协议来检测和禁用形成环路的并行分支,否则以太网环容易无休止地循环,这阻碍了大规模 (城域) 以太网环的部署。虽然生成树协议和快速重构能够消除以太网环上的环路,但是这些协议会引入数十秒量级的恢复滞后,即,对于期望无缝连接和无察觉故障纠正的用户而言,从环中的故障恢复的时间高到无法接受。换言之,用户期望连接在大约 50ms 内恢复 (如 SONET 一样)。

[0004] 在 802.17 中定义的现有以太网环技术的另一个缺点是,用于确定沿环的哪个方向发送业务的 MAC-PHY 芯片是一个专门部件,其革新和可用带宽通常滞后于其它更简单的以太网 PHY 实现。因此,即使以太网交换机的所有其它部件都能够处理较高的速率 (就像目前可实现的那样),环 MAC-PHY 芯片依然限制了环的总比特率。

[0005] 因此,仍然很需要为诸如以太网之类的基于帧的业务,尤其是为城域网,提供简单、弹性、高速的虚拟环。

[0006] 现有的网络拓扑的另一个缺点是,在由于系统中的故障使得传输的数据包返回或“环回 (loop back)”至发起的源节点时,出现的不希望的时间延迟。虽然次路径 (secondary path) 被用于处理由于故障而不再能够通过主路径传递至其目的地的业务,但是由于业务传输到故障点然后传输回到其发起节点所花的时间,使得累积了相当大的延迟时间。

[0007] 因此,仍然很需要提供能够显著降低由于网络主路径上的故障而环回至源节点的业务所导致的时间延迟的方法和系统。

发明内容

[0008] 本发明的一个方面是为基于帧的业务 (诸如以太网) 提供简单、弹性和高速的虚拟环,以补偿如上所述的现有技术的缺点中的一个或多个。该弹性虚拟环具有由工作和保护虚拟路径互连的多个节点。该虚拟环将具有其业务在一个方向上流动的工作路径,以及其业务在相反方向上流动的保护路径。可以想到具有多个虚拟环,其对于工作路径以及对于保护路径具有相同的路由。类似地,可以设想路由为镜象的多个虚拟环,一个或多个环保

护路径的路由对应于其它环的工作路径或路径的路由。类似地,可以考虑一个节点同时作为在几个拓扑不相交的环上的环节点。每个虚拟环实现一个唯一的以太网广播域。通过被配置的用于一组 VLAN 的连接来实现每个虚拟环。业务一旦插入环中就被使用环标签来标记,环标签用于标识环上的发起站并且与该特定广播域相关联。当业务离开环时,这些标签被去除。对于以太网,这些环标签是 VLAN ID (VID),并且 VLAN 标签的插入在 IEEE 标准 802.1ad 中有描述。当业务进入环时,入节点用工作路径 VID 来标记该业务,该工作路径 VID 也标识进入该环中的入口点。

[0009] 应当注意,虚拟环机制使用 VLAN 标签,以及配置的 VLAN 转发。通过简单地分割 VLAN 空间,该行为可以结合其它的以太网转发形式(诸如生成树或静态 MAC 表配置)而被部署在节点上。

[0010] 环节点执行正常的以太网桥接操作,特别是通过源学习来填充转发数据库。虽然在每个广播域中的业务由多个 VLAN ID 来区分(对于工作和保护路径中的每一个,每个环节点一个 VLAN ID),但是共享式 VLAN 学习(SVL)允许这一组环节点使用共同的一组学习到的 MAC 转发信息。为了保持沿环的方向性,执行“端口混淆(aliasing)”以记录与在传统桥接操作中该节点通常将学习到的端口方向相反的端口方向。例如,在仿真 LAN (ELAN) 实现中,仅仅在绕环的一个方向上,即,在工作路径上,学习 MAC 地址。被观察到到达一个环端口的包使源学习被记录为就好像该包到达了另一个环端口一样。用这种方法,虽然环在物理上通过两个不同的端口连接到节点,但它逻辑上表现为单个端口。对于 ELAN,MAC 学习在所有保护路径 VID 上被禁用。

[0011] 业务只通过工作路径进出环。通过标准 VLAN 配置来实现这一点,从而与该环广播域相关联的环外(off-ring)端口不会针对与该环相关联的一组工作 VLAN 而封锁。广播、多播、或通向其目的地的路径不为该环所知的包的拷贝通常将在所有与该环广播域相关联的端口处离开环。这类包的拷贝将经过环而回到起源节点,在起源节点处,环标签使得这类包可被识别为已经绕环传输并因此在该发起节点处被丢弃(称为“源剥除(source stripping)”)。绕环的包也可能遇到已经“学习到”了环外连接的环节点,在该点处,该包将从环中被去除并被转发到环外的目的地(称为“目的地剥除”)。

[0012] 如果在环中的两个节点之间的跨段(span)中有故障,则作为弹性机制,环折叠以隔离该故障跨段。为了使环能够折叠,每个节点具有交叉连接以便将工作路径交叉连接到保护路径,这通过 VLAN 转换来实现,工作 VLAN 被 1:1 映射到在工作路径的相反方向上前进的保护 VLAN。从而,如果跨段出故障,则紧邻该跨段故障的两个端节点通过交叉连接其工作和保护路径来隔离该故障。这种交叉连接使环折叠,从而在紧邻故障的两个端节点中的第一端节点处将业务从工作路径转移到保护路径上。然后将业务一直在保护路径上传送回到紧邻故障的两个端节点中的第二端节点,在该第二端节点处,该业务被交叉连接回到工作路径以便从该工作路径离开。用这种方法,用于目的地剥除的“学习到”的转发信息以及与源剥除相关联的标签信息全部可用,而与环的故障状态无关,并且环故障对于所有不与该故障紧邻的节点(其执行将工作路径映射到保护路径的选择器操作)是透明的。

[0013] 因此,目前所规定的使用 Q-in-Q 堆栈为环业务加标签的桥接实施方式,VLAN 转换,以及通过使用共享式 VLAN 学习与端口混淆相结合(以允许源学习被应用到作为单向环路径实现的广播域),使得虚拟以太网环可以被构造为避免会妨害现有技术中的实施方式

的那些缺点。而且,通过在每个节点处交叉连接以允许环被折叠以隔离跨段故障,使得环是弹性的。即使一旦环已经折叠,业务也继续仅仅进入工作路径或者从工作路径离开。

[0014] 因此,本发明的一个方面提供一种在每个环节具有被共同路由的工作路径和保护路径的弹性虚拟环上路由基于帧的业务的方法。该方法包括以下步骤:为环中的每个节点定义多个唯一的环标签,环标签唯一地标识每个节点以及传送业务的是工作路径还是保护路径;以及用所述环标签之一来标记虚拟环中的帧,以唯一地标识已经对帧进行了标记的节点以及业务正在工作路径还是在保护路径上传送。

[0015] 基于帧的业务可以是以以太网,在这种情况下,环标签是使用 Q-in-Q VLAN 堆栈 (stacking) 而被标记到以太网帧上的 VLAN ID (VID)。

[0016] 本发明的另一个方面提供具有通过工作路径和保护路径互连的多个节点的弹性虚拟环,这多个节点中的每一个节点包括入端口和出端口,以便基于帧的业务进入和离开该虚拟环,其中每个节点包括用于唯一地标记环中的业务的多个环标签,所述环标签标识已经标记了业务的节点以及业务是通过工作路径还是通过保护路径传送的。在基于帧的业务是以以太网的情况下, Q-in-Q VLAN 堆栈使得能够使用唯一的 VLAN ID (VID) 来标记帧。

[0017] 本发明的另一个方面提供一种用于减小快速保护切换网络中由所传输的包的环回所导致的延迟的方法。该方法包括:检测由于主路径上的故障引起的环回状况的发生;停止在主路径上在源节点和目的地节点之间传输包;以及开始在次路径上在源节点和目的地节点之间传输包。

