

相位补偿方法及通信装置

本申请要求于2023年09月28日提交国家知识产权局、申请号为202311294996.7、申请名称为“相位补偿方法及通信装置”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，尤其涉及一种相位补偿方法及通信装置。

背景技术

在相干联合传输（coherent joint transmission, CJT）的场景中，多个网络设备可以协同为同一个终端提供服务。其中，多个网络设备发送的信号在终端处相干叠加，干扰在终端处相干消除，从而可以提高信噪比。在实际的通信系统中，若多个网络设备中的各个网络设备各自的时钟源不同，会导致多个网络设备发送的信号之间产生相位偏移（也称为相移），这样，多个网络设备发送的信号在终端处无法完全相干叠加，干扰无法完全相干抵消，从而影响传输效果。

因此，在不共时钟源的多个网络设备协同为终端提供服务时，如何提高CJT传输效果是亟待解决的问题。

发明内容

本申请实施例提供一种相位补偿方法及通信装置，能够提高相位补偿的精度。

为达到上述目的，本申请采用如下技术方案：

第一方面，提供一种相位补偿方法。该相位补偿方法包括：终端接收至少两个参考信号集合。其中，至少两个参考信号集合中每个参考信号集合均包括至少一个参考信号。终端根据至少两个参考信号集合发送第一信息。第一信息用于指示在第一时刻时，至少两个参考信号集合中的参考信号集合之间对应的相位变化量。

基于第一方面所提供的相位补偿方法，终端可以根据至少两个参考信号集合进行相位测量，并发送第一时刻时至少两个参考信号集合中的参考信号集合之间对应的相位变化量，即协同场景下为终端提供服务的多个网络设备相互之间的相位变化量。在不同的时刻下，终端提供服务的多个网络设备相互之间的相位变化量可能不同。网络设备可以结合终端上报的第一时刻的至少两个参考信号集合中的参考信号集合之间对应的相位变化量对下行信号进行相位补偿，从而提高相位补偿的精度，以提高CJT传输效果。

一种可能的设计方案中，至少两个参考信号集合中的参考信号集合之间对应的相位变化量包括：第一参考信号集合与第二参考信号集合之间对应的相位变化量。其中，第二参考信号集合为至少两个参考信号集合中的一个预设参考信号集合，第一参考信号集合为至少两个参考信号集合中除第二参考信号集合之外的任一个参考信号集合。也就是说，可以以至少两个参考信号集合中的一个预设参考信号集合为基准计算两个参考信号集合之间对应的相位变化量，这样，在参考信号集合的数量大于或等于三个的情况下，可以简化第一信息的复杂度，从而减少资源开销。

一种可能的设计方案中，至少两个参考信号集合中的参考信号集合之间对应的相位变化量包括：至少两个参考信号集合中的第*i*个参考信号集合与第*i*+1个参考信号集合之间对应的相位变化量。*i*为整数，且 $1 \leq i < I$ 。其中，*I*为至少两个参考信号集合中参考信号集合的总数量。

一种可能的设计方案中，至少两个参考信号集合中的参考信号集合之间对应的相位变化量与频域单元的索引相关。这样，可以针对不同频域单元分别获取至少两个参考信号集合中的参考信号集合之间对应的相位变化量，从而可以进一步提高相位补偿精度。

可选地，第一时刻的相位变化量与频域单元的索引满足线性关系。由此可以简化第一时刻的相位变化量的上报复杂度，降低反馈开销。

进一步地，第一时刻的相位变化量与频域单元的索引满足如下所示的关系： $P1=2\pi\rho+2\pi k\sigma$ 。其中，*P1*为第一时刻的相位变化量，*k*为频域单元的索引，*k*为大于或等于0的正整数， ρ 为常数， σ 为常数。

一种可能的设计方案中，参考信号为信道状态信息参考信号CSI-RS。

可选地，第一时刻为至少两个参考信号集合中位于信道状态信息CSI参考资源之前的最后一个参考信

号集合的结束位置。或者，第一时刻为CSI参考资源对应的时域位置。或者，第一时刻为上报第一信息的起始时刻。或者，第一时刻为上报第一信息的起始时刻之后的时刻，且第一时刻与上报第一信息的时刻之间的时间长度为第一时间长度。

一种可能的设计方案中，至少两个参考信号集合中每个参考信号集合的参考信号承载于同一个参考信号资源集合的参考信号资源上。其中，参考信号资源集合包括多个参考信号资源。

可选地，参考信号资源集合内的多个参考信号资源中，同一端口索引对应的端口相同。和/或，参考信号资源集合内的多个参考信号资源准共址。这样，可以提高终端测量的相移的精确度，从而进一步提高相位补偿的精确度。

一种可能的设计方案中，至少两个参考信号集合中不同参考信号集合的参考信号分别承载于不同参考信号资源集合的参考信号资源上。其中，参考信号资源集合包括一个参考信号资源。

一种可能的设计方案中，至少两个参考信号集合中每个参考信号集合的参考信号承载于多个参考信号资源集合的参考信号资源上。

可选的，多个参考信号资源集合的每个参考信号资源集合中至少存在一个资源标识相同的参考信号资源。

或者，可选地，多个参考信号资源集合中的参考信号资源基于资源标识顺序排列，不同参考信号资源集合中排列顺序相同的参考信号资源的同一端口索引对应的端口相同，和/或，不同参考信号资源集合中排列顺序相同的参考信号资源准共址。这样，可以提高终端测量的相移的精确度，从而进一步提高相位补偿的精确度。

一种可能的设计方案中，至少两个参考信号集合中每个参考信号集合的参考信号承载于同一个参考信号资源集合的参考信号资源上。其中，参考信号资源集合包括多个参考信号资源，且不同参考信号集合的参考信号承载于不同的参考信号资源上。

第二方面，提供一种相位补偿方法。该相位补偿方法包括：网络设备向终端发送参考信号集合。参考信号集合中包括至少一个参考信号。网络设备接收终端根据至少两个参考信号集合发送的第一信息，第一信息用于指示在第一时刻时，至少两个参考信号集合中的参考信号集合之间对应的相位变化量。

基于第二方面所提供的相位补偿方法，网络设备可以发送参考信号集合，并接收终端根据多个网络设备的参考信号集合反馈的第一信息，即用于指示第一时刻时，多个网络设备的参考信号集合之间对应的相位变化量，即多个网络设备相互之间的相位变化量，这样，便使得网络设备可以结合第一时刻的至少两个参考信号集合中的参考信号集合之间对应的相位变化量对下行信号进行相位补偿，从而提高相位补偿的精度。

一种可能的设计方案中，至少两个参考信号集合中的参考信号集合之间的相位变化量包括：第一参考信号集合与第二参考信号集合之间对应的相位变化量。其中，第二参考信号集合为至少两个参考信号集合中的一个预设参考信号集合，第一参考信号集合为至少两个参考信号集合中除第二参考信号集合之外的任一个参考信号集合。

一种可能的设计方案中，至少两个参考信号集合中的参考信号集合之间对应的相位变化量包括：至少两个参考信号集合中的第*i*个参考信号集合与第*i*+1个参考信号集合之间对应的相位变化量。*i*为整数，且 $1 \leq i < I$ 。其中，*I*为至少两个参考信号集合中参考资源集合的总数量。

一种可能的设计方案中，至少两个参考信号集合中的参考信号集合之间对应的相位变化量与频域单元的索引相关。

可选地，第一时刻的相位变化量与频域单元的索引满足线性关系。

进一步地，第一时刻的相位变化量与频域单元的索引满足如下所示的关系： $P1=2\pi\rho+2\pi k\sigma$ 。其中，*P1*为第一时刻的相位变化量，*k*为频域单元的索引，*k*为大于或等于0的正整数， ρ 为常数， σ 为常数。

一种可能的设计方案中，参考信号为信道状态信息参考信号CSI-RS。

一种可能的设计方案中，第一时刻为至少两个参考信号集合中位于信道状态信息CSI参考资源之前的最后一个参考信号集合的结束位置。或者，第一时刻为CSI参考资源对应的时域位置。或者，第一时刻为上报第一信息的起始时刻。或者，第一时刻为上报第一信息的起始时刻之后的时刻，且第一时刻与上报第一信息的时刻之间的时间长度为第一时间长度。

一种可能的设计方案中，至少两个参考信号集合中每个参考信号集合的参考信号的承载于同一参考信号资源集合的参考信号资源上。其中，参考信号资源集合包括多个参考信号资源。

可选地，参考信号资源集合内的多个参考信号资源中，同一端口索引对应的端口相同。或者，参考信号资源集合内的多个参考信号资源准共址。

一种可能的设计方案中，至少两个参考信号集合中不同参考信号集合的参考信号分别承载于不同参考信号资源集合的参考信号资源上。其中，参考信号资源集合包括一个参考信号资源。

一种可能的设计方案中，至少两个参考信号集合中每个参考信号集合的参考信号承载于多个参考信号资源集合的参考信号资源上。

可选地，多个参考信号资源集合的每个参考信号资源中至少存在一个资源标识相同的参考信号资源。

或者，可选地，多个参考信号资源集合中的参考信号资源基于资源标识顺序排列，不同参考信号资源集合中排列顺序相同的参考信号资源的同一端口索引对应的端口相同，和/或，不同参考信号资源集合中排列顺序相同的参考信号资源准共址。

一种可能的设计方案中，至少两个参考信号集合中每个参考信号集合的参考信号承载于同一个参考信号资源集合的参考信号资源上。其中，参考信号资源集合包括多个参考信号资源，且不同参考信号集合的参考信号承载于不同的参考信号资源上。

一种可能的设计方案中，第二方面所提供的方法还包括：网络设备根据第一信息进行相位补偿。

此外，第二方面所述的相位补偿方法的技术效果可以参考第一方面所述的相位补偿方法的技术效果，此处不再赘述。

第三方面，提供一种通信装置。该通信装置用于执行第一方面至第二方面中任意一种实现方式所述的相位补偿方法。

在本申请中，第三方面所述的通信装置可以为第一方面所述的终端或第二方面所述的网络设备，或者可设置于该终端或网络设备中的芯片（系统）或其他部件或组件，或者包含该终端或网络设备的装置。

应理解，第三方面所述的通信装置包括实现上述第一方面至第二方面中任一方面所述的相位补偿方法相应的模块、单元、或手段（means），该模块、单元、或手段可以通过硬件实现，软件实现，或者通过硬件执行相应的软件实现。该硬件或软件包括一个或多个用于执行上述相位补偿方法所涉及的功能的模块或单元。

第四方面，提供一种通信装置。该通信装置包括：处理器，该处理器用于执行第一方面至第二方面中任意一种可能的实现方式所述的相位补偿方法。

在一种可能的设计方案中，第四方面所述的通信装置还可以包括收发器。该收发器可以为收发电路或接口电路。该收发器可以用于第四方面所述的通信装置与其他通信装置通信。

在一种可能的设计方案中，第四方面所述的通信装置还可以包括存储器。该存储器可以与处理器集成在一起，也可以分开设置。该存储器可以用于存储第一方面至第二方面中任一方面所述的相位补偿方法所涉及的计算机程序和/或数据。

在本申请中，第四方面所述的通信装置可以为第一方面所述的终端或第二方面所述的网络设备，或者可设置于该终端或网络设备中的芯片（系统）或其他部件或组件，或者包含该终端或网络设备的装置。

第五方面，提供一种通信装置。该通信装置包括：处理器，该处理器与存储器耦合，该处理器用于执行存储器中存储的计算机程序，以使得该通信装置执行第一方面至第二方面中任意一种可能的实现方式所述的相位补偿方法。

在一种可能的设计方案中，第五方面所述的通信装置还可以包括收发器。该收发器可以为收发电路或接口电路。该收发器可以用于第五方面所述的通信装置与其他通信装置通信。

在本申请中，第五方面所述的通信装置可以为第一方面所述的终端或第二方面所述的网络设备，或者可设置于该终端或网络设备中的芯片（系统）或其他部件或组件，或者包含该终端或网络设备的装置。

第六方面，提供了一种通信装置，包括：处理器和存储器；该存储器用于存储计算机程序，当该处理器执行该计算机程序时，以使该通信装置执行第一方面至第二方面中的任意一种实现方式所述的相位补偿方法。

在一种可能的设计方案中，第六方面所述的通信装置还可以包括收发器。该收发器可以为收发电路或接口电路。该收发器可以用于第六方面所述的通信装置与其他通信装置通信。

在本申请中，第六方面所述的通信装置可以为第一方面所述的终端或第二方面所述的网络设备，或者可设置于该终端或网络设备中的芯片（系统）或其他部件或组件，或者包含该终端或网络设备的装置。

第七方面，提供了一种通信装置，包括：处理器；所述处理器用于与存储器耦合，并读取存储器中

的计算机程序之后，根据该计算机程序执行如第一方面至第二方面中的任意一种实现方式所述的相位补偿方法。

在一种可能的设计方案中，第七方面所述的通信装置还可以包括收发器。该收发器可以为收发电路或接口电路。该收发器可以用于第七方面所述的通信装置与其他通信装置通信。

在本申请中，第七方面所述的通信装置可以为第一方面所述的终端或第二方面所述的网络设备，或者可设置于该终端或网络设备中的芯片（系统）或其他部件或组件，或者包含该终端或网络设备的装置。

第八方面，提供一种处理器。其中，处理器用于执行第一方面至第二方面中任意一种可能的实现方式所述的相位补偿方法。

第九方面，提供一种通信系统。该通信系统包括一个或多个终端，以及一个或多个网络设备。

第十方面，提供一种计算机可读存储介质，包括：计算机程序或指令；当该计算机程序或指令在计算机上运行时，使得该计算机执行第一方面至第二方面中任意一种可能的实现方式所述的相位补偿方法。

第十一方面，提供一种计算机程序产品，包括计算机程序或指令，当该计算机程序或指令在计算机上运行时，使得该计算机执行第一方面至第二方面中任意一种可能的实现方式所述的相位补偿方法。

