

(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
2012年11月29日 (29.11.2012)

(10) 国际公布号
WO 2012/159266 A1

- (51) 国际专利分类号:
H04B 7/04 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2011/074625
- (22) 国际申请日: 2011年5月25日 (25.05.2011)
- (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): 富士通株式会社 (FUJITSU LIMITED) [JP/JP]; 日本神奈川县川崎市中原区上小田中4丁目1番1号, Kanagawa 211-8588 (JP)。
- (72) 发明人; 及
- (75) 发明人/申请人 (仅对美国): 张翼 (ZHANG, Yi) [CN/CN]; 中国北京市朝阳区东四环中路56号远洋国际中心A座13层富士通研究开发有限公司, Beijing 100025 (CN)。周华 (ZHOU, Hua) [CN/CN]; 中国北京市朝阳区东四环中路56号远洋国际中心A座13层富士通研究开发有限公司, Beijing 100025 (CN)。吴建明 (WU, Jianming) [CA/CN]; 中国北京市朝阳区东四环中路56号远洋国际中心A座13层富士通研究开发有限公司, Beijing 100025 (CN)。
- (74) 代理人: 北京三友知识产权代理有限公司 (BEIJING SANYOU INTELLECTUAL PROPERTY AGENCY LTD.); 中国北京市金融街35号国际企业大厦A座16层, Beijing 100033 (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, RO, RS, RU, 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, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG,

[见续页]

(54) Title: SELF-ADAPTIVE MULTIPLE STREAMS BEAMFORMING METHOD AND BASE STATION

(54) 发明名称: 自适应多流波束赋形方法和基站

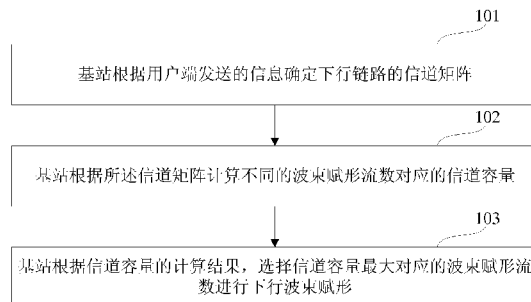


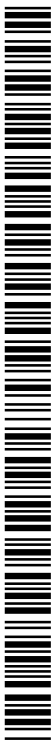
图 1 / FIG. 1

101 BASE STATION DETERMINES CHANNEL MATRIX OF DOWNLINK ACCORDING TO INFORMATION TRANSMITTED BY USER TERMINAL
 102 BASE STATION CALCULATES CHANNEL CAPACITIES CORRESPONDING TO DIFFERENT NUMBERS OF BEAMFORMING STREAMS ACCORDING TO CHANNEL MATRIX
 103 ACCORDING TO CALCULATION RESULTS OF CHANNEL CAPACITIS, BASE STATION SELECTS NUMBER OF BEAMFORMING STREAMS CORRESPONDING TO MAXIMUM CHANNEL CAPACITY TO FORM DOWNLINK BEAMFORMING

(57) Abstract: A self-adaptive multiple streams beamforming method and a base station are provided in the embodiments of the present invention. The method includes the following steps: the base station determines a channel matrix of a downlink according to the information transmitted by a user terminal (101); the base station calculates channel capacities corresponding to different numbers of the beamforming streams according to the channel matrix (102); according to the calculation results of the channel capacity, the base station selects the number of the beamforming streams corresponding to the maximum channel capacity to perform a downlink beamforming (103). The method and base station provided in the embodiments of the present invention, by extending a prior dual streams beamforming algorithm to the multiple streams beamforming algorithm and determines the number of the beamforming streams according to the channel capacities, realizes self-adaptive transmission of the beamforming, and increases system flexibility.

(57) 摘要:

[见续页]



WO 2012/159266 A1



KZ, MD, 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))。

本发明实施例提供了一种自适应多流波束赋形方法和基站。所述方法包括：基站根据用户端发送的信息确定下行链路的信道矩阵（101）；基站根据所述信道矩阵计算不同的波束赋形流数对应的信道容量（102）；基站根据信道容量的计算结果，选择信道容量最大对应的波束赋形流数进行下行波束赋形（103）。本发明实施例提供的方法和基站，通过扩展现有双流波束赋形算法至多流波束赋形算法，并以信道容量为依据，确定波束赋形流数，实现波束赋形的自适应传输，提高了系统的灵活性。

自适应多流波束赋形方法和基站

技术领域

本发明涉及无线通信领域，具体涉及一种无线通信系统下行链路的自适应多流波束赋形方法和基站。

背景技术

LTE-A (LTE-Advanced, LTE 后续演进) 是 4G 标准的一种候选方案, MIMO (Multiple-Input Multiple-Output, 多输入多输出) 在 LTE-A 中是必然采用的关键技术。相比于 LTE (Long Term Evolution, 长期演进), 多天线增强型技术是 LTE-A 标准化的重点。LTE-A 引入更高的天线配置(8Tx DL)和更先进的多天线输出模式, 如多流、多用户等, 在此基础上的多流波束赋形、多用户 MIMO 技术将会进一步提高系统的容量和频谱利用率。

波束赋形技术能够根据使用者的信道特性进行信号预处理, 具有扩大覆盖、提高系统容量、降低干扰的能力。MIMO 系统的接收端将信道状态信息 CSI (Channel State Information) 反馈给发射端, 然后对传输信息进行预编码操作, 能极大地提高 MIMO 系统性能。

在 LTE 的协议中, MIMO/SA (Smart Antenna, 智能天线) 技术主要体现在 MIMO 波束赋形上。从 Rel-8 里的单流波束赋形(single beamforming)到 Rel-9 里的双流波束赋形技术(dual-layer beamforming), 再到 LTE-A 里的多流波束赋形技术(multi-layer beamforming), 波束赋形在提升系统性能上表现出极大优势。在 LTE 通信系统中, 波束赋形技术适用于 PDSCH (Physical Downlink Shared Channel, 物理下行共享信道) 的数据传输。

发明人在实现本发明的过程中发现, 采用单用户多流波束赋形技术, 可以使得单个用户在某一时刻可以进行多个数据流传输, 同时获得赋形增益和空间复用增益, 从而获得比传统单流波束赋形技术更大的传输速率。因此, 研究单用户的多流波束赋形技术具有重要的意义。

应该注意, 上面对技术背景的介绍只是为了方便对本发明的技术方案进行清楚、完整的说明, 并方便本领域技术人员的理解而阐述的。不能仅仅因为这些方案在本发

明的背景技术部分进行了阐述而认为上述技术方案为本领域技术人员所公知。

发明内容

本发明实施例的目的在于提供一种自适应多流波束赋形方法和基站，通过扩展现有双流波束赋形算法至多流波束赋形算法，并以信道容量为依据，确定波束赋形流数，实现波束赋形的自适应传输，以提高系统的灵活性。

