



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200380110784.3

[45] 授权公告日 2010年2月24日

[11] 授权公告号 CN 100592671C

[22] 申请日 2003.12.3

[21] 申请号 200380110784.3

[86] 国际申请 PCT/IB2003/005587 2003.12.3

[87] 国际公布 WO2005/055507 英 2005.6.16

[85] 进入国家阶段日期 2006.6.2

[73] 专利权人 诺基亚公司

地址 芬兰埃斯波

[72] 发明人 皮若·帕萨南 奥拉夫·蒂尔克科南

[56] 参考文献

CN1446005A 2003.10.1

US2002/0177447A1 2002.11.28

WO03/081938A1 2003.10.2

WO03/041300A1 2003.5.15

The Impact of Multiuser Diversity on Space - TimeBlockCoding. Ran Gozali, R. Michael Buehrer, Brian D. Woerner. IEEE COMMUNICATIONS LETTERS, Vol. 7 No. 5. 2003

审查员 郝政宇

[74] 专利代理机构 北京市金杜律师事务所

代理人 冯 谱

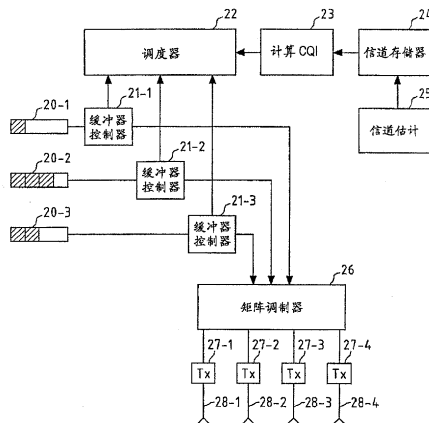
权利要求书 6 页 说明书 32 页 附图 9 页

[54] 发明名称

利用非正交矩阵和矢量调制开发通信系统中的选择分集

[57] 摘要

本发明涉及一种方法，用于为矩阵或矢量调制的数据符号的传输调度具有相应 $N_{i,k}$ 发射接口和相应 $N_{r,k}$ 接收接口的 K 个传输信道 $k=1, \dots, K_i$ 中至少一个信道，所述方法包括计算所述 K 传输信道的至少一个信道的相应信道质量指标 (CQI) q_k ，并且为所述矩阵或矢量调制的数据符号的传输调度所述 K 传输信道中的至少一个信道，其中所述调度至少部分基于所述计算的 CQI_{q_k} 。本发明还涉及设备、发射站、无线通信系统、计算机程序和计算机程序产品。



1. 一种无线通信方法，用于为根据在非正交空间域和至少一个正交域中调制数据符号的非正交矩阵调制而调制的数据符号的传输调度 K 个传输信道中至少一个传输信道， K 为传输信道的数目，其中至少一个等价信道矩阵 G_k 被定义为将数据符号转换成被矩阵调制过并且在所述 K 个传输信道中的一个传输信道 k 的 $N_{t,k}$ 个发射接口上发射且在 $N_{r,k}$ 个接收接口处接收的数据符号的矩阵，其中 k 代表 K 个传输信道中的第 k 个传输信道， $k=1, \dots, K$ ，其中 $N_{t,k}$ 指该传输信道 k 的发射接口的数目而 $N_{r,k}$ 指该传输信道 k 的接收接口的数目，并且其中所述至少一个等价信道矩阵 G_k 的等价信道相关矩阵 $R_k = G_k^H \cdot G_k$ ，其中 R_k 与单位矩阵不成比例，所述方法包括：

计算所述 K 个传输信道的至少一个传输信道 k 的信道质量指标 Q_k ，以及

为所述矩阵调制的数据符号的传输调度所述 K 个传输信道中的至少一个传输信道，其中所述调度至少部分基于所述计算的信道质量指标 Q_k 。

2. 根据权利要求 1 所述的方法，其中对于所述至少一个传输信道 k 的相应的信道质量指标 Q_k 是从所述传输信道 k 的所述等价信道相关矩阵 R_k 获得的。

