



## (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 101719049 A

(43) 申请公布日 2010.06.02

(21) 申请号 200910162232.6

(22) 申请日 2009.07.30

(30) 优先权数据

61/191,037 2008.09.05 US

12/384,291 2009.04.02 US

(71) 申请人 LSI 公司

地址 美国加利福尼亚州米尔皮塔斯市

(72) 发明人 克里斯托弗·麦卡迪

史蒂芬·B·约翰逊

(74) 专利代理机构 北京纽乐康知识产权代理事

务所 11210

代理人 田磊

(51) Int. Cl.

G06F 3/06 (2006.01)

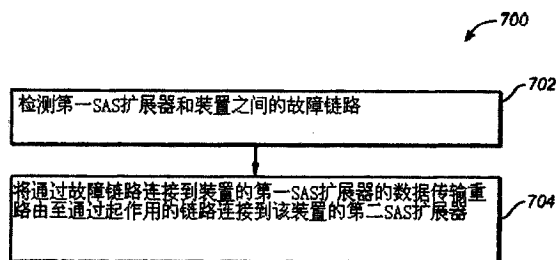
权利要求书 3 页 说明书 9 页 附图 16 页

### (54) 发明名称

组合多个 SAS 扩展器应用时提供路径故障切换的方法

### (57) 摘要

组合多个 SAS 扩展器应用时提供路径故障切换的方法,包括:检测一第一 SAS 扩展器和一设备之间的一故障链路;和将通过所述故障链路连接到所述设备的所述第一 SAS 扩展器的一数据传输重路由到通过一有效链路连接到所述设备的一第二 SAS 扩展器,其中所述第一 SAS 扩展器通过用于扩展器间通信的所述第一 SAS 扩展器的 phys 和所述第二 SAS 扩展器的 phys 连接到所述第二 SAS 扩展器。



1. 一种在组合多个串行连接小型计算机系统接口 (SAS) 扩展器以作为单一的、结合的 SAS 扩展器时提供路径故障切换的方法, 包括:

检测一第一 SAS 扩展器和一设备之间的一故障链路; 和

将通过所述故障链路连接到所述设备的所述第一 SAS 扩展器的一数据传输重路由到通过一有效链路连接到所述设备的一第二 SAS 扩展器, 其中所述第一 SAS 扩展器通过用于扩展器间通信的所述第一 SAS 扩展器的 phy 层 (phys) 和所述第二 SAS 扩展器的 phy 层 (phys) 连接到所述第二 SAS 扩展器。

2. 根据权利要求 1 所述的方法, 其中, 所述检测一第一 SAS 扩展器和一设备之间的一故障链路进一步包括:

检测由于至少一个物理或逻辑问题导致的一第一 SAS 扩展器和一设备之间的一故障链路。

3. 根据权利要求 1 所述的方法, 其中, 所述将通过所述故障链路连接到所述设备的所述第一 SAS 扩展器的一数据传输重路由到通过一有效链路连接到所述设备的一第二 SAS 扩展器, 其中所述第一 SAS 扩展器通过用于扩展器间通信的所述第一 SAS 扩展器的 phy 层 (phys) 和所述第二 SAS 扩展器的 phy 层 (phys) 连接到所述第二 SAS 扩展器进一步包括:

将连接到所述设备的所述第一 SAS 扩展器的一数据传输重路由到通过一有效链路连接到所述设备的第二 SAS 扩展器, 所述有效链路经过用于扩展器间通信的所述第一 SAS 扩展器的 phy 层 (phys) 和用于扩展器间通信的所述第二 SAS 扩展器的 phy 层 (phys)。

4. 根据权利要求 1 所述的方法, 其中, 所述将通过所述故障链路连接到所述设备的所述第一 SAS 扩展器的一数据传输重路由到通过一有效链路连接到所述设备的一第二 SAS 扩展器, 其中所述第一 SAS 扩展器通过用于扩展器间通信的所述第一 SAS 扩展器的 phy 层 (phys) 和所述第二 SAS 扩展器的 phy 层 (phys) 连接到所述第二 SAS 扩展器进一步包括:

重新编写所述第一 SAS 扩展器的一路由表以将来自所述故障内部链路的所述数据传输重路由到用于扩展器间通信的所述第一 SAS 扩展器的 phy 层 (phys) 和用于扩展器间通信的所述第二 SAS 扩展器的 phy 层 (phys) 之间的所述链路。

5. 根据权利要求 4 所述的方法, 其中, 所述重新编写所述第一 SAS 扩展器的一路由表以将来自所述故障内部链路的所述数据传输重路由到用于扩展器间通信的所述第一 SAS 扩展器的 phy 层 (phys) 和用于扩展器间通信的所述第二 SAS 扩展器的 phy 层 (phys) 之间的所述链路进一步包括:

重新编写所述第一 SAS 扩展器的一路由表以将来自所述故障内部链路的所述数据传输重路由到用于扩展器间通信的所述第一 SAS 扩展器的所述 phy 层 (phys) 和用于扩展器间通信的所述第二 SAS 扩展器的所述 phy 层 (phys) 之间的所述链路,

其中所述重新编写通过所述第一 SAS 扩展器上的固件执行。

6. 根据权利要求 1 所述的方法, 其中, 所述将通过所述故障链路连接到所述设备的所述第一 SAS 扩展器的一数据传输重路由到通过一有效链路连接到所述设备的一第二 SAS 扩展器, 其中所述第一 SAS 扩展器通过用于扩展器间通信的所述第一 SAS 扩展器的 phy 层 (phys) 和所述第二 SAS 扩展器的 phy 层 (phys) 连接到所述第二 SAS 扩展器不指示给连接至所述单一的、结合的 SAS 扩展器的 SAS 发起者和 SAS 目标这样的重路由正在发生。

7. 根据权利要求 1 所述的方法, 其中, 所述将通过所述故障链路连接到所述设备的所

述第一 SAS 扩展器的一数据传输重路由到通过一有效链路连接到所述设备的一第二 SAS 扩展器,其中所述第一 SAS 扩展器通过用于扩展器间通信的所述第一 SAS 扩展器的 phy 层 (phys) 和所述第二 SAS 扩展器的 phy 层 (phys) 连接到所述第二 SAS 扩展器进一步包括:

如果通过一有效内部链路连接到所述设备的所述第二 SAS 扩展器已具有到所述设备的一已启用链路,所述通过故障内部链路连接到所述设备的所述第一 SAS 扩展器则回复一判优调定正在进行的应答。

8. 根据权利要求 7 所述的方法,其中,所述如果通过一有效内部链路连接到所述设备的所述第二 SAS 扩展器已具有到所述设备的一已启用链路,所述通过故障内部链路连接到所述设备的所述第一 SAS 扩展器则回复一判优调定正在进行的应答进一步包括:

在一稍后时间通过请求所述重路由的数据传输的一 SAS 发起者重试重路由的数据传输并接收所述判优调定正在进行的应答。

9. 根据权利要求 1 所述的方法,进一步包括:

其中连接到所述单一的、结合的 SAS 扩展器的一 SAS 发起者通过接收一 CHANGE 图元接收一所述故障链路存在的通知。

10. 根据权利要求 9 所述的方法,其中,连接到所述单一的、结合的 SAS 扩展器的一 SAS 发起者一旦接收到所述 CHANGE 图元,则执行一 SAS 发现。

11. 一种系统,包括:

装置,其用于组合多个 SAS 扩展器以用作一单一的、结合的 SAS 扩展器;

装置,其用于检测一第一 SAS 扩展器和一设备之间的一故障链路;和

装置,其用于将通过所述故障链路连接到所述设备的所述第一 SAS 扩展器的一数据传输重路由到通过一有效链路连接到所述设备的一第二 SAS 扩展器,其中所述第一 SAS 扩展器通过用于扩展器间通信的所述第一 SAS 扩展器的 phy 层 (phys) 和所述第二 SAS 扩展器的 phy 层 (phys) 连接到所述第二 SAS 扩展器。

12. 根据权利要求 11 所述的系统,其中,用于检测一第一 SAS 扩展器和一设备之间的一故障链路的所述装置进一步包括:

装置,其用于检测由于至少一个物理或逻辑问题导致的一第一 SAS 扩展器和一设备之间的一故障链路。

13. 根据权利要求 11 所述的系统,其中,用于将通过所述故障链路连接到所述设备的所述第一 SAS 扩展器的一数据传输重路由到通过一有效链路连接到所述设备的一第二 SAS 扩展器,其中所述第一 SAS 扩展器通过用于扩展器间通信的所述第一 SAS 扩展器的 phy 层 (phys) 和所述第二 SAS 扩展器的 phy 层 (phys) 连接到所述第二 SAS 扩展器的装置进一步包括:

装置,其用于将连接到所述设备的所述第一 SAS 扩展器的一数据传输重路由到通过一有效链路连接到所述设备的第二 SAS 扩展器,所述有效链路经过用于扩展器间通信的所述第一 SAS 扩展器的 phy 层 (phys) 和用于扩展器间通信的所述第二 SAS 扩展器的 phy 层 (phys)。

14. 根据权利要求 11 所述的系统,其中,用于将通过所述故障链路连接到所述设备的所述第一 SAS 扩展器的一数据传输重路由到通过一有效链路连接到所述设备的一第二 SAS 扩展器,其中所述第一 SAS 扩展器通过用于扩展器间通信的所述第一 SAS 扩展器的 phy 层

(phys) 和所述第二 SAS 扩展器的 phy 层 (phys) 连接到所述第二 SAS 扩展器的装置进一步包括：

装置，其用于重新编写所述第一 SAS 扩展器的一路由表以将来自所述故障内部链路的所述数据传输重路由到用于扩展器间通信的所述第一 SAS 扩展器的 phy 层 (phys) 和用于扩展器间通信的所述第二 SAS 扩展器的 phy 层 (phys) 之间的所述链路。

15. 根据权利要求 11 所述的系统，其中，所述用于将通过所述故障链路连接到所述设备的所述第一 SAS 扩展器的一数据传输重路由到通过一有效链路连接到所述设备的一第二 SAS 扩展器，其中所述第一 SAS 扩展器通过用于扩展器间通信的所述第一 SAS 扩展器的 phy 层 (phys) 和所述第二 SAS 扩展器的 phy 层 (phys) 连接到所述第二 SAS 扩展器的装置不指示给连接至所述单一的、结合的 SAS 扩展器的 SAS 发起者和 SAS 目标这样的重路由正在发生。

16. 根据权利要求 11 所述的系统，其中，所述用于将通过所述故障链路连接到所述设备的所述第一 SAS 扩展器的一数据传输重路由到通过一有效链路连接到所述设备的一第二 SAS 扩展器，其中所述第一 SAS 扩展器通过用于扩展器间通信的所述第一 SAS 扩展器的 phy 层 (phys) 和所述第二 SAS 扩展器的 phy 层 (phys) 连接到所述第二 SAS 扩展器的装置进一步包括：

装置，其用于如果通过一有效内部链路连接到所述设备的所述第二 SAS 扩展器已具有到所述设备的一已启用链路，所述通过所述故障内部链路连接到所述设备的所述第一 SAS 扩展器则回复一判优调定正在进行的应答。

17. 根据权利要求 16 所述的系统，其中，用于如果通过一有效内部链路连接到所述设备的所述第二 SAS 扩展器已具有到所述设备的一已启用链路，所述通过所述故障内部链路连接到所述设备的所述第一 SAS 扩展器则回复一判优调定正在进行的应答进一步包括：

装置，其用于在一稍后时间通过请求所述重路由的数据传输的一 SAS 发起者重试重路由的数据传输并接收所述判优调定正在进行的应答。

18. 根据权利要求 11 所述的系统，进一步包括：

装置，其用于连接到所述单一的、结合的 SAS 扩展器的一 SAS 发起者通过接收一 CHANGE 图元接收一所述故障链路存在的通知。

19. 根据权利要求 18 所述的系统，进一步包括：

装置，其用于连接到所述单一的、结合的 SAS 扩展器的一 SAS 发起者一旦接收到所述 CHANGE 图元，则执行一 SAS 发现。

20. 一种具有计算机可执行指令的计算机可读介质，其用于执行在组合多个串行连接小型计算机系统接口 (SAS) 扩展器以用作单一的、结合的 SAS 扩展器时提供路径故障切换的方法，所述方法包括：

检测一第一 SAS 扩展器和一设备之间的一故障链路；和

将通过所述故障链路连接到所述设备的所述第一 SAS 扩展器的一数据传输重路由到通过一有效链路连接到所述设备的一第二 SAS 扩展器，其中所述第一 SAS 扩展器通过用于扩展器间通信的所述第一 SAS 扩展器的 phy 层 (phys) 和所述第二 SAS 扩展器的 phy 层 (phys) 连接到所述第二 SAS 扩展器。