根据本发明实施例的一个方面，提供了一种自适应多流波束赋形方法，其中，所述方法包括：

基站根据用户端发送的信息确定下行链路的信道矩阵；

10 基站根据所述信道矩阵计算不同的波束赋形流数对应的信道容量；

基站根据信道容量的计算结果，选择信道容量最大对应的波束赋形流数进行下行波束赋形。

根据本发明实施例的第二个方面，提供了一种基站，其中，所述基站包括：

确定单元，其用于根据用户端发送的信息确定下行链路的信道矩阵；

15 计算单元，其根据所述确定单元确定的信道矩阵计算不同的波束赋形流数对应的信道容量；

选择单元，其根据所述计算单元对信道容量的计算结果，选择信道容量最大对应的波束赋形流数进行下行波束赋形。

20 根据本发明实施例的第三个方面，提供了一种计算机可读程序，其中当在基站中执行该程序时，该程序使得计算机在所述基站中执行前述的自适应多流波束赋形方法。

根据本发明实施例的第四个方面，提供了一种存储有计算机可读程序的存储介质，其中该计算机可读程序使得计算机在基站中执行前述的自适应多流波束赋形方法。

25 本发明实施例的有益效果在于：通过扩展现有双流波束赋形算法至多流波束赋形算法，并以信道容量为依据，确定波束赋形流数，实现波束赋形的自适应传输，提高了系统的灵活性。

参照后文的说明和附图，详细公开了本发明的特定实施方式，指明了本发明的原理可以被采用的方式。应该理解，本发明的实施方式在范围上并不因而受到限制。在

所附权利要求的精神和条款的范围内,本发明的实施方式包括许多改变、修改和等同。

针对一种实施方式描述和/或示出的特征可以以相同或类似的方式在一个或多个其它实施方式中使用,与其它实施方式中的特征相组合,或替代其它实施方式中的特征。

- 5 应该强调,术语“包括/包含”在本文使用时指特征、整件、步骤或组件的存在,但并不排除一个或多个其它特征、整件、步骤或组件的存在或附加。

附图说明

10 参照以下的附图可以更好地理解本发明的很多方面。附图中的部件不是按比例绘制的,而只是为了示出本发明的原理。为了便于示出和描述本发明的一些部分,附图中对应部分可能被放大或缩小。在本发明的一个附图或一种实施方式中描述的元素和特征可以与一个或多个其它附图或实施方式中示出的元素和特征相结合。此外,在附图中,类似的标号表示几个附图中对应的部件,并可用于指示多于一种实施方式中使用的对应部件。在附图中:

- 15 图 1 是本发明实施例提供的一种自适应多流波束赋形方法的流程图;
图 2 是图 1 所示实施例中计算不同波束赋形流数对应的信道容量的方法流程图;
图 3 是图 2 所示实施例中确定每一种波束赋形流数的信道容量的方法流程图;
图 4 是本发明实施例提供的一种基站组成示意图。

20 具体实施方式

参照附图,通过下面的说明书,本发明实施例的前述以及其它特征将变得明显。这些实施方式只是示例性的,不是对本发明的限制。为了使本领域的技术人员能够容易地理解本发明的原理和实施方式,本发明的实施方式以 LET-A 系统中单用户自适应多流波束赋形方法为例进行说明,但可以理解,本发明实施例并不限于上述系统,25 对于涉及多流波束赋形的其他系统均适用。

实施例 1

图 1 是本发明实施例提供的一种自适应多流波束赋形方法的流程图,请参照图 1,该方法包括:

步骤 101: 基站根据用户端发送的信息确定下行链路的信道矩阵;

步骤 102: 基站根据所述信道矩阵计算不同的波束赋形流数对应的信道容量;

步骤 103: 基站根据信道容量的计算结果, 选择信道容量最大对应的波束赋形流数进行下行波束赋形。

在本实施例中, 基站确定了波束赋形流数以后, 就可以将该波束赋形流数通知给用户端, 以使用户端根据该波束赋形流数进行相应的数据收发的处理。其中, 基站将确定的波束赋形流数通知给用户端的方法有很多, 例如, 通过向用户端发送一个新的消息来指示确定的波束赋形流数, 或者利用向用户端发送的已有消息中的预留字段来指示确定的波束赋形流数, 或者通过其他办法。以上只是举例说明, 本实施例并不以此作为限制。

10 在步骤 101 中, 基站可以根据上行用户的信道冲击响应, 根据 LTE-A TDD 系统的上下行互易性, 计算下行链路的信道矩阵。例如, 基站根据用户上报的探测参考信号(Sounding Reference Signal, SRS), 确定上行链路的信道状态信息, 再根据上下行互易性确定下行链路的信道状态信息, 由此可以确定下行链路的信道矩阵。在步骤 101 中, 基站也可以根据用户上报的其他信息, 来确定下行链路的信道矩阵。例如, 15 用户可以直接向基站上报其下行链路的信道状态信息, 由此基站也可以确定下行链路的信道矩阵。

在一个实施例中, 假设基站 (eNodeB) 侧采用 N 根天线, 用户端 (UE) 侧采用 M 根天线。对于上行链路, UE 侧采用 M 根天线轮流发射信号, eNodeB 侧采用 N 根天线同时接收。则, 基站可以采用合并信道估计的处理方式, 将连续 M' 个时刻得到的信道估计合并得到信道矩阵: $H = [h_1 \ h_2 \ \dots \ h_M]$ 。其中, M' 可以与 M 相同, 也可以不同。

在步骤 102 中, 基站可以通过图 2 所示的方法计算不同波束赋形流数对应的信道容量, 请参照图 2, 该方法包括:

步骤 201: 基站确定需要计算信道容量的波束赋形流数;

25 其中, 基站可以根据信道矩阵确定需要计算信道容量的波束赋形的流数。例如, 基站可以将基站侧的天线个数与用户端侧的天线个数中的较小者作为需要计算信道容量的最大波束赋形流数, 确定需要计算信道容量的波束赋形流数为单流至所述最大波束赋形流数。仍以前述为例, 如果 $N < M$, 则确定需要计算波束赋形流量的波束赋形流数为 $1 \sim N$; 如果 $N > M$, 则确定需要计算波束赋形流量的波束赋形流数为

1~M。例如，对于 2×4 矩阵，需要计算信道容量的波束赋形流数为单流和双流，对于 4×4 矩阵，需要计算信道容量的波束赋形流数为单流、双流、三流和四流，以此类推。

5 步骤 202：基站采用奇异值分解 SVD (Singular Value Decomposition) 分解方法对所述信道矩阵进行分解，将分解后的右奇异矩阵的列向量作为波束赋形加权矢量；

