

一种系统、通信装置、光模块、方法和光网络

5 本申请要求于 2023 年 05 月 31 日提交中国国家知识产权局、申请号为 202310639070.0、发明名称为“一种系统、通信装置、光模块、方法和光网络”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

本申请涉及光通信技术领域，尤其涉及一种系统、通信装置、光模块、方法和光网络。

10 背景技术

云时代的到来促进了各种互联网应用的蓬勃发展，极大地丰富了人们的生活。随之而来的是网络流量指数级增长，这对其背后的数据中心的带宽、时延、功耗、可靠性、拓展性和灵活性等方面提出了更高的要求。

15 为了获得高带宽、更低的延迟和更低的功耗，会考虑在数据中心中部署光网络。但是，光网络普遍存在因光衰减、色散和非线性等因素所导致的误码率高的问题。探索高质量的光通信技术仍然具有挑战性。

发明内容

本申请提供一种系统、通信装置、光模块、方法和光网络，用于优化光通信的性能。

20 第一方面，本申请提供一种系统，所述系统包括通信装置和光模块，所述光模块包括存储单元和光发射单元，所述光发射单元包括调制器，所述光发射单元与所述业务模块直接连接。所述存储单元用于存储所述调制器的非线性补偿信息。所述通信装置用于获取所述非线性补偿信息，根据所述非线性补偿信息对电信号进行非线性补偿后发往所述光发射单元。所述调制器用于将输入所述光发射单元的电信号（或称非线性补偿后的电信号）调制为光信号。

25 由于通信装置在销售时可以未连接光模块，用户可以根据需要灵活选择光模块。不同类型调制器的非线性特性一般存在较大差异，通信装置根据光模块存储的调制器的非线性补偿信息对发往相应光发射单元的电信号进行非线性补偿，而不是按照通信装置中预存的非线性补偿信息来对电信号进行非线性补偿，有利于通信装置更加准确的补偿调制器对信号造成的非线性失真，从而降低信号的误码率，优化光通信的性能。

30 可选的，所述非线性补偿信息用于指示非线性补偿系数的值。所述通信装置用于根据所述非线性补偿系数的值对电信号进行非线性补偿后发往所述光发射单元。非线性补偿信息所指示的值可以为调制器所需的非线性补偿系数的值，调制器所需的非线性补偿系数的值可以理解为用于补偿调制器的非线性失真的非线性补偿系数的值。

35 可选的，所述非线性补偿信息用于确定所述非线性补偿系数的值。所述通信装置用于根据所述非线性补偿信息确定所述非线性补偿系数的值，之后根据所述非线性补偿系数的值对电信号进行非线性补偿后发往所述光发射单元。由于不同类型的调制器和不同的厂家一般会对电光转换的非线性特性产生较大影响，因此，所述非线性补偿信息可以用于指示所述调制器的类型和/或所述光模块的厂家。

其中，调制器所需的非线性补偿系数的值可以理解为用于补偿调制器的非线性失真的非线性补偿系数的值。光通信的性能可以包括但不限于包括信号质量、带宽、时延和功耗中的至少一种，信号质量包括但不限于误码率（bit error rate, BER）和信噪比（signal-to-noise ratio, SNR）。

40 非线性补偿系数用于影响非线性补偿后的电信号的线性度。可选的，所述非线性补偿系数包括电信号的如下至少一种参数：电平幅度、内眼和外眼的相对幅度、眼斜量和眼高，或者，非线性补偿系数可以包括上述参数以外的其他参数，该其他参数可以影响上述至少一个参数的值。

本申请不限定所述通信装置的结构，可选的，所述通信装置包括业务模块和控制模块，所述控制模块用于获取所述非线性补偿信息，并根据所述非线性补偿信息配置所述业务模块的非线性补偿系数。所
45 述业务模块用于根据配置后的所述非线性补偿系数对电信号进行非线性补偿后发往所述光发射单元。

可选的，在所述控制模块根据所述非线性补偿信息配置所述业务模块的非线性补偿系数的过程中，

所述控制模块可以将所述业务模块的所述非线性补偿系数的值由第一值调整为第二值。当所述非线性补偿信息用于指示所述非线性补偿系数的值（称作目标值）时，本申请不限定所述第二值与所述目标值相同。可选的，所述第二值可以与所述目标值不同，但是，所述第二值与所述目标值之间的差异，小于所述第一值与所述目标值之间的差异。

5 可选的，所述光发射单元与所述业务模块直接连接可以指所述调制器与业务模块直接连接。或者，光发射单元可以包括时钟和数据恢复(clock and data recovery, CDR)电路以外的其他单元或电路，例如，光发射单元还可以包括驱动单元（或称驱动电路），所述光发射单元与所述业务模块直接连接可以指驱动电路与业务模块直接连接。所述驱动电路用于对非线性补偿后的电信号进行放大和/或整形处理后输入所述调制器；所述调制器用于将处理后的电信号调制为光信号。

10 光模块可以包括光发射单元以外的其他单元或电路，例如，可选的，所述光模块还包括光接收单元，所述光接收单元用于将接收的光信号转换为电信号后发往所述通信装置（例如所述业务模块）；所述业务模块用于从转换得到的电信号中获取数据。可选的，所述光接收单元与所述业务模块直接连接，这样有利于降低光模块的成本和功耗。或者，可选的，所述光模块还包括光学数字信号处理 ODSP 单元，所述 ODSP 单元与所述业务模块直接连接。其中，所述光接收单元用于将接收的光信号转换为电信号后输入所述 ODSP 单元；所述 ODSP 单元用于对所述电信号执行时钟和数据恢复后发往所述业务模块；所述业务模块用于从恢复后的电信号中获取数据，有利于降低误码率。ODSP 单元可以包括 CDR 电路，或者说，ODSP 单元具有 CDR 功能。

第二方面，本申请提供一种通信装置，所述通信装置用于直接连接光模块中的光发射单元，所述光模块包括存储单元和光发射单元，所述光发射单元包括调制器，所述存储单元存储有所述调制器的非线性补偿信息。所述通信装置用于获取所述非线性补偿信息，根据所述非线性补偿信息对电信号进行非线性补偿后发往所述光发射单元。

由于通信装置在销售时可以未连接光模块，用户购买通信装置后可以根据需要购买光模块并将其连接至通信装置，而不同类型调制器的非线性特征一般存在较大差异。通信装置根据光模块存储的调制器的非线性补偿信息对发往光发射单元的电信号进行非线性补偿，而不是按照通信装置中预存的信息来对电信号进行非线性补偿，有利于通信装置更加准确的补偿调制器对信号造成的非线性失真，从而降低信号的误码率，优化光通信的性能。

可选的，所述非线性补偿信息用于指示非线性补偿系数的值。所述通信装置用于根据所述非线性补偿系数的值对电信号进行非线性补偿后发往所述光发射单元。非线性补偿信息所指示的值可以为调制器所需的非线性补偿系数的值，调制器所需的非线性补偿系数的值可以理解为用于补偿调制器的非线性失真的非线性补偿系数的值。

可选的，所述非线性补偿信息用于确定所述非线性补偿系数的值。所述通信装置用于根据所述非线性补偿信息确定所述非线性补偿系数的值，之后根据所述非线性补偿系数的值对电信号进行非线性补偿后发往所述光发射单元。由于不同类型的调制器和不同的厂家一般会对电光转换的非线性特性产生较大影响，因此，所述非线性补偿信息可以用于指示所述调制器的类型和/或所述光模块的厂家。

35 非线性补偿系数用于影响非线性补偿后的电信号的线性度。可选的，所述非线性补偿系数包括电信号的如下至少一种参数：电平幅度、内眼和外眼的相对幅度、眼斜量和眼高，或者，非线性补偿系数可以包括上述参数以外的其他参数，该其他参数可以影响上述至少一个参数的值。

本申请不限定所述通信装置的结构，可选的，所述通信装置包括业务模块和控制模块，所述控制模块用于获取所述非线性补偿信息，并根据所述非线性补偿信息配置所述业务模块的非线性补偿系数。所述业务模块用于根据配置后的所述非线性补偿系数对电信号进行非线性补偿后发往所述光发射单元。

40 本申请不限定光模块的结构，例如，光模块可以为第一方面所介绍的任意一种可能的结构。

第三方面，本申请提供一种光模块，所述光模块包括存储单元和光发射单元，所述光发射单元包括调制器，所述光发射单元用于直接连接通信装置。所述存储单元用于存储所述调制器的非线性补偿信息。所述调制器用于将输入所述光发射单元的电信号调制为光信号。所述电信号可以为根据所述非线性补偿信息进行非线性补偿后的电信号。

45 由于通信装置在销售时可以未连接光模块，用户购买通信装置后可以根据需要购买光模块并将其连

接至通信装置，而不同类型调制器的非线性特性一般存在较大差异，因此，存储单元存储所述调制器的非线性补偿信息，有利于通信装置获取该非线性补偿信息，并根据该非线性补偿信息对发往该光发射单元的电信号进行更加准确的非线性补偿，调制器将补偿后的电信号调制为光信号，有利于减少甚至消除光信号的非线性失真，从而降低信号的误码率，优化光通信的性能。

5 所述光模块可以用于向所述通信装置提供所述非线性补偿信息。所述通信装置可以用于根据所述非线性补偿信息对电信号进行非线性补偿后发往所述光发射单元，输入所述光发射单元的电信号可以来自所述通信装置。

可选的，所述非线性补偿信息用于指示非线性补偿系数的值。所述通信装置用于根据所述非线性补偿系数的值对电信号进行非线性补偿后发往所述光发射单元。非线性补偿信息所指示的值可以为调制器
10 所需的非线性补偿系数的值，调制器所需的非线性补偿系数的值可以理解为用于补偿调制器的非线性失真的非线性补偿系数的值。

可选的，所述非线性补偿信息用于确定所述非线性补偿系数的值。所述通信装置用于根据所述非线性补偿信息确定所述非线性补偿系数的值，之后根据所述非线性补偿系数的值对电信号进行非线性补偿后发往所述光发射单元。由于不同类型的调制器和不同的厂家一般会对电光转换的非线性特性产生较大
15 影响，因此，所述非线性补偿信息可以用于指示所述调制器的类型和/或所述光模块的厂家。

非线性补偿系数用于影响非线性补偿后的电信号的线性度。可选的，所述非线性补偿系数包括电信号的如下至少一种参数：电平幅度、内眼和外眼的相对幅度、眼斜量和眼高，或者，非线性补偿系数可以包括上述参数以外的其他参数，该其他参数可以影响上述至少一个参数的值。

可选的，所述光发射单元与所述业务模块直接连接可以指所述调制器与业务模块直接连接。或者，
20 光发射单元可以包括时钟和数据恢复(clock and data recovery, CDR)电路以外的其他单元或电路，例如，光发射单元还可以包括驱动单元（或称驱动电路），所述光发射单元与所述业务模块直接连接可以指驱动电路与业务模块直接连接。所述驱动电路用于对非线性补偿后的电信号进行放大和/或整形处理后输入所述调制器；所述调制器用于将处理后的电信号调制为光信号。

光模块可以包括光发射单元以外的其他单元或电路，例如，可选的，所述光模块还包括光接收单元，
25 所述光接收单元用于将接收的光信号转换为电信号后发往所述通信装置（例如所述业务模块）；所述业务模块用于从转换得到的电信号中获取数据。可选的，所述光接收单元与所述业务模块直接连接，这样有利于降低光模块的成本和功耗。或者，可选的，所述光模块还包括光学数字信号处理 ODSP 单元，所述 ODSP 单元与所述业务模块直接连接。其中，所述光接收单元用于将接收的光信号转换为电信号后输入所述 ODSP 单元；所述 ODSP 单元用于对所述电信号执行时钟和数据恢复后发往所述业务模块；所述业务
30 模块用于从恢复后的电信号中获取数据，有利于降低误码率。ODSP 单元可以包括 CDR 电路，或者说，ODSP 单元具有 CDR 功能。

本申请不限定通信装置的功能或结构，例如，通信装置可以为第二方面所提供的任一种可能的通信装置。

第四方面，本申请提供一种方法，所述方法应用于系统，该系统可以为第一方面所述的系统。所述
35 系统可以包括通信装置和光模块，所述光模块包括存储单元和光发射单元，所述光发射单元包括调制器，所述光发射单元与所述业务模块直接连接，所述存储单元存储有所述调制器的非线性补偿信息。所述方法可以包括：所述通信装置获取所述非线性补偿信息，根据所述非线性补偿信息对电信号进行非线性补偿后发往所述光发射单元。所述调制器将输入所述光发射单元的电信号（或称非线性补偿后的电信号）调制为光信号。

