

BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

(84) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

— 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

data by mapping a plurality of first FlexE clients to a second FlexE client and being suitable for data transmission of a FlexE ring network and the data transmission of an established hierarchical network.

(57) 摘要: 本申请公开了一种数据传输方法、装置及系统, 属于通信技术领域。该数据传输方法包括: 第一节点获取 $m(m \geq 2)$ 个第一FlexE客户, 再将该 m 个第一FlexE客户映射至一个第二FlexE客户, 之后将该第二FlexE客户的数据传输至第二节点, 其中, 每个第一FlexE客户的数据占用第二FlexE客户的时隙是固定的, 第二节点与第一节点不同。本申请解决了相关技术中FlexE客户的粒度较细, 对节点处理数据的性能要求较高的问题, 通过将多个第一FlexE客户映射至一个第二FlexE客户, 降低了对节点处理数据的性能要求, 适用于FlexE环网的数据传输和组建的层次化网络的数据传输。

数据传输方法、装置及系统

本申请要求于 2017 年 09 月 28 日提交中国国家知识产权局、申请号为 201710898393.6、
申请名称为“数据传输方法、装置及系统”的中国专利申请的优先权，其全部内容通过引用结
5 合在本申请中。

技术领域

本申请涉及通信技术领域，特别涉及一种数据传输方法、装置及系统。

10 背景技术

灵活以太网 (FlexE, Flexible Ethernet) 技术是一种新出现的用于传输数据的接口技术，
该技术提供了一种通用机制来支持各种现有以太网 (Ethernet) 介质访问控制 (MAC, Media
Access Control) 信号速率的数据传输，这些以太网 MAC 信号速率可以与现有的任何以太网
物理层 (PHY) 速率不同。

15 目前，在灵活以太网技术中，一个节点的 K ($1 \leq K \leq 254$) 个时域资源为 100G 的物理
接口被绑定为一个 FlexE 组 (FlexE Group)。每个物理接口的时域资源被划分为 20 个 5G 的
时隙，一个 FlexE 组对应 $20 * K$ 个时隙。 $20 * K$ 个时隙被分为多组，一个 FlexE 客户 (FlexE
Client) 对应一组时隙，一个 FlexE 客户就是一个数据流。

然而节点在采用 FlexE 技术进行数据传输时，都是以一个 FlexE 客户为粒度对数据进行
20 传输，而一个 FlexE 客户的粒度较细，如果节点都以一个 FlexE 客户为粒度来处理数据，则
对节点处理数据的性能要求较高。

发明内容

本申请提供了一种数据传输方法、装置及系统，可以解决相关技术中 FlexE 客户的粒度
25 较细，对节点处理数据的性能要求较高的问题。所述技术方案如下：

第一方面，提供了一种数据传输方法，该方法应用于第一节点，该方法包括：第一节
点获取 m ($m \geq 2$) 个第一 FlexE 客户，再将 m 个第一 FlexE 客户映射至一个第二 FlexE 客
户，之后将第二 FlexE 客户的数据传输至第二节点，其中，每个第一 FlexE 客户的数据占用
第二 FlexE 客户的时隙是固定的，第二节点与第一节点不同。

30 在本申请中，第一节点能够将获取的多个第一 FlexE 客户映射至一个第二 FlexE 客户，
并将第二 FlexE 客户的数据传输至第二节点，而每个第一 FlexE 客户的数据占用第二 FlexE
客户的时隙是固定的。假设第二 FlexE 客户的时隙共有 5 个，这 5 个时隙的时隙标识分别是：
ST1、ST2、ST3、ST4 和 ST5，第一节点获取了 2 个第一 FlexE 客户：第一 FlexE 客户 YL1
和第一 FlexE 客户 YL2，第一节点将这 2 个第一 FlexE 客户映射至一个第二 FlexE 客户后，
35 第一 FlexE 客户 YL1 的数据占用第二 FlexE 客户的时隙标识为 ST1 和 ST2 的时隙；第一 FlexE
客户 YL2 的数据占用第二 FlexE 客户的时隙标识为 ST3、ST4 和 ST5 的时隙，在后续传输
过程中，第一 FlexE 客户 YL1 的数据占用的始终是时隙标识为 ST1 和 ST2 的时隙，第一 FlexE
客户 YL2 的数据占用的始终是时隙标识为 ST3、ST4 和 ST5 的时隙，第一 FlexE 客户 YL1
的数据和第一 FlexE 客户 YL2 的数据占用第二 FlexE 客户的时隙保持不变，便于数据恢复。

该方法通过将多个第一 FlexE 客户映射至一个第二 FlexE 客户,使得节点无需都以一个 FlexE 客户为粒度来处理数据,降低了对节点处理数据的性能要求。

5 可选的,将 m 个第一 FlexE 客户映射至一个第二 FlexE 客户,可以包括:将 m 个第一 FlexE 客户中每个第一 FlexE 客户的数据中的数据码块映射至第二 FlexE 客户的指定的时隙中,得到第二 FlexE 客户的数据码块流;在第二 FlexE 客户的数据码块流中连续添加 N 个空闲码块, N 为第二 FlexE 客户的时隙个数的整数倍。

第一节点在第二 FlexE 客户的数据码块流中连续添加 N 个空闲码块时,可以在第二 FlexE 客户的数据码块流中的任一位置连续添加该 N 个空闲码块。

10 在本申请中,由于第一节点在第二 FlexE 客户的数据码块流中连续添加 N 个空闲码块, N 为第二 FlexE 客户的时隙个数的整数倍,所以第二 FlexE 客户的时隙中每个时隙都存在 (N/l) 个空闲码块,其中, l 为第二 FlexE 客户的时隙个数。这样一来,能够保证每个第一 FlexE 客户的数据占用第二 FlexE 客户的时隙是固定的,即每个第一 FlexE 客户的数据在传输过程中所占用的第二 FlexE 客户的时隙保持不变,便于数据恢复。

15 可选的,将 m 个第一 FlexE 客户中每个第一 FlexE 客户的数据中的数据码块映射至第二 FlexE 客户的指定的时隙中,包括:按照预设排序方式对 m 个第一 FlexE 客户进行排序;按照排序顺序,将 m 个第一 FlexE 客户中每个第一 FlexE 客户的数据中的数据码块映射至第二 FlexE 客户的指定的时隙中。每个第一 FlexE 客户的数据中的数据码块按照排序顺序被映射至第二 FlexE 客户的指定的时隙中,提高了数据码块的映射效率。

20 可选的,按照预设排序方式对 m 个第一 FlexE 客户进行排序,包括:按照 m 个第一 FlexE 客户中每个第一 FlexE 客户对应的流标签的内容,对 m 个第一 FlexE 客户进行排序。

在本申请中,第一 FlexE 客户对应的流标签包括的信息可以有多种表示方式。

25 在第一种方式中,配置在第一节点的第一 FlexE 客户的流标签可以包括:用于传输该第一 FlexE 客户的数据的所有节点的节点标识,用于传输该第一 FlexE 客户的数据的任意相邻两个节点的关系信息。相邻两个节点的关系信息可以包括:该第一 FlexE 客户在用于发送该第一 FlexE 客户的数据的节点上所属的 FlexE 组的组标识,该第一 FlexE 客户的流标识,以及第一 FlexE 客户的数据占用的时隙的信息。其中,不同对相邻节点配置的该第一 FlexE 客户的流标识不同。

30 为了在节点数量较大的情况下减小该第一 FlexE 客户的流标签所需的存储空间,在第二种方式中,配置在第一节点的第一 FlexE 客户的流标签可以包括:该第一 FlexE 客户的流入节点,该第一 FlexE 客户的流出节点,用于传输该第一 FlexE 客户的数据的任意相邻两个节点的关系信息。

35 为了简化第一 FlexE 客户的流标签的信息,在第三种方式中,配置在第一节点的第一 FlexE 客户的流标签可以包括:该第一 FlexE 客户的流入节点,该第一 FlexE 客户的流出节点,该第一 FlexE 客户的流标识,以及该第一 FlexE 客户在任意相邻两个节点中用于发送该第一 FlexE 客户的数据的节点上所属的 FlexE 组的组标识。

为了进一步简化第一 FlexE 客户的流标签的信息,在第四种方式中,配置在第一节点的第一 FlexE 客户的流标签可以包括:该第一 FlexE 客户的流入节点,该第一 FlexE 客户的流出节点和该第一 FlexE 客户的流标识。其中,不同的节点配置的该第一 FlexE 客户的流标识相同。

可选的，在将 m 个第一 FlexE 客户中每个第一 FlexE 客户的数据中的数据码块映射至第二 FlexE 客户的指定的时隙中之前，该方法还可以包括：删除 p 个第一 FlexE 客户的数据中的 q 个空闲码块， $1 \leq p \leq m$ ， $q \geq 1$ 。

在本申请中，为了满足节点间的数据传输速率的要求，第一节点在将 m 个第一 FlexE 客户映射至一个第二 FlexE 客户之前，可以对 p ($1 \leq p \leq m$) 个第一 FlexE 客户的数据进行预处理，比如，可以删除 p 个第一 FlexE 客户的数据中的一些多余的空闲码块，以便于后续在第二 FlexE 客户的数据码块流中能够连续添加多个空闲码块，连续添加的该多个空闲码块用于保证第一 FlexE 客户的数据占用第二 FlexE 客户的时隙是固定的。

可选的，第一节点将第二 FlexE 客户的数据传输至第二节点，可以包括：第一节点将第二 FlexE 客户的数据发送至第三节点。然后，第三节点在检测到第二 FlexE 客户的数据码块流中连续存在 N 个空闲码块时，删除 N 个空闲码块，第三节点为传输第二 FlexE 客户的数据时，第一节点和第二节点之间的节点。之后，第三节点在将处理后的第二 FlexE 客户传输至第二节点时，在处理后的第二 FlexE 客户的数据码流中连续添加 N 个空闲码块。

第三节点执行的空闲码块添加操作与第一节点执行的空闲码块添加操作可以相同，也可以不同，例如，为了保证数据正常传输，完成速率匹配，第三节点可以按照实际需求来增加或删除少量的空闲码块。

可选的，第一节点和第二节点为 FlexE 环网中的节点，FlexE 环网包括多个节点，多个节点形成工作路径和保护路径，工作路径和保护路径均为可双向传输的路径，第一 FlexE 客户为工作 FlexE 客户，第二 FlexE 客户为保护 FlexE 客户，相应的，获取 m 个第一 FlexE 客户可以包括：在检测到工作路径上距离第一节点最近的一个元素出现故障时，获取待向工作路径上的下一节点发送的 m 个工作 FlexE 客户，元素为节点或链路。

可选的，将第二 FlexE 客户的数据传输至第二节点，包括：沿保护路径将保护 FlexE 客户的数据传输至第二节点，第二节点为靠近出现故障的元素的节点。

在本申请中，当第一节点检测到 FlexE 环网中的工作路径上距离第一节点最近的一个元素出现故障时，第一节点能够将待向工作路径上的下一节点发送的 m 个工作 FlexE 客户映射至一个保护 FlexE 客户，每个工作 FlexE 客户的数据占用保护 FlexE 客户的时隙是固定的。之后，第一节点沿着 FlexE 环网中的保护路径将保护 FlexE 客户的数据传输至第二节点，第二节点为靠近出现故障的元素的节点，该过程降低了对节点处理数据的性能要求，还避免了当工作路径出现故障时业务发生中断，提高了数据传输的可靠性，为 FlexE 技术提供了一种可靠的环网保护方式。

可选的，第一节点和第二节点为基于 FlexE 的层次化网络中的节点。该数据传输方法通过将多个第一 FlexE 客户映射至一个第二 FlexE 客户，对 FlexE 客户进行多级映射，使得节点无需都以一个 FlexE 客户为粒度来处理数据，减少了节点需要处理的细粒度的 FlexE 客户的数量，降低了对节点处理数据的性能要求，达到了构建层次化的大规模网络的效果。

可选的，当 $m \geq 3$ 时，第一节点可以执行多次映射操作，相应的，第一节点将 m 个第一 FlexE 客户映射至一个第二 FlexE 客户，可以包括：第一节点对 m 个第一 FlexE 客户执行多次映射操作，以将 m 个第一 FlexE 客户映射至一个第二 FlexE 客户。比如第一节点可以基于先分组再映射的方式对 m 个第一 FlexE 客户执行多次映射操作。

当第一节点和第二节点为基于 FlexE 的层次化网络中的节点时，可选的，第一 FlexE

客户对应的流标签也可以包括：第一 FlexE 客户的流标识和第一 FlexE 客户的数据的大小。不同的节点所配置的第一 FlexE 客户的流标识相同。

第二方面，提供了一种数据传输方法，该方法应用于第二节点，该方法包括：第二节点接收第一节点传输的第二 FlexE 客户的数据，第二 FlexE 客户是第一节点将获取的 m 个第一 FlexE 客户进行映射后得到的，每个第一 FlexE 客户的数据占用第二 FlexE 客户的时隙是固定的，第一节点与第二节点不同， $m \geq 2$ 。之后，第二节点再对第二 FlexE 客户的数据执行转发操作或恢复操作。

该方法通过将多个第一 FlexE 客户映射至一个第二 FlexE 客户，使得节点无需都以一个 FlexE 客户为粒度来处理数据，降低了对节点处理数据的性能要求。

10 可选的，第一节点和第二节点为 FlexE 环网中的节点，FlexE 环网包括多个节点，多个节点形成工作路径和保护路径，工作路径和保护路径均为可双向传输的路径，第一 FlexE 客户为工作 FlexE 客户，第二 FlexE 客户为保护 FlexE 客户。

相应的，接收第一节点传输的第二 FlexE 客户的数据，可以包括：接收第一节点沿保护路径传输的保护 FlexE 客户的数据，该保护 FlexE 客户是第一节点在检测到工作路径上距离第一节点最近的一个元素出现故障时，将待向工作路径上的下一节点发送的 m 个工作 FlexE 客户进行映射后得到的，元素为节点或链路。

对第二 FlexE 客户的数据执行转发操作或恢复操作，包括：将保护 FlexE 客户恢复为 m 个工作 FlexE 客户。

20 在将保护 FlexE 客户恢复为 m 个工作 FlexE 客户之后，该方法还可以包括：对 m 个工作 FlexE 客户中每个工作 FlexE 客户的数据执行目标操作，目标操作为转发操作或丢弃操作。

可选的，将保护 FlexE 客户恢复为 m 个工作 FlexE 客户，可以包括：当检测到保护 FlexE 客户的数据码块流中连续存在 N 个空闲码块时，删除 N 个空闲码块， N 为保护 FlexE 客户的时隙个数的整数倍；按照每个工作 FlexE 客户的数据中的数据码块的位置，恢复出 m 个工作 FlexE 客户。

25 在本申请中，当第一节点检测到 FlexE 环网中的工作路径上距离第一节点最近的一个元素出现故障时，第一节点将待向工作路径上的下一节点发送的 m 个工作 FlexE 客户映射至一个保护 FlexE 客户，每个工作 FlexE 客户的数据占用保护 FlexE 客户的时隙是固定的。之后，第一节点沿着 FlexE 环网中的保护路径将保护 FlexE 客户的数据传输至第二节点，第二节点为靠近出现故障的元素的节点。第二节点接收第一节点传输的保护 FlexE 客户的数据，再将保护 FlexE 客户恢复为 m 个工作 FlexE 客户，之后对 m 个工作 FlexE 客户中每个工作 FlexE 客户的数据执行转发操作或丢弃操作，该过程降低了对节点处理数据的性能要求，还避免了当工作路径出现故障时业务发生中断，因此，提高了数据传输的可靠性，为 FlexE 技术提供了一种可靠的环网保护方式。

35 可选的，对 m 个工作 FlexE 客户中每个工作 FlexE 客户的数据执行目标操作，包括：对于每个工作 FlexE 客户：当基于工作 FlexE 客户对应的流标签检测到工作 FlexE 客户的数据不经过第二节点时，对工作 FlexE 客户的数据执行丢弃操作；当基于工作 FlexE 客户对应的流标签检测到工作 FlexE 客户的数据经过第二节点时，对工作 FlexE 客户的数据执行转发操作。其中，工作 FlexE 客户对应的流标签用于指示工作 FlexE 客户的数据在工作路径上的

转发路径。

为了简化第一 FlexE 客户的流标签的信息，工作 FlexE 客户对应的流标签可以包括：工作 FlexE 客户的流入节点，工作 FlexE 客户的流出节点和工作 FlexE 客户的流标识。其中，不同的节点配置的工作 FlexE 客户的流标识相同。

5 可选的，第一节点和第二节点为基于 FlexE 的层次化网络中的节点，相应的，对第二 FlexE 客户的数据执行转发操作或恢复操作，包括：对第二 FlexE 客户的数据执行转发操作。对第二 FlexE 客户的数据执行转发操作可以包括：将第二 FlexE 客户和接收到的另一节点传输的另一第二 FlexE 客户映射至第三 FlexE 客户，另一第二 FlexE 客户是该另一节点将获取的 m 个第一 FlexE 客户进行映射后得到的，其中，第二 FlexE 客户的数据和另一第二
10 FlexE 客户的数据占用第三 FlexE 客户的时隙是固定的；将第三 FlexE 客户的数据传输至下一节点。

进一步的，当下一节点接收到第二节点传输的第三 FlexE 客户的数据后，需要将第三 FlexE 客户恢复为多个第二 FlexE 客户时，该下一节点可以基于第二 FlexE 客户的数据的大小和第二 FlexE 客户被映射至第三 FlexE 客户的顺序，恢复出多个第二 FlexE 客户。其中，
15 该下一节点可以基于配置在本节点的第一 FlexE 客户对应的流标签得到第二 FlexE 客户的数据的大小。比如第一 FlexE 客户对应的流标签包括：第一 FlexE 客户的流标识和第一 FlexE 客户的数据的大小。

该数据传输方法通过将多个第一 FlexE 客户映射至一个第二 FlexE 客户，对 FlexE 客户进行多级映射，使得节点无需都以一个 FlexE 客户为粒度来处理数据，减少了节点需要处理的细粒度的 FlexE 客户的数量，降低了对节点处理数据的性能要求，达到了构建层次化的大规模网络的效果。

第三方面，提供了一种数据传输装置，应用于第一节点，该数据传输装置包括至少一个模块，至少一个模块用于实现上述第一方面所述的数据传输方法。

25 第四方面，提供了一种数据传输装置，应用于第二节点，该数据传输装置包括至少一个模块，至少一个模块用于实现上述第二方面所述的数据传输方法。

第五方面，提供了一种数据传输装置，应用于第一节点，该数据传输装置包括：处理器、存储器、网络接口和总线。其中，总线用于连接处理器、存储器和网络接口。网络接口用于实现第一节点与其他节点之间的通信连接。处理器用于执行存储器中存储的程序来实现第一方面所述的数据传输方法。

30 第六方面，提供了一种计算机可读存储介质，该计算机可读存储介质中存储有指令，当该计算机可读存储介质在计算机上运行时，使得计算机执行第一方面所述的数据传输方法。

第七方面，提供了一种包含指令的计算机程序产品，当该计算机程序产品在计算机上运行时，使得计算机执行第一方面所述的数据传输方法。

35 第八方面，提供了一种数据传输装置，应用于第二节点，该数据传输装置包括：处理器、存储器、网络接口和总线。其中，总线用于连接处理器、存储器和网络接口。网络接口用于实现第二节点与其他节点之间的通信连接。处理器用于执行存储器中存储的程序来实现第二方面所述的数据传输方法。

