

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局



(43) 国际公布日
2015年4月23日 (23.04.2015)

W I P O | P C T

(10) 国际公布号
W O 2015/054810 A 1

- (51) 国际分类号:
H04B 7/04 (2006.01)
- (21) 国际申请号:
PCT/CN2013/085 157
- (22) 国际申请日:
2013年10月14日 (14.10.2013)
- (25) 申报语言:
中文
- (26) 公布语言:
中文
- (71) 申请人: 华为技术有限公司 (HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD.) [CN/CN]; 中国广东省深圳市龙岗区坂田华为总部办公楼, Guangdong 518129 (CN)。
- (72) 发明人: 黄煌 (HUANG, Huang); 中国广东省深圳市龙岗区坂田华为总部办公楼, Guangdong 518129 (CN)。 严茜 (YAN, Xi); 中国广东省深圳市龙岗区坂田华为总部办公楼, Guangdong 518129 (CN)。 塞吉奥贝勒迪多 (Sergio, Benedetto); 中国广东省深圳市龙岗区坂田华为总部办公楼, Guangdong 518129 (CN)。 基多蒙托里西 (Guido, Montorsi); 中国广东省深圳市龙岗区坂田华为总部办公楼, Guangdong 518129 (CN)。
- (74) 代理人: 北京中博世达专利商标代理有限公司 (BEIJING ZBSD PATENT&TRADEMARK AGENT

LTD.); 中国北京市海淀区大柳树路 17号富海大厦 B座501室, Beijing 100081 (CN)。

- (81) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, ML, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。
- (84) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:
- 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

(54) Title: METHOD, APPARATUS AND SYSTEM FOR SIGNAL PROCESSING

(54) 发明名称: 一种信号处理的方法、装置及系统

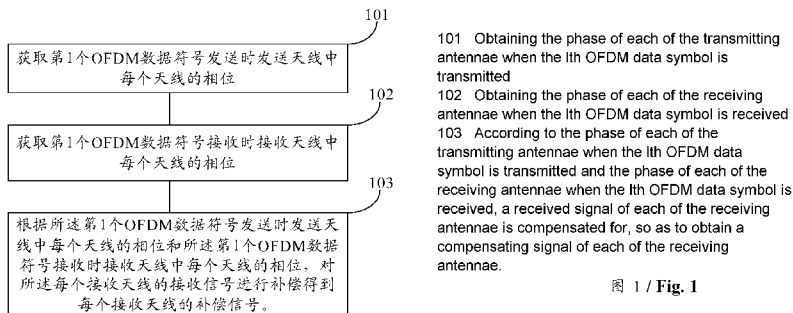


图 1 / Fig. 1

(57) Abstract: Provided in the embodiments of the present invention are a method, apparatus and system for signal processing, which are applied to the technical field of communications as well as which can improve the accuracy of phase noise compensation in the signal processing of an MIMO-OFDM system in which transmitting and receiving antennae do not derive from a common source, and reduce the phenomenon of signal distortion. The method for signal processing is used for a receiving apparatus and comprises: obtaining the phase of each of the transmitting antennae when the lth OFDM data symbol is transmitted; obtaining the phase of each of the receiving antennae when the lth OFDM data symbol is received; and according to the phase of each of the transmitting antennae when the lth OFDM data symbol is transmitted and the phase of each of the receiving antennae when the lth OFDM data symbol is received, compensating for a received signal of each of the receiving antennae by a compensation formula, so as to obtain a compensating signal of each of the receiving antennae. Provided in the embodiments of the present invention are a signal processing method, apparatus and system, which are used for signal processing.

(57) 摘要:

[见续页]

2015/05 10 A1

本发明的实施例提供一种信号处理的方法、装置及系统，应用于通信领域，能够提高收发天线不共源的MIMO-OFDM系统的信号处理中相噪补偿的精确度，减少信号失真的情况。所述信号处理方法用于接收装置，包括：获取第1个OFDM数据符号发送时发送天线中每个天线的相位；获取第1个OFDM数据符号接收时接收天线中每个天线的相位；根据所述第1个OFDM数据符号发送时发送天线中每个天线的相位和所述第1个OFDM数据符号接收时接收天线中每个天线的相位，通过补偿公式，对所述每个接收天线的接收信号进行补偿得到每个接收天线的补偿信号。本发明实施例提供一种信号处理方法、装置及系统，用于信号处理。

一种信号处理的方法、装置及系统

技术领域

本发明涉及通信领域，尤其涉及一种信号处理的方法、装置及系统。

背景技术

MIMO-OFDM (Multiple Input Multiple Output-Orthogonal Frequency Division Multiplexing, 多输入多输出-正交频分复用) 是 MIMO (Multiple Input Multiple Output, 多输入多输出) 与 OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing, 正交频分复用) 相结合的的信号传输方法。在 MIMO-OFDM 系统中各个子载波之间相互正交，且利用多个天线实现多发多收，即发射天线至少有一个，接收天线至少有一个。由于其可以增加信道容量，提高频谱利用率，同时也提高了信号传输的可靠性，因此 MIMO-OFDM 已经是当前通信的主流技术。

相位噪声，也称为相噪，在所述 MIMO-OFDM 系统中，相噪主要由晶体振荡器产生，晶体振荡器也称为晶振，根据晶振频率的不同，产生的相噪引起信号失真的程度也不同。例如：频率为 f_0 的理想振荡器的输出为： $e^{j(t)} = e^{j0s(2\pi f_0 t)}$ ，受相噪影响的振荡器输出为： $\alpha(t) = \cos(2\pi f_0 t + \phi(t))$ 。其中相位 $\phi(t)$ 是随机产生的，由所述相位 $\phi(t)$ 引起的噪声即为所述相位噪声，对相噪的补偿即为对所述相位 $\phi(t)$ 的补偿。现有的相位补偿方法中，默认收发天线均为共晶振（共源），即发射天线中的所有天线共源，接收天线中的所有天线亦共源。然而，实际 MIMO-OFDM 系统中可能存在收发天线不共源的情况。将现有的相噪补偿方案应用到存在收发天线不共源的情况的 MIMO-OFDM 系统中，对接收信号的相噪补偿精确度较低，容易造成信号失真的情况。

发明内容

本发明的实施例提供一种信号处理的方法、装置及系统，能够提高对接收信号的相噪补偿精确度，减少信号失真的情况。

为达到上述目的，本发明的实施例采用如下技术方案：

第一方面，提供一种信号处理方法，包括：

获取第 l 个 OFDM 数据符号发送时发送天线中每个天线的相位；

获取第 l 个 OFDM 数据符号接收时接收天线中每个天线的相位；

根据所述第 l 个 OFDM 数据符号发送时发送天线中每个天线的相位和所述第 l 个 OFDM 数据符号接收时接收天线中每个天线的相位，对所述每个接收天线的接收信号进行补偿得到每个接收天线的补偿信号。

结合第一方面，在第一种可实现方式中，在所述获取第 l 个 OFDM 数据符号发送时发送天线中每个天线的相位之前，所述方法还包括：

获取第 l 个 OFDM 数据符号发送时，导频子载波的发送信号；

获取第 l 个 OFDM 数据符号接收时，所述导频子载波的接收信号。

结合第一种可实现方式，在第二种可实现方式中，所述获取第 l 个 OFDM 数据符号发送时发送天线中每个天线的相位包括：

根据所述导频子载波的发送信号和所述导频子载波的接收信号通过发送相位计算公式计算第 l 个 OFDM 数据符号发送时，所述发送天线中每个天线的相位；

所述发送相位计算公式为：

$$\theta_m(l) = \theta_m(l-1) - \alpha \ln \left[\sum_{k \in \mathcal{P}} \left(|s_m^k(l)| \sum_{n=1}^N (H_{nm}^k)^* \left(\chi(l) e^{-j\varphi_n^k(l-1)} - \psi(l) \right) \right) \right] ;$$

其中， $\theta_m(l)$ 为第 l 个 OFDM 数据符号发送时，所述发送天线中第 m 个天线的相位； $\varphi_n(l-1)$ 为第 $(l-1)$ 个 OFDM 数据符号接收时，所述接收天线中第 n 个天线的相位； \mathcal{P} 为导频子载波的集合； n 为大于等于 1 且小于等于 N 的整数； N 为所述接收天线中天线的个数； m 为大于等于 1 且小于等于 M 的整数； M 为所述发送天线中天线的个数；

α 为预设系数； $y_n^{(l)}$ 为第 l 个 OFDM 数据符号接收时，所述接收天线中第 n 个天线在第 k 个导频子载波的接收信号； $x_m^{(l)}$ 为第 l 个 OFDM 数据符号发送时，所述发送天线中第 m 个天线在第 k 个导频子载波的发送信号； H_{nm}^k 为第 l 个 OFDM 数据符号传输时所述接收天线中第 n 个天线与所述发送天线中第 m 个天线之间发送第 k 个导频子载波的信道； $r_n^k(l)$ 为第 l 个 OFDM 数据符号接收时，所述接收天线中第 n 个天线在第 k 个导频子载波的系统参数。

结合第一种可实现方式，在第三种可实现方式中，所述获取第 l 个 OFDM 数据符号接收时接收天线中每个天线的相位包括：

根据所述导频子载波的发送信号和所述导频子载波的接收信号通过接收相位计算公式计算第 l 个 OFDM 数据符号接收时，所述接收天线中每个天线的相位；

所述接收相位计算公式为：

$$\varphi_n(l) = \varphi_n(l-1) - \alpha \operatorname{Im} \left[\sum_{k \in \mathcal{P}} \left(y_n^k(l) e^{-j\varphi_n(l-1)} \left(r_n^k(l) \right)^* \right) \right] ;$$

其中， $\varphi_n(l)$ 为第 l 个 OFDM 数据符号接收时，所述接收天线中第 n 个天线的相位； \mathcal{P} 为导频子载波的集合； n 为大于等于 1 且小于等于 N 的整数； N 为所述接收天线中天线的个数； m 为大于等于 1 且小于等于 M 的整数； M 为所述发送天线中天线的个数； α 为预设系数； $y_n^{(l)}$ 为第 l 个 OFDM 数据符号接收时，所述接收天线中第 n 个天线在第 k 个导频子载波的接收信号； $x_m^{(l)}$ 为第 l 个 OFDM 数据符号发送时，所述发送天线中第 m 个天线在第 k 个导频子载波的发送信号； H_{nm}^k 为第 l 个 OFDM 数据符号传输时所述接收天线中第 n 个天线与所述发送天线中第 m 个天线之间发送第 k 个导频子载波的信道； $r_n^k(l)$ 为第 l 个 OFDM 数据符号接收时，所述接收天线中第 n 个天线在第 k 个导频子载波的系统参数。

结合第一方面，第一至第三种可实现方式，在第四种可实现方式中，所述根据所述第 l 个 OFDM 数据符号发送时发送天线中每个天

线的相位和所述第 l 个 OFDM 数据符号接收时接收天线中每个天线的相位，对所述每个接收天线的接收信号进行补偿得到每个接收天线的补偿信号。包括：

根据补偿公式，用第 l 个 OFDM 数据符号发送时所述发送天线中每个天线的相位，第 l 个 OFDM 数据符号接收时所述接收天线中每个天线的相位，以及第 l 个 OFDM 数据符号接收时的接收信号，得到第 l 个 OFDM 数据符号接收时的补偿信号，

所述补偿公式为：

$$\mathbf{r}^{(l)} = \Phi^{(l)} \cdot \mathbf{H}^t \cdot \Theta^{(l)} \cdot \mathbf{X}^t(l) + \mathbf{ICI}_l + \mathbf{z}_l ;$$

其中， $\mathbf{Y}^t(l)$ 为第 l 个 OFDM 数据符号接收时，第 t 个子载波上接收天线中每个天线的接收信号组成的矩阵； $\Phi^{(l)}$ 为第 l 个 OFDM 数据符号接收时，所述接收天线中每个天线的相位组成的矩阵； \mathbf{H}^t 为第 l 个 OFDM 数据符号传输时，第 t 个子载波各收发天线之间的信道； $\Theta^{(l)}$ 为第 l 个 OFDM 数据符号发送时，所述发送天线中每个天线的相位组成的矩阵； $\mathbf{X}^t(l)$ 为第 l 个 OFDM 数据符号接收时，第 t 个子载波上的补偿信号； \mathbf{ICI}_l 为载波间互扰矩阵； \mathbf{z}_l 为噪声矩阵。

第二方面，提供一种信号处理方法，包括：

获取预设时间段内所有 OFDM 数据符号发送时，发送天线中每个天线的相位组成的第一集合；

获取所述预设时间段内所有 OFDM 数据符号接收时，接收天线中每个天线的相位组成的第二集合；

根据所述第一集合和所述第二集合，对所述每个接收天线的接收信号进行补偿得到每个接收天线的补偿信号。

结合第二方面，在第一种可实现方式中，在所述获取预设时间段内所有 OFDM 数据符号发送时，发送天线中每个天线的相位组成的第一集合之前，所述方法还包括：

获取所述预设时间段内所有 OFDM 数据符号发送时，每个 OFDM 数据符号中的导频子载波的发送信号；

获取所述预设时间段内所有 OFDM 数据符号接收时，每个 OFDM 数据符号中的所述导频子载波的接收信号。

结合第一种可实现方式，在第二种可实现方式中，所述获取预设时间段内所有 OFDM 数据符号发送时，发送天线中每个天线的相位组成的第一集合包括：

根据所述所述预设时间段内所有 OFDM 数据符号发送时，每个 OFDM 数据符号中的导频子载波的发送信号，获取预设时间段内所有 OFDM 数据符号发送时，发送天线中每个天线的相位组成的第一集合；

其中，所述预设时间段内所述发送天线发送 q 个 OFDM 数据符号，所述 q 个 OFDM 数据符号中第 l 个 OFDM 数据符号发送时，所述发送天线中第 m 个天线的相位 $\theta_m^{(l)}$ 满足：

$$\theta_m^{(l)} = \theta_m^{(l-1)} - \alpha \operatorname{Im} \left[\sum_{k \in \mathcal{P}} \left(e^{-j\theta_m^{(l-1)}} (s_m^k(l))^* \sum_{n=1}^N (H_{nm}^k)^* (y_n^k(l) e^{-j\varphi_n^k(l-1)} - r_n^k(l)) \right) \right] ;$$

所述 $\varphi_n^{(l-1)}$ 为第 $(l-1)$ 个 OFDM 数据符号接收时，所述接收天线中第 n 个天线的相位； \mathcal{P} 为导频子载波的集合； n 为大于等于 1 且小于等于 N 的整数； N 为所述接收天线中天线的个数； m 为大于等于 1 且小于等于 M 的整数； M 为所述发送天线中天线的个数； α 为预设系数； $y_n^{(l)}$ 为第 l 个 OFDM 数据符号接收时，所述接收天线中第 n 个天线在第 k 个导频子载波的接收信号； $r_n^{(l)}$ 为第 l 个 OFDM 数据符号发送时，所述发送天线中第 m 个天线在第 k 个导频子载波的发送信号； H_{nm}^k 为第 l 个 OFDM 数据符号传输时所述接收天线中第 n 个天线与所述发送天线中第 m 个天线之间发送第 k 个导频子载波的信道； $\theta_m^{(l)}$ 为第 l 个 OFDM 数据符号接收时，所述接收天线中第 n 个天线在第 k 个导频子载波的系统参数。

结合第一种可实现方式，在第三种可实现方式中，所述获取所述预设时间段内所有 OFDM 数据符号接收时，接收天线中每个天线的相位组成的第二集合包括：

根据所述预设时间段内所有 OFDM 数据符号接收时，每个

OFDM 数据符号中的所述导频子载波的接收信号，获取所述预设时间段内所有 OFDM 数据符号接收时，接收天线中每个天线的相位组成的第二集合；

其中，所述预设时间段内所述接收天线接收 q 个 OFDM 数据符号，所述 q 个 OFDM 数据符号中第 l 个 OFDM 数据符号接收时，所述接收天线中第 n 个天线的相位 $\varphi_n^{(l)}$ 满足：

$$\varphi_n^{(l)} = \varphi_n^{(l-1)} - \alpha \operatorname{Im} \left[\sum_{k \in \mathcal{P}} (\chi^{(l)} e^{-j\varphi_n^{(l-1)}} (r_n^k(l))^* \right) \right] ;$$

所述 \mathcal{P} 为导频子载波的集合；n 为大于等于 1 且小于等于 N 的整数；N 为所述接收天线中天线的个数；m 为大于等于 1 且小于等于 M 的整数；M 为所述发送天线中天线的个数； α 为预设系数； $\chi^{(l)}$ 为第 l 个 OFDM 数据符号接收时，所述接收天线中第 n 个天线在第 k 个导频子载波的接收信号； $\langle \chi^{(l)} \rangle$ 为第 l 个 OFDM 数据符号发送时，所述发送天线中第 m 个天线在第 k 个导频子载波的发送信号； H_{nm}^k 为第 l 个 OFDM 数据符号传输时所述接收天线中第 n 个天线与所述发送天线中第 m 个天线之间发送第 k 个导频子载波的信道； $\langle \chi^{(l)} \rangle$ 为第 l 个 OFDM 数据符号接收时，所述接收天线中第 n 个天线在第 k 个导频子载波的系统参数。

结合第二方面，第一至第三种可实现方式，在第四种可实现方式中，所述根据所述第一集合和所述第二集合，对所述每个接收天线的接收信号进行补偿得到每个接收天线的补偿信号。包括：

所述预设时间段内包含 q 个 OFDM 数据符号，所述 q 为大于等于 1 的整数，当所述 q 个 OFDM 数据符号中第 l 个 OFDM 数据符号接收时，根据补偿公式，用第一集合中第 l 个 OFDM 数据符号发送时发送天线中每个天线的相位，第二集合中第 l 个 OFDM 数据符号接收时接收天线中每个天线的相位，以及在预设时间段内第 l 个 OFDM 数据符号接收时的接收信号，得到第 l 个 OFDM 数据符号接收时的补偿信号，所述补偿公式为：

$$Y'(l) = \Phi(l) \cdot H' \cdot \Theta(l) \cdot X'(l) + I C I_l + z_l ;$$

所述 l 为大于等于 1 小于等于 q 的整数； $\phi(l)$ 为第 l 个 OFDM 数据符号接收时，所述接收天线中每个天线的相位； H' 为第 l 个 OFDM 数据符号传输时，第 t 个子载波在各收发天线之间的信道； $\theta(l)$ 为第 l 个 OFDM 数据符号发送时，所述发送天线中每个天线的相位； $X'(l)$ 为第 l 个 OFDM 数据符号接收时，第 t 个子载波上的补偿信号； $I C I_l$ 为载波间互扰矩阵； z_l 为噪声矩阵。

