



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 116805934 A

(43) 申请公布日 2023. 09. 26

(21) 申请号 202310306378.3

(22) 申请日 2023.03.24

(30) 优先权数据

17/704,931 2022.03.25 US

(71) 申请人 安华高科技股份有限公司

地址 新加坡新加坡市

(72) 发明人 M·D·格里斯沃尔德

(74) 专利代理机构 北京律盟知识产权代理有限

责任公司 11287

专利代理师 林斯凯

(51) Int. Cl.

H04L 49/55 (2022.01)

H04L 49/552 (2022.01)

H04L 1/00 (2006.01)

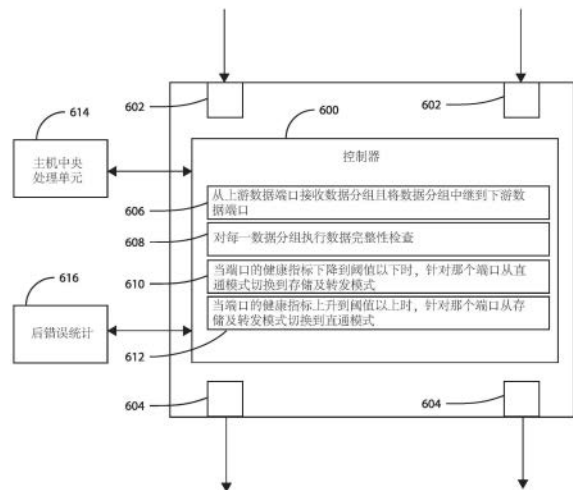
权利要求书3页 说明书7页 附图12页

(54) 发明名称

具有有限错误传播的直通延时及网络故障诊断

(57) 摘要

本申请案涉及具有有限错误传播的直通延时及网络故障诊断。交换机可在直通模式以及存储及转发模式中操作。当在默认直通模式中时，所述交换机持续监控端口的某些健康指标。如果那些健康指标下降到阈值以下，那么所述交换机改变为在存储及转发模式中操作达预定时间段或直到所述健康指标上升到阈值以上，此时所述交换机可恢复直通模式操作。如果健康指标下降到甚至更低的阈值以下或保持低于阈值达预定定义时间段，那么所述交换机可自动地警示远程系统或软件过程。



1. 一种计算机设备,其包括:

至少一个处理器,其与存储处理器可执行代码的存储器进行数据通信,所述处理器可执行代码用于配置所述至少一个处理器以:

经由多个数据端口接收及中继数据分组;

在直通CT模式中,在接收到整个数据分组之前开始将每一数据分组从接收端口中继到中继端口;

对每一数据分组执行一或多个数据完整性检查;

将每一数据完整性检查与接收端口相关联;

当通过与特定端口相关联的数据完整性检查测量到的与所述特定端口相关联的端口健康指标下降到所定义不健康阈值以下时,改变为存储及转发SAF模式。

2. 根据权利要求1所述的计算机设备,其中所述至少一个处理器进一步经配置以:

在处于所述SAF模式中时继续经由所述多个数据端口接收及中继数据分组;及

在预定时间段之后改变回到所述CT模式。

3. 根据权利要求1所述的计算机设备,其中所述至少一个处理器进一步经配置以:

在处于所述SAF模式中时,继续经由所述多个数据端口接收及中继数据分组,且对每一数据分组执行所述一或多个数据完整性检查;及

当与所述特定端口相关联的所述端口健康指标上升到所定义健康阈值以上时,改变回到所述CT模式。

4. 根据权利要求1所述的计算机设备,其中:

所述至少一个处理器进一步经配置以维持所述多个数据端口中的一或多个数据端口的数据完整性检查故障的直方图;且

所述端口健康指标包括所述直方图随时间推移的偏移。

5. 根据权利要求1所述的计算机设备,其中所述至少一个处理器进一步经配置以在CT模式中操作所述多个数据端口中的第一端口,而同时在SAF模式中操作所述多个数据端口中的第二端口。

6. 根据权利要求1所述的计算机设备,其中所述至少一个处理器进一步经配置以向管理平面监控器报告所述特定端口。

7. 根据权利要求1所述的计算机设备,其中所述至少一个处理器进一步经配置以:

在处于所述CT模式中时,识别有故障数据分组;及

向接收到所述有故障数据分组的下游装置报告所述有故障数据分组是已知的。

8. 一种网络装置,其包括:

至少一个处理器,其与存储处理器可执行代码的存储器进行数据通信,所述处理器可执行代码用于配置所述至少一个处理器以:

经由多个数据端口接收及中继数据分组;

在直通CT模式中,在接收到整个数据分组之前开始将每一数据分组从接收端口中继到中继端口;

对每一数据分组执行一或多个数据完整性检查;

将每一数据完整性检查与所述接收端口相关联;

当通过与特定端口相关联的数据完整性检查测量到的与所述特定端口相关联的端口

健康指标下降到所定义不健康阈值以下时,改变为存储及转发SAF模式。

9. 根据权利要求8所述的网络装置,其中所述至少一个处理器进一步经配置以:  
在处于所述SAF模式中时继续经由所述多个数据端口接收及中继数据分组;及  
在预定时间段之后改变回到所述CT模式。

10. 根据权利要求8所述的网络装置,其中所述至少一个处理器进一步经配置以:  
在处于所述SAF模式中时,继续经由所述多个数据端口接收及中继数据分组,且对每一数据分组执行所述一或多个数据完整性检查;及

当与所述特定端口相关联的所述端口健康指标上升到所定义健康阈值以上时,改变回到所述CT模式。

11. 根据权利要求8所述的网络装置,其中:

所述至少一个处理器进一步经配置以维持所述多个数据端口中的一或多个数据端口的数据完整性检查故障的直方图;且

所述端口健康指标包括所述直方图随时间推移的偏移。

12. 根据权利要求8所述的网络装置,其中所述至少一个处理器进一步经配置以在CT模式中操作所述多个数据端口中的第一端口,而同时在SAF模式中操作所述多个数据端口中的第二端口。

13. 根据权利要求8所述的网络装置,其中所述至少一个处理器进一步经配置以向管理平面监控器报告所述特定端口。

14. 根据权利要求8所述的网络装置,其中所述至少一个处理器进一步经配置以:

在处于所述CT模式中时,识别有故障数据分组;及

向接收到所述有故障数据分组的下游装置报告所述有故障数据分组是已知的。

15. 一种网络系统,其包括:

至少一个网络装置,其包括:

至少一个处理器,其与存储处理器可执行代码的存储器进行数据通信,所述处理器可执行代码用于配置所述至少一个处理器以:

经由多个数据端口接收及中继数据分组;

在直通CT模式中,在接收到整个数据分组之前开始将每一数据分组从接收端口中继到中继端口;

对每一数据分组执行一或多个数据完整性检查;

将每一数据完整性检查与所述接收端口相关联;

当通过与特定端口相关联的数据完整性检查测量到的与所述特定端口相关联的端口健康指标下降到所定义不健康阈值以下时,改变为存储及转发SAF模式。

16. 根据权利要求15所述的网络系统,其中所述至少一个处理器进一步经配置以:

在处于所述SAF模式中时继续经由所述多个数据端口接收及中继数据分组;及

在预定时间段之后改变回到所述CT模式。

17. 根据权利要求15所述的网络系统,其中所述至少一个处理器进一步经配置以:

在处于所述SAF模式中时,继续经由所述多个数据端口接收及中继数据分组,且对每一数据分组执行所述一或多个数据完整性检查;及

当与所述特定端口相关联的所述端口健康指标上升到所定义健康阈值以上时,改变回

到所述CT模式。

18. 根据权利要求15所述的网络系统,其中:

所述至少一个处理器进一步经配置以维持所述多个数据端口中的一或多个数据端口的数据完整性检查故障的直方图;且

所述端口健康指标包括所述直方图随时间推移的偏移。

19. 根据权利要求15所述的网络系统,其中所述至少一个处理器进一步经配置以在CT模式中操作所述多个数据端口中的第一端口,而同时在SAF模式中操作所述多个数据端口中的第二端口。

20. 根据权利要求15所述的网络系统,其中所述至少一个处理器进一步经配置以:

在处于所述CT模式中时,识别有故障数据分组;及

向接收到所述有故障数据分组的下游装置报告所述有故障数据分组是已知的。

## 具有有限错误传播的直通延时及网络故障诊断

### 技术领域

[0001] 本文中公开的发明概念的实施例大体上涉及网络交换机,且更特定来说涉及基于端口特定健康指标进入及离开直通模式的网络交换机。

### 背景技术

[0002] 现有网络交换机(例如数据中心的采用那些网络交换机)无法满足低延时及故障隔离的双重目标。直通(CT)交换具有低延时,但不良的故障隔离,因为数据分组可能在整个数据分组被接收之前及因此可能在故障被识别之前被传递通过。存储及转发(SAF)交换是容错的,因为其要求在转发之前接收整个数据分组,但其给原本可被安全地传递通过的数据分组引入显著延时。具有实现低延时及故障隔离两者的交换机及交换方法将是有益的。

