(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 103067042 B
(45)授权公告日 2015.08.19

(21)申请号 201210545677.4

(22)申请日 2012.12.14

(73)专利权人 中国人民解放军信息工程大学
地址 450002 河南省郑州市伊学街七号

(72)发明人 金梁 李桥龙 罗文宇 彭建华 张汝云 黄开枝 马克明 徐向阳 钟州 宋华伟

(74)专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司 11227
代理人 王宝筠

(51)Int.Cl.
H04B 1/692(2011.01)
H04L 25/02(2006.01)
H04L 1/06(2006.01)

(56)对比文件
CN 101902265 A,2010.12.01, 全文.
WO 2004064311 A1,2004.07.29, 全文.
CN 102158857 A,2011.08.17, 全文.
洪涛等. 切换天线发射的低截获率通信信号物理层安全传输. 《应用科学学报》. 2011, 第29卷(第4期), 第368-373页.
殷勤业等. 分布式多天线跳空收发技术. 《西安交通大学学报》. 2012, 第47卷(第1期), 第y1-y8页.

审查员 李灿灿

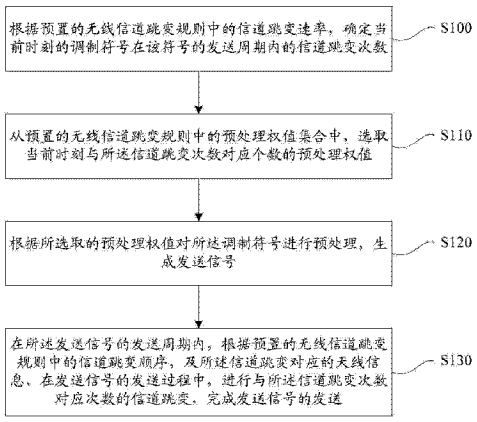
权利要求书3页 说明书10页 附图4页

(54)发明名称

一种保密通信方法及天线设备

(57)摘要

本发明实施例提供一种保密通信方法及天线设备，应用于多天线设备，所述方法包括：根据预置的无线信道跳变规则中的信道跳变速率，确定当前时刻的调制符号在该符号的发送周期内的信道跳变次数；从预置的无线信道跳变规则中的预处理权值集合中，选取当前时刻与所述信道跳变次数对应个数的预处理权值；根据所选取的预处理权值对所述调制符号进行预处理，生成发送信号；在所述发送信号的发送周期内，根据预置的无线信道跳变规则中的信道跳变顺序，及所述信道跳变对应的天线信息，在发送信号的发送过程中，进行与所述信道跳变次数对应次数的信道跳变，完成发送信号的发送。本发明实施例利用快速的空域信道切换实现了保密通信。



CN 103067042 B

1. 一种保密通信方法，其特征在于，应用于多天线设备，所述方法包括：

根据预置的无线信道跳变规则中的信道跳变速率，确定当前时刻的调制符号在该符号的发送周期内的信道跳变次数；其中，所述无线信道跳变规则用 Ψ 表示，$\Psi=\{\tilde{W},\Gamma\}$，$\tilde{W}$ 为调制符号的预处理权值集合，Γ 为跳变顺序规则，$\tilde{W}$ 和 Γ 由伪随机序列组成，所述跳变顺序规则 Γ 同时约定空域信道的跳变速率，先确定调制符号发送的当前时刻，从而通过所述当前时刻的跳变顺序规则 Γ 确定当前时刻的空域信道的跳变速率 $r = 1/t_c$，其中 t_c 为某一选定的预处理权值持续作用的时间，即信号处于该预处理权值对应的信道的持续时间，所述调制符号的发送时间周期为 T_s，所述 T_s 的单位为秒，每个调制符号间隔内空域信道跳变次数为 $N = T_s/t_c$；

从预置的无线信道跳变规则中的预处理权值集合中，选取当前时刻与所述信道跳变次数对应个数的预处理权值；其中，所述预处理权值为改变调制符号的幅/相调制信息的复随机矢量，或，改变调制符号的幅/相调制信息的复随机矢量和选择发送天线的选通变量；

根据所选取的预处理权值对所述调制符号进行预处理，生成发送信号；

其中，所述当前时刻 n 的调制符号为 $x(n)$，所述所选取的预处理权值矩阵为 $W(n)=\left[w_n^1, w_n^2, \ldots, w_n^N\right]$，所述生成的发送信号为 $S(n)=W(n)x(n)$；

所述复随机矢量的获取方式为：根据跳变顺序规则 Γ 设定的跳变速率 r，设 $r = N$，和发送天线的数目 N_t，随机产生矩阵 P，对该矩阵进行奇异值分解 $P = U \Sigma V^H$，其中 $U_{N_t\times N_t}$ 和 $V_{N\times N}$ 分别为 P 的左右奇异矩阵并且具有酉特性，所述 $U_{N_t\times N_t}$ 和 $V_{N\times N}$ 的每个列向量均可作为候选预处理权值；

在所述发送信号的发送周期内，根据预置的无线信道跳变规则中的信道跳变顺序，及所述信道跳变对应的天线信息，在发送信号的发送过程中，进行与所述信道跳变次数对应次数的信道跳变，完成发送信号的发送。

2. 根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述根据预置的无线信道跳变规则中的信道跳变顺序，及所述信道跳变对应的天线信息，在发送信号的发送过程中，进行与所述信道跳变次数对应次数的信道跳变的过程包括：

将所述发送信号划分为与所述信道跳变次数对应个数的信号片段，依照预置的无线信道跳变规则中的信道跳变的先后顺序，将各个信号片段依序分配至各个信道跳变对应的天线，在各对应天线上依序发送各信号片段，完成发送信号的发送。

3. 根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于，还包括：向所述发送信号的接收方发送导频序列，以便所述接收方估计所述发送信号的发送方与接收方间的信道增益系数；

当发送信号接收方为多天线设备时，还包括：对所述调制符号进行信号扩展处理，以在多天线上同时传送多流信息。

4. 一种保密通信方法，其特征在于，包括：

接收信号发送方通过多天线发送的发送信号；其中，所接收的发送信号为 $Y(n) = H(n) \cdot S(n)+V(n)$，其中 S(n) 为调制符号经过预处理后生成的发送信号，H(n) 为道增益矩阵，V(n) 为信号发送时刻 n 的符号间隔内不同时间片段接收信号遭受的加性噪声；

根据预置的无线信道跳变规则中的信道跳变速率，确定发送信号对应的信道跳变次数；其中，所述无线信道跳变规则由信号发送方和信号接收方预先约定，所述无线信道跳变规则用 Ψ 表示，$\Psi=\{\tilde{W},\Gamma\}$，$\tilde{W}$ 为调制符号预处理权值集合，Γ 为跳变顺序规则，$\tilde{W}$ 和 Γ 由伪随机序列组成，所述跳变顺序规则 Γ 同时约定了空域信道的跳变速率 $r = 1/t_c$，所述信道跳变次数 $N = T_s/t_c$；

根据预置的无线信道跳变规则中的预处理权值集合，及所述发送信号对应的信道跳变次数，确定发送信号在发送时刻对应的预处理权值；其中，所述预处理权值为改变调制符号的幅/相调制信息的复随机矢量，或，改变调制符号的幅/相调制信息的复随机矢量和选择发送天线的选通变量；

所述复随机矢量的获取方式为：根据跳变顺序规则 Γ 设定的跳变速率 r，设 $r = N$，和发送天线的数目 N_t，随机产生矩阵 P，对该矩阵进行奇异值分解 $P = U \Sigma V^H$，其中 $U_{N_t\times N_t}$ 和 $V_{N\times N}$ 分别为 P 的左右奇异矩阵并且具有酉特性，所述 $U_{N_t\times N_t}$ 和 $V_{N\times N}$ 的每个列向量均可作为候选预处理权值；