其中，采用 SVD 分解方法对步骤 101 确定的信道矩阵进行分解，可以表示如下：

$$\mathbf{H} = \mathbf{U}\mathbf{\Sigma}\mathbf{V}^H。$$

10 其中，H 为步骤 101 确定的信道矩阵， $\mathbf{U}=[\mathbf{u}_1, \mathbf{u}_2 \cdots \mathbf{u}_M]$ 是左奇异矩阵， $\mathbf{V}=[\mathbf{v}_1, \mathbf{v}_2 \cdots \mathbf{v}_N]$ 是右奇异矩阵， $\mathbf{\Sigma}$ 是对角阵，对角元素 $\sigma_1, \sigma_2, \cdots, \sigma_k$ 为奇异值。在本实施例中，采用右奇异矩阵的列向量作为波束赋形加权矢量。

步骤 203：基站根据所述波束赋形加权矢量以及接收端的加权处理矢量，计算对应确定的每一种波束赋形流数的信道容量。

其中，基站可以先建立一个接收端的接收信号模型，基于该接收信号模型，计算对应确定的每一种波束赋形流数的信道容量。

15 其中，该接收信号模型可以根据最小均方误差 MMSE (Minimum Mean Square Error) 接收准则建立。在该接收信号模型的一个实施例中，假设 UE 侧接收到的信号为：

$$y = \mathbf{H}\mathbf{F}\mathbf{x} + n。$$

20 其中，H 是信道矩阵，例如可以是 $M \times N$ 信道矩阵，F 是波束赋形加权矢量，x 为发送信号，n 为噪声。

在该接收信号模型中，假设接收端的噪声平均功率为 N_0 ，并且定义发送的功率为 $E(\mathbf{x}^H \mathbf{x}) = P_T$ ，该功率在多个数据流间平均分配。

在步骤 203 中，基站计算对应步骤 201 确定的每一种波束赋形流数的信道容量可以通过图 3 所示的方法来实现，请参照图 3，该方法包括：

25 步骤 301：基站根据当前波束赋形流数对应的波束赋形加权矢量，确定当前波束赋形流数对应的等效的信道矩阵；

其中，根据波束赋形加权矢量 F，可以确定步骤 101 确定的信道矩阵的等效的信道矩阵为：

$$\tilde{\mathbf{H}} = \mathbf{H}\mathbf{F}。$$

根据步骤 202, \mathbf{H} 可以被分解为 $\mathbf{U}\Sigma\mathbf{V}^H$, 则将对应当前波束赋形流数的 \mathbf{U} 、 Σ 以及 \mathbf{F} 代入上式, 即可获得该等效的信道矩阵。

步骤 302: 基站根据所述等效的信道矩阵, 计算对应当前波束赋形流数的每一路数据流的接收端的加权处理矢量;

5 其中, 假设接收端 (UE 端) 采用基于最小均方误差 (MMSE) 接收, 则该接收端的加权处理矢量可以表示为:

$$\omega_{MMSE} = \mathbf{H}_{eq}^H (\mathbf{H}_{eq} \mathbf{H}_{eq}^H + \frac{N_0}{P_T} \mathbf{I})^{-1}。$$

其中, \mathbf{H}_{eq} 是波束赋形等效的信道矩阵, 在本实施例中, 可以为前述确定的等效的信道矩阵。 N_0 是根据接收信号模型确定的接收端的噪声平均功率, P_T 是根据接收
10 信号模型确定的发送信号功率, $\mathbf{I} = \mathbf{F}^H \mathbf{F}$ 是单位矩阵。

步骤 303: 基站根据所述等效的信道矩阵和所述接收端的加权处理矢量, 以及接收端的信噪比, 计算对应当前波束赋形流数的每一路数据流的信号与干扰加噪声比 SINR (Signal to Interference plus Noise Ratio);

其中, 如果要计算单流波束赋形信道容量, 则计算一路数据流的 SINR 即可; 如
15 果要计算双流波束赋形信道容量, 则计算两路数据流的 SINR; 如果要计算三流波束赋形信道容量, 则计算三路数据流的 SINR, 以此类推。其中, 要选取哪几路数据流来计算其 SINR, 可以根据对步骤 101 确定的信道矩阵进行分解后的对角阵中的对角元素来确定, 根据对角元素从大到小的顺序, 来选择对应的数据流。

例如, 当计算一路数据流的 SINR 时, 选择对角阵中值最大的对角元素对应的右
20 奇异列向量作为波束赋形加权矢量, 计算该波束赋形加权矢量对应的数据流的 SINR; 当计算两路数据流的 SINR 时, 选择对角阵中值靠前的两个对角元素对应的两个右奇异列向量作为波束赋形加权矢量, 计算该波束赋形加权矢量对应的每一路数据流的 SINR; 以此类推。

步骤 304: 基站根据对应当前波束赋形流数的每一路数据流的 SINR, 计算对应
25 每一路数据流的信道的信道容量;

其中, 得到对应每一路数据流的 SINR, 即可据此计算获得对应这路数据流的信道的信道容量。具体计算方法可以通过现有手段来实现, 在此不再赘述。

步骤 305: 基站根据对应每一路数据流的信道的信道容量, 计算对应所述当前波束赋形流数的总的信道容量。

其中，通过对所述当前波束赋形流数对应的每一路数据流的信道的信道容量相加，即可获得该当前波束赋形流数下的总的信道容量。

在本实施例中，对于单流波束赋形，因为只有一路数据流，因此不会产生数据流间的干扰，可以不考虑 MMSE 滤波加权干扰。而对于双流波束赋形，或者三流波束赋形，或者更多波束赋形流数的波束赋形，因为有多路数据流，因此数据流之间会产生干扰，则需要将接收端的加权处理矢量考虑进去。基于建立的接收信号模型，用户端侧的接收信号可以表示为接收端的加权处理矢量与接收信号的乘积。

为了使步骤 203，也即图 3 所示方法更加清楚易懂，以下分别通过单流波束赋形信道容量计算过程、双流波束赋形信道容量计算过程、三流波束赋形信道容量计算过程、以及四流波束赋形信道容量计算过程为例，对本实施例的方法进行详细说明。

其中，基于建立的接收信号模型，单流波束赋形信道容量计算过程如下：

设发送信号 $x = [x_1]$ ，赋形矢量 $F = v_1$ ，则等效的信道矩阵为：

$$\tilde{H} = HF = U\Sigma V^H v_1 = \sigma_1 u_1。$$

其中， u_1 是左奇异矩阵第一列， σ_1 是最大的奇异值，令 $g_1 = \sigma_1 u_1$ ，则有：

$$y = HFx + n = g_1 x_1 + n。$$

接收到的信号 SINR 为：

$$SINR = \frac{E[(g_1 x_1)^H (g_1 x_1)]}{E(n^H n)} = \sigma_1^2 \frac{P_T}{N_0}。$$