此外，上述第三方面至第十一方面所述的通信装置的技术效果，可以参考上述第一方面至第二方面所述的相位补偿方法的技术效果，此处不再赘述。

附图说明

- 图1为本申请实施例提供的IPRAN组网的通信系统架构示意图；
- 图2为不同时钟造成的采样频率偏移和载波频率偏移的示意图；
- 图3为本申请实施例提供的一种相位反馈的示意图；
- 图4为本申请实施例提供的不同网络设备的信道示意图；
- 图5为本申请实施例提供的通信系统的架构示意图；
- 图6为本申请实施例提供的网络设备与终端之间的信息交互示意图；
- 图7为本申请实施例提供的相位补偿方法的流程示意图；
- 图8为本申请实施例提供的RS资源集合、RS资源和RS集合之间的关系示意图一；
- 图9为本申请实施例提供的周期、RS资源集合、RS资源和RS集合之间的关系示意图一；
- 图10为本申请实施例提供的RS资源集合、RS资源和RS集合之间的关系示意图二；
- 图11为本申请实施例提供的RS资源集合、RS资源和RS集合之间的关系示意图三；
- 图12为本申请实施例提供的周期、RS资源集合、RS资源和RS集合之间的关系示意图二；
- 图13为本申请实施例提供的第一时刻的示意图；
- 图14为本申请实施例提供的第一信息指示的相移差与参考信号集合之间的对应关系示意图；
- 图15为本申请实施例提供的补偿的相位的示意图；
- 图16为本申请实施例提供的通信装置的结构示意图一；
- 图17为本申请实施例提供的通信装置的结构示意图二。

具体实施方式

下面将结合附图，对本申请中的技术术语和技术方案进行描述。

1、符号（symbol）：又可以简称为时域符号。本申请的实施例中，符号可以是正交频分复用（orthogonal frequency division multiplexing, OFDM）符号，也可以是离散傅里叶变换扩频OFDM（discrete fourier transform-spread-OFDM, DFT-s-OFDM）符号。如果没有特别说明，本申请实施例中的符号均指时域符号。

应理解，下述实施例中以符号举例，实际实施中，符号还可以是其他时域单元，包括多个符号、至少一个时隙（slot）、或至少一个微时隙（mini slot）等。

2、频域单元：一个频域单元可以包括至少一个子载波（sub-carrier）。可理解，频域单元还可以按照其他可能的频域粒度，如资源块（resource block, RB）、或者物理资源块（physical resource block, PRB）、或者资源块组（resource block group, RBG）、或者虚拟资源块（virtual resource block, VRB）划分，即一个频域单元可以包括至少一个RB、或PRB、或RBG、或VRB，此处不再赘述。

采用相干联合传输（coherent joint transmission, CJT）技术可以提升下行信号干扰噪声比(signal to

interference and noise ratio, SINR), 即信噪比。在基于CJT技术的通信方案中, 同一个终端可以由多个网络设备协同提供服务。为终端协同提供服务的多个网络设备发送的信号在终端处相干叠加, 干扰信号在终端处相干抵消, 这样, 便可以提升网络吞吐量和提高用户体验。由于信号处理、采样和载波产生均是基于时钟信号进行的。假设多个网络设备的时钟不同, 那么多个网络设备不共时钟源, 这样, 会导致这些网络设备的时钟源所产生的时钟信号不同步 (也可以称为时钟不同步或时钟异步), 如不同的网络设备的时钟信号的频率不同和/或相位不同, 进而导致终端接收到的来自不同的网络设备的信号的相位不能满足相干条件, 影响CJT传输效果。也就是说, 对信号进行相干处理, 需要协同提供服务的不同网络设备之间的时钟信号同步 (也可以称为时钟同步), 即不同网络设备的时钟信号的相位一致。

以互联网协议无线接入网 (internet protocol radio access network, IPRAN) 组网为例, 如图1所示, 在采用IPRAN组网的通信系统中, 包括网络设备101a、网络设备101b和终端102。网络设备101a和网络设备102b均包括通用主控制 (universal main processing and transmission, UMPT) 单元和通用基带处理 (universal baseband processing, UBBP) 单元。其中, 通用主控制单元用于提供信令处理和资源管理功能, 通信基带处理单元可以用于实现基带信号处理功能。网络设备101a与网络设备101b之间可以通过回传链路 (backhaul, BH) 交互。其中, 网络设备101a与网络设备101b的时钟源不同。在终端通过网络设备101a和网络设备101b协同提供服务的情况下, 会导致网络设备1的信号到达终端后的相移与网络设备2的信号到达终端后的相移不一致, 即终端接收到的网络设备1的信号和网络设备2的信号不满足完全相干条件, 从而影响CJT传输效果。

可理解, 相移是指信号的相位的偏移量, 即相位偏移。

不同的网络设备的时钟信号的频率不同也可以说不同网络设备的时钟信号存在偏差。不同的网络设备的时钟信号的相位不同, 也可以说不同网络设备的时钟信号存在相位偏差。

为便于理解, 以下结合两个网络设备, 如网络设备1和网络设备2说明协同提供服务的多个网络设备的时钟源不同对终端的接收信号的影响。如图2所示, 假设网络设备1和网络设备2协同为终端提供服务, 网络设备1和网络设备2不共时钟源, 网络设备1和网络设备2的基准时钟频率均为 f_0 , 网络设备1的时钟频率相对于基准时钟频率的偏差为 δ_1 , 网络设备2的时钟频率相对于基准时钟频率的偏差为 δ_2 , 那么, 网络设备1的时钟源产生的时钟信号的频率为 $f_0 * (1 + \delta_1)$, 网络设备2的时钟源产生的时钟信号的频率为 $f_0 * (1 + \delta_2)$ 。

由于网络设备1和网络设备2的基带采样时钟以及用于上变频的载波信号均以各自的时钟信号为基准产生, 因此, 在时钟信号的频率与基准时钟频率之间存在偏差的情况下, 会在相应的基带采样时钟频率以及载波频率上引入偏差, 也就是说, 时钟信号的频率与基准时钟频率之间的偏差会导致基带采样时钟频率和载波频率产生偏差。例如, 对于网络设备1而言, 基带采样时钟频率根据网络设备1的时钟源产生的时钟信号的频率产生, 网络设备1的基带采样时钟频率 f_s^{TRP1} 满足如下公式 (1) 所示的关系。

$$f_s^{TRP1} = f_s * (1 + \delta_1); \quad (1)$$

网络设备1的基带采样时钟频率经过数字/模拟转换器 (digital-to-analog converter, DAC) 数模转换后, 基于网络设备1对应的载波进行上变频, 其中, 网络设备1的载波的载波频率满足如下公式 (2) 所示的关系:

$$f_c^{TRP1} = f_c * (1 + \delta_1); \quad (2)$$

对于网络设备2而言, 基带采样时钟频率根据网络设备2的时钟源产生的时钟信号的频率产生, 网络设备2的基带采样时钟频率 f_s^{TRP2} 满足如下公式 (3) 所示的关系。

$$f_s^{TRP2} = f_s * (1 + \delta_2); \quad (3)$$

网络设备2的基带采样时钟频率经过数字/模拟转换器 (digital-to-analog converter, DAC) 数模转换后, 基于网络设备2对应的载波进行上变频, 其中, 网络设备2的载波的载波频率满足如下公式 (4) 所示的关系:

$$f_c^{TRP2} = f_c * (1 + \delta_2); \quad (4)$$

其中, f_s 为基带采样基准频率, f_c^{TRP1} 为网络设备1的载波频率, f_c 为载波基准频率, f_c^{TRP2} 为网络设备2的载波频率。

网络设备1的基带采样周期为 $T_s^{TRP1} = \frac{1}{f_s^{TRP1}}$, 网络设备2的基带采样周期为 $T_s^{TRP2} = \frac{1}{f_s^{TRP2}}$ 。

假设终端用于下变频的载波频率为 f_c^{UE} , 终端用于下变频的基带采样周期为 T_s^{UE} 。终端接收到的来自网络设备1的信号和来自网络设备2的信号后, 基于用于下变频的载波对接收到的信号进行下变频, 下变

频后的信号经过模拟/数字转换器（analog-to-digital converter, ADC）模数转换，从而得到基带信号。

那么，网络设备1相对于终端的载波频率偏移（carrier frequency offset, CFO），即 ε_1 满足如下公式（5）所示的关系：

$$\varepsilon_1 \propto f_C^{TRP1} - f_C^{UE}; \quad (5)$$

其中， $\propto$ 表示正比于。

网络设备2相对于终端的载波频率偏移，即 ε_2 满足如下公式（6）所示的关系：

$$\varepsilon_2 \propto f_C^{TRP2} - f_C^{UE}; \quad (6)$$

网络设备1相对于终端的采样频率偏移（sampling frequency offset, SFO），即 μ_1 满足如下公式（7）所示的关系：

$$\mu_1 \propto T_s^{TRP1} - T_s^{UE}; \quad (7)$$

网络设备2相对于终端的采样频率偏移，即 μ_2 满足如下公式（8）所示的关系：

$$\mu_2 \propto T_s^{TRP2} - T_s^{UE}; \quad (8)$$

以下结合上述参数分析SFO和CFO对终端的接收信号，即终端接收到的来自网络设备1的信号或来自网络设备2的信号的影响。

情形1，SFO对终端的接收信号的影响。

终端接收到的来自一个网络设备的接收信号满足如下公式（9）所示的关系：

$$r(t) = \sum_{l=0}^{+\infty} \sum_{k=0}^{K-1} H_{l,k} S_{l,k} e^{j2\pi k \Delta f (t - lT_{Symb})}; \quad (9)$$

其中， t 表示终端接收到信号的时间， $r(t)$ 表示 t 时刻的接收到的网络设备的信号， l 为符号（如OFDM符号）的标识，即第 l 个符号，或者说符号 l ； k 为频域单元（如子载波）的标识，即第 k 个频域单元，或者说频域单元 k ， k 大于或等于0，且 k 为整数； $H_{l,k}$ 表示符号 l 和频域单元 k 上的信道， $S_{l,k}$ 表示符号 l 和频域单元 k 上的信号， Δf 表示相邻的两个频域单元之间的频率间隔， T_{Symb} 表示一个符号的周期，即持续时间长度。若网络设备的基带采样周期为 T_s ，终端的基带采样周期与网络设备的基带采样周期之间的偏差为 ΔT_s ，即终端的基带采样周期为 $T_s + \Delta T_s$ ，则终端在符号 l 上的第 n 个采样点上的接收信号满足如下公式（10）所示的关系：

$$R_{l,n} = r((lk + n)(T_s + \Delta T_s)); \quad (10)$$

对符号 l 上的信号进行采样，可以得到符号 l 上第0至第 $K-1$ 个采样点上的接收信号 $\{R_{l,n}\}_{n=0}^{K-1}$ （时域的离散点序列）。对 $\{R_{l,n}\}_{n=0}^{K-1}$ 作离散傅里叶变换（discrete fourier transform, DFT），可得频域接收序列 $\{A_{l,k}\}_{k=0}^{K-1}$ ，即终端在符号 l 和频域单元0至频域单元 $K-1$ 中每个频域单元上的接收信号。其中， $A_{l,k}$ 表示终端在符号 l 和频域单元 k 上的接收信号。 $A_{l,k}$ 满足如下公式（11）所示的关系：

$$A_{l,k} = H_{l,k} S_{l,k} e^{j2\pi k l \frac{T_s + \Delta T_s}{T_s}}; \quad (11)$$

结合公式（11）可知，SFO导致终端上的接收信号产生的相移位为 $\varphi_{SFO} = 2\pi k l \frac{\Delta T_s}{T_s}$ ，SFO导致的相移与频域单元 k 和符号 l 相关，也可以说，SFO导致的相移与频域单元 k 和时间相关。

情形2，CFO对终端的接收信号的影响。

假设终端的载波频率与网络设备的载波频率之间的偏差为 Δf_c ，终端用于下变频的载波频率为 f_C^{UE} ，那么网络设备用于上变频的载波频率为 $f_C^{UE} + \Delta f_c$ 。若网络设备发送的时域信号为 $x(t)$ 。由于CFO的存在，网络设备发送的时域信号经过下变频后终端接收到的接收信号为 $x(t)e^{j2\pi(f_C + \Delta f_c)t}$ ，相应的，终端上的基带信号为 $x(t)e^{j2\pi \Delta f_c t}$ ，可见，相较于网络设备发送的时域信号 $x(t)$ ，CFO导致终端上的接收信号产生的相移为 $2\pi \Delta f_c t$ ，该相移随时间变化。

基于上述情形1和情形2的分析可知，SFO和CFO均会导致网络设备发送的信号在终端处产生相移。

为便于理解，网络设备与终端之间的SFO，以下均称为网络设备对应的SFO；网络设备与终端之间的CFO，以下均称为网络设备对应的CFO。例如，网络设备1与终端之间的SFO，以下均称为网络设备1对应的SFO；网络设备1与终端之间的CFO，以下均称为网络设备1对应的CFO。网络设备2与终端之间的SFO，以下均称为网络设备2对应的SFO；网络设备2与终端之间的CFO，以下均称为网络设备2对应的CFO。

以下结合情形1和情形2说明多个网络设备协同为终端提供服务时，SFO和CFO对终端的接收信号的影响。

仍然结合协同为终端提供服务的网络设备包括网络设备1和网络设备2为例，网络设备1对应的SFO为

μ_1 , 网络设备1对应的CFO为 ε_1 , 此时, 网络设备1与终端之间的信道 $H_{l,k}^1$ 满足如下公式(12)所示的关系:

$$H_{l,k}^1 = H_{0,k}^1 e^{j2\pi(\varepsilon_1 + k\mu_1)l}; \quad (12)$$

其中, $H_{l,k}^1$ 为网络设备1在符号 l 和频域单元 k 上的信道, $H_{0,k}^1$ 为网络设备1在符号0和频域单元 k 上的信道。

类似地, 网络设备2对应的SFO为 μ_2 , 网络设备2对应的CFO为 ε_2 , 那么, 网络设备2与终端之间的信道 $H_{l,k}^2$ 满足如下公式(13)所示的关系:

$$H_{l,k}^2 = H_{0,k}^2 e^{j2\pi(\varepsilon_2 + k\mu_2)l}; \quad (13)$$

其中, $H_{l,k}^2$ 为网络设备2在符号 l 和频域单元 k 上的信道, $H_{0,k}^2$ 为网络设备2在符号0和频域单元 k 上的信道。

由于网络设备2对应的CFO与网络设备1对应的CFO之间的偏差为 $\Delta\varepsilon_0$, 其中, $\Delta\varepsilon_0$ 满足如下公式(14)所示的关系:

$$\Delta\varepsilon_0 = \varepsilon_2 - \varepsilon_1; \quad (14)$$

类似地, 网络设备2对应的SFO与网络设备1对应的SFO之间的偏差为 $\Delta\mu_0$, 其中, $\Delta\mu_0$ 满足如下公式(15)所示的关系:

$$\Delta\mu_0 = \mu_2 - \mu_1; \quad (15)$$

若 $\Delta\varepsilon_0 = \Delta\mu_0 = 0$, 则信道 $H_{l,k}^1$ 和信道 $H_{l,k}^2$ 相对于符号0上的相移相同, 即 $2\pi(\varepsilon_1 + k\mu_1)l = 2\pi(\varepsilon_2 + k\mu_2)l$, 在此情况下, 通过合理的权值设计, 仍能实现相干传输。

