

多链路同步发送方法及装置

本申请要求于 2020 年 08 月 29 日提交国家知识产权局、申请号为 202010890981.7、申请名称为“多链路同步发送方法及装置”的中国专利申请的优先权，其全部内容通过引用结合在本申请中。

技术领域

本申请涉及通信技术领域，尤其涉及多链路同步发送方法及装置。

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，多条链路上的传输帧同步为其中的重要部分，因此，有必要设计合理的方案以实现该场景下的多链路同步发送。

发明内容

本申请实施例提供多链路同步发送方法及装置，可以实现多链路上的同步发送，降低多链路之间的干扰，提高传输性能。

为了达到上述目的，本申请的实施例采用如下技术方案：

第一方面，提供一种多链路同步发送方法，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：满足第一条件时，发送端 MLD 在第一时刻通过第一链路向接收端 MLD 发送第一传输帧，第一时刻是根据第二时刻和/或第三时刻确定的，该第二时刻为第一链路的退避计数器减为 0 的时刻，第三时刻为第二链路上的第二传输帧的发送时刻，第一条件包括：

（1）、第一链路的退避计数器为 0；

（2）、第二传输帧位于第二链路上的传输机会 RXOP 内。

也就是说，发送端 MLD 在第一链路上执行了退避流程以竞争信道，在第二链路上 TXOP 已经建立成功。基于此，在第一链路的退避计数器减为 0 时，第一链路可以接入信道进行传输，第二链路在 TXOP 内时可以使用竞争到的信道发送第二传输帧，从而，发送端 MLD 可以根据该退避计数器减为 0 的时刻，和第二链路上的第二传输帧的发送时刻，确定在第一链路上发送第一传输帧的时刻，尽可能使得第一链路上发送的传输帧和第二链路上发送的传输帧的结束时间对齐，或开始时间以及结束时间对齐，进而实现多链路的同步发送，以降低多链路之间的干扰，提高传输性能。

在一些可能的设计中，该第一条件还包括：第一链路上的第三传输帧传输失败，第一传输帧用于重传第三传输帧的出错部分，第二传输帧为第二链路上的参考传输帧之后的第一个与参考传输帧的类型相同的传输帧，参考传输帧的结束时刻与第三传输帧的结束时刻相同。

该方案中，在第三传输帧传输失败的场景下，第一传输帧用于重传第三传输帧的出错部分，发送端 MLD 在第一链路上发送第一传输帧可以理解为第一链路上的错误恢复，从而，基于该方案，可以实现错误恢复时的多链路同步发送。

在一些可能的设计中，若第二时刻早于第三时刻，且第一链路在第二时刻至第三时刻之间空闲，则第一时刻为该第三时刻。也就是说，若第一链路的退避计数器减为 0 的时刻早于第二链路上的第二传输帧的发送时刻，且第一链路在该退避计数器减为 0 的时刻与第二传输帧的发送时刻之间空闲，则第一传输帧的发送时刻与第二传输帧的发送时刻相同，或者说，第一传输帧的开始时间与第二传输帧的开始时间对齐。当然，第一传输帧的结束时间与第二传输帧的结束时间也对齐。

在一些可能的设计中，若第二时刻晚于第三时刻，且早于第四时刻，则第一时刻为该第二时刻，该第四时刻为第二传输帧的结束时刻。也就是说，若第一链路的退避计数器减为 0 的时刻晚于第二链路上的第二传输帧的发送时刻，且早于第二传输帧的结束时刻，则第一传输帧的发送时刻为第一链路的退避计数器减为 0 的时刻，第一传输帧的结束时刻与第二传输帧的结束时刻相同。

在一些可能的设计中，若第二时刻晚于第三时刻，早于第四时刻，且第二时刻与第四时刻之间的时长大于或等于第一时长，则第一时刻为该第二时刻。基于该可能的设计，可以避免第二时刻与第四时刻之间的时长太短而无法使得第一传输帧的结束时间与第二传输帧的结束时间对齐的问题。

在一些可能的设计中，若第二时刻晚于第三时刻，且早于第四时刻，则该第一时刻为第二链路上的第四传输帧的发送时刻，该第四时刻为第二传输帧的结束时刻，第四传输帧为第二传输帧之后第一个与第二传输帧的类型相同的传输帧。也就是说，若第一链路的退避计数器减为 0 的时刻晚于第二链路上的第二传输帧的发送时刻，早于第二传输帧的结束时刻，且第一链路在该退避计数器减为 0 的时刻与第四传输帧的发送时刻之间空闲，则第一传输帧的发送时刻与第四传输帧的发送时刻相同，或者说，第一传输帧的开始时间与第四传输帧的开始时间对齐。当然，第一传输帧的结束时间与第四传输帧的结束时间也对齐。

在一些可能的设计中，若第二时刻晚于第三时刻，早于第四时刻，且第二时刻与第四时刻之间的时长小于或等于第二时长，则第一时刻为第二链路上的第四传输帧的发送时刻。基于该可能的设计，可以避免第二时刻与第四时刻之间的时长太短而无法使得第一传输帧的结束时间与第二传输帧的结束时间对齐的问题。

在一些可能的设计中，第一传输帧为上行触发帧，第三传输帧为上行触发帧。

在一些可能的设计中，第二传输帧为上行触发帧时，若第二时刻晚于第四时刻，且早于第五时刻，则第一时刻为该第五时刻，第四时刻为第二传输帧的结束时刻，第五时刻为第二链路上的第四传输帧的发送时刻，第四传输帧为第二传输帧之后的第一个上行触发帧。也就是说，第一链路的退避计数器在第二传输帧的结束时刻之后，第四传输帧的发送时刻之前减为 0，且第一链路在该退避计数器减为 0 的时刻与第四传输帧的发送时刻之间空闲。则第一传输帧的发送时刻与第四传输帧的发送时刻相同，或者说，第一传输帧的开始时间与第四传输帧的开始时间对齐。当然，第一传输帧的结束时间与第四传输帧的结束时间也对齐。

第二方面，提供一种多链路同步发送方法，该发送端 MLD 与接收端 MLD 之间的多条链路包括第一链路，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：满足第一条件时，发送端 MLD 在第一时刻通过第一链路向接收端 MLD 发送第一物理层协议数据单元 PPDU，该第一 PPDU 用于重传第一链路上的

第二 PPDU 的部分或全部信息, 该第一条件包括:

(1)、第二 PPDU 的响应帧接收失败;

(2)、第一时刻与第二时刻之间的间隔为短帧间隔, 且第一时刻与第二时刻之间的能量检测结果小于或等于第一门限, 第二时刻与第二 PPDU 的响应帧的预计结束时刻之间间隔第三时长。

基于该方案, 在第一链路上的第二 PPDU 的响应帧出错后, 发送端 MLD 可以在该响应帧的预计结束时刻开始进行第一链路的能量检测, 若在 SIFS 时间内, 能量检测结果小于或等于第一门限, 则认为链路空闲, 并在该响应帧的预计结束时刻后的 SIFS 时间发送第一 PPDU, 以重传第二 PPDU。由于正常情况下, 第二链路上相邻两帧之间的间隔为 SIFS, 第一链路上进行错误恢复后, 第二 PPDU 的响应帧与第一 PPDU 之间的间隔也为 SIFS, 从而可以对齐第一 PPDU 与第二链路上的 PPDU 的开始时间和结束时间, 实现多链路上的同步发送, 以降低多链路之间的干扰, 提高传输性能。

在一些可能的设计中, 第一门限低于第二门限, 第二门限为 802.11ax 标准中的能量检测门限。

第三方面, 提供一种发送端多链路设备 MLD, 发送端多链路设备 MLD 与接收端 MLD 之间的链路包括第一链路和第二链路, 发送端 MLD 包括: 处理模块和收发模块。

其中, 处理模块, 用于确定满足第一条件, 该第一条件包括:

(1)、第一链路的退避计数器为 0;

(2)、第二传输帧位于第二链路上的传输机会 TXOP 内;

收发模块, 用于满足第一条件时, 在第一时刻通过第一链路向接收端 MLD 发送第一传输帧, 第一时刻是根据第二时刻和/或第三时刻确定的, 第二时刻为第一链路的退避计数器减为 0 的时刻, 第三时刻为第二链路上的第二传输帧的发送时刻。

第三方面提供的多链路 MLD 用于执行上述第一方面或第一方面任意可能的实现方式, 具体细节可参见上述第一方面或第一方面任意可能的实现方式, 此处不再赘述。

第四方面, 提供一种发送端多链路设备 MLD, 发送端多链路设备 MLD 与接收端 MLD 之间的多条链路包括第一链路, 该发送端 MLD 包括: 处理模块和收发模块。

其中, 处理模块, 用于确定满足第一条件, 该第一条件包括:

(1)、第二 PPDU 的响应帧接收失败;

(2)、第一时刻与第二时刻之间的间隔为短帧间隔, 且第一时刻与第二时刻之间的能量检测结果小于或等于第一门限, 第二时刻与第二 PPDU 的响应帧的预计结束时刻之间间隔第三时长;

收发模块, 用于满足第一条件时, 在第一时刻通过第一链路向接收端 MLD 发送第一 PPDU, 该第一 PPDU 用于重传第一链路上的第二 PPDU 的部分或全部信息。

第四方面提供的多链路 MLD 用于执行上述第二方面或第二方面任意可能的实现方式, 具体细节可参见上述第二方面或第二方面任意可能的实现方式, 此处不再赘述。

第五方面, 提供一种发送端多链路设备 MLD, 该发送端多链路设备 MLD 与接收端 MLD 之间的链路包括第一链路和第二链路, 该发送端多链路设备 MLD 包括处理器和与该处理器内部连接通信的收发器;

其中, 该处理器, 用于确定满足第一条件, 该第一条件包括:

(1)、第二 PPDU 的响应帧接收失败;

(2)、第一时刻与第二时刻之间的间隔为短帧间隔, 且第一时刻与第二时刻之间的能量

检测结果小于或等于第一门限，第二时刻与第二 PPDU 的响应帧的预计结束时刻之间间隔第三时长；

该收发器，用于满足该第一条件时，在第一时刻通过该第一链路向该接收端 MLD 发送第一传输帧，该第一时刻是根据第二时刻和/或第三时刻确定的，该第二时刻为该第一链路的退避计数器减为 0 的时刻，该第三时刻为第二链路上的该第二传输帧的发送时刻。

第五方面提供的多链路 MLD 用于执行上述第一方面或第一方面任意可能的实现方式，具体细节可参见上述第一方面或第一方面任意可能的实现方式，此处不再赘述。

第六方面，提供一种发送端多链路设备 MLD，该发送端多链路设备 MLD 与接收端 MLD 之间的多条链路包括第一链路，该发送端多链路设备 MLD 包括处理器和与该处理器内部连接通信的收发器；

其中，该处理器，用于确定满足第一条件，该第一条件包括：

- (1)、该第一链路的退避计数器为 0；
- (2)、第二传输帧位于该第二链路上的传输机会 TXOP 内；

该收发器，用于满足第一条件时，在第一时刻通过第一链路向接收端 MLD 发送第一 PPDU，该第一 PPDU 用于重传第一链路上的第二 PPDU 的部分或全部信息。