第九方面，提供了一种计算机可读存储介质，该计算机可读存储介质中存储有指令，

当该计算机可读存储介质在计算机上运行时，使得计算机执行第二方面所述的数据传输方法。

第十方面，提供了一种包含指令的计算机程序产品，当该计算机程序产品在计算机上运行时，使得计算机执行第二方面所述的数据传输方法。

5 第十一方面，提供了一种数据传输系统，包括第一节点和第二节点。

第一节点包括第三方面所述的数据传输装置，所述第二节点包括第四方面所述的数据传输装置；

或者，所述第一节点包括第五方面所述的数据传输装置，所述第二节点包括第八方面所述的数据传输装置。

10 上述第三方面、第五方面、第六方面及第七方面所获得的技术效果与第一方面中对应的技术手段所获得的技术效果近似，在这里不再赘述。

上述第四方面、第八方面、第九方面及十方面所获得的技术效果与第二方面中对应的技术手段所获得的技术效果近似，在这里不再赘述。

本申请提供的技术方案带来的有益效果是：

15 由于第一节点能够将获取的多个第一 FlexE 客户映射至一个第二 FlexE 客户，并将第二 FlexE 客户的数据传输至第二节点，第二节点与第一节点不同，每个第一 FlexE 客户的数据占用第二 FlexE 客户的时隙是固定的，使得节点无需都以一个 FlexE 客户为粒度来处理数据，减少了节点需要处理的细粒度的 FlexE 客户的数量，降低了对节点处理数据的性能要求。

20 附图说明

图 1-1 是本发明实施例所涉及的实施环境示意图；

图 1-2 是本发明实施例所涉及的 FlexE 环网的示意图；

图 1-3 是本发明实施例所涉及的基于 FlexE 的层次化网络的示意图；

图 2-1 是本发明实施例提供的一种数据传输方法的流程图；

25 图 2-2 是相关技术中节点传输第一 FlexE 客户的数据的示意图；

图 2-3 是本发明实施例提供的一种将 m 个第一 FlexE 客户映射至一个第二 FlexE 客户的流程图；

图 2-4 是本发明实施例提供的一种将每个第一 FlexE 客户的数据中的数据码块映射至第二 FlexE 客户的指定的时隙中的流程图；

30 图 2-5 是本发明实施例提供的一种第一节点配置的第一 FlexE 客户的流标签的示意图；

图 2-6 是本发明实施例提供的一种第二 FlexE 客户的数据码块流的示意图；

图 2-7 是本发明实施例提供的一种传输第二 FlexE 客户的数据的流程图；

图 2-8 是本发明实施例提供的一种第一节点发送第二 FlexE 客户的数据的示意图；

图 2-9 是本发明实施例提供的另一种第一节点发送第二 FlexE 客户的数据的示意图；

35 图 2-10 是本发明实施例提供的又一种第一节点发送第二 FlexE 客户的数据的示意图；

图 2-11 是本发明实施例提供的再一种第一节点发送第二 FlexE 客户的数据的示意图；

图 3-1 是本发明实施例提供的另一种数据传输方法的流程图；

图 3-2 是本发明实施例提供的恢复出 m 个第一 FlexE 客户的流程图；

图 3-3 是本发明实施例提供的存在故障节点的 FlexE 环网的结构示意图；

- 图 4-1 是本发明实施例提供的又一种数据传输方法的流程图；
- 图 4-2 是本发明实施例提供的一种对第二 FlexE 客户的数据执行转发操作的流程图；
- 图 5-1 是本发明实施例提供的一种数据传输装置的结构示意图；
- 图 5-2 是本发明实施例提供的一种映射模块的结构示意图；
- 5 图 5-3 是本发明实施例提供的一种映射子模块的结构示意图；
- 图 6-1 是本发明实施例提供的另一种数据传输装置的结构示意图；
- 图 6-2 是本发明实施例提供的一种第一处理模块的结构示意图；
- 图 6-3 是本发明实施例提供的又一种数据传输装置的结构示意图；
- 图 6-4 是本发明实施例提供的又一种第一处理模块的结构示意图；
- 10 图 7 是本发明实施例提供的再一种数据传输装置的结构示意图。

具体实施方式

为使本申请的目的、技术方案和优点更加清楚，下面将结合附图对本申请实施方式作进一步地详细描述。

15 为了使读者更加深刻地理解本申请，现对 FlexE 技术做一简单说明。在 FlexE 技术中，可以对一个节点的 $K(1 \leq K \leq 254)$ 个时域资源为 100G 的物理接口进行绑定，得到一个 FlexE 组，一个节点可以配置至少一个 FlexE 组。K 个物理接口中每个物理接口的时域资源被划分为 20 个 5G 的时隙，一个 FlexE 组对应 $20 * K$ 个时隙。20 * K 个时隙被分为多组，一组时隙用于传输一个 FlexE 客户的数据，一个 FlexE 客户就是一个数据流。示例的，每组时隙可以
20 包括 1 个时隙，也可以包括 2 个时隙，还可以包括 5 个时隙等。

比如，对节点 P 的一个物理接口（即 K 等于 1）进行绑定，得到一个 FlexE 组，该 FlexE 组的组标识为 P1，该 FlexE 组对应 20 个时隙，这 20 个时隙被划分为 2 组，每组时隙包括 10 个时隙。其中，第一组时隙用于传输流标识为 YL1 的 FlexE 客户的数据，第二组时隙用于传输流标识为 YL2 的 FlexE 客户的数据。节点 P 上存储有节点标识、FlexE 组的组标识、
25 时隙标识和 FlexE 客户的流标识的对应关系，其中，对于节点 P 来说，节点标识用于唯一标识节点，FlexE 组的组标识用于唯一标识 FlexE 组，FlexE 客户的流标识用于唯一标识 FlexE 客户。示例的，时隙标识用于唯一指示一个时隙，时隙标识可以为时隙的编号。示例的，该对应关系可以如表 1 所示，参见表 1，时隙标识为 1~10 的时隙用于传输流标识为 YL1 的 FlexE 客户的数据，时隙标识为 11~20 的时隙用于传输流标识为 YL2 的 FlexE 客户的数据。
30 数据。

表 1

| 节点标识 | FlexE 组的组标识 | 时隙标识 | FlexE 客户的流标识 |
|------|-------------|-------------------------------|--------------|
| P | P1 | 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10 | YL1 |
| | | 11,12,13,14,15,16,17,18,19,20 | YL2 |

图 1-1 是本发明各个实施例所涉及的实施环境示意图，如图 1-1 所示，该实施环境可以包括第一节点 001 和第二节点 002。第一节点 001 和第二节点 002 均为支持 FlexE 技术的设备。示例的，第一节点和第二节点可以为交换机或路由器等。本发明实施例对第一节点
35 和第二节点的数量不做限定。

示例的，第一节点和第二节点可以为 FlexE 环网中的节点，如图 1-2 所示，FlexE 环网

可以包括多个节点，多个节点形成工作路径 WP 和保护路径 PP，工作路径 WP 和保护路径 PP 均为可双向传输的路径。第一节点可以为节点 A，第二节点可以为节点 D。图 1-2 示例性示出了 2 条工作路径 WP，1 条保护路径 PP，工作路径 WP 用实线表示，保护路径 PP 用虚线表示。

5 对于 FlexE 环网来说，保护倒换是一个非常重要的环节，保护倒换指的是在通信系统中，为了保证数据传输的可靠性，当用于传输数据的工作路径出现故障时通过保护路径传输数据，以避免业务中断。相关技术中，常采用环网保护方式来实现保护倒换，目前的环网保护方式仅适用于层次化结构的网络技术，比如多协议标签交换-传送子集（Multiprotocol Label Switching- Transport Profile, MPLS-TP），光传送网（Optical Transport Network, OTN）
10 等。而由于 FlexE 技术中的 FlexE 客户与 FlexE 客户不存在嵌套关系，所以 FlexE 技术不是一种层次化结构的网络技术，是一种扁平化结构的网络技术，因此亟需一种适用于 FlexE 技术的环网保护方式。

而在本申请中，当 FlexE 环网中的某一节点检测到工作路径上距离本节点最近的一个元素（元素可以为节点或链路）出现故障时，能够将待向工作路径上的下一节点发送的多个工作 FlexE 客户映射至一个保护 FlexE 客户，然后沿着保护路径对该保护 FlexE 客户的数据进行传输。所以本申请提供了一种适用于 FlexE 技术的环网保护方式。

示例的，在图 1-2 中，节点 A 与节点 D 之间的链路出现了故障。当节点 A 检测到工作路径 WP 上节点 A 与节点 D 之间的链路出现故障时，节点 A 能够将待向工作路径 WP 上的节点 D 发送的 2 个工作 FlexE 客户映射至一个保护 FlexE 客户，然后沿着保护
20 路径 PP 将该保护 FlexE 客户的数据传输至靠近故障链路的节点 D。

示例的，第一节点和第二节点也可以为基于 FlexE 的层次化网络中的节点，如图 1-3 所示，基于 FlexE 的层次化网络可以包括多个节点，多个节点为层级结构。比如，第一节点可以为第一级的节点 G、节点 A、节点 B 和节点 C，第二节点可以为第二级的节点 D 和节点 E。比如节点 B 可以将多个第一 FlexE 客户映射至一个第二 FlexE 客户，然后将该第二
25 FlexE 客户的数据传输至节点 E。节点 C 将多个第一 FlexE 客户映射至一个第二 FlexE 客户，然后将该第二 FlexE 客户的数据传输至节点 E。之后，节点 E 再将 2 个第二 FlexE 客户映射至一个第三 FlexE 客户，再将该第三 FlexE 客户的数据传输至节点 F。同样的，节点 F 也可以对多个第三 FlexE 进行映射，然后进行传输。这种多层次的 FlexE 客户的映射方式无需节点都以一个 FlexE 客户为粒度来处理数据。

30 本发明实施例对第一节点和第二节点的应用场景不做限定。

图 2-1 是本发明实施例提供的一种数据传输方法的流程图，该方法可以应用于图 1-1 所示的实施环境中，如图 2-1 所示，该方法可以包括：

步骤 201、第一节点获取 m 个第一 FlexE 客户， $m \geq 2$ 。

35 示例的，第一节点可以为交换机、路由器等支持 FlexE 技术的设备。为了同时传输多个第一 FlexE 客户的数据，第一节点先获取多个第一 FlexE 客户。一个 FlexE 客户是一个数据流。

步骤 202、第一节点将 m 个第一 FlexE 客户映射至一个第二 FlexE 客户，其中，每个第一 FlexE 客户的数据占用第二 FlexE 客户的时隙是固定的。

假设第二 FlexE 客户的时隙共有 x ($x \geq 2$) 个, x 个时隙中每个时隙有一个时隙标识。每个第一 FlexE 客户的数据占用第二 FlexE 客户的时隙是固定的,也就是说,每个第一 FlexE 客户的数据占用的时隙的时隙标识是保持不变的。假设第二 FlexE 客户的时隙共有 5 个,这 5 个时隙的时隙标识分别是: ST1、ST2、ST3、ST4 和 ST5,第一节点获取了 2 个第一 FlexE 客户: 第一 FlexE 客户 YL1 和第一 FlexE 客户 YL2,第一节点将这 2 个第一 FlexE 客户映射至一个第二 FlexE 客户后,第一 FlexE 客户 YL1 的数据占用第二 FlexE 客户的时隙标识为 ST1 和 ST2 的时隙,也即是,第一 FlexE 客户 YL1 的数据占用第二 FlexE 客户的前两个时隙;第一 FlexE 客户 YL2 的数据占用第二 FlexE 客户的时隙标识为 ST3、ST4 和 ST5 的时隙,也即是,第一 FlexE 客户 YL2 的数据占用第二 FlexE 客户的后三个时隙。在后续传输过程中,第一 FlexE 客户 YL1 的数据占用的始终是时隙标识为 ST1 和 ST2 的时隙,第一 FlexE 客户 YL2 的数据占用的始终是时隙标识为 ST3、ST4 和 ST5 的时隙,第一 FlexE 客户 YL1 的数据和第一 FlexE 客户 YL2 的数据占用第二 FlexE 客户的时隙保持不变,便于数据恢复。

需要说明的是,相关技术中,节点之间的时钟总会存在偏差,通常,该偏差为一百万分之一百 (100Parts Per Million, 100ppm)。时钟与数据发送速率相对应。例如,节点 L1、节点 L2 和节点 L3 依次连接,节点 L2 的数据发送速率是 10Gbps (千兆比特每秒),那么节点 L1 的数据发送速率可能是 (10Gbps+100ppm),节点 L3 的数据发送速率可能是 (10Gbps-100ppm)。因此,当节点 L1 通过节点 L2 一直向节点 L3 发送第一 FlexE 客户的数据时,由于节点 L1 的数据发送速率均大于节点 L2 的数据发送速率和节点 L3 的数据发送速率,所以为了保证节点 L2 能及时将待发送数据发送至节点 L3,避免节点 L2 上很快有较多数据发送不出去,节点 L2 需要执行速率调整操作。比如,节点 L2 在执行速率调整操作时,可以删除数据中的一些多余的空闲 (IDLE) 码块来提高数据传输的速率。同样的,当节点 L1 的数据发送速率是 (10G bps - 100ppm),节点 L3 的数据发送速率是 (10G bps +100ppm) 时,为保证数据正常传输,节点 L2 也需要执行速率调整操作,比如,节点 L2 在当前待传输的第一 FlexE 客户的数据中可以添加一些空闲码块来降低数据传输的速率。然而这种为调整速率而进行的空闲码块添加或空闲码块删除的操作会增大第一 FlexE 客户的数据在传输过程中占用的时隙的不确定性,也即是,第一 FlexE 客户的数据中的数据码块在不同时间段会出现在不同的时隙上,这样一来,增大了数据恢复的难度。

图 2-2 示例性示出了节点 L1、节点 L2 和节点 L3 传输第一 FlexE 客户 YL1 的数据的示意图。假设节点 L1 的数据发送速率小于节点 L2 的数据发送速率,节点 L2 的数据发送速率小于节点 L3 的数据发送速率,且第一 FlexE 客户 YL1 的数据包括 6 个数据码块: K1、K2、K3、K4、K5 和 K6。节点 L1 向节点 L2 发送第一 FlexE 客户 YL1 的数据时,由于节点 L1 的数据发送速率小于节点 L2 的数据发送速率,所以节点 L1 可以在 6 个数据码块中添加 2 个空闲码块,第一个空闲码块位于 K2 和 K3 之间,第二个空闲码块位于 K6 之后。节点 L1 上处理后的第一 FlexE 客户 YL1 的数据通过 2 个时隙被发送至节点 L2,其中, K1、第一个空闲码块、K4 和 K6 占用 1 个时隙, K2、K3、K5 和第二个空闲码块占用 1 个时隙。节点 L2 接收到处理后的第一 FlexE 客户 YL1 的数据时,先删除该数据中的 2 个空闲码块,然后在向节点 L3 发送 6 个数据码块时,由于节点 L2 的数据发送速率小于节点 L3 的数据发送速率,节点 L2 可以在 6 个数据码块中添加 2 个空闲码块,第一个空闲码块位于 K3 和 K4 之

间，第二个空闲码块位于 K6 之后，节点 L2 上处理后的第一 FlexE 客户 YL1 的数据通过 2 个时隙进行传输，其中，K1、K3、K4 和 K6 占用 1 个时隙，K2、第一个空闲码块、K5 和第二个空闲码块占用 1 个时隙。在该过程中，节点 L1 和节点 L2 都对第一 FlexE 客户 YL1 的数据执行了空闲码块添加操作，且添加的空闲码块的位置不同，第一 FlexE 客户 YL1 的数据中的数据码块在传输过程中占用的时隙发生了变化。

而在本发明实施例中，节点在传输多个第一 FlexE 客户的数据时，将多个第一 FlexE 客户映射至一个第二 FlexE 客户，且每个第一 FlexE 客户的数据占用第二 FlexE 客户的时隙是固定的，即每个第一 FlexE 客户的数据在传输过程中所占用的第二 FlexE 客户的时隙保持不变，这样一来，便于数据恢复。

10 可选的，如图 2-3 所示，步骤 202 可以包括：

步骤 2021、第一节点删除 p 个第一 FlexE 客户的数据中的 q 个空闲码块， $1 \leq p \leq m$ ， $q \geq 1$ 。

为了满足节点间的数据传输速率的要求，第一节点在将 m 个第一 FlexE 客户映射至一个第二 FlexE 客户之前，可以对 p ($1 \leq p \leq m$) 个第一 FlexE 客户的数据进行预处理，比如，可以删除 p 个第一 FlexE 客户的数据中的一些多余的空闲码块，以便于后续在第二 FlexE 客户的数据码块流中能够连续添加多个空闲码块，连续添加的该多个空闲码块用于保证第一 FlexE 客户的数据占用第二 FlexE 客户的时隙是固定的。

第一节点删除 p 个第一 FlexE 客户的数据中的空闲码块时，是分别针对每个第一 FlexE 客户的数据中的 q 个空闲码块进行删除。假设 m 等于 5， p 等于 2， q 等于 1，那么第一节点可以删除 2 个第一 FlexE 客户的数据中的空闲码块，且对于每个第一 FlexE 客户的数据，删除 1 个空闲码块。

步骤 2021 为可选步骤。当 m 个第一 FlexE 客户的数据中原有的空闲码块较少时，第一节点则可以不执行步骤 2021。

步骤 2022、第一节点将 m 个第一 FlexE 客户中每个第一 FlexE 客户的数据中的数据码块映射至第二 FlexE 客户的指定的时隙中，得到第二 FlexE 客户的数据码块流。

25 可选的，如图 2-4 所示，步骤 2022 中，第一节点将 m 个第一 FlexE 客户中每个第一 FlexE 客户的数据中的数据码块映射至第二 FlexE 客户的指定的时隙中，可以包括：

步骤 2022a、第一节点按照预设排序方式对 m 个第一 FlexE 客户进行排序。

在将每个第一 FlexE 客户的数据中的数据码块映射至第二 FlexE 客户的指定的时隙中时，可以对 m 个第一 FlexE 客户进行排序，然后基于排序顺序，依次将每个第一 FlexE 客户的数据中的数据码块映射至第二 FlexE 客户的指定的时隙中。

可选的，步骤 2022a 可以包括：按照 m 个第一 FlexE 客户中每个第一 FlexE 客户对应的流标签的内容，对 m 个第一 FlexE 客户进行排序。

35 通过第一 FlexE 客户对应的流标签可以标识第一 FlexE 客户。第一节点配置有第一 FlexE 客户对应的流标签。第一 FlexE 客户对应的流标签可以用于指示第一 FlexE 客户的数据的转发路径。

第一 FlexE 客户对应的流标签包括的信息可以有多种表示方式，现以以下几种方式为例进行说明。

在第一种方式中，配置在第一节点的第一 FlexE 客户的流标签可以包括：用于传输该第一 FlexE 客户的数据的所有节点的节点标识，用于传输该第一 FlexE 客户的数据的任意相邻