根据所确定的预处理权值对所述发送信号进行解调译码，生成调制符号。

5. 根据权利要求 4 所述的方法，其特征在于，还包括：

接收所述发送信号的发送方发送的导频序列，以便估计与所述发送信号的发送方间的信道增益系数。

6. 一种天线设备，其特征在于，所述天线设备为多天线设备，包括：

信道跳变次数确定模块，用于根据预置的无线信道跳变规则中的信道跳变速率，确定当前时刻的调制符号在该符号的发送周期内的信道跳变次数；其中，所述无线信道跳变规则用 Ψ 表示，$\Psi=\{\tilde{W},\Gamma\}$，$\tilde{W}$ 为调制符号的预处理权值集合，Γ 为跳变顺序规则，$\tilde{W}$ 和 Γ 由伪随机序列组成，所述跳变顺序规则 Γ 同时约定空域信道的跳变速率，先确定调制符号发送的当前时刻，从而通过所述当前时刻的跳变顺序规则 Γ 确定当前时刻的空域信道的跳变速率 $r = 1/t_c$，其中 t_c 为某一选定的预处理权值持续作用的时间，即信号处于该预处理权值对应的信道的持续时间，所述调制符号的发送时间周期为 T_s，所述 T_s 的单位为秒，每个调制符号间隔内空域信道跳变次数为 $N = T_s/t_c$；

预处理权值选取模块，用于从预置的无线信道跳变规则中的预处理权值集合中，选取当前时刻与所述信道跳变次数对应个数的预处理权值；其中，所述预处理权值为改变调制符号的幅/相调制信息的复随机矢量，或，改变调制符号的幅/相调制信息的复随机矢量和选择发送天线的选通变量；所述复随机矢量的获取方式为：根据跳变顺序规则 Γ 设定的跳变速率 r，设 $r = N$，和发送天线的数目 N_t，随机产生矩阵 P，对该矩阵进行奇异值分解 $P = U \Sigma V^H$，其中 $U_{N_t\times N_t}$ 和 $V_{N\times N}$ 分别为 P 的左右奇异矩阵并且具有酉特性，所述 $U_{N_t\times N_t}$ 和 $V_{N\times N}$ 的每个列向量均可作为候选预处理权值；

预处理模块，用于根据所选取的预处理权值，对待调制符号进行预处理，

生成发送信号；其中，所述当前时刻 n 的调制符号为 $x(n)$，所述所选取的预处理权值矩阵为 $W(n)=\left[w_n^1, w_n^2, \ldots, w_n^N\right]$，所述生成的发送信号为 $S(n)=W(n)x(n)$；

发送模块，用于在所述发送信号的发送周期内，根据预置的无线信道跳变规则中的信道跳变顺序，及所述信道跳变对应的天线信息，在发送信号的发送过程中，进行与所述信道跳变次数对应次数的信道跳变，完成发送信号的发送。

7. 根据权利要求 6 所述的设备，其特征在于，所述发送模块包括：

划分单元，用于将所述发送信号划分为与所述信道跳变次数对应个数的信号片段；

分配单元，用于依照预置的无线信道跳变规则中的信道跳变的先后顺序，将各个信号片段依序分配至各个信道跳变对应的天线；

发送单元，用于在各对应天线上依序发送各信号片段，完成发送信号的发送。

8. 根据权利要求 6 或 7 所述的设备，其特征在于，所述设备还包括：

导频序列发送模块，用于向所述发送信号的接收方发送导频序列，以便所述接收方估计所述发送信号的发送方与接收方间的信道增益系数；

扩展处理模块，用于在发送信号接收方为多天线设备时，对所述调制符号进行信号扩展处理，以在多天线上同时传送多流信息。

9. 一种天线设备，其特征在于，包括：

接收模块，用于接收信号发送方通过多天线发送的发送信号；

发送信号信道跳变次数确定模块，用于根据预置的无线信道跳变规则中的信道跳变速率，确定发送信号对应的信道跳变次数；其中，所述无线信道跳变规则由信号发送方和信号接收方预先约定，所述无线信道跳变规则用 Ψ 表示，$\Psi=\{\tilde{W}, \Gamma\}$，$\tilde{W}$ 为调制符号预处理权值集合，Γ 为跳变顺序规则，$\tilde{W}$ 和 Γ 由伪随机序列组成，所述跳变顺序规则 Γ 同时约定了空域信道的跳变速率 $r = 1/t_c$，所述信道跳变次数 $N = T_s/t_c$；

发送信号预处理权值确定模块，用于根据预置的无线信道跳变规则中的预处理权值集合，及所述发送信号对应的信道跳变次数，确定发送信号在发送时刻对应的预处理权值；其中，所述预处理权值为改变调制符号的幅 / 相调制信息的复随机矢量，或，改变调制符号的幅 / 相调制信息的复随机矢量和选择发送天线的选通变量；

所述复随机矢量的获取方式为：根据跳变顺序规则 Γ 设定的跳变速率 r，设 $r = N$，和发送天线的数目 N_t，随机产生矩阵 P，对该矩阵进行奇异值分解 $P = U \Sigma V^H$，其中 $U_{N_t \times N_t}$ 和 $V_{N \times N}$ 分别为 P 的左右奇异矩阵并且具有酉特性，所述 $U_{N_t \times N_t}$ 和 $V_{N \times N}$ 的每个列向量均可作为候选预处理权值；

解调译码模块，用于根据所确定的预处理权值对所述发送信号进行解调译码，生成调制符号。

一种保密通信方法及天线设备

技术领域

[0001] 本发明涉及通信技术领域，更具体地说，涉及一种保密通信方法及天线设备。

背景技术

[0002] 随着无线通信技术的快速发展和广泛应用，大量的无线通信设备充斥着人们的日常生活并逐渐成为必不可少的一部分。然而正当无线通信带来诸多便捷的同时，私密信息传输的安全性也愈加受到人们的重视。由于无线传输的广播特性和开放性，与有线通信相比，无线通信遭受更为严峻的安全威胁。现有的安全措施中，大都采用在协议高层实现基于计算复杂度的数据加密机制。然而，由于无线通信具有的移动性和网络拓扑的动态变化，传统加密机制面临密钥管理与分发的难题。因此，迫切需要寻求全新的安全措施以应对无线通信的安全问题。

[0003] 事实上，缺乏边界束缚的无线传输媒介既是无线通信的优势体现又是安全威胁产生的诱因所在。只有对无线通信的第一道“安全防护”(物理层)，采取有效的安全措施才能从根本上解决无线通信的安全问题；现有跳频、跳时以及直接序列扩频等技术试图从物理层提高无线通信的安全性，以防止窃听者对传输数据的窃听。然而现有跳频、跳时技术是基于时频资源的快速切换，其要求时频资源的切换具有足够的速度和宽度，由于受到系统设计和可用时频域资源的约束，频率或时间的切换自由度往往是有限的，窃听者对发送信号进行长期的观察统计后仍可以获取部分时频资源的有用信息，这使得传输数据存在较大的被窃取隐患。

发明内容

[0004] 有鉴于此，本发明实施例提供一种保密通信方法及设备，以解决由于时频域资源的切换限制，而使得传输数据存在较大的被窃取隐患的问题。

[0005] 为实现上述目的，本发明实施例提供如下技术方案：

[0006] 一种保密通信方法，应用于多天线设备，所述方法包括：

[0007] 根据预置的无线信道跳变规则中的信道跳变速率，确定当前时刻的调制符号在该符号的发送周期内的信道跳变次数；

[0008] 从预置的无线信道跳变规则中的预处理权值集合中，选取当前时刻与所述信道跳变次数对应个数的预处理权值；

[0009] 根据所选取的预处理权值对所述调制符号进行预处理，生成发送信号；

[0010] 在所述发送信号的发送周期内，根据预置的无线信道跳变规则中的信道跳变顺序，及所述信道跳变对应的天线信息，在发送信号的发送过程中，进行与所述信道跳变次数对应次数的信道跳变，完成发送信号的发送。

