

(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
2013年12月19日 (19.12.2013)

(10) 国际公布号
WO 2013/185276 A1

- (51) 国际专利分类号:
H04L 25/03 (2006.01) H04B 7/08 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2012/076713
- (22) 国际申请日: 2012年6月11日 (11.06.2012)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (71) 申请人 (对除美国外的所有指定国): 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; 及
- (75) 发明人/申请人 (仅对美国): 吕瑞 (LV, Rui) [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)。
- (74) 代理人: 北京同立钧成知识产权代理有限公司 (LEADER PATENT & TRADEMARK FIRM); 中国北京市海淀区西直门北大街 32 号枫蓝国际 A 座 8F-6, Beijing 100082 (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, 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, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, 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, 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: EQUALIZATION METHOD AND EQUALIZER FOR RECEIVING SIGNAL IN MICROWAVE MIMO SYSTEM

(54) 发明名称: 微波 MIMO 系统中接收信号的均衡方法和均衡器

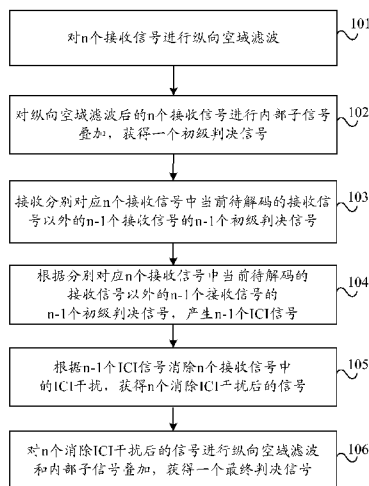
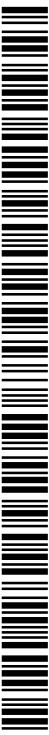


图 1 / FIG. 1

- 101 PERFORM LONGITUDINAL SPATIAL FILTERING ON N RECEIVED SIGNALS
- 102 PERFORM INTERNAL SUB-SIGNAL SUPERPOSITION ON THE N RECEIVED SIGNALS AFTER THE LONGITUDINAL SPATIAL FILTERING, TO OBTAIN A PRIMARY JUDGMENT SIGNAL
- 103 RECEIVE (N-1) PRIMARY JUDGMENT SIGNALS RESPECTIVELY CORRESPONDING TO (N-1) RECEIVED SIGNALS OTHER THAN A CURRENT TO-BE-DECODED RECEIVED SIGNAL OF THE N RECEIVED SIGNALS
- 104 GENERATE (N-1) ICI SIGNALS ACCORDING TO THE (N-1) PRIMARY JUDGMENT SIGNALS RESPECTIVELY CORRESPONDING TO THE (N-1) RECEIVED SIGNALS OTHER THAN THE CURRENT TO-BE-DECODED RECEIVED SIGNAL OF THE N RECEIVED SIGNALS
- 105 REMOVE ICI INTERFERENCE IN THE N RECEIVED SIGNALS ACCORDING TO THE (N-1) ICI SIGNALS, TO OBTAIN N SIGNALS WITH ICI INTERFERENCE REMOVED
- 106 PERFORM LONGITUDINAL SPATIAL FILTERING AND INTERNAL SUB-SIGNAL SUPERPOSITION ON THE N SIGNALS WITH ICI INTERFERENCE REMOVED, TO OBTAIN A FINAL JUDGMENT SIGNAL

(57) Abstract: The present invention provides an equalization method and an equalizer for receiving a signal in a microwave MIMO system. The method comprises: performing longitudinal spatial filtering and internal sub-signal superposition on n received signals, to obtain a primary judgment signal corresponding to a current to-be-decoded received signal; generating (n-1) ICI signals according to (n-1) primary judgment signals corresponding to other (n-1) received signals; and removing (n-1) ICI signals from the n received signals and then performing longitudinal spatial filtering and internal sub-signal time superposition, to obtain a final judgment signal. By means of the equalization method and the equalizer provided in the present invention, the effect of removing ICI can be improved.

(57) 摘要: 本发明提供一种微波 MIMO 系统中接收信号的均衡方法和均衡器。对 n 个接收信号进行纵向空域滤波和内部子信号叠加, 获得对应当前待解码的接收信号的初级判决信号; 根据对应其它 n-1 个接收信号的 n-1 个初级判决信号产生 n-1 个 ICI 信号; 从 n 个接收信号中消除 n-1 个 ICI 信号后进行纵向空域滤波和内部子信号时叠加, 获得最终判决信号。采用本发明提供的均衡方法和均衡器, 能够提高 ICI 的消除效果。



WO 2013/185276 A1

微波 MIMO 系统中接收信号的均衡方法和均衡器

技术领域

- 5 本发明实施例涉及移动通信技术，尤其涉及一种微波多输入多输出（Multiple-In Multiple-Out，简称 MIMO）系统中接收信号的均衡方法和均衡器。

背景技术

- 10 在 MIMO 通信系统中，每根接收天线上的接收信号，会同时存在码字间干扰（Inter-Symbol Interference，简称 ISI）和信道间干扰（Inter-Channel Interference，简称 ICI）两种不同的干扰，ISI 是传输信号中在前时刻的信号拖尾对在后时刻信号的干扰；ICI 是接收天线收到了其它天线上的信号而产生的邻道干扰。为了获得可靠的通信性能，在 MIMO 系统中，需要在接收方对
15 接收信号消除 ISI 和 ICI。

- 现有的微波 MIMO 系统中的均衡器由多组并联的有限冲击响应（Finite Impulse Response，简称 FIR）横向滤波器和一个信号合成点组成。每个 FIR 横向滤波器对一个天线上的接收信号进行均衡滤波，利用均衡原理消除各支路信号的 ISI。并且，FIR 横向滤波器组在进行上述均衡的同时会调整每一个
20 天线的接收信号的输出权重系数，从而在合成时通过该权重系数实现 ICI 的反向对消，在信号合成点消除 ICI。

- 采用上述现有的均衡器，对于 ICI 的消除，是通过各个 FIR 横向滤波器调整权重系数来逼近 MIMO 信道的逆矩阵系数实现的。通过调整权重系数来逼近 MIMO 信道的逆矩阵系数的算法受到 MIMO 信道奇异化程度影响，因此，
25 上述方法仅适合稀疏天线阵列的微波 MIMO 系统，而在紧凑天线阵列的微波 MIMO 系统中，对 ICI 的消除效果差，传输性能严重恶化。

发明内容

- 30 本发明的第一个方面是提供一种 MIMO 系统中接收信号的均衡方法，用以解决现有技术中的缺陷，提高在接收信号中消除 ICI 的效果。

本发明的另一个方面是提供一种 MIMO 系统中接收信号的均衡器,用以解决现有技术中的缺陷,提高在接收信号中消除 ICI 的效果。

本发明的第一个方面是提供一种多输入多输出 MIMO 系统中接收信号的均衡方法,包括:

5 对 n 个接收信号进行纵向空域滤波;

对纵向空域滤波后的所述 n 个接收信号进行内部子信号叠加,获得一个初级判决信号,其中, n 为 MIMO 系统中发射天线的总个数,所述纵向空域滤波的系数对应所述 n 个接收信号中的当前待解码的接收信号,以使所述初级判决信号对应当前待解码的接收信号;

10 接收分别对应所述 n 个接收信号中当前待解码的接收信号以外的 $n-1$ 个接收信号的 $n-1$ 个初级判决信号,其中,每个初级判决信号通过对 n 个接收信号进行纵向空域滤波并对纵向空域滤波后的所述 n 个接收信号进行内部子信号叠加获得,其中,每个纵向空域滤波的系数对应所述 n 个接收信号中当前待解码的接收信号以外的 $n-1$ 个接收信号中的一个接收信号;

15 根据分别对应所述 n 个接收信号中当前待解码的接收信号以外的 $n-1$ 个接收信号的 $n-1$ 个初级判决信号,产生 $n-1$ 个信道间干扰 ICI 信号;

根据所述 $n-1$ 个 ICI 信号消除所述 n 个接收信号中的 ICI 干扰,获得 n 个消除 ICI 干扰后的信号;

20 对所述 n 个消除 ICI 干扰后的信号进行纵向空域滤波和内部子信号叠加,获得一个最终判决信号。

本发明的另一个方面是提供一种均衡器,包括:

第一纵向滤波单元,用于对 n 个接收信号进行纵向空域滤波,其中, n 为多输入多输出 MIMO 系统中接收天线的总个数,所述纵向空域滤波的系数对应所述 n 个接收信号中的当前待解码的接收信号;

25 第一叠加单元,用于对纵向空域滤波后的 n 个接收信号进行内部子信号叠加,获得一个初级判决信号并输出到其它 $n-1$ 个均衡器,所述初级判决信号对应当前待解码的接收信号;

30 干扰产生单元,用于接收其它 $n-1$ 个均衡器的第一叠加单元输出的 $n-1$ 个初级判决信号,所述 $n-1$ 个初级判决信号分别对应所述 n 个接收信号中当前待解码的接收信号以外的 $n-1$ 个接收信号,其中,每个初级判决信号

通过对 n 个接收信号进行纵向空域滤波并对纵向空域滤波后的所述 n 个接收信号进行内部子信号叠加获得，其中，每个纵向空域滤波的系数对应所述 n 个接收信号中当前待解码的接收信号以外的 $n-1$ 个接收信号中的一个接收信号；根据分别对应所述 n 个接收信号中当前待解码的接收信号以外的 $n-1$ 个接收信号的 $n-1$ 个初级判决信号，产生 $n-1$ 个信道间干扰 ICI 信号；

