

链路的错误恢复方法及装置

技术领域

本申请涉及通信技术领域，尤其涉及链路的错误恢复方法及装置。

背景技术

为了达到极高吞吐率的技术目标，电气和电子工程师协会（institute of electrical and electronics engineers, IEEE）802.11be 标准将多链路（multi-link, ML）通信作为关键技术之一。支持 ML 通信的多链路设备（multi-link device, MLD）具有在多个频段发送和接收的能力，从而 MLD 可以利用更大的带宽进行数据传输，有利于显著提升吞吐率。

根据 MLD 是否具备在不同链路上同时收发（simultaneous transmitting and receiving, STR）的能力，可以将 MLD 分为 STR MLD 和 non-STR MLD。其中，一个链路可以指 MLD 在一个频段上进行数据传输的空间路径，STR MLD 具备 STR 能力，non-STR MLD 不具备 STR 能力。

对于有 non-STR MLD 参与通信的场景，链路的错误恢复为其中的重要部分，因此，有必要设计合理的方案以实现该场景下的错误恢复。

发明内容

本申请实施例提供链路的错误恢复方法及装置，可以实现有 non-STR MLD 参与通信场景下链路的错误恢复。

为达到上述目的，本申请的实施例采用如下技术方案：

第一方面，提供一种链路的错误恢复方法，该方法应用于发送端 MLD，该发送端 MLD 与接收端 MLD 之间的链路包括第一链路和第二链路，该发送端 MLD 和接收端 MLD 中的其中一个具备同时收发 STR 能力，另一个不具备 STR 能力。该方法包括：发送端 MLD 确定第一链路上的第一物理层协议数据单元 PPDU 传输失败；发送端 MLD 在第一时刻通过该第一链路由接收端 MLD 发送第二 PPDU，该第二 PPDU 用于重传第一 PPDU 中出错的部分。

其中，第一时刻为发送端 MLD 获取到第二链路的传输状态信息的时刻；第二链路的传输状态信息用于指示第二链路上的第三 PPDU 传输失败；或者，该第一时刻为假如第一 PPDU 正常传输时，该第一链路上下一个 PPDU 的发送时刻。

基于该方案，一方面，在发送端 MLD 和接收端 MLD 中的一个具备 STR 能力，另一个不具备 STR 能力，第一链路的第一 PPDU 传输失败的场景下，发送端 MLD 可以在第一时刻发送第二 PPDU 以重传第一 PPDU 中的出错部分，实现第一链路的错误恢复；另一方面，在第一时刻为发送端 MLD 获取到第二链路的传输状态信息的时刻的情况下，考虑了发送端 MLD 内部传输状态信息交互的时延，相比于假设传输状态信息交互十分迅速的情况，更加有利于产品实现，降低了对发送端 MLD 的设计压力；或者，在第一时刻为假如第一 PPDU 正常传输时，第一链路上下一个 PPDU 的发送时刻的情况下，相比于在第一 PPDU 的 BA 的结束时刻间隔 PIFS 后的时刻发送第二 PPDU 的情况，可以更早地实现链路的恢复，缩减了重传之前的等待时间，进而可以有更多的时间传输新的数据，提升可链路的吞吐量。

在一些可能的设计中，发送端 MLD 获取到第二链路的传输状态信息的时刻与第一确认块 BA 的预计开始时刻之间的间隔小于或等于第一时长，该第一时刻为发送端 MLD 获取到第二链路的传输状态信息的时刻；其中，该第一 BA 为第一 PPDU 的 BA；该第一时长为第一 BA 的长度与短帧间隔 SIFS 之和。

预计结束时刻之间的间隔小于或等于第一时长,第一时长为 SIFS 时,第一时刻为发送端 MLD 获取到第二链路的传输状态信息的时刻。

基于该可能的设计,由于发送端获取到第二链路的传输状态信息的时刻或者说发送第二 PPDU 的时刻早于第一 BA 后的 SIFS,且 SIFS 小于 PIFS,相比于现有技术中在第一 BA 结束后的 PIFS 时刻开始重传失败 PPDU,可以更早地实现链路的恢复,缩减了重传之前的等待时间,从而可以有更多的时间传输新的数据,提升可链路的吞吐量。

在一些可能的设计中,发送端 MLD 获取到第二链路的传输状态信息,包括:第一站点接收到来自第二站点的该第二链路的传输状态信息,该第一站点为发送端 MLD 中支持第一链路的站点,该第二站点为发送端 MLD 中支持第二链路的站点。

在一些可能的设计中,第二时刻之前,发送端 MLD 未获取到第二链路的传输状态信息,该第一时刻为假如第一 PPDU 正常传输时,第一链路上下一个 PPDU 的发送时刻;其中,该第二时刻晚于第一 BA 的预计结束时刻,该第二时刻与第一 BA 的预计结束时刻之间的间隔为 SIFS,该第一 BA 为第一 PPDU 的 BA。

基于可能的设计,由于 SIFS 小于 PIFS,因此假如第一 PPDU 正常传输时,第一链路上下一个 PPDU 的发送时刻早于第一 BA 结束后的 PIFS 时刻,从而相比于现有技术中在第一 BA 结束后的 PIFS 时刻开始重传失败 PPDU,可以更早地实现链路的恢复,缩减了重传之前的等待时间,进而可以有更多的时间传输新的数据,提升可链路的吞吐量。

在一些可能的设计中,该第二 PPDU 与第二链路上的第四 PPDU 的结束时刻相同,该第四 PPDU 用于重传第三 PPDU 中出错的部分。

基于该可能的设计,可以使得发送端 MLD 同步进行第一链路与第二链路的错误恢复。从而可以实现第一链路和第二链路上传输的 PPDU 的同步,避免在 non-STR MLD 侧出现同时需要收发数据的情况。

第二方面,提供一种链路的错误恢复方法,该方法应用于发送端 MLD,发送端 MLD 与接收端 MLD 之间的多条链路包括第一链路,发送端 MLD 具备同时收发 STR 能力,该接收端 MLD 不具备 STR 能力。该方法包括:发送端 MLD 确定该第一链路上的第一物理层协议数据单元 PPDU 传输失败;发送端 MLD 在第一时刻通过第一链路向接收端 MLD 发送第二 PPDU,该第二 PPDU 用于重传第一 PPDU 中出错的部分;

其中,该第一时刻为第一确认块 BA 的预计结束时刻,该第一 BA 为第一 PPDU 的 BA。

基于该方案,一方面,在发送端 MLD 具备 STR 能力,接收端 MLD 不具备 STR 能力,第一链路的第一 PPDU 传输失败的场景下,发送端 MLD 可以在第一时刻发送第二 PPDU 以重传第一 PPDU 中的出错部分,实现第一链路的错误恢复;另一方面,在第一 BA 的预计结束时刻发送第二 PPDU,相比于在第一 BA 的结束时刻间隔 PIFS 后的时刻发送第二 PPDU 的情况,可以更早地实现链路的恢复,缩减了重传之前的等待时间,进而可以有更多的时间传输新的数据,提升可链路的吞吐量。

第三方面,提供一种链路的错误恢复方法,该方法应用于发送端 MLD,发送端 MLD 与接收端 MLD 之间的多条链路包括第一链路,发送端 MLD 具备同时收发 STR 能力,接收端 MLD 不具备 STR 能力,该方法包括:发送端 MLD 确定第一链路上的第一物理层协议数据单元 PPDU 或第一确认块 BA 传输失败,该第一 BA 为第一 PPDU 的 BA;发送端 MLD 在第一时刻开始执行信道退避,该第一时刻为第一 BA 的结束时刻;发送端 MLD 在该信道退避结束后,通过第一链路向该接收端 MLD 发送第二 PPDU,该第二 PPDU 用于重传第一 PPDU 中出

结合上述第二方面和第三方面，在一些可能的设计中，发送端 MLD 与接收端 MLD 之间的链路还包括第二链路，该第一 PPDU 与该第二链路上的第三 PPDU 的结束时刻相同，该第二 PPDU 的结束时刻与该第二链路上的第四 PPDU 的结束时刻相同。

第四方面，提供一种链路的错误恢复方法，该方法应用于发送端 MLD，发送端 MLD 与接收端 MLD 之间的多条链路包括第一链路，发送端 MLD 和接收端 MLD 中的其中一个具备同时收发 STR 能力，另一个不具备 STR 能力，该方法包括：发送端 MLD 在第一链路上接收第一块确认 BA，该第一 BA 为第一物理层协议数据单元 PPDU 的 BA；发送端 MLD 通过第一链路向接收端 MLD 发送第二 PPDU，其中，第二 PPDU 的开始时刻与第一 BA 的结束时刻之间的间隔为帧间隔，该帧间隔为点协调功能帧间隔 PIFS。

基于该方案，在 BA 之后的帧间隔为 PIFS 的情况下，一方面，即使某条链路上的 PPDU 或 BA 传输失败，在发送端 MLD 进行该链路的错误恢复时，无需获取其他链路上的传输状态信息，避免了发送端 MLD 内部的信息交互，节省发送端 MLD 的功耗；另一方面，由于每条链路上 BA 后的帧间隔都为 PIFS，PPDU 后的帧间隔都为 SIFS，即使在进行某条链路的错误恢复时无需获取其他链路上的传输状态信息，也可以实现同步传输，进而避免出现 non-STR MLD 设备需同时收发数据的情况。

第五方面，提供了一种通信装置用于实现上述各种方法。该通信装置可以为上述第一方面至第四方面中的发送端 MLD，或者包含上述发送端 MLD 的装置，或者是上述发送端 MLD 中包含的装置，比如系统芯片。所述通信装置包括实现上述方法相应的模块、单元、或手段（means），该模块、单元、或 means 可以通过硬件实现，软件实现，或者通过硬件执行相应的软件实现。该硬件或软件包括一个或多个与上述功能相对应的模块或单元。

第六方面，提供了一种通信装置，包括：处理器和存储器；该存储器用于存储计算机指令，当该处理器执行该指令时，以使该通信装置执行上述任一方面所述的方法。该通信装置可以为上述第一方面至第四方面中的发送端 MLD，或者包含上述发送端 MLD 的装置，或者是上述发送端 MLD 中包含的装置，比如系统芯片。

第七方面，提供了一种通信装置，包括：处理器；所述处理器用于与存储器耦合，并读取存储器中的指令之后，根据所述指令执行如上述任一方面所述的方法。该通信装置可以为上述第一方面至第四方面中的发送端 MLD，或者包含上述发送端 MLD 的装置，或者是上述发送端 MLD 中包含的装置，比如系统芯片。

第八方面，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，当所述指令在通信装置上运行时，使得通信装置可以执行上述任一方面所述的方法。该通信装置可以为上述第一方面至第四方面中的发送端 MLD，或者包含上述发送端 MLD 的装置，或者是上述发送端 MLD 中包含的装置，比如系统芯片。