[0011] 其中，所述根据预置的无线信道跳变规则中的信道跳变顺序，及所述信道跳变对应的天线信息，在发送信号的发送过程中，进行与所述信道跳变次数对应次数的信道跳变的过程包括：

[0012] 将所述发送信号划分为与所述信道跳变次数对应个数的信号片段，依照预置的无线信道跳变规则中的信道跳变的先后顺序，将各个信号片段依序分配至各个信道跳变对应的天线，在各对应天线上依序发送各信号片段，完成发送信号的发送。

[0013] 其中，所述预处理权值集合包括：改变调制符号幅/相调制信息的复随机矢量，和/或，选择发送天线的选通变量。

[0014] 其中，所述方法还包括：向所述发送信号的接收方发送导频序列，以便所述接收方估计所述发送信号的发送方与接收方间的信道增益系数；

[0015] 当发送信号接收方为多天线设备时，还包括：对所述调制符号进行信号扩展处理，以在多天线上同时传送多流信息。

[0016] 本发明实施例还提供一种保密通信方法，包括：

[0017] 接收信号发送方通过多天线发送的发送信号；

[0018] 根据预置的无线信道跳变规则中的信道跳变速率，确定发送信号对应的信道跳变次数；

[0019] 根据预置的无线信道跳变规则中的预处理权值集合，及所述对应的信道跳变次数，确定发送信号在发送时刻对应的预处理权值；

[0020] 根据所确定的预处理权值对所述发送信号进行解调译码，生成调制符号。

[0021] 其中，所述方法还包括：

[0022] 接收所述发送信号的发送方发送的导频序列，以便估计与所述发送信号的发送方间的信道增益系数。

[0023] 本发明实施例还提供一种天线设备，所述天线设备为多天线设备，包括：

[0024] 信道跳变次数确定模块，用于根据预置的无线信道跳变规则中的信道跳变速率，确定当前时刻的调制符号在该符号的发送周期内的信道跳变次数；

[0025] 预处理权值选取模块，用于从预置的无线信道跳变规则中的预处理权值集合中，选取当前时刻与所述信道跳变次数对应个数的预处理权值；

[0026] 预处理模块，用于根据所选取的预处理权值，对所述待调制符号进行预处理，生成发送信号；

[0027] 发送模块，用于在所述发送信号的发送周期内，根据预置的无线信道跳变规则中的信道跳变顺序，及所述信道跳变对应的天线信息，在发送信号的发送过程中，进行与所述信道跳变次数对应次数的信道跳变，完成发送信号的发送。

[0028] 其中，所述发送模块包括：

[0029] 划分单元，用于将所述发送信号划分为与所述信道跳变次数对应个数的信号片段；

[0030] 分配单元，用于依照预置的无线信道跳变规则中的信道跳变的先后顺序，将各个信号片段依序分配至各个信道跳变对应的天线；

[0031] 发送单元，用于在各对应天线上依序发送各信号片段，完成发送信号的发送。

[0032] 其中，所述预处理权值集合包括：改变调制符号幅/相调制信息的复随机矢量，和/或，选择发送天线的选通变量；

[0033] 所述设备还包括：

[0034] 导频序列发送模块，用于向所述发送信号的接收方发送导频序列，以便所述接收

方估计所述发送信号的发送方与接收方间的信道增益系数；

[0035] 扩展处理模块，用于在发送信号接收方为多天线设备时，对所述调制符号进行信号扩展处理，以在多天线上同时传送多流信息。

[0036] 本发明实施例还提供一种天线设备，包括：

[0037] 接收模块，用于接收信号发送方通过多天线发送的发送信号；

[0038] 发送信号信道跳变次数确定模块，用于根据预置的无线信道跳变规则中的信道跳变速率，确定发送信号对应的信道跳变次数；

[0039] 发送信号预处理权值确定模块，用于根据预置的无线信道跳变规则中的预处理权值集合，及所述对应的信道跳变次数，确定发送信号在发送时刻对应的预处理权值；

[0040] 解调译码模块，用于根据所确定的预处理权值对所述发送信号进行解调译码，生成调制符号。

[0041] 基于上述技术方案，本发明实施例提供的保密通信方法，依托于多天线设备，依据信号收发双方预先约定好的跳变规则，信号收发双方可以基于空域信道的快速切换，实现在不同空域信道传输调制信息。本发明实施例通过利用空域信道资源，解决了由于时频域资源的切换限制，而使得传输数据存在较大的被窃取隐患的问题，同时空域信道资源还具有时频域资源所不具有的差异特性，不同空域位置的无线信道具有独有特性，为信息的保密传输进一步提供了保障。

附图说明

[0042] 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。

[0043] 图 1 为本发明实施例提供的保密通信方法的流程图；

[0044] 图 2 为本发明实施例提供的发送信号的示意图；

[0045] 图 3 为本发明实施例提供的保密通信方法的流程图；

[0046] 图 4 为本发明实施例提供的通信系统的实施方式一的结构框图；

[0047] 图 5 为本发明实施例提供的通信系统的实施方式二的结构框图；

[0048] 图 6 为本发明实施例提供的天线设备的结构框图；

[0049] 图 7 为本发明实施例提供的发送模块的结构框图；

[0050] 图 8 为本发明实施例提供的天线设备的又一结构框图；

[0051] 图 9 为本发明实施例提供的保密通信系统的结构框图。

具体实施方式

[0052] 本发明的主要思想是利用空域资源，通过空域信道的快速切换实现数据的保密通信。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范围。

[0053] 图 1 为本发明实施例提供的保密通信方法的流程图，图 1 是以信号发送方的角度描述本发明实施例提供的保密通信方法，本发明实施例要求信号发送方具有多根进行信号发送的天线，参照图 1，该方法可以包括：

[0054] 步骤 S100、根据预置的无线信道跳变规则中的信道跳变速率，确定当前时刻的调制符号在该符号的发送周期内的信道跳变次数；

[0055] 其中，调制符号是指未经处理的原始信号，其与现有技术中未经时频处理的信号相对应。

[0056] 无线信道跳变规则可以是信号发送方和信号接收方预先约定的，可通过离线方式进行约定（如通过存储介质将无线信道跳变规则分别拷贝入信号收发双方的存储设备内），也可以通过已建立的安全传输通道进行无线信道跳变规则的协商交互。

[0057] 无线信道跳变规则可用 Ψ 表示，$\Psi=\{\tilde{W},\Gamma\}$，$\tilde{W}$为调制符号的预处理权值集合，Γ 为跳变顺序规则，$\tilde{W}$和 Γ 通常由伪随机序列组成从而使得空域信道的切换具有伪随机特性。

[0058] 跳变顺序规则 Γ 可同时约定空域信道的切换（跳变）速率，可先确定调制符号发送的当前时刻，从而通过当前时刻的跳变顺序规则 Γ 确定当前时刻的空域信道的切换（跳变）速率 $r = 1/t_c$，其中 t_c为某一选定的预处理权值持续作用的时间（切换周期，单位为秒），即信号处于该预处理权值对应的信道的持续时间，设调制符号的发送时间周期为 T_s（秒），则每个调制符号间隔内空域信道切换的次数为 $N = T_s/t_c$。当 $T_s = t_c$时，每个调制符号执行一次预处理，即调制符号与调制符号之间进行一次信道跳变，否则每个调制符号分段执行多次预处理后连续发送，即每个调制符号分段在多天线上连续发送。

