



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102237912 B

(45) 授权公告日 2015.06.10

(21) 申请号 201010157996.9

CN 101547080 A, 2009.09.30, 全文.

(22) 申请日 2010.04.28

US 2009279486 A1, 2009.11.12, 全文.

(73) 专利权人 中兴通讯股份有限公司

审查员 叶伟

地址 518057 广东省深圳市南山区科技南路
55号

(72) 发明人 肖华华 贾晓山 朱登魁 鲁照华
张万帅 刘锟

(74) 专利代理机构 北京康信知识产权代理有限
责任公司 11240

代理人 余刚 吴孟秋

(51) Int. Cl.

H04B 7/06(2006.01)

(56) 对比文件

CN 101383646 A, 2009.03.11, 说明书第1-6
页以及附图1-2.

CN 1710825 A, 2005.12.21, 说明书第3页.
US 2007049347 A1, 2007.03.01, 全文.

权利要求书5页 说明书15页 附图16页

(54) 发明名称

天线数据发送模式的选择方法及装置

(57) 摘要

本发明公开了天线数据发送模式的选择方法及装置。在上述方法中，发送端根据信道状态信息从波束赋形BF模式和空间复用波束赋形SM+BF模式中确定适合于接收端的数据发送模式；以及发送端使用确定的数据发送模式发送数据。根据本发明提供的技术方案，解决了相关技术中由于缺乏在波束赋形和空间复用波束赋形中选择数据发送模式的方案，无法根据系统信道条件，灵活地选择数据发送模式为波束赋形和空间复用波束赋形来发送数据。增加了链路的稳定性和提高了系统的吞吐量。

发送端根据信道状态信息从BF模式和
SM+BF模式中确定适合于接收端的数据
发送模式

S502

发送端使用确定的数据发送模式发送数据

S504

1. 一种天线数据发送模式的选择方法, 其特征在于, 包括 :

发送端根据信道状态信息从波束赋形 BF 模式和空间复用波束赋形 SM+BF 模式中确定适合于接收端的数据发送模式; 以及

所述发送端使用所述确定的数据发送模式发送数据;

其中, 所述信道状态信息包括信噪比 CINR, 所述发送端确定适合于接收端的数据发送模式包括 :

确定所述 BF 模式下的信噪比 $CINR_{BF}$ 对应的调制阶数 M_{BF} 、编码速率 P_{BF} 、编码重复次数 R_{BF} , 并计算所述 BF 模式下的发送速率 $V_{BF} = M_{BF} \times P_{BF} / R_{BF}$;

确定所述 SM+BF 模式下的信噪比 $CINR_{SMBF}$ 对应的调制阶数 M_{SMBF} 、编码速率 P_{SMBF} 、编码重复次数 R_{SMBF} , 并计算所述 SM+BF 模式下的发送速率 $V_{SMBF} = \alpha \times M_{SMBF} \times P_{SMBF} / R_{SMBF}$, 其中, α 为空间复用时的多输入多输出编码速率;

在所述 V_{BF} 与所述 V_{SMBF} 中确定较大者, 并确定所述较大者对应的数据发送模式是适合于接收端的数据发送模式; 或者,

所述信道状态信息包括空间相关性的信息, 所述空间相关性由信道相关矩阵的条件数 \Re 表示, 所述发送端确定适合于接收端的数据发送模式包括 :

计算获取所述 \Re ;

如果 \Re 大于条件数门限值 \Re_0 时, 确定所述 SM+BF 模式是适合于接收端的数据发送模式, 否则, 确定所述 BF 模式是适合于接收端的数据发送模式; 或者,

所述信道状态信息包括 :CINR, 所述发送端确定适合于接收端的数据发送模式包括 :

对使用所述 BF 模式的接收端, 获得所述 BF 模式下的 CINR, 如果 CINR 大于第一信噪比门限值 BF_TH_0 , 则确定所述 SM+BF 模式是适合于接收端的数据发送模式, 否则, 确定所述 BF 模式是适合于接收端的数据发送模式;

对使用所述 SM+BF 模式的接收端, 获得所述 SM+BF 模式下的 CINR, 如果 CINR 小于第二信噪比门限值 $SMBF_TH_0$, 则确定所述 BF 模式是适合于接收端的数据发送模式, 否则, 确定所述 SM+BF 模式是适合于接收端的数据发送模式; 或者,

所述信道状态信息包括误发率 BER, 所述发送端确定适合于接收端的数据发送模式包括 :

设置第一判决周期 T_1 , T_1 的单位是帧;

在判决周期内获取所述接收端反馈的 BER, 或者利用混合自动重传或自动重传计算当前数据发送模式下的 BER;

如果所述 BER 小于误发率门限值 BER_0 , 则确定所述 SM+BF 模式是适合于接收端的数据发送模式, 否则确定所述 BF 模式是适合于接收端的数据发送模式; 或者,

所述信道状态信息包括 :BER 和 CINR, 所述发送端确定适合于接收端的数据发送模式包括 :

对当前使用所述 BF 模式的接收端, 获得所述 BF 模式下的 CINR, 如果 CINR 大于第三信噪比门限值 BF_TH_1 , 则确定所述 SM+BF 模式是适合于接收端的数据发送模式, 否则, 确定所述 BF 模式是适合于接收端的数据发送模式;

对当前使用所述 SM+BF 模式的接收端, 获得该接收端反馈的 BER, 或者利用混合自动重

传或自动重传计算当前数据发送模式下的 BER,如果 BER 大于误发率门限值 BER_0 ,确定所述 BF 模式是适合于接收端的数据发送模式,否则,确定所述 SM+BF 模式是适合于接收端的数据发送模式;或者,

所述发送端确定适合于接收端的数据发送模式包括:

设置第三判决周期 T_3 , T_3 的单位是帧;

在所述第三判决周期内,发送端根据信道状态信息判断数据发送速率趋势;

根据所述数据发送速率趋势确定所述 BF 模式或所述 SM+BF 模式是适合于接收端的数据发送模式。

2. 根据权利要求 1 所述的方法,其特征在于,通过以下方式计算获取所述 \mathfrak{R} :

$$\mathfrak{R} = \frac{\lambda_{\min}(R)}{\text{tr}(R)} \text{ 或者 } \mathfrak{R} = \frac{\lambda_{\min}(R)}{\lambda_{\max}(R)} \text{ 或者 } \mathfrak{R} = \lambda_{\min}(R), \text{ 其中, 所述 } \text{tr}(R) \text{ 表示信道相关性矩阵}$$

R 的迹, $\lambda_{\max}(R)$ 和 $\lambda_{\min}(R)$ 分别表示所述 R 的最大特征值和最小特征值;

所述 R 通过以下方式计算: $R = \sum_{k=1}^{N_c} \alpha_k H^H(k) * H(k)$, 其中, N_c 表示用来计算信道相关性

矩阵的载波集合上包含载波的数目, $H(k) = \begin{bmatrix} h_{11}(k) & h_{12}(k) & \cdots & h_{1M}(k) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ h_{N1}(k) & h_{N2}(k) & \cdots & h_{NM}(k) \end{bmatrix}$ 和 $\alpha_k \geq 0$ 分别

是所述载波集合中第 k 个子载波的信道系数矩阵和比例系数, $h_{ij}(k)$ 为第 j 根发送天线到 i 根接收天线间的第 k 个载波上的信道系数, $j = 1, \dots, M$, $i = 1, \dots, N$, M 为实际物理发送天线数目或者虚拟天线数目, N 为接收天线数目。

3. 根据权利要求 2 所述的方法,其特征在于,所述发送端确定适合于接收端的数据发送模式包括:

设置第一门限区间 [BF_TH1, BF_TH2], 对使用所述 BF 模式的接收端,计算所述 BF 模式下的 CINR,如果 $CINR < BF_TH1$,则确定所述 BF 模式是适合于接收端的数据发送模式;如果 $CINR > BF_TH2$,则确定所述 SM+BF 模式是适合于接收端的数据发送模式;如果所述 CINR 位于所述第一门限区间中,执行权利要求 1 所述的发送端确定适合于接收端的数据发送模式,来确定所述 BF 模式或所述 SM+BF 模式是适合于接收端的数据发送模式;

设置第二门限值区间 [SMBF_TH1, SMBF_TH2], 对使用所述 SM+BF 模式的接收端,计算空间复用波束赋形模式下的 CINR;如果 $CINR < SMBF_TH1$,则确定所述 BF 模式是适合于接收端的数据发送模式;如果 $CINR > SMBF_TH2$,则确定所述 SM+BF 模式是适合于接收端的数据发送模式;如果所述 CINR 位于所述第二门限值区间中,则执行权利要求 1 所述的确定适合于接收端的数据发送模式的步骤,来确定所述 BF 模式或所述 SM+BF 模式是适合于接收端的数据发送模式。

4. 根据权利要求 2 所述的方法,其特征在于,所述发送端确定适合于接收端的数据发送模式包括:

设置第二判决周期 T_2 , T_2 的单位是帧;

在所述第二判决周期中设置 L 个判决点,或者将总帧数为 T_2 的整数倍的时刻设置为判决点,其中, L 为大于等于 1 的整数;

在每个所述判决点执行权利要求 1 所述的确定适合于接收端的数据发送模式的步骤，来确定所述 BF 模式或所述 SM+BF 模式是适合于接收端的数据发送模式，并统计所述 BF 模式是适合于接收端的数据发送模式的次数 N₁，或者统计所述 SM+BF 模式是适合于接收端的数据发送模式的次数 N₂；

如果 N₁/L 大于或等于预定值 Tr，确定所述 BF 模式是适合于接收端的数据发送模式，否则，确定所述 SM+BF 模式是适合于接收端的数据发送模式；

如果 N₂/L 大于或等于预定值 Tr，确定所述 SM+BF 模式是适合于接收端的数据发送模式，否则，确定所述 BF 模式是适合于接收端的数据发送模式。

5. 根据权利要求 3 所述的方法，其特征在于，所述发送端确定适合于接收端的数据发送模式包括：

设置第二判决周期 T₂，T₂ 的单位是帧；

在所述第二判决周期中设置 L 个判决点，或者将总帧数为 T₂ 的整数倍的时刻设置为判决点，其中，L 为大于等于 1 的整数；

在每个所述判决点执行权利要求 3 所述的确定适合于接收端的数据发送模式的步骤，来确定所述 BF 模式或所述 SM+BF 模式是适合于接收端的数据发送模式，并统计所述 BF 模式是适合于接收端的数据发送模式的次数 N₁，或者统计所述 SM+BF 模式是适合于接收端的数据发送模式的次数 N₂；

如果 N₁/L 大于或等于预定值 Tr，确定所述 BF 模式是适合于接收端的数据发送模式，否则，确定所述 SM+BF 模式是适合于接收端的数据发送模式；

如果 N₂/L 大于或等于预定值 Tr，确定所述 SM+BF 模式是适合于接收端的数据发送模式，否则，确定所述 BF 模式是适合于接收端的数据发送模式。

6. 根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述信道状态信息包括 CINR，发送端根据信道状态信息判断数据发送速率趋势包括：

在所述第三判决周期内设置多个判决点，依次在每个所述判决点获得当前数据发送模式下的 CINR，并统计所述第三判决周期内 CINR ≥ CINR₀ 的次数 N_s，所述 CINR₀ 为第四信噪比门限值；

如果 N_s ≤ N₁，则确定所述数据发送速率趋势为下降，所述 N₁ 为第一次数门限值；如果 N_s ≥ N₂，则确定所述数据发送速率趋势为上升，所述 N₂ 为第二次数门限值；如果 N₁ < N_s < N₂，则确定所述数据发送速率趋势为不变。

7. 根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述信道状态信息包括 BER，发送端根据信道状态信息判断数据发送速率趋势包括：

将第三判决周期划分为多个小周期；

依次在每个所述小周期内获取所述接收端反馈的 BER，或者利用混合自动重传或自动重传计算当前数据发送模式下的 BER；

统计所述第三判决周期内 BER ≤ BER₀ 的次数 N_s，所述 BER₀ 为误发率门限值；

如果 N_s ≤ N₁，则确定所述数据发送速率趋势为下降，所述 N₁ 为第一次数门限值；如果 N_s ≥ N₂，则确定所述数据发送速率趋势为上升，所述 N₂ 为第二次数门限值；如果 N₁ < N_s < N₂，则确定所述数据发送速率趋势为不变。

8. 根据权利要求 1 至 7 中任一项所述的方法，其特征在于，根据所述数据发送速率趋势

确定所述 BF 模式或所述 SM+BF 模式是适合于接收端的数据发送模式包括：

如果所述发送速率趋势是上升的,在当前数据发送速率和最大发送速率之间确定一个数据发送速率对应的模式是适合于接收端的数据发送模式；

如果所述发送速率趋势是下降的,在当前数据发送速率和最小发送速率之间确定一个数据发送速率对应的模式是适合于接收端的数据发送模式；

如果所述发送速率趋势是不变的,保持当前的数据发送模式不变。

9. 一种天线数据发送模式的选择装置,其特征在于,包括:

确定模块,用于根据信道状态信息从波束赋形 BF 模式和空间复用波束赋形 SM+BF 模式中确定适合于接收端的数据发送模式；

发送模块,用于使用适合于接收端的数据发送模式发送数据；

其中,所述确定模块包括:

第一确定单元,用于确定所述 BF 模式下的信噪比 $CINR_{BF}$ 对应的调制阶数 M_{BF} 、编码速率 P_{BF} 、编码重复次数 R_{BF} ；

第一计算单元,用于计算所述 BF 模式下的发送速率 $V_{BF} = M_{BF} \times P_{BF} / R_{BF}$ ；

第二确定单元,用于确定所述 SM+BF 模式下的信噪比 $CINR_{SMBF}$ 对应的调制阶数 M_{SMBF} 、编码速率 P_{SMBF} 、编码重复次数 R_{SMBF} ；

第二计算单元,用于计算所述 SM+BF 模式下的发送速率 $V_{SMBF} = \alpha \times M_{SMBF} \times P_{SMBF} / R_{SMBF}$, 其中, α 为空间复用时的多输入多输出编码速率；

第三确定单元,用于在所述 V_{BF} 与所述 V_{SMBF} 中确定较大者,并确定所述较大者对应的数据发送模式是适合于接收端的数据发送模式;或者,

所述确定模块包括:

第三计算单元,用于计算获取信道相关矩阵的条件数 \Re ;

第四确定单元,用于 \Re 大于条件数门限值 \Re_0 时,确定所述 SM+BF 模式是适合于接收端的数据发送模式,否则,确定所述 BF 模式是适合于接收端的数据发送模式;或者,

第一获取单元,用于对当前使用所述 BF 模式的接收端,获得所述 BF 模式下的 CINR;

第五确定单元,用于在所述第一获取单元获取的 CINR 大于第一信噪比门限值 BF_TH_0 时,确定所述 SM+BF 模式是适合于接收端的数据发送模式,否则,确定所述 BF 模式是适合于接收端的数据发送模式;