第九方面，提供了一种包含指令的计算机程序产品，当所述指令在通信装置上运行时，使得所述通信装置可以执行上述任一方面所述的方法。该通信装置可以为上述第一方面至第四方面中的发送端 MLD，或者包含上述发送端 MLD 的装置，或者是上述发送端 MLD 中包含的装置，比如系统芯片。

第十方面，提供了一种通信装置（例如，该通信装置可以是芯片或芯片系统），该通信装置包括处理器，用于实现上述任一方面中所涉及的功能。在一种可能的设计中，该通信装置还包括存储器，该存储器，用于保存必要的程序指令和数据。该通信装置是芯片系统时，可以由芯片构成，也可以包含芯片和其他分立器件。

芯片之外的模块通信，该处理器用于运行计算机程序或指令，使得安装该芯片的装置可以执行上述任一方面所述的方法。

其中，第五方面至第十一方面中任一种设计方式所带来的技术效果可参见上述第一方面或第二方面或第三方面或第四方面中不同设计方式所带来的技术效果，此处不再赘述。

第十二方面，提供一种通信系统，该通信系统包括上述方面所述的发送端 MLD 以及接收端 MLD。

本申请的这些方面或其他方面在以下实施例的描述中会更加简明易懂。

附图说明

- 图 1a 为本申请实施例提供的一种 PPDU 的结构示意图；
- 图 1b 为本申请实施例提供的另一种 PPDU 的结构示意图；
- 图 1c 为本申请实施例提供的一种传输机会 TXOP 的结构示意图；
- 图 2 为本申请实施例提供的一种退避机制的流程示意图；
- 图 3 为本申请实施例提供的一种通信系统的结构示意图；
- 图 4 为本申请实施例提供的一种通信场景的示意图；
- 图 5 为本申请实施例提供的一种错误恢复方法的适用场景示意图；
- 图 6 为本申请实施例提供的一种链路的错误恢复方法的流程示意图；
- 图 7 至图 10 为本申请实施例提供的一种链路的错误恢复方法的应用示意图；
- 图 11 为本申请实施例提供的另一种链路的错误恢复方法的流程示意图；
- 图 12 至图 15 为本申请实施例提供的另一种链路的错误恢复方法的应用示意图；
- 图 16 为本申请实施例提供的又一种链路的错误恢复方法的流程示意图；
- 图 17 为本申请实施例提供的又一种链路的错误恢复方法的应用示意图；
- 图 18 为本申请实施例提供的一种帧间间隔的示意图；
- 图 19 为本申请实施例提供的再一种链路的错误恢复方法的流程示意图；
- 图 20 至图 21 为本申请实施例提供的再一种链路的错误恢复方法的应用示意图；
- 图 22 为本申请实施例提供的一种发送端 MLD 的结构示意图；
- 图 23 为本申请实施例提供的一种通信设备的结构示意图。

具体实施方式

在本申请的描述中，除非另有说明，“/”表示前后关联的对象是一种“或”的关系，例如，A/B 可以表示 A 或 B；本申请中的“和/或”仅仅是一种描述关联对象的关联关系，表示可以存在三种关系，例如，A 和/或 B，可以表示：单独存在 A，同时存在 A 和 B，单独存在 B 这三种情况，其中 A，B 可以是单数或者复数。并且，在本申请的描述中，除非另有说明，“多个”是指两个或两个以上。“以下至少一项(个)”或其类似表达，是指的这些项中的任意组合，包括单项(个)或复数项(个)的任意组合。例如，a，b，或 c 中的至少一项(个)，可以表示：a，b，c，a 和 b，a 和 c，b 和 c，a 和 b 和 c，其中 a，b，c 可以是单个，也可以是多个。另外，为了便于清楚描述本申请实施例的技术方案，在本申请的实施例中，采用了“第一”、“第二”等字样对功能和作用基本相同的相同项或相似项进行区分。本领域技术人员可以理解“第一”、“第二”等字样并不对数量和执行次序进行限定，并且“第一”、“第二”等字样也并无限定一定不同。

需要说明的是，本申请中，“示例性的”或者“例如”等词用于表示作例子、例证或说明。本申请中被描述为“示例性的”或者“例如”的任何实施例或设计方案不应被解释为比其他

以具体方式呈现相关概念。

为了便于理解，下面先对本申请实施例所涉及的技术术语进行简单介绍。

1、物理层协议数据单元（physical protocol data unit, PPDU）

如图 1a 所示，为 802.11ax 标准中 PPDU 的帧结构的示意图。PPDU 包括：传统短训练域（legacy-short training field, L-STF）、传统长训练域（legacy-long training field, L-LTF）、传统信令域（legacy-signal field, L-SIG）、重复传统信令域（repeated legacy-signal field, RL-SIG）、高效信令字段 A（high efficient-signal field A, HE-SIG A）、高效信令字段 B（high efficient-signal field B, HE-SIG B）、高效短训练域（high efficient-short training field, HE-STF）、高效长训练域（high efficient-long training field, HE-LTF）、数据（data）。可选的，该 PPDU 还可以包括数据分组扩展（packet extension, PE）。

请参见图 1b，示出了 802.11be 可能采用的极高吞吐量（extremely high throughput, EHT）PPDU 的一种结构。该 EHT PPDU 可包括传统前导码（legacy preamble, L-preamble）、高效率前导码（high efficiency preamble, HE-preamble）和物理层聚合服务数据单元（physical layer convergence protocol service data unit, PSDU）三部分。

其中，L-preamble 部分包括 L-STF 字段、L-LTF 字段、L-SIG 字段；HE-preamble 部分包括 RL-SIG 字段和通用字段（universal SIG, U-SIG）字段、极高吞吐量信令（EHT-SIG）字段、极高吞吐量短训练（extremely high throughput short training field, EHT-STF）字段、极高吞吐量长训练（extremely high throughput long training field, EHT-LTF）字段；PSDU 部分包括数据（data）字段等字段，其中，U-SIG 字段占据 2 个 OFDM 符号，如图 1b 中所示的 U-SIG SYM1 和 U-SIG SYM2。其中通用字段（U-SIG）字段可包括版本非相关信息（version independent info）字段和版本相关信息（version dependent info）字段、CRC 字段以及尾部字段。该 version independent info 字段可包含 3 比特的 WiFi 版本字段，1 比特下行/上行字段，至少 6 比特的 BSS color 字段，至少 7 比特的 TXOP 字段。进一步地，该 version independent info 字段还可以包括带宽字段。version dependent info 字段可包括 PPDU 格式字段等，还可以包括调制编码方案字段，空间流字段，编码字段等字段中的一个或多个。CRC 字段至少占用 4 比特，尾部字段至少占用 6 比特尾比特字段。

一种可能的实现方式中，EHT-SIG 字段包含 EHT-SIG 公共字段与 EHT-SIG 用户特定字段，其中，EHT-SIG 公共字段可用于承载分配给 STA 的资源分配信息，EHT-SIG 用户特定字段可用于承载用户信息。

应理解，该 EHT-PPDU 仅为举例，在标准制定过程或技术发展过程中，还可以有其他的结构，本申请不做限定。

2、传输机会（transmission opportunity, TXOP）

TXOP 是无线信道接入的基本单元。TXOP 由初始时间和最大持续时间 TXOP limit 组成。

为了尽量避免冲突，设备在完成发送帧后，必须再等待一段很短的时间才能发送下一帧，这段时间的通常称为帧间隔（interframe space, IFS）。目前，该帧间隔通常为短帧间隔（short interframe space, SIFS）。

示例性的，以帧间隔为 SIFS 为例，如图 1c 所示，为一种 TXOP 内 PPDU 正常传输的示意图。发送端设备在收到清除发送（clear to send, CTS）帧的 SIFS 时间后开始发送 PPDU11，继续间隔 SIFS 时间后，收到来自接收端设备的块确认（Block Acknowledge, BA）帧 BA11，该 BA11 用于向发送端反馈 PPDU11 是否传输成功，假设 PPDU11 传输成功，在 BA11 帧结

其中,图 1c 中的 RTS 为请求发送 (request to send, RTS)。RTS/CTS 用于解决隐藏站点的问题,以避免多个站点之间的信号冲突。发送端在发送数据帧之前,发送端先以广播的方式发送 RTS 帧,以指示该发送端在指定时长向指定接收端发送数据帧。接收端接收到 RTS 帧后,以广播的方式发送 CTS 帧,以确认发送端的发送。接收到 RTS 帧或者 CTS 帧的其他站点不发送无线帧,直至指定时长结束。

3、错误恢复 (Error recovery)

传输机会 (transmission opportunity, TXOP) 建立成功之后, TXOP 内的某个 PPDU 传输失败时,触发该链路的错误恢复。

其中,错误恢复包括点协调功能帧间间隔 (point coordination function interframe space, PIFS) 错误恢复和退避 (backoff) 错误恢复,下面分别进行介绍。

1)、PIFS 错误恢复:信道空闲的时长达到 PIFS 后,设备在该信道上发送下一个 PPDU。等待信道空闲达到 PIFS 时间,然后发送下一个 PPDU,可称为 PIFS 错误恢复。

2) 退避错误恢复:进行信道退避,退避结束之后发送下一个 PPDU。

IEEE 802.11 标准支持多个用户共享同一传输介质,由发送端在发送数据前先进行传输介质的可用性检测。IEEE 802.11 标准采用载波侦听多路访问/碰撞避免 (carrier sense multiple access with collision avoidance, CSMA/CA) 来实现信道的竞争。其中,为了避免碰撞,CSMA/CA 采用了退避机制。

下面对单信道上的退避机制进行说明。在设备发送消息之前,设备可以从 0 到竞争窗口 (contention window, CW) 之间选择一个随机数,并以该随机数作为退避计数器的初始值。在信道的空闲时间达到仲裁帧间间隔 (arbitration inter-frame space, AIFS) 之后,当信道每空闲一个时隙 (timeslot) 时,退避计数器的计数值减 1。在退避计数器的计数值减为 0 之前,若信道在某一个 timeslot 的状态为繁忙,则退避计数器暂停计数。之后,若信道从繁忙状态转为空闲状态后,并且信道的空闲时间达到 AIFS 之后,退避计数器恢复计数。当退避计数器的计数值为 0 时,退避流程结束,设备可以开始数据传输。

结合图 2 进行举例说明,假设退避计数器的初始值为 5,在信道的空闲时间达到 AIFS 后,退避计数器开始回退。每当信道在一个时隙中处于空闲状态,退避计数器的计数值减 1,直至退避计数器的计数值为 0。在退避计数器的计数值为 0 后,设备成功竞争到信道,设备可以在该信道上发送 PPDU。

下面对本申请实施例提供的通信系统进行介绍。如图 3 所示,为本申请实施例提供的一种通信系统 30 的结构示意图,该通信系统 30 中包括发送端 MLD301 和接收端 MLD302。

本申请中,MLD (包括发送端 MLD301 和接收端 MLD302) 具有在多个频段上的发送和接收的能力,相比于仅支持单条链路传输的设备来说,多链路设备具有更高的传输效率和更高的吞吐量。示例性的,上述多个频段包括但不限于: 2.4GHz 频段、5GHz 频段、以及 6GHz 频段。MLD 在一个频段上进行数据传输的空间路径可以称为一个链路。也就是说,MLD 支持多链路通信。