40 由于通信装置在销售时可以未连接光模块，用户可以根据需要灵活选择光模块。不同类型调制器的非线性特性一般存在较大差异。通信装置根据光模块存储的调制器的非线性补偿信息对发往光发射单元的电信号进行非线性补偿，而不是按照通信装置中预存的非线性补偿信息来对电信号进行非线性补偿，有利于更加准确的补偿调制器对信号造成的非线性失真，从而降低信号的误码率，优化光通信的性能。

可选的，所述非线性补偿信息用于指示非线性补偿系数的值，或，用于确定所述非线性补偿系数的
45 值。所述非线性补偿信息和所述非线性补偿系数的含义可以参考第一方面所述的相关内容理解。

所述控制模块从所述存储单元读取所述非线性补偿信息，并根据所述非线性补偿信息配置所述业务

模块的非线性补偿系数；所述业务模块根据配置后的所述非线性补偿系数对电信号进行非线性补偿后发往所述光发射单元；所述调制器将非线性补偿后的所述电信号调制为光信号。

本申请不限定所述通信装置的结构，可选的，所述通信装置包括业务模块和控制模块，所述通信装置获取所述非线性补偿信息，根据所述非线性补偿信息对电信号进行非线性补偿后发往所述光发射单元，
5 可以包括：所述控制模块获取所述非线性补偿信息，并根据所述非线性补偿信息配置所述业务模块的非线性补偿系数；所述业务模块根据配置后的所述非线性补偿系数对电信号进行非线性补偿后发往所述光发射单元。

本申请不限定光模块的结构，所述光发射单元与所述业务模块直接连接可以指所述调制器与业务模块直接连接。或者，光发射单元可以包括时钟和数据恢复(clock and data recovery, CDR)电路以外的
10 的其他单元或电路，例如，光发射单元还可以包括驱动单元（或称驱动电路），所述光发射单元与所述业务模块直接连接可以指驱动电路与业务模块直接连接。在所述调制器将非线性补偿后的所述电信号调制为光信号之前，所述方法还包括：所述驱动电路对非线性补偿后的电信号进行放大和/或整形处理后输入所述调制器。所述调制器将非线性补偿后的所述电信号调制为光信号，包括：所述调制器将经过放大和/或整形处理的非线性补偿后的电信号调制为光信号。

15 光模块可以包括光发射单元以外的其他单元或电路，例如，可选的，所述光模块还包括光接收单元，所述方法还包括：所述光接收单元将接收的光信号转换为电信号后发往所述通信装置（例如所述业务模块）；所述通信装置（例如业务模块）从转换得到的电信号中获取数据。

可选的，所述光接收单元与所述通信装置（或业务模块）直接连接，这样有利于降低光模块的成本和功耗。或者，可选的，所述光模块还包括光学数字信号处理 ODSP 单元，所述 ODSP 单元与所述通信装置（或业务模块）直接连接。其中，所述光接收单元用于将接收的光信号转换为电信号后输入所述 ODSP
20 单元；所述 ODSP 单元用于对所述电信号执行时钟和数据恢复后发往所述通信装置（或业务模块）；所述通信装置（或业务模块）用于从恢复后的电信号中获取数据，有利于降低误码率。ODSP 单元可以包括 CDR 电路，或者说，ODSP 单元具有 CDR 功能。

第四方面所提供的方法可以为第一方面提供的系统中运行的方法，因此第四方面提供的方法所能获得到的技术效果可参考前述对应的系统示例所获得的技术效果，此处不再赘述。
25

第五方面，本申请提供一种方法，所述方法应用于通信装置中，该通信装置可以为第二方面所述的通信装置。所述通信装置用于直接连接光模块中的光发射单元。所述光模块包括存储单元和光发射单元，所述光发射单元包括调制器，所述存储单元存储有所述调制器的非线性补偿信息。所述方法包括：所述通信装置获取所述非线性补偿信息，根据所述非线性补偿信息对电信号进行非线性补偿后发往所述光发
30 射单元。

可选的，所述非线性补偿信息用于指示非线性补偿系数的值，或，用于确定所述非线性补偿系数的值。所述非线性补偿信息和所述非线性补偿系数的含义可以参考第一方面所述的相关内容进行理解。

由于通信装置在销售时可以未连接光模块，用户购买通信装置后可以根据需要购买光模块并将其连接至通信装置，而不同类型调制器的非线性特性一般存在较大差异。通信装置根据光模块存储的调制器的非线性补偿信息对发往光发射单元的电信号进行非线性补偿，而不是按照通信装置中预存的非线性补偿信息来对电信号进行非线性补偿，有利于通信装置更加准确的补偿调制器对信号造成的非线性失真，从而降低信号的误码率，优化光通信的性能。
35

本申请不限定所述通信装置的结构，可选的，所述通信装置包括业务模块和控制模块，所述通信装置获取所述非线性补偿信息，根据所述非线性补偿信息对电信号进行非线性补偿后发往所述光发射单元，
40 可以包括：所述控制模块获取所述非线性补偿信息，并根据所述非线性补偿信息配置所述业务模块的非线性补偿系数；所述业务模块根据配置后的所述非线性补偿系数对电信号进行非线性补偿后发往所述光发射单元。

本申请不限定光模块的结构，例如，光模块可以为第三方面所介绍的任意一种可能的结构。

第五方面所提供的方法可以为第二方面提供的通信装置中运行的方法，因此第五方面提供的方法所能获得到的技术效果可参考前述对应的通信装置示例所获得的技术效果，此处不再赘述。
45

第六方面，本申请提供一种方法，所述方法应用于光模块，所述光模块可以为第三方面所述的光模

块。所述光模块可以包括存储单元和光发射单元，所述光发射单元包括调制器，所述光发射单元用于直接连接通信装置（或通信装置中的业务模块），该通信装置可以为第二方面所述的通信装置。所述存储单元存储有所述调制器的非线性补偿信息，所述方法包括：所述光模块向所述通信装置提供所述非线性补偿信息，之后将输入所述光发射单元的电信号调制为光信号，其中，所述电信号为根据所述非线性补偿信息进行非线性补偿后的电信号。

所述光模块向所述通信装置提供所述非线性补偿信息的过程中，光模块可以接收通信装置发送的读请求，所述读请求用于请求读取所述非线性补偿信息，所述光模块可以根据所述读请求读取并向所述通信装置发送所述非线性补偿信息。或者，光模块可以主动向所述通信装置发送所述非线性补偿信息。

所述光模块向所述通信装置提供所述非线性补偿信息的过程中，可以由所述存储单元单独向所述通信装置提供所述非线性补偿信息，或者，所述光模块还包括控制单元，由控制单元和所述存储单元共同向所述通信装置提供所述非线性补偿信息，例如，所述控制单元接收所述读请求，根据读请求向所述存储单元读取所述非线性补偿信息，所述存储单元返回所述非线性补偿信息后，所述控制单元向所述通信装置发送所述非线性补偿信息。

可选的，光发射单元还可以包括驱动电路，驱动电路与通信装置（或业务模块）直接连接。所述调制器将电信号调制为光信号，包括：驱动电路对所述电信号进行放大和/或整形处理后输入所述调制器；所述调制器将放大和/或整形处理后的电信号调制为光信号。光发射单元不包括时钟和数据恢复（clock and data recovery, CDR）电路。

可选的，所述光模块还包括光接收单元，所述光接收单元与所述业务模块直接连接，所述方法还包括：所述光接收单元将接收的光信号转换为电信号后发往所述业务模块。

可选的，所述光模块还包括光接收器和光学数字信号处理 ODSP 单元，所述 ODSP 单元与所述业务模块直接连接，所述方法还包括：所述光接收单元将接收的光信号转换为电信号后输入所述 ODSP 单元；所述 ODSP 单元对所述电信号执行时钟和数据恢复后发往所述业务模块。

第六方面所提供的方法可以为第三方面提供的光模块中运行的方法，因此第六方面提供的方法所能获得到的技术效果可参考前述对应的光模块示例所获得的技术效果，此处不再赘述。

本申请不限定在第一方面~第六方面提供的结构（例如通信装置或模块或单元）的实现方式。可选的，该结构可以包括处理器和存储器。所述处理器用于执行所述存储器中存储的指令，以使该结构执行前文相应结构所执行的任一方法流程。可选的，该结构可以为芯片，该芯片包括一个或多个处理器。处理器中的部分或全部用于读取并执行存储器中存储的计算机程序，以执行前文相应结构所执行的任一方法流程。该存储器可以为芯片内的存储器或芯片外的存储器。

第七方面，本申请提供一种光网络，该光网络可以包括多个光通信设备，所述多个光通信设备中的不同光通信设备之间通过光互联网络通信连接。所述多个光通信设备中的至少一个光通信设备为第一方面所述的系统，或者，至少一个光通信设备中设置有第一方面所述的系统。光互联网络可以包括一个或多个光链路（例如光纤），还可以包括一个或多个光交换设备。

该光网络中的不同光通信设备可以部署在不同地理位置，或者，该光网络中的不同光通信设备可以部署在相同地理位置。可选的，该光网络还包括机柜，该机柜用于固定各光通信设备以及光互联网络。可选的，该光网络位于数据中心内。

第八方面，本申请提供一种计算机可读存储介质，包括指令，当其在计算机设备上运行时，使得所述计算机设备执行如前文任一方法，例如，执行如前文控制模块所执行的方法，或者，执行如前文业务模块所执行的方法，或者，执行如前文通信装置所执行的方法，或者，执行如前文系统中执行的方法，或者，执行如前文光模块中执行的方法。

第九方面，提供一种计算机程序产品，其特征在于，当其在计算设备上运行时，使得所述计算设备执行如前文任一方法，例如，执行如前文控制模块所执行的方法，或者，执行如前文业务模块所执行的方法，或者，执行如前文通信装置中执行的方法，或者，执行如前文系统中执行的方法，或者，执行如前文光模块中执行的方法。

由于本申请示例提供的各装置可用于执行前述对应的示例方法，因此本申请各装置示例所能获得到的技术效果可参考前述对应的方法示例所获得的技术效果，此处不再赘述。

附图说明

图 1-1 和图 1-2 分别示意性示出光网络可能的结构；
图 2 示意性示出本申请系统一种可能的结构；
图 3-1~图 3-4 示意性示出光通信设备几种可能的设计；
图 4-1~图 4-3 分别示意性示出信号的眼图；
图 5 示意性示出本申请方法一种可能的流程；
图 6~图 8 示意性示出本申请方法另一种可能的流程；
图 9 示意性示出本申请通信装置可能的结构；
图 10 示意性示出本申请光模块可能的结构。

10 具体实施方式

本申请方案可以应用于光网络。光网络具有高交换速度、低光功率损耗、低时延、低成本、以及没有波长竞争等优势。光网络可应用至数据中心网络 (data center network, DCN)、城域网、无源光纤网络 (passive optical network, PON)、光传送网 (optical transport network, OTN) 等, 具体不做限定。图 1-1 示意性示出光网络一种可能的结构。参考图 1-1, 光网络包括但不限于包括光通信设备 101、光通信设备 102、光通信设备 103 和光互联网络 104, 不同光通信设备之间可以通过光互联网络 104 传输光信号。光网络可以包括更多或更少的光通信设备。

图 1-1 中不同矩形框所代表的设备或网络可以部署在不同或相同地理位置, 例如, 光网络可以部署于数据中心的单个机柜或多个机柜内。图 1-2 示意性示出光网络一种可能的部署方式。参考图 1-2, 光网络可位于数据中心的机柜 100 内, 该机柜 100 用于固定各光通信设备以及光互联网络。

光互联网络可以包括一个或多个光链路 (例如光纤)。可选的, 光互联网络还可以包括一个或多个光交换设备, 光交换设备用于对光信号进行交换。

本申请不限定光通信设备的类型, 例如, 光通信设备可为光线路终端 (optical line terminal, OLT) 或光网络单元 (optical network unit, ONU) 或路由器或交换机或服务器或 OTN 传送设备或计算机设备等。

本申请提供一种系统, 该系统可以为图 1-1 或图 1-2 所示的光通信设备或部署于图 1-1 或图 1-2 所示的光通信设备中。图 2 示意性示出该系统一种可能的结构。参考图 2, 该系统可以包括通信装置和 m 个光模块 (或称光接口), m 为正整数。通信装置可以分别连接 m 个光模块。该系统可以分别通过 m 个光模块发送和/或接收光信号。在一些示例中, 该通信装置可以理解为尚未插入光模块的光通信设备。