[0059] 本发明实施例所指的信道跳变是，信号由一个天线跳至另一天线上发送。

[0060] 步骤 S110、从预置的无线信道跳变规则中的预处理权值集合中，选取当前时刻与所述信道跳变次数对应个数的预处理权值；

[0061] 对于本发明实施例而言，预处理权值可以表示从多天线中选取若干根天线进行信号的发送，即预处理权值可以包括多天线设备的天线信息；也可采用所有的天线进行信号发送，以预处理权值表示当前天线的激活与否。可选的，本发明实施例中，预处理权值的表现形式可以是改变调制符号的幅 / 相调制信息的复随机矢量，也可以是选择发送天线的选通变量，也可以是两者的结合。

[0062] 对于复随机矢量，可通过下述方式获取：可根据跳变顺序规则 Γ 设定的跳变速率 r，设 r = N，和发送天线的数目 N_t，随机产生矩阵$\boldsymbol{P}\in\mathbb{C}^{N_t\times N}$，对该矩阵进行奇异值分解 $P=U\Sigma V^H$，其中$\boldsymbol{U}_{N_t\times N_t}$和 $V_{N\times N}$分别为 P 的左右奇异矩阵并且具有酉特性。因此 U 和 V 的每个列向量均可以作为候选预处理权值。

[0063] 对于发送天线的选通变量，可设 $W \in \{0,1\}$，其中，1 表示相应索引的天线被激活，用于发送信号，0 表示相应索引的天线未激活，不发送信号。

[0064] 可选的，为了保持不同切换空域信道的去相关性，本发明实施例中不同预处理权值的产生具有不相关性，以天线选择实现切换时具有伪随机特性。

[0065] 步骤 S120、根据所选取的预处理权值对所述调制符号进行预处理，生成发送信号；

[0066] 设当前时刻 n 的调制符号为 x(n)，所选取的预处理权值矩阵为

$\boldsymbol{W}(n)=\left[\boldsymbol{w}_n^1,\boldsymbol{w}_n^2,\ldots,\boldsymbol{w}_n^N\right]$，则生成的发送信号为S(n)=W(n)x(n)，若信道跳变次数N大于1，则S(n)需要在N个时间片段组成的符号间隔内，每个时间片段组的符号通过不同的天线进行发送。

[0067] 此处的发送信号是指原始的调制符号经处理后形成的信号数据，其与经过时频处理的信号相对应。

[0068] 步骤S130、在所述发送信号的发送周期内，根据预置的无线信道跳变规则中的信道跳变顺序，及所述信道跳变对应的天线信息，在发送信号的发送过程中，进行与所述信道跳变次数对应次数的信道跳变，完成发送信号的发送。

[0069] 本发明实施例所要实现的目的是，调制符号的保密传输，发送信号是对调制符号进行预处理后形成的信号数据，其实质是在调制符号进行信道跳变时，进行目标跳变信道的提示。因此步骤S130的一种可选实现方式可以是：将所述发送信号划分为与所述信道跳变次数对应个数的信号片段，依照预置的无线信道跳变规则中的信道跳变的先后顺序，将各个信号片段依序分配至各个信道跳变对应的天线，在各对应天线上依序发送各信号片段，完成发送信号的发送。如图2所示，发送信号被分为N份信号片段，分别为N1~Nk，每个信号片段包括一个符号片段及对应的一个预处理权值，信号片段与预处理权值通过信号跳变顺序进行对应，信号进行发送时，按照信号片段的发送顺序(由N1至NK，一般由信号的组建方式确定，如数据帧头发送在前等)，将各个信号片段依序分配至对应的天线进行发送，完成发送信号的发送。显然，信号发送的过程中还可包括脉冲成形、上混频等常规操作，此处不再赘述。

[0070] 本发明实施例提供的保密通信方法，依托于多天线设备，依据信号收发双方预先约定好的跳变规则，信号收发双方可以基于空域信道的快速切换，实现在不同空域信道传输调制信息。本发明实施例通过利用空域信道资源，解决了由于时频域资源的切换限制，而使得传输数据存在较大的被窃取隐患的问题，同时空域信道资源还具有时频域资源所不具有的差异特性，不同空域位置的无线信道具有独有特性，为信息的保密传输进一步提供了保障。

[0071] 可选的，由于信号接收方在进行信号解调的过程中，需要涉及到收发双方之间的信道增益系数，因此图1所示方法还可以包括：向所述发送信号的接收方发送导频序列，以便所述接收方估计所述发送信号的发送方与接收方间的信道增益系数；可选的，可在信号收发双方设置相应的信道训练与估计方法，可以是正交序列训练方式也可以是空时处理的估计方式。当无线信道为慢衰落信道时，信道增益系数可以以符号间隔进行估计，而当信道处于快变时，信道估计也将以空域信道切换间隔时间进行估计。

[0072] 如果发送信号接收方也配置了多天线，那么图1所示方法支持多流传输，图1所示方法还可以对调制符号进行信号扩展处理，以在多天线上同时传送多流信息。

[0073] 下面从信号接收方的角度，对本发明实施例提供的保密通信方法进行描述，下述描述的方法与图1所示方法相对应。图3为本发明实施例提供的保密通信方法的流程图，参照图3，该方法可以包括：

[0074] 步骤S200、接收信号发送方通过多天线发送的信号；

[0075] 本发明实施例的信号是通过信道跳变方式进行传输的，具体可参照对图1所示方

法的描述。

[0076] 由于信道增益、信号加性噪声的影响，所接收的发送信号为 $Y(n)=H(n)\cdot S(n)+V(n)$，其中 $S(n)$ 为调制符号经过预处理后生成的发送信号，$H(n)$ 为道增益矩阵，$V(n)$ 为信号发送时刻 n 的符号间隔内不同时间片段接收信号遭受的加性噪声。

[0077] 步骤 S210、根据预置的无线信道跳变规则中的信道跳变速率，确定发送信号对应的信道跳变次数；

[0078] 无线信道跳变规则由信号发送方和信号接收方预先约定，无线信道跳变规则可用 Ψ 表示，$\Psi=\{\tilde{W},\Gamma\}$，$\tilde{W}$ 为调制符号预处理权值集合，Γ 为跳变顺序规则，$\tilde{W}$ 和 Γ 通常由伪随机序列组成从而使得空域信道的切换具有伪随机特性。跳变顺序规则 Γ 同时约定了空域信道的切换（跳变）速率 $r=1/t_c$，通过确定信道跳变速率可确定信道跳变次数 $N=T_s/t_c$。

[0079] 步骤 S220、根据预置的无线信道跳变规则中的预处理权值集合，及所述对应的信道跳变次数，确定发送信号在发送时刻对应的预处理权值；

[0080] 通过约定的跳变规则 Ψ，同样可以确定发送时刻 n 发送方采用的预处理权值矩阵 $W(n)$，预处理权值矩阵 $W(n)$ 中的权值数目与信道跳变次数相对应。

[0081] 步骤 S230、根据所确定的预处理权值对所述发送信号进行解调译码，生成调制符号。

[0082] 在得知了 $W(n)$ 后，由于 $S(n)=W(n)x(n)$，因此可在得知 $H(n)$ 和 $V(n)$ 后，对接收的信号 $Y(n)=H(n)\cdot S(n)+V(n)$ 进行解调译码，生成原始的调制符号 $x(n)$。