### 发明内容

[0003] 在一方面,本文中公开的发明概念的实施例涉及一种具有CT模式及SAF模式的交换机。在处于默认CT模式中时,所述交换机持续监控端口的某些健康指标。如果那些健康指标下降到阈值以下,那么所述交换机改变为在SAF模式中操作达预定时间段或直到所述健康指标上升到健康阈值以上,此时所述交换机可恢复CT模式操作。

[0004] 在进一步方面,如果健康指标下降到甚至更低的阈值以下或保持低于所述阈值达预定义时间段,那么所述交换机可自动地警示远程系统或软件过程。

[0005] 应理解,前文概述及以下详细描述两者仅是实例性及解释性的且不应限制权利要求书的范围。被并入说明书中且构成说明书的一部分的附图说明本文中所公开的发明概念的实例性实施例且连同概述一起用来解释原理。

### 附图说明

[0006] 通过参考附图,所属领域的技术人员可更好地理解本文中所公开的发明概念的实施例的众多优点,在附图中:

[0007] 图1A展示在不同操作模式中通过交换机的数据分组传播的框图示;

[0008] 图1B展示在不同操作模式中通过交换机的数据分组传播的框图示;

[0009] 图2A展示在CT模式中通过交换机网络的不良数据分组传播的框图示;

[0010] 图2B展示在SAF模式中通过交换机网络的不良数据分组传播的框图示;

[0011] 图3展示在各种故障状态下通过交换机的数据分组传播的框图示;

[0012] 图4A展示通过CT交换机的数据分组传播的框图示;

[0013] 图4B展示通过SAF交换机的数据分组传播的框图示;

[0014] 图5展示通过具有安全边界的交换机的数据分组传播的框图示;

[0015] 图6展示根据本公开的实例性实施例的交换机的框图;

[0016] 图7展示在本公开的实例性实施例中经识别故障的直方图;

- [0017] 图8展示根据本公开的实例性实施例的通过交换机网络的数据分组传播的框图  
示；
- [0018] 图9展示根据本公开的实例性实施例的通过交换机网络的数据分组传播的框图  
示；
- [0019] 及
- [0020] 图10展示根据本公开的实例性实施例的通过交换机网络的数据分组传播的框图  
示。

### 具体实施方式

[0021] 在详细解释本文公开的发明概念的各种实施例之前,应理解,发明概念未将其应用限于以下描述中阐述或附图中说明的组件或步骤或方法的布置。在本发明概念的实施例的以下详细描述中,阐述许多具体细节,以便提供对发明概念的更透彻理解。然而,受益于本公开的所属领域的一般技术人员将明白,本文公开的发明概念可在没有这些具体细节的情况下实践。在其他情况下,可不详细描述众所周知的特征,以避免不必要地复杂化本公开。本文公开的发明概念能够具有其他实施例,或能够以各种方式实践或实行。此外,应理解,本文采用的措辞及术语是为了描述目的,且不应被视为限制性。

[0022] 如本文中所使用,参考数字之后的字母意在指涉可与带有相同参考数字的先前描述的元件或特征类似但不一定相同的特征或元件的实施例(例如,1、1a、1b)。这种速记符号仅用于方便目的,且不应被解释为以任何方式限制本文公开的发明概念,除非明确相反规定。

[0023] 此外,除非明确相反规定,否则“或”是指包容性或,且非排它性或。例如,条件A或B由以下任一者满足:A为真(或存在)且B为假(或不存在),A为假(或不存在)且B为真(或存在),以及A及B两者都为真(或存在)。

[0024] 另外,“一”或“一个”的使用被采用来描述本发明概念的实施例的元件及组件。这样做仅是为了方便及给出发明概念的一般意义,且“一”及“一个”意在包含一个或至少一个,且单数也包含复数,除非显然其另有含义。

[0025] 而且,虽然各种组件可被描绘为直接连接,但直接连接不是必需的。组件可与未说明或描述的中介组件进行数据通信。可明白,“数据通信”是指直接及间接的数据通信(例如,可能存在中介组件)两者。

[0026] 最终,如本文中所使用,对“一个实施例”或“一些实施例”的任何参考意指结合实施例描述的特定元件、特征、结构或特性被包含在本文公开的发明概念的至少一个实施例中。短语“在至少一个实施例中”在说明书中的出现不一定是指同一实施例。所公开的发明概念的实施例可包含本文明确描述或固有存在的一或多个特征,或两个或更多个这种特征的任何组合或子组合。

[0027] 概括地,本文中所公开的发明概念的实施例涉及一种具有CT模式及SAF模式的网络装置。在处于默认CT模式中时,所述网络装置持续监控端口的某些健康指标。如果那些健康指标下降到阈值以下,那么所述网络装置改变为在SAF模式中操作达预定时间段或直到所述健康指标上升到阈值以上,此时所述网络装置可恢复CT模式操作。如果健康指标下降到甚至更低的阈值以下或保持低于阈值达预定义时间段,那么所述网络装置可自动地警示

远程系统或软件过程。

[0028] 参考图1A到1B,展示在不同操作模式中通过交换机的数据分组传播的框图示。CT模式交换机100接收输入数据分组104且在接收到整个输入数据分组104之前尽可能早地开始输出输出数据分组106。相比之下,SAF模式交换机102接收整个输入数据分组104且在输出输出数据分组106之前验证所述输入数据分组的完整性。与SAF模式交换机102相比,CT模式交换机100在接收输入数据分组104与输出输出数据分组106之间产生更少延时108、110。

[0029] 虽然输入数据分组104无故障,但CT模式交换机100比SAF模式交换机102更快地传播数据分组104,106。然而,有故障数据分组在故障被识别之前行进通过CT模式交换机100。例如,有故障输入数据分组112(例如,经由循环冗余检查、错误校正代码、密码散列函数或类似物识别的含有错误的数据分组)可作为有故障输出数据分组114被传递通过CT模式交换机100,因为错误检查位仅出现在数据分组112、114的末端处。虽然CT模式交换机100及SAF模式交换机102两者将识别出有故障输入数据分组112,但仅SAF模式交换机102将停止传播。

[0030] 通过减小交换机延迟,CT模式交换机100具有更低网络延时;收益以跳数倍增,因为SAF模式交换机102中的每一跳将增加递增的交换机延迟。然而,当存在有故障输入数据分组112时,CT模式交换机100的网络可无限制地传播有故障输入数据分组112。

[0031] 参考图2A到2B,展示在不同模式中通过交换机网络的不良数据分组传播的框图示。在CT模式交换机200、202、204、206、208、210的网络中,有故障数据分组224、226、228、230可被传播到任何其它CT模式交换机200、202、204、206、208、210,且甚至被传播到终端用户/客户端。例如,第一CT模式交换机200可经由第一端口232接收第一有故障数据分组224及第二有故障数据分组226。第一有故障数据分组224及第二有故障数据分组226可被快速地传播到下游CT模式交换机202、204、206、208、210。在每一跳(从一个交换机200、202、204、206、208、210传播到下一交换机)时,交换机200、202、204、206、208、210可基于某种错误检查模式确定有故障数据分组224、226、228、230是有故障的,且将对应端口232、234、236、238标记为供应有故障数据分组224、226、228、230,但将继续传播有故障数据分组224、226、228、230。应明白,在本公开的上下文中,“端口”是指装置的地址空间的其中可发送及接收数据的所定义部分。本文中所描述的“端口”或“数据端口”的一些例子可指“接收端口”或“中继端口”或类似物;在那些例子中,可明白,此类区别本质上是相对的,且是基于数据流的瞬时方向性。

[0032] 相较之下,在SAF模式交换机212、214、216、218、220、222的网络中,仍可在第一SAF模式交换机212中的端口232、234处接收有故障数据分组224、226、228、230,但第一SAF模式交换机212将在重传那些有故障数据分组224、226、228、230之前对其进行验证,且将在第一SAF模式交换机212处隔离有故障数据分组224、226、228、230。进一步分析可识别提供有故障数据分组224、226、228、230的有故障链路或上游装置,从而简化网络诊断及管理。然而,虽然数据分组是有效的,但每一SAF模式交换机212、214、216、218、220、222按每数据分组施加额外延时。

[0033] 参考图3,展示在各种故障状态下通过交换机的数据分组传播的框图示。SAF模式交换机300可能经历若干类型的数据分组故障。在第一场景302中,有故障上游装置产生一些有故障数据分组308及一些有效数据分组310。SAF模式交换机将成功地传播有效数据分

组310且隔离有故障数据分组308。

[0034] 在第二场景304中,工作的上游装置产生有效数据分组310,但经由到特定端口的有故障链路312连接到SAF模式交换机300。有故障链路312在功能上引起所有有效数据分组310表现为有故障,且SAF模式交换机300将隔离所有那些有效数据分组310。

[0035] 在第三场景306中,有故障上游装置产生一些有故障数据分组308及一些有效数据分组310,但所述上游装置经由有故障链路312连接到SAF模式交换机300。有故障链路312在功能上引起所有有效数据分组310表现为有故障,且SAF模式交换机300将隔离有故障数据分组308及有效数据分组312两者。

[0036] 可明白,成功地将错误隔离到特定源端口并不是完整的诊断。网络管理仍必须确定故障是在上游装置、链路还是两者中。SAF模式交换机300可记录故障统计以用于未来规划及确定补救措施。