应理解,对于 MLD 来说,MLD 支持的每一个链路均对应一个频段。

需要说明的是,本申请中,MLD 也可以称为多频段设备 (multi-band device),二者可以相互替换,本申请实施例对此不做具体限定。

MLD 可以分为 STR MLD 和 non-STR MLD,STR MLD 具备 STR 能力,non-STR MLD 不具备 STR 能力。

以为接入点 (Access Point Station, AP STA) 或非接入点站点 (non-Access Point Station, non-AP STA)。为描述方便, 本申请将隶属的站点为 AP 的多链路设备称为多链路 AP 或多链路 AP 设备或 AP 多链路设备 (AP multi-link device, AP MLD), 隶属的站点为 non-AP STA 的多链路设备称为多链路 STA 或多链路 STA 设备或 STA 多链路设备 (STA multi-link device, STA MLD) 或 non-AP 多链路设备 (non-AP MLD)。

一种实现方式中, non-AP STA 可以实现 AP 的功能, 或者说, non-AP STA 能够被操作为 AP。可以实现 AP 功能的 non-AP STA 或者说能够被操作为 AP 的 non-AP MLD 组成的 MLD 可以称为软 AP MLD (soft AP MLD)。

可以理解的, AP MLD 可分为 STR AP MLD 和 non-STR AP MLD, STR AP MLD 具备 STR 能力, non-STR AP MLD 不具备 STR 能力。同样, non-AP MLD 可以分为 STR non-AP MLD 和 non-STR non-AP MLD, STR non-AP MLD 具备 STR 能力, non-STR non-AP MLD 不具备 STR 能力。

本申请实施例中, non-STR AP MLD 可以包括上述软 AP MLD。当然, non-STR AP MLD 不仅限于软 AP MLD。

MLD 中的每一个 STA 可以建立一个链路进行通信。如图 4 所示, 以发送端 MLD301 包含站点 A1-站点 AN, 接收端 MLD 包含站点 B1-站点 BN 为例, 站点 A1 和站点 B1 之间通过链路 1 进行通信, 站点 A2 和站点 B2 之间通信链路 2 进行通信, 以此类推, 站点 AN 和站点 BN 之间通过链路 N 进行通信。

本申请下述实施例中, 以发送端 MLD310 和接收端 MLD320 之间的多条链路包括第一链路和第二链路为例进行说明。

可选的, 本申请中的 AP STA 可以为移动用户进入有线网络的接入点, 主要部署于家庭、大楼内部以及园区内部, 典型覆盖半径为几十米至上百米, 当然, 也可以部署于户外。AP 相当于一个连接有线网和无线网的桥梁, 主要作用是将各个无线网络客户端连接到一起, 然后将无线网络接入以太网。具体的, AP 可以是带有无线保真 (wireless fidelity, WiFi) 芯片的终端设备或者网络设备。AP 可以为支持 802.11be 制式的设备。AP 也可以为支持 802.11ax、802.11ac、802.11n、802.11g、802.11b 及 802.11a 等多种无线局域网 (wireless local area networks, WLAN) 制式的设备。

可选的, 本申请中的 non-AP STA 可以为无线通讯芯片、无线传感器或无线通信终端。例如支持 WiFi 通讯功能的移动电话、支持 WiFi 通讯功能的平板电脑、支持 WiFi 通讯功能的机顶盒、支持 WiFi 通讯功能的智能电视、支持 WiFi 通讯功能的智能可穿戴设备、支持 WiFi 通讯功能的车载通信设备和支持 WiFi 通讯功能的计算机。non-AP STA 可以支持 802.11be 制式。non-AP STA 也可以支持 802.11ax、802.11ac、802.11n、802.11g、802.11b 及 802.11a 等多种 WLAN 制式。

需要说明的是, 本申请实施例中, BA 可以理解为一种回复帧。此外, 回复帧还可以包括确认 ACK (acknowledgement, ACK)。从而, 本申请中的 BA 也可以替换为 ACK。也就是说, 本申请中的 BA 仅表示回复帧, 而该回复帧不一定必须为 BA, 也可以为 ACK。

下面结合说明书附图, 对本申请实施例所提供的技术方案进行具体介绍。

首先, 本申请实施例提供一种链路的错误恢复方法。该方法可以应用于同步多链路通信中, 发送端 MLD 与接收端 MLD 之间的第一链路和第二链路上均发生 PPDU 传输失败的场景。

示例性的, 以该发送端 MLD 为 AP MLD, 接收端 MLD 为 non-STR STA MLD 为例, 假

包括 STA1 和 STA2, 且 STA1 与 AP1 通过链路 1 通信, STA2 与 AP2 通过链路 2 通信, 则该场景可以如图 5 所示。其中, 叉号表示传输失败。

当然, 此处仅是示例性的说明该方法的应用场景, 本申请实施例对该方法的应用场景不做具体限定, 此处示例性说明的该应用场景也不对本申请实施例的方法造成任何限定。

其中, 该方法可以由发送端 MLD、或由可用于发送端 MLD 的部件 (例如芯片) 执行, 本申请以该方法由发送端 MLD 执行为例进行说明。此外, 该方法中, 发送端 MLD 和接收端 MLD 中的一个具备 STR 能力, 另一个不具备 STR 能力, 即一个为 STR MLD, 另一个为 non-STR MLD。

如图 6 所示, 为该链路的错误恢复方法的流程示意图, 该链路的错误恢复方法包括如下步骤:

S601、发送端 MLD 确定第一链路上的第一 PPDU 传输失败。

可选的, 发送端 MLD 确定第一链路上的第一 PPDU 传输失败, 可以包括: 在发送端 MLD 未收到第一 PPDU 的 BA 的情况下, 发送端 MLD 确定该第一 PPDU 传输失败。

可选的, 第一 PPDU 传输失败可以包括第一 PPDU 包括的部分或全部内容传输失败。

S602、发送端 MLD 在第一时刻通过第一链路向接收端 MLD 发送第二 PPDU。相应的, 接收端 MLD 通过第一链路接收来自发送端 MLD 的第二 PPDU。

其中, 第二 PPDU 用于重传第一 PPDU 中出错的部分。

可以理解的, 该步骤 S602 也可以为: 发送端 MLD 在第一时刻通过第一链路向接收端 MLD 重传第一 PPDU 中出错的部分。

其中, 通过第一链路发送第二 PPDU, 也可以理解为: 在第一链路上发送第二 PPDU, 二者可以相互替换。

至此, 在第一 PPDU 传输失败的情况下, 由于发送端 MLD 重传了第一 PPDU 中出错的部分, 可以认为发送端 MLD 完成了第一链路的错误恢复。

可选的, 发送端 MLD 在第一时刻通过第一链路向接收端 MLD 发送第二 PPDU, 可以包括: 第一链路在第一时间段内空闲的情况下, 发送端 MLD 在第一时刻通过第一链路向接收端 MLD 发送第二 PPDU。其中, 该第一时间段的结束时刻为第一时刻, 第一时间段的长度为 PIFS 或 TBD (To Be Decided) 时间。

可选的, 发送端 MLD 可以通过执行空闲信道评估 (clear channel assessment, CCA) 来确认该第一链路在第一时间段内是否空闲。

另一种实现中, 第一时间段的长度为 SIFS。

可选的, 发送端 MLD 可以通过能量检测 (energy detection, ED) 作为确认该第一链路在 SIFS 内是否空闲的检测方式。

可选的, 发送端 MLD 可以降低 ED 门限, 比如从目前 20MHz 信道空间上的 -62 dbm 降低 -72dbm。

发送端 MLD 确定第一链路在第一时间段内空闲的情况下, 例如第一时间段内 CCA 通过, 执行该步骤 S602。

可以理解的, 假设第二链路的传输失败为第二链路上的第三 PPDU 传输失败, 发送端 MLD 可以在第一时刻重传第三 PPDU 的出错部分。也就是说, 发送端 MLD 同步进行第一链路与第二链路的错误恢复。从而可以实现第一链路和第二链路上传输的 PPDU 的同步, 避免在 non-STR MLD 侧出现同时收发数据的情况。

第三 PPDU 中出错的部分。

可选的,接收端 MLD 收到第二 PPDU 后,可以向发送端 MLD 发送第二 PPDU 的 BA,或者可以根据第二 PPDU 进行业务处理等,本申请实施例对此不做具体限定。

下面对本实施例中的第一时刻进行详细说明。在本申请实施例的不同实现方式中,该第一时刻也可能不同。

一种可能的实现方式中,第一时刻为发送端 MLD 获取到第二链路的传输状态信息的时刻。

其中,第二链路的传输状态信息用于指示第二链路上的第三 PPDU 传输失败。

应理解,在同步多链路传输中,该第三 PPDU 的结束时刻与第一 PPDU 的结束时刻相同。

也就是说,该可能的实现方式中,在步骤 S602 之前,发送端 MLD 要获取第二链路的传输状态信息。可选的,从发送端 MLD 内部实现的角度来说,该第二链路的传输状态信息可以是第一站点获取的,该第一站点为发送端 MLD 中支持第一链路的站点。

可选的,第一站点获取第二链路的传输状态信息,可以包括:第一站点接收来自第二站点的该第二链路的传输状态信息,该第二站点为该发送端 MLD 中支持第二链路的站点。也就是说,在该步骤 S602 之前,该方法还可以包括:第二站点向第一站点发送第二链路的传输状态信息。相应的,第一站点接收来自第二站点的第二链路的传输状态信息。

可选的,在该可能的实现方式中,在发送端 MLD 获取到第二链路的传输状态信息的时刻与第一 BA 的预计开始时刻之间的间隔小于或等于第一时长的情况下,发送端 MLD 将获取到第二链路的传输状态信息的时刻确定为第一时刻,或者说,第一时刻为发送端 MLD 获取到第二链路的传输状态信息的时刻。其中,该第一 BA 为第一 PPDU 的 BA,第一时长为第一 BA 的长度与 SIFS 之和。

可以理解的,该方案也可以描述为:发送端 MLD 获取到第二链路的传输状态信息的时刻与第一 BA 的预计结束时刻之间的间隔小于或等于第一时长,第一时长为 SIFS 时,发送端 MLD 将获取到第二链路的传输状态信息的时刻确定为第一时刻,或者说,第一时刻为发送端 MLD 获取到第二链路的传输状态信息的时刻。

可以理解的,第一 BA 的预计开始时刻可以指假如第一 PPDU 正常传输时,发送端 MLD 收到第一 BA 的时刻,或者说,第一 BA 的预计开始时刻与第一 PPDU 的结束时刻之间的间隔为 SIFS。第一 BA 的预计结束时刻可以指假如第一 PPDU 正常传输时,与发送端 MLD 收到第一 BA 的时刻间隔第一 BA 的长度的时刻,或者说,第一 BA 的预计结束时刻与第一 PPDU 的结束时刻之间的间隔为 SIFS 与第一 BA 的长度之和。