下面, 以光模块 j 为例, 分别介绍该系统通过光模块发送光信号和接收光信号的过程。其中, j 为小于或等于 m 的正整数。

系统通过光模块 j 发送光信号的过程中, 通信装置可以向光模块 j 发送电信号, 光模块 j 可以将该电信号转换为光信号, 并发出该光信号, 例如向光互联网络 104 发送光信号。通信装置向光模块 j 发送的电信号可以携带数据。本申请不限定该数据的来源, 例如, 该数据可以为通信装置从其他设备接收的。

系统通过光模块 j 接收光信号的过程中, 光模块 j 可以将接收的光信号转换为电信号, 之后将电信号发送给通信装置, 例如, 光模块 j 可以从光互联网络 104 接收光信号。该通信装置可以从光模块 j 接收电信号, 并从电信号中获取数据。

本申请不限定通信装置的结构, 例如, 通信装置可以通过软件或硬件或软硬结合的方式实现。图 2 示意性示出通信装置一种可能的结构, 参考图 2, 通信装置可以包括但不限于包括相互连接的业务模块和控制模块。其中, 业务模块可以具有业务面 (或称数据面) 的功能, 用于处理业务面或带内的数据。前文提到的通信装置的功能可以由业务模块执行。控制模块具有控制面的功能, 用于处理控制面或带外的数据, 可以对业务模块进行控制。后文以通信装置包括业务模块和控制模块为例。

图 2 以不带箭头的实线连接线代表数据面的传输通道, 以不带箭头的虚线连接线代表控制面的传输通道。控制模块还可以用于连接系统中的光模块, 为了让附图简洁, 图 2 中未示出代表该连接关系的连接线。

参考图 2, 业务模块可以设置 n 个端口, 业务模块可以通过 n 个端口与 m 个光模块通信连接。单个光模块可以连接一个或多个端口, 例如, 单个光模块可以连接 1 个端口或 2 个端口或 4 个端口或 8 个端

口或 12 个端口等。不同光模块所连接的端口数目可以相同也可以不同。假设端口 i 为光模块 j 所连接的一个端口，端口 i 用于在业务模块和光模块 j 之间传输一路电信号（称作端口 i 的电信号）。

通信装置向光模块 j 发送电信号的过程中，业务模块可以向端口 i 发送电信号，光模块 j 可以通过端口 i 接收该电信号。类似的，光模块 j 向业务模块发送电信号的过程中，光模块 j 可以向端口 i 发送电信号，业务模块可以通过端口 i 接收电信号，并从该电信号中获取数据。

继续参考图 2，业务模块可以为每个端口设置一个电通信组件，例如业务模块设置有 n 个电通信组件，电通信组件 i 对应于端口 i。电通信组件用于向相应端口发送电信号，例如，电通信组件 i 可以用于向端口 i 发送电信号。电通信组件用于从相应端口接收电信号，例如，电通信组件 i 还可以通过端口 i 接收电信号，并从该电信号中获取数据。

本申请不限定电通信组件的实现方式，例如，电通信组件可以通过软件或硬件或软硬结合的方式实现，后文将举例介绍，此处暂不展开。本申请不限定不同电通信组件为相互独立的，在一些示例中，不同电通信组件可以集成在一起，或者，不同电通信组件中的一部分功能或元器件可以集成在一起。

类似的，光模块 j 可以为所连的每个端口设置一个光通信组件，参考图 2，光模块 j 可以包括光通信组件 i 和光通信组件 i+1。光通信组件可以用于从相应端口接收电信号，例如，光通信组件 i 用于从端口 i 接收电信号。光通信组件可以用于向相应端口发送电信号，例如，光通信组件 i 用于将光电转换后的电信号发往端口 i。

本申请不限定光通信组件的实现方式，例如，光通信组件可以通过软件或硬件或软硬结合的方式实现，后文将举例介绍，此处暂不展开。本申请不限定不同光通信组件为相互独立的，在一些示例中，不同光通信组件可以集成在一起，或者，不同光通信组件中的一部分功能或元器件可以集成在一起。

下面结合图 3-1~图 3-4 介绍业务模块的结构和光模块几种可能的的设计。

参考图 3-1，在光模块的第一种可能的的设计中，光模块包括但不限于光学数字信号处理（optical digital signal processor, ODSP）单元、光发射单元和光接收单元。

其中，光发射单元可以包括驱动电路和调制器。驱动电路用于对输入光发射单元的电信号进行放大和/或整形后输出至调制器，调制器用于将输入的电信号调制为光信号。

本申请不限定驱动电路的结构，例如，驱动电路可以包括一个或多个放大器。本申请不限定调制器的类型，例如，调制器可以包括调制电路和激光器，调制电路用于根据输入的电信号控制激光器输出光信号，或者，调制器为自带调制功能的激光器，以根据输入的电信号输出光信号。作为举例，调制器可以为如下任一类型的调制器：马赫曾德调制器（Mach-Zehnder, MZ）或外调制激光器（Externally Modulated Laser, EML）、直接调制激光器（Directly Modulated Laser, DML）和垂直腔面发射激光器（Vertical Cavity Surface Emitting Laser, VCSEL）。

其中，驱动电路为可选的电路。例如，光发射单元可以不包括驱动电路，光发射单元可以将输入的电信号直接输入调制器。在一些示例中，光发射单元还可以包括驱动电路和调制器以外的其他元器件或电路。但是，光发射单元不包括时钟和数据恢复（clock and data recovery, CDR）电路。

可选的，光接收单元包括光电转换器和放大电路。光电转换器用于将接收的光信号转换为电信号，放大电路用于对该电信号进行放大和/或整形后输出。本申请不限定光电转换器的类型，图 3-1 以光电转换器为光电探测器（photodetector, PD）为例。本申请不限定放大电路的实现方式，例如，放大电路可以包括跨阻放大器（transimpedance amplifier, TIA）、滤波器和限幅放大器中的至少一种。图 3-1 以放大电路为 TIA 为例。

其中，放大电路为可选电路。例如，光接收单元可以不包括放大电路，光接收单元可以直接输出光电转换得到电信号。在一些示例中，光接收单元还可以包括光电转换器和放大电路以外的其他元器件或电路。但是，光接收单元一般不包括 CDR。

其中，ODSP 单元用于对业务模块发送的电信号进行中继（称作发端中继）后输出至光发射单元，以减少光发射单元发出的光信号（或称发送信号）的失真或衰减，优化系统发送信号的性能。ODSP 单元用于对光接收单元输出的电信号进行中继（称作收端中继）后发往业务模块，以减少业务模块所接收的电信号（或称接收信号）的失真或衰减，优化系统接收信号的性能。ODSP 单元包括时钟和数据恢复（clock and data recovery, CDR）电路。

例如,为了减少因调制器的非线性特性所导致的发送信号的失真,ODSP 单元对电信号进行发端中继的过程中,可以对电信号进行非线性补偿。

例如,为了减少接收信号的失真,ODSP 单元对电信号进行收端中继的过程中,可以对电信号进行时钟和数据恢复处理。

5 在光模块的第一种可能的设计中,光模块中的 ODSP 与业务模块直接连接(或称直连),或者说,光发射单元和光接收单元分别通过 ODSP 单元与业务模块连接。

参考图 3-2,在光模块的第二种可能的设计中,光模块包括但不限于光发射单元和光接收单元。其中,光发射单元和光接收单元可以参考光模块的第一种可能的设计中的相关内容,此处不再赘述。和光模块的第一种可能的设计不同的,在光模块的第二种可能的设计中,光模块将接收到的电信号(例如从业务模块接收的电信号)直接输入光发射单元,并且,光模块将光接收单元输出的电信号直接发往业务模块。

在光模块的第二种可能的设计中,光发射单元和光接收单元分别与业务模块直接连接,光模块可以不包括 ODSP 单元。

15 参考图 3-3,在光模块的第三种可能的设计中,光模块包括但不限于光发射单元、光接收单元和 ODSP 单元。其中,光发射单元和光接收单元可以参考光模块的第一种可能的设计中的相关内容,此处不再赘述。和光模块的第一种可能的设计相同的,在光模块的第三种可能的设计中,光模块将光接收单元输出的电信号输入 ODSP 单元,通过 ODSP 单元对该电信号进行收端中继后发往业务模块。和光模块的第一种可能的设计不同的,在光模块的第三种可能的设计中,光模块虽然包括 ODSP 单元,但是,光模块接收到业务模块发送的电信号后,不将电信号输入 ODSP 单元,而是将电信号直接输入光发射单元。

20 在系统的第三种可能的设计中,光发射单元与业务模块直接连接,光接收单元通过 ODSP 单元与业务模块连接。

参考图 3-4,在光模块的第四种可能的设计中,光模块包括但不限于 ODSP 单元、光发射单元和光接收单元。其中,光发射单元和光接收单元可以参考光模块的第一种可能的设计中的相关内容,此处不再赘述。和光模块的第一种可能的设计相同的,在光模块的第四种可能的设计中,光模块接收到业务模块发送的电信号后,将电信号输入 ODSP 单元,通过 ODSP 单元对电信号进行发端中继后,将电信号输入光发射单元。和光模块的第一种可能的设计不同的,在光模块的第三种可能的设计中,光模块虽然包括 ODSP 单元,但是,光接收单元输出电信号后,光模块不将电信号输入 ODSP 单元,而是直接将电信号发往业务模块。

30 在光模块的第四种可能的设计中,光发射单元通过 ODSP 单元与业务模块连接,光接收单元与业务模块直接连接。

为了便于区分,本申请将第一种可能的设计中的 ODSP 单元称作双向 ODSP 单元,将第三种可能的设计中的 ODSP 单元称作收端 ODSP 单元,将第四种可能的设计中的 ODSP 单元称作发端 ODSP 单元。

可选的,光模块可以包括图 3-1~图 3-4 所示单元以外的其他单元。例如,光模块还可以包括控制单元和/或存储单元。其中,存储单元用于读和/或写信息,例如,存储单元用于响应于通信装置发送的请求,读取并向通信装置发送自身存储的信息。控制单元用于对光模块中其他单元进行控制。例如,控制单元可以配置光发射单元和/或光接收单元的参数,例如,控制单元可以控制存储单元的读和/或写操作,例如,控制单元用于响应于通信装置发送的请求,从存储单元读取信息并向通信装置发送该信息。本申请不限定存储单元的类型,可选的,存储单元为芯片内的存储单元,如寄存器、缓存等,存储单元还可以是位于芯片外部的存储单元,如只读存储器(read-only memory, ROM)或电可擦可编程只读存储器(electrically erasable programmable read-only memory, EEPROM)或可存储静态信息和指令的其他类型的静态存储设备或随机存取存储器(random access memory, RAM)等。

为了优化系统发送信号的性能,业务模块在向光模块发送电信号的过程中,业务模块可以对电信号进行均衡处理后发往光模块。本申请将业务模块对发往光模块的电信号进行的均衡处理称作发端均衡。

45 类似的,为了优化系统接收信号的性能,业务模块在接收光模块发送的电信号的过程中,业务模块可以对电信号进行均衡处理,从均衡处理后的电信号中获取数据。本申请将业务模块对来自光模块的电信号进行的均衡处理称作收端均衡。

图 3-1~图 3-4 示意性示出业务模块一种可能的结构。参考图 3-1~图 3-4 中任一附图中的业务模块，业务模块可以包括业务码流处理单元、发端均衡单元和收端均衡单元。其中，业务码流处理单元用于对数据进行编码得到电信号，发端均衡单元用于对业务码流处理单元输出的电信号进行发端均衡，之后将发端均衡后的电信号通过相应端口发送给光模块。收端均衡单元用于通过相应端口接收来自光模块的电信号，并对该电信号进行收端均衡，业务码流处理单元用于对收端均衡后的电信号进行解码得到数据。

本申请不限定发端均衡单元和收端均衡单元为相互独立的，在一些示例中，发端均衡单元和收端均衡单元可以集成在一起，或者，发端均衡单元和收端均衡单元的一部分功能或元器件可以集成在一起。

为了使附图简洁，图 3-1~图 3-4 仅示意性示出系统中的一个光模块。系统可以包括更多光模块，并且，同一系统中的不同光模块可以为上述同一设计所介绍的光模块，或者为不同设计所介绍的光模块。

图 3-1~图 3-4 以单个光模块同时包括光发射单元和光接收单元为例，可选的，单个光模块可以仅包括光发射单元或仅包括光接收单元。类似的，业务模块可以仅包括发端均衡单元或仅包括收端均衡单元。