两个节点的关系信息。

为了能够完全标识任意相邻两个节点之间的第一 FlexE 客户，对于某一对相邻两个节点来说，该相邻两个节点的关系信息可以包括：该第一 FlexE 客户在用于发送该第一 FlexE 客户的数据的节点上所属的 FlexE 组的组标识，该第一 FlexE 客户的流标识，以及第一 FlexE 客户的数据占用的时隙的信息。其中，不同对相邻节点配置的该第一 FlexE 客户的流标识不同。比如，配置在第一节点上的某一第一 FlexE 客户的流标识为 YL111，配置在第三节点上的第一 FlexE 客户的流标识为 YL222。示例的，节点标识可以为节点的媒体访问控制(Media Access Control, MAC) 地址或互联网协议(Internet Protocol, IP) 地址。

可选的，还可以给每个节点赋予一个节点编号，节点标识也可以为对应节点的节点编号。时隙的信息可以为该第一 FlexE 客户的数据占用的时隙的时隙标识，示例的，时隙标识可以为时隙的编号，或者可以为用于指示时隙的位置的信息等，时隙的位置可以采用位图文件(bitmap) 的形式来表示。

示例的，如图 2-5 所示，某一第一 FlexE 客户从第一节点 001 通过第三节点 003 传输至第二节点 002，配置在第一节点 001 上的该第一 FlexE 客户的流标识为 YL111，配置在第三节点上的该第一 FlexE 客户的流标识为 YL222，配置在第二节点上的该第一 FlexE 客户的流标识为 YL333。第一节点 001 配置有 2 个 FlexE 组，该第一 FlexE 客户所属的 FlexE 组的组标识为 GP1，该第一 FlexE 客户在第一节点 001 和第三节点 003 之间占用的时隙的时隙标识为 1,2 和 3。第三节点 003 配置有 2 个 FlexE 组，该第一 FlexE 客户所属的 FlexE 组的组标识为 GP3，该第一 FlexE 客户在第三节点 003 和第二节点 002 之间占用的时隙的时隙标识为 7,8,和 9。那么配置在第一节点 001 的该第一 FlexE 客户的流标签可以包括：第一节点 001 的节点标识 001、第三节点 003 的节点标识 003 和第二节点 002 的节点标识 002，第一节点 001 和第三节点 003 的关系信息：该第一 FlexE 客户所属的 FlexE 组的组标识 GP1，该第一 FlexE 客户的流标识 YL111，以及该第一 FlexE 客户的数据占用的时隙的时隙标识 1,2 和 3，第三节点 003 和第二节点 002 的关系信息：该第一 FlexE 客户所属的 FlexE 组的组标识 GP3，该第一 FlexE 客户的流标识 YL222，以及该第一 FlexE 客户的数据占用的时隙的时隙标识 7,8,和 9。

由于基于第一 FlexE 客户的流入节点，流出节点以及任意相邻两个节点的关系信息可以得到该第一 FlexE 客户流入节点和流出节点之间的节点，所以为了在节点数量较大的情况下减小该第一 FlexE 客户的流标签所需的存储空间，在第二种方式中，配置在第一节点的第一 FlexE 客户的流标签可以包括：该第一 FlexE 客户的流入节点，该第一 FlexE 客户的流出节点，用于传输该第一 FlexE 客户的数据的任意相邻两个节点的关系信息。

可选的，不同的节点配置的第一 FlexE 客户的流标识可以相同，比如，配置在第一节点上的某一第一 FlexE 客户的流标识为 YL111，配置在第三节点上的第一 FlexE 客户的流标识仍为 YL111。为了进一步简化第一 FlexE 客户的流标签的信息，在第三种方式中，配置在第一节点的第一 FlexE 客户的流标签可以包括：该第一 FlexE 客户的流入节点，该第一 FlexE 客户的流出节点，该第一 FlexE 客户的流标识，以及该第一 FlexE 客户在任意相邻两个节点中用于发送该第一 FlexE 客户的数据的节点上所属的 FlexE 组的组标识。

参见表 1，由于 FlexE 组的组标识、时隙标识和 FlexE 客户的流标识存在对应关系，所以，在第一 FlexE 客户的流标签包括该第一 FlexE 客户所属的 FlexE 组的组标识和该第一

FlexE 客户的流标识的情况下，可以基于该第一 FlexE 客户所属的 FlexE 组的组标识和该第一 FlexE 客户的流标识得到该第一 FlexE 客户的数据占用的时隙的信息，因此，在第三种方式中，第一 FlexE 客户的流标签可以不包括该第一 FlexE 客户的数据占用的时隙的信息。

5 由于第一 FlexE 客户所属的 FlexE 组的组标识在对节点进行初始配置时已经配置好了，所以为进一步简化第一 FlexE 客户的流标签的信息，在第四种方式中，配置在第一节点的第一 FlexE 客户的流标签可以包括：该第一 FlexE 客户的流入节点，该第一 FlexE 客户的流出节点和该第一 FlexE 客户的流标识。其中，不同的节点配置的第一 FlexE 客户的流标识相同。

10 在本发明实施例中，按照 m 个第一 FlexE 客户中每个第一 FlexE 客户对应的流标签的内容，对该 m 个第一 FlexE 客户进行排序的方式有多种，比如，可以基于第一 FlexE 客户对应的流标签的内容的表示形式，对该 m 个第一 FlexE 客户进行排序。

15 示例的，当第一 FlexE 客户对应的流标签的内容的表示形式为字符串时，第一节点可以按照 m 个第一 FlexE 客户中每个第一 FlexE 客户对应的流标签所包含的字符串的大小，对 m 个第一 FlexE 客户进行排序，通常可以基于字符串相应位字符的 ASCII 码值来比较字符串的大小。假设 m 等于 2，第一 FlexE 客户 YL1 对应的流标签为 bdcdfds，第一 FlexE 客户 YL2 对应的流标签为 abckjhnd，从左至右对两个字符串的每一位字符进行比较，由于 bdcdfds 的第一位为 b，abckjhnd 的第一位为 a，b 的 ASCII 码值大于 a 的 ASCII 码值，所以 bdcdfds 大于 abckjhnd，因此，第一节点对第一 FlexE 客户 YL1 和第一 FlexE 客户 YL2 进行排序后的排序结果是第一 FlexE 客户 YL1 为第一名，第一 FlexE 客户 YL2 为第二名。

20 示例的，当第一 FlexE 客户对应的流标签内容的表示形式为二进制数时，第一节点可以按照 m 个第一 FlexE 客户中每个第一 FlexE 客户对应的流标签所包含的二进制数的大小，对 m 个第一 FlexE 客户进行排序。假设 m 等于 2，第一 FlexE 客户 YL1 对应的流标签为 010111，第一 FlexE 客户 YL2 对应的流标签为 101010，由于 010111 的位数和 101010 的位数相同，且从左至右比较，010111 的第一位为 0，101010 的第一位为 1，所以 010111 小于 101010，因此，第一节点对第一 FlexE 客户 YL1 和第一 FlexE 客户 YL2 进行排序后的排序结果是第一 FlexE 客户 YL2 为第一名，第一 FlexE 客户 YL1 为第二名。

步骤 2022b、第一节点按照排序顺序，将 m 个第一 FlexE 客户中每个第一 FlexE 客户的数据中的数据码块映射至第二 FlexE 客户的指定的时隙中。

30 每个第一 FlexE 客户的数据中的数据码块按照排序顺序被映射至第二 FlexE 客户的指定的时隙中，提高了数据码块的映射效率。

35 假设在步骤 2022a 中，m 等于 2，第一节点按照 2 个第一 FlexE 客户（包括第一 FlexE 客户 YL1 和第一 FlexE 客户 YL2）中每个第一 FlexE 客户对应的流标签所包含的字符串的大小，对这 2 个第一 FlexE 客户进行排序，排序后的排序结果是第一 FlexE 客户 YL1 为第一名，第一 FlexE 客户 YL2 为第二名。假设第二 FlexE 客户的时隙共有 5 个，这 5 个时隙的时隙标识分别是：ST1、ST2、ST3、ST4 和 ST5，那么在步骤 2022b 中，第一节点将第一 FlexE 客户 YL1 的数据中的数据块映射至第二 FlexE 客户的时隙标识为 ST1 和 ST2 的时隙，将第一 FlexE 客户 YL2 的数据中的数据块映射至第二 FlexE 客户的时隙标识为 ST3、ST4 和 ST5 的时隙，也即是，第一 FlexE 客户 YL1 的数据占用第二 FlexE 客户的前两个时隙，第一 FlexE 客户 YL2 的数据占用第二 FlexE 客户的后三个时隙。

步骤 2023、第一节点在第二 FlexE 客户的数据码块流中连续添加 N 个空闲码块，N 为第二 FlexE 客户的时隙个数的整数倍。

第一节点在第二 FlexE 客户的数据码块流中连续添加 N 个空闲码块时，可以在第二 FlexE 客户的数据码块流中的任一位置连续添加该 N 个空闲码块。本发明实施例对 N 个空闲码块的添加位置不作限定。

假设 m 等于 2，第二 FlexE 客户的时隙共有 5 个，第一 FlexE 客户 YL1 的数据中的数据码块为 K1、K2、K3 和 K4，第一节点将第一 FlexE 客户 YL1 的数据中的数据码块映射至第二 FlexE 客户的前两个时隙，其中，K1 和 K3 被映射至第二 FlexE 客户的第一个时隙，K2 和 K4 被映射至第二 FlexE 客户的第二个时隙；第一 FlexE 客户 YL2 的数据中的数据码块为 K5、K6、K7、K8、K9 和 K10，第一节点将第一 FlexE 客户 YL2 的数据中的数据码块映射至第二 FlexE 客户的后三个时隙，其中，K5 和 K8 被映射至第二 FlexE 客户的第三个时隙，K6 和 K9 被映射至第二 FlexE 客户的第四个时隙，K7 和 K10 被映射至第二 FlexE 客户的第五个时隙，得到的第二 FlexE 客户的数据码块流如图 2-6 所示。之后，第一节点可以在图 2-6 所示的第二 FlexE 客户的数据码块流中的任一位置连续添加 N（N 为 5 的整数倍）个空闲码块，示例的，第一节点可以在 K1 和 K2 之间连续添加 5 个、10 个或 15 个空闲码块，本发明实施例对此不做限定。

步骤 203、第一节点将第二 FlexE 客户的数据传输至第二节点。

第二节点与第一节点不同。

示例的，第一节点和第二节点可以为 FlexE 环网中的节点，第一节点和第二节点也可以为基于 FlexE 的层次化网络中的节点。

可选的，如图 2-7 所示，步骤 203 可以包括：

步骤 2031、第一节点将第二 FlexE 客户的数据发送至第三节点。

第三节点为传输第二 FlexE 客户的数据时，第一节点和第二节点之间的节点。

示例的，比如在图 2-6 中，第一节点在 K1 和 K2 之间连续添加了 5 个空闲码块，则第一节点向第三节点发送第二 FlexE 客户的数据的示意图如图 2-8 所示，第一节点按照每个第一 FlexE 客户的数据中的数据码块被映射的时隙，将第二 FlexE 客户的数据发送至第三节点。第一节点通过第二 FlexE 客户的第一个时隙传输第一 FlexE 客户 YL1 的数据中的 K1 和 K3，通过第二 FlexE 客户的第二个时隙传输第一 FlexE 客户 YL1 的数据中的 K2 和 K4，通过第二 FlexE 客户的第三个时隙传输第一 FlexE 客户 YL2 的数据中的 K5 和 K8 等。

又比如在图 2-6 中，第一节点在 K2 和 K3 之间连续添加了 5 个空闲码块，则第二 FlexE 客户的数据的传输示意图如图 2-9 所示，第一节点通过第二 FlexE 客户的第一个时隙传输第一 FlexE 客户 YL1 的数据中的 K1 和 K3，通过第二 FlexE 客户的第二个时隙传输第一 FlexE 客户 YL1 的数据中的 K2 和 K4，通过第二 FlexE 客户的第三个时隙传输第一 FlexE 客户 YL2 的数据中的 K5 和 K8 等。

又比如在图 2-6 中，第一节点在 K5 和 K6 之间连续添加了 10 个空闲码块，则第二 FlexE 客户的数据的传输示意图如图 2-10 所示，第一节点通过第二 FlexE 客户的第一个时隙传输第一 FlexE 客户 YL1 的数据中的 K1 和 K3，通过第二 FlexE 客户的第二个时隙传输第一 FlexE 客户 YL1 的数据中的 K2 和 K4，通过第二 FlexE 客户的第三个时隙传输第一 FlexE 客户 YL2 的数据中的 K5 和 K8 等。

再比如在图 2-6 中, 第一节点在 K7 和 K8 之间连续添加了 5 个空闲码块, 则第二 FlexE 客户的数据的传输示意图如图 2-11 所示, 第一节点通过第二 FlexE 客户的第一个时隙传输第一 FlexE 客户 YL1 的数据中的 K1 和 K3, 通过第二 FlexE 客户的第二个时隙传输第一 FlexE 客户 YL1 的数据中的 K2 和 K4, 通过第二 FlexE 客户的第三个时隙传输第一 FlexE 客户 YL2 的数据中的 K5 和 K8 等。

参见图 2-8 至图 2-11, 无论第一节点在第二 FlexE 客户的数据码块流中的哪个位置连续添加该 N 个空闲码块, 都可以使每个第一 FlexE 客户的数据占用第二 FlexE 客户的时隙是固定的。

在本发明实施例中, 由于第一节点在第二 FlexE 客户的数据码块流中连续添加 N 个空闲码块, N 为第二 FlexE 客户的时隙个数的整数倍, 所以第一节点在向第三节点发送第二 FlexE 客户的数据时, 能够使第二 FlexE 客户的时隙中每个时隙都存在 (N/l) 个空闲码块, 其中, l 为第二 FlexE 客户的时隙个数。这样一来, 能够保证每个第一 FlexE 客户的数据占用第二 FlexE 客户的时隙是固定的, 即每个第一 FlexE 客户的数据在传输过程中所占用的第二 FlexE 客户的时隙保持不变, 便于数据恢复。比如在图 2-8 中, 第一 FlexE 客户 YL1 的数据占用的始终是第二 FlexE 客户的前两个时隙, 第一 FlexE 客户 YL2 的数据占用的始终是第二 FlexE 客户的后三个时隙。

步骤 2032、第三节点在检测到第二 FlexE 客户的数据码块流中连续存在 N 个空闲码块时, 删除 N 个空闲码块。

示例的, 如图 2-8 所示, 第三节点在检测到第二 FlexE 客户的数据码块流中连续存在 5 个空闲码块时, 删除 5 个空闲码块, 以便于第三节点在向下一节点发送第二 FlexE 客户的数据时, 执行速率调整操作。

步骤 2033、第三节点在将处理后的第二 FlexE 客户的数据传输至第二节点时, 在处理后的第二 FlexE 客户的数据码流中连续添加 N 个空闲码块。

示例的, 如图 2-8 所示, 第三节点在出口处对删除了 N 个空闲码块之后的第二 FlexE 客户的数据执行空闲码块添加操作: 在处理后的第二 FlexE 客户的数据码流中连续添加 N 个空闲码块, N 为第二 FlexE 客户的时隙个数的整数倍。第三节点执行的空闲码块添加操作与第一节点执行的空闲码块添加操作相同, 该过程可以参考步骤 2023, 在此不再赘述。第三节点执行了空闲码块添加操作后, 将添加有空闲码块的第二 FlexE 客户的数据发送至第二节点。

需要补充说明的是, 第一节点和第二节点之间的第三节点可以有多个, 每个第三节点执行的操作均可以参考步骤 2031 至步骤 2033, 图 2-8 示例性示出了第一节点和第二节点之间有一个第三节点, 本发明实施例对第三节点的数量不做限定。

另外, 为了保证数据正常传输, 完成速率匹配, 第三节点也可以按照实际需求来增加或删除少量的空闲码块。

步骤 204、第二节点对第二 FlexE 客户的数据执行转发操作或恢复操作。

当第一节点和第二节点为 FlexE 环网中的节点时, 第二节点对第二 FlexE 客户的数据执行恢复操作; 当第一节点和第二节点为基于 FlexE 的层次化网络中的节点时, 第二节点对第二 FlexE 客户的数据执行转发操作。

综上所述, 本发明实施例提供的数据传输方法, 由于第一节点能够将获取的多个第一

FlexE 客户映射至一个第二 FlexE 客户，并将第二 FlexE 客户的数据传输至第二节点，第二节点与第一节点不同，每个第一 FlexE 客户的数据占用第二 FlexE 客户的时隙是固定的，使得节点无需都以一个 FlexE 客户为粒度来处理数据，减少了对节点需要处理的细粒度的 FlexE 客户的数量，降低了对节点处理数据的性能要求。

5

图 3-1 是本发明实施例提供的一种数据传输方法的流程图，该方法可以应用于图 1-2 所示的实施环境，该方法可以包括：

步骤 301、第一节点在检测到工作路径上距离第一节点最近的一个元素出现故障时，获取待向工作路径上的下一节点发送的 m 个工作 FlexE 客户， $m \geq 2$ 。

10 该元素为节点或链路。

可选的，第一节点可以基于预先配置的故障检测协议来检测工作路径上距离第一节点最近的一个元素是否出现故障。示例的，故障检测协议可以为 OTN，以太网或 MPLS 等网络技术中所使用的故障检测协议。进一步的，第一节点在检测到工作路径上距离第一节点最近的一个元素出现故障时，可以基于预先配置的保护倒换协议执行保护协调操作，使相关节点相互协调，从而共同完成保护倒换过程。示例的，保护倒换协议可以为自动保护切换（Automatic Protection Switching, APS）协议。关于故障检测和保护协调的过程可以参考相关技术。

15 示例的，参见图 1-2，第一节点为节点 A，第二节点为节点 D，现以节点 A 与节点 D 之间的链路出现故障为例进行说明。

20 图 1-2 中的每个节点可以配置有 FlexE 环网的环网信息，该环网信息可以包括节点的数量、每个节点的节点标识、节点之间的连接关系、工作 FlexE 客户的传输方向、每一工作 FlexE 客户的流入节点与流出节点、故障检测协议和保护倒换协议等。

25 其中，节点标识可以为节点的 MAC 地址或 IP 地址。可选的，还可以给每个节点赋予一个节点编号，节点标识也可以为节点的节点编号，本发明实施例对节点的节点标识的形式不做限定。

30 进一步的，在需要对所有工作 FlexE 客户中的部分工作 FlexE 客户的数据进行保护的情况下，环网信息还可以包括需要保护的工作 FlexE 客户的流标识。示例的，工作 FlexE 客户的流标识可以采用 16bit 数据来表示，比如，工作 FlexE 客户的流标识可以为 0111000011110001。示例的，还可以采用 16bit 数据中的最高位来表示该 FlexE 客户是否为工作 FlexE 客户，比如，当最高位为 0 时，表示该 FlexE 客户为工作 FlexE 客户。

示例的，图 1-2 中的工作路径 WP 用于传输 2 个工作 FlexE 客户的数据：工作 FlexE 客户 YL1 和工作 FlexE 客户 YL2。工作 FlexE 客户 YL1 的流入节点为节点 A，流出节点为节点 D。工作 FlexE 客户 YL2 的流入节点为节点 A，流出节点为节点 C。