可以理解的,由于第一 BA 的预计开始时刻可以指假如第一 PPDU 正常传输时,发送端 MLD 收到第一 BA 的时刻,将第一 PPDU 正常传输时,发送端收到第一 BA 的时刻称为第一 BA 的开始时刻或第一 BA 的实际开始时刻,那么本申请中,第一 BA 的预计开始时刻可以与第一 BA 的实际开始时刻相同。因此,后续实施例中,第一 BA 的预计开始时刻和第一 BA 的开始时刻可以是相同的时刻。同样,第一 BA 的预计结束时刻和第一 BA 的结束时刻可以是相同的时刻。下述实施例中第一 PPDU 之外的其他 PPDU 的 BA 的预计开始时刻和预计结束时刻可以参考第一 BA 的相关说明。

可选的,第一 BA 的预计开始时刻早于发送端 MLD 获取到第二链路的传输状态信息的时刻。

可以理解的,该第一 BA 的预计开始时刻与第一 PPDU 的结束时刻之间的间隔为 SIFS。

息的时刻表示为 t_2 ，第一 BA 的长度表示为 L_{BA} ，上述发送端 MLD 确定第一时刻可以包括：在 $t_2 - t_1 \leq L_{BA} + SIFS$ 的情况下，将 t_2 确定为第一时刻，或者在 $t_2 - L_{BA} - t_1 \leq SIFS$ 的情况下，将 t_2 确定为第一时刻。

基于该方案，由于发送端获取到第二链路的传输状态信息的时刻或者说发送第二 PPDU 的时刻早于第一 BA 后的 SIFS，且 SIFS 小于 PIFS，相比于现有技术中在第一 BA 结束后的 PIFS 时刻开始重传失败 PPDU，可以更早地实现链路的恢复，缩减了重传之前的等待时间，从而可以有更多的时间传输新的数据，提升可链路的吞吐量。

可以理解的，由于 BA 的头部包括 BA 的 RESTART 指示，因此，本申请实施例中，第一 BA 的预计开始时刻也可以称为第一 BA 的 RESTART 指示的预计开始时刻，或者称为发送端 MLD 预计收到第一 BA 的 RESTART 的时刻，本申请实施例对此不做具体限定。

可选的，在该可能的实现方式中，第一 PPDU 传输失败后，发送端 MLD 同样获取第一链路的传输状态信息，或者说，第一站点向第二站点发送第一链路的传输状态信息，该第一链路的传输状态信息用于指示第一 PPDU 传输失败。

可选的，由于同步传输，发送端 MLD 可以同时获取到第一链路的传输状态信息和第二链路的传输状态信息。或者说，第一站点收到第二链路的传输状态信息的时刻与第二站点收到第一链路的传输状态信息的时刻相同。

可选的，对于第二链路，该实现方式中的第一时刻也可以理解为发送端 MLD（或第二站点）获取到第一链路的传输状态信息的时刻。

对于第二链路的错误恢复，发送端 MLD 执行与第一链路的错误恢复类似的过程，或者说，第二站点执行与第一站点类似的方法进行第二链路的错误恢复，可参考上述相关说明，在此不再赘述。

下面以具体示例对该实现方式进行说明。

示例性的，基于图 5 所示的场景，以第一链路为链路 1，第二链路为链路 2，第一 PPDU 为 PPDU11，第三 PPDU 为 PPDU21，第一 BA 为 BA11，PPDU21 的 BA 为 BA21 为例，如图 7 所示，若从第一 PPDU 的结束时刻开始的 SIFS 时长后，AP1 未收到 BA11，AP MLD（或 AP1）可以确定链路 1 上的 PPDU11 传输失败。之后，AP MLD（或 AP1）在 t_2 （即第一时刻）获取到链路 2 的传输状态信息后，在 t_2 通过链路 1 发送 PPDU11'，PPDU11' 即可理解为第二 PPDU。

其中，BA 用虚线框表示未收到，后续附图中的虚线框也表示框内的内容未收到，在此统一说明，下述实施例不再赘述。

同理，若从第三 PPDU 的结束时刻开始的 SIFS 时长后，AP2 未收到 BA21，AP MLD（或 AP2）可以确定链路 2 上的 PPDU21 传输失败。之后，AP MLD（或 AP2）在 t_2 （即第一时刻）获取到链路 1 的传输状态信息后，在 t_2 通过链路 2 发送 PPDU21'，PPDU21' 即可理解为第四 PPDU。

另一种可能的实现方式中，第一时刻为假如第一 PPDU 正常传输时，第一链路上下一个 PPDU 的发送时刻。

可以理解的，假设第一 PPDU 正常传输时，第一链路上下一个 PPDU 的发送时刻为第一 PPDU 的结束时刻加上第一 BA 的长度以及 2 个 SIFS。

示例性的，将下一个 PPDU 的发送时间表示为 t_3 ，第一 PPDU 的结束时刻表示为 t_4 ，则可以表示为 $t_3 = t_4 + L_{BA} + 2SIFS$ 。

传输状态信息的情况下,发送端 MLD 将假如第一 PPDU 正常传输时,第一链路上下一个 PPDU 的发送时刻确定为第一时刻,或者说,第一时刻为假如第一 PPDU 正常传输时,第一链路上下一个 PPDU 的发送时刻。

可以理解的,该第二时刻即为假如第一 PPDU 正常传输时,第一链路上下一个 PPDU 的发送时刻。从而也可以认为,在假如第一 PPDU 正常传输时,第一链路上下一个 PPDU 的发送时刻之前,发送端 MLD 未获取到第二链路的传输状态信息的情况下,第一时刻为假如第一 PPDU 正常传输时,第一链路上下一个 PPDU 的发送时刻。

可选的,从发送端 MLD 内部实现的角度来看,发送端 MLD 未获取到第二链路的传输状态信息,可以为:第一站点未获取到第二链路的传输状态信息。

可选的,可能由于第一站点和第二站点的信息交互延迟过大,导致在第一 PPDU 正常传输时的下一个 PPDU 的发送时刻,第一站点还未获取到第二链路的传输状态信息。

示例性的,将下一个 PPDU 的发送时间表示为 t_3 ,上述发送端 MLD 确定第一时刻可以包括:在 t_3 时刻发送端 MLD 未获取到第二链路的传输状态信息的情况下,发送端 MLD 将 t_3 确定为第一时刻。

基于该方案,由于 SIFS 小于 PIFS,因此假如第一 PPDU 正常传输时,第一链路上下一个 PPDU 的发送时刻早于第一 BA 结束后的 PIFS 时刻,从而相比于现有技术中在第一 BA 结束后的 PIFS 时刻开始重传失败 PPDU,可以更早地实现链路的恢复,缩减了重传之前的等待时间,进而可以有更多的时间传输新的数据,提升可链路的吞吐量。

对于第二链路的错误恢复,发送端 MLD 执行与第一链路的错误恢复类似的过程,或者说,第二站点执行与第一站点类似的方法进行第二链路的错误恢复,可参考上述相关说明,在此不再赘述。

下面以具体示例对该实现方式进行说明。

示例性的,基于图 5 所示的场景,以第一链路为链路 1,第二链路为链路 2,第一 PPDU 为 PPDU11,第三 PPDU 为 PPDU21,第一 BA 为 BA11,PPDU21 的 BA 为 BA21 为例,如图 8 所示,若从第一 PPDU 的结束时刻开始的 SIFS 时长后,AP1 未收到 BA11,AP 发送端 MLD(或 AP1)可以确定链路 1 上的 PPDU11 传输失败。之后,若 AP 发送端 MLD(或 AP1)在 t_3 时刻未获取到第二链路的传输状态信息,AP 发送端 MLD(或 AP1)在 t_3 通过链路 1 发送 PPDU11',PPDU11'即可理解为第二 PPDU。

同理,若从第三 PPDU 的结束时刻开始的 SIFS 时长后,AP2 未收到 BA21,AP 发送端 MLD(或 AP2)可以确定链路 2 上的 PPDU21 传输失败。之后,若 AP 发送端 MLD(或 AP2)在 t_3 时刻未获取到第一链路的传输状态信息,AP 发送端 MLD(或 AP2)在 t_3 通过链路 2 发送 PPDU21',PPDU21'即可理解为第四 PPDU。

又一种可能的实现方式中,第一时刻与发送端 MLD 获取到第二链路的传输状态信息的时刻之间的间隔为 PIFS。

其中,第一时刻晚于发送端 MLD 获取到第二链路的传输状态信息的时刻,即发送端 MLD 从获取到第二链路的传输状态信息的时刻开始等待 PIFS 时长后,通过第一链路向接收端 MLD 发送第二 PPDU。

可选的,在发送端 MLD 获取到第二链路的传输状态信息的时刻与第一 PPDU 的结束时刻之间的间隔小于或等于 PIFS 的情况下,发送端 MLD 确定第一时刻与发送端 MLD 获取到第二链路的传输状态信息的时刻之间的间隔为 PIFS。

态信息的时刻表示为 t_2 ，则可以表示为在 $t_2 - t_4 \leq \text{PIFS}$ 的情况下，发送端 MLD 确定第一时刻与发送端 MLD 获取到第二链路的传输状态信息的时刻之间的间隔为 PIFS。

对于第二链路的错误恢复，发送端 MLD 执行与第一链路的错误恢复类似的过程，或者说，第二站点执行与第一站点类似的方法进行第二链路的错误恢复，可参考上述相关说明，在此不再赘述。

下面以具体示例对该实现方式进行说明。

示例性的，基于图 5 所示的场景，以第一链路为链路 1，第二链路为链路 2，第一 PPDU 为 PPDU11，第三 PPDU 为 PPDU21，第一 BA 为 BA11，PPDU21 的 BA 为 BA21 为例，如图 9 所示，若从第一 PPDU 的结束时刻开始的 SIFS 时长后，AP1 未收到 BA11，AP 发送端 MLD（或 AP1）可以确定链路 1 上的 PPDU11 传输失败。之后，AP 发送端 MLD（或 AP1）将 t_2 作为第一时间段的开始时刻，并在第一时间段的结束时刻通过链路 1 发送 PPDU11'，PPDU11'即可理解为第二 PPDU。

同理，若从第三 PPDU 的结束时刻开始的 SIFS 时长后，AP2 未收到 BA21，AP 发送端 MLD（或 AP2）可以确定链路 2 上的 PPDU21 传输失败。之后，AP 发送端 MLD（或 AP2）将 t_2 作为第一时间段的开始时刻，并在第一时间段的结束时刻通过链路 2 发送 PPDU21'，PPDU21'即可理解为第四 PPDU。

需要说明的是，上述图 7-图 9 中，链路 1 和链路 2 的 RTS/CTS 完全对齐，并不限定本实施例的方案仅适用于多个链路上 RTS/CTS 完全对齐的情况，该方案还可以适用于多个链路上 RTS/CTS 不完全对齐的情况。例如，上述图 7 所示的方案也可以适用于图 10 所示的场景，其中，PPDU10 和 PPDU20 包括 RTS，BA10 和 BA20 包括 CTS。