图 3-1~图 3-4 示意性示出业务模块和光模块通过单个端口连接的场景，图 3-1~图 3-4 所示的业务模块和光模块中的各单元可以理解为分别设置在图 2 所示的通过同一端口相连的单个电通信组件和单个光通信组件中。可选的，在该系统中，业务模块和单个光模块之间可以通过更多端口相连，相应的，业务模块和光模块可以分别包括其他端口对应的电通信组件和光通信组件，其他端口对应的电通信组件的结构可以包括图 3-1~图 3-4 中任一附图所示业务模块中的单元，其他端口对应的光通信组件的结构可以包括图 3-1~图 3-4 中任一附图所示光模块中的单元。

本申请不限定单个光通信组件同时包括光发射单元和光接收单元，可选的，单个光通信组件可以仅包括光发射单元或仅包括光接收单元。类似的，单个电通信组件可以仅包括发端均衡单元或仅包括收端均衡单元。

以上介绍了业务模块可以具有对信号进行均衡处理（发端均衡或收端均衡）的功能，或者说，业务模块可以包括均衡单元（例如发端均衡单元或收端均衡单元）。

均衡处理（或均衡单元）用于补偿一种或多种信道失真，以优化系统与对端系统之间的通信性能。信道失真可以包括线性失真和非线性失真。本申请不限定信道失真的产生原因和类型。例如，上述信道失真可以包括但不限于包括如下至少一种：因光器件的带宽不足或光纤色散所导致的数据传输速率下降，因信号在信道（例如光纤）中受到码间干扰或信道衰落等所导致的信号畸变或信号衰减，因光模块中的调制器的非线性特性所导致的非线性失真等。

本申请不限定均衡处理的具体方法或均衡单元的实现方式，只要有利于补偿上述缺陷即可。例如，均衡单元可以包括一个或多个均衡器，该一个或多个均衡器用于补偿上述一种或多种缺陷。单个均衡器可以用于补偿一种或多种缺陷，单个缺陷可以通过一个或多个均衡器来进行补偿。

例如，均衡单元可以用于对电信号进行滤波处理，以去除信号传输过程中引入的干扰信息。相应的，均衡单元可以包括具有滤波功能的均衡器。

例如，均衡单元可以用于抑制电信号中的码间串扰，以提升信噪比，进而降低误码率。相应的，均衡单元可以包括一个或多个抑制码间串扰的均衡器。本申请不限定抑制码间串扰的均衡器的类型。可选的，该均衡器可以通过离散卷积抑制码间串扰，例如，该均衡器可以为前向均衡（feed-forward equalization, FFE）或判决反馈均衡（decision feedback equalizer, DFE）。可选的，该均衡器可以通过最大似然序列估计算法，在数字判决时将码间相关性引入，增加数字判决的信息量，从而降低误码率，为了便于描述，将该类均衡器称作估计算法均衡器。可选的，该均衡器可以利用低通滤波提取出低频分量后，从原信号中减除，从而抑制低频噪声，提升信噪比，降低误码率，为了便于描述，将该类均衡器称作低频噪声抑制均衡器。

例如，均衡单元可以用于改变电信号的线性度，以补偿通信过程中信号的非线性失真，例如，补偿因光模块中调制器的非线性特性所产生的非线性失真。相应的，均衡单元可以包括具有相应功能的均衡器（称作非线性均衡器）。其中，电信号的线性度可以通过电信号的眼图的如下至少一种参数来表征：电平幅度、内眼和外眼的相对幅度、眼斜量和眼高等。

例如，均衡处理可以用于改变电信号的幅度，以补偿通信过程中信号的衰减。相应的，均衡单元可以包括具有相应功能的均衡器，例如，均衡单元包括可变增益放大器。

本申请不限定均衡器的实现方式，只要有利于补偿上述缺陷即可。例如，均衡器可以通过软件或硬件或软硬结合的方式实现。本申请不限定均衡器为独立的电路，在一些示例中，不同均衡器或均衡器和其他电路可以集成在一起。例如，估计算法均衡器和低频噪声抑制均衡器可以集成在同一电路中，例如集成在数字信号处理（digital signal processing, DSP）中。

5 本申请将均衡处理过程中的参数或均衡单元的参数称作均衡参数。控制模块可以配置业务模块的均衡参数，或者说，控制模块可以向业务模块写入均衡参数的值，以指示业务模块根据配置后的均衡参数对信号进行均衡处理。

业务模块可以包括第一种类型的均衡参数，第一类型的均衡参数可以影响上述均衡处理的过程，例如，均衡参数可以包括或影响均衡单元中均衡器的参数，进而有利于影响均衡处理的效果（例如对信道失真的补偿程度或补偿效果）。均衡器的参数可以包括但不限于以下至少一项：均衡器的抽头的类型，
10 均衡器的阶数、均衡器的开关状态和均衡器的抽头系数等。其中，均衡器的阶数越高，均衡处理的能力一般越强，均衡处理的效果一般越优，但是功耗更低。反之，均衡器的阶数越低，均衡处理的能力一般越弱，均衡处理的效果一般越差，但是功耗更低。启用的均衡器的数目越多，均衡处理的能力一般越强，均衡处理的效果一般越优，但是功耗更低。反之，开启的均衡器的数目越少，均衡处理的能力越弱，均衡处理的效果一般越差，但是功耗更低。
15 均衡处理的效果一般越差，但是功耗更低。

业务模块可以包括第二种类型的均衡参数，第二种类型的均衡参数可以影响上述均衡处理的结果，例如，均衡参数可以包括或影响均衡单元或均衡器输出的电信号的质量参数，进而影响均衡处理的效果。该质量参数可以包括但不限于线性度、幅度（或强度）、信噪比、相位差和速率等。

业务模块可以包括第三种类型的均衡参数，第三种类型的均衡参数可以同时影响均衡处理的过程和结果，进而影响均衡处理的效果。
20 均衡处理的效果一般越差，但是功耗更低。

本申请将影响发端均衡的过程和/或结果的均衡参数称作发端均衡参数，发端均衡参数可以影响发端均衡处理的性能。参考图 3-1~图 3-4 所示的业务模块，发端均衡参数可以为发端均衡单元中的参数。发端均衡参数可以包括第一种类型的均衡参数、第二种类型的均衡参数和第三种类型的均衡参数中至少一种类型的均衡参数。例如，至少一个发端均衡参数可以包括非线性补偿系数，非线性补偿系数可以包
25 括或影响向光模块发送的电信号的眼图中电平幅度、内眼和外眼的相对幅度、眼斜量和眼高中的至少一种，以补偿因光模块中调制器的非线性特性所导致的非线性失真。

本申请将影响收端均衡的过程和/或结果的均衡参数称作收端均衡参数，收端均衡参数可以影响收端均衡的性能。参考图 3-1~图 3-4 所示的业务模块，收端均衡参数可以为收端均衡单元中的参数。收端均衡参数可以包括第一种类型的均衡参数、第二种类型的均衡参数和第三种类型的均衡参数中至少一种类型的均衡参数。例如，至少一个收端均衡参数可以包括但不限于包括或影响 DSP 阶数、FFE 阶数和 DFE
30 阶数中的至少一种。其中，DSP 阶数可以包括 DSP 中一个或多个均衡器的阶数。

以上介绍了系统的业务面（或称数据面）的功能，该系统还可以具有控制面的功能。例如，控制模块可以用于处理控制面的数据，对业务模块进行控制，例如控制模块可以配置业务模块的均衡参数，以控制业务模块执行均衡处理的过程和/或结果。

35 为了推动光通信技术的广泛应用，本申请提供一种优化系统的通信性能的方法。该方法的思路为：光模块可以存储配置信息，该配置信息一方面与光模块对信号质量的影响有关，另一方面可以用于指导所连业务模块的均衡参数，光模块可以向控制模块提供该配置信息，相应的，控制模块可以获取该配置信息，根据该配置信息配置业务模块的均衡参数，对光模块光电转换得到的电信号进行收端均衡，或者，对发往光模块的电信号进行发端均衡，相应的，光模块将发端均衡后的电信号转换为光信号，以提高系
40 统的通信性能。

对于前文介绍的第二种可能的设计或第三种可能的设计的光模块，由于光发射单元用于直接连接业务模块，而调制器具有非线性特性，因此，业务模块向光发射单元发送电信号后，光发射单元发出的光信号一般存在一定程度的非线性失真。

本申请不限定业务模块向光发射单元发送的电信号的类型，例如，电信号可以为 PAM-N 电信号，N
45 为正整数。以通信装置向光模块发送四电平幅度调制（pulse amplitude modulation 4 levels, PAM4）电信号为例，图 4-1 示意性示出该电信号的眼图（简称电眼图），图 4-2 示意性示出光模块输出的光信

号的眼图（简称光眼图）。如图 4-1 所示，电眼图中的内眼的幅度（即 AV_{mid} ）的值等于或近似等于外眼的幅度（即 AV_{low} 或 AV_{upp} ）的值，眼斜（eye skew）的值为 0 或近似为 0。如图 4-2 所示，光眼图中的内眼的幅度的值大于外眼的幅度的值，眼斜的值大于 0，也就是说，相对于输入光模块的电信号，光模块输出的光信号发生非线性失真。

5 因此，对于前文介绍的第二种可能的设计或第三种可能的设计的光模块，光模块可以存储并向控制模块提供调制器的非线性补偿信息，有利于接收根据该非线性补偿信息进行非线性补偿后的电信号，调制器将补偿后的电信号调制为光信号，有利于补偿光信号中的非线性失真。该非线性补偿信息可以为光模块出厂前存储在光模块中的。下面介绍调制器的非线性补偿信息。

10 可选的，光模块存储的非线性补偿信息可以用于指示非线性补偿系数的值。调制器的非线性补偿信息所指示的非线性补偿系数的值可以用于减少或消除调制器引入的非线性失真。厂商可以在光模块出厂前，标定调制器所需的非线性补偿系数的值。例如，光模块的厂商可以基于测量光模块输出的光信号与输入的电信号的差异向光模块中存储非线性补偿系数的值。

按照该非线性补偿系数的值对待输入光发射单元的电信号进行非线性补偿，有利于减少或消除调制器对信号造成的非线性失真。假设，按照该非线性补偿系数的值对图 4-1 所示的电信号进行非线性补偿后，得到的非线性补偿后的电信号的眼图（简称补偿后的电眼图）如图 4-3 所示。参考图 4-3，补偿后的电眼图中的内眼的幅度的值小于外眼的幅度的值，眼斜的值小于 0。也就是说，按照该非线性补偿系数对电信号进行非线性补偿的过程，相当于向电信号中引入了非线性失真，并且，该非线性失真用于补偿调制器所引入的非线性失真，从而消除或减小调制器输出的光信号的非线性失真，例如使得调制器输出的光信号的眼图的参数与图 4-1 所示的电眼图的参数相同或相近。

20 本申请不限定非线性补偿系数的类型，例如，非线性补偿系数包括电信号的如下至少一种参数：内眼和外眼的相对幅度、电平幅度、眼斜量和眼高等。可选的，该电信号指非线性补偿后的电信号。下面分别介绍这几种参数。

可选的，非线性补偿系数可以包括内眼和外眼的相对幅度。参考图 4-1，内眼的幅度可以为 AV_{mid} ，外眼的幅度可以为 AV_{upp} 或 AV_{low} 。其中， AV_{low} ， AV_{mid} ， AV_{upp} 分别代表电平幅度 4 的值与电平幅度 3 的差值，电平幅度 3 的值与电平幅度 2 的差值，电平幅度 2 的值与电平幅度 1 的差值。那么，内眼和外眼的相对幅度的值用于表征内眼的幅度和外眼的幅度之间的差异，例如，内眼和外眼的相对幅度的值可以包括 AV_{mid}/AV_{upp} ，和/或， AV_{mid}/AV_{low} 。

可选的，非线性补偿系数可以包括电信号的电平幅度。PAM-N 电信号的电平幅度的值可以包括 PAM-N 电信号中的 N 个电平幅度中至少一个电平幅度的绝对值或相对值。

30 以 PAM4 电信号为例，PAM4 电信号一般具有四个电平幅度（例如分别为图 4-1 所示的电平幅度 1~电平幅度 4），其电平幅度的值可以包括四个电平幅度中每个电平幅度的值。例如，对于 7bit 存储器，PAM4 电信号的电平幅度的绝对值可以为 $[-63, -10, +10, +63]$ ，该电信号的电平幅度的相对值可以为 $[-1, -0.2, +0.2, +1]$ 。