## 组合多个 SAS 扩展器应用时提供路径故障切换的方法

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 根据 35U. S. C. § 119(e), 本申请要求于 2008 年 9 月 5 日提交的美国临时申请序列号 61/191, 037 的权利, 其通过引用结合于此。本申请涉及共同未决的申请“组合多个 SAS 扩展器以提供单个 SAS 扩展器功能”(律师文档号 08-1075, 快递信件号 EM 260723514 US), 与本申请在同一天提交, 发明人为史蒂芬·B·约翰逊 (Stephen B. Johnson)、蒂莫西·E·霍格兰德 (Timothy E. Hoglund) 及路易斯·H·欧德威德 (Louis H. Odenwald, Jr.); “指定用于 SAS 宽端口连接的线路”(律师文档号 08-1461; 快递信件号 EM 260723505 US), 与本申请在同一天申请, 发明人为史蒂芬·B·约翰逊 (Stephen B. Johnson) 和克里斯托弗·麦卡迪 (Christopher McCarty); 以及“SAS 成对减法路由”(律师文档号 08-1513; 快递信件号 EM 260723528 US), 与本申请同一天申请, 发明人为史蒂芬·B·约翰逊 (Stephen B. Johnson)、威廉·佩蒂 (William Petty) 及欧文·帕里 (Owen Parry)。所有这些申请都通过引用结合于此。

### 技术领域

[0003] 本发明总体涉及串行连接 SCSI 领域, 以及更具体地涉及用于提供多个 SAS 扩展器作为单一、无阻塞 SAS 扩展器的路径故障切换的方法。

### 背景技术

[0004] 串行连接 SCSI (SAS) 是表示各种被设计为实现计算机设备之间的数据传递的技术的术语。SAS 协议是至平行小计算机系统接口的串行后继站。在 SAS 协议中, 所有 SAS 设备是发起设备、目标设备、或扩展设备。发起设备是开始 SAS 数据传递的设备, 而目标设备是发起设备传递数据至其的设备。发起设备和目标设备一起被认为是终端设备。

[0005] SAS 扩展器是帮助在多个发起设备和多个目标设置之间数据传递的设备。SAS 协议使用点对点总线拓扑。因此, 如果发起设备需要连接到多个目标设备, 则在发起设备和每个独立的目标设备之间必须直接连接以有助于在发起设备和每个独立目标设备之间的每个独立数据传递。SAS 扩展器管理多个发起设备和多个目标设备之间的连接和数据传递。SAS 扩展器可以包括 SAS 设备。

### 发明内容

[0006] 一种在组合多个串行连接小型计算机系统接口 (SAS) 扩展器以用作单一的、结合的 SAS 扩展器时提供路径故障切换的方法, 可包括但不限于: 检测一第一 SAS 扩展器和一设备之间的故障链路; 以及将通过所述故障链路连接到所述设备的所述第一 SAS 扩展器的数据传输重路由到通过一有效链路连接到所述设备的一第二 SAS 扩展器, 其中所述第一 SAS 扩展器通过用于扩展器间通信的所述第一 SAS 扩展器的 phy 层 (phys) 和所述第二 SAS 扩展器的 phy 层 (phys) 连接到所述第二 SAS 扩展器。

[0007] 一种系统, 包括但不限于: 用于组合多个 SAS 扩展器以用作单一的、结合的 SAS 扩展器的装置; 用于检测一第一 SAS 扩展器和一设备之间的故障链路的装置; 以及用于将通

过该故障链路连接到所述设备的第一 SAS 扩展器的数据传输重路由到通过有效链路连接到所述设备的第二 SAS 扩展器的装置,其中所述第一 SAS 扩展器通过用于扩展器间通信的第一 SAS 扩展器的 phy 层 (phys) 和第二 SAS 扩展器的 phy 层 (phys) 连接到所述第二 SAS 扩展器。

[0008] 一种具有计算机可执行指令的计算机可读介质,其用于执行在组合多个串行连接小型计算机系统接口 (SAS) 扩展器以用作单一的、结合的 SAS 扩展器时提供路径故障切换的方法,所述方法包括但不限于:检测一第一 SAS 扩展器和一设备之间的一故障链路;以及将通过所述故障链路连接到所述设备的所述第一 SAS 扩展器的一数据传输重路由到通过一有效链路连接到所述设备的一第二 SAS 扩展器,其中所述第一 SAS 扩展器通过用于扩展器间通信的所述第一 SAS 扩展器的 phy 层 (phys) 和所述第二 SAS 扩展器的 phy 层 (phys) 连接到所述第二 SAS 扩展器。

[0009] 容易理解上述的一般描述和以下的具体描述都仅仅是示范性和解释性的,并不是对本发明公开内容的强制限制。附图被结合并组成本说明书的一部分,解释了公开的主题。上述描述和附图一起用来解释本发明所公开的原理。

## 附图说明

[0010] 本发明公开的多个优点可以参照下面的附图更容易被本领域技术人员所理解:

[0011] 图 1 是示出 SAS 拓扑结构说明单一的、结合的 SAS 扩展器的方框图;

[0012] 图 2A 至图 2E 是示出单一的、结合的 SAS 扩展器的多个配置的方框图;

[0013] 图 3 是示出单一的、结合的 SAS 扩展器的刀片中心交换机结构的方框图;

[0014] 图 4 示出单一的、结合的 SAS 扩展器的扩展器间链接的方框图;

[0015] 图 5 示出单一的、结合的 SAS 扩展器内的故障内部链接的方框图;

[0016] 图 6 示出用于将多个扩展器组合以作为单一的、结合的 SAS 扩展器操作的方法的流程图;

[0017] 图 7 示出在单一的、结合的 SAS 扩展器内发生链接故障时提供路径故障切换方法的流程图;

[0018] 图 8 示出了使用单一的、结合的 SAS 扩展器选择用于数据连接的 SAS 宽端口的线路的框图;

[0019] 图 9 示出了使用单一的、结合的 SAS 扩展器指定用于数据连接的 SAS 宽端口的线路的方法的流程图;

[0020] 图 10 示出了配置为执行成对的减法路由的级联 SAS 拓扑的框图;

[0021] 图 11A 至图 11D 是示出了成对减法端口的经销商特有函数、命令和描述符的表,图 11A 表示 SMP 报告修改的 phy 路由属性列表请求,图 11B 表示 SMP 报告修改的 phy 路由属性列表响应,图 11C 表示修改的路由描述符;以及

[0022] 图 12 是示出了在级联 SAS 拓扑中执行成对减法路由的方法的流程图。

## 具体实施方案

[0023] 下面具体参考公开的主题内容,其在附图中示出。

[0024] 示出了根据本公开的示例性实施例的特征在于单一的、结合的 SAS 扩展器的 SAS

拓扑。该拓扑结构 100 可包括通过窄端口 115a...d 连接到扩展器 120 的发起者 110。扩展器 120 可通过窄端口 125a...d 连接到单一的、结合的 SAS 扩展器 200。单一的、结合的 SAS 扩展器 200 可包括多个物理分开的 SAS 扩展器 202a...d。SAS 扩展器 202a...d 可以被配置为共享相同的 SAS 地址来组合窄端口 125a...d 以作为单一公用宽端口 150。如 SAS 拓扑结构 100 所示,窄端口 125a...d 可以组合以形成  $\times 4$  宽端口 150。SAS 扩展器 202a...d 可通过窄端口 135a...d 连接到扩展器 130。扩展器 130 可通过窄端口 145a...d 连接到目标 140。SAS 规范要求所有连接是点对点的。然而, SAS 拓扑 100 是符合 SAS 规范的,因为宽端口 150 是真正的 SAS 宽端口。

[0025] 参照图 2A-2E,结合 SAS 扩展器 200 可包括多个物理分开的 SAS 扩展器 202a...h, SAS 扩展器 202a...h 可通过链路 255a...h-294a...h 连接到输出端口 205-244 上。根据 SAS 控制器 202a...h 的数量、SAS 扩展器 202a...h 的端口的数量、输出端口 205-244 的数量、输出端口 205-244 的宽度以及在链路 255a...h-294a...h 中所使用的 SAS 扩展器端口的数量,广泛变化的单一的、结合的 SAS 扩展器 200 的构造通过本申请公开被考虑。

[0026] 输出端口 205-244 可以是宽端口。输出端口 205-244 可以配置为共享相同的 SAS 地址。在 SAS 规范下,这就将输出端口 205-244 定义为相同扩展器的单一宽端口。每个输出端口 205-244 可以连接到每个 SAS 扩展器 202a...h(未示出)。输出端口 205-244 的宽度可以取决于连接每个输出端口 205-244 的链路 255a...h-294a...h 中使用多少 SAS 扩展器端口。每个 SAS 扩展器 202a...h 可以具有多个连接到每个输出端口 205-244 的 SAS 扩展器端口。例如,如果单一的、结合的 SAS 扩展器 200 包括两个使用一个 SAS 扩展器端口通过链路 255a...h-294a...h 连接到每个输出端口 205-244 的 SAS 扩展器 202a-h,则输出端口 205-244 将是  $\times 2$  宽端口;此外,如果单一的、结合的 SAS 扩展器 200 包括两个使用两个 SAS 扩展器端口通过链路 255a...h-294a...h 连接到每个输出端口 205-244 的 SAS 扩展器 202a-h,则输出端口 205-244 将是  $\times 4$  宽端口。这些结构允许以全端口带宽来同时访问单一的、结合的 SAS 扩展器 200 的任何端口和任何其他端。

[0027] 提供了单一的、结合的 SAS 扩展器 300 的刀片中心交换机结构 301。参考图 3,多个 CPU 刀片 302 可以连接到输入端口 305-320。输入端口 305-320 可以是宽端口。输入端口 305-320 可以配置为共享相同的 SAS 地址。在 SAS 规范下,这就将输入端口 305-320 定义为相同扩展器的单一宽端口。每个输入端口 305-320 可以通过链路 355a...b-375a...b(未示出)连接到每个 SAS 扩展器 202a...b。如刀片中心交换机结构 301 中所示,输入端口 305-320 是通过链路 355a...b-375a...b 使用一个 SAS 扩展器端口连接到两个 SAS 扩展器 202a...b 的  $\times 2$  宽端口,但是其他结构是完全被这些公开所考虑的。每个 SAS 扩展器 202a...b 可以通过链路 255a...b-268a...b(未示出)连接到每个输出端口 205-218。如在刀片中心交换机结构 301 中所示,输出端口 205-218 是使用两个 SAS 扩展器端口通过链路 255a...b-268a...b 连接到两个 SAS 扩展器 202a...b 的  $\times 4$  宽端口,但是其他结构是完全被当前公开所考虑的。输出端口 205-218 可以连接到多数据存储装置 303。

[0028] SAS 扩展器 202a...h 可以被配置为共享相同的 SAS 地址。在 SAS 规范下,这就将 SAS 扩展器 202a...h 定义为单一扩展器。固件可以在每个 SAS 扩展器 202a...h 上运行,因此 SAS 扩展器 202a...h 作为单一扩展器动作和响应。如图 4 所示,每个 SAS 扩展器 202a...h 可以通过扩展器间链路 (IEL) 430-435 连接到 202a...h 中的每一个。IEL 430-435

可以允许 SAS 扩展器 202a...h 通信并互相配合以作为单一扩展器动作和响应。IEL430-435 可以通过 SAS 管理协议 (SMP) 或其他通信方法,例如内部集成电路总线协议 (I2C)、增强并行端口 (EPP)、以太网、共享存储器等,来进行通信。IEL 430-435 可以允许 IEL 域 420 从主交换域 410 被分区。在 IEL430-435 中,广播可以被无效以消除任何 SAS 规范不适应的循环问题。可以在主交互域中完全隐藏 IEL 430-435 中使用的 phy 层 (phys)。在 SAS 扩展器 202a...h 的主交换域中所使用的 phy 层 (phys) 的编号可以被重新映射到单一的、逻辑编号。IEL 430-435 可以允许 SAS 扩展器的任何组合的失败,而保持任何操作的 SAS 扩展器 202a...h 之间的连接。此外,所有输入端口 305-320 和输出端口 205-244 可以在小于每个 SAS 扩展器 202a...h 故障的情况下,以减少的带宽维持连接。SMP 目标处理可以由单一的、结合的 SAS 扩展器 200 的单一主 SAS 扩展器执行。对单一的、结合的 SAS 扩展器 200 连接请求可以通过 IEL 430-435 路由至该单一主 SAS 扩展器。SAS 扩展器 202a...h 可以共享 SMP 目标处理。