因此，单流波束赋形信道容量为：

$$C = \log_2(1 + SINR)。$$

其中，基于建立的接收信号模型，双流波束赋形信道容量计算过程如下：

设发送信号 $x = [x_1, x_2]$ ，赋形矢量 $F = [v_1, v_2]$ ，则等效的信道矩阵为：

$$\tilde{H} = HF = U\Sigma V^H F = [\sigma_1 u_1 \quad \sigma_2 u_2]。$$

其中， σ_1 是最大的奇异值， σ_2 是第二大的奇异值， u_1 是左奇异矩阵第一列， u_2 是左奇异矩阵第二列。

$$\text{令 } [\sigma_1 u_1 \quad \sigma_2 u_2] \hat{=} [g_1 \quad g_2]，$$

$$\text{则： } y = HFx + n = g_1 x_1 + g_2 x_2 + n。$$

在本实施例中，使用 MMSE 检测算法来消除流间干扰，对于数据流 x_1 和 x_2 ，接收端的 MMSE 滤波加权处理矢量分别为：

$$\begin{aligned}\boldsymbol{\omega}_1 &= (\mathbf{g}_1 \mathbf{g}_1^H + \mathbf{g}_2 \mathbf{g}_2^H + \frac{2N_0}{P_T} \mathbf{I})^{-1} \mathbf{g}_1; \\ \boldsymbol{\omega}_2 &= (\mathbf{g}_1 \mathbf{g}_1^H + \mathbf{g}_2 \mathbf{g}_2^H + \frac{2N_0}{P_T} \mathbf{I})^{-1} \mathbf{g}_2.\end{aligned}$$

则 MMSE 接收信号分别为:

$$\begin{aligned}\hat{x}_1 &= \boldsymbol{\omega}_1 \mathbf{y} = \underbrace{\boldsymbol{\omega}_1 \mathbf{g}_1}_{\text{有用信号}} x_1 + \underbrace{\boldsymbol{\omega}_1 (\mathbf{g}_2 x_2 + \mathbf{n})}_{\text{干扰信号和噪声}}; \\ \hat{x}_2 &= \boldsymbol{\omega}_2 \mathbf{y} = \underbrace{\boldsymbol{\omega}_2 \mathbf{g}_2}_{\text{有用信号}} x_2 + \underbrace{\boldsymbol{\omega}_2 (\mathbf{g}_1 x_1 + \mathbf{n})}_{\text{干扰信号和噪声}}.\end{aligned}$$

对于第一个数据流 x_1 , 接收的 SINR 为:

$$SINR_1 = \frac{\|\boldsymbol{\omega}_1 \mathbf{g}_1 x_1\|_F^2}{\|\boldsymbol{\omega}_1 (\mathbf{g}_2 x_2 + \mathbf{n})\|_F^2} = \mathbf{g}_1^H (\mathbf{g}_2 \mathbf{g}_2^H + \frac{2N_0}{P_T} \mathbf{I})^{-1} \mathbf{g}_1.$$

第一个数据流的信道遍历容量为:

$$C_1 = \log_2(1 + SINR_1).$$

10 对于第二个数据流 x_2 , 接收的 SINR 为:

$$SINR_2 = \frac{\|\boldsymbol{\omega}_2 \mathbf{g}_2 x_2\|_F^2}{\|\boldsymbol{\omega}_2 (\mathbf{g}_1 x_1 + \mathbf{n})\|_F^2} = \mathbf{g}_2^H (\mathbf{g}_1 \mathbf{g}_1^H + \frac{2N_0}{P_T} \mathbf{I})^{-1} \mathbf{g}_2.$$

第二个数据流的信道遍历容量为:

$$C_2 = \log_2(1 + SINR_2).$$

所以, 双流波束赋形时系统总容量为:

$$15 \quad C = C_1 + C_2 = \log_2[(1 + SINR_1)(1 + SINR_2)].$$

其中, 基于建立的接收信号模型, 三流波束赋形信道容量计算过程如下:

设发送信号 $\mathbf{x} = [x_1, x_2, x_3]$, 赋形矢量 $\mathbf{F} = [\mathbf{v}_1, \mathbf{v}_2, \mathbf{v}_3]$, 则等效的信道矩阵为:

$$\tilde{\mathbf{H}} = \mathbf{H}\mathbf{F} = \mathbf{U}\boldsymbol{\Sigma}\mathbf{V}^H\mathbf{F} = [\sigma_1 \mathbf{u}_1 \quad \sigma_2 \mathbf{u}_2 \quad \sigma_3 \mathbf{u}_3].$$

20 其中, σ_1 是最大的奇异值, σ_2 是第二大的奇异值, σ_3 是第三大的奇异值, \mathbf{u}_1 是左奇异矩阵第一列, \mathbf{u}_2 是左奇异矩阵第二列, \mathbf{u}_3 是左奇异矩阵第三列。

令 $[\sigma_1 \mathbf{u}_1 \quad \sigma_2 \mathbf{u}_2 \quad \sigma_3 \mathbf{u}_3] \hat{=} [\mathbf{g}_1 \quad \mathbf{g}_2 \quad \mathbf{g}_3]$, 则有:

$$\mathbf{y} = \mathbf{H}\mathbf{F}\mathbf{x} + \mathbf{n} = \mathbf{g}_1 x_1 + \mathbf{g}_2 x_2 + \mathbf{g}_3 x_3 + \mathbf{n}.$$

对于数据流 x_1 , x_2 和 x_3 , 接收端的 MMSE 滤波加权处理矢量分别为:

$$\begin{aligned}\boldsymbol{\omega}_1 &= (\mathbf{g}_1 \mathbf{g}_1^H + \mathbf{g}_2 \mathbf{g}_2^H + \mathbf{g}_3 \mathbf{g}_3^H + \frac{3N_0}{P_T} \mathbf{I})^{-1} \mathbf{g}_1; \\ \boldsymbol{\omega}_2 &= (\mathbf{g}_1 \mathbf{g}_1^H + \mathbf{g}_2 \mathbf{g}_2^H + \mathbf{g}_3 \mathbf{g}_3^H + \frac{3N_0}{P_T} \mathbf{I})^{-1} \mathbf{g}_2;\end{aligned}$$

$$\boldsymbol{\omega}_3 = (\mathbf{g}_1\mathbf{g}_1^H + \mathbf{g}_2\mathbf{g}_2^H + \mathbf{g}_3\mathbf{g}_3^H + \frac{3N_0}{P_T}\mathbf{I})^{-1}\mathbf{g}_3。$$

所以 MMSE 接收信号分别为:

$$\begin{aligned} \hat{x}_1 &= \boldsymbol{\omega}_1\mathbf{y} = \underbrace{\boldsymbol{\omega}_1\mathbf{g}_1}_{\text{有用信号}}x_1 + \underbrace{\boldsymbol{\omega}_1(\mathbf{g}_2x_2 + \mathbf{g}_3x_3 + \mathbf{n})}_{\text{干扰信号和噪声}}; \\ \hat{x}_2 &= \boldsymbol{\omega}_2\mathbf{y} = \underbrace{\boldsymbol{\omega}_2\mathbf{g}_2}_{\text{有用信号}}x_2 + \underbrace{\boldsymbol{\omega}_2(\mathbf{g}_1x_1 + \mathbf{g}_3x_3 + \mathbf{n})}_{\text{干扰信号和噪声}}; \\ \hat{x}_3 &= \boldsymbol{\omega}_3\mathbf{y} = \underbrace{\boldsymbol{\omega}_3\mathbf{g}_3}_{\text{有用信号}}x_3 + \underbrace{\boldsymbol{\omega}_3(\mathbf{g}_1x_1 + \mathbf{g}_2x_2 + \mathbf{n})}_{\text{干扰信号和噪声}}。 \end{aligned}$$