第二获取单元,用于对当前使用所述 SM+BF 模式的接收端,获得所述 SM+BF 模式下的 CINR;

第六确定单元,用于在所述第二获取单元获取的 CINR 小于第二信噪比门限值 $SMBF_TH_0$,则确定所述 BF 模式是适合于接收端的数据发送模式,否则,确定所述 SM+BF 模式是适合于接收端的数据发送模式;或者,

第一设置单元,用于设置第一判决周期 $T1$,并将所述第一判决周期划分为多个小周期,其中, $T1$ 的单位是帧;

第三获取单元,用于获取所述接收端反馈的 BER,或者利用混合自动重传或自动重传计算当前数据发送模式下的 BER;

第七确定单元,用于在所述 BER 小于误发率门限值 BER_0 时,确定所述 SM+BF 模式是适合于接收端的数据发送模式,否则确定所述 BF 模式是适合于接收端的数据发送模式;或者,

所述确定模块包括：

第四获取单元，用于对使用所述 BF 模式的接收端，获得所述 BF 模式下的 CINR；

第八确定单元，用于在 CINR 大于第三信噪比门限值 BF_TH₁时，确定所述 SM+BF 模式是适合于接收端的数据发送模式，否则，确定所述 BF 模式是适合于接收端的数据发送模式；

第五获取单元，用于对使用所述 SM+BF 模式的接收端，获得该接收端反馈的 BER，或者利用混合自动重传或自动重传计算当前数据发送模式下的 BER；

第九确定单元，用于在 BER 大于误发率门限值 BER₀时，确定所述 BF 模式是适合于接收端的数据发送模式，否则，确定所述 SM+BF 模式是适合于接收端的数据发送模式；或者，

所述确定模块包括：

第二设置单元，用于设置第三判决周期 T₃，T₃ 的单位是帧；

判断单元，用于在所述第三判决周期内，根据信道状态信息判断数据发送速率趋势；

第十确定单元，用于根据所述数据发送速率趋势确定所述 BF 模式或所述 SM+BF 模式是适合于接收端的数据发送模式。

天线数据发送模式的选择方法及装置

技术领域

[0001] 本发明涉及通信领域,具体而言,涉及一种天线数据发送模式的选择方法及装置。

背景技术

[0002] 波束赋形 (Beamforming, 简称为 BF) 是基于自适应天线原理,利用天线阵列通过先进的信号处理算法分别对各物理天线加权处理,使阵列实时对准有用信号方向,而在干扰方向形成零点以抑制干扰信号,从而提高信干噪比,提升系统性能,增加系统的覆盖范围。如图 1 所示,信源经过信道编码调制后,乘以对应物理天线上的权值后发送出去。经过波束赋形后,多根物理天线相当于一根虚拟的天线。

[0003] 空间复用 (Spatial Multiplexing, 简称为 SM) 是在发送端和接收端同时存在多个天线,发送端在不同的物理天线上发送不同的数据发送流,以提高数据的传输速率。如图 2 所示,M 根发送天线和 N 根接收天线的系统中,发送端每根物理天线发送不同的调制符号。

[0004] 空间复用和波束赋形的结合,形成一种新的发送数据方法,称为空间复用波束赋形 (Spatial Multiplexing Beamforming, 简称为 SM+BF)。其发送端有两种组合形式。一种如图 3 所示,系统将天线分成 M 个子阵列,每个子阵列形成一个波束,即一根虚拟天线。多根虚拟天线间构成一个 MIMO 结构。另一种如图 4 所示,整个天线阵列经波束赋形处理后形成 M 个波束,波束间构成 MIMO 结构。

[0005] 相关技术中,波束赋形在同一个时刻的一个子载波上只能发送一个调制符号,信噪比一般比较高,可用高阶调制编码方式来提高吞吐量;其覆盖比较大,比较适合小区边缘接收端。空间复用波束赋形在一个时刻的一个子载波上能发送多个不同的调制符号,吞吐量一般比较大,但覆盖比较小。

[0006] 随着接收端位置或者无线信道环境的变化,有时使用波束赋形更好,有时使用空间复用波束赋形更好。为了提高链路稳定性和系统的吞吐量,需要选择不同的数据发送模式以适应不同的应用环境和变化的无线信道环境。

发明内容

[0007] 针对相关技术中由于缺乏在波束赋形和空间复用波束赋形中选择数据发送模式的方案,无法根据信道条件灵活选择数据发送模式以增加链路稳定性和提升吞吐量的问题而提出本发明,为此,本发明的主要目的在于提供一种改进的天线数据发送模式的选择方法及装置,以解决上述问题至少之一。

[0008] 根据本发明的一个方面,提供了一种天线数据发送模式的选择方法。

[0009] 根据本发明的天线数据发送模式的选择方法包括:发送端根据信道状态信息从波束赋形 BF 模式和空间复用波束赋形 SM+BF 模式中确定适合于接收端的数据发送模式;以及发送端使用确定的数据发送模式发送数据。

[0010] 根据本发明的另一方面,提供了一种天线数据发送模式的选择装置。

[0011] 根据本发明的天线数据发送模式的选择装置包括:确定模块,用于根据信道状态

信息从波束赋形 BF 模式和空间复用波束赋形 SM+BF 模式中确定适合于接收端的数据发送模式；发送模块，用于使用适合于接收端的数据发送模式发送数据。

[0012] 通过本发明，发送端根据信道状态信息确定波束赋形 BF 模式或空间复用波束赋形 SM+BF 模式是适合于接收端的数据发送模式，使用适合于接收端的数据发送模式发送天线数据。解决了相关技术中由于缺乏在波束赋形和空间复用波束赋形中选择数据发送模式的方案，无法根据系统信道条件，灵活地选择数据发送模式为波束赋形和空间复用波束赋形来发送数据。利用上述技术方案，增加了链路的稳定性和提高了系统的吞吐量。

[0013] 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

[0014] 此处所说明的附图用来提供对本发明的进一步理解，构成本申请的一部分，本发明的示意性实施例及其说明用于解释本发明，并不构成对本发明的不当限定。在附图中：

- [0015] 图 1 是相关技术中 BF 发送端的结构示意图；
- [0016] 图 2 是相关技术中空间复用 (SM) 发送端的结构示意图；
- [0017] 图 3 是相关技术中的一种 SM 与 BF 相结合的发送端系统的结构示意图；
- [0018] 图 4 是相关技术中的另一种 SM 与 BF 相结合的发送端系统的结构示意图；
- [0019] 图 5 是根据本发明实施例的天线数据发送模式的选择方法的流程图；
- [0020] 图 6 是根据本发明实施例一的天线数据发送模式的选择方法的流程图；
- [0021] 图 7 是根据本发明实施例二的天线数据发送模式的选择方法的流程图；
- [0022] 图 8 是根据本发明实施例三的天线数据发送模式的选择方法的流程图；
- [0023] 图 9 是根据本发明实施例四的天线数据发送模式的选择方法的流程图；
- [0024] 图 10 是根据本发明实施例五的天线数据发送模式的选择方法的流程图；
- [0025] 图 11 是根据本发明实施例六的天线数据发送模式的选择方法的流程图；
- [0026] 图 12 是根据本发明实施例七的天线数据发送模式的选择方法的流程图；
- [0027] 图 13 是根据本发明实施例八的天线数据发送模式的选择方法的流程图；
- [0028] 图 14 是根据本发明实施例九的天线数据发送模式的选择方法的流程图；
- [0029] 图 15 是根据本发明实施例十的天线数据发送模式的选择方法的流程图；
- [0030] 图 16 是根据本发明实施例十一的天线数据发送模式的选择方法的流程图；
- [0031] 图 17 是根据本发明实施例十二的天线数据发送模式的选择方法的流程图；
- [0032] 图 18 是根据本发明实施例十三的天线数据发送模式的选择方法的流程图；
- [0033] 图 19 是根据本发明实施例十四的天线数据发送模式的选择方法的流程图；
- [0034] 图 20 是根据本发明实施例十五的天线数据发送模式的选择方法的流程图；
- [0035] 图 21 是根据本发明实施例的天线数据发送模式的选择装置的结构框图。

具体实施方式

[0036] 需要说明的是，在不冲突的情况下，本申请中的实施例及实施例中的特征可以相互组合。下面将参考附图并结合实施例来详细说明本发明。

[0037] 无线通信系统包括发送端和接收端,本发明实施例中的发送端是用于发送数据或者信息的设备,比如宏基站,微基站等;接收端是用于接收数据或者信息的各类终端,如移动台、手持设备或数据卡等。下面介绍本发明的各个实施例都以该无线通信系统为基础予以实施。

[0038] 图5是根据本发明实施例的天线数据发送模式的选择方法的流程图。如图5所示,该天线数据发送模式的选择方法包括:

[0039] S502:发送端根据信道状态信息从波束赋形BF模式和空间复用波束赋形SM+BF模式中确定适合于接收端的数据发送模式;以及

[0040] S504:发送端使用确定的数据发送模式发送数据。

[0041] 相关技术中,由于缺乏在波束赋形和空间复用波束赋形中选择数据发送模式的方案,无法根据信道条件灵活选择数据发送模式以增加链路稳定性和提升吞吐量,采用上述实施例提供的技术方案,可以根据系统信道条件,灵活地选择数据发送模式为波束赋形和空间复用波束赋形来发送数据,增加了链路的稳定性和提高了系统的吞吐量。

[0042] 在无线通信系统中,上述信道状态信息可以包括但不限于以下至少之一:CINR、BER、空间相关性的信息。

[0043] 其中,BER为误突发率或者误比特率,由接收端反馈给发送端;或者,发送端通过计算得到,具体计算方法如下:

[0044] 在判决周期的一个指定小周期内,统计发送端总共发送的突发个数为 M_{total} 个,对应比特数目为 B_{total} 比特,HARQ或者AQR第一重传的突发个数为 M_{rep} 个,对应比特数目 B_{rep} 比特,则对应的误突发率为 $BER = M_{rep}/M_{total}$,或者误比特率 $BER = B_{rep}/B_{total}$ 。

[0045] 其中,CINR包括波束赋形数据发送模式下的CINR或空间复用波束赋形数据发送模式下的CINR。它可以是接收端计算并反馈给发送端的,也可以是发送端自己计算得到的。

[0046] 其中,上述空间相关性由信道相关矩阵的条件数 \Re 表示的, \Re 的优选计算方式(即在选定的周期内根据一帧或多帧中信道相关矩阵 R 来计算条件数 \Re)如下:

[0047] (1) 初始化先前信道相关性矩阵 R_{Pre} ,在选定的周期T内重复执行步骤(2)直到周期T结束。

[0048] (2) 在周期T内,根据时间顺序,计算当前用户在帧结构中用来计算信道相关性矩阵的载波集合上的信道相关性矩阵: $R = \sum_{k=1}^{N_c} \alpha_k H^H(k) * H(k)$,这里, N_c 表示用来计算信道相

$$\text{关性矩阵的载波集合上包含载波的数目}, H(k) = \begin{bmatrix} h_{11}(k) & h_{12}(k) & \cdots & h_{1M}(k) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ h_{N1}(k) & h_{N2}(k) & \cdots & h_{NM}(k) \end{bmatrix} \text{和 } \alpha_k \geq 0$$

分别是用来计算信道相关性矩阵的载波集合中第 k 个子载波的信道系数矩阵和比例系数。 $h_{ij}(k)$ 为第 j 根发送天线到 i 根接收天线间的第 k 个载波上的信道系数, $j = 1, \dots, M$, $i = 1, \dots, N$, M 为实际物理发送天线数目或者虚拟天线数目, N 为接收天线数目。

[0049] 先前信道相关性矩阵更新为 $R_{Pre} = \rho R_{Pre} + (1-\rho)R$, ρ 为常量且 $0 \leq \rho \leq 1$ 。

[0050] (3) 计算先前信道相关矩阵的条件数: $\Re = f(R_{Pre})$,其中,f是一个关于相关性矩阵 R_{Pre} 的处理,优选地为:

[0051] $f(R) = \frac{\lambda_{\min}(R_{Pre})}{tr(R_{Pre})}$ 或者 $f(R) = \frac{\lambda_{\min}(R_{Pre})}{\lambda_{\max}(R_{Pre})}$ 或者 $f(R) = \lambda_{\min}(R_{Pre})$

[0052] 其中, $tr(A)$ 表示矩阵 A 的迹, 上标 H 表示对矩阵求共轭转置。 $\lambda_{\max}(R_{Pre})$, $\lambda_{\min}(R_{Pre})$ 分别为矩阵 R_{Pre} 的最大和最小特征值。

[0053] 在优选实施过程中, 上述信道状态信息包括 CINR, 上述发送端确定适合于接收端的数据发送模式可以进一步包括以下处理:

[0054] (1) 确定 BF 模式下的信噪比 $CINR_{BF}$ 对应的调制阶数 M_{BF} 、编码速率 P_{BF} 、编码重复次数 R_{BF} , 并计算 BF 模式下的发送速率 $V_{BF} = M_{BF} \times P_{BF} / R_{BF}$;

[0055] (2) 确定 SM+BF 模式下的信噪比 $CINR_{SMBF}$ 对应的调制阶数 M_{SMBF} 、编码速率 P_{SMBF} 、编码重复次数 R_{SMBF} , 并计算 SM+BF 模式下的发送速率 $V_{SMBF} = \alpha \times M_{SMBF} \times P_{SMBF} / R_{SMBF}$, 其中, α 为空间复用时的多输入多输出编码速率;

[0056] (3) 在 V_{BF} 与 V_{SMBF} 中确定较大者, 并确定较大者对应的数据发送模式是适合于接收端的数据发送模式。

[0057] 通过上述处理, 可以根据 CINR 确定适合接收端的数据发送模式, 从而可以灵活地选择数据发送模式为波束赋形和空间复用波束赋形来发送数据。

[0058] 以下结合图 6 描述上述优选实施过程。

[0059] 图 6 是根据本发明实施例一的天线数据发送模式的选择方法的流程图。如图 6 所示, 发送端对其服务的所有接收端进行如下处理:

[0060] 步骤 S602: 计算该接收端在波束赋形下的信噪比 $CINR_{BF}$, 并用它查表格, 找到适合该信噪比下的调制编码方式对应的调制阶数 M_{BF} , 编码速率 P_{BF} , 重复次数 R_{BF} , 并计算波束赋形数据发送模式下发送速率为 $V_{BF} = M_{BF} \times P_{BF} / R_{BF}$;

[0061] 步骤 S604: 计算接收端在空间复用波束赋形数据发送模式下的 $CINR_{SMBF}$ 确定其调制编码方式所对应的调制阶数 M_{SMBF} 、编码速率 P_{SMBF} 、编码重复次数 R_{SMBF} ; 计算空间复用波束赋形数据发送模式下的发送速率 $V_{SMBF} = \alpha \times M_{SMBF} \times P_{SMBF} / R_{SMBF}$; α 为空间复用时的 MIMO 编码速率。