[0029] 大体上参考图 6,示出了组合多 SAS 扩展器的方法。例如,该方法可以实现如下所述(以及在图 1,2A 至 2E,3 和 4 中所示)的连接和组合 SAS 扩展器的技术。该方法 600 可以包括:将第一 SAS 扩展器的至少一个第一编号的 phy 和与第一 SAS 扩展器物理独立的第二 SAS 扩展器的至少一个第二编号的 phy 分组成至少一个共用 SAS 宽端口 602 的步骤。例如,分组成至少一个共用 SAS 宽端口 (205-244) 可以包括分配相同的 SAS 地址给至少一个共用宽端口 (205-244)。

[0030] 该方法 600 可以进一步包括:分配相同 SAS 地址给第一 SAS 扩展器和第二 SAS 扩展器 604 的步骤。分配相同 SAS 地址给第一 SAS 扩展器和第二 SAS 扩展器可以允许第一 SAS 扩展器和第二 SAS 扩展器作为单一的、结合的 SAS 扩展器 200 来动作和响应。所述分配可以通过在第一 SAS 扩展器和第二 SAS 扩展器上执行的固件来执行。此外,第一 SAS 扩展器和第二 SAS 扩展器的 phy 编号可以被重新映射以显示为单一的、结合的 SAS 扩展器的单一的、逻辑排列的 phy 编号。例如,第一 SAS 扩展器的第一编号的 phy 可以重新映射为在单一的、逻辑排列的编号的第一范围内,以及第二 SAS 扩展器的第二编号的 phy 可以重新映射为在单一的、逻辑排列编号的第二范围内。

[0031] 该方法 600 还可以包括:将第一 SAS 扩展器直接连接到第二 SAS 扩展器用于扩展器间通信 606 的步骤。扩展器间通信可以使用 SMP 通信或其他通信方法,例如,内部集成电路总线协议 (I2C)、增强并行端口 (EPP)、以太网、共享存储器等。在其他实施例中,用于扩展器间通信 (430-435) 的第一 SAS 扩展器和第二 SAS 扩展器之间的连接可以通过第一 SAS 扩展器的 phy 和第二 SAS 扩展器的 phy 来执行。此外,用于扩展器间通信的第一 SAS 扩展器的 phy 和用于扩展器间通信的第二 SAS 扩展器的 phys 可以在单一的、结合的 SAS 扩展器的交换域 (410) 中被隐藏。第一 SAS 扩展器的至少两个 phy 层 (phys) 和第二 SAS 扩展器的至少两个 phy 层 (phys) 可以用于第一 SAS 扩展器和第二 SAS 扩展器之间的扩展器间通信。此外,如果单一的、结合的 SAS 扩展器中的至少一个 SAS 扩展器保持操作(例如:诸如在 SAS 扩展器故障期间),则所有共用 SAS 宽端口保持操作,所有共用 SAS 宽端口以减少的带宽操作。

[0032] 单一的、结合的 SAS 扩展器 500 可以配置为在单一的、结合的 SAS 扩展器内发生内部链路故障时提供路径切换。参考图 5 以及如上所述,输入端口 502-508 可以通过链



路 552a...d-558a...d 连接到每个 SAS 扩展器 202a...d。此外,输入端口 502-508 可以是 SAS 宽端口。输出端口 510-516 可以通过链路 560a...d-566a...d 连接到每个 SAS 扩展器 202a...d。此外,输出端口 510-516 可以是 SAS 宽端口。每个 SAS 扩展器 202a...d 可以通过用于扩展器间通信的 SAS 扩展器端口彼此连接。如在单一的、结合的 SAS 扩展器 500 中所示,SAS 扩展器 202c 和输出端口 516 之间的链路 566b 可能故障。例如,物理缺陷可能导致链路 566b 故障。作为另一示例,链路 566b 可以由于逻辑问题而导致故障。

[0033] 想要通过故障的链路 566b 发送的数据传输可以被重路由至连接到输出端口 516 的另一 SAS 扩展器。该数据传输可以通过用于在 SAS 扩展器之间的扩展器间的通信的 phy 层 (phys) 被重路由至另一 SAS 扩展器。如在单一的、结合的 SAS 扩展器 500 中所示的,SAS 扩展器 202c 和输出端口 516 之间通过故障链路 566b 的数据传输可以通过扩展器间通信链路 434 重路由通过 SAS 扩展器 202d。从 SAS 扩展器 202d,数据传输可以通过链路 566c 被重路由到输出端口 516。因此,输出端口 516 可以如原始期望的一样接收该数据传输,但是可能不同的 phy 上接收该数据传输。此外,如果 SAS 扩展器 202d 已经具有至输出端口 516 的已启用链路,则 SAS 扩展器 202c 可以使用调定进行中的判优 (AIP) 响应于该 SAS 发起者,如同通过 SMP 提供的。SAS 发起者可以在接收到来自 SAS 扩展器 202c 的 AIP 或开启拒绝 (OPEN REJECT) (重试) SMP 响应之后一段时间尝试数据传输。

[0034] 在本公开的另一方面,在 SAS 扩展器上执行固件可以重新编写 SAS 扩展器路由表以重路由通过扩展器间链接 (430-435) 而不通过故障链路的连接。此外,连接到单一的、结合的 SAS 扩展器的 SAS 发起者可以通过接收 CHANGE 图元来知道链路 566b 已经故障。SAS 发起者然后可以执行 SAS 发现,例如,如同通过 SMP 提供的。此外,SAS 发起者可以注意到与目标保持活跃连接的数量,以及可以仅启动和与目标保持活跃连接的数量相等数量的同时数据传输。

[0035] 大体上参考图 7,示出了用于组合多个 SAS 扩展器以作为单一的、结合的 SAS 扩展器时提供路径切换的方法。例如,该方法可以实现图 5 中所示的技术。在当前发明的当前实施例中,方法 700 包括检测第一 SAS 扩展器和装置 702 之间的故障链路的步骤。例如,检测到的故障链路可能由于物理问题而故障。检测到的故障链路可能由于逻辑问题而故障。

[0036] 方法 700 可以进一步包括步骤:将通过故障链路连接到装置的第一 SAS 扩展器的数据传输重路由至通过起作用的链路连接到装置的第二 SAS 扩展器 704。例如,单一的、结合的 SAS 扩展器的故障链路可能由于故障链路中的物理问题而故障。在另一示例中,故障链路可能由于逻辑问题而故障。第一 SAS 扩展器可以通过用于扩展器间通信的第一 SAS 扩展器的 phy 和第二 SAS 扩展器的 phy 层 (phys) 连接到第二 SAS 扩展器。在其他实施例中,将通过故障链路连接到装置的第一 SAS 扩展器的数据传输重路由至通过起作用的链路连接到装置的第二 SAS 扩展器可以通过用于扩展器间通信的第一扩展器的 phy 层 (phys) 和用于扩展器间通信的第二 phy 层 (phys) 扩展器的 phy 发生。在示例性实施例中,重路由数据传输可以包括重新编写第一 SAS 扩展器的路由表,以将来自故障内部链路的数据传输通过用于扩展器间通信的第一 SAS 扩展器的 phy 和用于扩展器间通信的第二 SAS 扩展器的 phy 重路由至之间的链路。例如,重新编写第一 SAS 扩展器的路由表可以通过在第一 SAS 扩展器上执行的固件来执行。

[0037] 将来自单一的、结合的 SAS 扩展器中的故障链路的数据传输通过扩展器间通信的

链路重路由至第二 SAS 扩展器的步骤可以不通知连接到该单一的、结合的 SAS 扩展器的 SAS 发起者和 SAS 目标发生这样的重路由。然而,如果第二 SAS 扩展器当前具有至装置的已启用链路并且数据从故障链路重路由至第二 SAS 扩展器,则通过故障链路连接到装置的第一 SAS 扩展器可以用 AIP 响应来响应。在这样的情况下,接收到该 AIP 响应的 SAS 发起者可以稍后重发数据传输。连接到单一的、结合的 SAS 扩展器的 SAS 发起者可以通过接收到 CHANGE 图元而被告知故障。一旦接收到 CHANGE 图元,SAS 发起者可以执行 SAS 发现。例如,SMP 提供 SAS 发现,其包括 SAS 发现和 SAS 发现响应。

[0038] 提供了 SAS 发起者指定数据连接结构 800。参考图 8,SAS 发起者 810 可以通过 SAS 宽端口 880 连接到 SAS 扩展器 820。SAS 扩展器 830 的至少一个 phy 层 (phys) 和 SAS 扩展器 840 的至少一个 phy 层 (phys) 可以组合在共用 SAS 宽端口 890 中。为了使 SAS 扩展器 830 和 SAS 扩展器 840 作为单一的、结合的 SAS 扩展器操作,SAS 扩展器 830 可以与 SAS 扩展器 840 共享相同的 SAS 地址。SAS 扩展器 820 可以通过共用 SAS 宽端口 890 连接到 SAS 扩展器 830 和 SAS 扩展器 840。扩展器 830 也可以由通过 SAS 扩展器 830 的 phy 层 (phys) 和 SAS 扩展器 840 的 phy 层 (phys) 的扩展器间通信直接连接到 SAS 扩展器 840。SAS 扩展器 830 和 SAS 扩展器 840 可以不作为单一的、结合的 SAS 扩展器操作,但是可以为级联结构。多个 SAS 目标 850-875 可以通过 SAS 窄端口连接到 SAS 扩展器 830 和 SAS 扩展器 840。SAS 目标 850-875 的数量可以大于 SAS 扩展器 830 或 SAS 扩展器 840 上的 phy 层 (phys) 的数量。例如,SAS 目标 850-875 可以是硬盘阵列,例如简单磁盘捆绑 (JBOD) SAS 阵列。

[0039] SAS 发起者 810 可以指定将被用来创建从 SAS 发起者 810 至 SAS 目标 850-875 之一的数据连接的宽端口 880、890 的线路。指定宽端口 880、890 的线路可以用来公平控制,其中宽端口 880、890 的一些线路可以用来访问 SAS 目标 850-875,以及宽端口 880、890 的其他线路可以用来经过至 SAS 结构的其他部分。SAS 发起者 810 可以进一步指定连接请求的 OPEN 帧内的线路。这样的 OPEN 帧可以通过 SMP 连接请求来提供。SAS 发起者 810 可以通过执行标准 SAS 发现处理而知道用于从 SAS 发起者 810 至 SAS 目标 850-875 之一的数据连接的最优化线路。SAS 扩展器 830 和 SAS 扩展器 840,连同 SAS 目标 850-875 可以配置为使用用于从 SAS 发起者 810 至 SAS 目标 850-875 之一的数据连接的最优化线路,通过 SMP 发现响应来进行响应。在发起者 810 和 SAS 目标 850-875 之一之间的数据连接中的每个 SAS 扩展器可以检测来自 SAS 发起者 810 的对允许的用于数据连接的线路的连接请求的 OPEN 帧,并仅在这些指定的线路上进行数据连接。

[0040] 大体上参考图 9,示出了根据本公开的示例性实施例的用于指定用于在 SAS 域中的在 SAS 发起者和 SAS 目标之间的数据连接的 SAS 宽端口的允许线路的方法。在本公开的当前实施例中,方法 900 包括发现用于数据连接的至少一个 SAS 宽端口的最优线路的步骤 902。例如,SAS 发起者 810 可以通过执行标准 SAS 发现处理来发现用于数据连接的最优线路。此外,SMP 发现响应可以被用来将用于数据连接的最优线路传递给 SAS 发起者 810。

[0041] 方法 900 还可以包括指定在 SAS 域的每个级别的 SAS 宽端口内的用于数据连接的允许的线路的步骤 904。例如,用于数据连接的允许线路可以通过 SAS 发起者连接请求来被指定。用于数据连接的允许线路可以在 SAS 发起者连接请求的 OPEN 帧中被进一步指定。

[0042] 方法 900 还可以包括检测为数据连接指定的允许线路的步骤 906。例如,当 SAS 扩展器 (820-840) 接收到 SAS 发起者连接请求的 OPEN 帧时,SAS 扩展器可以检测用于指定的

用于数据连接的允许线路的 OPEN 帧。

[0043] 方法 900 还可以包括创建指定的允许线路的数据连接的步骤 908。例如, SAS 扩展器可以在指定的允许线路上创建数据连接。此外, SAS 扩展器可以在检测对指定的允许线路的 SAS 发起者连接请求的 OPEN 帧之后, 创建数据连接。