35 当节点 A 检测到节点 A 和节点 D 之间的链路出现故障时，节点 A 将故障信息发送至节点 B、节点 C 和节点 D，完成保护协调过程，同时节点 A 获取待向工作路径上的节点 D 发送的工作 FlexE 客户 YL1 和工作 FlexE 客户 YL2。

步骤 302、第一节点将 m 个工作 FlexE 客户映射至一个保护 FlexE 客户，其中，每个工作 FlexE 客户的数据占用保护 FlexE 客户的时隙是固定的。

示例的，如图 1-2 所示，假设保护 FlexE 客户的时隙共有 5 个，这 5 个时隙的时隙标识

分别是：ST1、ST2、ST3、ST4 和 ST5。节点 A 获取工作 FlexE 客户 YL1 和工作 FlexE 客户 YL2，节点 A 将这 2 个工作 FlexE 客户映射至一个保护 FlexE 客户后，工作 FlexE 客户 YL1 的数据占用保护 FlexE 客户的前两个时隙；工作 FlexE 客户 YL2 的数据占用保护 FlexE 客户的后三个时隙。在后续传输过程中，工作 FlexE 客户 YL1 的数据占用的始终是时隙标识为 ST1 和 ST2 的时隙，工作 FlexE 客户 YL2 的数据占用的始终是时隙标识为 ST3、ST4 和 ST5 的时隙，工作 FlexE 客户 YL1 的数据和工作 FlexE 客户 YL2 的数据占用的保护 FlexE 客户的时隙保持不变。

相关技术中，节点之间的时钟总会存在偏差，为保证数据正常传输，节点需要执行速率调整操作，比如通过添加一些空闲码块来降低数据传输的速率，通过删除一些空闲码块来增大数据传输的速率，然而空闲码块添加或空闲码块删除的操作会增大保护 FlexE 客户的数据在传输过程中占用的时隙的不确定性，进而增大数据恢复的难度。而在本发明实施例中，每个工作 FlexE 客户的数据占用保护 FlexE 客户的时隙是固定的，即每个工作 FlexE 客户的数据在传输过程中所占用的保护 FlexE 客户的时隙保持不变，这样一来，便于数据恢复。

可选的，步骤 302 可以包括：

1) 第一节点删除 p 个工作 FlexE 客户的数据中的 q 个空闲码块， $1 \leq p \leq m$ ， $q \geq 1$ 。

示例的，如图 1-2 所示，为了满足节点间的数据传输速率的要求，节点 A 在对 2 个工作 FlexE 客户进行映射之前，可以删除 p ($1 \leq p \leq 2$) 个工作 FlexE 客户的数据中的一些多余的空闲码块，以便于后续在保护 FlexE 客户的数据码块流中能够连续添加多个空闲码块，连续添加的该多个空闲码块用于保证工作 FlexE 客户的数据占用保护 FlexE 客户的时隙是固定的。

当 m 个工作 FlexE 客户的数据中原有的空闲码块较少时，第一节点则可以不执行本步骤。

2) 第一节点将 m 个工作 FlexE 客户中每个工作 FlexE 客户的数据中的数据码块映射至保护 FlexE 客户的指定的时隙中，得到保护 FlexE 客户的数据码块流。

示例的，如图 1-2 所示，节点 A 可以按照预设排序方式，比如按照每个工作 FlexE 客户对应的流标签的内容，对工作 FlexE 客户 YL1 和工作 FlexE 客户 YL2 进行排序。其中，工作 FlexE 客户对应的流标签用于指示工作 FlexE 客户的数据的转发路径。节点 A 基于排序顺序，依次将 2 个工作 FlexE 客户的数据中的数据码块映射至保护 FlexE 客户的指定的时隙中。假设保护 FlexE 客户的时隙共有 5 个，节点 A 基于排序顺序将工作 FlexE 客户 YL1 映射至保护 FlexE 客户的前两个时隙中，将工作 FlexE 客户 YL2 映射至保护 FlexE 客户的后三个时隙中。

在 FlexE 环网中的工作路径上，用于传输工作 FlexE 客户的数据的节点均配置有该工作 FlexE 客户对应的流标签。示例的，参见图 1-2，节点 A 和节点 D 配置有工作 FlexE 客户 YL1 对应的流标签，节点 A、节点 D 和节点 C 配置有工作 FlexE 客户 YL2 对应的流标签。工作 FlexE 客户 YL1 对应的流标签可以包括：工作 FlexE 客户 YL1 的流入节点即节点 A，工作 FlexE 客户 YL1 的流出节点即节点 D，以及工作 FlexE 客户 YL1 的流标识即 YL1。节点 A 和节点 D 配置的工作 FlexE 客户 YL1 的流标识相同，都是 YL1。

工作 FlexE 客户 YL2 对应的流标签可以包括：工作 FlexE 客户 YL2 的流入节点即节点 A，工作 FlexE 客户 YL2 的流出节点即节点 C，以及工作 FlexE 客户 YL2 的流标识即 YL2。节点 A、节点 D 和节点 C 配置的工作 FlexE 客户 YL2 的流标识相同，都是 YL2。

本步骤的过程可以参考步骤 2022。

3)第一节点在保护 FlexE 客户的数据码块流中连续添加 N 个空闲码块, N 为保护 FlexE 客户的时隙个数的整数倍。

5 示例的,如图 1-2 所示,假设保护 FlexE 客户的时隙共有 5 个,节点 A 将工作 FlexE 客户 YL1 的数据中的数据码块映射至保护 FlexE 客户的前两个时隙,节点 A 将工作 FlexE 客户 YL2 的数据中的数据码块映射至第二 FlexE 客户的后三个时隙。节点 A 在保护 FlexE 客户的数据码块流中连续添加 N 个空闲码块时,可以在保护 FlexE 客户的数据码块流中连续添加 5 个、10 个或 15 个空闲码块。

本步骤的过程可以参考步骤 2023。

10 步骤 303、第一节点沿保护路径将保护 FlexE 客户的数据传输至第二节点。

第二节点为靠近出现故障的元素的节点。

15 在本发明实施例中,当第一节点检测到 FlexE 环网中的工作路径上距离第一节点最近的一个元素出现故障时,第一节点能够将待向工作路径上的下一节点发送的 m 个工作 FlexE 客户映射至一个保护 FlexE 客户,每个工作 FlexE 客户的数据占用保护 FlexE 客户的时隙是固定的。之后,第一节点沿着 FlexE 环网中的保护路径将保护 FlexE 客户的数据传输至第二节点,第二节点为靠近出现故障的元素的节点,该过程降低了对节点处理数据的性能要求,还避免了当工作路径出现故障时业务发生中断,因此,提高了数据传输的可靠性,为 FlexE 技术提供了一种可靠的环网保护方式。

20 步骤 303 可以包括:第一节点沿保护路径将第二 FlexE 客户的数据发送至第三节点。第三节点在检测到第二 FlexE 客户的数据码块流中连续存在 N 个空闲码块时,删除 N 个空闲码块。之后,第三节点在将处理后的第二 FlexE 客户的数据传输至第二节点时,在处理后的第二 FlexE 客户的数据码流中连续添加 N 个空闲码块。

25 示例的,在图 1-2 中,当节点 A 检测到节点 A 和节点 D 之间的链路出现故障时,节点 A 会基于预先配置的保护倒换协议执行保护协调操作:节点 A 将故障信息发送至节点 B、节点 C 和节点 D。之后,在传输保护 FlexE 客户的数据时,节点 A 先按照工作 FlexE 客户 YL1 和工作 FlexE 客户 YL2 的数据中的数据码块被映射的时隙,将保护 FlexE 客户的数据发送至节点 B,节点 B 在检测到保护 FlexE 客户的数据码块流中连续存在 N 个空闲码块时,删除 N 个空闲码块,以便于节点 B 在向节点 C 发送保护 FlexE 客户的数据时,执行速率调整操作。然后,节点 B 在出口处对删除了 N 个空闲码块之后的保护 FlexE 客户的数据执行
30 空闲码块添加操作:在处理后的保护 FlexE 客户的数据码流中连续添加 N 个空闲码块, N 为保护 FlexE 客户的时隙个数的整数倍。节点 B 执行的空闲码块添加操作与节点 A 执行的空闲码块添加操作相同。节点 B 执行了空闲码块添加操作后,将添加有空闲码块的保护 FlexE 客户的数据发送至节点 C,节点 C 再按照节点 B 的处理方式将添加有空闲码块的保护 FlexE 客户的数据发送至节点 D。

35 另外,为了保证数据正常传输,完成速率匹配,节点 B 和节点 C 可以按照实际需求来增加或删除少量的空闲码块。

本步骤的过程可以参考步骤 2031 至步骤 2033。

步骤 304、第二节点将保护 FlexE 客户恢复为 m 个工作 FlexE 客户。

可选的,如图 3-2 所示,步骤 304 可以包括:

步骤 3041、当检测到第二 FlexE 客户的数据码块流中连续存在 N 个空闲码块时，第二节点删除 N 个空闲码块。

示例的，如图 2-8 所示，为了执行速率调整操作，完成速率匹配，第三节点在入口处检测到第二 FlexE 客户的数据码块流中连续存在 5 个空闲码块时，删除这 5 个空闲码块，之后，
5 在处理后的第二 FlexE 客户的数据码流中连续添加 5 个空闲码块，第二节点在检测到第二 FlexE 客户的数据码流中连续存在 5 个空闲码块时，再删除这 5 个空闲码块。

步骤 3042、第二节点按照每个第一 FlexE 客户的数据中的数据码块的位置，恢复出 m 个第一 FlexE 客户。

示例的，如图 2-8 所示，第二节点按照第一 FlexE 客户 YL1 的数据中的数据码块的位置，
10 第一 FlexE 客户 YL2 的数据中的数据码块的位置，恢复出第一 FlexE 客户 YL1 和第一 FlexE 客户 YL2，其中，第一 FlexE 客户 YL1 的数据中的数据码块为 K1、K2、K3 和 K4，第一 FlexE 客户 YL2 的数据中的数据码块为 K5、K6、K7、K8、K9 和 K10。

示例的，在图 1-2 中，节点 D 在检测到节点 C 发送的保护 FlexE 客户的数据码块流中连续存在 N 个空闲码块时，删除 N 个空闲码块。之后，节点 D 按照工作 FlexE 客户 YL1 和
15 工作 FlexE 客户 YL2 的数据中的数据码块的位置，恢复出这 2 个工作 FlexE 客户。

步骤 305、第二节点对 m 个工作 FlexE 客户中每个工作 FlexE 客户的数据执行目标操作。
目标操作为转发操作或丢弃操作。

可选的，步骤 305 可以包括：

对于每个工作 FlexE 客户：

20 当基于工作 FlexE 客户对应的流标签检测到工作 FlexE 客户的数据不经过第二节点时，对工作 FlexE 客户的数据执行丢弃操作；

当基于工作 FlexE 客户对应的流标签检测到工作 FlexE 客户的数据经过第二节点时，对工作 FlexE 客户的数据执行转发操作。

工作 FlexE 客户对应的流标签用于指示工作 FlexE 客户的数据的转发路径。

25 示例的，如图 1-2 所示，对于工作 FlexE 客户 YL1：节点 D 检测到本节点配置有工作 FlexE 客户 YL1 对应的流标签，那么节点 D 基于工作 FlexE 客户 YL1 对应的流标签可以确定工作 FlexE 客户 YL1 的数据经过节点 D，因此，节点 D 对工作 FlexE 客户 YL1 的数据执行转发操作。

30 对于工作 FlexE 客户 YL2：节点 D 检测到本节点配置有工作 FlexE 客户 YL2 对应的流标签，那么节点 D 基于工作 FlexE 客户 YL2 对应的流标签可以确定工作 FlexE 客户 YL2 的数据经过节点 D，且在工作路径上节点 D 的下一节点为节点 C，因此，节点 D 对工作 FlexE 客户 YL2 的数据执行转发操作。

另外，当 FlexE 环网中的某个节点出现故障时，如图 3-3 所示，假设节点 D 出现故障，而在节点 D 出现故障之前，工作路径 WP 用于传输 3 个工作 FlexE 客户的数据：工作
35 FlexE 客户 YL1、工作 FlexE 客户 YL2 和工作 FlexE 客户 YL3。工作 FlexE 客户 YL1 的流入节点为节点 A，流出节点为节点 D。工作 FlexE 客户 YL2 的流入节点为节点 A，流出节点为节点 C。工作 FlexE 客户 YL3 的流入节点为节点 D，流出节点为节点 C。节点 A 和节点 D 配置有工作 FlexE 客户 YL1 对应的流标签，节点 A、节点 D 和节点 C 配置有工作 FlexE 客户 YL2 对应的流标签，节点 D 和节点 C 配置有工作 FlexE 客户 YL3 对应的流标签。

示例的，工作 FlexE 客户 YL1 对应的流标签可以包括：工作 FlexE 客户 YL1 的流入节点即节点 A，工作 FlexE 客户 YL1 的流出节点即节点 D，以及工作 FlexE 客户 YL1 的流标识即 YL1。节点 A 和节点 D 配置的工作 FlexE 客户 YL1 的流标识相同，都是 YL1。

5 工作 FlexE 客户 YL2 对应的流标签可以包括：工作 FlexE 客户 YL2 的流入节点即节点 A，工作 FlexE 客户 YL2 的流出节点即节点 C，以及工作 FlexE 客户 YL2 的流标识即 YL2。节点 A、节点 D 和节点 C 配置的工作 FlexE 客户 YL2 的流标识相同，都是 YL2。

工作 FlexE 客户 YL3 对应的流标签可以包括：工作 FlexE 客户 YL3 的流入节点即节点 D，工作 FlexE 客户 YL3 的流出节点即节点 C，以及工作 FlexE 客户 YL3 的流标识即 YL3。节点 D 和节点 C 配置的工作 FlexE 客户 YL3 的流标识相同，都是 YL3。

10 当节点 A 检测到节点 D 出现故障时，节点 A 将故障信息发送至节点 B 和节点 C 以完成保护协调过程，同时由于工作 FlexE 客户 YL3 的流入节点是节点 D，所以节点 A 仅获取待向工作路径上的节点 D 发送的工作 FlexE 客户 YL1 和工作 FlexE 客户 YL2。节点 A 将工作 FlexE 客户 YL1 和工作 FlexE 客户 YL2 映射至一个保护 FlexE 客户，工作 FlexE 客户 YL1 的数据和工作 FlexE 客户 YL2 的数据占用保护 FlexE 客户的时隙是固定的。然后，节点 A
15 沿着保护路径 PP 将保护 FlexE 客户的数据传输至节点 C。之后，节点 C 将保护 FlexE 客户恢复为 2 个工作 FlexE 客户：工作 FlexE 客户 YL1 和工作 FlexE 客户 YL2。

对于工作 FlexE 客户 YL1：节点 C 检测到本节点未配置有工作 FlexE 客户 YL1 对应的流标签，那么节点 C 可以确定工作 FlexE 客户 YL1 的数据不经过节点 C，因此，节点 C 对工作 FlexE 客户 YL1 的数据执行丢弃操作。

20 对于工作 FlexE 客户 YL2：节点 C 检测到本节点配置有工作 FlexE 客户 YL2 对应的流标签，那么节点 C 基于工作 FlexE 客户 YL2 对应的流标签可以确定工作 FlexE 客户 YL2 的数据经过节点 C，因此，节点 C 对工作 FlexE 客户 YL2 的数据执行丢弃操作。

而对于工作 FlexE 客户 YL3：由于出现故障的节点 D 为工作 FlexE 客户 YL3 的流入节点，所以节点 D 可以直接将包含有错误码块或者空闲码块的数据发送出去。

25 综上所述，本发明实施例提供的数据传输方法，当第一节点检测到 FlexE 环网中的工作路径上距离第一节点最近的一个元素出现故障时，能够将待向工作路径上的下一节点发送的 m ($m \geq 2$) 个工作 FlexE 客户映射至一个保护 FlexE 客户，每个工作 FlexE 客户的数据占用保护 FlexE 客户的时隙是固定的，之后，第一节点沿着 FlexE 环网中的保护路径将保护 FlexE 客户的数据传输至第二节点，第二节点为靠近出现故障的元素的节点，该方法通过将
30 多个第一 FlexE 客户映射至一个第二 FlexE 客户，使得节点无需都以一个 FlexE 客户为粒度来处理数据，降低了对节点处理数据的性能要求，还避免了当工作路径出现故障时业务发生中断，因此，提高了数据传输的可靠性，为 FlexE 技术提供了一种可靠的环网保护方式。

35 图 4-1 是本发明实施例提供的一种数据传输方法的流程图，该方法可以应用于图 1-3 所示的实施环境，该方法可以包括：

步骤 401、第一节点获取 m 个第一 FlexE 客户， $m \geq 2$ 。

示例的，如图 1-3 所示，第一节点可以为基于 FlexE 的层次化网络中的第一级的节点 B，第二节点为第二级的节点 E。

步骤 402、第一节点将 m 个第一 FlexE 客户映射至一个第二 FlexE 客户，其中，每个

第一 FlexE 客户的数据占用第二 FlexE 客户的时隙是固定的。

可选的, 第一节点可以按照 m 个第一 FlexE 客户中每个第一 FlexE 客户对应的流标签的内容, 对 m 个第一 FlexE 客户进行排序, 之后按照排序顺序, 将 m 个第一 FlexE 客户中每个第一 FlexE 客户的数据中的数据码块映射至第二 FlexE 客户的指定的时隙中。

5 需要说明的是, 在图 1-3 所示的实施环境中, 无需考虑某一节点或链路出现故障, 也即是, 每个节点都有可能对数据执行恢复操作。在该实施环境中, 执行映射操作的节点和执行恢复操作的节点是已知的, 当执行映射操作的节点和执行恢复操作的节点配置有第一 FlexE 客户对应的流标签时便可完成数据传输过程, 所以, 第一 FlexE 客户对应的流标签包括的信息的表示方式可以更加简化, 比如, 第一 FlexE 客户对应的流标签可以包括: 第一 FlexE 客户的流标识和第一 FlexE 客户的数据的大小。不同的节点所配置的第一 FlexE 客户的流标识相同。

示例的, 如图 1-3 所示, 假设节点 B 获取 3 个第一 FlexE 客户, 节点 B 将 3 个第一 FlexE 客户映射至一个第二 FlexE 客户 ZL1。

步骤 402 的过程可以参考步骤 202。

15 可选的, 当 $m \geq 3$ 时, 第一节点可以执行多次映射操作, 也即是, 步骤 402 可以包括: 第一节点对 m 个第一 FlexE 客户执行多次映射操作, 以将 m 个第一 FlexE 客户映射至一个第二 FlexE 客户。比如第一节点可以基于先分组再映射的方式对 m 个第一 FlexE 客户执行多次映射操作。现以第一节点执行两次映射操作为例对该过程进行说明, 首先, 第一节点将 m 个第一 FlexE 客户划分为 L ($L \geq 2$) 组, 该 L 组中至少有一组包括至少 2 个第一 FlexE 客户。然后, 第一节点将 L 组中每组包括的第一 FlexE 客户映射至一个目标 FlexE 客户 (每组中的第一 FlexE 客户的数据占用对应的目标 FlexE 客户的时隙是固定的), 得到 L 个目标 FlexE 客户。至此完成第一次映射操作。之后, 第一节点将 L 个目标 FlexE 客户映射至一个第二 FlexE 客户 (每个目标 FlexE 客户的数据占用第二 FlexE 客户的时隙是固定的), 至此完成第二次映射操作。由于 L 组内每组中的第一 FlexE 客户的数据占用对应的目标 FlexE 客户的时隙是固定的, 每个目标 FlexE 客户的数据占用第二 FlexE 客户的时隙是固定的, 因此, 每个第一 FlexE 客户的数据占用第二 FlexE 客户的时隙是固定的。

