



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 1691536 B

(45) 授权公告日 2010.09.29

(21) 申请号 200510068455.8

(22) 申请日 2005.04.28

(30) 优先权数据

134744/04 2004.04.28 JP

(73) 专利权人 索尼株式会社

地址 日本东京都

(72) 发明人 泽井亮

(74) 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

11105

代理人 邵亚丽 马莹

(51) Int. Cl.

H04B 7/04 (2006.01)

H04B 7/06 (2006.01)

H04B 7/08 (2006.01)

(56) 对比文件

US 2004/0001556 A1, 2004.01.01, 说明书第
1 页第 16 段 - 第 4 页第 42 段、附图 1-3.

CN 1248827 A, 2000.03.29, 全文.

苏彦兵, 谈振辉. 开环和闭环发射
分集的性能分析. 重庆邮电学院学报 15
1. 2003, 15(1), 10-14.

审查员 冯玉学

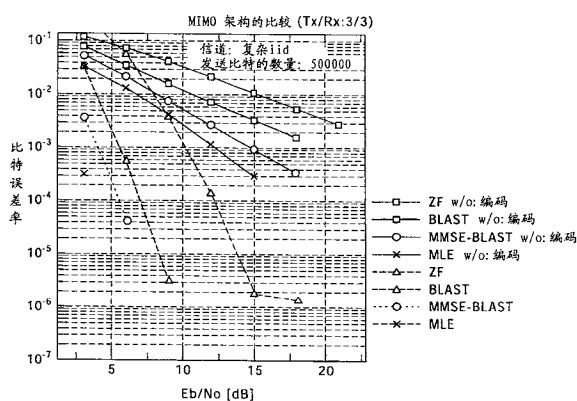
权利要求书 2 页 说明书 10 页 附图 7 页

(54) 发明名称

无线通信系统

(57) 摘要

在本发明中, 为了在避免由于信道矩阵随着时间的改变而导致的解码特性的变差的同时使用 MIMO 通信方案一次串行发送大量数据, 一种无线通信系统组合地使用开环类型和闭环类型 MIMO 通信模式, 并且在闭环类型 MIMO 通信模式下数据发送期间响应于一次发送的数据量已经超过预定比特量或预定发送时间的信息而切换到开环类型 MIMO 通信模式. 通过中断无益的闭环类型 MIMO 通信和切换到好于迫零的开环类型 MIMO 通信, 防止解码特性变差。



1. 一种无线通信系统,其中,具有多个天线的发射机和具有多个天线的接收机形成一对,并且空间地复用和通信信号,所述无线通信系统操作在下述模式之一:

闭环空间复用通信模式,其中,发射机向接收机发送用于获得信道信息的信号,并且接收机向发射机发送所述信道信息的反馈;

开环空间复用通信模式,其中,发射机向接收机发送用于获得信道信息的信号,而接收机不向发射机发送信道信息的反馈;以及

所述无线通信系统包括模式切换器,被配置来在闭环空间复用通信模式和开环空间复用通信模式之间切换;

其中,模式切换器响应于下述信息之一而切换到开环空间复用通信模式:在闭环空间复用通信模式下的数据传输期间,一次要发送的数据量已经超过预定数量的比特或预定的发送时间;或者在闭环空间复用通信模式下的数据传输期间,误差率已经超过预定值。

2. 按照权利要求 1 的无线通信系统,其中,在闭环空间复用通信模式下,接收机通过接收从发射机发送的参考信号来找到信道矩阵 H ,通过执行将信道矩阵 H 奇异值分解为 UDV^H 来获得接收加权矩阵 U^H 、对角矩阵 D 和发送加权矩阵 V ,并且向发射机发送所述发送加权矩阵 V 的反馈,并且发射机使用发送加权矩阵 V 来执行加权发送,并且接收机使用接收加权矩阵 U^H 来执行加权接收,也就是说执行了奇异值分解-多输入多输出 SVD-MIMO 通信,并且

模式切换器响应于下述信息而切换到开环空间复用通信模式:即,通过奇异值分解获得的发送加权矩阵 V 在闭环空间复用通信模式下的数据发送期间已经改变到超出预定值。

3. 按照权利要求 1 的无线通信系统,其中,发射机在开环空间复用通信模式下发送数据,发射机未向所述数据施加发送加权。

4. 按照权利要求 1 的无线通信系统,其中,接收机在开环空间复用通信模式下根据从传播路径条件获得的信道矩阵的逆矩阵 H^{-1} 来执行不进行迫零的开环空间复用通信操作。

5. 一种无线通信装置,具有多个天线,用于空间地复用信号和向具有多个天线的接收机发送信号,所述无线通信装置操作在下述模式之一:

闭环空间复用通信模式,其中,所述装置根据来自接收机的反馈信息而执行加权发送;

开环空间复用通信模式,其中,所述装置执行非加权发送;以及

所述无线通信装置包括模式切换器,被配置来在闭环空间复用通信模式和开环空间复用通信模式之间切换;

其中,模式切换器响应于下述信息之一而切换到开环空间复用通信模式:在闭环空间复用通信模式下的数据传输期间,一次要发送的数据量已经超过预定数量的比特或预定的发送时间;或者在闭环空间复用通信模式下的数据传输期间,误差率已经超过预定值。

6. 按照权利要求 5 的无线通信装置,其中,模式切换器向接收机通知模式已经切换到开环空间复用通信模式。

7. 按照权利要求 5 的无线通信装置,其中,响应于来自模式已经切换到开环空间复用通信模式的接收机的信息,模式切换器切换到开环空间复用通信模式。

8. 按照权利要求 5 的无线通信装置,其中,在闭环空间复用通信模式下,所述装置从接收机接收用于获取通过执行奇异值分解获得的发送加权矩阵 V 的反馈信息,并且执行通过发送加权矩阵 V 执行加权发送的奇异值分解-多输入多输出 SVD-MIMO 发送;并且

所述装置在开环空间复用通信模式下发送所述装置未施加发送加权 V 的数据。

9. 一种无线通信装置, 具有多个天线, 用于从具有多个天线的发射机接收复用信号, 所述无线通信装置操作在下述模式之一:

闭环空间复用通信模式, 其中, 所述装置向发射机发送信道信息的反馈;

开环空间复用通信模式, 其中, 所述装置不向发射机发送信道信息的反馈;

所述无线通信装置包括模式切换器, 被配置来在闭环空间复用通信模式和开环空间复用通信模式之间切换;

其中, 模式切换器响应于下述信息之一而切换到开环空间复用通信模式: 在闭环空间复用通信模式下的数据传输期间, 一次要发送的数据量已经超过预定数量的比特或预定的发送时间; 或者在闭环空间复用通信模式下的数据传输期间, 误差率已经超过预定值。

10. 按照权利要求 9 的无线通信装置, 其中, 在闭环空间复用通信模式下, 所述装置通过接收从发射机发送的参考信号来找到信道矩阵 H , 通过执行将信道矩阵 H 奇异值分解为 UDV^H 来获得接收加权矩阵 U^H 、对角矩阵 D 和发送加权矩阵 V , 并且所述装置使用接收加权矩阵 U^H 来执行加权接收, 并且向发射机发送发送加权矩阵 V 的反馈, 也就是说执行了奇异值分解 - 多输入多输出 SVD-MIMO 通信, 以及

模式切换器响应于下述信息而切换到开环空间复用通信模式: 即, 在闭环空间复用通信模式下的数据发送期间, 通过奇异值分解获得的发送加权矩阵 V 已经改变到超出预定值。

11. 按照权利要求 9 的无线通信装置, 其中, 模式切换器向发射机通知模式已经切换到开环空间复用通信模式。

12. 按照权利要求 9 的无线通信装置, 其中, 响应于来自模式已经切换到开环空间复用通信模式的发射机的信息, 模式切换器切换到开环空间复用通信模式。

13. 按照权利要求 9 的无线通信装置, 其中, 所述装置在开环空间复用通信模式下根据从传播路径条件获得的信道矩阵的逆矩阵 H 来执行不进行迫零的开环空间复用通信操作。

14. 一种无线通信方法, 用于在具有多个天线的发射机中空间地复用信号和向具有多个天线的接收机发送信号, 所述无线通信方法包括步骤:

根据来自接收机的反馈信息来执行闭环空间复用通信, 所述闭环空间复用通信使得发射机执行加权发送;

响应于一次要发送的数据量已经超过预定的比特量或预定的发送时间的信息而切换到开环空间复用通信, 所述开环空间复用通信使得发射机执行非加权发送;

执行开环空间复用通信。

15. 一种无线通信方法, 用于在具有多个天线的接收机中从具有多个天线的发射机接收复用信号, 所述无线通信方法包括步骤:

在发射机已经施加了发送加权的假设下执行闭环空间复用通信, 所述闭环空间复用通信使得接收机执行加权接收;

响应于接收特性的改变而切换到开环空间复用通信, 所述开环空间复用通信使得接收机执行加权接收;

在发送加权已经被发射机施加的假设下执行开环空间复用通信。

无线通信系统

[0001] 相关申请交叉参考

[0002] 本发明包括与 2004 年 4 月 28 日在日本专利局提交的日本专利申请 JP2004-1347444 相关的主题,其整体内容以引用方式被包含在此。

技术领域

[0003] 本发明涉及一种诸如用于在多个无线站之间通信的无线 LAN(局域网)之类的无线通信系统,具体涉及用于实现在诸如家庭的通信环境中的宽带无线传输的无线通信系统。

[0004] 更具体而言,本发明涉及一种无线通信系统,用于通过通信扩展传输容量,其中所述通信中,使用空间复用(MIMO 通信),并且用于将具有多个天线的发射机和具有多个天线的接收机配对。具体上,本发明涉及一种无线通信系统,用于使用 MIMO 通信方案一次串行发送大量数据,避免了解码特性的变差。

背景技术

[0005] 关于无线网络的正规标准可以包括例如 IEEE(电气和电子工程师协会)802.111(例如,参见非专利文件 1)、HiperLAN/2(例如,参见非专利文件 2 或 3)、IEEE802.15.3 和蓝牙通信。IEEE802.11 已经依赖于无线通信方案和频带的不同而增强了诸如 IEEE802.11a(例如,参见非专利文件 4)、b 和 g。

[0006] IEEE802.11a 支持用于实现最大通信速度 54 Mbps 的调制方案。但是,期望具有一种用于实现通信速度的更高比特率的标准。例如,在 IEEE802.11n 中,为了建立用于实现超过 100Mbps 的实际业务量的高速度的无线 LAN 技术,下一代无线 LAN 标准正在被开发。

[0007] 作为用于实现更高速度的无线通信的技术,MIMO(多输入多输出)通信正在引起关注。这是用于通过下述方式来扩展传输容量和实现通信速度的改进的技术:使用在发射机和接收机的多个相应天线元件来实现空间复用传输信道(以下也称为“MIMO 信道”)。在 MIMO 通信中,由于空间复用的利用而获得良好的频率利用效率。

[0008] 在 MIMO 通信方案中,发射机向多个天线分布发送数据,并且通过多个虚拟 MIMO 信道将其发送,接收机通过处理由多个天线接收的信号来获得接收数据。MIMO 通信方案利用如上所述的信道特征,并且不同于仅仅发送/接收自适应阵列。即,发射机对于多个发送信号执行时空编码,所述多个发送信号随后被复用、分布到 M 个天线并且被发送到多个 MIMO 信道。接收机对于由 N 个天线经由信道接收的接收信号执行时空解码,以获得接收数据。在这种情况下,信道模型由在发射机周围的无线电波环境(传送功能)、信道空间的结构(传送功能)和在接收机周围的无线电波环境(传送功能)构成。在从每个天线发送的复用信号的情况下,发生串扰。但是,通过在接收机的信号处理,可以正确地提取每个复用信号而没有串扰。

[0009] 作为 MIMO 传输方案,提出了多种方案;但是,如何按照天线配置而在发射机和接收机之间交换信道信息是实现的一个大问题。

[0010] 在交换信道信息的情况下,容易执行仅仅从发射机向接收机发送已知信息(前同步信息(preamble information))的方法。在这种情况下,发射机和接收机彼此独立地执行空间复用传输。并且这被称为开环类型的MIMO传输。作为这种方法的一种扩展,存在一种闭环的MIMO传输,用于也通过从接收机向发射机反馈前同步信息来在发射机和接收机之间产生理想的空间正交信道。

[0011] 开环类型的MIMO传输可以包括例如V-BLAST(垂直贝尔实验室分层时空时钟)方案(参见专利文件1)。发射机不提供天线加权系数矩阵,而是仅仅复用和发送每个天线的信号。换句话说,整体省略用于获得天线加权系数矩阵的反馈程序。发射机在发送复用信号之前例如对于每个天线以时分的方式插入用于在接收机执行信道估计的训练信号。另一方面,接收机在信道估计单元使用训练信号来进行信道估计,并且计算对应于每个天线对的信道信息矩阵 H 。通过巧妙地组合迫零和取消,改善了通过利用由取消引起的每个天线的自由度的信噪比,并且增强了解码肯定度。

[0012] 而且,作为闭环MIMO传输的理想形式,已知一种SVD-MIMO方案,用于使用传播路径函数的奇异值分解(SVD)(例如参见非专利文件5)。

[0013] 在SVD-MIMO传输中,通过执行其元素表示与每个天线对对应的信道信息的数值矩阵、即信道信息矩阵 H 的奇异值分解来获得 UDV^H ,并且获得发送天线加权系数矩阵 V 和接收天线加权系数矩阵 U^H 。因此,每个MIMO信道被表达为具有作为每个本征值 λ_i 的平方根的对角元素的对角矩阵 D ,并且可以复用信号以发送而没有串扰。在这种情况下,可以实现多个逻辑上独立的、空分(空间正交复用)传输信道。

[0014] 一般假定,基于传输信道信息,发射机计算最佳天线加权系数和优化被应用到在闭环类型的MIMO方案中的每个发送天线的比特流的编码率和调制方案,由此可以实现更适当的信息传输。但是,存在一个问题:为了被引入作为真实的系统,闭环类型的MIMO通信在由于发射机/接收机的移动而引起大信道波动的情况下需要从接收机向发射机的较高频率的反馈。

[0015] 下面说明开环类型和闭环类型的MIMO通信。

[0016] 图7示意地示出了开环类型的MIMO发射机/接收机的配置。在这种情况下,发射机发送数据帧,其中包括前同步信号(TxPreamble),用于估计传播路径。接收机获得基于所接收的前同步信号的信道矩阵 H ,并且使用根据信道矩阵 H 计算的接收天线加权来执行数据划分的加权接收。从接收机向发射机不执行反馈程序。

[0017] 图8示意地示出了闭环类型的MIMO发射机/接收机的配置。在这种情况下,发射机发送前同步信号(TxPreamble),用于估计传播路径。接收机可以获得基于所接收的前同步信号的信道矩阵 H ,并且发送前同步信号的反馈(RxPreamble),用于估计传播路径。发射机可以获得基于所接收的前同步信号的信道矩阵 H 。而且,发射机获得基于所获得的信道矩阵 H 的发送加权矩阵,并且执行附加了前同步信号(TxPreamble2)的数据帧的加权发送。接收机可以获得基于前同步信号(TxPreamble2)的新信道矩阵,并且使用从信道矩阵计算的接收加权矩阵来执行数据帧的加权接收。

[0018] 有可能在发射机和接收机之间交换前同步信号(TxPreamble和RxPreamble)以及用于求得隐藏端子(hidden terminal)的RTS/CTS序列。而且,发射机可以仅仅发送一次前同步信号。而且,在传播路径的可逆性有效的情况下,可以以从RxPreamble到TxPreamble

的顺序进行发送。

[0019] 因此,在开环类型和闭环类型的发送方案中,接收机使用用于估计特定时间的信道信息的前同步信息,并且解调剩余的数据划分。

[0020] 在用于根据从传播路径条件获得的信道矩阵 H 来执行加权的发送/接收的通信系统(诸如 MIMO 传输方案)中,信道矩阵 H 随着时间而改变成为一个问题。信道矩阵 H 因为在例如室温或其他环境中的改变或在由于人或器件的移动而导致的反射路径的改变等而在每个时刻改变。特别是,在一次发送大量数据的情况下,随着时间出现信道波动,并且前同步信息的精度变差,因此问题显现出来。

