

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

H04B 7/06 (2006.01)

H04B 7/08 (2006.01)



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200810096796.X

[43] 公开日 2009年11月11日

[11] 公开号 CN 101577573A

[22] 申请日 2008.5.9

[21] 申请号 200810096796.X

[71] 申请人 中兴通讯股份有限公司

地址 518057 广东省深圳市南山区高新技术产业园科技南路中兴通讯大厦

[72] 发明人 段亚军

[74] 专利代理机构 北京康信知识产权代理有限公司

代理人 尚志峰 吴孟秋

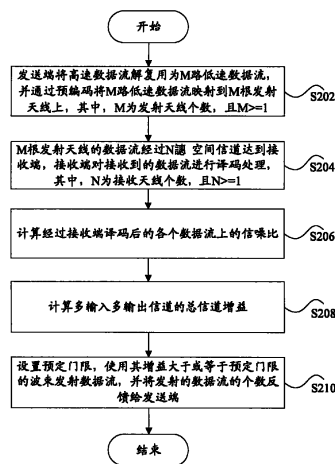
权利要求书 5 页 说明书 12 页 附图 4 页

[54] 发明名称

独立数据流控制方法及装置

[57] 摘要

本发明公开了一种独立数据流控制方法，包括：发送端将高速数据流解复用为 M 路低速数据流，并通过预编码将 M 路低速数据流映射到 M 根发射天线上，其中，M 为发射天线个数，且 $M > 1$ ；M 根发射天线的数据流经过 $N \times M$ 空间信道达到接收端，接收端对接收到的数据流进行译码处理，其中，N 为接收天线个数，且 $N > 1$ ；计算经过接收端译码后的各个数据流上的信噪比；计算多输入多输出信道的总信道增益；设置预定门限，使用其增益大于或等于预定门限的波束发射数据流，并将发射的数据流的个数反馈给发送端。此外，本发明还公开了一种独立数据流控制装置。通过上述技术方案，能够提高流的传输质量，从而提高整个系统的传输效果。



1. 一种独立数据流控制方法，其特征在于，包括：

发送端将高速数据流解复用为 M 路低速数据流，并通过预编码将所述 M 路低速数据流映射到 M 根发射天线上，其中， M 为发射天线个数，且 $M \geq 1$ ；

所述 M 根发射天线的数据流经过 $N \times M$ 空间信道达到接收端，所述接收端对接收到的数据流进行译码处理，其中， N 为接收天线个数，且 $N \geq 1$ ；

计算经过所述接收端译码后的各个数据流上的信噪比；

计算多输入多输出信道的总信道增益；

设置预定门限，将其增益大于或等于所述预定门限的波束用于发射数据流，并将发射的数据流的个数反馈给所述发送端。

2. 根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于，在所述通过预编码将所述 M 路低速数据流映射到 M 根发射天线上的操作中，根据如下公式进行预编码操作：

$$\mathbf{r} = \mathbf{H}\mathbf{F}\mathbf{s} + \mathbf{n}$$

其中， \mathbf{r} 是 $N \times 1$ 的接收信号矢量， \mathbf{H} 是 $N \times M$ 的信道矩阵， \mathbf{F} 是 $M \times B$ 的最优预编码矩阵， \mathbf{s} 是 $B \times 1$ 的发射符号信息， $B = \text{rank}(\mathbf{H}) \leq \min(M, N)$ ， \mathbf{n} 是 $N \times 1$ 的噪声矢量；

$$\text{其中， } \mathbf{F} = \begin{bmatrix} F_{11} & F_{12} & \Lambda & F_{1B} \\ F_{21} & F_{22} & \Lambda & F_{2B} \\ \Lambda & \Lambda & \Lambda & \Lambda \\ F_{M1} & F_{M2} & \Lambda & F_{MB} \end{bmatrix}, \quad \mathbf{H} = \mathbf{U}\mathbf{\Sigma}\mathbf{V}^H$$

U 和 V 分别是 $N \times N$ 和 $M \times M$ 的正交矩阵, Σ 是由 H 的奇异值 λ_i 组成的对角阵。

3. 根据权利要求 2 所述的方法, 其特征在于, 所述接收端使用如下公式对接收到的数据流进行译码处理, 其中 G 是与 F 对应的最优解预编码矩阵:

$$\hat{\mathbf{y}} = \mathbf{GHFs} + \mathbf{n}' = \Sigma \mathbf{s} + \mathbf{n}'$$

$$\hat{y}_i = \lambda_i s_i + n_i, \quad i=1, 2, \dots, B,$$

其中, λ_i 为信道矩阵 H 进行奇异值分解得到第 i 个非零奇异值, 其物理意义为第 i 个数据流对应的子信道的增益, 且

$\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_B \geq 0$, s_i 是第 i 个 $B \times 1$ 的发射符号信息, n_i 是第 i 个 $N \times 1$ 的噪声矢量, F 是取 V 的左 B 列构成的矩阵, G 是取 U 的左 B 列。

4. 根据权利要求 3 所述的方法, 其特征在于, 使用如下公式计算经过所述接收端译码后的各个数据流上的信噪比:

$$SNR_i = \lambda_i \frac{E\|s_i\|^2}{E\|n_i\|^2} = \lambda_i \frac{P_{Ti}}{v_i^2}, \quad i=1, 2, \dots, B$$

其中, P_{Ti} 是第 i 个数据流的发射功率, v_i^2 是第 i 个数据流对应的子信道的噪声功率谱密度。

5. 根据权利要求 4 所述的方法, 其特征在于, 使用如下公式计算多输入多输出信道的总信道增益:

$$Q = \sum_{i=1}^B \lambda_i, \quad i=1, 2, \dots, B$$

其中, 各个波束上的增益分别为 $\frac{\lambda_i}{Q}$ 。

6. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述预定门限 $T = 0.1 * Q$ 。

7. 根据权利要求1至6中任一项所述的方法,其特征在于,进一步包括:

所述发送端根据所述接收端反馈的所述个数来调度相应数目的独立数据流。

8. 一种独立数据流控制装置,其特征在于,包括:

接收模块,用于接收发送端发送的 M 路数据流,其中, M 为发射天线的个数,且 $M \geq 1$;

译码处理模块,用于对所述接收模块接收到的数据流进行译码处理,其中, N 为接收天线个数,且 $N \geq 1$;

信噪比计算模块,用于计算经过所述译码处理模块译码后的各个数据流上的信噪比;

信道增益计算模块,用于计算多输入多输出信道的总信道增益;

设置模块,用于设置预定门限;

确定模块,用于确定用于发射数据流的增益大于或等于所述预定门限的波束,并将发射的数据流的个数反馈给所述发送端。

9. 根据权利要求8所述的装置,其特征在于,所述译码处理模块使用如下公式对接收到的数据流进行译码处理:

$$\hat{y} = GHFs + n' = \Sigma s + n'$$

$$\hat{y}_i = \lambda_i s_i + n_i, \quad i = 1, 2, \dots, B,$$

其中， H 是 $N \times M$ 的信道矩阵， F 是 $M \times B$ 的预编码矩阵， s 是 $B \times 1$ 的发射符号信息， $B = \text{rank}(H) \leq \min(M, N)$ ， n 是 $N \times 1$ 的噪声矢量；

$$\text{其中， } F = \begin{bmatrix} F_{11} & F_{12} & \Lambda & F_{1B} \\ F_{21} & F_{22} & \Lambda & F_{2B} \\ \Lambda & \Lambda & \Lambda & \Lambda \\ F_{M1} & F_{M2} & \Lambda & F_{MB} \end{bmatrix}, \quad H = U \Sigma V^H,$$

U 和 V 分别是 $N \times N$ 和 $M \times M$ 的正交矩阵， Σ 是由 H 的奇异值 λ_i 组成的对角阵；

λ_i 为第 i 个数据流对应的子信道的增益，且 $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_B \geq 0$ ， s_i 是第 i 个 $B \times 1$ 的发射符号信息， n_i 是第 i 个 $N \times 1$ 的噪声矢量， F 是取 V 的左 B 列构成的矩阵， G 是取 U 的左 B 列。

10. 根据权利要求 9 所述的装置，其特征在于，所述信噪比计算模块使用如下公式计算经过所述接收端译码后的各个数据流上的信噪比：

$$SNR_i = \lambda_i \frac{E \left\| s_i \right\|^2}{E \left\| n_i \right\|^2} = \lambda_i \frac{P_{T_i}}{v_i^2}, \quad i=1, 2, \dots, B$$

其中， P_{T_i} 是第 i 个数据流的发射功率， v_i^2 是第 i 个数据流对应的子信道的噪声功率谱密度。

11. 根据权利要求 10 所述的装置，其特征在于，所述增益计算模块使用如下公式计算多输入多输出信道的总信道增益：

$$Q = \sum_{i=1}^B \lambda_i, \quad i=1, 2, \dots, B$$

其中，各个波束上的增益分别为 $\frac{\lambda_i}{Q}$ 。

-
12. 根据权利要求 8 所述的装置,其特征在于,所述设置模块设置预定门限 $T = 0.1 * Q$ 。

独立数据流控制方法及装置

技术领域

本发明涉及通信领域，并且特别地，涉及一种独立数据流控制方法和装置。

背景技术

提高有限带宽的频带利用率和克服无线信道的多径衰落是宽带无线通信系统面临的严峻挑战，多输入多输出（Multi-Input Multi-Output，简称为MIMO）技术能够在不增加所占用的信号带宽的前提下提高系统的传输效率和传输可靠性。

对于阵列天线而言，预编码MIMO是一种集空间分集（波束形成）和空间复用于一体的多天线传输技术。这里的空间分集采用了正交多波束（而不仅仅是天线本身），最优的多波束是信道的特征矢量，可以在这多个波束中分别传输独立的数据流，由于各个不同的数据流在彼此正交的波束上传输，因此有利于接收机进行检测。

但在实际应用中，有些波束对应的增益过小，使得接收机无法检测，导致这些数据流的传输质量非常差，影响整个系统的传输效果。

发明内容

考虑到有些波束对应的增益过小，使得接收机无法检测的问题而做出本发明，为此本发明的主要目的在于提供一种独立数据流控

制方法，以解决相关技术中由于波束对应的增益过小、接收机无法检测，导致数据流的传输质量差，影响整个系统的传输效果的问题。

根据本发明的一个方面，提供了一种独立数据流控制方法。

根据本发明实施例的独立数据流控制方法包括：发送端将高速数据流解复用为 M 路低速数据流，并通过预编码将 M 路低速数据流映射到 M 根发射天线上，其中， M 为发射天线个数，且 $M \geq 1$ ； M 根发射天线的数据流经过 $N \times M$ 空间信道达到接收端，接收端对接收到的数据流进行译码处理，其中， N 为接收天线个数，且 $N \geq 1$ ；计算经过接收端译码后的各个数据流上的信噪比；计算多输入多输出信道的总信道增益；设置预定门限，使用其增益大于或等于预定门限的波束发射数据流，并将发射的数据流的个数反馈给发送端。