步骤 403、第一节点将第二 FlexE 客户的数据传输至第二节点。

第二节点与第一节点不同。

30 示例的, 如图 1-3 所示, 节点 B 将 3 个第一 FlexE 客户映射至一个第二 FlexE 客户 ZL1, 之后, 节点 B 将第二 FlexE 客户 ZL1 的数据传输至节点 E。

步骤 403 的过程可以参考步骤 203。

步骤 404、第二节点对第二 FlexE 客户的数据执行转发操作。

可选的, 如图 4-2 所示, 步骤 404 可以包括:

35 步骤 4041、第二节点将第二 FlexE 客户和接收到的另一节点传输的另一第二 FlexE 客户映射至第三 FlexE 客户。

另一第二 FlexE 客户是另一节点将获取的 m 个第一 FlexE 客户进行映射后得到的, 其中, 第二 FlexE 客户的数据和另一第二 FlexE 客户的数据占用第三 FlexE 客户的时隙是固定的, 以便数据恢复。

示例的, 如图 1-3 所示, 节点 B 将第二 FlexE 客户 ZL1 的数据传输至节点 E, 节点 E

将第二 FlexE 客户 ZL1 和接收到的节点 C 传输的第二 FlexE 客户 ZL2 映射至第三 FlexE 客户。第二 FlexE 客户 ZL2 是节点 C 将获取的 2 个第一 FlexE 客户进行映射后得到的。第二 FlexE 客户 ZL1 和第二 FlexE 客户 ZL2 的数据占用第三 FlexE 客户的时隙是固定的。

步骤 4041 的过程可以参考步骤 202。

5 步骤 4042、第二节点将第三 FlexE 客户的数据传输至下一节点。

示例的,如图 1-3 所示,节点 E 将步骤 4041 得到的第三 FlexE 客户的数据传输至节点 F。之后,节点 F 也可以按照相同的映射方式对多个第三 FlexE 进行映射,然后进行传输。

进一步的,当下一节点接收到第二节点传输的第三 FlexE 客户的数据后,需要将第三 FlexE 客户恢复为多个第二 FlexE 客户时,该下一节点可以基于第二 FlexE 客户的数据的大小和
10 第二 FlexE 客户被映射至第三 FlexE 客户的顺序,恢复出多个第二 FlexE 客户。其中,该下一节点可以基于配置在本节点的第一 FlexE 客户对应的流标签得到第二 FlexE 客户的数据的大小。比如第一 FlexE 客户对应的流标签包括:第一 FlexE 客户的流标识和第一 FlexE 客户的数据的大小。

示例的,参见图 1-3,节点 B 将第二 FlexE 客户 ZL1 的数据传输至节点 E,节点 E 将
15 第二 FlexE 客户 ZL1 和接收到的节点 C 传输的第二 FlexE 客户 ZL2 映射至第三 FlexE 客户,再将第三 FlexE 客户的数据传输至节点 F。节点 F 可以基于第二 FlexE 客户 ZL1 的数据的大小、第二 FlexE 客户 ZL1 被映射至第三 FlexE 客户的顺序、第二 FlexE 客户 ZL2 的数据的大小和
20 第二 FlexE 客户 ZL2 被映射至第三 FlexE 客户的顺序,恢复出第二 FlexE 客户 ZL1 和第二 FlexE 客户 ZL2。其中,节点 F 可以基于配置在本节点的 3 个第一 FlexE 客户(被节点 B 映射至第二 FlexE 客户 ZL1 的 3 个第一 FlexE 客户)对应的流标签得到第二 FlexE 客户 ZL1 的数据的大小,同时可以基于配置在本节点的 2 个第一 FlexE 客户(被节点 C 映射至第二 FlexE 客户 ZL2 的 2 个第一 FlexE 客户)对应的流标签得到第二 FlexE 客户 ZL2 的数据的大小。

该数据传输方法中的 FlexE 客户的多级映射方式,使得多个细粒度的 FlexE 客户被映射
25 至一个更大粒度的 FlexE 客户,进而使节点无需都以一个 FlexE 客户为粒度来处理数据,不同级的节点能够针对不同粒度的 FlexE 客户的数据进行处理, FlexE 客户的嵌套减少了节点需要处理的细粒度的 FlexE 客户的数量,降低了对节点处理数据的性能要求,达到构建层次化的大规模网络的效果。

综上所述,本发明实施例提供的数据传输方法,由于第一节点能够将获取的多个第一
30 FlexE 客户映射至一个第二 FlexE 客户,并将第二 FlexE 客户的数据传输至第二节点,其中,每个第一 FlexE 客户的数据占用第二 FlexE 客户的时隙是固定的,进而使得第二节点可以再对多个第二 FlexE 客户进行映射,这种 FlexE 客户的多级映射方式,使得多个细粒度的 FlexE 客户被映射至一个更大粒度的 FlexE 客户,进而使节点无需都以一个 FlexE 客户为粒度来处理数据,不同级的节点能够针对不同粒度的 FlexE 客户的数据进行处理, FlexE 客户的嵌套
35 减少了节点需要处理的细粒度的 FlexE 客户的数量,降低了对节点处理数据的性能要求,达到了构建层次化的大规模网络的效果。

需要说明的是,本发明实施例提供的数据传输方法步骤的先后顺序可以进行适当调整,步骤也可以根据情况进行相应增减,任何熟悉本技术领域的技术人员在本申请揭露的技术范围内,可轻易想到变化的方法,都应涵盖在本申请的保护范围之内,因此不再

赘述。

图 5-1 是本发明实施例提供的一种数据传输装置 500 的结构示意图, 该数据传输装置可以应用于图 1-1 所示的实施环境中的第一节点, 如图 5-1 所示, 该数据传输装置 500, 包括:

- 5 获取模块 510, 用于执行上述实施例中的步骤 201、步骤 301 或步骤 401。
映射模块 520, 用于执行上述实施例中的步骤 202、步骤 302 或步骤 402。
传输模块 530, 用于执行上述实施例中的步骤 203、步骤 303 或步骤 403。
可选的, 如图 5-2 所示, 映射模块 520, 可以包括:
映射子模块 521, 用于执行上述实施例中的步骤 2022。
10 添加子模块 522, 用于执行上述实施例中的步骤 2023。
可选的, 如图 5-3 所示, 映射子模块 521, 可以包括:
排序单元 5211, 用于执行上述实施例中的步骤 2022a。
映射单元 5212, 用于执行上述实施例中的步骤 2022b。
可选的, 排序单元 5211, 用于:
15 按照 m 个第一 FlexE 客户中每个第一 FlexE 客户对应的流标签的内容, 对 m 个第一 FlexE 客户进行排序。

可选的, 每个第一 FlexE 客户对应的流标签可以包括: 第一 FlexE 客户的流入节点, 第一 FlexE 客户的流出节点和第一 FlexE 客户的流标识。其中, 不同的节点所配置的第一 FlexE 客户的流标识相同。

- 20 进一步的, 如图 5-2 所示, 映射模块 520, 还包括:

删除子模块 523, 用于执行上述实施例中的步骤 2021。

- 可选的, 第一节点和第二节点为 FlexE 环网中的节点, FlexE 环网包括多个节点, 多个节点形成工作路径和保护路径, 工作路径和保护路径均为可双向传输的路径, 第一 FlexE 客户为工作 FlexE 客户, 第二 FlexE 客户为保护 FlexE 客户, 相应的, 获取模块 510 可以用于执行上述实施例中的步骤 301。

进一步的, 传输模块 530 可以用于执行上述实施例中的步骤 303。

可选的, 第一节点和第二节点也可以为基于 FlexE 的层次化网络中的节点。

- 综上所述, 本发明实施例提供的数据传输装置, 由于映射模块能够将获取模块获取的多个第一 FlexE 客户映射至一个第二 FlexE 客户, 传输模块再将第二 FlexE 客户的数据传输至第二节点, 第二节点与第一节点不同, 每个第一 FlexE 客户的数据占用第二 FlexE 客户的时隙是固定的, 通过将多个第一 FlexE 客户映射至一个第二 FlexE 客户, 使得节点无需都以一个 FlexE 客户为粒度来处理数据, 降低了对节点处理数据的性能要求, 还避免了当工作路径出现故障时业务发生中断, 提高了数据传输的可靠性, 为 FlexE 技术提供了一种可靠的环网保护方式。

35

图 6-1 是本发明实施例提供的一种数据传输装置 600 的结构示意图, 该数据传输装置可以应用于图 1-1 所示的实施环境中的第二节点, 如图 6-1 所示, 该数据传输装置 600, 包括:

接收模块 610, 用于接收第一节点传输的第二 FlexE 客户的数据, 第二 FlexE 客户是第一节点将获取的 m 个第一 FlexE 客户进行映射后得到的, 每个第一 FlexE 客户的数据占用

第二 FlexE 客户的时隙是固定的，第一节点与第二节点不同， $m \geq 2$ 。

第一处理模块 620，用于执行上述实施例中的步骤 204。

5 可选的，第一节点和第二节点为 FlexE 环网中的节点，FlexE 环网包括多个节点，多个节点形成工作路径和保护路径，工作路径和保护路径均为可双向传输的路径，第一 FlexE 客户为工作 FlexE 客户，第二 FlexE 客户为保护 FlexE 客户，相应的，接收模块 610，可以用于：

接收第一节点沿保护路径传输的保护 FlexE 客户的数据，保护 FlexE 客户是第一节点在检测到工作路径上距离第一节点最近的一个元素出现故障时，将待向工作路径上的下一节点发送的 m 个工作 FlexE 客户进行映射后得到的，元素为节点或链路。

10 如图 6-2 所示，第一处理模块 620 可以包括：

第一处理子模块 621，用于执行上述实施例中的步骤 304。

进一步的，如图 6-3 所示，该数据传输装置 600 还可以包括：

第二处理模块 630，用于执行上述实施例中的步骤 305。

可选的，第一处理子模块 621，用于执行上述实施例中的步骤 3041 和步骤 3042。

15 第二处理模块 630，用于：

对于每个工作 FlexE 客户：

当基于工作 FlexE 客户对应的流标签检测到工作 FlexE 客户的数据不经过第二节点时，对工作 FlexE 客户的数据执行丢弃操作；

20 当基于工作 FlexE 客户对应的流标签检测到工作 FlexE 客户的数据经过第二节点时，对工作 FlexE 客户的数据执行转发操作；

其中，工作 FlexE 客户对应的流标签用于指示工作 FlexE 客户的数据在工作路径上的转发路径。

25 可选的，工作 FlexE 客户对应的流标签可以包括：工作 FlexE 客户的流入节点，工作 FlexE 客户的流出节点和工作 FlexE 客户的流标识。其中，不同的节点配置的工作 FlexE 客户的流标识相同。

可选的，第一节点和第二节点为基于 FlexE 的层次化网络中的节点，如图 6-4 所示，第一处理模块 620，可以包括：

第二处理子模块 622，用于对第二 FlexE 客户的数据执行转发操作。

第二处理子模块 622，用于执行上述实施例中的步骤 4041 和步骤 4042。

30 综上所述，本发明实施例提供的数据传输装置，由于接收模块能够接收第一节点传输的第二 FlexE 客户的数据，第一处理模块能够对第二 FlexE 客户的数据执行转发操作或恢复操作，第二 FlexE 客户是第一节点将获取的多个第一 FlexE 客户进行映射后得到的，每个第一 FlexE 客户的数据占用第二 FlexE 客户的时隙是固定的，第一节点与第二节点不同，通过将多个第一 FlexE 客户映射至一个第二 FlexE 客户，使得节点无需都以一个 FlexE 客户为粒度来处理数据，降低了对节点处理数据的性能要求，还避免了当工作路径出现故障时业务发生中断，因此，提高了数据传输的可靠性，为 FlexE 技术提供了一种可靠的环网保护方式。

35

图 7 是本发明实施例提供的一种数据传输装置 700 的结构示意图，该数据传输装置可以用于图 1-1 所示的实施环境中的第一节点。如图 7 所示，该数据传输装置 700 包括处理器

701 (如 CPU)、存储器 702、网络接口 703 和总线 704。其中,总线 704 用于连接处理器 701、存储器 702 和网络接口 703。存储器 702 可能包含随机存取存储器(Random Access Memory, RAM),也可能包含非不稳定的存储器(non-volatile memory),例如至少一个磁盘存储器。通过网络接口 703 (可以是有线或者无线)实现第一节点与其他节点之间的通信连接。存储器 702 中存储有程序 7021,该程序 7021 用于实现各种应用功能,处理器 701 用于执行存储器 702 中存储的程序 7021 来配合实现图 2-1、图 3-1 或图 4-1 所示的数据传输方法。

本发明实施例还提供了一种数据传输装置,该数据传输装置可以用于图 1-1 所示的实施例环境中的第二节点。参考图 7,该数据传输装置包括处理器(如 CPU)、存储器、网络接口和总线。其中,总线用于连接处理器、存储器和网络接口。存储器可能包含随机存取存储器,也可能包含非不稳定的存储器,例如至少一个磁盘存储器。通过网络接口(可以是有线或者无线)实现第一节点与第二节点之间的通信连接。存储器中存储有程序,该程序用于实现各种应用功能,处理器用于执行存储器中存储的程序来配合实现图 2-1、图 3-1 或图 4-1 所示的数据传输方法。

15

本发明实施例还提供了一种数据传输系统,包括第一节点和第二节点。

其中,第一节点可以包括图 5-1 所示的数据传输装置,第二节点可以包括图 6-1 或图 6-3 所示的数据传输装置。

或者,第一节点包括图 7 所示的数据传输装置,第二节点包括图 7 所示的数据传输装置。

20

所属领域的技术人员可以清楚地了解到,为描述的方便和简洁,上述描述的系统、装置和模块的具体工作过程,可以参考前述方法实施例中的对应过程,在此不再赘述。

在上述实施例中,可以全部或部分地通过软件、硬件、固件或者其任意组合来实现。当使用软件实现时,可以全部或部分地以计算机程序产品的形式实现,所述计算机程序产品包括一个或多个计算机指令。在计算机上加载和执行所述计算机程序指令时,全部或部分地产生按照本发明实施例所述的流程或功能。所述计算机可以是通用计算机、计算机网络、或者其他可编程装置。所述计算机指令可以存储在计算机的可读存储介质中,或者从一个计算机可读存储介质向另一个计算机可读存储介质传输,例如,所述计算机指令可以从一个网站站点、计算机、服务器或数据中心通过有线(例如同轴电缆、光纤、数字用户线)或无线(例如红外、无线、微波等)方式向另一个网站站点、计算机、服务器或数据中心传输。所述计算机可读存储介质可以是计算机能够存取的任何可用介质或者包含一个或多个可用介质集成的服务器、数据中心等数据存储设备。所述可用介质可以是磁性介质(例如,软盘、硬盘、磁带)、光介质,或者半导体介质(例如固态硬盘)等。

在本申请所提供的几个实施例中,应该理解到,所揭露的装置和方法,可以通过其它的方式实现。例如,以上所描述的装置实施例仅仅是示意性的,例如,所述模块的划分,仅仅为一种逻辑功能划分,实际实现时可以有另外的划分方式,例如多个模块或组件可以结合或者可以集成到另一个系统,或一些特征可以忽略,或不执行。另一点,所显示或讨论的相互之间的耦合或直接耦合或通信连接可以是通过一些接口,装置或单元的间接耦合

35

或通信连接，可以是电性，机械或其它的形式。

本领域普通技术人员可以理解实现上述实施例的全部或部分步骤可以通过硬件来完成，也可以通过程序来指令相关的硬件完成，所述的程序可以存储于一种计算机可读存储介质中，上述提到的存储介质可以是只读存储器，磁盘或光盘等。

- 5 以上所述仅为本申请的可选实施例，并不用以限制本申请，凡在本申请的精神和原则之内，所作的任何修改、等同替换、改进等，均应包含在本申请的保护范围之内。

权 利 要 求 书

1、一种数据传输方法，其特征在于，应用于第一节点，所述方法包括：

获取 m 个第一 FlexE 客户， $m \geq 2$ ；

5 将所述 m 个第一 FlexE 客户映射至一个第二 FlexE 客户，其中，每个所述第一 FlexE 客户的数据占用所述第二 FlexE 客户的时隙是固定的；

将所述第二 FlexE 客户的数据传输至第二节点，所述第二节点与所述第一节点不同。

2、根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述将所述 m 个第一 FlexE 客户映射至一个第二 FlexE 客户，包括：

10 将所述 m 个第一 FlexE 客户中每个所述第一 FlexE 客户的数据中的数据码块映射至所述第二 FlexE 客户的指定的时隙中，得到所述第二 FlexE 客户的数据码块流；

在所述第二 FlexE 客户的数据码块流中连续添加 N 个空闲码块，所述 N 为所述第二 FlexE 客户的时隙个数的整数倍。

3、根据权利要求 2 所述的方法，其特征在于，所述将所述 m 个第一 FlexE 客户中每个所述第一 FlexE 客户的数据中的数据码块映射至所述第二 FlexE 客户的指定的时隙中，包括：

按照预设排序方式对所述 m 个第一 FlexE 客户进行排序；

按照排序顺序，将所述 m 个第一 FlexE 客户中每个所述第一 FlexE 客户的数据中的数据码块映射至所述第二 FlexE 客户的指定的时隙中。

20 4、根据权利要求 3 所述的方法，其特征在于，所述按照预设排序方式对所述 m 个第一 FlexE 客户进行排序，包括：

按照所述 m 个第一 FlexE 客户中每个所述第一 FlexE 客户对应的流标签的内容，对所述 m 个第一 FlexE 客户进行排序。

25 5、根据权利要求 4 所述的方法，其特征在于，每个所述第一 FlexE 客户对应的流标签包括：所述第一 FlexE 客户的流入节点，所述第一 FlexE 客户的流出节点和所述第一 FlexE 客户的流标识；

其中，不同的节点所配置的所述第一 FlexE 客户的流标识相同。

30 6、根据权利要求 2 所述的方法，其特征在于，在所述将所述 m 个第一 FlexE 客户中每个所述第一 FlexE 客户的数据中的数据码块映射至所述第二 FlexE 客户的指定的时隙中之前，所述方法还包括：

删除 p 个第一 FlexE 客户的数据中的 q 个空闲码块， $1 \leq p \leq m$ ， $q \geq 1$ 。

7、根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述将所述第二 FlexE 客户的数据传输至第二节点，包括：

将所述第二 FlexE 客户的数据发送至第三节点；

35 所述第三节点在检测到所述第二 FlexE 客户的数据码块流中连续存在 N 个空闲码块时，删除所述 N 个空闲码块，所述第三节点为传输所述第二 FlexE 客户的数据时，所述第一节点和所述第二节点之间的节点；