[0021] 例如,在图 8 所示的闭环类型的 MIMO 通信系统中的数据发送的处理中,如果发送数据长,则现实的是,发射机在必要时在固定时段插入 TxPreamble(见图 9),并且接收机连续地获得信道矩阵以建立通信。此时,在闭环类型的情况下,因为发射机已经建立了发送天线加权,不用说,前同步信息的精度变差大大地影响解码特性。

[0022] [专利文件 1] 日本未审查专利公开第 Hei 10-84324 号

[0023] [非专利文件 1] 国际标准 ISO/IEC 8802-11:1999(E) ANSI/IEEE 标准 802.11, 1999 版本,第 11 部分:无线 LAN 介质访问控制层(MAC)和物理层(PHY)规范

[0024] [非专利文件 2] ETSI 标准 ETSI TS 101 761-1 V1.3.1 宽带无线访问网络(BRAN); HIPERLAN 类型 2; 数据链路控制(DLC)层; 部分 1:基本数据传送功能

[0025] [非专利文件 3] ETSI TS 101 761-2 V1.3.1 宽带无线访问网络(BRAN); HIPERLAN 类型 2; 数据链路控制(DLC)层; 部分 2:无线链路控制(RLC)子层

[0026] [非专利文件 4] 用于信息技术的 IEEE 标准的补充—在系统——局域网和城域网——之间的电信和信息交换—具体要求—部分 11:无线 LAN 介质访问控制(MAC)和物理层(PHY)规范:在 5GHz 频带中的高速物理层。

[0027] [非专利文件 5] [http://radio3.ee.uec.ac.jp/MIMO\(IEICE_TS\).pdf](http://radio3.ee.uec.ac.jp/MIMO(IEICE_TS).pdf) (2003 年 10 月 24 日)

发明内容

[0028] 期望提供一种无线通信系统,它能够以通信扩展传输容量,其中所述通信中,使用空间复用(MIMO)通信;将具有多个天线的发射机和具有多个天线的接收机配对。

[0029] 也期望提供一种无线通信系统,用于使用 MIMO 通信方案一次串行发送大量数据,避免了由信道矩阵随着时间的改变而引起的解码特性的变差。

[0030] 按照本发明的第一实施例,提供了一种无线通信系统,其中,具有多个天线的发射机和具有多个天线的接收机形成一对,并且空间地复用和通信信号。无线通信系统包括:闭环空间复用通信模式,其中,发射机向接收机发送用于获得信道信息的信号,接收机向发射机发送所述信道信息的反馈;开环空间复用通信模式,其中,仅仅发射机向接收机发送用于获得信道信息的信号;模式切换器,被配置来在闭环空间复用通信模式和开环空间复用通信模式之间切换。

[0031] 在这种上下文中,术语“系统”表示多个装置(或用于实现特定功能的功能模块)的逻辑组。不确定是否所述装置或功能模块被包括在单个机壳中。

[0032] 在按照本发明的一个实施例的无线通信系统中,具有多个天线的发射机和具有多

个天线的接收机形成一对,并且空间复用信号以执行 MIMO 通信。

[0033] 一般, MIMO 通信系统被大致地划分为用于仅仅从发射机向接收机发送已知信息(前同步信息)的开环类型和用于通过也从接收机向发射机反馈前同步信息来在发射机和接收机之间产生理想的空间正交信道的闭环类型。

[0034] 闭环类型的 MIMO 方案可以实现更适当的信息发送。但是,存在一个问题:闭环类型的 MIMO 方案在由于发射机/接收机的移动而引起大的信道波动的情况下需要从接收机向发射机的较高频率的反馈。

[0035] 例如,在一次发送大量数据的情况下,随着时间出现信道波动,并且前同步信息的精度变差,因此问题显现出来。即,由于在连续数据通信期间的信道波动,信道矩阵改变,并且发送加权矩阵 V 因此改变。假定发射机继续通过闭环类型的 MIMO 通信而使用旧的发送加权矩阵 V 。结果,虽然应当原始地形成其空间正交性被保持的逻辑独立的 MIMO 信道,但是由于在要使用的发送加权矩阵 V 和正确的发送加权矩阵 V_{new} 之间的差别而导致在 MIMO 信道之间出现串扰,因此解码特性变得极差。

[0036] 按照通常表示闭环类型的 MIMO 方案的 SVD-MIMO 通信,可以在发射机和接收机之间原始地形成理想的空间正交信道;但是,作为在长的数据通信期间中断学习信道矩阵的结果,在闭环类型的 MIMO 通信中的接收机的解码特性变差到与具有在开环类型的 MIMO 方案中的特别低的解码特性的迫零(ZF)相同的程度。这部分地因为两种加权方案类似地在迫零中通过作为接收加权的信道逆矩阵 H^{-1} 来复用接收信号,或者在 SVD-MIMO 中通过作为接收加权的 U^H 来复用接收信号。

[0037] 本发明的发明人认为:在变差的解码特性的状态中继续闭环类型的 MIMO 方案是无益的,通过除了迫零之外的开环类型的 MIMO 通信来执行接收处理带来更好的解码特性。

[0038] 按照本发明的一个实施例的无线通信系统组合地使用开环类型和闭环类型的 MIMO 方案,并且模式切换器按照在传播路径中的改变在闭环类型的空间复用通信模式和开环类型的空间复用通信模式之间无缝切换,以便可以将解码特性的变差限制在特定限度内。

[0039] 例如,模式切换器响应于下述信息而切换到开环空间复用通信模式:即,在闭环空间复用通信模式下的数据传输期间,一次要发送的数据量已经超过预定数量的比特或预定的发送时间。因此,通过停止无益的闭环 MIMO 通信和切换到好于迫零的开环 MIMO 通信模式,防止解码特性变差。

[0040] 或者,模式切换器可以在下列情况下切换到开环空间复用通信模式:响应于在闭环空间复用通信模式下的数据传输期间误差率已经超过预定值的消息,估计到信道矩阵具有随着时间改变。

[0041] 而且,在采用 SVD-MIMO 通信来作为闭环 MIMO 通信的情况下,接收机可以即使在数据接收期间也通过信道估计来获得信道矩阵 H ,并且也获得通过奇异值分解的正确发送加权矩阵 V_{new} 。接收机可以将正确的传输加权矩阵 V_{new} 与发射机继续使用的旧 V 相比较,当在正确的传输加权矩阵 V_{new} 和旧 V 之间的差别超过预定值时估计信道矩阵已经随着时间改变,并且切换到开环空间复用通信模式。

[0042] 而且,发射机在开环空间复用通信模式下发送所述发射机未施加发送加权 V 的数据,由此可以限制接收机的解码特性的变差。

[0043] 而且,接收机使用除了用于在开环空间复用通信模式下根据从传播路径条件获得的信道矩阵的逆矩阵来提供接收加权的通信方案(例如迫零)之外的开环空间复用通信模式(诸如 MMSE、BLAST、MMSE+BLAST 和最大似然性估计),以便与仅仅继续使用闭环空间复用通信模式的情况相比较可以获得更好的解码特性,即使已经改变了传播路径。

[0044] 在按照本发明的一个实施例的无线通信系统中,发射机可以在下列情况切换到开环空间复用通信模式:响应于在闭环空间复用通信模式下的数据传输期间一次要发送的数据量已经超过预定数量的比特或预定的发送时间的消息,估计到信道矩阵具有随着时间改变。在这种情况下,发射机发送所述发射机未施加发送加权的数据,并且也向接收机通知发射机已经切换到开环空间复用通信模式。或者,响应于来自接收机的接收机已经切换到开环空间复用通信模式的信息,发射机也可以切换到开环空间复用通信模式。

[0045] 而且,接收机可以按照通过奇异值分解连续获得的发送加权 V 的改变和诸如接收误差率的提高等的接收特性的变差,估计信道矩阵已经随着时间改变,从而切换到开环空间复用通信模式。在这种情况下,接收机切换到开环 MIMO 通信方案,诸如 MMSE、BLAST、MMSE+BLAST 和最大似然性估计,以避免通过连续的闭环类型而导致的解码特性的变差。而且,接收机向发射机通知接收机已经切换到开环空间复用通信模式。或者,响应于来自发射机的发射机已经切换到开环空间复用通信模式的信息,接收机也可以切换到开环空间复用通信模式。