干扰消除单元，用于根据所述 $n-1$ 个 ICI 信号消除所述 n 个接收信号中的 ICI 干扰，获得 n 个消除 ICI 干扰后的信号；

第二纵向滤波单元，用于对所述 n 个消除 ICI 干扰后的信号进行纵向空域滤波；

第二叠加单元，用于对纵向空域滤波后的所述 n 个消除 ICI 干扰后的信号进行内部子信号叠加，获得一个最终判决信号。

根据上述发明内容可见，每个均衡器先分别生成一个初级判决信号，共生成 n 个初级判决信号，再根据当前均衡器以外的 $n-1$ 个均衡器生成的初级判决信号产生 $n-1$ 个 ICI 信号，从 n 个接收信号中消除产生的 $n-1$ 个 ICI 信号，从而消除了 ICI 的影响。由于信道产生过程不受信道奇异化程度的影响，因此该方法对稀疏天线阵列和紧凑天线阵列的微波 MIMO 系统均能够准确地消除 ICI，从而提高在接收信号中消除 ICI 的效果。

20 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。

25 图 1 为本发明实施例一的 MIMO 系统中接收信号的均衡方法的流程图；

图 2 为本发明实施例一至本发明实施例五的均衡器在 MIMO 系统中的位置示意图；

30 图 3 为本发明实施例二的 MIMO 系统中接收信号的均衡方法的流程图；

图 4 为本发明实施例三的均衡器的结构示意图；

图 5 为本发明实施例四的均衡器的结构示意图；

图 6 为本发明实施例五的均衡器的结构示意图。

5 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做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
10 范围。

在 MIMO 系统中，一个典型的传输模型可以表示为 $R = H \cdot S + N$ ，其中， S 表示发送信号矢量， R 表示接收信号矢量， H 表示 MIMO 信道矩阵， N 表示噪声矢量。MIMO 系统中的每一路接收信号可以表示为有用信号、干扰信号以及噪声的合成，如下式所示： $r_i = h_{ij}s_j + ICI_i + n_i$ ，其中， r_i 表示第 i 个
15 接收天线接收的信号，即第 i 路接收信号， h_{ij} 表示信道矩阵 H 在 (i, j) 位置上的元素，表示第 j 个发射天线到第 i 个接收天线之间的信道系数， s_j 表示第 j 个发送天线发送的信号，即第 j 路发送信号， ICI_i 表示第 i 路 ICI 干扰， n_i 为第 i 个接收天线上的噪声。具体地，
$$ICI_i = \sum_{j \neq i} h_{ij}s_j$$
。

在利用直接矩阵求逆方式进行解码时，得到的 MIMO 解码模型如下式
20 所示： $S' = G \cdot R = H^{-1} \cdot (H \cdot S + N)$ 。其中， S' 表示发送信号矢量， G 表示信道逆矩阵。解码运算在合并有用信号的同时，对干扰信号进行了加权抵消，如下式所示： $s'_i = \sum_j g_{ij}(h_{ji}s_j + ICI_j + n_j)$ 。其中， g_{ij} 为信道逆矩阵 G 在 (i, j) 位置上的系数。

当信道矩阵 H 为良态矩阵时，其逆矩阵 G 中各元素的幅值分布较为均
25 匀，权值系数 g 的可靠性较高，矩阵运算中 g 在对合成信号进行加权时，不会出现差异很大的放大和衰减效果，因此能够较好地平衡 ICI 和噪声的能量。

而当信道矩阵 H 矩阵奇异化严重时，其逆矩阵 G 中元素的幅值分布将出现巨大差异。此时，权值系数 g 的可靠性较低，在加权运算中还会对某
30 些合成信号产生巨大的放大作用，放大了解码输出中 ICI 和噪声的影响，

导致解码性能严重恶化。

若在求逆运算前构造近似的 ICI 干扰信号并从数据流中加以消除，则 ICI 信号表示为： $ICI'_i = \sum (h_{ij}s_j - w_{ij}s_j) = \sum (h_{ij} - w_{ij})s_j = \sum h'_{ij}s_j$ ， $j \neq i$ ，其中， w_{ij} 表示干扰产生滤波器对实际干扰信道 h_{ij} 的数值逼近。这种方式一方面减小了干扰信号对解码的影响，另一方面也等效减小了干扰信道的矩阵系数，使得主信道与干扰信道的相关性降低，从而能够降低新信道矩阵的奇异度。采用此方式解码的性能将大幅提高。

根据上述原理，本发明提出一种 MIMO 系统中接收信号的判决方法和装置，详见以下本发明实施例一至本发明实施例五。其中，判决是指将当前信号判断为一个特定信号集合中的某一个信号，一般根据最小距离的准则进行判断。在本发明的各个实施例中，判决是指将当前信号判断为发射信号集合中的某一个信号，并用当前信号表示判决后的信号，例如，当前信号可以包括下述各个实施例中的初级判决信号和最终判决信号。

图 1 为本发明实施例一的 MIMO 系统中接收信号的均衡方法的流程图。如图 1 所示，该方法包括如下过程。

步骤 101：对 n 个接收信号进行纵向空域滤波。

步骤 102：对纵向空域滤波后的 n 个接收信号进行内部子信号叠加，获得一个初级判决信号。

在步骤 101 和步骤 102 中，n 为 MIMO 系统中发射天线的总个数。纵向空域滤波的系数对应 n 个接收信号中的当前待解码的接收信号，以使该初级判决信号对应当前待解码的接收信号。

步骤 103：接收分别对应 n 个接收信号中当前待解码的接收信号以外的 n-1 个接收信号的 n-1 个初级判决信号。

在本步骤中，上述 n-1 个初级判决信号中的每个初级判决信号通过对 n 个接收信号进行纵向空域滤波并对纵向空域滤波后的 n 个接收信号进行内部子信号叠加获得，其中，每个纵向空域滤波的系数对应 n 个接收信号中当前待解码的接收信号以外的 n-1 个接收信号中的一个接收信号。

步骤 104：根据分别对应 n 个接收信号中当前待解码的接收信号以外的 n-1 个接收信号的 n-1 个初级判决信号，产生 n-1 个 ICI 信号。

在本步骤中，可以分别采用 n 个均衡器。其中，每个均衡器在步骤 102

中获得一个初级判决信号。在步骤 103 中，当前的均衡器从其它的 $n-1$ 个均衡器获取 $n-1$ 个初级判决信号。在步骤 104 中，根据该 $n-1$ 个初级判决信号产生 $n-1$ 个 ICI 信号。

5 步骤 105: 根据 $n-1$ 个 ICI 信号消除 n 个接收信号中的 ICI 干扰，获得 n 个消除 ICI 干扰后的信号。

步骤 106: 对 n 个消除 ICI 干扰后的信号进行纵向空域滤波和内部子信号叠加，获得一个最终判决信号。

在本发明实施例一中，每个均衡器先分别生成一个初级判决信号，共生成 n 个初级判决信号，再根据当前均衡器以外的 $n-1$ 个均衡器生成的初级判决信号产生 $n-1$ 个 ICI 信号，从 n 个接收信号中消除产生的 $n-1$ 个 ICI 信号，从而消除了 ICI 的影响。由于信道产生过程不受信道奇异化程度的影响，因此本发明实施例一的均衡方法对稀疏天线阵列和紧凑天线阵列的微波 MIMO 系统均可适用，在稀疏天线阵列和紧凑天线阵列的微波 MIMO 系统中均能够准确地消除 ICI，从而提高在接收信号中消除 ICI 的效果。

15 在上述技术方案的基础上，在本发明实施例一中还可以将上述消除 ICI 的过程与消除 ISI 的过程相结合。在步骤 101 中对 n 个接收信号进行纵向空域滤波之前，先对上述 n 个接收信号进行横向滤波。相应地，步骤 101 记载的对 n 个接收信号进行纵向空域滤波的过程具体为：对横向滤波后的 n 个接收信号进行纵向空域滤波。并且，步骤 103 记载的根据 $n-1$ 个 ICI 信号消除 n 个接收信号中的 ICI 干扰的过程具体为：根据 $n-1$ 个 ICI 信号消除横向滤波后的 n 个接收信号中的 ICI 干扰。通过对 n 个接收信号进行横向滤波，对其中每个接收信号进行独立的滤波处理，分别消除每个接收信号中的 ISI。然后再采用本发明实施例一描述的方法，对消除 ISI 后的 n 个接收信号消除 ICI，从而完成对 n 个接收信号的干扰消除过程。

25 在实际应用中，采用均衡器执行上述本发明实施例一的均衡方法。图 2 为本发明实施例一至本发明实施例五的均衡器在 MIMO 系统中的位置示意图。如图 2 所示，与发信机相连的天线为发射天线，与接收前端相连的天线为接收天线，在一个 MIMO 系统中，包括 n 个发射天线和 n 个接收天线。其中，每个接收天线均接收 n 个发射天线发射的信号，即，每个接收天线接收到 n 个接收信号。参见图 2，在该系统中一共设置 n 个相同的均

衡器，其中，为每个接收天线分别设置一个均衡器。其中，每个均衡器分别设置不同的横向滤波的系数和纵向空域滤波的系数，每个均衡器的上述系数对应 n 个接收信号中的一个信号，从而每个均衡器输出初级判决信号分别对应一个接收信号， n 个均衡器输出的初级判决信号分别对应 n 个接收信号。每个均衡器均执行本发明实施例一的均衡方法。进一步地，每个均衡器还可以均执行本发明实施例二的均衡方法。

