

基带数据传输的方法和系统

技术领域

本申请涉及通信技术领域，尤其涉及一种基带数据传输的方法和系统。

背景技术

现代的计算机和有线通信系统中存在大量的高速互联接口，与无线通信系统不同的是，高速互联接口采用基带传输，即传输数据不经过载波调制。由于数据的发送器、接收器以及信道均存在各种噪声，会导致传输信号失真，进而给接收器侧带来误码。而频率越高，则信噪比越差，误码率越高，从而限制了信号的传输带宽不能过高。而随着技术的发展，对高速互联接口的带宽要求确越来越高，要求时延也越来越低。现有的 NRZ 调制技术时延低但带宽较小，而 PAM4 调制技术虽然带宽大但时延较大。

发明内容

本申请实施例提供了一种基带数据传输的方法和系统，用于根据待传输数据包的类型选择不同性能指标的发送通路，从而满足待传输数据包的需求。

本申请公开了一种基带通信系统系统，包括：第一切换单元、第一发送通路、第二发送通路和发送器，所述第一发送通路和所述第二发送通路并列设置，所述第一发送通路与所述第二发送通路具备不同的性能指标，所述第一发送通路，用于对待传输数据包进行调制，将调制后的输出发送到所述第一切换单元；所述第二发送通路，用于对待传输数据包进行调制，将调制后的输出发送到所述第一切换单元；所述第一切换单元，用于与所述第一发送通路和所述第二发送通路相连，根据所述待传输数据包的类型选择所述第一发送通路或者所述第二发送通路的输出。

本申请实施例公开的系统包括具备不同性能指标的第一发送通路和第二发送通路，第一切换单元根据待传输数据包的类型来选择其中一个发送通路的输出，将输出发送给发送器，从而使得在有多个不同类型的待传输数据时，不需要对数据传输系统进行重启或链路重协商即可通过第一切换单元从合适的发送通路选择输出，从而实现多种类型的数据包在系统中的混合传输。

需要说明的是，前述第一切换单元根据待传输数据包的类型选择其中一个发送通路的输出，即表示打开选择的发送通路与发送器之间的连接。

在一种可能的实施方式中，第一发送通路和第二发送通路，具体用于对待传输数据包进行调制，输出调制数据以及调制类型。

在另一种可能的实施方式中，所述系统还包括：接收器、分析单元、第一接收通路、第二接收通路和第三切换单元，所述第一接收通路和所述第二接收通路并列设置，

所述分析单元，用于接收来自接收器的输出，提取调制数据的调制类型，将所述调制类型发送给第三切换单元；

所述第一接收通路和所述第二接收通路，用于对所述调制数据进行解调；

所述第三切换单元，用于与所述第一接收通路和所述第二接收通路相连，根据所述调制类型选择所述第一接收通路或所述第二接收通路的输出。

发送通路调制后的数据携带调制类型，在接收侧收到调制数据后，接收通路会对调制数

据进行解调，第三切换单元根据调制类型选择合适的接收通路进行导通，将该接收通路的输出作为最终的输出，从而实现了在接收侧正确识别与调制类型符合的调制通路。

在一种可能的实施方式中，发送通路的所述性能指标包括以下至少一种：时延、误码率、带宽和功耗。

5 所述系统还可以包括第二切换单元，用于接收待传输的数据包，根据所述待传输数据包的类型选择发送通路。

在发送通路前，发送侧还可以包括第二切换单元，用于根据待传输数据包的类型选择发送通路，编避免在第一和第二发送通路上同时发送数据，从而降低了系统的功耗。

需要说明的是，当发送侧不包括前述的第二切换单元时，待传输数据包可以同时在第一发送通路和第二发送通路上进行传输，此时，第一切换单元可以根据待传输数据包的类型正
10 确选择合适的通路接收调制数据。

当所述待传输数据包为低时延需求的短包时，所述第一切换单元将所述待传输数据包发送到所述第一发送通路；或，

当所述待传输数据包为低延时需求的长包时，所述第一切换单元将所述数据包划分为第一数据
15 和第二数据，将所述第一数据发送到第一发送通路，将所述第二数据发送到第二发送通路；或，

当所述待传输数据包为高带宽需求的数据包，且无时延需求时，所述第一切换单元将所述待传输数据包发送到所述第二发送通路。

所述第一数据为操作指令；所述第二数据为待操作数据。

20 所述第一数据的长度 m ：

$$m < n + 2BR * T,$$

其中， T 为编解码的时延， BR 为第一调制器的比特率， n 为纠错编码器的校验数据的位数。

当第一数据的长度满足前述条件时，采用第一发送通路进行发送性能更优。

25 在另一种可能的实施方式中，系统在接收侧还可以包括第四切换单元，用于接收接收器的输出，根据调制类型选择接收通路。

第一发送通路包括第一调制器，第二发送通路包括第二调制器。

所述第一调制器的误码率小于所述第二调制器的误码率，所述第一发送通路的时延小于
所述第二发送通路的时延，所述第二调制器的带宽大于所述第一调制器的带宽。

30 所述第一调制器输出的相邻电平间的电压差大于所述第二调制器输出的相邻电平的电压差。

所述第一调制器输出的电平为所述第二调制器输出的电平的子集。需要说明的是，第一调制器输出的电平也可以不是第二调制器输出的电平的子集，例如，第一调制器采用的电平为 PAM6 调制的间隔最远的 2 个电平；第二调制器采用的电平为 PAM6 调制的中间的 4 个电平。