其中，不同链路的 RTS 完全对齐，可以指不同链路上 RTS 的开始时刻和结束时刻均相同，不同链路的 CTS 完全对齐，可以指不同链路上 CTS 的开始时刻和结束时刻均相同。

基于该方案，一方面，在发送端 MLD 和接收端 MLD 中的一个具备 STR 能力，另一个不具备 STR 能力，第一链路的第一 PPDU 传输失败的场景下，发送端 MLD 可以在第一时刻发送第二 PPDU 以重传第一 PPDU 中的出错部分，实现第一链路的错误恢复；另一方面，在第一时刻为发送端 MLD 获取到第二链路的传输状态信息的时刻的情况下，考虑了发送端 MLD 内部传输状态信息交互的时延，相比于假设传输状态信息交互十分迅速的情况，更加有利于产品实现，降低了对发送端 MLD 的设计压力；或者，在第一时刻为假设第一 PPDU 正常传输时，第一链路上下一个 PPDU 的发送时刻的情况下，相比于在第一 PPDU 的 BA 的结束时刻间隔 PIFS 后的时刻发送第二 PPDU 的情况，可以更早地实现链路的恢复，缩减了重传之前的等待时间，进而可以有更多的时间传输新的数据，提升可链路的吞吐量。

上述实施例中，介绍了发送端 MLD 与接收端 MLD 之间的第一链路和第二链路上均发生 PPDU 传输失败的场景下的错误恢复方法。此外，本申请实施例还提供一种链路的错误恢复方法，该方法不限定第一链路和第二链路上均发生 PPDU 传输失败。

其中，该方法可以由发送端 MLD、或由可用于发送端 MLD 的部件（例如芯片）执行，本申请以该方法由发送端 MLD 执行为例进行说明。此外，该方法中，发送端 MLD 和接收端 MLD 中的一个具备 STR 能力，另一个不具备 STR MLD 能力。

本申请下述实施例中，以该发送端 MLD 为 AP MLD，接收端 MLD 为 non-STR STA MLD 为例，假设该 AL MLD 包括 AP1 和 AP2 两个站点，AP1 支持链路 1，AP2 支持链路 2，non-STR STA MLD 包括 STA1 和 STA2，且 STA1 与 AP1 通过链路 1 通信，STA2 与 AP2 通过链路 2

一种可能的实施场景下中,如图 11 所示,该方法包括如下步骤:

S1101、发送端 MLD 确定第一链路上的第一 PPDU 传输失败。

该步骤 S1101 中的相关描述可参考上述步骤 S601,在此不再赘述。

S1102、发送端 MLD 在第一时刻通过第一链路向接收端 MLD 发送第二 PPDU。相应的,接收端 MLD 通过第一链路接收来的发送端 MLD 的第二 PPDU。

其中,第二 PPDU 用于重传第一 PPDU 中出错的部分。发送端 MLD 向接收端 MLD 发送第二 PPDU 的相关说明可参考上述步骤 S602 中的相关描述,在此不再赘述。

可选的,接收端 MLD 收到第二 PPDU 后,可以向发送端 MLD 发送第二 PPDU 的 BA,或者可以根据第二 PPDU 进行业务处理等,本申请实施例对此不做具体限定。

下面对本实施例中的第一时刻进行说明。可选的,在本实施例的不同实施场景下,第一时刻也可能不同。

一种可能的实现方式中,在第一链路上的第一 PPDU 传输失败,第二链路上的第三 PPDU 的 BA 传输成功的情况下,第一时刻为第一 BA 的预计结束时刻,第一 BA 为第一 PPDU 的 BA,第三 PPDU 的结束时刻与第一 PPDU 的结束时刻相同。

示例性的,以第一链路为链路 1,第二链路为链路 2,链路 1 发生 PPDU 传输失败,链路 2 未发生传输失败,第一 PPDU 为 PPDU11,第一 BA 为 BA11 为例,如图 12 所示,若从第一 PPDU 的结束时刻后的 SIFS 时长后,AP1 未收到 BA11,AP 发送端 MLD (或 AP1) 可以确定链路 1 上的 PPDU11 传输失败。之后,AP MLD (或 AP1) 在第一 BA 的预计结束时刻通过链路 1 发送 PPDU11',PPDU11'即为第二 PPDU。其中,PPDU21 即为链路 2 上的第三 PPDU,PPDU22 即为链路 2 上的第四 PPDU。

另一种实现中,在第一链路上的第一 PPDU 传输失败,第二链路上的第三 PPDU 的 BA 传输成功的情况下,第一时刻晚于第一 BA 的预计结束时刻,第一 BA 为第一 PPDU 的 BA,第三 PPDU 的结束时刻与第一 PPDU 的结束时刻相同。

以图 12 为例,在第一链路上发送 PPDU11'的第一时刻,即 PPDU11'的发送时间不早于第一 BA 的预计结束时刻。

可选的,所述第一时刻与第一 BA 的预计结束时刻之间间隔一定时长,例如,第一链路上 PPDU11'的发送时间与第一 BA 的预计结束时刻之间的间隔可以是帧对齐误差,比如 8 us。

可选的,所述第一时刻与第二链路上的 BA2 的实际结束时间相同或对齐,例如第一链路上 PPDU11'的发送时间可以是第二链路上 BA2 的实际结束时间,其中,BA21 即为第二链路上 PPDU21 的 BA,PPDU21 即为第二链路上的第三 PPDU。

需要说明的是,该可能的实现方式中,发送端 MLD 具备 STR 能力,即为 STR MLD,接收端 MLD 不具备 STR MLD 能力,即为 non-STR MLD。

另一种可能的实现方式中,在第一链路上的第一 PPDU 传输失败,第二链路上的第三 PPDU 的 BA 传输失败的情况下,第一时刻为第一 BA 的预计结束时刻,第一 BA 为第一 PPDU 的 BA,第三 PPDU 的结束时刻与第一 PPDU 的结束时刻相同。

可选的,BA 传输失败可以包括 BA 解码失败。

在该可能的实现方式中,本实施例提供的链路的错误恢复方法还可以包括:发送端 MLD 在第二时刻通过第二链路向接收端 MLD 发送第四 PPDU,该第四 PPDU 用于重传第三 PPDU 中出错部分的 PPDU。

三 PPDU 的 BA 的结束时刻。

可选的，第四 PPDU 的结束时刻与第二 PPDU 的结束时刻相同。

示例性的，以第一链路为链路 1，第二链路为链路 2，链路 1 上发生 PPDU 传输失败，链路 2 发生 BA 传输失败，第一 PPDU 为 PPDU11，第一 BA 为 BA11，第三 PPDU 为 PPDU21，第三 PPDU 的 BA 为 BA21 为例，如图 13 所示，若 BA21 传输失败，AP MLD（或 AP2）可以从 BA21 结束时刻开始等待 PIFS 时长后发送 PPDU21'，该 PPDU21'即为第四 PPDU。

需要说明的是，该可能的实现方式中，发送端 MLD 具备 STR 能力，即为 STR MLD，接收端 MLD 不具备 STR MLD 能力，即为 non-STR MLD。

基于上述两种可能的实现方式，在第一 BA 的预计结束时刻发送第二 PPDU，相比于在第一 BA 的结束时刻间隔 PIFS 后的时刻发送第二 PPDU 的情况，可以更早地实现链路的恢复，缩减了重传之前的等待时间，进而可以有更多的时间传输新的数据，提升可链路的吞吐量。

又一种可能的实现方式中，在第一链路上的第一 PPDU 传输失败，第二链路上的第三 PPDU 的 BA 传输失败的情况下，第一时刻与第一 BA 的预计结束时刻之间的间隔为 PIFS，第一时刻晚于第一 BA 的结束时刻。

在该可能的实现方式中，本实施例提供的链路的错误恢复方法还可以包括：发送端 MLD 在第二时刻通过第二链路向接收端 MLD 发送第四 PPDU，该第四 PPDU 用于重传第三 PPDU 中出错部分的 PPDU，第二时刻可参见上述相关说明。

示例性的，以第一链路为链路 1，第二链路为链路 2，链路 1 上发生 PPDU 传输失败，链路 2 发生 BA 传输失败，第一 PPDU 为 PPDU11，第一 BA 为 BA11，第三 PPDU 为 PPDU21，第三 PPDU 的 BA 为 BA21 为例，如图 14 所示，在 PPDU11 传输失败的情况下，AP MLD（或 AP1）在第一时刻发送 PPDU11'，该 PPDU11'即为第二 PPDU，在 BA21 传输失败的情况下，AP MLD（或 AP2）在第二时刻发送 PPDU21'，该 PPDU21'即为第四 PPDU。

需要说明的是，该可能的实现方式中，发送端 MLD 不具备 STR 能力，即为 non-STR MLD，接收端 MLD 具备 STR MLD 能力，即为 STR MLD。

再一种可能的实现方式中，在第一链路上的第一 PPDU 传输失败，第二链路上的第三 PPDU 的 BA 传输失败的情况下，该第一时刻可以为发送端 MLD 获取到第二链路的传输状态信息的时刻，该第二链路的传输状态信息可以用于指示第三 PPDU 的 BA 传输失败。

可选的，该第一时刻早于第一 BA 的预计结束时刻。

在该可能的实现方式中，本实施例提供的链路的错误恢复方法还可以包括：发送端 MLD 在第二时刻通过第二链路向接收端 MLD 发送第四 PPDU，该第四 PPDU 用于重传第三 PPDU 中出错部分的 PPDU，第二时刻可参见上述相关说明。

示例性的，以第一链路为链路 1，第二链路为链路 2，链路 1 上发生 PPDU 传输失败，链路 2 发生 BA 传输失败，第一 PPDU 为 PPDU11，第一 BA 为 BA11，第三 PPDU 为 PPDU21，第三 PPDU 的 BA 为 BA21，发送端 MLD 获取到第二链路的传输状态信息的时刻为 t2 为例，如图 15 所示，在 PPDU11 传输失败的情况下，AP MLD（或 AP1）t2 发送 PPDU11'，该 PPDU11'即为第二 PPDU，在 BA21 传输失败的情况下，AP MLD（或 AP2）BA21 后的 PIFS 发送 PPDU21'，该 PPDU21'即为第四 PPDU。

需要说明的是，该可能的实现方式中，发送端 MLD 具备 STR 能力，即为 STR MLD，接收端 MLD 不具备 STR MLD 能力，即为 non-STR MLD。