[0083] 可选的，为得知 $H(n)$，图 3 所示方法还应包括步骤：接收发送信号的发送方发送的导频序列，以便估计与发送信号的发送方间的信道增益系数。为确定信道增益系数矩阵 $H(n)$，信号收发双方可设置相应的信道训练与估计方法，可以是正交序列训练方式也可以是空时处理的估计方式。当无线信道为慢衰落信道时，$H(n)$ 可以以符号间隔进行估计，而当信道处于快变时，信道估计也将以空域信道切换间隔时间进行估计。此外，接收方检测译码方法可以是最大似然或是 MMSE 检测等。

[0084] 本发明实施例通过空域信道的切换进行信号的发送，当空域切换处理达到一定速率并且不具有明显的统计特征时，对于接收方而言，发送信号经过了类似随机化信道传输，可以保障无线通信的安全性。此外，信号处理方式实现信道切换对系统的硬件结构依赖性较小，因此空域信道切换与传统的跳频与跳时技术相比，可以具有较高的切换速率，从而显著提高系统的安全性。

[0085] 为更好的理解本发明实施例提供的保密通信方法，下面给出 3 种详细的实施方式。

[0086] 实施方式一、参照图 4，本实施方式给出在 MISO（多输入单输出）系统下的保密通信方法的执行过程。通信系统由发送方 (Alice) 和接收方 (Bob) 组成。Alice 配置 N_t 根收发天线，Bob 设定单天线，因此系统只能实现单流传输，Alice 配置的 N_t 根收发天线与 Bob 设定的单天线之间的信道成为等效空域信道。窃听者 Eve 可以配置多天线以提高其截获性能。

[0087] 1）Alice 和 Bob 离线配置空域信道的跳变规则 $\Psi=\{\tilde{W},\Gamma\}$，此时 $\tilde{W}$ 中的元素为

发送信号的预处理权值。根据 Γ 设定的跳变速率 r=N 和发送天线数目 N_t 随机产生矩阵 $\boldsymbol{P}\in\mathbb{C}^{N_t\times N}$，对其进行奇异值分解 P=U Σ V^H，其中 $\boldsymbol{U}_{N_t\times N_t}$ 和 $V_{N\times N}$ 分别为 P 的左右奇异矩阵并且具有酉特性。因此 U 和 V 的每个列向量均可以作为候选预处理权值。实际设计中预处理权值只需保持统计不相关性。

[0088] 2)Alice 向 Bob 发送导频序列。在此，导频序列的处理采用正交训练的方式。Alice 对每根天线上发送的导频序列施加不同的正交扩频序列码。Bob 根据获取的导频信号进行信道估计，并在 n 时刻估计与 Alice 之间的信道增益系数 $\boldsymbol{h}(n)_{1\times N_t}$。Bob 可以根据信道变化情况调整信道估计间隔。

[0089] 3）针对 n 时刻调制符号 x(n)，Alice 的可依据信道跳变顺序规则 Γ 获取信道跳变次数 N。在权值集合 $\tilde{\boldsymbol{W}}$ 中随机选择 N 组预处理权值 $\boldsymbol{w}_{N_t\times 1}$，形成 $\boldsymbol{W}(n)=\left[\boldsymbol{w}_n^1,\boldsymbol{w}_n^2,\ldots,\boldsymbol{w}_n^N\right]$。W(n) 对发送信号 x(n) 进行预处理，生成发送信号 S(n)=W(n)x(n)，其中 $N_t\times N$ 矩阵 S(n) 的每一列对应一个时间片段的发送信号。实际中 h(n)·w 形成等效信道，每个符号内不同的 $\boldsymbol{w}_{N_t\times 1}$ 产生了 N 次等效信道跳变。

[0090] 4)Bob 在 n 时刻符号间隔内接收信号 $y^H(n)=h(n)\cdot S(n)+v^H(n)$，其中 h(n) 为 Alice 与 Bob 之间的信道增益，$v(n)=\left[v_n^1,v_n^2,\ldots,v_n^N\right]$ 为符号间隔内不同时间片段的加性噪声。Bob 依据跳变规则确定 n 时刻 Alice 采用的预处理矩阵 W(n)。最后联合 h(n)，Bob 对接收信号 y(n) 进行如下译码：

[0091] $$\hat{x}(n)=\frac{\boldsymbol{y}^H(n)}{\boldsymbol{h}(n)\cdot\boldsymbol{W}(n)}$$

[0092] Alice 与 Bob 循环执行步骤 2-4 的过程进行后续调制符号的安全传输。

[0093] 对于 Eve，Eve 同样可以接收信号 Y′ (n)=H′ (n)·S(n)+V′ (n)，其中 H′ (n) 为 Alice 与 Eve 之间的信道增益矩阵，V′ (n) 表示加性衰落。然而 Eve 没有预先共享跳变规则 Ψ，无法获取跳变次数 N 以及预处理权值矢量。等效信道跳变使得 Eve 的接收信号表现为随机快变，难以对其进行正确解调。

[0094] 实施方式二：参照图 5，本实施方式给出在 MIMO 系统下的执行过程。通信系统由发送方 (Alice) 和接收方 (Bob) 组成。Alice 配置 N_t 根收发天线，Bob 配置 N_r 根收发天线，因此系统可以实现多流传输，Alice 配置的 N_t 根收发天线，与 Bob 配置的 N_r 根收发天线之间形成等效空域信道。窃听者 Eve 可以配置多天线以提高其截获性能。

[0095] 1）Alice 和 Bob 离线配置空域信道的跳变规则 $\Psi=\left\{\tilde{\boldsymbol{W}},\Gamma\right\}$，此时 $\tilde{\boldsymbol{W}}$ 中的元素为发送信号的预处理权值。根据 Γ 设定的跳变速率 r=N 和发送天线数目 N_t 随机产生矩阵 $\boldsymbol{P}\in\mathbb{C}^{N_t\times N}$，对其进行奇异值分解 P=U Σ V^H，其中 $\boldsymbol{U}_{N_t\times N_t}$ 和 $V_{N\times N}$ 分别为 P 的左右奇异矩阵并且具有酉特性。因此 U 和 V 的每个列向量均可以作为候选预处理权值。实际设计中预处理权值只需保持统计不相关性。

[0096] 2)Alice 向 Bob 发送导频序列。在此，导频序列的处理采用正交训练的方式。Alice 对每根天线上发送的导频序列施加不同的正交扩频序列码。Bob 获取导频信号，进行信道估计，并在 n 时刻估计与 Alice 之间的信道增益矩阵。Bob 可以根据信道变化情况调整信道估计间隔。

[0097] 3）针对 n 时刻待发送的 m 个数据流 x(n)，Alice 依据信道跳变顺序规则 Γ 获取各个调制符号内等效信道跳变次数 N。在权值集合$\tilde{\boldsymbol{W}}$中为 m 个数据流分别随机选择 N 组预处理权值$\boldsymbol{w}_{N_t\times 1}$，形成$\bar{\boldsymbol{W}}(n)=\left[\boldsymbol{W}_n^1,\boldsymbol{W}_n^2,\ldots,\boldsymbol{W}_n^N\right]^T$，其中 m×$N_t$矩阵$\boldsymbol{W}_n^1$每个信道跳变的预处理权值矩阵。$\bar{\boldsymbol{W}}(n)$对发送信号 x(n) 进行预处理$\boldsymbol{S}(n)=\bar{\boldsymbol{W}}(n)\boldsymbol{x}(n)$，其中 N_t • N×1 矢量 S(n) 为 N 次发送信号的列堆栈形式。实际中$\boldsymbol{H}(n)\cdot\boldsymbol{W}_n^H$形成等效信道，每个符号内不同的 W_n产生了 N 次等效信道跳变。