第三方面，提供一种接收装置，包括：

第一获取单元，用于获取第 l 个 OFDM 数据符号发送时发送天线中每个天线的相位；

所述第一获取单元还用于获取第 l 个 OFDM 数据符号接收时接收天线中每个天线的相位；

处理单元，用于根据所述第 l 个 OFDM 数据符号发送时发送天线中每个天线的相位和所述第 l 个 OFDM 数据符号接收时接收天线中每个天线的相位，对所述每个接收天线的接收信号进行补偿得到每个接收天线的补偿信号。

结合第三方面，在第一种可实现方式中，所述接收装置还包括：

第二获取单元，用于获取第 l 个 OFDM 数据符号发送时，导频子载波的发送信号；

所述第二获取单元还用于获取第 l 个 OFDM 数据符号接收时，所述导频子载波的接收信号。

结合第一种可实现方式，在第二种可实现方式中，所述第一获取单元具体用于：

根据所述导频子载波的发送信号和所述导频子载波的接收信号通过发送相位计算公式计算第 l 个 OFDM 数据符号发送时，所述发送天线中每个天线的相位；

所述发送相位计算公式为：

$$\varphi_n(l) = \varphi_n(l-1) - \alpha \operatorname{Im} \left[\sum_{k \in \mathcal{P}} \left(e^{-j\theta_m(l-1)} \left(\langle \langle l \rangle \rangle^* \sum_{n=1}^N \left(H_{nm}^k \right)^* (y_{n,k}(l) e^{-j\varphi_n(l-1)} - r_n^k(l) \right) \right) \right) \right] ;$$

其中， $\theta_m(l)$ 为第 l 个 OFDM 数据符号发送时，所述发送天线中第 m 个天线的相位； $\varphi_n(l-1)$ 为第 (H) 个 OFDM 数据符号接收时，所述接收天线中第 n 个天线的相位； \mathcal{P} 为导频子载波的集合； n 为大于等于1且小于等于 N 的整数； N 为所述接收天线中天线的个数； m 为大于等于1且小于等于 M 的整数， M 为所述发送天线中天线的个数； α 为预设系数； $\chi^{(l)}$ 为第 l 个 OFDM 数据符号接收时，所述接收天线中第 n 个天线在第 k 个导频子载波的接收信号； $\varphi_n^{(l)}$ 为第 l 个 OFDM 数据符号发送时，所述发送天线中第 m 个天线在第 k 个导频子载波的发送信号； H_{nm}^k 为第 l 个 OFDM 数据符号传输时所述接收天线中第 n 个天线与所述发送天线中第 m 个天线之间发送第 k 个导频子载波的信道； $\langle \langle l \rangle \rangle$ 为第 l 个 OFDM 数据符号接收时，所述接收天线中第 n 个天线在第 k 个导频子载波的系统参数。

结合第一种可实现方式，在第三种可实现方式中，所述第一获取单元具体用于：

根据所述导频子载波的发送信号和所述导频子载波的接收信号通过接收相位计算公式计算第 l 个 OFDM 数据符号接收时，所述接收天线中每个天线的相位；

所述接收相位计算公式为：

$$\varphi_n(l) = \varphi_n(l-1) - \alpha \operatorname{Im} \left[\sum_{k \in \mathcal{P}} \left(\chi^{(l)} e^{-j\varphi_n(l-1)} \left(\langle \langle l \rangle \rangle^* \right) \right) \right] ;$$

其中， $\varphi_n(l)$ 为第 l 个 OFDM 数据符号接收时，所述接收天线中第 n 个天线的相位； \mathcal{P} 为导频子载波的集合； n 为大于等于1且小于等于 N 的整数； N 为所述接收天线中天线的个数； m 为大于等于1且小于等于 M 的整数； M 为所述发送天线中天线的个数； α 为预设系数； $\chi^{(l)}$ 为第 l 个 OFDM 数据符号接收时，所述接收天线中第 n 个天线在第 k 个导频子载波的接收信号； $\langle \langle l \rangle \rangle$ 为第 l 个 OFDM 数据符号发送时，所述发送天线中第 m 个天线在第 k 个导频子载波的发送信

号； $H_{腿}^k$ 为第 l 个 OFDM 数据符号传输时所述接收天线中第 n 个天线与所述发送天线中第 m 个天线之间发送第 k 个导频子载波的信道； $\Phi^{(l)}$ 为第 l 个 OFDM 数据符号接收时，所述接收天线中第 n 个天线在第 k 个导频子载波的系统参数。

结合第三方面，第一至第三种可实现方式，在第四种可实现方式中，所述处理单元具体用于：

根据补偿公式，用第 l 个 OFDM 数据符号发送时所述发送天线中每个天线的相位，第 l 个 OFDM 数据符号接收时所述接收天线中每个天线的相位，以及在第 l 个 OFDM 数据符号接收时的接收信号，得到第 l 个 OFDM 数据符号接收时的补偿信号，

所述补偿公式为：

$$Y^t(l) = \Phi(l) \cdot H^t \cdot \Theta(l) \cdot X^t(l) + ICI_l + z_l ;$$

其中， $Y^t(l)$ 为第 l 个 OFDM 数据符号接收时，第 t 个子载波上接收天线中每个天线的接收信号组成的矩阵； $\Phi^{(l)}$ 为第 l 个 OFDM 数据符号接收时，所述接收天线中每个天线的相位组成的矩阵； H^t 为第 l 个 OFDM 数据符号传输时，第 t 个子载波各收发天线之间的信道； $\Theta^{(l)}$ 为第 l 个 OFDM 数据符号发送时，所述发送天线中每个天线的相位组成的矩阵； $X^t(l)$ 为第 l 个 OFDM 数据符号接收时，第 t 个子载波上的补偿信号； ICI_l 为载波间互扰矩阵； z_l 为噪声矩阵。

第四方面，提供一种通信系统，包括：

以上任意所述的接收装置；

以及发送装置，所述发送装置用于向所述接收装置发送信号。

第五方面，提供一种接收装置，包括：

第一获取单元，用于获取预设时间段内所有 OFDM 数据符号发送时，发送天线中每个天线的相位组成的第一集合；

所述第一获取单元还用于获取所述预设时间段内所有 OFDM 数据符号接收时，接收天线中每个天线的相位组成的第二集合；

处理单元，用于根据所述第一集合和所述第二集合，对所述每

个接收天线的接收信号进行补偿得到每个接收天线的补偿信号。

结合第五方面，在第一种可实现方式中，所述接收装置还包括：

第二获取单元，用于获取所述预设时间段内所有 OFDM 数据符号发送时，每个 OFDM 数据符号中的导频子载波的发送信号；

所述第二获取单元还用于，获取所述预设时间段内所有 OFDM 数据符号接收时，每个 OFDM 数据符号中的所述导频子载波的接收信号。

结合第一种可实现方式，在第二种可实现方式中，所述第一获取单元具体用于：

根据所述所述预设时间段内所有 OFDM 数据符号发送时，每个 OFDM 数据符号中的导频子载波的发送信号获取预设时间段内所有 OFDM 数据符号发送时，发送天线中每个天线的相位组成的第一集合；

其中，所述预设时间段内所述发送天线发送 q 个 OFDM 数据符号，所述 q 个 OFDM 数据符号中第 l 个 OFDM 数据符号发送时，所述发送天线中第 m 个天线的相位 $\theta_m^{(l)}$ 满足：

$$\theta_m^{(l)} = \theta_m^{(l-1)} - \alpha \operatorname{Im} \left[\sum_{k \in \mathcal{P}} \left(e^{-j\theta_m^{(l-1)}} (s_m^k(l))^* \sum_{n=1}^N (H_{nm}^k)^* (y_n^k(l) e^{-j\varphi_n^{(l-1)}} - r_n^k(l)) \right) \right] ;$$

所述 $\varphi_n^{(l-1)}$ 为第 $(l-1)$ 个 OFDM 数据符号接收时，所述接收天线中第 n 个天线的相位； \mathcal{P} 为导频子载波的集合； n 为大于等于 1 且小于等于 N 的整数； N 为所述接收天线中天线的个数； m 为大于等于 1 且小于等于 M 的整数； M 为所述发送天线中天线的个数； α 为预设系数； $y_n^{(l)}$ 为第 l 个 OFDM 数据符号接收时，所述接收天线中第 n 个天线在第 k 个导频子载波的接收信号； $s_m^{(l)}$ 为第 l 个 OFDM 数据符号发送时，所述发送天线中第 m 个天线在第 k 个导频子载波的发送信号； H_{nm}^k 为第 l 个 OFDM 数据符号传输时所述接收天线中第 n 个天线与所述发送天线中第 m 个天线之间发送第 k 个导频子载波的信道； $r_n^{(l)}$ 为第 l 个 OFDM 数据符号接收时，所述接收天线中第 n 个天线在第 k 个导频子载波的系统参数。

结合第一种可实现方式，在第三种可实现方式中，所述第一获取单元具体用于：

根据所述预设时间段内所有 OFDM 数据符号接收时，每个 OFDM 数据符号中的所述导频子载波的接收信号获取所述预设时间段内所有 OFDM 数据符号接收时，接收天线中每个天线的相位组成的第二集合；

其中，所述预设时间段内所述接收天线接收 q 个 OFDM 数据符号，所述 q 个 OFDM 数据符号中第 l 个 OFDM 数据符号接收时，所述接收天线中第 n 个天线的相位 $\varphi_n(l)$ 满足：

$$\varphi_n(l) = \varphi_n(l-1) - \alpha \operatorname{Im} \left[\sum_{k \in \mathcal{P}} \left(y_n^k(l) e^{-j\varphi_n(l-1)} \left(r_n^k(l) \right)^* \right) \right] ;$$

所述 \mathcal{P} 为导频子载波的集合； n 为大于等于 1 且小于等于 N 的整数； N 为所述接收天线中天线的个数； m 为大于等于 1 且小于等于 M 的整数； M 为所述发送天线中天线的个数； α 为预设系数； $y_n^k(l)$ 为第 l 个 OFDM 数据符号接收时，所述接收天线中第 n 个天线在第 k 个导频子载波的接收信号； $r_n^k(l)$ 为第 l 个 OFDM 数据符号发送时，所述发送天线中第 m 个天线在第 k 个导频子载波的发送信号； H_{nm}^k 为第 l 个 OFDM 数据符号传输时所述接收天线中第 n 个天线与所述发送天线中第 m 个天线之间发送第 k 个导频子载波的信道； $\varphi_n(l)$ 为第 l 个 OFDM 数据符号接收时，所述接收天线中第 n 个天线在第 k 个导频子载波的系统参数。

结合第五方面，第一至第三种可实现方式，在第四种可实现方式中，所述处理单元具体用于：

所述预设时间段内包含 q 个 OFDM 数据符号，所述 q 为大于等于 1 的整数，当所述 q 个 OFDM 数据符号中第 l 个 OFDM 数据符号接收时，根据补偿公式，用第一集合中第 l 个 OFDM 数据符号发送时发送天线中每个天线的相位，第二集合中第 l 个 OFDM 数据符号接收时接收天线中每个天线的相位，以及在预设时间段内第 l 个 OFDM 数据符号接收时的接收信号，得到第 l 个 OFDM 数据符号接收时的补偿

信号，所述补偿公式为：

$$Y'(l) = \Phi(l) \cdot H' \cdot \Theta(l) \cdot X'(l) + ICI_l + z_l ;$$

所述 l 为大于等于 1 小于等于 q 的整数； $\phi(l)$ 为第 l 个 OFDM 数据符号接收时，所述接收天线中每个天线的相位； H' 为第 l 个 OFDM 数据符号传输时，第 t 个子载波的各收发天线之间的信道； $\theta(l)$ 为第 l 个 OFDM 数据符号发送时，所述发送天线中每个天线的相位； $X'(l)$ 为第 l 个 OFDM 数据符号接收时，第 t 个子载波上的补偿信号； ICI_l 为载波间互扰矩阵； z_l 为噪声矩阵。

第六方面，提供一种通信系统，其特征在于，包括：

以上任意所述的接收装置；

以及发送装置，所述发送装置用于向所述接收装置发送信号。

本发明的实施例提供一种信号处理的方法、装置及系统，包括：获取发送天线和接收天线中每个天线的相位；根据所述发送天线和接收天线中每个天线的相位对所述每个接收天线的接收信号进行补偿得到每个接收天线的补偿信号。这样一来，通过使用所述发送天线和所述接收天线中的每一个天线的相位来对所述接收天线的接收信号进行相噪补偿得到补偿信号，相较于现有技术，其相噪补偿的精确度提高，有效减少了信号失真的情况。

附图说明

为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案，下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍，显而易见地，下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例，对于本领域普通技术人员来讲，在不付出创造性劳动的前提下，还可以根据这些附图获得其他的附图。

图 1 为本发明实施例提供的一种信号处理方法流程图；

图 2 为本发明实施例提供的另一种信号处理方法流程图；

图 3 为本发明实施例提供的一种信号处理方法系统图；

图 4 为为本发明实施例提供的一种接收装置结构示意图；

图 5 为本发明实施例提供的另一种接收装置结构示意图；
图 6 为本发明实施例提供的又一种接收装置结构示意图；
图 7 为本发明实施例提供的再一种接收装置结构示意图。

具体实施方式

下面将结合本发明实施例中的附图，对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述，显然，所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例，而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例，本领域普通技术人员在没有作出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例，都属于本发明保护的范围。

本发明实施例提供一种信号处理方法，如图 1，包括：

步骤 101、获取第 l 个 OFDM 数据符号发送时发送天线中每个天线的相位。

在发送天线不共源的 MIMO-OFDM 系统中，发送天线发送信号时，以一个 OFDM 数据符号为一个数据包进行发送，每一个 OFDM 数据符号发送时，所述发送天线中每个天线的相位都不相同。

步骤 102、获取第 l 个 OFDM 数据符号接收时接收天线中每个天线的相位。

在接收天线不共源的 MIMO-OFDM 系统中，接收天线在接收信号时，以一个 OFDM 数据符号为一个数据包进行接收，每一个 OFDM 数据符号接收时，所述接收天线中每个天线的相位都不相同。

步骤 103、根据所述第 l 个 OFDM 数据符号发送时发送天线中每个天线的相位和所述第 l 个 OFDM 数据符号接收时接收天线中每个天线的相位，对所述每个接收天线的接收信号进行补偿得到每个接收天线的补偿信号。

具体的，根据补偿公式，用第 l 个 OFDM 数据符号发送时所述发送天线中每个天线的相位，第 l 个 OFDM 数据符号接收时所述接收天线中每个天线的相位，以及在第 l 个 OFDM 数据符号接收时的接收信号，得到第 l 个 OFDM 数据符号接收时的补偿信号 $X^l(l)$ 。

所述补偿公式为：

$$Y^t(l) = \Phi(l) \cdot H^t \cdot \Theta(l) \cdot X^t(l) + \text{ICI}_l + z_l ;$$

其中， $Y^t(l)$ 为第 l 个 OFDM 数据符号接收时，第 t 个子载波上所

述接收天线中每个天线的接收信号组成的矩阵，具体的， $Y^t(l) = \begin{bmatrix} y_1^t(l) \\ \vdots \\ y_N^t(l) \end{bmatrix}$ ，

其中 $y_1^t(l)$ 至 $y_N^t(l)$ 分别表示第 l 个 OFDM 数据符号接收时，第 t 个子载

波上所述接收天线中第1至 N 个天线的接收信号； $\Phi(l)$ 为第 l 个 OFDM

数据符号接收时，所述接收天线中每个天线的相位组成的矩阵，具

体的， $\Phi(l) = \begin{bmatrix} e^{j\phi_1(l)} & \dots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \dots & e^{j\phi_N(l)} \end{bmatrix}$ ，其中 $\phi_1(l)$ 至 $\phi_N(l)$ 分别表示第 l 个 OFDM 数

据符号接收时，所述接收天线中每个天线的相位； H^t 为第 l 个 OFDM

数据符号接收时，第 t 个子载波的各收发天线之间的信道； $\Theta(l)$ 为第

l 个 OFDM 数据符号发送时，发送天线中每个天线的相位组成的矩

阵，具体的， $\Theta(l) = \begin{bmatrix} e^{j\theta_1(l)} & \dots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \dots & e^{j\theta_M(l)} \end{bmatrix}$ ，其中， $\theta_1(l)$ 至 $\theta_M(l)$ 分别表示第 l 个

OFDM 数据符号发送时，发送天线中每个天线的相位； $X^t(l)$ 为第 l 个

OFDM 数据符号接收时，第 t 个子载波上的补偿信号，具体的，

$X^t(l) = \begin{bmatrix} x_1^t(l) \\ \vdots \\ x_M^t(l) \end{bmatrix}$ ，其中 $x_1^t(l)$ 至 $x_M^t(l)$ 分别表示第 l 个 OFDM 数据符号接收时，

第 t 个子载波上第 1 至 M 个天线的补偿信号； ICI_t 为载波间互扰矩阵，在实际应用中可以包括主要载波互扰和残余载波互扰； z_t 为噪声矩阵。

进一步的，第 l 个 OFDM 数据符号发送时，所述发送天线中每个天线的相位和第 l 个 OFDM 数据符号接收时，所述接收天线中每个天线的相位，以及在第 l 个 OFDM 数据符号接收时的接收信号，代入所述补偿公式即可得到第 l 个 OFDM 数据符号接收时的补偿信号 $X^l(l)$ ， $X^l(l)$ 即为接收装置在第 l 个 OFDM 数据符号接收时最终得到的补偿信号。

这样一来，在收发天线不共源的 MIMO-OFDM 系统中，通过使用所述第 l 个 OFDM 数据符号发送时发送天线中每个天线的相位和所述第 l 个 OFDM 数据符号接收时接收天线中每个天线的相位来对所述接收天线的接收信号进行相噪补偿得到补偿信号，相较于现有技术，其相噪补偿的精确度提高，有效减少了信号失真的情况。

进一步的，在步骤 101 之前，首先要获取第 l 个 OFDM 数据符号发送时，导频子载波的发送信号和第 l 个 OFDM 数据符号接收时，所述导频子载波的接收信号，所述导频子载波为发送装置与接收装置预先约定的子载波，其发送装置的发送信号在接收装置已知。

具体的，当第 l 个 OFDM 数据符号发送时，根据所述第 l 个 OFDM 数据符号发送时，导频子载波的发送信号和所述第 l 个 OFDM 数据符号接收时，导频子载波的接收信号，通过发送相位计算公式，计算第 l 个 OFDM 数据符号发送时发送天线中每个天线的相位。