35 在可能的实施方式中，所述第一调制器为不归零 NRZ 调制器；所述第二调制器为四电平脉冲幅度调制 PAM4 调制器；所述发送器为 PAM4 发送器；所述接收器为 PAM4 接收器。

所述第一接收通路中第一解调器为 NRZ 解调器，所述第二接收通路中的第二解调器为 PAM4 解调器，

40 所述 NRZ 解调器，用于接收来自所述接收器的数据包，以 2 比特为粒度，输出每 2 比特中的高位作为解调输出结果。

所述数据包的类型参数包括以下至少一个：带宽参数、时延参数和长度参数。

第二方面，本申请实施例还提供了一种基带数据传输的方法，应用于基带数据传输系统，所述系统包括第一切换单元、第一发送通路、第二发送通路和发送器，所述第一发送通路和所述第二发送通路并列设置，所述第一发送通路与所述第二发送通路具备不同的性能指标，

5 所述方法包括：所述第一发送通路对待传输数据包进行调制，将调制后的输出发送到所述第一切换单元；所述第二发送通路对待传输数据包进行调制，将调制后的输出发送到所述第一切换单元；所述第一切换单元与所述第一发送通路和所述第二发送通路相连，根据所述待传输数据包的类型选择所述第一发送通路或者所述第二发送通路的输出。

在一种可能的实施方式中，所述第一发送通路和第二发送通路对待传输数据包进行调制，输出调制数据以及调制类型。

在另一种可能的实施方式中，所述系统还包括接收器、分析单元、第一接收通路、第二接收通路和第三切换单元，所述第一接收通路和所述第二接收通路并列设置，

所述方法还包括：所述分析单元接收来自接收器的输出，提取调制数据的调制类型，将所述调制类型发送给第三切换单元；所述第一接收通路和所述第二接收通路对所述调制数据进行解调；所述第三切换单元与所述第一接收通路和所述第二接收通路相连，根据所述调制类型选择所述第一接收通路或所述第二接收通路的输出。

可选的，所述系统还包括第二切换单元，所述方法还包括：

第二切换单元接收待传输的数据包，根据所述待传输数据包的类型选择发送通路。

当所述待传输数据包为低时延需求的短包时，所述第一切换单元将所述待传输数据包发送到所述第一发送通路；或，

当所述待传输数据包为低延时需求的长包时，所述第一切换单元将所述待传输数据包划分为第一数据和第二数据，将所述第一数据发送到第一发送通路，将所述第二数据发送到第二发送通路；或，

当所述待传输数据包为高带宽需求的数据包，且无时延需求时，所述第一切换单元将所述待传输数据包发送到所述第二发送通路。

可选的，所述系统还包括第四切换单元，所述方法还包括：第四切换单元接收接收器的输出，根据调制类型选择接收通路。

本申请实施例公开的基带数据传输的方法，第一切换单元根据待传输数据包的类型来选择其中一个发送通路的输出，将输出发送给发送器，从而使得在有多个不同类型的待传输数据时，不需要对数据传输系统进行重启或链路重协商即可通过第一切换单元从合适的发送通路选择输出，从而实现多种类型的数据包在系统中的混合传输。

附图说明

35 图 1 是本申请实施例提供的一种 NRZ 调制的信号示意图；

图 2 是本申请实施例提供的一种 PAM4 调制的信号示意图；

图 3 是本申请实施例提供的数据传输总时延示意图；

图 4 是本申请实施例提供的数据包采用 NRZ 调制的传输总时延和采用 PAM4 调制的传输总时延的对比示意图；

40 图 5 是本申请实施例提供的一种混合调制与 NRZ 调制和 PAM4 调制三者的时延对比示意

图；

图 6 是本申请实施例提供的一种数据传输的系统结构示意图；

图 7 是本申请实施例还提供的一种数据传输的方法流程意图；

图 8 是本申请实施例还提供的另一种数据传输的方法流程意图。

5

具体实施方式

如图 1 所示，为现有技术中不归零（non-return-to-zero, NRZ）调制的信号示意图。NRZ 调制按符号（symbol）发送，每个 symbol 只有 1 个 bit，其中，bit=1 和 bit=0 分别使用不同的电平，比如 bit=1，则发送 100mV，bit=0，则发送-100mV。二个信号电平之间的电压间隔大，误码率低，一般情况下无需对 NRZ 调制增加纠错编码，因此，NRZ 调制的时延低，
10 但 NRZ 调制的带宽较小。