[0018] 在本发明的另一方面,提供一种快速保护切换系统。该系统包括主路径和次路径。主路径包括源节点和目的地节点。次路径包括该源节点和该目的地节点。源节点和目的地节点一旦检测到环回状况后,就停止在主路径上传输包并将包的传输切换到次路径。

[0019] 在本发明的再一个方面,提供一种用于快速保护切换系统的装置。该切换系统包括通往目的地节点的主路径和次路径。该装置包括网络接口子系统,该网络接口子系统被布置为使用主路径和次路径传输包到目的地节点。该装置还包括与该接口子系统通信的处理器。该处理器操作以检测环回状况,并且一旦检测到环回状况,停止通过主路径向目的地节点传输包。

附图说明

[0020] 通过结合附图参考以下的详细描述,将更容易地理解本发明更全面的含义,以及它的优点和特征,其中:

[0021] 由以下的详细描述并结合附图,本发明进一步的特征和优点将变得明显,在附图中:

[0022] 图 1A 是根据本发明的一个实施例,被配置用于 ELAN 或源特定广播 (Source Specific Broadcast, SSB) 的 1 : 1 保护的以太网 VLAN 环的示意性图示;

[0023] 图 1B 是在无故障状态下运行的图 1A 的节点 A 的放大的示意性图示;

[0024] 图 1C 是在无故障状态下运行的图 1A 的节点 B、C 和 D 的放大的示意性图示;

[0025] 图 2A 是图 1A 的以太网 VLAN 环如何响应于节点 C 和 D 之间的跨段中的故障而折叠的示意性图示;

[0026] 图 2B 是节点 C 在环折叠期间的运行的示意性图示;

- [0027] 图 2C 是节点 D 在环折叠期间的运行的示意性图示；
- [0028] 图 3A 是根据本发明的另一个实施例，被配置用于 SSM 的 1 : 1 保护的以太网 VLAN 环的示意性图示；
- [0029] 图 3B 是在无故障状态下运行的图 3A 的节点 A 的放大的示意性图示；
- [0030] 图 3C 是在无故障状态下运行的图 3A 的节点 B、C 和 D 的放大的示意性图示；
- [0031] 图 4A 是图 3A 中的以太网 VLAN 环如何响应于节点 C 和 D 之间的跨段中的故障而折叠的示意性图示；
- [0032] 图 4B 是在环折叠期间节点 C 的运行的示意性图示；
- [0033] 图 4C 是在环折叠期间节点 D 的运行的示意性图示；
- [0034] 图 5A 是根据本发明的另一个实施例，被配置用于 1+1 保护的以太网 VLAN 环的示意性图示；
- [0035] 图 5B 是在无故障状态下运行的图 5A 的节点 A 的放大的示意性图示；
- [0036] 图 5C 是在无故障状态下运行的图 5A 的节点 B、C 和 D 的放大的示意性图示；
- [0037] 图 6 是根据本发明的一个实施例的以太网环节点的示意性图示；
- [0038] 图 7A 是根据本发明的原理构造的用于提供商骨干网传输业务的快速保护切换的系统的框图，示出主路径上的故障导致包被环回至发起节点；和
- [0039] 图 7B 是根据本发明的原理构造的用于提供商骨干网传输业务的快速保护切换的系统的框图，示出包被重新分配以在次路径上传输。
- [0040] 注意，在所有附图中，相同的特征用相同的附图标号来标识。

具体实施方式

[0041] 本领域技术人员将理解，本发明不限于已在上文被特别示出和描述的那些内容。此外，应当注意，所有附图不是按比例画的，除非上文作出了相反的描述。在不背离本发明的范围和精神的条件下，根据上述教导的多种修改和变化是可能的，而不仅仅由所附的权利要求限制。

[0042] 一般而言，以及如下面将参照图 1-6 中所示出的特定实施例所详细描述，本发明提供用于基于帧的业务（优选地，诸如以太网）的弹性虚拟环，以及在弹性虚拟环上路由基于帧的（例如以太网）业务的方法。虽然下面所述的实施例是在以太网中实现的，但是应当理解本发明也可应用于其它基于帧的网络。

[0043] 一般由图 1A 中的标号 10 标注的弹性虚拟以太网环具有由每个环节点的工作路径 12 和保护路径 14 互连的多个节点（标记为 A、B、C 和 D），图 1A 是单个实例的例子，其对于环上的每个节点将复制一次。每条路径是通过 VLAN 配置（端口的封锁和解封）实现的。如本领域技术人员将理解的，虚拟环可以虚拟化自诸如网状之类的非环形拓扑；换言之，该虚拟环的实现需要有真实的物理环结构。而且应当理解，虽然示出了四个节点，但是这仅仅是作为例子呈现的，即，环上的节点数量可以变化。

[0044] 这多个节点 A-D 中的每一个可以包括入端口和出端口，分别用于业务进入和离开虚拟环。类似地，虚拟环可以经过不具有入 / 出端口但是参与环的行为的节点。与每个节点相关联的是一组用于标记环中的业务帧的环标签。换言之，为环中的每个节点定义多个唯一的环标签。环标签标识相关联的环路径是工作路径还是保护路径，以及该环节点在

该路径上的唯一身份。因此一组 VLAN 标签（每个环站一个）与单向环的工作路径相关联，而对应的一组标签与单向环的保护路径相关联。保护路径的路由与工作路径重合，因而其正向仅仅是与工作路径的正向的相反的方向。

[0045] 在该优选实施例中，环标签是用于标记环中的以太网帧的虚拟局域网标识符或 VLAN ID (VID)。因此，在一般情况下，环中的每个节点具有用于标记环中的业务的唯一一组 W-VID 和 P-VID 标识符，以便标识已对业务作了标记的节点以及工作路径和保护路径中的哪一个在传送业务。VID 标识特定的虚拟环（即，在密着拓扑情况下“东”或“西”），该业务是在工作路径上还是在保护路径上被传送，也标识发起业务到该环上的节点。应当注意，由于技术允许用 VLAN 标记的环的虚拟化，可以想到，节点可以参与许多不相交的虚拟环并且具有相应的一组 VLAN 标签以参与每个环。

[0046] 以太网帧可以使用 Q-in-Q 堆栈（也写作 QinQ）来标记。Q-in-Q 堆栈是在 IEEE 802.1ad 中定义的封装协议，该标准通过引用被结合于此。

[0047] 出于本说明书的目的，表述“西”、“向西”或“朝西”意味着沿环顺时针，而表述“东”、“向东”或“朝东”意味着沿环逆时针。

[0048] 在该优选实施例中，虚拟以太网环被构造为使得进入环的业务沿工作路径前进并且只能经由工作路径离开环，保护路径上的业务被约束在环上，以防止被不希望地复制到环外节点。业务决不直接插入到保护路径中，因此，保护路径是没有出口的连续环这一点不成为问题。业务仅仅在环结构由于故障而中断时才被交叉连接到保护路径上。因此，在该优选实施例中，进入给定节点的基于帧的业务用 VID 来标记，该 VID 标识该业务正被插入到工作路径上以及插入点。而且，在该优选实施例中，环被称为是“单向”的，因为工作路径在沿着环任意选择的方向上是单向的，而保护路径也是单向的，不过是在沿着环的相反方向上。业务从环外的点到特定的基于环的广播域的实际关联是由 802.1ad 中规定的正常的以太网分类手段来执行的，因此，标签或者端口信息被用作环选择器。类似地，环节点可以实现与环行为完全不相关联的端口。