[0044] 提供了使用成对减法路由的 SAS 级联拓扑结构。为了使用成对减法路由, 在 SAS 拓扑结构 1000 中的 SAS 设备可参照经销商特有 SMP 函数。SAS 发起者 1002-1004 可检查 SMP 报告制作商信息的响应, 如通过 SMP 提供的一样, 来确定是否支持所述经销商特有 SMP 函数。如果支持, 则 SAS 发起者 1002-1004 可以使用经销商特有 SMP 函数来请求 SAS 扩展器 1010-1024 的 phy 层的列表, 其具有用于使用成对减法路由的修改的路由属性。例如, SAS 发起者 1002-1004 可发出 SMP 报告修改 phy 路由属性列表 (REPORT MODIFIED PHY ROUTING ATTRIBUTELIST) 请求 1100 给 SAS 拓扑结构 1000 中 SAS 扩展器 1010-1024 中每一个。基于接收的 SMP 报告修改 phy 路由属性列表 (REPORT MODIFIED PHY ROUTINGATTRIBUTE LIST) 请求 1100, SAS 扩展器 1010-1024 中每一个可通过 SMP 报告修改 phy 路由属性列表 (REPORT MODIFIED PHY ROUTING ATTRIBUTE LIST) 请求 1120 用带有已修改路由属性的 phy 列表进行响应。在操作中, SMP 报告修改 phy 路由属性列表 (REPORT MODIFIED PHY ROUTING ATTRIBUTE LIST) 请求 1120 可包括数个已修改路由描述符 1140。已修改路由描述符 1140 中的每一个可指定 SAS 扩展器 1010-1024 的单个 phy 和提供给单个 phy 的已修改路由属性 1160。例如, 已修改路由属性 1160 可识别一 phy 为自配置 (SC)、表发起者仅输入 (TI0I) 或表发起者仅输出 (TI00) 中的一个。TI0I 可识别仅带有所述 phy 路由表中列出的 SAS 发起者的输入 phy。TI00 可识别仅带有所述 phy 路由表中列出的 SAS 发起者的输出 phy。

[0045] 如果 SMP 报告修改的 phy 路由属性列表响应 1120 识别用于该 phy 的已修改路由属性 1160, 则 SAS 发起者 1002-1004 可以忽略用于由 SMP 发现响应提供的 phy 的路由属性。在本公开的实施例中, 经销商特有 SMP 函数可以仅报告修改的路由属性 TI0I、TI00 和 SC。SAS 扩展器 1010-1024 可以具有多个端口, 一些端口具有标准路由属性 (D、S、T) 以及一些端口具有修改的路由属性 (TI0I、TI00、SC)。

[0046] SAS 扩展器 1010-1024 可以被配置为具有被定义为输入 (IN) 和输出 (OUT) 对的主减法端口。减法端口的输入端口和输出端口都可以要求用于该端口的路由表中的 SAS 发起者 1002-1004 的地址。此外, SAS 扩展器可以添加用于直接连接装置的次级减法端口。例如, 如果 OPEN 的 DEST 如通过 SMP 所提供的不是直接连接装置 (例如连接到具有 D 路由属性的端口的装置), 或者如果 OPEN 的 DEST 不在用于该输入端口的路由列表中, 则在输入端口接收到的 OPEN 可以被发送出用于该减法端口的输出端口。例如, 如果 OPEN 的 DEST 不是直接连接装置 (例如连接到具有 D 路由属性的端口的装置) 或者如果 OPEN 的 DEST 不是在用于该输出端口的列表中, 则该输出端口上接收到的 OPEN 可以发送出用于该减法端口的输入端口。修改的路由属性 TI0I 可以表示减法端口的输入端口。修改的路由属性 TI00 可以表示减法端口的输出端口。OPEN 可以总是默认为主减法端口。

[0047] SAS 发起者 1002-1004 可以定位在级联 SAS 拓扑 1000 的顶部或底部。SAS 发起者 1002-1004 可以仅将他们自己的 SAS 地址编写入级联 SAS 拓扑 1000 的 SAS 扩展器 1010-1024 的 TI0I 端口 1060 和 TI00 端口 1050 的路由表。此外, 根据级联 SAS 拓扑 1000 中的 SAS 发起者 1002-1004 的位置, SAS 发起者 1002-1004 可以仅将他们自己的 SAS 地址

编写入级联 SAS 拓扑 1000 的 SAS 扩展器 1010-1024 的 TIOI 端口 1060 的路由表或 TIOO 端口 1050 的路由表。SAS 扩展器 1010-1024 可以执行防止 SAS 发起者 1002-1004 在将地址编写入 SAS 扩展器路由表（例如位置无关的路由表编写）时彼此伤害的固件。

[0048] SAS 目标 1070 可以发布 OPEN 给 SAS 扩展器 1010-1024 之一。SAS 扩展器 1010-1024 之一可以在用于 SAS 扩展器 1010-1024 之一的路由表中定位 OPEN 的 DEST 地址。OPEN 可以被发送给由 DEST 地址指定的 SAS 发起者。在另一实施例中，SAS 发起者 1002-1004 之一可以发布 OPEN 至 SAS 扩展器 1002-1004 之一。SAS 扩展器 1002-1004 之一可以首先在任何直接连接的装置中搜索 OPEN 的 DEST 地址。如果找到，则 OPEN 被发送给适当的直接连接的装置。如果 OPEN 的 DEST 地址没有在任何直接连接的装置中找到，则 SAS 扩展器 1010-1024 之一然后可以在 SAS 扩展器路由表中搜索 OPEN 的 DEST 地址。如果找到，则 OPEN 被路由至适当 SAS 发起者。如果 OPEN 的 DEST 地址不能在 SAS 扩展器路由表中找到，则 SAS 扩展器 1010-1024 之一然后可以发送 OPEN 至其成对的减法端口。

[0049] 此外，为了在 SAS 级联拓扑 1000 中执行 SAS 分区，仅拓扑中的末端扩展器可能需要检测。末端扩展器可以将用于直接连接的装置的 phy 的 DEST 和 OPEN 命令中的源区组进行比较。该比较作为减法进行直到到达该区的末端装置扩展器。

[0050] 大体上参考图 12，示出了在 SAS 级联拓扑中执行成对减法路由的方法。方法 1200 包括将输入端口分配给 SAS 扩展器装置的步骤 1210。该方法 1200 可以进一步包括将输出端口分配给 SAS 扩展器装置的步骤 1220。在示例性实施例中，方法 1200 可以进一步包括将输出端口和输入端口定义为彼此成对以作为成对的减法端口来操作的步骤 1230。此外，方法 1200 还可以包括将第二输入端口和第二输出端口添加到 SAS 扩展器装置的步骤。第二输入端和第二输出端口可以彼此成对作为次级减法端口。

[0051] 在示例性实施例中，方法 1200 可以进一步包括以下步骤：如果 OPEN 命令的 DEST 不是 SAS 扩展器装置的直接连接装置，并且 DEST 不在 SAS 扩展器装置的路由表中，则一旦接收到进入输入端口的 OPEN 命令，就将 OPEN 命令发送输出端口 1250。方法 1200 可以进一步包括以下步骤：如果 OPEN 命令的 DEST 不是 SAS 扩展器装置的直接连接装置，并且 DEST 不在 SAS 扩展器装置的路由表中，则一旦接收到进入输出端口的 OPEN 命令，就将 OPEN 命令发送输入端口 1260。此外，如果 OPEN 命令的 DEST 不是 SAS 扩展器装置的直接连接装置，并且 DEST 不在 SAS 扩展器装置的路由表中，则一旦接收到进入输入端口的 OPEN 命令，就将 OPEN 命令发送输出端口 1250。方法 1200 可以进一步包括以下步骤：如果 OPEN 命令的 DEST 不是 SAS 扩展器装置的直接连接装置，并且 DEST 不是在 SAS 扩展器装置的路由表中，则一旦接收到进入第二输出端口的 OPEN 命令，就将 OPEN 命令发送第二输入端口。方法 1200 可以进一步包括以下步骤：如果 OPEN 命令的 DEST 不是 SAS 扩展器装置的直接连接装置，并且 DEST 不是在 SAS 扩展器装置的路由表中，则一旦接收到进入第二输入端口的 OPEN 命令，就将 OPEN 命令发送第二输出端口。进一步地，次级减法端口可用于与 SAS 扩展器装置的直接连接装置的通信进行操作。此外，OPEN 命令可以默认为主减法端口。

[0052] 在示例性实施例中，方法 1200 可以进一步包括通过经销商特有 SMP 函数的修改的路由属性指定 SAS 扩展器的减法端口的步骤。进一步，SAS 发起者可以忽略减法端口的 SMP 发现响应属性，并可以在存在用于减法端口的修改的路由属性的情况下，使用经销商特有 SMP 的修改路由属性。

[0053] 在示例性实施例中,方法 1200 可以进一步包括仅编写 SAS 扩展器的路由表中的 SAS 发起者地址的步骤 1240。例如,仅编写 SAS 扩展器的路由表中的 SAS 发起者地址的步骤 1240 可以由 SAS 扩展器执行。此外,由 SAS 扩展器编写的 SAS 扩展器的路由表可以是用于自配置指定端口的路由表。仅编写 SAS 扩展器的路由表中的 SAS 发起者地址的步骤 1240 可以通过 SAS 路由拓扑中的每个 SAS 发起者执行,每个 SAS 发起者仅编写在该 SAS 扩展器的路由表中的 SAS 发起者的 SAS 地址。此外,每个 SAS 发起者可以仅编写一种类型的 SAS 扩展器的修改路由属性端口的路由表中的 SAS 发起者的 SAS 地址。该种类型的 SAS 扩展器的修改路由属性端口可以通过 SAS 路由拓扑中的 SAS 发起者的位置指定。SAS 发起者可以定位在 SAS 路由拓扑的顶部或底部。

[0054] 在本公开中,所公开的方法可以实现为装置可读的指令集或软件。这样的软件可以是计算机程序产品,其采用计算机可读存储介质,包括用来为计算机编程以执行本发明所公开的功能和过程的所存储的计算机代码。计算机可读介质包括但不限于如何类型的传统软盘、光盘、CD-ROM、磁盘、硬盘驱动器、磁光盘、ROM、RAM、EPROM、EEPROM、磁或光卡、或任何用于存储电子指令的适当介质。此外,应该理解,所公开的方法中的步骤的特定顺序或层次是示例性方法的示例。基于设计优选,应该理解在该方法中的步骤的特定顺序或层次可以被重新布置,而仍保持在所公开的主题内容的范围内。所附的方法权利要求以示例顺序呈现了各种步骤的要素,并且不必然意味着限制于所呈现的特定顺序或层次。

[0055] 确信本公开和其伴随的优点将通过上述描述而能够被理解,并且在不背离本公开的主题内容或不牺牲其所有材料优点的情况下,显然可以对部件的形式、结构和布置进行各种修改。所描述的形式仅是示例性的,并且下面的权利要求旨在包括和包含这些改变。