[0037] 参考图4A到4B,展示在不同模式中通过交换机400、406的数据分组传播的框图示。在CT模式交换机400连接到上游服务器402、404以用于下游数据传播的情况下,从CT模式交换机400的角度来看,第一服务器402可产生有效数据分组408、410、412,而第二服务器404可产生有故障数据分组414、416、418(由于有故障数据源或有故障链路)。虽然与SAF模式交换机相较,CT模式交换机通常产生较低延时,但在其中CT模式交换机400使有故障数据分组414、416、418行进通过的情况下,有故障数据分组414、416、418可能是不可用的且因此对于在有故障数据分组414、416、418之后传播的有效数据分组408、410、412产生实际上更长的延时。相较之下,相同场景中的SAF模式交换机406将产生较低的网络级延时,因为网络内的带宽未被有故障数据分组414、416、418消耗。丢弃有故障数据分组414、416、418避免由有效数据分组408、410、412在有故障数据分组414、416、418之后等待引起的延时。如果与正常网络流量相较,第二上游服务器404发送异常高的负载,那么那个考虑尤其重要。

[0038] 服务器402、404及端点的故障率及故障模式可能因为它们更高的总复杂性而显著地比上游交换机的故障率及故障模式差。针对单跳在CT模式与SAF模式之间切换对延时具有可忽略不计的影响,但对系统在网络错误与服务器错误之间进行诊断的能力具有显著影响。

[0039] 参考图5,展示通过具有安全边界504的交换机500、502的数据分组传播的框图示。在一种特定场景中,有故障数据分组506中的有故障报头可能导致不正确的转发。在此场景中,CT模式交换机500可能基于有故障报头错误地将内部有故障数据分组506作为外部有故障数据分组508路由。然而,外部有故障数据分组508的分组有效载荷可能仍包含被转发到物理屏障外部的敏感数据。

[0040] 参考图6,展示根据本公开的实例性实施例的交换机的框图。所述交换机包含经配置以在CT模式及SAF模式中操作所述交换机的控制器600或处理器。可明白,“处理器”可指为所描述目的而硬连线的专用处理器、通用可编程中央处理单元(CPU)、现场可编程门阵列及其它此数据处理技术。在其中处理器包括可由软件或固件配置的装置的情况下,此软件或固件可体现在非暂时性存储器中;此存储器可采用PROM、EPROM、EEPROM、快闪存储器、动态随机存取存储器或类似物。控制器600经配置以执行某些过程步骤606、608、610、612,如本文中更全面地描述。

[0041] 默认地,控制器600将交换机维持在CT模式中且持续监控每一所连接数据端口的



健康。在处于CT模式中时,控制器600电子地经配置以从上游接收端口602接收数据分组且将所述数据分组转发606到下游中继端口604。控制器600经配置以对每一数据分组或数据分组的样本同时执行608数据完整性检查以依端口健康指标的形式量化端口链路健康。端口健康指标是指与对应接收端口602相关联的已知数据完整性错误的某种量化。当端口健康指标下降到预定义不健康阈值以下时,控制器600经配置以改变610为SAF模式。预定义不健康阈值可由与接收端口602相关联的随时间推移的错误数目、与接收端口602相关联的有故障分组的比率、如本文中所描述的直方图的偏移或类似物来定义。在处于SAF模式中时,控制器600在将数据分组中继到对应下游装置之前对每一数据分组执行及完成数据完整性检查(包含任何错误校正、循环冗余检查、加密散列函数及类似物)。在数据校正不可能的情况下,例如当有故障位的数目太大时,丢弃有故障数据分组。丢弃不良分组通过隔离有故障组件来简化网络诊断及管理,避免由在不良数据分组后方等待而引起的延时增加,保护网络免受有故障服务器及其它端点的影响,且避免来自物理安全边界的数据泄漏。在至少一个实施例中,控制器600经配置以在预定义时间段之后或在那个端口602的端口健康指标上升到所定义健康阈值以上之后,改变612回到CT模式。预定义健康阈值可由与接收端口602相关联的随时间推移的错误数目、与接收端口602相关联的有故障分组的比率、直方图的偏移或类似物来定义。

[0042] 在至少一个实施例中,控制器600在SAF模式中为其中端口健康指标低于预定义的不健康阈值的上游端口602中继数据分组,同时继续在CT模式中操作其余上游端口602。

[0043] 在至少一个实施例中,通过经由飞行数据记录器监控前向错误校正(FEC)统计来测量端口健康指标。同样,可通过监控以太网MIB计数器来测量上游装置健康。此外,可使用循环冗余检查(CRC)来识别有故障数据分组及故障程度(有故障位的数目)。可通过在一段时间内每个端口602的故障数目来测量端口健康指标,其中故障数目是滚动计数器。替代地或另外,可用比先前故障对端口健康指标具有更显著影响的更最近故障对故障进行加权。经加权故障测量可识别端口健康的趋势以允许控制器600在严重故障负载之前前瞻性地切换610到SAF模式。

[0044] 在至少一个实施例中,控制器600维持每一数据端口602的故障的直方图或类直方图。在此类实施例中,端口健康指标可至少部分地被测量为直方图随时间推移的偏移。在控制器600登记直方图随时间推移的偏移的情况下,控制器600可辨识故障位数目增加的趋势且在控制器600经配置以中继606任何不可恢复的数据分组之前切换610到SAF模式。在至少一个实施例中,控制器600经配置以针对100G端口602在50 $\mu$ 秒内改变610。

[0045] 当控制器600已改变610到SAF模式时,CRC错误计数器将仅继续针对不太健康的源端口602增加。改变610到SAF模式的步骤限制传播到中继端口604的有故障数据分组的数目。

[0046] 暂时在SAF模式中操作允许控制器600与管理平面监控器主机处理器614进行通信且就有故障端口602向网络健康管理系统警示。可明白,管理平面监控器可包含用于接收及记录对应于可能需要一些用户干预的错误及类似物的网络事件的任何系统。如果控制器600确定端口602健康已下降到如由随时间推移的错误数目、有故障分组的比率、直方图的偏移或类似物定义的较低阈值以下,那么所述控制器可自动地通知主机处理器614及其它软件以共享可能对诊断故障有用的错误统计616。本公开的实施例允许快速地警示管理平

面监控器及错误统计616搜集以指导控制平面及设备替换决策。在至少一个实施例中，交换机可包含一个以上控制器600来加速检测。

[0047] 虽然本文中所描述的实施例具体地是指“交换机”，但应明白，实施例可适用于在网络中接收及分配数据分组，且可在CT模式或SAF模式中操作的任何计算机设备。在本公开的上下文中，“计算机设备”是指具有具体地经配置以执行本文所描述的功能，或可经由软件或固件进行电子配置的一或多个处理器的任何装置。

[0048] 参考图7，展示在本公开的实例性实施例中有用的经识别故障的直方图。在至少一个实施例中，交换机处理器可随时间推移跟踪故障。例如，在第一时间段700内，处理器可识别具有一个故障702、两个故障704及三个故障706的数据分组。在第一时间段700期间有故障数据分组中的故障702、704、706的数目的分布可被表示为第一时段分布曲线708。在稍后的第二时间段710，处理器可识别具有一个故障712、两个故障714及三个故障716的数据分组。在第二时间段710期间有故障数据分组中的故障712、714、716的数目的分布可被表示为第二分布曲线718。

[0049] 如经由基础数据表示的从第一时段分布曲线708到第二时段分布曲线718的偏移可指示通过FEC校正的直方图偏移显现的端口链路健康降级。例如，从主要是一个故障702数据分组到增加数目的三个故障716数据分组的偏移可指示降级的数据链路质量。在可实时识别朝向具有增加的故障的数据分组的偏移的情况下，处理器可在端口开始产生主要不可恢复的有故障数据分组之前切换到SAF模式，由此防止不可恢复的数据分组被转发到下游。基于直方图偏移的健康指标可在产生大量错误之前识别故障趋势，从而降低对系统性能的总体影响。

[0050] 在至少一个实施例中，故障702、704、706、712、714、716的数目可表示经校正数据符号。在数据分组包括由数据、符号及奇偶检验或检查符号构成的码字的情况下，如果存在被破坏的链路，那么接收器可执行FEC且校正数据符号。通过跟踪需要校正的符号的数目（如由故障702、704、706、712、714、716的数目表示），及所需符号校正的数目随时间推移的偏移，可在符号变得无法由FEC校正之前识别出有故障或降级链路。

[0051] 参考图8，展示根据本公开的实例性实施例的通过交换机800、802、804、806、808、810的网络的数据分组传播的框图示。在交换机800、802、804、806、808、810经配置用于CT模式或SAF模式的情况下，第一交换机800可从第一端口832接收有故障数据分组824、826、828且从第二端口834接收有故障数据分组830。在处于默认CT模式中时，第一交换机800可将有故障数据分组中继到网络中的其它交换机802、804、806、808、810，但也将对有故障数据分组824、826、828、830执行数据完整性检查且基于CRC错误计数器、FEC统计及随时间推移的直方图偏移利用经识别故障来构建对应端口832、834的当前健康指标。当端口832、834的当前健康指标下降到不健康阈值以下时，第一交换机800切换到SAF模式以防止有故障分组的进一步传播。在所展示实例中，虽然由第一交换机800的端口832、834接收许多有故障数据分组824、826、828、830，但更有限数目个有故障数据分组824、826、828、830被传播到网络中的其它交换机802、804、806、808、810中的接收端口836、838。