[0062] 步骤 S606: 比较 V_{BF} 和 V_{SMBF} , 如果 $V_{BF} \geq V_{SMBF}$, 选择波束赋形模式 (即确定 BF 模式为合适的数据发送模式), 否则, 选择空间复用波束赋形模式 (即确定 SM+BF 模式为合适的数据发送模式), 并用选定的数据发送模式发送该接收端的数据。

[0063] 在优选实施过程中, 信道状态信息包括空间相关性的信息, 空间相关性由信道相关矩阵的条件数 \Re 表示, 上述发送端确定适合于接收端的数据发送模式还可以进一步包括以下处理:

[0064] (1) 计算获取 \Re ;

[0065] $\Re = \frac{\lambda_{\min}(R)}{tr(R)}$ 或者 $\Re = \frac{\lambda_{\min}(R)}{\lambda_{\max}(R)}$ 或者 $\Re = \lambda_{\min}(R)$, 其中, $tr(R)$ 表示信道相关性矩阵 R 的迹, $\lambda_{\max}(R)$ 和 $\lambda_{\min}(R)$ 分别表示 R 的最大特征值和最小特征值;

[0066] 上述 R 又可以通过以下方式计算: $R = \sum_{k=1}^{N_c} \alpha_k H^H(k) * H(k)$, 其中, N_c 表示用来计

算信道相关性矩阵的载波集合上包含载波的数目, $H(k) = \begin{bmatrix} h_{11}(k) & h_{12}(k) & \cdots & h_{1M}(k) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ h_{N1}(k) & h_{N2}(k) & \cdots & h_{NM}(k) \end{bmatrix}$ 和

$\alpha_k \geq 0$ 分别是用来计算信道相关性矩阵的载波集合中第 k 个子载波的信道系数矩阵和比例系数, $h_{ij}(k)$ 为第 j 根发送天线到 i 根接收天线间的第 k 个载波上的信道系数, $j = 1, \dots, M, i = 1, \dots, N, M$ 为实际物理发送天线数目或者虚拟天线数目, N 为接收天线数目。

[0067] 由于上述计算方案仅根据一帧中信道相关矩阵 R 来计算条件数 \Re , 因而计算的条件数 \Re 并不能很准确地表示空间相关性。

[0068] 实际中, 可以采用上面提到的优选方式来计算条件数 \Re , 即在选定的周期内根据多帧中信道相关矩阵 R 来计算条件数 \Re 。依照此种方式计算的条件数 \Re 可以较好地体现空间相关性。优选计算方式已经在上面提到, 此处不再赘述。

[0069] (2) 如果 \Re 大于条件数门限值 \Re_0 时, 确定 SM+BF 模式是优选的数据发送模式, 否则, 确定 BF 模式是适合于接收端的数据发送模式。

[0070] 通过上述处理, 可以根据空间相关性的信息确定适合接收端的数据发送模式, 从而可以灵活地选择数据发送模式为波束赋形和空间复用波束赋形来发送数据。

[0071] 以下结合图 7 描述上述优选实施过程。

[0072] 图 7 是根据本发明实施例二的天线数据发送模式的选择方法的流程图。如图 7 所示, 发送端预先设定门限值 \Re_0 , 对其服务的所有接收端进行如下处理:

[0073] 步骤 S702 : 初始化先前信道相关性矩阵 R_{Pre} , 在选定的周期 T 内重复执行步骤 S704 直到周期 T 结束。

[0074] 步骤 S704 : 在周期 T 内, 根据时间顺序, 计算当前用户在帧结构中用来计算信道相关性矩阵的载波集合上的信道相关性矩阵 : $R = \sum_{k=1}^{N_c} \alpha_k H^H(k)^* H(k)$, 这里, N_c 表示用来计

算信道相关性矩阵的载波集合上包含载波的数目, $H(k) = \begin{bmatrix} h_{11}(k) & h_{12}(k) & \cdots & h_{1M}(k) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ h_{N1}(k) & h_{N2}(k) & \cdots & h_{NM}(k) \end{bmatrix}$ 和

$\alpha_k \geq 0$ 分别是用来计算信道相关性矩阵的载波集合中第 k 个子载波的信道系数矩阵和比例系数。 $h_{ij}(k)$ 为第 j 根发送天线到 i 根接收天线间的第 k 个载波上的信道系数, $j = 1, \dots, M, i = 1, \dots, N, M$ 为实际物理发送天线数目或者虚拟天线数目, N 为接收天线数目。

[0075] 这里, 用来计算信道相关性矩阵的载波集合, 可以是接收端发送上行数据对应的子信道里的时频二维数据子载波, 或者上行导频对应的子载波或者给接收端发送的下行数据对应的子信道里的数据子载波等。

[0076] 先前信道相关性矩阵更新为 $R_{Pre} = \rho R_{Pre} + (1 - \rho) R$, ρ 为常量且 $0 \leq \rho \leq 1$ 。

[0077] 步骤 S706 : 计算先前信道相关性矩阵的条件数 : $\Re = f(R_{Pre})$, 其中, f 是一个关于相关性矩阵 R_{Pre} 的处理, 优选地为 :

$$[0078] f(R) = \frac{\lambda_{\min}(R_{Pre})}{\text{tr}(R_{Pre})} \text{ 或者 } f(R) = \frac{\lambda_{\min}(R_{Pre})}{\lambda_{\max}(R_{Pre})} \text{ 或者 } f(R) = \lambda_{\min}(R_{Pre})$$

[0079] 其中, $\text{tr}(A)$ 表示矩阵 A 的迹, 上标 H 表示对矩阵求共轭转置。 $\lambda_{\max}(R_{Pre})$, $\lambda_{\min}(R_{Pre})$

分别为矩阵 R_{Pre} 的最大和最小特征值。

[0080] 步骤 S708 :如果 $\Re \geq \Re_0$, 选定空间复用波束赋形模式, 否则, 选择波束赋形模式。

[0081] 步骤 S710 :用选定的数据发送模式发送该接收端的数据。

[0082] 在优选实施过程中, 上述信道状态信息包括 CINR, 上述发送端确定适合于接收端的数据发送模式可以进一步包括以下处理 :

[0083] (1) 对当前使用 BF 模式的接收端, 获得 BF 模式下的 CINR, 如果 CINR 大于第一信噪比门限值 BF_TH_0 , 则确定 SM+BF 模式是适合于接收端的数据发送模式, 否则, 确定 BF 模式是适合于接收端的数据发送模式 ;

[0084] (2) 对当前使用 SM+BF 模式的接收端, 获得 SM+BF 模式下的 CINR, 如果 CINR 小于第二信噪比门限值 $SMBF_TH_0$, 则确定 BF 模式是适合于接收端的数据发送模式, 否则, 确定 SM+BF 模式是适合于接收端的数据发送模式。

[0085] 此处, BF_TH_0 , $SMBF_TH_0$ 为门限值, 上述两者可以相同也可以不同。当 $BF_TH_0 = SMBF_TH_0 = TH$ 时, 简化成 $CINR < TH$ 时, 确定波束赋形模式更优, 否则用空间复用波束赋形更优。

[0086] 通过上述处理, 可以根据 CINR 确定适合接收端的数据发送模式, 从而可以灵活地选择数据发送模式为波束赋形和空间复用波束赋形来发送数据。

[0087] 以下结合图 8 描述上述优选实施过程。

[0088] 图 8 是根据本发明实施例三的天线数据发送模式的选择方法的流程图。如图 8 所示, 发送端预先设定门限值 BF_TH_0 和门限值 $SMBF_TH_0$, 对其服务的所有接收端进行如下处理 :

[0089] 步骤 S802 :当前使用波束赋形模式的接收端 ; 获得当前数据发送模式下的 CINR, 如果 $CINR > BF_TH_0$, 则确定空间复用波束赋形模式更优 ; 否则确定波束赋形模式更优。

[0090] 步骤 S804 :当前使用空间复用波束赋形模式的接收端 ; 获得当前数据发送模式下的 CINR, 如果 $CINR < SMBF_TH_0$, 则确定波束赋形模式更优 ; 否则确定波空间复用波束赋形模式更优。

[0091] 步骤 S806 :用选定更优的数据发送模式发送数据。

[0092] 在优选实施过程中, 上述信道状态信息包括 BER, 上述发送端确定适合于接收端的数据发送模式可以进一步包括以下处理 :

[0093] (1) 设置第一判决周期 T_1 , T_1 的单位是帧 ;

[0094] (2) 获取接收端反馈的 BER, 或者利用混合自动重传或自动重传计算当前数据发送模式下的 BER ;

[0095] (3) 如果 BER 小于误发率门限值 BER_0 , 则确定 SM+BF 模式是更优的数据发送模式, 否则确定 BF 模式是更优的数据发送模式。

[0096] 通过上述处理, 可以根据 BER 确定适合接收端的数据发送模式, 从而可以灵活地选择数据发送模式为波束赋形和空间复用波束赋形来发送数据。

[0097] 以下结合图 9 描述上述优选实施过程。

[0098] 图 9 是根据本发明实施例四的天线数据发送模式的选择方法的流程图。如图 9 所示, 发送端预先设定门限值 BER_0 , 对其服务的所有接收端进行如下处理 :

[0099] 步骤 S902 :获得接收端反馈的 BER, 或利用 HARQ 或 ARQ 计算当前数据发送模式下

的 BER；

[0100] 步骤 S904：如果 $BER < BER_0$, 选择空间复用波束赋形模式更优，否则选择波束赋形模式更优。

[0101] 步骤 S906：用选定更优的数据发送模式发送数据。

[0102] 在优选实施过程中，信道状态信息包括：BER 和 CINR，上述发送端确定适合于接收端的数据发送模式还可以进一步包括以下处理：

[0103] (1) 对使用 BF 模式的接收端，获得 BF 模式下的 CINR，如果 CINR 大于第三信噪比门限值 BF_TH_1 ，则确定 SM+BF 模式是更优的数据发送模式，否则，确定 BF 模式是更优的数据发送模式。

[0104] (2) 对使用 SM+BF 模式的接收端，获得该接收端反馈的 BER，或者利用混合自动重传或自动重传计算当前数据发送模式下的 BER，如果 BER 大于误发率门限值 BER_0 ，确定 BF 模式是更优的数据发送模式，否则，确定 SM+BF 模式是更优的数据发送模式。

[0105] 通过上述处理，可以根据 CINR 和 BER 确定适合接收端的数据发送模式，从而可以灵活地选择数据发送模式为波束赋形和空间复用波束赋形来发送数据。

[0106] 以下结合图 10 描述上述优选实施过程。

[0107] 图 10 是根据本发明实施例五的天线数据发送模式的选择方法的流程图。如图 10 所示，发送端预先设定门限值 BER_0 和 BF_TH_1 ，对其服务的所有接收端进行如下处理：

[0108] 步骤 S1002：对当前使用波束赋形模式的接收端，获得波束赋形模式下的 CINR，如果 $CINR > BF_TH_1$ ，则确定空间复用波束赋形模式更优；否则，确定波束赋形模式更优。

[0109] 步骤 S1004：对当前使用空间复用波束赋形模式的接收端，获得接收端反馈的 BER，或利用 HARQ 或 ARQ 计算当前数据发送模式下的 BER；如果 $BER > BER_0$ ，选择波束赋形模式更优，否则选择空间复用波束赋形模式更优。

[0110] 步骤 S1006：用选定更优的数据发送模式发送数据。

[0111] 在优选实施过程中，信道状态信息包括信噪比 CINR，发送端确定适合于接收端的数据发送模式还可以进一步包括以下处理：

[0112] (1) 设置第一门限区间 $[BF_TH_1, BF_TH_2]$ ，对当前使用 BF 模式的接收端，计算 BF 模式下的 CINR，如果 $CINR < BF_TH_1$ ，则确定 BF 模式是适合于接收端的数据发送模式；如果 $CINR > BF_TH_2$ ，则确定 SM+BF 模式是适合于接收端的数据发送模式；如果 CINR 位于第一门限区间中，可以执行上面提到的任一项所述的发送端确定适合于接收端的数据发送模式的方案，来确定 BF 模式或 SM+BF 模式是适合于接收端的数据发送模式；

[0113] (2) 设置第二门限值区间 $[SMBF_TH_1, SMBF_TH_2]$ ，对当前使用 SM+BF 模式的接收端，计算空间复用波束赋形模式下的 CINR；如果 $CINR < SMBF_TH_1$ ，则确定 BF 模式是适合于接收端的数据发送模式；如果 $CINR > SMBF_TH_2$ ，则确定 SM+BF 模式是适合于接收端的数据发送模式；如果 CINR 位于第二门限值区间中，则可以执行上面提到的任一项发送端确定适合于接收端的数据发送模式的方案，来确定 BF 模式或 SM+BF 模式是适合于接收端的数据发送模式。

[0114] 以下结合图 11 描述上述优选实施过程。

[0115] 图 11 是根据本发明实施例六的天线数据发送模式的选择方法的流程图。如图 11 所示，发送端预先设定区间门限值 $[BF_TH_1, BF_TH_2]$ 和 $[SMBF_TH_1, SMBF_TH_2]$ 。此处，

$0 \leq BF_TH1 \leq BF_TH2, 0 \leq SMBF_TH1 \leq SMBF_TH2$, 对其服务的所有接收端进行如下处理 :

[0116] 步骤 S1102 : 当前的数据发送方式为波束赋形模式的接收端 ; 计算该模式下的 CINR, 如果 $CINR < BF_TH1$, 则确定波束赋形模式更优 ; 如果 $CINR > BF_TH2$, 则确定空间复用波束赋形模式更优 ; 如果 $BF_TH1 \leq CINR \leq BF_TH2$, 则执行上面提到的任一项发送端确定适合于接收端的数据发送模式的方案 (具体可以参见图 6 ~ 图 10), 来确定波束赋形模式或空间复用波束赋形模式更优。

[0117] 步骤 S1104 : 当前的数据发送方式为空间复用波束赋形模式的接收端 ; 计算该模式下的 CINR, 如果 $CINR < SMBF_TH1$, 则确定波束赋形模式更优 ; 如果 $CINR > SMBF_TH2$, 则确定空间复用波束赋形模式更优 ; 如果 $SMBF_TH1 \leq CINR \leq SMBF_TH2$, 则执行上面提到的任一项发送端确定适合于接收端的数据发送模式的方案 (具体可以参见图 6 ~ 图 10), 确定波束赋形模式或空间复用波束赋形模式更优。

[0118] 步骤 S1106 : 用选定更优的数据发送模式发送数据。

[0119] 在优选实施过程中, 上述发送端确定适合于接收端的数据发送模式还可以进一步包括以下处理 :

[0120] (1) 设置第二判决周期 T_2 , T_2 的单位是帧 ;

[0121] (2) 在第二判决周期中设置 L 个判决点, 或者将总帧数为 T_2 的整数倍的时刻设置为判决点, 其中, L 为大于 1 的整数 ;

[0122] (3) 在每个判决点执行上面提到的任一项发送端确定适合于接收端的数据发送模式的方案, 来确定 BF 模式或 SM+BF 模式是否适合于接收端的数据发送模式, 并统计 BF 模式是否适合于接收端的数据发送模式的次数 N_1 , 或者统计 SM+BF 模式是否适合于接收端的数据发送模式的次数 N_2 ;