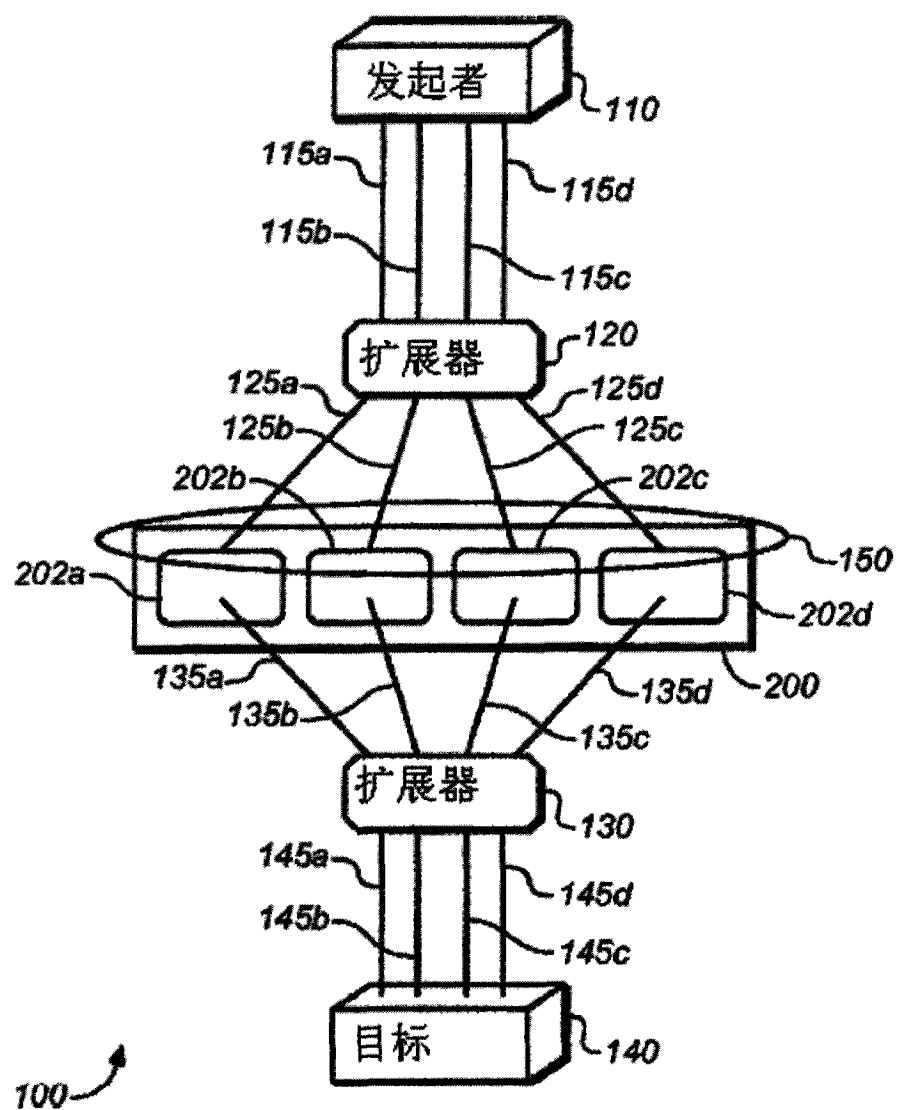


图 1

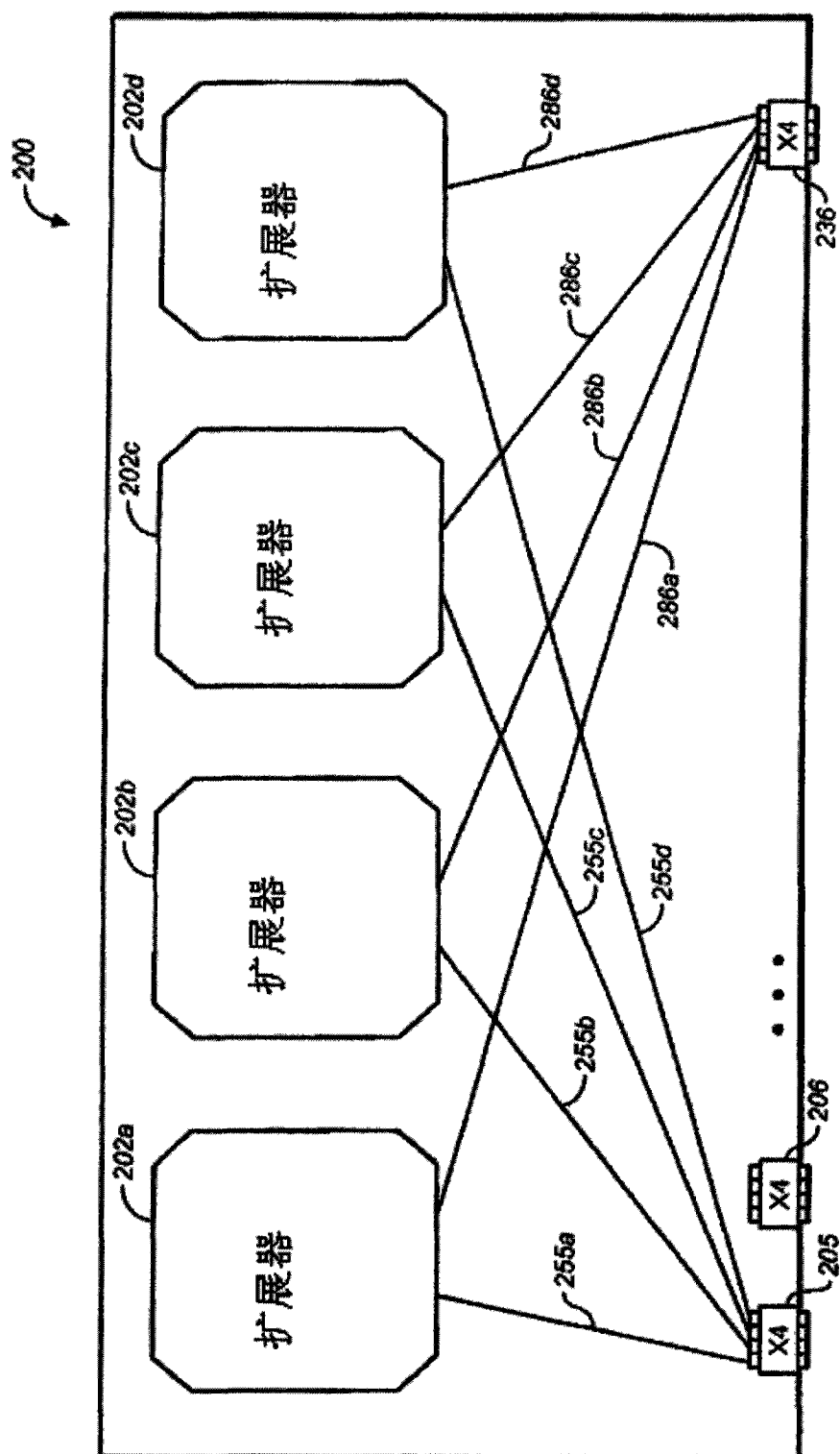


图 2A

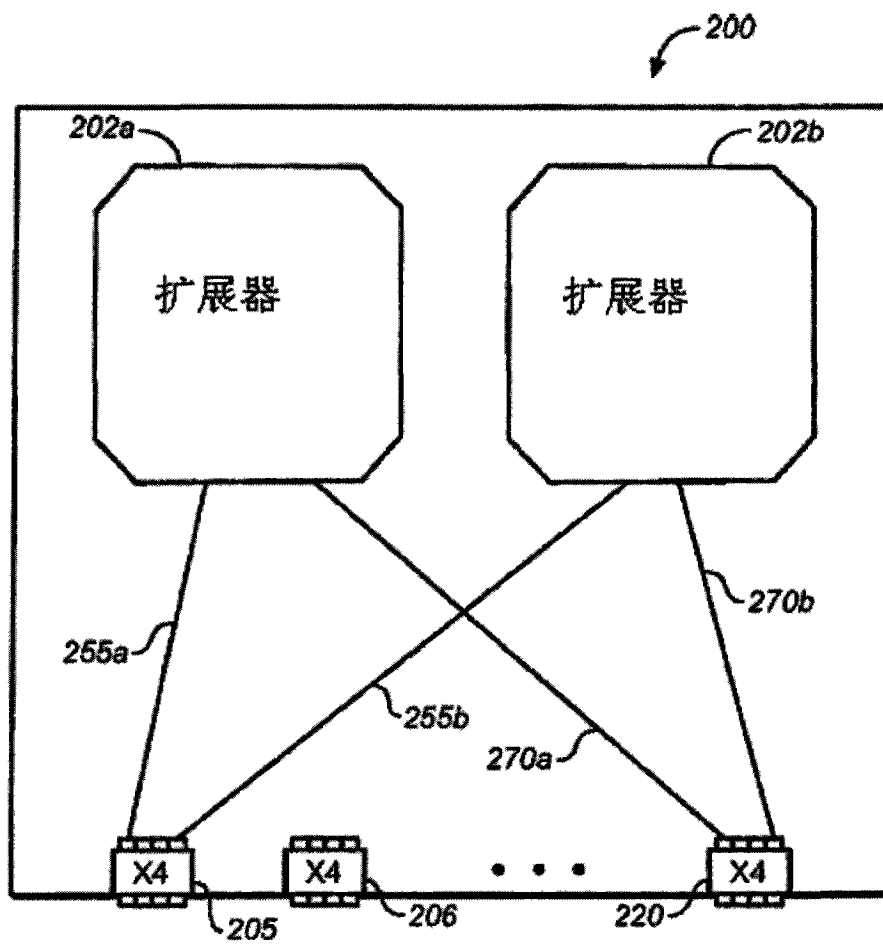


图 2B



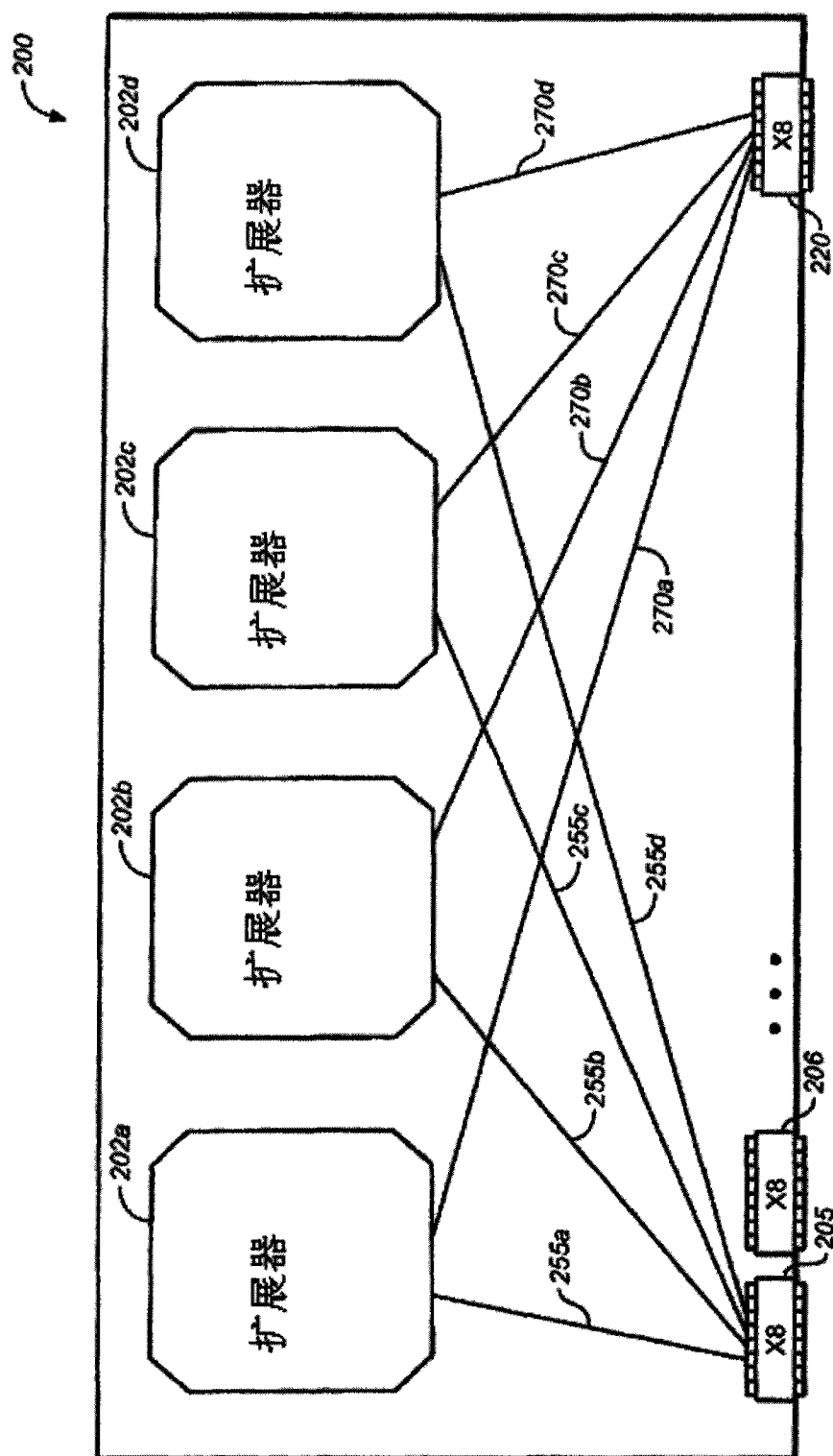


图 2C

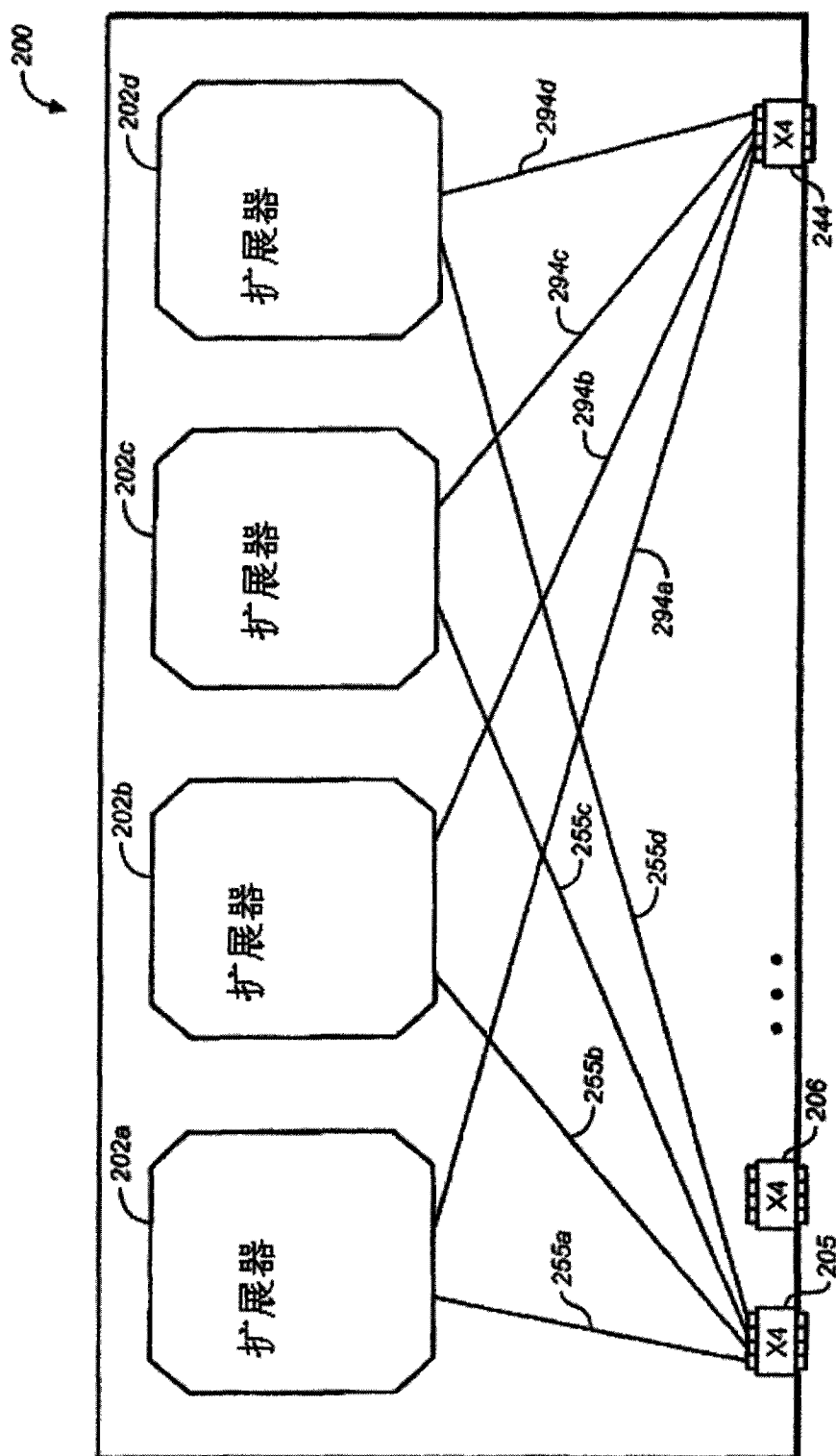


图 2D

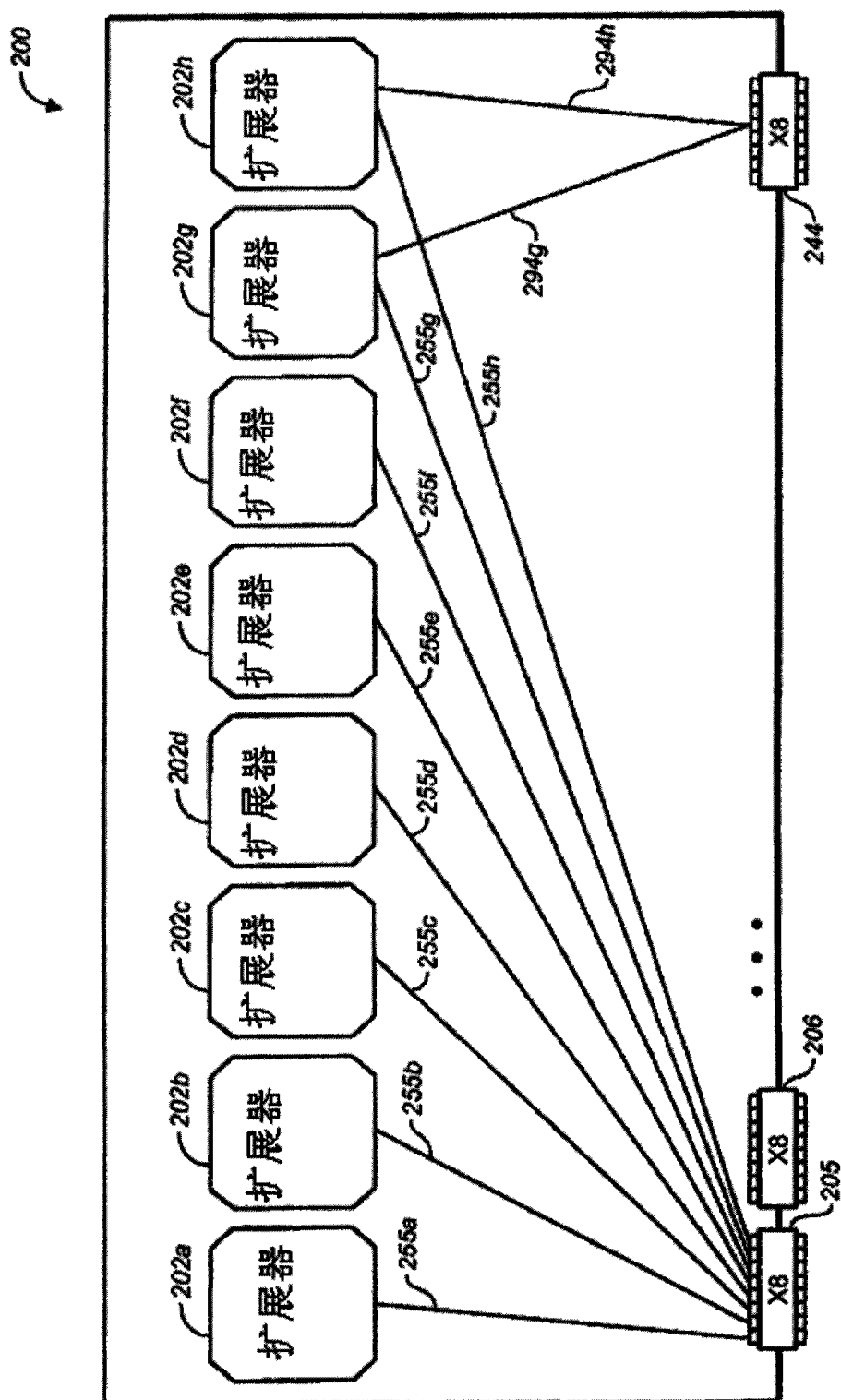


图 2E

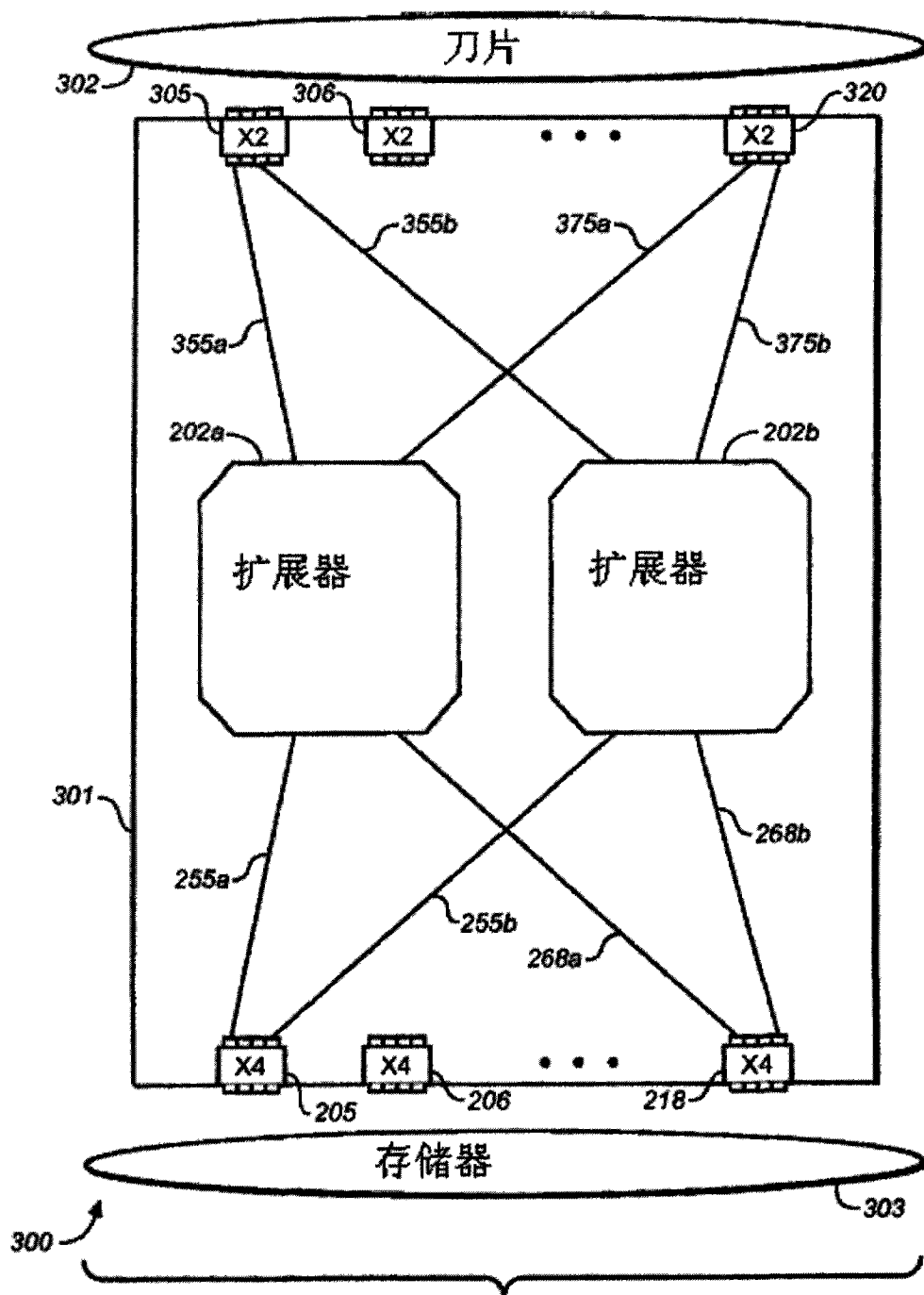


图 3

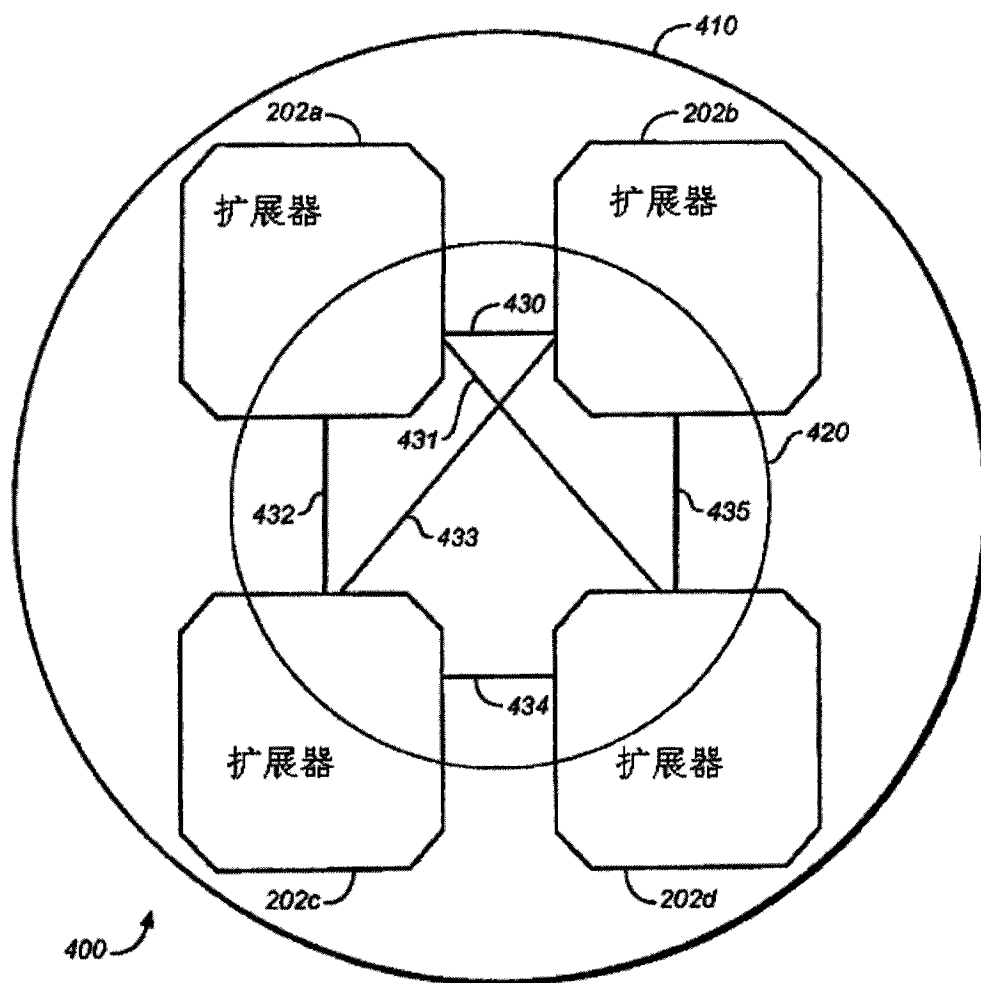


图 4

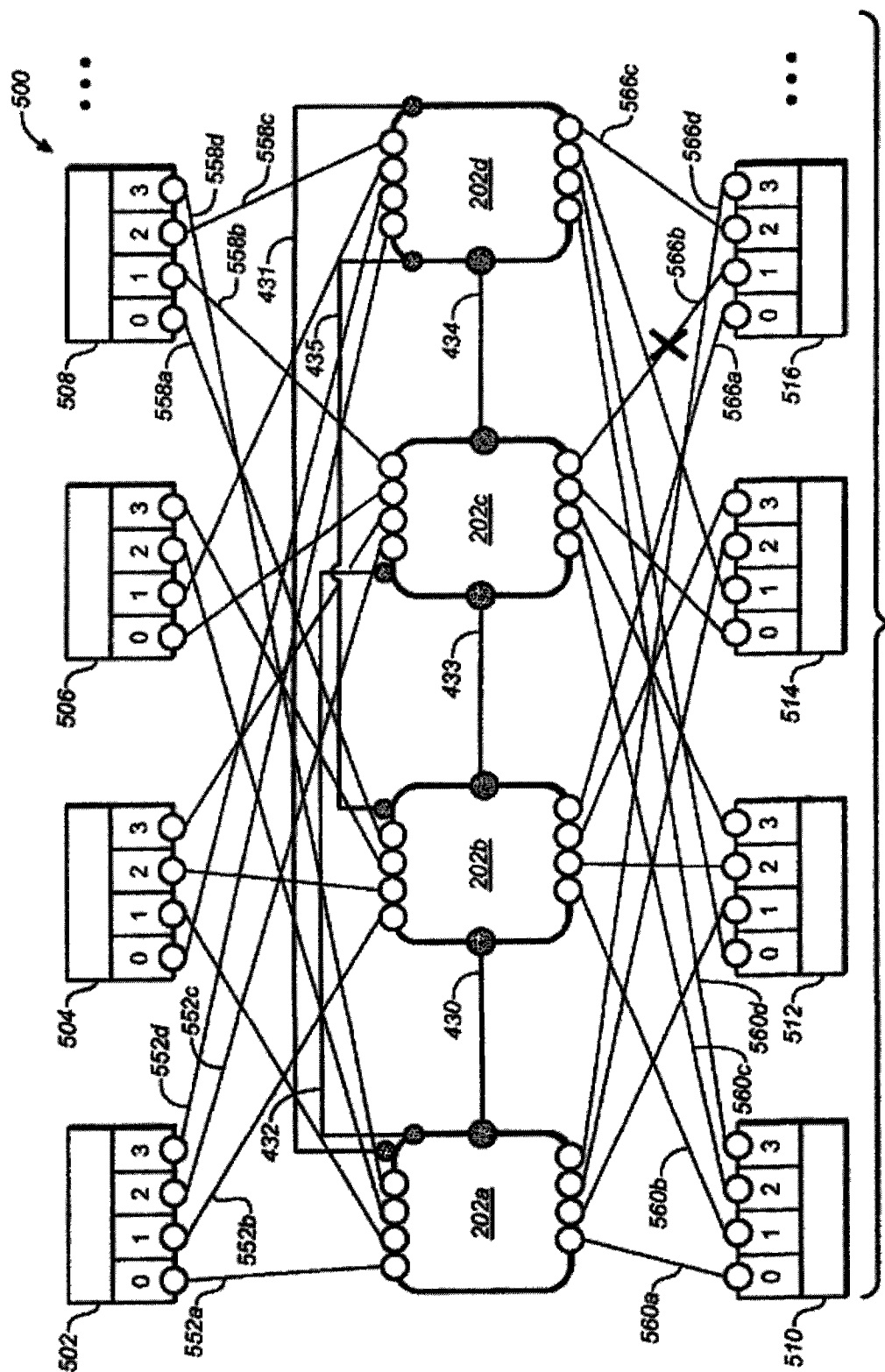


图 5

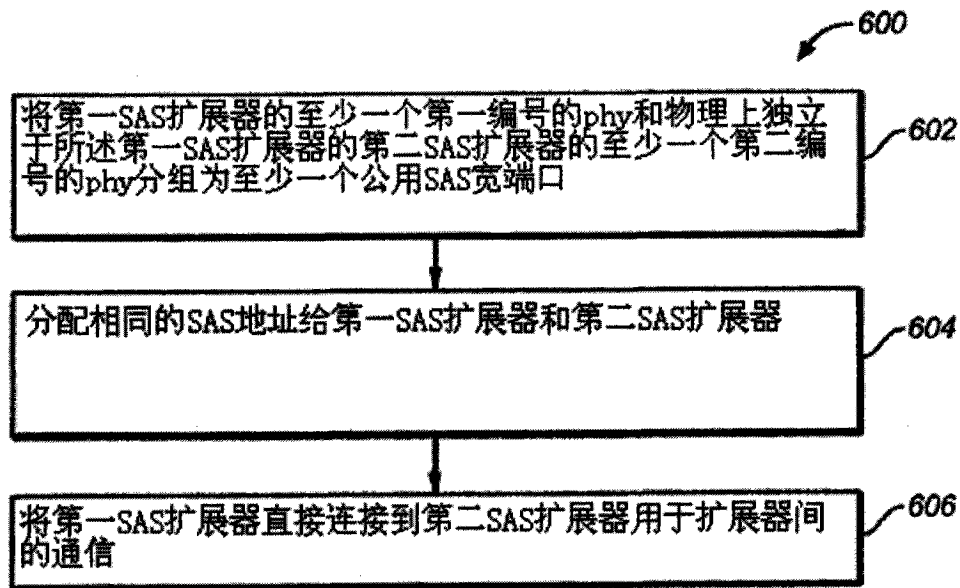


图 6

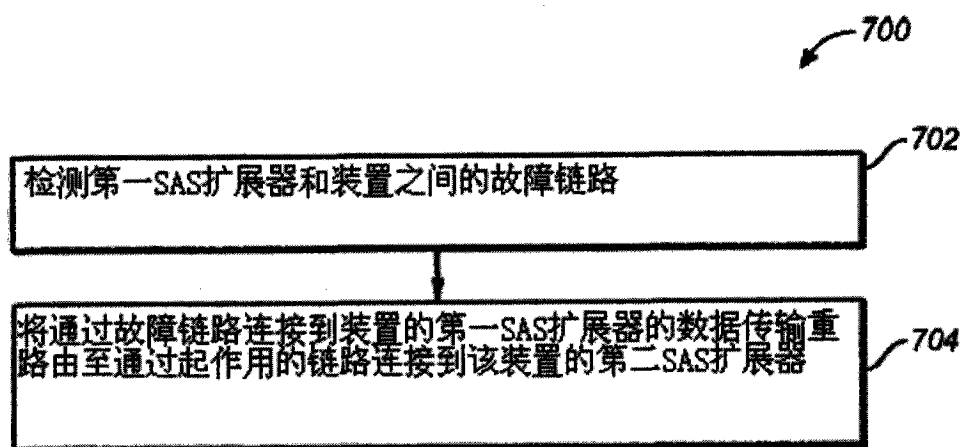


图 7

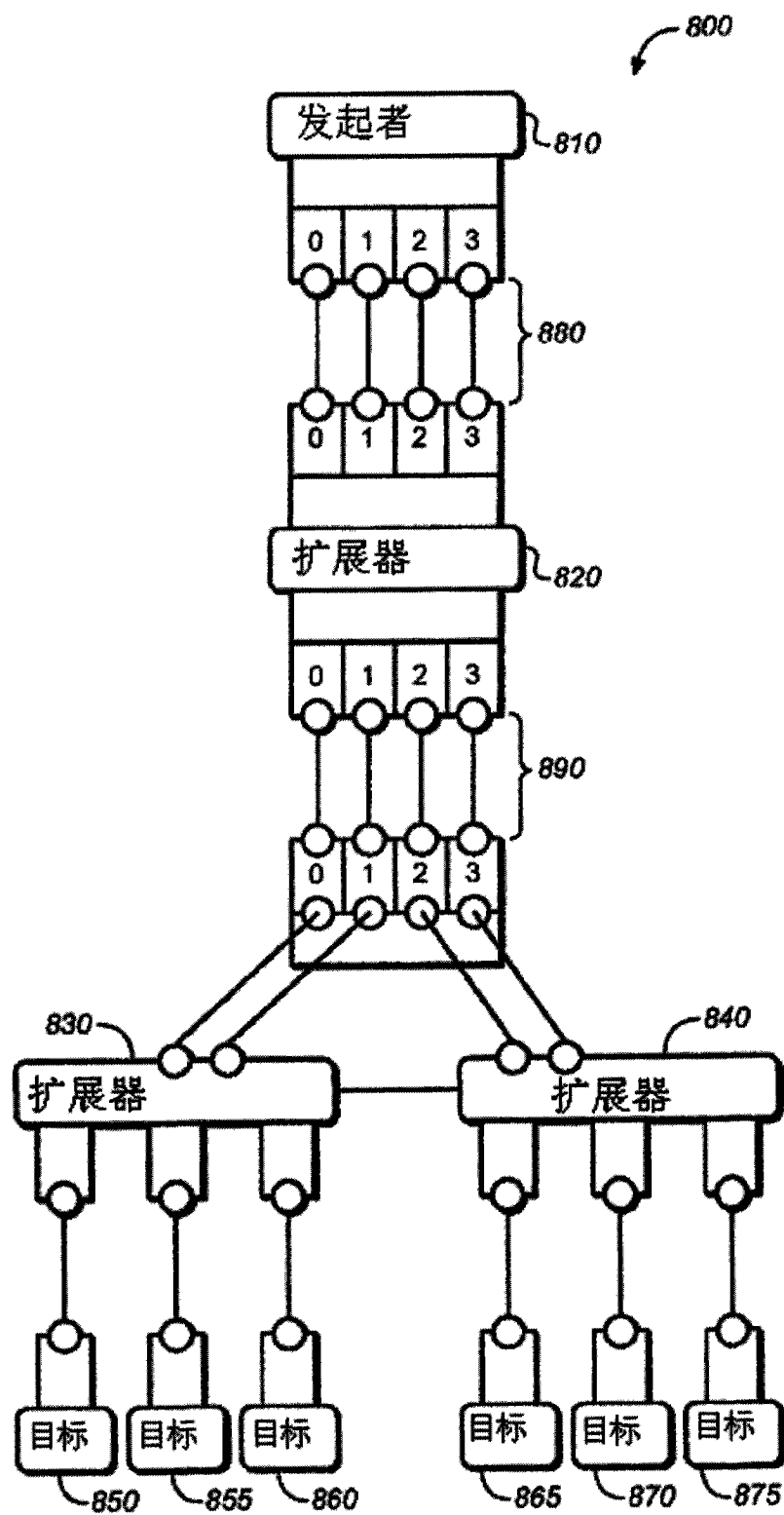


图 8



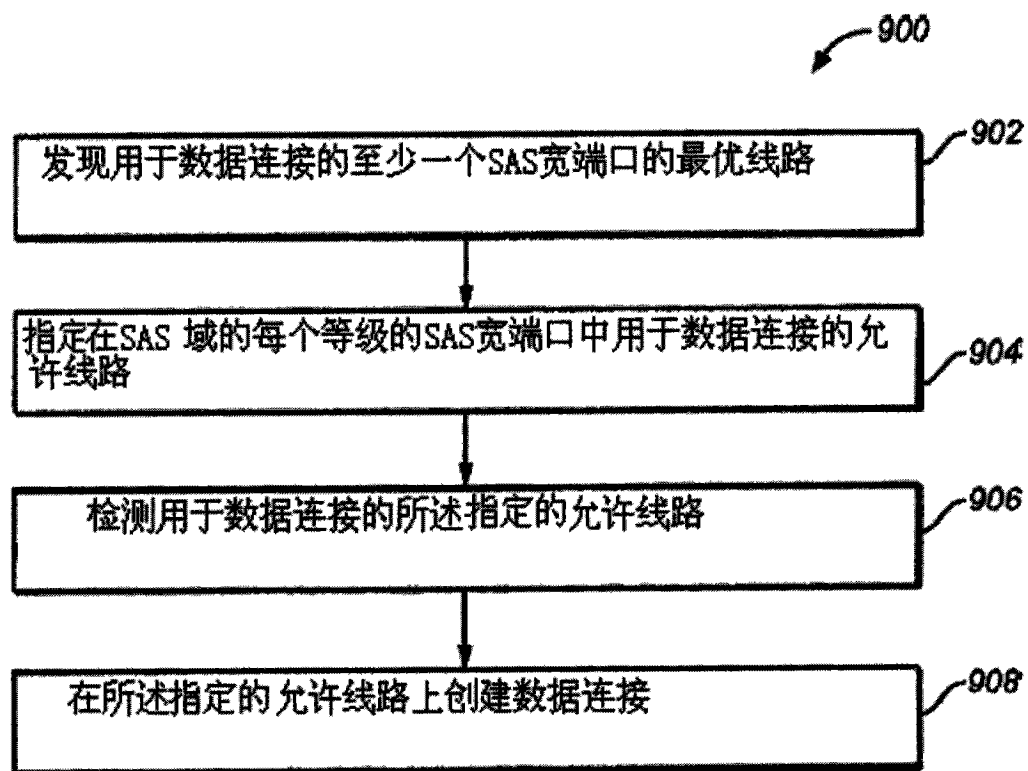


图 9

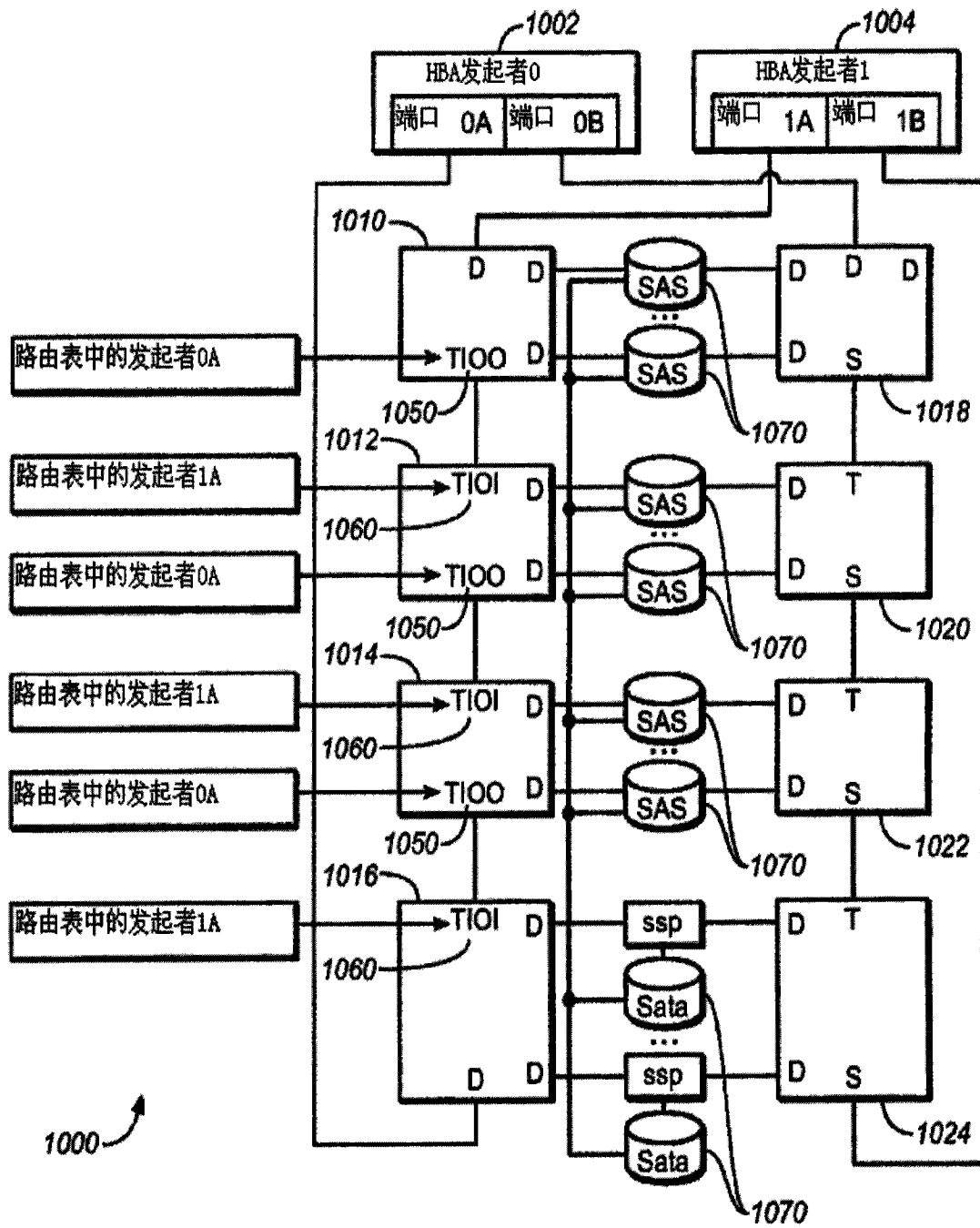


图 10

| 字节/位 | 7            | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 | 1100 |
|------|--------------|---|---|---|---|---|---|---|------|
| 0    | SMP帧类型 (40h) |   |   |   |   |   |   |   |      |