第六方面提供的多链路 MLD 用于执行上述第二方面或第二方面任意可能的实现方式，具体细节可参见上述第二方面或第二方面任意可能的实现方式，此处不再赘述。

第七方面，提供一种发送端多链路设备 MLD，该发送端多链路设备 MLD 与接收端 MLD 之间的链路包括第一链路和第二链路，该发送端多链路设备 MLD 包括处理电路和与该处理电路内部连接通信的输出接口；

其中，该处理电路，用于确定满足第一条件，该第一条件包括：

- (1)、第二 PPDU 的响应帧接收失败；
- (2)、第一时刻与第二时刻之间的间隔为短帧间隔，且第一时刻与第二时刻之间的能量检测结果小于或等于第一门限，第二时刻与第二 PPDU 的响应帧的预计结束时刻之间间隔第三时长；

该输出接口，用于满足该第一条件时，在第一时刻通过该第一链路向该接收端 MLD 发送第一传输帧，该第一时刻是根据第二时刻和/或第三时刻确定的，该第二时刻为该第一链路的退避计数器减为 0 的时刻，该第三时刻为第二链路上的该第二传输帧的发送时刻。

第七方面提供的多链路 MLD 用于执行上述第一方面或第一方面任意可能的实现方式，具体细节可参见上述第一方面或第一方面任意可能的实现方式，此处不再赘述。

第八方面，提供一种发送端多链路设备 MLD，该发送端多链路设备 MLD 与接收端 MLD 之间的多条链路包括第一链路，该发送端多链路设备 MLD 包括处理电路和与该处理电路内部连接通信的输出接口；

其中，该处理电路，用于确定满足第一条件，该第一条件包括：

- (1)、该第一链路的退避计数器为 0；
- (2)、第二传输帧位于该第二链路上的传输机会 TXOP 内；

该输出接口，用于满足第一条件时，在第一时刻通过第一链路向接收端 MLD 发送第一 PPDU，该第一 PPDU 用于重传第一链路上的第二 PPDU 的部分或全部信息。

第八方面提供的多链路 MLD 用于执行上述第二方面或第二方面任意可能的实现方式，具体细节可参见上述第二方面或第二方面任意可能的实现方式，此处不再赘述。

第九方面，本申请实施例提供一种计算机可读存储介质，用于存储计算机程序，所述计

计算机程序包括用于执行上述第一方面或第一方面任意可能的实现方式的指令。

第十方面，本申请实施例提供一种计算机可读存储介质，用于存储计算机程序，所述计算机程序包括用于执行上述第二方面或第二方面任意可能的实现方式的指令。

第十一方面，本申请实施例提供一种计算机程序，所述计算机程序包括用于执行上述第一方面或第一方面任意可能的实现方式的指令。

第十二方面，本申请实施例提供一种计算机程序，所述计算机程序包括用于执行上述第二方面或第二方面任意可能的实现方式的指令。

第十三方面，本申请实施例提供一种通信系统，所述通信系统包括上述第三方面或第五方面或第七方面所提供的发送端 MLD，和，接收端 MLD。

第十四方面，本申请实施例提供一种通信系统，所述通信系统包括上述第四方面或第六方面或第八方面所提供的发送端 MLD，和，接收端 MLD。

附图说明

图 1a 为本申请实施例提供的一种多链路设备 MLD 之间的链路示意图；

图 1b 为本申请实施例提供的一种基于上行触发帧的传输示意图；

图 1c 为本申请实施例提供的一种 PPDU 的结构示意图；

图 1d 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架构示意图；

图 4 为本申请实施例提供的一种多链路同步发送方法的流程示意图；

图 5a 至图 10d 为本申请实施例提供的一种多链路同步发送方法的应用示意图；

图 11 为本申请实施例提供的另一种多链路同步发送方法的流程示意图；

图 12 为本申请实施例提供的另一种多链路同步发送方法的应用示意图；

图 13a 至图 15 为本申请实施例提供的另一种多链路同步发送方法的应用示意图；

图 16 为本申请实施例提供的一种发送端 MLD 的结构示意图；

图 17 为本申请实施例提供的另一种发送端 MLD 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”等字样也并不限定一定不同。

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实施例或设计方案更优选或更具优势。确切而言，使用“示例性的”或者“例如”等词旨在

以具体方式呈现相关概念。

为了便于理解，下面首先对本申请实施例所涉及的技术术语或相关技术进行简单介绍。

1、多链路设备 (multi-link device, MLD):

MLD 具有在多个频段上发送和接收的能力，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。

其中，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，其支持的每一个链路均对应一个频段。可选的，一个频段可以包括一个或多个信道。

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。

本申请中，MLD 包括至少两个隶属的 (affiliated) 站点 (station, STA)，即 affiliated STA。其中，该隶属的站点可以为接入点站点 (access point station, AP STA) 或非接入点站点 (non-access point station, non-AP STA)。其中，AP STA 也可以简称为 AP。

为描述方便，本申请将隶属的站点为 AP STA 的多链路设备称为 AP 多链路设备 (AP multi-link device, AP MLD)；将隶属的站点为 non-AP STA 的多链路设备称为 STA 多链路设备 (STA multi-link device, STA MLD)。

需要说明的是，AP MLD 也可以称为多链路 AP 或多链路 AP 设备；STA MLD 也可以称为多链路 STA、多链路 STA 设备、或 non-AP 多链路设备 (non-AP MLD)。上述名称之间可以相互替换，本申请实施例对此不做具体限定。当然，AP MLD 或 STA MLD 也可以有其他名称。

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

本申请中，MLD 中的每一个隶属的站点可以建立一个链路进行通信。如图 1a 所示，以 MLD A 包含站点 A1-站点 AN，MLD B 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。

此外，本申请中的 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。

可以理解的，STR MLD 可以包括 STR AP MLD 或 STR STA MLD；non-STR MLD 可以包括 non-STR AP MLD 或 non-STR STA MLD。

可选的，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。

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 STA 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 STA 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 STA 可以为支持 802.11be 制式的设备。AP STA 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。

2、上行传输、下行传输:

本申请中,下行传输指数据发送方为 AP MLD,数据接收方为 STA MLD。上行传输指数据发送方为 STA MLD,数据接收方为 AP MLD。

其中,在上下行传输中,数据可以由物理层协议数据单元 (physical protocol data unit, PPDU) 承载。数据接收方收到 PPDU 后,可以向数据发送方发送响应帧,以反馈 PPDU 是否接收成功。

可选的,该响应帧可以为块确认 (block acknowledge, BA) 或确认 (acknowledge, ACK)。BA 可以用于反馈包括多个媒体接入控制层协议数据单元 (media access control protocol data unit, MPDU) 的 PPDU 是否传输成功,ACK 可以用于反馈包括单个 MPDU 的 PPDU 是否传输成功。响应帧的起始部分 (或者说帧头) 包括该响应帧的物理层开始发送指示 (PHY-RXSTART.indication)。本申请下述实施例中,以响应帧为 BA 为例进行说明。

需要说明的是,本申请中的响应帧也可以称为回复帧,二者可以相互替换,本申请对此不做具体限定。

此外,在上行传输中,还存在一种基于上行触发帧 (Trigger) 的上行传输机制。该机制中,AP MLD 在竞争到某个链路的信道后,向 STA MLD 发送上行触发帧,以触发 STA MLD 发送上行数据。AP MLD 在收到上行数据后,向 STA MLD 发送响应帧。其中,该机制下 STA MLD 发送的数据可以由基于触发的 PPDU (trigger based physical protocol data unit, TB PPDU) 承载。

示例性的,以单链路上基于上行触发帧的上行传输机制为例,如图 1b 所示,AP MLD 向 STA MLD 发送 Trigger10,STA MLD 收到该 Trigger10 后向 AP MLD 发送 TB PPDU10,随后,AP MLD 发送 BA10 反馈 TB PPDU10 是否传输成功,假设 TB PPDU10 传输成功,AP MLD 在间隔一个短帧间隔 (short inter-frame space, SIFS) 后继续发送 Trigger20,以此类推。

3、PPDU:

请参见图 1c,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 部分包括传统短训练域 (legacy-short training field, L-STF) 字段、传统长训练域 (legacy-long training field, L-LTF) 字段、传统信令域 (legacy-signal field, L-SIG) 字段;HE-preamble 部分包括重复传统信令域 (repeated legacy-signal field, 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 1c 中所示的 U-SIG SYM1 和 U-SIG SYM1。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、循环冗余校验 (cyclic redundancy check, 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 比特的传输机会 (transmission opportunity, 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。

4、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。获得 TXOP 的站点在 TXOP limit 时间内可以不再重新竞争信道、连续使用信道传输多个数据帧。

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 1d 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 PPDU10, 继续间隔 SIFS 时间后, 收到来自接收端设备的 BA10, 该 BA10 用于向发送端反馈 PPDU10 是否传输成功, 假设 PPDU10 传输成功, 在 BA10 帧结束后的 SIFS 时间发送端设备继续发送 PPDU11, 以此类推。

其中, 图 1d 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。

5、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。

6、传输帧同步:

本申请中, 传输帧同步可以指: 发送端的多条链路上发送给接收端的传输帧的结束时间对齐; 或者, 发送端的多条链路上发送给接收端的传输帧的开始时间对齐, 且结束时间对齐。

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 MLD 301 和接收端 MLD 302。

其中, 该发送端 MLD 301 和接收端 MLD 302 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。例如, 发送端 MLD 301 为 STR MLD, 接收端 MLD 302 为 non-STR MLD; 或者, 发送端 MLD 301 为 non-STR MLD, 接收端 MLD 302 为 STR MLD, 本申请对此不做具体限定。

其中, 发送端 MLD 301 和接收端 MLD 302 之间支持多条链路, 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。

下面将结合说明书附图, 以图 3 所示的发送端 MLD 301 与接收端 MLD 302 进行交互为例, 对本申请实施例提供的链路同步方法进行展开说明。

可以理解的, 本申请实施例中, 发送端 MLD 301 和/或接收端 MLD 302 可以执行本申请实施例中的部分或全部步骤, 这些步骤或操作仅是示例, 本申请实施例还可以执行其它操作或者各种操作的变形。此外, 各个步骤可以按照本申请实施例呈现的不同的顺序来执行, 并且有可能并非要执行本申请实施例中的全部操作。

需要说明的是, 本申请下述实施例中各个设备或功能之间的消息名字或消息中各参数的名字等只是一个示例, 具体实现中也可以是其他的名字, 本申请实施例对此不作具体限定。

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 之间的链路包括第一链路和第二链路, 且发送端 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 4 所示, 为该多链路同步发送方法的流程示意图, 该多链路同步发送方法包括如下步骤:

S401、发送端 MLD 确定第一条件满足。

其中, 第一条件包括:

- (1)、第一链路的退避计数器 0;
- (2)、第二传输帧位于第二链路上的 TXOP 内。

也就是说, 本申请中, 发送端 MLD 在第一链路上执行了退避流程以竞争信道; 在第二链路上 TXOP 已经建立成功, 可以不再重新竞争信道, 在该 TXOP 内连续使用竞争到的信道。