[0123] (4) 如果 N_1/L 大于或等于预定值 Tr , 确定 BF 模式是否适合于接收端的数据发送模式, 否则, 确定 SM+BF 模式是否适合于接收端的数据发送模式 ;

[0124] (5) 如果 N_2/L 大于或等于预定值 Tr , 确定 SM+BF 模式是否适合于接收端的数据发送模式, 否则, 确定 BF 模式是否适合于接收端的数据发送模式。

[0125] 以下结合图 12 ~ 图 14 描述上述优选实施过程。

[0126] 图 12 是根据本发明实施例七的天线数据发送模式的选择方法的流程图。如图 12 所示, 设定门限值 Tr 和判决周期 T 单位是帧, 在判决周期内设定 L 个判决时刻 (判决点), 对其服务的所有接收端进行如下处理 :

[0127] 步骤 S1202 : 初始化 $BF_NUM = 0$;

[0128] 步骤 S1204 : 在每个判决时刻执行上面提到的任一项发送端确定适合于接收端的数据发送模式的方案, 如果波束赋形模式更优, 则 $BF_NUM = BF_NUM + 1$;

[0129] 步骤 S1206 : 重复执行步骤 S1204 直到周期结束或者 $(BF_NUM/L) \geq Tr$;

[0130] 步骤 S1208 : 如果 $(BF_NUM/L) \geq Tr$, 选择波束赋形模式更优, 否则选择空间复用波束赋形模式更优。

[0131] 步骤 S1210 : 在下一个周期内用选择更优的数据发送模式进行发送数据。进入下一个判决周期。

[0132] 图 13 是根据本发明实施例八的天线数据发送模式的选择方法的流程图 ; 如图 13 所示, 设定门限值 Tr 和判决周期 T 单位是帧 ; 在判决周期内设定 L 个判决时刻 (判决点),

对其服务的所有接收端进行如下处理：

- [0133] 步骤 S1302 : 初始化 SMBF_NUM = 0 ;
- [0134] 步骤 S1304 : 在每个判决时刻执行上面提到的任一项发送端确定适合于接收端的数据发送模式的方案,如果空间复用波束赋形模式更优,则 SMBF_NUM = SMBF_NUM+1 ;
- [0135] 步骤 S1306 : 重复执行步骤 S1304 直到周期结束或者 $(SMBF_NUM/L) \geq Tr$;
- [0136] 步骤 S1308 : 如果 $(SMBF_NUM/L) \geq Tr$,选择空间复用波束赋形模式更优,否则选择波束赋形模式更优。
- [0137] 步骤 S1310 : 在下一个周期内用选择更优的数据发送模式进行发送数据。进入下一个判决周期。

[0138] 图 14 是根据本发明实施例九的天线数据发送模式的选择方法的流程图。如图 14 所示,在判决时刻 $L = 1$ 且为周期 T (T 为发送端设定的判决周期,单位是帧) 的整数倍时进行判决,对其服务的所有接收端进行如下处理 :

- [0139] 步骤 S1402 : 在总帧数是 T 的整数倍时,执行上面提到的任一项发送端确定适合于接收端的数据发送模式的方案,确定波束赋形模式或空间复用波束赋形模式是适合于接收端的数据发送模式。
- [0140] 步骤 S1404 : 在下个判决周期内使用确定的模式传输数据,并进入下一个判决周期。

[0141] 在优选实施过程中,发送端确定适合于接收端的数据发送模式还可以进一步包括以下处理 :

- [0142] (1) 设置第三判决周期 T_3 , T_3 的单位是帧 ;
- [0143] (2) 在第三判决周期内,发送端根据信道状态信息判断数据发送速率趋势 ;
- [0144] 优选地,信道状态信息包括 CINR, 步骤 (2) 可以进一步包括以下处理 :
 - [0145] A、在第三判决周期内设置多个判决点,依次在每个判决点获得当前数据发送模式下的 CINR, 并统计第三判决周期内 $CINR \geq CINR_0$ 的次数 N_s , $CINR_0$ 为第四信噪比门限值 ;
 - [0146] B、如果 $N_s \leq N_1$, 则确定数据发送速率趋势为下降, N_1 为第一次数门限值 ; 如果 $N_s \geq N_2$, 则确定数据发送速率趋势为上升, N_2 为第二次数门限值 ; 如果 $N_1 < N_s < N_2$, 则确定数据发送速率趋势为不变。
- [0147] 优选地,信道状态信息包括误发率 BER, 步骤 (2) 还可以进一步包括以下处理 :
 - [0148] A、将第三判决周期划分为多个小周期 ;
 - [0149] B、依次在每个小周期内获取接收端反馈的 BER, 或者利用混合自动重传或自动重传计算当前数据发送模式下的 BER ;
 - [0150] C、统计第三判决周期内 $BER \leq BER_0$ 的次数 N_s , BER_0 为误发率门限值 ;
 - [0151] D、如果 $N_s \leq N_1$, 则确定数据发送速率趋势为下降, N_1 为第一次数门限值 ; 如果 $N_s \geq N_2$, 则确定数据发送速率趋势为上升, N_2 为第二次数门限值 ; 如果 $N_1 < N_s < N_2$, 则确定数据发送速率趋势为不变。
- [0152] (3) 根据数据发送速率趋势确定 BF 模式或 SM+BF 模式是适合于接收端的数据发送模式。
- [0153] 优选地,步骤 (3) 可以进一步包括以下处理 :
 - [0154] A、如果发送速率趋势是上升的,在当前数据发送速率和最大发送速率之间确定一

个数据发送速率对应的模式是适合于接收端的数据发送模式；

[0155] 优选地，在当前数据发送速率和最大发送速率之间确定一个数据发送速率对应的模式，可以在预先配置的速率表中查询，获取该数据发送速率对应的模式。

[0156] 其中，上述速率表是发送端根据下面方法预先配置的一张表格：将使用波束赋形时不同调制编码方式对应的传输速率和使用空间复用波束赋形时不同调制编码方式对应的传输速率进行排序，形成一个表格，并规定传输速率增大的方向为速率上升的方向，而传输速率减小的方向为速率下降的方向。表格中的每一行可包括数据发送模式、调制编码方式、发送速率和唯一的索引 ID(Index)。一个例子如表 1 所示，表 1 中，按发送速率从小到大排列。编码重复次数 R = 1，波束赋形时 $\alpha = 1$ ，空间复用波束赋形时 $\alpha = 2$ 。调制方式包括四相相移键控 (Quadrature Phase Shift Keying，简称为 QPSK)、正交幅度调制 (Quadrature Amplitude Modulation，简称为 QAM)、16QAM、64QAM，编码速率包括 1/2、2/3、3/4、5/6。

[0157] 表 1

[0158]

数据发送模式	调制编码方式	数据发送速率 (比特 / 赫兹)	索引 ID
波束赋形	QPSK 1/2	1	1
波束赋形	QPSK 3/4	1.5	2
波束赋形	16QAM 1/2	2	3
空间复用波束赋形	QPSK 1/2	2	4
波束赋形	64QAM 1/2	3	5

[0159]

空间复用波束赋形	QPSK 3/4	3	6
波束赋形	64QAM 2/3	4	7
空间复用波束赋形	16QAM 1/2	4	8
波束赋形	64QAM 3/4	4.5	9
波束赋形	64QAM 5/6	5	10
空间复用波束赋形	64QAM 1/2	6	11
空间复用波束赋形	64QAM 2/3	8	12
空间复用波束赋形	64QAM 3/4	9	13

空间复用波束赋形	64QAM 5/6	10	14
----------	-----------	----	----

[0160] B、如果发送速率趋势是下降的,在当前数据发送速率和最小发送速率之间确定一个数据发送速率对应的模式是适合于接收端的数据发送模式;

[0161] 优选地,在当前数据发送速率和最小发送速率之间确定一个数据发送速率对应的模式,也可以在预先配置的速率表中查询,获取该数据发送速率对应的模式。

[0162] C、如果发送速率趋势是不变的,保持当前的数据发送模式不变。

[0163] 以下结合图 15 ~ 图 20 描述上述优选实施过程。

[0164] 图 15 是根据本发明实施例十的天线数据发送模式的选择方法的流程图。其中,一个发送端下面服务了多个接收端。在发送端端配置判决周期 $N_T T$, T 的单位是帧, N_T 是判决周期内的小周期个数。配置 BER 的门限值为 BER_0 , 统计量的门限值为 N_1, N_2 , 是正整数, 且 $N_1 \leq N_2$ 。配置速率表, 如上述表 1 所示。发送端在每个判决周期 $N_T T$ 内对每个接收端进行如下处理, 以调整数据发送速率, 并用数据发送速率对应的调制编码方式和数据发送模式发送数据。

[0165] 步骤 S1502 :如果第一次调整, 初始化 ID = 1, 即, 选择波束赋形数据发送模式和调制编码法方式为 QPSK1/2 传输数据, 否则 ID 为上一次调整的值, $i = 1$ 。

[0166] 步骤 S1504 :在 $(i-1)T+1$ 到 iT 的周期内统计发送端总共发送的突发个数为 M_{total} 个, 对应比特数目为 B_{total} 比特, HARQ 或者 AQR 第一重传的突发个数为 M_{rep} 个, 对应比特数目 B_{rep} 比特, 则对应的误比特率 $BER = B_{rep}/B_{total}$ 。

[0167] 步骤 S1506 : $i = i+1$; 如果 $BER \leq BER_0$, $N_s = N_s + 1$ 。

[0168] 步骤 S1508 :重复步骤 S1504 至步骤 S1506, 直到判决周期结束或者 $N_s \geq N_2$ 。

[0169] 步骤 S1510 :如果 $N_s \geq N_2$, 判断该接收端发送速率趋势是上升的, $ID = \min(ID+1, 14)$; 如果 $N_s \leq N_1$, 判断是下降的, $ID = \max(1, ID-1)$; 如果 $N_1 < N_s < N_2$, 保持数据传输速率不变, 即 $ID = ID$ 。

[0170] 步骤 S1512 :用步骤 S1510 选择的 ID 对应的数据发送模式发送数据。

[0171] 需要注意的是, 本实施例中采用的方法也可以用误突发率为 $BER = M_{rep}/M_{total}$ 实现。

[0172] 图 16 是根据本发明实施例十一的天线数据发送模式的选择方法的流程图。其中, 一发送端下面服务了多个接收端, 在发送端配置判决周期 $N_T T$, T 的单位是帧, N_T 是判决周期内的小周期个数。配置 BER 的门限值为 BER_0 , 统计量的门限值为 N_1, N_2 , 是正整数, 且 $N_1 \leq N_2$ 。配置速率表, 如表 1 所示。发送端在每个判决周期 $N_T T$ 内对每个接收端进行如下处理, 以调整数据发送速率, 并用数据发送速率对应的调制编码方式和数据发送模式发送数据。

[0173] 步骤 S1602 ~ 步骤 S1604 :与上述步骤 S1502 ~ 步骤 S1504 相同, 此处不再赘述。

[0174] 步骤 S1606 : $i = i+1$; 如果 $BER \geq BER_0$, $N_s = N_s + 1$ 。

[0175] 步骤 S1608 :重复步骤 S1604 至步骤 S1606, 直到判决周期结束或者 $N_s \geq N_2$ 。

[0176] 步骤 S1610 :如果 $N_s \geq N_2$, 判断该接收端传输速率趋势是下降的, $ID = \max(1, ID-1)$; 如果 $N_s \leq N_1$ 判断是上升的, $ID = \min(ID+1, 14)$; 如果 $N_1 < N_s < N_2$, 保持数据传输速率不变, $ID = ID$ 。

[0177] 步骤 S1612 :用步骤 S1610 选择的 ID 对应的数据发送模式发送数据。

[0178] 需要注意的是,本实施例中采用的方法也可以用误突发率为 $BER = M_{rep}/M_{total}$ 实现。

[0179] 图 17 是根据本发明实施例十二的天线数据发送模式的选择方法的流程图。其中,一个发送端下面服务了多个接收端。在发送端端配置判决周期 $N_T T$, T 的单位是帧, N_T 是判决周期内的小周期个数。配置 BER 的初始值为 BER_0 , 统计量的门限值为 N_1, N_2 , 是正整数, 且 $N_1 \leq N_2$ 。配置速率表, 如表 1 所示。发送端在每个判决周期 $N_T T$ 内对每个接收端进行如下处理, 以调整数据发送速率, 并用数据发送速率对应的调制编码方式和数据发送模式发送数据。

[0180] 步骤 S1702 ~ 步骤 S1704 :与上述步骤 S1502 ~ 步骤 S1504 相同, 此处不再赘述。

[0181] 步骤 S1706 :如果 $BER \leq BER_0$, $N_s = N_s + 1$;

[0182] 步骤 S1708 : $i = i + 1$; $BER_0 = BER$ 。

[0183] 步骤 S1710 :重复步骤 S1704 ~ 步骤 S1708 直到判决周期结束或 $N_s \geq N_2$ 。

[0184] 步骤 S1712 :如果 $N_s \geq N_2$, 判断该接收端传输速率趋势是上升的, $ID = \min(ID+1, 14)$; 如果 $N_s \leq N_1$, 判断是下降的, $ID = \max(1, ID-1)$; 如果 $N_1 < N_s < N_2$, 保持数据传输速率不变, $ID = ID$ 。

[0185] 步骤 S1714 :用步骤 S1712 选择的 ID 对应的数据发送模式发送数据。

[0186] 需要注意的是,本实施例中采用的方法也可以用误突发率为 $BER = M_{rep}/M_{total}$ 实现。

[0187] 图 18 是根据本发明实施例十三的天线数据发送模式的选择方法的流程图。其中,一个发送端下面服务了多个接收端。在发送端端配置判决周期 $N_T T$, T 的单位是帧, N_T 是判决周期内的小周期个数。配置 CINR 的门限值为 $CINR_0$, 统计量的门限值为 N_1, N_2 , 是正整数, 且 $N_1 \leq N_2$ 。配置速率表, 如表格 1 所示。发送端在每个判决周期 $N_T T$ 内对每个接收端进行如下处理, 以调整数据发送速率, 并用数据发送速率对应的调制编码方式和数据发送模式发送数据。

[0188] 步骤 S1802 :如果第一次调整, 初始化 $ID = 1$, 即, 选择波束赋形数据发送模式和调制编码法方式为 QPSK1/2 传输数据, 否则 ID 为上一次调整的值。 $i = 1$ 。

[0189] 步骤 S1804 :在判决时刻 iT , 获得当前数据发送模式下的 CINR。

[0190] 步骤 S1806 : $i = i + 1$; 如果 $CINR \geq CINR_0$, $N_s = N_s + 1$ 。

[0191] 步骤 S1808 :重复步骤 S1804 ~ 步骤 S1806 直到判决周期结束或 $N_s \geq N_2$ 。

[0192] 步骤 S1810 :如果 $N_s \geq N_2$, 判断该接收端传输速率趋势是上升的, $ID = \min(ID+1, 14)$; 如果 $N_s \leq N_1$, 判断是下降的, $ID = \max(1, ID-1)$; 如果 $N_1 < N_s < N_2$, 保持数据传输速率不变, $ID = ID$ 。