| 1    | 函数 (CCh)     |   |   |   |   |   |   |   |      |
| 2    | 分配的响应长度      |   |   |   |   |   |   |   |      |
| 3    | 请求长度 (01h)   |   |   |   |   |   |   |   |      |
| 4    | 预留           |   |   |   |   |   |   |   |      |
| 5    |              |   |   |   |   |   |   |   |      |
| 6    | 开始描述符索引      |   |   |   |   |   |   |   |      |
| 7    | 描述符的最大数      |   |   |   |   |   |   |   |      |

图 11A

| 字节/位  | 7        | 6 | 5 | 4           | 3 | 2 | 1 | 0 | 1120 |
|-------|----------|---|---|-------------|---|---|---|---|------|
| 0     | SMP帧类型   |   |   | (41h)       |   |   |   |   |      |
| 1     | 函数       |   |   | (CCh)       |   |   |   |   |      |
| 2     | 函数值      |   |   |             |   |   |   |   |      |
| 3     | 响应长度     |   |   | $((n-7)/4)$ |   |   |   |   |      |
| 4     | 第一描述符索引  |   |   |             |   |   |   |   |      |
| 5     | 预留       |   |   |             |   |   |   |   |      |
| 6     | 描述符的数量   |   |   |             |   |   |   |   |      |
| 7     | 预留       |   |   |             |   |   |   |   |      |
| 8     | 描述符的长度   |   |   |             |   |   |   |   |      |
| 9     | 预留       |   |   |             |   |   |   |   |      |
| 10    |          |   |   |             |   |   |   |   |      |
| 11    |          |   |   |             |   |   |   |   |      |
| 描述符列表 |          |   |   |             |   |   |   |   |      |
| 12    | 描述符 (第一) |   |   |             |   |   |   |   | 1140 |
| 13    |          |   |   |             |   |   |   |   |      |
| 14    |          |   |   |             |   |   |   |   |      |
| 15    |          |   |   |             |   |   |   |   |      |
| 16    | 描述符 (最后) |   |   |             |   |   |   |   | 1140 |