[0049] 因此，业务在某个节点（以下称为“入节点”）处进入环时，进入环的每个包被标记以唯一 VID，以向交换结构 (switch fabric) 表明该业务要插入到特定虚拟环的工作路径上。由于工作路径是单向的，在入节点处不需要进行路由判定，因此避免了在入节点处对确定方向 MAC-PHY 芯片的需要，如上所述的，该芯片不仅是昂贵的部件，还限制了比特率。应当注意，VLAN 是双向的，但是单方向性是 VLAN 怎样用于创建环路径的典型结果 (artifact)。由于仅有单个节点可以插入以特定工作 VLAN 的 VID 来标记的业务，并且一旦业务已经环绕该环传输，该 VLAN 中与返回路径相对应的端口将被封锁，因此，除了该环节点，该 VLAN 将仅仅有一个出端口。

[0050] 而且，因为进入环的业务被标记以唯一的 VID，并且在该虚拟环的返回端口上执行了对该 VID 的端口封锁，因此入节点将执行“源剥除”，即，丢弃已经返回入节点的“无人认领 (unclaimed)”的业务。换言之，如果环中其它节点都没有识别出目的地 MAC 地址，或者如果该包意图复制到所有环节点，则该业务被丢弃（被剥除）。换言之，如果业务已经环绕着整个环绕行回来而没有被任何其它节点认领，则它被入节点丢弃（因为工作 VLAN 的返回端口被封锁）。因此，入节点丢弃所接收到的、被标记有在业务最初进入环时由该入节点分配的环标签的业务。

[0051] 从而,源剥除保证业务不会绕着环无休止地循环。如果环上的另一个节点将该 MAC 地址识别为由该节点提供服务的 MAC 地址,则该另一个节点(即,作为“出节点”)将该包转发到非环端口。应当注意,环节点的实际转发行为是标准 802 桥接转发(bridge forwarding)行为。广播、多播和未知的包在环端口上被转发,并且在被配置成参与该环广播域的本地非环端口上被复制。环节点可具有针对指向环端口或指向环外端口的给定目的地地址的 MAC 转发条目。在 MAC 转发条目针对“环外”端口的情况中,环节点将(作为正常桥接操作的典型结果)执行“目的地剥除”,从而该包仅仅经过整个环的一部分。

[0052] 根据本发明的一个优选实施例,每个节点还包括“端口混淆模块”,其用于接收所学到的 MAC 地址以及用于在转发表中记录与该节点检测到的实际端口方向相反的端口方向。由于环/广播域是单向的,所以它逻辑上是单端口,但在实际实现中是一个入口和一个出口。正常的以太网源学习将试图将所学到的从其它环节点接收的业务的 MAC 地址与入端口相关联,然而所希望的行为是实际上将针对这些 MAC 地址的转发关联到环的出端口,因为绕环唯一可行的路径是单向的。端口混淆允许在转发业务之前将所学到的信息从入口转换到出口。这可以在将所学到的信息插入到本地转发数据库之前或之后完成。确切地在什么时候该值被替换是一个执行问题。

[0053] 图 1A 是根据本发明的一个实施例,被配置用于仿真 LAN(ELAN)或源特定广播(SSB)的 1:1 保护的以太网 VLAN 环的示意图。在该例子中,环 10 具有将四个节点 A、B、C 和 D 互连的工作和保护路径。在该例子中,在 A 处插入的业务被标记以工作 VID(W-VID),该 W-VID 与所配置的经由 A、B、C、D 的工作路径相对应。还配置有在相反方向 D、C、B、A 上配置的保护 VID(P-VID),在环节点上配置这些保护 VID 的对应端口成员(membership)。在该例子中,VID 是以节点 A 为参照的。类似的和具有共同路线的(但是不同的)VID 当然也将分配给节点 B、C 和 D。对于仿真 LAN(ELAN),每个环节点每个虚拟环需要总共两个 VID。对于源特定多播(在环上仿真 p2mp(即,点到多点)树),每个虚拟环需要总共 4 个 VID。对于源特定广播(SSB),在工作和保护的情况下,每个虚拟环需要总共两个 VID。在一个简单变型中,VID 可以进一步标识业务沿着环的两个方向中的哪个方向被传送。因此,在该特定变型中,为每个节点定义西工作 VID、西保护 VID、东工作 VID 和东保护 VID,根据两个方向中的哪一个被任意选择用于工作路径,而使用西 VID 或东 VID。

[0054] 图 1B 是在无故障状态下运行的图 1A 的节点 A 的放大的示意性图示。在该例子中,节点 A 将环标签添加到所有进入环的以太网帧(业务)。在该例子中,被添加到帧的环标签是 W-VID,因为业务正在工作路径上被传送。如图 1B 所示,节点 A 允许 P-VID 通过并在东端口上阻挡 W-VID。

[0055] 图 1C 是在无故障状态下运行的图 1A 的节点 B、C 和 D 的放大的示意性图示。在该例子中,节点 B、C 和 D 允许 P-VID 通过(如同节点 A 所做的那样),但是这些节点允许 W-VID 通过并进行复制,当业务离开环的时候去除环标签(VID)。

[0056] 相应地,可以使用 802.1Q 兼容的硬件来实现大规模的(城域大小的)、简单并且便宜的以太网环,即,使用 Q 标签来形成弹性 QinQ 环,该弹性 QinQ 环的行为表现为像 802.1Q 兼容的桥的行为。而且,如下面将描述的,这些环可以是弹性的。

[0057] 弹性(1:1 保护)

[0058] 虚拟以太网环的环拓扑(它是固有弹性拓扑,因为它能够进行环折叠以隔离跨段

故障)使其为弹性的(或“容故障的”),保护路径的存在提供 1 : 1 保护,并且在每个节点处的交叉连接的存在使得在环折叠时能够使业务“U 形转弯 (hairpinning)”,如同下面将解释的。

[0059] 环中的每个节点具有其自己的交叉连接,用于将工作路径交叉连接到保护路径。这使得能够响应于在环的跨段中检测到故障而进行环折叠。可以使用任何已知的跨段故障检测机制来检测跨段故障,所述跨段故障检测机制诸如在 IEEE 802.1ag 或 802.3ah EFM(“以太网第一英里”)中所描述的,这些 IEEE 标准通过引用被结合于此。将环进行折叠隔离了跨段故障,并且,由于保护路径的存在,确保业务被无缝地继续转发到目的地节点。

[0060] 如图 2A 所示的,环 10 可以响应于跨段故障 16,通过在紧邻该跨段故障两侧的两个“端节点”18、20 处交叉连接工作路径 12 和保护路径 14 而折叠。在这里将其称为“U 形转弯”,因为当业务在第一端节点 18(即,业务在工作路径上遇到跨段故障前的最后一个节点)从工作路径切换到保护路径上时,采取的路线可以被形象化为“U 形曲线”(如图 2A 所示)。然后业务一直在保护路径上(以相反方向)被传送回到第二端节点 20,在端节点 20 处,该相同业务然后再次“U 形转弯”(即,交叉连接)回到工作路径。发生故障的跨段为该保护切换提供“选择器”同步机制。在靠近故障的两个环节节点处交叉连接的净效果是,保护路径作为“旁路”将业务环回到工作路径,同时保持环的单向性。使用这种双 U 形布置来折叠环,不仅保持了工作路径的单向性,而且保证业务只能从工作路径进入或离开环。换言之,即使在跨段故障后,工作路径也总是保持作为工作路径。

[0061] 如图 2B 所示,第一端节点 18(在该例子中,即节点 C)将 W-VID 交叉连接到 P-VID(从而实现端口出转换)。类似地,如 2C 所示,第二端节点 20(在该例子中,即节点 D)将 P-VID 交叉连接到 W-VID(从而实现端口入转换)。

[0062] 这种布置的一个有用性质是,保护切换对于 ELAN 和 SSM 的 MAC 学习是“无中断 (hitless)”的。换言之,环折叠保持了关于所学到的 MAC 地址的拓扑。