若 $\Delta\varepsilon_0 \neq 0$, 且 $\Delta\mu_0 \neq 0$, 在符号 l 和频域单元 k 上, 网络设备2与终端之间的信道满足如下公式(16)所示的关系:

$$H_{l,k}^2 = H_{0,k}^2 e^{j2\pi(\varepsilon_2 + k\mu_2)l} = H_{0,k}^2 e^{j2\pi[(\varepsilon_1 + \Delta\varepsilon_0) + k(\mu_1 + \Delta\mu_0)]l}; \quad (16)$$

根据公式(16)可知, 网络设备2和终端之间的信道的相移(即网络设备2对应的相移)与网络设备1和终端之间的信道的相移(即网络设备1对应的相移)的差, 即相移差 $\Delta\varphi$ 满足如下公式(17)所示的关系:

$$\Delta\varphi = 2\pi[\Delta\varepsilon_0 + k\Delta\mu_0]l; \quad (17)$$

结合公式(17)可知, $\Delta\varphi$ 随时间变化, 且随时间不断累积。

假设网络设备1和网络设备2发送的信号均包括信号流1和信号流2, 那么, 在 t_0 时刻终端接收到的信号(预编码后的信号)满足如下公式(18)所示的关系:

$$\mathbf{y}_1(t_0) = (\mathbf{H}^1 \mathbf{W}_{11} + \mathbf{H}^2 \mathbf{W}_{21}) \mathbf{S}_1 + (\mathbf{H}^1 \mathbf{W}_{12} + \mathbf{H}^2 \mathbf{W}_{22}) \mathbf{S}_2; \quad (18)$$

其中, $\mathbf{H}^1$ 为网络设备1与终端之间的信道, $\mathbf{H}^2$ 为网络设备2与终端之间的信道, $\mathbf{W}_{11}$ 为网络设备1对信号流1进行预编码的预编码矩阵, $\mathbf{W}_{21}$ 为网络设备2对信号流1进行预编码的预编码矩阵, $\mathbf{W}_{12}$ 表示网络设备1对信号流2进行预编码的预编码矩阵, $\mathbf{W}_{22}$ 表示网络设备2对信号流2进行预编码的预编码矩阵。 $\mathbf{S}_1$ 表示信号流1, $\mathbf{S}_2$ 表示信号流2。

在 t_0 时刻之后的 Δt 时长, 即 $t_0 + \Delta t$ 时刻, 假设网络设备1与终端之间的信道、网络设备2与终端之间的信道均没有更新, 那么, 网络设备1与终端之间的信道、网络设备1与终端之间的预编码矩阵、网络设备2与终端之间的信道、网络设备2与终端之间的预编码矩阵均与 t_0 时刻时相同, 在此情况下, 终端在 $t_0 + \Delta t$ 时刻接收到的信号(预编码后的信号)满足如下公式(19)所示的关系:

$$\mathbf{y}_1(t_0 + \Delta t) = (\mathbf{H}^1 \mathbf{W}_{11} + e^{j\Delta\varphi} \mathbf{H}^2 \mathbf{W}_{21}) \mathbf{S}_1 + (\mathbf{H}^1 \mathbf{W}_{12} + e^{j\Delta\varphi} \mathbf{H}^2 \mathbf{W}_{22}) \mathbf{S}_2; \quad (19)$$

假设在 t_0 时刻, 终端接收到的信号可以实现相干叠加, 干扰相干抵消, 那么在 $t_0 + \Delta t$ 时刻, 由于网络设备2对应的相位相对于网络设备1对应的相位产生了额外的相移差 $\Delta\varphi$, 因此, 终端接收到的信号只能实现部分相干叠加, 干扰不能完全消除, 从而会影响CJT传输性能。

一些可能的设计方案中, 协同为终端提供服务的多个网络设备可以相互发送参考信号(reference signal, RS), 并根据网络设备之间交互的RS确定校准系数, 进而根据校准系数补偿由于两个网络设备之间时钟同步误差导致的相移差, 以实现信号的相干叠加并消除干扰。

一些可能的设计方案中, 可以通过硬件设计解决时钟同步问题, 从而减小不同网络设备之间时钟同步误差导致的相移差。例如, 可以在网络设备中设置协同板, 以使不共时钟源的网络设备共时钟源, 或者通过升级时钟硬件使时钟同步, 从而实现接收信号的相干叠加并消除干扰。

一些可能的设计方案中, 针对协同为终端提供服务的多个网络设备中每个网络设备, 终端可以在多个频域单元和多个时域单元上测量参考信号, 其中, 每个频域单元和每个时域单元对应一次测量, 对应的可以得到该频域单元和时域单元上的信道的相位。终端可以根据测量得到的每个网络设备对应的多个

信道的相位确定网络设备的SFO和CFO。以下结合图3举例说明。如图3所示,假设协同为终端提供服务的网络设备包括网络设备1和网络设备2。网络设备1向终端发送多个RS(也可以说发送多次RS),网络设备2向终端发送多个RS。相应的,终端接收来自网络设备1的多个RS和来自网络设备2的多个RS。其中,网络设备1发送的多个RS位于多个频域单元和多个符号上,网络设备2发送的RS位于多个频域单元和多个符号上。终端根据网络设备1发送的多个RS确定网络设备1发送的信号在终端处的SFO,即 μ_1 和CFO,即 ε_1 。终端根据网络设备2发送的多个RS确定网络设备2发送的信号在终端处的SFO,即 μ_2 和CFO,即 ε_2 。

基于 μ_1 、 ε_1 、 μ_2 和 ε_2 ,终端可以得到网络设备1对应的SFO和网络设备2对应的SFO之间的频率偏差,以及网络设备1对应的CFO和网络设备2对应的CFO之间的频率偏差。

其中,网络设备1对应的CFO和网络设备2对应的CFO之间的偏差 $\Delta\varepsilon$ 满足如下公式(20)所示的关系:

$$\Delta\varepsilon = \varepsilon_1 - \varepsilon_2; \quad (20)$$

网络设备1对应的SFO和网络设备2对应的SFO之间的偏差 $\Delta\mu$ 满足如下公式(21)所示的关系:

$$\Delta\mu = \mu_1 - \mu_2; \quad (21)$$

在获得 $\Delta\varepsilon$ 和 $\Delta\mu$ 之后,终端可以向网络设备1和网络设备2中的至少一个网络设备发送用于指示 $\Delta\varepsilon$ 和 $\Delta\mu$ 对应的相移差的信息。

用于指示 $\Delta\varepsilon$ 和 $\Delta\mu$ 对应的相移差的信息可以包括 $\Delta\varepsilon$ 和 $\Delta\mu$,或者 $\Delta\varepsilon$ 和 $\Delta\mu$ 对应的相移差,如 $2\pi[\Delta\varepsilon + k\Delta\mu]l$ 。网络设备1和/或网络设备2可以根据用于指示 $\Delta\varepsilon$ 和 $\Delta\mu$ 对应的相移差进行相位补偿。例如,若终端向网络设备1发送用于指示 $\Delta\varepsilon$ 和 $\Delta\mu$ 对应的相移差的信息,那么,可以由网络设备1根据 $\Delta\varphi_1 = 2\pi[\Delta\varepsilon + k\Delta\mu]l$ 进行相位补偿。又如,若终端向网络设备2发送用于指示 $\Delta\varepsilon$ 和 $\Delta\mu$ 的信息,那么,可以由网络设备2根据 $\Delta\varphi_2 = 2\pi[\Delta\varepsilon + k\Delta\mu]l$ 进行相位补偿。再如,若终端向网络设备1和网络设备2发送用于指示 $\Delta\varepsilon$ 和 $\Delta\mu$ 的信息,那么,可以由网络设备1进行相位补偿,或者可以由网络设备2进行相位补偿,或者由网络设备1和网络设备2分别进行相位补偿。

例如,对于上述 $\Delta\varphi_1$,网络设备2可以将相移乘在预编码向量上进行补偿。进行补偿后的信号如下公式(22)所示:

$$y_1(t_0 + \Delta t) = (H^1 W_{11} + e^{j\Delta\varphi_1} e^{j\Delta\varphi} H^2 W_{21}) S_1 + (H^1 W_{12} + e^{j\Delta\varphi_1} e^{j\Delta\varphi} H^2 W_{22}) S_2; \quad (22)$$

关于相位补偿的原理,此处不再赘述。

此外,在实际的通信过程中,除SFO和CFO会导致网络设备与终端之间的相移之外,多径时延引起的频率偏移和多普勒效应引起的频率偏移也会导致网络设备与终端之间的相移,在此情况下,进行相位补偿的原理与仅考虑SFO和CFO的情况下进行相位补偿的原理类似。其区别在于,在考虑多径时延引起的频率偏移和多普勒效应引起的频率偏移的情况下, μ_1 还包括多径时延引起的频率偏移, ε_1 还包括多普勒效应引起的频率偏移, μ_2 还包括多径时延引起的频偏, ε_2 还包括多普勒效应引起的频率偏移。

为便于理解,以下结合网络设备1、网络设备2均在符号0、符号1、频域单元0至频域单元K发送信号为例,举例说明如何确定 μ_1 、 ε_1 、 μ_2 和 ε_2 。

假设同一个网络设备和终端之间的两个信道之间的相位差 $\Delta\theta$ 满足如下公式(23)所示的关系:

$$\Delta\theta = 2\pi(\varepsilon + k\mu)\Delta l\Delta t; \quad (23)$$

其中, μ 为网络设备对应的SFO, ε 为网络设备对应的CFO, Δl 为两个信道之间间隔的符号数量, Δt 为时域上相邻的两个符号之间间隔的时间长度。

如图4中的(a)所示,网络设备1与终端之间在符号 l 和频域单元 k 上的信道为 $H_{l,k}^1$, $H_{l,k}^1$ 的相位可以根据符号 l 和频域单元 k 上的RS测量得到, $H_{0,k}^1$ 的相位可以根据符号0和频域单元 k 上的RS测量得到, $H_{1,k}^1$ 的相位可以根据符号1和频域单元 k 上的RS测量得到,网络设备1在频域单元 k 上相邻两个符号对应的信道之间的相移 $\Delta\theta_k^1$ 满足如下公式(24)所示的关系:

$$\Delta\theta_k^1 = \theta_{1,k}^1 - \theta_{0,k}^1; \quad (24)$$

其中, $\theta_{0,k}^1$ 为 $H_{0,k}^1$ 的相位, $\theta_{1,k}^1$ 为 $H_{1,k}^1$ 的相位。

根据公式(24)可以得到 $\Delta\theta_0^1$, $\Delta\theta_1^1$, $\Delta\theta_2^1$,..., $\Delta\theta_{K-3}^1$, $\Delta\theta_{K-2}^1$, $\Delta\theta_{K-1}^1$ 。

因此根据公式(23)可以同一个频域单元 k 上, $H_{0,k}^1$ 与 $H_{1,k}^1$ 之间的相移为 $\Delta\theta_k^1$, $\Delta\theta_k^1$ 满足如下公式(25)所示的关系:

$$\Delta\theta_k^1 = 2\pi\varepsilon_1\Delta l + 2\pi k\mu_1\Delta l; \quad (25)$$

将 $\Delta\theta_0^1$, $\Delta\theta_1^1$, $\Delta\theta_2^1$,..., $\Delta\theta_{K-3}^1$, $\Delta\theta_{K-2}^1$, $\Delta\theta_{K-1}^1$ 分别代入公式(25),便可以对对应得到 ε_1 和 μ_1 。

如图4中的(b)所示,网络设备2与终端之间在符号 l 和频域单元 k 上的信道为 $H_{l,k}^2$, $H_{l,k}^2$ 的相位可以根

据符号 l 和频域单元 k 上的RS测量得到, $H_{0,k}^2$ 的相位可以根据符号0和频域单元 k 上的RS测量得到, $H_{1,k}^2$ 的相位可以根据符号1和频域单元 k 上的RS测量得到, 网络设备2在频域单元 k 上相邻两个符号对应的信道之间的相移 $\Delta\theta_k^2$ 满足如下公式 (26) 所示的关系:

$$\Delta\theta_k^2 = \theta_{1,k}^2 - \theta_{0,k}^2; \quad (26)$$

其中, $\theta_{0,k}^2$ 为 $H_{0,k}^2$ 的相位, $\theta_{1,k}^2$ 为 $H_{1,k}^2$ 的相位。

根据公式 (26) 可以得到 $\Delta\theta_0^2, \Delta\theta_1^2, \Delta\theta_2^2, \dots, \Delta\theta_{K-3}^2, \Delta\theta_{K-2}^2, \Delta\theta_{K-1}^2$ 。

因此根据公式 (23) 可以同一个频域单元 k 上, $H_{0,k}^2$ 与 $H_{1,k}^2$ 之间的相移为 $\Delta\theta_k^2$, $\Delta\theta_k^2$ 满足如下公式 (27) 所示的关系:

$$\Delta\theta_k^2 = 2\pi\varepsilon_2\Delta l + 2\pi k\mu_2\Delta l; \quad (27)$$

将 $\Delta\theta_0^2, \Delta\theta_1^2, \Delta\theta_2^2, \dots, \Delta\theta_{K-3}^2, \Delta\theta_{K-2}^2, \Delta\theta_{K-1}^2$ 分别代入公式 (27), 便可以对对应得到 ε_2 和 μ_2 。

应理解, 上述 $\varepsilon_1, \mu_1, \varepsilon_2$ 和 μ_2 的计算方法 (线性回归等方法) 仅用于举例, 实际实施中, 还可以采用其他方法, 获取 $\varepsilon_1, \mu_1, \varepsilon_2$ 和 μ_2 , 此处不再赘述。

在上述进行相位补偿的方案中, 仅考虑了由于时间变化导致的多个网络设备之间的相移, 即传输下行信号的时时刻 (也可以说是预编码的时刻) 相对于一个用于作参考的时刻之间的相移, 如 $t_0 + \Delta t$ 时刻相对于 t_0 之间的相移, 但是, 网络设备在用于作参考的时刻, 如 t_0 时刻的差未进行补偿, 这样, 会导致设备补偿的相位不够精确。