可选的，本申请对第一链路上执行退避流程的触发条件以及开始退避的时刻不做具体限定。

S402、发送端 MLD 在第一时刻通过第一链路向接收端 MLD 发送第一传输帧。相应的，接收端 MLD 通过第一链路接收来自发送端 MLD 的第一传输帧。

其中，第一时刻是根据第二时刻和/或第三时刻确定的。该第二时刻为第一链路的退避计数器减为 0 的时刻。该第三时刻为第二链路上的第二传输帧的发送时刻。

也就是说，本申请的方案可以为：满足第一条件时，发送端 MLD 在第一时刻通过第一链路向接收端 MLD 发送第一传输帧。

可选的，发送端 MLD 通过第一链路发送第一传输帧时，发送端 MLD 已经接入了第一链路的信道。本申请对发送端 MLD 接入第一链路的信道的时刻不做具体限定。

可选的，传输帧的发送时刻也可以理解为传输帧的开始时刻或开始时间，可以相互替换，本申请对此不做具体限定。

可选的，本实施例中的传输帧的类型包括但不限于：数据帧或上行触发帧。第一传输帧的类型与第二传输帧的类型相同。

可选的，通过链路发送传输帧，也可以理解为：在链路的信道上发送传输帧，二者可以相互替换，本申请对此不做具体限定。

可选的，接收端 MLD 收到第一传输帧后，可以向发送端 MLD 发送第一传输帧的响应帧，或者可以根据第一传输帧进行业务处理等，本申请实施例对此不做具体限定。

基于该方案，在第一链路的退避计数器减为 0 时，可以接入第一链路的信道进行传输，第二链路在 TXOP 内时可以使用竞争到的信道发送第二传输帧，从而，发送端 MLD 可以根据该退避计数器减为 0 的时刻，和第二链路上的第二传输帧的发送时刻，确定在第一链路上发送第一传输帧的时刻，尽可能使得第一链路上发送的传输帧和第二链路上发送的传输帧的结束时间对齐，或开始时间以及结束时间对齐，进而实现多链路的同步发送，以降低多链路之间的干扰，提高传输性能。

在本申请的一种实施场景下，该第一条件还可以包括：第一链路上的第三传输帧传输失败。此时，第一传输帧可以用于重传第三传输帧的出错部分。

需要说明的是，本申请中，以该场景下第二链路上的 TXOP 内的传输未发生错误，即第二链路上的 TXOP 内的传输为正常传输为例进行说明。

该场景下，第二链路上的参考传输帧的结束时间与第三传输帧的结束时间相同。可选的，该参考传输帧的开始时间与第三传输帧的开始时间相同。其中，参考传输帧是在第二传输帧之前传输的，距离第二传输帧最近的，与第二传输帧的类型相同的传输帧。即第二传输帧为第二链路上的参考传输帧之后的第一个，与该参考传输帧的类型相同的传输帧，该参考传输帧的结束时刻与第三传输帧的结束时刻相同。

可选的，该场景下，第一链路上的退避流程可以是第三传输帧传输失败触发的，即第三传输帧传输失败为第一链路上的退避流程的触发条件。也就是说，发送端 MLD 确定第三传输帧传输失败，之后，执行第一链路上的退避流程，最终，在满足第一条件时，执行上述步骤 S402。

可选的，在传输帧为 PPDU 时，发送端 MLD 确定第三 PPDU（即第三传输帧）传输失败可以包括：在从第三 PPDU 的结束时刻（PHY-TXEnd）开始的确认超时（ACKTimeOut）时间内，或从发送端 MLD 发送第三 PPDU 的发送结束时刻（PHY-TXEnd）开始的 ACKTimeOut 时间内，若发送端 MLD 未收到第三 PPDU 的响应帧，或者，发送端 MLD 未收到第三 PPDU

的响应帧的 PHY-RXSTART.indication, 则发送端 MLD 确定第三 PPDU 传输失败。其中, ACKTimeOut 时间包括一个 SIFS、一个时隙 (SlotTime) 以及一个发送时延 (RxPHYStartDelay)。

在传输帧为上行触发帧时, 发送端 MLD 确定第三上行触发帧 (即第三传输帧) 传输失败可以包括: 在从第三上行触发帧的结束时刻 (PHY-TXEnd) 开始的 ACKTimeOut 时间内, 或从发送端 MLD 发送第三 PPDU 的发送结束时刻 (PHY-TXEnd) 开始的 ACKTimeOut 时间内, 若发送端 MLD 未收到第三上行触发帧对应的 TB PPDU, 或者, 发送端 MLD 未收到第三上行触发帧对应的 TB PPDU 的 PHY-RXSTART.indication, 则发送端 MLD 确定第三上行触发帧传输失败。

可选的, 第三传输帧传输失败可以包括第三传输帧的部分或全部内容传输失败。第一传输帧用于重传第三传输帧的出错部分, 可以包括: 第一传输帧包括第三传输帧的出错部分; 或者, 第一传输帧包括第三传输帧的出错部分以及部分或全部未出错部分, 即第一传输帧可以重传整个第三传输帧。

该方案中, 在第三传输帧传输失败的场景下, 第一传输帧用于重传第三传输帧的出错部分, 发送端 MLD 在第一链路上发送第一传输帧可以理解为第一链路上的错误恢复, 从而, 基于该方案, 可以实现错误恢复时的多链路同步发送。

下面对第三传输帧传输失败的场景下的第一时刻进行详细说明。在本申请实施例的不同实施场景下, 根据第二时刻和/或第三时刻确定的第一时刻可能不同。

首先, 用 PPDU 示意传输帧, 对本申请的方案进行说明。此时, 第一传输帧为第一 PPDU, 第二传输帧为第二 PPDU, 第三传输帧为第三 PPDU, 第四传输帧为第四 PPDU。根据第二时刻和/或第三时刻确定的第一时刻可能存在如下两种情况:

情况一、第二时刻早于第三时刻。

该情况下, 若第一链路在第二时刻至第三时刻之间空闲, 则第一时刻为该第三时刻, 即第一时刻为第二链路上的第二 PPDU 的发送时刻。

可选的, 若第一链路的退避计数器减为 0 的时刻, 早于第二链路上的第二 PPDU 的开始时刻, 发送端 MLD 在第一链路上不接入信道, 而是持续监测第一链路的状态直至第二 PPDU 的开始时刻到达, 若在持续监测的时间段内第一链路一直空闲, 则在第一链路上接入信道, 并在第二 PPDU 的开始时刻通过第一链路由接收端 MLD 发送第一 PPDU。

需要说明的是, 本申请中链路的状态可以理解为该链路上一个或多个信道的状态, 在此统一说明, 下述实施例不再赘述。

也就是说, 若第一链路的退避计数器减为 0 的时刻早于第二链路上的第二 PPDU 的发送时刻, 且第一链路在该退避计数器减为 0 的时刻与第二 PPDU 的发送时刻之间空闲, 则第一 PPDU 的发送时刻与第二 PPDU 的发送时刻相同, 或者说, 第一 PPDU 的开始时间与第二 PPDU 的开始时间对齐。当然, 第一 PPDU 的结束时间与第二 PPDU 的结束时间也对齐。

可选的, 发送端 MLD 监测链路是否空闲的方式可以为空闲信道评估 (clear channel assessment, CCA) 或能量检测 (energy detection, ED)。当然, 也可以有其他方式, 本申请对此不做具体限定。

可选的, 传输帧为 PPDU 的情况下, 开始退避的时刻可以早于第二 PPDU 的开始时刻, 也可以晚于第二 PPDU 的开始时刻。此外, 开始退避的时刻不同时, 退避计数器的初始值可以相同也可以不同, 本申请对此不做具体限定。该方案也可以适用于下述情况二。

示例性的, 以第一链路为链路 1, 第二链路为链路 2, 发送端 MLD 为 AP, 接收端 MLD 为 STA, 开始退避的时刻早于第二 PPDU 的开始时刻, 退避计数器的初始值为 3 为例, 如图

5a 所示, 第三 PPDU 为 PPDU11, BA11 为 PPDU11 的响应帧; 第一 PPDU 为 PPDU11', BA11' 为 PPDU11' 的响应帧; 第二 PPDU 为 PPDU22, BA22 为 PPDU22 的响应帧; BA21 为 PPDU21 的响应帧。

该示例中, PPDU11 传输失败后, 发送端 MLD 执行第一链路上的退避流程, 在 t2 (即第二时刻) 退避计数器减为 0, 此时, PPDU22 的发送时刻 t3 (即第三时刻) 还未到达, 因此, 发送端 MLD 持续监测第一链路的状态, 若在 t2 至 t3 之间第一链路空闲, 则在 t3 发送 PPDU11'。其中 t3 即为第一时刻, 第一时刻可以表示为 t1。

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。

可选的, 该情况下, 若第一链路的状态在第二时刻至第三时刻之间的某个时刻变为繁忙 (busy), 则发送端 MLD 在第一链路上触发新的退避流程, 该新的退避流程的退避计数器减为 0 后, 可以继续执行本申请的方法直至第一 PPDU 可以与第二链路上的 PPDU 对齐, 或者说直至第一链路和第二链路同步。

示例性的, 如图 5b 所示, 在 t2 由 PPDU11 传输失败触发的退避流程的退避计数器减为 0, t2 和 t3 之间, 第一链路的状态变为繁忙, 则发送端 MLD 在 t0 触发第一链路上新的退避流程, 后续继续可以执行申请的方法。

可选的, 该情况一中, 发送端 MLD 可以为 STR MLD 或 non-STR MLD, 相应的, 接收端 MLD 可以为 non-STR MLD 或 STR MLD。

情况二、第二时刻晚于第三时刻, 且早于第四时刻, 其中, 第四时刻为第二 PPDU 的结束时刻。

该情况下, 发送端 MLD 为 STR MLD 和发送端 MLD 为 non-STR MLD 时, 有不同的实现方式。

一种可能的实现方式中, 发送端 MLD 为 STR MLD, 即发送端 MLD 具备 STR 能力。

此时, 第一时刻有两种可能:

第一种可能的情况下, 第一时刻为第二时刻, 即第一时刻为第一链路的退避计数器减为 0 的时刻。

可选的, 若第一链路的退避计数器在第二 PPDU 的发送时刻未减为 0, 则继续回退。若该退避计数器减为 0 的时刻早于第二 PPDU 的结束时刻, 则发送端 MLD 在该退避计数器减为 0 的时刻发送第一 PPDU。其中, 第一 PPDU 的结束时间与第二 PPDU 的结束时间对齐。

也就是说, 若第一链路的退避计数器减为 0 的时刻晚于第二链路上的第二 PPDU 的发送时刻, 且早于第二 PPDU 的结束时刻, 则第一 PPDU 的发送时刻为第一链路的退避计数器减为 0 的时刻, 第一 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, 发送端 MLD 为 AP, 接收端 MLD 为 STA, 开始退避的时刻早于第二 PPDU 的开始时刻, 退避计数器的初始值为 7 为例, 如图 6a 所示, 第三 PPDU 为 PPDU11, BA11 为 PPDU11 的响应帧; 第一 PPDU 为 PPDU11', BA11' 为 PPDU11' 的响应帧; 第二 PPDU 为 PPDU22, BA22 为 PPDU22 的响应帧; BA21 为 PPDU21 的响应帧。