| 17    |          |   |   |             |   |   |   |   |      |
| 18    |          |   |   |             |   |   |   |   |      |
| 19    |          |   |   |             |   |   |   |   |      |

图 11B

|      |        |   |   |   |         |   |   |   |      |
|------|--------|---|---|---|---------|---|---|---|------|
| 字节/位 | 7      | 6 | 5 | 4 | 3       | 2 | 1 | 0 | 1140 |
| 0    | PHY标识符 |   |   |   |         |   |   |   |      |
| 1    | 预留     |   |   |   | 修改的路由属性 |   |   |   |      |
| 2    | 预留     |   |   |   |         |   |   |   |      |
| 3    | 预留     |   |   |   |         |   |   |   |      |

图 11C

| 修改的路由属性 | 描述符            | 1160 |
|---------|----------------|------|
| 3       | 自配置 (SC)       |      |
| 4       | 表发起者仅输入 (TIOI) |      |
| 5       | 表发起者仅输出 (TIOO) |      |
| Others  | 预留             |      |

图 11D

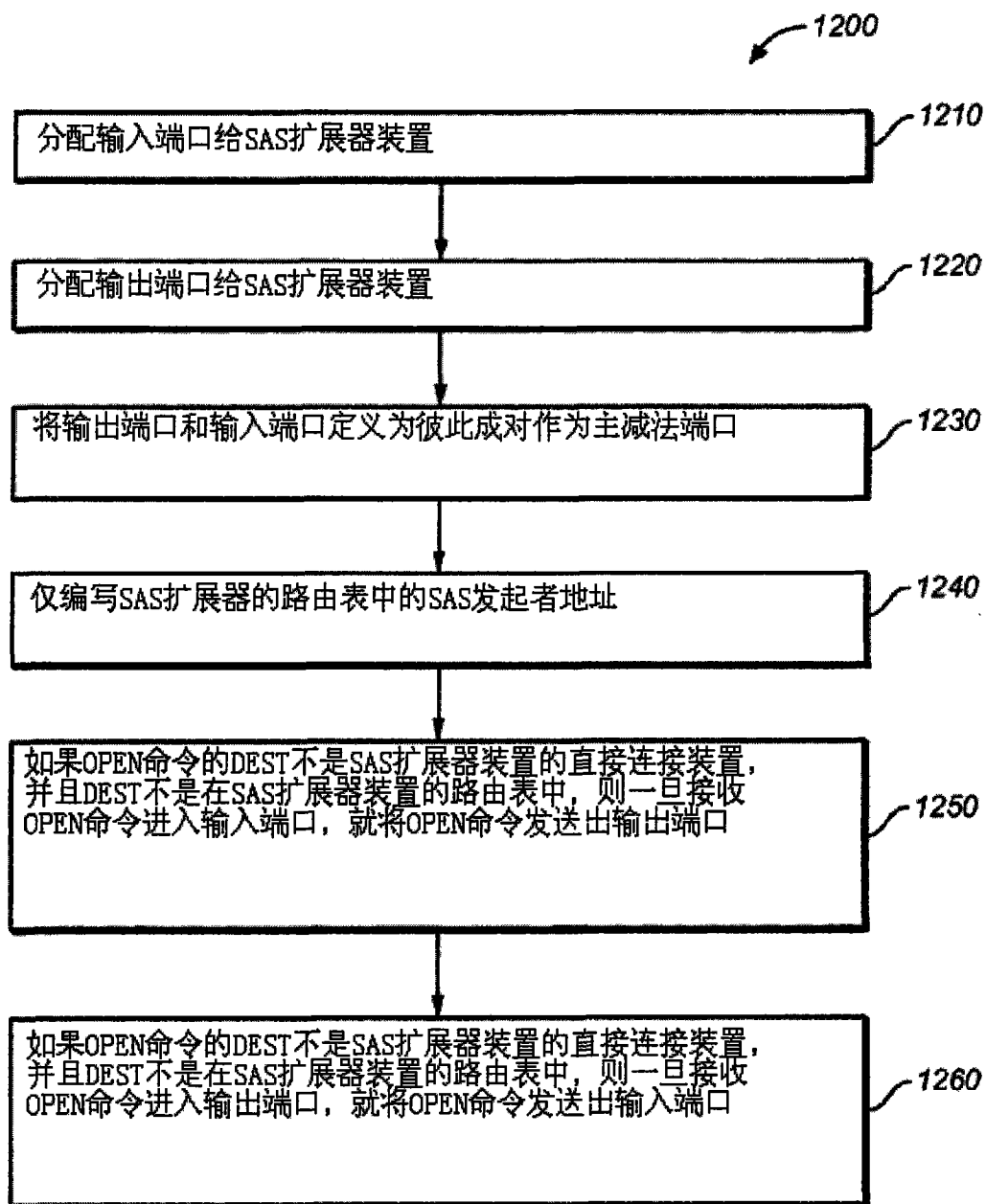


图 12