由于四电平之中的最高电平（即电平幅度 4）和最低电平（即电平幅度 1）往往对应业务模块所能输出的电信号的最大幅度，因此，PAM4 电信号的电平幅度的值还可以简化为包括中间两个电平幅度的绝对值，例如 $[-10, +10]$ ，或者，包括中间两个电平幅度的相对值，例如 $[-0.2, +0.2]$ 。

本申请不限定电平幅度 1 和电平幅度 4 互为相反数，电平幅度 2 和电平幅度 3 互为相反数。当认为电平幅度 1 和电平幅度 4 互为相反数，电平幅度 2 和电平幅度 3 互为相反数时，可以进一步将电信号的电平幅度的绝对值简化为+20，或者，将电信号的电平幅度的相对值简化为+0.2。以上，举例说明了电平幅度的值一种可能的数据格式，但不应用于限制本申请的保护范围，其他可用于确定电平幅度的值的数据格式也属于本申请的保护范围。

45 可选的，非线性补偿系数可以包括眼斜量或眼斜补偿量（eye skew）。参考图 4-2 或图 4-3，可将最高电平的信号中点与最低电平的信号中点之差作为眼斜的物理量。眼斜具有时间量纲，可以绝对值或相对值形式储存。例如，假设眼斜量的绝对值为 3 ps。眼斜量的相对值可以为眼斜量与信号周期的相对值，假设眼斜量的绝对值和周期分别为 3 ps 和 1/53 G，那么，眼斜量的相对值可以为 0.16 UI(unit interval)。由于光眼图的眼斜量（例如图 4-2 所示）一般为向右的眼斜或称眼斜量的值大于 0，因此，均衡后的电

眼图的眼斜量（例如图 4-3 所示）一般为向左的眼斜或称眼斜量的值小于 0。为了节约存储空间，光模块中存储的眼斜量的值可以省略用于表示眼斜的方向或正负的字段。

可选的，非线性补偿系数可以包括眼高。眼高可以指眼图中上下两个边缘之间的距离，代表了信号的幅度范围，或者说，眼高代表了业务模块或发端均衡模块所输出的电信号的幅度或峰峰值。眼高的值可以为眼高的绝对值，或者，眼高的值可以为眼高的绝对值与上述最大幅度之间的相对值。眼高的值可以包含在电信号的电平幅度的值中，也可以单独存储和传递。

本申请不限定光模块对非线性补偿系数的值的存储方式。为了便于通信装置从不同类型的光模块中获取非线性补偿系数的值，对于不同类型的光模块，非线性补偿系数的值可以存储在存储单元的相同存储地址（称作第一存储地址）。下面举例介绍光模块对非线性补偿系数的值的存储方式。

10 例如，第一存储地址包括不连续的多个存储位置。

非线性补偿系数可以包括眼图的多个参数的值，并且，不同参数的值分别独立存储在存储单元的不同存储位置。存储单元的存储位置可以包括页（Page）和字节（Bytes）两个字段，Page 字段的值的后缀 h 表示十六进制，即 19h 表示十六进制数字 19。例如，电信号的电平幅度的值可以存储于存储单元的 Page 19h, Bytes 144-148。眼斜量的值可以存储于 Page 2Fh, Bytes 146-148。眼高的值可以存储于 Page 2Fh, Bytes 149-150。

15 例如，第一存储地址为存储单元中一个连续的存储空间。

非线性补偿系数可以包括眼图的多个参数的值，并且，多个参数的值存储在存储单元的同存储位置。存储单元的同存储位置可以指存储单元中连续的存储空间。例如，电信号的电平幅度的值、眼斜量的值和眼高的值存储于 Page 19h, Bytes 144。对于数据位数较少的情况具有可行性。

20 可选的，对于不同类型的光模块，第一存储地址可以存储相同类型的非线性补偿系数。或者，可选的，对于不同类型的光模块，第一存储地址可以存储不同类型的非线性补偿系数。光模块的类型不同可以指光模块中调制器的类型不同。例如，当调制器类型为 VCSEL 时，Page 19h, Bytes 144-148 存储眼斜量的值；当调制器类型不是 VCSEL 时，该存储位置存储电信号的电平幅度值。

25 若光模块未存储上述非线性补偿系数的值，光模块的存储单元中的第一存储地址所存储的信息可以为默认值，例如 0。

可选的，光模块存储的非线性补偿信息可以用于确定非线性补偿系数的值。控制模块可以根据非线性补偿信息配置业务模块的非线性补偿系数。

30 可选的，非线性补偿信息可以指示用于影响电信号的线性度的补偿系数的值（称作第一非线性补偿系数的值），第一非线性补偿系数与控制模块实际调整的非线性补偿系数的类型可以不同，只要控制模块根据非线性补偿信息配置业务模块的非线性补偿系数后，使得业务模块向光模块发送电信号的第一非线性补偿系数的值更加接近所述非线性补偿信息所指示的第一非线性补偿系数的值即可。

35 不同类型的调制器和不同的厂家一般会对电光转换的非线性特性产生较大影响。例如，对于 MZ，其输出的光信号的眼图中内眼和外眼的相对幅度的值较小，眼斜的值较小。对于 EML，其输出的光信号的眼图中内眼和外眼的相对幅度的值较大，眼斜的值较小。对于 VCSEL，其输出的光信号的眼图中内眼和外眼的相对幅度的值较小，眼斜的值较大。

因此，为了便于与光模块相连的通信装置补偿光模块的非线性失真，可选的，光模块存储的非线性补偿信息可以为光模块的信息，光模块的信息用于指示光模块的调制器类型和/或光模块的厂家信息等。

40 例如，光模块的信息可以包括调制器类型的索引值和/或光模块的厂家信息的索引值，调制器类型的索引值用于在多个调制器类型中确定一个调制器类型，厂家信息的索引值用于在多个厂家信息中索引到一个或多个厂家信息。

本申请不限定光模块对光模块的信息的存储方式。为了便于通信装置从不同类型的光模块中获取光模块的信息，对于不同类型的光模块，光模块的信息可以存储在存储单元的相同存储地址（称作第二存储地址）。下面举例介绍光模块对光模块的信息的存储方式。

45 光模块可以按照通用管理接口规范（common management interface specification, CMIS）国际标准的相关规定，在存储单元中存储调制器类型的索引值。例如，存储单元中的存储位置 Page00H Byte147，用于存储调制器类型的索引值，并且，当索引值为 0110b 时，该索引值所指示的调制器类型

为 1310nm EML，当索引值为 0000b 时，该索引值所指示的调制器类型为 850nm VCSEL，当索引值为 1000b 时，该索引值所指示的调制器类型为 MZ 调制器。由于不需要光模块将所需的非线性补偿系数的值以指定的格式存储到指定的存储位置，因此不依赖国际标准和光模块对通信装置的配合，可提升光模块的适配性。

参考图 2，光模块可以包括一个或多个光通信组件，每个光通信组件包括一个光发射单元。当光模块包括多个光通信组件时，光模块可以存储每个光通信组件中调制器的非线性补偿信息。当不同光通信组件包括相同类型的调制器时，为了节约存储空间，光模块中存储的单个调制器的非线性补偿信息可以用于代表多个光通信组件中调制器的非线性补偿信息。

基于光模块的存储单元存储有调制器的非线性补偿信息，下面介绍本申请提供的一种方法。该方法可以应用于前文介绍的任一系统中。参考图 5，该方法可以包括 S501~S504。在图 5 中，以带有箭头的加粗实线代表传输数据面的电信号，以带有箭头的加粗虚线代表传输数据面的光信号，以带有箭头的未加粗实线代表传输控制面的电信号。

S501、控制模块从光模块的存储单元读取调制器的非线性补偿信息；

基于光模块的存储单元存储有前文介绍的非线性补偿信息，光模块可以向控制模块提供非线性补偿信息，相应的，控制模块可以获取该非线性补偿信息。

参考图 2，假设光模块通过端口 i 连接业务模块，控制模块可以从光模块读取光通信组件 i 中光发射单元的调制器的非线性补偿信息。

本申请不限定光模块向控制模块提供非线性补偿信息或控制模块从光模块中获取非线性补偿信息的具体过程，例如，控制模块可以从前文介绍的第一存储位置获取调制器的非线性补偿信息，或者，光模块可以主动向控制模块发送该非线性补偿信息。

本申请不限定控制模块从光模块获取非线性补偿信息的时机，例如，当光模块连接至业务模块的端口 i 后，控制模块可以执行 S501。

S502、控制模块根据非线性补偿信息配置业务模块的非线性补偿系数；

控制模块获取非线性补偿信息后，可以根据非线性补偿信息配置业务模块的非线性补偿系数，以消除或减小光模块的调制器向发送的信号中引入的非线性失真。

如前文，可选的，非线性补偿信息可以用于指示非线性补偿系数的值，控制模块可以向业务模块写入非线性补偿信息所指示的非线性补偿系数的值。参考图 2，控制模块可以向电通信组件 i 写入非线性补偿系数的值。参考图 3-2 或图 3-3，控制模块可以向电通信组件 i 中的发端均衡单元写入非线性补偿系数的值。

如前文，可选的，非线性补偿信息可以包括光模块的信息，光模块的信息可以用于指示调制器的类型和/或光模块的厂家信息，控制模块可以根据光模块的信息确定非线性补偿系数的值，之后向业务模块写入非线性补偿系数的值。

本申请不限定控制模块根据光模块的信息确定非线性补偿系数的值的具体实现方式。例如，控制模块可以获取系数表，该系数表关联存储光模块的信息和非线性补偿系数的值，控制模块通过查表确定非线性补偿系数的值。例如，控制模块可以将光模块的信息输入某个算法，该算法可以输出非线性补偿系数的值，本申请不限定该算法的实现方式，例如，该算法可以为经过训练的机器学习算法。

光模块的信息不同，控制模块所确定的非线性补偿系数的值一般不同。如前文介绍的，非线性补偿系数可以包括或用于影响业务模块（或发端均衡单元）向光发射单元发送的电信号的眼图的一种或多种参数。表 1 示意性示出控制模块根据不同类型的调制器所确定的电眼图的参数值的差异。为了便于描述，将根据某种调制器类型确定的电眼图的参数值称作该调制器类型对应的电眼图的参数值。参考表 1，由于 EML 对电信号的电平幅度的非线性补偿需求大于 MZ 或 VCSEL 的需求，因此，EML 对应的内眼的幅度/外眼的幅度的值大于 MZ 或 VCSEL 所对应的内眼的幅度/外眼的幅度的值。参考表 1，由于 VCSEL 对眼斜的非线性补偿需求大于对 MZ 或 EML 的需求，因此，VCSEL 对应的眼斜量的值大于 MZ 或 EML 所对应的眼斜量的值。

表 1

调制器类型	内眼的幅度/外眼的幅度	眼斜量
MZ	较小	较小
EML	较大	较小
VCSEL	较小	较大

S503、业务模块根据配置后的非线性补偿系数对电信号进行非线性补偿后发往光发射单元；

控制模块配置业务模块的非线性补偿系数后，业务模块可以根据配置后的非线性补偿系数对电信号进行非线性补偿后，向光发射单元发送非线性补偿后的电信号。

控制模块向电通信组件 i 中的发端均衡单元写入非线性补偿系数的值后，发端均衡单元可以根据配置后的非线性补偿系数对输入的电信号进行非线性补偿后通过端口 i 发往光通信组件 i 中的光发射单元。假设非线性补偿前的电信号的眼图如图 4-1 所示，非线性补偿后的电信号的眼图如图 4-3 所示。

S504、光发射单元将输入的电信号转换为光信号；

光发射单元接收到非线性补偿后的电信号后，可以将该电信号转换为光信号。

光模块可以如图 3-2 或图 3-3 所示，光模块通过端口 i 接收电信号后，不经由 ODSP 单元对电信号进行处理，而是直接将电信号输入光通信组件 i 的光发射单元。

参考前文对光发射单元的介绍，光发射单元可以包括驱动电路和调制器。光发射单元接收到非线性补偿后的电信号后，驱动电路可以对非线性补偿后的电信号进行放大和/或整形处理后输入调制器，调制器可以将输入的电信号调制为光信号。

参考前文对光发射单元的介绍，光发射单元可以包括调制器，不包括驱动电路。光发射单元接收到非线性补偿后的电信号后，调制器可以将非线性补偿后的电信号调制为光信号。

可选的，光模块还可以包括光接收单元，在图 5 对应的方法中，本申请不限定通信装置通过光模块接收信号的过程。可选的，光模块不包括光接收单元，通信装置仅通过该光模块发送信号，而不通过该光模块接收信号。