[0063] 作为另一个例子,图 3A-3C 以及图 4A-4C 分别示出了被配置用于 1 : 1 保护以实现源特定多播 (SSM) 的虚拟以太网环的运行和折叠。在 SSM 中,连接的配置被约束为使得只有源节点(称为根)具有到所有其它环节节点(称为叶子)的连接,即,其它环节节点只能与源进行通信。SSM 的头端 (head-end) 只需要知道有一个给定环节节点是所感兴趣的,而不需要知道是哪一个环节节点。需要两个工作 VID,一个用于从头端到叶子,另一个用于从叶子到头端。需要两个保护 VID,一个用于工作 VID(根到叶子的连接),一个用于工作返回 VID(叶子到根的连接)。如这些图所示出的,工作路径 12 具有保护路径 14,而返回路径 22 由保护返回路径 24 保护。

[0064] 因此,对于一个给定的 SSM 虚拟环,有四条路径以及为该环定义的四个 VID。这些 VID 可以如下命名:工作 (W-VID)、工作返回 (WR-VID)、保护 (P-VID) 和保护返回 (PR-VID)。

[0065] 如图 3B 所示,节点 A 在无故障状态下运行,允许 P-VID 和 PR-VID 通过而在东端口上阻挡 W-VID。在节点 A 处进入环的业务被标记以 W-VID,并且经由节点 A 的西端口被发送到环上(对于该例子,假定工作方向朝西),而返回业务在 WR-VID 上离开环。

[0066] 如图 3C 所示,节点 B、C 和 D 在无故障状态下运行,也允许 P-VID 和 PR-VID 通过。在节点 B、C 和 D 中的每一个节点处,该节点允许 W-VID 通过并进行复制(当业务离开环时剥除该 VID)。这些节点中的每一个也允许 WR-VID 通过,并通过分配环标签 (W-VID) 将业务

插入到 W-VID 上。

[0067] 如图 4A-4C 所示,以太网环 10 响应于例如节点 C 和 D 之间的跨段中的故障 16 而折叠。如图 4B 所示,节点 C(第一端节点 18)将 W-VID 交叉连接到 P-VID 并将 WR-VID 交叉连接到 PR-VID(从而实现端口出转换)。如图 4C 所示,节点 D(第二端节点 20)将 P-VID 交叉连接到 W-VID(从而实现端口入转换)。

[0068] 因而,可以创建每个工作路径具有一个保护路径的高度弹性、单向的虚拟以太网环,从而为 ELAN 和 SSB 的实施或者 SSM 的实施提供 1 : 1 保护。

[0069] 弹性 (1+1 保护)

[0070] 在另一个实施例中,如图 5A-5C 所示,通过在环 10 的工作和保护路径 12、14 这两者上以相对的方向发送 (“双播 (bi-casting)”) 业务,可以实现 1+1 保护布置。在该 1+1 保护的情况下,入节点不仅沿着环在相对的方向上发送相同的业务 (即相同的帧),而且还沿着环在两个方向上发送连接故障管理 (CFM) 心跳 (heartbeat)。CFM 心跳使环上的目的地节点能够基于在该目的地节点处接收到的 CFM 心跳的特征,在两个接收到的双播业务拷贝中选择一个。

[0071] 如图 5B 所示,节点 A 在业务进入环时添加环标签,表明是到 W-VID 和 P-VID 两者上的双播。节点 A 还在东端口上阻挡 P-VID 和 W-VID。如图 5C 所示,节点 B、C 和 D 中的每一个节点具有一个选择器,该选择器使用 IEEE 802.1ag 和 G.8031 来选择将两组双播业务中的哪一组作为工作路径业务来对待。当业务离开环时,VID 被剥除。每个节点允许 W-VID 通过并进行复制。每个节点也允许 P-VID 通过并进行复制。VID 获取 (seizing)

[0072] 在环初始化时,某个 VLAN 范围被指派给环的操作,并且通过为每个环节点上的 VLAN 集配置端口成员来配置适当的环连接。然后每个节点可以自我发现 (self-discover) 并获取一组唯一的环标签 (将由该特定环节点使用的、在被分配给环的范围内的标签的子集)。在每个节点,环标签被随机选择并测试。为了测试环标签,节点尝试利用被标记以所选择的工作路径环标签的帧来查验 (ping) 自身。如果该环标签没有被环中的任何节点使用,则该节点将能够查验自身 (即,存在绕着环的无中断连接)。否则,如果所选择的环标签已经由环中的另一个节点所使用,则该节点将不能够查验自身,因为所选择的工作环标签的实际所有者 (即,另一个节点) 针对该环标签而封锁了端口以便完成源剥除。

[0073] 对于虚拟以太网环 (例如 ELAN),每个节点需要获取两个唯一 VID。VID 发现和获取是通过以下操作完成的:在初始化的每个节点处随机地选择与特定环相关联的有可能可用的 VID,沿着该环发送该有可能可用的 VID 以尝试查验自身,然后,如果该 VID 未被认领地返回到发送该 VID 的节点,则获取该 VID。这些步骤被重复,直到该初始化的节点查验了其自身至少两次。当具有 2 个 VID 的块被该初始化的节点 “拥有” 时,完成获取。

[0074] 当整个环同时加电时,重要的是在自我发现过程中设立随机延迟以避免 “竞争状态 (race conditions)”。从而,给定节点在选择环标签和尝试查验自身之前应当等待一个随机时间段。

[0075] 而且,为了保险起见,节点应当用相同的环标签多次查验自身,以确保该 VID 确实没有被使用从而可以被正当获取。当节点获取了环标签时,它将环标签获取范围的配置从默认修改为被拥有状态。节点实现

[0076] 图 6 仅仅通过举例而示意性地示出根据本发明的一个实施例的以太网环节点

(“节点 X”)。如图 6 所示,节点 X 具有路由交换机 30(例如 Nortel 8608 或等价物)和交换结构模块 40(例如 Nortel 8692 或等价物)。路由交换机 30 具有入端口 32 和出端口 34,用于业务进入和离开环。路由交换机 34 包括映射模块 36(或其它这类装置),其用于将在入端口上接收到的 C-VID(自定义 VID)映射到环 VID 并将帧推送到交换结构模块 40。路由交换机 34 还包括 VID 剥除模块 38(或其它这类装置),其用于在业务经由出端口 34 离开环之前将环 VID 从该业务剥除。

[0077] 如图 6 中进一步示出的,交换结构模块 40 包括转发存储器 42、端口混淆模块 44、和 802.1Q 桥 46。存储器 42 维护转发表,例如转发信息库,其中存储有 MAC 地址和端口方向。如上所述的,端口混淆模块 44 存储与实际学到的方向相反的端口方向。这种端口混淆保持环的单向性。业务通过 802.1Q 桥 46 被切换到西 PHY 50 或东 PHY 52 上。

[0078] 虚拟以太网环的应用

[0079] 所述环能够支持多种以太网应用,包括 ELINE、E-TREE、仿真 LAN(ELAN)、源特定多播(SSM)和源特定广播(SSB)。在 ELINE 和 E-TREE 情况下,该环用作提供商骨干网传输(PBT)网络中的提供商骨干网桥(PBB),其在 2005 年 10 月 6 日公布的题为“TRAFFICENGINEERING IN FRAME-BASED CARRIER NETWORKS”的美国专利申请公开 2005/0220096 中被描述,该专利申请公开通过引用被结合于此。对于 ELINE 和 E-TREE,PBT 提供 e2e PS(端到端保护切换),因此环不得干扰 PBT VID 范围。对于 ELAN,环作为弹性分布式交换机而工作。对于 SSM,环用于将动态变化的一组(S,G)多播组弹性地散布到一组环节点。对于 SSM,环还必须提供受约束的返回路径以用于 IGMP 监听/过滤。对于 SSB,环用于将不变的一组(S,G)多播组弹性地散布到一组环节点,但是不同于 SSM,其不需要返回路径。该虚拟环应当能够同时支持所有这些应用。