[0046] 而且,按照本发明的第二实施例,提供了一种计算机程序,它以计算机可读形式被描述,以便在具有多个天线的发射机中的计算机系统上执行用于空间复用和向具有多个天线的接收机发送信号的处理。所述计算机程序包括步骤:根据来自接收机的反馈信息而执行闭环空间复用通信模式,所述闭环空间复用通信模式使得发射机执行加权发送;响应于要一次发送的数据量已经超过预定数量的比特或预定发送时间的信息而切换到开环空间复用通信模式,所述开环空间复用通信模式使得发射机执行非加权发送;并且执行开环空间复用通信模式。

[0047] 而且,按照本发明的第三实施例,提供了一种计算机程序,它以计算机可读形式被描述,以便在具有多个天线的接收机中的计算机系统上执行用于从具有多个天线的发射机接收信号的处理。所述计算机程序包括步骤:在发送加权已经被发射机施加的假设下执行闭环空间复用通信,所述闭环空间复用通信使得接收机可以执行加权接收;响应于在接收特性的改变而切换到开环空间复用通信,所述开环空间复用通信使得接收机执行加权接收;并且在发送加权已经被发射机应用的假设下执行开环空间复用通信。

[0048] 按照本发明的第二和第三实施例的计算机程序被定义为以计算机可读形式描述的计算机程序,以便在计算机系统上实现特定的处理。换句话说,当按照本发明的第二和第三实施例的计算机程序被安装在计算机系统中时,所述计算机系统显示出合作效果,并且作为通信装置而工作。多个这样的通信装置可以被激活以构建一个无线网络。以这种方式,有可能提供类似于按照本发明的第一实施例的无线通信系统的效果。

[0049] 按照本发明的实施例,可以提供一种无线通信系统,它在下述方面极为出色:能够以通信扩展传输容量,其中所述通信中,使用空间复用(MIMO 通信将具有多个天线的发射机和具有多个天线的接收机配对。

[0050] 按照本发明的实施例,提供了一种无线通信系统,它在下述方面极为出色:能够使

用 MIMO 通信方案一次串行发送大量数据,避免了由信道矩阵随着时间的改变而引起的解码特性的变差。

[0051] 可以通过参见实施例的下述说明和所附的权利要求的说明来容易地确定的本发明的这些和其他特征和优点。

附图说明

[0052] 图 1 示出了在具有用于发送和接收的三个相应天线的 MIMO 假设下关于每个通信方案的 Eb/No 对比特误差率特性。

[0053] 图 2 示意地示出了按照本发明的一个实施例的、在其中共存闭环类型和开环类型的 MIMO 通信系统中工作的发射机的功能配置。

[0054] 图 3 是示出发射机的操作处理的流程图。

[0055] 图 4 示出了发送天线加权单元的内部配置。

[0056] 图 5 示意地示出了按照本发明的一个实施例的、在其中共存闭环类型和开环类型的 MIMO 通信系统中工作的接收机的功能配置。

[0057] 图 6 是示出接收机的操作处理的流程图。

[0058] 图 7 示意地示出了开环类型的 MIMO 发射机/接收机的配置(现有技术中的示例)。

[0059] 图 8 示意地示出了闭环类型的 MIMO 发射机/接收机的配置(现有技术中的示例)。

[0060] 图 9 示出了发送数据的配置示例。

具体实施方式

[0061] 本发明涉及一种 MIMO 通信系统,其中,具有多个天线的发射机和具有多个天线的接收机形成一对,并且空间地复用和通信信号。在下面的说明中,假定所述系统用于诸如房屋中的低移动性环境中。首先,说明在现有技术中的闭环类型的 MIMO 通信方案及其问题,然后参照附图和方程来详细说明按照本发明的一个实施例的发送/接收方案。

[0062] 首先,接收信号 y 被表达如下:

$$[0063] \quad y = Hx + n \quad (1)$$

[0064] 其中, x 是发送信号, H 是传播信道信息, n 是噪音项。

[0065] 通过执行信道矩阵 H 的奇异值分解(SVD),信道矩阵 H 被表达如下:

$$[0066] \quad H = UDV^H \quad (2)$$

[0067] 其中,矩阵 V^H 表示矩阵 V 的复共轭转置矩阵(Hamiltonian)。一般,原始矩阵与其复共轭转置矩阵的乘积是单位矩阵($V \cdot V^H = I$)。因此,在例如图 8 所示的闭环类型 MIMO 通信中,假定接收机从 TxPreamble 获得信道矩阵 H 并且发射机获得基于来自接收机的反馈 RxPreamble 的发送天线加权 V 以使用发送天线加权 V 来执行加权的发送,则在接收机的接收信号 y' 被表达如下:

$$[0068] \quad y' = H(Vx)$$

$$[0069] \quad = UDX \quad (3)$$

[0070] 而且,假定接收机执行从 TxPreamble 获得的信道矩阵 H 的奇异值分解并且使用所获得的接收加权 U^H 来执行加权接收,则接收信号 y'' 被表达如下:

$$[0071] \quad y'' = U^H y' = U^H U D X$$

[0072] $= D\mathbf{x}$ (4)

[0073] 其中, D 表示对角矩阵, 并且被表达如下:

[0074]

$$D = \begin{bmatrix} \sqrt{\lambda_1} & & & & 0 \\ & \sqrt{\lambda_2} & & & \\ \vdots & & \ddots & & \\ & & & \sqrt{\lambda_{n-1}} & \\ 0 & & & & \sqrt{\lambda_n} \end{bmatrix} \quad (5)$$

[0075] 即, 在 SVD-MIMO 发送中, 通过执行其元素表示对应于每个天线对的信道信息的数值矩阵、即信道信息矩阵 H 的奇异值分解来获得 UDV^H , 并且获得发送天线加权系数矩阵 V 和接收天线加权系数矩阵 U^H 。因此, 每个 MIMO 信道被表达为具有作为每个本征值 λ_i 的平方根的对角元素的对角矩阵 D , 并且可以复用信号以发送而没有串音。

[0076] 方程 (5) 示出了通过功率增益来提供发送信号。因此, 在闭环类型 MIMO 通信中的接收架构一般与迫零 (或趋于零) 相同, 除了使用 H 或 U^H 来作为接收加权的差别。

[0077] 在一次串行发送大量数据的情况下, 存在信道矩阵随着时间改变的问题。即, 实际上, 在大信道波动或一次发送长数据的情况下, 从来自发射机的数据部分的开始位置的前同步信息获得的信道矩阵 H 的精度变差。假定最初接收信号 y' 是通过下列方程而获得的:

[0078] $y' = H(V\mathbf{x})$

[0079] $= UD V^H(V\mathbf{x})$ (6)

[0080] 但是, 假定信道矩阵由于传播路径的波动而改变到 H_{new} , 则实际接收信号 y_{new} 被表达如下:

[0081] $y_{\text{new}} = H_{\text{new}}(V\mathbf{x})$

[0082] $= U_{\text{new}} D_{\text{new}} V_{\text{new}}^H(V\mathbf{x})$ (7)

[0083] 当然, 即使接收机使用基于从前同步信息获得的 H_{new} 的接收天线加权系数 U_{new} 来接收信号, 也不形成正交信道。在逻辑上独立的 MIMO 信道之间出现串音, 并且导致其中剩余干扰波的接收系列。

[0084] 这个问题的发生是因为发送天线加权 V 的精度由于衰落的信道波动而变差。在这个实施例中, 通过从闭环类型 MIMO 通信向开环类型 MIMO 通信无缝地切换, 由接收机单独的操作来处理发送加权 V 的精度变差, 以改变解码特性。