由于通信装置在销售时，其业务模块一般尚未连接光模块，用户购买通信装置后可以根据需要购买光模块并将光模块连接至业务模块。因此，控制模块根据光模块存储的调制器的补偿信息来配置业务模块的非线性补偿系数，而不是按照通信装置中的预存信息来配置非线性补偿系数，有利于更加准确的补偿光模块对信号造成的非线性失真。

以 EML 调制器为例，业务模块未根据配置的非线性补偿系数对电信号进行非线性补偿时，业务模块向光发射单元发送的电信号的眼图为图 4-1 所示的四电平等距分布，而 EML 调制器输出的光眼图出现图 4-2 所示的“内眼眼大，外眼小”的现象。业务模块根据配置后的非线性补偿系数向光发射单元发送电信号（电眼图例如图 4-3 所示）后，EML 调制器输出的光眼图可达成近似图 4-1 的效果，即四电平等距分布，有利于将误码率改善 1 个数量级以上。

在图 5 对应的方法中，假设光模块通过多个端口连接业务模块，控制模块可以从光模块读取每个端口对应的光通信组件中光发射单元的调制器的非线性补偿信息，根据获取到的非线性补偿信息配置相应端口对应的电通信组件中的非线性补偿系数。下面，基于图 2 所示的系统 and 图 5 所示的方法，介绍业务模块根据端口 i 对应的光通信组件 i 中调制器的非线性补偿信息配置端口 i 对应的电通信组件 i 的非线性补偿系数的可能流程。

参考图 6，该配置流程可以包括 S601~S604，或包括 S601、S605~S607，或包括 S601~S607。

S601、业务模块向端口 i 写入非线性补偿系数的默认值；

通信装置出厂时可以存储有非线性补偿系数的默认值，业务模块可以向端口 i 对应的电通信组件 i（或电通信组件 i 中的发端均衡单元）写入非线性补偿系数的默认值，作为初始参数配置。

S602、控制模块读取光模块 j 存储的调制器 i 的非线性补偿系数的值；

将光模块 j 中光通信组件 i 中的调制器称作调制器 i。光模块 j 存储有调制器 i 的非线性补偿系数的值。

光模块 j 连接至业务模块的端口 i 和端口 i+1 后,控制模块可以读取光模块 j 存储的调制器 i 的非线性补偿系数的值。由于光模块所需的非线性补偿系数的值与通信装置的电链路插损近似无关,所以可以在光模块出厂前标定该光模块所需的非线性补偿系数的值,并存储在光模块的存储单元的确定位置(例如前文介绍的第一存储位置)。

5 S603、控制模块判断读取的信息是否合法,若是,则执行 S604,若否,则执行 S605;

控制模块读取约定位置 1 的信息后,判断读取的信息是否合法,若合法,则控制模块可以执行 S604,若不合法,则执行 S605。

对于出厂未配置所需非线性补偿系数的值的光模块,控制模块在 S602 中读取到的信息为默认的非法值或非正确数据格式,此时,也可以不执行 S605,而是维持默认配置信息不变。

10 S604、控制模块向业务模块的端口 i 写入非线性补偿系数的值;

控制模块可以向业务模块的端口 i 对应的电通信组件 i (或电通信组件 i 中的发端均衡单元)写入读取的非线性补偿系数的值。之后,控制模块可以继续开始配置端口 i+1。

控制模块配置端口 i+1 的流程可以参考图 6 所示的控制模块配置端口 i 的流程。本申请不限定控制模块串行配置不同端口,可选的,控制模块可以并行配置不同端口。

15 S605、控制模块从光模块 j 读取调制器 i 的类型;

光模块 j 可以存储有调制器 i 的信息,调制器 i 的信息可以指示调制器 i 的类型。例如,光模块 j 将该信息存储在约定位置(例如前文介绍的第二存储位置)。控制模块可以从光模块 j 读取该信息,以确定调制器 i 的类型。

S606、控制模块判断读取的信息是否合法,若是,则执行 S607,若否,则开始配置端口 i+1。

20 控制模块读取约定位置 2 的信息后,判断读取的信息是否合法,若合法,则控制模块可以执行 S607,若不合法,则开始配置端口 i+1。

对于出厂未配置调制器 i 的信息的光模块,控制模块在 S605 中读取到的信息为默认的非法值或非正确数据格式。

S607、控制模块根据调制器 i 的类型确定非线性补偿系数的值,并将其写入业务模块的端口 i。

25 控制模块根据调制器 i 的类型确定非线性补偿系数的值后,可以向业务模块的端口 i 对应的电通信组件 i (或电通信组件 i 中的发端均衡单元)写入读取的非线性补偿系数的值。之后,控制模块可以继续开始配置端口 i+1。

控制模块配置端口 i+1 的过程可以参考配置端口 i 的过程,例如,可以将上述方法中的 i 替换为 i+1,将光模块 j 替换为替换后的端口所连接的光模块。控制模块对所有在位光模块的所有高速链路执行上述方法,以完成各端口的发端均衡参数的配置。

30 当控制模块未获取到调制器的非线性补偿信息时,控制模块可以根据非线性补偿系数的默认值向光模块发送电信号,有利于保证通信装置对不同设计的光模块的兼容性。

由于不同设计的光模块所具有的发端均衡能力一般不同,光模块还可以存储用于指示自身的发端均衡能力的信息(称作发端均衡能力信息),控制模块读取发端均衡能力信息后可以根据该信息配置相应的发端均衡参数,有利于在系统中实现最优的发送信号的性能,以兼顾较优的信号质量和较低的功耗。

35 由于不同设计的光模块所具有的收端均衡能力一般不同,光模块还可以存储用于指示自身的收端均衡能力的信息(称作收端均衡能力信息),控制模块读取收端均衡能力信息后可以根据该信息配置相应的收端均衡参数,有利于在系统中实现最优的接收信号的性能,以兼顾较优的信号质量和较低的功耗。

对于前文介绍的第一种可能的设计或第三种可能的设计的光模块,由于光接收单元经由 ODSP 单元连接业务模块,ODSP 单元具有较优的收端均衡能力,因此,可以认为该光模块具有较弱的收端均衡能力,本申请将这种设计的光模块称作强收端均衡光模块。对于前文介绍的第二种可能的设计或第四种可能的设计的光模块,由于光接收单元不再经由 ODSP 单元连接业务模块,而是直接连接业务模块,因此,可以认为该光通信组件具有较弱的收端均衡能力,本申请将这种设计的光模块称作弱收端均衡光模块。

光模块可以存储收端均衡能力信息,该信息用于指示该光模块的收端均衡能力的强弱。

45 例如,该信息用于指示光模块为强收端均衡光模块或弱收端均衡光模块。或者,可以将收端均衡能力划分为多个级别,任意两个级别所代表的收端均衡能力的强弱关系是确定的。该信息可以用于指示该

光模块的收端均衡能力为多个级别中的一个级别。

例如，收端均衡能力信息用于指示光模块为前文介绍的第一种可能的设计的光模块或第二种可能的设计的光模块或第三种可能的设计的光模块或第四种可能的设计的光模块。

或者，收端均衡能力信息用于指示光模块包括 ODSP 单元或不包括 ODSP 单元。

- 5 或者，收端均衡能力信息用于指示光模块中的光接收单元用于直接连接业务模块或者用于通过 ODSP 单元连接业务模块。

本申请不限定光模块对收端均衡能力信息的存储方式。为了便于通信装置从不同类型的光模块中获取收端均衡能力信息，对于不同类型的光模块，收端均衡能力信息可以存储在存储单元的相同存储地址（称作第三存储地址）。

- 10 参考图 2，光模块可以包括一个或多个光通信组件，每个光通信组件包括一个光发射单元。当光模块包括多个光通信组件时，不同光通信组件的收端均衡能力可以相同或不同。可选的，光模块存储的收端均衡能力信息用于指示每个光通信组件的收端均衡能力。

基于光模块的存储单元存储有收端均衡能力信息，下面介绍本申请提供的另一种方法。该方法可以应用于前文介绍的任一系统中。参考图 7，该方法可以包括 S701~S704。在图 7 中，以带有箭头的加粗实线代表传输数据面的电信号，以带有箭头的加粗虚线代表传输数据面的光信号，以带有箭头的未加粗实线代表传输控制面的电信号。

- 15 S701、控制模块从光模块的存储单元读取光模块的收端均衡能力信息；
基于光模块的存储单元存储有前文介绍的收端均衡能力信息，光模块可以向控制模块提供收端均衡能力信息，相应的，控制模块可以从存储单元读取该收端均衡能力信息。
20 参考图 2，假设光模块通过端口 i 连接业务模块，控制模块可以从光模块读取光通信组件 i 的收端均衡能力信息。

本申请不限定控制模块从光模块中获取收端均衡能力信息的具体过程，例如，控制模块可以从前文介绍的第三存储位置获取收端均衡能力信息，或者，光模块可以主动向控制模块发送该收端均衡能力信息。

- 25 本申请不限定控制模块从光模块获取收端均衡能力信息的时机，例如，当光模块连接至业务模块的端口 i 后，控制模块可以执行 S701。

S702、控制模块根据收端均衡能力信息配置业务模块的收端均衡参数；

控制模块获取收端均衡能力信息后，可以根据收端均衡能力信息配置业务模块的收端均衡参数，以提高业务模块从光模块接收的电信号的信号质量（例如降低误码率），优化系统接收信号的性能。

- 30 如前文，收端均衡能力信息可以用于指示光模块的收端均衡能力，例如，用于指示光模块将光信号转换为电信号后，在向业务模块发送该电信号之前，是否对电信号进行时钟和数据恢复处理。控制模块可以根据收端均衡能力信息确定确定收端均衡参数的值，之后向业务模块写入收端均衡参数的值。

收端均衡能力不同，控制模块所确定的收端均衡参数的值一般不同。本申请不限定控制模块根据收端均衡能力信息确定收端均衡参数的值的具体实现方式。例如，控制模块可以获取参数表，该参数表关联存储收端均衡能力信息和收端均衡参数的值，控制模块通过查表确定收端均衡参数的值。例如，控制模块可以将收端均衡能力信息输入某个算法，该算法可以输出收端均衡参数的值，本申请不限定该算法的实现方式，例如，该算法可以为经过训练的机器学习算法。

- 35 参考前文对收端均衡参数的介绍，收端均衡参数可以为收端均衡单元中的参数。例如，收端均衡参数可以包括但不限于包括或影响 DSP 阶数、FFE 阶数和 DFE 阶数中的至少一种。

- 40 光模块的收端均衡能力不同，控制模块所确定的收端均衡参数的值一般不同。例如，当光模块对光电转换得到的电信号进行收端均衡的能力较优时，控制模块配置的收端均衡参数的值可以用于降低业务模块对该光模块发送的电信号的收端均衡的能力。例如控制模块可以减小收端均衡单元中全部或部分均衡器的阶数，以在系统中兼顾较优的信号质量和较低的功耗。反之，当光模块对光电转换得到的电信号进行收端均衡的能力较弱时，控制模块配置的收端均衡参数的值可以用于提高业务模块对该光模块发送的电信号的收端均衡的能力。例如控制模块可以增加收端均衡单元中全部或部分均衡器的阶数，以优化从光模块接收的电信号的信号质量。
45

参考图 2，光模块 j 的收端均衡能力信息可以指示光通信组件 i 的收端均衡能力，控制模块可以向电通信组件 i 写入收端均衡参数的值。参考图 3-2 或图 3-4，控制模块可以向电通信组件 i 中的收端均衡单元写入非线性补偿系数的值。

S703、光接收单元将输入的光信号转换为电信号后发往业务模块；

- 5 光接收单元接收到光信号后，可以将该光信号转换为电信号后，将电信号发往业务模块。

光模块可以如图 3-2 或图 3-4 所示，光模块将光信号转换为电信号后，不经由 ODSP 单元对电信号进行处理，而是直接向端口 i 发送电信号。

参考前文对光接收单元的介绍，光接收单元可以包括光电转换器和放大电路。光电转换器将光信号转换为电信号后，放大电路可以对电信号进行放大和/或整形处理后，向业务模块发送该电信号。

- 10 参考前文对光接收单元的介绍，光接收单元可以包括光电转换器，不包括放大电路。光电转换器将光信号转换为电信号后，向业务模块发送该电信号。

可选的，光模块还可以包括光发射单元，在图 7 对应的方法中，本申请不限定通信装置通过光模块发射信号的过程。可选的，光模块不包括光发射单元，通信装置仅通过该光模块接收信号，而不通过该光模块发射信号。

