

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

H04L 12/24 (2006.01)

H04L 29/06 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 03800007.5

[45] 授权公告日 2008 年 10 月 22 日

[11] 授权公告号 CN 100428685C

[22] 申请日 2003.1.15 [21] 申请号 03800007.5

[30] 优先权

[32] 2002.1.17 [33] US [31] 10/052,665

[86] 国际申请 PCT/US2003/001136 2003.1.15

[87] 国际公布 WO2003/062947 英 2003.7.31

[85] 进入国家阶段日期 2003.4.21

[73] 专利权人 思科技术公司

地址 美国加利福尼亚州

[72] 发明人 安娜·恰尔内

罗伯特·詹姆斯·戈盖恩

卡罗尔·伊图拉尔德

[56] 参考文献

Fast reroute techniques in RSVP – T. PAN
ET AL. INTERNET DRAFT, INTERNET ENGINEERING TASK FORC. 2001

Generalized MPLS recovery mechanism.
LANG J. P. ET AL. INTERNET DRAFT, INTERNET ENGINEERING TASK FORC. 2001

Generalized MPLS recovery mechanism.
LANG J. P. ET AL. INTERNET DRAFT, INTERNET ENGINEERING TASK FORC. 2001

审查员 许丽红

[74] 专利代理机构 北京东方亿思知识产权代理有限公司

代理人 杜娟

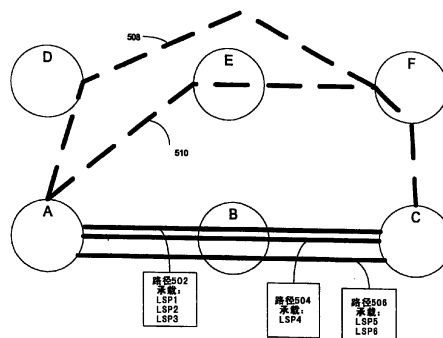
权利要求书 2 页 说明书 11 页 附图 6 页

[54] 发明名称

用于在标签交换网络中提供快速重路由保护的方法

[57] 摘要

实现了标签交换网络中快速重路由备份通道之间的负载平衡。M 个备份通道可以被用于保护 N 个并行路径。单个备份通道可以保护多个并行路径，节省了诸如路由器状态和信令信息的网络资源的使用。单个路径能够由多个备份通道保护，确保在故障情况下，即使找不到一个具有充足带宽的备份通道时，也能满足带宽保证。填充算法用于使独立标签交换路径(LSP)和独立备份通道相关。当一个 LSP 不能被分配给备份通道时，或者可以拒绝它，或者可以给现有备份通道分配附加带宽，或者建立新的备份通道。



1. 一种用于在标签交换网络中提供快速重路由保护的方法，所述方法包含：

识别 N 个要被一起保护的并行路径，所述 N 个路径始于所述标签交换网络的第一个选定节点并止于所述标签交换网络的第二个选定节点；

识别保护所述 N 个并行路径的 M 个备份通道；和

在发生故障之前，为使用所述 N 个并行路径中的任意路径的多个标签交换路径中的每一个选择所述 M 个备份通道之一，作为发生所述故障后使用的备份，其中，N 或 M 大于等于 2，所述选择是基于所述标签交换路径的带宽需求和所述 M 个备份通道的带宽容量进行的。

2. 如权利要求 1 所述方法，其中，所述选择包含：使用填充算法，使所述标签交换路径的带宽需求和所述备份通道的带宽容量相匹配。

3. 如权利要求 2 所述方法，其中，所述选择还包含：

如果最初不能使得所述标签交换路径的带宽需求和所述备份通道的带宽容量相匹配，则增大 M 以识别至少一个附加的备份通道，然后重复所述填充算法。

4. 如权利要求 2 所述方法，其中，所述选择还包含：

如果最初不能使得所述标签交换路径的带宽需求和所述备份通道的带宽容量相匹配，则重新配置所述 M 个备份通道中至少一个通道的带宽，然后重复所述填充算法。

5. 如权利要求 2 所述方法，其中，使用所述填充算法包含：

对每个标签交换路径，从所述 M 个备份通道中具有充足的剩余可用备份带宽来容纳标签交换路径带宽的备份通道中选择具有最小剩余可用带宽的备份通道。

6. 如权利要求 1 所述方法，其中，所述选择还包含：

在建立一个新标签交换路径之后，把所述 M 个备份通道中的一个分配给所述新标签交换路径。

7. 如权利要求 6 所述方法，其中，所述选择还包含：

如果所述 M 个备份通道中的任何通道都不能满足所述新标签交换路径的带宽需求，则拒绝所述新标签交换路径。

8. 如权利要求 1 所述方法，其中，识别所述 N 个并行路径和所述 M 个备份通道，以及所述选择是在所述第一个选定节点处进行的。

用于在标签交换网络中提供快速重路由保护的方法

本发明涉及 2002 年 1 月 2 日递交的名为“用于快速重路由的隐式共享带宽保护”的 10/038,259 号美国专利申请的主题，通过整体引用而将其内容包含在这里。