[0080] 用于特定实现的节点配置

[0081] 为了同时适应不同应用或“行为”,例如 ELAN、SSM 和 SSB,为每种类型的应用或“行为”指派某个 VID 范围,即,为 ELAN 指派某一 VID 范围,为 SSM 指派另一 VID 范围,而为 SSB 指派又一 VID 范围。默认设置是,为每个节点预先配置每个范围,然后根据需要在每个范围中获取特定 VID。

[0082] 对于 ELINE(诸如提供商骨干网传输,其提供其自己的端到端弹性),分配固定的网络 VID 范围。

[0083] 在一般情况下,通过为每个环节点仅仅指定两个 VID,即工作 VID(W-VID)和保护 VID(P-VID),能够实现仿真 LAN(ELAN)。在 VID 将进一步标识环方向的特定情况中,每个环节点定义四个 VID,例如西工作 VID、西保护 VID、东工作 VID 和东保护 VID。每个节点需要中继和复制工作 VID。每个节点仅仅需要在环端口之间连接保护 VID。在保护 VID 上,MAC 学习被禁用。

[0084] (对于一般情况)通过为每个 SSM 环指定四个 VID,即工作 VID、工作返回 VID、保护 VID 和保护返回 VID,能够实现源特定多播(SSM)。每个节点需要中继和复制工作 VID。每个节点需要将保护和返回 VID 连接在一起。在所有 VID 上,MAC 学习被禁用。

[0085] 对于每个环,通过每个源节点指定两个 VID(W-VID 和 P-VID),能够实现源特定广播(SSB)。每个节点需要中继和复制工作 VID。每个节点仅仅需要在环端口之间连接保护 VID。在所有 VID 上,MAC 学习被禁用。

[0086] 图 7A 和 7B 示出本发明的另一个实施例。在该实施例中,由于环回的业务引起的延迟问题得到处理。在图 7A 中,沿着 1 : 1 保护干线的主路径 64,交换网 54 包括源节点 56,中转节点 58、60,和目的地节点 62。备用的次路径 66 包括中转节点 68。网络 54 不限于特定数目的中转节点。该 1 : 1 干线的主路径和次路径可以被认为是形成一个环。

[0087] 在一个实施例中,源节点 56 包括网络接口子系统,其包括使源节点 56 能够使用适当的协议与网络 54 接口所必需的硬件和软件,其中,可以通过多个物理接口进行与网络 54 的通信。网络接口子系统被配置为使用主路径 64 和次路径 66 传输业务(即数据包)到目的地节点 62。当主路径 64 出故障时使用次路径 66。源节点 56 还包括与网络接口子系统通信的处理器。该处理器可以通过系统总线耦接到一个或多个存储元件。存储元件可以包括在实际执行程序代码期间使用的本地存储器、大容量存储装置、以及用于提供至少一些程序代码的临时存储以减少在执行期间必须从大容量存储装置取回代码的次数的快速缓存存储器。输入输出装置可用于直接地或通过中间 I/O 控制器与网络接口。

[0088] 可能出现的一个问题是,由源节点 56 发送的、由于沿主路径 64 的故障 70 而环回并回到源节点 56 的业务所遭受的增加的延迟。这可以被称为环回状况。而且,任何从目的地节点 62 通过中转节点 58、60 向源节点 56 发送的业务也由于在主路径 64 上在中转节点 58 和 60 之间发生的故障 70 而回到节点 62。网络 54 可能遭受与业务传输到故障点 70 并回到发起节点 56 和 62 所花的时间相等的延迟时间。在该例子中,故障 70 发生在主路径 64 上在中转节点 58 和 60 之间。

[0089] 解决由于环回的业务而增加的延迟的一个方法是在源节点 56 和目的地节点 62 之间使用缓慢的连续性检查消息(CCM)。通过发送缓慢的 CCM 和保证 CCM 不环回到其相应的发起节点(源节点 56 和目的地节点 62),源节点 56 和目的地节点 62 可以检测 CCM 丢失,并且可以停止发送业务到主路径 64 上并开始发送业务到次路径 66 上。

[0090] 另一个解决该增加的延迟的方法是使用缓慢的告警指示信号(AIS)。当中转节点(例如中转节点 58)检测到故障时,业务环回到其发起节点。然而,除了环回的业务之外,AIS 也从中转节点 58 被发送到发起节点。该 AIS 警告源节点 56 和目的地节点 62 停止沿主路径 64 进行传输和开始发送业务到次路径 66 上。

[0091] 解决由于环回的业务而增加的延迟的再一个方法是,向源节点 56 和目的地节点 62 提供检测业务何时被环回的能力,然后停止沿主路径 64 传输业务并开始发送业务到次路径 66 上。通过利用前述方法之一,一旦在主路径 64 上发生故障 70,业务不再需要环回到源节点 56 或目的地节点 62。相反,如图 7B 所示的,业务可以转移到无故障的次路径 66。

[0092] 当实际上发生故障时,在故障链路(即主路径 64)上的所有业务基本上丢失。而且,当源节点 56 和目的地节点 62 开始在次路径 66 上传输时,所有正在沿着主路径 64 传输的业务也基本上丢失。避免这种“双重”业务打击的一条途径是,使源节点 56 和目的地节点 62 具有缓冲业务的能力,从而所有的新业务被缓冲,直到处于传输中的业务从主路径 64 流出。在这些处于传输中的业务流出之后,源节点 52 和目的地节点 62 开始将缓冲的业务传输到次路径 66 上。源节点 56 和目的地节点 62 的处理器可以适合于检测如上所述的环回状况,并且在检测到环回状况后,停止通过主路径将包传输到另一个端节点。处理器在检测到环回状况后可操作以在次路径上将包传向另一个端节点。可以通过查看 SA MAC 地址来检测环回状况。即,当接收到的包的 SA MAC 地址等于由该节点插入到 SA 帧位置中的 MAC

地址时,该包是环回包。

[0093] 处理器能够从中转节点接收指示在主路径上发生了故障的告警指示信号 (AIS),从而处理器一旦收到 AIS,就停止包在主路径上的传输并且将包的传输切换到次路径。

[0094] 该处理器还适用于,在开始在次路径上传输新的包之前进行等待,直到所有传输的包都已环回并且已在次路径上传输为止。这需要缓冲所有新的包,并且在最后的环回包在次路径上被传输之后才传输这些新的包。

[0095] 虽然已经如这里所述的那样示出了实施例的某些特征,但是本领域技术人员现在将会想到许多修改、替换、变化以及等价物。因此,应当理解,所附的权利要求意图覆盖落在本发明的真实精神中的所有这些修改和变化。

[0096] 本领域技术人员将理解,本发明不限于已在上文被特别示出和描述的那些内容。此外,应当注意,所有附图不是按比例,除非上文作出了相反的描述。在不背离本发明的范围和精神的情况下,根据上述教导的多种修改和变化是可能的,而不仅仅由所附的权利要求限制。