[0052] 在至少一个实施例中，在于CT模式操作的第一交换机800在有故障数据分组824、826、828、830被传播到其它交换机802、804、806、808、810之后对其进行识别的情况下，第一交换机800可将指示第一交换机800已知有故障数据分组824、826、828、830的一或多个后续

数据分组发送到其它交换机802、804、806、808、810。此类后续数据分组可简化网络错误诊断且通知由那些其它交换机802、804、806、808、810对是否针对那些端口836、838切换到SAF模式的决策。例如，下游交换机802、804、806、808、810也可执行与第一交换机800相同的数据完整性检查且接收指示第一交换机800已知有故障数据分组824、826、828、830的后续数据分组；通过将自识别有故障数据分组824、826、828、830的数目与由后续数据分组指示的已知有故障数据分组824、826、828、830的数目进行比较，下游交换机802、804、806、808、810可确定下游交换机802、804、806、808、810与第一交换机800之间的链路(包含任何中介交换机802、804、806、808、810)可能是健康的。相比之下，如果数目不匹配，那么可识别出有故障链路或上游交换机800、802、804、806、808、810。

[0053] 参考图9，展示根据本公开的实例性实施例的通过交换机900、902、904、906、908、910的网络的数据分组传播的框图示。在交换机900、902、904、906、908、910经配置用于CT模式或SAF模式的情况下，第一交换机900可从具有有故障链路的第一端口932以其它方式接收健康数据分组924、926、928。基于端口932的当前健康指标，除切换到SAF模式外，第一交换机900还可识别有故障链路且将错误传达到管理平面监控器。一旦校正有故障链路，管理平面监控器就可将所述校正传达到第一交换机900，接着所述第一交换机可切换回到CT模式或继续监控有故障数据分组。

[0054] 参考图10，展示根据本公开的实例性实施例的通过交换机1000、1002、1004、1006、1008、1010的网络的数据分组传播的框图示。在交换机1000、1002、1004、1006、1008、1010经配置用于CT模式或SAF模式的情况下，第一交换机1000可从第一端口1032接收健康数据分组1024、1028及有故障数据分组1026。基于端口1032的当前健康指标，第一交换机1000可保持在CT模式中，使得少量有故障数据分组1026可传播到下游交换机1002、1006。小的背景CRC错误率不在任何交换机1000、1002、1004、1006、1008、1010中触发SAF模式或不警示管理平面监控器，因为小的背景CRC错误率与在SAF模式中操作所有交换机1000、1002、1004、1006、1008、1010的延时相比，对整个网络来说没有那么麻烦。

[0055] 本公开的实施例可识别特定源或上游装置何时经历多于常规数量的问题。如果交换机检测到错误率超过预期基线，那么交换机可改变为更容错的模式且将所述问题报告给管理平面监控器。由本公开的实施例记录的统计数据及经记录健康指标对于其中与机器及交换机的数目相较，人类操作员的数目较小的数据中心是有用的。

[0056] 据信，通过对本文公开的发明概念的实施例的前文描述，将理解发明概念及其许多伴随优点，且将明白，在不脱离本文公开的发明概念的广泛范围或不牺牲其所有重大优点的情况下，可在其组件的形式、构造及布置上进行各种改变；且来自各种实施例的个别特征可经组合以达成其他实施例。之前在本文描述的形式仅为其解释性实施例，以下权利要求书的意图是涵盖及包含这些改变。此外，关于任何个别实施例公开的任何特征可被并入到任何其他实施例中。