技术领域

本发明涉及数据联网，特别涉及用于给数据网络提供容错性的系统和方法。

背景技术

随着国际互联网成为被期望用于可靠地处理语音和视频业务的多媒体通信媒质，网络协议也必须发展，以支持诸如等待时间和可靠性的服务质量（QoS）要求，并提供保证可用带宽。这个发展所表现的一个形式是 MPLS（多协议标签交换）业务工程的出现，该工程能够由 DiffServ-aware 业务工程补充。MPLS 业务工程利用现代标签交换技术，通过标签交换路由器（LSR）网络来建立保证带宽的端到端电路，而不是使用传统的 IP 路由技术，在 IP 路由技术中，独立的包在其通过网络前进时，沿着针对每个包独立确定的路径通过网络。已经发现，MPLS 在建立也被称作标签交换路径（LSP）的这样的电路时非常有用。采用 LSP 的 MPLS 网络能够比其他采用例如 ATM 或帧中继的面向虚电路的网络更容易地和其他基于 IP 的网络进行互操作。基于 MPLS 业务工程的网络，特别是由 DiffServ-aware 业务工程补充的网络在处理诸如 IP 上语音（VoIP）和实时视频的对延迟和抖动敏感的应用中非常有效。

但是，满足企业和用户的需求还要求在链路或节点发生故障时仍能满足对于带宽和等待时间的保证。当链路或节点故障导致 LSP 故障时，例如受限最短路径优先（CSPF）的标准路由协议太慢，不能用于对 QoS 敏感的

业务的动态重路由。在采用 SONET 的光网络中，依靠包含在 SONET 协议内的特征，能够提供快速恢复。但是，在不具备这样的技术的地区，为了确保服务在充分短的时间，例如 50ms 内恢复，以使用户的感受不受影响，其他的保护机制变得必不可少。

为了应付这个要求，已经开发了各种快速重路由技术，这些技术向链路或节点故障提供迅速反应，以保持用户的感受。在一种这样的方法中，通过建立用于围绕故障重路由所有业务的本地备份通道（也被实现为 LSP）来保护独立节点和链路抵御故障。为了保护一条链路，建立备份通道，连接被保护链路连接的两个节点，但是在该备份通道中不包括该被保护链路。为了保护一个节点，备份通道保护每一对穿越该节点的链路。如果要求带宽保护，则每个备份通道应该具有一分配的带宽。

在实现这个备份方案中出现了某些问题。为了在故障情况下保证服务质量，备份通道应该具有至少和被保护元件（例如在这个背景下的链路或节点）一样大的带宽，或者至少和使用该被保护元件的 LSP 所消耗的一样大的带宽。但是，有可能无法找到一系列链路来构成单个的备份通道，其中每条链路具有所需的带宽。在网络带宽一般比较稀缺时尤其是这样。

另一个担心是低效率地使用备份通道来保护将因例如光纤切割而一起发生故障的并行链路或将因节点故障而一起发生故障的并行链路对。一种现有技术方法分配单独的备份通道保护每条链路或路径，或甚至保护单个 LSP，浪费了诸如路由器状态、信令资源等珍贵的网络资源。另一种现有技术方法创建 m 个备份资源来保护 n 个主资源，但是这种方法是基于 n 个资源中只有 m 个可能同时发生故障的假设。

发明内容

利用本发明的一个实施例，实现了标签交换网络中快速重路由备份通道之间的负载平衡。 M 个备份通道能被用于保护 N 个可能同时全都发生故障的并行路径。单个备份通道可以保护多个并行路径，节省了诸如路由器状态和信令信息的网络资源的使用。单个路径能够由多个备份通道保护，确保在故障情况下，即使找不到一个具有充足带宽的备份通道时，也能满

足带宽保证。填充算法 (packing algorithm) 用于使独立标签交换路径 (LSP) 和独立备份通道相关。

当不存在可能的给每个 LSP 提供充足备份带宽的将 LSP 分配给备份通道的分配方式时, 或者拒绝新的主 LSP, 或者可能为该新 LSP 建立新的备份通道, 或者可能增加现有备份通道的带宽。

本发明的一个方面提供了一种用于在标签交换网络内提供快速重路由保护的方法。该方法包括: 识别 N 个在全部同时发生故障的情况下要被一起保护的路径, 所述 N 个路径始于标签交换网络的第一个选定节点并止于标签交换网络的第二个选定节点, 识别保护 N 个选定路径的 M 个备份通道, 并且为使用 N 个选定路径中的任何路径的多个标签交换网络中的每一个选择 M 个备份通道之一作为发生故障后使用的备份。 N 或 M 大于等于 2。

通过参考说明书的剩余部分和附图, 能够实现对本发明实质和优点的进一步理解。

附图说明

图 1 示出了根据本发明的一个实施例的网络设备。

图 2 示出了适于实现本发明的一个实施例的网络设备。

图 3 示出了根据本发明的一个实施例, 单个路径由多个备份通道保护的情形。

图 4 示出了根据本发明的一个实施例, 多个并行路径由单个备份通道保护的情形。

图 5 示出了根据本发明的一个实施例, 多个并行路径由多个备份通道保护的情形。

图 6 是描述根据本发明的一个实施例, 把一个 LSP 分配给一个备份通道的流程图。

具体实施方式

MPLS 业务工程网络环境

将通过参考使用网络协议的某种组合，通过网络转发数据的典型网络环境描述本发明。图 2 示出了包括节点 A 到 K 的典型网络 200。独立链路 xy 互连网络 200 的节点，其中，x 标识链路的一个端点，而 y 标识另一个端点。链路能够用任何类型的物理介质实现，诸如光介质、无线介质、双绞线等。