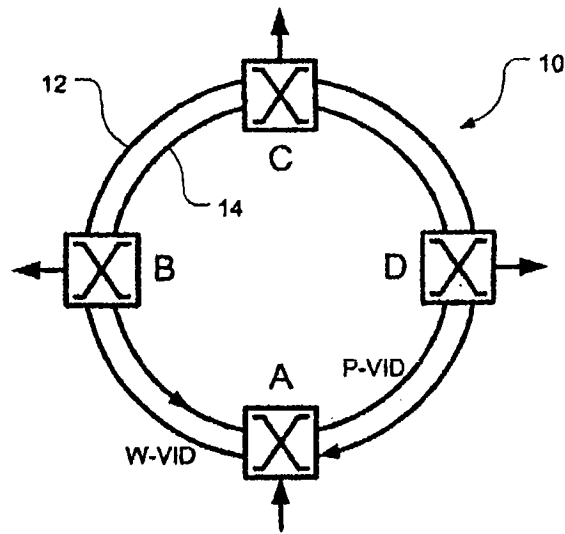


图 1A

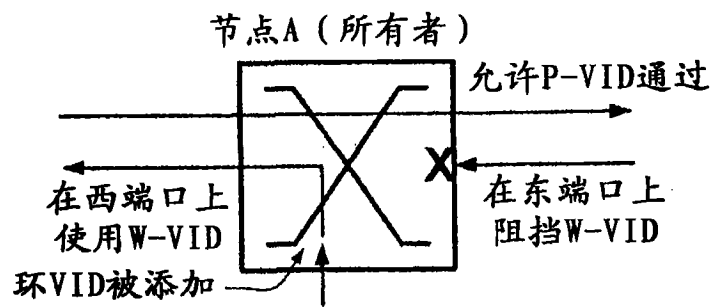


图 1B

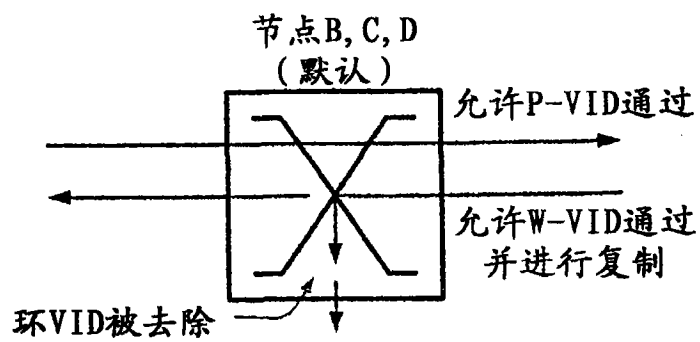


图 1C

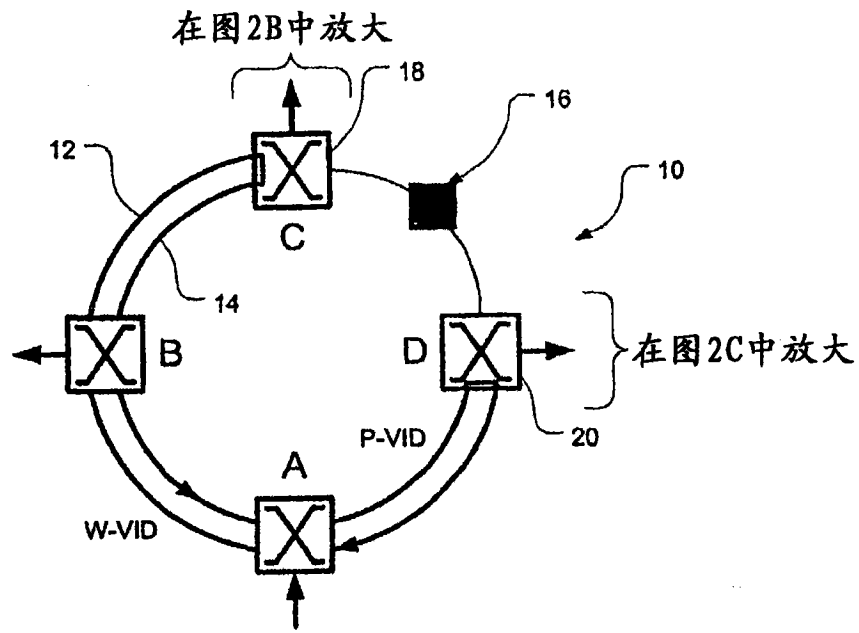


图 2A

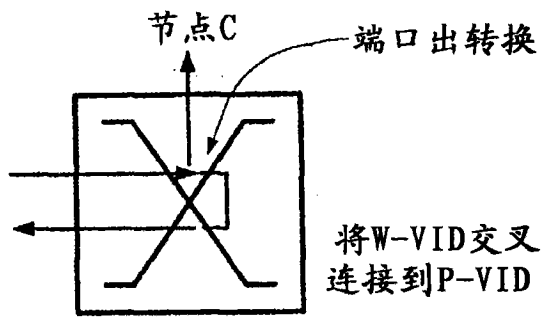


图 2B

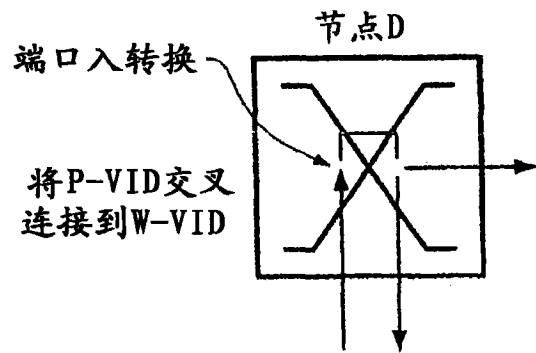


图 2C