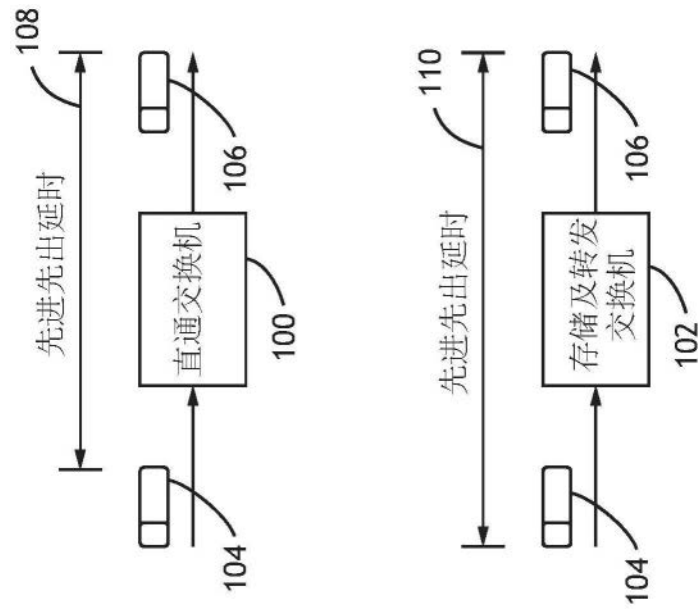


图1A

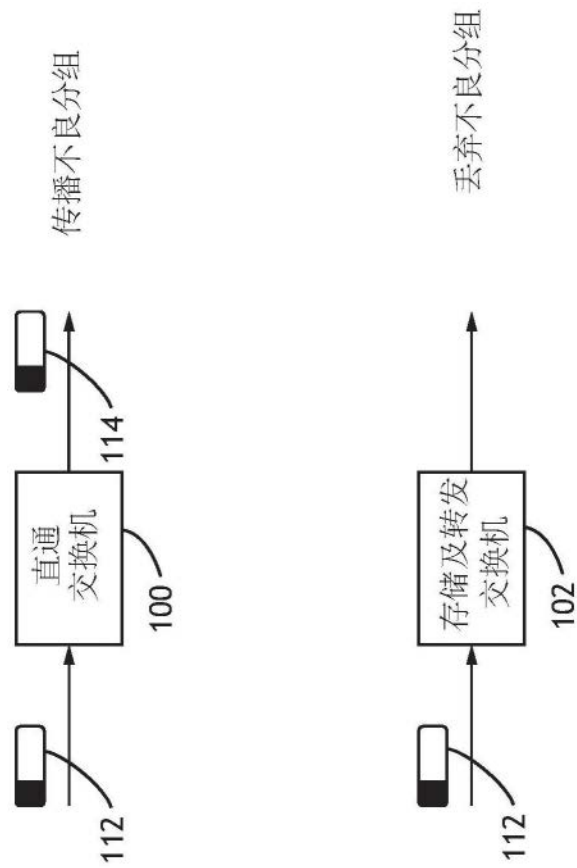


图1B

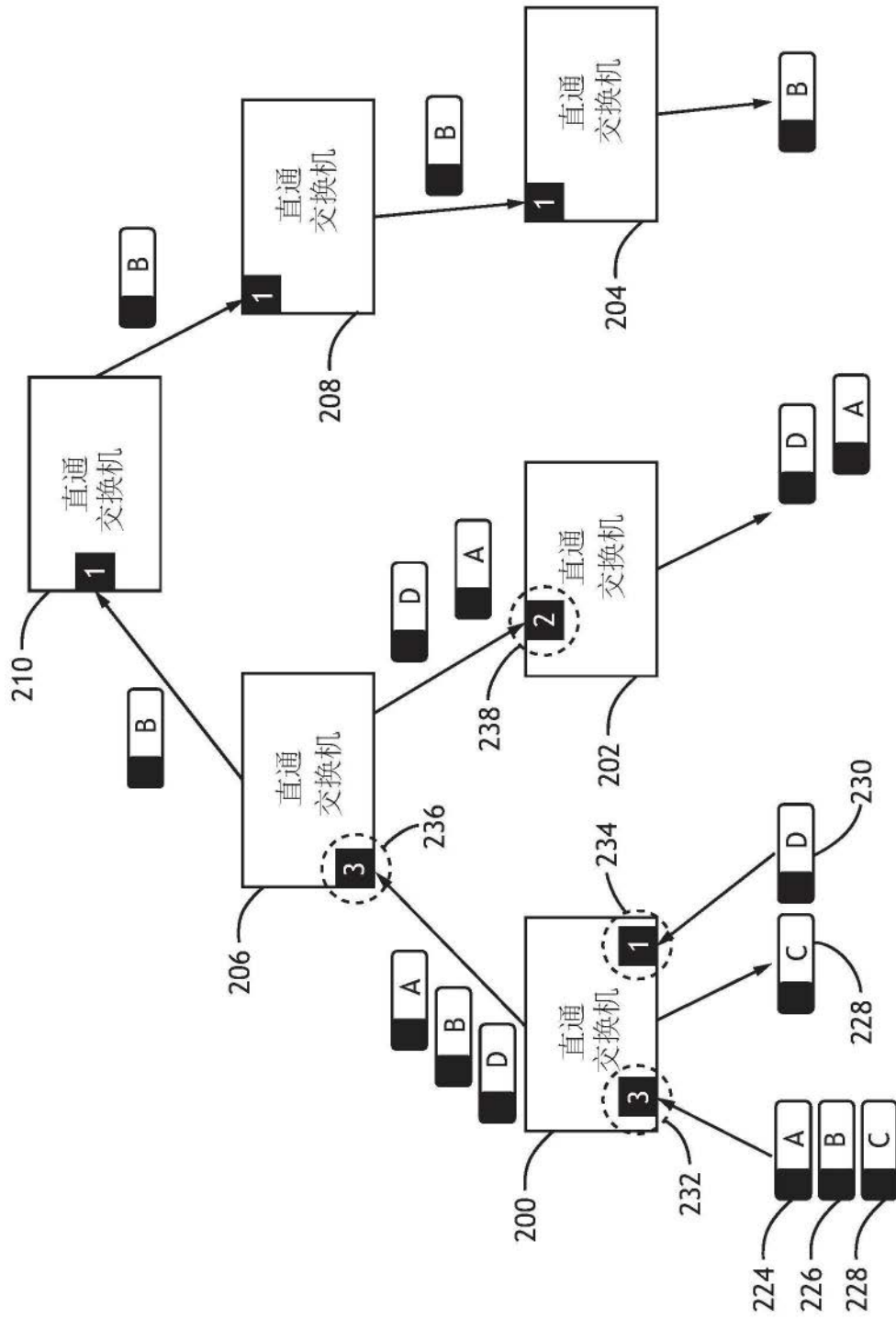


图2A

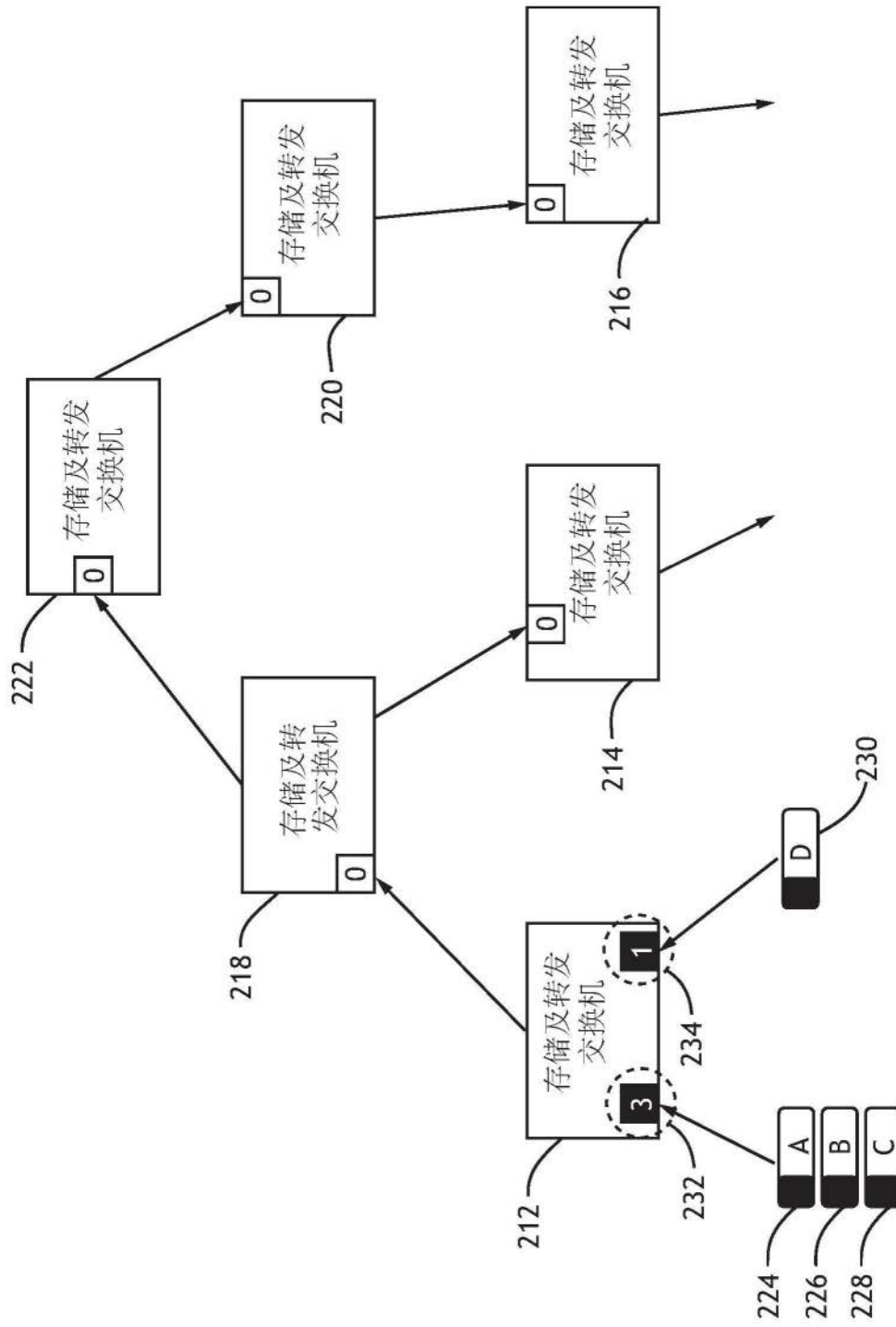