所述发送相位计算公式为：

$$\theta_m(l) = \theta_m(l-1) - \alpha \operatorname{Im} \left[\sum_{k \in \mathcal{P}} \left(e^{-j\theta_m(l-1)} (\Delta l) \frac{3}{4} \langle \rangle^* (\mathcal{Y}(l) e^{-j\phi_n^k(l-1)} - \text{切}) \right) \right] ;$$

其中， $\theta_m(l)$ 为第 l 个 OFDM 数据符号发送时，所述发送天线中第 m 个天线的相位，初始值 $\theta_m(0)$ 为系统预设值，通常都设置为 0；

$\varphi_n(l-1)$ 为第 $(l-1)$ 个 OFDM 数据符号接收时,所述接收天线中第 n 个天线的相位,对于第 l 个 OFDM 数据符号接收时的发送天线来说,所述 $\varphi_n(l-1)$ 是已知的,可以在第 $(l-1)$ 个 OFDM 数据符号接收时通过接收相位计算公式计算得出,初始值 $\varphi_n(0)$ 为系统预设值,通常都设置为 0; α 为经验值,根据系统不同可以预设不同的数值,例如 10^{-6} , 10^{-4} 等; Im 为一个数学符号,表示取后面括号内数值的虚部; \mathcal{P} 为导频子载波的集合,即在求和运算时只针对导频子载波进行运算; e 为自然常数,其值约为 2.71828,式中 $e^{-j\varphi_n(l-1)}$ 是一种复数表示方式,其具体含义为 $e^{-j\varphi_n(l-1)} = [\varphi_n(l-1)]_j \cdot \sin[\varphi_n(l-1)]$, j 为虚数单位; n 为大于等于 1 且小于等于 N 的整数; N 为所述接收天线中天线的个数; m 为大于等于 1 且小于等于 M 的整数; M 为所述发送天线中天线的个数; $r_n^{(l)}$ 为第 l 个 OFDM 数据符号接收时,所述接收天线中第 n 个天线在第 k 个导频子载波的接收信号; $s_m^{(l)}$ 为第 l 个 OFDM 数据符号发送时,所述发送天线中第 m 个天线在第 k 个导频子载波的发送信号; H_{nm}^k 为所述接收天线中第 n 个天线与所述发送天线中第 m 个天线之间发送第 k 个导频子载波的信道。 $(r_n^k(l))^*$ 指的是矩阵 $\langle\langle l \rangle\rangle$ 的伴随矩阵,矩阵

$\langle\langle l \rangle\rangle$ 为第 l 个 OFDM 数据符号接收时,所述接收天线中第 n 个天线在第 k 个导频子载波的系统参数,通过计算得出,其计算公式为

$$r_n^k(l) = \sum_{m=1}^M H_{nm}^k e^{j\theta_m^k(l-1)} s_m^k(l)$$

, 其中, $\langle\langle l \rangle\rangle$ 为第 l 个 OFDM 数据符号发送时,所述发送天线中第 m 个天线在第 k 个导频子载波的发送信号, $\theta_m^k(l-1)$ 为第 $l-1$ 个 OFDM 数据符号发送时,所述发送天线中第 m 个天线的相位, H_{nm}^k 为所述接收天线中第 n 个天线与所述发送天线中第 m 个天线之间发送第 k 个导频子载波的信道。

具体的,接收天线接收信号时,以一个 OFDM 数据符号为一个数据包进行接收。当第 l 个 OFDM 数据符号接收时,根据所述第 l 个

OFDM 数据符号发送时导频子载波的发送信号和所述第 l 个 OFDM 数据符号接收时导频子载波的接收信号，通过接收相位计算公式，计算第 l 个 OFDM 数据符号接收时，所述接收天线中每个天线的相位；

所述接收相位计算公式为：

$$\varphi_n^{(l)} = \varphi_n^{(l-1)} - \alpha \operatorname{Im} \left[\sum_{k \in \mathcal{P}} (\chi^{(l)} e^{-j\varphi_n^{(l-1)}} (r_n^k(l))^* \right) \right] ;$$

其中， $\varphi_n^{(l)}$ 为第 l 个 OFDM 数据符号接收时，所述接收天线中第 n 个天线的相位，初始值 $\varphi_n^{(0)}$ 为系统预设值，通常都设置为 0； α 为经验值，根据系统不同可以预设不同的数值，例如 10^{-6} ， 10^{-4} 等； Im 为一个数学符号，表示取后面括号内数值的虚部； \mathcal{P} 为导频子载波的集合，即在进行求和运算时只针对导频子载波进行运算； e 为自然常数，其值约为 2.71828，式中 $e^{-j\varphi_n^{(l-1)}}$ 是一种复数表示方式，其具体含义为 $e^{-j\varphi_n^{(l-1)}} = \cos[\varphi_n^{(l-1)}] - j \sin[\varphi_n^{(l-1)}]$ ， j 为虚数单位； n 为大于等于 1 且小于等于 N 的整数； N 为所述接收天线中天线的个数； m 为大于等于 1 且小于等于 M 的整数； M 为所述发送天线中天线的个数； $\chi^{(l)}$ 为第 l 个 OFDM 数据符号接收时，所述接收天线中第 n 个天线在第 k 个导频子载波的接收信号； $\chi^{(l)}$ 为第 l 个 OFDM 数据符号发送时，所述发送天线中第 m 个天线在第 k 个导频子载波的发送信号； H_{nm}^k 为所述接收天线中第 n 个天线与所述发送天线中第 m 个天线之间发送第 k 个导频子载波的信道。 $(r_n^k(l))^*$ 指的是矩阵 $r_n^k(l)$ 的伴随矩阵，矩阵 $r_n^k(l)$

为第 l 个 OFDM 数据符号接收时，所述接收天线中第 n 个天线在第 k 个导频子载波的系统参数，通过计算得出，其计算公式为

$$r_n^k(l) = \sum_{m=1}^M H_{nm}^k e^{j\theta_m^k(l-1)} s_m^k(l)$$
，其中， $\chi^{(l)}$ 为第 l 个 OFDM 数据符号发送时，所述发送天线中第 m 个天线在第 k 个导频子载波的发送信号， $\theta_m^k(l-1)$ 为第 $l-1$ 个 OFDM 数据符号发送时，所述发送天线中第 m 个天

线的相位， H_{nm}^k 为所述接收天线中第 n 个天线与所述发送天线中第 m 个天线之间发送第 k 个导频子载波的信道。

其中， l 为大于等于 1 小于等于 g 的整数， g 为接收天线接收到的总的 OFDM 数据符号的个数。

需要说明的是，本发明实施例以发送天线不共源和接收天线不共源的系统为例进行说明，实际应用中，所述信号处理方法也可以应用于发送天线共源和接受天线共源的系统中，本发明对此不再赘述。

本发明所述的相噪补偿的方法通常应用于高速回传网、高速点对点网络、无线保真技术、全球微波互联接入或长期演进。

本发明的实施例提供的信号处理的方法，对 OFDM 数据符号接收时所述接收天线接收到的接收信号，使用所述 OFDM 数据符号发送时所述发送天线中每一个天线的相位和所述 OFDM 数据符号接收时所述接收天线中每一个天线的相位来进行相噪补偿得到补偿信号，相较于现有技术，其相噪补偿的精确度提高，有效减少了信号失真的情况。

本发明实施例提供一种信号处理方法，如图 2 所示，包括：

步骤 201、获取预设时间段内所有 OFDM 数据符号发送时，发送天线中每个天线的相位组成的第一集合。

发送天线发送信号时，以一个 OFDM 数据符号为一个数据包进行发送。在预设时间段内，可能有多个 OFDM 数据符号被发送，每一个 OFDM 数据符号发送时，所述发送天线中每个天线的相位都不相同，所以，在预设时间段内，发送天线中每个天线的相位会组成一个相位集合，称为第一集合。

步骤 202、获取所述预设时间段内所有 OFDM 数据符号接收时，接收天线中每个天线的相位组成的第二集合。

接收天线接收信号时，以一个 OFDM 数据符号为一个数据包进行接收。在预设时间段内，可能有多个 OFDM 数据符号被接收，每

一个 OFDM 数据符号接收时，所述接收天线中每个天线的相位都不相同，所以，在预设时间段内，接收天线中每个天线的相位会组成一个相位集合，称为第二集合。

步骤 203、根据所述第一集合和所述第二集合，对所述每个接收天线的接收信号进行补偿得到每个接收天线的补偿信号。

具体的，所述预设时间段内包含 q 个 OFDM 数据符号，所述 q 为大于等于 1 的整数，当所述 q 个 OFDM 数据符号中第 l 个 OFDM 数据符号接收时，根据补偿公式，用第一集合中第 l 个 OFDM 数据符号发送时发送天线中每个天线的相位，第二集合中第 l 个 OFDM 数据符号接收时接收天线中每个天线的相位，以及在预设时间段内第 l 个 OFDM 数据符号接收时的接收信号，得到第 l 个 OFDM 数据符号接收时的补偿信号，所述补偿公式为：

$$Y^t(l) = \Phi(l) \cdot H^t \cdot \Theta(l) \cdot X^t(l) + |C|_l + z_l ;$$

所述 $Y^t(l)$ 为第 l 个 OFDM 数据符号接收时，第 t 个子载波上所述接收天线中每个天线的接收信号组成的矩阵，具体的， $Y^t(l) = \begin{bmatrix} y_1^t(l) \\ \vdots \\ y_N^t(l) \end{bmatrix}$ ，

其中 $y_1^t(l)$ 至 $y_N^t(l)$ 分别表示第 l 个 OFDM 数据符号接收时，第 t 个子载波上所述接收天线中第 1 至 N 个天线的接收信号； $\Phi(l)$ 为第 l 个 OFDM 数据符号接收时，所述接收天线中每个天线的相位组成的矩阵，具

体的， $\Phi(l) = \begin{bmatrix} e^{j\varphi_1(l)} & \dots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \dots & e^{j\varphi_N(l)} \end{bmatrix}$ ，其中 $\varphi_1(l)$ 至 $\varphi_N(l)$ 分别表示第 l 个 OFDM 数

据符号接收时，所述接收天线中每个天线的相位； H^t 为第 l 个 OFDM 数据符号接收时，第 t 个子载波的各收发天线之间的信道； $\Theta(l)$ 为第

l 个 OFDM 数据符号发送时，发送天线中每个天线的相位组成的矩

阵，具体的， $\Theta(l) = \begin{bmatrix} e^{j\theta_1(l)} & \dots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \dots & e^{j\theta_M(l)} \end{bmatrix}$ ，其中， $\theta_1(l)$ 至 $\theta_M(l)$ 分别表示第 l 个

OFDM 数据符号发送时，发送天线中每个天线的相位； $X^t(l)$ 为第 l 个

OFDM 数据符号接收时，第 t 个子载波上的补偿信号，具体的，

$X^t(l) = \begin{bmatrix} x_1^t(l) \\ \vdots \\ x_M^t(l) \end{bmatrix}$ ，其中 $x_1^t(l)$ 至 $x_M^t(l)$ 分别表示第 l 个 OFDM 数据符号接收时，

第 t 个子载波上第 1 至 M 个天线的补偿信号； ICI_t 为载波间互扰矩阵，

在实际应用中可以包括主要载波互扰和残余载波互扰； z_t 为噪声矩

阵。

进一步的，第 l 个 OFDM 数据符号发送时，所述发送天线中每个天线的相位和第 l 个 OFDM 数据符号接收时，所述接收天线中每个天线的相位，以及第 l 个 OFDM 数据符号接收时的接收信号，代入所述补偿公式即可得到第 l 个 OFDM 数据符号接收时的补偿信号 $X^t(l)$ ， $X^t(l)$ 即为接收装置在第 l 个 OFDM 数据符号接收时最终得到的补偿信号。

这样一来，在收发天线不共源的 MIMO-OFDM 系统中，通过所述第一集合和所述第二集合来对所述预设时间段内所述接收天线的接收信号进行相噪补偿得到补偿信号，相较于现有技术，其相噪补偿的精确度提高，有效减少了信号失真的情况。

进一步的，在步骤 201 之前，首先要获取所述预设时间段内所有 OFDM 数据符号发送时，每个 OFDM 数据符号中的导频子载波的发送信号；获取所述预设时间段内所有 OFDM 数据符号接收时，每个 OFDM 数据符号中的所述导频子载波的接收信号。

具体的，根据所述预设时间段内所有 OFDM 数据符号发送时，每个 OFDM 数据符号中的导频子载波的发送信号，获取预设时间段内所有 OFDM 数据符号发送时，发送天线中每个天线的相位组成的第一集合。

假设，预设时间段内，发送天线共发送 q 个 OFDM 数据符号，接收天线共接收 q 个 OFDM 数据符号，则所述 q 个 OFDM 数据符号中的第 l 个 OFDM 数据符号发送时，所述发送天线中第 m 个天线的相位 $\theta_m(l)$ 满足：

$$\theta_m(l) = \theta_m(l-1) - \alpha \operatorname{Im} \left[\sum_{k \in \mathcal{P}} \left(e^{-j\theta_m(l-1)} (s_m^k(l))^* \sum_{n=1}^N (H_{nm}^k)^* (y_n^k(l) e^{-j\varphi_n^k(l-1)} - r_n^k(l)) \right) \right] ;$$

所述 $\theta_m(l-1)$ 为第 $(l-1)$ 个 OFDM 数据符号接收时，所述接收天线中第 n 个天线的相位，对于第 l 个 OFDM 数据符号接收时的发送天线来说，所述 $\theta_m(l-1)$ 是已知的，可以在第 $(l-1)$ 个 OFDM 数据符号接收时通过接收相位计算公式计算得出，初始值 $\theta_m(0)$ 为系统预设值，通常都设置为 0； α 为经验值，根据系统不同可以预设不同的数值，例如 10^{-6} ， 10^{-4} 等； Im 为一个数学符号，表示取后面括号内数值的虚部； \mathcal{P} 为导频子载波的集合，即在求和运算时只针对导频子载波进行运算； e 为自然常数，其值约为 2.71828，式中 $e^{-j\varphi_n^k(l-1)}$ 是一种复数表示方式，其具体含义为 $e^{-j\varphi_n^k(l-1)} = \cos[\varphi_n^k(l-1)] - j \sin[\varphi_n^k(l-1)]$ ， j 为虚数单位； n

为大于等于 1 且小于等于 N 的整数； N 为所述接收天线中天线的个数； m 为大于等于 1 且小于等于 M 的整数； M 为所述发送天线中天线的个数； $y_n^k(l)$ 为第 l 个 OFDM 数据符号接收时，所述接收天线中第 n 个天线在第 k 个导频子载波的接收信号； $s_m^k(l)$ 为第 l 个 OFDM 数据符号发送时，所述发送天线中第 m 个天线在第 k 个导频子载波的发送信号； H_{nm}^k 为所述接收天线中第 n 个天线与所述发送天线中第 m

个天线之间发送第 k 个导频子载波的信道。 $(r_n^k(l))^*$ 指的是矩阵 $\langle\langle l \rangle\rangle$ 的伴随矩阵，矩阵 $\langle\langle l \rangle\rangle$ 为第 l 个 OFDM 数据符号接收时，所述接收天线

中第 n 个天线在第 k 个导频子载波的系统参数，通过计算得出，其

计算公式为 $r_n^k(l) = \sum_{m=1}^M H_{nm} e^{j\theta_m^k(l-1)} s_m^k(l)$ ，其中， $s_m^k(l)$ 为第 l 个 OFDM 数据符号发送时，所述发送天线中第 m 个天线在第 k 个导频子载波的发送信号， $\theta_m^k(l-1)$ 为第 $l-1$ 个 OFDM 数据符号发送时，所述发送天线中第 m 个天线的相位， H_{nm}^k 为所述接收天线中第 n 个天线与所述发送天线中第 m 个天线之间发送第 k 个导频子载波的信道。

具体的，根据所述预设时间段内所有 OFDM 数据符号接收时，每个 OFDM 数据符号中的所述导频子载波的接收信号，获取所述预设时间段内所有 OFDM 数据符号接收时，接收天线中每个天线的相位组成的第二集合。

假设，预设时间段内，发送天线共发送 q 个 OFDM 数据符号，接收天线共接收 q 个 OFDM 数据符号，则所述 q 个 OFDM 数据符号中第 l 个 OFDM 数据符号接收时，所述接收天线中第 n 个天线的相位 $\varphi_n(l)$ 满足：

$$\varphi_n(l) = \varphi_n(l-1) - \alpha \operatorname{Im} \left[\sum_{k \in \mathcal{P}} \left(y_n^k(l) e^{-j\varphi_n(l-1)} \left(r_n^k(l) \right)^* \right) \right] ;$$

所述 α 为经验值，根据系统不同可以预设不同的数值，例如 10^{-6} ， 10^{-4} 等； Im 为一个数学符号，表示取后面括号内数值的虚部； \mathcal{P} 为导频子载波的集合，即在求和运算时只针对导频子载波进行运算； e 为自然常数，其值约为 2.71828，式中 $e^{-j\varphi_n(l-1)}$ 是一种复数表示方式，其具体含义为 $e^{-j\varphi_n(l-1)} = [\varphi_n(l-1)]_r - j \sin[\varphi_n(l-1)]_i$ ， j 为虚数单位； n 为大于等于 1 且小于等于 N 的整数； N 为所述接收天线中天线的个数； m 为大于等于 1 且小于等于 M 的整数； M 为所述发送天线中天线的个

数； $\alpha^{(l)}$ 为第 l 个 OFDM 数据符号接收时，所述接收天线中第 n 个天线在第 k 个导频子载波的接收信号； $s_m^{(l)}$ 为第 l 个 OFDM 数据符号发送时，所述发送天线中第 m 个天线在第 k 个导频子载波的发送信号； H_{nm}^k 为所述接收天线中第 n 个天线与所述发送天线中第 m 个天线之间发送第 k 个导频子载波的信道。 $(r_n^k)^*(l)$ 指的是矩阵 $s_m^{(l)}$ 的伴随矩阵，矩阵 $r_n^k(l)$ 为第 l 个 OFDM 数据符号接收时，所述接收天线中第 n 个天线在第 k 个导频子载波的系统参数，通过计算得出，其计算公式为 $r_n^k(l) = \sum_{m=1}^M H_{nm}^k e^{j\theta_m^k(l-1)} s_m^k(l)$ ，其中， $s_m^k(l)$ 为第 l 个 OFDM 数据符号发送时，所述发送天线中第 m 个天线在第 k 个导频子载波的发送信号， $\theta_m^k(l-1)$ 为第 $l-1$ 个 OFDM 数据符号发送时，所述发送天线中第 m 个天线的相位， H_{nm}^k 为所述接收天线中第 n 个天线与所述发送天线中第 m 个天线之间发送第 k 个导频子载波的信道。