[0085] 接收机在测量发送加权矩阵 V 的精度之前存储旧 V 。接收机根据使用新发送前同步 (位于数据部分的开始位置) 估计的新发送加权矩阵 V_{new} 来以特定时段计算相关值, 并且将所述相关值与基准门限值相比较。例如, 可以按照下列方程来计算相关值 ρ :

$$\rho = \frac{E[V_{ij}^* V_{ij}^{\text{new}}]}{\sqrt{E[|V_{ij}|^2]} \sqrt{E[|V_{ij}^{\text{new}}|^2]}} \quad (8)$$

[0087] 其中 $E[\cdot]$ 表示总体均值。

[0088] 在这种情况下, 如果发送前同步被乘以旧的发送加权矩阵 V , 则可以通过下述方式来获得新发送加权矩阵 V_{new} : 即, 将 $H_{\text{new}} V$ (从前同步信息估计的) 乘以 V^H 并且计算下列方

程：

$$[0089] \quad H_{\text{new}} V V^H = H_{\text{new}}$$

$$[0090] \quad = U_{\text{new}} D_{\text{new}} V_{\text{new}}^H \quad (9)$$

[0091] 发送矩阵 V 的精度变差是由于信道矩阵波动。可以根据接收误差率的变差而不是通过 V 的精度变差在旧 V 和新 V_{new} 之间的相关性来检测 V 的精度变差。

[0092] 当接收机确认 V 的精度已经变差超过参考门限值时,接收机停止执行闭环类型 MIMO 通信,并且确定开环类型 MIMO 通信的最佳接收方案。

[0093] 在本上下文中,所述最佳接收方案指的是诸如 MMSE (最小均方误差)、BLAST (贝尔分层架构时空编码)、MMSE+BLAST、最大似然性估计等的方案。但是,在硬件设计不允许多个接收方案的情况下,设置了除了 ZF 的接收方案来备用。作为参考,图 1 示出了在具有 3 个用于发送和接收的相应天线的 MIMO 的假设下的 E_b/N_0 对比特误差率特性。如图 1 所示,一般,以下列顺序来获得开环类型的较好解码特性。(已知单独的 MMSE 特性近乎类似于 BLAST。)

$$[0094] \quad ZF < MMSE < BLAST < MMSE+BLAST < \text{最大似然性估计}$$

[0095] 按照上述选择的一种算法,根据接收信号 $y_{\text{new}} = H_{\text{new}}(Vx)$ 并且使用 $(H_{\text{new}} \cdot V)^{-}$ 来获得下面的方程：

$$[0096] \quad (H_{\text{new}} V)^{-} y_{\text{new}} = (H_{\text{new}} V)^{-} \cdot H_{\text{new}}(Vx)$$

$$[0097] \quad = x \quad (10)$$

[0098] 在也发送不与发送加权矩阵 V 相乘的前同步的情况下,使用所存储的旧 V 来解码前同步以建立 $(H_{\text{new}} V)^{-}$ 。

[0099] 如果使用方程 (10) 来执行接收操作,则在 V 的显著精度变差时,如果使用被插入到图 9 所示的数据部分中的周期前同步信息来更新信道矩阵 H ,则预期在复合 iid. 信道环境下解码特性随机地 (stochastically) 接近 ZF 的那些。即,作为在长的数据通信期间已经中断信道矩阵的学习的结果,在闭环类型 MIMO 通信中的接收机的解码特性变差到与在开环类型 MIMO 方案中的特别低的解码特性的 ZF 的那些相同的程度。

[0100] 在本实施例中,通过根据如上所述的发送加权 V 的波动来切换接收方案,与仅仅继续使用闭环类型的情况相比较,可以保持极高质量的接收特性。而且,因为在开始使用闭环类型来接收信号,因此与仅仅使用开环类型的情况相比较可以获得更好的接收特性。而且,结果,也可能仅仅使用开环类型的接收方案。开环类型的终端可以仅仅使用从前同步计算的 $(H_{\text{new}} V)^{-}$ 来接收信号,并且闭环类型和开环类型 MIMO 通信方案可以共存。

[0101] 而且,可以有用于停止发送——其中使用发送天线加权 V ——和使用下述方法来切换到全闭环类型 MIMO 方案的方法。第一种方法如下。接收机检测 V 的精度变差,并且向发射机通知使用另一种通信器件——诸如 PHS 或传感器网络器件——来执行开环类型通信,以便停止发送天线加权 V 的增加。此时,如果向每个发送分路应用不同的编码或调制深度,则必须在发送前必要时切换编码或调制深度。

[0102] 第二种方法如下。在执行了一系列闭环类型的程序后,可以预先确定连续比特的发送数量、周期等,通过它们可以将发送天线加权 V 的精度保持在容许限度内,并且根据上面预定的项目来将发射机和接收机切换到开环类型 MIMO 方案。此时,如果向每个发送分路应用不同的编码或调制深度,则必须在发送前必要时切换编码或调制深度。

[0103] 图 2 示意地示出了按照这个实施例的、在其中闭环类型和开环类型共存的 MIMO 通信系统中工作的发射机 10 的功能配置。

[0104] 如图 2 所示,发射机 10 具有多个发送天线 11-1、11-2、...、11-m,并且使用在发射机和具有多个接收天线的接收机(后述)之间形成的多个流来执行 MIMO 通信。

[0105] 数据产生单元 13-1、13-2、...、13-m 编码和调制每个流的发送数据。发送天线加权单元 12 按照闭环或开环的操作模式来向每个流施加天线加权。

[0106] 控制单元 14 按照闭环或开环的操作模式来控制发送加权。

[0107] 发射机 10 一般工作在闭环类型 MIMO 通信模式中,根据来自接收机的反馈信息而获取适当的发送天线加权 V ,并且通过增加加权来更适当地发送信息。

[0108] 响应于一次要发送的数据量已经超过预定比特数量或预定发送时间的信息,控制单元 14 估计信道矩阵已经随着时间改变,并且切换到开环类型 MIMO 通信模式。图 3 示出了发射机 10 的操作处理。这种操作防止在闭环类型 MIMO 通信中的接收机的解码特性变差到与在开环类型 MIMO 方案中具有特别低的解码特性的 ZF 的那些相同的程度。

[0109] 控制单元 14 向接收机通知发射机 10 端已经切换到开环类型 MIMO 通信模式。或者,响应于接收机已经切换到开环类型 MIMO 通信模式的来自接收机的信息,控制单元 14 可以切换到开环类型 MIMO 通信模式。

[0110] 图 4 示出了发送天线加权单元 12 的内部配置。如图 4 所示,在闭环类型 MIMO 通信模式下,每个流发送数据被乘以天线加权。但是,在开环类型 MIMO 通信模式下,发送天线加权单元 12 被切换使得数据经过,并且没有发送加权地发送数据。

[0111] 图 5 示意地示出了按照这个实施例的、在其中闭环类型和开环类型共存的 MIMO 通信系统中工作的接收机 20 的功能配置。

[0112] 如图 5 所示,接收机 20 具有多个接收天线 21-1、21-2、...、21-n,并且使用在接收机和具有多个发送天线的发射机之间形成的多个流来执行 MIMO 通信。

[0113] 数据再现单元 23-1、23-2、...、23-n 解调和解码每个流的发送数据。接收天线加权单元 22 按照闭环或开环的操作模式向每个接收流施加天线加权。

[0114] 接收机 20 一般工作在闭环类型 MIMO 通信模式中,根据来自发射机的参考信号来获取信道矩阵 H ,并且向发射机发送反馈信息。接收机 20 通过添加接收天线加权来更适当地发送信息。

[0115] 按照通过信道矩阵的奇异值分解而连续获得的发送加权 V 的改变和诸如接收误差率的提高等接收特性的变差,控制单元 24 估计信道矩阵已经随着时间而改变,并且切换到开环类型 MIMO 通信模式。图 6 示出了接收机 20 的操作处理。这种操作防止在闭环类型 MIMO 通信中的解码特性变差到与具有在开环类型的 MIMO 方案中的特别低的解码特性的 ZF 的那些相同的程度。

[0116] 控制单元 24 向发射机 10 通知接收机 20 端已经切换到开环类型 MIMO 通信模式。或者,响应于发射机已经切换到开环类型 MIMO 通信模式的来自发射机 10 的信息,控制单元 24 可以切换到开环类型 MIMO 通信模式。接收机端已经切换到开环类型的空间复用通信模式的信息可以通过与数据通信信道相同的 MIMO 通信而被发送到发射机;但是,可以使用除了 MIMO 通信信道之外的无线通信方案——诸如无线局域网发送信道或传感器网络等——来发送所述信息。