图2B

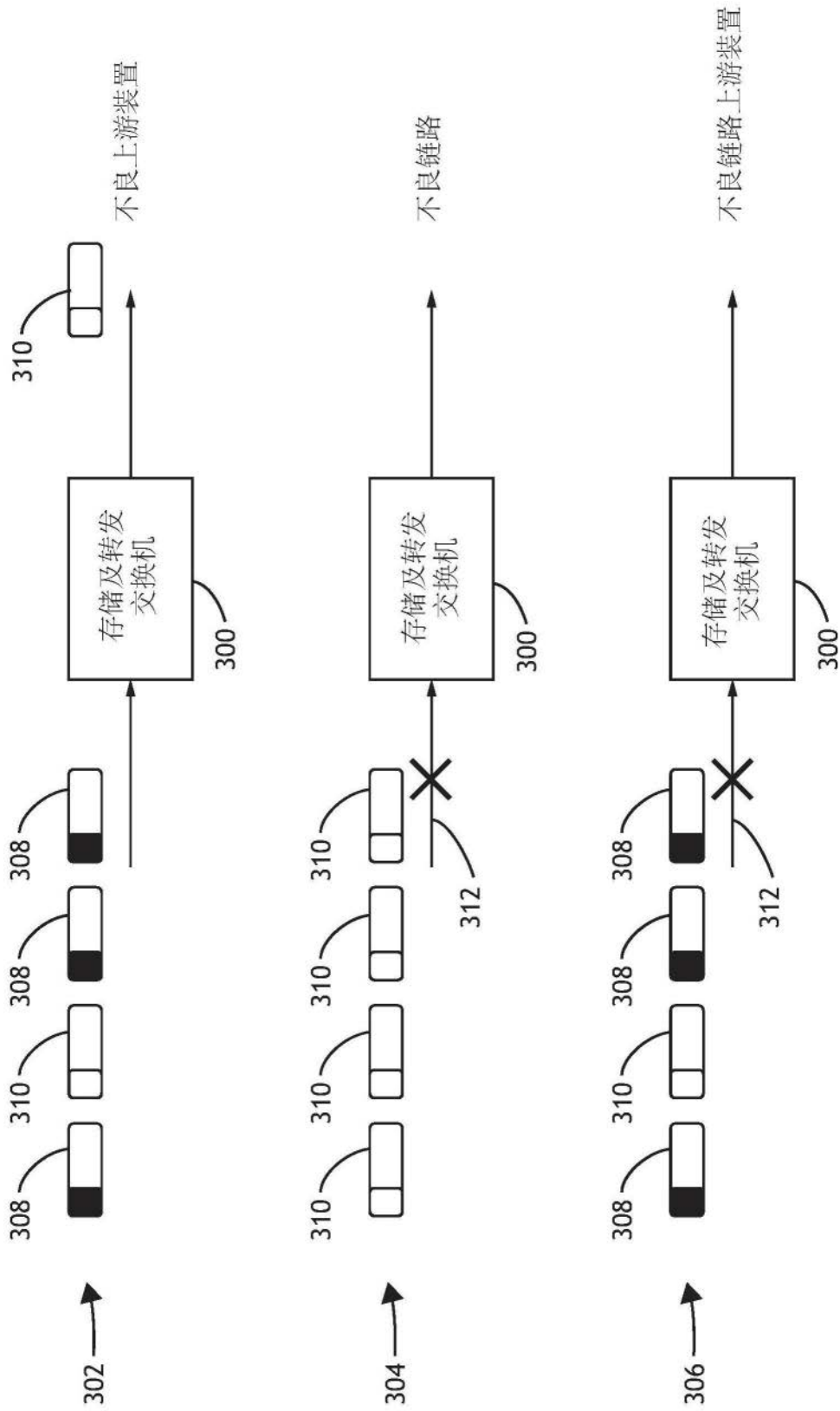


图3

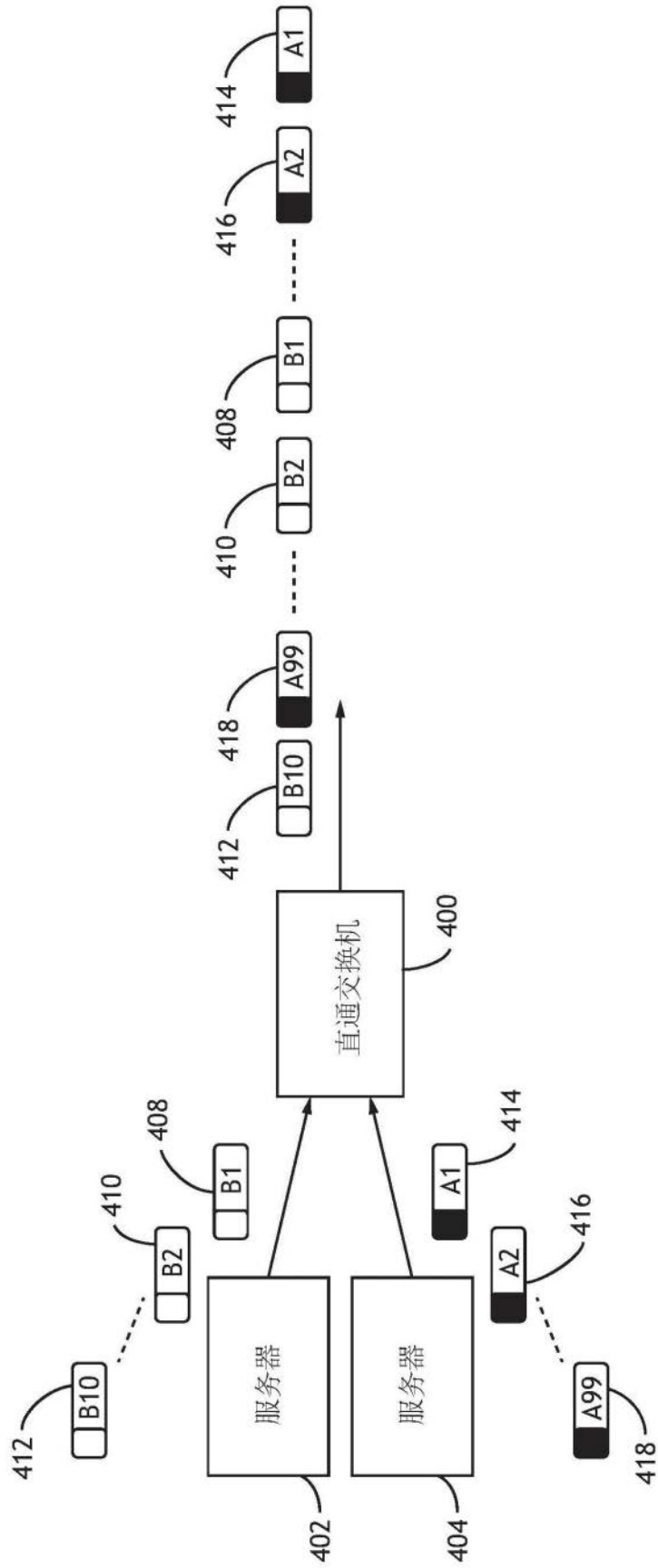


图4A



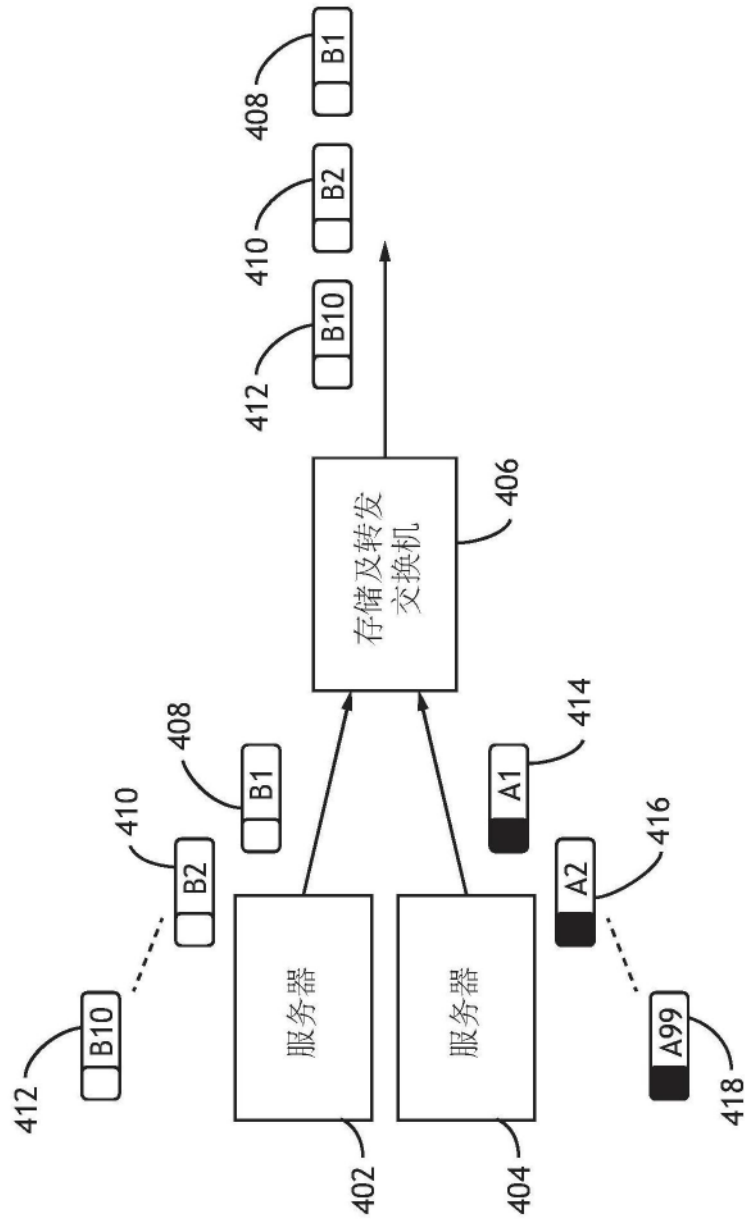


图4B