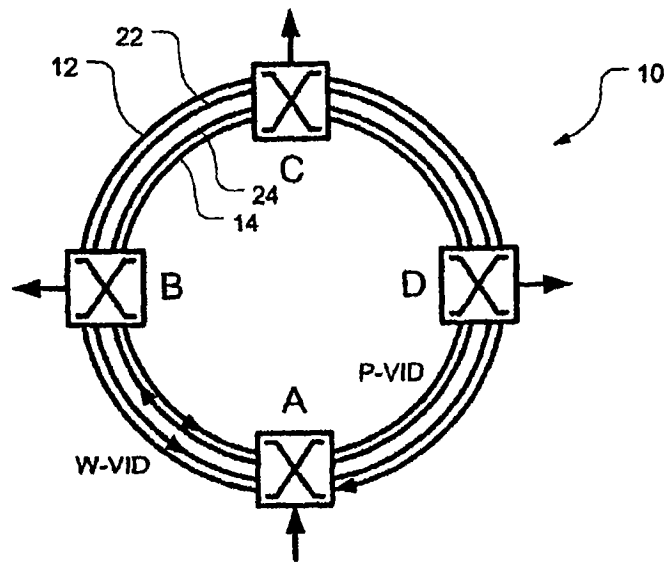


图 3A

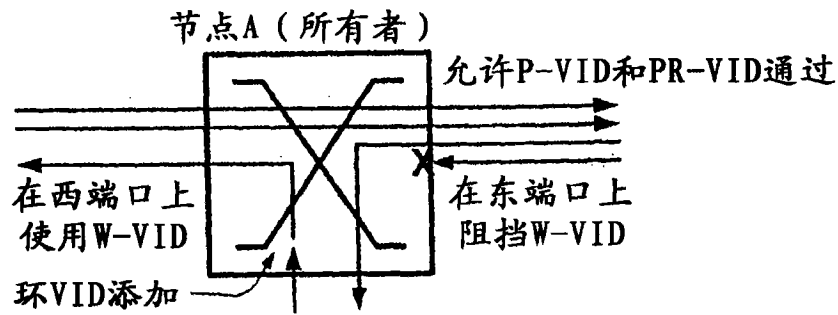


图 3B

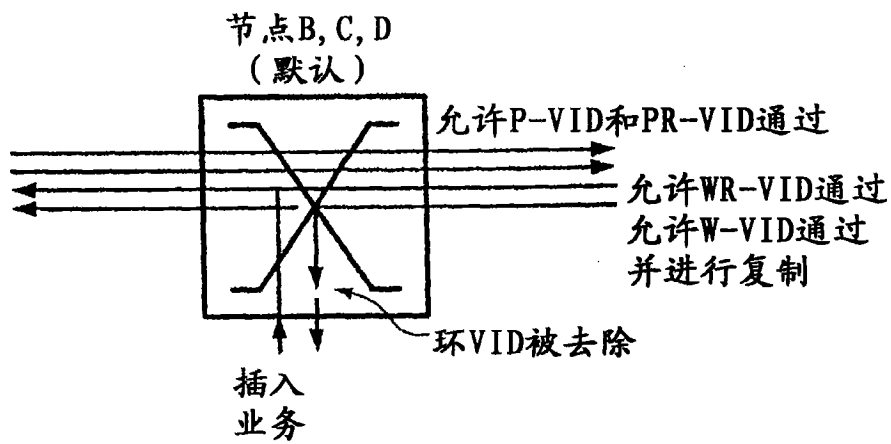


图 3C

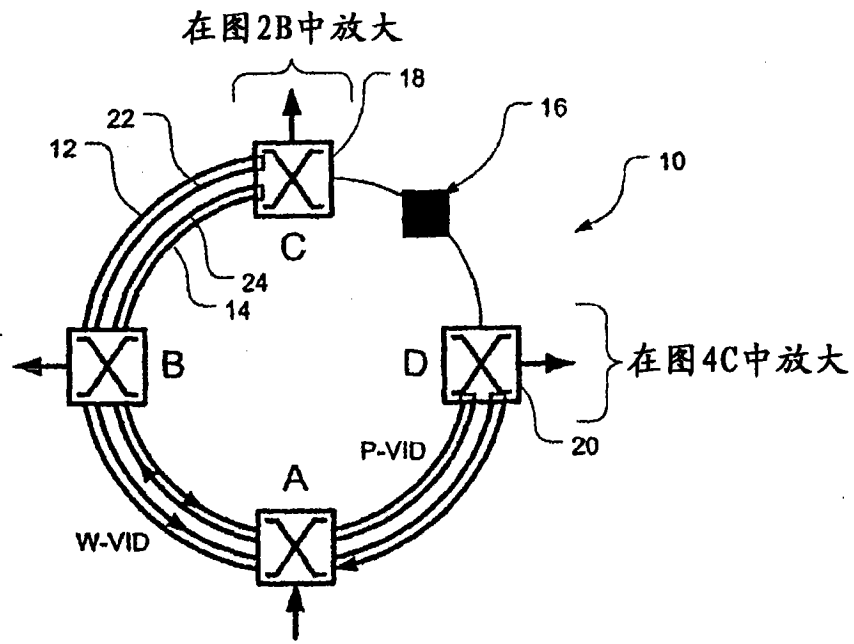


图 4A

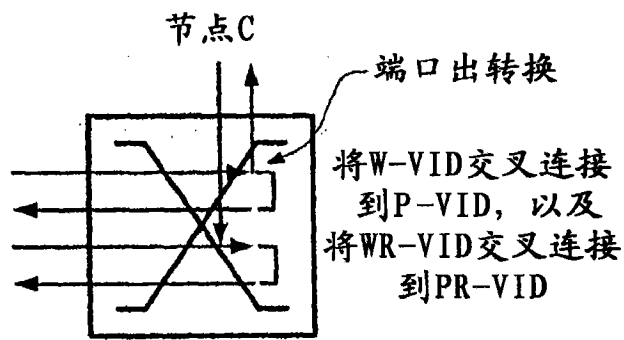


图 4B

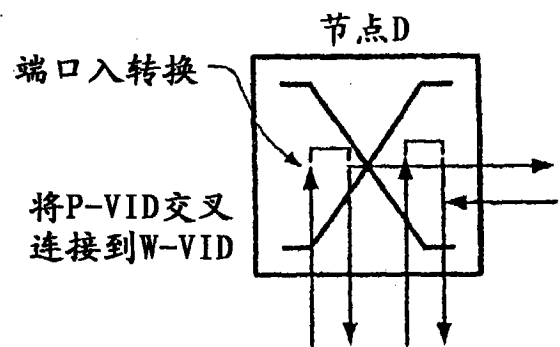


图 4C