该示例中, PPDU11 传输失败后, 发送端 MLD 执行第一链路上的退避流程, 在 t2 (即第二时刻) 退避计数器减为 0, 此时, PPDU22 的发送时刻 t3 (即第三时刻) 已经到达, PPDU22 的结束时刻 t4 (即第四时刻) 还未到达, 从而, 发送端 MLD 在 t2 发送 PPDU11'。

或者, 如图 6b 所示, 开始退避的时刻可以晚于第二 PPDU 的开始时刻。其中, 退避计数

器的初始值为 2, 其他说明可参考图 6a 的相关描述, 在此不再赘述。

可选的, 在第二时刻与第四时刻之间的时长大于或等于第一时长时, 第一时刻可以为第二时刻。也就是说, 第二时刻晚于第三时刻, 早于第四时刻, 且第二时刻与第四时刻之间的时长大于或等于第一时长时, 第一时刻为第二时刻。该第一时长可以是协议预定义的, 或发送端 MLD 自主决策的, 本申请实施例对此不做具体限定。基于该方案, 可以避免第二时刻与第四时刻之间的时长太短而无法使得第一 PPDU 的结束时间与第二 PPDU 的结束时间对齐的问题。

第二种可能的情况下, 第一时刻为第二链路上的第四 PPDU 的发送时刻, 该第四 PPDU 为第二 PPDU 之后的第一个与第二 PPDU 的类型相同的 PPDU。

可选的, 第四 PPDU 为第二 PPDU 之后的第一个 PPDU, 或者说, 第四 PPDU 为第二 PPDU 的下一个 PPDU。

可选的, 若第一链路的退避计数器在第二 PPDU 的发送时刻未减为 0, 则继续回退。若该退避计数器减为 0 的时刻早于第二 PPDU 的结束时刻, 则发送端 MLD 不在第一链路上接入信道, 而是持续监测第一链路的状态直至第四 PPDU 的发送时刻到达, 若在持续监测的时间段内第一链路一直空闲, 则在第四 PPDU 的开始时刻通过第一链路向接收端 MLD 发送第一 PPDU。

也就是说, 若第一链路的退避计数器减为 0 的时刻晚于第二链路上的第二 PPDU 的发送时刻, 早于第二 PPDU 的结束时刻, 且第一链路在该退避计数器减为 0 的时刻与第四 PPDU 的发送时刻之间空闲, 则第一 PPDU 的发送时刻与第四 PPDU 的发送时刻相同, 或者说, 第一 PPDU 的开始时间与第四 PPDU 的开始时间对齐。当然, 第一 PPDU 的结束时间与第四 PPDU 的结束时间也对齐。

或者, 在发送端为 STR MLD 时, 第一时刻可以不早于第二 PPDU 的响应帧的实际结束时刻。进一步地, 第一时刻可以不晚于第四 PPDU 的发送时刻, 即第一时刻可以位于第二 PPDU 的响应帧的实际结束时刻与第四 PPDU 的发送时刻之间。

示例性的, 以第一链路为链路 1, 第二链路为链路 2, 发送端 MLD 为 AP, 接收端 MLD 为 STA, 开始退避的时刻早于第二 PPDU 的开始时刻, 退避计数器的初始值为 7 为例, 如图 6c 所示, 第三 PPDU 为 PPDU11, BA11 为 PPDU11 的响应帧; 第一 PPDU 为 PPDU11', BA11' 为 PPDU11' 的响应帧; 第二 PPDU 为 PPDU22, BA22 为 PPDU22 的响应帧; BA21 为 PPDU21 的响应帧; 第四 PPDU 为 PPDU23, BA23 为 PPDU23 的响应帧。

该示例中, PPDU11 传输失败后, 发送端 MLD 执行第一链路上的退避流程, 在 t_2 (即第二时刻) 退避计数器减为 0, 此时, PPDU22 的发送时刻 t_3 (即第三时刻) 已经到达, PPDU22 的结束时刻 t_4 (即第四时刻) 还未到达, 此时, 发送端 MLD 在 t_2 至 PPDU23 的开始时刻 (记为 t_5) 持续监测第一链路的状态, 若该段时间内第一链路一直空闲, 则在 t_5 发送 PPDU11'。

或者, 如图 6d 所示, 开始退避的时刻可以晚于第二 PPDU 的开始时刻。其中, 退避计数器的初始值为 3, 其他说明可参考图 6c 的相关描述, 在此不再赘述。

可选的, 在第二时刻与第四时刻之间的时长小于或等于第二时长时, 第一时刻可以为第四 PPDU 的开始时刻。也就是说, 第二时刻晚于第三时刻, 早于第四时刻, 且第二时刻与第四时刻之间的时长小于或等于第二时长时, 第一时刻为第四 PPDU 的开始时刻。该第二时长与第一时长可以相等也可以不等, 本申请实施例对此不做具体限定。基于该方案, 可以避免第二时刻与第四时刻之间的时长太短而无法使得第一 PPDU 的结束时间与第二 PPDU 的结束时间对齐的问题。

另一种可能的实现方式中, 发送端 MLD 为 non-STR MLD, 即发送端 MLD 不具备 STR 能力。

此时, 第一时刻为第二链路上的第四 PPDU 的发送时刻, 该第四 PPDU 为第二 PPDU 之后的 PPDU。详细说明可参考上述图 6b 相关的描述, 在此不再赘述。

需要说明的是, 在该可能的实现方式中, 无论第一链路的退避计数器减为 0 的时刻与第二 PPDU 的结束时刻之间的时长为多少, 第一时刻均为第四 PPDU 的发送时刻。从而可以使得第一 PPDU 的开始时间与第二链路上的 PPDU 的开始时间对齐, 当然, 第一 PPDU 的结束时间与第二链路上的该 PPDU 的结束时间也对齐。

情况三、第二时刻晚于第四时刻, 且早于第五时刻。其中, 第四时刻为第二 PPDU 的结束时刻, 第五时刻为第二链路上的第四 PPDU 的发送时刻, 第四 PPDU 为第二 PPDU 之后的第一个与第二 PPDU 的类型相同的 PPDU。

该情况下, 第一时刻为该第五时刻。

示例性的, 以第一链路为链路 1, 第二链路为链路 2, 发送端 MLD 为 AP, 接收端 MLD 为 STA, 开始退避的时刻早于第二 PPDU 的开始时刻, 退避计数器的初始值为 9 为例, 如图 6e 所示, 第三 PPDU 为 PPDU11, BA11 为 PPDU11 的响应帧; 第一 PPDU 为 PPDU11', BA11' 为 PPDU11' 的响应帧; 第二 PPDU 为 PPDU22, BA22 为 PPDU22 的响应帧; BA21 为 PPDU21 的响应帧; 第四 PPDU 为 PPDU23, BA23 为 PPDU23 的响应帧。

该示例中, PPDU11 传输失败后, 发送端 MLD 执行第一链路上的退避流程, 在 t2 (即第二时刻) 退避计数器减为 0, 此时, PPDU22 的结束时刻 t4 (即第四时刻) 已经到达, PPDU23 的开始时刻 (记为 t5) 还未到达, 此时, 发送端 MLD 在 t2 至 PPDU23 的开始时刻持续监测第一链路的状态, 若该段时间内第一链路一直空闲, 则在 t5 发送 PPDU11'。

需要说明的是, 上述各种情况可以适用于上行传输, 也可以适用于下行传输。

下面, 以传输帧为上行触发帧, 对本申请的方案进行说明。此时, 第一传输帧为第一上行触发帧, 第二传输帧为第二上行触发帧, 第三传输帧为第三上行触发帧, 第四传输帧为第四上行触发帧。根据第二时刻和/或第三时刻确定的第一时刻可能存在如下三种情况:

情况一、第二时刻早于第三时刻。

该情况下, 若第一链路在第二时刻至第三时刻之间空闲, 则第一时刻为该第三时刻, 即第一时刻为第二链路上的第二上行触发帧的发送时刻。详细实现类似于传输帧为 PPDU 时的情况一, 区别在于此时传输帧为上行触发帧, 即将 PPDU 换为上行触发帧进行理解, 可参考前述情况一中的相关描述, 在此不再赘述。

可选的, 传输帧为上行触发帧的情况下, 开始退避的时刻可以早于第三上行触发帧对应的 TB PPDU 的预计结束时刻, 也可以晚于第三上行触发帧对应的 TB PPDU 的预计结束时刻。此外, 开始退避的时刻不同时, 退避计数器的初始值可以相同也可以不同, 本申请对此不做具体限定。该方案也可以适用于下述情况二和情况三。

可以理解的是, 第三上行触发帧对应的 TB PPDU 的预计结束时刻可以指假如第三上行触发帧正常传输时, 与发送端 MLD 收到该 TB PPDU 的时刻间隔该 TB PPDU 的长度的时刻, 或者说, 第三上行触发帧对应的 TB PPDU 的预计结束时刻与第三上行触发帧的结束时刻之间的间隔为 SIFS 与该 TB PPDU 的长度之和。示例性的, 以第一链路为链路 1, 第二链路为链路 2, 发送端 MLD 为 AP, 接收端 MLD 为 STA, 开始退避的时刻早于第三上行传输帧对应的 TB PPDU 的预计结束时刻, 退避计数器的初始值为 3 为例, 如图 7a 所示, 第三上行触发帧为 Trigger11, TB PPDU11 为 Trigger11 对应的 TB PPDU; 第一上行触发帧为 Trigger11',

TB PPDU11'为 Trigger11'对应的 TB PPDU; 第二上行触发帧为 Trigger22, TB PPDU22 为 Trigger22 对应的 TB PPDU。

该示例中, Trigger11 传输失败后, 发送端 MLD 执行第一链路上的退避流程, 在 t_2 (即第二时刻) 退避计数器减为 0, 此时, PPDU22 的发送时刻 t_3 (即第三时刻) 还未到达, 因此, 发送端 MLD 持续监测第一链路的状态, 若在 t_2 至 t_3 之间第一链路空闲, 则在 t_3 发送 Trigger11'。其中 t_3 即为第一时刻, 第一时刻可以表示为 t_1 。

或者, 如图 7b 所示, 开始退避的时刻可以晚于第三上行传输帧对应的 TB PPDU 的预计结束时刻。其中, 退避计数器的初始值为 2, 其他说明可参考图 7a 的相关描述, 在此不再赘述。

情况二、第二时刻晚于第三时刻, 且早于第四时刻。其中, 第四时刻为第二 PPDU 的结束时刻。

该情况下, 发送端 MLD 为 STR MLD 和发送端 MLD 为 non-STR MLD 时, 有不同的实现方式。

一种可能的实现方式中, 发送端 MLD 为 STR MLD, 即发送端 MLD 具备 STR 能力。

此时, 第一时刻有两种可能:

第一种可能的情况下, 第一时刻为第二时刻, 即第一时刻为第一链路的退避计数器减为 0 的时刻。详细实现类似于传输帧为 PPDU 时的情况二中的第一种可能的情况, 区别在于此时传输帧为上行触发帧, 即将 PPDU 换为上行触发帧进行理解, 可参考前述情况二中的相关描述, 在此不再赘述。