[0193] 步骤 S1812 :用步骤 S1810 选择的 ID 对应的数据发送模式发送数据。

[0194] 图 19 是根据本发明实施例十四的天线数据发送模式的选择方法的流程图。其中,一个发送端下面服务了多个接收端。在发送端端配置判决周期 $N_T T$, T 的单位是帧, N_T 是判决周期内的小周期个数。配置 CINR 的门限值为 $CINR_0$, 统计量的门限值为 N_1, N_2 , 是正整数, 且 $N_1 \leq N_2$ 。配置速率表, 如表格 1 所示。发送端在每个判决周期 $N_T T$ 内对每个接收端进行如下处理, 以调整数据发送速率, 并用数据发送速率对应的调制编码方式和数据发送模式发送数据。

- [0195] 步骤 S1902 ~ 步骤 S1904 : 与上述步骤 S1802 ~ 步骤 S1804 相同, 此处不再赘述。
- [0196] 步骤 S1906 : $i = i + 1$; 如果 $CINR \leq CINR_0$, $N_s = N_s + 1$ 。
- [0197] 步骤 S1908 : 重复步骤 S1904 ~ 步骤 S1906 直到判决周期结束或者 $N_s \geq N_2$ 。
- [0198] 步骤 S1910 : 如果 $N_s \geq N_2$, 判断该接收端传输速率趋势是下降的, $ID = \max(1, ID - 1)$; 如果 $N_s \leq N_1$, 判断是上升的, $ID = \min(ID + 1, 14)$; 如果 $N_1 < N_s < N_2$, 保持数据传输速率不变, $ID = ID$ 。
- [0199] 步骤 S1912 : 用步骤 S1910 选择的 ID 对应的数据发送模式发送数据。

[0200] 图 20 是根据本发明实施例十五的天线数据发送模式的选择方法的流程图。其中, 一个发送端下面服务了多个接收端。在发送端端配置判决周期 N_{iT} , T 的单位是帧, N_i 是判决周期内的小周期个数。配置 CINR 的初始值为 $CINR_0$, 统计量的门限值为 N_1, N_2 , 是正整数, 且 $N_1 \leq N_2$ 。配置速率表, 如表格 1 所示。发送端在每个判决周期 N_{iT} 内对每个接收端进行如下处理, 以调整数据发送速率, 并用数据发送速率对应的调制编码方式和数据发送模式发送数据。

- [0201] 步骤 S2002 ~ 步骤 S2004 : 与上述步骤 S1802 ~ 步骤 S1804 相同, 此处不再赘述。
- [0202] 步骤 S2006 : 如果 $CINR \geq CINR_0$, $N_s = N_s + 1$ 。
- [0203] 步骤 S2008 : $i = i + 1$; $CINR_0 = CINR$ 。
- [0204] 步骤 S2010 : 重复步骤 S2004 ~ 步骤 S2008 直到判决周期结束或 $N_s \geq N_2$ 。
- [0205] 步骤 S2012 : 如果 $N_s \geq N_2$, 判断该接收端传输速率趋势是上升的, $ID = \min(ID + 1, 14)$; 如果 $N_s \leq N_1$, 判断是下降的, $ID = \max(1, ID - 1)$; 如果 $N_1 < N_s < N_2$, 保持数据传输速率不变, $ID = ID$ 。
- [0206] 步骤 S2014 : 用步骤 S2012 选择的 ID 对应的数据发送模式发送数据。

[0207] 图 21 是根据本发明实施例的天线数据发送模式的选择装置的结构框图。该天线数据发送模式的选择装置包括: 确定模块 10 以及发送模块 12。

[0208] 确定模块 10, 用于根据信道状态信息从波束赋形 BF 模式和空间复用波束赋形 SM+BF 模式中确定适合于接收端的数据发送模式;

- [0209] 发送模块 12, 用于使用确定的数据发送模式发送天线数据。
- [0210] 采用上述装置, 可以根据系统信道状态信息, 灵活地选择数据发送模式为波束赋形和空间复用波束赋形来发送数据。从而增加了链路的稳定性和提高了系统的吞吐量。

[0211] 在无线通信系统中, 上述信道状态信息可以包括但不限于以下至少之一: CINR、BER、空间相关性的信息。

[0212] 其中, BER 为误突发率或者误比特率, 由接收端反馈给发送端; 或者, 发送端通过计算得到, 具体计算方法在上面已经提到, 此处不再赘述。

[0213] 其中, 上述空间相关性由信道相关矩阵的条件数 \Re 表示的, \Re 的计算以及优选计算过程也在上面已经提到, 此处不再赘述。

[0214] 优选地, 确定模块 10 可以进一步包括: 第一确定单元 100, 用于确定 BF 模式下的信噪比 $CINR_{BF}$ 对应的调制阶数 M_{BF} 、编码速率 P_{RF} 、编码重复次数 R_{BF} ; 第一计算单元 102, 用于计算 BF 模式下的发送速率 $V_{BF} = M_{BF} \times P_{RF} / R_{BF}$; 第二确定单元 104, 用于确定 SM+BF 模式下的信噪比 $CINR_{SMBF}$ 对应的调制阶数 M_{SMBF} 、编码速率 P_{SMBF} 、编码重复次数 R_{SMBF} ; 第二计算单元 106, 用于计算 SM+BF 模式下的发送速率 $V_{SMBF} = \alpha \times M_{SMBF} \times P_{SMBF} / R_{SMBF}$, 其中, α 为空间复用时的

多输入多输出编码速率 ;第三确定单元 108, 用于在 V_{BF} 与 B_{SMBF} 中确定较大者, 并确定较大者对应的数据发送模式是更优的数据发送模式。

[0215] 在优选实施过程中, 上述各单元相互结合的工作方式可以参见图 6, 此处不再赘述。

[0216] 优选地, 确定模块 10 可以进一步包括 :第三计算单元 110, 用于计算获取 \Re ; 第四确定单元 112, 用于 \Re 大于条件数门限值 \Re_0 时, 确定 SM+BF 模式是更优的数据发送模式, 否则, 确定 BF 模式是更优的数据发送模式。

[0217] 在优选实施过程中, 上述各单元相互结合的工作方式可以参见图 7, 此处不再赘述。

[0218] 优选地, 确定模块 10 可以进一步包括 :第一获取单元 114, 用于对使用 BF 模式的接收端, 获得 BF 模式下的 CINR; 第五确定单元 116, 用于在第一获取单元获取的 CINR 大于第一信噪比门限值 BF_TH_0 时, 确定 SM+BF 模式是适合于接收端的数据发送模式, 否则, 确定 BF 模式是适合于接收端的数据发送模式; 第二获取单元 118, 用于对使用 SM+BF 模式的接收端, 获得 SM+BF 模式下的 CINR; 第六确定单元 120, 用于在第二获取单元获取的 CINR 小于第二信噪比门限值 $SMBF_TH_0$, 则确定 BF 模式是适合于接收端的数据发送模式, 否则, 确定 SM+BF 模式是适合于接收端的数据发送模式。

[0219] 在优选实施过程中, 上述各单元相互结合的工作方式可以参见图 8, 此处不再赘述。

[0220] 优选地, 确定模块 10 还可以进一步包括 :第一设置单元 122, 用于设置第一判决周期 T_1 , 其中, T_1 的单位是帧; 第三获取单元 124, 用于获取接收端反馈的 BER, 或者利用混合自动重传或自动重传计算当前数据发送模式下的 BER; 第七确定单元 126, 用于在 BER 小于误发率门限值 BER_0 时, 确定 SM+BF 模式是更优的数据发送模式, 否则确定 BF 模式是更优的数据发送模式。

[0221] 在优选实施过程中, 上述各单元相互结合的工作方式可以参见图 9, 此处不再赘述。

[0222] 优选地, 确定模块 10 可以进一步包括 :第四获取单元 128, 用于对使用 BF 模式的接收端, 获得 BF 模式下的 CINR; 第八确定单元 130, 用于在 CINR 大于第三信噪比门限值 BF_TH_1 时, 确定 SM+BF 模式是更优的数据发送模式, 否则, 确定 BF 模式是更优的数据发送模式; 第五获取单元 132, 用于对使用 SM+BF 模式的接收端, 获得该接收端反馈的 BER, 或者利用混合自动重传或自动重传计算当前数据发送模式下的 BER; 第九确定单元 134, 用于在 BER 大于误发率门限值 BER_0 时, 确定 BF 模式是更优的数据发送模式, 否则, 确定 SM+BF 模式是更优的数据发送模式。

[0223] 在优选实施过程中, 上述各单元相互结合的工作方式可以参见图 10, 此处不再赘述。

[0224] 在优选实施过程中, 还可以采用 CINR 与上述各个确定方案相结合的方案, 以确定 BF 模式或 SM+BF 模式是适合于接收端的数据发送模式 (即更优的数据发送方式)。可以参见图 11。

[0225] 在优选实施过程中, 还可以采用判决周期与上述各个确定方案相结合的方案, 以确定 BF 模式或 SM+BF 模式是适合于接收端的数据发送模式 (即更优的数据发送方式)。可

以参见图 12 ~ 图 14。

[0226] 优选地,确定模块 10 可以进一步包括:第二设置单元 128,用于设置第三判决周期 T3, T3 的单位是帧;判断单元 130,用于在第三判决周期内,根据信道状态信息判断数据发送速率趋势;第八确定单元 132,用于根据数据发送速率趋势确定 BF 模式或 SM+BF 模式是适合于接收端的数据发送模式。

[0227] 在优选实施过程中,上述各单元相互结合的工作方式可以参见图 15 ~ 图 20,此处不再赘述。

[0228] 综上所述,通过本发明的上述实施例,提供的天线数据发送模式的选择方案,可以根据系统信道状态信息(例如,信道条件和应用场景的变化),灵活地选择数据发送模式为波束赋形和空间复用波束赋形来发送数据。从而增加了链路的稳定性和提高了系统的吞吐量。

[0229] 显然,本领域的技术人员应该明白,上述的本发明的各模块或各步骤可以用通用的计算装置来实现,它们可以集中在单个的计算装置上,或者分布在多个计算装置所组成的网络上,可选地,它们可以用计算装置可执行的程序代码来实现,从而,可以将它们存储在存储装置中由计算装置来执行,或者将它们分别制作成各个集成电路模块,或者将它们中的多个模块或步骤制作成单个集成电路模块来实现。这样,本发明不限制于任何特定的硬件和软件结合。