需要说明的是，本发明实施例以发送天线不共源和接收天线不共源的系统为例进行说明，实际应用中，所述信号处理方法也可以应用于发送天线共源和接受天线共源的系统中，本发明对此不再赘述。

本发明所述的相噪补偿的方法通常应用于高速回传网、高速点对点网络、无线保真技术、全球微波互联接入或长期演进。

本发明的实施例提供的信号处理的方法，通过使用预设时间段内所述发送天线和所述接收天线中的每一个天线的相位来对所述预设时间段内所述接收天线的接收信号进行相噪补偿得到补偿信号，相较于现有技术，其相噪补偿的精确度提高，有效减少了信号失真

的情况。

示例的，对于一个 2*2 的 MIMO-OFDM 系统，即所述发送天线中天线的个数 M 为 2，所述接收天线中天线的个数 N 为 2。假设所述发送天线中每个天线的第 2 和第 7 子载波为用来更新相位的导频子载波，它们的发送信号在接收装置已知，假设 $s_1^2 = 1$ ， $s_1^7 = -1$ ， $s_2^2 = 1$ ， $s_2^7 = -1$ 即导频子载波集合 $\mathcal{P} = \{2, 7\}$ ，同时假设 $\theta_m(0) = 0$ ，由于所述一个 OFDM 数据符号中子载波的个数可以根据具体的通信系统的结构来设置，本实施例假设一个 OFDM 数据符号中子载波的个数为 w，接收装置总共接收的 OFDM 数据符号的个数为 q。

具体的，首先获取第 1 个 OFDM 数据符号接收时，所述接收天线接收到的导频子载波的接收信号 $y_1^{(1)}$ 、 $y_2^{(1)}$ 和 $r_n^{(1)}$ 。然后将 s_1^2 ， s_1^7 ， s_2^2 ， s_2^7 ， $y_1^2(1)$ ， $y_1^7(1)$ ， $y_2^2(1)$ ， $y_2^7(1)$ ， $\theta_m(0)$ ， $\varphi_n(0)$ ，代入所述发送相位计算公式：

$$\varphi_n(l) = \varphi_n(l-1) - \alpha \operatorname{Im} \left[\sum_{k \in \mathcal{P}} \left(e^{-j\theta_m(l-1)} (s_m^k(l))^* \sum_{n=1}^N (H_{nm}^k)^* (y_n^k(l) e^{-j\varphi_n(l-1)} - r_n^k(l)) \right) \right] ;$$

经过计算即可得出 $\varphi_1(l)$ 和 $\varphi_2(l)$ ，其中， α 为经验值，根据系统不同可以预设不同的数值。

进一步的，将 s_1^2 ， s_2^2 ， s_1^7 ， s_2^7 ， $y_1^2(1)$ ， $y_1^7(1)$ ， $y_2^2(1)$ ， $y_2^7(1)$ ， $\varphi_n(0)$ 代入所述接收相位计算公式：

$$\varphi_n(l) = \varphi_n(l-1) - \alpha \operatorname{Im} \left[\sum_{k \in \mathcal{P}} \left(y_n^k(l) e^{-j\varphi_n(l-1)} (r_n^k(l))^* \right) \right] ;$$

经过计算即可得出 $\varphi_1(l)$ 和 $\varphi_2(l)$ ，其中， α 为经验值，根据系统不同可以预设不同的数值。

得到 $\varphi_1(l)$ ， $\varphi_2(l)$ ， $\varphi_1(l)$ 和 $\varphi_2(l)$ 之后，获取第 1 个 OFDM 数据符号接收时，第 1 个子载波上所述接收天线中每个天线的接收信号组成

的矩阵 $Y^1(1)$, $Y^1(1) = \begin{bmatrix} y_{11}^1(1) \\ y_{21}^1(1) \end{bmatrix}$; 获取第 1 个 OFDM 数据符号接收时 , 所述接收天线中每个天线的相位组成的矩阵 $\Phi(1)$, $\Phi(1) = \begin{pmatrix} e^{j\phi_1(1)} & 0 \\ 0 & e^{j\phi_2(1)} \end{pmatrix}$; 获取第 1 个 OFDM 数据符号发送时 , 所述发送天线中每个天线的相位组成的矩阵 $\Theta(1)$, $\Theta(1) = \begin{pmatrix} e^{j\theta_1(1)} & 0 \\ 0 & e^{j\theta_2(1)} \end{pmatrix}$; H^1 为第 1 个 OFDM 数据符号接收时 , 第 1 个子载波在各收发天线之间的信道 ; 将 $\Theta(1)$, $\Phi(1)$, $Y^1(1)$, H^1 代入补偿公式 $Y^t(l) = \Phi(l) \cdot H^t \cdot \Theta(l) \cdot X^t(l) + l^{\beta/4} + z_l$ 中 , 即可计算出第 1 个 OFDM 数据符号接收时 , 第 1 个子载波上所述接收天线的补偿信号组成矩阵 $X^1(1)$ 。同理 , 可依次计算出第 1 个 OFDM 数据符号接收时 , 第 2 至 w 个子载波上所述接收天线的补偿信号。

然后重复上述过程 , 可以计算出第 2 至 q 个 OFDM 数据符号接收时 , 每一个子载波上所述接收天线的补偿信号。最终得到了每一个 OFDM 数据符号接收时 , 每一个子载波的补偿信号 , 所得补偿信号即所述接收装置最终得到的补偿信号。

示例的 , 对于一个 2×3 的 MIMO-OFDM 系统 , 即所述发送天线中天线的个数 M 为 2 , 所述接收天线中天线的个数 N 为 3。假设第 2 和第 7 子载波为用来更新相位的导频子载波 , 它们的发送信号在接收装置已知 , 假设 $s_1^2 = -1$, $s_2^2 = 1$, $s_1^7 = -1$, $s_2^7 = -1$, 即导频子载波集合 $\mathcal{P} = \{2, 7\}$, 同时假设 $\phi_m^{(0)} = 0$, $\theta_m^{(0)} = 0$, 由于所述一个 OFDM 数据符号中子载波的个数可以根据具体的通信系统的结构来设置 , 本实施例假设一个 OFDM 数据符号中子载波的个数为 w , 接收装置总共接收

的 OFDM 数据符号的个数为 q 。

具体的，首先获取第 1 个 OFDM 数据符号接收时，所述接收天线接收到的导频子载波的接收信号 $y_1^2(l)$ 、 $y_1^7(l)$ 、 $y_2^2(l)$ 、 $y_2^7(l)$ 、 $y_3^2(l)$ 和 $y_3^7(l)$ ，然后将 s_1^7 、 s_2^2 、 s_2^7 、 $y_1^2(l)$ 、 $y_1^7(l)$ 、 $y_2^2(l)$ 、 $y_2^7(l)$ 、 $y_3^2(l)$ 、 $y_3^7(l)$ 、 $\theta_m(0)$ 、 $\varphi_n(0)$ 代入所述发送相位计算公式：

$$\varphi_n(l) = \varphi_n(l-1) - \alpha \operatorname{Im} \left[\sum_{k \in \mathcal{P}} \left(e^{-j\theta_m(l-1)} (s_m^k(l))^* \sum_{n=1}^N (H_{nm}^k)^* (y_n^k(l) e^{-j\varphi_n^k(l-1)} - r_n^k(l)) \right) \right] ;$$

经过计算即可得出 $\varphi_n(l)$ 和 $\theta_m(l)$ ，其中， α 为经验值，根据系统不同可以预设不同的数值。

进一步的，将 s_1^7 、 s_2^2 、 s_2^7 、 $y_1^2(l)$ 、 $y_1^7(l)$ 、 $y_2^2(l)$ 、 $y_2^7(l)$ 、 $y_3^2(l)$ 、 $y_3^7(l)$ 、 $\theta_m(0)$ 、 $\varphi_n(0)$ ，代入所述接收相位计算公式：

$$\varphi_n(l) = \varphi_n(l-1) - \alpha \operatorname{Im} \left[\sum_{k \in \mathcal{P}} \left(y_n^k(l) e^{-j\varphi_n^k(l-1)} (r_n^k(l))^* \right) \right] ;$$

经过计算即可得出 $\varphi_1(l)$ 、 $\varphi_2(l)$ 和 $\varphi_3(l)$ ，其中， α 为经验值，根据系统不同可以预设不同的数值。

得到所述 $\varphi_1(l)$ 、 $\varphi_2(l)$ 、 $\varphi_3(l)$ 、 $\theta_m(l)$ 和 $\theta_n(l)$ 之后，获取第 1 个 OFDM 数据符号接收时，第 1 个子载波上所述接收天线中每个天线的接收

信号组成的矩阵 $Y^1(l)$ ， $Y^1(l) = \begin{bmatrix} y_1^1(l) \\ y_2^1(l) \\ y_3^1(l) \end{bmatrix}$ ；获取第 1 个 OFDM 数据符号接收

时，所述接收天线中每个天线的相位组成的矩阵 $\Phi(1)$ ，

$\Phi(1) = \begin{bmatrix} e^{j\varphi_1(l)} & 0 & 0 \\ 0 & e^{j\varphi_2(l)} & 0 \\ 0 & 0 & e^{j\varphi_3(l)} \end{bmatrix}$ ；获取第 1 个 OFDM 数据符号发送时，所述发

送收天线中每个天线的相位组成的矩阵 $\Theta^{(l)}$, $\Theta^{(1)} = \begin{pmatrix} e^{j\theta_1^{(1)}} & 0 \\ 0 & e^{j\theta_2^{(1)}} \end{pmatrix}$; H^1 为第 1 个 OFDM 数据符号接收时, 第 1 个子载波的各收发天线之间的信道; 将 $\Theta^{(1)}$, $\Phi^{(1)}$, $Y^1(1)$, H^1 代入补偿公式 $Y^t(l) = \Phi(l) \cdot H^t \cdot \Theta(l) \cdot X^t(l) + ICI_l + z_l$ 中, 即可计算得出第 1 个 OFDM 数据符号接收时, 第 1 个子载波上所述接收天线的补偿信号组成矩阵 $X^t(1)$ 。同理, 可依次计算得出第 1 个 OFDM 数据符号接收时, 第 2 至 w 个子载波上所述接收天线的补偿信号。

然后重复上述过程, 可以计算得出第 2 至 q 个 OFDM 数据符号接收时, 每一个子载波上所述接收天线的补偿信号。最终得到了每一个 OFDM 数据符号接收时, 每一个子载波的补偿信号, 所得补偿信号即所述接收装置最终得到的补偿信号。

示例的, 如图 3 所示, 对于一个 2×3 的 MIMO-OFDM 系统 30, 包括发送装置 301, 接收装置 302, 所述发送装置 301 上设置有两个发送天线, 分别为发送天线 3011 和发送天线 3012, 即发送装置 301 上设置的发送天线的天线个数 M 为 2; 所述发送装置 301 上还设置有 IFFT 单元 3013。所述接收装置 302 上设置有三个接收天线, 分别为接收天线 3021, 接收天线 3022, 接收天线 3023, 即接收装置 302 上设置的接收天线的天线个数 N 为 3; 所述接收装置上还设置有 FFT 单元 3024 和相位补偿单元 3025。

假定在发送第 1 个 OFDM 符号时, MIMO-OFDM 系统的发送装置 301 首先获取需要发送的频域信号, 然后所述发送装置 301 对获取到的频域信号经过串并转换, 将所获取的串行频域信号转换成多路并行频域信号。本实施例假设一个 OFDM 数据符号中子载波的个

数为 $w=8$ ，即将一个串行信号转换成 8 路并行信号同时发送，第 2 和第 7 子载波为用来更新相位的导频子载波，它们的发送信号在接收装置 302 已知，假设 $s_1^1=1$ ， $s_1^7=-1$ ， $s_2^2=1$ ， $s_2^7=-1$ ，假定第 1 个 OFDM 符号的频域发送信号是：

$$S_1^1(1)=1, S_1^2(1)=1, S_1^3(1)=-1, S_1^4(1)=1, S_1^5(1)=-1, S_1^6(1)=-1, S_1^7(1)=-1, S_1^8(1)=1$$

$$S_2^1(i)=-i, S_2^2(i)=i, S_2^3(i)=-i, S_2^4(i)=i, S_2^5(i)=i, S_2^6(i)=-i, S_2^7(i)=-i, S_2^8(i)=-1.$$

然后，所述 IFFT 单元 3013 对所述并行频域发送信号做 IFFT (Inverse Fast Fourier Transform，快速傅里叶逆变换)，所述 IFFT

的公式为 $s_m(t) = \sum_{k=1}^8 S_m^k(l) e^{j \frac{2\pi}{8} tk}$ ，其中 $s_m(t)$ 为发送第 l 个 OFDM 符号时，第 m 个天线的第 t 个子载波的信号。经过 IFFT 之后得到第一个天线的 8 个子载波发送的时域信号为 $s_1(1)$ ， $s_1(2)$ ， $s_1(3)$ ， $s_1(4)$ ， $s_1(5)$ ， $s_1(6)$ ， $s_1(7)$ ， $s_1(8)$ ，第二个天线的 8 个子载波发送的时域信号为 $s_2(1)$ ， $s_2(2)$ ， $s_2(3)$ ， $s_2(4)$ ， $s_2(5)$ ， $s_2(6)$ ， $s_2(7)$ ， $s_2(8)$ 。然后将得到的时域信号通过所述发送天线 3011 和发送天线 3012 发送出去。

所述发送装置 301 发出时域信号之后，MIMO-OFDM 系统的接收装置 302 通过接收天线接收所述发送装置 301 发出的时域信号。接收天线 3021 接收到的发送天线 3011 的时域信号为 $y_{11}(1)$ ， $y_{11}(2)$ ， $y_{11}(3)$ ， $y_{11}(4)$ ， $y_{11}(5)$ ， $y_{11}(6)$ ， $y_{11}(7)$ ， $y_{11}(8)$ ，接收天线 3021 接收到的发送天线 3012 的时域信号为 $y_{12}(1)$ ， $y_{12}(2)$ ， $y_{12}(3)$ ， $y_{12}(4)$ ， $y_{12}(5)$ ， $y_{12}(6)$ ， $y_{12}(7)$ ， $y_{12}(8)$ ；接收天线 3022 接收到的发送天线 3011 的时域信号为 $y_{21}(1)$ ， $y_{21}(2)$ ， $y_{21}(3)$ ， $y_{21}(4)$ ， $y_{21}(5)$ ， $y_{21}(6)$ ， $y_{21}(7)$ ， $y_{21}(8)$ ，接收天线 3022 接收到的发送天线 3012 的时域信号为 $y_{22}(1)$ ， $y_{22}(2)$ ， $y_{22}(3)$ ， $y_{22}(4)$ ， $y_{22}(5)$ ， $y_{22}(6)$ ， $y_{22}(7)$ ， $y_{22}(8)$ ；接收天线 3023 接收到的发送天线 3011 的时域信号为 $y_{31}(1)$ ， $y_{31}(2)$ ， $y_{31}(3)$ ， $y_{31}(4)$ ， $y_{31}(5)$ ， $y_{31}(6)$ ， $y_{31}(7)$ ， $y_{31}(8)$ ，接收天线 3023 接收到的发送天线 3012 的时域信号为 $y_{32}(1)$ ， $y_{32}(2)$ ， $y_{32}(3)$ ， $y_{32}(4)$ ， $y_{32}(5)$ ， $y_{32}(6)$ ， $y_{32}(7)$ ， $y_{32}(8)$ 。然后 FFT 单元 3024 对接收到的时域信号做 FFT (Fast Fourier Transformation，快速傅里叶变换)，即将时域信号转换到频域，得到第 1 个 OFDM 数据符号接收时，所述

接收装置 302 得到的频域信号 $\chi^{(1)}$ ，所述 $\chi^{(1)}$ 为第 1 个 OFDM 数据符号接收时，第 n 个接收天线接收到的第 k 个子载波的信号，所述 $\chi^{(1)}$ 包含所有发送天线的第 k 个子载波的信号，所述 k 大于 0 小于等于 8 的整数，即接收天线 3021 接收到频域信号为 $\chi^{(1)}$ ， $y_1^2(l)$ ， $y_1^3(l)$ ， $y_1^4(l)$ ， $y_1^5(l)$ ， $y_1^6(l)$ ， $y_1^7(l)$ ， $\chi^{(1)}$ ，接收天线 3022 接收到的频域信号为 $\chi^{(1)}$ ， $y_2^2(l)$ ， $y_2^3(l)$ ， $y_2^4(l)$ ， $y_2^5(l)$ ， $y_2^6(l)$ ， $\chi^{(1)}$ ， $y_2^8(l)$ ，接收天线 3023 接收到的频域信号为 $\chi^{(1)}$ ， $y_3^2(l)$ ， $y_3^3(l)$ ， $y_3^4(l)$ ， $y_3^5(l)$ ， $\chi^{(1)}$ ， $y_3^7(l)$ ， $y_3^8(l)$ ，然后对所得到的 $\chi^{(l)}$ 进行相位补偿，由于本实施例中的导频子载波为第 2 和第 7 子载波，即所述导频子载波的接收信号为 $y_1^2(l)$ 、 $y_1^7(l)$ 、 $y_2^2(l)$ 、 $y_2^7(l)$ 、 $y_3^2(l)$ 和 $y_3^7(l)$ ，将 $\chi^{(l)}$ ， s_1^7 、 s_2^2 ， s_2^7 ， $\pi^2(l)$ ， $y_1^7(l)$ ， $y_2^2(l)$ ， $y_2^7(l)$ ， $y_3^2(l)$ ， $y_3^7(l)$ ， $\theta_m(0)$ 输入到相位补偿单元 3025 中进行计算，完成对接收信号的相位补偿。

具体的，将 s_1^2 ， s_1^7 、 s_2^2 ， s_2^7 ， $y_1^2(l)$ ， $y_1^7(l)$ ， $y_2^2(l)$ ， $y_2^7(l)$ ， $y_3^2(l)$ ， $y_3^7(l)$ ， $\theta_m(0)$ ， φ_n 代入到发送相位计算公式：

$$\varphi_m(l) = \varphi_m(l-1) - \alpha \operatorname{Im} \left[\sum_{k \in \mathcal{P}} \left(e^{-j\theta_m(l-1)} \left(s_m^k(l) \right)^* \sum_{n=1}^N \left(H_{nm}^k \right)^* \left(\chi(l) e^{-j\varphi_n^k(l-1)} - r_n^k(l) \right) \right) \right] ;$$