3. 根据权利要求 2 所述的方法，其中对于所述至少一个传输信道 k 的所述相应的信道质量指标 Q_k 是作为所述传输信道 k 的所述等价信道相关矩阵 R_k 的线性函数的行列式的函数计算的。

4. 根据权利要求 2 所述的方法，其中对于所述至少一个传输信道 k 的所述相应的信道质量指标 Q_k 是作为所述传输信道 k 的所述等价信道相关矩阵 R_k 的迹的函数计算的。

5. 根据权利要求 2 所述的方法，其中对于所述至少一个传输信道 k 的所述相应的信道质量指标 Q_k 是作为所述传输信道 k 的所述等价信

道相关矩阵 R_k 的逆的迹的函数计算的。

6. 根据权利要求 1 所述的方法, 其中对于所述至少一个传输信道 k 的所述相应的信道质量指标 Q_k 是作为信道矩阵 H_k 的元的函数计算的, 该信道矩阵 H_k 定义了所述传输信道 k , 并且其中所述函数在利用了所述等价信道相关矩阵 R_k 的结构特性之下从所述传输信道 k 的所述等价信道相关矩阵 R_k 获得。

7. 根据权利要求 1 所述的方法, 其中所述非正交矩阵调制包括空时或空频编码。

8. 根据权利要求 1 所述的方法, 其中所述非正交矩阵调制包括至少两个正交矩阵调制的合并。

9. 根据权利要求 1 所述的方法, 其中至少一个接收机使用最大似算法或线性估计器来估计在所述调度的传输信道上发射并由所述接收机通过所述调度的传输信道的所述接收接口接收的数据符号。

10. 一种无线通信设备, 用于为根据在非正交空间域和至少一个正交域中调制数据符号的非正交矩阵调制而调制的数据符号的传输调度 K 个传输信道中的至少一个传输信道, K 为传输信道的数目, 其中至少一个等价信道矩阵 G_k 被定义为将数据符号转换成被矩阵调制过并且在所述 K 个传输信道中的一个传输信道 k 的 $N_{t,k}$ 个发射接口上发射且在 $N_{r,k}$ 个接收接口处接收的数据符号的矩阵, 其中 k 代表 K 个传输信道中的第 k 个传输信道, $k=1, \dots, K$, 其中 $N_{t,k}$ 指该传输信道 k 的发射接口的数目而 $N_{r,k}$ 指该传输信道 k 的接收接口的数目, 并且其中所述至少一个等价信道矩阵 G_k 的等价信道相关矩阵 $R_k = G_k^H \cdot G_k$, 其中 R_k 与单位矩阵不成比例, 所述设备包括:

计算装置, 用于对于所述 K 个传输信道的至少一个传输信道 k 计算相应的信道质量指标 Q_k , 以及

调度装置, 用于为所述经矩阵调制的数据符号的传输调度所述 K 个传输信道中的至少一个传输信道的装置, 其中所述调度至少部分基于所述至少一个计算的信道质量指标 Q_k 。

11. 根据权利要求 10 所述的设备, 其中所述计算装置配置用于对于所述至少一个传输信道 k 从所述传输信道 k 的等价信道相关矩阵 R_k 获得所述相应的信道质量指标 Q_k 。

12. 根据权利要求 11 所述的设备, 其中所述计算装置配置用于对于所述至少一个传输信道 k 计算作为所述传输信道 k 的等价信道相关矩阵 R_k 的线性函数的行列式的函数的所述相应的信道质量指标 Q_k 。

13. 根据权利要求 11 所述的设备, 其中所述计算装置配置用于对于所述至少一个传输信道 k 计算作为所述传输信道 k 的等价信道相关矩阵 R_k 的迹的函数的所述相应的信道质量指标 Q_k 。

14. 根据权利要求 11 所述的设备, 其中所述计算装置配置用于对于所述至少一个传输信道 k 计算作为所述传输信道 k 的等价信道相关矩阵 R_k 的逆的迹的函数的所述相应的信道质量指标 Q_k 。

15. 根据权利要求 10 所述的设备, 其中所述计算装置配置用于对于所述至少一个传输信道 k 计算作为信道矩阵 H_k 的元的函数的所述相应的信道质量指标 Q_k , 该信道矩阵 H_k 定义了所述传输信道 k , 其中所述函数在利用了所述等价信道相关矩阵 R_k 的结构特性之下从所述传输信道 k 的所述等价信道相关矩阵 R_k 获得。