[0230] 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。

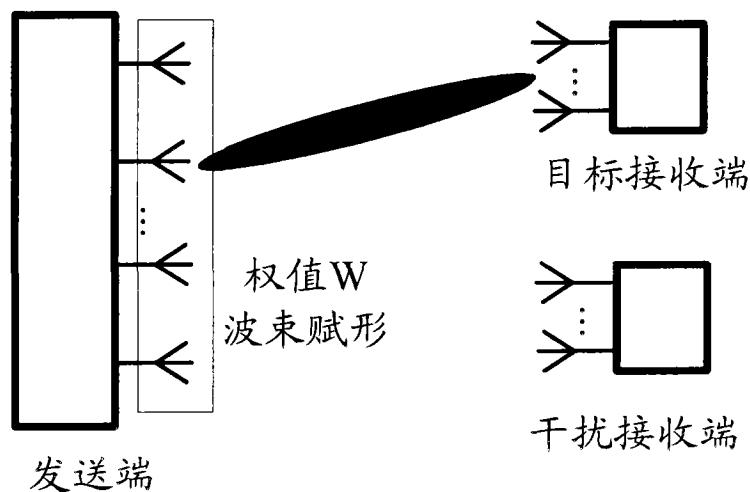


图 1

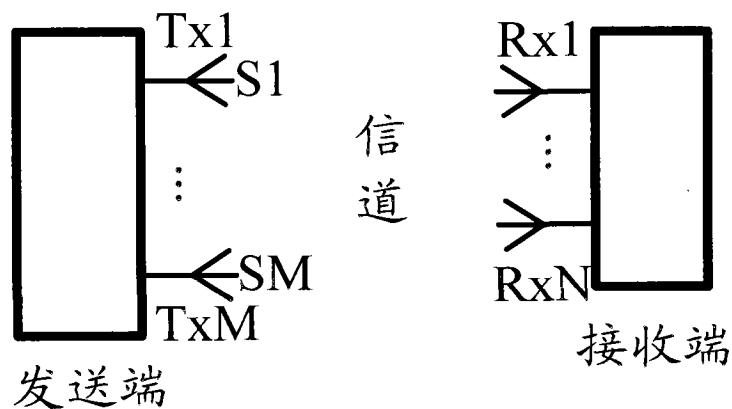


图 2

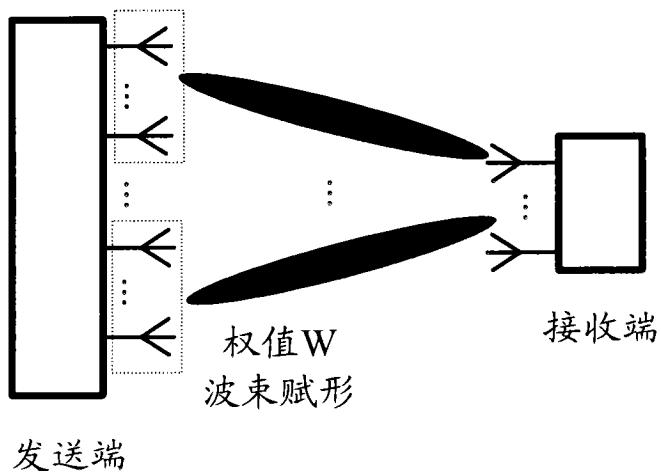


图 3

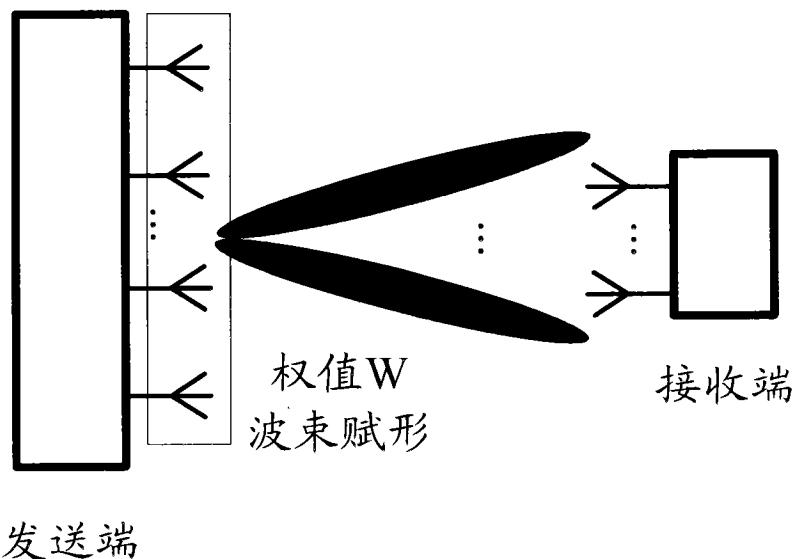


图 4

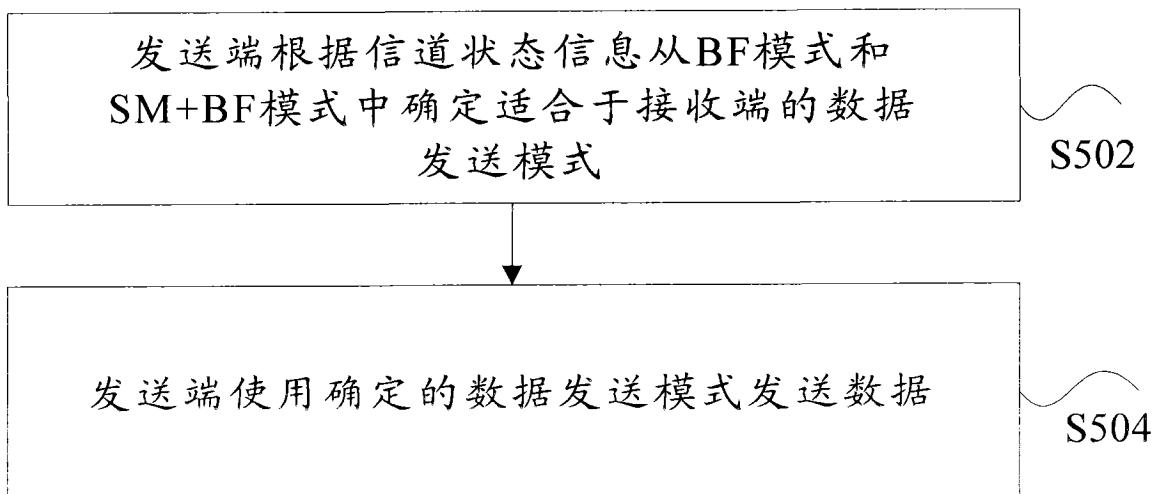


图 5

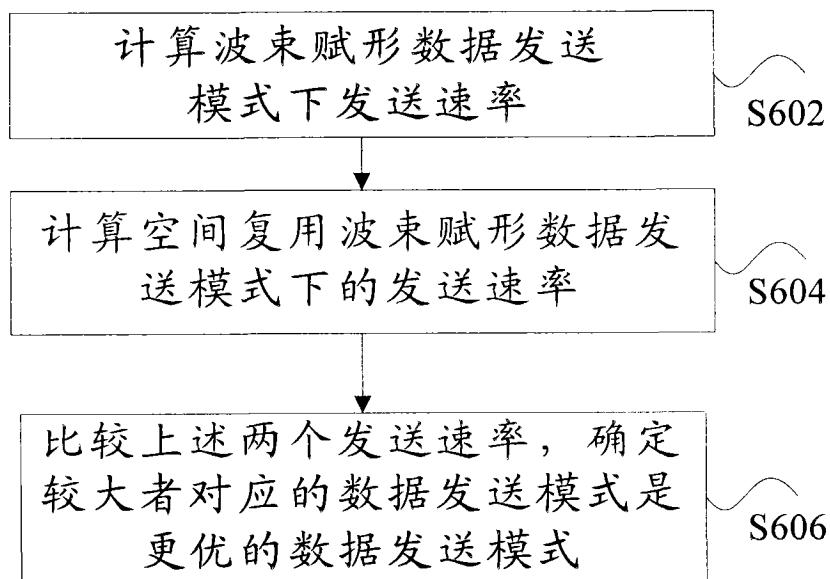


图 6