对于第一个数据流 x_1 ，接收的 SINR 为:

$$SINR_1 = \frac{\|\boldsymbol{\omega}_1\mathbf{g}_1x_1\|_F^2}{\|\boldsymbol{\omega}_1(\mathbf{g}_2x_2 + \mathbf{g}_3x_3 + \mathbf{n})\|_F^2} = \mathbf{g}_1^H (\mathbf{g}_2\mathbf{g}_2^H + \mathbf{g}_3\mathbf{g}_3^H + \frac{3N_0}{P_T}\mathbf{I})^{-1}\mathbf{g}_1。$$

同理可得，第二个数据流 x_2 和第三个数据流 x_3 接收的 SINR 分别为:

$$\begin{aligned} SINR_2 &= \mathbf{g}_2^H (\mathbf{g}_1\mathbf{g}_1^H + \mathbf{g}_3\mathbf{g}_3^H + \frac{3N_0}{P_T}\mathbf{I})^{-1}\mathbf{g}_2; \\ SINR_3 &= \mathbf{g}_3^H (\mathbf{g}_1\mathbf{g}_1^H + \mathbf{g}_2\mathbf{g}_2^H + \frac{3N_0}{P_T}\mathbf{I})^{-1}\mathbf{g}_3。 \end{aligned}$$

所以进行三个数据流的波束赋形时遍历信道容量为:

$$C = C_1 + C_2 + C_3 = \log_2[(1 + SINR_1)(1 + SINR_2)(1 + SINR_3)]。$$

以此类推，基于建立的接收信号模型，进行四个数据流的波束赋形时遍历信道容量为:

$$C = C_1 + C_2 + C_3 + C_4 = \log_2[(1 + SINR_1)(1 + SINR_2)(1 + SINR_3)(1 + SINR_4)]。$$

其中:

$$SINR_1 = \mathbf{g}_1^H (\mathbf{g}_2\mathbf{g}_2^H + \mathbf{g}_3\mathbf{g}_3^H + \mathbf{g}_4\mathbf{g}_4^H + \frac{4N_0}{P_T}\mathbf{I})^{-1}\mathbf{g}_1;$$

$$SINR_2 = \mathbf{g}_2^H (\mathbf{g}_1\mathbf{g}_1^H + \mathbf{g}_3\mathbf{g}_3^H + \mathbf{g}_4\mathbf{g}_4^H + \frac{4N_0}{P_T}\mathbf{I})^{-1}\mathbf{g}_2;$$

$$SINR_3 = \mathbf{g}_3^H (\mathbf{g}_1\mathbf{g}_1^H + \mathbf{g}_2\mathbf{g}_2^H + \mathbf{g}_4\mathbf{g}_4^H + \frac{4N_0}{P_T}\mathbf{I})^{-1}\mathbf{g}_3;$$

$$SINR_4 = \mathbf{g}_4^H (\mathbf{g}_1\mathbf{g}_1^H + \mathbf{g}_2\mathbf{g}_2^H + \mathbf{g}_3\mathbf{g}_3^H + \frac{4N_0}{P_T}\mathbf{I})^{-1}\mathbf{g}_4。$$

$$[\mathbf{g}_1 \cdots \mathbf{g}_4] \hat{=} [\sigma_1\mathbf{u}_1 \cdots \sigma_4\mathbf{u}_4]。$$

通过以上实施例描述的方法，即可获得步骤 102 中不同的波束赋形流数对应的信道容量。

在步骤 103 中，根据信道容量的计算结果，选择信道容量最大对应的波束赋形流

数进行下行波束赋形。

其中，假设确定信道容量最大对应的波束赋形流数为 n ，则对下行链路进行 n 流波束赋形，赋形公式可以为：

$$\begin{bmatrix} z^{(0)}(i) \\ \vdots \\ z^{(M-1)}(i) \end{bmatrix} = [\mathbf{v}_1 \quad \cdots \quad \mathbf{v}_n] \begin{bmatrix} s^{(7)}(i) \\ \vdots \\ s^{(6+n)}(i) \end{bmatrix}。$$

5 其中， $s^{(p)}(i)$ 代表天线端口 p 的发送信号， \mathbf{v}_n 是第 n 个右奇异向量， $z(i)$ 为波束赋形后的数据。

本发明实施例提供了一种应用在 TDD LTE-Advanced 系统中的自适应多流波束赋形方法，该方法以信道容量作为判决机制，考虑信道条件，自适应选择波束赋形流数，增加了系统的灵活性，进而提高了 TDD LTE-Advanced 系统的整体性能。

10 本发明实施例还提供了一种基站，如下面的实施例 2 所述。由于该基站解决问题的原理与上述实施例 1 的方法相似，因此该基站的实施可以参见实施例 1 的方法的实施，重复之处不再赘述。

实施例 2

图 4 是本发明实施例提供的一种基站的组成示意图。如图 4 所示，该基站包括：

15 确定单元 41，其用于根据用户端发送的信息确定下行链路的信道矩阵；

计算单元 42，其根据所述确定单元 41 确定的信道矩阵计算不同的波束赋形流数对应的信道容量；

选择单元 43，其根据所述计算单元 42 对信道容量的计算结果，选择信道容量最大对应的波束赋形流数进行下行波束赋形。

20 在一个实施例中，该基站还包括：

通知单元 44，其用于将所述选择单元 43 所选择的波束赋形流数通知给所述用户端。

在一个实施例中，计算单元 42 包括：

确定模块 421，其用于确定需要计算信道容量的波束赋形流数；

25 分解模块 422，其用于采用奇异值分解 SVD 分解方法对所述确定单元 41 确定的信道矩阵进行分解，将分解后的右奇异矩阵的列向量作为波束赋形加权矢量；

计算模块 423，其用于根据所述分解模块 422 分解获得的波束赋形加权矢量，以及接收端的加权处理矢量，计算对应确定模块 421 确定的每一种波束赋形流数的信道

容量。

在一个实施例中，确定模块 421 包括：

比较子模块 4211，其用于将基站侧的天线个数与用户端侧的天线个数进行比较；

确定子模块 4212，其用于根据所述比较子模块 4211 的比较结果，将所述个数中的较小者作为需要计算信道容量的最大波束赋形流数，确定需要计算信道容量的波束赋形流数为单流至所述最大波束赋形流数。