- 15 S704、业务模块根据配置后的收端均衡参数对电信号进行收端均衡后获取数据；

控制模块配置业务模块的收端均衡参数后，业务模块可以根据配置后的收端均衡参数对光模块发送的电信号进行发端均衡，之后从均衡后的电信号中获取数据。

本申请不限定收端均衡的具体方法，如前文介绍的，对电信号进行发端均衡可以包括对电信号进行如下任意一种或多种处理：滤波、抑制电信号中的码间串扰和放大等。

- 20 例如，控制模块向电通信组件 i 中的收端均衡单元写入收端均衡参数的值后，收端均衡单元通过端口 i 接收来自光通信组件 i 的电信号后，可以根据配置后的收端均衡参数对电信号进行收端均衡，以优化电信号的信号质量，之后将电信号输入业务码流处理单元，业务码流处理单元从电信号中获取数据。

由于通信装置在销售时，其业务模块一般尚未连接光模块，用户购买通信装置后可以根据需要购买光模块并将光模块连接至业务模块。因此，控制模块根据光模块存储的收端均衡能力信息来配置业务模块的收端均衡参数，而不是按照通信装置中的预存信息来配置收端均衡参数，有利于在系统中实现最优的接收信号的性能，以兼顾较优的信号质量和较低的功耗。

在图 7 对应的方法中，假设光模块通过多个端口连接业务模块，控制模块可以从光模块读取每个端口对应的光通信组件的收端均衡能力信息，根据获取到的收端均衡能力信息配置相应端口对应的电通信组件中的收端均衡参数。

- 30 可选的，对于前文介绍的第二种可能的设计或第三种可能的设计的光模块，光模块可以存储配置信息，该配置信息包括调制器的非线性补偿信息和收端均衡能力信息。

基于光模块存储调制器的非线性补偿信息和收端均衡能力信息，下面介绍本申请提供的另一种方法。该方法可以应用于前文介绍的任一系统中。参考图 8，该方法可以包括 S801~S807。在图 8 中，以带有箭头的加粗实线代表传输数据面的电信号，以带有箭头的加粗虚线代表传输数据面的光信号，以带有箭头的未加粗实线代表传输控制面的电信号。

- 35 S801、控制模块从光模块的存储单元读取配置信息；

基于光模块的存储单元存储有配置信息，光模块可以向控制模块提供配置信息，相应的，控制模块可以从存储单元读取该配置信息。该配置信息包括前文介绍的调制器的非线性补偿信息和收端均衡能力信息。

- 40 S802、控制模块根据非线性补偿信息配置业务模块的非线性补偿系数；

S803、业务模块根据配置后的非线性补偿系数对电信号进行非线性补偿后发往光发射单元；

S804、光发射单元将输入的电信号转换为光信号；

S805、控制模块根据收端均衡能力信息配置业务模块的收端均衡参数；

S806、光接收单元将输入的光信号转换为电信号后发往业务模块；

- 45 S807、业务模块根据配置后的收端均衡参数对电信号进行收端均衡后获取数据。

S803 和 S804 为系统发送信号的过程，S806 和 S807 为系统接收信号的过程，本申请不限定系统发

送信号的过程与接收信号的过程之间的先后顺序,例如,系统可以串行或并行的发送信号和接收信号。

步骤 S801 可以参考 S501 和 S701 的相关内容理解,S802~S804 的实现过程可以分别参考 S502~S504 的相关内容理解,S805~S807 的实现过程可以分别参考 S702~S704 的相关内容理解,此处不再赘述。

- 5 由于系统在销售时可以未安装光模块,用户购买通信装置后可以根据需要购买光模块并将光模块连接至业务模块。因此,控制模块根据光模块存储的调制器的补偿信息来配置业务模块的非线性补偿系数,而不是按照通信装置中的预存信息来配置非线性补偿系数,有利于更加准确的补偿光模块对信号造成的非线性失真。另外,控制模块根据光模块存储的收端均衡能力信息来配置业务模块的收端均衡参数,而不是按照通信装置中的预存信息来配置收端均衡参数,有利于在系统中实现最优的接收信号的性能,以兼顾较优的信号质量和较低的功耗。

为了更好的实施本申请上述方法,下面提供用于实施上述方法的相关通信装置或设备。

- 本申请提供一种通信装置 900。该通信装置 900 中可以执行前文通信装置所执行的任一方法流程,例如,该通信装置 900 用于获取光模块存储的非线性补偿信息,根据所述非线性补偿信息对电信号进行非线性补偿后发往光模块中的光发射单元。该通信装置 900 可以为前文介绍的通信装置,或者,可以安装于前文介绍的通信装置。

- 可选的,参考图 9,该通信装置 900 可以包括但不限于包括控制模块 910、业务模块 920 和一个或多个通信接口 930。控制模块 910 和业务模块 920 分别用于执行前文介绍的控制模块和业务模块所执行的任一方法。例如,控制模块 910 用于执行 S501 和 S502,业务模块 920 用于执行 S503。或者,控制模块 910 用于执行 S601~S604,或执行 S605~S607,或执行 S601~S607。或者,控制模块 910 用于执行 S701 和 S702,业务模块 920 用于执行 S704。或者,控制模块 910 用于执行 SS801、S802 和 S805,业务模块 920 用于执行 S803 和 S807。

通信接口 930 用于连接光模块。可选的,该通信接口 930 为有线接口,用于连接电缆或光纤等有线链路。或者,可选的,该通信接口 930 为无线接口。

- 控制模块 910 与通信接口 930 连接,以通过通信接口 930 从光模块读取调制器的非线性补偿信息和/或光模块的收端均衡能力信息。业务模块 920 与通信接口 930 连接,以通过通信接口 930 向光模块发送电信号或从光模块接收电信号。控制模块 910 与业务模块 920 连接,以根据非线性补偿信息配置业务模块 920 的非线性补偿系数,或者,根据收端均衡能力信息配置业务模块 920 的收端均衡参数。控制模块 910 和业务模块 920 可以通过相同或不同通信接口 930 与光模块通信。

- 本申请不限定控制模块 910、业务模块 920 和通信接口 930 之间连接方式。可选的,控制模块 910、业务模块 920 和通信接口 930 之间可以通过内部总线 940 相互连接。总线 940 可以是外设部件互连标准(peripheral component interconnect, PCI)总线或扩展工业标准结构(extended industry standard architecture, EISA)总线等。总线 940 可以分为地址总线、数据总线、控制总线等。为便于表示,图 9 中仅用一条粗线表示,但并不表示仅有一根总线或一种类型的总线。

- 本申请不限定控制模块 910 的实现方式,例如,控制模块 910 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,也可以采用软件硬件相结合的方式来实现。图 9 以控制模块 910 包括处理器 911 和存储器 912 为例。处理器 911 和存储器 912 相互连接,可选的,处理器 911 和存储器 912 可以通过总线 940 相互连接。

- 处理器 911 可以由一个或者多个通用处理器构成,例如中央处理器(central processing unit, CPU),或者 CPU 和硬件芯片的组合。上述硬件芯片可以是专用集成电路(application-specific integrated circuit, ASIC)、可编程逻辑器件(programmable logic device, PLD)或其组合。上述 PLD 可以是复杂可编程逻辑器件(complex programmable logic device, CPLD)、现场可编程逻辑门阵列(field-programmable gate array, FPGA)、通用阵列逻辑(generic array logic, GAL)或其任意组合。

- 存储器 912 可以包括易失性存储器(volatile memory),例如随机存取存储器(random access memory, RAM);存储器 912 也可以包括非易失性存储器(non-volatile memory),例如只读存储器(read-only memory, ROM)、快闪存储器(flash memory)、硬盘(hard disk drive, HDD)或固态硬盘(solid-state

drive, SSD); 存储器 912 还可以包括上述种类的组合。

存储器 912 中存储了计算机指令。处理器 911 通过执行这些计算机指令, 可以执行前文介绍的控制模块所执行的步骤, 例如执行 S501 和 S502, 或执行 S601~S604, 或执行 S605~S607, 或执行 S601~S607, 或执行 S701 和 S702, 或执行 SS801、S802 和 S805。

5 本申请不限定业务模块 920 的实现方式, 例如, 业务模块 920 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, 也可以采用软件硬件相结合的方式来实现。

例如, 业务模块 920 可以为业务芯片, 该业务芯片包括一个或多个处理器。处理器中的部分或全部用于读取并执行存储器中存储的计算机程序, 以执行前文业务模块所执行的任一方法流程, 例如, 执行 S503, 或者, 执行 S704, 或者, 执行 S803 和 S807。该芯片还可以包括电通信组件, 电通信组件例如可以是输入/输出接口、管脚或电路等。可选的, 存储器为芯片内的存储单元, 如寄存器、缓存等, 存储器还可以是位于芯片外部的存储单元, 如只读存储器 (read-only memory, ROM) 或 EEPROM 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) 等。

10 图 9 以处理器 911 和存储器 912 集成在控制模块 910 中为例, 可选的, 控制模块 910 不包括存储器 912, 存储器 912 设置在控制模块 910 外部。可选的, 控制模块 910 和业务模块 920 可以共用存储器。

15 该通信装置 900 执行的方法流程和效果, 可以参考相应方法的相关内容, 此处不再赘述。

本申请提供一种光模块 1000, 该光模块 1000 可以存储有配置信息, 例如光模块 1000 中调制器的非线性补偿信息和/或光模块 1000 的收端均衡能力信息。调制器的非线性补偿信息和/或收端均衡能力信息可以参考前文的相关内容进行理解, 此处不再赘述。

20 该光模块 1000 可以用于执行前文光模块所执行的任一方法流程, 例如, 用于向前文介绍的通信装置 (或控制模块) 提供配置信息, 用于执行 S504 或 S703 或用于执行 S804 和 S806。本申请不限定光模块 1000 的结构。该光模块 1000 可以为前文介绍的光模块, 或者, 可以安装于前文介绍的光模块中。

可选的, 参考图 10, 该光模块 1000 可以包括但不限于包括存储单元 1001、光发射单元 1002 和光接收单元 1003。存储单元 1001 存储有光发射单元 1002 中调制器的非线性补偿信息和光模块 1000 的收端均衡能力信息, 光发射单元用于执行 S804, 光接收单元用于执行 S806。

25 在一种可能的示例中, 光接收单元 1003 为可选的。存储单元 1001 存储有光模块 1000 中调制器的非线性补偿信息。光发射单元 1002 可以与业务模块连接, 用于执行 S504。

在一种可能的示例中, 光发射单元 1002 为可选的。存储单元 1001 存储有光模块 1000 的收端均衡能力信息。光接收单元 1003 可以与业务模块连接, 用于执行 S703。

30 可选的, 该光模块 1000 还可以包括控制单元 1004。可选的, 控制单元 1004 用于控制光发射单元 1002 和/或光接收单元 1003。可选的, 控制单元 1004 用于控制存储单元 1001 的读和/或写操作。本申请不限定控制单元 1004 的实现方式, 例如, 控制单元可以为处理器或多点控制单元 (Multipoint control unit, MCU)。

35 本申请不限定存储单元 1001、光发射单元 1002、光接收单元 1003 和控制单元 1004 之间的连接方式。可选的, 存储单元 1001、光发射单元 1002、光接收单元 1003 和控制单元 1004 之间可以通过内部总线 1005 相互连接。总线 1005 可以是外设部件互连标准 (peripheral component interconnect, PCI) 总线或扩展工业标准结构 (extended industry standard architecture, EISA) 总线等。

本申请不限定存储单元 1001 的部署位置。例如, 存储单元 1001 可以集成在控制单元 1004 中。本申请不限定存储单元 1001 的类型。可选的, 存储单元 1001 为芯片内的存储单元, 如寄存器、缓存等, 存储单元 1001 还可以是位于芯片外部的存储单元, 如只读存储器 (read-only memory, ROM) 或 EEPROM 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) 等。

40 本申请不限定光发射单元 1002 或光接收单元 1003 的结构。例如, 光发射单元 1002 可以包括调制器, 可选的, 光发射单元 1002 还可以包括驱动电路。光接收单元 1003 可以包括光电转换器, 可选的, 光接收单元 1003 还可以包括放大电路。光发射单元 1002 或光接收单元 1003 可以参考图 3-1 所示的相应单元进行理解。