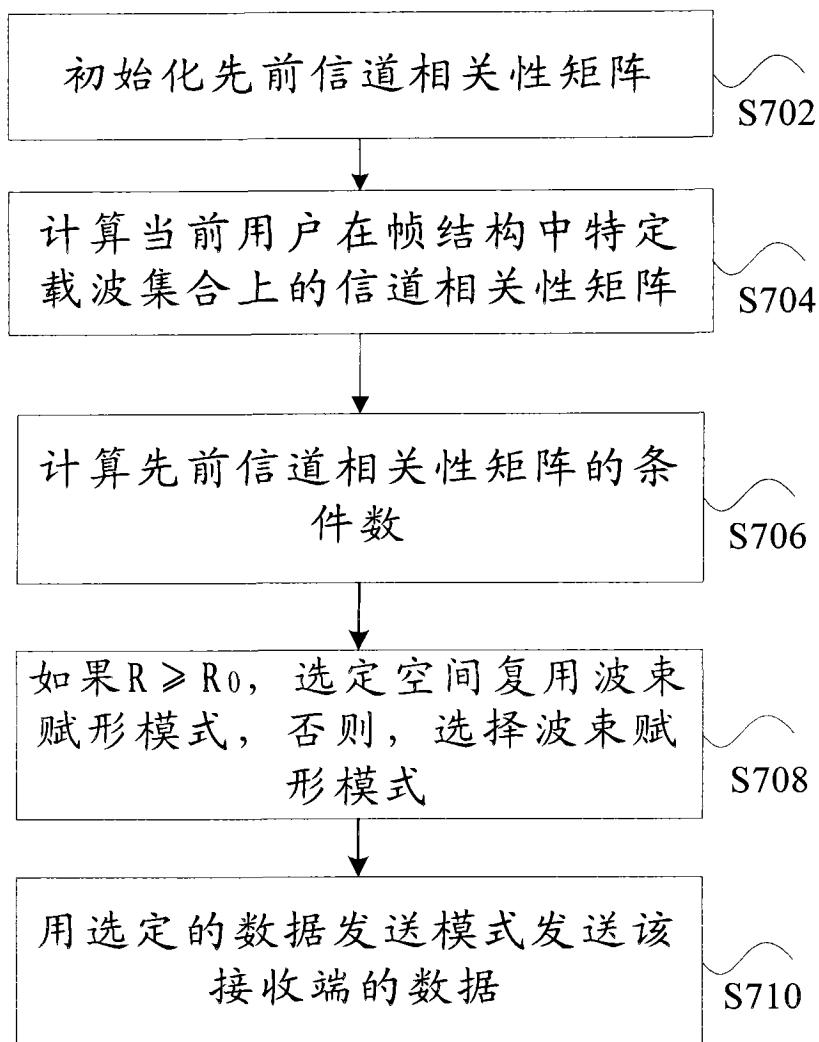


图 7

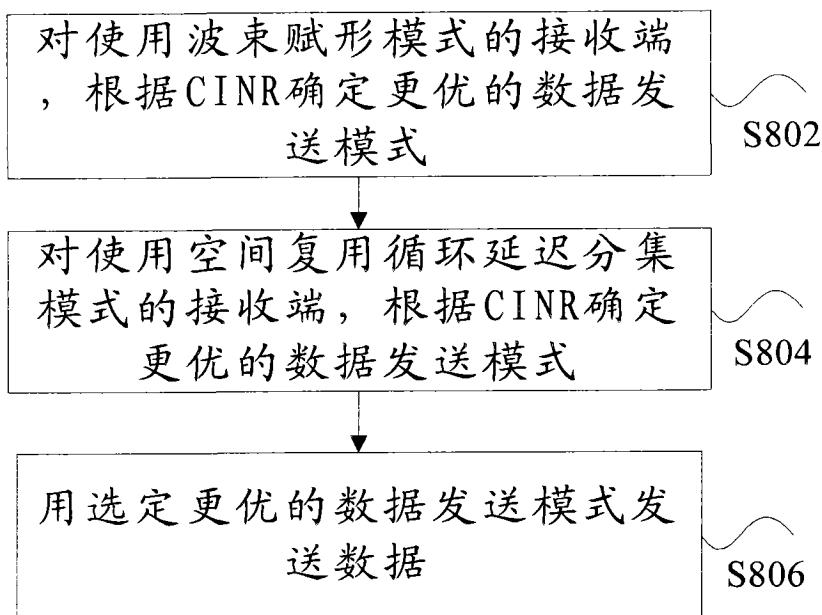


图 8

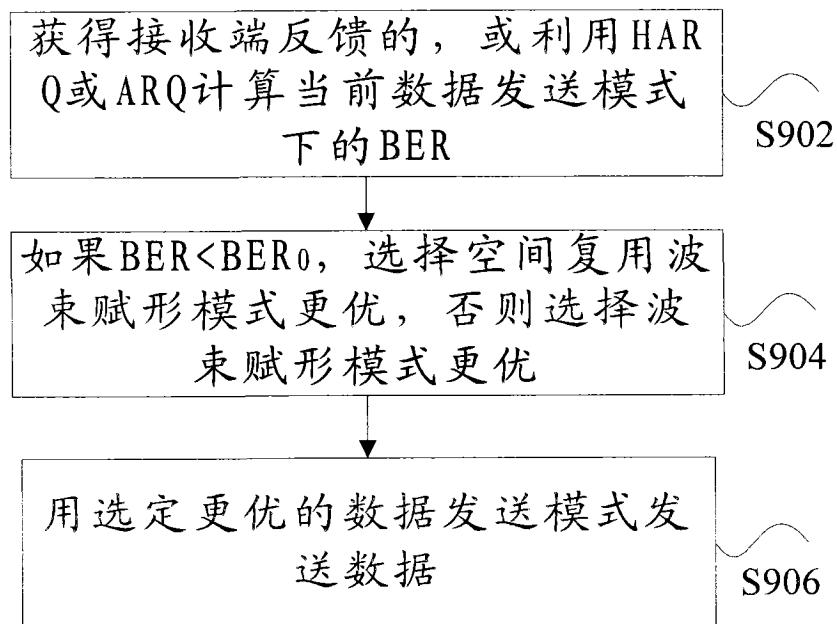


图 9

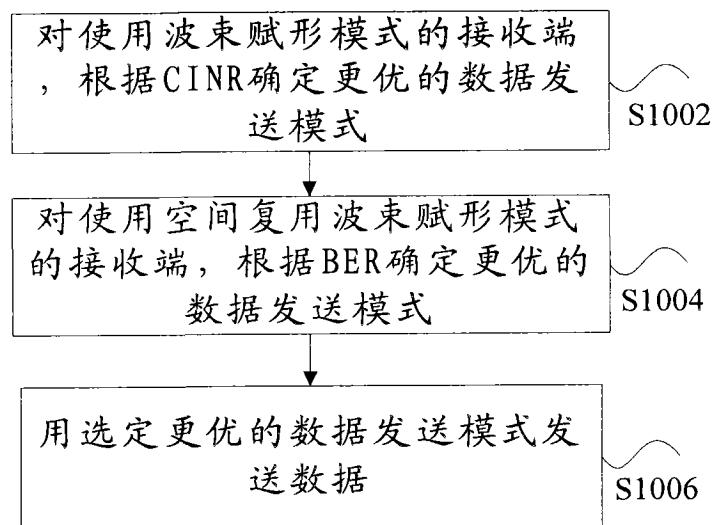


图 10

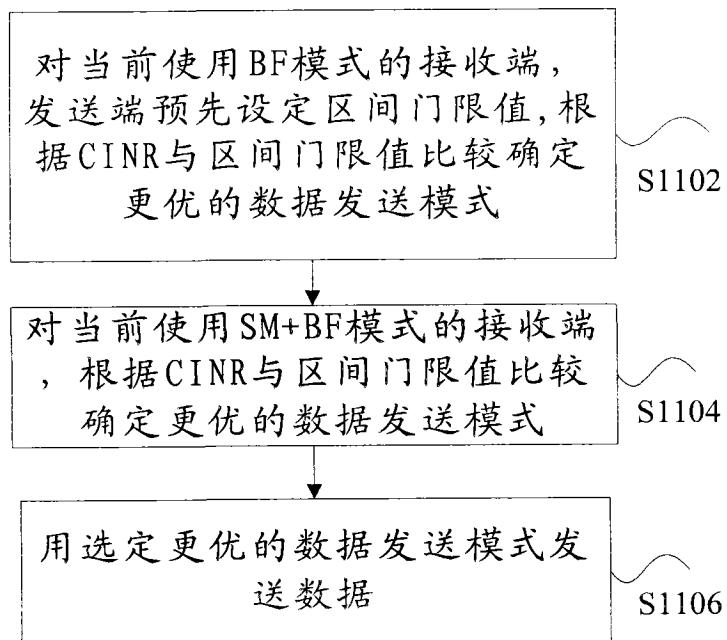


图 11

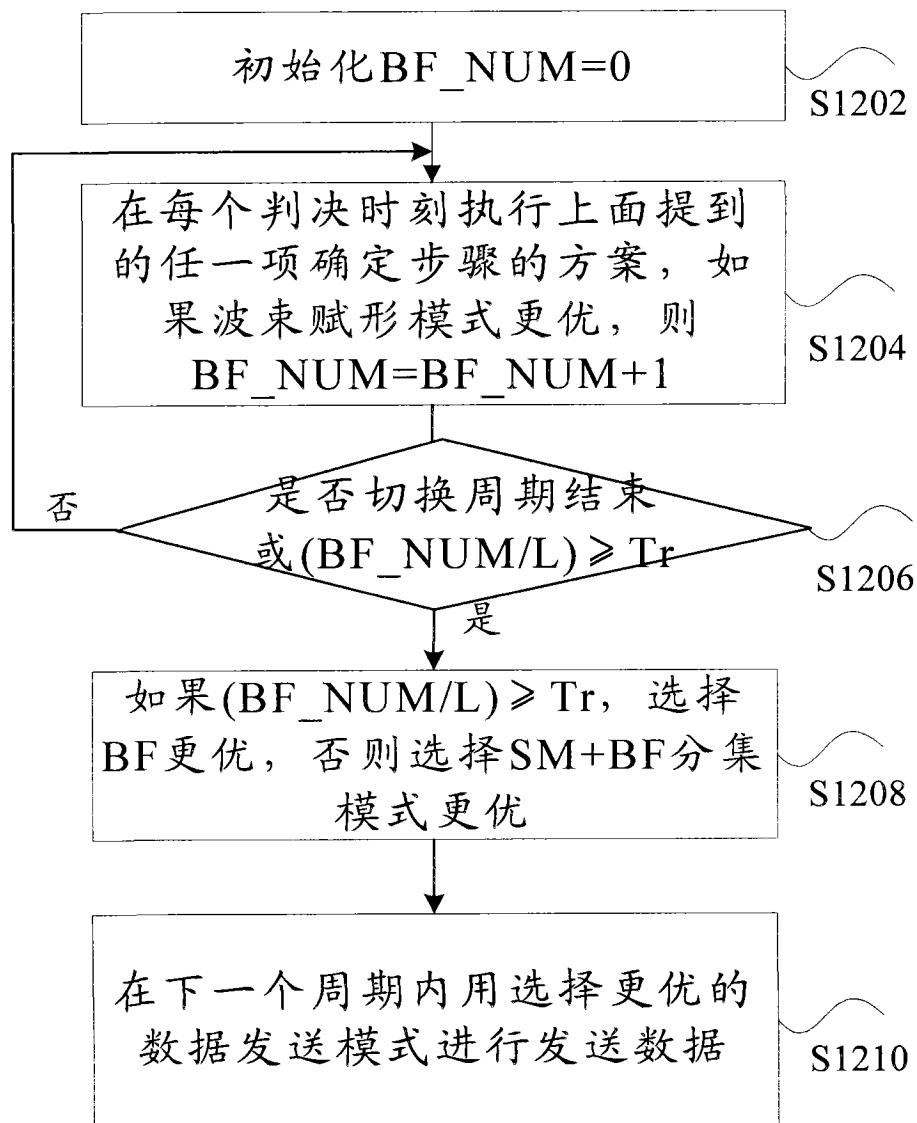


图 12

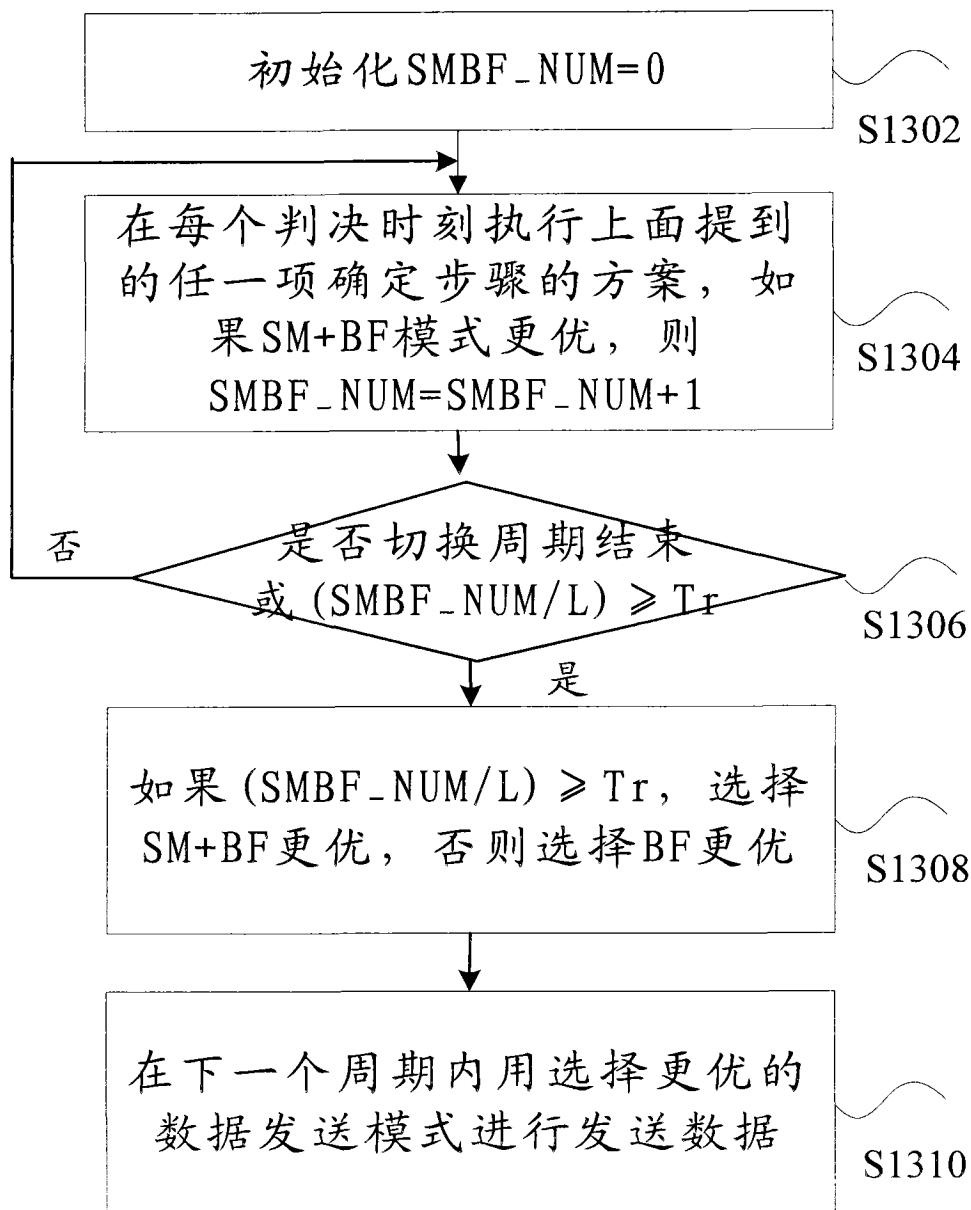


图 13

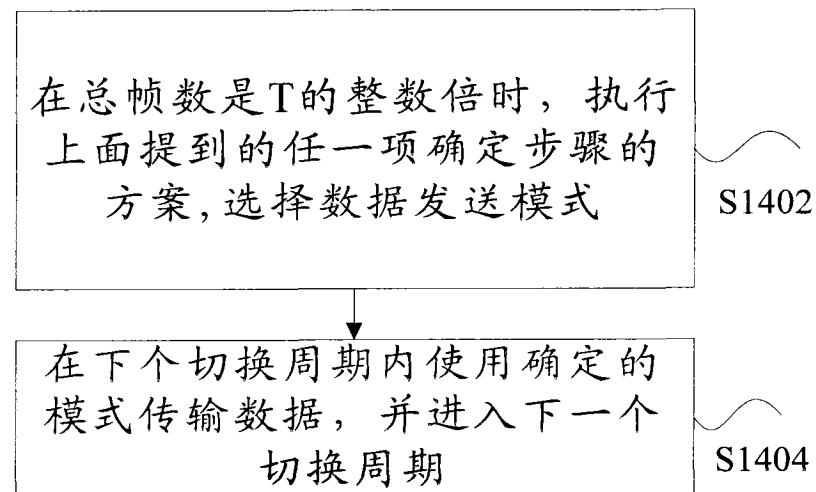