示例性的, 以第一链路为链路 1, 第二链路为链路 2, 发送端 MLD 为 AP, 接收端 MLD 为 STA, 开始退避的时刻早于第三上行传输帧对应的 TB PPDU 的预计结束时刻, 退避计数器的初始值为 10 为例, 如图 8a 所示, 第三上行触发帧为 Trigger11, TB PPDU11 为 Trigger11 对应的 TB PPDU; 第一上行触发帧为 Trigger11', TB PPDU11' 为 Trigger11' 对应的 TB PPDU; 第二上行触发帧为 Trigger22, TB PPDU22 为 Trigger22 对应的 TB PPDU。

该示例中, Trigger11 传输失败后, 发送端 MLD 执行第一链路上的退避流程, 在 t_2 (即第二时刻) 退避计数器减为 0, 此时, Trigger22 的发送时刻 t_3 (即第三时刻) 已经到达, Trigger22 的结束时刻 t_4 (即第四时刻) 还未到达, 从而, 发送端 MLD 在 t_2 发送 Trigger11'。

或者, 如图 8b 所示, 开始退避的时刻可以晚于第三上行传输帧对应的 TB PPDU 的预计结束时刻。其中, 退避计数器的初始值为 5, 其他说明可参考图 8a 的相关描述, 在此不再赘述。

第二种可能的情况下, 第一时刻为第二链路上的第四上行触发帧的发送时刻, 该第四上行触发帧为第二上行触发帧之后的上行触发帧。可选的, 第四上行触发帧为第二上行触发帧之后的第一个上行触发帧。

其中, 详细实现类似于传输帧为 PPDU 时的情况二中的第二种可能的情况, 区别在于此时传输帧为上行触发帧, 即将 PPDU 换为上行触发帧进行理解, 可参考前述情况二中的相关描述, 在此不再赘述。

示例性的, 以第一链路为链路 1, 第二链路为链路 2, 发送端 MLD 为 AP, 接收端 MLD 为 STA, 开始退避的时刻早于第三上行传输帧对应的 TB PPDU 的预计结束时刻, 退避计数器的初始值为 14 为例, 如图 8c 所示, 第三上行触发帧为 Trigger11, TB PPDU11 为 Trigger11 对应的 TB PPDU; 第一上行触发帧为 Trigger11', TB PPDU11' 为 Trigger11' 对应的 TB PPDU; 第二上行触发帧为 Trigger22, TB PPDU22 为 Trigger22 对应的 TB PPDU; 第四上行触发帧为

Trigger23, TB PPDU23 为 Trigger23 对应的 TB PPDU。

该示例中, Trigger11 传输失败后, 发送端 MLD 执行第一链路上的退避流程, 在 t_2 (即第二时刻) 退避计数器减为 0, 此时, Trigger22 的发送时刻 t_3 (即第三时刻) 已经到达, Trigger22 的结束时刻 t_4 (即第四时刻) 还未到达, 此时, 发送端 MLD 在 t_2 至 Trigger23 的开始时刻 (记为 t_5) 持续监测第一链路的状态, 若该段时间内第一链路一直空闲, 则在 t_5 发送 Trigger11'。

或者, 如图 8d 所示, 开始退避的时刻可以晚于第三上行传输帧对应的 TB PPDU 的预计结束时刻。其中, 退避计数器的初始值为 8, 其他说明可参考图 8c 的相关描述, 在此不再赘述。

情况三、第二时刻晚于第四时刻, 且早于第五时刻。

该情况下, 第一时刻为该第五时刻。其中, 第四时刻为第二上行触发帧的结束时刻, 第五时刻为第二链路上的第四上行触发帧的发送时刻, 第四上行触发帧为第二上行触发帧之后的上行触发帧。

可选的, 第四上行触发帧为第二上行触发帧之后的第一个上行触发帧, 或者说, 第四上行触发帧为第二上行触发帧的下一个上行触发帧。

可选的, 若第一链路的退避计数器在第二上行触发帧的结束时刻未减为 0, 则继续回退。若该退避计数器减为 0 的时刻早于第四上行触发帧的开始时刻, 则发送端 MLD 不在第一链路上接入信道, 而是持续监测第一链路的状态直至第四上行触发帧的发送时刻到达, 若在持续监测的时间段内第一链路一直空闲, 则在第四上行触发帧的开始时刻通过第一链路向接收端 MLD 发送第一上行触发帧。

也就是说, 第一链路的退避计数器在第二上行触发帧的结束时刻之后, 第四上行触发帧的发送时刻之前减为 0, 且第一链路在该退避计数器减为 0 的时刻与第四上行触发帧的发送时刻之间空闲。则第一上行触发帧的发送时刻与第四上行触发帧的发送时刻相同, 或者说, 第一上行触发帧的开始时间与第四上行触发帧的开始时间对齐。当然, 第一上行触发帧的结束时间与第四上行触发帧的结束时间也对齐。

或者, 在发送端为 STR MLD 时, 第一时刻可以不早于第二上行触发帧的响应帧 (例如 BA) 的实际结束时刻。进一步地, 第一时刻不晚于第四上行触发帧的发送时刻, 即第一时刻可以位于第二上行触发帧的响应帧的实际结束时刻与第四上行触发帧的发送时刻之间。

示例性的, 以第一链路为链路 1, 第二链路为链路 2, 发送端 MLD 为 AP, 接收端 MLD 为 STA, 开始退避的时刻早于第三上行传输帧对应的 TB PPDU 的预计结束时刻, 退避计数器的初始值为 18 为例, 如图 9a 所示, 第三上行触发帧为 Trigger11, TB PPDU11 为 Trigger11 对应的 PPDU; 第一上行触发帧为 Trigger11', TB PPDU11' 为 Trigger11' 对应的 PPDU; 第二上行触发帧为 Trigger22, TB PPDU22 为 Trigger22 对应的 PPDU; 第四上行触发帧为 Trigger23, TB PPDU23 为 Trigger23 对应的 PPDU。

该示例中, Trigger11 传输失败后, 发送端 MLD 执行第一链路上的退避流程, 在 t_2 (即第二时刻) 退避计数器减为 0, 此时, Trigger22 的发送时刻 t_3 (即第三时刻) 和 Trigger 的结束时刻 t_4 已经到达, Trigger23 的开始时刻 t_5 (即第五时刻) 还未到达, 若在 t_2 至 t_5 之间第一链路空闲, 则发送端 MLD 在 t_5 发送 Trigger11'。

或者, 如图 9b 所示, 开始退避的时刻可以晚于第三上行传输帧对应的 TB PPDU 的预计结束时刻。其中, 退避计数器的初始值为 8, 其他说明可参考图 9a 的相关描述, 在此不再赘述。

以上, 为传输帧为上行传输帧时, 第一时刻的各种可能情况。

此外,本申请还提供一种 PPDU 出错和 BA 出错场景下的多链路同步发送方法。下面以发送端 MLD 和接收端 MLD 之间的链路包括第一链路和第二链路为例进行介绍。

对于 PPDU 出错:

该方法中,在第一链路上的第三 PPDU 传输失败后,发送端 MLD 可以进行 PIFS 恢复,若该 PIFS 恢复的结束时刻早于第二链路上第二 PPDU 的发送时刻,且在 PIFS 恢复的结束时刻至第二 PPDU 的发送时刻之间第一链路空闲,则发送端 MLD 在第一链路上发送第一 PPDU 的时刻与第二 PPDU 的发送时刻相同。其中,第一 PPDU 用于重传第三 PPDU 的出错部分。

可选的,该方案中,可以是第三 PPDU 传输结束后立即进行 PIFS 恢复,即 PIFS 恢复的开始时刻可以是第三 PPDU 的结束开始时刻;或者,可以是第三 PPDU 传输失败后间隔一段时间后进行 PIFS 恢复,即 PIFS 恢复的开始时刻可以晚于第三 PPDU 的响应帧的预计开始时刻。

可以理解的,第三 PPDU 的响应帧的预计开始时刻可以指假如第三 PPDU 正常传输时,发送端 MLD 收到第三 PPDU 的响应帧的时刻,或者说,第三 PPDU 的响应帧的预计开始时刻与第三 PPDU 的结束时刻之间的间隔为 SIFS。

示例性的,以第一链路为链路 1,第二链路为链路 2,发送端 MLD 为 AP,接收端 MLD 为 STA,PIFS 恢复的开始时刻晚于第三 PPDU 的响应帧的预计开始时刻为例,如图 10a 所示,第三 PPDU 为 PPDU11,BA11 为 PPDU11 的响应帧;第一 PPDU 为 PPDU11',BA11'为 PPDU11'的响应帧;第二 PPDU 为 PPDU22,BA22 为 PPDU22 的响应帧;BA21 为 PPDU21 的响应帧。

该示例中,PPDU11 传输失败后,发送端 MLD 执行第一链路上的 PIFS 恢复,该 PIFS 恢复的结束时刻 t_6 早于 PPDU22 的发送时刻,此时,PIFS 恢复完成后(t_6)发送端 MLD 不立即在链路 1 上接入信道,而是等待链路 2 上的 PPDU22 的发送时刻到达,若在 t_6 至 PPDU22 的发送时刻之间链路 1 空闲,则发送端 MLD 在 PPDU22 的发送时刻发送 PPDU11',即 PPDU11'的开始时间与 PPDU22 的开始时间相同,当然,二者的结束时间也相同。

或者,示例性的,以 PIFS 恢复的开始时刻为第三 PPDU 的结束时刻为例,该方案的示例图可以如图 10b 所示,其中, t_7 为 PIFS 恢复的开始时刻,即第三 PPDU 的结束时刻,其他说明可参考图 10a 的相关描述,在此不再赘述。

可选的,若 PIFS 恢复的结束时刻至第二 PPDU 的发送时刻之间第一链路的状态变为繁忙,则发送端 MLD 在第一链路空闲后可以触发一个退避流程,后续可以采用上述图 4 至图 6b 提供的方法进行多链路上的发送同步,可参考上述说明,在此不再赘述。

示例性的,如图 10c 或图 10d 所示,在 t_6 之后的某个时刻 t_8 第一链路的状态变为繁忙,则发送端 MLD 在第一链路空闲后触发退避流程,后续可以采用上述图 4 至图 6b 提供的方法进行多链路上的发送同步。

基于该方案,在第一链路上的第三 PPDU 出错的情况下,发送端 MLD 可以进行 PIFS 恢复,在 PIFS 恢复结束后等待第二链路上的第二 PPDU 的发送时刻到达,若在等到过程中第一链路空闲,则在第二 PPDU 的开始时刻发送第一 PPDU,实现第一链路和第二链路上的同步发送,以降低多链路之间的干扰,提高传输性能。

对于 BA 出错,以第一链路上的 BA 出错,第二链路上正常传输为例,如图 11 所示,该方法可以包括如下步骤:

S1101、发送端 MLD 确定第一条件满足。

S1102、发送端 MLD 在第一时刻通过第一链路向接收端 MLD 发送第一 PPDU。

其中,第一条件包括:

(1)、第一链路上的第二 PPDU 的响应帧接收失败;

(2)、第一时刻与第二时刻之间的间隔为 SIFS, 且第一时刻与第二时刻之间的能量检测结果小于或等于第一门限。

其中, 第二时刻与第二 PPDU 的响应帧的预计结束时刻之间间隔第三时长, 该第三时长可以为帧对齐误差, 例如 8 微秒 (μs)。或者说, 第二时刻为第二链路上的第三 PPDU 的响应帧的实际结束时刻, 该第三 PPDU 的响应帧的实际结束时刻与第二 PPDU 的响应帧的预计结束时刻之间的间隔为第三时长, 第三 PPDU 的结束时刻与第二 PPDU 的结束时刻相同。可以理解的是, 第二时刻不早于第二 PPDU 的响应帧的预计结束时刻。

可以理解的是, 第二 PPDU 的响应帧的预计结束时刻可以指假如第二 PPDU 正常传输时, 与发送端 MLD 收到该响应帧的时刻间隔该响应帧的长度的时刻, 或者说, 第二 PPDU 的响应帧的预计结束时刻与第二 PPDU 的结束时刻之间的间隔为 SIFS 与该响应帧的长度之和。

可选的, 第二 PPDU 的响应帧接收失败可以为: 接收到响应帧的 PHY-RXSTART.indication, 但未成功接收响应帧, 例如, 响应帧解码失败。

其中, 该第一 PPDU 用于重传第二 PPDU 的部分或全部信息。可选的, 第一 PPDU 最终用于重传第二 PPDU 的部分信息还是全部信息, 可以根据第二 PPDU 的响应帧的解码情况确定, 本申请对此不做具体限定。

也就是说, 本申请中, 第一链路上的第二 PPDU 的响应帧接收失败后, 发送端 MLD 在该响应帧的预计结束时刻开始的第三时长后的 SIFS 间隔内进行能量检测, 在能量检测结果小于或等于第一门限时, 发送第一 PPDU。

可选的, 发送端 MLD 在第一时刻与第二时刻之间可以进行一次或多次能量检测。进行一次能量检测时, 该次能量检测的结果小于或等于第一门限的情况下, 即可在第一时刻发送第一 PPDU; 进行多次能量检测时, 可以在该多次能量检测的结果均小于或等于第一门限的情况下, 在第一时刻发送第一 PPDU, 或者, 可以在该多次能量检测中的部分能量检测的结果小于或等于第一门限的情况下, 在第一时刻发送第一 PPDU, 该部分能量检测的数量可以大于一个阈值。

可选的, 该第一门限可以低于第二门限, 第二门限可以为 802.11ax 标准中的能量检测门限。例如, 第二门限可以为 20MHz 信道空间上的 -62dBm, 第一门限可以为 20MHz 信道空间上的 -72dBm, 即能量检测门限可以从 20MHz 信道空间上的 -62dBm 降低到 -72dBm。

基于该方案, 在第一链路上的第二 PPDU 的响应帧出错后, 发送端 MLD 可以在该响应帧的预计结束时刻开始进行第一链路的能量检测, 若在 SIFS 时间内, 能量检测结果小于或等于第一门限, 则认为链路空闲, 并在该响应帧的预计结束时刻后的 SIFS 时间发送第一 PPDU, 以重传第二 PPDU。由于正常情况下, 第二链路上相邻两帧之间的间隔为 SIFS, 第一链路上进行错误恢复后, 第二 PPDU 的响应帧与第一 PPDU 之间的间隔也为 SIFS, 从而可以对齐第一 PPDU 与第二链路上的 PPDU 的开始时间和结束时间, 实现多链路上的同步发送, 以降低多链路之间的干扰, 提高传输性能。

示例性的, 以第一链路为链路 1, 第二链路为链路 2, 发送端 MLD 为 AP, 接收端 MLD 为 STA, 响应帧为 BA 为例, 如图 12 所示, 第二 PPDU 为 PPDU11, BA11 为 PPDU11 的响应帧; 第一 PPDU 为 PPDU11', BA11' 为 PPDU11' 的响应帧。

需要说明的是, 图 12 中以 BA21 的实际结束时刻与 BA11 的预计结束时刻相同为例进行说明, 即第三时长为 0。当然, 该第三时长也可以不为 0。

该示例中, BA11 传输失败后, 发送端 MLD 从 BA21 的实际结束时刻 (t_2) 开始的 SIFS

时间内执行第一链路上的能量检测得到检测结果,若该检测结果小于或等于第一门限,则发送端 MLD 在 t_1 发送 PPDU11'。其中, t_1 与 BA11 的结束时刻之间的间隔为 SIFS。

以上,为本申请提供的 PPDU 出错和 BA 出错场景下的多链路同步发送方法。

另外,欧洲法规 301893 中限制了 TXOP 内相邻两帧之间的间隔 (Gap) 为 SIFS (16 μ s) 或 PIFS (25 μ s),若相邻两帧之间的间隔超过 25 μ s,则该法规称该间隔为 pause,且规定 pause 的长度应该大于 100 μ s。针对该法规的限制,本申请提出了以下几种 PIFS 恢复方法。

需要说明的是,下述实施例以发送端 MLD 和接收端 MLD 中的一个具备 STR 能力,另一个不具备 STR 能力,发送端 MLD 和接收端 MLD 之间的多条链路包括第一链路和第二链路,第一链路上发生 PPDU 出错,第二链路上的传输未出错为例进行说明。

一种可能的实现方式中,第一链路上的第一 PPDU 传输失败后,发送端 MLD 在第一时刻通过第一链路发送第二 PPDU。第二 PPDU 用于重传第一 PPDU 的出错部分。

其中,在第二链路上的第三 PPDU 的发送时刻与第一 PPDU 的结束时刻之间的间隔大于 100 μ s 时,第一时刻为第三 PPDU 的发送时刻。第三 PPDU 为第二链路上第四 PPDU 的下一个 PPDU,第四 PPDU 的结束时刻与第一 PPDU 的结束时刻相同。在第二链路上的第三 PPDU 的发送时刻与第一 PPDU 的结束时刻之间的间隔小于 100 μ s 时,第一时刻比第一 PPDU 的结束时刻晚 100 μ s,即第一时刻与第一 PPDU 的结束时刻之间的间隔为 100 μ s。

其中,第二 PPDU 与第三 PPDU 的结束时刻相同。

可选的,在第一 PPDU 的结束时刻与第一时刻之间,发送端 MLD 可以执行第一链路的 PIFS 恢复,该 PIFS 恢复的开始时间可以是第一 PPDU 的结束时刻,当然,也可以是其他时刻,本申请对此不做具体限定。

可选的,若 PIFS 恢复的结束时间早于第一时刻,发送端 MLD 可以在 PIFS 恢复的结束时间与第一时刻之间监测第一链路的状态,若该段时间内,第一链路空闲,则在第一时刻发送第二 PPDU。

示例性的,假设第一链路为链路 1,第二链路为链路 2,发送端 MLD 为 AP,接收端 MLD 为 STA,响应帧为 BA,第一 PPDU 为 PPDU11,BA11 为 PPDU11 的响应帧;第二 PPDU 为 PPDU11',BA11' 为 PPDU11' 的响应帧;第四 PPDU 为 PPDU21,BA21 为 PPDU21 的响应帧;第三 PPDU 为 PPDU22,BA22 为 PPDU22 的响应帧。

如图 13a 所示,PPDU22 的发送时刻与 PPDU11 的结束时刻之间的间隔大于 100 μ s,则 PPDU11' 的发送时刻与 PPDU22 的发送时刻相同。如图 13b 所示,PPDU22 的发送时刻与 PPDU11 的结束时刻之间的间隔小于 100 μ s,则 PPDU11' 的发送时刻比 PPDU11 的结束时刻晚 100 μ s。

可选的,该方式中,发送端 MLD 可以是 STR MLD,或 non-STR MLD,本申请对此不做具体限定。

基于该方案,可以使得第二 PPDU 的开始时刻与第一 PPDU 的结束时刻之间的间隔大于或等于 100 μ s,从而可以在错误恢复场景下实现多链路上的同步发送的同时满足欧洲法规 301893。

另一种可能的实现方式中,发送端 MLD 为 non-STR MLD,接收端 MLD 为 STR MLD,且第二链路上的第三 PPDU 的发送时刻与第一 PPDU 的结束时刻之间的间隔小于 100 μ s,第三 PPDU 为第二链路上第四 PPDU 的下一个 PPDU,第四 PPDU 的结束时刻与第一 PPDU 的结束时刻相同。

此时,第一链路上的第一 PPDU 传输失败后,发送端 MLD 在第一时刻通过第一链路发

送第二 PPDU。第二 PPDU 用于重传第一 PPDU 的出错部分。

其中，第一时刻为第二链路上的第五 PPDU 的发送时刻，该第五 PPDU 为第二链路上的第三 PPDU 的下一个 PPDU。

可选的，在第一 PPDU 的结束时刻与第一时刻之间，发送端 MLD 可以执行第一链路的 PIFS 恢复，该 PIFS 恢复的开始时间可以是第一 PPDU 的结束时刻；或者，该 PIFS 恢复的结束时刻可以为第五 PPDU 的发送时刻，当然，PIFS 恢复的开始时刻或结束时刻也可以是其他时刻，本申请对此不做具体限定。

可选的，若 PIFS 恢复的开始时间是第一 PPDU 的结束时刻，发送端 MLD 可以在 PIFS 恢复结束后等待第五 PPDU 的开始时刻到达，并在 PIFS 恢复的结束时刻与第五 PPDU 的开始时刻之间监测第一链路的状态，若该段时间内第一链路空闲，在第五 PPDU 的开始时刻发送第二 PPDU。

进一步，可选的，发送端 MLD 在 PIFS 恢复的结束时刻与第五 PPDU 的开始时刻之间监测第一链路的状态时，在第三 PPDU 的结束时刻与第五 PPDU 的开始时刻之间可以降低能量检测门限来检测第一链路的状态，以实现更严格的监测。

示例性的，假设第一链路为链路 1，第二链路为链路 2，发送端 MLD 为 AP，接收端 MLD 为 STA，响应帧为 BA，第一 PPDU 为 PPDU11，BA11 为 PPDU11 的响应帧；第二 PPDU 为 PPDU11'，BA11' 为 PPDU11' 的响应帧；第四 PPDU 为 PPDU21，BA21 为 PPDU21 的响应帧；第三 PPDU 为 PPDU22，BA22 为 PPDU22 的响应帧；第五 PPDU 为 PPDU23，BA23 为 PPDU23 的响应帧。

如图 14a 所示，PPDU22 的发送时刻与 PPDU11 的结束时刻之间的间隔小于 $100\mu\text{s}$ ，PIFS 恢复的开始时刻为 PPDU11 的结束时刻，发送端 MLD 在 PIFS 恢复结束后等待 PPDU23 的开始时刻到达，并监测第一链路的状态，且在 PPDU22 的结束时刻与 PPDU23 的开始时刻之间使用更低的能量检测门限监测第一链路的状态。