基于该可能的实现方式，相比于在第一 BA 的结束时刻间隔 PIFS 后的时刻发送第二 PPDU

传输新的数据，提升可链路的吞吐量。

可以理解的，在上述四种可能的实现方式中，由于接收端 MLD 为 non-STR MLD，第二 PPDU 的结束时刻与第二链路上的第四 PPDU 的结束时刻相同。

可选的，对于使第四 PPDU 的结束时刻与第二 PPDU 的结束时刻相同的实现方式，第四 PPDU 和第二 PPDU 中后发的 PPDU 可以根据先发的 PPDU 的长度对自身的 PPDU 长度进行调整，例如通过聚合更少的媒体接入控制协议数据单元(media access control protocol data unit, MPDU)或是减少填充(padding)来调整长度。

可选的，在上述四种可能的实现方式中，若以第一时刻为结束时刻的第一时间段内，第一链路非空闲，或者说该第一时间段内 CCA 未通过，则在第一 BA 的预计结束时刻可以开始执行信道退避，在信道退避结束后，发送端 MLD 通过第一链路向接收端 MLD 发送第二 PPDU。基于该方案，可以在 PIFS 恢复失败的情况下，继续进行退避恢复，提高链路的错误恢复的可靠性。

基于上述图 11 所示的方案，一方面，在发送端 MLD 具备 STR 能力，接收端 MLD 不具备 STR 能力，第一链路的第一 PPDU 传输失败的场景下，发送端 MLD 可以在第一时刻发送第二 PPDU 以重传第一 PPDU 中的出错部分，实现第一链路的错误恢复；另一方面，在第二链路上第三 PPDU 的 BA 传输失败的情况下，可以在第二时刻发送第四 PPDU 以重传第三 PPDU 种的出错部分，实现第二链路的错误恢复。

另一种可能的实施场景下中，如图 16 所示，该方法包括如下步骤：

S1601、发送端 MLD 确定第一链路上的第一 PPDU 或第一 BA 传输失败。

其中，第一 BA 为第一 PPDU 的 BA。第一 PPDU 或第一 BA 传输失败可参考上述相关描述，在此不再赘述。

S1602、发送端 MLD 在第一时刻开始执行信道退避。

其中，该第一时刻为第一 BA 的结束时刻。可以理解的，该信道退避为第一链路上的信道退避。

S1603、发送端 MLD 在信道退避结束后，通过第一链路向接收端 MLD 发送第二 PPDU。相应的，接收端 MLD 通过第一链路接收来自发送端 MLD 的第二 PPDU。

其中，第二 PPDU 用于重传第一 PPDU 中出错的部分。

可以理解的，在该步骤 S1603 中，发送端 MLD 发送第二 PPDU 之前不再进行 CCA。

示例性的，以第一链路为链路 1，第二链路为链路 2，链路 1 上发生 PPDU 传输失败，链路 2 未发生传输失败，第一 PPDU 为 PPDU11，第一 BA 为 BA11 为例，如图 17 所示，在 BA11 的预计结束时刻，AP MLD(或 AP1)开始执行信道退避，退避结束后发送 PPDU11'，该 PPDU11' 即为第二 PPDU。

可选的，在第二链路上的第三 PPDU 的 BA 传输失败的情况下，发送端 MLD 也可以在该 BA 的结束时刻进行第二链路上的信道退避，在该信道退避结束后，在第二链路上向接收端 MLD 发送第四 PPDU，用于重传第三 PPDU 中的出错部分。

可选的，接收端 MLD 收到第二 PPDU 后，可以向发送端 MLD 发送第二 PPDU 的 BA，或者可以根据第二 PPDU 进行业务处理等，本申请实施例对此不做具体限定。

基于该方案，一方面，在发送端 MLD 具备 STR 能力，接收端 MLD 不具备 STR 能力，第一链路的第一 PPDU 传输失败的场景下，发送端 MLD 可以在第一 PPDU 的 BA 的预计结束时刻开始执行信道退避，在信道退避结束后，在第一链路上发送第二 PPDU 以重传第一

的 BA 传输失败的情况下, 可以该 BA 的结束时刻开始执行第二链路上的信道退避, 在该信道退避结束后发送第四 PPDU 以重传第三 PPDU 种的出错部分, 实现第二链路的错误恢复。

此外, 本申请实施例还提供一种链路的错误恢复方法, 该方法可以由发送端 MLD、或可用于发送端 MLD 的部件 (例如芯片) 执行, 本申请以该方法由发送端 MLD 执行为例进行说明。该方法中, 发送端 MLD 和接收端 MLD 中的一个具备 STR 能力, 另一个不具备 STR 能力, 即一个为 STR MLD, 另一个为 non-STR MLD。

该方法中, 发送端 MLD 的每条链路上的 TXOP 建立成功后, 该 TXOP 内 BA 之后的帧间隔为 PIFS, PPDU 之后的帧间隔仍为 SIFS。示例性的, 如图 18 所示, BA11、BA12 之后的帧间隔为 SIFS, PPDU11、PPDU12 之后的帧间隔为 PIFS。

可以理解的, 由于本申请中 BA 为回复帧的一种, 因此, 该 TXOP 内 BA 之后的帧间隔为 PIFS, 可以理解为: 回复帧之后的帧间隔为 PIFS。相应的, 本申请实施例中, 接收 BA 也可以理解为接收回复帧。

如图 19 所示, 为该方法的流程示意图, 该链路的错误恢复方法可以包括如下步骤:

S1901、发送端 MLD 在第一链路上接收第一 BA。

其中, 第一 BA 为第一 PPDU 的 BA。

可选的, 若发送端 MLD 接收该第一 PPDU 的 BA 后解码失败, 可以认为第一 PPDU 的 BA 传输失败。

S1902、发送端 MLD 通过第一链路向接收端 MLD 发送第二 PPDU。相应的, 接收端 MLD 通过第一链路接收来自发送端 MLD 的第二 PPDU。

其中, 第二 PPDU 的开始时刻与第一 BA 的结束时刻之间的间隔为帧间隔, 该帧间隔为 PIFS。发送端 MLD 向接收端 MLD 发送第二 PPDU 的相关说明可参考上述步骤 S602 中的相关描述, 在此不再赘述。

可选的, 在第一 BA 解码失败的情况下, 该第二 PPDU 用于重传第一 PPDU 中出错的部分。

示例性的, 以第一链路为链路 1, 第二链路为链路 2, 链路 1 上的第一 PPDU 为 PPDU12, PPDU12 的 BA (BA12) 解码失败为例, 如图 20 所示, 在 BA12 解码失败后, 发送端 MLD 在 BA12 的下一帧发送 PPDU12', BA12 与 PPDU12' 之间的帧间隔为 PIFS, 该 PPDU12' 即为第二 PPDU。

此外, 在第一链路上的第一 PPDU 传输失败的情况下, 发送端 MLD 仍然可以在该第一 BA 的下一帧通过第一链路向接收端发送第二 PPDU, 以重传该第一 PPDU 的出错部分。

示例性的, 以第一链路为链路 1, 第二链路为链路 2, 链路 1 上的第一 PPDU 为 PPDU12, PPDU12 传输失败为例, 如图 21 所示, 在 PPDU12 传输失败后, 发送端 MLD 在 BA12 的下一帧发送 PPDU12', BA12 与 PPDU12' 之间的帧间隔为 PIFS, 该 PPDU12' 即为第二 PPDU。

可选的, 接收端 MLD 收到第二 PPDU 后, 可以向发送端 MLD 发送第二 PPDU 的 BA, 或者可以根据第二 PPDU 进行业务处理等, 本申请实施例对此不做具体限定。

基于该方案, 在 BA 之后的帧间隔为 PIFS 的情况下, 一方面, 即使某条链路上的 PPDU 或 BA 传输失败, 在发送端 MLD 进行该链路的错误恢复时, 不获取其他链路上的传输状态信息, 避免了发送端 MLD 内部的信息交互, 节省发送端 MLD 的功耗; 另一方面, 由于每条链路上 BA 后的帧间隔都为 PIFS, PPDU 后的帧间隔都为 SIFS, 即使在进行某条链路的错误恢复时不获取其他链路上的传输状态信息, 也可以实现同步传输。例如, 图 20 或图 21 所示的

误恢复时,可以实现和链路2的同步传输,进而避免出现 non-STR MLD 设备同时收发数据的情况。

以上为本申请提供的链路的错误恢复方法,下面对各种场景下链路的错误恢复进行总结。

需要说明的是,该总结以发送端 MLD 为 STR MLD 或 non-STR MLD 两种情况,发送端 MLD 和接收端 MLD 之间的链路包括链路1和链路2进行说明。其中,链路1和链路2仅是示例性的对链路进行区分,其链路状态可以互换,在链路状态互换时,仍然可以采用相同的方法进行出错链路的错误恢复。

其中,关于下述总结中涉及到的链路状态的解释可参见表1。

表 1

链路状态	解释
成功	PPDU 以及 BA 的发送和接收都成功
PPDU 出错	PPDU 传输失败
BA 出错	BA 传输失败

发送端为 STR MLD 的时,各种场景下的传输方案或错误恢复方案可见下表2。

表 2

场景	链路1 状态	链路2 状态	传输方案(或错误恢复方案)	备注
Case1	成功	成功	BA 之后帧间隔为 SIFS	
Case2	PPDU 出错	成功	链路1: 下一个 PPDU 发送时间不早于链路2 的 BA 结束时间 链路2: 正常发送, BA 之后帧间隔为 SIFS	见本申请图 12 所示的方案
Case3	成功	BA 出错	链路1: 正常发送, BA 之后帧间隔为 SIFS 链路2: 在出错 BA 的结束时间开始 PIFS 或 TBD 恢复,下一个 PPDU 的开始时间与链路1 的 PPDU 的开始时间不对齐	见 IEEE 802.11-20/0427r1 Synchronous multi-link operation (NXP)
Case4	PPDU 出错	PPDU 出错	链路1: 在获取到另一条链路的传输状态信息 时或 BA 预计结束时刻间隔 SIFS 后的时刻发 送下一个 PPDU 链路2: 同链路1	见本申请图 6 至 图 9 所示的方案
Case5	PPDU 出错	BA 出错	链路1: 在 BA 预计结束时刻或获取到链路2 的传输状态信息的时刻发送下一个 PPDU 链路2: 在 BA 结束时刻间隔 PIFS 后的时刻发 送下一个 PPDU	见本申请图 13 或图 15 所示的 方案

发送端为 non-STR MLD 的时,各种场景下的传输方案或错误恢复方案可见下表3。

表 3

场景	链路1 状态	链路2 状态	传输方案(或错误恢复方案)	备注
Case1	成功	成功	BA 之后的帧间隔为 PIFS	见本申请图 18

			的场景	
Case2	成功	PPDU 出错	链路 1: 正常发送, BA 之后帧间隔为 SIFS 链路 2: 在链路 1 的 BA 结束时刻间隔 SIFS 后发送下一个 PPDU	见 IEEE 802.11-20/0427r1 Synchronous multi-link operation (NXP)
Case3	PPDU 出错	PPDU 出错	链路 1: 在获取到另一条链路的传输状态信息 时或 BA 预计结束时刻间隔 SIFS 后的时刻发 送下一个 PPDU 链路 2: 同链路 1	见本申请图 6 至 图 9 所示的方案
Case4	PPDU 出错	BA 出错	链路 1: 在 BA 预计结束时刻间隔 PIFS 后的时 刻发送下一个 PPDU 链路 2: 在 BA 结束时刻间隔 PIFS 后的时刻发 送下一个 PPDU	见本申请图 14 所示的方案