图 3 为本发明实施例二的 MIMO 系统中接收信号的均衡方法的流程图。在本发明实施例二中，在系统中共设置有 n 个均衡器，其中每一个均衡器均执行以下的步骤 201 至步骤 210。在本发明实施例二对步骤 201 至步骤 210 的描述中，以其中一个均衡器作为执行主体进行描述，将该均衡器称为当前均衡器，其它均衡器的执行方法与当前均衡器的执行方法相同，在本发明实施例二中不再赘述。

步骤 201：当前均衡器对应的接收天线接收到 n 个接收信号。

在本步骤中，当前均衡器对应一个接收天线，该接收天线接收 n 个发射天线发送信号，其中每个发射天线发送一个信号，当前均衡器对应的接收天线共接收到 n 个接收信号。

步骤 202：当前均衡器对 n 个接收信号进行横向滤波，获得 n 个第一中间信号。

在本步骤中，对于 n 个接收信号，当前均衡器对其中的每一个接收信号都分别进行横向滤波，获得对应的第一中间信号，共获得 n 个第一中间信号。通过横向滤波操作，实现 ISI 补偿。具体地，横向滤波过程可以采用横向滤波器，横向滤波器将码字扩散到相邻码字中的串扰信息进行加权重组，对一段连续的输入信号进行处理后得到一个消除了 ISI 的输出信号，从而补偿了 ISI 造成的影响。

步骤 203：当前均衡器对 n 个第一中间信号分别进行纵向空域滤波，获得 n 个第二中间信号。

在本步骤中，对于 n 个第一中间信号，当前均衡器通过纵向空域滤波过程对 n 个第一中间信号进行交叉滤波，获得每个第一中间信号对应的一个第二中间信号，共获得 n 个第二中间信号。在纵向空域滤波操作中，通过滤波系数逼近逆矩阵的系数来实现 ICI 求逆解码。

步骤 204: 当前均衡器对 n 个第二中间信号进行叠加, 获得一个初级判决信号。

在本步骤中, 当前均衡器对 n 个第二中间信号进行叠加, 获得一个初级判决信号。在获得初级判决信号之后, 还可以进一步对该初级判决信号进行后端处理, 在后端处理中主要针对实际系统中可能存在的其它损伤进行补偿, 例如 IQ 不平衡、相位噪声等损伤, 在后续的各个步骤中所用到的初级判决信号, 采用经过后端处理之后的初级判决信号。

在本发明实施例二中, 系统中共设置 n 个均衡器, 其中每一个均衡器均执行上述步骤 201 至步骤 204, 分别获得一个初级判决信号, n 个均衡器共获得 n 个初级判决信号。当前均衡器接收分别对应 n 个接收信号中当前待解码的接收信号以外的 $n-1$ 个接收信号的 $n-1$ 个初级判决信号, 其中, 每个初级判决信号通过对 n 个接收信号进行纵向空域滤波并对纵向空域滤波后的 n 个接收信号进行内部子信号叠加获得, 其中, 每个纵向空域滤波的系数对应 n 个接收信号中当前待解码的接收信号以外的 $n-1$ 个接收信号中的一个接收信号。

步骤 205: 当前均衡器根据 $n-1$ 个初级判决信号产生 $n-1$ 个 ICI 信号。

在本步骤中, 当前均衡器根据其它 $n-1$ 个均衡器生成的 $n-1$ 个初级判决信号, 产生 $n-1$ 个 ICI 信号, 该 $n-1$ 个初级判决信号分别对应 n 个接收信号中当前待解码的接收信号以外的 $n-1$ 个接收信号。

步骤 206: 当前均衡器对 n 个第一中间信号进行复制导出, 获得 n 个待消除信号。

在本步骤中, 对经过步骤 202 横向滤波操作获得的 n 个第一中间信号进行复制导出, 获得 n 个待消除信号。

步骤 207: 当前均衡器对 n 个待消除信号进行延时处理, 使 n 个待消除信号与 $n-1$ 个 ICI 信号同步。

在本步骤中, 对 n 个待消除信号进行延时处理, 使 n 个待消除信号与步骤 205 中产生的 $n-1$ 个 ICI 信号同步。将步骤 207 延时处理后的待消除信号称为第三中间信号。

步骤 208: 当前均衡器从 n 个第三中间信号中依次消除 $n-1$ 个 ICI 信号, 获得 n 个消除 ICI 干扰后的信号。

在本步骤中，当前均衡器通过从 n 个第三中间信号中依次消除 $n-1$ 个 ICI 信号，达到根据 $n-1$ 个 ICI 信号消除 n 个接收信号中的 ICI 干扰的目的，获得 n 个消除 ICI 干扰后的信号。ICI 信号消除主要是在 $n-1$ 个干扰消除子单元内完成的。向每个干扰消除子单元输入一个 ICI 信号。在一个干扰消除子单元内，输入的一个 ICI 信号被并行地乘以 n 个权重系数，得到 n 个加权信号，每个加权信号对应一个第三中间信号。在消除 ICI 信号的干扰时，将 n 个加权信号分别与对应的第三中间信号进行反向叠加，则在该干扰消除子单元输出的信号中，已经消除了该干扰消除子单元对应的 ICI 信号。每个干扰消除子单元均采用上述相同的方式， n 个第三中间信号依次经过 $n-1$ 个干扰消除子单元，从而依次消除 $n-1$ 个 ICI 信号。其中，权重系数的获取主要有两种方法，一种是利用传输数据流中的信令和导频等信息，通过运算估计得到消扰所需的权重系数；另一种是利用解码判决的误差反馈，自适应地更新权重系数；进一步地，也可以将上述两种方法结合起来，通过估计得到权重系数的初始值，然后利用反馈对权重系数进行更新和微调。

步骤 209：当前均衡器对 n 个消除 ICI 干扰后的信号进行纵向空域滤波，获得 n 个第四中间信号。

在本步骤中，对消除 ICI 干扰后的信号进行纵向空域滤波，通过纵向空域滤波实现 ICI 求逆解码，获得第四中间信号。

步骤 210：当前均衡器对 n 个第四中间信号进行叠加，获得一个最终判决信号。

在上述技术方案中，在对 n 个接收信号进行横向滤波时，以及在产生 $n-1$ 个 ICI 信号时，均在时域进行相应的处理。即，在时域对 n 个接收信号进行横向滤波，并且，在时域产生 $n-1$ 个 ICI 信号。

进一步地，在上述技术方案的基础上，还可以在频域进行上述处理。即，在频域对 n 个接收信号进行横向滤波，并且，在频域产生 $n-1$ 个 ICI 信号。相应地，为了适应在频域进行上述处理，在上述过程中还需要增加如下步骤。

在步骤 202 之前，增加步骤一：当前均衡器对 n 个接收信号进行快速傅里叶变换（Fast Fourier Transform，简称 FFT），获得 n 个频域接收

信号。

相应地，在步骤 202 中，在频域对 n 个频域接收信号进行横向滤波。在步骤 203 之后，获得频域的第二中间信号。

在步骤 203 之后，增加步骤二：当前均衡器对纵向空域滤波后的接收信号进行快速傅里叶逆变换 (Inverse Fast Fourier Transform, 简称 IFFT)。通过对步骤 203 获得的 n 个第二中间信号进行 IFFT, 将 n 个第二中间信号从频域信号变换为时域信号。相应地，在步骤 204 中，在时域对 n 个第二中间信号进行叠加。

在步骤 204 之后，增加步骤三：当前均衡器对来自其它的 $n-1$ 个均衡器的 $n-1$ 个初级判决信号进行 FFT, 获得 $n-1$ 个频域的初级判决信号。相应地，在步骤 205 中，当前均衡器根据 $n-1$ 个频域的初级判决信号，在频域产生 $n-1$ 个 ICI 信号。

相应地，步骤 206 至步骤 209 均在频域进行。

在步骤 209 之后，增加步骤四：当前均衡器对纵向空域滤波后的 n 个消除 ICI 干扰后的信号进行 IFFT, 将 n 个消除 ICI 干扰后的信号从频域信号变换为时域信号。在步骤 210 中，在时域对 n 个第四中间信号内的子信号进行叠加。

在本发明实施例二中，根据当前均衡器以外的其它 $n-1$ 个均衡器生成的初级判决信号产生 $n-1$ 个 ICI 信号，从当前均衡器的 n 个接收信号中消除产生的 $n-1$ 个 ICI 信号，从而消除 ICI 的影响。由于信道产生过程不受信道奇异化程度的影响，因此本发明实施例二的均衡方法对于稀疏天线阵列或紧凑天线阵列的微波 MIMO 系统均可适用，在稀疏天线阵列和紧凑天线阵列的微波 MIMO 系统中均能够准确地消除 ICI，从而提高在接收信号中消除 ICI 的效果，提高了微波 MIMO 系统的传输性能。并且，通过对接收信号以及初级判决信号进行 FFT 或 IFFT, 该均衡方法既可以在时域中使用，也可以在频域中使用，因此可以方便灵活地应用于各种使用环境。

图 4 为本发明实施例三的均衡器的结构示意图。在图 2 所示的 MIMO 系统中，每个均衡器均采用图 1 或图 3 所示的均衡方法，具体地，每个均衡器内部的组成结构可以如图 4 所示。

参见图 4，均衡器中至少包括：第一纵向滤波单元 41、第一叠加单元

42、干扰产生单元 43、干扰消除单元 44、第二纵向滤波单元 45 和第二叠加单元 46。

其中，第一纵向滤波单元 41 用于对 n 个接收信号进行纵向空域滤波。其中， n 为 MIMO 系统中接收天线的总个数。纵向空域滤波的系数对应 n 个接收信号中的当前待解码的接收信号。