应理解, 本申请实施例中, 相同的符号所表示的含义相同, 后续不再赘述。

下面将结合附图, 对本申请中的技术方案进行描述。

本申请实施例的技术方案可以应用于各种通信系统, 例如无线保真 (wireless fidelity, WiFi) 系统, 车到任意物体 (vehicle to everything, V2X) 通信系统、设备间 (device-to-device, D2D) 通信系统、车联网通信系统、第4代(4th generation, 4G)移动通信系统, 如长期演进 (long term evolution, LTE) 系统、全球互联微波接入 (worldwide interoperability for microwave access, WiMAX) 通信系统、第五代(5th generation, 5G)移动通信系统, 如新空口 (new radio, NR) 系统, 以及未来的通信系统, 如第六代(6th generation, 6G)移动通信系统等。

本申请将围绕可包括多个设备、组件、模块等的系统来呈现各个方面、实施例或特征。应当理解和明白的是, 各个系统可以包括另外的设备、组件、模块等, 并且/或者可以并不包括结合附图讨论的所有设备、组件、模块等。此外, 还可以使用这些方案的组合。

另外, 在本申请实施例中, “示例地”、“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”的任何实施例或设计方案不应被解释为比其它实施例或设计方案更优选或更具优势。确切而言, 使用示例的一词旨在以具体方式呈现概念。

第一, 在本申请中, “用于指示”可以包括用于直接指示和用于间接指示。当描述某一“信息”用于指示A时, 可以包括该信息直接指示A或间接指示A, 而并不代表该信息中一定携带有A。

将一个信息所指示的信息称为待指示信息, 则具体实现过程中, 对待指示信息进行指示的方式有很多种, 例如但不限于, 可以直接指示待指示信息, 如待指示信息本身或者该待指示信息的索引等。也可以通过指示其他信息来间接指示待指示信息, 其中该其他信息与待指示信息之间存在关联关系。还可以仅仅指示待指示信息的一部分, 而待指示信息的其他部分则是已知的或者提前约定的。例如, 还可以借助预先约定 (例如协议规定) 的各个信息的排列顺序来实现对特定信息的指示, 从而在一定程度上降低指示开销。同时, 还可以识别各个信息的通用部分并统一指示, 以降低单独指示同样的信息而带来的指示开销。

此外, 具体的指示方式还可以是现有各种指示方式, 例如但不限于, 上述指示方式及其各种组合等。各种指示方式的具体细节可以参考现有技术, 本文不再赘述。由上文所述可知, 举例来说, 当需要指示相同类型的多个信息时, 可能会出现不同信息的指示方式不相同的情形。具体实现过程中, 可以根据具体的需要选择所需的指示方式, 本申请实施例对选择的指示方式不做限定, 如此一来, 本申请实施例涉及的指示方式应理解为涵盖可以使得待指示方获知待指示信息的各种方法。

待指示信息可以作为一个整体一起发送, 也可以分成多个子信息分开发送, 而且这些子信息的发送周期和/或发送时机可以相同, 也可以不同。具体发送方法本申请不进行限定。其中, 这些子信息的发送周期和/或发送时机可以是预先定义的, 例如根据协议预先定义的, 也可以是发射端设备通过向接收端设备发送配置信息来配置的。其中, 该配置信息可以例如但不限于包括无线资源控制 (radio resource control,

RRC) 信令、媒体接入控制 (medium access control, MAC) 层信令和物理层信令中的一种或者至少两种的组合。其中, MAC层信令例如包括MAC控制元素 (control element, CE); 物理 (physical, PHY) 层信令例如包括下行控制信息 (downlink control information, DCI)。

第二, 在下文示出的实施例中第一、第二以及各种数字编号仅为描述方便进行的区分, 并不用来限制本申请实施例的范围。例如, 区分不同的指示信息。

第三, “预设”、或“预定义”、或“预配置”可以通过在设备 (例如, 包括终端设备和网络设备) 中预先保存相应的代码、表格或其他可用于指示相关信息的方式来实现, 还可以是通过协议中预先规定的, 本申请对于其具体的实现方式不做限定。其中, “保存”可以是指, 保存在一个或者多个存储器中。所述一个或者多个存储器可以是单独的设置, 也可以是集成在编码器或者译码器, 处理器、或通信装置中。所述一个或者多个存储器也可以是一部分单独设置, 一部分集成在译码器、处理器、或通信装置中。存储器的类型可以是任意形式的存储介质, 本申请并不对此限定。

第四, 本申请实施例中涉及的“协议”可以是指通信领域的标准协议, 例如可以包括3GPP的LTE协议 (如TS36系列的技术规范)、NR协议 (如TS38系列的技术规范) 以及应用于未来的通信系统中的相关协议, 本申请对此不作限定。

本申请实施例描述的网络架构以及业务场景是为了更加清楚的说明本申请实施例的技术方案, 并不构成对于本申请实施例提供的技术方案的限定, 本领域普通技术人员可知, 随着网络架构的演变和新业务场景的出现, 本申请实施例提供的技术方案对于类似的技术问题, 同样适用。

本申请实施例描述的网络架构以及业务场景是为了更加清楚的说明本申请实施例的技术方案, 并不构成对于本申请实施例提供的技术方案的限定, 本领域普通技术人员可知, 随着网络架构的演变和新业务场景的出现, 本申请实施例提供的技术方案对于类似的技术问题, 同样适用。

为便于理解本申请实施例, 首先以图5中示出的通信系统为例详细说明适用于本申请实施例的通信系统。示例性地, 图5为本申请实施例提供的方法所适用的一种通信系统的架构示意图。

如图5所示, 该通信系统包括网络设备和终端。

示例性地, 网络设备可以包括网络设备501a至网络设备501b, 终端可以包括终端502a终端至502e。终端可以通过无线的方式与网络设备相连, 网络可以通过有线或无线的方式与核心网 (图5中未示出) 相连。

其中, 网络设备501a的覆盖区域为区域1, 网络设备501b的覆盖区域为区域2, 终端502a至302d位于区域1内, 终端502a、终端502b和终端502e位于区域2内。终端502a和终端502b位于区域1和区域2的重叠区域内。其中, 针对区域1和区域2的重叠区域内的终端 (终端502a或终端502b), 网络设备501a和网络设备501b可以协同传输。针对区域1内的终端 (如终端502c或终端502d), 网络设备501a可以进行非协同传输。针对区域2内的终端 (如终端502e), 网络设备501a可以进行非协同传输。

终端可以是具有收发功能的终端, 或也可以是设置于该终端的芯片或芯片系统。该终端也可以称为用户设备 (user equipment, UE)、接入终端、用户单元 (subscriber unit)、用户站、移动站 (mobile station, MS)、移动台、远方站、远程终端、移动设备、用户终端、终端、无线通信设备、用户代理或用户装置。本申请的实施例中的终端可以是手机 (mobile phone)、蜂窝电话 (cellular phone)、智能电话 (smart phone)、平板电脑 (Pad)、无线数据卡、个人数字助理电脑 (personal digital assistant, PDA)、无线调制解调器 (modem)、手持设备 (handset)、膝上型电脑 (laptop computer)、机器类型通信 (machine type communication, MTC) 终端、带无线收发功能的电脑、虚拟现实 (virtual reality, VR) 终端、增强现实 (augmented reality, AR) 终端、智能家居设备 (例如, 冰箱、电视、空调、电表等)、智能机器人、机械臂、车间设备、无人驾驶中的无线终端、工业控制 (industrial control) 中的无线终端、无人驾驶 (self-driving) 中的无线终端、远程医疗 (telemedical) 中的无线终端、智能电网 (smart grid) 中的无线终端、运输安全 (transportation safety) 中的无线终端、智慧城市 (smart city) 中的无线终端、智慧家庭 (smart home) 中的无线终端、车载终端、具有终端功能的路边单元 (road side unit, RSU) 等、飞行设备 (例如, 智能机器人、热气球、无人机、飞机) 等。本申请的终端还可以是作为一个或多个部件或者单元而内置于车辆的车载模块、车载模组、车载部件、车载芯片或者车载单元。终端还可以是具有终端功能的设备, 例如, 终端还可以是D2D通信中担任终端功能的设备。本申请的实施例对终端的设备形态不做限定, 用于实现终端的功能的装置可以是终端设备; 也可以是能够支持终端设备实现该功能的装置, 例如芯片系统。该装置可以被安装在终端设备中或者和终端设备匹配使用。本申请实施例中, 芯片系统可以由芯片构成, 也可以包括芯片和其他分立器件。

网络设备可以是具有无线收发功能的设备，或也可以是设置于该设备的芯片或芯片系统，位于通信系统的接入网（access network，AN），用以为终端提供接入服务。例如，网络设备可以被称为无线接入网设备（radio access network，RAN）设备，具体可以是下一代移动通信系统，例如6G的接入网设备，例如6G基站，或者在下一代移动通信系统中，网络设备也可以有其他命名方式，其均涵盖在本申请实施例的保护范围以内，本申请对此不做任何限定。或者，网络设备也可以包括5G，如新空口（new radio，NR）系统中的gNB，或，5G中的基站的一个或一组（包括多个天线面板）天线面板，或者，还可以为构成gNB、传输点（transmission and reception point，TRP或者transmission point，TP）或传输测量功能（transmission measurement function，TMF）的网络节点，如集中式单元（central unit，CU），分布式单元（distributed unit，DU），CU-控制面（control plane，CP），CU-用户面（user plane，UP），或者无线单元（radio unit，RU）、具有基站功能的RSU，或者有线接入网关，或者5G的核心网网元等。或者，网络设备还可以包括：无线保真（wireless fidelity，WiFi）系统中的接入点（access point，AP），无线中继节点、无线回传节点、各种形式的宏基站、微基站（也称为小站）、中继站、接入点、可穿戴设备、车载设备等。

其中，CU和DU可以是单独设置，或者也可以包括在同一个网元中，例如基带单元（baseband unit，BBU）中。RU可以包括在射频设备或者射频单元中，例如包括在射频拉远单元（remote radio unit，RRU）、有源天线处理单元（active antenna unit，AAU）或远程射频头（remote radio head，RRH）中。可以理解的是，网络设备可以为CU节点、或DU节点、或包括CU节点和DU节点的设备。此外，CU可以划分为接入网RAN中的网络设备，也可以将CU划分为核心网CN中的网络设备，在此不做限制。在不同系统中，CU（或CU-CP和CU-UP）、DU或RU也可以有不同的名称，但是本领域的技术人员可以理解其含义。例如，在ORAN系统中，CU也可以称为O-CU（开放式CU），DU也可以称为O-DU，CU-CP也可以称为O-CU-CP，CU-UP也可以称为O-CU-UP，RU也可以称为O-RU。为描述方便，本申请中以CU，CU-CP，CU-UP、DU和RU为例进行描述。本申请中的CU（或CU-CP、CU-UP）、DU和RU中的任一单元，可以通过软件模块、硬件模块、或者软件模块与硬件模块结合来实现。本申请实施例中，对网络设备的形态不作限定，用于实现网络设备的功能的装置可以是网络设备；也可以是能够支持网络设备实现该功能的装置，例如芯片系统。该装置可以被安装在网络设备中或者和网络设备匹配使用。

如图6所示，网络设备中包括RRC信令交互模块（图6中的RRC）、MAC信令交互模块（图6中的MAC）、和PHY信令及数据交互模块（图6中的PHY）。终端中包括RRC信令交互模块、MAC信令交互模块、和PHY信令及数据交互模块。

网络设备与终端之间，可以通过RRC信令交互模块交互RRC信令。网络设备与终端之间，可以通过MAC信令交互模块交互MAC CE信令。网络设备与终端之间，可以通过PHY交互模块交互如下一项或多项：上行控制信令、下行控制信令（如DCI）、上行数据、下行数据。

需要说明的是，本申请实施例提供的相位补偿方法，可以适用于图5所示的节点之间，具体实现可以参考下述方法实施例，此处不再赘述。

应当指出的是，本申请实施例中的方案还可以应用于其他通信系统中，相应的名称也可以用其他通信系统中的对应功能的名称进行替代。

应理解，图5仅为便于理解而示例的简化示意图，该通信系统中还可以包括其他网络设备，和/或，其他终端，图5中未予以画出。

基于图5所提供的通信系统，本申请实施例提供了一种相位补偿方法。该相位补偿方法包括：至少两个网络设备中的每个网络设备均向终端发送RS集合。终端接收至少两个参考信号集合。其中，至少两个参考信号集合中每个参考信号集合均包括至少一个参考信号。终端根据至少两个参考信号集合发送第一信息。第一信息用于指示在第一时刻时，至少两个参考信号集合中的参考信号集合之间对应的相位变化量。至少两个网络设备中的每个网络设备均接收第一信息，并根据第一信息进行相位补偿，以提高相位补偿的精度。

下面将结合图7-图14对本申请实施例提供的相位补偿方法进行具体阐述。

示例性地，图7为本申请实施例提供的相位补偿方法的流程示意图。该相位补偿方法可以适用于图5所示的两个节点之间的通信。

如图7所示，该相位补偿方法包括如下步骤：

S701，至少两个网络设备中的每个网络设备均向终端发送RS集合。相应的，终端接收至少两个RS集

合。

其中，至少两个RS集合中每个RS集合均包括至少一个RS。

至少两个RS集合中每个RS集合对应一个网络设备。也就是说，一个RS集合包括该RS集合对应的网络设备发送的RS。换言之，至少两个网络设备中，每个网络设备发送一个RS集合。RS集合可以理解为网络设备对应的RS集合。作为示例，图7中示出网络设备1和网络设备2分别向终端设备发送各自的RS集合。

至少两个RS集合即至少两个网络设备中每个网络设备对应的RS集合。

以至少两个网络设备包括四个网络设备为例，则网络设备与RS集合之间的对应关系如下表1所示：

表1

网络设备	网络设备1	网络设备2	网络设备3	网络设备4
RS集合	RS集合1	RS集合2	RS集合3	RS集合4

一种可能的设计方案中，至少两个RS集合中每个RS集合的RS承载于同一个RS资源集合的RS资源上。其中，RS资源集合包括多个RS资源。

以下结合表1举例说明。假设至少两个网络设备包括网络设备1至网络设备4，且至少两个网络设备中每个网络设备各自对应的RS集合如表1所示，RS集合1至RS集合4依次对应RS资源集合1至RS资源集合4。如图8所示，RS资源集合1包括RS资源1至RS资源3，RS资源集合2包括RS资源4至RS资源6，RS资源集合3包括RS资源7至RS资源9，RS资源集合4包括RS资源10至RS资源12，那么，RS集合1中的RS承载于RS资源1至RS资源3上，RS集合2中的RS承载于RS资源4至RS资源6上，RS集合3中的RS承载于RS资源7至RS资源9上，RS集合4中的RS承载于RS资源10至RS资源12上。在此情况下，RS资源集合、RS资源和RS集合之间的关系示意图如表2所示。