在一个实施例中，网络 200 的节点以各种协议所规定的方式互操作，这些协议包括例如本领域公知的 TCP/IP，合适的链路层协议，例如链路管理协议（LMP），以及由下面的文档所定义的协议：

E. Rosen 等，“Multiprotocol Label Switching Achitecture”，RFC3031, Internet Engineering Task Force, 2001 年 1 月。

Braden 等，“Resource ReSerVation Protocol (RSVP)-Version 1 Functional Specification”，RFC 2205, Internet Engineering Task Force, 1997 年 9 月。

Awduche 等，“Requirements for Traffic Engineering Over MPLS”，RFC 2702, Internet Engineering Task Force, 1999 年 9 月。

Ashwood-Smith 等，“Generalized MPLS Signaling—RSVP-TE Extensions”，Internet Draft, Internet Engineering Task Force, 2001 年 10 月。

Le Faucheur 等，“Requirements for Support of Diff-Serv-Aware MPLS Traffic Engineering”，Internet Draft, Internet Engineering Task Force, 2001 年 11 月。

Pan 等，“Fast Reroute Techniques In RSVP-TE”，Internet Draft, Internet Engineering Task Force, 2001 年 10 月。

针对所有目的将上面的协议文档的内容通过引用其整体而结合在此处。其他本领域公知的适当协议也能由网络 200 的节点实现。

在一个实施例中，网络 200 的节点是实现了多协议标签交换（MPLS）并且实质上作为标签交换路由器（LSR）运行的 IP 路由器。在网络 200 的入口，在把包转发到下一跳节点之前，给每一个进入包分配一个标签。在每一个中间节点，只通过使用在进入包中找到的标签作为对包含这个信息

的标签转发表的索引，来确定转发选择和新的替代标签。在网络出口（或之前一条），基于进入标签作出转发决定，但是当包被发送到下一跳时不包括标签。

人们期望提供具有保证带宽、等待时间、抖动等的跨越网络 200 的端到端电路。这通过使用 MPLS 业务工程（MPLS TE）和/或 DiffServ-Aware 业务工程来提供。MPLS TE 实质上通过在网络 200 的各种 LSR 处适当地控制标签转发表的内容建立和操作跨越 LSR 的端到端电路。每一个端到端电路被称作标签交换路径（LSP）。每一个 LSP 穿越一系列节点和互连链路。

MPLS 业务工程快速重路由

现在将讨论一般的 MPLS TE 快速重路由概念，以辅助本发明的系统和方法的讨论。人们期望网络 200 提供非常高的可靠性以支持诸如语音电话和视频会议的互联网服务，在这些服务中，这种水平的可靠性不仅是期望的，而且是必须的。因此，人们期望，当一个节点或链路发生故障时，所有使用故障节点或链路的 LSP 被迅速地（例如，少于 50ms）重路由，以使用户感受不受故障影响。在使用 MPLS TE 的网络中的一个给定 LSP 经历节点故障时，头端，即入口将自动建立新的 LSP 作为替代。但是，这个过程需要的时间远超出人们的期望。单个节点故障可能要求重建大量的（例如多达 2000 个）LSP。因此，提供了本地快速重路由能力，以便在节点或链路发生故障时，在头端正建立新的端到端 LSP 的同时将一个 LSP 围绕故障元件暂时地重路由。除了链路和节点，能够被根据本发明的快速重路由保护的元件的其他例子包括，例如，链路组、一个 LSP 或 LSP 组，或任何由一个或多个具有相同的源和目的地的备份通道共同保护的链路和/或节点组。

最好在 10ms 内检测到故障。例如，在链路层或通过接收预期 RSVP HELLO 消息的失败（或通过其他任何方法）能够检测到链路或节点故障。一旦检测到元件的故障，来自每一个穿越故障元件的主 LSP 的业务就被重定向到预先建立的保护故障元件的备份通道。在备份通道起始的节点（称

作备份通道的头端），穿越受影响的 LSP 的包具有施加于它们的标签栈上的第二层标签。这个第二层标签是用于通过备份通道转发决策的基础。在备份通道的每一个后续节点处，第二层标签被用于选择下一跳和替代的第二层标签。在备份通道的最后一个节点处，或者在备份通道的倒数第二个节点处，这个第二层标签被弹出包标签栈，以使包此后沿着 LSP 的原始路径前进。

也把故障通知给所有受影响的主 LSP 的 LSP 头端，以使现在通过备份通道重路由的 LSP 能被以更优化的方式重路由。在 Internet Draft 上的名为“Fast Reroute Techniques in RSVP-TE”中公开了在备份通道内连线以及对被保护元件故障进行反应的机制的细节。应该注意，根据本发明的一个实施例，除了链路和节点，被保护的元件可能是一组链路、一个 LSP、一组 LSP，或任何由一个或多个具有相同的源头和目的地的备份通道共同保护的链路和/或节点的组。