16. 根据权利要求 15 所述的设备, 其中所述非正交矩阵调制是 ABBA 非正交矩阵调制, 该 ABBA 非正交矩阵调制将 4 个数据符号的块映射到所述至少一个正交域的 4 个单元的 $M_{t,k}=4$ 个发射接口上, 并且基于两个空时发射分集编码的非正交组合。

17. 根据权利要求 16 所述的设备, 其中所述等价信道相关矩阵 R_k 具有的形式为:

$$R_k = \begin{bmatrix} p_k & 0 & n_k & 0 \\ 0 & p_k & 0 & n_k \\ n_k & 0 & p_k & 0 \\ 0 & n_k & 0 & p_k \end{bmatrix}$$

并且其中 p_k 和 n_k 是所述信道矩阵 H_k 的元的实数值函数。

18. 根据权利要求 17 所述的设备, 其中所述计算装置配置用于对

于所述至少一个传输信道 k 计算作为 $((a+p_k)^2 - n_k^2)^2$ 的函数的相应的信道质量指标 Q_k ，并且其中 a 为常数。

19. 根据权利要求 15 所述的设备，其中所述非正交矩阵调制是 DABBA 非正交矩阵调制，该 DABBA 非正交矩阵调制将 8 个数据符号的块映射到所述至少一个正交域的 4 个单元的 $N_{t,k}=4$ 个发射接口上，并且基于四个空时发射分集编码的非正交组合。

20. 根据权利要求 19 所述的设备，其中所述等价信道相关矩阵 R_k 具有的形式为：

$$R_k = \begin{bmatrix} p_{k,1} + p_{k,2} & 0 & n_{k,1} & 0 & p_{k,1} - p_{k,2} & 0 & i \cdot n_{k,2} & s_k^* \\ 0 & p_{k,1} + p_{k,2} & 0 & n_{k,1} & 0 & p_{k,1} - p_{k,2} & -s_k & i \cdot n_{k,2} \\ n_{k,1} & 0 & p_{k,1} + p_{k,2} & 0 & i \cdot n_{k,2} & -s_k^* & -p_{k,1} + p_{k,2} & 0 \\ 0 & n_{k,1} & 0 & p_{k,1} + p_{k,2} & s_k & i \cdot n_{k,2} & 0 & -p_{k,1} + p_{k,2} \\ p_{k,1} - p_{k,2} & 0 & i \cdot n_{k,2} & s_k^* & p_{k,1} + p_{k,2} & 0 & n_{k,1} & 0 \\ 0 & p_{k,1} - p_{k,2} & -s_k & i \cdot n_{k,2} & 0 & p_{k,1} + p_{k,2} & 0 & n_{k,1} \\ i \cdot n_{k,2} & -s_k^* & -p_{k,1} + p_{k,2} & 0 & n_{k,1} & 0 & p_{k,1} + p_{k,2} & 0 \\ s & i \cdot n_{k,2} & 0 & -p_{k,1} + p_{k,2} & 0 & n_{k,1} & 0 & p_{k,1} + p_{k,2} \end{bmatrix}$$

其中， $p_{k,1}$ 、 $p_{k,2}$ 、 $n_{k,1}$ 和 $n_{k,2}$ 是所述信道矩阵 H_k 的元的实数值函数并且其中 s_k 是所述信道矩阵 H_k 的元的复数值函数并且其中 $i = \sqrt{-1}$ 。

21. 根据权利要求 20 所述的设备，其中所述计算装置配置用于对于所述至少一个传输信道 k 计算作为

$$\left(4 \cdot p_{k,1} \cdot p_{k,2} + (p_{k,1} + p_{k,2})(a^2 + 2 \cdot a) + n_{k,1}^2 - n_{k,2}^2 + |s_k|^2\right)^4$$