表2

RS资源集合	RS资源	RS集合
RS资源集合1	RS资源1	RS集合1
	RS资源2	
	RS资源3	
RS资源集合2	RS资源4	RS集合2
	RS资源5	
	RS资源6	
RS资源集合3	RS资源7	RS集合3
	RS资源8	
	RS资源9	
RS资源集合4	RS资源10	RS集合4
	RS资源11	
	RS资源12	

可理解，在此情况下，每个RS资源集合中的一个RS资源对应一次信号测量，或者说，对于一个网络设备的信号测量可以在该网络设备的RS所占用的每个RS资源上进行一次。本申请实施例中，在RS为信道状态信息参考信号（channel state information-reference signal，CSI-RS）的情况下，信号测量是指对CSI-RS的测量。

结合图8举例，RS资源集合1中的RS资源1至RS资源3各对应一次信号测量。

可选地，同一个RS资源集合内的多个RS资源中，同一端口索引对应的端口相同。和/或，同一个RS资源集合内的多个RS资源准共址。

端口索引对应的端口即端口索引所表示的端口。同一端口索引对应的端口相同，也就是说相同端口索引对应的端口相同。

RS资源集合内的多个RS资源准共址（quasi-colocation，QCL），也可以说，RS资源集合内的多个RS资源的准共址信息相同。例如，RS资源集合内多个RS资源准共址，可以是RS资源集合内多个RS资源的大尺度和/或小尺度特性相同。

仍然结合图8所示的参考资源中的RS资源集合1为例，RS资源1至RS资源3中同一端口索引对应的端口相同。例如，RS资源1中端口索引x与RS资源2中端口索引x对应的端口相同，RS资源1中端口索引x与RS

资源3中端口索引x对应的端口相同，RS资源2中端口索引x与RS资源3中端口索引x对应的端口相同。

类似地，结合图8所示的参考资源中的RS资源集合1为例，RS资源集合1中RS资源1与RS资源2准共址，RS资源1与RS资源3准共址，RS资源2与RS资源3准共址。

这样，可以提高终端测量的相移的精确度，从而进一步提高相位补偿的精确度。

一种可能的设计方案中，至少两个RS集合中不同RS集合的RS分别承载于不同RS资源集合的RS资源上。也就是说，至少两个RS集合中每个RS集合的RS承载于一个RS资源集合的RS资源上。其中，RS资源集合包括一个RS资源。

在此情况下，RS资源集合为周期配置的或半周期配置的，一个RS集合中的RS承载于一个RS资源集合在多个周期中的RS资源上。例如，RS资源集合包括RS资源集合1至RS资源集合4，RS资源集合1包括RS资源1，RS资源集合2包括RS资源2，RS资源集合3包括RS资源3，RS资源集合4包括RS资源4。其中，周期、RS资源集合、RS资源和RS集合之间的对应关系表3所示。周期、RS资源集合、RS资源和RS集合之间的关系示意图如图9所示。

表3

周期	RS资源集合	RS资源	RS集合
周期1	RS资源集合1	RS资源1	RS集合1
	RS资源集合2	RS资源2	RS集合2
	RS资源集合3	RS资源3	RS集合3
	RS资源集合4	RS资源4	RS集合4
周期2	RS资源集合1	RS资源1	RS集合1
	RS资源集合2	RS资源2	RS集合2
	RS资源集合3	RS资源3	RS集合3
	RS资源集合4	RS资源4	RS集合4
周期3	RS资源集合1	RS资源1	RS集合1
	RS资源集合2	RS资源2	RS集合2
	RS资源集合3	RS资源3	RS集合3
	RS资源集合4	RS资源4	RS集合4

一种可能的设计中，至少两个RS集合中每个RS集合的RS承载于多个RS资源集合的RS资源上。

也就是说，多个RS资源集合中每个RS资源集合中均存在RS资源用于承载同一个RS集合中的RS。

以下结合表1的RS资源集合和RS集合，假设RS资源集合1中包括RS资源1至RS资源4，RS资源集合2中包括RS资源5至RS资源8，RS资源集合3包括RS资源9至RS资源12，那么，RS集合1承载于RS资源1、RS资源5和RS资源9上，RS集合2承载于RS资源2、RS资源6和RS资源10上，RS集合3承载于RS资源3、RS资源7和RS资源11上，RS集合4承载于RS资源4、RS资源8和RS资源12上。其中，RS资源集合、RS资源和RS集合之间的对应关系如表4所示。

表4

RS资源集合	RS资源	RS集合
RS资源集合1	RS资源1	RS集合1
	RS资源2	RS集合2
	RS资源3	RS集合3
	RS资源4	RS集合4
RS资源集合2	RS资源5	RS集合1
	RS资源6	RS集合2
	RS资源7	RS集合3
	RS资源8	RS集合4
RS资源集合3	RS资源9	RS集合1
	RS资源10	RS集合2
	RS资源11	RS集合3
	RS资源12	RS集合4

可选的，多个RS资源集合的每个RS资源集合中至少存在一个资源标识相同的RS资源。

其中，资源标识是指用于表示RS资源的标识，资源标识也可以称为资源索引或者其他名称，此处不再赘述。应理解，不同RS资源集合中资源标识相同的RS资源用于承载同一RS集合中的RS。

如图10所示，假设多个RS资源集合包括RS资源集合1至RS资源集合3，那么，RS资源集合1至RS资源集合3中均包括RS资源1，即资源标识为“1”的RS资源。结合表1的RS集合举例，那么，RS资源集合1至RS资源集合3中均还包括RS资源2，即资源标识为“2”的RS资源。RS资源集合1至RS资源集合3中均还包括RS资源3，即资源标识为“3”的RS资源。RS资源集合1至RS资源集合3中均还包括RS资源4，即资源标识为“4”的RS资源。在此情况下，RS集合1承载于RS资源集合1至RS资源集合3中的RS资源1上，RS集合2承载于RS资源集合1至RS资源集合3中的RS资源2上，RS集合3承载于RS资源集合1至RS资源集合3中的RS资源3上，RS集合4承载于RS资源集合1至RS资源集合3中的RS资源4上。可理解，此处RS集合与承载RS集合的RS资源之间的关系仅用于举例，实际实施中，还可以存在其他实现方式，例如，RS集合1承载于RS资源集合1至RS资源集合3中的RS资源2上，此处不再赘述。其中，RS资源集合、RS资源和RS集合之间的对应关系如表5所示。

表5

RS资源集合	RS资源	RS集合
RS资源集合1	RS资源1	RS集合1
	RS资源2	RS集合2
	RS资源3	RS集合3
	RS资源4	RS集合4
RS资源集合2	RS资源1	RS集合1
	RS资源2	RS集合2
	RS资源3	RS集合3
	RS资源4	RS集合4
RS资源集合3	RS资源1	RS集合1
	RS资源2	RS集合2
	RS资源3	RS集合3
	RS资源4	RS集合4

或者，可选地，多个RS资源集合中的RS资源基于资源标识顺序排列，不同RS资源集合中排列顺序相同的RS资源的同一端口索引对应的端口相同，和/或，不同RS资源集合中排列顺序相同的RS资源准共址。

多个RS资源集合中的RS资源基于资源标识顺序排列，可以包括：多个RS资源集合中的RS资源基于资源标识升序排列，或者基于资源标识降序排列。应理解，多个RS资源集合中的RS资源基于资源标识按照其他排列规则排列，此处不再赘述。

不同RS资源集合中排列顺序相同的RS资源的同一端口索引对应的端口相同，即不同RS资源集合中的第m个RS资源中同一端口索引对应的端口相同。不同RS资源集合中排列顺序相同的RS资源准共址，即不同RS资源集合中的第m个RS资源准共址。其中，m为正整数。其中，m为正整数。

为便于理解，以下结合多个RS资源集合中的RS资源基于资源标识升序排列，以及表1所示的RS资源集合举例说明此情况下，RS资源集合、RS集合与RS资源之间的对应关系。如图11所示，假设RS资源集合1中包括RS资源1至RS资源4，RS资源集合2中包括RS资源5至RS资源8，RS资源集合3包括RS资源9至RS资源12，那么，RS集合1承载于RS资源1、RS资源5和RS资源9上，RS集合2承载于RS资源2、RS资源6和RS资源10上，RS集合3承载于RS资源3、RS资源7和RS资源11上，RS集合4承载于RS资源4、RS资源8和RS资源12上。其中，RS资源集合、RS资源和RS集合之间的对应关系如表4所示。其中，RS资源1、RS资源5和RS资源9中同一端口索引对应的端口相同。RS资源2、RS资源6和RS资源10中同一端口索引对应的端口相同。RS资源3、RS资源7和RS资源11中同一端口索引对应的端口相同。RS资源4、RS资源8和RS资源12中同一端口索引对应的端口相同。RS资源1、RS资源5和RS资源9准共址。RS资源2、RS资源6和RS资源10准共址。RS资源3、RS资源7和RS资源11准共址。RS资源4、RS资源8和RS资源12准共址。

应理解，不同RS集合中RS资源的资源标识可以不连续。以下结合表1所示的RS资源集合举例说明。RS资源集合与RS资源以及RS集合之间的对应关系如表6所示。其中，RS资源2、RS资源9和RS资源14中同一端口索引对应的端口相同，RS资源4、RS资源10和RS资源15中同一端口索引对应的端口相同，RS资源

6、RS资源11和RS资源16中同一端口索引对应的端口相同，RS资源8、RS资源12和RS资源17中同一端口索引对应的端口相同。

表6

RS资源集合	RS资源	RS集合
RS资源集合1	RS资源2	RS集合1
	RS资源4	RS集合2
	RS资源6	RS集合3
	RS资源8	RS集合4
RS资源集合2	RS资源9	RS集合1
	RS资源10	RS集合2
	RS资源11	RS集合3
	RS资源12	RS集合4
RS资源集合3	RS资源14	RS集合1
	RS资源15	RS集合2
	RS资源16	RS集合3
	RS资源17	RS集合4

RS资源2、RS资源9和RS资源14准共址，RS资源4、RS资源10和RS资源15准共址，RS资源6、RS资源11和RS资源16准共址，RS资源8、RS资源12和RS资源17准共址。

这样，可以提高终端测量的相移的精确度，从而进一步提高相位补偿的精确度。

一种可能的设计方案中，至少两个RS集合中每个RS集合的RS承载于同一个RS资源集合的RS资源上。

其中，RS资源集合包括多个RS资源，且不同RS集合的RS承载于不同的RS资源上。

在此情况下，RS资源集合为周期配置的或半周期配置的，一个RS集合中的RS承载于一个RS资源集合在多个周期中的RS资源上。

以下结合表1举例说明。如图12所示，假设RS资源集合配置在周期1至周期3中，RS资源集合中包括RS资源1至RS资源4，那么，RS集合1中的RS承载于RS资源集合位于周期1至周期3中的RS资源1上，RS集合2中的RS承载于RS资源集合位于周期1至周期3中的RS资源2上，RS集合3中的RS承载于RS资源集合位于周期1至周期3中的RS资源3上，RS集合4中的RS承载于RS资源集合位于周期1至周期3中的RS资源4上。应理解，此处承载RS集合中的RS的RS资源仅用于举例，实际实施中，还可以存在其他可能的实现方式，例如，RS集合1中的RS承载于RS资源集合位于周期1至周期3中的RS资源2上，此处不再赘述。其中，周期、RS资源集合、RS资源和RS集合之间的对应关系表7所示。

表7

周期	RS资源集合	RS资源	RS集合
周期1	RS资源集合1	RS资源1	RS集合1
		RS资源2	RS集合2
		RS资源3	RS集合3
		RS资源4	RS集合4
周期2	RS资源集合1	RS资源1	RS集合1
		RS资源2	RS集合2
		RS资源3	RS集合3
		RS资源4	RS集合4
周期3	RS资源集合1	RS资源1	RS集合1
		RS资源2	RS集合2
		RS资源3	RS集合3
		RS资源4	RS集合4

S702，终端根据至少两个RS集合发送第一信息。相应的，至少两个网络设备中每个网络设备接收终端根据至少两个RS集合发送的第一信息。

可理解，终端在接收到至少两个RS集合后，可以根据至少两个RS集合中的每个RS集合测量该RS集

合中RS对应的相位，进而根据两个RS集合中RS对应的相位之间的差获得这两个RS集合在第一时刻对应的相位差，即发送该RS集合的网络设备对应的相位。本申请实施例中，发送RS集合，即发送RS集合中的RS。RS集合对应的相位即发送RS集合的网络设备对应的相位。

第一信息用于指示在第一时刻时，至少两个RS集合中的RS集合之间对应的相位变化量。其中，第一时刻是用于作为参考的时刻。

至少两个RS集合中的RS集合之间对应的相位变化量即至少两个网络设备中的网络设备之间对应的相位变化量。也可以说是至少两个网络设备中的网络设备之间的相移的差。

在第一时刻时，至少两个RS集合中的RS集合之间对应的相位变化量，即在第一时刻时至少两个网络设备中的网络设备之间的相移的差。应理解，网络设备在第一时刻的相移是指网络设备在第一时刻的相位与第二时刻时的相位之间的差。

其中，第二时刻为至少两个网络设备中，每个网络设备的相位均相同的时刻。

以下结合网络设备1和网络设备2举例说明，网络设备1在第一时刻与第二时刻之间的相移为 φ_{11} ，即网络设备，网络设备2在第一时刻与第二时刻之间的相移为 φ_{12} ，那么，在第一时刻时，至少两个RS集合中的RS集合之间对应的相位变化量为 $\varphi_{12} - \varphi_{11}$ 。

此处，在第一时刻时，至少两个RS集合中的RS集合之间对应的相位变化量为 $\varphi_{12} - \varphi_{11}$ 仅用于举例，实际实施时，在第一时刻时，至少两个RS集合中的RS集合之间对应的相位变化量还可以为 $\varphi_{12} - \varphi_{12}$ 。

应理解，在第一时刻时两个网络设备之间的相移的差可以根据在第一时刻时两个网络设备之间的相位的差确定。例如，两个网络设备之间的相移的差可以等于在第一时刻时该两个网络设备之间的相位的差。

一种可能的设计方案中，RS为CSI-RS。

可选地，第一时刻为至少两个RS集合中位于CSI-RS之前的最后一个RS集合的结束位置。或者，第一时刻为信道状态信息（channel state information, CSI）参考资源对应的时域位置。或者，第一时刻为上报第一信息的起始时刻。或者，第一时刻为上报第一信息的起始时刻之后的时刻，且第一时刻与上报第一信息的时刻之间的时间长度为第一时间长度。应理解，上述结束位置、时域位置、起始时刻以及时刻可以对应为时域上的符号、微时隙、时隙、子帧、或帧等，本申请对此不做限定。