所述第三节点在将处理后的第二 FlexE 客户传输至所述第二节点时，在所述处理后的第二 FlexE 客户的数据码流中连续添加所述 N 个空闲码块。

8、根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述第一节点和所述第二节点为灵活以太网 FlexE 环网中的节点，所述 FlexE 环网包括多个节点，所述多个节点形成工作路径和保护路径，所述工作路径和所述保护路径均为可双向传输的路径，所述第一 FlexE 客户为工作 FlexE 客户，所述第二 FlexE 客户为保护 FlexE 客户，

5 所述获取 m 个第一 FlexE 客户，包括：

在检测到所述工作路径上距离所述第一节点最近的一个元素出现故障时，获取待向所述工作路径上的下一节点发送的所述 m 个工作 FlexE 客户，所述元素为节点或链路。

9、根据权利要求 8 所述的方法，其特征在于，所述将所述第二 FlexE 客户的数据传输至第二节点，包括：

10 沿所述保护路径将所述保护 FlexE 客户的数据传输至所述第二节点，所述第二节点为靠近出现故障的所述元素的节点。

10、根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述第一节点和所述第二节点为基于 FlexE 的层次化网络中的节点。

11、一种数据传输方法，其特征在于，应用于第二节点，所述方法包括：

15 接收第一节点传输的第二 FlexE 客户的数据，所述第二 FlexE 客户是所述第一节点将获取的 m 个第一 FlexE 客户进行映射后得到的，每个所述第一 FlexE 客户的数据占用所述第二 FlexE 客户的时隙是固定的，所述第一节点与所述第二节点不同， $m \geq 2$ ；

对所述第二 FlexE 客户的数据执行转发操作或恢复操作。

12、根据权利要求 11 所述的方法，其特征在于，所述第一节点和所述第二节点为灵活以太网 FlexE 环网中的节点，所述 FlexE 环网包括多个节点，所述多个节点形成工作路径和保护路径，所述工作路径和所述保护路径均为可双向传输的路径，所述第一 FlexE 客户为工作 FlexE 客户，所述第二 FlexE 客户为保护 FlexE 客户，

所述接收第一节点传输的第二 FlexE 客户的数据，包括：

25 接收所述第一节点沿所述保护路径传输的所述保护 FlexE 客户的数据，所述保护 FlexE 客户是所述第一节点在检测到所述工作路径上距离所述第一节点最近的一个元素出现故障时，将待向所述工作路径上的下一节点发送的 m 个工作 FlexE 客户进行映射后得到的，所述元素为节点或链路；

所述对所述第二 FlexE 客户的数据执行转发操作或恢复操作，包括：

将所述保护 FlexE 客户恢复为所述 m 个工作 FlexE 客户；

30 在所述将所述保护 FlexE 客户恢复为所述 m 个工作 FlexE 客户之后，所述方法还包括：

对所述 m 个工作 FlexE 客户中每个所述工作 FlexE 客户的数据执行目标操作，所述目标操作为转发操作或丢弃操作。

13、根据权利要求 12 所述的方法，其特征在于，所述将所述保护 FlexE 客户恢复为所述 m 个工作 FlexE 客户，包括：

35 当检测到所述保护 FlexE 客户的数据码块流中连续存在 N 个空闲码块时，删除所述 N 个空闲码块，所述 N 为所述保护 FlexE 客户的时隙个数的整数倍；

按照每个所述工作 FlexE 客户的数据中的数据码块的位置，恢复出所述 m 个工作 FlexE 客户。

14、根据权利要求 12 所述的方法，其特征在于，所述对所述 m 个工作 FlexE 客户中

每个所述工作 FlexE 客户的数据执行目标操作，包括：

对于每个所述工作 FlexE 客户：

当基于所述工作 FlexE 客户对应的流标签检测到所述工作 FlexE 客户的数据不经过所述第二节点时，对所述工作 FlexE 客户的数据执行丢弃操作；

5 当基于所述工作 FlexE 客户对应的流标签检测到所述工作 FlexE 客户的数据经过所述第二节点时，对所述工作 FlexE 客户的数据执行转发操作；

其中，所述工作 FlexE 客户对应的流标签用于指示所述工作 FlexE 客户的数据在所述工作路径上的转发路径。

15、根据权利要求 14 所述的方法，其特征在于，所述工作 FlexE 客户对应的流标签包
10 括：

所述工作 FlexE 客户的流入节点，所述工作 FlexE 客户的流出节点和所述工作 FlexE 客户的流标识；

其中，不同的节点配置的所述工作 FlexE 客户的流标识相同。

16、根据权利要求 11 所述的方法，其特征在于，所述第一节点和所述第二节点为基
15 于 FlexE 的层次化网络中的节点，

所述对所述第二 FlexE 客户的数据执行转发操作或恢复操作，包括：

对所述第二 FlexE 客户的数据执行转发操作；

所述对所述第二 FlexE 客户的数据执行转发操作，包括：

20 将所述第二 FlexE 客户和接收到的另一节点传输的另一第二 FlexE 客户映射至第三 FlexE 客户，所述另一第二 FlexE 客户是所述另一节点将获取的 m 个第一 FlexE 客户进行映射后得到的，其中，所述第二 FlexE 客户的数据和所述另一第二 FlexE 客户的数据占用所述第三 FlexE 客户的时隙是固定的；

将所述第三 FlexE 客户的数据传输至下一节点。

17、一种数据传输装置，其特征在于，应用于第一节点，所述装置包括：
25 获取模块，用于获取 m 个第一 FlexE 客户， $m \geq 2$ ；

映射模块，用于将所述 m 个第一 FlexE 客户映射至一个第二 FlexE 客户，其中，每个所述
第一 FlexE 客户的数据占用所述第二 FlexE 客户的时隙是固定的；

传输模块，用于将所述第二 FlexE 客户的数据传输至第二节点，所述第二节点与所述第一
节点不同。

18、根据权利要求 17 所述的装置，其特征在于，所述映射模块，包括：

映射子模块，用于将所述 m 个第一 FlexE 客户中每个所述第一 FlexE 客户的数据中的数
据码块映射至所述第二 FlexE 客户的指定的时隙中，得到所述第二 FlexE 客户的数据码块流；

添加子模块，用于在所述第二 FlexE 客户的数据码块流中连续添加 N 个空闲码块，所述
30 N 为所述第二 FlexE 客户的时隙个数的整数倍。

19、根据权利要求 18 所述的装置，其特征在于，所述映射子模块，包括：

排序单元，用于按照预设排序方式对所述 m 个第一 FlexE 客户进行排序；

映射单元，用于按照排序顺序，将所述 m 个第一 FlexE 客户中每个所述第一 FlexE 客户
的数据中的数据码块映射至所述第二 FlexE 客户的指定的时隙中。

20、根据权利要求 19 所述的装置，其特征在于，所述排序单元，用于：

按照所述 m 个第一 FlexE 客户中每个所述第一 FlexE 客户对应的流标签的内容，对所述 m 个第一 FlexE 客户进行排序。

21、根据权利要求 20 所述的装置，其特征在于，每个所述第一 FlexE 客户对应的流标签包括：所述第一 FlexE 客户的流入节点，所述第一 FlexE 客户的流出节点和所述第一 FlexE 客户的流标识；

其中，不同的节点所配置的所述第一 FlexE 客户的流标识相同。

22、根据权利要求 18 所述的装置，其特征在于，所述映射模块，还包括：

删除子模块，用于删除 p 个第一 FlexE 客户的数据中的 q 个空闲码块， $1 \leq p \leq m$ ， $q \geq 1$ 。

23、根据权利要求 17 所述的装置，其特征在于，所述第一节点和所述第二节点为灵活以太网 FlexE 环网中的节点，所述 FlexE 环网包括多个节点，所述多个节点形成工作路径和保护路径，所述工作路径和所述保护路径均为可双向传输的路径，所述第一 FlexE 客户为工作 FlexE 客户，所述第二 FlexE 客户为保护 FlexE 客户，

所述获取模块，用于：

在检测到所述工作路径上距离所述第一节点最近的一个元素出现故障时，获取待向所述工作路径上的下一节点发送的所述 m 个工作 FlexE 客户，所述元素为节点或链路。

24、根据权利要求 23 所述的装置，其特征在于，所述传输模块，用于：

沿所述保护路径将所述保护 FlexE 客户的数据传输至所述第二节点，所述第二节点为靠近出现故障的所述元素的节点。

25、根据权利要求 17 所述的装置，其特征在于，所述第一节点和所述第二节点为基于 FlexE 的层次化网络中的节点。

26、一种数据传输装置，其特征在于，应用于第二节点，所述装置包括：

接收模块，用于接收第一节点传输的第二 FlexE 客户的数据，所述第二 FlexE 客户是所述第一节点将获取的 m 个第一 FlexE 客户进行映射后得到的，每个所述第一 FlexE 客户的数据占用所述第二 FlexE 客户的时隙是固定的，所述第一节点与所述第二节点不同， $m \geq 2$ ；

第一处理模块，用于对所述第二 FlexE 客户的数据执行转发操作或恢复操作。

27、根据权利要求 26 所述的装置，其特征在于，所述第一节点和所述第二节点为灵活以太网 FlexE 环网中的节点，所述 FlexE 环网包括多个节点，所述多个节点形成工作路径和保护路径，所述工作路径和所述保护路径均为可双向传输的路径，所述第一 FlexE 客户为工作 FlexE 客户，所述第二 FlexE 客户为保护 FlexE 客户，

所述接收模块，用于：

接收所述第一节点沿所述保护路径传输的所述保护 FlexE 客户的数据，所述保护 FlexE 客户是所述第一节点在检测到所述工作路径上距离所述第一节点最近的一个元素出现故障时，将待向所述工作路径上的下一节点发送的 m 个工作 FlexE 客户进行映射后得到的，所述元素为节点或链路；

所述第一处理模块，包括：

第一处理子模块，用于将所述保护 FlexE 客户恢复为所述 m 个工作 FlexE 客户；

所述装置还包括：

第二处理模块，用于对所述 m 个工作 FlexE 客户中每个所述工作 FlexE 客户的数据执行目标操作，所述目标操作为转发操作或丢弃操作。

28、根据权利要求 27 所述的装置，其特征在于，所述第一处理子模块，用于：

当检测到所述第二 FlexE 客户的数据码块流中连续存在 N 个空闲码块时，删除所述 N 个空闲码块，所述 N 为所述第二 FlexE 客户的时隙个数的整数倍；

5 按照每个所述第一 FlexE 客户的数据中的数据码块的位置，恢复出所述 m 个第一 FlexE 客户。

29、根据权利要求 27 所述的装置，其特征在于，所述第二处理模块，用于：

对于每个所述工作 FlexE 客户：

当基于所述工作 FlexE 客户对应的流标签检测到所述工作 FlexE 客户的数据不经过所述第二节点时，对所述工作 FlexE 客户的数据执行丢弃操作；

10 当基于所述工作 FlexE 客户对应的流标签检测到所述工作 FlexE 客户的数据经过所述第二节点时，对所述工作 FlexE 客户的数据执行转发操作；

其中，所述工作 FlexE 客户对应的流标签用于指示所述工作 FlexE 客户的数据在所述工作路径上的转发路径。

15 30、根据权利要求 29 所述的装置，其特征在于，所述工作 FlexE 客户对应的流标签包括：

所述工作 FlexE 客户的流入节点，所述工作 FlexE 客户的流出节点和所述工作 FlexE 客户的流标识；

其中，不同的节点配置的所述工作 FlexE 客户的流标识相同。

20 31、根据权利要求 26 所述的装置，其特征在于，所述第一节点和所述第二节点为基于 FlexE 的层次化网络中的节点，

所述第一处理模块，包括：

第二处理子模块，用于对所述第二 FlexE 客户的数据执行转发操作；

所述第二处理子模块，用于：

25 将所述第二 FlexE 客户和接收到的另一节点传输的所述另一第二 FlexE 客户映射至第三 FlexE 客户，所述另一第二 FlexE 客户是所述另一节点将获取的 m 个第一 FlexE 客户进行映射后得到的，其中，所述第二 FlexE 客户的数据和所述另一第二 FlexE 客户的数据占用所述第三 FlexE 客户的时隙是固定的；