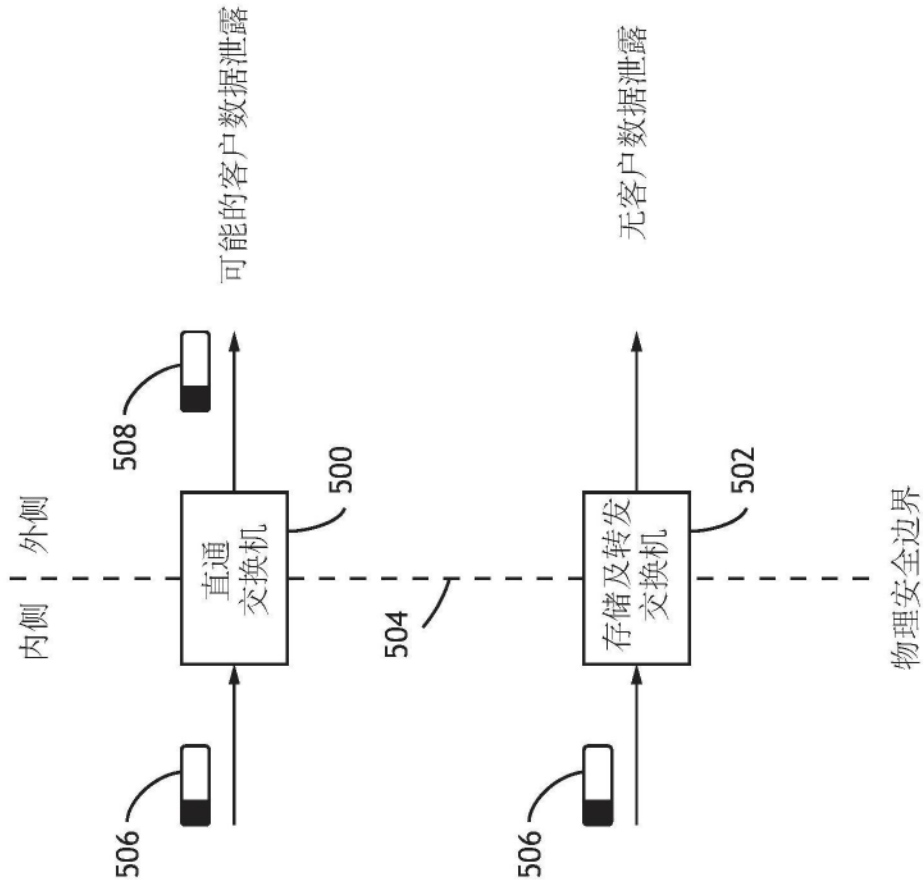


图5

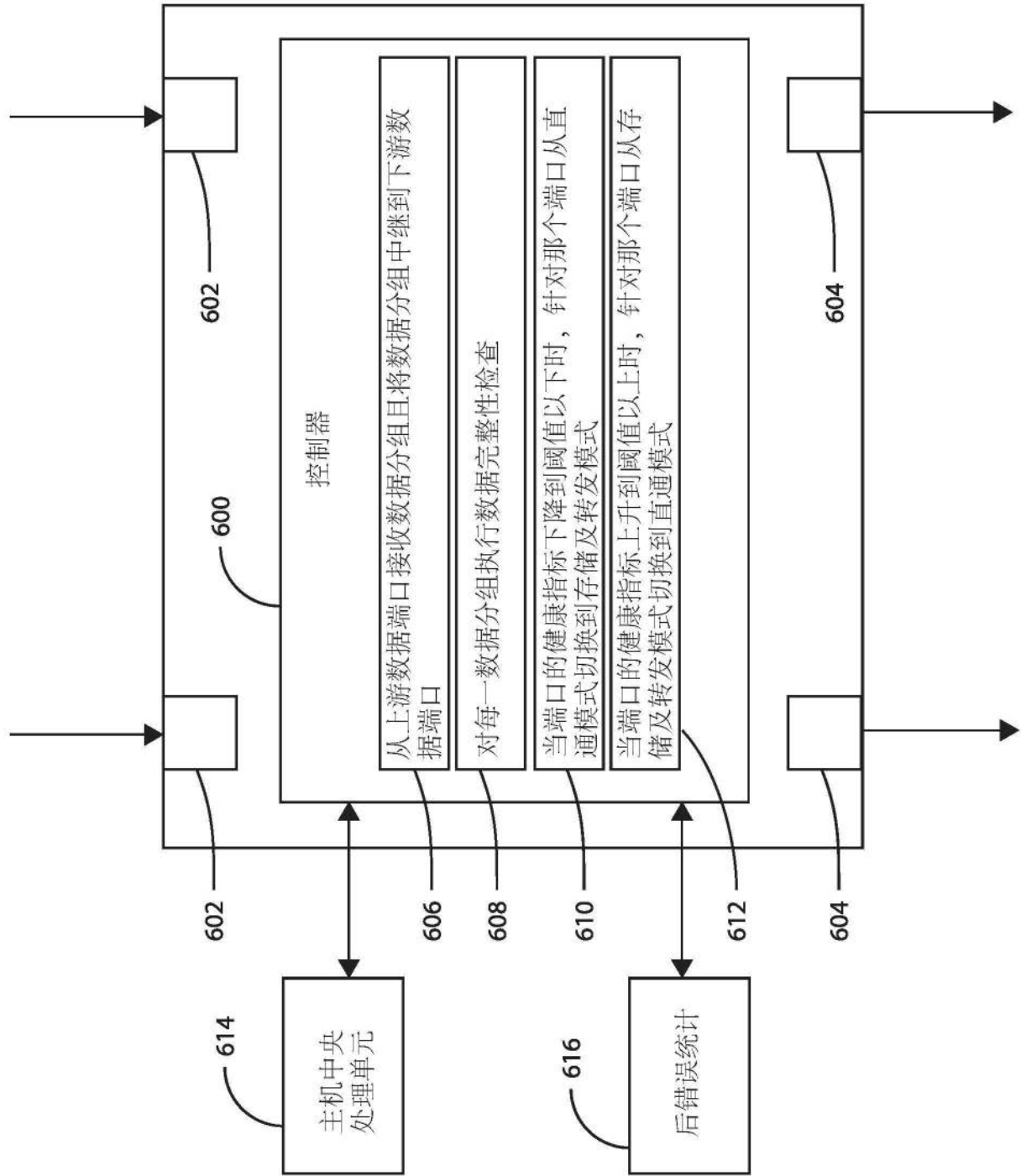


图6

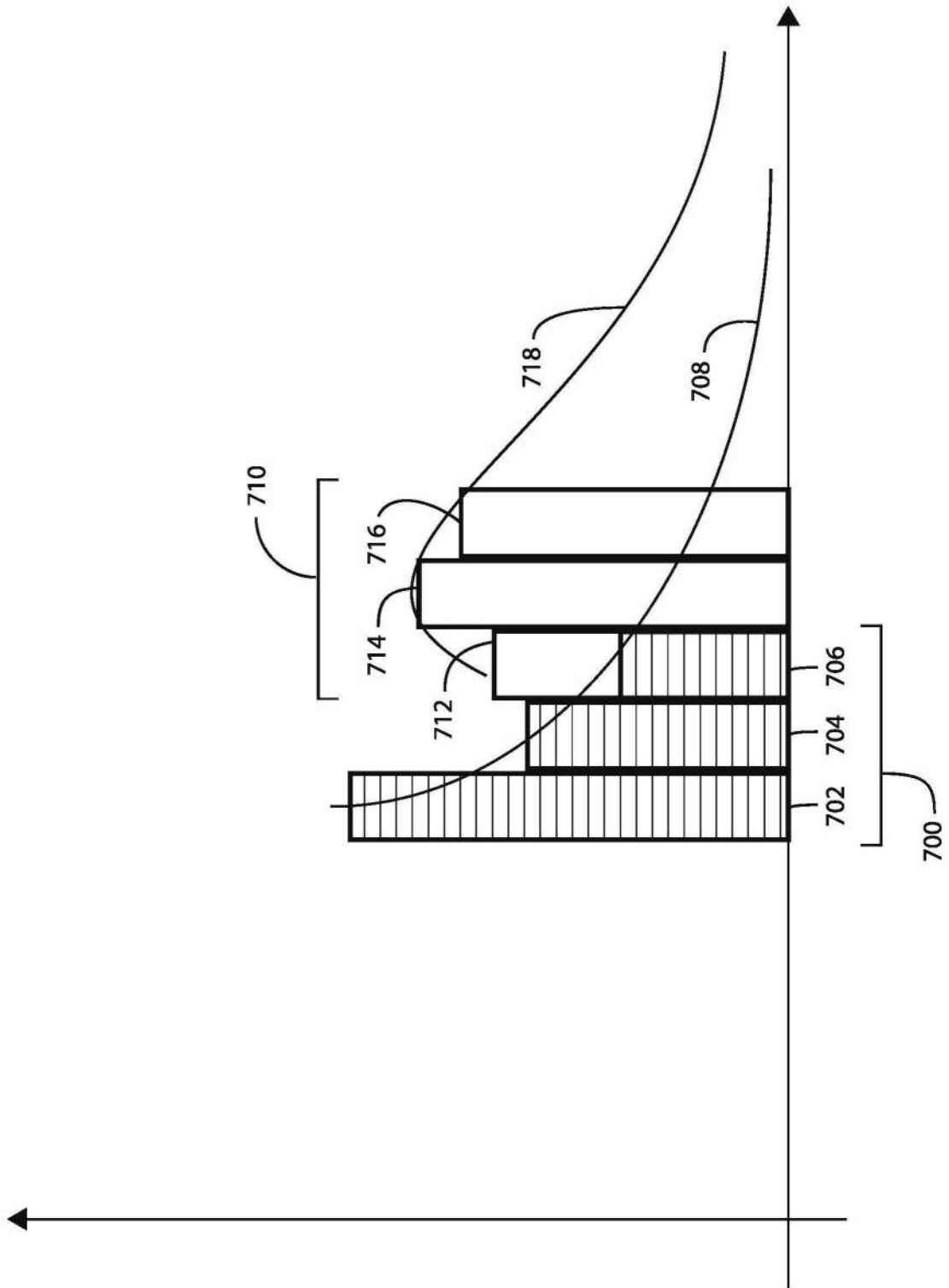
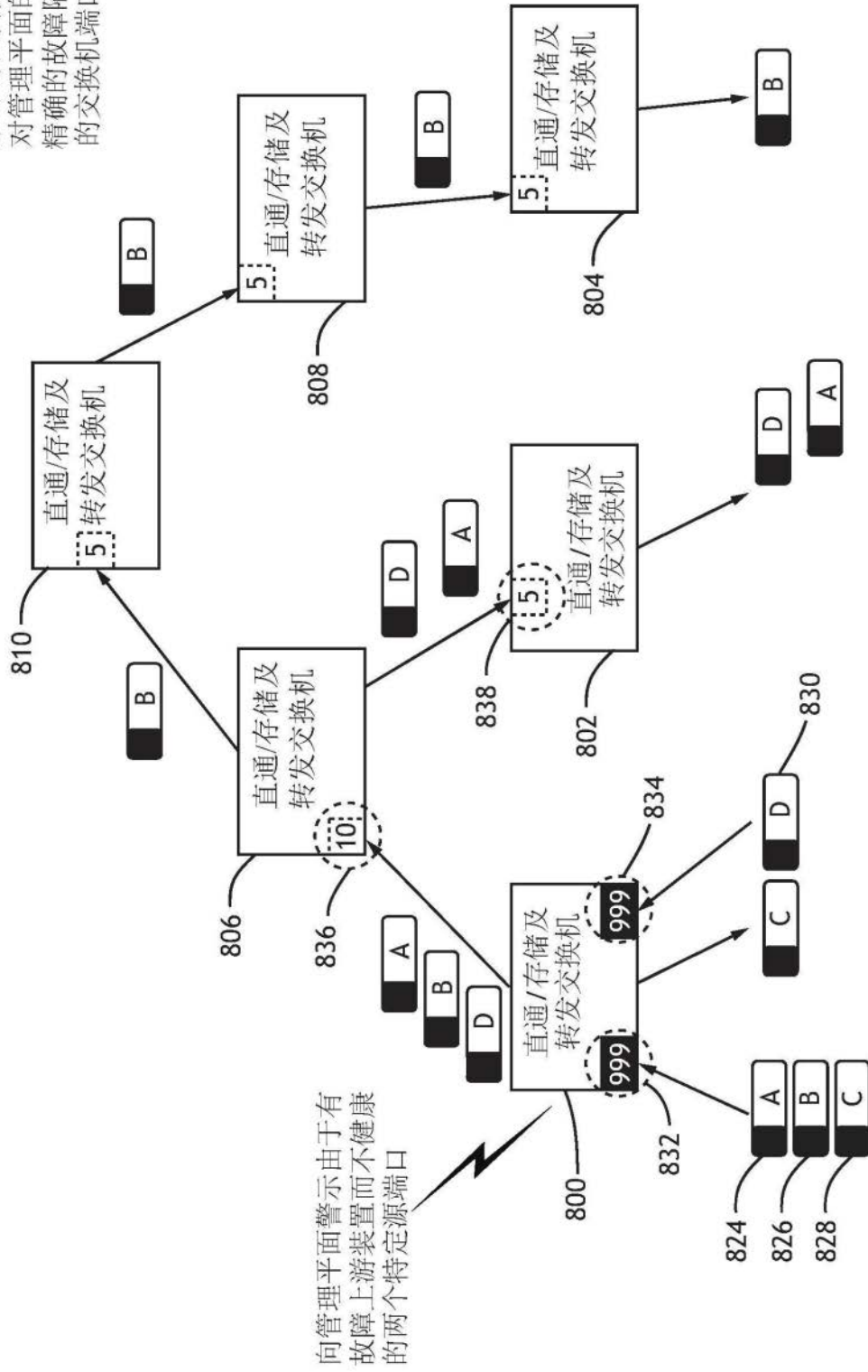