应理解，对于每一个CSI上报来说，是通过设定固定的时间来确定对应的CSI-RS，并基于对应的CSI-RS上报CSI测量结果的。例如，新空口（new radio, NR）中定义了CSI参考资源，表示处于CSI上报所在时隙之前的若干个时隙内的时频资源。终端设备接收CSI参考资源之前的参考信号，并在网络设备指示的CSI上报的时域位置上上报CSI测量结果，那么终端设备需要在CSI参考资源对应的时域位置和CSI上报的时域位置之间的间隔内（即用于计算CSI测量结果的时间）完成CSI测量结果的计算。其中，CSI上报的时域位置可以指终端设备向网络设备上报（发送）CSI的时隙。或者CSI上报的时域位置还可以包括上报CSI的子帧，以及上报CSI的时隙中具体的符号等。

以下结合至少两个网络设备中包括网络设备1和网络设备2为例说明第一时刻。如图13所示，网络设备1和网络设备2均向终端发送多个RS，其中，网络设备1发送RS的结束时刻为 t_1 时刻，网络设备2发送RS的结束时刻为 t_2 ，CSI参考资源对应的时域位置为 t_3 时刻，终端上报第一信息的起始时刻为 t_4 时刻，终端接收到网络设备1和网络设备2的下行信号的时隙为 t_5 时刻。若第一时刻为至少两个RS集合中位于CSI-RS之前的最后一个RS集合的结束位置，那么第一时刻为图13中的 t_2 时刻。若第一时刻为CSI参考资源对应的时域位置，那么第一时刻为 t_3 时刻。若第一时刻为上报第一信息的起始时刻，那么第一时刻为 t_4 时刻。若第一时刻为上报第一信息的起始时刻之后的时刻，且第一时刻与上报第一信息的时刻之间的时间长度为第一时间长度，那么第一时刻可以为 t_4 时刻之后第一时间长度处的时刻。

第一时间长度可以小于或等于 t_4 至 t_5 之间的时间长度，即 $t_5 - t_4$ 。

以下结合情况1至情况3分别说明至少两个RS集合中的RS集合之间对应的相位变化量。

情况1，至少两个RS集合中的RS集合之间对应的相位变化量包括：第一RS集合与第二RS集合之间对应的相位变化量。其中，第二RS集合为至少两个RS集合中的一个预设RS集合（也可称为参考RS集合），第一RS集合为至少两个RS集合中除第二RS集合之外的任一个RS集合。示例性地，第二RS集合作为预设或参考RS集合，是由协议预定义，或由网络设备配置，或网络设备与终端设备协商得到的，本申请对此不做限定。

也就是说，至少两个RS集合中的RS集合之间对应的相位变化量是指，至少两个RS集合中的一个RS

集合作为参考RS集合，至少两个RS集合中除参考RS集合之外的其他RS集合对应的相位与参考RS集合对应的相位之间的相位变化量。

以下结合表1所示的RS集合举例。如图14中的（a）所示，第二RS集合可以为RS集合1至RS集合4中的任意一个RS集合，即可以将RS集合1至RS集合4预设为第二RS集合，第一RS集合为RS集合1至RS集合4中除第二RS集合之外任一RS集合。假设第二RS集合为RS集合1，那么第一RS集合为RS集合2、RS集合3和RS集合4中的任意一个RS集合。至少两个RS集合中的RS集合之间对应的相位变化量包括：RS集合2与RS集合1之间的相位变化量，RS集合3与RS集合1之间的相位变化量，和RS集合4与RS集合1之间的相位变化量。

情况2，至少两个RS集合中的RS集合之间对应的相位变化量包括：至少两个RS集合中的第*i*个RS集合与第*i*+1个RS集合之间对应的相位变化量。*i*为整数，且 $1 \leq i < I$ ，即*i*遍历1至*I*-1。其中，*I*为至少两个参考信号集合中参考信号集合的总数量。

以下结合表1所示的RS集合举例。如图14中的（b）所示，至少两个RS集合中的RS集合之间对应的相位变化量包括：RS集合2与RS集合1之间对应的相位变化量，RS集合3与RS集合2之间对应的相位变化量，RS集合4与RS集合3之间对应的相位变化量。

情况3，上述至少两个RS集合中的RS集合之间对应的相位变化量仅用于举例，实际实施中，上述至少两个RS集合中的RS集合之间对应的相位变化量可以包括可以获得至少两个RS集合中任意两个RS集合之间的相位变化量。例如，如图14中的（c）所示，至少两个RS集合中的RS集合之间对应的相位变化量可以包括：RS集合1与RS集合2之间的相位变化量、RS集合1与RS集合3之间的相位变化量、RS集合3与RS集合4之间的相位变化量。

也就是说，可以以至少两个参考信号集合中的一个预设参考信号集合为基准计算两个参考信号集合之间对应的相位变化量，这样，在参考信号集合的数量大于或等于三个的情况下，可以简化第一信息的复杂度，从而减少资源开销。

一种可能的设计方案中，至少两个RS集合中的RS集合之间对应的相位变化量与频域单元的索引相关。

这样，可以针对不同频域单元分别获取至少两个参考信号集合中的参考信号集合之间对应的相位变化量，从而可以进一步提高相位补偿精度。

可选地，第一时刻的相位变化量与频域单元的索引满足线性关系。由此可以简化第一时刻的相位变化量的上报复杂度，降低反馈开销。

进一步地，第一时刻的相位变化量与频域单元的索引满足如下公式（28）所示的关系：

$$P1 = 2\pi\rho + 2\pi k\sigma; \quad (28)$$

其中，*P1*为第一时刻的相位变化量，*k*为频域单元的索引，*k*为大于或等于0的正整数， ρ 为常数， σ 为常数。可理解， ρ 为可以为根据载波频率偏移和/或多普勒引起的频率偏移相关的参数（如相移）。 σ 为采样频率偏移和/或多径时延引起的频率偏移相关的参数（如相移）。

其中，第一信息可以直接指示两个参考信号集合之间的相位变化量，如指示该两个参考信号集合之间的*P1*。或者，第一信息还可以间接指示两个参考信号集合之间的相位变化量，如指示该两个参考信号集合之间的 ρ 和 σ ，或者指示该两个参考信号集合之间的 $2\pi\rho$ 和 $2\pi k\sigma$ 。

以下结合情况1举例说明第一时刻时至少两个RS集合中的RS集合之间对应的相位变化量。

假设第一时刻为*t2*时刻，网络设备1在*t2*时刻的载波频率偏移和/或多普勒效应引起的频率偏移为 ε'_1 ，采样频率偏移和/或多径时延引起的频率偏移为 μ'_1 ，*t2*时刻网络设备1对应的相位为 $f_{1,2}(k)$ ；网络设备2在*t1*时刻的载波频率偏移和/或多普勒效应引起的频率偏移为 ε'_2 ，采样频率偏移和/或多径时延引起的频率偏移为 μ'_2 ，*t1*时刻网络设备2对应的相位为 $f_{2,1}(k)$ 。

*t2*时刻网络设备2对应的相位满足如下公式（29）所示的关系：

$$f_{2,2}(k) = f_{2,1}(k) + 2\pi(\varepsilon'_2 + k\Delta_f\mu'_2)(t_2 - t_1); \quad (29)$$

那么，*t2*时刻网络设备1对应的相位和*t2*时刻网络设备2对应的相位的之间的相位变化量满足如下公式（30）所示的关系：

$$f_{1,2}(k) - (f_{2,1}(k) + 2\pi(\varepsilon'_2 + k\Delta_f\mu'_2)(t_2 - t_1)) = -2\pi\varepsilon'_2(t_2 - t_1) + f_{1,2}(k) - (f_{2,1}(k) + 2\pi(k\Delta_f\mu'_2)(t_2 - t_1)) = 2\pi\rho + 2\pi k\sigma; \quad (30)$$

在此情况下， $\rho = -\varepsilon'_2(t_2 - t_1)$ ， $\sigma = (f_{1,2}(k) - f_{2,1}(k) + 2\pi(k\Delta_f\mu'_2)(t_2 - t_1)) / 2\pi$ 。

类似地，可以获得第一时刻时，网络设备3与网络设备1之间的相位变化量以及网络设备4与网络设备

1之间的相位变化量。

可理解，在情况2下，类似地，可以获得第一时刻时，网络设备2与网络设备1之间的相位变化量，网络设备3与网络设备2之间的相位变化量以及第一时刻时网络设备4与网络设备3之间的相位变化量。

在情况3下，类似地，可以获得第一时刻时，网络设备2与网络设备1之间的相位变化量，网络设备3与网络设备1之间的相位变化量以及网络设备4与网络设备3之间的相位变化量。

应理解，上述公式（30）本申请实施例中，计算至少两个网络设备之间的相位变化量的方式仅用于举例，实际实施中，还可以采用其他方式计算。仍然以网络设备1和网络设备2为例，可以计算t2时刻网络设备2对应的相位和t2时刻网络设备1对应的相位之间的相位变化量，其计算原理与公式（30）中类似，其区别在于，t2时刻网络设备2对应的相位和t2时刻网络设备1对应的相位之间的相位变化量，与t2时刻网络设备1对应的相位和t2时刻网络设备2对应的相位的之间的相位变化量互为相反数。

此外，第一时刻还可以是t1时刻，在第一时刻为t1时刻时，计算网络设备2与网络设备1之间的相位变化量的原理与第一时刻为t2时刻时类似，此处不再赘述。

本申请实施例中，网络设备对应的相位即网络设备发送的信号的相位，此处不再赘述。

两个参考信号之间对应的相位变化量，即两个参考信号各自对应的网络设备之间对应的相位变化量。

终端根据至少两个RS集合发送第一信息，也可以说终端根据至少两个网络设备中每个网络设备对应的RS集合发送第一信息。

S703，至少两个网络设备中的网络设备根据第一信息进行相位补偿。

一种可能的设计方案中，S703可以包括：至少两个网络设备中网络设备根据第一信息指示的至少两个参考信号集合中参考信号集合之间的相位变化量进行相位补偿。

一些可选的设计方案中，可以由至少两个网络设备中的部分网络设备根据第一信息指示的至少两个参考信号集合中参考信号集合之间的相位变化量进行相位补偿。或者，一些可选的设计方案中，可以至少两个网络设备中的所有网络设备均根据第一信息指示的至少两个参考信号集合中参考信号集合之间的相位变化量进行相位补偿。

应理解，终端还可以向至少两个网络设备反馈用于指示至少两个网络设备中的两个网络设备之间的相移差的第三信息。

其中，第三信息可以包括至少两个网络设备中的两个网络设备之间的 $\Delta\varepsilon$ 和 $\Delta\mu$ 。关于第三信息的实现原理可以参考图3中关于用于指示 $\Delta\varepsilon$ 和 $\Delta\mu$ 的信息的相关介绍，此处不再赘述。

以下结合上述情况1至情况3分别举例说明如何进行相位补偿。

在情况1下，参考RS集合，如RS集合1对应的网络设备可以不进行相位补偿，至少两个网络设备中，除参考RS集合之外的网络设备根据第一信息进行相位补偿。

结合表1和图14中的（a）为例，假设网络设备1对应的RS集合1，参考RS集合为RS集合1，那么可以由网络设备2至网络设备3进行相位补偿，网络设备1不进行相位补偿。以下结合网络设备2进行相位补偿进一步说明。

以第一时刻时，网络设备1和网络设备2之间的相位差举例，假设网络设备1和网络设备2发送下行信号的时刻为t4时刻，那么网络设备2补偿的相位可以满足如下公式（31）所示的关系：

$$\Delta\varphi_2 = 2\pi\rho + 2\pi k\sigma + 2\pi(\Delta\varepsilon + k\Delta_f\Delta\mu)(t_4 - t_2); \quad (31)$$

其中， $\Delta\varphi_2$ 为网络设备2补偿的相位。

假设在t0时刻，终端接收到的信号满足公式（18）所示的关系，那么，在t4时刻，网络设备1或者网络设备2可以在相应时刻时，在预编码向量上进行补偿。以网络设备2可以在相应时刻时，在预编码向量上进行补偿为例，在此情况下，终端在t4时刻接收到的信号满足如下公式（32）所示的关系：

$$\mathbf{y}_1(t + \Delta t) = (\mathbf{H}^1\mathbf{W}_{11} + e^{j\Delta\varphi_2}e^{j\Delta\varphi}\mathbf{H}^2\mathbf{W}_{21})\mathbf{S}_1 + (\mathbf{H}^1\mathbf{W}_{12} + e^{j\Delta\varphi_2}e^{j\Delta\varphi}\mathbf{H}^2\mathbf{W}_{22})\mathbf{S}_2; \quad (32)$$

可理解，上述公式（32）所补偿的相位，也可以由网络设备1进行相位补偿。在此情况下，网络设备1补偿的相位为 $-\Delta\varphi_2$ 。网络设备1在预编码向量上进行补偿，那么，终端在t4时刻接收到的信号满足如下公式（33）所示的关系：

$$\mathbf{y}_1(t + \Delta t) = (e^{-j\Delta\varphi_2}\mathbf{H}^1\mathbf{W}_{11} + e^{j\Delta\varphi}\mathbf{H}^2\mathbf{W}_{21})\mathbf{S}_1 + (e^{-j\Delta\varphi_2}\mathbf{H}^1\mathbf{W}_{12} + e^{j\Delta\varphi}\mathbf{H}^2\mathbf{W}_{22})\mathbf{S}_2; \quad (33)$$

此外，在S702中计算的至少两个网络设备之间的相位变化量为t2时刻网络设备2对应的相位和t2时刻网络设备1对应的相位之间的相位变化量，那么，仍然可以得网络设备2对的相位与网络设备1对应的相位之间的相位差 $\Delta\varphi_2$ ，在此情况下，仍然可以按照公式（32）或公式（33）进行相位补偿。

应理解, $\Delta\varphi_2 + \Delta\varphi$ 的取值越小, 相位补偿的精度越高。例如, 当 $\Delta\varphi_2 + \Delta\varphi = 0$, 则可以实现接收信号的完全相干, 即实现最精确的相位补偿。网络设备3和网络设备4进行相位补偿的原理与网络设备2类似, 此处不再赘述。