[0098] 4）Bob 在 n 时刻符号间隔内接收信号 $Y^H(n)=H(n)\cdot S(n)+V^H(n)$，其中 H(n) 为 Alice 与 Bob 之间的信道增益，$\boldsymbol{V}(n)=\left[\boldsymbol{v}_n^1,\boldsymbol{v}_n^2,\ldots,\boldsymbol{v}_n^N\right]$为符号间隔内不同时间片段的加性噪声。Bob 依据跳变规则确定 n 时刻 Alice 采用的预处理矩阵$\bar{\boldsymbol{W}}(n)$。Bob 对接收信号 Y(n) 进行如下最大似然译码：

[0099] $$\hat{\boldsymbol{x}}(n)=\arg\min_{\tilde{\boldsymbol{x}}}\left\{\left\|\boldsymbol{Y}(n)-\boldsymbol{H}(n)\cdot\bar{\boldsymbol{W}}(n)\boldsymbol{x}(n)\right\|^2\right\}$$

[0100] 其中$\tilde{\boldsymbol{x}}$为调制符号集合。

[0101] Alice 与 Bob 循环执行步骤 2-4 的过程进行后续调制符号的安全传输。

[0102] 对于 Eve，Eve 同样可以接收信号 Y′ (n)=H′ (n)•S(n)+V′ (n)，其中 H′ (n) 为 Alice 与 Eve 之间的信道增益矩阵，V′ (n) 表示加性衰落。然而 Eve 没有预先共享跳变规则 Ψ，无法获取跳变次数 N 以及每个数据流的预处理权值矢量。等效信道跳变使得 Eve 的接收信号表现为随机快变，任何数据流均难以获得正确解调。

[0103] 实施方式三：该实施例给出在 MISO（多输入单输出）系统下的执行过程。与实施例一不同的是该实施例中 Alice 通过在所有天线中切换不同的发送天线实现空域信道跳变。通信系统由发送方 (Alice) 和接收方 (Bob) 组成，Alice 配置 N_t根收发天线，Bob 设定单天线，因此系统只能实现单流传输。

[0104] 1）Alice 和 Bob 离线约定空域信道的跳变规则$\Psi=\left\{\tilde{\boldsymbol{W}},\Gamma\right\}$，此时 Ψ 简化为 Γ 所表示的 Alice 选择单天线发送信号的天线激活索引序列，也可以是预处理权值 w ∈ {0,1} 所表示的不同天线组合发送。

[0105] 2）Alice 向 Bob 发送导频序列。在此，导频序列的处理采用正交训练的方式。Alice 对每根天线上发送的导频序列施加不同的正交扩频序列码。Bob 获取导频信号、进行信道估计，并在 n 时刻估计与 Alice 之间的信道增益系数$\boldsymbol{h}(n)_{1\times N_t}$。Bob 可以根据信道变化情况调整信道估计间隔。

[0106] 3）针对每个调制符号 x(n)，Alice 的依据跳变顺序规则 Γ 确定信道跳变次数 N，在集合$\tilde{\boldsymbol{W}}$中随机选择 N 组预处理权值矢量$\boldsymbol{w}_{N_t\times 1}$。此时$\boldsymbol{w}_{N_t\times 1}$以 0 和 1 作为元素$\boldsymbol{w}_{N_t\times 1}=[1,0,\ldots,1]^T$。通过权值矢量$\boldsymbol{w}_{N_t\times 1}$对发送信号进行预处理$\boldsymbol{w}_{N_t\times 1}\cdot\boldsymbol{x}(n)$，等价于选择了部分发送天线传送 x(n)。元素 1 所在的位置表示 Alice 相应索引的天线被激活，反之保持为非激活状态。当前用以传送 x(n) 的天线数由$\boldsymbol{w}_{N_t\times 1}$中元素 1 的数量决定。因此，不同的$\boldsymbol{w}_{N_t\times 1}$为 x(n) 形成了不同的传输信道。

[0107] 4）Bob 在 n 时刻符号间隔内接收信号 $y^H(n)=h(n)\cdot S(n)+v^H(n)$，其中 h(n) 为 Alice 与 Bob 之间的信道增益，$\boldsymbol{v}(n)=\left[\boldsymbol{v}_n^1,\boldsymbol{v}_n^2,\ldots,\boldsymbol{v}_n^N\right]$为符号间隔内不同时间片段的加性噪声。Bob

依据跳变规则确定 n 时刻 Alice 选择的发送天线。最后联合 h(n)，Bob 对接收信号 y(n) 进行合并接收。

[0108] Alice 与 Bob 循环执行步骤 2-4 的过程进行后续调制符号的安全传输。

[0109] 对于 Eve，Eve 同样可以接收信号 $Y'(n)=H'(n)\cdot S(n)+V'(n)$，其中 $H'(n)$ 为 Alice 与 Eve 之间的信道增益矩阵，$V'(n)$ 表示加性衰落。然而 Eve 没有预先共享跳变规则 Ψ，无法获取每个符号的跳变次数 N 以及 Alice 每次使用的发送天线。从而与 Alice 之间的物理信道表现为随机快变，难以对接收信号进行正确解调。

[0110] 本发明实施例利用丰富的无线空域信道资源，通过无线空域信道资源的快速切换实现本发明的保密通信，同时采用多天线技术可以在不增加频谱带宽的情况下给系统带来分集增益和复用增益，也即显著提高了系统的可靠性和有效性。

[0111] 下面对本发明实施例提供的天线设备进行描述，下述描述的天线设备与图 1 描述的方法对应，两者的内容可相互参照对应。

[0112] 图 6 为本发明实施例提供的天线设备的结构框图，该天线设备为多天线设备，参照图 6，该设备可以包括：

[0113] 信道跳变次数确定模块 100，用于根据预置的无线信道跳变规则中的信道跳变速率，确定当前时刻的调制符号在该符号的发送周期内的信道跳变次数；

[0114] 可选的，无线信道跳变规则可预置在设备的存储单元中。

[0115] 预处理权值选取模块 110，用于从预置的无线信道跳变规则中的预处理权值集合中，选取当前时刻与所述信道跳变次数对应个数的预处理权值；

[0116] 预处理模块 120，用于根据所选取的预处理权值，对所述待调制符号进行预处理，生成发送信号；

[0117] 发送模块 130，用于在所述发送信号的发送周期内，根据预置的无线信道跳变规则中的信道跳变顺序，及所述信道跳变对应的天线信息，在发送信号的发送过程中，进行与所述信道跳变次数对应次数的信道跳变，完成发送信号的发送。

[0118] 可选的，预处理权值集合可以包括：改变调制符号幅 / 相调制信息的复随机矢量，和 / 或，选择发送天线的选通变量。

[0119] 图 7 为本发明实施例提供的发送模块 130 的结构框图，参照图 7，发送模块 130 可以包括：

[0120] 划分单元 131，用于将所述发送信号划分为与所述信道跳变次数对应个数的信号片段；

[0121] 分配单元 132，用于依照预置的无线信道跳变规则中的信道跳变的先后顺序，将各个信号片段依序分配至各个信道跳变对应的天线；

[0122] 发送单元 133，用于在各对应天线上依序发送各信号片段，完成发送信号的发送。

[0123] 可选的，图 6 所示设备还可以包括：

[0124] 导频序列发送模块，用于向所述发送信号的接收方发送导频序列，以便所述接收方估计所述发送信号的发送方与接收方间的信道增益系数；

[0125] 扩展处理模块，用于在发送信号接收方为多天线设备时，对所述调制符号进行信号扩展处理，以在多天线上同时传送多流信息。

[0126] 图 8 为本发明实施例提供的天线设备的又一结构框图，图 8 所示设备与图 3 所示

方法的描述对应，两者的内容可相互参照对应，图 8 所示天线设备可以是多天线设备也可以是单天线设备参照图 8，该天线设备可以包括：

[0127] 接收模块 200，用于接收信号发送方通过多天线发送的发送信号；

[0128] 发送信号信道跳变次数确定模块 210，用于根据预置的无线信道跳变规则中的信道跳变速率，确定发送信号对应的信道跳变次数；

[0129] 发送信号预处理权值确定模块 220，用于根据预置的无线信道跳变规则中的预处理权值集合，及所述对应的信道跳变次数，确定发送信号在发送时刻对应的预处理权值；