可以理解的是, 以上各个实施例中, 发送端 MLD 实现的方法和/或步骤, 也可以由可用于发送端 MLD 的部件 (例如芯片或者电路) 实现。

上述主要对本申请实施例提供的方案进行了介绍。相应的, 本申请实施例还提供了通信装置, 该通信装置用于实现上述各种方法。该通信装置可以为上述方法实施例中的发送端 MLD, 或者包含上述发送端 MLD 的装置, 或者是上述发送端 MLD 中包含的装置, 比如系统芯片。

可以理解的是, 该通信装置为了实现上述功能, 其包含了执行各个功能相应的硬件结构和/或软件模块。本领域技术人员应该很容易意识到, 结合本文中所公开的实施例描述的各示例的单元及算法步骤, 本申请能够以硬件或硬件和计算机软件的结合形式来实现。某个功能究竟以硬件还是计算机软件驱动硬件的方式来执行, 取决于技术方案的特定应用和设计约束条件。专业技术人员可以对每个特定的应用来使用不同方法来实现所描述的功能, 但是这种实现不应认为超出本申请的范围。

本申请实施例可以根据上述方法实施例中对通信装置进行功能模块的划分, 例如, 可以对应各个功能划分各个功能模块, 也可以将两个或两个以上的功能集成在一个处理模块中。上述集成的模块既可以采用硬件的形式实现, 也可以采用软件功能模块的形式实现。需要说明的是, 本申请实施例中对模块的划分是示意性的, 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。

比如, 以通信装置为上述方法实施例中的发送端 MLD 为例。图 22 示出了一种发送端 MLD220 的结构示意图。该发送端 MLD220 包括收发模块 2201 和处理模块 2202。所述收发模块 2201, 也可以称为收发单元用以实现发送和/或接收功能, 例如可以是收发电路, 收发机, 收发器或者通信接口。

一种可能的实现方式中:

处理模块 2202, 用于确定第一链路上的第一物理层协议数据单元 PPDU 传输失败;

收发模块 2201, 用于在第一时刻通过第一链路向接收端 MLD 发送第二 PPDU, 第二 PPDU 用于重传第一 PPDU 中出错的部分。其中, 第一时刻为发送端 MLD 获取到第二链路的传输状态信息的时刻; 第二链路的传输状态信息用于指示第二链路上的第三 PPDU 传输失败; 或

另一种可能的实现方式中:

处理模块 2202, 用于确定所述第一链路上的第一物理层协议数据单元 PPDU 传输失败;

收发模块 2201, 用于在第一时刻通过所述第一链路向所述接收端 MLD 发送第二 PPDU, 所述第二 PPDU 用于重传所述第一 PPDU 中出错的部分。其中, 所述第一时刻为第一确认块 BA 的预计结束时刻, 所述第一 BA 为所述第一 PPDU 的 BA。

再一种可能的实现方式中:

处理模块 2202, 用于确定第一链路上的第一物理层协议数据单元 PPDU 或第一确认块 BA 传输失败, 第一 BA 为第一 PPDU 的 BA;

处理模块 2202, 还用于在第一时刻开始执行信道退避, 第一时刻为第一 BA 的结束时刻;

收发模块 2201, 用于在信道退避结束后, 通过第一链路向接收端 MLD 发送第二 PPDU, 第二 PPDU 用于重传第一 PPDU 中出错的部分。

又一种可能的实现方式中:

处理模块 2202, 用于通过收发模块 2201 在第一链路上接收第一块确认 BA, 第一 BA 为第一物理层协议数据单元 PPDU 的 BA;

处理模块 2202, 还用于通过收发模块 2201 在第一链路向接收端 MLD 发送第二 PPDU, 其中, 第二 PPDU 的开始时刻与第一 BA 的结束时刻之间的间隔为帧间隔, 该帧间隔为点协调功能帧间隔 PIFS。

其中, 上述方法实施例涉及的各步骤的所有相关内容均可以援引到对应功能模块的功能描述, 在此不再赘述。

在本实施例中, 该发送端 MLD220 以采用集成的方式划分各个功能模块的形式来呈现。这里的“模块”可以指特定 ASIC, 电路, 执行一个或多个软件或固件程序的处理器和存储器, 集成逻辑电路, 和/或其他可以提供上述功能的器件。

由于本实施例提供的发送端 MLD220 可执行上述的通信方法, 因此其所能获得的技术效果可参考上述方法实施例, 在此不再赘述。

图 23 所示为本申请实施例提供的通信设备 230 的硬件结构示意图。其中, 该通信设备 230 包括至少一个处理器 2301, 通信线路 2302, 存储器 2303 以及至少一个通信接口 2304。

上述发送端 MLD 的功能可以通过该通信设备 230 实现。比如, 图 23 中的处理器 2301 可以通过调用存储器 2303 中存储的计算机执行指令, 使得通信设备 230 执行上述方法实施例中的方法。

具体的, 图 6 或图 11 或图 16 或图 19 中的步骤/实现过程可以通过图 23 中的处理器 2301 调用存储器 2303 中存储的计算机执行指令来实现。或者, 图 6 或图 11 或图 16 或图 19 中的处理相关的功能/实现过程可以通过图 23 中的处理器 2301 调用存储器 2303 中存储的计算机执行指令来实现, 图 6 或图 11 或图 16 或图 19 中的收发相关的功能/实现过程可以通过图 23 中的通信接口 2304 来实现。

处理器 2301 可以是一个通用中央处理器 (central processing unit, CPU), 微处理器, 特定应用集成电路 (application-specific integrated circuit, ASIC), 或一个或多个用于控制本申请方案程序执行的集成电路。

通信线路 2302 可包括一通路, 在上述组件之间传送信息。

通信接口 2304, 使用任何收发器一类的装置, 用于与其他设备或通信网络通信, 如以太网, 无线接入网 (radio access network, RAN), 无线局域网 (wireless local area networks, WLAN)

存储器 2303 可以是只读存储器 (read-only memory, ROM) 或可存储静态信息和指令的其他类型的静态存储设备, 随机存取存储器 (random access memory, RAM) 或者可存储信息和指令的其他类型的动态存储设备, 也可以是电可擦可编程只读存储器 (electrically erasable programmable read-only memory, EEPROM)、只读光盘 (compact disc read-only memory, CD-ROM) 或其他光盘存储、光碟存储 (包括压缩光碟、激光碟、光碟、数字通用光碟、蓝光光碟等)、磁盘存储介质或者其他磁存储设备、或者能够用于携带或存储具有指令或数据结构形式的期望的程序代码并能够由计算机存取的任何其他介质, 但不限于此。存储器可以是独立存在, 通过通信线路 2302 与处理器相连接。存储器也可以和处理器集成在一起。

其中, 存储器 2303 用于存储执行本申请方案的计算机执行指令, 并由处理器 2301 来控制执行。处理器 2301 用于执行存储器 2303 中存储的计算机执行指令, 从而实现本申请下述实施例提供的链路的错误恢复方法。

可选的, 本申请实施例中的计算机执行指令也可以称之为应用程序代码, 本申请实施例对此不作具体限定。

在具体实现中, 作为一种实施例, 处理器 2301 可以包括一个或多个 CPU, 例如图 23 中的 CPU0 和 CPU1。

在具体实现中, 作为一种实施例, 通信设备 230 可以包括多个处理器, 例如图 23 中的处理器 2301 和处理器 2308。这些处理器中的每一个可以是一个单核 (single-CPU) 处理器, 也可以是一个多核 (multi-CPU) 处理器。这里的处理器可以指一个或多个设备、电路、和/或用于处理数据 (例如计算机程序指令) 的处理核。

在具体实现中, 作为一种实施例, 通信设备 230 还可以包括输出设备 2305 和输入设备 2306。输出设备 2305 和处理器 2301 通信, 可以以多种方式来显示信息。例如, 输出设备 2305 可以是液晶显示器 (liquid crystal display, LCD)、发光二极管 (light emitting diode, LED) 显示设备, 阴极射线管 (cathode ray tube, CRT) 显示设备, 或投影仪 (projector) 等。输入设备 2306 和处理器 2301 通信, 可以以多种方式接收用户的输入。例如, 输入设备 2306 可以是鼠标、键盘、触摸屏设备或传感设备等。

上述的通信设备 230 可以是一个通用设备或者是一个专用设备。在具体实现中, 通信设备 230 可以是台式机、便携式电脑、网络服务器、掌上电脑 (personal digital assistant, PDA)、移动手机、平板电脑、无线终端设备、嵌入式设备或有图 23 中类似结构的设备。本申请实施例不限定通信设备 230 的类型。

可选的, 本申请实施例还提供了一种通信装置 (例如, 该通信装置可以是芯片或芯片系统), 该通信装置包括处理器, 用于实现上述任一方法实施例中的方法。在一种可能的设计中, 该通信装置还包括存储器。该存储器, 用于保存必要的程序指令和数据, 处理器可以调用存储器中存储的程序代码以指令该通信装置执行上述任一方法实施例中的方法。当然, 存储器也可以不在该通信装置中。该通信装置是芯片系统时, 可以由芯片构成, 也可以包含芯片和其他分立器件, 本申请实施例对此不作具体限定。

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。当使用软件程序实现时, 可以全部或部分地以计算机程序产品的形式来实现。该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计算机程序指令时, 全部或部分地产生按照本申请实施例所述的流程或功能。所述计算机可以是通用计算机、专用计算机、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可读存储介质中, 或者从

一个网站站点、计算机、服务器或者数据中心通过有线（例如同轴电缆、光纤、数字用户线（digital subscriber line, DSL））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、服务器或数据中心进行传输。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是包含一个或多个可以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（例如，DVD）、或者半导体介质（例如固态硬盘（solid state disk, SSD））等。本申请实施例中，计算机可以包括前面所述的装置。

尽管在此结合各实施例对本申请进行了描述，然而，在实施所要求保护的本申请过程中，本领域技术人员通过查看所述附图、公开内容、以及所附权利要求书，可理解并实现所述公开实施例的其他变化。在权利要求中，“包括”（comprising）一词不排除其他组成部分或步骤，“一”或“一个”不排除多个的情况。单个处理器或其他单元可以实现权利要求中列举的若干项功能。相互不同的从属权利要求中记载了某些措施，但这并不表示这些措施不能组合起来产生良好的效果。

尽管结合具体特征及其实施例对本申请进行了描述，显而易见的，在不脱离本申请的精神和范围的情况下，可对其进行各种修改和组合。相应地，本说明书和附图仅仅是所附权利要求所界定的本申请的示例性说明，且视为已覆盖本申请范围内的任意和所有修改、变化、组合或等同物。显然，本领域的技术人员可以对本申请进行各种改动和变型而不脱离本申请的精神和范围。这样，倘若本申请的这些修改和变型属于本申请权利要求及其等同技术的范围之内，则本申请也意图包含这些改动和变型在内。