优选地，在上述通过预编码将 M 路低速数据流映射到 M 根发射天线上的操作中，根据如下公式进行预编码操作： $\mathbf{r} = \mathbf{H}\mathbf{F}\mathbf{s} + \mathbf{n}$ ，其中， \mathbf{r} 是 $N \times 1$ 的接收信号矢量， \mathbf{H} 是 $N \times M$ 的信道矩阵， \mathbf{F} 是 $M \times B$ 的最优预编码矩阵， \mathbf{s} 是 $B \times 1$ 的发射符号信息， $B = \text{rank}(\mathbf{H}) \leq \min(M, N)$ ， \mathbf{n} 是 $N \times 1$ 的噪声矢量；其中，

$$\mathbf{F} = \begin{bmatrix} F_{11} & F_{12} & \Lambda & F_{1B} \\ F_{21} & F_{22} & \Lambda & F_{2B} \\ \Lambda & \Lambda & \Lambda & \Lambda \\ F_{M1} & F_{M2} & \Lambda & F_{MB} \end{bmatrix}, \quad \mathbf{H} = \mathbf{U}\mathbf{\Sigma}\mathbf{V}^H, \quad \mathbf{U} \text{ 和 } \mathbf{V} \text{ 分别是 } N \times N \text{ 和 } M \times M \text{ 的正交矩阵,}$$

$\mathbf{\Sigma}$ 是由 \mathbf{H} 的奇异值 λ_i 组成的对角阵。

优选地，上述接收端使用如下公式对接收到的数据流进行译码处理，其中 \mathbf{G} 是与 \mathbf{F} 对应的最优解预编码矩阵： $\hat{\mathbf{y}} = \mathbf{G}\mathbf{H}\mathbf{F}\mathbf{s} + \mathbf{n}' = \mathbf{\Sigma}\mathbf{s} + \mathbf{n}'$ ， $\hat{y}_i = \lambda_i s_i + n_i$ ， $i = 1, 2, \dots, B$ ，其中， λ_i 为信道矩阵 \mathbf{H} 进行奇异值分解得到第 i 个非零奇异值，其物理意义为第 i 个数据流对应的子信道增益，

且 $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_B \geq 0$, s_i 是第 i 个 $B \times 1$ 的发射符号信息, n_i 是第 i 个 $N \times 1$ 的噪声矢量, F 是取 V 的左 B 列构成的矩阵, G 是取 U 的左 B 列。

优选地, 使用如下公式计算经过接收端译码后的各个数据流上的信噪比: $SNR_i = \lambda_i \frac{E\|s_i\|^2}{E\|n_i\|^2} = \lambda_i \frac{P_{Ti}}{v_i^2}$, $i=1,2,\dots,B$; 其中, P_{Ti} 是第 i 个数据流的发射功率, v_i^2 是第 i 个数据流对应的子信道的噪声功率谱密度。

优选地, 使用如下公式计算多输入多输出信道的总信道增益: $Q = \sum_{i=1}^B \lambda_i$, $i=1,2,\dots,B$; 其中, 各个波束上的增益分别为 $\frac{\lambda_i}{Q}$ 。

优选地, 上述预定门限 $T = 0.1 * Q$ 。

此外, 在上述方法中, 还可以进一步包括: 上述发送端根据接收端反馈的个数来调度相应数目的独立数据流。

根据本发明的另一方面, 提供了一种独立数据流控制装置。根据本发明实施例的独立数据流控制装置包括以下模块:

接收模块, 用于接收发送端发送的 M 路数据流, 其中, M 为发射天线的个数, 且 $M \geq 1$; 译码处理模块, 用于对接收模块接收到的数据流进行译码处理, 其中, N 为接收天线个数, 且 $N \geq 1$; 信噪比计算模块, 用于计算经过译码处理模块译码后的各个数据流上的信噪比; 信道增益计算模块, 用于计算多输入多输出信道的总信道增益; 设置模块, 用于设置预定门限; 确定模块, 用于确定用于发射数据流的增益大于或等于预定门限的波束, 并将发射的数据流的个数反馈给发送端。

优选地，译码处理模块使用如下公式对接收到的数据流进行译码处理： $\hat{y} = \mathbf{G}\mathbf{H}\mathbf{F}\mathbf{s} + \mathbf{n}' = \mathbf{\Sigma}\mathbf{s} + \mathbf{n}'$ ， $\hat{y}_i = \lambda_i s_i + n_i$ ， $i=1,2,\dots,B$ ，其中， \mathbf{H} 是 $N \times M$ 的信道矩阵， \mathbf{F} 是 $M \times B$ 的最优预编码矩阵， \mathbf{s} 是 $B \times 1$ 的发射符号信息， $B = \text{rank}(\mathbf{H}) \leq \min(M, N)$ ， \mathbf{n} 是 $N \times 1$ 的噪声矢量；其中，

$$\mathbf{F} = \begin{bmatrix} F_{11} & F_{12} & \Lambda & F_{1B} \\ F_{21} & F_{22} & \Lambda & F_{2B} \\ \Lambda & \Lambda & \Lambda & \Lambda \\ F_{M1} & F_{M2} & \Lambda & F_{MB} \end{bmatrix}, \quad \mathbf{H} = \mathbf{U}\mathbf{\Sigma}\mathbf{V}^H, \quad \mathbf{U} \text{ 和 } \mathbf{V} \text{ 分别是 } N \times N \text{ 和 } M \times M \text{ 的正交矩阵,}$$

$\mathbf{\Sigma}$ 是由 \mathbf{H} 的奇异值 λ_i 组成的对角阵； λ_i 为第 i 个数据流对应的子信道的增益，且 $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_B \geq 0$ ， s_i 是第 i 个 $B \times 1$ 的发射符号信息， n_i 是第 i 个 $N \times 1$ 的噪声矢量， \mathbf{F} 是取 \mathbf{V} 的左 B 列构成的矩阵， \mathbf{G} 是取 \mathbf{U} 的左 B 列。

优选地，信噪比计算模块使用如下公式计算经过接收端译码后

$$\text{各个数据流上的信噪比: } \text{SNR}_i = \lambda_i \frac{E\|s_i\|^2}{E\|n_i\|^2} = \lambda_i \frac{P_{Ti}}{v_i^2}, \quad i=1,2,\dots,B, \quad \text{其中,}$$