的函数的所述相应的信道质量指标 Q_k ，并且其中 a 为常数。

22. 根据权利要求 15 所述的设备，其中所述非正交矩阵调制是 TSTTD 非正交矩阵调制，该 TSTTD 非正交矩阵调制将 4 个数据符号的块映射到所述至少一个正交域的 2 个单元的 $N_{t,k}=2$ 个发射接口上，并且基于两个空时发射分集编码的非正交组合。

23. 根据权利要求 22 所述的设备，其中所述的等价信道相关矩阵 R_k 具有的形式为：

$$R_k = \begin{bmatrix} p_{k,1} + p_{k,2} & 0 & p_{k,1} - p_{k,2} & s_k \\ 0 & p_{k,1} + p_{k,2} & s_k^* & p_{k,2} - p_{k,1} \\ p_{k,1} - p_{k,2} & s_k & p_{k,1} + p_{k,2} & 0 \\ s_k^* & p_{k,2} - p_{k,1} & 0 & p_{k,1} + p_{k,2} \end{bmatrix}$$

其中， $p_{k,1}$ 和 $p_{k,2}$ 是所述信道矩阵 H_k 的元的实数值函数并且其中 s_k 是所述信道矩阵 H_k 的元的复数值函数。

24. 根据权利要求 23 所述的设备，其中所述计算装置配置用于对于所述至少一个传输信道 k 计算作为 $(\det(aI + H_k^H H_k))$ 的函数的所述相应的信道质量指标 Q_k ，其中 I 为单位矩阵并且 a 为常数。

25. 根据权利要求 10 所述的设备，其中所述非正交矩阵调制为 DSTTD 非正交矩阵调制，该 DSTTD 非正交矩阵调制将 4 个数据符号的块映射到所述至少一个正交域的 2 个单元的 $N_{t,k}=4$ 个发射接口上，并且基于两个空时发射分集编码的非正交组合。

26. 根据权利要求 10 所述的设备，其中所述非正交矩阵调制包括空时编码或空频编码。

27. 根据权利要求 10 所述的设备，其中所述非正交矩阵调制包括至少两个正交矩阵调制的组合。

28. 根据权利要求 10 所述的设备，其中所述调度装置配置用于将具有最大的相应的信道质量指标 Q_k 的传输信道 k 调度用于所述数据符号的所述传输。

29. 根据权利要求 10 所述的设备，其中所述传输信道是无线通信系统的传输信道，并且其中所述传输信道的所述发射接口和接收接口分别是一个或多个发射机和一个或多个接收机的发射和接收天线元件。

30. 一种无线通信方法，用于为数据符号的传输调度 K 个传输信道中的至少一个传输信道， K 为传输信道的数目，其中至少两个数据符号从所述 K 个传输信道中的至少一个传输信道 k 的 $N_{t,k}$ 个发射接口平行发射，其中 k 代表 K 个传输信道中的第 k 个传输信道， $k=1, \dots, K$ ，其中 $N_{t,k}$ 指该传输信道 k 的发射接口的数目，并且其中传输信道由信道矩阵 H_k 定义，所述方法包括：

对于所述 K 个传输信道中的至少一个传输信道 k 计算相应的信道质量指标 Q_k ，其中至少一个所述相应的信道质量指标 Q_k 是作为所述

信道矩阵 H_k 的信道相关矩阵 $H_k^H \cdot H_k$ 的线性函数的行列式的函数而计算的, 并且

为所述数据符号的传输调度所述 K 个传输信道中的至少一个传输信道, 其中所述调度至少部分基于所计算的信道质量指标 Q_k 。

31. 一种无线通信系统中的发射站, 包括根据权利要求 10 所述的设备以及进一步的一个或多个天线元件。

32. 一种无线通信系统, 包括至少一个发射站, 其包括根据权利要求 10 所述的设备, 以及接收站, 配置用于接收通过所述调度的传输信道发射的数据符号, 所述数据符号由所述接收站经由所述调度的传输信道的接收接口接收。

33. 一种无线通信设备, 用于为数据符号的传输调度 K 个传输信道中的至少一个传输信道, K 为传输信道的数目, 其中至少两个数据符号从所述 K 个传输信道中的至少一个传输信道 k 的 $N_{t,k}$ 个发射接口平行发射, 其中 k 代表 K 个传输信道中的第 k 个传输信道, $k=1, \dots, K$, 其中 $N_{t,k}$ 指该传输信道 k 的发射接口的数目, 并且其中该传输信道 k 由信道矩阵 H_k 定义, 所述设备包括:

计算装置, 用于对于所述 K 个传输信道中的至少一个传输信道 k 计算相应的信道质量指标 Q_k , 其中至少一个所述相应的信道质量指标 Q_k 是作为所述信道矩阵 H_k 的信道相关矩阵 $H_k^H \cdot H_k$ 的线性函数的行列式的函数而计算的, 以及

调度装置, 用于为所述数据符号的传输调度所述 K 个传输信道中的至少一个传输信道, 其中所述调度至少部分基于所述计算的信道质量指标 Q_k 。

34. 一种无线通信系统中的发射站, 其包括根据权利要求 33 所述的设备以及进一步包括多个天线元件。

35. 一种无线通信系统, 包括至少一个包括根据权利要求 33 所述的设备的发射站, 以及接收站, 配置用于接收通过所述调度的传输信道发射并且由所述接收站接收的数据符号。

利用非正交矩阵和矢量调制开发通信系统中的选择分集

技术领域

本发明涉及一种方法，用于对根据非正交矩阵或矢量调制调制的数据符号的传输调度 K 个具有相应 $N_{t,k}$ 发射接口和 $N_{r,k}$ 接收接口的传输信道中的至少一个传输信道 k 。

背景技术

在无线通信系统的环境下，例如通用移动通信系统（UMTS）中，对于有待同时调度的基本正交资源（例如，频率、副载波、扩频编码、时隙、空间/极化本征模）的块，可以根据对于 $k=1, \dots, K$ 个传输信道中的至少一个传输信道而计算的优选函数 f_k 来用公式表示调度。具有最大 f_k 值或是高于某些预定义限度的 f_k 值的一个传输信道或是多个信道用以通过使用调度的资源传输数据。在这种情况下，传输信道 k 可以例如描述单一天线或多天线发射机和单一天线或多天线接收机之间的物理传播信道。可以存在一个或多个发射机，并且相应地可以存在一个或多个接收机。所述的发射机和接收机可以代表无线通信系统的基站、移动站或中继站。传输信道 k 可以定义为上行链路以及下行链路。传输信道 k 还可以与多天线发射机的发射天线元件的子基群和单一天线或多天线接收机之间的信道相关，或是与单一天线或多天线发射机和接收机的天线元件的子基群之间的信道相关。

用于传输信道 k 的优选函数 f_k 可以采用以下形式：

$$f_k = f(u, d_k, z_k, h_k, c_k, CQI_{m_k}, CQI_{e_k}, CQI_{s_k}, \dots)$$

其中， u 是描述传输队列普通状况的参数，而其余的参数是专用于传输信道 $k=1, \dots, K$ 的。这样 d_k 是传输信道 k 所经历的延迟，也即对于/来自传输信道 k 的下一个分组在序列中所使用的时间， z_k 是为传输信道 k 调度（或在上行链路操作中由传输信道 k 调度用于传输）

的下一个分组的大小， h_k 描述了历史，考虑到在刚才通过传输信道 k 传输的数据量， c_k 是传输信道 k 的可能的优先级等级，该优先级等级可能基于订户或终端的类型以及/或是数据的类型。调度可能基于的特定链路信道质量指标 (CQI) 有：

$CQIm_k$ ，其确定了传输信道 k 的传输模式。该模式选择可以基于边信息，基于在发射机处的测量或是来自接收机的反馈。特别地， $CQIm_k$ 确定了传输信道 k 的速率，并且可能确定所使用的基于反馈的波束赋形、所选择的自适应空时调制方案（矩阵/矢量调制，空时编码）、连接的信道编码的比率和/或调制字母表；

$CQIe_k$ ，其指示着由 $CQIm_k$ 指示的传输模式的希望的误码率；以及
 $CQIs_k$ ，其指示着传输信道 k 的速率，也就是信道相干时间。

根据这些参数（或其子集），一个调度器可以决定哪一个信道适于数据传输，且当应用时，考虑到整体的吞吐量、公正性以及延迟等等。不依赖于无线链路的 f_k 的部分是较高层协议的域。然而，CQI 与物理层有紧密的关系，并且根据物理层算法进行设计。