如图 2 所示，为现有技术中四电平脉冲幅度调制（4 Pulse Amplitude Modulation, PAM4）调制的信号示意图，PAM4 调制按 symbol 发送，每个 symbol 有 2 个 bit，其中，bit=00, 01, 10, 11。PAM4 分别使用 4 种电平（0, 1, 2, 3），对应 4 种不同的电压。比如，对于 bit=11，则发送 100mV；bit=10，则发送 33mV；bit=01，则发送-33mV；bit=00，则发送-100mV。PAM4 调制的比特率是 NRZ 的一倍，但与 NRZ 调制相比，由于 PAM4 相邻电平的电压间隔显著变小了（比如图 1 中 NRZ 的电压间隔是 200mV，但是图 2 中的 PAM4 的电压间隔是 66mV），PAM4 的抗干扰能力差，误码率较高。因此，当使用 PAM4 调制时，需要增加纠错编码（如前向纠错码（Forward Error Correction, FEC）），以降低误码率。由于需要加入纠错数据来提高纠错能力，因此 PAM4 的信道利用率变低。示例性的，当每 5120 字节数据，加入 320 字节校验位时，信道的利用率约为 94%。同时，发送端的纠错编码以及接收端的纠错解码均需要时间开销，从而加大了传输时延。
15 20

现有技术中，NRZ 调制和 PAM4 调制无法兼顾低时延和高带宽的需求，且无法实现在 NRZ 调制和 PAM4 调制之间切换。

25 本申请实施例提供了一种数据传输方法、装置和系统，更好地满足了基带信号传输的低时延和高带宽的需求。

为使得方案的有益效果描述更加清楚，如图 3 所示，本申请实施例提供了数据传输总时延示意图。当采用 PAM4 调制技术时，数据包需要经过编码器 301、发送器 302、信道 303、接收器 304、解码器 305，由解码器还原接收到的数据包。上述过程会引入编码器时延、发送器时延、信道时延、接收器时延以及解码器时延。
30

当采用 PAM4 调制技术时，数据包的传输总时延为前述编码器时延、发送器时延、信道时延、接收器时延、解码器时延，以及数据包传输时间之和。

当采用 NRZ 调制时，无需编码器和解码器，数据传输过程引入的时延为发送器时延、信道时延和接收器时延。因此，数据包的传输总时延依赖于数据包发送过程引入的前述时延以及数据包传输时间。
35

其中，为阐述方便，我们可以将发送器时延、信道时延和接收器时延的和称为基础时延，将编码器时延和解码器时延称为编解码时延。

本申请实施例提供了一种使用 PAM4 发送器实现模拟 NRZ 发送器的方法。示例性的，PAM4 发送器可以仅使用 PAM4 symbol 四个电平中电压间隔最远的两个电平，0 和 3 电平（如图 2 中的 0b11 和 0b00），以此模拟 NRZ 发送器。此时，由于两个电平之间的电压间隔大，误码率
40

低，可以不使用纠错编码，从而避免了编解码时延。同时，由于只采用电压间隔最大的两个电平来传输数据流，导致传输带宽仅为 PAM4 发送器的一半。

使用 PAM4 发送器实现虚拟 NRZ 发送器时，采用电压差最大的两个电平 level，每 symbol 发送 1bit，此时，虚拟 NRZ 发送器的两个电平的电压差于传统的 NRZ 发送器一致。当 PAM4 实现虚拟 NRZ 发送器时，只发送 0 和 3 电平；在接收侧，由 NRZ 解调器对接收到的电平进行判断，还原二进制数据流。如果接收到的电平是 0 或 1，对应的 2 个 bit 为 00/01，此时，NRZ 解调器取 2bit 中的高位，确定收到的是 0；如果接收到的电平是 2 或者 3，对应的 2 个 bit 为 11/10，则 NRZ 解调器取 2bit 中的高位，从而判定收到的是 1。即使由于信道噪声等影响，将虚拟 NRZ 发送器发送的 3 电平，在接收器侧呈现为 2 电平时，NRZ 解调器仍然可以确定出正确的数据。

如图 4 所示，为本发明实施例提供的数据包采用 NRZ 调制的传输总时延和采用 PAM4 调制的传输总时延的对比示意图。针对待发送的数据包（m 位），当采用 PAM4 对数据包进行调制时，需要对待发送数据包进行纠错编码，增加 n 位校验数据，生成的待发送数据包为 m+n 位；当采用本申请实施例提供的虚拟 NRZ 调制时，无需对数据包进行纠错编码，因此待发送的数据包仍然为 m 位。假设 PAM4 的比特率为 2BR(bitrate)，NRZ 的比特率为 BR。如图 4 上半部分所示，本申请实施例使用 PAM4 实现虚拟 NRZ 调制时，完成数据包的传输总时延为基础时延和数据包传输时间之和，其中，数据包传输时间为 m/BR；如图 4 下半部分所示，本申请实施例对数据包采用 PAM4 调制，完成数据传输的总时延是基础时延、编解码时延以及数据包传输时间之和，此时的数据包传输时间为 (m+n) / 2BR。

假设编解码的时延为 T，当待发送的数据包的长度 m 满足下述条件时，使用虚拟 NRZ 调制发送数据包的总时延小于使用 PAM4 调制发送数据包的总时延：

$$m < n + 2BR * T$$

其中，n+2BR*T 作为预设阈值。当待发送的数据包位数小于预设阈值时，该待发送的数据包可以分类为短包；当待发送的数据包位数大于所述预设阈值时，该待发送的数据包分类为长包。可以理解的是，在具体实施场景中，预设阈值的大小可以小于 n+2BR*T，此时，可以更精准地区分出短包，从而提高数据传输效率。