P_{Ti} 是第 i 个数据流的发射功率， v_i^2 是第 i 个数据流对应的子信道的噪声功率谱密度。

优选地，增益计算模块使用如下公式计算多输入多输出信道的

$$\text{总信道增益: } Q = \sum_{i=1}^B \lambda_i, \quad i=1,2,\dots,B, \quad \text{其中, 各个波束上的增益分别为} \frac{\lambda_i}{Q}.$$

其中，上述设置模块设置预定门限 $T = 0.1 * Q$ 。

借助于上述技术方案，通过选择适当的波束增益门限值来决定哪些波束发射独立的数据流，可以保证接收机的性能，提高系统增益。

本发明的其它特征和优点将在随后的说明书中阐述，并且，部分地从说明书中变得显而易见，或者通过实施本发明而了解。本发明的目的和其他优点可通过在所写的说明书、权利要求书、以及附图中所特别指出的结构来实现和获得。

附图说明

附图用来提供对本发明的进一步理解，并且构成说明书的一部分，与本发明的实施例一起用于解释本发明，并不构成对本发明的限制。在附图中：

图 1 是根据本发明实施例的多输入多输出系统模型示意图；

图 2 是根据本发明实施例的独立数据流控制方法的流程图；

图 3 是相关技术中在 4×4 、16QAM 的情况下 4 个独立数据流的误符号率曲线示意图；

图 4 是根据本发明实施例的方法在 4×4 、16QAM 的情况下误符号率曲线示意图；以及

图 5 是根据本发明实施例的独立数据流控制装置的示意图。

具体实施方式

以下结合附图对本发明的优选实施例进行说明，应当理解，此处所描述的优选实施例仅用于说明和解释本发明，并不用于限定本发明。

方法实施例

在本实施例中，提供了一种独立数据流控制方法，图 1 给出了该方法的简要处理流程，如图 1 所示，包括以下处理：

信号从信源经过信道编码和调制映射，进行预编码处理后发射，之后在接收端进行解预编码（或者称为译码），经过检测解码译码后输出。

图 2 是根据本发明实施例的独立数据流控制方法的流程图。

如图 2 所示，该方法包括：

步骤 S202，发送端将高速数据流解复用为 M 路低速数据流，每个独立数据流编码、调制后，通过预编码（precoding）将 M 路低速数据流映射到 M 根发射天线上，其中，M 为发射天线个数，且 $M \geq 1$ ；

在该步骤中，可以根据如下公式（即，预编码 MIMO 系统的数学模型）进行预编码操作： $r = HFs + n$ ，其中，r 是 $N \times 1$ 的接收信号矢量，H 是 $N \times M$ 的信道矩阵，F 是 $M \times B$ 的最优预编码矩阵，s 是 $B \times 1$ 的发射符号信息， $B = \text{rank}(H) \leq \min(M, N)$ ，n 是 $N \times 1$ 的噪声矢量；

上面的线性预编码的作用是对发射信号进行线性加权合并，然

后输出到发射天线，加权矩阵为：
$$F = \begin{bmatrix} F_{11} & F_{12} & \Lambda & F_{1B} \\ F_{21} & F_{22} & \Lambda & F_{2B} \\ \Lambda & \Lambda & \Lambda & \Lambda \\ F_{M1} & F_{M2} & \Lambda & F_{MB} \end{bmatrix},$$

另外， $\mathbf{H} = \mathbf{U}\mathbf{\Sigma}\mathbf{V}^H$ ， \mathbf{U} 和 \mathbf{V} 分别是 $N \times N$ 和 $M \times M$ 的正交矩阵， $\mathbf{\Sigma}$ 是由 \mathbf{H} 的奇异值 λ_i 组成的对角阵。一般加权矩阵的产生可以采用奇异值分解或特征值分解得到，在实际应用中，由于考虑到反馈开销的问题，一般采用码本反馈方式；

步骤 S204， M 根发射天线的数据流经过 $N \times M$ 空间信道达到接收端，接收信号为 \mathbf{r} ， \mathbf{r} 是 $N \times 1$ 维矢量，接收端对接收到的信号进行解预处理（即，译码处理），即，接收信号两端乘以 \mathbf{G} ，其中， N 为接收天线个数，且 $N \geq 1$ ；

在该步骤中，接收端使用如下公式对接收到的数据流进行译码处理：

$$\hat{\mathbf{y}} = \mathbf{G}\mathbf{H}\mathbf{F}\mathbf{s} + \mathbf{n}' = \mathbf{\Sigma}\mathbf{s} + \mathbf{n}' ,$$

$$\text{上式经过进一步展开为： } \hat{y}_i = \lambda_i s_i + n_i, \quad i = 1, 2, \dots, B ,$$

其中， λ_i 为信道矩阵 \mathbf{H} 进行奇异值分解得到第 i 个非零奇异值，

其物理意义为第 i 个数据流对应的子信道的增益，且 $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_B \geq 0$ ， s_i 是第 i 个 $B \times 1$ 的发射符号信息， n_i 是第 i 个 $N \times 1$ 的噪声矢量， B 为非零奇异值个数。 \mathbf{F} 是取 \mathbf{V} 的左 B 列构成的矩阵， \mathbf{G} 是取 \mathbf{U} 的左 B 列。

从上式中很容易可以恢复出发送端的 B 个数据流，在理想情况下， B 个独立数据流之间是没有干扰的；但是，在实际中，考虑到码本方式及反馈时延， B 个数据流之间存在一定的干扰，这时，可采用干扰消除的接收机；

步骤 S206, 计算经过接收端译码后的各个数据流上的信噪比 (SNR);