在一个实施例中，分解模块 422 具体用于根据以下公式对所述确定单元确定的信道矩阵进行分解：

$$H = U \Sigma V^H。$$

10 其中， H 为信道矩阵， U 为左奇异矩阵， V 为右奇异矩阵， Σ 为对角阵。

在一个实施例中，计算模块 423 具体用于：根据当前波束赋形流数对应的波束赋形加权矢量，确定当前波束赋形流数对应的等效的信道矩阵；根据所述等效的信道矩阵，计算对应当前波束赋形流数的每一路数据流的接收端的加权处理矢量；根据所述等效的信道矩阵和所述接收端的加权处理矢量，以及接收端的信噪比计算对应当前波束赋形流数的每一路数据流的信号与干扰加噪声比 SINR；根据所述对应当前波束赋形流数的每一路数据流的 SINR，计算对应所述每一路数据流的信道的信道容量；根据对应所述每一路数据流的信道的信道容量，计算获得对应所述当前波束赋形流数的总的信道容量。

20 其中，计算模块 423 具体用于根据以下公式计算对应当前波束赋形流数的每一路数据流的接收端的加权处理矢量：

$$\omega_{MMSE} = H_{eq}^H (H_{eq} H_{eq}^H + \frac{N_0}{P_T} I)^{-1}。$$

其中， H_{eq} 是波束赋形等效的信道矩阵， N_0 是噪声功率， P_T 是发送信号功率， $I = F^H F$ 是单位矩阵。

25 本发明实施例提供了一种应用在 TDD LTE-Advanced 系统中的基站，该基站采用自适应多流波束赋形方法，以信道容量作为判决机制，考虑信道条件，自适应选择波束赋形流数，增加了系统的灵活性，进而提高了 TDD LTE-Advanced 系统的整体性能。

本发明实施例还提供了一种计算机可读程序，其中当在基站中执行该程序时，该程序使得计算机在所述基站中执行实施例 1 所述的自适应多流波束赋形方法。

本发明实施例还提供了一种存储有计算机可读程序的存储介质，其中该计算机可

读程序使得计算机在基站中执行实施例 1 所述的自适应多流波束赋形方法。

本发明以上的装置和方法可以由硬件实现，也可以由硬件结合软件实现。本发明涉及这样的计算机可读程序，当该程序被逻辑部件所执行时，能够使该逻辑部件实现上文所述的装置或构成部件，或使该逻辑部件实现上文所述的各种方法或步骤。逻辑部件例如现场可编程逻辑部件、微处理器、计算机中使用的处理器等。本发明还涉及用于存储以上程序的存储介质，如硬盘、磁盘、光盘、DVD、flash 存储器等。

以上结合具体的实施方式对本发明进行了描述，但本领域技术人员应该清楚，这些描述都是示例性的，并不是对本发明保护范围的限制。本领域技术人员可以根据本发明的精神和原理对本发明做出各种变型和修改，这些变型和修改也在本发明的范围内。

权 利 要 求 书

1、一种自适应多流波束赋形方法，其中，所述方法包括：

基站根据用户端发送的信息确定下行链路的信道矩阵；

基站根据所述信道矩阵计算不同的波束赋形流数对应的信道容量；

5 基站根据信道容量的计算结果，选择信道容量最大对应的波束赋形流数进行下行波束赋形。

2、根据权利要求 1 所述的方法，其中，选择信道容量最大对应的波束赋形流数进行下行波束赋形之后，所述方法还包括：

基站将所选择的波束赋形流数通知给所述用户端。

10 3、根据权利要求 1 所述的方法，其中，基站根据所述信道矩阵计算不同波束赋形流数对应的信道容量，包括：

基站确定需要计算信道容量的波束赋形流数；

基站采用奇异值分解 SVD 分解方法对所述信道矩阵进行分解，将分解后的右奇异矩阵的列向量作为波束赋形加权矢量；

15 基站根据所述波束赋形加权矢量以及接收端的加权处理矢量，计算对应确定的每一种波束赋形流数的信道容量。

4、根据权利要求 3 所述的方法，其中，基站确定需要计算信道容量的波束赋形流数，包括：

20 基站将基站侧的天线个数与用户端侧的天线个数中的较小者作为需要计算信道容量的最大波束赋形流数；

确定需要计算信道容量的波束赋形流数为单流至所述最大波束赋形流数。

5、根据权利要求 3 所述的方法，其中，基站采用奇异值分解 SVD 分解方法对所述信道矩阵进行分解，是根据以下公式分解：

$$H = U \Sigma V^H;$$

25 其中，H 为所述信道矩阵，U 为左奇异矩阵，V 为右奇异矩阵， Σ 为对角阵。

6、根据权利要求 3 所述的方法，其中，基站根据所述波束赋形加权矢量以及接收端的加权处理矢量，计算对应确定的每一种波束赋形流数的信道容量，包括：

基站根据当前波束赋形流数对应的波束赋形加权矢量，确定当前波束赋形流数对应的等效的信道矩阵；

基站根据所述等效的信道矩阵，计算对应当前波束赋形流数的每一路数据流的接收端的加权处理矢量；

基站根据所述等效的信道矩阵和所述接收端的加权处理矢量，以及接收端的信噪比，计算对应当前波束赋形流数的每一路数据流的信号与干扰加噪声比 SINR；

5 基站根据所述对应当前波束赋形流数的每一路数据流的 SINR，计算对应所述每一路数据流的信道的信道容量；

基站根据对应所述每一路数据流的信道的信道容量，计算获得对应所述当前波束赋形流数的总的信道容量。

7、根据权利要求 6 所述的方法，其中，基站计算对应当前波束赋形流数的每一路数据流的接收端的加权处理矢量，是根据以下公式计算：

$$\omega_{MMSE} = H_{eq}^H (H_{eq} H_{eq}^H + \frac{N_0}{P_T} I)^{-1};$$

其中， H_{eq} 是所述等效的信道矩阵， N_0 是噪声功率， P_T 是发送信号功率， $I = F^H F$ 是单位矩阵。

8、一种基站，其中，所述基站包括：

15 确定单元，其用于根据用户端发送的信息确定下行链路的信道矩阵；

计算单元，其根据所述确定单元确定的信道矩阵计算不同的波束赋形流数对应的信道容量；

选择单元，其根据所述计算单元对信道容量的计算结果，选择信道容量最大对应的波束赋形流数进行下行波束赋形。

20 9、根据权利要求 8 所述的基站，其中，所述基站还包括：

通知单元，其用于将所述选择单元所选择的波束赋形流数通知给所述用户端。

10、根据权利要求 8 所述的基站，其中，所述计算单元包括：

确定模块，其用于确定需要计算信道容量的波束赋形流数；

25 分解模块，其用于采用奇异值分解 SVD 分解方法对所述确定单元确定的信道矩阵进行分解，将分解后的右奇异矩阵的列向量作为波束赋形加权矢量；

计算模块，其用于根据所述分解模块分解获得的波束赋形加权矢量，以及接收端的加权处理矢量，计算对应所述确定模块确定的每一种波束赋形流数的信道容量。

11、根据权利要求 10 所述的基站，其中，所述确定模块包括：

比较子模块，其用于将基站侧的天线个数与用户端侧的天线个数进行比较；

确定子模块，其用于根据所述比较子模块的比较结果，将所述个数中的较小者作为需要计算信道容量的最大波束赋形流数，确定需要计算信道容量的波束赋形流数为单流至所述最大波束赋形流数。