经过计算即可得出 $\varphi_m(l)$ 和 $\varphi_n(l)$ ，其中， α 为经验值，根据系统不同可以预设不同的数值。

进一步的，将 $\chi^{(l)}$ ， s_1^7 、 s_2^2 ， s_2^7 ， $y_1^2(l)$ ， $y_1^7(l)$ ， $y_2^2(l)$ ， $\varphi_m(0)$ ， $y_3^2(l)$ ， $y_3^7(l)$ ， $\varphi_n(0)$ ，代入接收相位计算公式：

$$\varphi_n(l) = \varphi_n(l-1) - \alpha \operatorname{Im} \left[\sum_{k \in \mathcal{P}} \left(\chi(l) e^{-j\varphi_n(l-1)} \left(r_n^k(l) \right)^* \right) \right] ;$$

经过计算即可得出 $\varphi_1(l)$ 、 $\varphi_2(l)$ 和 $\varphi_3(l)$ 。其中， α 为经验值，根据系统不同可以预设不同的数值。

接收装置 302 在得到 $\varphi_1(l)$ 、 $\varphi_2(l)$ 、 $\varphi_3(l)$ 、 $\varphi_m(l)$ 和 $\varphi_n(l)$ 之后，获取第 1 个 OFDM 数据符号接收时，第 1 个子载波上所述接收天线中每个

天线的接收信号组成的矩阵 $Y^1(l)$, $Y^1(l) = \begin{bmatrix} y_1^1(l) \\ y_2^1(l) \\ y_3^1(l) \end{bmatrix}$; 获取第 1 个 OFDM 数

据符号接收时, 所述接收天线中每个天线的相位组成的矩阵 $\Phi^{(1)}$,

$\Phi^{(1)} = \begin{bmatrix} e^{j\theta_1^{(1)}} & 0 & 0 \\ 0 & e^{j\theta_2^{(1)}} & 0 \\ 0 & 0 & e^{j\theta_3^{(1)}} \end{bmatrix}$; 获取第 1 个 OFDM 数据符号发送时, 所述发

送收天线中每个天线的相位组成的矩阵 $\Theta^{(1)}$, $\Theta^{(1)} = \begin{pmatrix} e^{j\theta_1^{(1)}} & 0 \\ 0 & e^{j\theta_2^{(1)}} \end{pmatrix}$; H^1 为

第 1 个 OFDM 数据符号接收时, 第 1 个子载波各收发天线之间的信道; 将 $\Theta^{(1)}$, $\Phi^{(1)}$, $Y_1^1(l)$, H^1 代入补偿公式

$Y^t(l) = \Phi(l) \cdot H^t \cdot \Theta(l) \cdot X^t(l) + I_{CI_l} + \zeta_l$ 中, 即可计算得出第 1 个

OFDM 数据符号接收时, 第 1 个子载波上所述接收天线的补偿信号组成矩阵 $X^1(l)$ 。同理, 可依次计算得出第 1 个 OFDM 数据符号接收时, 第 2 至 w 个子载波上所述接收天线的补偿信号。

得到第 1 个 OFDM 的所有补偿信号之后, 对得到的补偿信号进行并串转换, 即可将接收到的信号恢复为原始的用户数据。

然后重复上述过程, 可以计算得出第 2 至 q 个 OFDM 数据符号接收时, 每一个子载波上所述接收天线的补偿信号。最终得到了每一个 OFDM 数据符号接收时, 每一个子载波的补偿信号, 所得补偿信号即所述接收装置 302 最终得到的补偿信号。

本发明的实施例提供一种信号处理的方法, 用于收发天线不共源的 MIMO-OFDM 系统中, 通过使用所述发送天线和所述接收天线中的每一个天线的相位来对所述接收天线的接收信号进行相噪补偿

得到补偿信号，相较于现有技术，其相噪补偿的精确度提高，有效减少了信号失真的情况。

本发明实施例提供一种接收装置 40，如图 4 所示，包括：

第一获取单元 401，用于获取第 l 个 OFDM 数据符号发送时发送天线中每个天线的相位；

所述第一获取单元 401 还用于获取第 l 个 OFDM 数据符号接收时接收天线中每个天线的相位；

处理单元 402，用于根据所述第一获取单元获取的所述第 l 个 OFDM 数据符号发送时发送天线中每个天线的相位和所述第 l 个 OFDM 数据符号接收时接收天线中每个天线的相位，对所述每个接收天线的接收信号进行补偿得到每个接收天线的补偿信号。

所述补偿公式为：

$$Y^t(l) = \Phi(l) \cdot H^t \cdot \Theta(l) \cdot X^t(l) + |C|_l + z_l ;$$

其中， $Y^t(l)$ 为第 l 个 OFDM 数据符号接收时，第 t 个子载波上所

述接收天线中每个天线的接收信号组成的矩阵，具体的， $Y^t(l) = \begin{bmatrix} y_{1i}^{(l)} \\ \vdots \\ y_{Ni}^{(l)} \end{bmatrix}$ ，

其中 $y_{1i}^{(l)}$ 至 $y_{Ni}^{(l)}$ 分别表示第 l 个 OFDM 数据符号接收时，第 t 个子载波上所述接收天线中第 1 至 N 个天线的接收信号； $\Phi(l)$ 为第 l 个 OFDM 数据符号接收时，所述接收天线中每个天线的相位组成的矩阵，具

体的， $\Phi(l) = \begin{bmatrix} e^{j\varphi_1(l)} & \dots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \dots & e^{j\varphi_N(l)} \end{bmatrix}$ ，其中 $\varphi_1(l)$ 至 $\varphi_N(l)$ 分别表示第 l 个 OFDM 数

据符号接收时，所述接收天线中每个天线的相位； H^t 为第 l 个 OFDM

数据符号接收时，第 t 个子载波的各收发天线之间的信道； $\Theta(l)$ 为第 l 个 OFDM 数据符号发送时，发送天线中每个天线的相位组成的矩阵，具体的， $\Theta(l) = \begin{bmatrix} e^{j\theta_1(l)} & \dots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \dots & e^{j\theta_M(l)} \end{bmatrix}$ ，其中， $\theta_1(l)$ 至 $\theta_M(l)$ 分别表示第 l 个

OFDM 数据符号发送时，发送天线中每个天线的相位； $X^t(l)$ 为第 l 个

OFDM 数据符号接收时，第 t 个子载波上的补偿信号，具体的，

$$X^t(l) = \begin{bmatrix} x_1^t(l) \\ \vdots \\ x_M^t(l) \end{bmatrix}, \text{ 其中 } x_1^t(l) \text{ 至 } x_M^t(l) \text{ 分别表示第 } l \text{ 个 OFDM 数据符号接收时,}$$

第 t 个子载波上第 1 至 M 个天线的补偿信号； JCI_l 为载波间互扰矩阵，在实际应用中可以包括主要载波互扰和残余载波互扰； z_l 为噪声矩阵。

如图 5 所示，所述接收装置 40 还包括：

第二获取单元 403，用于获取第 l 个 OFDM 数据符号发送时，导频子载波的发送信号；

所述第二获取单元 403 还用于获取第 l 个 OFDM 数据符号接收时，所述导频子载波的接收信号。

所述第一获取单元 401 具体用于：

根据所述导频子载波的发送信号和所述导频子载波的接收信号通过发送相位计算公式计算第 l 个 OFDM 数据符号发送时，所述发送天线中每个天线的相位；

所述发送相位计算公式为：

$$\theta_m(l) = \theta_m(l-1) - \alpha \ln \left[\sum_{k \in \mathcal{P}} \left(e^{-\beta \theta_m(l-1)} \left(\sum_{n=1}^N (H_{nm}^k)^* \left(\chi_n(l) e^{-j\phi_n^k(l)} \right) \right) \right) \right] ;$$

其中， $\theta_m(l)$ 为第 l 个 OFDM 数据符号发送时，所述发送天线中第 m 个天线的相位，初始值 $\theta_m(Q)$ 为系统预设值，通常都设置为 0； $\varphi_n(l-1)$ 为第 $(l-1)$ 个 OFDM 数据符号接收时，所述接收天线中第 n 个天线的相位，对于第 l 个 OFDM 数据符号接收时的发送天线来说，所述 $\varphi_n(l-1)$ 是已知的，可以在第 $(l-1)$ 个 OFDM 数据符号接收时通过接收相位计算公式计算得出，初始值 $\varphi_n(0)$ 为系统预设值，通常都设置为 0； α 为经验值，根据系统不同可以预设不同的数值，例如 10^{-6} ， 10^{-4} 等； Im 为一个数学符号，表示取后面括号内数值的虚部； \mathcal{P} 为导频子载波的集合，即在求和运算时只针对导频子载波进行运算； e 为自然常数，其值约为 2.71828，式中 $e^{-j\varphi_n(l-1)}$ 是一种复数表示方式，其具体含义为 $e^{-j\varphi_n(l-1)} = \cos[\varphi_n(l-1)] - j \sin[\varphi_n(l-1)]$ ， j 为虚数单位； n 为大于等于 1 且小于等于 N 的整数； N 为所述接收天线中天线的个数； m 为大于等于 1 且小于等于 M 的整数； M 为所述发送天线中天线的个数； $r_n^{(l)}$ 为第 l 个 OFDM 数据符号接收时，所述接收天线中第 n 个天线在第 k 个导频子载波的接收信号； $s_m^{(l)}$ 为第 l 个 OFDM 数据符号发送时，所述发送天线中第 m 个天线在第 k 个导频子载波的发送信号； H_{nm}^k 为所述接收天线中第 n 个天线与所述发送天线中第 m 个天线之间发送第 k 个导频子载波的信道。 $(r_n^{(l)})^*$ 指的是矩阵 $\langle\langle l \rangle\rangle$ 的伴随矩阵，矩阵 $\langle\langle l \rangle\rangle$ 为第 l 个 OFDM 数据符号接收时，所述接收天线中第 n 个天线在第 k 个导频子载波的系统参数，通过计算得出，其计算公式为

$$r_n^{(l)} = \sum_{m=1}^M H_{nm}^k e^{j\theta_m^k(l-1)} s_m^{(l)}$$

，其中， $\langle\langle l \rangle\rangle$ 为第 l 个 OFDM 数据符号发送时，所述发送天线中第 m 个天线在第 k 个导频子载波的发送信号， $\theta_m^k(l-1)$ 为第 $l-1$ 个 OFDM 数据符号发送时，所述发送天线中第 m 个天线的相位， H_{nm}^k 为所述接收天线中第 n 个天线与所述发送天线中第 m 个天线之间发送第 k 个导频子载波的信道。

所述第一获取单元 401 还可以用于：

根据所述导频子载波的发送信号和所述导频子载波的接收信号通过接收相位计算公式计算第 l 个 OFDM 数据符号接收时，所述接收天线中每个天线的相位；

所述接收相位计算公式为：

$$\varphi_n(l) = \varphi_n(l-1) - \alpha \operatorname{Im} \left[\sum_{k \in \mathcal{P}} (\chi(l) e^{-j\varphi_n(l-1)} (r_n^k(l))^*) \right] ;$$

其中， $\varphi_n(l)$ 为第 l 个 OFDM 数据符号接收时，所述接收天线中第 n 个天线的相位，初始值 $\varphi_n^{(0)}$ 为系统预设值，通常都设置为 0； α 为经验值，根据系统不同可以预设不同的数值，例如 10^{-6} ， 10^{-4} 等； Im 为一个数学符号，表示取后面括号内数值的虚部； \mathcal{P} 为导频子载波的集合，即在进行求和运算时只针对导频子载波进行运算； e 为自然常数，其值约为 2.71828，式中 $e^{-j\varphi_n(l-1)}$ 是一种复数表示方式，其具体含义为 $e^{-j\varphi_n(l-1)} = \cos[\varphi_n(l-1)] - j \sin[\varphi_n(l-1)]$ ， j 为虚数单位； n 为大于等于 1 且小于等于 N 的整数； N 为所述接收天线中天线的个数； m 为大于等于 1 且小于等于 M 的整数； M 为所述发送天线中天线的个数； $\chi(l)$ 为第 l 个 OFDM 数据符号接收时，所述接收天线中第 n 个天线在第 k 个导频子载波的接收信号； $s_m^k(l)$ 为第 l 个 OFDM 数据符号发送时，所述发送天线中第 m 个天线在第 k 个导频子载波的发送信号； H_{nm}^k 为所述接收天线中第 n 个天线与所述发送天线中第 m 个天线之间发送第

k 个导频子载波的信道。 $(r_n^k(l))^*$ 指的是矩阵 $r_n^k(l)$ 的伴随矩阵，矩阵 $r_n^k(l)$ 为第 l 个 OFDM 数据符号接收时，所述接收天线中第 n 个天线在第 k 个导频子载波的系统参数，通过计算得出，其计算公式为

$$r_n^k(l) = \sum_{m=1}^M H_{nm}^k e^{j\varphi_m^k(l-1)} s_m^k(l) ;$$

其中， $s_m^k(l)$ 为第 l 个 OFDM 数据符号发送时，所述发送天线中第 m 个天线在第 k 个导频子载波的发送信号， $\varphi_m^k(l-1)$ 为第 $l-1$ 个 OFDM 数据符号发送时，所述发送天线中第 m 个天

线的相位， H_{nm}^k 为所述接收天线中第 n 个天线与所述发送天线中第 m 个天线之间发送第 k 个导频子载波的信道。

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。

本发明的实施例提供的接收装置，用于收发天线不共源的 MIMO-OFDM 系统中，处理单元对 OFDM 数据符号接收时所述接收天线的接收信号，使用 OFDM 数据符号发送时所述发送天线中每一个天线的相位和所述 OFDM 数据符号接收时所述接收天线中每一个天线的相位来进行相噪补偿得到补偿信号，相较于现有技术，其相噪补偿的精确度提高，有效减少了信号失真的情况。

本发明实施例提供一种通信系统，包括：

包括本发明任意实施例所述的接收装置，所述接收装置上设置有接收天线，所述接收装置用于：获取第 l 个 OFDM 数据符号发送时发送天线中每个天线的相位；获取第 l 个 OFDM 数据符号接收时接收天线中每个天线的相位；根据所述第一获取单元获取的所述第 l 个 OFDM 数据符号发送时发送天线中每个天线的相位和所述第 l 个 OFDM 数据符号接收时接收天线中每个天线的相位，通过补偿公式，对所述每个接收天线的接收信号进行补偿得到每个接收天线的补偿信号。

以及发送装置，所述发送装置上设置有发送天线，用于向所述接收装置发送信号。

需要说明的是，本发明实施例提供的通信系统可以如图 3 所述，具体的内容可以参考上述实施例对图 3 的解释。

本发明实施例提供一种接收装置 60，如图 6 所示，包括：

第一获取单元 601，用于获取预设时间段内所有 OFDM 数据符号发送时，发送天线中每个天线的相位组成的第一集合；

所述第一获取单元 601 还用于获取所述预设时间段内所有 OFDM 数据符号接收时，接收天线中每个天线的相位组成的第二集合；

处理单元 602，用于根据所述第一获取单元获取的所述第一集合和所述第二集合，对所述每个接收天线的接收信号进行补偿得到每个接收天线的补偿信号。

所述预设时间段内包含 q 个 OFDM 数据符号，所述 q 为大于等于 1 的整数，当所述 q 个 OFDM 数据符号中第 l 个 OFDM 数据符号接收时，根据补偿公式，用第一集合中第 l 个 OFDM 数据符号发送时发送天线中每个天线的相位，第二集合中第 l 个 OFDM 数据符号接收时接收天线中每个天线的相位，以及在预设时间段内第 l 个 OFDM 数据符号接收时的接收信号，得到第 l 个 OFDM 数据符号接收时的补偿信号，所述补偿公式为：

$$Y^t(l) = \Phi(l) \cdot H^t \cdot \Theta(l) \cdot X^t(l) + |C|_l + z_l ;$$

所述 $Y^t(l)$ 为第 l 个 OFDM 数据符号接收时，第 t 个子载波上所述接收天线中每个天线的接收信号组成的矩阵，具体的， $Y^t(l) = \begin{bmatrix} y_1^t(l) \\ \vdots \\ y_N^t(l) \end{bmatrix}$ ，

其中 $y_1^t(l)$ 至 $y_N^t(l)$ 分别表示第 l 个 OFDM 数据符号接收时，第 t 个子载波上所述接收天线中第 1 至 N 个天线的接收信号； $\Phi(l)$ 为第 l 个 OFDM 数据符号接收时，所述接收天线中每个天线的相位组成的矩阵，具

体的， $\Phi(l) = \begin{bmatrix} e^{j\varphi_1(l)} & \dots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \dots & e^{j\varphi_N(l)} \end{bmatrix}$ ，其中 $\varphi_1(l)$ 至 $\varphi_N(l)$ 分别表示第 l 个 OFDM 数

据符号接收时，所述接收天线中每个天线的相位； H^t 为第 l 个 OFDM

数据符号接收时，第 t 个子载波的各收发天线之间的信道； $\Theta(l)$ 为第 l 个 OFDM 数据符号发送时，发送天线中每个天线的相位组成的矩阵，具体的，

$$\Theta(l) = \begin{bmatrix} e^{j\theta_1(l)} & \dots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \dots & e^{j\theta_M(l)} \end{bmatrix}, \text{ 其中, } \theta_1(l) \text{ 至 } \theta_M(l) \text{ 分别表示第 } l \text{ 个}$$

OFDM 数据符号发送时，发送天线中每个天线的相位； $X^t(l)$ 为第 l 个

OFDM 数据符号接收时，第 t 个子载波上的补偿信号，具体的，

$$X^t(l) = \begin{bmatrix} x_1^t(l) \\ \vdots \\ x_M^t(l) \end{bmatrix}, \text{ 其中 } x_1^t(l) \text{ 至 } x_M^t(l) \text{ 分别表示第 } l \text{ 个 OFDM 数据符号接收时,}$$