将所述第三 FlexE 客户的数据传输至下一节点。

32、一种数据传输系统，其特征在于，包括第一节点和第二节点，

30 所述第一节点包括权利要求 17 至 25 任一所述的数据传输装置，所述第二节点包括权利要求 26 至 31 任一所述的数据传输装置。

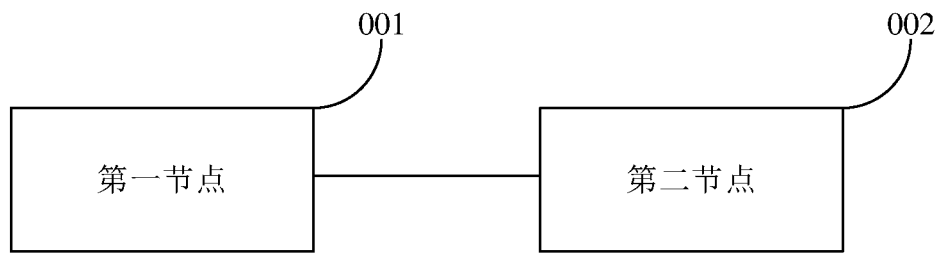


图 1-1

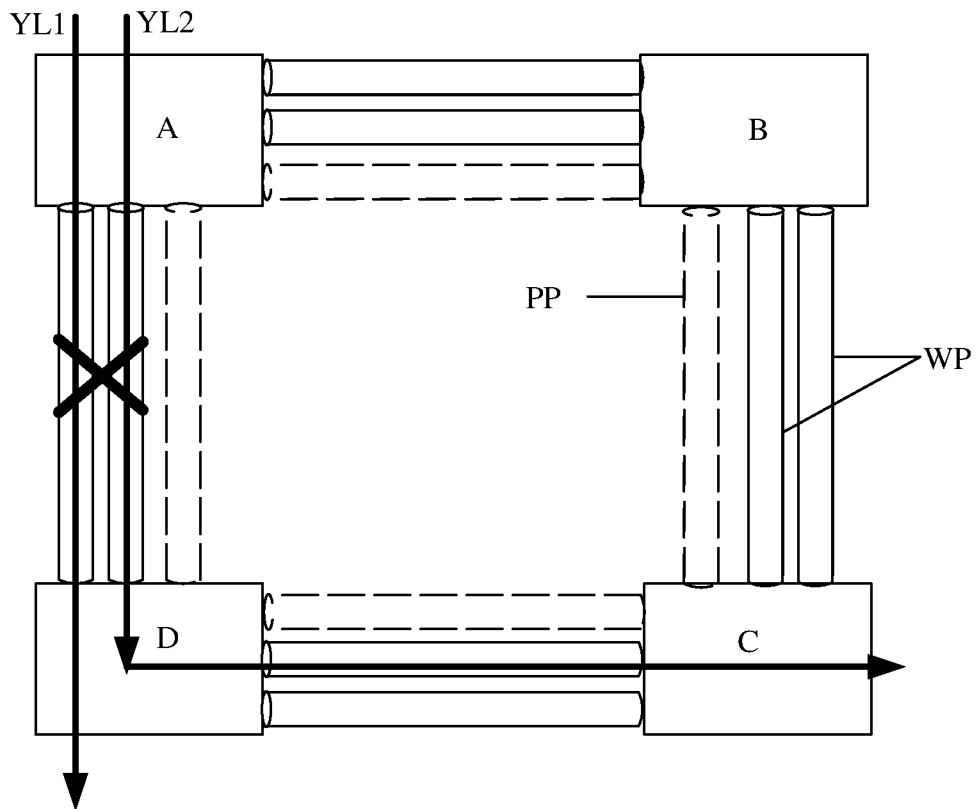


图 1-2

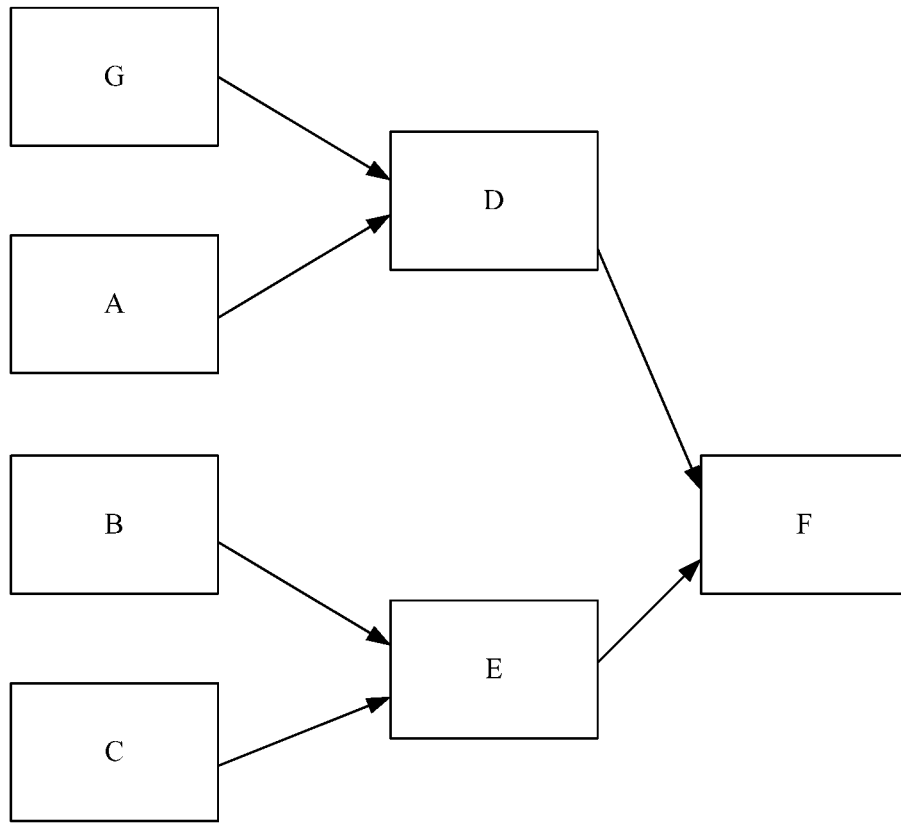


图 1-3

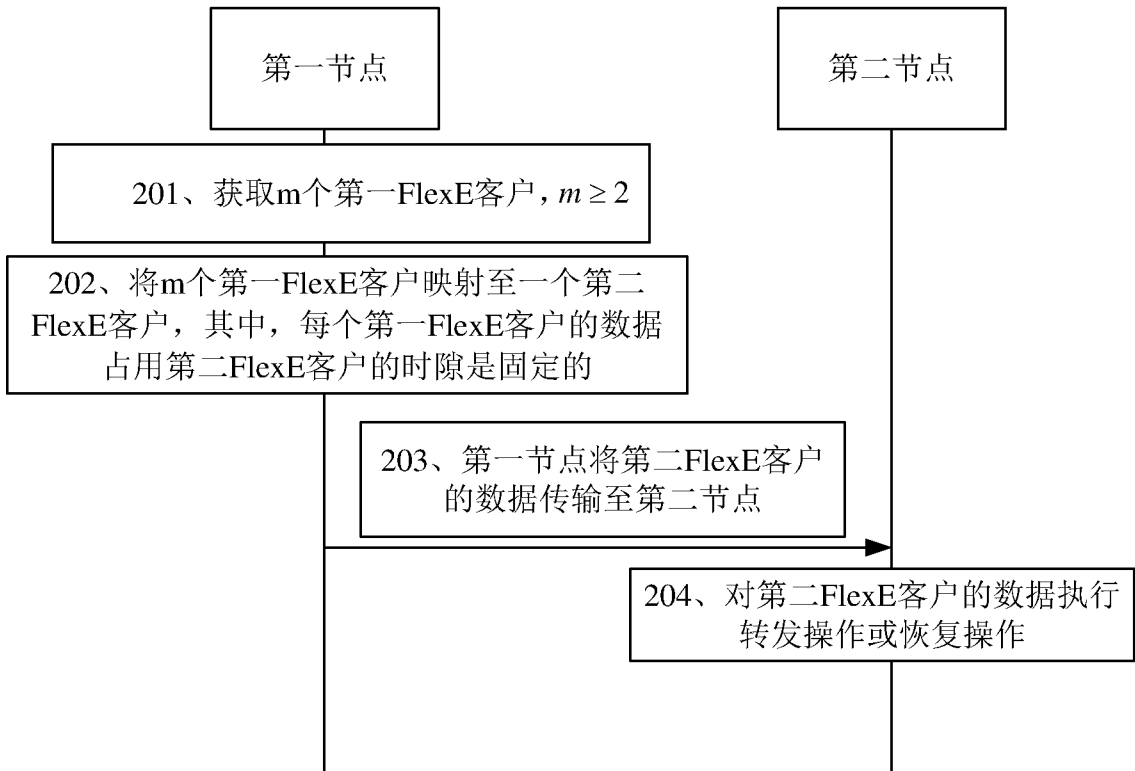


图 2-1

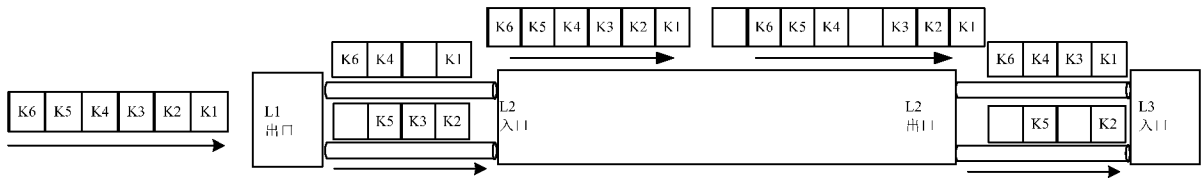


图 2-2

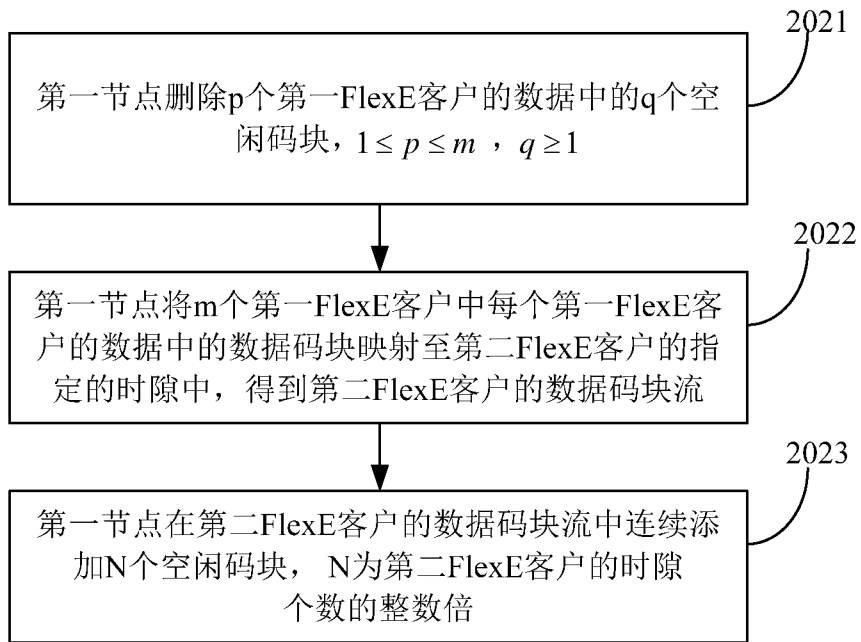


图 2-3

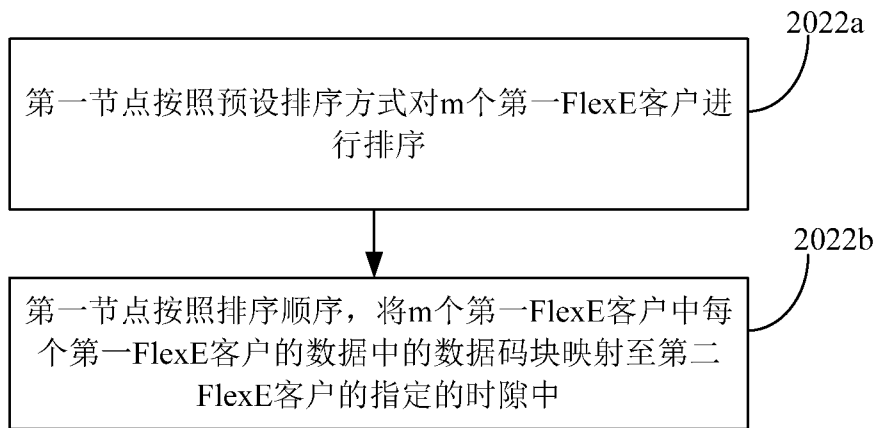


图 2-4

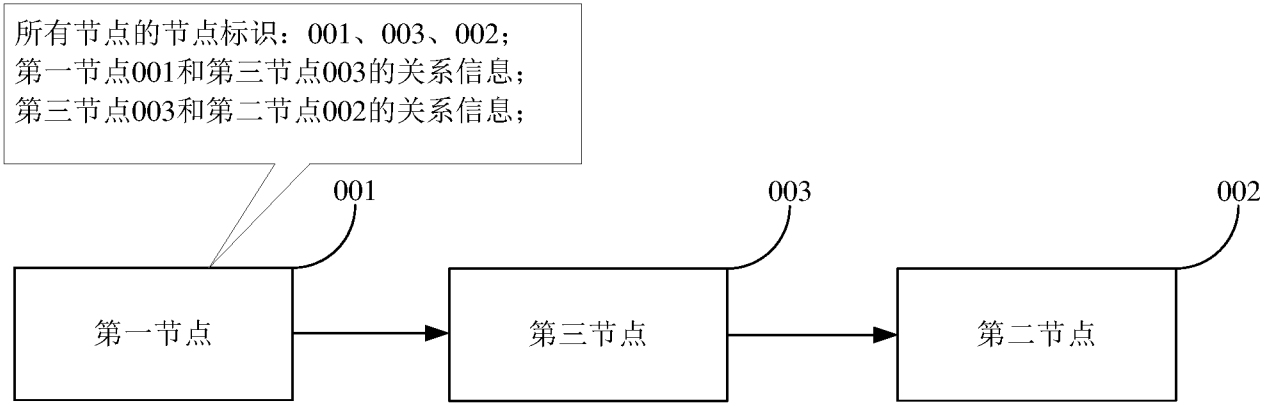


图 2-5



图 2-6

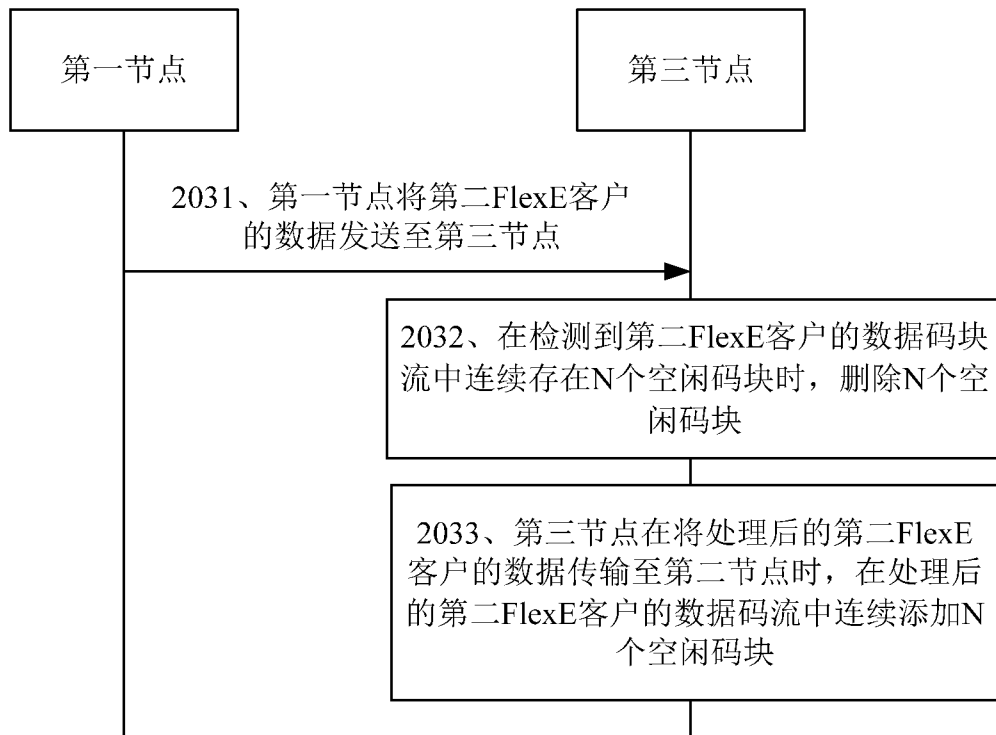


图 2-7

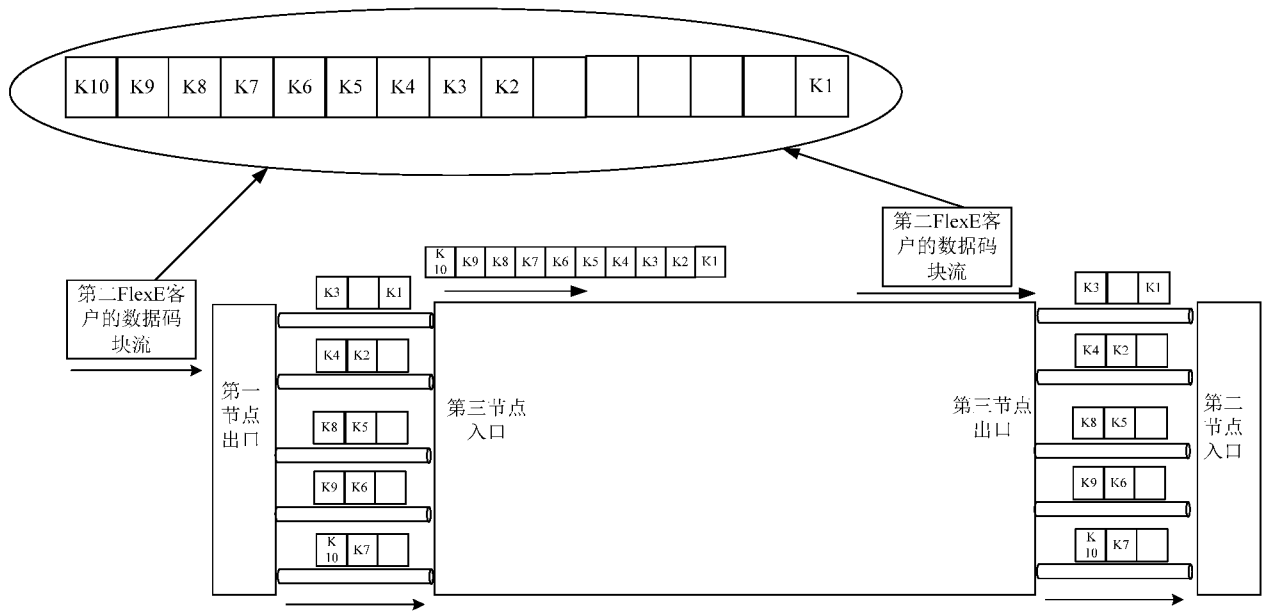


图 2-8

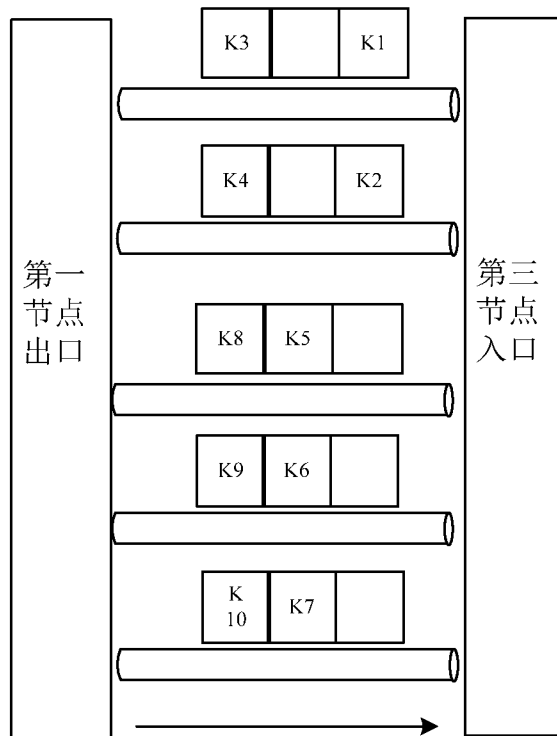


图 2-9

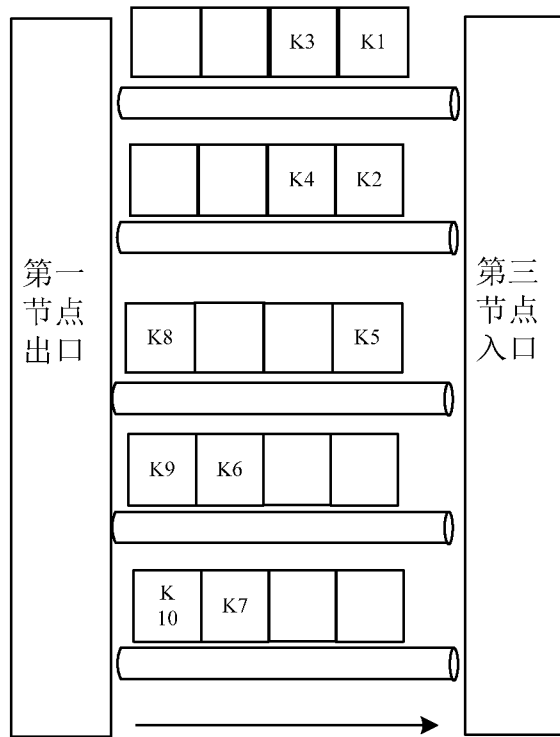


图 2-10

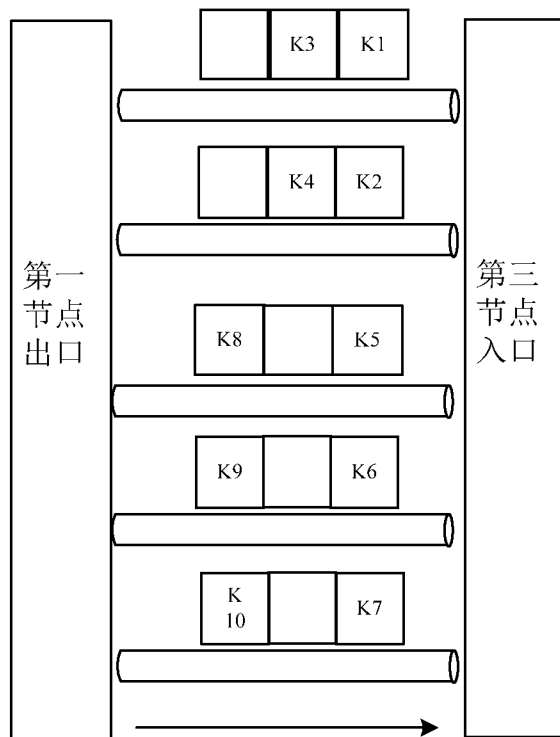


图 2-11

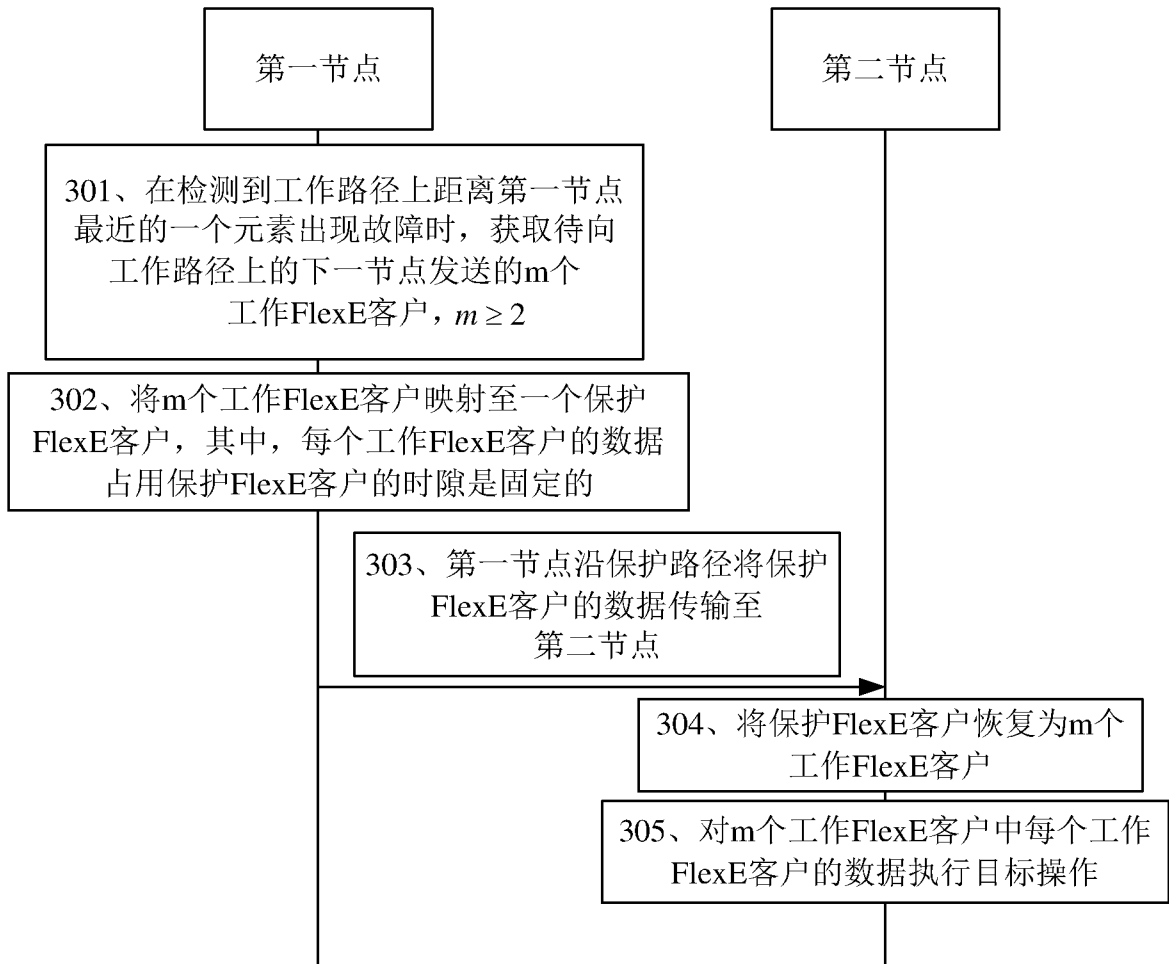


图 3-1

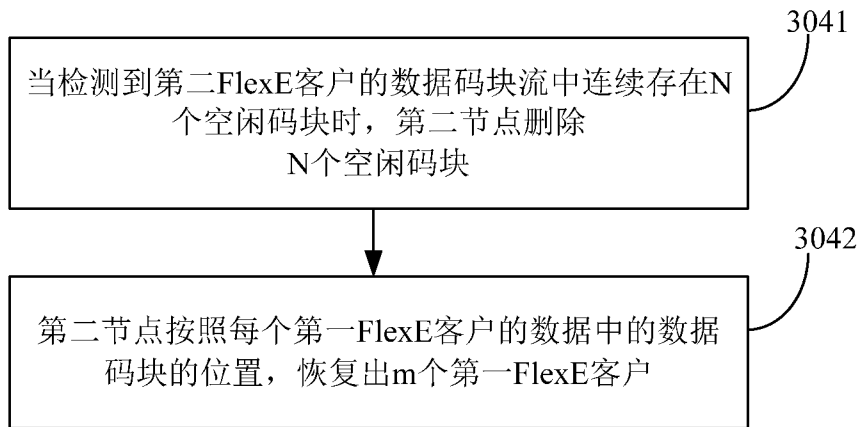


图 3-2

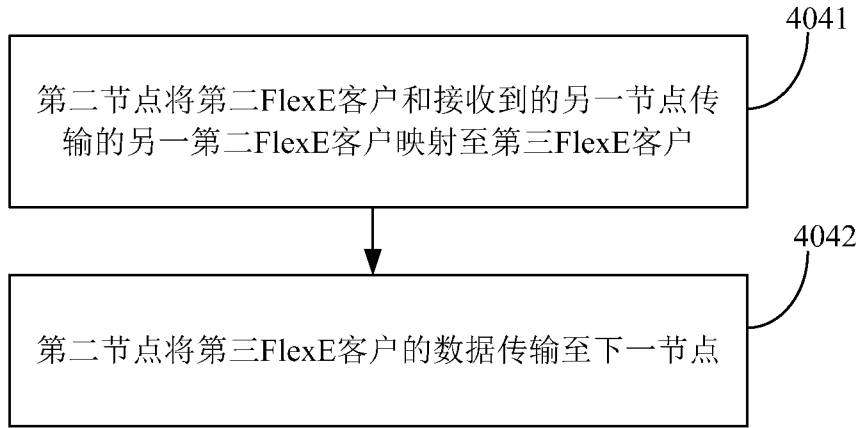


图 4-2

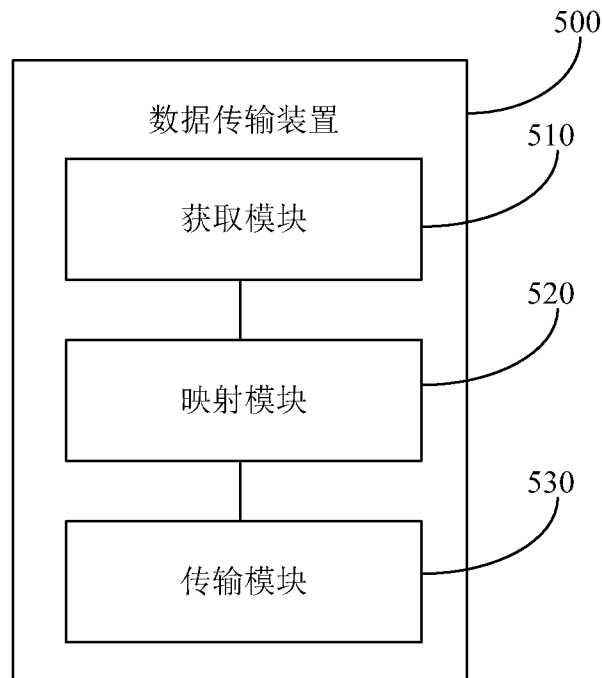


图 5-1

10/12

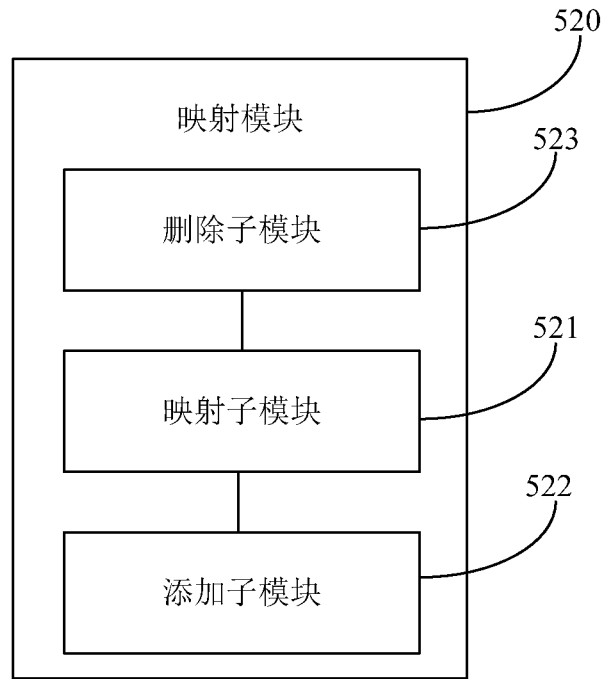


图 5-2

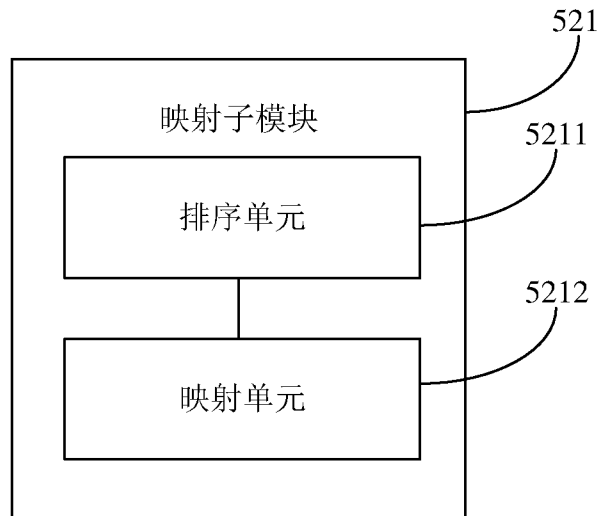


图 5-3

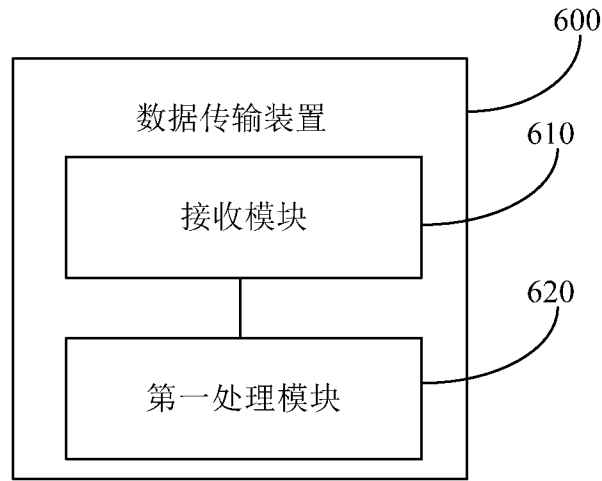


图 6-1

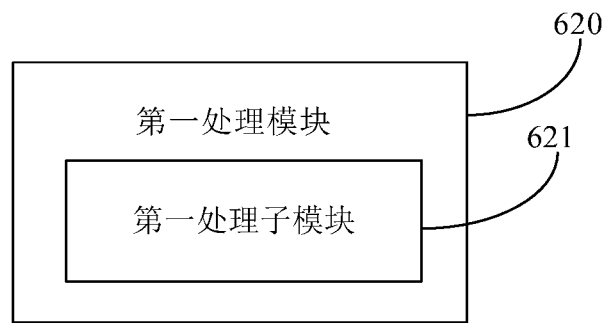


图 6-2

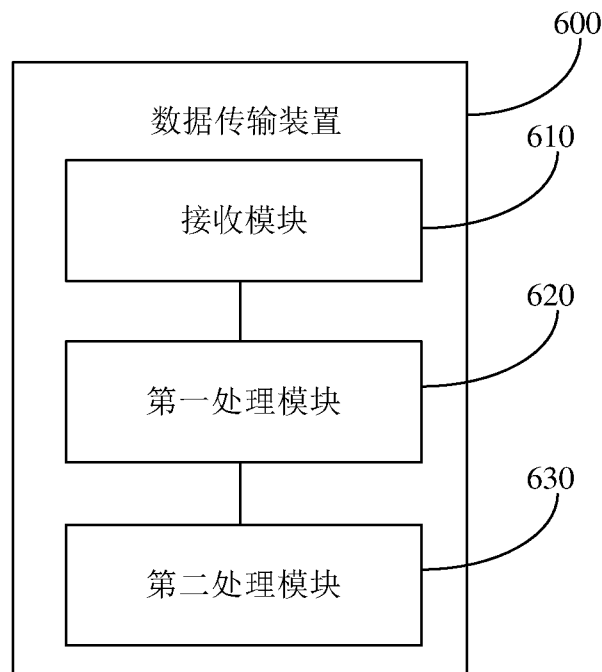


图 6-3

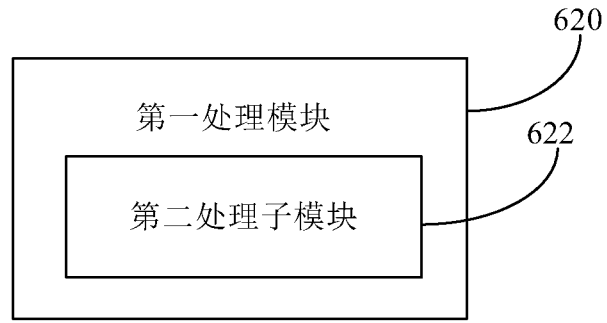


图 6-4

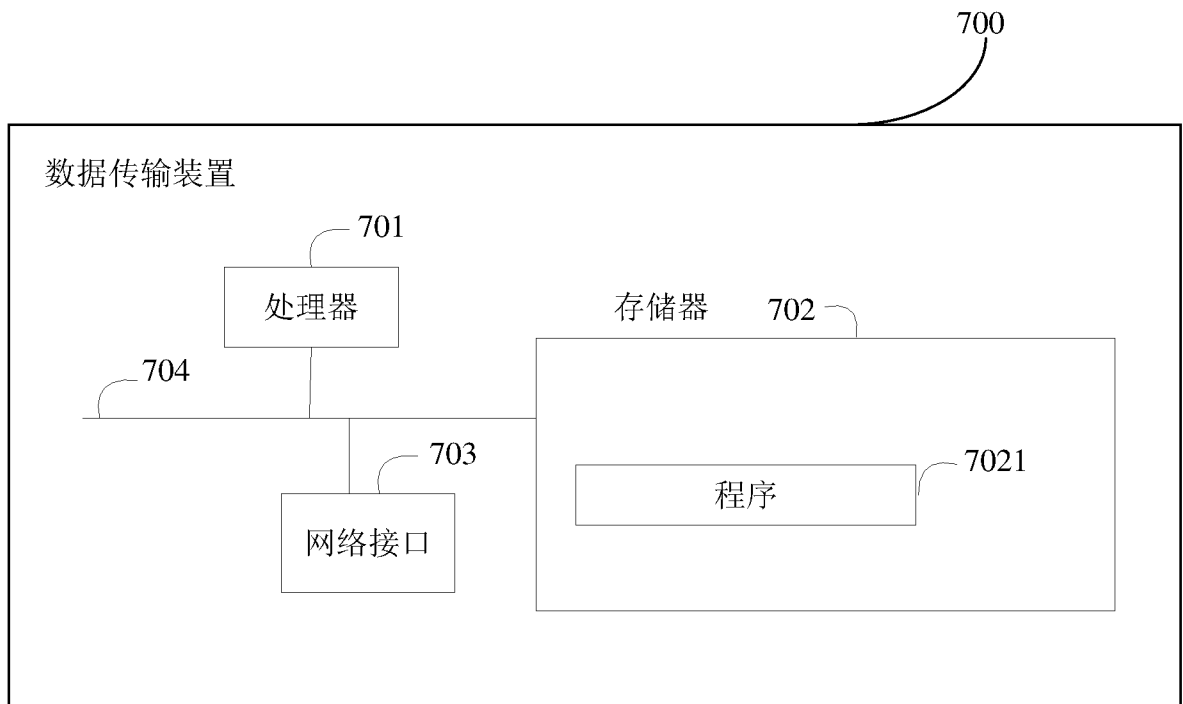


图 7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2018/104193

| A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER | | |
|--|--|--|
| H04L 5/00(2006.01)i; H04L 12/913(2013.01)i | | |
| According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC | | |
| B. FIELDS SEARCHED | | |
| Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) | | |
| H04L | | |
| Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched | | |
| Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) | | |
| CNPAT, CNKI, WPI, EPODOC, IEEE: 灵活以太网, 节点, 数据传输, 映射, 业务, 流, 时隙, 物理层, 标识, 交换机, 路由器, FlexE, node, data transmission, mapping, service, stream, timeslot, PHY, identifier, switch, router | | |
| C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT | | |
| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
| A | CN 107204941 A (ZTE CORPORATION) 26 September 2017 (2017-09-26) description, paragraphs 0089-0130 | 1-32 |
| A | CN 106850465 A (HISILICON TECHNOLOGIES CO., LTD.) 13 June 2017 (2017-06-13) entire document | 1-32 |
| A | CN 106803814 A (ZTE CORPORATION) 06 June 2017 (2017-06-06) entire document | 1-32 |
| A | US 2011305136 A1 (PAN, PING ET AL.) 15 December 2011 (2011-12-15) entire document | 1-32 |
| <input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex. | | |
| * Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family | | |
| Date of the actual completion of the international search | | Date of mailing of the international search report |
| 09 November 2018 | | 26 November 2018 |
| Name and mailing address of the ISA/CN | | Authorized officer |
| State Intellectual Property Office of the P. R. China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing 100088 China | | |
| Facsimile No. (86-10)62019451 | | Telephone No. |

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2018/104193

| Patent document cited in search report | | | Publication date (day/month/year) | Patent family member(s) | | | Publication date (day/month/year) |
|--|------------|----|-----------------------------------|-------------------------|------------|----|-----------------------------------|
| CN | 107204941 | A | 26 September 2017 | WO | 2017156987 | A1 | 21 September 2017 |
| CN | 106850465 | A | 13 June 2017 | None | | | |
| CN | 106803814 | A | 06 June 2017 | None | | | |
| US | 2011305136 | A1 | 15 December 2011 | None | | | |

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2018/104193