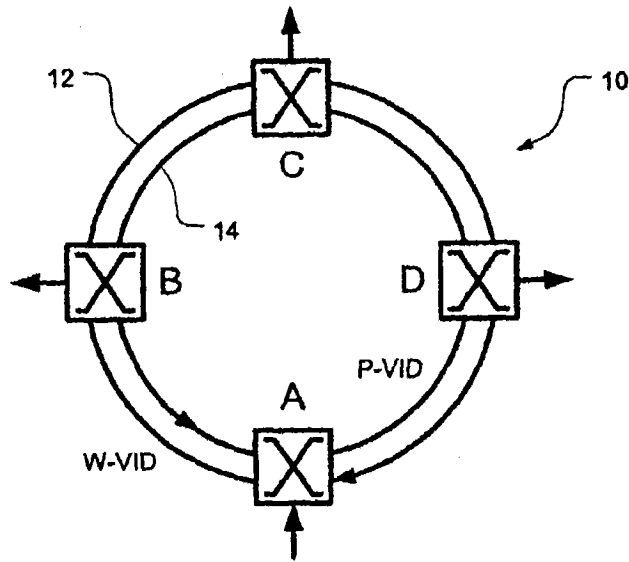


图 5A

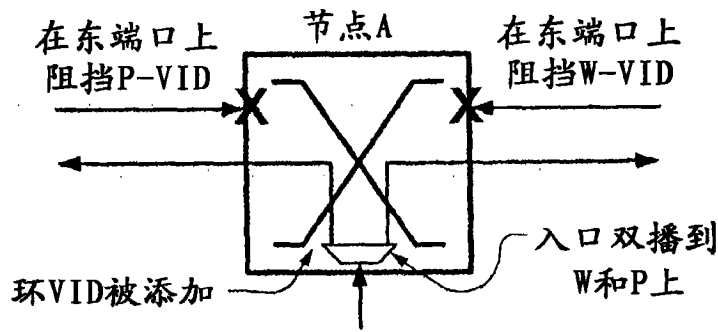


图 5B

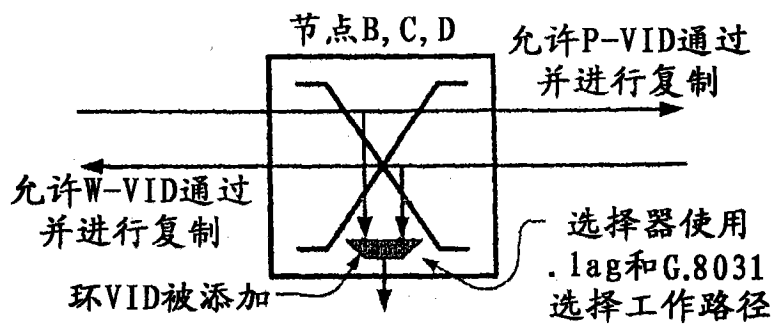


图 5C

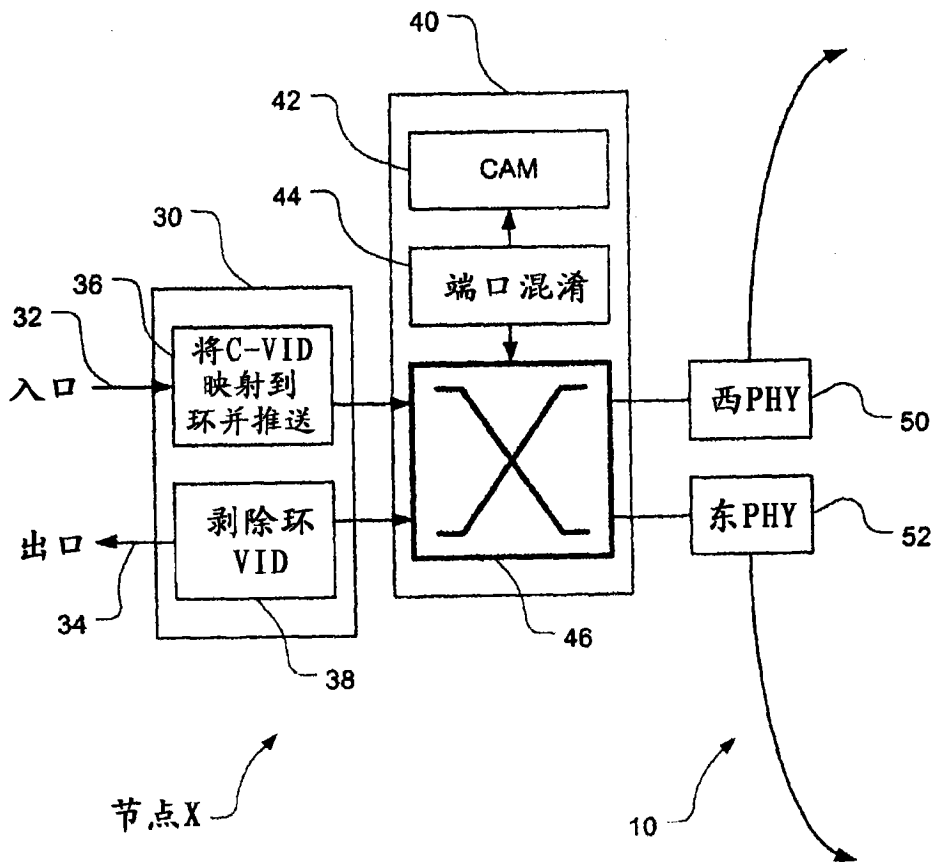


图6

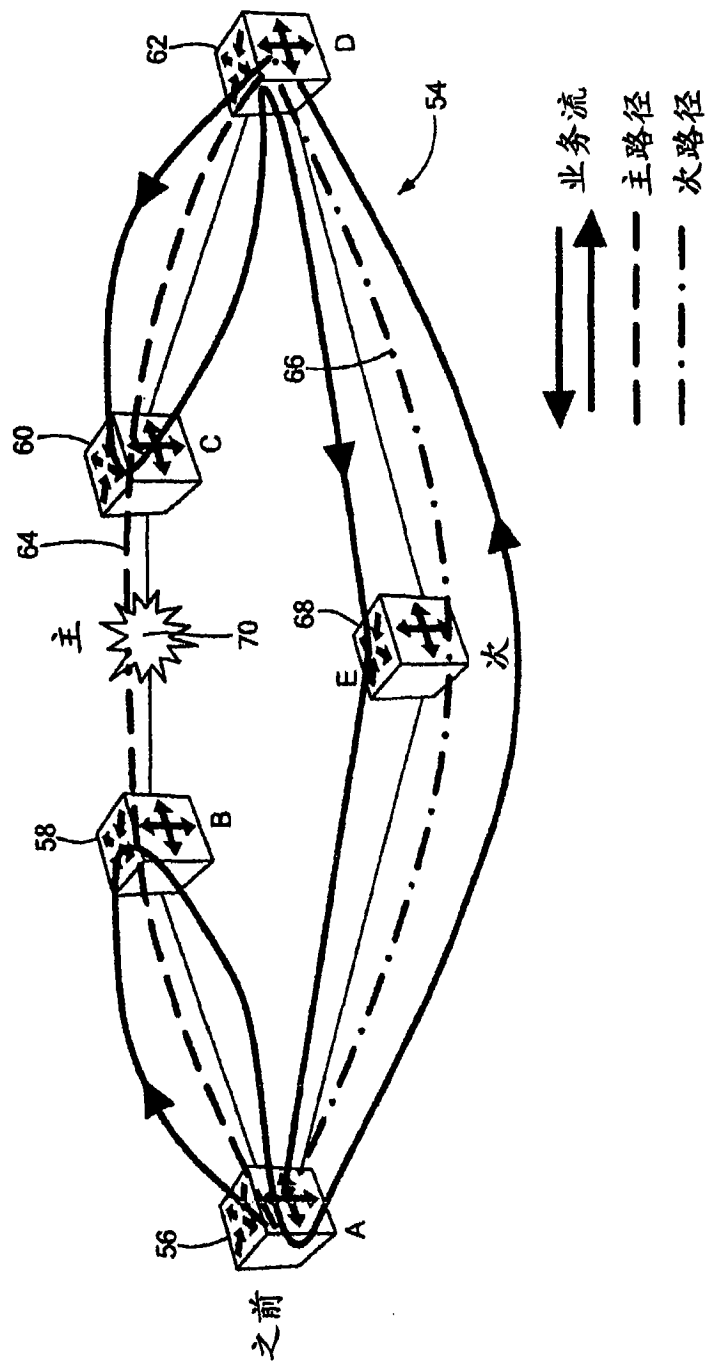


图 7A

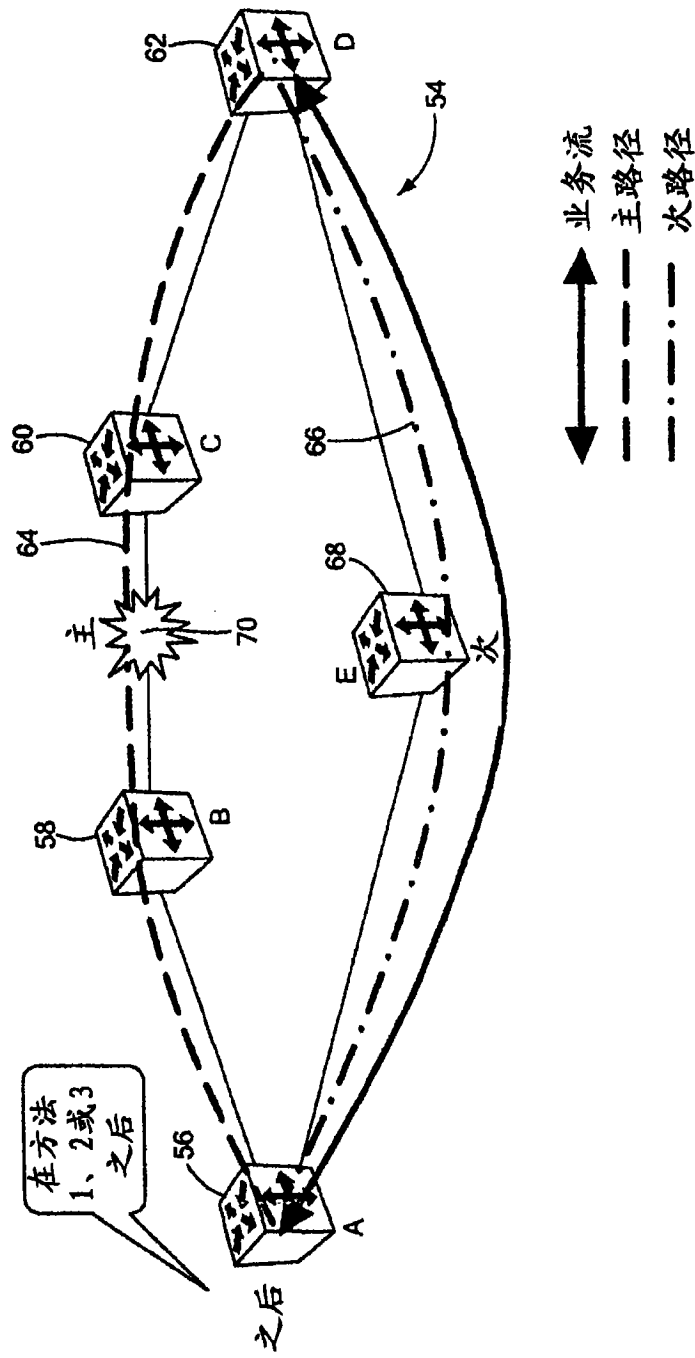


图 7B