示例性的，对于编解码时延 T=10ns，码率 n/m=3% @ 56G PAM4，那么只要有效数据 m 小于 543bit，总包长 m+n 小于 560bit，则采用虚拟 NRZ 比采用 PAM4 的传输总时延更小，接收侧可以更早的获得完整的数据包。

本申请实施例中，包的类型参数包括带宽参数、时延参数和长度参数。其中，带宽参数用来表示待发送的数据包是否有高带宽需求，时延参数用来表示待发送的数据包是否有低时延需求，长度参数用来指示待发送数据包的长度。在一种可能的实施方式中，本申请实施例将待发送的包分类为：时延敏感的短包；时延敏感的长包；以及带宽敏感的包（可以是长包或短包）。

如下表所示，本申请实施例提供了一种调制方式的选择机制，根据待发送数据包的类型，以及是否有高带宽和低时延的需求，选择合适的调制方式。

表 1

是否要求高带宽	是否要求低时延	包长度	调制方式
是	否	不限	PAM4
否	是	不限	虚拟 NRZ

是	是	短	虚拟 NRZ
是	是	长	虚拟 NRZ+PAM4

本申请实施例使用 PAM4 发送器对三种包采用不同的 PAM4 电平选择方案，实现 PAM4 和虚拟 NRZ 混合调制，并可以对调制方式进行实时切换。

进一步的，在调制生成的数据包的包头中增加调制类型。当调制方式为虚拟 NRZ 和 PAM4 的混合调制时，包头中还进一步增加虚拟 NRZ 调制的数据大小。示例性的，本申请实施例提供了一种数据包的格式，包括：调制类型标识、NRZ 长度参数以及 payload。示例性的，调制类型标识为 0b111000 表示为虚拟 NRZ 调制，调制类型标识为 0b000111，表示为 PAM4 调制，调制类型标识为 0b111111 表示为混合调制。当调制方式为混合调制时，在 NRZ 长度参数中携带 NRZ 调制的数据包大小。前述三种调制方式产生的数据包，可以在链路上混合发送，接收侧通过包头中的调制类型标识和 NRZ 长度参数，判断经过 NRZ 调制的数据或 PAM4 调制的数据。

在另一种可能的实施方式中，调制类型可以携带在不包含 payload 的控制包中，用于表示控制包后的数据包的调制类型和长度。

在再一种可能的实施方式中，调制类型可以携带在调制后的数据包的包头，用于表示数据包的调制类型和长度。进一步的，NRZ 调制和 PAM4 调制中的其中一种可以作为默认的调制方式，该默认调制方式输出的调制数据不携带调制类型。非默认调制方式输出的数据包写的调制类型和数据长度，从而可以将非默认调制方式和默认调制方式区别开。

具体的，针对时延敏感的长包采用混合调制方式进行发送，通过 NRZ 长度参数来区分数据包中哪些部分是 NRZ 调制以及哪些部分是 PAM4 调制。

如图 5 所示，为本申请实施例提供的一种混合调制与 NRZ 调制和 PAM4 调制，三者的时延对比示意图。本申请实施例采用混合调制的方式，将长包分为两个部分，第一数据和第二数据。针对第一数据采用虚拟 NRZ 调制，对于第二数据采用 PAM4 调制，其中第一数据的大小小于前述预设阈值。图 5 中还示出了混合调制的时延，以及采用传统 NRZ 调制以及 PAM4 调制时的时延。具体的，假设，第一数据采用 NRZ 调制时，生成的数据包包长为 $2m_1$ ，第二数据采用 NRZ 调制时，生成的数据包包长为 $2m_2$ ，对应的，当对第一数据包采用 PAM4 调制，生成的数据包包长为 m_1+n_1 ，其中 n_1 为校验数据；当对第二数据包采用 PAM4 调制时，生成的数据包包长为 m_2+n_2 。通过图 5 的对比可以看出，本申请实施例的混合调制可以在较短的时间内实现第一数据的传输，与标准 PAM4 调制的方式相比，第一数据传输时延降低了，同时与标准 NRZ 调制方式相比，混合调制的方式带宽更高。

在一种可能的实施方式中，混合调制方式中，第一数据可以为操作指令，第二数据可以为待操作数据，此时，可以通过虚拟 NRZ 的方式将操作指令低时延地发送到接收侧，接收侧收到操作指令后，可能需要执行其他的准备操作，作为后续处理待操作数据的基础。在这种场景下，混合调制方式更高效地利用了接收侧执行准备操作的时间，效率更高。

针对带宽敏感的包：按照标准 PAM4 的调制方式，使用 PAM4 symbol 的全部四个电平，实现高带宽传输。

综上，本申请实施例提供的混合调制技术，对短包的传输，可以实现低时延，在更短时间内完成数据的传输；对长包的传输：可以兼顾高带宽和低时延的需求。

具体的，上层软件可以通过在待发送的数据包中携带前述的数据包类型参数来指示需要使用的调制方式，上层软件也可以通过调用不同的应用程序接口（Application Programming