12、根据权利要求 10 所述的基站，其中，所述分解模块具体用于根据以下公式
5 对所述确定单元确定的信道矩阵进行分解：

$$H = U \Sigma V^H;$$

其中， H 为信道矩阵， U 为左奇异矩阵， V 为右奇异矩阵， Σ 为对角阵。

13、根据权利要求 10 所述的基站，其中，所述计算模块具体用于：

10 根据当前波束赋形流数对应的波束赋形加权矢量，确定当前波束赋形流数对应的等效的信道矩阵；

根据所述等效的信道矩阵，计算对应当前波束赋形流数的每一路数据流的接收端的加权处理矢量；

根据所述等效的信道矩阵和所述接收端的加权处理矢量，以及接收端的信噪比计算对应当前波束赋形流数的每一路数据流的信号与干扰加噪声比 SINR；

15 根据所述对应当前波束赋形流数的每一路数据流的 SINR，计算对应所述每一路数据流的信道的信道容量；

根据对应所述每一路数据流的信道的信道容量，计算获得对应所述当前波束赋形流数的总的信道容量。

14、根据权利要求 13 所述的基站，其中，所述计算模块具体用于根据以下公式
20 计算对应当前波束赋形流数的每一路数据流的接收端的加权处理矢量：

$$\omega_{MMSE} = H_{eq}^H (H_{eq} H_{eq}^H + \frac{N_0}{P_T} I)^{-1};$$

其中， H_{eq} 是所述等效的信道矩阵， N_0 是噪声功率， P_T 是发送信号功率， $I = F^H F$ 是单位矩阵。

15、一种计算机可读程序，其中当在基站中执行该程序时，该程序使得计算机在
25 所述基站中执行如权利要求 1 至 7 中的任意一项权利要求所述的自适应多流波束赋形方法。