第 t 个子载波上第 1 至 M 个天线的补偿信号； ICI_l 为载波间互扰矩阵，

在实际应用中可以包括主要载波互扰和残余载波互扰； Z_l 为噪声矩阵。

阵。

如图 7 所示，所述接收装置 60 还包括：

第二获取单元 603，用于获取所述预设时间段内所有 OFDM 数据符号发送时，每个 OFDM 数据符号中的导频子载波的发送信号；

所述第二获取单元 603 还用于，获取所述预设时间段内所有 OFDM 数据符号接收时，每个 OFDM 数据符号中的所述导频子载波的接收信号。

所述第一获取单元 601 具体用于：

根据所述所述预设时间段内所有 OFDM 数据符号发送时，每个 OFDM 数据符号中的导频子载波的发送信号获取预设时间段内所有 OFDM 数据符号发送时，发送天线中每个天线的相位组成的第一集合；

其中，所述预设时间段内所述发送天线发送 q 个 OFDM 数据符

号，所述 q 个 OFDM 数据符号中第 l 个 OFDM 数据符号发送时，所述发送天线中第 m 个天线的相位 $\theta_m(l)$ 满足：

$$\theta_m(l) = \theta_m(l-1) - \alpha \operatorname{Im} \left[\sum_{k \in \mathcal{P}} \left(e^{-j\theta_m(l-1)} (s_m^k(l))^* \sum_{n=1}^N (H_{nm}^k)^* (y_n^k(l) e^{-j\varphi_n^k(l-1)} - r_n^k(l)) \right) \right] ;$$

所述 $\theta_m(l-1)$ 为第 (l-1) 个 OFDM 数据符号接收时，所述接收天线中第 n 个天线的相位，对于第 l 个 OFDM 数据符号接收时的发送天线来说，所述 $\theta_m(l-1)$ 是已知的，可以在第 (l-1) 个 OFDM 数据符号接收时通过接收相位计算公式计算得出，初始值 $\theta_m(0)$ 为系统预设值，通常都设置为 0； α 为经验值，根据系统不同可以预设不同的数值，例如 10^{-6} ， 10^{-4} 等； Im 为一个数学符号，表示取后面括号内数值的虚部； \mathcal{P} 为导频子载波的集合，即在进行求和运算时只针对导频子载波进行运算；e 为自然常数，其值约为 2.71828，式中 $e^{-j\varphi_n^k(l-1)}$ 是一种复数表示方式，其具体含义为 $e^{-j\varphi_n^k(l-1)} = \cos[\varphi_n^k(l-1)] - j \sin[\varphi_n^k(l-1)]$ ，j 为虚数单位；n

为大于等于 1 且小于等于 N 的整数；N 为所述接收天线中天线的个数；m 为大于等于 1 且小于等于 M 的整数；M 为所述发送天线中天线的个数； $y_n^k(l)$ 为第 l 个 OFDM 数据符号接收时，所述接收天线中第 n 个天线在第 k 个导频子载波的接收信号； $s_m^k(l)$ 为第 l 个 OFDM 数据符号发送时，所述发送天线中第 m 个天线在第 k 个导频子载波的发送信号； H_{nm}^k 为所述接收天线中第 n 个天线与所述发送天线中第 m

个天线之间发送第 k 个导频子载波的信道。 $(r_n^k(l))^*$ 指的是矩阵 $\langle\langle l \rangle\rangle$ 的伴随矩阵，矩阵 $\langle\langle l \rangle\rangle$ 为第 l 个 OFDM 数据符号接收时，所述接收天线中第 n 个天线在第 k 个导频子载波的系统参数，通过计算得出，其

计算公式为 $r_n^k(l) = \sum_{m=1}^M H_{nm}^k e^{j\theta_m^k(l-1)} s_m^k(l)$ ，其中， $\langle\langle l \rangle\rangle$ 为第 l 个 OFDM 数据符号

发送时，所述发送天线中第 m 个天线在第 k 个导频子载波的发送信号， $\theta_m^k(l-1)$ 为第 (l-1) 个 OFDM 数据符号发送时，所述发送天线中第

m 个天线的相位， H_{nm}^k 为所述接收天线中第 n 个天线与所述发送天线中第 m 个天线之间发送第 k 个导频子载波的信道。

所述第一获取单元 601 还用于：

根据所述预设时间段内所有 OFDM 数据符号接收时，每个 OFDM 数据符号中的所述导频子载波的接收信号获取所述预设时间段内所有 OFDM 数据符号接收时，接收天线中每个天线的相位组成的第二集合；

其中，所述预设时间段内所述接收天线接收 q 个 OFDM 数据符号，所述 q 个 OFDM 数据符号中第 l 个 OFDM 数据符号接收时，所述接收天线中第 n 个天线的相位 $\varphi_n(l)$ 满足：

$$\varphi_n(l) = \varphi_n(l-1) - \alpha \operatorname{Im} \left[\sum_{k \in \mathcal{P}} \left(y_n^k(l) e^{-j\varphi_n(l-1)} \left(r_n^k(l) \right)^* \right) \right] ;$$

所述 α 为经验值，根据系统不同可以预设不同的数值，例如 10_{-6} ， 10_{-4} 等； Im 为一个数学符号，表示取后面括号内数值的虚部； \mathcal{P} 为导频子载波的集合，即在进行求和运算时只针对导频子载波进行运算； e 为自然常数，其值约为 2.71828，式中 $e^{-j\varphi_n(l-1)}$ 是一种复数表示方式，其具体含义为 $e^{-j\varphi_n(l-1)} = \cos[\varphi_n(l-1)] - j \sin[\varphi_n(l-1)]$ ， j 为虚数单位； n 为大于等于 1 且小于等于 N 的整数； N 为所述接收天线中天线的个数； m 为大于等于 1 且小于等于 M 的整数； M 为所述发送天线中天线的个数； $y_n^{(l)}$ 为第 l 个 OFDM 数据符号接收时，所述接收天线中第 n 个天线在第 k 个导频子载波的接收信号； $r_n^{(l)}$ 为第 l 个 OFDM 数据符号发送时，所述发送天线中第 m 个天线在第 k 个导频子载波的发送信号； H_{nm}^k 为所述接收天线中第 n 个天线与所述发送天线中第 m 个天线

之间发送第 k 个导频子载波的信道。 $(r_n^k(l))^*$ 指的是矩阵 $\langle(l)$ 的伴随矩阵，矩阵 $r_n^k(l)$ 为第 l 个 OFDM 数据符号接收时，所述接收天线中第 n 个天线在第 k 个导频子载波的系统参数，通过计算得出，其计算公式为 $r_n^k(l) = \sum_{m=1}^M H_{nm} e^{j\theta_m^k(l-1)} s_m^k(l)$ ，其中， $\langle(l)$ 为第 l 个 OFDM 数据符号发送时，所述发送天线中第 m 个天线在第 k 个导频子载波的发送信号， $\theta_m^k(l-1)$ 为第 l-1 个 OFDM 数据符号发送时，所述发送天线中第 m 个天线的相位， H_{nm}^k 为所述接收天线中第 n 个天线与所述发送天线中第 m 个天线之间发送第 k 个导频子载波的信道。

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。

本发明的实施例提供的接收装置，用于收发天线不共源的 MIMO-OFDM 系统中，处理单元对预设时间段内所述接收天线的接收信号，使用所述预设时间段内所述发送天线中每一个天线的相位和所述预设时间段内所述接收天线中每一个天线的相位来进行相噪补偿得到补偿信号，相较于现有技术，其相噪补偿的精确度提高，有效减少了信号失真的情况。

本发明实施例提供一种通信系统，包括：

包括本发明任意实施例所述的接收装置，所述接收装置上设置有接收天线，所述接收装置用于：获取预设时间段内所有 OFDM 数据符号发送时，发送天线中每个天线的相位组成的第一集合；获取所述预设时间段内所有 OFDM 数据符号接收时，接收天线中每个天线的相位组成的第二集合；根据所述第一获取单元获取的所述第一

集合和所述第二集合，对所述每个接收天线的接收信号进行补偿得到每个接收天线的补偿信号。

以及发送装置，所述发送装置上设置有发送天线，用于向所述接收装置发送信号。

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。

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，在本发明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包括，也可以两个或两个以上单元集成在一个单元中。上述集成的单元既可以采用硬件的形式实现，也可以采用硬件加软件功能单元的形式实现。

以上所述，仅为本发明的具体实施方式，但本发明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发明揭露的技术范围内，可轻易想到变化或替换，都应涵盖在本发明的保护范围之内。因此，本发明的保护范围应所述以权利要求的保护范围为准。

权 利 要 求 书

1、一种信号处理方法，其特征在于，包括：

获取第 l 个 OFDM 数据符号发送时发送天线中每个天线的相位；
 获取第 l 个 OFDM 数据符号接收时接收天线中每个天线的相位；
 根据所述第 l 个 OFDM 数据符号发送时发送天线中每个天线的相位和所述第 l 个 OFDM 数据符号接收时接收天线中每个天线的相位，对所述每个接收天线的接收信号进行补偿得到每个接收天线的补偿信号。

2、根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于，在所述获取第 l 个 OFDM 数据符号发送时发送天线中每个天线的相位之前，所述方法还包括：

获取第 l 个 OFDM 数据符号发送时，导频子载波的发送信号；
 获取第 l 个 OFDM 数据符号接收时，所述导频子载波的接收信号。

3、根据权利要求 2 所述的方法，其特征在于，

所述获取第 l 个 OFDM 数据符号发送时发送天线中每个天线的相位包括：

根据所述导频子载波的发送信号和所述导频子载波的接收信号通过发送相位计算公式计算第 l 个 OFDM 数据符号发送时，所述发送天线中每个天线的相位；

所述发送相位计算公式为：

$$\theta_m(l) = \theta_m(l-1) - \alpha \operatorname{Im} \left[\sum_{k \in \mathcal{P}} \left(\sum_{n=1}^N \left(\langle \langle l \rangle \rangle^* \left(\chi(l) e^{-j\varphi_n^k(l-1)} - \langle \langle l \rangle \rangle \right) \right) \right) \right] ;$$

其中， $\theta_m(l)$ 为第 l 个 OFDM 数据符号发送时，所述发送天线中第 m 个天线的相位； $\varphi_n(l-1)$ 为第 $(l-1)$ 个 OFDM 数据符号接收时，所述接收天线中第 n 个天线的相位； \mathcal{P} 为导频子载波的集合； n 为大于等于 1 且小于等于 N 的整数； N 为所述接收天线中天线的个数； m 为大于等于 1 且小于等于 M 的整数； M 为所述发送天线中天线的个数； α 为预设系数； $\chi(l)$ 为第 l 个 OFDM 数据符号接收时，所述接收天线中第 n 个天线在第 k 个导频子载波的接收信号； $\langle \langle l \rangle \rangle$ 为第 l 个 OFDM 数据符

号发送时，所述发送天线中第 m 个天线在第 k 个导频子载波的发送信号； H_{mn}^k 为第 l 个 OFDM 数据符号传输时所述接收天线中第 n 个天线与所述发送天线中第 m 个天线之间发送第 k 个导频子载波的信道； $\alpha^{(l)}$ 为第 l 个 OFDM 数据符号接收时，所述接收天线中第 n 个天线在第 k 个导频子载波的系统参数。

4、根据权利要求 2 所述的方法，其特征在于，

所述获取第 l 个 OFDM 数据符号接收时接收天线中每个天线的相位包括：

根据所述导频子载波的发送信号和所述导频子载波的接收信号通过接收相位计算公式计算第 l 个 OFDM 数据符号接收时，所述接收天线中每个天线的相位；

所述接收相位计算公式为：

$$\varphi_n^{(l)} = \varphi_n^{(l-1)} - \alpha \ln \left[\sum_{k \in \mathcal{P}} \left(\alpha^{(l)} e^{-j\varphi_n^{(l-1)}} (r_n^k(l))^* \right) \right] ;$$

其中， $\varphi_n^{(l)}$ 为第 l 个 OFDM 数据符号接收时，所述接收天线中第 n 个天线的相位； \mathcal{P} 为导频子载波的集合； n 为大于等于 1 且小于等于 N 的整数； N 为所述接收天线中天线的个数； m 为大于等于 1 且小于等于 M 的整数； M 为所述发送天线中天线的个数； α 为预设系数； $\alpha^{(l)}$ 为第 l 个 OFDM 数据符号接收时，所述接收天线中第 n 个天线在第 k 个导频子载波的接收信号； $\alpha^{(l)}$ 为第 l 个 OFDM 数据符号发送时，所述发送天线中第 m 个天线在第 k 个导频子载波的发送信号； H_{mn}^k 为第 l 个 OFDM 数据符号传输时所述接收天线中第 n 个天线与所述发送天线中第 m 个天线之间发送第 k 个导频子载波的信道； $\alpha^{(l)}$ 为第 l 个 OFDM 数据符号接收时，所述接收天线中第 n 个天线在第 k 个导频子载波的系统参数。

5、根据权利要求 1 至 4 任意一项权利要求所述的方法，其特征在于，所述根据所述第 l 个 OFDM 数据符号发送时发送天线中每个天线的相位和所述第 l 个 OFDM 数据符号接收时接收天线中每个天线的相位，对所述每个接收天线的接收信号进行补偿得到每个接收天线的

补偿信号，包括：

根据补偿公式，用第 l 个 OFDM 数据符号发送时所述发送天线中每个天线的相位，第 l 个 OFDM 数据符号接收时所述接收天线中每个天线的相位，以及在第 l 个 OFDM 数据符号接收时的接收信号，得到第 l 个 OFDM 数据符号接收时的补偿信号，

所述补偿公式为：

$$Y^t(l) = \Phi(l) \cdot H^t \cdot \Theta(l) \cdot X^t(l) + ICI_l + z_l ;$$

其中， $Y^t(l)$ 为第 l 个 OFDM 数据符号接收时，第 t 个子载波上接收天线中每个天线的接收信号组成的矩阵； $\Phi(l)$ 为第 l 个 OFDM 数据符号接收时，所述接收天线中每个天线的相位组成的矩阵； H^t 为第 l 个 OFDM 数据符号传输时，第 t 个子载波的各收发天线之间的信道； $\Theta(l)$ 为第 l 个 OFDM 数据符号发送时，所述发送天线中每个天线的相位组成的矩阵； $X^t(l)$ 为第 l 个 OFDM 数据符号接收时，第 t 个子载波上的补偿信号； ICI_l 为载波间互扰矩阵矩阵； z_l 为噪声矩阵矩阵。

6、一种信号处理方法，其特征在于，包括：

获取预设时间段内所有 OFDM 数据符号发送时，发送天线中每个天线的相位组成的第一集合；

获取所述预设时间段内所有 OFDM 数据符号接收时，接收天线中每个天线的相位组成的第二集合；

根据所述第一集合和所述第二集合，对所述每个接收天线的接收信号进行补偿得到每个接收天线的补偿信号。

7、根据权利要求 6 所述的方法，其特征在于，在所述获取预设时间段内所有 OFDM 数据符号发送时，发送天线中每个天线的相位组成的第一集合之前，所述方法还包括：

获取所述预设时间段内所有 OFDM 数据符号发送时，每个 OFDM 数据符号中的导频子载波的发送信号；

获取所述预设时间段内所有 OFDM 数据符号接收时，每个 OFDM 数据符号中的所述导频子载波的接收信号。

8、根据权利要求 7 所述的方法，其特征在于，

所述获取预设时间段内所有 OFDM 数据符号发送时，发送天线中每个天线的相位组成的第一集合包括：

根据所述所述预设时间段内所有 OFDM 数据符号发送时，每个 OFDM 数据符号中的导频子载波的发送信号，获取预设时间段内所有 OFDM 数据符号发送时，发送天线中每个天线的相位组成的第一集合；

其中，所述预设时间段内所述发送天线发送 q 个 OFDM 数据符号，所述 q 个 OFDM 数据符号中第 l 个 OFDM 数据符号发送时，所述发送天线中第 m 个天线的相位 $\theta_m(l)$ 满足：

$$\theta_m(l) = \theta_m(l-1) - \alpha \operatorname{Im} \left[\sum_{k \in \mathcal{P}} \left(e^{-j\theta_m(l-1)} \left(s_m^k(l) \right)^* \sum_{n=1}^N \left(H_{nm}^k \right)^* \left(y_n^k(l) e^{-j\varphi_n^k(l-1)} - r_n^k(l) \right) \right) \right] ;$$

所述 $\varphi_n(l-1)$ 为第 $(l-1)$ 个 OFDM 数据符号接收时，所述接收天线中第 n 个天线的相位； \mathcal{P} 为导频子载波的集合； n 为大于等于 1 且小于等于 N 的整数； N 为所述接收天线中天线的个数； m 为大于等于 1 且小于等于 M 的整数； M 为所述发送天线中天线的个数； α 为预设系数； $y^{(l)}$ 为第 l 个 OFDM 数据符号接收时，所述接收天线中第 n 个天线在第 k 个导频子载波的接收信号； $s^{(l)}$ 为第 l 个 OFDM 数据符号发送时，所述发送天线中第 m 个天线在第 k 个导频子载波的发送信号； H_{nm}^k 为第 l 个 OFDM 数据符号传输时所述接收天线中第 n 个天线与所述发送天线中第 m 个天线之间发送第 k 个导频子载波的信道； $r^{(l)}$ 为第 l 个 OFDM 数据符号接收时，所述接收天线中第 n 个天线在第 k 个导频子载波的系统参数。

9、根据权利要求 7 所述的方法，其特征在于，

所述获取所述预设时间段内所有 OFDM 数据符号接收时，接收天线中每个天线的相位组成的第二集合包括：

根据所述预设时间段内所有 OFDM 数据符号接收时，每个 OFDM 数据符号中的所述导频子载波的接收信号，获取所述预设时间段内所有 OFDM 数据符号接收时，接收天线中每个天线的相位组成的第二

集合；

其中，所述预设时间段内所述接收天线接收 q 个 OFDM 数据符号，所述 q 个 OFDM 数据符号中第 l 个 OFDM 数据符号接收时，所述接收天线中第 n 个天线的相位 $\varphi_n(l)$ 满足：

$$\varphi_n(l) = \varphi_n(l-1) - \alpha \operatorname{Im} \left[\sum_{k \in \mathcal{P}} (\mathcal{X}(l) e^{-j\varphi_n(l-1)} (r_n^k(l))^*) \right] ;$$

所述 \mathcal{P} 为导频子载波的集合； n 为大于等于 1 且小于等于 N 的整数； N 为所述接收天线中天线的个数； m 为大于等于 1 且小于等于 M 的整数； M 为所述发送天线中天线的个数； α 为预设系数； $\mathcal{X}(l)$ 为第 l 个 OFDM 数据符号接收时，所述接收天线中第 n 个天线在第 k 个导频子载波的接收信号； $\mathcal{X}(l)$ 为第 l 个 OFDM 数据符号发送时，所述发送天线中第 m 个天线在第 k 个导频子载波的发送信号； H_{nm}^k 为第 l 个 OFDM 数据符号传输时所述接收天线中第 n 个天线与所述发送天线中第 m 个天线之间发送第 k 个导频子载波的信道； $\Theta(l)$ 为第 l 个 OFDM 数据符号接收时，所述接收天线中第 n 个天线在第 k 个导频子载波的系统参数。