Interface,) API 来指示需要使用的调制方式, 可以使用三种 API 分别对应上述的三种数据包。例如, 大带宽传输 API、低时延传输 API 以及混合模式 API。

如图 6 所示, 为本申请实施例提供的一种基带数据传输的系统结构示意图。数据传输的系统包括发送侧和接收侧。发送侧包括第二切换单元 601、NRZ 调制器 602、PAM4 调制器 603、
5 纠错编码器 604、第一切换单元 605 和 PAM4 发送器 606; 接收侧包括: PAM4 接收器 616、分析单元 619、第四切换单元 611、NRZ 解调器 612、PAM4 解调器 613、纠错解码器 614 以及第三切换单元 615。

所述 NRZ 调制器 602 所在的发送通路可以为第一发送通路, 所述 PMR4 调制器所在的发送通路可以为第二发送通路, 所述第一发送通路和所述第二发送通路并列设置, 所述第一发送通路与所述第二发送通路具备不同的性能指标。所述第一发送通路和所述第二发送通路对待传输数据包进行调制, 将调制后的输出发送到所述第一切换单元 605; 所述第一切换单元 605 与所述第一发送通路和所述第二发送通路相连, 根据所述待传输数据包的类型选择所述第一发送通路或者所述第二发送通路的输出。
10

本申请实施例公开的系统包括具备不同性能指标的第一发送通路和第二发送通路, 第一切换单元根据待传输数据包的类型来选择其中一个发送通路的输出, 将输出发送给发送器, 从而使得在有多多个不同类型的待传输数据时, 不需要对数据传输系统进行重启或链路重协商即可通过第一切换单元从合适的发送通路选择输出, 从而实现多种类型的数据包在系统中的混合传输。
15

相对应的, 所述 NRZ 解调器 612 所在的接收通路为第一接收通路, 所述 PAM4 解调器 613 所在的接收通路为第二接收通路, 所述第一接收通路和所述第二接收通路并列设置。所述分析单元 619, 用于接收来自接收器 616 的输出, 提取调制数据的调制类型, 将所述调制类型发送给第三切换单元 615;
20

所述第一接收通路和所述第二接收通路, 用于对所述调制数据进行解调;

所述第三切换单元 615, 用于与所述第一接收通路和所述第二接收通路相连, 根据所述调制类型选择所述第一接收通路或所述第二接收通路的输出。
25

所述 NRZ 调制器 602 的误码率小于所述 PAM4 调制器 603 的误码率, 所述第一发送通路的时延小于所述第二发送通路的时延, 所述 PAM4 调制器 603 的带宽大于所述 NRZ 调制器 602 的带宽。

所述 NRZ 调制器 602 输出的相邻电平间的电压差大于所述 PAM4 调制器 603 输出的相邻电平的电压差。
30

所述 NRZ 调制器 602 输出的电平为所述 PAM4 调制器 603 输出的电平的子集。需要说明的是, 当第一发送通路和第二发送通路的调制器为其他类型的调制器时, 第一发送通路的调制器输出的电平也可以不是第二发送通路的调制器输出的电平的子集, 例如, 第一调制器采用的电平为 PAM6 调制的间隔最远的 2 个电平; 第二调制器采用的电平为 PAM6 调制的中间的
35 4 个电平。

所述发送器 606 和所述接收器 616 之间采用 SerDes (Serializer-Deserializer) 接口。

在一种可能的实施方式中, 第一发送通路还可能包括另一纠错编码器 (图中未示出), 对应的, 在第一接收通路中包括对应的另一纠错解码器。第一发送通路中的调制器和编码器的性能共同决定了第一发送通路的性能指标。示例性的, 第一发送通路可以为低时延通路,
40

第二发送通路为高带宽通路。所述性能指标包括以下至少一种：时延、误码率、带宽和功耗。

与图 6 相对应，如图 7 所示，本申请实施例还提供了一种数据传输的方法流程意图，包括：

5 步骤 701：第二切换单元接收待发送的数据包，结合前述表 1，根据数据包类型根据数据包的类型选择调制方式。调制方式的选择过程请参见前述实施例描述，此处不再赘述。

示例性的，待发送数据包为：00011011。

步骤 702：当确定需要对所述数据包执行 NRZ 调制时，所述第二切换单元将所述数据包发送给 NRZ 调制器，执行步骤 704。

10 步骤 703：当确定需要对所述数据包执行 PAM4 调制时，所述第二切换单元将所述数据包发送给 PAM4 调制器，执行步骤 705。

第二切换单元包含选路逻辑，根据确定的调制方式打开与所述调制方式匹配的通路。

当确定需要对所述数据包执行混合调制时，混合调制的方法流程请参阅图 8 对应的实施例。

15 需要说明的是，在一种可能的实施方式中，第二切换单元为可选，当基带数据传输系统中不包括所述第二切换单元时，数据包可以同时 NRZ 调制器所在的第一发送通路和 PAM4 所在的第二发送通路传输，由第一切换单元根据数据包的类型对发送通路进行选择，导通与数据包类型对应的发送通路，从而将选择的发送通路的输出发送到发送器。