在该步骤中, 使用如下公式计算经过接收端译码后的各个数据流上的信噪比:

$$SNR_i = \lambda_i \frac{E\|s_i\|^2}{E\|n_i\|^2} = \lambda_i \frac{P_{Ti}}{v_i^2}, \quad i=1,2,\dots,B; \quad \text{其中, } P_{Ti} \text{ 是第 } i \text{ 个数据流的发射功率, } v_i^2 \text{ 是第 } i \text{ 个数据流对应的子信道的噪声功率谱密度;}$$

由此可见, 检测出的每个流的 SNR 是其发射 SNR 的 λ_i 倍;

步骤 S208, 计算 MIMO 信道的总信道增益; $N \times M$ 维 MIMO 信道经奇异值分解或特征值分解得到 B 个 (其中, B 不大于 $\min(N,M)$) 空间子信道, 即, $\mathbf{H} = \mathbf{U}\mathbf{\Sigma}\mathbf{V}^H$, 其中 \mathbf{U} 和 \mathbf{V} 分别是 $N \times N$ 和 $M \times M$ 的正交矩阵, $\mathbf{\Sigma}$ 是由 \mathbf{H} 的奇异值 λ_i 组成的对角阵, λ_i 为第 i 个

数据流对应的子信道的增益, 且 $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_B \geq 0$ 。

在该步骤中, 使用如下公式计算多输入多输出信道的总信道增益: $Q = \sum_{i=1}^B \lambda_i$, $i=1,2,\dots,B$; 其中, 各个波束上的增益分别为 $\frac{\lambda_i}{Q}$ 。

步骤 S210, 根据 QoS 服务质量要求或者系统的需求, 选择有效波束传输数据; 通过仿真, 设置预定门限 $T = 0.1 * Q$, 使用其增益大于或等于预定门限的波束发射数据流, 并将发射的数据流的个数反馈给发送端。也就是说, 当 $\frac{\lambda_i}{Q}$ 超过 T 时, 该波束发射信号流, 而

$\frac{\lambda_i}{Q} < T$ 时, 关闭该波束上的数据流。当然, 不同的信道环境门限的设置也不同, 需要根据具体的应用环境而定;

在上述处理的基础上，发送端可以根据接收端反馈的个数来调度相应数目的独立数据流，此时，最优预编码矩阵选择较大奇异值对应的列矢量，以获得好的传输性能。

在上述实施例的处理方案中，理论上，有 B 个正交波束的增益 $i, i=1,2,\dots,B$ 大于零，就可以发射 B 个独立的数据流。但是，事实上，由于信道的随机性，会出现很小的奇异值，这些奇异值对应的波束传输的数据虽然能够通过正交性在接收机被检测出来，但是由于增益过小，解调判决往往效果很差，如图 3 所示，其中信道条件数 (Channel Condition, 简称为 CC) 的定义如下 (即，最大奇异值与最小奇异值之比): $CC = \frac{\lambda_1}{\lambda_B}$ 。

从图 3 的仿真结果可以看出，4 个独立流的误符号率曲线差别较大，最好的性能和最差的性能在 10^{-1} 时相差近 10dB，这样使得整个系统的性能也很差，在 10^{-1} 时与最好的性能相差 6dB 之多。

采用本发明实施例提供的流控方法后，关断两个数据流，仅发送奇异值较大的两个数据流，系统总的误符号率曲线如图 4 所示。从图 4 的结果可以看出，只要选取适当的波束增益门限值来决定哪些波束发射独立的数据流，哪些波束不发射独立的数据流，就可以保证接收机的性能达到一定的要求，系统总的 SER 性能在 10^{-1} 时，有 6dB 的增益。

装置实施例

在本实施例中，提供了一种独立数据流控制装置，图 5 是根据本发明实施例的独立数据流控制装置的示意图，如图 5 所示，该装置包括以下模块：

接收模块 10，用于接收发送端发送的 M 路数据流，其中， M 为发射天线的个数，且 $M \geq 1$ ；

其中，在发送端，每个独立数据流经过编码、调制后，通过预编码（precoding）将 M 路低速数据流映射到 M 根发射天线上；

在发送端，可以根据如下公式（即，预编码 MIMO 系统的数学模型）进行预编码操作： $\mathbf{r} = \mathbf{H}\mathbf{F}\mathbf{s} + \mathbf{n}$ ，其中， \mathbf{r} 是 $N \times 1$ 的接收信号矢量， \mathbf{H} 是 $N \times M$ 的信道矩阵， \mathbf{F} 是 $M \times B$ 的最优预编码矩阵， \mathbf{s} 是 $B \times 1$ 的发射符号信息， $B = \text{rank}(\mathbf{H}) \leq \min(M, N)$ ， \mathbf{n} 是 $N \times 1$ 的噪声矢量；

上面的线性预编码的作用是对发射信号进行线性加权合并，然

后输出到发射天线，加权矩阵为：
$$\mathbf{F} = \begin{bmatrix} F_{11} & F_{12} & \Lambda & F_{1B} \\ F_{21} & F_{22} & \Lambda & F_{2B} \\ \Lambda & \Lambda & \Lambda & \Lambda \\ F_{M1} & F_{M2} & \Lambda & F_{MB} \end{bmatrix},$$

另外， $\mathbf{H} = \mathbf{U}\mathbf{\Sigma}\mathbf{V}^H$ ， \mathbf{U} 和 \mathbf{V} 分别是 $N \times N$ 和 $M \times M$ 的正交矩阵， $\mathbf{\Sigma}$ 是由 \mathbf{H} 的特征值 λ_i 组成的对角阵。一般加权矩阵的产生可以采用奇异值分解或特征值分解得到，在实际应用中，由于考虑到反馈开销的问题，一般采用码本方式；

译码处理模块 20，用于对接收模块接收到的数据流进行译码处理，即，接收信号两端乘以 \mathbf{G} ，其中， N 为接收天线个数，且 $N \geq 1$ ；