10、根据权利要求 6 至 9 任意一项权利要求所述的方法，其特征在于，所述根据所述第一集合和所述第二集合，对所述每个接收天线的接收信号进行补偿得到每个接收天线的补偿信号，包括：

所述预设时间段内包含 q 个 OFDM 数据符号，所述 q 为大于等于 1 的整数，当所述 q 个 OFDM 数据符号中第 l 个 OFDM 数据符号接收时，根据补偿公式，用第一集合中第 l 个 OFDM 数据符号发送时发送天线中每个天线的相位，第二集合中第 l 个 OFDM 数据符号接收时接收天线中每个天线的相位，以及在预设时间段内第 l 个 OFDM 数据符号接收时的接收信号，得到第 l 个 OFDM 数据符号接收时的补偿信号，所述补偿公式为：

$$Y^l(l) = \Phi(l) \cdot H^f \cdot \Theta(l) \cdot X^f(l) + 1C1, + z_l ;$$

所述 l 为大于等于 1 小于等于 q 的整数； $\Phi(l)$ 为第 l 个 OFDM 数

据符号接收时，所述接收天线中每个天线的相位； H^l 为第 l 个 OFDM 数据符号传输时，第 t 个子载波的各收发天线之间的信道； Θ^l 为第 l 个 OFDM 数据符号发送时，所述发送天线中每个天线的相位； $X^l(l)$ 为第 l 个 OFDM 数据符号接收时，第 t 个子载波上的补偿信号； ICI_l 为载波间互扰矩阵； z_l 为噪声矩阵。

11、一种接收装置，其特征在于，包括：

第一获取单元，用于获取第 l 个 OFDM 数据符号发送时发送天线中每个天线的相位；

所述第一获取单元还用于获取第 l 个 OFDM 数据符号接收时接收天线中每个天线的相位；

处理单元，用于根据所述第 l 个 OFDM 数据符号发送时发送天线中每个天线的相位和所述第 l 个 OFDM 数据符号接收时接收天线中每个天线的相位，对所述每个接收天线的接收信号进行补偿得到每个接收天线的补偿信号。

12、根据权利要求 11 所述的接收装置，其特征在于，所述接收装置还包括：

第二获取单元，用于获取第 l 个 OFDM 数据符号发送时，导频子载波的发送信号；

所述第二获取单元还用于获取第 l 个 OFDM 数据符号接收时，所述导频子载波的接收信号。

13、根据权利要求 12 所述的接收装置，其特征在于，所述第一获取单元具体用于：

根据所述导频子载波的发送信号和所述导频子载波的接收信号通过发送相位计算公式计算第 l 个 OFDM 数据符号发送时，所述发送天线中每个天线的相位；

所述发送相位计算公式为：

$$\theta_m(l) = \arg \left[\sum_{k \in \mathcal{P}} \left(e^{-j\theta_m(l-1)} (s_m^k(l))^* \sum_{n=1}^N (H_{nm}^k)^* (y_n^k(l) e^{-j\phi_n^k(l-1)} - r_n^k(l)) \right) \right] ;$$

其中， $\theta_m(l)$ 为第 l 个 OFDM 数据符号发送时，所述发送天线中第

m 个天线的相位； $\varphi_n(l-1)$ 为第 $(l-1)$ 个 OFDM 数据符号接收时，所述接收天线中第 n 个天线的相位； \mathcal{P} 为导频子载波的集合； n 为大于等于 1 且小于等于 N 的整数； N 为所述接收天线中天线的个数； m 为大于等于 1 且小于等于 M 的整数； M 为所述发送天线中天线的个数； α 为预设系数； $y_n^{(l)}$ 为第 l 个 OFDM 数据符号接收时，所述接收天线中第 n 个天线在第 k 个导频子载波的接收信号； $x_m^{(l)}$ 为第 l 个 OFDM 数据符号发送时，所述发送天线中第 m 个天线在第 k 个导频子载波的发送信号； H_{nm}^k 为第 l 个 OFDM 数据符号传输时所述接收天线中第 n 个天线与所述发送天线中第 m 个天线之间发送第 k 个导频子载波的信道； $\theta_n^{(l)}$ 为第 l 个 OFDM 数据符号接收时，所述接收天线中第 n 个天线在第 k 个导频子载波的系统参数。

14、根据权利要求 12 所述的接收装置，其特征在于，所述第一获取单元具体用于：

根据所述导频子载波的发送信号和所述导频子载波的接收信号通过接收相位计算公式计算第 l 个 OFDM 数据符号接收时，所述接收天线中每个天线的相位；

所述接收相位计算公式为：

$$\theta_n^{(l)} = \theta_n^{(l-1)} - \alpha \operatorname{Im} \left[\sum_{k \in \mathcal{P}} \left(y_n^k(l) e^{-j\varphi_n(l-1)} (x_m^k(l))^* \right) \right] ;$$

其中， $\varphi_n(l)$ 为第 l 个 OFDM 数据符号接收时，所述接收天线中第 n 个天线的相位； \mathcal{P} 为导频子载波的集合； n 为大于等于 1 且小于等于 N 的整数； N 为所述接收天线中天线的个数； m 为大于等于 1 且小于等于 M 的整数； M 为所述发送天线中天线的个数； α 为预设系数； $y_n^{(l)}$ 为第 l 个 OFDM 数据符号接收时，所述接收天线中第 n 个天线在第 k 个导频子载波的接收信号； $x_m^{(l)}$ 为第 l 个 OFDM 数据符号发送时，所述发送天线中第 m 个天线在第 k 个导频子载波的发送信号； H_{nm}^k 为第 l 个 OFDM 数据符号传输时所述接收天线中第 n 个天线与所述发送天线中第 m 个天线之间发送第 k 个导频子载波的信道； $\theta_n^{(l)}$ 为第 l 个 OFDM 数据符号接收时，所述接收天线中第 n 个天线在第 k 个导频子

载波的系统参数。

15、根据权利要求 11 至 14 任意一项权利要求所述的接收装置，其特征在于，所述处理单元具体用于：

根据补偿公式，用第 l 个 OFDM 数据符号发送时所述发送天线中每个天线的相位，第 l 个 OFDM 数据符号接收时所述接收天线中每个天线的相位，以及在第 l 个 OFDM 数据符号接收时的接收信号，得到第 l 个 OFDM 数据符号接收时的补偿信号，

所述补偿公式为：

$$Y^t(l) = \Phi(l) \cdot H^f \cdot \Theta(l) \cdot X^f(l) + ICI_l + z_l ;$$

其中， $Y^t(l)$ 为第 l 个 OFDM 数据符号接收时，第 t 个子载波上接收天线中每个天线的接收信号组成的矩阵； $\Phi(l)$ 为第 l 个 OFDM 数据符号接收时，所述接收天线中每个天线的相位组成的矩阵； H^f 为第 l 个 OFDM 数据符号传输时，第 t 个子载波的各收发天线之间的信道； $\Theta(l)$ 为第 l 个 OFDM 数据符号发送时，所述发送天线中每个天线的相位组成的矩阵； $X^f(l)$ 为第 l 个 OFDM 数据符号接收时，第 t 个子载波上的补偿信号； ICI_l 为载波间互扰矩阵矩阵； z_l 为噪声矩阵矩阵。

16、一种通信系统，其特征在于，包括：

权利要求 11 至 15 任意一项权利要求所述的接收装置；

以及发送装置，所述发送装置用于向所述接收装置发送信号。

17、一种接收装置，其特征在于，包括：

第一获取单元，用于获取预设时间段内所有 OFDM 数据符号发送时，发送天线中每个天线的相位组成的第一集合；

所述第一获取单元还用于获取所述预设时间段内所有 OFDM 数据符号接收时，接收天线中每个天线的相位组成的第二集合；

处理单元，用于根据所述第一集合和所述第二集合，对所述每个接收天线的接收信号进行补偿得到每个接收天线的补偿信号。

18、根据权利要求 17 所述的接收装置，其特征在于，所述接收装置还包括：

第二获取单元，用于获取所述预设时间段内所有 OFDM 数据符号发送时，每个 OFDM 数据符号中的导频子载波的发送信号；

所述第二获取单元还用于，获取所述预设时间段内所有 OFDM 数据符号接收时，每个 OFDM 数据符号中的所述导频子载波的接收信号。

19、根据权利要求 18 所述的接收装置，其特征在于，所述第一获取单元具体用于：

根据所述所述预设时间段内所有 OFDM 数据符号发送时，每个 OFDM 数据符号中的导频子载波的发送信号获取预设时间段内所有 OFDM 数据符号发送时，发送天线中每个天线的相位组成的第一集合；

其中，所述预设时间段内所述发送天线发送 q 个 OFDM 数据符号，所述 q 个 OFDM 数据符号中第 l 个 OFDM 数据符号发送时，所述发送天线中第 m 个天线的相位 $\theta_m(l)$ 满足：

$$\theta_m(l) = \theta_m(l-1) - \alpha \operatorname{Im} \left[\sum_{k \in \mathcal{P}} \left(e^{-j\theta_m(l-1)} (s_m^k(l))^* \sum_{n=1}^N (H_{nm}^k)^* (y_n^k(l) e^{-j\phi_n^k(l-1)} - r_n^k(l)) \right) \right] ;$$

所述 \mathcal{P} 为导频子载波的集合； η 为大于等于 1 且小于等于 N 的整数； N 为所述接收天线中天线的个数； m 为大于等于 1 且小于等于 M 的整数； M 为所述发送天线中天线的个数； α 为预设系数； $\theta_m(l)$ 为第 l 个 OFDM 数据符号接收时，所述接收天线中第 n 个天线在第 k 个导频子载波的接收信号； $s_m^k(l)$ 为第 l 个 OFDM 数据符号发送时，所述发送天线中第 m 个天线在第 k 个导频子载波的发送信号； H_{nm}^k 为第 l 个 OFDM 数据符号传输时所述接收天线中第 n 个天线与所述发送天线中第 m 个天线之间发送第 k 个导频子载波的信道； $\phi_n^k(l)$ 为第 l 个 OFDM 数据符号接收时，所述接收天线中第 n 个天线在第 k 个导频子载波的系统参数。

20、根据权利要求 18 所述的接收装置，其特征在于，所述第一获取单元具体用于：

根据所述预设时间段内所有 OFDM 数据符号接收时，每个 OFDM

数据符号中的所述导频子载波的接收信号获取所述预设时间段内所有 OFDM 数据符号接收时，接收天线中每个天线的相位组成的第二集合；

其中，所述预设时间段内所述接收天线接收 q 个 OFDM 数据符号，所述 q 个 OFDM 数据符号中第 l 个 OFDM 数据符号接收时，所述接收天线中第 n 个天线的相位 $\varphi_n(l)$ 满足：

$$\varphi_n(l) = \varphi_n(l-1) - \alpha \operatorname{Im} \left[\sum_{k \in \mathcal{P}} \left(y_n^k(l) e^{-j\varphi_n(l-1)} (r_n^k(l))^* \right) \right] ;$$

所述 \mathcal{P} 为导频子载波的集合；n 为大于等于 1 且小于等于 N 的整数；N 为所述接收天线中天线的个数；m 为大于等于 1 且小于等于 M 的整数；M 为所述发送天线中天线的个数； α 为预设系数； $y_n^k(l)$ 为第 l 个 OFDM 数据符号接收时，所述接收天线中第 n 个天线在第 k 个导频子载波的接收信号； $r_n^k(l)$ 为第 l 个 OFDM 数据符号发送时，所述发送天线中第 m 个天线在第 k 个导频子载波的发送信号； H_{mn}^k 为第 l 个 OFDM 数据符号传输时所述接收天线中第 n 个天线与所述发送天线中第 m 个天线之间发送第 k 个导频子载波的信道； $\varphi_n(l)$ 为第 l 个 OFDM 数据符号接收时，所述接收天线中第 n 个天线在第 k 个导频子载波的系统参数。

21、根据权利要求 17 至 20 任意一项权利要求所述的接收装置，其特征在于，所述处理单元具体用于：

所述预设时间段内包含 q 个 OFDM 数据符号，所述 q 为大于等于 1 的整数，当所述 q 个 OFDM 数据符号中第 l 个 OFDM 数据符号接收时，根据补偿公式，用第一集合中第 l 个 OFDM 数据符号发送时发送天线中每个天线的相位，第二集合中第 l 个 OFDM 数据符号接收时接收天线中每个天线的相位，以及在预设时间段内第 l 个 OFDM 数据符号接收时的接收信号，得到第 l 个 OFDM 数据符号接收时的补偿信号，所述补偿公式为：

$$Y'(l) = \Phi(l) \cdot H' \cdot \Theta(l) \cdot X'(l) + |C|_l + z_l ;$$

所述 l 为大于等于 1 小于等于 q 的整数； $\phi^{(l)}$ 为第 l 个 OFDM 数据符号接收时，所述接收天线中每个天线的相位； H^l 为第 l 个 OFDM 数据符号传输时，第 t 个子载波的各收发天线之间的信道； $\Theta^{(l)}$ 为第 l 个 OFDM 数据符号发送时，所述发送天线中每个天线的相位； $X_{A,l}^t$ 为第 l 个 OFDM 数据符号接收时，第 t 个子载波上的补偿信号； ICI_l 为载波间互扰矩阵； z_l 为噪声矩阵。