在网络中的每一条链路上，有被分配给主 LSP 使用的主带宽。在上面参考的名为“用于快速重路由的隐式共享带宽保护”的申请中，更详细地讨论了主带宽的概念。在本发明的一个实施例中，主池包括能在任意时间被分配给主 LSP 的最大量的带宽。在另一个实施例中，主带宽可以是当前由主 LSP 使用的实际带宽（实际带宽可能小于分配给主 LSP 的最大带宽池）。还有被分配给备份通道使用的备份带宽池。备份带宽池总是被分配给备份业务的最大量的带宽，而无论在链路上实际备份了多少带宽。

对使用不带 DS-TE 的 MPLS-TE 的实现方式，主带宽池包括的带宽等于用于 LSP 的定义的最大可预留带宽，或者，等于 LSP 实际使用的带宽。备份带宽池在每一条链路上建立，并且最好包含等于链路速度减去最大可预留带宽的带宽。

在由链路保护的元件发生故障的情况下也有可能允许有限的“超额预定”，以便链路上的总的带宽预留超过链路容量并随后依靠 TCP 操作来响应不足作调整。在这类实现方式中，备份带宽池可能超过链路速度减去最大可预留带宽。

对于使用 DS-TE 的实现方式，主带宽可以是，例如，特定带宽“子

池”的最大可预留带宽，像这个术语“子池”被上面引用的名为“Requirements for Support of Diff-Serv-Aware MPLS Traffic Engineering”的文档所定义的那样。那么，例如，备份带宽池包含链路上的剩余带宽的可配置部分。

能够以各种方式预先配置备份通道。在一种方法中，发信号通知保护给定节点的备份通道使用零带宽，从而很容易在独立故障之间共享备份带宽容量。但是，要进行管理操作(bookkeeping)，确保保护相同节点的备份通道不超过被这些通道使用的链路上的可用备份带宽。在名为“用于快速重路由的隐式共享带宽保护”的美国专利申请中可以找到这个方法进一步的细节。在其他方法中，发信号通知具有非零带宽的备份通道。

在一个实施例中，在被保护的节点处确定用于保护该节点的备份通道，而在链路的一端确定用于链路的备份通道。或者，对一个正由备份通道保护的节点的备份通道的计算被转移到那个节点自身。再一个选择是由单独的服务器完成针对任何元件的备份通道的计算。备份通道计算的具体位置对于本发明的操作不重要。

保护一链路的备份通道连接该被保护链路所连接的两个节点，但不包括该被保护的链路。通过保护每个链路对来保护节点，所述链路对包括一条到达该节点的链路和一条离开该节点的链路。备份通道通过连接被链路对连接到被保护节点的两个节点来保护这样的链路对。链路或链路对是由备份通道保护的这里所称的“路径”的两个例子。其他的例子包括一组穿越相同节点对的 LSP 或穿越连接相同两个节点的相同链路组的多跳路径。

为保护具有保证带宽的路径，有必要提供至少和使用被保护路径的主 LSP 使用的一样大的备份带宽。在网络带宽稀缺的地方，有时可能无法建立具有充足带宽，在给定路径上容纳 LSP 的单个备份通道。

M 个备份通道和 N 个并行路径的关联

根据本发明的一个实施例，两个或更多备份通道可以保护单个路径。例如，考虑图 3 中的情形。路径 302 穿越节点 A、B 和 C。作为节点 B 的保护的一部分，多个备份通道保护这个路径。路径 302 当前由 LSP1、LSP2

和 LSP3 使用。在任何一个备份通道上不能获得保护路径 302 的备份带宽，所以建立了三个备份通道。备份通道 304 经过节点 D 和 F 连接节点 A 和 C。备份通道 306 经过节点 E 和 F 连接节点 A 和 C。备份通道 308 经过节点 H 和 I 连接节点 A 和 C。在图 3 中，路径 302 是链路对，但是人们将理解，用于保护单个链路的备份容量也可以在多个通道之间分配。

在提供快速重路由保护时出现的另一个情形是并行路径的保护，并行路径即具有公共起始和终止节点的路径。这样的路径可能穿越相同节点，所以那个节点的故障将导致这些路径一起发生故障。例如，现参考图 4，存在 4 个连接节点 A 和 F 的并行链路 402、404、406 和 408，以及 3 个连接节点 F 和 B 的并行链路 410、412 和 414。如果节点 F 发生故障，所有这 7 条链路将同时发生故障。

为了保护从 A 经 F 到 B 的所有主业务，传统的技术将不得不独立地保护在连接 A 和 F 的 4 条链路和连接 F 和 B 的 3 条链路的所有组合上流过的业务。因此，使用传统技术，将需要创建至少 12 个备份通道以保护从 A 经 F 到 B 的所有主业务。但是，可能在网络中有足够的带宽可用于通过单个备份通道保护从 A 经 F 到 B 的所有主业务的整个带宽。根据本发明的一个实施例，单个备份通道 416 有利地连接 A 和 B，旁路 F，并具有足够的带宽保护从 A 经 F 到 B 的所有主业务。这里单个备份通道的使用节约了网络中状态的数量和信令资源。在不能找到具有保护从 A 经 F 到 B 的所有主业务的足够带宽的单个备份通道的情况下，创建能够保护从 A 经 F 到 B 的所有主业务的最少数量的备份通道是有益的。