权 利 要 求 书

1、一种链路的错误恢复方法，其特征在于，所述方法应用于发送端多链路设备 MLD，所述发送端 MLD 与接收端 MLD 之间的链路包括第一链路和第二链路，所述发送端 MLD 和接收端 MLD 中的其中一个具备同时收发 STR 能力，另一个不具备 STR 能力，所述方法包括：

所述发送端 MLD 确定所述第一链路上的第一物理层协议数据单元 PPDU 传输失败；

所述发送端 MLD 在第一时刻通过所述第一链路向所述接收端 MLD 发送第二 PPDU，所述第二 PPDU 用于重传所述第一 PPDU 中出错的部分；

其中，所述第一时刻为所述发送端 MLD 获取到所述第二链路的传输状态信息的时刻；所述第二链路的传输状态信息用于指示所述第二链路上的第三 PPDU 传输失败；

或者，所述第一时刻为假如所述第一 PPDU 正常传输时，所述第一链路上下一个 PPDU 的发送时刻。

2、根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述发送端 MLD 获取到第二链路的传输状态信息的时刻与第一确认块 BA 的预计开始时刻之间的间隔小于或等于第一时长，所述第一时刻为所述发送端 MLD 获取到所述第二链路的传输状态信息的时刻；

其中，所述第一 BA 为所述第一 PPDU 的 BA；所述第一时长为所述第一 BA 的长度与短帧间隔 SIFS 之和。

3、根据权利要求 1 或 2 所述的方法，其特征在于，所述发送端 MLD 获取到所述第二链路的传输状态信息，包括：

第一站点接收到来自第二站点的所述第二链路的传输状态信息，所述第一站点为所述发送端 MLD 中支持所述第一链路的站点，所述第二站点为所述发送端 MLD 中支持所述第二链路的站点。

4、根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于，第二时刻之前，发送端 MLD 未获取到所述第二链路的传输状态信息，所述第一时刻为假如所述第一 PPDU 正常传输时，所述第一链路上下一个 PPDU 的发送时刻；

其中，所述第二时刻晚于第一 BA 的预计结束时刻，所述第二时刻与所述第一 BA 的预计结束时刻之间的间隔为 SIFS，所述第一 BA 为所述第一 PPDU 的 BA。

5、根据权利要求 1-4 任一项所述的方法，其特征在于，所述第二 PPDU 与所述第二链路上的第四 PPDU 的结束时刻相同，所述第四 PPDU 用于重传所述第三 PPDU 中出错的部分。

6、一种链路的错误恢复方法，其特征在于，所述方法应用于发送端多链路设备 MLD，所述发送端 MLD 与接收端 MLD 之间的多条链路包括第一链路，所述发送端 MLD 具备同时收发 STR 能力，所述接收端 MLD 不具备 STR 能力，所述方法包括：

所述发送端 MLD 确定所述第一链路上的第一物理层协议数据单元 PPDU 传输失败；

所述发送端 MLD 在第一时刻通过所述第一链路向所述接收端 MLD 发送第二 PPDU，所述第二 PPDU 用于重传所述第一 PPDU 中出错的部分；

其中，所述第一时刻为第一确认块 BA 的预计结束时刻，所述第一 BA 为所述第一 PPDU 的 BA。

7、一种链路的错误恢复方法，其特征在于，所述方法应用于发送端多链路设备 MLD，所述发送端 MLD 与接收端 MLD 之间的多条链路包括第一链路，所述发送端 MLD 具备同时收发 STR 能力，所述接收端 MLD 不具备 STR 能力，所述方法包括：

所述发送端 MLD 确定所述第一链路上的第一物理层协议数据单元 PPDU 或第一确认块

所述发送端 MLD 在第一时刻开始执行信道退避, 所述第一时刻为所述第一 BA 的结束时刻;

所述发送端 MLD 在所述信道退避结束后, 通过所述第一链路向所述接收端 MLD 发送第二 PPDU, 所述第二 PPDU 用于重传所述第一 PPDU 中出错的部分。

8、根据权利要求 6 或 7 所述的方法, 其特征在于, 所述发送端 MLD 与接收端 MLD 之间的链路还包括第二链路, 所述第一 PPDU 与所述第二链路上的第三 PPDU 的结束时刻相同, 所述第二 PPDU 的结束时刻与所述第二链路上的第四 PPDU 的结束时刻相同。

9、一种链路的错误恢复方法, 其特征在于, 所述方法应用于发送端多链路设备 MLD, 所述发送端 MLD 与接收端 MLD 之间的多条链路包括第一链路, 所述发送端 MLD 和接收端 MLD 中的其中一个具备同时收发 STR 能力, 另一个不具备 STR 能力, 所述方法包括:

所述发送端 MLD 在所述第一链路上接收第一块确认 BA, 所述第一 BA 为第一物理层协议数据单元 PPDU 的 BA;

所述发送端 MLD 通过所述第一链路向所述接收端 MLD 发送第二 PPDU, 其中, 所述第二 PPDU 的开始时刻与所述第一 BA 的结束时刻之间的间隔为帧间隔, 所述帧间隔为点协调功能帧间隔 PIFS。

10、一种发送端多链路设备 MLD, 其特征在于, 所述发送端 MLD 支持与接收端 MLD 之间通信的多条链路, 所述多条链路包括第一链路和第二链路, 所述发送端 MLD 包括: 处理模块和收发模块;

所述处理模块, 用于确定所述第一链路上的第一物理层协议数据单元 PPDU 传输失败;

所述收发模块, 用于在第一时刻通过所述第一链路向所述接收端 MLD 发送第二 PPDU, 所述第二 PPDU 用于重传所述第一 PPDU 中出错的部分;

其中, 所述第一时刻为所述发送端 MLD 获取到所述第二链路的传输状态信息的时刻; 所述第二链路的传输状态信息用于指示所述第二链路上的第三 PPDU 传输失败;

或者, 所述第一时刻为假如所述第一 PPDU 正常传输时, 所述第一链路上下一个 PPDU 的发送时刻。

11、根据权利要求 10 所述的发送端 MLD, 其特征在于, 所述发送端 MLD 获取到第二链路的传输状态信息的时刻与第一确认块 BA 的预计开始时刻之间的间隔小于或等于第一时长, 所述第一时刻为所述发送端 MLD 获取到所述第二链路的传输状态信息的时刻;

其中, 所述第一 BA 为所述第一 PPDU 的 BA; 所述第一时长为所述第一 BA 的长度与短帧间隔 SIFS 之和。

12、根据权利要求 10 或 11 所述的发送端 MLD, 其特征在于, 所述发送端 MLD 获取到所述第二链路的传输状态信息, 包括:

第一站点通过所述收发模块接收到来自第二站点的所述第二链路的传输状态信息, 所述第一站点为所述发送端 MLD 中支持所述第一链路的站点, 所述第二站点为所述发送端 MLD 中支持所述第二链路的站点。

13、根据权利要求 10 所述的发送端 MLD, 其特征在于, 第二时刻之前, 所述发送端 MLD 未获取到所述第二链路的传输状态信息, 所述第一时刻为假如所述第一 PPDU 正常传输时, 所述第一链路上下一个 PPDU 的发送时刻;

其中, 所述第二时刻晚于第一 BA 的预计结束时刻, 所述第二时刻与所述第一 BA 的预计结束时刻之间的间隔为 SIFS, 所述第一 BA 为所述第一 PPDU 的 BA。

与所述第二链路上的第四 PPDU 的结束时刻相同, 所述第四 PPDU 用于重传所述第三 PPDU 中出错的部分。

15、一种发送端多链路设备 MLD, 其特征在于, 所述发送端 MLD 支持与接收端 MLD 之间通信的多条链路, 所述多条链路包括第一链路, 所述发送端 MLD 包括: 处理模块和收发模块;

所述处理模块, 用于确定所述第一链路上的第一物理层协议数据单元 PPDU 传输失败;

所述收发模块, 用于在第一时刻通过所述第一链路向所述接收端 MLD 发送第二 PPDU, 所述第二 PPDU 用于重传所述第一 PPDU 中出错的部分;

其中, 所述第一时刻为第一确认块 BA 的预计结束时刻, 所述第一 BA 为所述第一 PPDU 的 BA。

16、一种发送端多链路设备 MLD, 其特征在于, 所述发送端 MLD 支持与接收端 MLD 之间通信的多条链路, 所述多条链路包括第一链路, 所述发送端 MLD 包括: 处理模块和收发模块;

所述处理模块, 用于确定所述第一链路上的第一物理层协议数据单元 PPDU 或第一确认块 BA 传输失败, 所述第一 BA 为所述第一 PPDU 的 BA;

所述处理模块, 还用于在第一时刻开始执行信道退避, 所述第一时刻为所述第一 BA 的结束时刻;

所述收发模块, 用于在所述信道退避结束后, 通过所述第一链路向所述接收端 MLD 发送第二 PPDU, 所述第二 PPDU 用于重传所述第一 PPDU 中出错的部分。

17、根据权利要求 15 或 16 所述的发送端 MLD, 其特征在于, 所述多条链路还包括第二链路, 所述第一 PPDU 与所述第二链路上的第三 PPDU 的结束时刻相同, 所述第二 PPDU 的结束时刻与所述第二链路上的第四 PPDU 的结束时刻相同。

18、一种发送端多链路设备 MLD, 其特征在于, 所述发送端 MLD 支持与接收端 MLD 之间通信的多条链路, 所述多条链路包括第一链路, 所述发送端 MLD 包括: 处理模块和收发模块;

所述处理模块, 用于通过所述收发模块在所述第一链路上接收第一块确认 BA, 所述第一 BA 为第一物理层协议数据单元 PPDU 的 BA;

所述处理模块, 还用于通过所述收发模块在所述第一链路上向所述接收端 MLD 发送第二 PPDU, 其中, 所述第二 PPDU 的开始时刻与所述第一 BA 的结束时刻之间的间隔为帧间隔, 所述帧间隔为点协调功能帧间隔 PIFS。

19、一种多链路设备, 其特征在于, 所述多链路设备包括: 处理器;

当所述多链路设备运行时, 所述处理器执行存储器存储的计算机执行指令, 以使所述多链路设备执行如权利要求 1-9 中任意一项所述的方法。

20、一种计算机可读存储介质, 其特征在于, 所述计算机可读存储介质包括计算机程序, 当所述计算机程序在多链路设备上运行时, 使得多链路设备执行如权利要求 1 至 9 中任一项所述的通信方法。

21、一种计算机程序产品, 其特征在于, 所述计算机程序产品包括计算机程序, 当所述计算机程序在多链路设备上运行时, 使得多链路设备执行如权利要求 1 至 9 中任一项所述的通信方法。

述芯片之外的模块通信，所述处理器用于运行计算机程序或指令，以实现如权利要求 1 至 9 中任一项所述的方法。