[0130] 解调译码模块 230，用于根据所确定的预处理权值对所述发送信号进行解调译码，生成调制符号。

[0131] 可选的，图 8 所示设备还可以包括：导频序列接收模块，用于接收所述发送信号的发送方发送的导频序列，以便估计与所述发送信号的发送方间的信道增益系数。

[0132] 图 9 为本发明实施例提供的保密通信系统的结构框图，参照图 9，该系统可以包括：第一天线设备 1 和第二天线设备 2，其中，第一天线设备 1 可以如图 6 所示，第二天线设备 2 可以如图 8 所示。

[0133] 本说明书中各个实施例采用递进的方式描述，每个实施例重点说明的都是与其他实施例的不同之处，各个实施例之间相同相似部分互相参见即可。对于实施例公开的装置而言，由于其与实施例公开的方法相对应，所以描述的比较简单，相关之处参见方法部分说明即可。

[0134] 专业人员还可以进一步意识到，结合本文中所公开的实施例描述的各示例的单元及算法步骤，能够以电子硬件、计算机软件或者二者的结合来实现，为了清楚地说明硬件和软件的可互换性，在上述说明中已经按照功能一般性地描述了各示例的组成及步骤。这些功能究竟以硬件还是软件方式来执行，取决于技术方案的特定应用和设计约束条件。专业技术人员可以对每个特定的应用来使用不同方法来实现所描述的功能，但是这种实现不应认为超出本发明的范围。

[0135] 结合本文中所公开的实施例描述的方法或算法的步骤可以直接用硬件、处理器执行的软件模块，或者二者的结合来实施。软件模块可以置于随机存储器（RAM）、内存、只读存储器（ROM）、电可编程 ROM、电可擦除可编程 ROM、寄存器、硬盘、可移动磁盘、CD-ROM、或技术领域内所公知的任意其它形式的存储介质中。

[0136] 对所公开的实施例的上述说明，使本领域专业技术人员能够实现或使用本发明。对这些实施例的多种修改对本领域的专业技术人员来说将是显而易见的，本文中所定义的一般原理可以在不脱离本发明的精神或范围的情况下，在其它实施例中实现。因此，本发明将不会被限制于本文所示的这些实施例，而是要符合与本文所公开的原理和新颖特点相一致的最宽的范围。

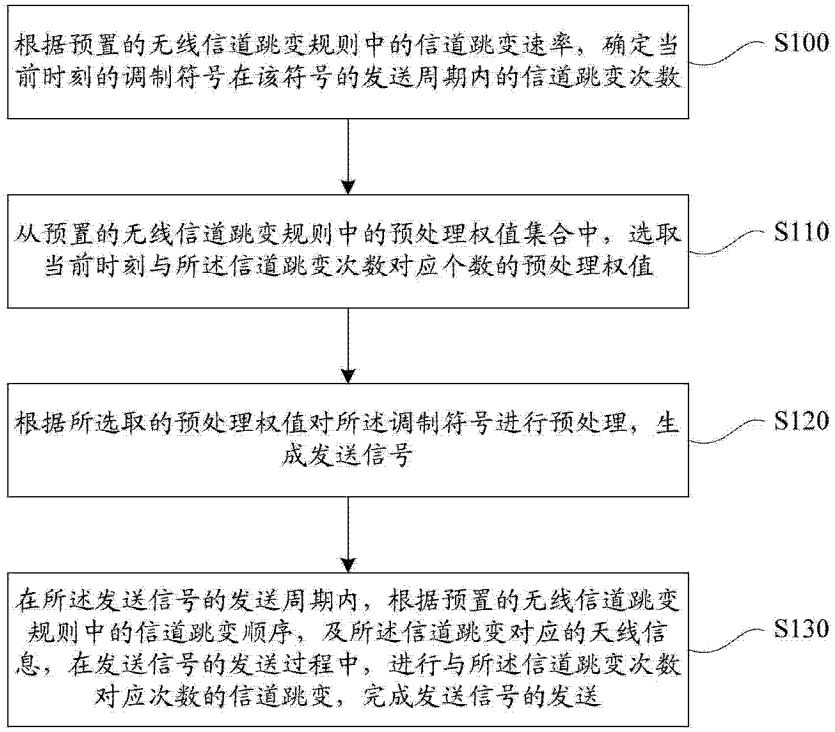

根据预置的无线信道跳变规则中的信道跳变速率，确定当前时刻的调制符号在该符号的发送周期内的信道跳变次数
S100
从预置的无线信道跳变规则中的预处理权值集合中，选取当前时刻与所述信道跳变次数对应个数的预处理权值
S110
根据所选取的预处理权值对所述调制符号进行预处理，生成发送信号
S120
在所述发送信号的发送周期内，根据预置的无线信道跳变规则中的信道跳变顺序，及所述信道跳变对应的天线信息，在发送信号的发送过程中，进行与所述信道跳变次数对应次数的信道跳变，完成发送信号的发送
S130

图 1

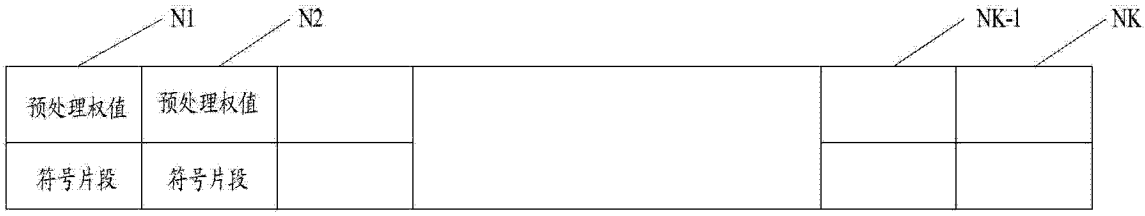

N1
N2
NK-1
NK
预处理权值
预处理权值
符号片段
符号片段

图 2

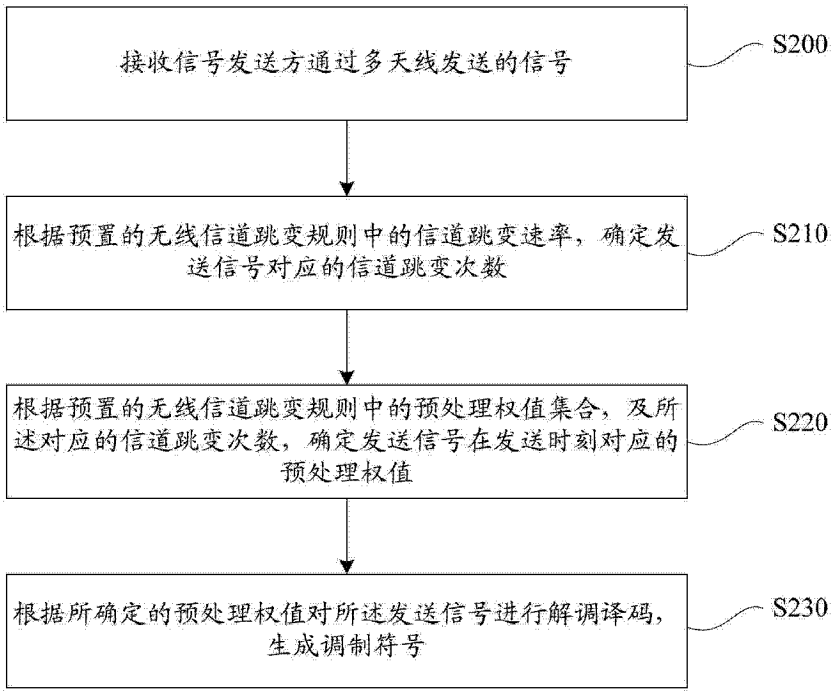

接收信号发送方通过多天线发送的信号
S200
根据预置的无线信道跳变规则中的信道跳变速率，确定发送信号对应的信道跳变次数
S210
根据预置的无线信道跳变规则中的预处理权值集合，及所述对应的信道跳变次数，确定发送信号在发送时刻对应的预处理权值
S220
根据所确定的预处理权值对所述发送信号进行解调译码，生成调制符号
S230