第一叠加单元 42 用于对纵向空域滤波后的 n 个接收信号进行内部子信号叠加，获得一个初级判决信号，并将该初级判决信号输出到其它 $n-1$ 个均衡器，该初级判决信号对应当前待解码的接收信号。

干扰产生单元 43 用于接收其它 $n-1$ 个均衡器的第一叠加单元 42 输出的 $n-1$ 个初级判决信号，根据分别对应 n 个接收信号中当前待解码的接收信号以外的 $n-1$ 个接收信号的 $n-1$ 个初级判决信号，产生 $n-1$ 个 ICI 信号。上述 $n-1$ 个初级判决信号分别对应 n 个接收信号中当前待解码的接收信号以外的 $n-1$ 个接收信号，其中，每个初级判决信号通过对 n 个接收信号进行纵向空域滤波并对纵向空域滤波后的所述 n 个接收信号进行内部子信号叠加获得，其中，每个纵向空域滤波的系数对应所述 n 个接收信号中当前待解码的接收信号以外的 $n-1$ 个接收信号中的一个接收信号。具体地，干扰产生单元 43 可以包括 $n-1$ 个干扰产生子单元，其中每个干扰产生子单元分别根据一个其它均衡器的第一叠加单元 42 输出的一个初级判决信号，产生一个 ICI 信号。

干扰消除单元 44 用于根据 $n-1$ 个 ICI 信号消除 n 个接收信号中的 ICI 干扰，获得 n 个消除 ICI 干扰后的信号。具体地，干扰消除单元 44 可以包括 $n-1$ 个干扰消除子单元，其中每个干扰消除子单元分别接收一个干扰产生子单元产生的一个 ICI 信号。 $n-1$ 个干扰消除子单元串联连接，其中串联的第一个干扰消除子单元接收横向滤波后的 n 个接收信号，每个干扰消除子单元从自身接收的 n 个接收信号中消除与自身相连的干扰产生子单元产生的一个 ICI 信号，将消除 ICI 信号后的信号传送给下一个干扰消除子单元，串联的最后一个干扰消除子单元消除 ICI 信号后，获得 n 个消除 ICI 干扰后的信号并将该 n 个消除 ICI 干扰后的信号发送给第二纵向滤波单元 45。

第二纵向滤波单元 45 用于对 n 个消除 ICI 干扰后的信号进行纵向空域

滤波。

第二叠加单元 46 用于对纵向空域滤波后的 n 个消除 ICI 干扰后的信号进行内部子信号叠加，获得一个最终判决信号。

在本发明实施例三中，每个均衡器均通过各自的第一纵向滤波单元和
5 第一叠加单元生成一个初级判决信号，共生成 n 个初级判决信号，当前均衡器的干扰产生单元根据当前均衡器以外的 $n-1$ 个均衡器生成的初级判决信号产生 $n-1$ 个 ICI 信号，干扰消除单元从 n 个接收信号中消除产生的 $n-1$ 个 ICI 信号，从而消除了 ICI 的影响。由于信道产生过程不受信道奇异化程度的影响，因此本发明实施例三的均衡器对稀疏天线阵列和紧凑天线阵列的微波 MIMO 系统均可适用，在稀疏天线阵列和紧凑天线阵列的微波
10 MIMO 系统中均能够准确地消除 ICI，从而提高在接收信号中消除 ICI 的效果。

在上述技术方案的基础上，进一步地，在本发明实施例三中，还可以将上述用于消除 ICI 的结构与消除 ISI 的结构相结合，在均衡器中包括
15 第一纵向滤波单元 41、第一叠加单元 42、干扰产生单元 43、干扰消除单元 44、第二纵向滤波单元 45 和第二叠加单元 46 的基础上，在该均衡器中加入横向滤波单元。该横向滤波单元连接在第一纵向滤波单元 41 之前，用于对 n 个接收信号进行横向滤波。相应地，第一纵向滤波单元 41 具体用于对横向滤波单元输出的横向滤波后的 n 个接收信号进行纵向空域滤
20 波。干扰消除单元 44 具体用于根据 $n-1$ 个 ICI 信号消除横向滤波单元输出的横向滤波后的 n 个接收信号中的 ICI 干扰，获得 n 个消除 ICI 干扰后的信号。

图 5 为本发明实施例四的均衡器的结构示意图。如图 5 所示，均衡器中不仅包括：横向滤波单元 40、第一纵向滤波单元 41、第一叠加单元 42、
25 干扰产生单元 43、干扰消除单元 44、第二纵向滤波单元 45 和第二叠加单元 46，而且还包括：信号导出单元 51 和延时单元 52。

其中，横向滤波单元 40、第一纵向滤波单元 41、第一叠加单元 42、干扰产生单元 43、干扰消除单元 44、第二纵向滤波单元 45 和第二叠加单元 46 具有上述本发明实施例三中记载的功能。

30 在此基础上，进一步地，信号导出单元 51 连接横向滤波单元 40 和延

时单元 52, 用于对横向滤波后的 n 个接收信号进行复制导出, 获得 n 个待消除信号。该信号导出单元 51 具有分支功能, 经过横向滤波单元 40 之后的信号输入该信号导出单元 51, 信号导出单元 51 输出两路与其输入信号均相同的信号, 其中一路输出到第一纵向滤波单元 41, 另一路输出到延时单元 52, 该路信号作为待消除信号, 具体包括 n 个信号。延时单元 52 用于对 n 个待消除信号进行延时处理, 使 n 个待消除信号与 $n-1$ 个 ICI 信号同步。干扰消除单元 44 具体用于从延时处理后的 n 个待消除信号中消除 $n-1$ 个 ICI 信号, 获得 n 个消除 ICI 干扰后的信号。具体地, 干扰消除单元 44 中串联的第一个干扰消除子单元与延时单元 52 连接, 接收延时单元 52 传送的横向滤波后的 n 个接收信号,

在本发明实施例四中, 由于在对 n 个接收信号进行横向滤波后, 第一纵向滤波单元、第一叠加单元和干扰产生单元的处理需要一定时间, 以及上述单元之间的信号传递需要一定时间, 造成产生的 ICI 信号与横向滤波后的 n 个接收信号产生时间差, 在本发明实施例四的方案中, 通过延时单元对横向滤波后的 n 个接收信号进行延时, 将其延时到与产生的 ICI 信号同步, 保证输入干扰消除单元的 n 个接收信号与 $n-1$ 个 ICI 信号同步, 从而进一步提高消除 ICI 的准确性, 因此能够进一步提高在接收信号中消除 ICI 的效果和微波 MIMO 系统的传输性能。

在上述本发明实施例三和本发明实施例四中, 该均衡器在时域进行处理。具体地, 上述均衡器中的横向滤波单元 40 具体用于在时域对 n 个接收信号进行横向滤波; 上述均衡器中的干扰产生单元 43 具体用于在时域产生 $n-1$ 个 ICI 信号。在均衡器在时域进行处理的情况下, 横向滤波单元 40 可以采用一个有限冲击响应 (Finite Impulse Response, 简称 FIR) 滤波器组, 干扰产生单元 43 可以包括 $n-1$ 个子单元, 其中每个子单元分别根据一个其它均衡器的初级判决信号产生一个 ICI 信号, 每个子单元也可以分别采用一个 FIR 滤波器组。

在上述本发明实施例三和本发明实施例四的技术方案的基础上, 进一步地, 该均衡器还可以在频域进行处理, 相应地, 需要在该均衡器中增加一些 FFT 单元和 IFFT 单元。以下通过本发明实施例五介绍在频域进行处理的均衡器的内部结构。

图 6 为本发明实施例五的均衡器的结构示意图。如图 6 所示，在该均衡器中，可以在图 4 所示的本发明实施例三的均衡器的内部组成结构的基础上增加第一 FFT 单元 61、第二 FFT 单元 63、第一 IFFT 单元 62 和第二 IFFT 单元 64，也可以在图 5 所示的本发明实施例四的均衡器的内部组成结构的基础上增加第一 FFT 单元 61、第二 FFT 单元 63、第一 IFFT 单元 62 和第二 IFFT 单元 64。在本发明实施例五中，仅以本发明实施例四的均衡器的内部组成结构作为基础，对本发明实施例五的均衡器进行介绍。

如图 6 所示，该均衡器不仅包括：横向滤波单元 40、第一纵向滤波单元 41、第一叠加单元 42、干扰产生单元 43、干扰消除单元 44、第二纵向滤波单元 45、第二叠加单元 46、信号导出单元 51 和延时单元 52，而且还包括：第一 FFT 单元 61、第二 FFT 单元 63、第一 IFFT 单元 62 和第二 IFFT 单元 64。

其中，横向滤波单元 40、第一纵向滤波单元 41、干扰产生单元 43、干扰消除单元 44、第二纵向滤波单元 45、信号导出单元 51 和延时单元 52 工作在频域，在频域实现上述本发明实施例四中记载的功能，第一叠加单元 42 和第二叠加单元 46 工作在时域。

具体地，第一 FFT 单元 61 连接横向滤波单元 40，用于对 n 个接收信号进行 FFT，将 n 个接收信号从时域信号变换为频域信号，获得 n 个频域接收信号。

横向滤波单元 40 具体用于在频域对 n 个频域的接收信号进行横向滤波。

第一纵向滤波单元 41 用于对横向滤波后的 n 个频域的接收信号进行纵向空域滤波。

第一 IFFT 单元 62 连接第一纵向滤波单元 41 和第一叠加单元 42，用于对纵向空域滤波后的 n 个频域的接收信号进行 IFFT，将 n 个接收信号从频域信号变换为时域信号。