当考虑物理层时，可以使用优选函数 f_k 以使传输功率最小化、速率最大化或是性能最优化。通常，物理层和较高层算法涉及自动重传请求 (ARQ) 协议。在这些情况下，系统容量的最大化通常需要帧或块误码率接近给定的优化值。这样优选函数 f_k 可以用以选择提供最大允许的传输功率给最高速率，以达到目标错误性能。

如果调度是基于 $CQIe_k$ 的，也就是与所希望的错误性能相关的 CQI，则测量调度的性能的最佳捷径就是测量选择分集的性能。这意味着 K 个传输信道被认为具有信道统计量的某些类型。由于 K 个传输信道的统计学特征，对于例如 K 个传输信道中的一个特定的传输信道进行调度用于传输相较于在一个任意选择的传输信道上的传输而言会达到优良的性能，其中该特定的传输信道实际上具有最优的传输信道特性，例如最低的衰落或路径损耗。这样，由于对于具有多用户的通

信系统中的收发信机而言可以获得多用户分集以接收或传输信号，或者对于配置多天线元件的接收机而言可以获得天线分集以接收已经由发射机仅通过多接收机元件中的一个子集发射的信号，或是仅通过多发射机元件中的一个子集发射信号，或者当信号在可获得信道带宽的不同部分上传输时可以获得频率分集，因此当提供了从不同收发信机或其元件之间的各种传输信道中进行选择的自由度时，可以获得调度器的选择分集。

为了选择分集的优化性能，可以调度具有最低预报误码率（BER）的传输信道用于传输。这导致了降低的平均误码率。然而，对于多输入输出（MIMO）信道，基于 BER 直接评估的调度需要很繁重的计算。

现有技术文献“On transmit diversity and scheduling in wireless packet data”，由 A. G. Kogiantis, N. Joshi 以及 O. Sunay 发表在 IEEEcomm, 2001 年 6 月，卷 8, 2433-2437 页，公开了在多输入单输出（MIMO）信道中的调度，其中，将一个正交分集传输方案（空时发射分集，STTD）与没有分集的单一天线传输方案进行比较。在两种方案中，发射机（或是具有两个发射天线以及 STTD 或是具有单一天线）对 k 个传输信道中的一个传输信道进行调度，其中对于数据传输，每一个对应的传输信道由发射机中的两个或一个发射天线和对应的接收机中的单一天线之间的物理传播信道来定义，其中的调度基于对于每一传输信道的最大载干功率比（C/I）。

在 Kogiantis 参考文献中所采用的 STTD 方案可以被看作是矩阵调制方案，其可以被定义为将调制符号映射到非正交空间资源和正交资源，例如时隙或符号周期、载频、正交编码等，或是这些的组合。

在矩阵调制方案中，可以应用分集。例如，在空时矩阵调制方案中，至少有一个所述的调制符号在第一符号周期内被映射到第一天线元件并且在第二符号周期内被映射到第二天线元件。同样地，在空频矩阵调制方案中，至少有一个所述的调制符号被映射到第一天线元件且以第一载频进行发射并且被映射到第二天线元件且以第二载频进行

发射。

如果调制符号仅仅被映射到非正交空间资源，则执行所谓的矢量调制，并且只有空间分集是可以获得的。

在这个介绍的结尾处，空时矩阵调制方法将被作为正交和非正交矩阵调制方法的一个例子而提出来。这样正交资源就由数据符号块所映射到的 T 个符号周期（或时隙）表示。然而，所提出的矩阵调制方法可以很容易地应用于使用了频域、码域、本征域或极化域来取代时域而作为正交资源的矩阵调制。