当多个连接相同两个节点的并行链路属于相同的光纤，并因此在光纤被切断的情况下有可能同时发生故障时，出现类似的情形。在那种情况下，保护所有这样的链路最好使用单个备份通道，或者具有保护这两个节点之间的所有主业务的足够综合带宽的最小数量的备份通道。

图 5 示出了根据本发明的一个实施例，3 个并行路径由 2 个备份通道保护的情形。三个路径 502、504 和 506 穿越节点 B。当前，路径 502 承载 LSP1、LSP2 和 LSP3。路径 504 承载 LSP4，而路径 506 承载 LSP5 和 LSP6。两个备份通道 508 和 510 保护这三个路径。

更一般地，根据本发明的一个实施例，M 个备份通道可以保护 N 个路径，其中，M 或 N 均大于等于 2。这提供了负载平衡，以在集成备份需求的同时在多个通道之间分散备份需求，有可能最小化信令和路由状态资源的消耗。应该注意，这个方法和现有技术方案不同，现有技术方案创建 m 个备份资源来保护 n 个主资源，主资源中只有 m 个能同时发生故障。这里，所有的 N 个路径可以同时发生故障并全部受到保护。

在支持该 M 到 N 映射中涉及的机制包括：

1. 使多个被保护路径和一个或多个备份通道相关联。
2. 使单个备份通道和多个并行路径相关联。
3. 使每个独立 LSP 和一个特定备份通道相关联。

现在将针对机制 3 展开讨论。为了在检测到故障后快速地重路由并确保在故障情况下，在备份通道上存在足够的带宽保护 LSP，最好应该在故障前把 LSP 分配给备份通道，并且备份通道头端（图 4 中的节点 A）应该知晓这些分配。分配应该使 LSP 的带宽需求和备份通道的容量相匹配。最好在通道的头端确定分配。如果使用了零带宽预留方案，则每个节点应该在本地图存储和以这个节点作为头端的每个备份通道相关联的带宽，以便能正确地分配 LSP。应该注意，尽管在建立备份通道时可以使用零带宽预留方案，但是可以用使得和每个备份通道逻辑相关的带宽足以支持单个元件故障情况下的需求的方式来计算布置方式。见上面引用的“用于快速重路由的隐式共享带宽保护”。

例如，在图 5 的情况下，LSP 可以被如下分配给备份通道：

备份通道	508	510
备份通道上的可用带宽	150Mbps	150Mbps
	LSP1 10Mbps	LSP4 20Mbps
	LSP2 40Mbps	LSP5 20Mbps
	LSP3 40Mbps	LSP6 20Mbps

最好使用填充算法把 LSP 分配给备份通道。给定节点将针对每组在该节点处起始的保护相同元件的备份通道独立地调用填充算法。例如，在图 5 的情形下，可在节点 A 运行填充算法，把所有穿越被保护的节点 A 的

LSP（因此是并行路径 502、504 和 506）分配给备份通道 508 和 510 之一。将使用填充算法的单独调用把穿越某个其他的被保护元件的 LSP 分配给保护该其他元件的备份通道。图 6 描述了把一个 LSP 分配给备份通道的步骤。在步骤 602，在所有已经为被保护路径建立的备份通道上检查可用带宽。在步骤 604，算法从任意具有充足剩余带宽保护该 LSP 的备份通道中选择具有最小可用带宽的备份通道。该 LSP 被分配给这个备份通道。在步骤 606，从该选定的备份通道的可用带宽中扣除该 LSP 的带宽需求。

在一些实现方式中，在已经建立主 LSP 之后建立备份通道。这样将针对每个通过被保护路径的 LSP 重复图 5 的过程。或者，在任何 LSP 建立之前，建立保护主带宽池的备份通道。这样在一个新的 LSP 建立之后将调用图 5 的过程。

人们将理解，即使备份通道的总带宽超过使用被保护路径的 LSP 的总带宽，也有可能不存在能满足 LSP 带宽需求的将 LSP 分配给备份通道的分配方式。考虑 3 个均具有 30Mbps 容量的 LSP 共享总容量为 100Mbps、并由两个均具有 50Mbps 容量的备份通道保护的相同路径的情形。不存在将 LSP 分配给备份通道的有效的分配方式，尽管它们的总容量超过 LSP 的总要求。这样填充算法将失效。

如果在已经建立 LSP 以后配置和分配备份通道，则对填充算法这种失效的最佳反应将是提高一个或多个备份通道的带宽或增加新的备份通道来分配附加的备份通道容量。这可以被重复地进行，直到填充算法能成功地把所有 LSP 分配给备份通道。

如果在新的 LSP 被建立时为它们调用了填充算法，则最好可以拒绝填充算法发生失效的 LSP。这可以通过向 LSP 的头端发送 RSVP PathERR 消息来完成。或者，一个 LSP 可以被建立，但是不和任何备份通道相关联。在这种情况下，可以将错误消息返回到 LSP 的头端，并且在故障情况下，将不通过任何备份通道重路由这个 LSP 的包。