图 14

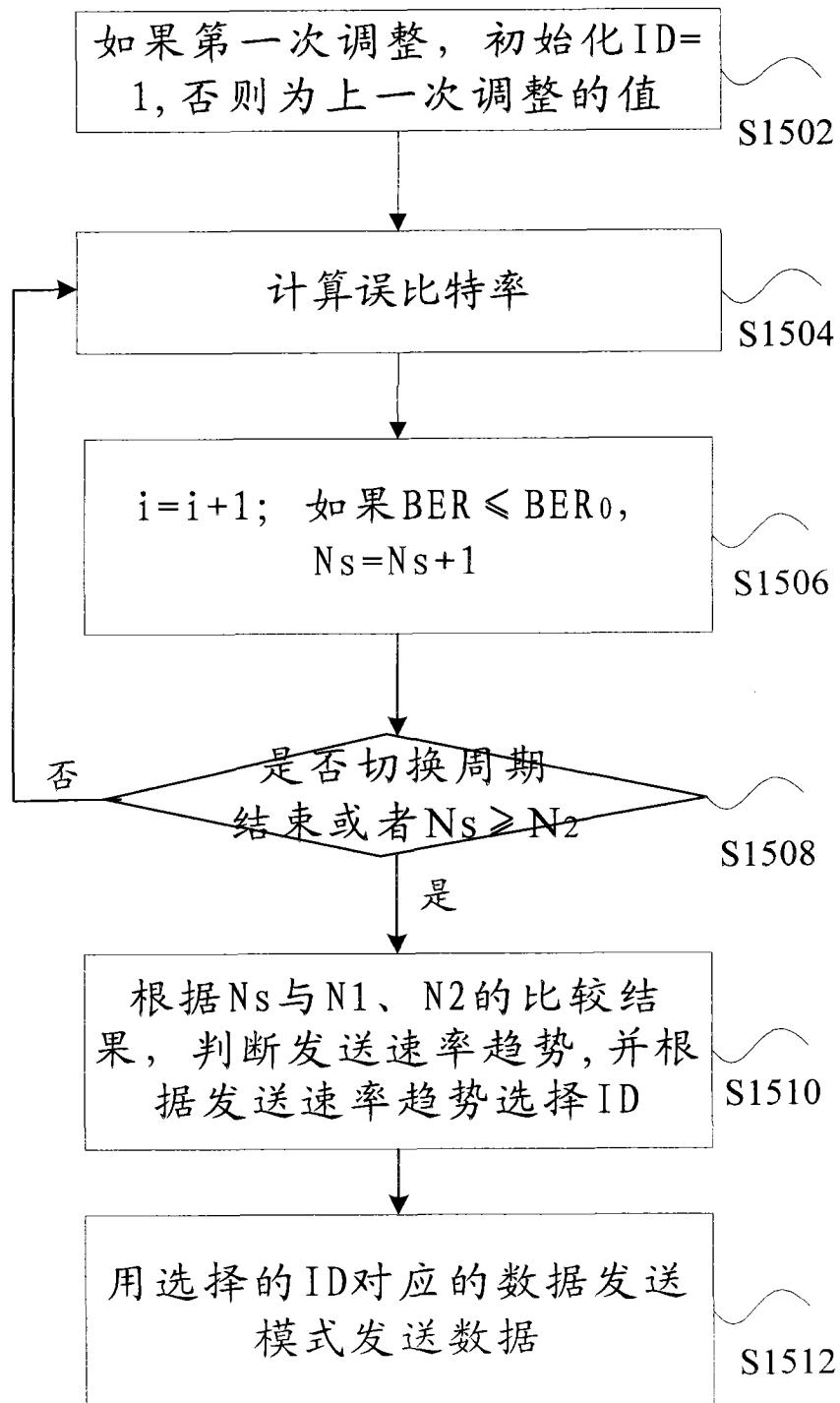


图 15

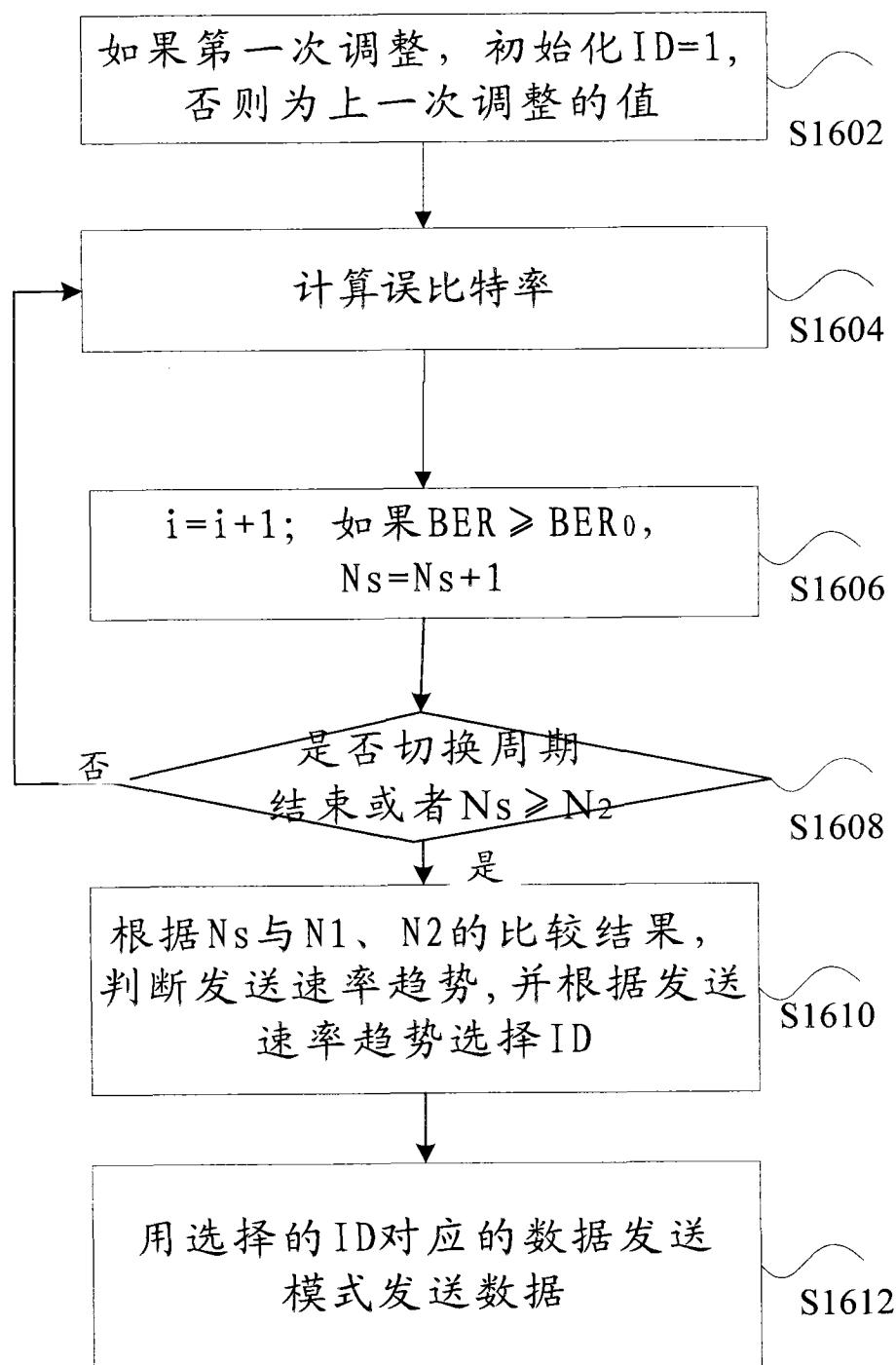


图 16

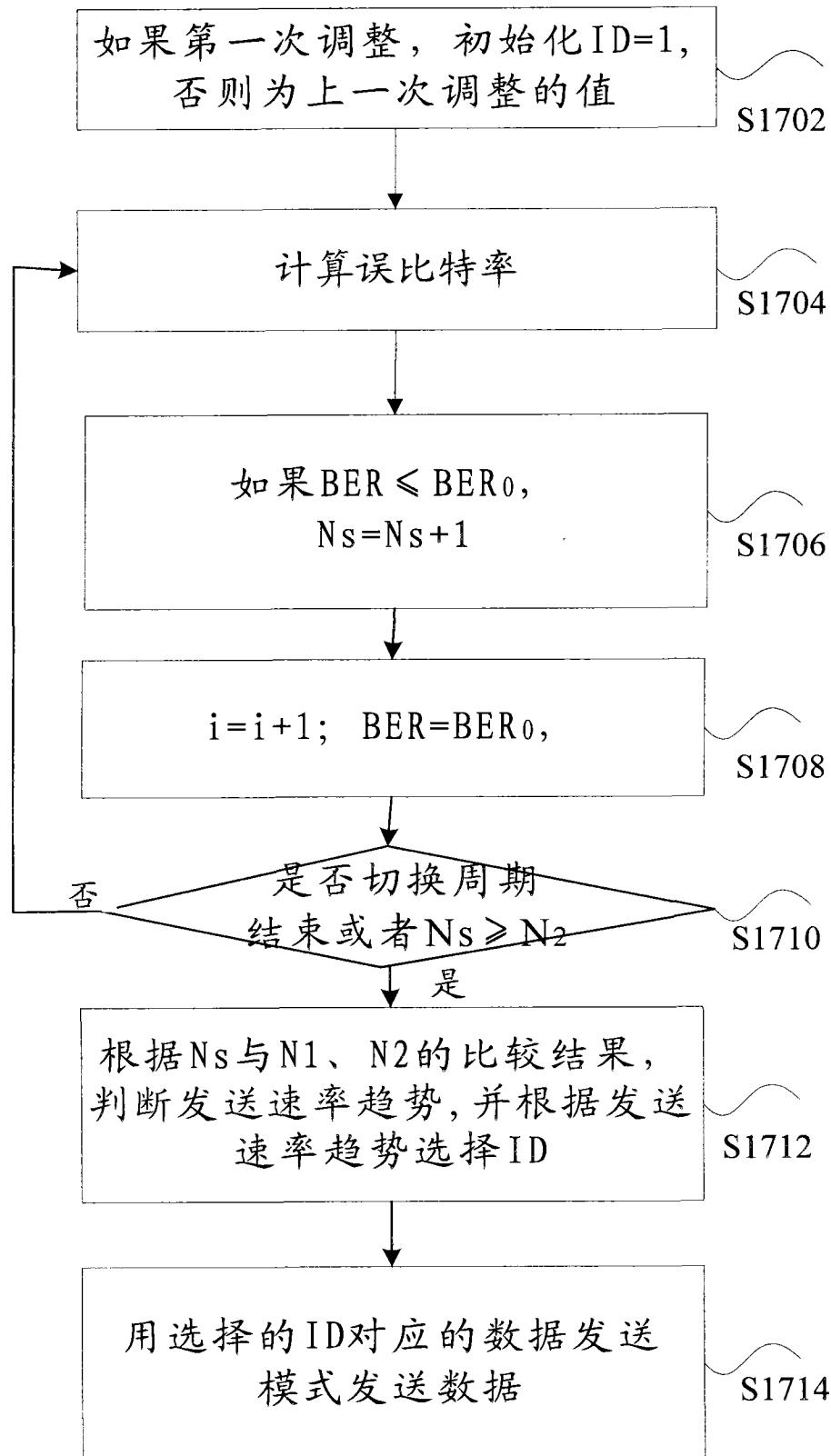


图 17

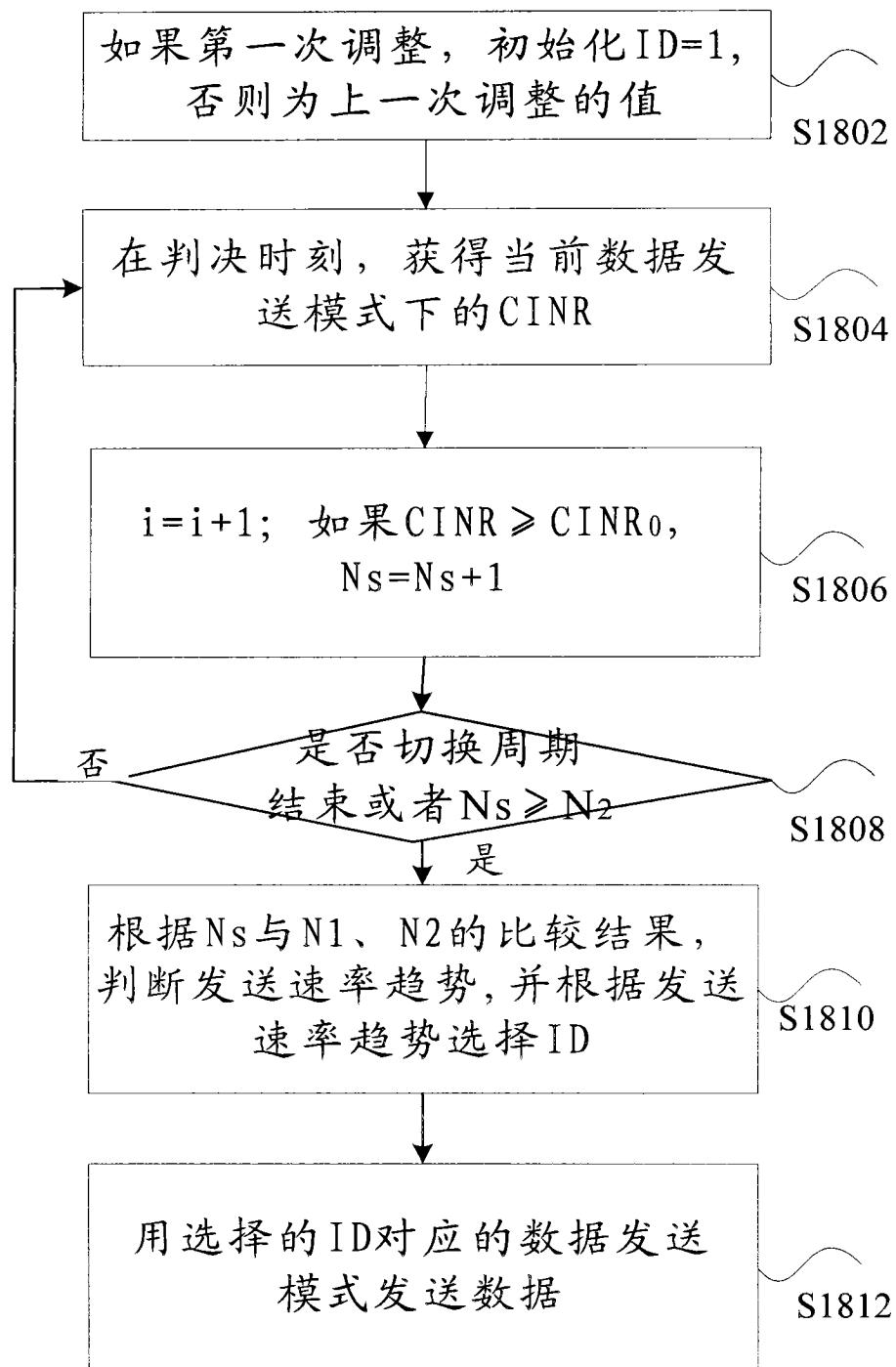


图 18

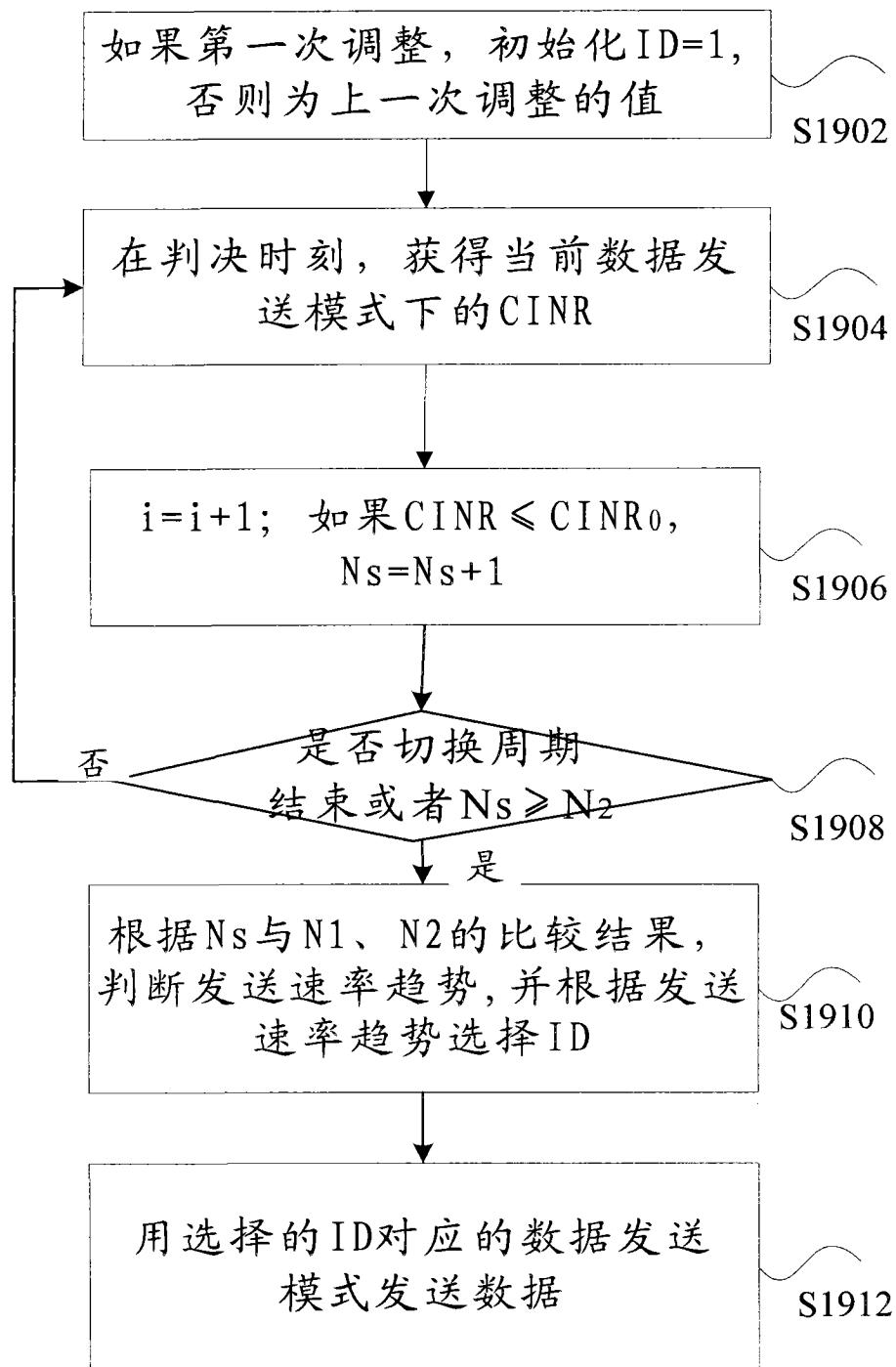


图 19

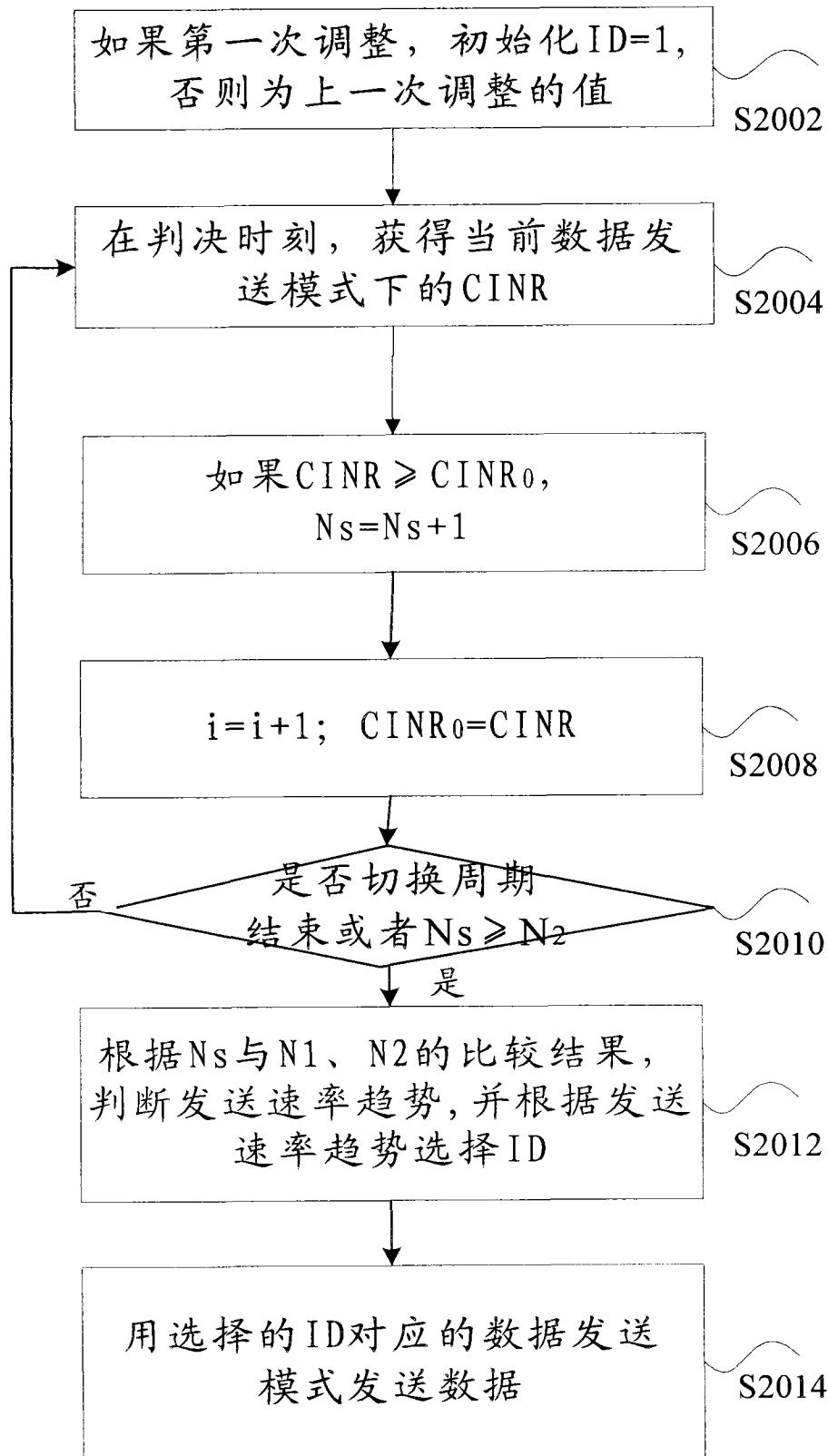


图 20

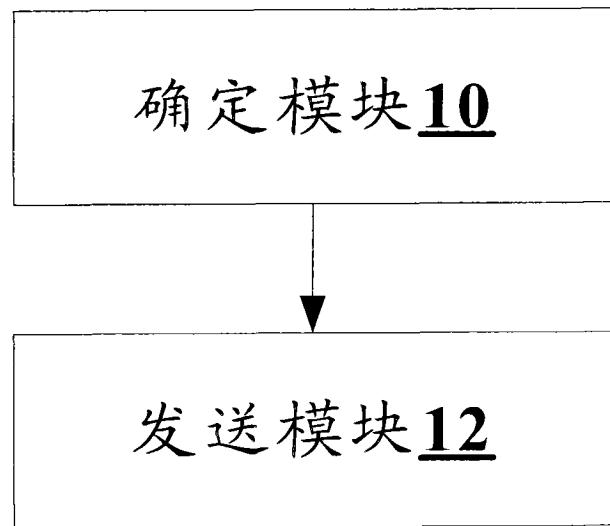


图 21