[0117] 接收天线加权单元 22 按照由控制单元 24 确定的接收方案来确定天线加权。在开环类型 MIMO 通信模式下,应用了除了迫零之外的通信方案,诸如 MMSE、BLAST、MMSE+BLAST、最大似然性估计等。

[0118] 在开环和闭环的每个接收架构中,可以在接收方案中共享多个电路处理单元,其中包括诸如 Moore Penrose 和 LU 分解的多个通用逆矩阵运算电路、用于天线加权的复共轭倍增电路和多个关于 CDM 和 OFDM 解码的运算电路。

[0119] 已经参照特定的实施例详细说明了本发明。但是,显然本领域内技术人员可以在不脱离本发明的范围和精神的情况下改变或修改所述实施例。即,本发明已经以例证的形式被公开,并且说明书的内容不应当解释为限定性的。为了理解本发明的主题,应当参见所附的权利要求。

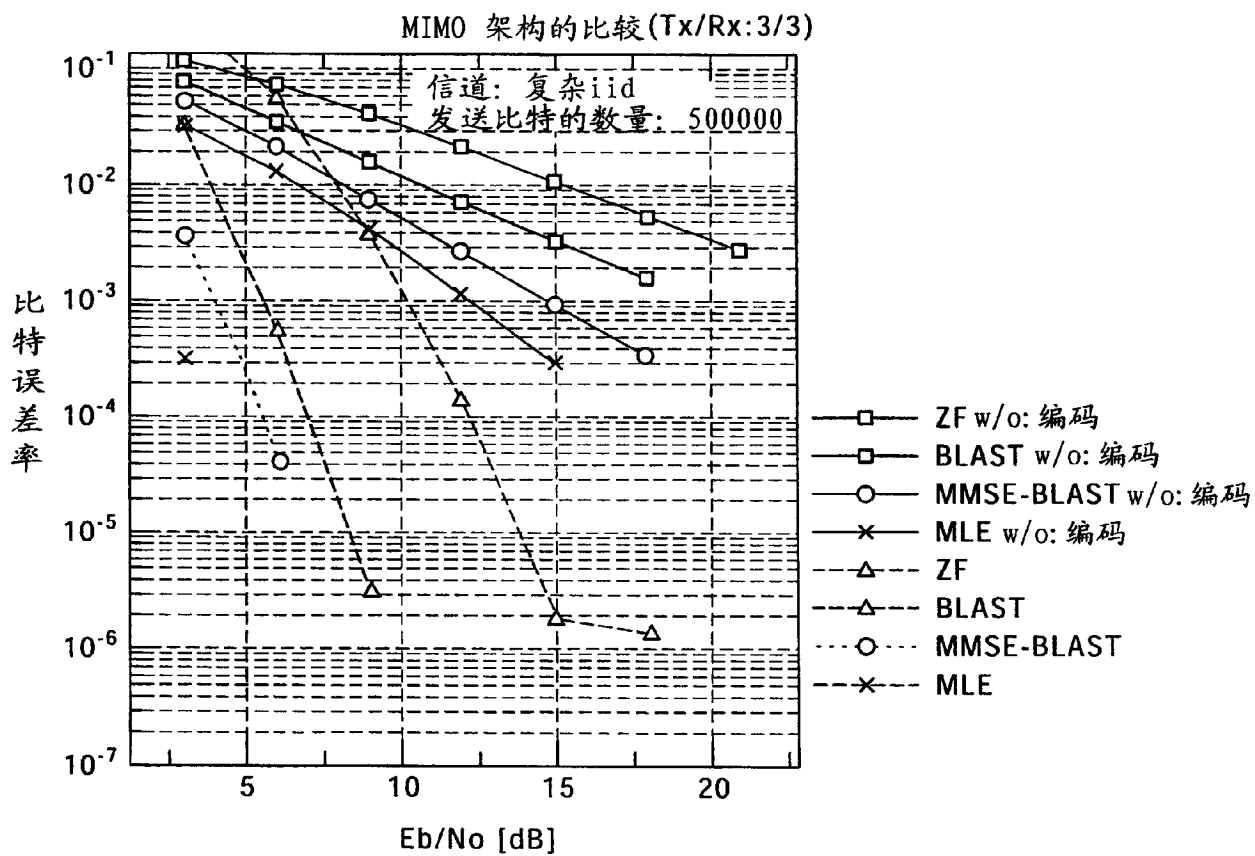


图 1

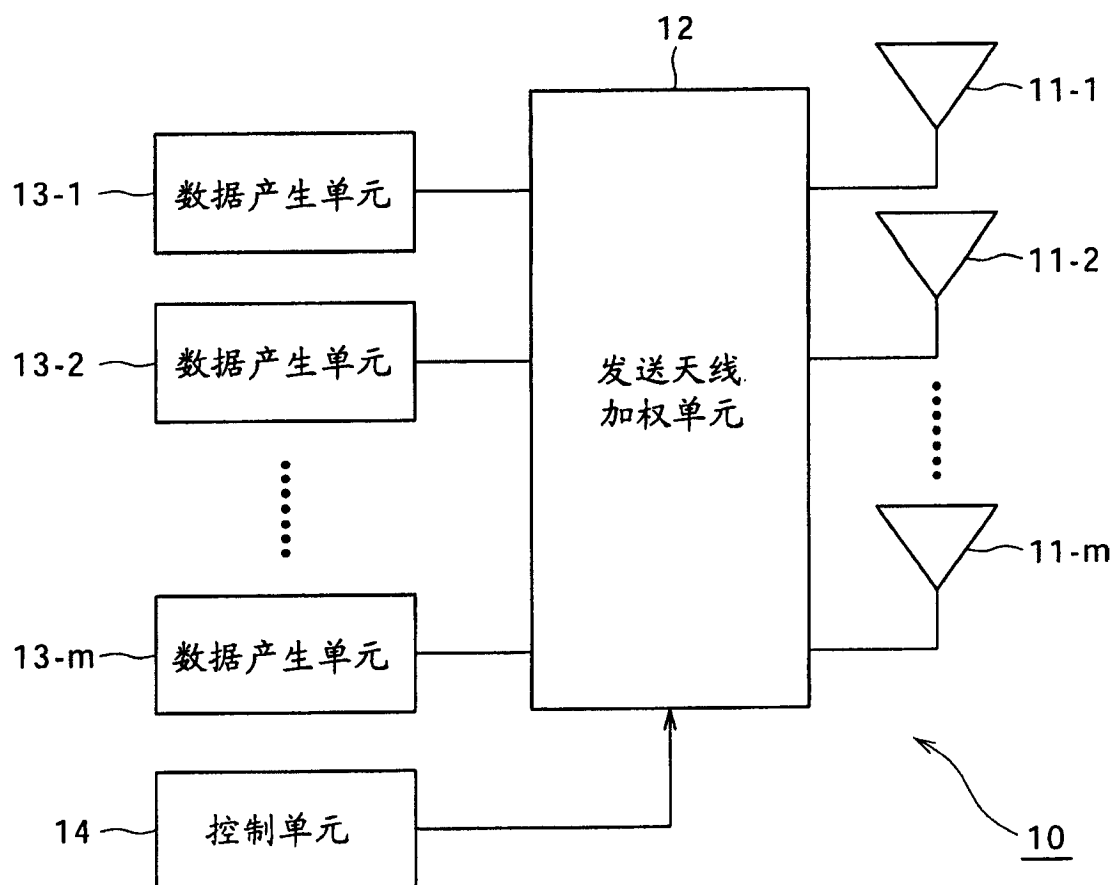


图 2

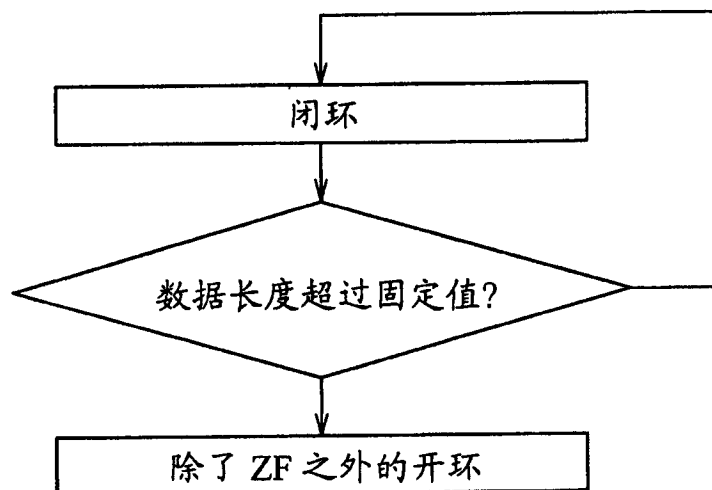


图 3