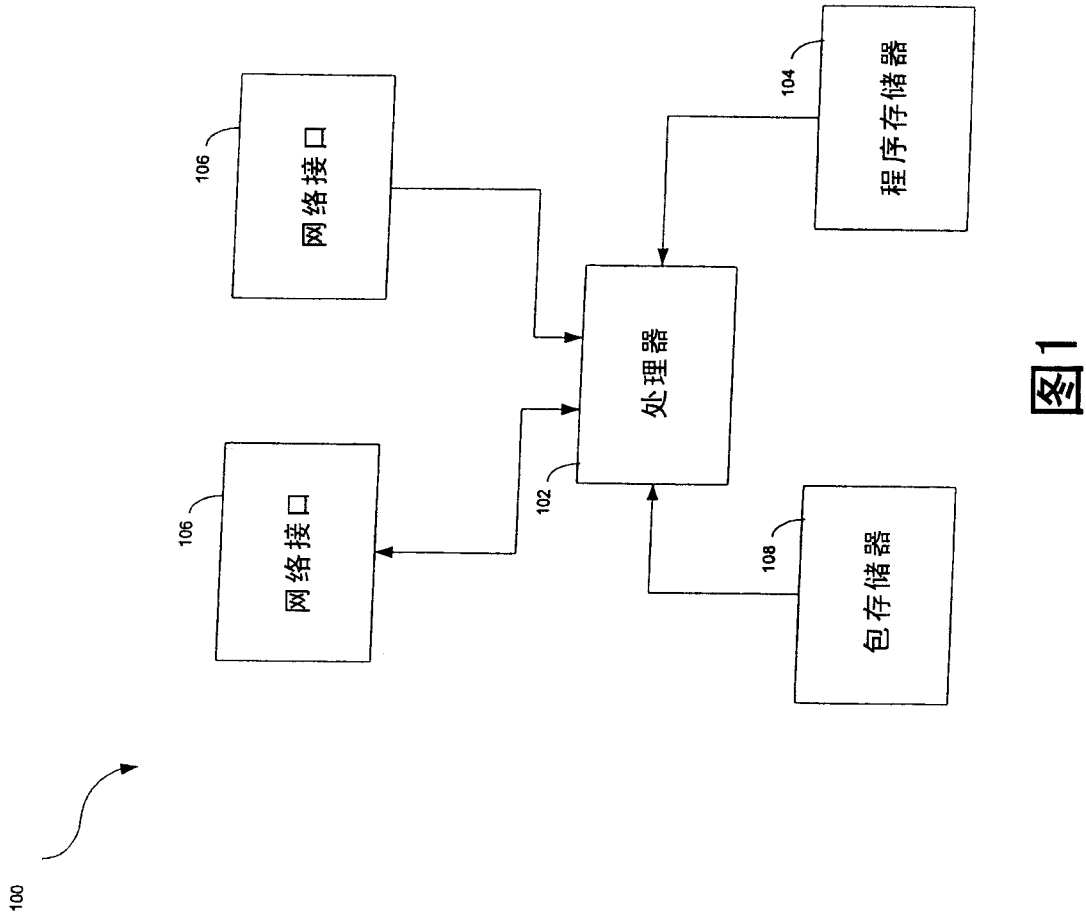
人们将理解，负载平衡的益处被用于给快速重路由提供有效的带宽保护。M 个备份通道可以保护 N 个路径。用于提供保护的备份带宽、信令和路由器状态资源被有效地使用。