当基带数据传输系统中包含所述第二切换单元时，可以根据前述步骤 701 的选择结果，将未选择的发送通路关闭，从而可以进一步节省功耗。

20 步骤 704：NRZ 调制器对数据包进行调制，生成调制后的第一数据包。

所述调制后的数据包携带前述的包头结构以及负载 payload，所述包头结构包括：调制类型标识和 NRZ 长度参数。示例性的，所述调制数据包 payload 中各 bit 对应的电信号的电平为 00033033。其中，所述 NRZ 长度参数为可选。

25 步骤 705：PAM4 调制器对数据包进行调制，生成调制后的第二数据包，将所述第二数据包发送给纠错编码器。

所述调制后的数据包携带前述的包头结构以及负载 payload。示例性的，所述调制数据包 payload 中各 bit 对应的电信号的电平为 0123。其中，由于此时采用的是 PMA4 调制，则所述 NRZ 长度参数为可选，取值可以为空。

30 步骤 706：纠错编码器对所述第二数据包执行纠错编码，添加校验数据 x，生成第三数据包。所述第三数据包的调制类型标识和 NRZ 长度参数与第二数据包中的调制类型标识和 NRZ 长度参数相同，所述第三数据包的 payload 中各 bit 对应的电信号的电平为 0123x。

步骤 707：第一切换单元根据所述数据包的类型，选择发送通路，将第一数据包或者第三数据包发送到 PAM4 发送器。

35 具体的，所述第一切换单元可以与第二切换单元实现类似的处理逻辑，当数据包类型对应的编码方式为 NRZ 编码时，第一切换单元选择第一发送通路，将 NRZ 调制器生成的调制码流发送到 PAM4 发送器，当数据包类型对应的编码方式为 PAM4 编码时，第一切换单元选择第二发送通路，将 PAM4 调制器生成的调制码流发送到 PAM4 发送器。

调制后生成的数据的格式采用前述实施例中的格式，本实施例不再赘述。

步骤 708：PAM4 发送器将所述第一数据包或者第三数据包通过信道发送到 PAM4 接收器。

40 步骤 709：PAM4 接收器将从信道接收的数据包发送到分析单元和第四切换单元。

步骤 710: 分析单元对所述数据包的包头进行分析, 获取数据包的调制类型, 将所述调制类型通知给第三切换单元和第四切换单元。

接收侧的分析单元可以合并到第四切换单元。由第四切换单元完成报文分析和连接切换两个功能。

5 需要说明的是, 在一种可能的实施方式中, 所述第四切换单元可选。当基带数据传输系统不包括所述第四切换单元时, 接收器将接收到的调制数据分别发送到第一接收通路和第二接收通路, 由两个接收通路分别对调制数据进行解调, 此时, 第三切换单元根据调制类型选择合适的接收通路, 即导通选择的接收通路, 输出该接收通路解调的数据, 以得到原始的数据包。

10 当基带数据传输系统包括所述第四切换单元时, 可以关闭未被选择的接收通路, 从而降低系统的功耗。

步骤 711: 第四切换单元根据数据包的调制类型, 将数据包发送给 NRZ 解码器, 并执行步骤 712, 或者, 将数据包发送给 PAM4 解码器, 并执行步骤 713。

15 示例性的, 当所述数据包的调制类型为 NRZ 调制时, 所述数据包的 payload 中各 bit 对应的电信号的电平为 00033033, 对应的二进制数据流为 0000001111001111; 当所述数据包的调制类型为 PAM4 调制时, 所述数据包的 payload 中各 bit 对应的电信号的电平为 0123x。

步骤 712: NRZ 解调器对接收到的数据包进行解调, 输出解调后的数据包。

示例性的, 此时, NRZ 解调器每 2bit 取 2bit 中的高位输出, 所述解调后的数据包为 00011011。

20 步骤 713: PAM4 解码器对数据进行解码, 并通过纠错解码器进行纠错解码, 输出解码后的数据包, 将解码后的数据包发送给 PAM4 解调器, 由 PAM4 解调器输出解调后的数据包。

示例性的, 解码后的数据包的 payload 中各 bit 对应的电信号的电平为 0123。PAM4 解调器解调后输出的数据包为 00011011。

25 步骤 714: 第三切换单元根据所述分析单元发送的调制类型, 选择第一接收通路或者第二接收通路, 从而输出来自 NRZ 解调器或者 PAM4 解调器的数据包。

与图 6 相对应, 如图 8 所示, 本申请实施例还提供了另一种数据传输的方法流程意图, 针对混合编码的场景, 所述方法包括:

30 步骤 801: 第二切换单元接收待发送的数据包, 结合前述表 1 确定待发送数据包的类型, 根据数据包的类型选择调制方式, 当确定需要对所述数据包执行混合调制时, 执行步骤 802 和 803。NRZ 调制方式和 PAM4 调制方式的过程请参见前述实施例描述, 此处不再赘述。