其中，译码处理模块 20 使用如下公式对接收到的数据流进行译码处理：

$$\hat{\mathbf{y}} = \mathbf{G}\mathbf{H}\mathbf{F}\mathbf{s} + \mathbf{n}' = \mathbf{\Sigma}\mathbf{s} + \mathbf{n}',$$

$$\text{上式经过进一步展开为 } \hat{y}_i = \lambda_i s_i + n_i, \quad i = 1, 2, \dots, B,$$

其中, λ_i 为信道矩阵 H 进行奇异值分解得到第 i 个非零奇异值, 其物理意义为第 i 个数据流对应的子信道的增益, 且 $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_B \geq 0$, s_i 是第 i 个 $B \times 1$ 的发射符号信息, n_i 是第 i 个 $N \times 1$ 的噪声矢量, B 为可发送独立数据流个数, F 是取 V 的左 B 列构成的矩阵, G 是取 U 的左 B 列。

从上式中很容易可以恢复出发送端的 B 个数据流, 在理想情况下, B 个独立数据流之间是没有干扰的; 但是, 在实际中, 考虑到码本方式及反馈时延, B 个数据流之间存在一定的干扰, 这时, 可采用干扰消除的接收机;

信噪比计算模块 30, 用于计算经过译码处理模块译码后的各个数据流上的信噪比;

其中, 信噪比计算模块 30 使用如下公式计算经过接收端译码后

的各个数据流上的信噪比:
$$SNR_i = \lambda_i \frac{E\|s_i\|^2}{E\|n_i\|^2} = \lambda_i \frac{P_{T_i}}{v_i^2}, \quad i=1,2,\dots,B,$$
 其中, P_{T_i} 是第 i 个数据流的发射功率, v_i^2 是第 i 个数据流对应的子信道的噪声功率谱密度。

由此可见, 检测出的每个流的 SNR 是其发射 SNR 的 λ_i 倍;

信道增益计算模块 40, 用于计算 MIMO 信道的总信道增益; $N \times M$ 维 MIMO 信道经奇异值分解或特征值分解得到 B 个 (其中, B 不大于 $\min(N,M)$) 空间子信道, 即, $H = U\Sigma V^H$, 其中 U 和 V 分别是 $N \times N$ 和 $M \times M$ 的正交矩阵, Σ 是由 H 的特征值 λ_i 组成的对角阵, λ_i 为第 i 个数据流对应的子信道的增益, 且 $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_B \geq 0$ 。

其中,增益计算模块 40 使用如下公式计算多输入多输出信道的

总信道增益: $Q = \sum_{i=1}^B \lambda_i$, $i=1,2,\dots,B$, 其中,各个波束上的增益分别为 $\frac{\lambda_i}{Q}$ 。

设置模块 50, 用于设置预定门限; 优选地, 根据 QoS 服务质量要求或者系统的需求, 选择有效波束传输数据; 通过仿真, 设置模块 50 设置预定门限 $T = 0.1 * Q$ 。

确定模块 60, 用于确定用于发射数据流的增益大于或等于预定门限的波束, 并将发射的数据流的个数反馈给发送端。也就是说, 当 $\frac{\lambda_i}{Q}$ 超过 T 时, 该波束发射信号流, 而 $\frac{\lambda_i}{Q} < T$ 时, 关闭该波束上的数据流。当然, 不同的信道环境门限的设置也不同, 需要根据具体的应用环境而定;

此外, 经过上述的处理后, 发送端可以根据接收端反馈的个数来调度相应数目的独立数据流。

综上所述, 借助于本发明的技术方案, 能够提高流的传输质量, 从而提高整个系统的传输效果。

以上所述仅为本发明的优选实施例而已, 并不用于限制本发明, 对于本领域的技术人员来说, 本发明可以有各种更改和变化。凡在本发明的精神和原则之内, 所作的任何修改、等同替换、改进等, 均应包含在本发明的保护范围之内。