第一叠加单元 42 用于对 IFFT 单元输出的经过纵向空域滤波的 n 个时域接收信号进行内部子信号叠加，获得一个初级判决信号，并将该初级判决信号输出到其它 $n-1$ 个均衡器。

第二 FFT 单元 63 连接其它 $n-1$ 个均衡器的第一叠加单元 42 和干扰产

生单元 43, 用于对 $n-1$ 个初级判决信号进行 FFT, 将 $n-1$ 个初级判决信号从时域信号变换为频域信号, 获得 $n-1$ 个频域的初级判决信号。具体地, 第二 FFT 单元 63 可以包括 $n-1$ 个第二 FFT 子单元, 每个第二 FFT 子单元连接一个其它均衡器的第一叠加单元 42 和本均衡器的一个干扰产生子单元, 每个第二 FFT 子单元对与自身相连的其它均衡器生成的一个初级判决信号进行 FFT, 将 FFT 的结果输送到与自身相连的一个干扰产生子单元中。

干扰产生单元 43 具体用于根据 $n-1$ 个频域的初级判决信号, 在频域产生 $n-1$ 个 ICI 干扰信号。

信号导出单元 51 连接横向滤波单元 40 和延时单元 52, 用于对横向滤波后的 n 个频域的信号进行复制导出, 获得 n 个频域的待消除信号。

延时单元 52 用于对 n 个频域的待消除信号进行延时处理, 使 n 个频域的待消除信号与 $n-1$ 个频域的 ICI 信号同步。

干扰消除单元 44 具体用于从延时处理后的 n 个频域的待消除信号中消除 $n-1$ 个频域的 ICI 信号, 获得 n 个频域的消除 ICI 干扰后的信号。

第二纵向滤波单元 45 用于对 n 个频域的消除 ICI 干扰后的信号进行纵向空域滤波。

第二 IFFT 单元 64 连接第二纵向滤波单元 45 和第二叠加单元 46, 用于对纵向空域滤波后的 n 个频域的消除 ICI 干扰后的信号进行 IFFT, 将 n 个消除 ICI 干扰后的信号从频域信号变换为时域信号。

第二叠加单元 46 用于对第二 IFFT 单元 64 输出的经过纵向空域滤波的 n 个时域的消除 ICI 干扰后的信号进行内部子信号叠加, 获得一个最终判决信号。

在均衡器在频域进行处理的情况下, 均衡器中的横向滤波单元 40 可以采用一个频域均衡器 (Frequency Domain Equalizer, 简称 FDE); 均衡器中的干扰产生单元 43 可以包括 $n-1$ 个子单元, 其中每个子单元分别根据一个其它均衡器的初级判决信号产生一个 ICI 信号, 每个子单元也可以分别采用一个为 FDE。

在本发明实施例五中, 通过增加第一 FFT 单元、第二 FFT 单元、第一 IFFT 单元和第二 IFFT 单元, 通过对接收信号以及初级判决信号进行 FFT 或 IFFT, 使得该均衡器可以在频域中使用, 在不增加第一 FFT 单元、

第二 FFT 单元、第一 IFFT 单元和第二 IFFT 单元的情况下，该均衡器可以在时域中使用，因此该均衡器可以方便灵活地应用于各种使用环境。

在本发明实施例三至实施例五中，系统中包括 n 个均衡器，其中每个均衡器的横向滤波单元 40 的分别设置不同的横向滤波的系数，每个均衡器 5 的第一纵向滤波单元 41 分别设置不同的纵向空域滤波的系数，每个均衡器的第二纵向滤波单元 45 分别设置不同的纵向空域滤波的系数。每个均衡器的上述系数对应 n 个接收信号中的一个信号，从而每个均衡器输出初级判决信号分别对应一个接收信号， n 个均衡器输出的初级判决信号分别对应 n 个接收信号。在实际应用中，上述系数可以由作为横向滤波单元 10 40、第一纵向滤波单元 41 和第二纵向滤波单元 45 的执行器件进行自适应调整。

需要说明的是：对于前述的各方法实施例，为了简单描述，故将其都表述为一系列的动作组合，但是本领域技术人员应该知悉，本发明并不受所描述的动作顺序的限制，因为依据本发明，某些步骤可以采用其他顺序 15 或者同时进行。其次，本领域技术人员也应该知悉，说明书中所描述的实施例均属于优选实施例，所涉及的动作和模块并不一定是本发明所必须的。

在上述实施例中，对各个实施例的描述都各有侧重，某个实施例中 20 没有详述的部分，可以参见其他实施例的相关描述。

本领域普通技术人员可以理解：实现上述各方法实施例的全部或部分步骤可以通过程序指令相关的硬件来完成。前述的程序可以存储于一计算机可读取存储介质中。该程序在执行时，执行包括上述各方法实施例的步骤；而前述的存储介质包括：ROM、RAM、磁碟或者光盘等各种可以存储程序代码的介质。

最后应说明的是：以上各实施例仅用以说明本发明的技术方案，而非 25 对其限制；尽管参照前述各实施例对本发明进行了详细的说明，本领域的普通技术人员应当理解：其依然可以对前述各实施例所记载的技术方案进行修改，或者对其中部分或者全部技术特征进行等同替换；而这些修改或者替换，并不使相应技术方案 30 的本质脱离本发明各实施例技术方案的范围。

权利要求书

1、一种多输入多输出 MIMO 系统中接收信号的均衡方法，其特征在于，包括：

对 n 个接收信号进行纵向空域滤波；

5 对纵向空域滤波后的所述 n 个接收信号进行内部子信号叠加，获得一个初级判决信号，其中， n 为 MIMO 系统中发射天线的总个数，所述纵向空域滤波的系数对应所述 n 个接收信号中的当前待解码的接收信号，以使所述初级判决信号对应当前待解码的接收信号；

接收分别对应所述 n 个接收信号中当前待解码的接收信号以外的 $n-1$ 10 个接收信号的 $n-1$ 个初级判决信号，其中，每个初级判决信号通过对 n 个接收信号进行纵向空域滤波并对纵向空域滤波后的所述 n 个接收信号进行内部子信号叠加获得，其中，每个纵向空域滤波的系数对应所述 n 个接收信号中当前待解码的接收信号以外的 $n-1$ 个接收信号中的一个接收信号；

根据分别对应所述 n 个接收信号中当前待解码的接收信号以外的 $n-1$ 15 个接收信号的 $n-1$ 个初级判决信号，产生 $n-1$ 个信道间干扰 ICI 信号；

根据所述 $n-1$ 个 ICI 信号消除所述 n 个接收信号中的 ICI 干扰，获得 n 个消除 ICI 干扰后的信号；

对所述 n 个消除 ICI 干扰后的信号进行纵向空域滤波和内部子信号叠加，获得一个最终判决信号。

20 2、根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于，

所述对 n 个接收信号进行纵向空域滤波之前，和所述根据所述 $n-1$ 个 ICI 信号消除所述 n 个接收信号中的 ICI 干扰之前，还包括：对所述 n 个接收信号进行横向滤波；

所述对 n 个接收信号进行纵向空域滤波包括：对横向滤波后的所述 n 25 个接收信号进行纵向空域滤波；

所述根据所述 $n-1$ 个 ICI 信号消除所述 n 个接收信号中的 ICI 干扰包括：根据所述 $n-1$ 个 ICI 信号消除横向滤波后的所述 n 个接收信号中的 ICI 干扰。

3、根据权利要求 2 所述的方法，其特征在于，

30 在对所述 n 个接收信号进行横向滤波之后，还包括：对横向滤波后的

n 个接收信号进行复制导出，获得 n 个待消除信号；

所述根据所述 n-1 个 ICI 信号消除横向滤波后的所述 n 个接收信号中的 ICI 干扰包括：对所述 n 个待消除信号进行延时处理，使所述 n 个待消除信号与所述 n-1 个 ICI 信号同步；从延时处理后的所述 n 个待消除信号中消除所述 n-1 个 ICI 信号。

4、根据权利要求 2 或 3 所述的方法，其特征在于，

对所述 n 个接收信号进行横向滤波具体包括：在时域对所述 n 个接收信号进行横向滤波；

所述产生 n-1 个 ICI 干扰信号具体包括：在时域产生 n-1 个 ICI 信号。

5、根据权利要求 2 或 3 所述的方法，其特征在于，

在对所述 n 个接收信号进行横向滤波之前，还包括：对所述 n 个接收信号进行快速傅里叶变换 FFT，获得 n 个频域的接收信号；

对所述 n 个接收信号进行横向滤波具体包括：在频域对所述 n 个频域的接收信号进行横向滤波；

15 对所述 n 个接收信号进行纵向空域滤波之后，还包括：对纵向空域滤波后的 n 个接收信号进行快速傅里叶逆变换 IFFT；

所述产生 n-1 个 ICI 干扰信号之前还包括：对所述 n-1 个初级判决信号进行 FFT，获得 n-1 个频域的初级判决信号；

20 所述产生 n-1 个 ICI 干扰信号具体包括：根据所述 n-1 个频域的初级判决信号，在频域产生 n-1 个 ICI 干扰信号；

对所述 n 个消除 ICI 干扰后的信号进行纵向空域滤波之后，还包括：对纵向空域滤波后的 n 个消除 ICI 干扰后的信号进行 IFFT。

6、一种均衡器，其特征在于，包括：

25 第一纵向滤波单元，用于对 n 个接收信号进行纵向空域滤波，其中，n 为多输入多输出 MIMO 系统中接收天线的总个数，所述纵向空域滤波的系数对应所述 n 个接收信号中的当前待解码的接收信号；