步骤 802: 所述第二切换单元将所述数据包拆分为第一数据和第二数据, 将第一数据发送给 NRZ 调制器。

数据包的拆分方法如前述实施例所述, 本实施例不再赘述。

35 步骤 803: 所述第二切换单元将第二数据发送给 PAM4 调制器。

步骤 804: NRZ 调制器对第一数据进行调制, 生成调制后的第一数据包。

所述调制后的数据包携带前述的包头结构, 包括: 调制类型标识、NRZ 长度参数以及负载 payload。其中, NRZ 长度参数表示第一数据的大小。

40 步骤 805: PAM4 调制器对第二数据进行调制, 生成调制后的第二数据包, 将所述第二数据包发送给纠错编码器。

步骤 806: 纠错编码器对所述第二数据包执行纠错编码, 添加校验数据, 生成第三数据包, 将第三数据包发送给第一切换单元。

步骤 707: 第一切换单元将第一数据包和第三数据包进行组合, 并将组合后的数据包发送到 PAM4 发送器。

5 步骤 808: PAM4 发送器将所述组合后的数据包通过信道发送到 PAM4 接收器。

步骤 809: PAM4 接收器将从信道接收的数据包发送到分析单元和第四切换单元。

步骤 810: 分析单元对所述数据包的包头进行分析, 获取数据包的调制类型和 NRZ 长度参数, 将所述调制类型和 NRZ 长度参数通知给第三切换单元和第四切换单元。

10 步骤 811: 第四切换单元根据数据包的调制类型和 NRZ 长度参数, 将接收到的数据包拆分为所述第一数据包和所述第三数据包, 并将第一数据包发送给 NRZ 解码器, 将第三数据包发送给纠错解码器。

步骤 812: NRZ 解调器对接收到的第一数据包进行解调, 输出解调后的第一数据。

步骤 813: 纠错解码器对接收到的第三数据包进行纠错解码, 输出解码后的数据包, 将解码后的数据包发送给 PAM4 解调器, 由 PAM4 解调器输出解调后的第二数据。

15 步骤 814: 第三切换单元接收来自 NRZ 解调器的第一数据和 PAM4 解调器的第二数据, 根据所述分析单元发送的调制类型和 NRZ 长度参数, 组合所述第一数据和第二数据, 输出原始数据包, 即 801 中的待发送数据包。

本申请实施例提供的数据传输的方法, 可以在不重启系统的情况下, 对调制方式进行自由切换, 即只需根据数据包的类型, 由切换单元选择适合的调制方式对应的通路即可。从而实现了调制方式的快速切换。进一步的, 在低时延的场景采用 NRZ 调制时, 本申请实施例可以关闭编解码器, 从而降低系统功耗。

需要说明的是, 前述各实施例中的 NRZ 调制和 PAM4 调制仅是具体的举例。本申请实施例将 NRZ 调制称为第一调制, 将 PAM4 调制称为第二调制。第一调制为低时延调制方式, 第二调制为高带宽调制方式。可以理解的是, NRZ 调制也可以替换为其他的低误码率调制方式, 25 PAM4 调制也可以替换为其他的高带宽调制方式。例如, NRZ 调制替换为低误码率的 PAM4 symbol 序列+低时延的 FEC 纠错, 这样可以提高低时延部分的带宽。

本申请实施例公开的系统包括具备不同性能指标的第一发送通路和第二发送通路, 第一切换单元根据待传输数据包的类型来选择其中一个发送通路的输出, 将输出发送给发送器, 从而使得在有多多个不同类型的待传输数据时, 不需要对数据传输系统进行重启或链路重协商即可通过第一切换单元从合适的发送通路选择输出, 从而实现多种类型的数据包在系统中的混合传输。

35 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 书

- 1、一种基带数据传输系统，其特征在于，包括：第一切换单元、第一发送通路、第二发送通路和发送器，所述第一发送通路和所述第二发送通路并列设置，所述第一发送通路与所述第二发送通路具备不同的性能指标，

所述第一发送通路，用于对待传输数据包进行调制，将调制后的输出发送到所述第一切换单元；

所述第二发送通路，用于对待传输数据包进行调制，将调制后的输出发送到所述第一切换单元；

- 所述第一切换单元，用于与所述第一发送通路和所述第二发送通路相连，根据所述待传输数据包的类型选择所述第一发送通路或者所述第二发送通路的输出。

2、如权利要求 1 任一所述的数据传输系统，其特征在于，

第一发送通路和第二发送通路，具体用于对待传输数据包进行调制，输出调制数据以及调制类型。

- 3、如权利要求 2 所述的数据传输系统，其特征在于，还包括：接收器、分析单元、第一接收通路、第二接收通路和第三切换单元，所述第一接收通路和所述第二接收通路并列设置，