16、一种存储有计算机可读程序的存储介质，其中该计算机可读程序使得计算机在基站中执行权利要求 1 至 7 中的任意一项权利要求所述的自适应多流波束赋形方法。

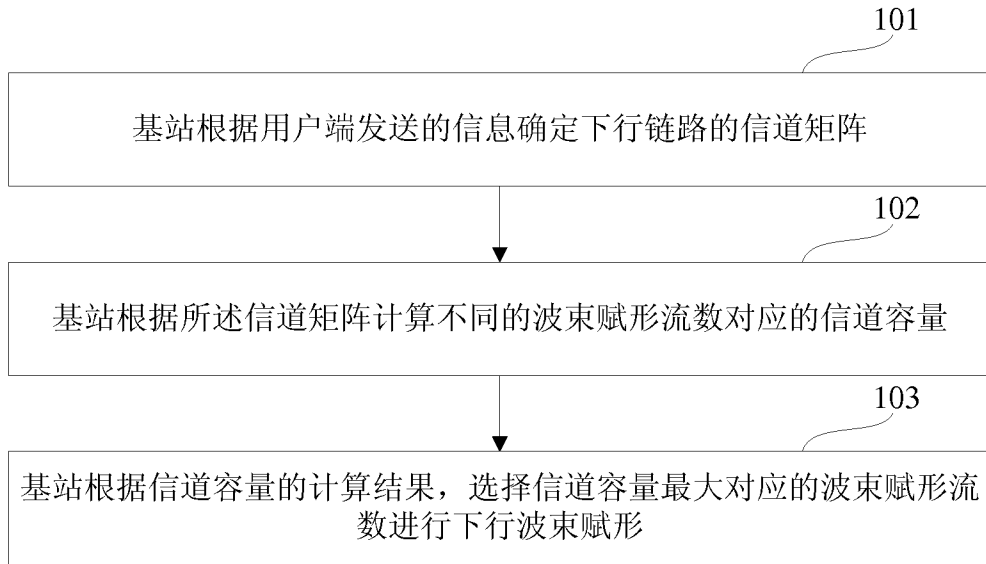


图 1

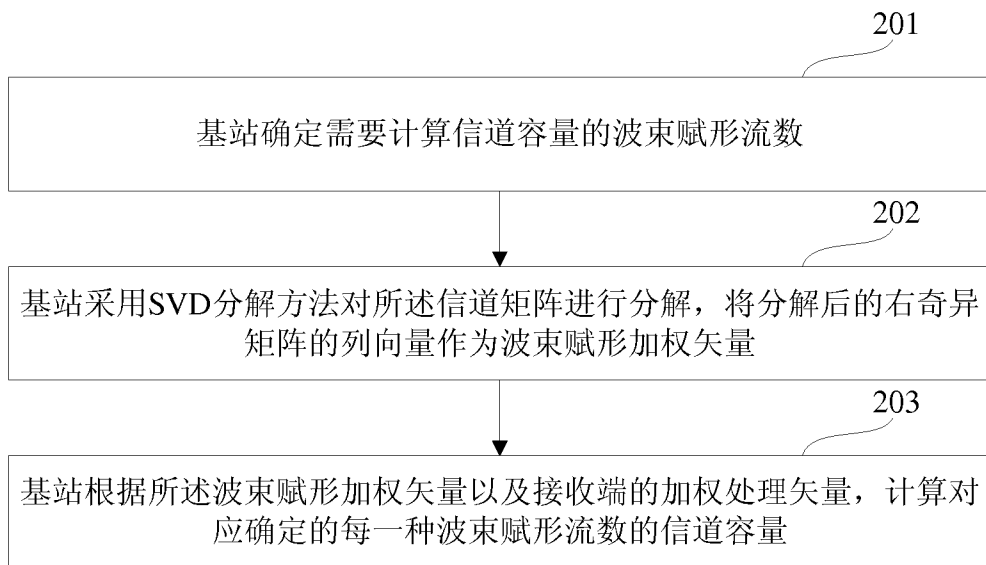


图 2

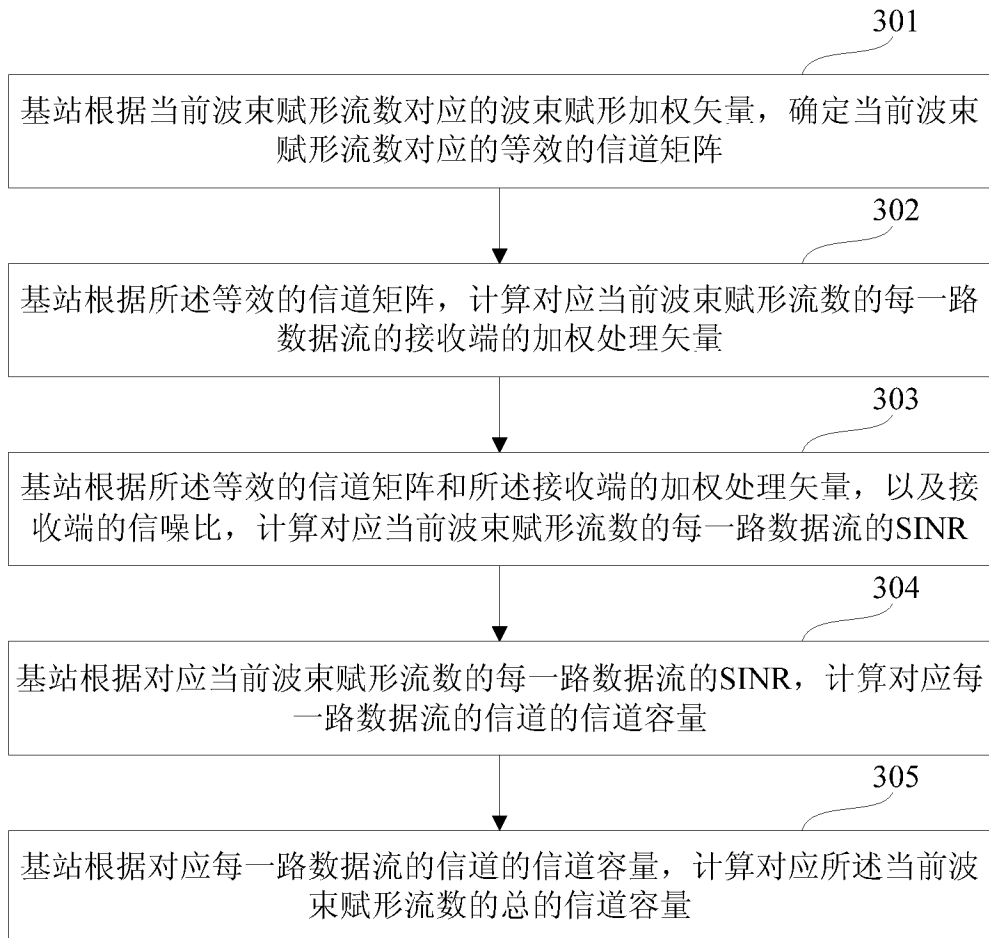


图 3

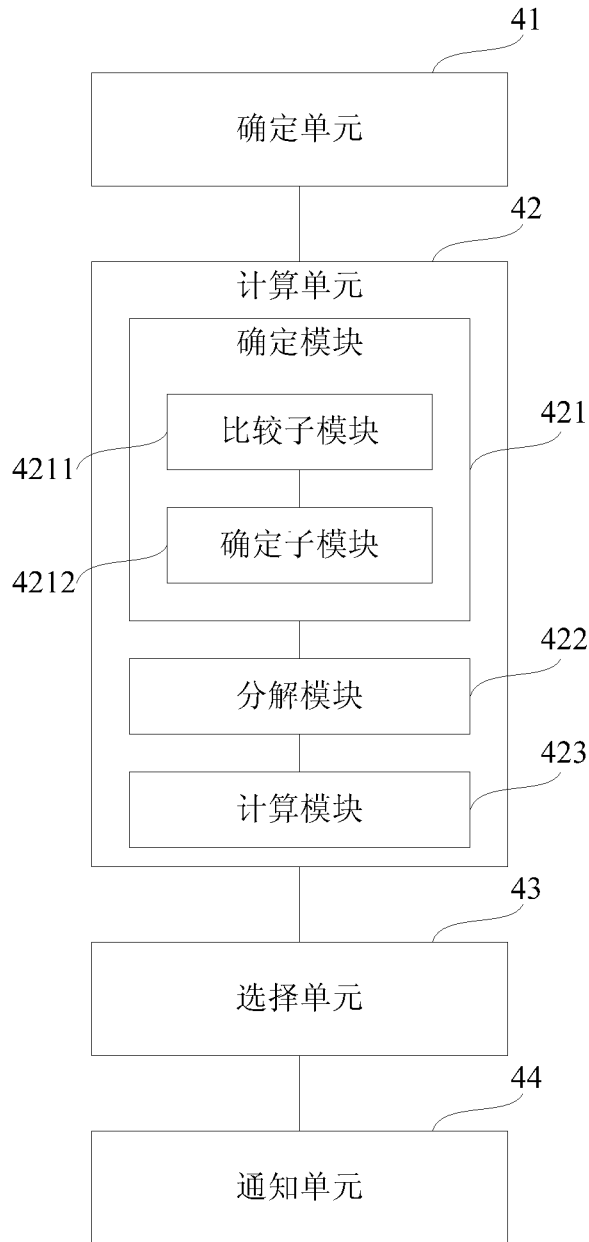


图 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2011/074625

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H04B7/04(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)

IPC: H04B7/-;H04L27/-;H01Q3/-;H04W52/-;

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)
CNABS,CNKI,VEN: multiple,input,multiple,output,MIMO,orthogonal,frequency,division,multiplexing,OFDM,beamforming,form+,channel,matrix,capacity,adaptive,select+,stream?,number

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CN1917497A(UNIV QINGHUA) 21 Feb. 2007(21.02.2007) Description page 2 line 1-page 3 line 17	1-2,8-9,15-16
A	The same as above	3-7,10-14
A	CN101754347A(DATANG MOBILE COMMUNICATIONS EQUIP CO LT) 23 Jun.2010 (23.06.2010) the whole document	1-16
A	WO2009095889A2 (NOKIA CORP) 06 Aug. 2009 (06.08.2009) the whole document	1-16

 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 03 Feb.2012 (03.02.2012)	Date of mailing of the international search report 08 Mar. 2012 (08.03.2012)
---	--

Name and mailing address of the ISA/CN
The State Intellectual Property Office, the P.R.China
6 Xitucheng Rd., Jimen Bridge, Haidian District, Beijing, China
100088
Facsimile No. 86-10-62019451

Authorized officer

YAN, Yan

Telephone No. (86-10)62411411

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2011/074625

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN1917497A	21.02.2007	CN1917497B	12.05.2010
CN101754347A	23.06.2010	NONE	
WO2009095889A2	06.08.2009	WO2009095889A3	08.10.2009
		US2009195453A1	06.08.2009

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2011/074625

检索报告中引用的 专利文件	公布日期	同族专利	公布日期
CN1917497A	21.02.2007	CN1917497B	12.05.2010
CN101754347A	23.06.2010	无	
WO2009095889A2	06.08.2009	WO2009095889A3	08.10.2009
		US2009195453A1	06.08.2009