上述针对情况1的相位补偿方式仅用于举例, 实际实施中, 可以是网络设备2不进行相位补偿, 网络设备1、网络设备3、网络设备4进行相位补偿。

在情况2下, 可以将至少两个网络设备中一个网络设备对应的RS集合作为参考RS集合, 参考RS集合对应的网络设备之外的每个网络设备可以根据第一信息计算出其对应的RS集合与参考RS集合之间对应的相移。例如, 结合表1和图14中的(b)为例, RS集合2为参考RS集合, 那么网络设备1可以得到RS集合1与RS集合2之间的相位变化量, 进而进行相位补偿。关于相位补偿原理可以参考公式(32)所示, 此处不再赘述。类似地, 网络设备3和网络设备4可以进行相位补偿。

应理解, 在第一信息间接指示两个参考信号集合之间的相位变化量的情况下, 在执行S703之前, 网络设备可以先根据第一信息确定至少两个参考信号集合中参考信号集合之间的相位变化量。例如, 第一信息间接指示两个参考信号集合之间的 ρ 和 σ , 那么网络设备可以根据公式(28)确定至少两个参考信号集合中参考信号集合之间的相位变化量。

可理解, 本申请实施例中, 图7所提供的方法还可以包括: 至少两个网络设备中的至少一个网络设备向终端发送第二信息。相应的, 终端接收来自所述至少两个网络设备中的至少一个网络设备发送的第二信息。

其中, 第二信息用于指示承载至少两个参考信号集合的参考资源集合的指示信息。

一些可能的设计方案中, 发送第二信息的网络设备可以是主网络设备, 如主基站。

一些可能的设计方案中, 发送第二信息的网络设备可以是辅网络设备, 如辅基站。

一些可能的设计方案中, 第二信息可以由至少两个网络设备共同发送。例如, 至少两个网络设备中的不同网络设备可以发送第二信息部分信息。至少两个网络设备中的所有网络设备发送的信息可以得到完整的第二信息。

基于图7所提供的方法, 终端可以根据至少两个参考信号集合进行相位测量, 并发送第一时刻时至少两个参考信号集合中的参考信号集合之间对应的相位变化量, 即协同场景下为终端提供服务的多个网络设备相互之间的相位变化量。在不同的时刻下, 终端提供服务的多个网络设备相互之间的相位变化量可能不同。网络设备可以结合终端上报的第一时刻的至少两个参考信号集合中的参考信号集合之间对应的相位变化量对下行信号进行相位补偿, 从而提高相位补偿的精度, 以提高CJT传输效果。

为便于理解本申请实施例的有益效果, 以下结合网络设备1和网络设备2举例说明本申请实施例的有益效果。

图15为网络设备2补偿的相位的示意图。如图15所示, 在采用公式(17)所计算的相移进行相位补偿时, 补偿的相位为 $t_0 + \Delta t$ 时刻至 t_0 时刻之间网络设备1相对于网络设备2的相移, 即 $\Delta\varphi_1$ 。而采用本申请实施例的方案, 假设第一时刻为 t_0 时刻, 那么补偿的相位包括第一时刻与发送下行信号的 $t_0 + \Delta t$ 时刻之间, 网络设备1相对于网络设备2的相移, 以及第一时刻与网络设备1和网络设备2之间不存在相移的时刻之间, 网络设备1相对于网络设备2的相移, 即 $\Delta\varphi_2$ 。由此可见, 本申请实施例所提供的方法能够实现进行更多的相位补偿, 从而可以提高相位补偿的精度。

以上结合图7-图15详细说明了本申请实施例提供的相位补偿方法。以下结合图16和图17详细说明用于执行本申请实施例提供的相位补偿方法的通信装置。

示例性地, 图16是本申请实施例提供的通信装置的结构示意图一。如图16所示, 通信装置1600包括: 处理模块1601和收发模块1602。为了便于说明, 图16仅示出了该通信装置1600的主要部件。

一些实施例中, 通信装置1600可适用于图5中所示出的通信系统中, 执行图7中所示出的相位补偿方法中终端的功能。

其中, 收发模块1602, 用于接收至少两个RS集合。其中, 至少两个RS集合中每个RS集合均包括至少一个RS。

处理模块1601, 用于生成第一信息。第一信息用于指示在第一时刻时, 至少两个RS集合中的RS集合之间对应的相位变化量。

收发模块1602, 还用于根据至少两个RS集合发送第一信息。

一种可能的设计方案中, 至少两个RS集合中的RS集合之间对应的相位变化量包括: 第一RS集合与第

二RS集合之间对应的相位变化量。其中，第二RS集合为至少两个RS集合中的一个预设RS集合，第一RS集合为至少两个RS集合中除第二RS集合之外的任一个RS集合。

一种可能的设计方案中，至少两个RS集合中的RS集合之间对应的相位变化量包括：至少两个RS集合中的第*i*个RS集合与第*i*+1个RS集合之间对应的相位变化量。*i*为整数，且 $1 \leq i < I$ 。其中，*I*为至少两个参考信号集合中参考信号集合的总数量。

一种可能的设计方案中，至少两个RS集合中的RS集合之间对应的相位变化量与频域单元的索引相关。

可选地，第一时刻的相位变化量与频域单元的索引满足线性关系。

进一步地，第一时刻的相位变化量与频域单元的索引满足如下所示的关系： $P1=2\pi\rho+2\pi k\sigma$ 。其中，*P1*为第一时刻的相位变化量，*k*为频域单元的索引，*k*为大于或等于0的正整数， ρ 为常数， σ 为常数。

一种可能的设计方案中，RS为信道状态信息CSI-RS。

可选地，第一时刻为至少两个RS集合中位于CSI参考资源之前的最后一个RS集合的结束位置。或者，第一时刻为CSI参考资源对应的时域位置。或者，第一时刻为上报第一信息的起始时刻。或者，第一时刻为上报第一信息的起始时刻之后的时刻，且第一时刻与上报第一信息的时刻之间的时间长度为第一时间长度。

一种可能的设计方案中，至少两个RS集合中每个RS集合的RS承载于同一个RS资源集合的RS资源上。其中，RS资源集合包括多个RS资源。

可选地，RS资源集合内的多个RS资源中，同一端口索引对应的端口相同。和/或，RS资源集合内的多个RS资源准共址。

一种可能的设计方案中，至少两个RS集合中不同RS集合的RS分别承载于不同RS资源集合的RS资源上。其中，RS资源集合包括一个RS资源。

一种可能的设计方案中，至少两个RS集合中每个RS集合的RS承载于多个RS资源集合的RS资源上。

可选的，多个RS资源集合的每个RS资源集合中至少存在一个资源标识相同的RS资源。

或者，可选地，多个RS资源集合中的RS资源基于资源标识顺序排列，不同RS资源集合中排列顺序相同的RS资源的同一端口索引对应的端口相同，和/或，不同RS资源集合中排列顺序相同的RS资源准共址。

一种可能的设计方案中，至少两个RS集合中每个RS集合的RS承载于同一个RS资源集合的RS资源上。其中，RS资源集合包括多个RS资源，且不同RS集合的RS承载于不同的RS资源上。

可选地，收发模块1602可以包括接收模块和发送模块（图16中未示出）。其中，收发模块1602用于实现通信装置1600的发送功能和接收功能。

可选地，通信装置1600还可以包括存储模块（图16中未示出），该存储模块存储有程序或指令。当处理模块1601执行该程序或指令时，使得通信装置1600可以执行图7中任一项所示出的相位补偿方法中终端的功能。

应理解，通信装置1600中涉及的处理模块1601可以由处理器或处理器相关电路组件实现，可以为处理器或处理单元；收发模块1602可以由收发器或收发器相关电路组件实现，可以为收发器或收发单元。

需要说明的是，通信装置1600可以是终端，也可以是可设置于终端中的芯片（系统）或其他部件或组件，还可以是包含终端的装置，本申请对此不做限定。

此外，通信装置1600的技术效果可以参考图7中任一项所示出的相位补偿方法的技术效果，此处不再赘述。

另一些实施例中，通信装置1600可适用于图5中所示出的通信系统中，执行图7中所示出的相位补偿方法中网络设备的功能。

其中，处理模块1601，用于生成RS集合。RS集合中包括至少一个RS。

收发模块1602，用于向终端发送RS集合。

收发模块1602，还用于接收终端根据至少两个RS集合发送的第一信息。第一信息用于指示在第一时刻时，至少两个RS集合中的RS集合之间对应的相位变化量。

一种可能的设计方案中，至少两个RS集合中的RS集合之间的相位变化量包括：第一RS集合与第二RS集合之间对应的相位变化量。其中，第二RS集合为至少两个RS集合中的一个预设RS集合，第一RS集合为至少两个RS集合中除第二RS集合之外的任一个RS集合。

一种可能的设计方案中，至少两个RS集合中的RS集合之间对应的相位变化量包括：至少两个RS集合中的第*i*个RS集合与第*i*+1个RS集合之间对应的相位变化量。*i*为整数，且 $1 \leq i < I$ 。其中，*I*为至少两个

RS集合中RS集合的总数量。

一种可能的设计方案中，至少两个RS集合中的RS集合之间对应的相位变化量与频域单元的索引相关。

可选地，第一时刻的相位变化量与频域单元的索引满足线性关系。

进一步地，第一时刻的相位变化量与频域单元的索引满足如下所示的关系： $P1=2\pi\rho+2\pi k\sigma$ 。其中， $P1$ 为第一时刻的相位变化量， k 为频域单元的索引， k 为大于或等于0的正整数， ρ 为常数， σ 为常数。

一种可能的设计方案中，RS为CSI-RS。

一种可能的设计方案中，第一时刻为至少两个RS集合中位于CSI参考资源之前的最后一个RS集合的结束位置。或者，第一时刻为CSI参考资源对应的时域位置。或者，第一时刻为上报第一信息的起始时刻。或者，第一时刻为上报第一信息的起始时刻之后的时刻，且第一时刻与上报第一信息的时刻之间的时间长度为第一时间长度。

一种可能的设计方案中，至少两个RS集合中每个RS集合的RS的承载于同一RS资源集合的RS资源上。其中，RS资源集合包括多个RS资源。

可选地，RS资源集合内的多个RS资源中，同一端口索引对应的端口相同。或者，RS资源集合内的多个RS资源准共址。

一种可能的设计方案中，至少两个RS集合中不同RS集合的RS分别承载于不同RS资源集合的RS资源上。其中，RS资源集合包括一个RS资源。

一种可能的设计方案中，至少两个RS集合中每个RS集合的RS承载于多个RS资源集合的RS资源上。

可选地，多个RS资源集合的每个RS资源中至少存在一个资源标识相同的RS资源。

或者，可选地，多个RS资源集合中的RS资源基于资源标识顺序排列，不同RS资源集合中排列顺序相同的RS资源的同一端口索引对应的端口相同，和/或，不同RS资源集合中排列顺序相同的RS资源准共址。

一种可能的设计方案中，至少两个RS集合中每个RS集合的RS承载于同一个RS资源集合的RS资源上。其中，RS资源集合包括多个RS资源，且不同RS集合的RS承载于不同的RS资源上。

一种可能的设计方案中，处理模块1601，还用于根据第一信息进行相位补偿。

可选地，收发模块1602可以包括接收模块和发送模块（图16中未示出）。其中，收发模块1602用于实现通信装置1600的发送功能和接收功能。

可选地，通信装置1600还可以包括存储模块（图16中未示出），该存储模块存储有程序或指令。当处理模块1601执行该程序或指令时，使得通信装置1600可以执行图7中任一项所示出的相位补偿方法中网络设备的功能。

应理解，通信装置1600中涉及的处理模块1601可以由处理器或处理器相关电路组件实现，可以为处理器或处理单元；收发模块1602可以由收发器或收发器相关电路组件实现，可以为收发器或收发单元。

需要说明的是，通信装置1600可以是网络设备，也可以是可设置于网络设备中的芯片（系统）或其他部件或组件，还可以是包含网络设备的装置，本申请对此不做限定。

此外，通信装置1600的技术效果可以参考图7中任一项所示出的相位补偿方法的技术效果，此处不再赘述。

示例性地，图17为本申请实施例提供的通信装置的结构示意图二。该通信装置可以是终端或网络设备，也可以是可设置于终端或网络设备的芯片（系统）或其他部件或组件。如图17所示，通信装置1700可以包括处理器1701。可选地，通信装置1700还可以包括存储器1702和/或收发器1703。其中，处理器1701与存储器1702和收发器1703耦合，如可以通过通信总线连接。

下面结合图17对通信装置1700的各个构成部件进行具体的介绍：

其中，处理器1701是通信装置1700的控制中心，可以是一个处理器，也可以是多个处理元件的统称。例如，处理器1701是一个或多个中央处理器（central processing unit，CPU），也可以是特定集成电路（application specific integrated circuit，ASIC），或者是被配置成实施本申请实施例的一个或多个集成电路，例如：一个或多个数字信号处理器（digital signal processor，DSP），或，一个或者多个现场可编程门阵列（field programmable gate array，FPGA）。

可选地，处理器1701可以通过运行或执行存储在存储器1702内的软件程序，以及调用存储在存储器1702内的数据，执行通信装置1700的各种功能。

在具体的实现中，作为一种实施例，处理器1701可以包括一个或多个CPU，例如图17中所示出的CPU0和CPU1。

在具体实现中，作为一种实施例，通信装置1700也可以包括多个处理器，例如图17中所示的处理器1701和处理器1704。这些处理器中的每一个可以是一个单核处理器（single-CPU），也可以是一个多核处理器（multi-CPU）。这里的处理器可以指一个或多个设备、电路、和/或用于处理数据（例如计算机程序指令）的处理核。

其中，所述存储器1702用于存储执行本申请方案的软件程序，并由处理器1701来控制执行，具体实现方式可以参考上述方法实施例，此处不再赘述。

可选地，存储器1702可以是只读存储器（read-only memory，ROM）或可存储静态信息和指令的其他类型的静态存储设备，随机存取存储器（random access memory，RAM）或者可存储信息和指令的其他类型的动态存储设备，也可以是电可擦可编程只读存储器（electrically erasable programmable read-only memory，EEPROM）、只读光盘（compact disc read-only memory，CD-ROM）或其他光盘存储、光碟存储（包括压缩光碟、激光碟、光碟、数字通用光碟、蓝光光碟等）、磁盘存储介质或者其他磁存储设备、或者能够用于携带或存储具有指令或数据结构形式的期望的程序代码并能够由计算机存取的任何其他介质，但不限于此。存储器1702可以和处理器1701集成在一起，也可以独立存在，并通过通信装置1700的接口电路（图17中未示出）与处理器1701耦合，本申请实施例对此不作具体限定。