图 3

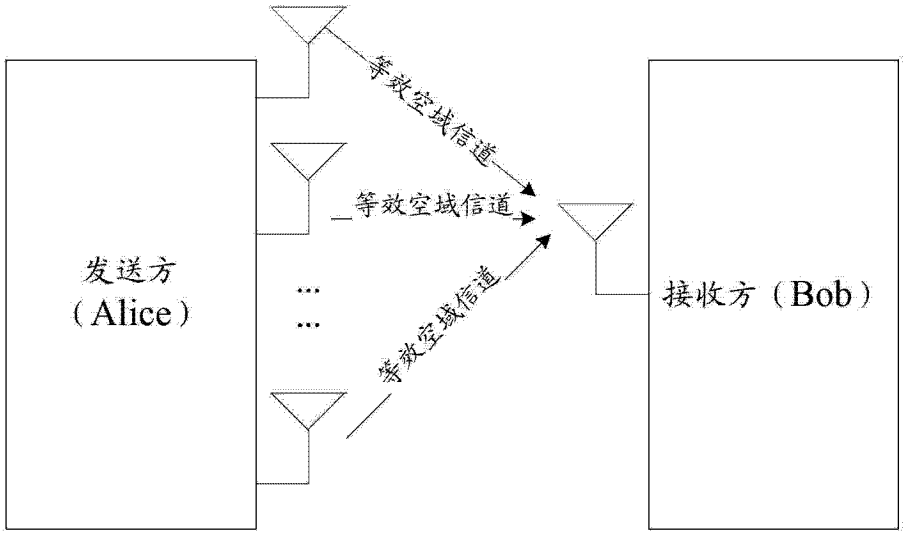

发送方
（Alice）
等效空域信道
等效空域信道
等效空域信道
接收方（Bob）

图 4

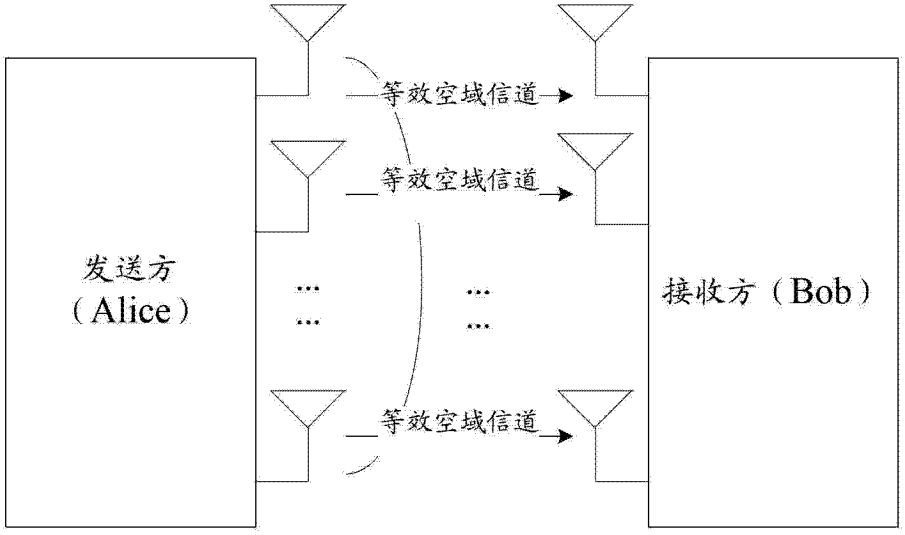

发送方
（Alice）
等效空域信道
等效空域信道
等效空域信道
接收方（Bob）

图 5

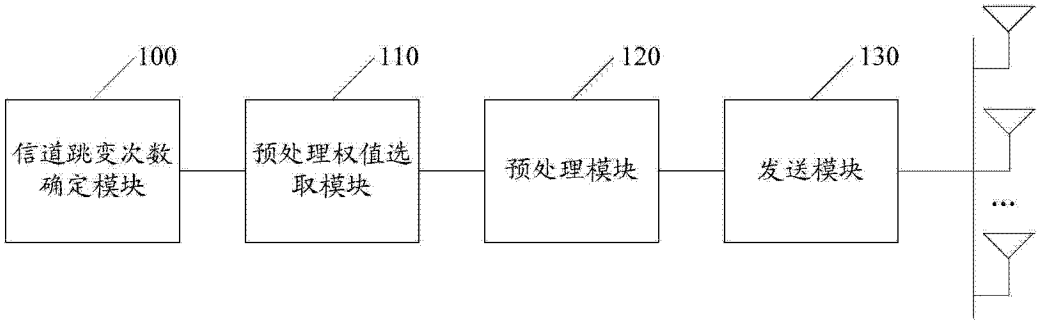

100
110
120
130
信道跳变次数确定模块
预处理权值选取模块
预处理模块
发送模块

图 6

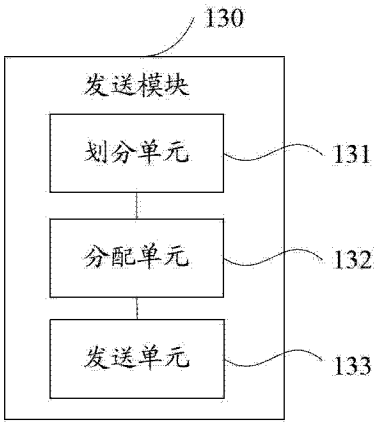

130
发送模块
划分单元
131
分配单元
132
发送单元
133

图 7

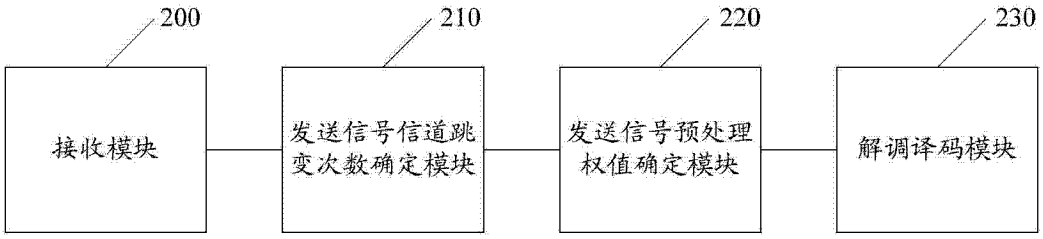

200
210
220
230
接收模块
发送信号信道跳变次数确定模块
发送信号预处理权值确定模块
解调译码模块

图 8

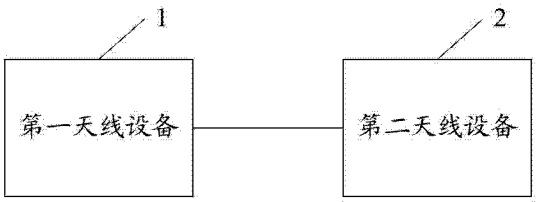

1
2
第一天线设备
第二天线设备

图 9