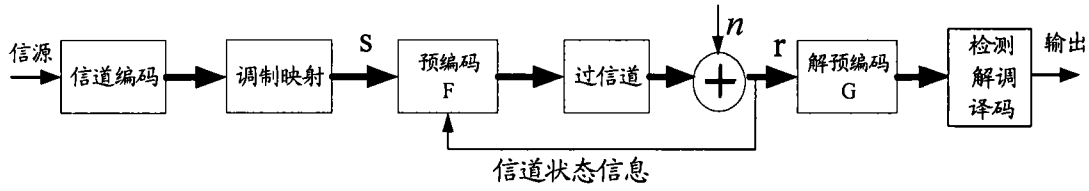


图 1

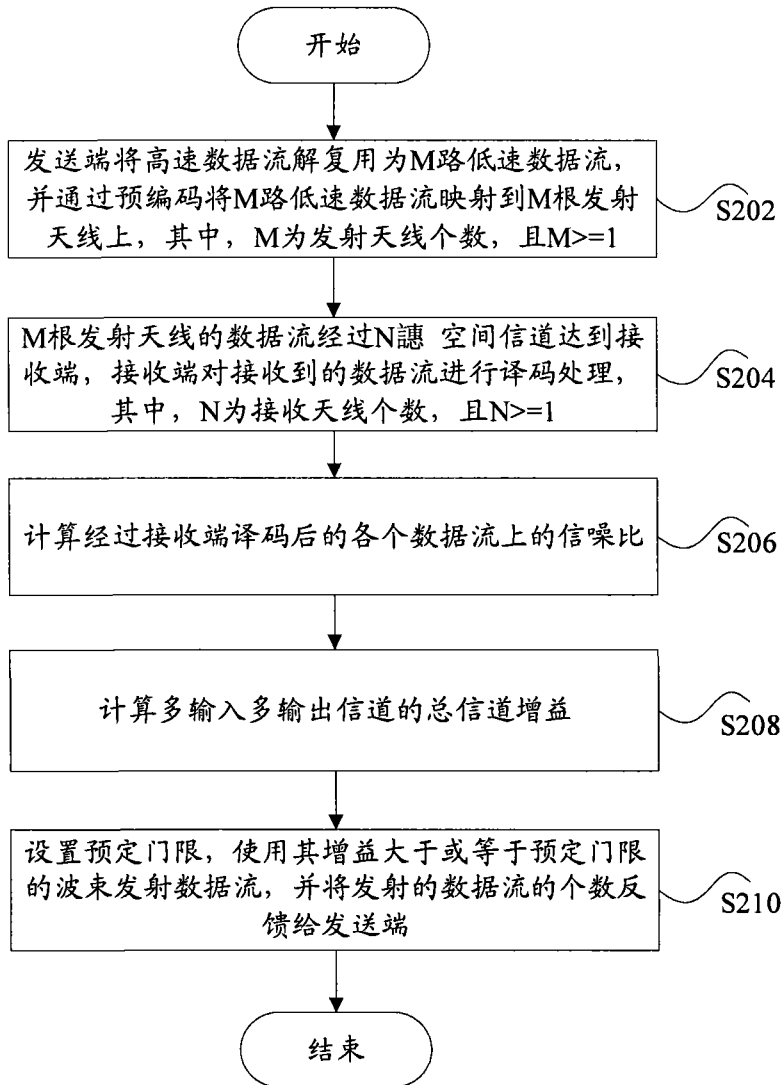


图 2

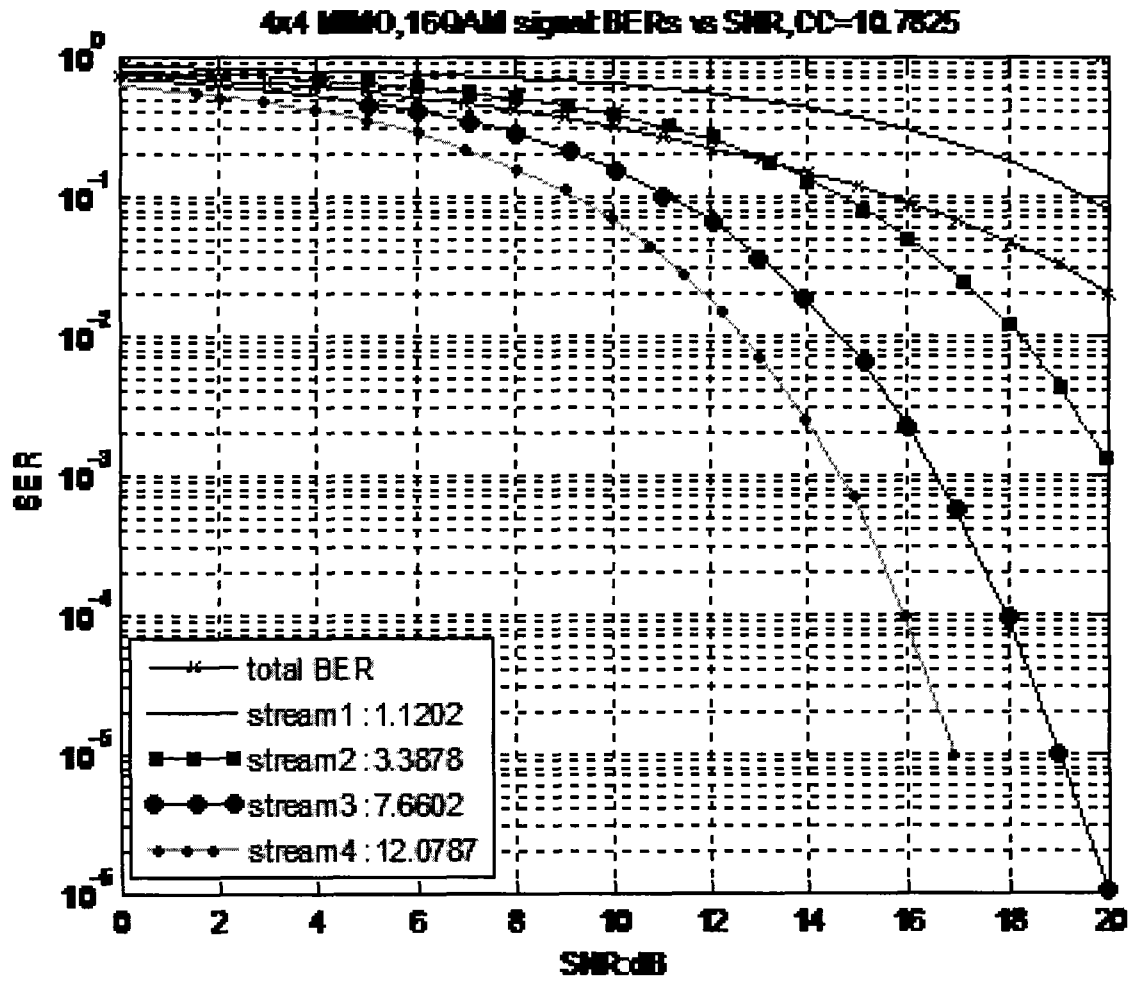