45 可选的, 光发射单元 1002 用于直接连接通信装置或业务模块。可选的, 光接收单元 1003 用于直接

连接通信装置或业务模块。

可选的，该光模块 1000 还可以包括更多单元，例如，该光模块 1000 还可以包括如图 3-3 或图 3-4 所示的 ODSP 单元。

该光模块 1000 的具体实现方式和效果，可以参考相应方法的相关内容，此处不再赘述。

5 本申请提供一种系统，该系统可以为前文介绍的任一系统或设置于前文介绍的任一光系统中。该系统可以包括通信装置 900 和一个或多个光模块 1000。

图 9 或图 10 所描述的模块或单元的划分仅仅是示意性的，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，例如多个模块或单元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。通信装置或光模块中的各功能模块或单元可以集成在一起，也可以是单独物理存在，也可以两个或两个以上模块或单元集成在一起。

本申请还提供一种光网络，该光网络可以包括前文介绍的一个或多个系统，不同系统之间可以通过光互联网络通信连接。该光网络可以如图 1-1 或图 1-2 所示，图 1-1 或图 1-2 中的至少一个光通信设备可以为前文介绍的系统，或者，图 1-1 或图 1-2 中的至少一个光通信设备中可以部署有前文介绍的系统。光互联网络可以包括一个或多个光链路（例如光纤），还可以包括一个或多个光交换设备。

15 本申请还提供一种计算机可读存储介质，其中，计算机可读存储介质存储有计算机程序，当该计算机程序被处理器执行时，可以实现上述方法示例中记载的任意一种的部分或全部步骤。计算机可读存储介质可以是通用或专用计算机能够存取的任何可用介质。本发明示例还提供一种计算机程序，该计算机程序包括指令，当该计算机程序被计算机执行时，使得计算机可以执行任意一种方法示例的部分或全部步骤。本领域普通技术人员可以理解，前述的计算机可读存储介质包括：U 盘、移动硬盘、磁碟、光盘、
20 RAM、SSD 或者非易失性存储器（non-volatile memory）等各种可以存储程序代码的非短暂性的（non-transitory）机器可读介质。

由于本申请示例提供的各装置可用于执行前述对应的示例方法，因此本申请各装置示例所能获得到的技术效果可参考前述对应的方法示例所获得的技术效果，此处不再赘述。

所属领域的技术人员可以清楚地了解到，为描述的方便和简洁，上述描述的系统，装置和单元的具体工作过程，可以参考前述方法示例中的对应过程，在此不再赘述。本申请示例涉及的“A 和/或 B”可以理解为包括“A 和 B”以及“A 或 B”这两种方案。本申请的说明书和权利要求书及上述附图中的术语“第一”、“第二”、“第三”、“第四”等是用于区别类似的对象，而不必用于描述特定的顺序或先后次序。应该理解这样使用的术语在适当情况下可以互换，这仅仅是描述本申请的示例中对相同属性的对象在描述时所采用的区分方式。

30 在本申请所提供的几个示例中，应该理解到，所揭露的模块或装置或设备，可通过其它的方式实现。例如，以上所描述的装置示例仅仅是示意性的，例如上述单元的划分，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。另一点，所显示或讨论的相互之间的耦合或直接耦合或通信连接可以是通过一些接口，装置或单元的间接耦合或通信连接，可以是电性或其它的形式。

35 最后应说明的是：以上实施例仅用以说明本发明的技术方案，而非对其限制；尽管参照前述实施例对本发明进行了详细的说明，本领域的普通技术人员应当理解：其依然可以对前述各实施例所记载的技术方案进行修改，或者对其中部分技术特征进行等同替换；而这些修改或者替换，并不使相应技术方案

40

权 利 要 求 书

1. 一种系统，其特征在于，所述系统包括通信装置和光模块，所述通信装置包括业务模块和控制模块，所述光模块包括存储单元和光发射单元，所述光发射单元包括调制器，所述光发射单元与所述业务模块直接连接；
- 5 所述存储单元用于存储所述调制器的非线性补偿信息；
 所述控制模块用于从所述存储单元读取所述非线性补偿信息，并根据所述非线性补偿信息配置所述业务模块的非线性补偿系数；
 所述业务模块用于根据配置后的所述非线性补偿系数对电信号进行非线性补偿后发往所述光发射单元；
- 10 所述调制器用于将输入所述光发射单元的所述电信号调制为光信号。
2. 根据权利要求 1 所述的系统，其特征在于，所述非线性补偿信息用于指示所述非线性补偿系数的值，或者，所述非线性补偿信息用于指示所述调制器的类型和/或所述光模块的厂家。
- 15 3. 根据权利要求 1 或 2 所述的系统，其特征在于，所述非线性补偿系数包括电信号的如下至少一种参数：电平幅度、内眼和外眼的相对幅度、眼斜量和眼高。
4. 根据权利要求 1-3 中任一项所述的系统，其特征在于，所述光模块还包括光接收单元，所述光接收单元与所述业务模块直接连接；
- 20 所述光接收单元用于将接收的光信号转换为电信号后发往所述业务模块；
 所述业务模块用于从转换得到的电信号中获取数据。
5. 根据权利要求 1-3 中任一项所述的系统，其特征在于，所述光模块还包括光接收单元和光学数字信号处理 ODSP 单元，所述 ODSP 单元与所述业务模块直接连接；
- 25 所述光接收单元用于将接收的光信号转换为电信号后输入所述 ODSP 单元；
 所述 ODSP 单元用于对所述电信号执行时钟和数据恢复后发往所述业务模块；
 所述业务模块用于从恢复后的电信号中获取数据。
6. 一种通信装置，其特征在于，所述通信装置包括控制模块和业务模块，所述业务模块用于直接连接光模块中的光发射单元，所述光模块包括存储单元和所述光发射单元，所述光发射单元包括调制器，所述存储单元存储有所述调制器的非线性补偿信息；
- 30 所述控制模块用于从所述存储单元读取所述非线性补偿信息，并根据所述非线性补偿信息配置所述业务模块的非线性补偿系数；
 所述业务模块用于根据配置后的所述非线性补偿系数对电信号进行非线性补偿后发往所述光发射单元。
- 35 7. 根据权利要求 6 所述的通信装置，其特征在于，所述非线性补偿信息用于指示所述非线性补偿系数的值，或者，所述非线性补偿信息用于指示所述调制器的类型和/或所述光模块的厂家。
- 40 8. 根据权利要求 6 或 7 所述的通信装置，其特征在于，所述非线性补偿系数包括电信号的如下至少一种参数：电平幅度、内眼和外眼的相对幅度、眼斜量和眼高。
9. 一种光模块，其特征在于，所述光模块包括存储单元和光发射单元，所述光发射单元包括调制器，所述光发射单元用于直接连接通信装置；
- 45 所述存储单元用于存储所述调制器的非线性补偿信息；

所述调制器用于将输入所述光发射单元的电信号调制为光信号，所述电信号为根据所述非线性补偿信息进行非线性补偿后的电信号。

10. 根据权利要求 9 所述的光模块，其特征在于，所述非线性补偿信息用于指示所述非线性补偿系数的值，或者，所述非线性补偿信息用于指示所述调制器的类型和/或所述光模块的厂家。

11. 根据权利要求 9 或 10 所述的光模块，其特征在于，所述非线性补偿系数包括电信号的如下至少一种参数：电平幅度、内眼和外眼的相对幅度、眼斜量和眼高。

12. 根据权利要求 9-11 中任一项所述的光模块，其特征在于，所述光模块还包括光接收单元，所述光接收单元与所述通信装置直接连接；

所述光接收单元用于将接收的光信号转换为电信号后发往所述通信装置。

13. 根据权利要求 9-11 中任一项所述的光模块，其特征在于，所述光模块还包括光接收器和光学数字信号处理 ODSP 单元，所述 ODSP 单元与所述通信装置直接连接；

所述光接收单元用于将接收的光信号转换为电信号后输入所述 ODSP 单元；

所述 ODSP 单元用于对所述电信号执行时钟和数据恢复后发往所述通信装置。

14. 一种方法，其特征在于，所述方法应用于系统，所述系统包括通信装置和光模块，所述通信装置包括业务模块和控制模块，所述光模块包括存储单元和光发射单元，所述光发射单元包括调制器，所述光发射单元与所述业务模块直接连接，所述存储单元存储有所述调制器的非线性补偿信息，所述方法包括：

所述控制模块从所述存储单元读取所述非线性补偿信息，并根据所述非线性补偿信息配置所述业务模块的非线性补偿系数；

所述业务模块根据配置后的所述非线性补偿系数对电信号进行非线性补偿后发往所述光发射单元；所述调制器将输入所述光发射单元的所述电信号调制为光信号。

15. 根据权利要求 14 所述的方法，其特征在于，所述非线性补偿信息用于指示所述非线性补偿系数的值，或者，所述非线性补偿信息用于指示所述调制器的类型和/或所述光模块的厂家。

16. 根据权利要求 14 或 15 所述的方法，其特征在于，所述非线性补偿系数包括电信号的如下至少一种参数：电平幅度、内眼和外眼的相对幅度、眼斜量和眼高。

17. 根据权利要求 14-16 中任一项所述的方法，其特征在于，所述光模块还包括光接收单元，所述光接收单元与所述业务模块直接连接，所述方法还包括：

所述光接收单元将接收的光信号转换为电信号后发往所述业务模块；

所述业务模块从转换得到的电信号中获取数据。

18. 根据权利要求 14-16 中任一项所述的方法，其特征在于，所述光模块还包括光接收单元和光学数字信号处理 ODSP 单元，所述 ODSP 单元与所述业务模块直接连接，所述方法还包括：

所述光接收单元将接收的光信号转换为电信号后输入所述 ODSP 单元；

所述 ODSP 单元对所述电信号执行时钟和数据恢复后发往所述业务模块；

所述业务模块从恢复后的电信号中获取数据。

19. 一种方法，其特征在于，所述方法应用于通信装置中，所述通信装置包括控制模块和业务模块，所述业务模块用于直接连接光模块中的光发射单元，所述光模块包括存储单元和光发射单元，所述光发

射单元包括调制器，所述存储单元存储有所述调制器的非线性补偿信息，所述方法包括：
所述控制模块从所述存储单元读取所述非线性补偿信息，并根据所述非线性补偿信息配置所述业务模块的非线性补偿系数；
所述业务模块根据配置后的所述非线性补偿系数对电信号进行非线性补偿后发往所述光发射单元。

5

20. 根据权利要求 19 所述的方法，其特征在于，所述非线性补偿信息用于指示所述非线性补偿系数的值，或者，所述非线性补偿信息用于指示所述调制器的类型和/或所述光模块的厂家。

10

21. 根据权利要求 19 或 20 所述的方法，其特征在于，所述非线性补偿系数包括电信号的如下至少一种参数：电平幅度、内眼和外眼的相对幅度、眼斜量和眼高。

15

22. 一种方法，其特征在于，所述方法应用于光模块，所述光模块包括存储单元和光发射单元，所述光发射单元包括调制器，所述光发射单元用于直接连接通信装置，所述存储单元存储有所述调制器的非线性补偿信息，所述方法包括：
向所述通信装置提供所述非线性补偿信息；
将输入所述光发射单元的电信号调制为光信号，所述电信号为根据所述非线性补偿信息进行非线性补偿后的电信号。

20

23. 根据权利要求 22 所述的方法，其特征在于，所述非线性补偿信息用于指示所述非线性补偿系数的值，或者，所述非线性补偿信息用于指示所述调制器的类型和/或所述光模块的厂家。

24. 根据权利要求 22 或 23 所述的方法，其特征在于，所述非线性补偿系数包括电信号的如下至少一种参数：电平幅度、内眼和外眼的相对幅度、眼斜量和眼高。

25

25. 根据权利要求 22-24 中任一项所述的方法，其特征在于，所述光模块还包括光接收单元，所述光接收单元与所述通信装置直接连接，所述方法还包括：
所述光接收单元将接收的光信号转换为电信号后发往所述通信装置。

30

26. 根据权利要求 22-24 中任一项所述的方法，其特征在于，所述光模块还包括光接收器和光学数字信号处理 ODSP 单元，所述 ODSP 单元与所述通信装置直接连接，所述方法还包括：
所述光接收单元将接收的光信号转换为电信号后输入所述 ODSP 单元；
所述 ODSP 单元对所述电信号执行时钟和数据恢复后发往所述通信装置。

35

27. 一种光网络，其特征在于，包括一个或多个系统，所述一个或多个系统中的至少一个系统如权利要求 1-5 中任一项所述，所述一个或多个系统中的不同系统之间通过光互联网络连接。

40