第一叠加单元，用于对纵向空域滤波后的 n 个接收信号进行内部子信号叠加，获得一个初级判决信号并输出到其它 n-1 个均衡器，所述初级判决信号对应当前待解码的接收信号；

30 干扰产生单元，用于接收其它 n-1 个均衡器的第一叠加单元输出的 n-1

个初级判决信号，所述 $n-1$ 个初级判决信号分别对应所述 n 个接收信号中当前待解码的接收信号以外的 $n-1$ 个接收信号，其中，每个初级判决信号通过对 n 个接收信号进行纵向空域滤波并对纵向空域滤波后的所述 n 个接收信号进行内部子信号叠加获得，其中，每个纵向空域滤波的系数对应所述 n 个接收信号中当前待解码的接收信号以外的 $n-1$ 个接收信号中的一个接收信号；根据分别对应所述 n 个接收信号中当前待解码的接收信号以外的 $n-1$ 个接收信号的 $n-1$ 个初级判决信号，产生 $n-1$ 个信道间干扰 ICI 信号；

10 干扰消除单元，用于根据所述 $n-1$ 个 ICI 信号消除所述 n 个接收信号中的 ICI 干扰，获得 n 个消除 ICI 干扰后的信号；

第二纵向滤波单元，用于对所述 n 个消除 ICI 干扰后的信号进行纵向空域滤波；

第二叠加单元，用于对纵向空域滤波后的所述 n 个消除 ICI 干扰后的信号进行内部子信号叠加，获得一个最终判决信号。

15 7、根据权利要求 6 所述的均衡器，其特征在于，

还包括：横向滤波单元，用于对所述 n 个接收信号进行横向滤波；

所述第一纵向滤波单元具体用于对横向滤波后的所述 n 个接收信号进行纵向空域滤波；

20 所述干扰消除单元具体用于根据所述 $n-1$ 个 ICI 信号消除横向滤波后的所述 n 个接收信号中的 ICI 干扰，获得 n 个消除 ICI 干扰后的信号。

8、根据权利要求 7 所述的均衡器，其特征在于，还包括：信号导出单元和延时单元；

所述信号导出单元，用于对横向滤波后的所述 n 个接收信号进行复制导出，获得 n 个待消除信号；

25 所述延时单元，用于对所述待消除信号进行延时处理，使所述 n 个待消除信号与所述 $n-1$ 个 ICI 信号同步；

所述干扰消除单元具体用于从延时处理后的所述 n 个待消除信号中消除所述 $n-1$ 个 ICI 信号。

9、根据权利要求 7 或 8 所述的均衡器，其特征在于，

30 所述横向滤波单元具体用于在时域对所述 n 个接收信号进行横向滤

波;

所述干扰产生单元具体用于在时域产生 $n-1$ 个 ICI 信号。

10、根据权利要求 9 所述的均衡器，其特征在于，
所述横向滤波单元包括有限冲击响应 FIR 滤波器组；

5 所述干扰产生单元包括 FIR 滤波器组。

11、根据权利要求 7 或 8 所述的均衡器，其特征在于，还包括：第一快速傅里叶变换 FFT 单元、第二 FFT 单元、第一快速傅里叶逆变换 IFFT 单元和第二 IFFT 单元；

10 所述第一 FFT 单元，连接所述横向滤波单元，用于对所述 n 个接收信号进行 FFT，获得 n 个频域的接收信号；

所述横向滤波单元具体用于在频域对所述 n 个频域的接收信号进行横向滤波；

所述第一 IFFT 单元，连接所述第一纵向滤波单元和所述第一叠加单元，用于对纵向空域滤波后的 n 个接收信号进行 IFFT；

15 所述第二 FFT 单元，连接其它 $n-1$ 个均衡器的第一叠加单元和所述干扰产生单元，用于对所述 $n-1$ 个初级判决信号进行 FFT，获得 $n-1$ 个频域的初级判决信号；