22、一种通信系统，其特征在于，包括：

权利要求 17 至 21 任意一项权利要求所述的接收装置；

以及发送装置，所述发送装置用于向所述接收装置发送信号。

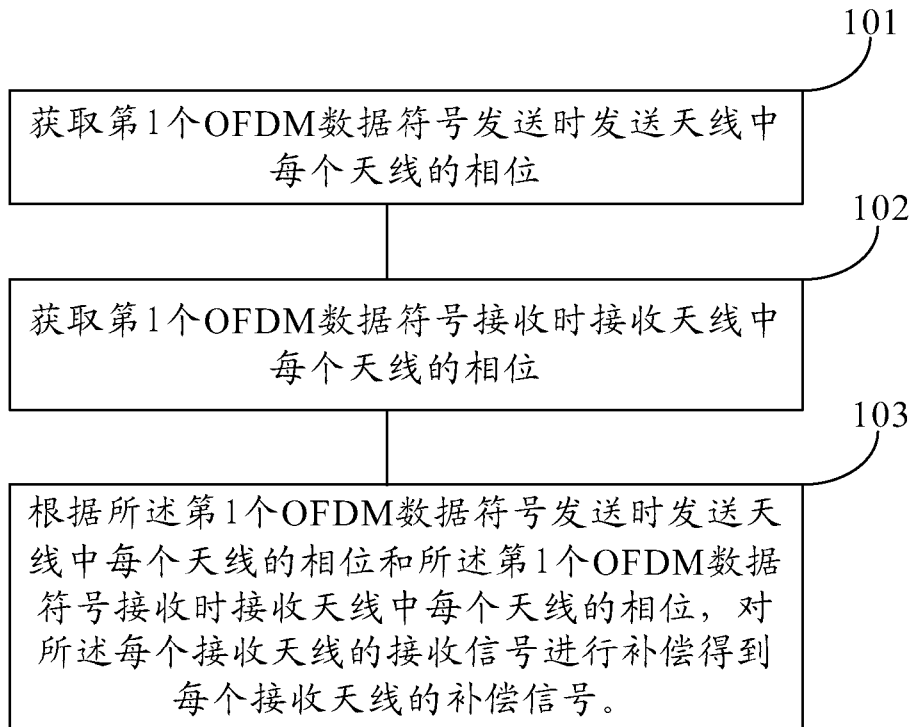


图 1

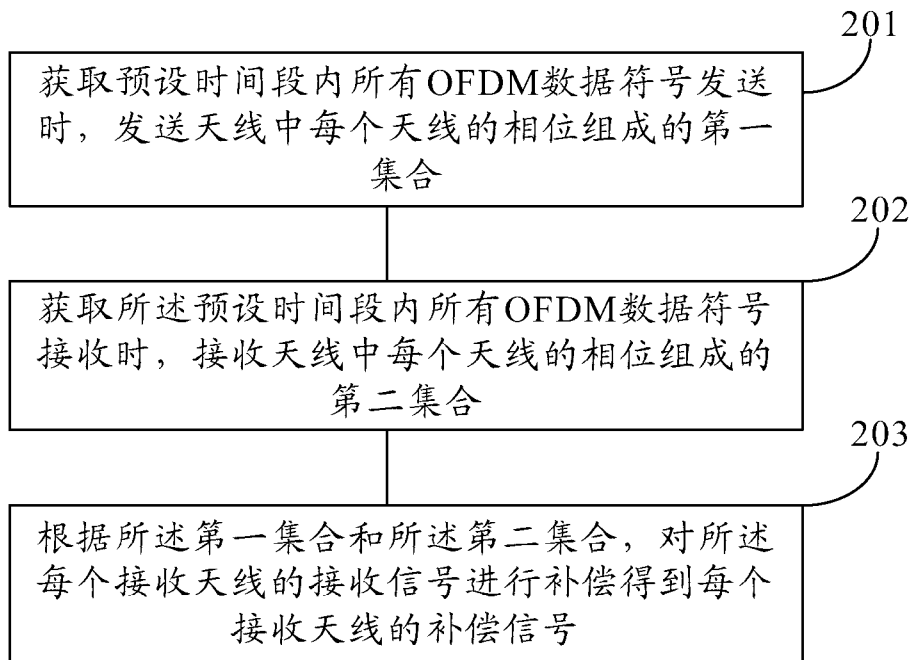


图 2

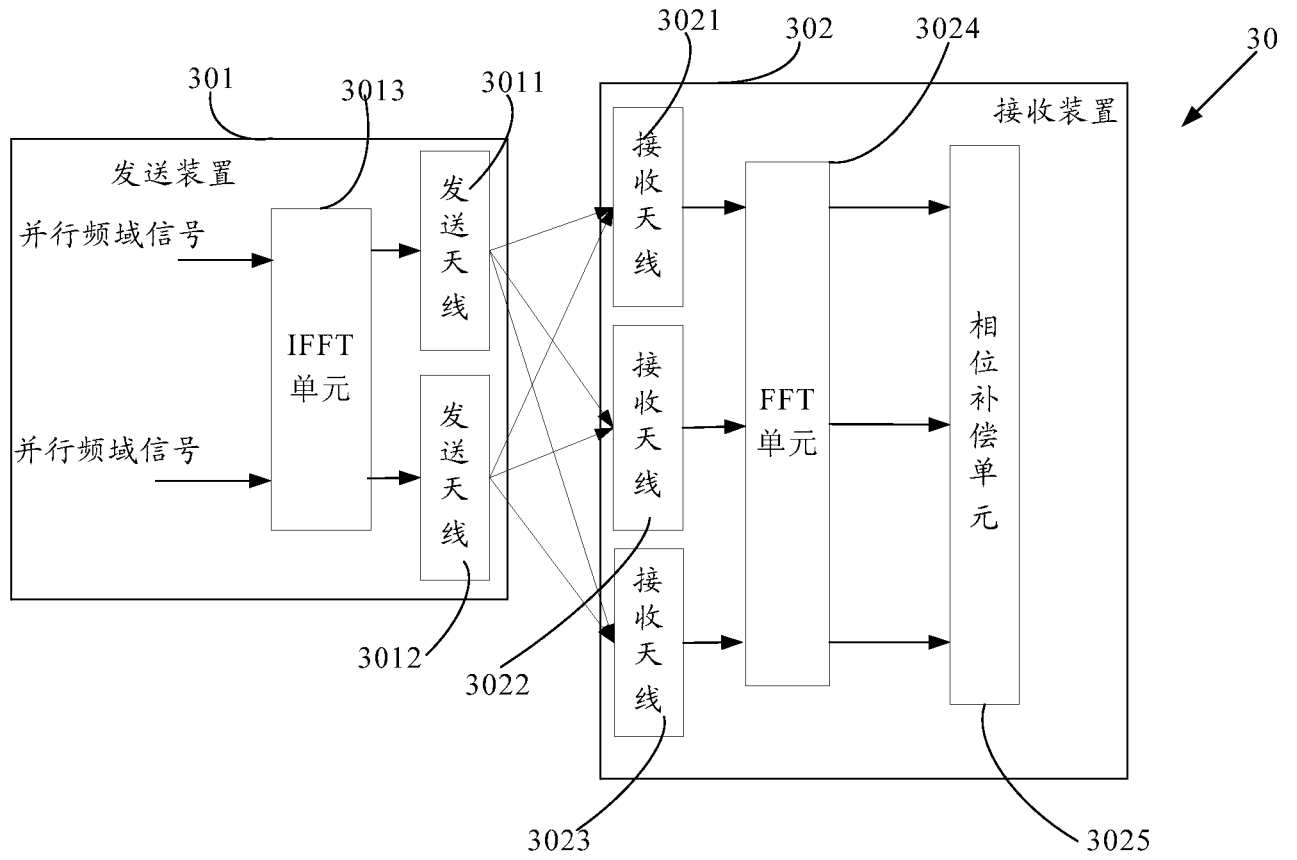


图 3

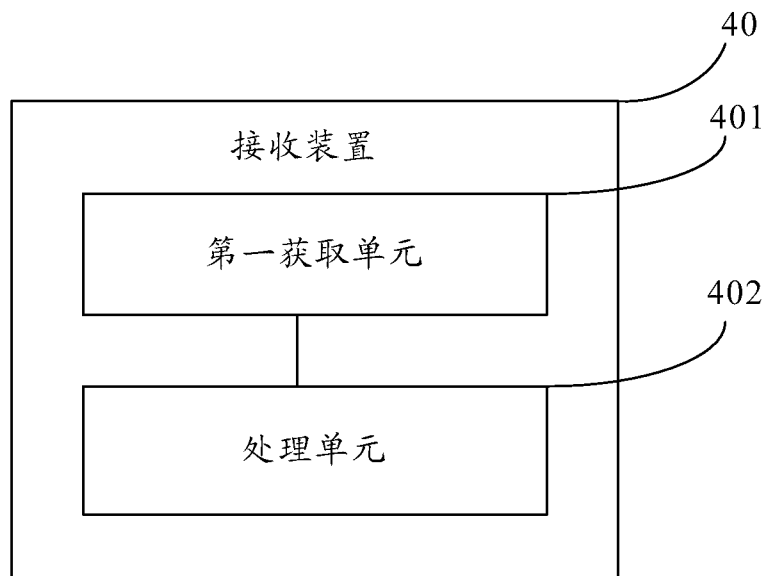


图 4

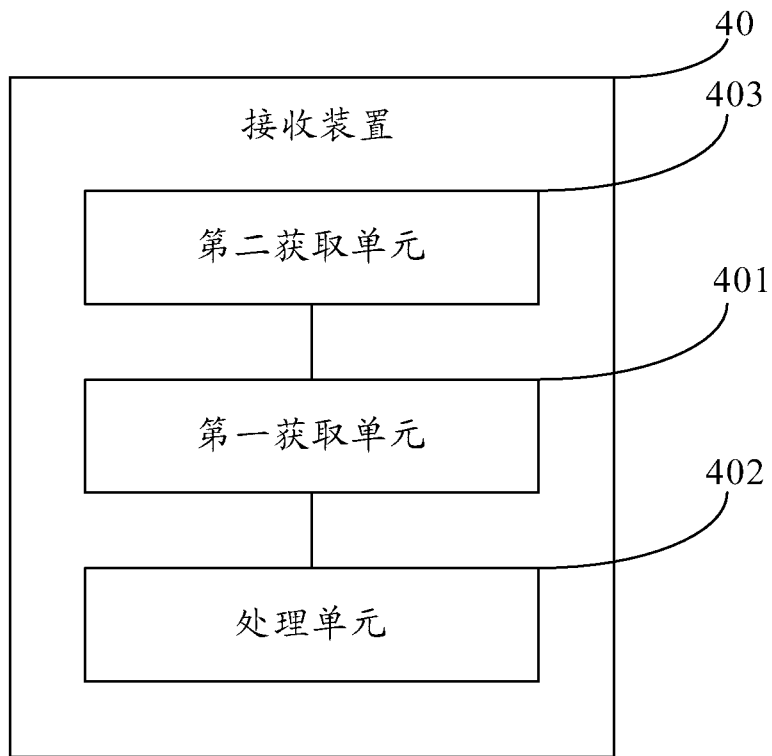


图 5

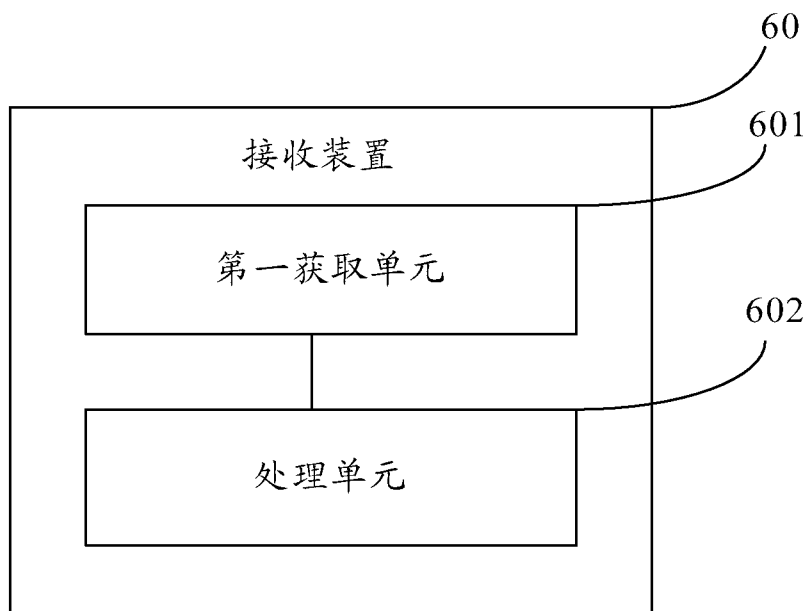


图 6

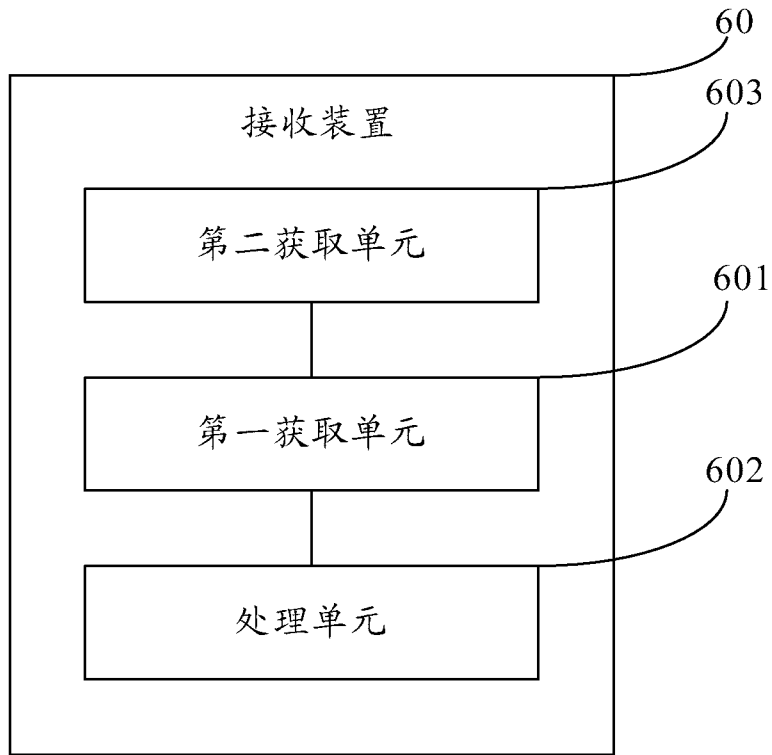


图 7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2013/085157

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H04B 7/04 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H04L; H04Q; H04W; H04B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

WPI, EPODOC, CNPAT, CNKI: phase, correct, pilot frequency, MIMO, OFDM, antenna, phasic, error, compensate, adjust, send, receive, pilot

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CN 101053172 A (ATHEROS COMMUNICATIONS, INC.), 10 October 2007 (10.10.2007), description, pages 14-17, 21 and 24-26	1-2, 6-7, 11-12, 16-18, 22
A	CN 101771654 A (MEDIATEK INC.), 07 July 2010 (07.07.2010), the whole document	1-22
A	CN 102025662 A (ZTE CORP.), 20 April 2011 (20.04.2011), the whole document	1-22

II Further documents are listed in the continuation of Box C. ¶ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search
02 July 2014 (02.07.2014)Date of mailing of the international search report
16 July 2014 (16.07.2014)Name and mailing address of the ISA/CN:
State Intellectual Property Office of the P. R. China
No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao
Haidian District, Beijing 100088, China
Facsimile No.: (86-10) 62019451Authorized officer
BAI, Fangfang
Telephone No.: (86-10) 62413406

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2013/085157

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 101053172 A	10 October 2007	WO 2005046113 A 2	19 May 2005
		US 2005152314 A I	14 July 2005
		EP 1680899 A 2	19 July 2006
		JP 2007515861 A	14 June 2007
		TW 200520431 A	16 June 2005
		US 7616698 B 2	10 November 2009
		US 2010014504 A I	21 January 2010
		JP 2011124996 A	23 June 2011
		JP 2011188500 A	22 September 2011
		JP 4783737 B 2	28 September 2011
		US 8073072 B 2	06 December 2011
		US 2012039377 A I	16 February 2012
		WO 2005046113 A 3	22 February 2007
		CN 101053172 B	06 June 2012
		TWI 372528 B	11 September 2012
		JP 2013132064 A	04 July 2013
		US 2013177095 A I	11 July 2013
		CA 2821439 A I	19 May 2005
		CA 2544850 C	08 October 2013
		JP 2013240058 A	28 November 2013
US 8599953 B 2	03 December 2013		
CN 102780517 A	14 November 2012		
TW 201208285 A	16 February 2012		
CN 101771654 A	07 July 2010	US 7733975 B I	08 June 2010
		US 2010166093 A I	01 July 2010
		TW 201025897 A	01 July 2010
		CN 101771654 B	12 December 2012
TWI 381669 B	01 January 2013		
CN 102025662 A	20 April 2011	None	

<p>A. 主题的分类</p> <p>H04B 7/04 (2006. 01) i</p> <p>按照国际专利分类 (IPC) 或者同时按照国家分类和 IPC 两种分类</p>														
<p>B. 检索领域</p> <p>检索的最低限度文献 (标明分类系统和分类号)</p> <p>H04L ; H04Q ; H04W ; H04B</p> <p>包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献</p> <p>在国际检索时查阅的电子数据库 (数据库的名称, 和使用的检索词 (如使用))</p> <p>WPI ,EPODOC ,CNPAT ,CNKI :天线 , 相位 , 误差 , 补偿 , 校准 , 校正 , 发送 , 发射 , 接收 , 导频 , MIMO, OFDM, antenna, phasic ; , error, compensate, adjust, send, receive, pilot</p>														
<p>C. 相关文件</p> <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width:10%;">类 型 *</th> <th style="width:70%;">引用文件, 必要时, 指明相关段落</th> <th style="width:20%;">相关的权利要求</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align:center;">X</td> <td>CN 101053172A (美商亚瑟罗斯通讯股份有限公司) 2007 年 10 月 10 日 (2007 - 10 - 10) 说明书第 14-17 页, 第 21 页, 第 24-26 页</td> <td style="text-align:center;">1-2 , 6-7, 11-12 , 16-18 , 22</td> </tr> <tr> <td style="text-align:center;">A</td> <td>CN 101771654A (联发科技股份有限公司) 2010 年 7 月 07 日 (2010 - 07 - 07) 全文</td> <td style="text-align:center;">1-22</td> </tr> <tr> <td style="text-align:center;">A</td> <td>CN 102025662A (中兴通讯股份有限公司) 2011 年 4 月 20 日 (2011 - 04 - 20) 全文</td> <td style="text-align:center;">1-22</td> </tr> </tbody> </table>			类 型 *	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求	X	CN 101053172A (美商亚瑟罗斯通讯股份有限公司) 2007 年 10 月 10 日 (2007 - 10 - 10) 说明书第 14-17 页, 第 21 页, 第 24-26 页	1-2 , 6-7, 11-12 , 16-18 , 22	A	CN 101771654A (联发科技股份有限公司) 2010 年 7 月 07 日 (2010 - 07 - 07) 全文	1-22	A	CN 102025662A (中兴通讯股份有限公司) 2011 年 4 月 20 日 (2011 - 04 - 20) 全文	1-22
类 型 *	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求												
X	CN 101053172A (美商亚瑟罗斯通讯股份有限公司) 2007 年 10 月 10 日 (2007 - 10 - 10) 说明书第 14-17 页, 第 21 页, 第 24-26 页	1-2 , 6-7, 11-12 , 16-18 , 22												
A	CN 101771654A (联发科技股份有限公司) 2010 年 7 月 07 日 (2010 - 07 - 07) 全文	1-22												
A	CN 102025662A (中兴通讯股份有限公司) 2011 年 4 月 20 日 (2011 - 04 - 20) 全文	1-22												
<p><input type="checkbox"/> 其余文件在 c 栏的续页中列出。 <input checked="" type="checkbox"/> 见同族专利附件。</p>														
<p>* 引用文件的具体类型:</p> <table style="width:100%;"> <tr> <td style="width:50%; vertical-align: top;"> <p>“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件</p> <p>“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利</p> <p>“V” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件 (如具体说明的)</p> <p>“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件</p> <p>“?” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件</p> </td> <td style="width:50%; vertical-align: top;"> <p>“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件</p> <p>“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性</p> <p>“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性</p> <p>“&” 同族专利的文件</p> </td> </tr> </table>			<p>“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件</p> <p>“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利</p> <p>“V” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件 (如具体说明的)</p> <p>“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件</p> <p>“?” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件</p>	<p>“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件</p> <p>“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性</p> <p>“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性</p> <p>“&” 同族专利的文件</p>										
<p>“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件</p> <p>“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利</p> <p>“V” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件 (如具体说明的)</p> <p>“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件</p> <p>“?” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件</p>	<p>“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件</p> <p>“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性</p> <p>“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性</p> <p>“&” 同族专利的文件</p>													
<p>国际检索实际完成的日期</p> <p style="text-align:center;">2014 年 7 月 02 日</p>	<p>国际检索报告邮寄日期</p> <p style="text-align:center;">2014 年 7 月 16 日</p>													
<p>ISA/CN 的名称和邮寄地址</p> <p>中华人民共和国国家知识产权局 (ISA/CN)</p> <p>北京市海淀区蓟门桥西土城路 6 号</p> <p>100088 中国</p> <p>传真号 (86-10) 62019451</p>	<p>授权官员</p> <p style="text-align:center;">白 芳 芳</p> <p>电话号码 (86-10) 62413406</p>													

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2013/085 157

检索报告引用的专利文件	公布日 (年/月/日)	同族专利	公布日 (年/月/日)
CN 101053172A	2007 年 10 月 10 日	wo 20050461 13A2	2005 年 5 月 19 日
		US 2005152314A1	2005 年 7 月 14 日
		EP 1680899A2	2006 年 7 月 19 日
		JP 2007515861A	2007 年 6 月 14 日
		TW 200520431A	2005 年 6 月 16 0
		us 7616698B2	2009 年 11 月 10 0
		us 2010014504A1	2010 年 1 月 21 日
		JP 201 1124996A	201 1年 6 月 23 日
		JP 201 1188500A	201 1年 9 月 22 日
		JP 4783737B2	201 1年 9 月 28 日
		us 8073072B2	201 1年 12 月 06 日
		us 2012039377A1	2012 年 2 月 16 0
		Wo 20050461 13A3	2007 年 2 月 22 日
		CN 101053172B	2012 年 6 月 06 日
		TWI 372528B	2012 年 9 月 11 日
		JP 2013132064A	2013 年 7 月 04 日
		us 2013177095A1	2013 年 7 月 11 日
		CA 2821439A1	2005 年 5 月 19 日
		CA 2544850C	2013 年 10 月 08 0
		JP 2013240058A	2013 年 11 月 28 日
US 8599953B2	2013 年 12 月 03 日		
CN 102780517A	2012 年 11 月 14 日		
TW 201208285A	2012 年 2 月 16 0		
CN 101771654A	2010 年 7 月 07 日	US 7733975B1	2010 年 6 月 08 0
		us 2010166093A1	2010 年 7 月 01 日
		TW 201025897A	2010 年 7 月 01 日
		CN 101771654B	2012 年 12 月 12 日
		TWI 381669B	2013 年 1 月 01 日
CN 102025662A	201 1年 4 月 20 日	无	