收发器1703，用于与其他通信装置之间的通信。例如，通信装置1700为终端，收发器1703可以用于与网络设备通信，或者与另一个终端通信。又例如，通信装置1700为网络设备，收发器1703可以用于与终端通信，或者与另一个网络设备通信。

可选地，收发器1703可以包括接收器和发送器（图17中未单独示出）。其中，接收器用于实现接收功能，发送器用于实现发送功能。

可选地，收发器1703可以和处理器1701集成在一起，也可以独立存在，并通过通信装置1700的接口电路（图17中未示出）与处理器1701耦合，本申请实施例对此不作具体限定。

需要说明的是，图17中示出的通信装置1700的结构并不构成对该通信装置的限定，实际的通信装置可以包括比图示更多或更少的部件，或者组合某些部件，或者不同的部件布置。

此外，通信装置1700的技术效果可以参考上述方法实施例所述的相位补偿方法的技术效果，此处不再赘述。

应理解，在本申请实施例中的处理器可以是CPU，该处理器还可以是其他通用处理器、DSP、ASIC、FPGA或者其他可编程逻辑器件、分立门或者晶体管逻辑器件、分立硬件组件等。通用处理器可以是微处理器或者该处理器也可以是任何常规的处理器等。

还应理解，本申请实施例中的存储器可以是易失性存储器或非易失性存储器，或可包括易失性和非易失性存储器两者。其中，非易失性存储器可以是ROM、可编程只读存储器（programmable ROM，PROM）、可擦除可编程只读存储器（erasable PROM，EPROM）、EEPROM或闪存。易失性存储器可以是RAM，其用作外部高速缓存。通过示例性但不是限制性说明，许多形式的RAM可用，例如静态随机存取存储器（static RAM，SRAM）、动态随机存取存储器（DRAM）、同步动态随机存取存储器（synchronous DRAM，SDRAM）、双倍数据速率同步动态随机存取存储器（double data rate SDRAM，DDR SDRAM）、增强型同步动态随机存取存储器（enhanced SDRAM，ESDRAM）、同步连接动态随机存取存储器（synchlink DRAM，SLDRAM）和直接内存总线随机存取存储器（direct rambus RAM，DR RAM）。

上述实施例，可以全部或部分地通过软件、硬件（如电路）、固件或其他任意组合来实现。当使用软件实现时，上述实施例可以全部或部分地以计算机程序产品的形式实现。所述计算机程序产品包括一个或多个计算机指令或计算机程序。在计算机上加载或执行所述计算机指令或计算机程序时，全部或部分地产生按照本申请实施例所述的流程或功能。所述计算机可以为通用计算机、专用计算机、计算机网络、或者其他可编程装置。所述计算机指令可以存储在计算机可读存储介质中，或者从一个计算机可读存储介质向另一个计算机可读存储介质传输，例如，所述计算机指令可以从一个网站站点、计算机、服务器或数据中心通过有线（例如红外、无线、微波等）方式向另一个网站站点、计算机、服务器或数据中心进行传输。所述计算机可读存储介质可以是计算机能够存取的任何可用介质或者是包含一个或多个可用介质集合的服务器、数据中心等数据存储设备。所述可用介质可以是磁性介质（例如，软盘、硬盘、磁带）、光介质（例如，DVD）、或者半导体介质。半导体介质可以是固态硬盘。

应理解，本文中术语“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。另外，本文中字符“/”，一般表示前后关联对象是一种“或”的关系，但也可能表示的是一种“和/或”的关系，具体可参考前后文进行理解。

本申请中，“至少一个”是指一个或者多个，“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-b, a-c, b-c, 或a-b-c，其中a,b,c可以是单个，也可以是多个。

应理解，在本申请的各种实施例中，上述各过程的序号的大小并不意味着执行顺序的先后，各过程的执行顺序应以其功能和内在逻辑确定，而不应对本申请实施例的实施过程构成任何限定。

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描述的各示例的单元及算法步骤，能够以电子硬件、或者计算机软件和电子硬件的结合来实现。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。专业技术人员可以对每个特定的应用来使用不同方法来实现所描述的功能，但是这种实现不应认为超出本申请的范围。

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，机械或其它的形式。

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，也可以两个或两个以上单元集成在一个单元中。

所述功能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、ROM、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，可轻易想到变化或替换，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所述权利要求的保护范围为准。

权 利 要 求 书

1. 一种相位补偿方法，应用于第一通信装置，其特征在于，所述方法包括：

接收至少两个参考信号集合；其中，所述至少两个参考信号集合中每个参考信号集合均包括至少一个参考信号；

根据所述至少两个参考信号集合发送第一信息；所述第一信息用于指示在第一时刻时，所述至少两个参考信号集合中的参考信号集合之间对应的相位变化量。

2. 根据权利要求1所述的方法，其特征在于，所述至少两个参考信号集合中的参考信号集合之间对应的相位变化量包括：第一参考信号集合与第二参考信号集合之间对应的相位变化量；其中，所述第二参考信号集合为所述至少两个参考信号集合中的一个预设参考信号集合，所述第一参考信号集合为所述至少两个参考信号集合中除所述第二参考信号集合之外的任一个参考信号集合。

3. 根据权利要求1所述的方法，其特征在于，所述至少两个参考信号集合中的参考信号集合之间对应的相位变化量包括：所述至少两个参考信号集合中的第*i*个参考信号集合与第*i*+1个参考信号集合之间对应的相位变化量；*i*为整数，且 $1 \leq i < I$ ；其中，*I*为至少两个参考信号集合中参考信号集合的总数量。

4. 根据权利要求1-3中任一项所述的方法，其特征在于，所述至少两个参考信号集合中的参考信号集合之间对应的相位变化量与频域单元的索引相关。

5. 根据权利要求4所述的方法，其特征在于，所述第一时刻的相位变化量与所述频域单元的索引满足线性关系。

6. 根据权利要求5所述的方法，其特征在于，所述第一时刻的相位变化量与所述频域单元的索引满足如下所示的关系：

$$P1=2\pi\rho+2\pi k\sigma;$$

其中，*P1*为所述第一时刻的相位变化量，*k*为所述频域单元的索引，*k*为大于或等于0的正整数， ρ 为常数， σ 为常数。

7. 根据权利要求1-6中任一项所述的方法，其特征在于，所述参考信号为信道状态信息参考信号CSI-RS。

8. 根据权利要求7所述的方法，其特征在于，所述第一时刻为所述至少两个参考信号集合中位于信道状态信息CSI参考资源之前的最后一个参考信号集合的结束位置；或者，

所述第一时刻为所述CSI参考资源对应的时域位置；或者，

所述第一时刻为上报所述第一信息的起始时刻；或者，

所述第一时刻为上报所述第一信息的起始时刻之后的时刻，且所述第一时刻与上报所述第一信息的时刻之间的时间长度为第一时间长度。

9. 根据权利要求1-8中任一项所述的方法，其特征在于，所述至少两个参考信号集合中每个参考信号集合的参考信号承载于同一个参考信号资源集合的参考信号资源上；其中，所述参考信号资源集合包括多个参考信号资源。

10. 根据权利要求9所述的方法，其特征在于，所述参考信号资源集合内的多个参考信号资源中，同一端口索引对应的端口相同；和/或，所述参考信号资源集合内的多个参考信号资源准共址。

11. 根据权利要求1-8中任一项所述的方法，其特征在于，所述至少两个参考信号集合中不同参考信号集合的参考信号分别承载于不同参考信号资源集合的参考信号资源上；其中，所述参考信号资源集合包括一个参考信号资源。

12. 根据权利要求1-8中任一项所述的方法，其特征在于，所述至少两个参考信号集合中每个参考信号集合的参考信号承载于多个参考信号资源集合的参考信号资源上。

13. 根据权利要求12所述的方法，其特征在于，所述多个参考信号资源集合的每个参考信号资源集合中至少存在一个资源标识相同的参考信号资源。

14. 根据权利要求12所述的方法，其特征在于，所述多个参考信号资源集合中的参考信号资源基于资源标识顺序排列，不同参考信号资源集合中排列顺序相同的参考信号资源的同一端口索引对应的端口相同，和/或，不同参考信号资源集合中排列顺序相同的参考信号资源准共址。

15. 根据权利要求1-8中任一项所述的方法，其特征在于，所述至少两个参考信号集合中每个参考信号集合的参考信号承载于同一个参考信号资源集合的参考信号资源上；其中，所述参考信号资源集合包括

多个参考信号资源，且不同参考信号集合的参考信号承载于不同的参考信号资源上。

16. 一种相位补偿方法，应用于第二通信装置，其特征在于，所述方法包括：

向终端发送第一参考信号集合；所述第一参考信号集合中包括至少一个参考信号；

接收所述终端根据至少两个参考信号集合发送的第一信息；所述至少两个参考信号集合包括所述第一参考信号集合；所述第一信息用于指示在第一时刻时，所述至少两个参考信号集合中的参考信号集合之间对应的相位变化量。

17. 根据权利要求16所述的方法，其特征在于，所述至少两个参考信号集合中的参考信号集合之间的相位变化量包括：第一参考信号集合与第二参考信号集合之间对应的相位变化量；其中，所述第二参考信号集合为所述至少两个参考信号集合中的一个预设参考信号集合，所述第一参考信号集合为所述至少两个参考信号集合中除所述第二参考信号集合之外的任一个参考信号集合。

18. 根据权利要求16所述的方法，其特征在于，所述至少两个参考信号集合中的参考信号集合之间对应的相位变化量包括：所述至少两个参考信号集合中的第*i*个参考信号集合与第*i*+1个参考信号集合之间对应的相位变化量；*i*为整数，且 $1 \leq i < I$ ；其中，*I*为至少两个参考信号集合中参考信号集合的总数量。

19. 根据权利要求16-18中任一项所述的方法，其特征在于，所述至少两个参考信号集合中的参考信号集合之间对应的相位变化量与频域单元的索引相关。

20. 根据权利要求19所述的方法，其特征在于，所述第一时刻的相位变化量与所述频域单元的索引满足线性关系。

21. 根据权利要求20所述的方法，其特征在于，所述第一时刻的相位变化量与所述频域单元的索引满足如下所示的关系：

$$P1 = 2\pi\rho + 2\pi k\sigma;$$

其中，*P1*为所述第一时刻的相位变化量，*k*为所述频域单元的索引，*k*为大于或等于0的正整数， ρ 为常数， σ 为常数。

22. 根据权利要求16-21中任一项所述的方法，其特征在于，所述参考信号为信道状态信息参考信号CSI-RS。

23. 根据权利要求16-22中任一项所述的方法，其特征在于，所述第一时刻为所述至少两个参考信号集合中位于信道状态信息CSI参考资源之前的最后一个参考信号集合的结束位置；或者，

所述第一时刻为所述CSI参考资源对应的时域位置；或者，

所述第一时刻为上报所述第一信息的起始时刻；或者，

所述第一时刻为上报所述第一信息的起始时刻之后的时刻，且所述第一时刻与上报所述第一信息的时刻之间的时间长度为第一时间长度。

24. 根据权利要求16-23中任一项所述的方法，其特征在于，所述至少两个参考信号集合中每个参考信号集合的参考信号的承载于同一参考信号资源集合的参考信号资源上；其中，所述参考信号资源集合包括多个参考信号资源。

25. 根据权利要求24所述的方法，其特征在于，所述参考信号资源集合内的多个参考信号资源中，同一端口索引对应的端口相同；或者，所述参考信号资源集合内的多个参考信号资源准共址。

26. 根据权利要求16-23中任一项所述的方法，其特征在于，所述至少两个参考信号集合中不同参考信号集合的参考信号分别承载于不同参考信号资源集合的参考信号资源上；其中，所述参考信号资源集合包括一个参考信号资源。

27. 根据权利要求16-23中任一项所述的方法，其特征在于，所述至少两个参考信号集合中每个参考信号集合的参考信号承载于多个参考信号资源集合的参考信号资源上。

28. 根据权利要求27所述的方法，其特征在于，所述多个参考信号资源集合的每个参考信号资源中至少存在一个资源标识相同的参考信号资源。

29. 根据权利要求27所述的方法，其特征在于，所述多个参考信号资源集合中的参考信号资源基于资源标识顺序排列，不同参考信号资源集合中排列顺序相同的参考信号资源的同一端口索引对应的端口相同，和/或，不同参考信号资源集合中排列顺序相同的参考信号资源准共址。

30. 根据权利要求16-23中任一项所述的方法，其特征在于，所述至少两个参考信号集合中每个参考信号集合的参考信号承载于同一个参考信号资源集合的参考信号资源上；其中，所述参考信号资源集合包括多个参考信号资源，且不同参考信号集合的参考信号承载于不同的参考信号资源上。

31. 根据权利要求16-30中任一项所述的方法，其特征在于，所述方法还包括：
根据所述第一信息进行相位补偿。
32. 一种通信装置，其特征在于，所述通信装置用于执行如权利要求1-15中任一项所述的相位补偿方法，或者，所述通信装置用于执行如权利要求16-31中任一项所述的相位补偿方法。
33. 一种通信装置，其特征在于，包括：处理器和存储器；所述存储器用于存储计算机指令，当所述处理器执行该指令时，以使所述通信装置执行如权利要求1-15中任一项所述的相位补偿方法，或者执行如权利要求16-31中任一项所述的相位补偿方法。
34. 一种通信装置，其特征在于，包括：处理器和接口电路；其中，
所述接口电路，用于接收代码指令并传输至所述处理器；
所述处理器用于运行所述代码指令以执行如权利要求1-15中任一项所述的相位补偿方法，或者执行如权利要求16-31中任一项所述的相位补偿方法。
35. 一种通信装置，其特征在于，所述通信装置包括处理器和收发器，所述收发器用于所述通信装置和其他通信装置之间进行信息交互，所述处理器执行程序指令，用以执行如权利要求1-15中任一项所述的相位补偿方法，或者执行如权利要求16-31中任一项所述的相位补偿方法。
36. 根据权利要求32-35中任一项所述的通信装置，其特征在于，所述通信装置为芯片。
37. 一种计算机可读存储介质，其特征在于，所述计算机可读存储介质包括计算机程序或指令，当所述计算机程序或指令在计算机上运行时，使得所述计算机执行如权利要求1-15中任一项所述的相位补偿方法，或者，执行如权利要求16-31中任一项所述的相位补偿方法。
38. 一种计算机程序产品，其特征在于，所述计算机程序产品包括：计算机程序或指令，当所述计算机程序或指令在计算机上运行时，使得所述计算机执行如权利要求1-15中任一项所述的相位补偿方法，或者，执行如权利要求16-31中任一项所述的相位补偿方法。