所述干扰产生单元具体用于根据所述 $n-1$ 个频域的初级判决信号，在频域产生 $n-1$ 个 ICI 干扰信号；

20 所述第二 IFFT 单元，连接所述第二纵向滤波单元和所述第二叠加单元，用于对纵向空域滤波后的 n 个消除 ICI 干扰后的信号进行 IFFT。

12、根据权利要求 11 所述的均衡器，其特征在于，
所述横向滤波单元包括频域均衡器 FDE；

所述干扰产生单元包括 FDE。

25

1/5

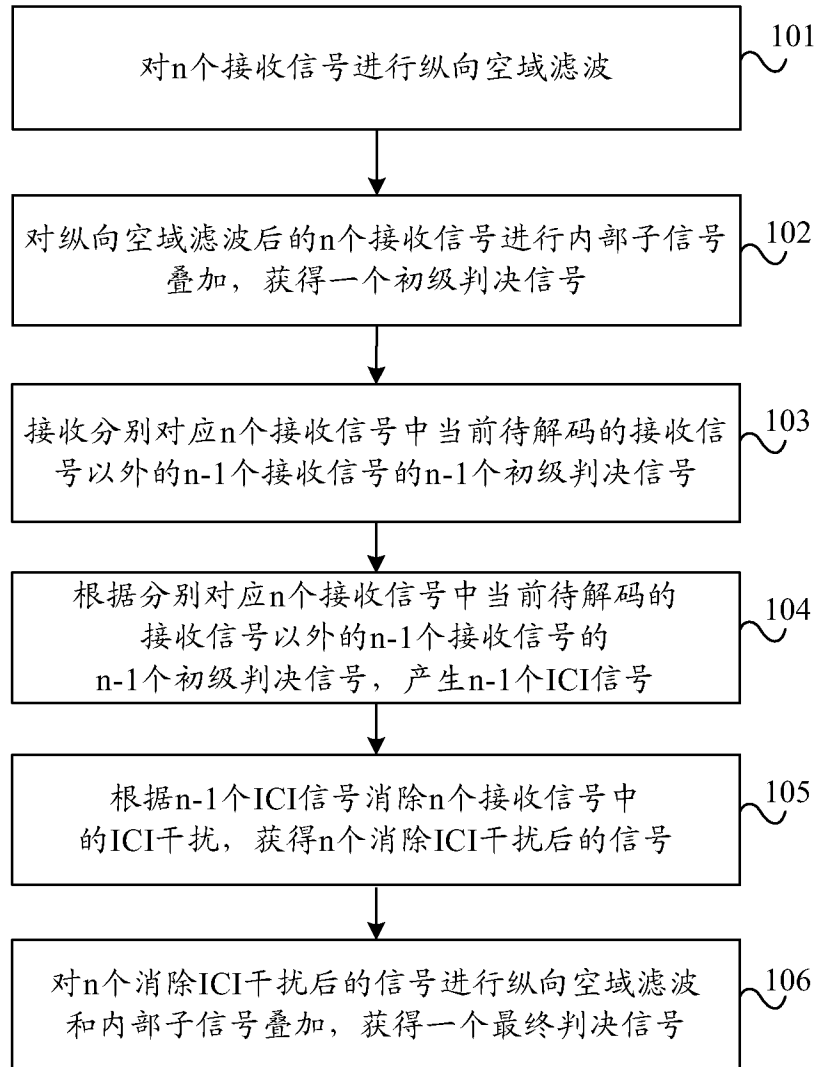


图 1

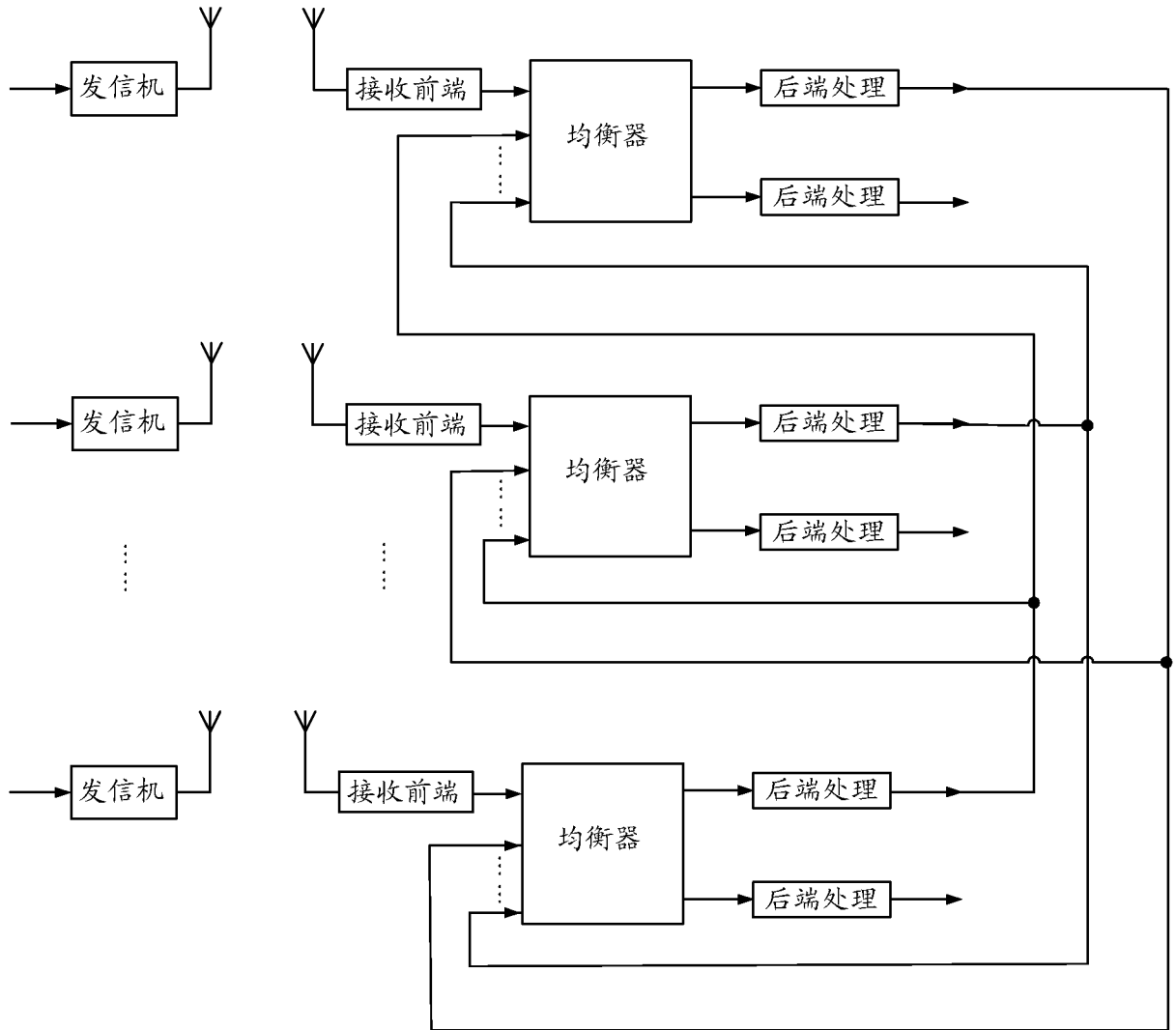


图 2

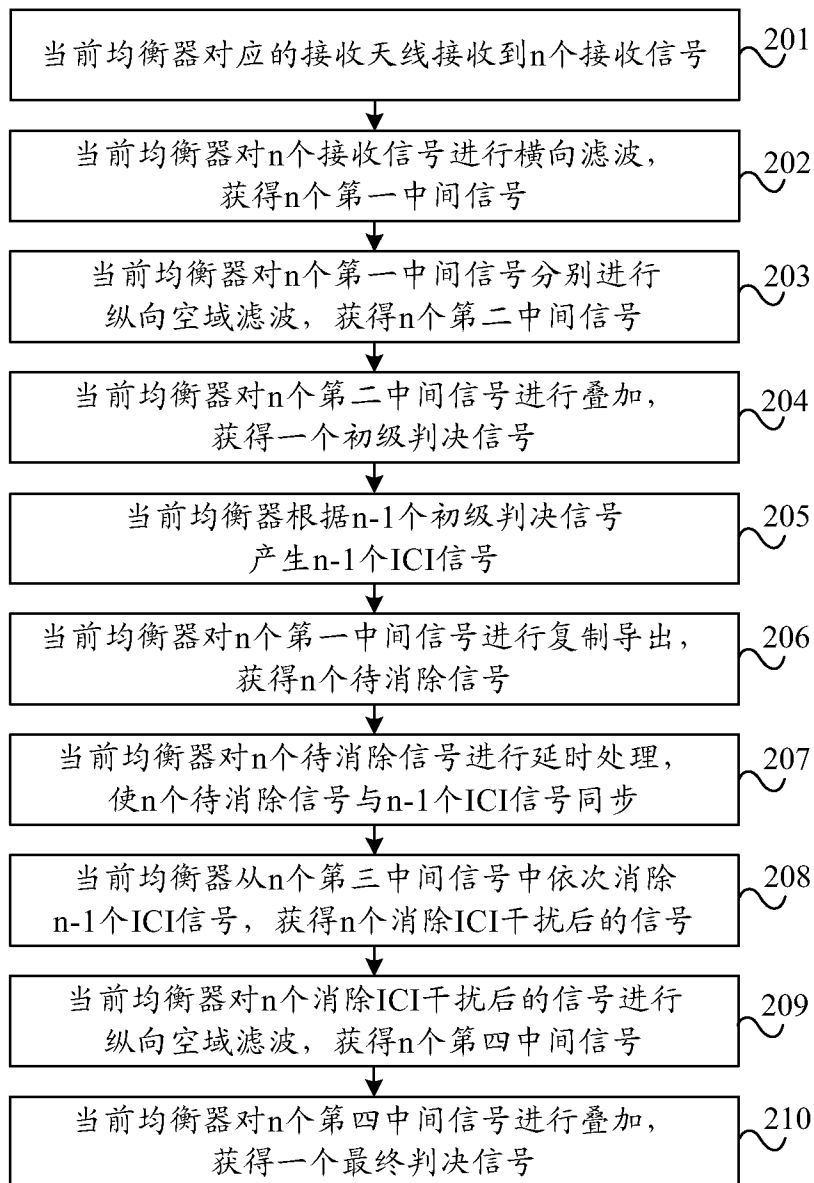


图 3

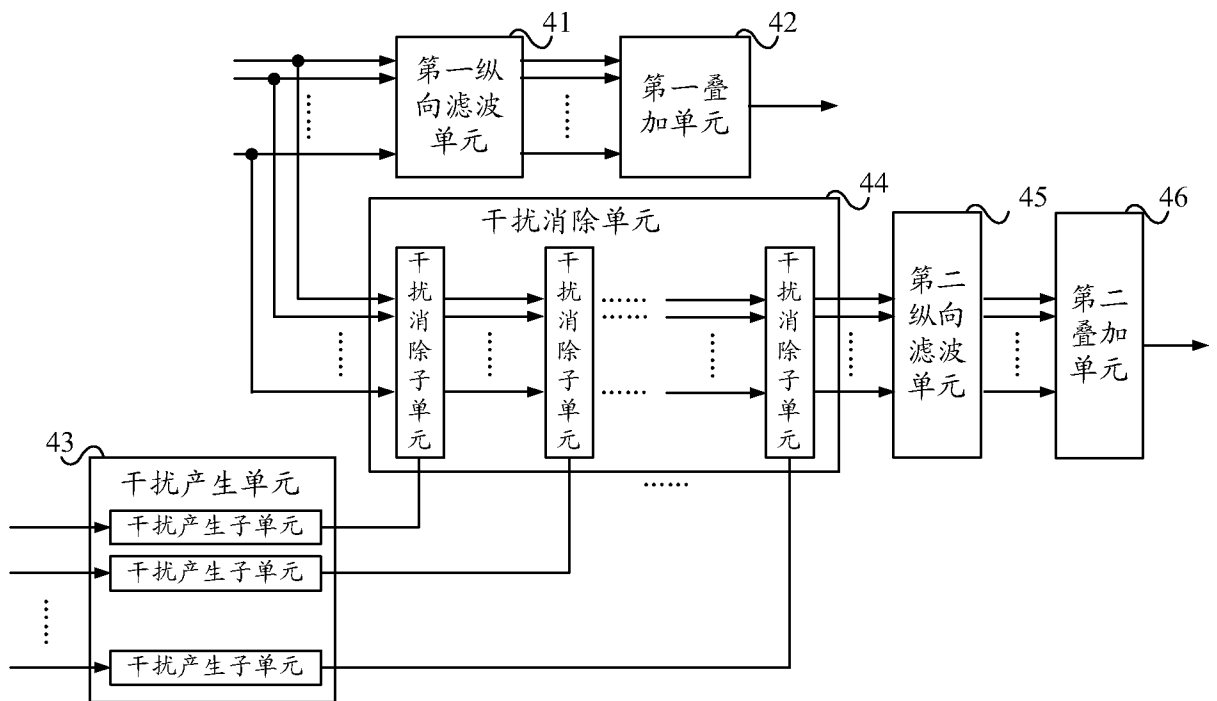


图 4

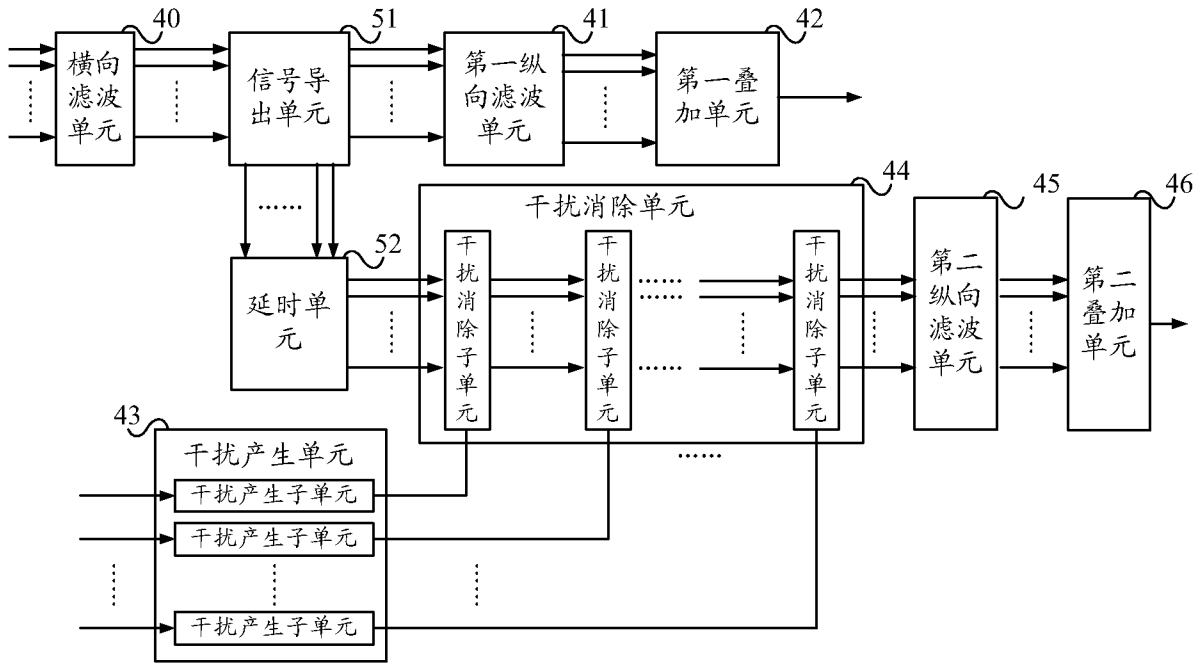


图 5

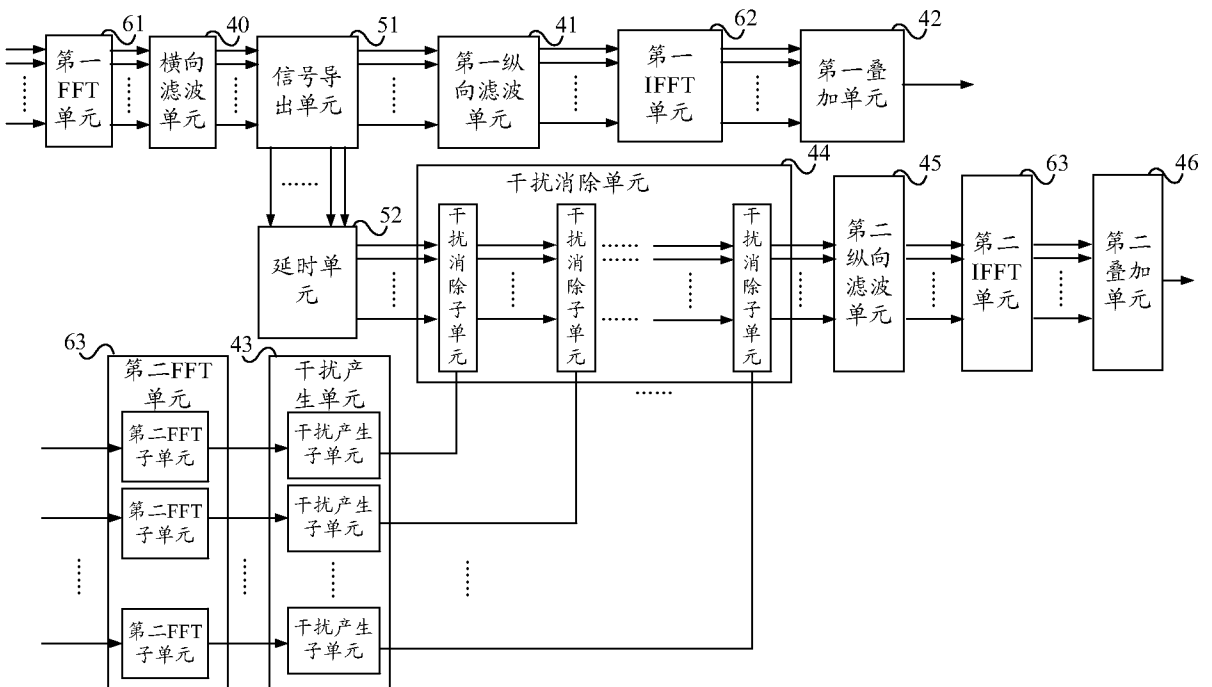


图 6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2012/076713

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

See the extra sheet

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)

IPC: H04L, 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, CNKI, CNPAT: far-end, near-end, multiple input, multiple output, channel, carrier, far, near, end, crosstalk, interference, ICI, cancel+, reduc+, equaliz+, decid+, decision, determin+, feedback, multi+, input, output, MIMO, filter+, add+

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 1918811 A (SOLARFLARE COMMUNICATIONS, INC.), 21 February 2007 (21.02.2007), description, page 22, paragraph 4 to page 24, paragraph 2, and figures 1, 3 and 10A-10C	1-12
A	CN 101420406 A (SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD.), 29 April 2009 (29.04.2009), the whole document	1-12
A	CN 102195757 A (HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD.), 21 September 2011 (21.09.2011), the whole document	1-12
A	US 2007133723 A1 (CHEONG, M.H. et al.), 14 June 2007 (14.06.2007), the whole document	1-12

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

<p>* Special categories of cited documents:</p> <p>“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>“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)</p> <p>“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p>	<p>“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</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“&” document member of the same patent family</p>
---	---

Date of the actual completion of the international search
18 February 2013 (18.02.2013)

Date of mailing of the international search report
14 March 2013 (14.03.2013)

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) 62019451

Authorized officer
JIANG, Xiaoqing
Telephone No.: (86-10) **62413972**

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2012/076713

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 1918811 A	21.02.2007	US 2004090927 A1	13.05.2004
		US 2004170230 A1	02.09.2004
		WO 2004105287 A2	02.12.2004
		EP 1632048 A2	08.03.2006
		JP 2007516643 A	21.06.2007
		JP 2007215236 A	23.08.2007
		US 2009116639 A1	07.05.2009
		AT 554535 T	15.05.2012
		EP 2503704 A1	26.09.2012
		CN 101420406 A	29.04.2009
CN 101420406 A	29.04.2009		
US 2009161779 A1	25.06.2009		
CN 102195757 A	21.09.2011	None	
US 2007133723 A1	14.06.2007	KR 20070061746 A	14.06.2007

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2012/076713

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H04L 25/03 (2006.01) i

H04B 7/08 (2006.01) i

A. 主题的分类 <p style="text-align: center;">参见附加页</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																	
B. 检索领域 检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号) <p style="text-align: center;">IPC: H04L,H04B</p> 包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献 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 style="text-align: center;">WPI,EPODOC,CNKI,CNPAT:信道,载波,远端,近端,干扰,消除,降低,均衡,判决,反馈,多输入,多输出,滤波,加, channel, carrier, far, near, end, crosstalk, interference, ICI, cancel+, reduc+, equaliz+, decid+, decision, determin+, feedback, multi+, input, output, MIMO, filter+, add+</p>																	