可选的，若 PIFS 恢复的结束时间为第五 PPDU 的开始时刻，发送端 MLD 在第一 PPDU 的结束时刻后等待第五 PPDU 的开始时刻到达，并在第一 PPDU 的结束时刻与第五 PPDU 的开始时刻之间监测第一链路的状态，若该段时间内第一链路空闲，在第五 PPDU 的开始时刻发送第二 PPDU。

进一步，可选的，发送端 MLD 在第一 PPDU 的结束时刻与第五 PPDU 的开始时刻之间监测第一链路的状态时，在第三 PPDU 的结束时刻与第五 PPDU 的开始时刻之间可以降低能量检测门限来检测第一链路的状态，以实现更严格的监测。

示例性的，假设第一链路为链路 1，第二链路为链路 2，发送端 MLD 为 AP，接收端 MLD 为 STA，响应帧为 BA，第一 PPDU 为 PPDU11，BA11 为 PPDU11 的响应帧；第二 PPDU 为 PPDU11'，BA11' 为 PPDU11' 的响应帧；第四 PPDU 为 PPDU21，BA21 为 PPDU21 的响应帧；第三 PPDU 为 PPDU22，BA22 为 PPDU22 的响应帧；第五 PPDU 为 PPDU23，BA23 为 PPDU23 的响应帧。

如图 14b 所示，PPDU22 的发送时刻与 PPDU11 的结束时刻之间的间隔小于 $100\mu\text{s}$ ，PIFS 恢复的结束时刻为 PPDU23 的结束时刻，发送端 MLD 在 PPDU11 的结束时刻后等待 PPDU23 的开始时刻到达，并监测第一链路的状态，且在 PPDU22 的结束时刻与 PPDU23 的开始时刻之间使用更低的能量检测门限监测第一链路的状态。

基于该方案，可以使得第二 PPDU 的开始时刻与第一 PPDU 的结束时刻之间的间隔大于 $100\mu\text{s}$ ，从而可以在错误恢复场景下实现多链路上的同步发送的同时满足欧洲法规 301893。

又一种可能的实现方式中,对于有 non-STR MLD 参与多链路通信的场景,PPDU 的响应帧的长度大于第一阈值。其中,该第一阈值大于或等于 $68\mu\text{s}$ 。

此时,第一链路上的第一 PPDU 传输失败后,发送端 MLD 在第一时刻通过第一链路发送第二 PPDU。第二 PPDU 用于重传第一 PPDU 的出错部分。

其中,第一时刻为第二链路上的第三 PPDU 的发送时刻,第三 PPDU 为第二链路上第四 PPDU 的下一个 PPDU,第四 PPDU 的结束时刻与第一 PPDU 的结束时刻相同。

基于该方案,第四 PPDU 的结束时刻与第一 PPDU 的结束时刻相同,且第三 PPDU 为第四 PPDU 的下一个 PPDU,第二链路上正常传输,因此,第三 PPDU 与第四 PPDU 之间的间隔为 2 个 SIFS 加上响应的长度。由于 2 个 SIFS 的长度为 $32\mu\text{s}$,响应帧的长度大于或等于 $68\mu\text{s}$,因此,第三 PPDU 的开始时刻与第四 PPDU 的结束时刻之间的间隔大于或等于 $100\mu\text{s}$ 。在第三 PPDU 的开始时刻发送第二 PPDU 时,第二 PPDU 的开始时刻与第一 PPDU 的结束时刻之间的间隔与第三 PPDU 的开始时刻与第四 PPDU 的结束时刻之间的间隔相等,也大于或等于 $100\mu\text{s}$,从而可以在错误恢复场景下实现多链路上的同步发送的同时满足欧洲法规 301893。

可选的,在第一 PPDU 的结束时刻与第一时刻之间,发送端 MLD 可以进行第一链路上的 PIFS 恢复,本申请对 PIFS 恢复的开始时间不做具体限定。

示例性的,假设第一链路为链路 1,第二链路为链路 2,发送端 MLD 为 AP,接收端 MLD 为 STA,响应帧为 BA,第一 PPDU 为 PPDU11,BA11 为 PPDU11 的响应帧;第二 PPDU 为 PPDU11',BA11' 为 PPDU11' 的响应帧;第四 PPDU 为 PPDU21,BA21 为 PPDU21 的响应帧;第三 PPDU 为 PPDU22,BA22 为 PPDU22 的响应帧。

如图 15 所示,BA 的长度大于或等于 $68\mu\text{s}$,从而 PPDU22 的开始时刻与 PPDU21 的结束时刻之间的间隔大于或等于 $100\mu\text{s}$,相应的,PPDU11' 的开始时刻与 PPDU11 的结束时刻之间的间隔大于或等于 $100\mu\text{s}$ 。

PPDU22 的发送时刻与 PPDU11 的结束时刻之间的间隔大于 $100\mu\text{s}$,则 PPDU11' 的发送时刻与 PPDU22 的发送时刻相同。如图 13b 所示,PPDU22 的发送时刻与 PPDU11 的结束时刻之间的间隔小于 $100\mu\text{s}$,则 PPDU11' 的发送时刻比 PPDU11 的结束时刻晚 $100\mu\text{s}$ 。

可选的,在响应帧为 BA 的情况下,在长度上可以通过填充(padding)或 BA 帧聚合使得 BA 的长度大于或等于第一阈值。

可选的,由于 ACK 的帧结构,使得 ACK 无法进行填充以使其长度大于或等于第一阈值,从而可以规定在有 non-STR MLD 参与多链路通信的场景下,不使用 ACK 作为响应帧。进一步地,可以规定 BA 可以作为包括单个 MPDU 的 PPDU 的响应帧,或者,可以规定不使用包含单个 MPDU 的 PPDU。

另一种可能的实现方式中,由于退避恢复机制中,用于重传 PPDU 的开始时刻与传输失败的 PPDU 的结束时刻之间的间隔可以大于或等于 $100\mu\text{s}$,从而在 non-STR MLD 作为发送端时,可以规定采用退避恢复而非 PIFS 恢复来进行错误恢复,以规避该欧洲法规 301893,进而实现错误恢复场景下多链路上的同步发送。

以上介绍了本申请实施例的多链路同步发送方法,以下介绍本申请实施例的发送端 MLD。

如图 16 所示,为本申请提供的一种发送端 MLD160,包括:

处理模块 1602,用于确定满足第一条件,该第一条件包括:

- (1)、第一链路的退避计数器为 0;
- (2)、第二传输帧位于第二链路上的传输机会 TXOP 内;

收发模块 1601,用于满足第一条件时,在第一时刻通过第一链路向接收端 MLD 发送第

一传输帧，第一时刻是根据第二时刻和/或第三时刻确定的，第二时刻为第一链路的退避计数器减为 0 的时刻，第三时刻为第二链路上的第二传输帧的发送时刻。

应理解，该发送端 MLD160 具有上述与退避相关的方法实施例中发送端 MLD 的任意功能，具体细节可参见上述方法，此处不再赘述。

以上介绍了本申请实施例的发送端 MLD160，以下介绍所述发送端 MLD160 可能的产品形态。应理解，但凡具备上述图 16 所述的发送端 MLD160 的特征的任何形态的产品，都落入本申请的保护范围。还应理解，以下介绍仅为举例，不限制本申请实施例的发送端 MLD160 的产品形态仅限于此。

作为一种可能的产品形态，本申请实施例所述的发送端 MLD160，可以由一般性的总线体系结构来实现。

所述发送端 MLD160，包括处理器和与所述处理器内部连接通信的收发器。

所述处理器，用于确定满足第一条件，该第一条件包括：

- (1)、第一链路的退避计数器为 0；
- (2)、第二传输帧位于第二链路上的传输机会 TXOP 内；

所述收发器，用于满足第一条件时，在第一时刻通过第一链路向接收端 MLD 发送第一传输帧，第一时刻是根据第二时刻和/或第三时刻确定的，第二时刻为第一链路的退避计数器减为 0 的时刻，第三时刻为第二链路上的第二传输帧的发送时刻。

可选地，所述发送端 MLD160 还可以包括存储器，所述存储器用于存储处理器执行的指令。

作为一种可能的产品形态，本申请实施例所述的发送端 MLD160，可以由通用处理器来实现。

实现所述发送端 MLD160 的通用处理器包括处理电路和与所述处理电路内部连接通信的输出接口。

所述处理电路，用于用于确定满足第一条件，该第一条件包括：

- (1)、第一链路的退避计数器为 0；
- (2)、第二传输帧位于第二链路上的传输机会 TXOP 内；

所述输出接口，用于满足第一条件时，在第一时刻通过第一链路向接收端 MLD 发送第一 PPDU，该第一 PPDU 用于重传第一链路上的第二 PPDU 的部分或全部信息。

可选地，该通用处理器还可以包括存储介质，所述存储介质用于存储处理电路执行的指令。

作为一种可能的产品形态，本申请实施例所述的发送端 MLD160，还可以使用下述来实现：一个或多个 FPGA（现场可编程门阵列）、PLD（可编程逻辑器件）、控制器、状态机、门逻辑、分立硬件部件、任何其它适合的电路、或者能够执行本申请通篇所描述的各种功能的电路的任意组合。

应理解，上述各种产品形态的发送端 MLD160，具有上述与退避相关的方法实施例中发送端 MLD 的任意功能，此处不再赘述。

此外，如图 17 所示，为本申请提供的另一种发送端 MLD170，包括：

处理模块 1702，用于确定满足第一条件，该第一条件包括：

- (1)、第二 PPDU 的响应帧接收失败；
- (2)、第一时刻与第二时刻之间的间隔为短帧间隔，且第一时刻与第二时刻之间的能量检测结果小于或等于第一门限，第二时刻与第二 PPDU 的响应帧的预计结束时刻之间间隔第

三时长；

收发模块 1701，用于满足第一条件时，在第一时刻通过第一链路向接收端 MLD 发送第一 PPDU，该第一 PPDU 用于重传第一链路上的第二 PPDU 的部分或全部信息。

应理解，该发送端 MLD170 具有上述响应帧出错的方法实施例中发送端 MLD 的任意功能，具体细节可参见上述方法，此处不再赘述。

以上介绍了本申请实施例的发送端 MLD170，以下介绍所述发送端 MLD170 可能的产品形态。应理解，但凡具备上述图 17 所述的发送端 MLD170 的特征的任何形态的产品，都落入本申请的保护范围。还应理解，以下介绍仅为举例，不限制本申请实施例的发送端 MLD170 的产品形态仅限于此。

作为一种可能的产品形态，本申请实施例所述的发送端 MLD170，可以由一般性的总线体系结构来实现。

所述发送端 MLD170，包括处理器和与所述处理器内部连接通信的收发器。

所述处理器，用于确定满足第一条件，该第一条件包括：

(1)、第二 PPDU 的响应帧接收失败；

(2)、第一时刻与第二时刻之间的间隔为短帧间隔，且第一时刻与第二时刻之间的能量检测结果小于或等于第一门限，第二时刻与第二 PPDU 的响应帧的预计结束时刻之间间隔第三时长；

所述收发器，用于满足第一条件时，在第一时刻通过第一链路向接收端 MLD 发送第一 PPDU，该第一 PPDU 用于重传第一链路上的第二 PPDU 的部分或全部信息。