图7

未针对任何其他交换机发生对管理平面的警示。快速且精确的故障隔离。几乎100%的交换机端口均启用直通。



向管理平面警示由于有故障上游装置而不健康的两个特定源端口

图8

未针对任何其它交换机发生对管理平面的警告。快速且精确的故障隔离。几乎100%的交换机端口均启用直通。

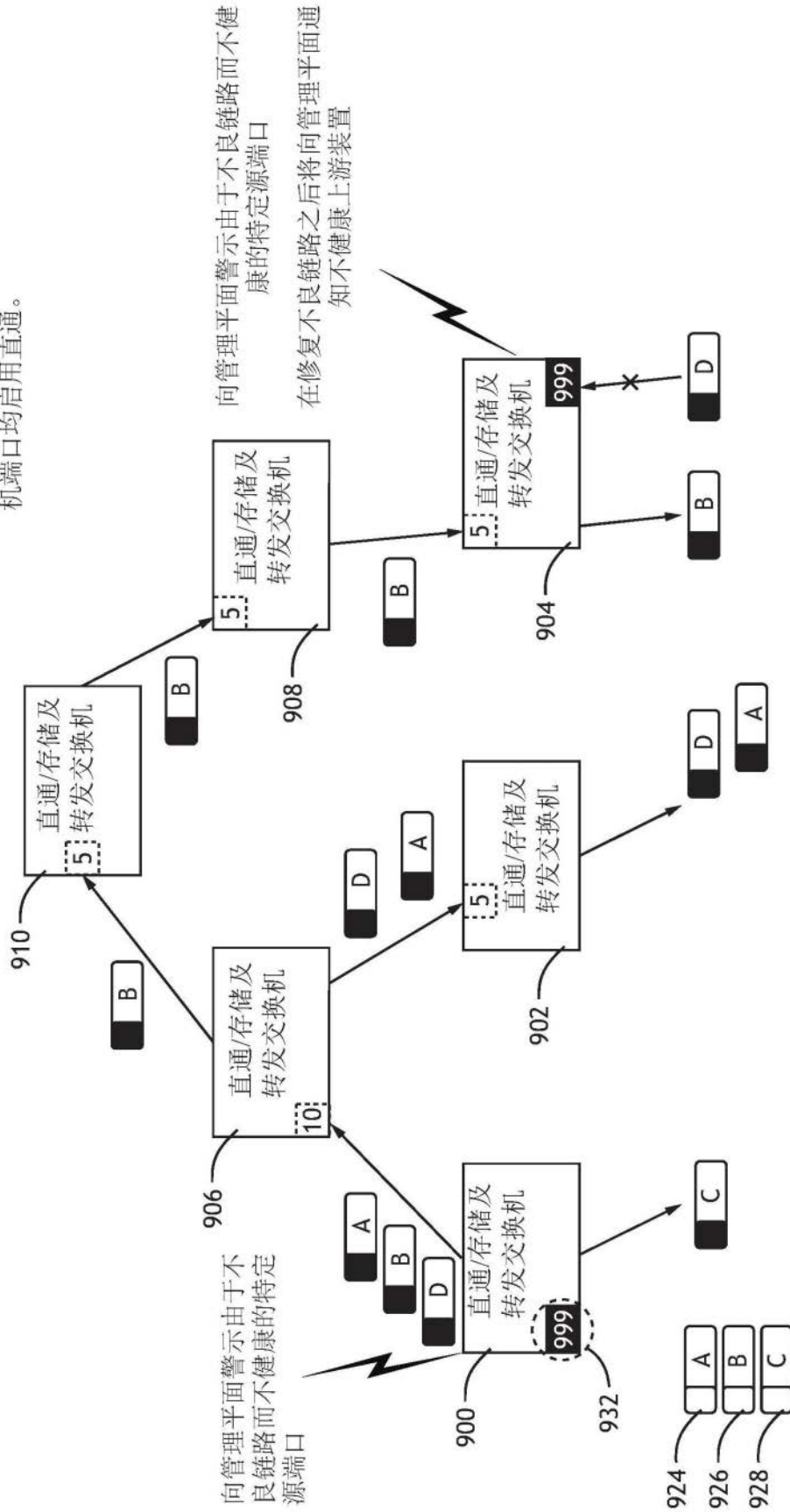


图9

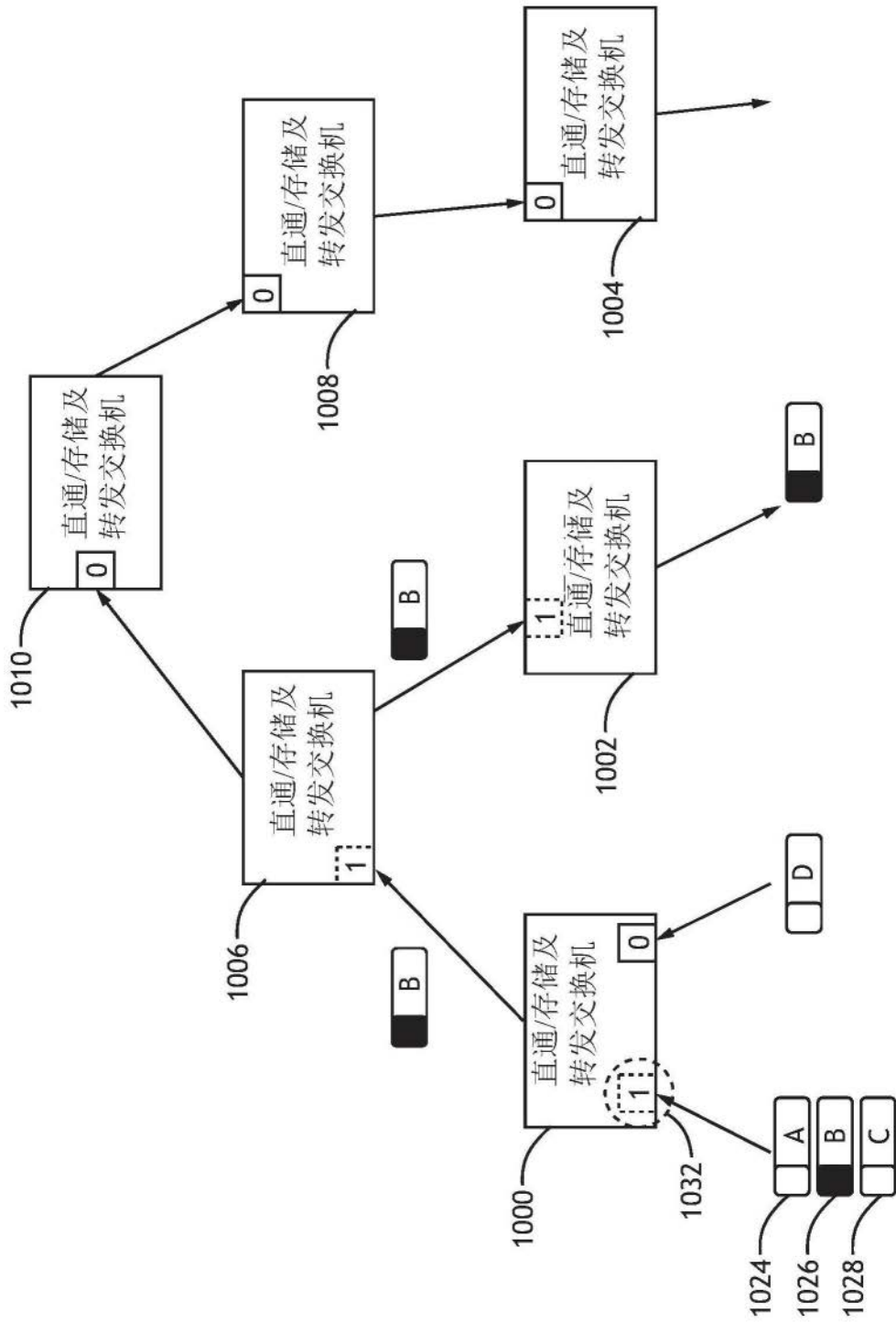


图10