C. 相关文件																	
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%; padding: 5px;">类 型*</th> <th style="width: 60%; padding: 5px;">引用文件, 必要时, 指明相关段落</th> <th style="width: 30%; padding: 5px;">相关的权利要求</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="padding: 5px;">A</td> <td style="padding: 5px;">CN1918811A (索拉尔弗拉雷通讯公司) 21.2 月 2007 (21.02.2007) 说明书第 22 页第 4 段-第 24 页第 2 段及附图 1、3、10A-10C</td> <td style="padding: 5px;">1-12</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">A</td> <td style="padding: 5px;">CN101420406A (三星电子株式会社) 29.4 月 2009 (29.04.2009) 全文</td> <td style="padding: 5px;">1-12</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">A</td> <td style="padding: 5px;">CN102195757A (华为技术有限公司) 21.9 月 2011 (21.09.2011) 全文</td> <td style="padding: 5px;">1-12</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">A</td> <td style="padding: 5px;">US2007133723A1(CHEONG Min-Ho 等) 14.6 月 2007 (14.06.2007) 全文</td> <td style="padding: 5px;">1-12</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	A	CN1918811A (索拉尔弗拉雷通讯公司) 21.2 月 2007 (21.02.2007) 说明书第 22 页第 4 段-第 24 页第 2 段及附图 1、3、10A-10C	1-12	A	CN101420406A (三星电子株式会社) 29.4 月 2009 (29.04.2009) 全文	1-12	A	CN102195757A (华为技术有限公司) 21.9 月 2011 (21.09.2011) 全文	1-12	A	US2007133723A1(CHEONG Min-Ho 等) 14.6 月 2007 (14.06.2007) 全文	1-12	<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。	
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求															
A	CN1918811A (索拉尔弗拉雷通讯公司) 21.2 月 2007 (21.02.2007) 说明书第 22 页第 4 段-第 24 页第 2 段及附图 1、3、10A-10C	1-12															
A	CN101420406A (三星电子株式会社) 29.4 月 2009 (29.04.2009) 全文	1-12															
A	CN102195757A (华为技术有限公司) 21.9 月 2011 (21.09.2011) 全文	1-12															
A	US2007133723A1(CHEONG Min-Ho 等) 14.6 月 2007 (14.06.2007) 全文	1-12															
* 引用文件的具体类型: “A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件 “E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利 “L” 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) “O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件 “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	“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 “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 “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 “&” 同族专利的文件																
国际检索实际完成的日期 <p style="text-align: center;">18.2 月 2013 (18.02.2013)</p>	国际检索报告邮寄日期 <p style="text-align: center;">14.3 月 2013 (14.03.2013)</p>																
ISA/CN 的名称和邮寄地址: 中华人民共和国国家知识产权局 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路 6 号 100088 传真号: (86-10)62019451	受权官员 <p style="text-align: center;">姜晓庆</p> 电话号码: (86-10) 62413972																

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2012/076713

检索报告中引用的 专利文件	公布日期	同族专利	公布日期
CN1918811A	21.02.2007	US2004090927A1	13.05.2004
		US2004170230A1	02.09.2004
		WO2004105287A2	02.12.2004
		EP1632048A2	08.03.2006
		JP2007516643A	21.06.2007
		JP2007215236A	23.08.2007
		US2009116639A1	07.05.2009
		AT554535T	15.05.2012
		EP2503704A1	26.09.2012
CN101420406A	29.04.2009	KR20090041844A	29.04.2009
		CN101420406A	29.04.2009
		US2009161779A1	25.06.2009
CN102195757A	21.09.2011	无	
US2007133723A1	14.06.2007	KR20070061746A	14.06.2007

A. 主题的分类

H04L 25/03 (2006.01) i

H04B 7/08 (2006.01) i