可选地，所述发送端 MLD170 还可以包括存储器，所述存储器用于存储处理器执行的指令。

作为一种可能的产品形态，本申请实施例所述的发送端 MLD170，可以由通用处理器来实现。

实现所述发送端 MLD170 的通用处理器包括处理电路和与所述处理电路内部连接通信的输出接口。

所述处理电路，用于确定满足第一条件，该第一条件包括：

(1)、第二 PPDU 的响应帧接收失败；

(2)、第一时刻与第二时刻之间的间隔为短帧间隔，且第一时刻与第二时刻之间的能量检测结果小于或等于第一门限，第二时刻与第二 PPDU 的响应帧的预计结束时刻之间间隔第三时长；

所述输出接口，用于满足第一条件时，在第一时刻通过第一链路向接收端 MLD 发送第一 PPDU，该第一 PPDU 用于重传第一链路上的第二 PPDU 的部分或全部信息。

可选地，该通用处理器还可以包括存储介质，所述存储介质用于存储处理电路执行的指令。

作为一种可能的产品形态，本申请实施例所述的发送端 MLD170，还可以使用下述来实现：一个或多个 FPGA（现场可编程门阵列）、PLD（可编程逻辑器件）、控制器、状态机、门逻辑、分立硬件部件、任何其它适合的电路、或者能够执行本申请通篇所描述的各种功能的电路的任意组合。

应理解，上述各种产品形态的发送端 MLD170，具有上述响应帧出错的方法实施例中发送端 MLD 的任意功能，此处不再赘述。

本领域普通技术人员可以意识到，结合本文中所公开的实施例中描述的各方法步骤和单

元，能够以电子硬件、计算机软件或者二者的结合来实现，为了清楚地说明硬件和软件的可互换性，在上述说明中已经按照功能一般性地描述了各实施例的步骤及组成。这些功能究竟以硬件还是软件方式来执行，取决于技术方案的特定应用和设计约束条件。本领域普通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。

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

在本申请所提供的几个实施例中，应该理解到，所揭露的系统、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，所述单元的划分，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，例如多个单元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。另外，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或通信连接，也可以是电的，机械的或其它的形式连接。

所述作为分离部件说明的单元可以是或者也可以不是物理上分开的，作为单元显示的部件可以是或者也可以不是物理单元，即可以位于一个地方，或者也可以分布到多个网络单元上。可以根据实际的需要选择其中的部分或者全部单元来实现本申请实施例方案的目的。

另外，在本申请各个实施例中的各功能单元可以集成在一个处理单元中，也可以是各个单元单独物理存在，也可以是两个或两个以上单元集成在一个单元中。上述集成的单元既可以采用硬件的形式实现，也可以采用软件功能单元的形式实现。

所述集成的单元如果以软件功能单元的形式实现并作为独立的产品销售或使用时，可以存储在一个计算机可读取存储介质中。基于这样的理解，本申请的技术方案本质上或者说对现有技术做出贡献的部分，或者该技术方案的全部或部分可以以软件产品的形式体现出来，该计算机软件产品存储在一个存储介质中，包括若干指令用以使得一台计算机设备（可以是个人计算机，服务器，或者网络设备等）执行本申请各个实施例所述方法的全部或部分步骤。而前述的存储介质包括：U 盘、移动硬盘、只读存储器（read-only memory，ROM）、随机存取存储器（random access memory，RAM）、磁碟或者光盘等各种可以存储程序代码的介质。

以上所述，仅为本申请的具体实施方式，但本申请的保护范围并不局限于此，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，可轻易想到各种等效的修改或替换，这些修改或替换都应涵盖在本申请的保护范围之内。因此，本申请的保护范围应以权利要求的保护范围为准。

权利要求

1. 一种多链路同步发送方法, 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 和所述接收端 MLD 中的一个具备同时收发 STR 能力, 另一个不具备 STR 能力, 所述方法包括:

满足第一条件时, 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 发送第一传输帧, 所述第一时刻是根据第二时刻和/或第三时刻确定的, 所述第二时刻为所述第一链路的退避计数器减为 0 的时刻, 所述第三时刻为所述第二链路上的第二传输帧的发送时刻, 所述第一条件包括:

(1)、所述第一链路的退避计数器为 0;

(2)、所述第二传输帧位于所述第二链路上的传输机会 TXOP 内。

2. 根据权利要求 1 所述的方法, 其特征在于, 所述第一条件还包括: 所述第一链路上的第三传输帧传输失败, 所述第一传输帧用于重传所述第三传输帧的出错部分, 所述第二传输帧为所述第二链路上的参考传输帧之后的第一个与所述参考传输帧的类型相同的传输帧, 所述参考传输帧的结束时刻与所述第三传输帧的结束时刻相同。

3. 根据权利要求 2 所述的方法, 其特征在于, 若所述第二时刻早于所述第三时刻, 且所述第一链路在所述第二时刻至所述第三时刻之间空闲, 则所述第一时刻为所述第三时刻。

4. 根据权利要求 2 所述的方法, 其特征在于, 若所述第二时刻晚于所述第三时刻, 且早于第四时刻, 则所述第一时刻为所述第二时刻, 所述第四时刻为所述第二传输帧的结束时刻。

5. 根据权利要求 4 所述的方法, 其特征在于, 若所述第二时刻晚于所述第三时刻, 早于所述第四时刻, 且所述第二时刻与所述第四时刻之间的时长大于或等于第一时长, 则所述第一时刻为所述第二时刻。

6. 根据权利要求 2 所述的方法, 其特征在于, 若所述第二时刻晚于所述第三时刻, 且早于第四时刻, 则所述第一时刻为所述第二链路上的第四传输帧的发送时刻, 所述第四时刻为所述第二传输帧的结束时刻, 所述第四传输帧为所述第二传输帧之后的第一个与所述第二传输帧的类型相同的传输帧。

7. 根据权利要求 6 所述的方法, 其特征在于, 若所述第二时刻晚于所述第三时刻, 早于第四时刻, 且所述第二时刻与所述第四时刻之间的时长小于或等于第二时长, 则所述第一时刻为所述第二链路上的第四传输帧的发送时刻。

8. 根据权利要求 2 所述的方法, 其特征在于, 所述第一传输帧为上行触发帧, 所述第三传输帧为上行触发帧。

9. 根据权利要求 8 所述的方法, 其特征在于, 所述第二传输帧为上行触发帧时, 若所述第二时刻晚于第四时刻, 且早于第五时刻, 则所述第一时刻为所述第五时刻, 所述第四时刻为所述第二传输帧的结束时刻, 所述第五时刻为所述第二链路上的第四传输帧的发送时刻, 所述第四传输帧为所述第二传输帧之后的第一个上行触发帧。

10. 一种发送端多链路设备 MLD, 其特征在于, 所述发送端多链路设备 MLD 与接收端 MLD 之间的链路包括第一链路和第二链路, 所述发送端多链路设备 MLD 包括:

处理模块, 用于确定满足第一条件, 所述第一条件包括:

(1)、所述第一链路的退避计数器为 0;

(2)、第二传输帧位于所述第二链路上的传输机会 TXOP 内;

收发模块, 用于满足所述第一条件时, 在第一时刻通过所述第一链路向所述接收端 MLD 发送第一传输帧, 所述第一时刻是根据第二时刻和/或第三时刻确定的, 所述第二时刻为所述

第一链路的退避计数器减为 0 的时刻, 所述第三时刻为所述第二链路上的所述第二传输帧的发送时刻。

11. 根据权利要求 10 所述的发送端多链路设备 MLD, 其特征在于, 所述第一条件还包括: 所述第一链路上的第三传输帧传输失败, 所述第一传输帧用于重传所述第三传输帧的出错部分, 所述第二传输帧为所述第二链路上的参考传输帧之后的第一个与所述参考传输帧的类型相同的传输帧, 所述参考传输帧的结束时刻与所述第三传输帧的结束时刻相同。

12. 根据权利要求 11 所述的发送端多链路设备 MLD, 其特征在于, 若所述第二时刻早于所述第三时刻, 且所述第一链路在所述第二时刻至所述第三时刻之间空闲, 则所述第一时刻为所述第三时刻。

13. 根据权利要求 11 所述的发送端多链路设备 MLD, 其特征在于, 若所述第二时刻晚于所述第三时刻, 且早于第四时刻, 则所述第一时刻为所述第二时刻, 所述第四时刻为所述第二传输帧的结束时刻。

14. 根据权利要求 13 所述的发送端多链路设备 MLD, 其特征在于, 若所述第二时刻晚于所述第三时刻, 早于所述第四时刻, 且所述第二时刻与所述第四时刻之间的时长大于或等于第一时长, 则所述第一时刻为所述第二时刻。

15. 根据权利要求 11 所述的发送端多链路设备 MLD, 其特征在于, 若所述第二时刻晚于所述第三时刻, 且早于第四时刻, 则所述第一时刻为所述第二链路上的第四传输帧的发送时刻, 所述第四时刻为所述第二传输帧的结束时刻, 所述第四传输帧为所述第二传输帧之后的第一个与所述第二传输帧的类型相同的传输帧。

16. 根据权利要求 15 所述的发送端多链路设备 MLD, 其特征在于, 若所述第二时刻晚于所述第三时刻, 早于第四时刻, 且所述第二时刻与所述第四时刻之间的时长小于或等于第二时长, 则所述第一时刻为所述第二链路上的第四传输帧的发送时刻。

17. 根据权利要求 11 所述的发送端多链路设备 MLD, 其特征在于, 所述第一传输帧为上行触发帧, 所述第三传输帧为上行触发帧。

18. 根据权利要求 12 所述的发送端多链路设备 MLD, 其特征在于, 所述第二传输帧为上行触发帧时, 若所述第二时刻晚于第四时刻, 且早于第五时刻, 则所述第一时刻为所述第五时刻, 所述第四时刻为所述第二传输帧的结束时刻, 所述第五时刻为所述第二链路上的第四传输帧的发送时刻, 所述第四传输帧为所述第二传输帧之后的第一个上行触发帧。

19. 一种发送端多链路设备 MLD, 其特征在于, 所述发送端多链路设备 MLD 与接收端 MLD 之间的链路包括第一链路和第二链路, 所述发送端多链路设备 MLD 包括处理电路和与所述处理电路内部连接通信的输出接口;

其中, 所述处理电路, 用于确定满足第一条件, 所述第一条件包括:

(1)、所述第一链路的退避计数器为 0;

(2)、第二传输帧位于所述第二链路上的传输机会 TXOP 内;

所述输出接口, 用于满足所述第一条件时, 在第一时刻通过所述第一链路向所述接收端 MLD 发送第一传输帧, 所述第一时刻是根据第二时刻和/或第三时刻确定的, 所述第二时刻为所述第一链路的退避计数器减为 0 的时刻, 所述第三时刻为所述第二链路上的所述第二传输帧的发送时刻。

20. 一种计算机可读存储介质, 其特征在于, 用于存储计算机程序, 所述计算机程序包括用于执行权 1-9 任一项方法的指令。

21. 一种计算机程序, 其特征在于, 所述计算机程序包括用于权 1-9 任一项方法的指令。