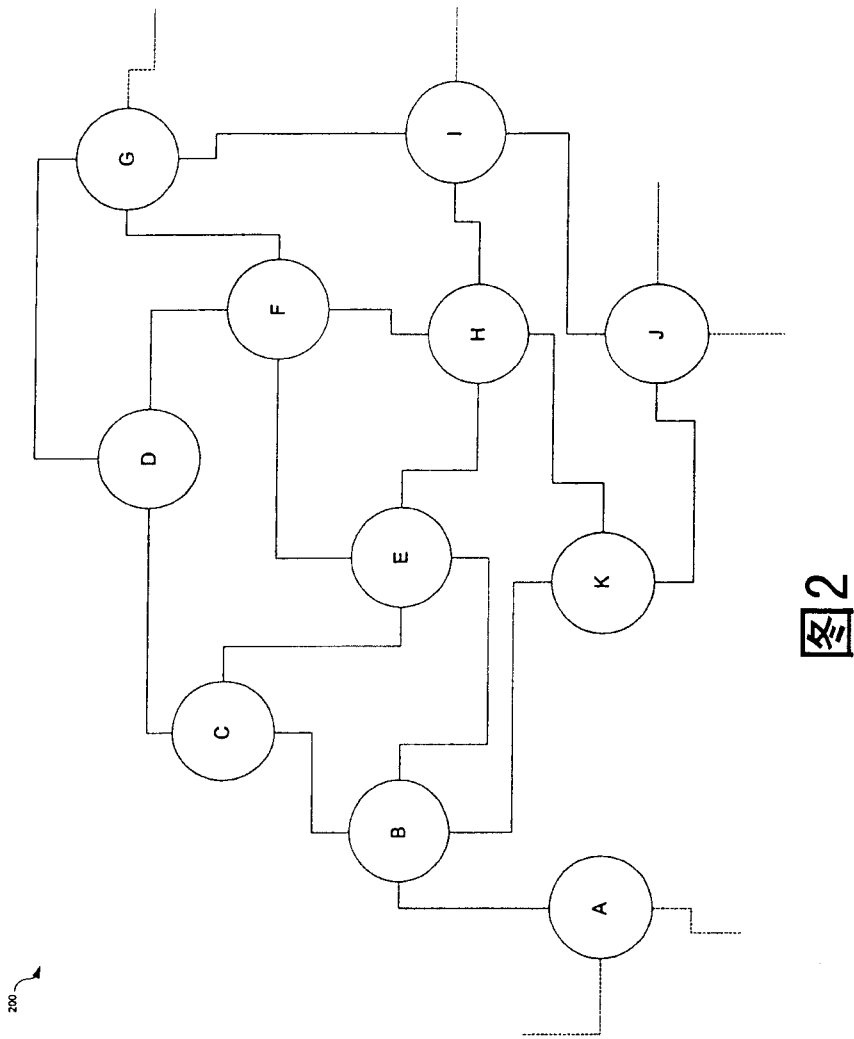
网络设备详述

图 1 示出了网络设备 100，网络设备 100 能被用于实现所述的节点中的任一个或网络管理工作站。在一个实施例中，网络设备 100 是能够用硬件、软件或其任意组合实现的程控机。处理器 102 执行存储在程序存储器 104 中的代码。程序存储器 104 是计算机可读存储介质的一个例子。程序存储器 104 可能是易失性存储器。存储相同代码的计算机可读存储介质的另一形式将是诸如软盘、CD-ROM、DVD-ROM、硬盘、闪存等的某一类型非易失性存储器。跨越网络携带代码的载波是计算机可读存储介质的另一个例子。

网络设备 100 通过多个网络接口 106 和物理介质接口。例如，网络接口 106 之一能够耦合到光纤并可以包含适当的物理和链路层功能。网络接口的其他例子包括以太网接口、DSL 接口、吉比特以太网接口、10 吉比特以太网接口等。当包被网络设备 100 接收、处理和转发时，它们能够被存储在包存储器 108 内。网络设备 100 实现了上面描述的所有网络协议及其扩展，以及本发明提供的数据网络特征。

这里描述的例子和实施例被理解为仅仅用于说明的目的，并且本领域技术人员受其启发可做出各种修改和变化，这些变化和修改将被包括在本申请的精神和范围以及所附权利要求的范围和它们的等同物的整个范围内。





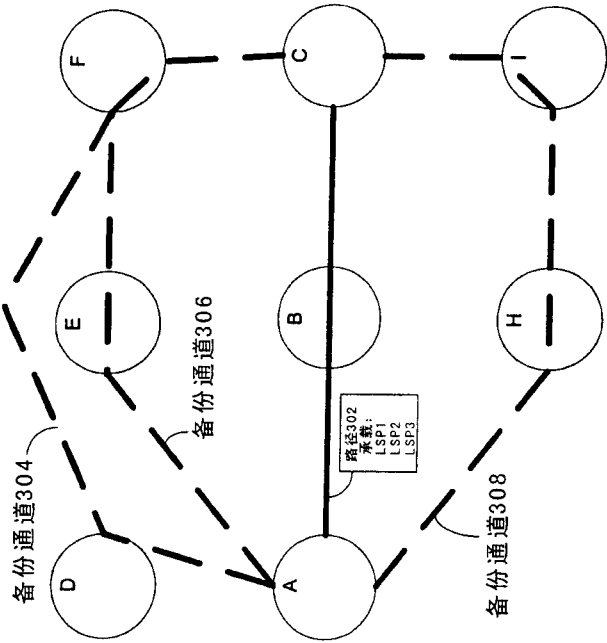
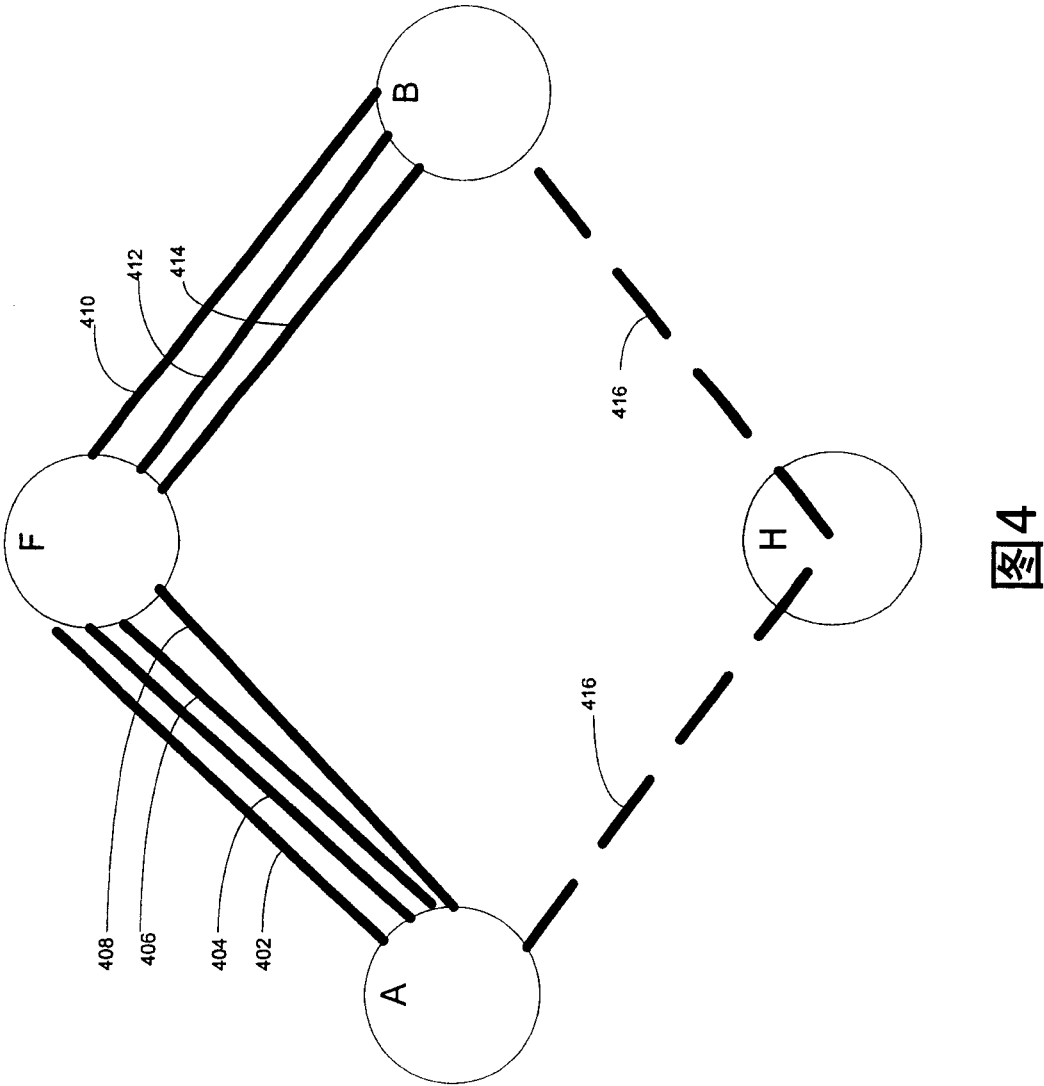