| <p>A. 主题的分类</p> <p>H04L 5/00(2006.01)i; H04L 12/913(2013.01)i</p> <p>按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|--|-----|-------------------|---------|---|---|------|---|---|------|---|--|------|---|--|------|
| <p>B. 检索领域</p> <p>检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)</p> <p>H04L</p> <p>包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献</p> <p>在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用))</p> <p>CNPAT, CNKI, WPI, EPODOC, IEEE: 灵活以太网, 节点, 数据传输, 映射, 业务, 流, 时隙, 物理层, 标识, 交换机, 路由器, FlexE, node, data transmission, mapping, service, stream, timeslot, PHY, identifier, switch, router</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>C. 相关文件</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>类型*</th> <th>引用文件, 必要时, 指明相关段落</th> <th>相关的权利要求</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>CN 107204941 A (中兴通讯股份有限公司) 2017年 9月 26日 (2017 - 09 - 26) 说明书第0089-0130段</td> <td>1-32</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 106850465 A (深圳市海思半导体有限公司) 2017年 6月 13日 (2017 - 06 - 13) 全文</td> <td>1-32</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 106803814 A (中兴通讯股份有限公司) 2017年 6月 6日 (2017 - 06 - 06) 全文</td> <td>1-32</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>US 2011305136 A1 (PAN, PING ET AL.) 2011年 12月 15日 (2011 - 12 - 15) 全文</td> <td>1-32</td> </tr> </tbody> </table> | | | 类型* | 引用文件, 必要时, 指明相关段落 | 相关的权利要求 | A | CN 107204941 A (中兴通讯股份有限公司) 2017年 9月 26日 (2017 - 09 - 26) 说明书第0089-0130段 | 1-32 | A | CN 106850465 A (深圳市海思半导体有限公司) 2017年 6月 13日 (2017 - 06 - 13) 全文 | 1-32 | A | CN 106803814 A (中兴通讯股份有限公司) 2017年 6月 6日 (2017 - 06 - 06) 全文 | 1-32 | A | US 2011305136 A1 (PAN, PING ET AL.) 2011年 12月 15日 (2011 - 12 - 15) 全文 | 1-32 |
| 类型* | 引用文件, 必要时, 指明相关段落 | 相关的权利要求 | | | | | | | | | | | | | | | |
| A | CN 107204941 A (中兴通讯股份有限公司) 2017年 9月 26日 (2017 - 09 - 26) 说明书第0089-0130段 | 1-32 | | | | | | | | | | | | | | | |
| A | CN 106850465 A (深圳市海思半导体有限公司) 2017年 6月 13日 (2017 - 06 - 13) 全文 | 1-32 | | | | | | | | | | | | | | | |
| A | CN 106803814 A (中兴通讯股份有限公司) 2017年 6月 6日 (2017 - 06 - 06) 全文 | 1-32 | | | | | | | | | | | | | | | |
| A | US 2011305136 A1 (PAN, PING ET AL.) 2011年 12月 15日 (2011 - 12 - 15) 全文 | 1-32 | | | | | | | | | | | | | | | |
| <input type="checkbox"/> 其余文件在C栏的续页中列出。 | | <input checked="" type="checkbox"/> 见同族专利附件。 | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>* 引用文件的具体类型:</p> <p>“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件</p> <p>“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利</p> <p>“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的)</p> <p>“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件</p> <p>“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件</p> | | <p>“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件</p> <p>“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性</p> <p>“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性</p> <p>“&” 同族专利的文件</p> | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>国际检索实际完成的日期</p> <p>2018年 11月 9日</p> | | <p>国际检索报告邮寄日期</p> <p>2018年 11月 26日</p> | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>ISA/CN的名称和邮寄地址</p> <p>中华人民共和国国家知识产权局(ISA/CN) 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088</p> <p>传真号 (86-10)62019451</p> | | <p>受权官员</p> <p>彭亮</p> <p>电话号码 86-10-53961652</p> | | | | | | | | | | | | | | | |

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2018/104193

| 检索报告引用的专利文件 | | | 公布日 (年/月/日) | 同族专利 | 公布日 (年/月/日) |
|-------------|------------|----|----------------|------------------|----------------|
| CN | 107204941 | A | 2017年 9月 26日 | WO 2017156987 A1 | 2017年 9月 21日 |
| CN | 106850465 | A | 2017年 6月 13日 | 无 | |
| CN | 106803814 | A | 2017年 6月 6日 | 无 | |
| US | 2011305136 | A1 | 2011年 12月 15日 | 无 | |