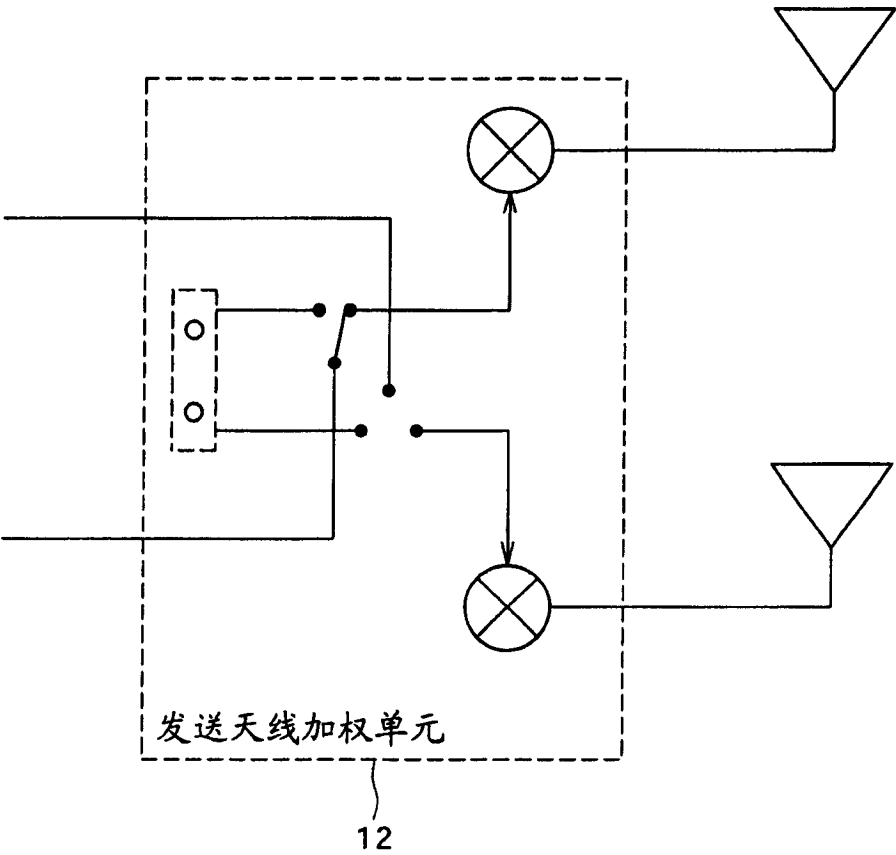


图 4

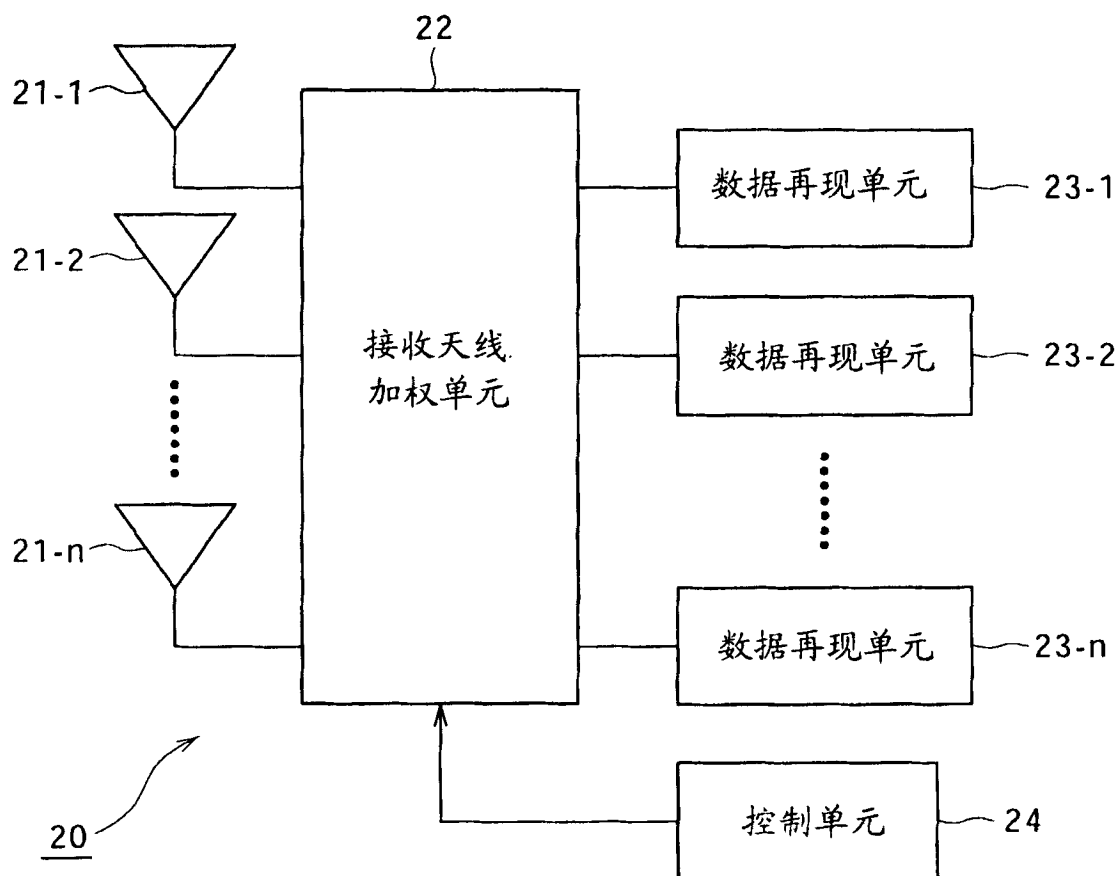


图 5

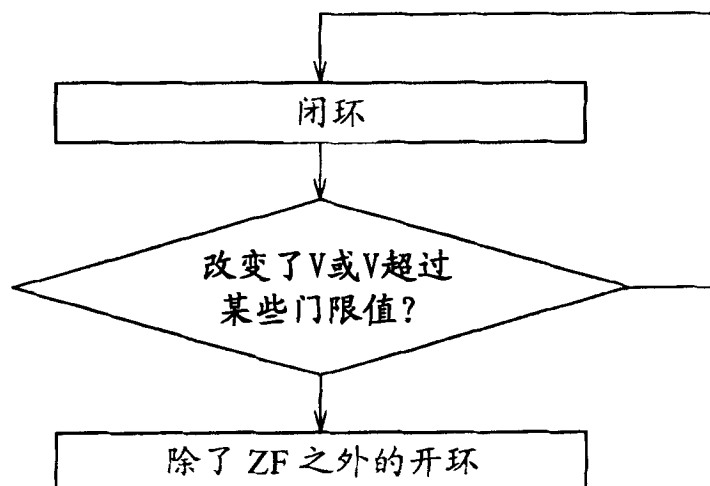


图 6

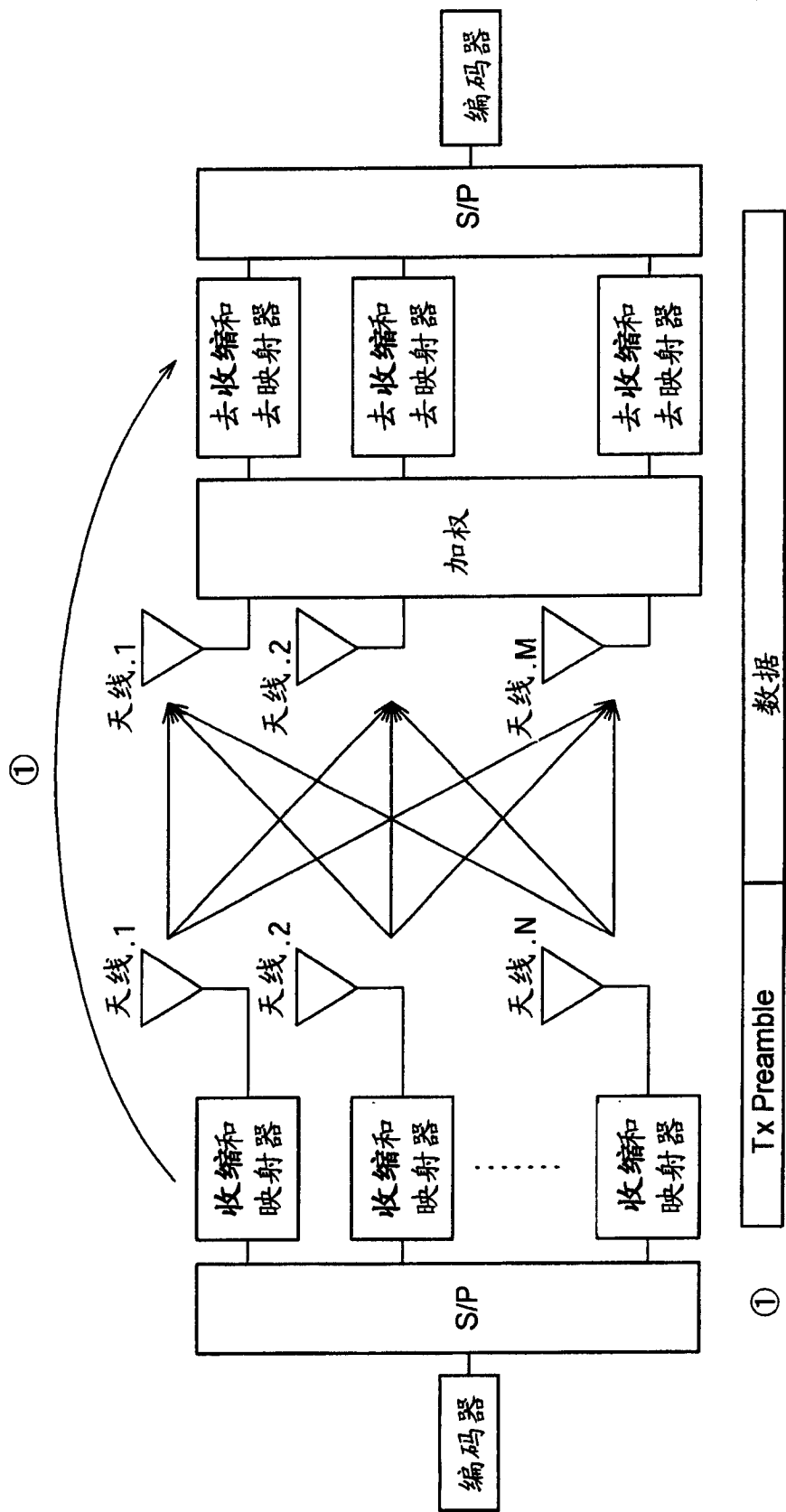
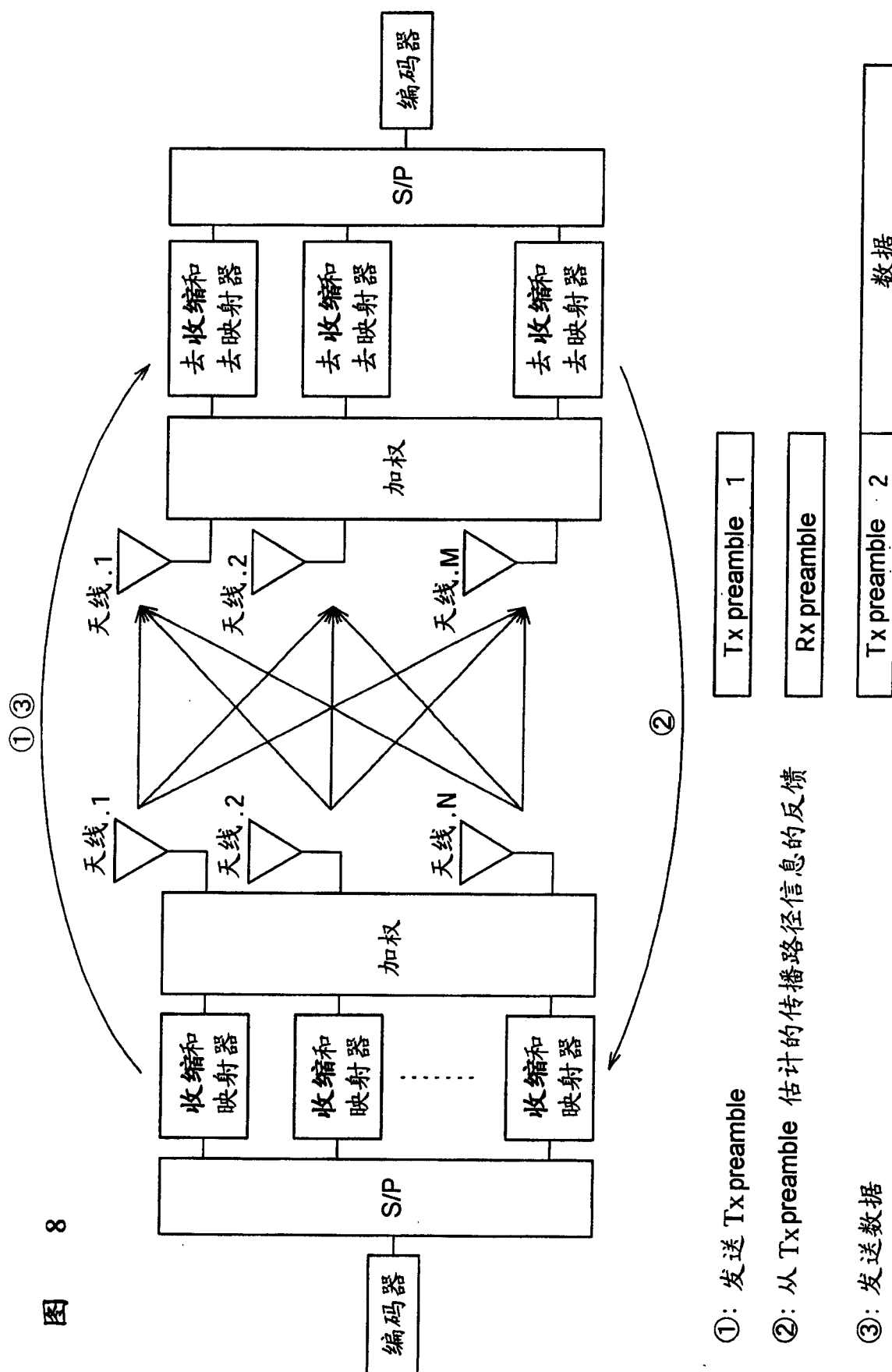


图 7

8



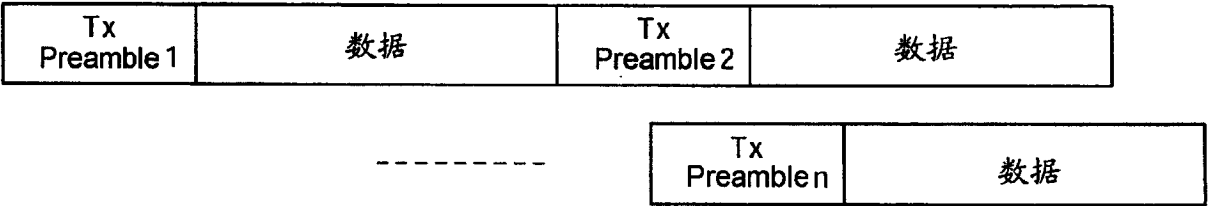


图 9