所述分析单元，用于接收来自接收器的输出，提取调制数据的调制类型，将所述调制类型发送给第三切换单元；

- 所述第一接收通路和所述第二接收通路，用于对所述调制数据进行解调；

所述第三切换单元，用于与所述第一接收通路和所述第二接收通路相连，根据所述调制类型选择所述第一接收通路或所述第二接收通路的输出。

4、如权利要求 1 所述的数据传输系统，其特征在于，所述性能指标包括以下至少一种：时延、误码率、带宽和功耗。

- 5、如权利要求 1-4 任一所述的数据传输系统，其特征在于，还包括：

第二切换单元，用于接收待传输的数据包，根据所述待传输数据包的类型选择发送通路。

6、如权利要求 5 所述的数据传输系统，其特征在于，

当所述待传输数据包为低时延需求的短包时，所述第一切换单元将所述待传输数据包发送到所述第一发送通路；或，

- 当所述待传输数据包为低延时需求的长包时，所述第一切换单元将所述数据包划分为第一数据和第二数据，将所述第一数据发送到第一发送通路，将所述第二数据发送到第二发送通路；或，

当所述待传输数据包为高带宽需求的数据包，且无时延需求时，所述第一切换单元将所述待传输数据包发送到所述第二发送通路。

- 7、如权利要求 6 所述的数据传输系统，其特征在于，

所述第一数据的长度 m ：

$$m < n + 2BR * T,$$

其中， T 为编解码的时延， BR 为第一调制器的比特率， n 为纠错编码器的校验数据的位数。

8、如权利要求 3 任一所述的数据传输系统，其特征在于，还包括：

第四切换单元，用于接收接收器的输出，根据调制类型选择接收通路。

9、如权利要求 1-8 任一所述的方法，其特征在于，第一发送通路包括第一调制器，第二发送通路包括第二调制器。

5 10、如权利要求 9 所述的数据传输系统，其特征在于，

所述第一调制器的误码率小于所述第二调制器的误码率，所述第一发送通路的时延小于所述第二发送通路的时延，所述第二调制器的带宽大于所述第一调制器的带宽。

11、如权利要求 9 或 10 所述的数据传输系统，其特征在于，

10 所述第一调制器输出的相邻电平间的电压差大于所述第二调制器输出的相邻电平的电压差。

12、如权利要求 9-11 任一所述的数据传输系统，其特征在于，

所述第一调制器输出的电平为所述第二调制器输出的电平的子集。

13、如权利要求 9-12 任一所述的数据传输系统，其特征在于，

15 所述第一调制器为不归零 NRZ 调制器；所述第二调制器为四电平脉冲幅度调制 PAM4 调制器；所述发送器为 PAM4 发送器；所述接收器为 PAM4 接收器。

14、如权利要求 13 所述的数据传输系统，其特征在于，

所述第一接收通路中第一解调器为 NRZ 解调器，所述第二接收通路中的第二解调器为 PAM4 解调器，

20 所述 NRZ 解调器，用于接收来自所述接收器的数据包，以 2 比特为粒度，输出每 2 比特中的高位作为解调输出结果。

15、如权利要求 1 所述的数据传输系统，其特征在于，

所述数据包的类型参数包括以下至少一个：带宽参数、时延参数和长度参数。

25 16、一种基带数据传输的方法，其特征在于，应用于基带数据传输系统，所述系统包括第一切换单元、第一发送通路、第二发送通路和发送器，所述第一发送通路和所述第二发送通路并列设置，所述第一发送通路与所述第二发送通路具备不同的性能指标，

所述方法包括：

所述第一发送通路对待传输数据包进行调制，将调制后的输出发送到所述第一切换单元；

30 所述第二发送通路对待传输数据包进行调制，将调制后的输出发送到所述第一切换单元；

所述第一切换单元与所述第一发送通路和所述第二发送通路相连，根据所述待传输数据包的类型选择所述第一发送通路或者所述第二发送通路的输出。

17、如权利要求 16 所述的方法，其特征在于，还包括：

35 所述第一发送通路和第二发送通路对待传输数据包进行调制，输出调制数据以及调制类型。

18、如权利要求 17 所述的方法，其特征在于，所述系统还包括接收器、分析单元、第一接收通路、第二接收通路和第三切换单元，所述第一接收通路和所述第二接收通路并列设置，

所述方法还包括：

40 所述分析单元接收来自接收器的输出，提取调制数据的调制类型，将所述调制类型发送

给第三切换单元；

所述第一接收通路和所述第二接收通路对所述调制数据进行解调；

所述第三切换单元与所述第一接收通路和所述第二接收通路相连，根据所述调制类型选择所述第一接收通路或所述第二接收通路的输出。

- 5 19、如权利要求 16-18 任一所述的方法，其特征在于，所述系统还包括第二切换单元，所述方法还包括：

第二切换单元接收待传输的数据包，根据所述待传输数据包的类型选择发送通路。

20、如权利要求 19 所述的方法，其特征在于，

- 10 当所述待传输数据包为低时延需求的短包时，所述第一切换单元将所述待传输数据包发送到所述第一发送通路；或，

当所述待传输数据包为低延时需求的长包时，所述第一切换单元将所述待传输数据包划分为第一数据和第二数据，将所述第一数据发送到第一发送通路，将所述第二数据发送到第二发送通路；或，

- 15 当所述待传输数据包为高带宽需求的数据包，且无时延需求时，所述第一切换单元将所述待传输数据包发送到所述第二发送通路。

21、如权利要求 18 所述的方法，其特征在于，所述系统还包括第四切换单元，所述方法还包括：

第四切换单元接收接收器的输出，根据调制类型选择接收通路。