使用了 N_t 发射天线和 T 个符号周期的空时矩阵调制器由 $T \times N_t$ 调制矩阵 X 来定义。该调制矩阵 X 是有待由 N_t 天线发射机在 T 个符号周期内发射的 Q 个复数值调制符号 x_n ， $n=1, \dots, Q$ 的线性函数。调制符号可以例如遵从二相相移键控（BPSK）、四相相移键控（QPSK）或正交幅度调制（QAM）符号字母表。这样，调制矩阵 X 就可以基本定义具有 $n=1, \dots, Q$ 的调制符号 x_n 和/或所述调制符号 x_n 的函数（例如 $-x_n$ ， x_n^* 或 $-x_n^*$ ）何时在哪一个时刻 $t=1, \dots, T$ 从哪一个发射天线 $n_t=1, \dots, N_t$ 发射。在本文中，上标算子“*”表示一个复数的共轭复数。矩阵调制就可以被理解为从调制符号及其函数到 N_t 个相应的数据流的映射，该 N_t 个对应的数据流由发射天线的 N_t 个相应的发射天线元件在 T 个符号周期内发射。对于应用在 Kogiantis 参考文献中的 STTD 方案，该调制矩阵 X 根据 $T=2$ 且 $N_t=2$ 的所谓的 Alamouti 空时编码定义为：

$$X = \begin{bmatrix} x_1 & x_2 \\ -x_2^* & x_1^* \end{bmatrix}. \quad (1)$$

对于传输信道 k 的接收侧的 $N_{k,r}$ 接收天线，信号模型可以表示为：

$$Y_k = X \cdot H_k + N_k, \quad (2)$$

其中 Y_k 为接收天线元件 $j=1, \dots, N_{k,r}$ 在符号周期 $i=1, \dots, T$ 内接收的信号 $Y_{k,ij}$ 的 $T \times N_{k,r}$ 矩阵，其中 $N_t \times N_{k,r}$ 信道矩阵 H_k 的具有 $i=1, \dots, T$ 以

及 $j=1, \dots, N_{k,r}$ 的元素 $h_{k,ij}$ 定义了发射天线元件 i 和接收天线元件 j 之间的平衰落传播信道，并且其中 $T \times N_{k,r}$ 矩阵 $N_{k,r}$ 表示接收天线元件 $n_{k=1, \dots, N_{k,r}}$ 在符号周期 $t=1, \dots, T$ 所接收到的噪声。

将矩阵 X 所定义的矩阵调制的效应和信道矩阵 H_k 所定义的效应组合在一起可以产生具有以下等价信号模型的复数值 $TN_{k,r} \times Q$ 等价信道矩阵 G_k ：

$$y_k = G_k \cdot x + n_k, \quad (3)$$

其中 $TN_{k,r}$ 维矢量 y_k 包括位于传输信道 k 的接收端的 $N_{k,r}$ 接收天线元件在 T 个符号周期内接收到的信号，或其函数，例如共轭复数接收信号、负接收信号或是负共轭复数接收信号； Q 维矢量 X 包括由矩阵调制在 T 个符号周期内调制到 N_t 个发射天线元件的 Q 个复数值调制信号 $x_n, n=1, \dots, Q$ ；并且 $TN_{k,r}$ 维矢量 n_k 包括接收天线元件在 T 个符号周期内接收到的噪声。

对于 STTD 方案，等价信道矩阵 G_k 具有下面的形式：

$$G_k = \begin{bmatrix} h_{k,11} & h_{k,21} \\ h_{k,21}^* & -h_{k,11}^* \end{bmatrix}, \quad (4)$$

并且等价系统模型可以表示为：

$$\begin{pmatrix} y_{k,11} \\ y_{k,21}^* \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} h_{k,11} & h_{k,21} \\ h_{k,21}^* & -h_{k,11}^* \end{bmatrix} \cdot \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} n_{k,11} \\ n_{k,21} \end{pmatrix}. \quad (5)$$

从等式 (5) 中很容易看出，矩阵调制的效应和信道传播的效应现在都包含在等价信道矩阵 G_k 中，因此在等式 (5) 的等价信号模型中，原始调制符号 x_0 而不是调制符号 x_0 的函数与等价信道矩阵 G_k 相乘。通过等价信道矩阵 G_k ，等价信道相关矩阵 (ECCM) R_k 可以被定义为：

$$R_k = G_k^H \cdot G_k, \quad (6)$$

其中上标算子“H”指的是矩阵的厄密 (Hermitian) 共轭矩阵。

对于 STTD 方案，很容易看出 ECCM 是一个具有以下表达式的对角

矩阵:

$$R_{k,STTD} = \begin{bmatrix} |h_{k,11}|^2 + |h_{k,21}|^2 & 0 \\ 0 & |h_{k,11}|^2 + |h_{k,21}|^2 \end{bmatrix}$$