图3



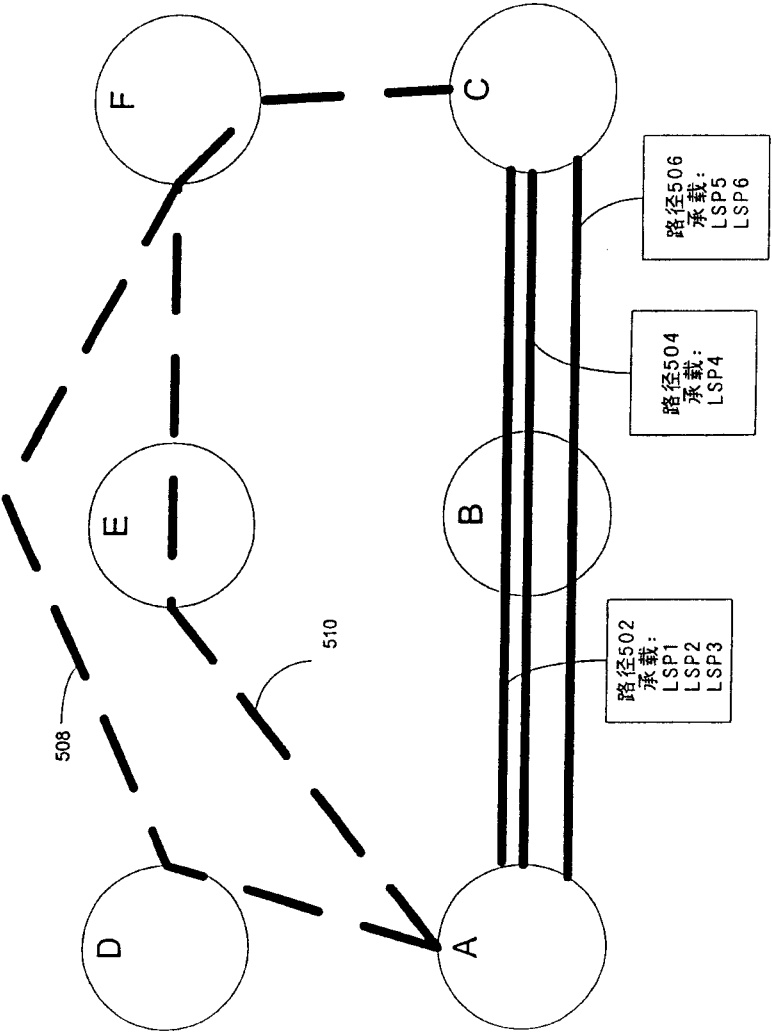


图5

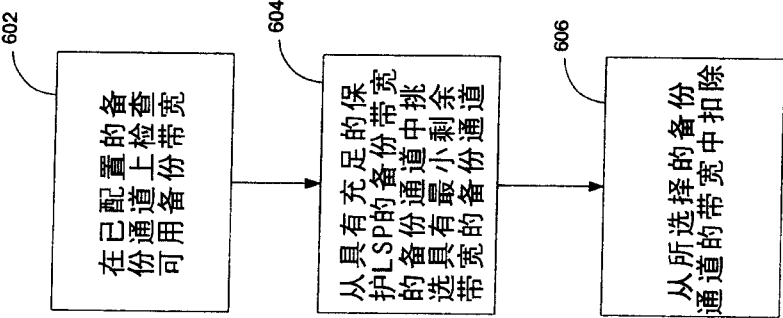


图6