图 3

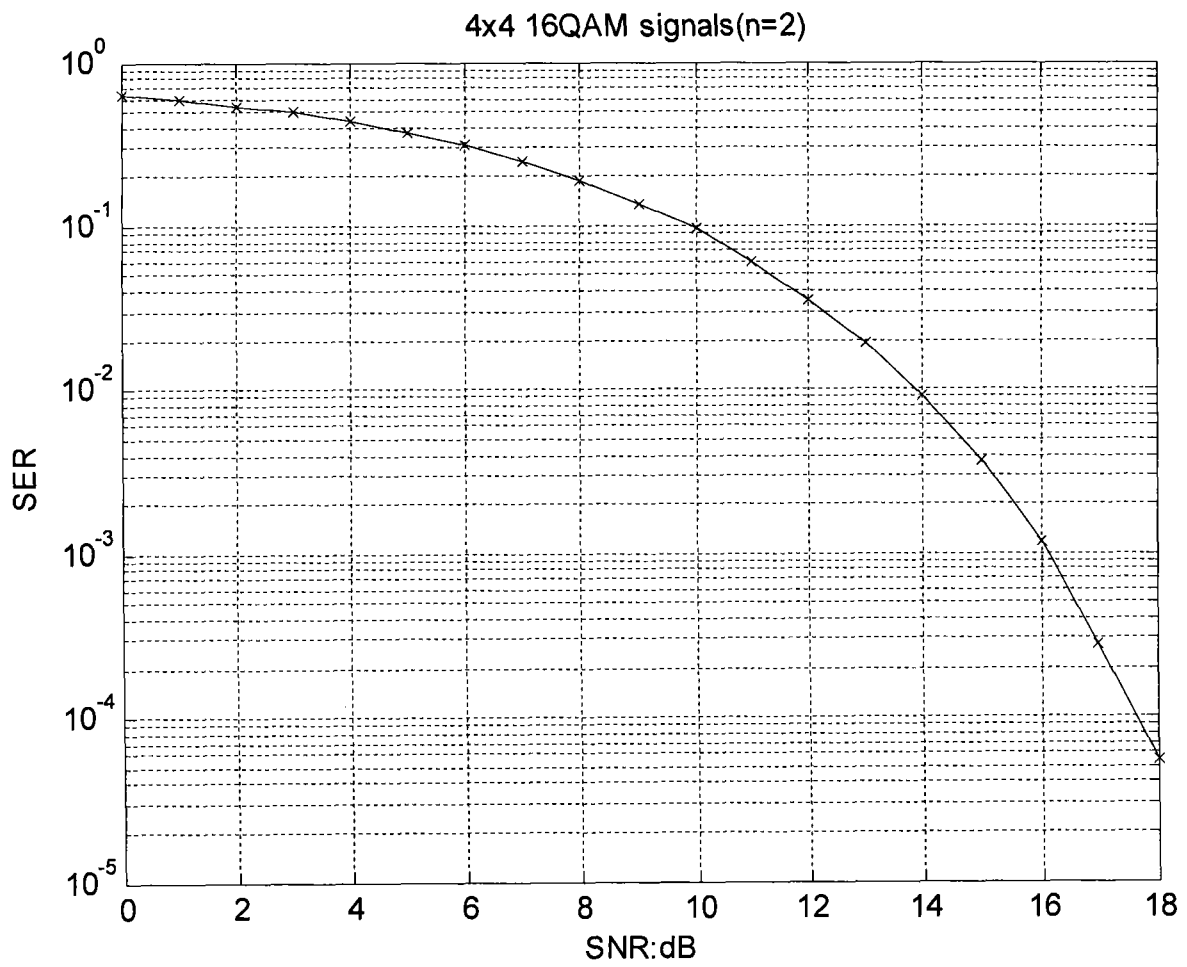


图 4

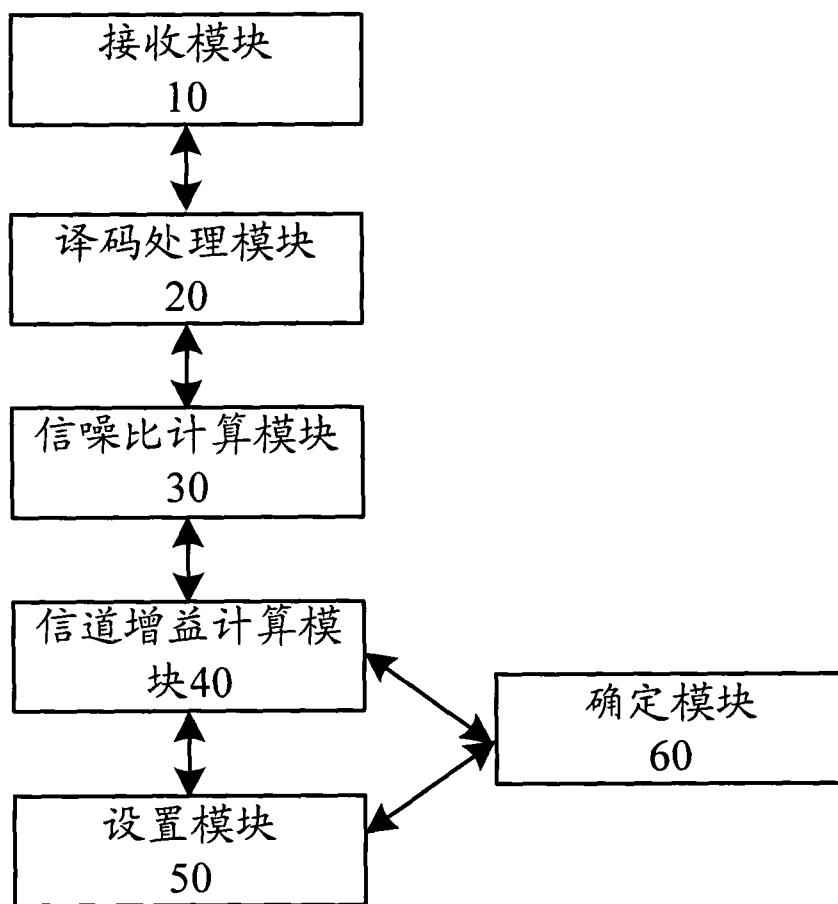


图 5