EMMC 可以被解释为在等价信道矩阵 G_k 上应用匹配的滤波, 因此获得包含了具有 $n=1, \dots, Q$ 的 Q 个调制符号 x_n 的矢量 x 的匹配滤波估计:

$$\hat{x} = G_k^H \cdot y_k = R_{k,STTD} \cdot x_k + G_k^H \cdot n_k$$

当噪声成分 n_k 的功率较之接收信号 y_k 的功率而言可以忽略时, 匹配滤波估计 \hat{x} 基本上由 $R_{k,STTD} \cdot x_k$ 项给出, 也就是, 匹配滤波估计 \hat{x}_n 仅是由实数值因子 $|h_{k,11}|^2 + |h_{k,21}|^2$ 按照比例决定的调制符号 x_n , 该实数值因子被确定为在 $i=1, \dots, N_{t,i}$ 发射天线和 $i=1, \dots, N_{r,i}$ 接收天线之间的信道 $h_{k,i,j}$ 的功率和。

根据 STTD 矩阵调制方案的 ECCM 仅在主对角线上具有非零元 (non-zero entries) 因此不会导致匹配滤波估计 \hat{x}_n 中的调制符号 x_n 之间的自干扰。此外, 对角线元素全部相等, 因此 ECCM 与单位矩阵成比例。在下面将具有与单位矩阵成比例的 ECCM 的矩阵调制方案称为正交矩阵调制方案, 而具有不与单位矩阵成比例的 ECCM 的矩阵调制方案被称为非正交矩阵调制方案。

附图 1 和附图 2 显示了 Kogiantis 参考文献中所披露的关于通过 STTD 的选择分集设置中的调度的基本特征。特别地, 通过正交矩阵调制 (STTD, $N_t=2$) 而非矩阵调制 ($N_t=1$) 对 $N_{k,r}=1$ 以及不同数量的传输信道 K 的调度性能进行研究, 其中用于数据传输的传输信道的选择基于位于该传输信道的接收端的最大 C/I。

附图 1 显示了按照作为每比特能量 E_b 和功率密度 N_0 (假设在传输信道的接收端有加性高斯白噪声 (AWGN) 处理) 以 dB 为单位的比

率 E_b/N_0 的函数的 $\log_{10}(\text{BER})$ 的调度性能。对于 QPSK 调制以及独立相等地分布 (i.i.d.) 的平瑞利衰落信道的结果在对于 $K=1,2,4$ 以及 8 的具有 STTD (虚线) 或不具有 STTD (实线) 的传输信道的独立的图中分别有所描述。

可以看出当一共有 $K=4$ 个传输信道时, 通过 STTD 的调度要优于没有发射分集的调度, 这是因为在完整 E_b/N_0 体系中通过 STTD 的 (未编码) BER 明显地小于没有通过 STTD 的 (未编码) BER。然而, 对于 $K=8$ 个传输信道, 没有通过 STTD 的调度优于基于 STTD 的调度到 $\text{BER}10^{-3}$ 。在高 E_b/N_0 体系中, STTD 的发射分集仍然给出较好的性能。

关于此的原因可以从附图 2 中看出, 对于具有 $E\{|h_{k,ij}|^2\}=1$ 的 i.i.d 瑞利衰落信道 $h_{k,ij}$ 描绘出了在经调度的接收机 (对于 STTD 具有最大比值组合 (MRC)) 处的信噪比 (SNR) 的概率分布函数 (PDF), 还描绘了具有 (虚线) 和不具有 (实线) STTD 以及在不同数目的传输信道 $K=1,2,4$ 以及 8 中执行了调度的情况。从缩小的范围和所显示的 PDF 的最大值可以看出, STTD 如何减小了信道功率的波动。同样, 很明显地, STTD 不能改变信道的平均 SNR, 这仅仅是以使良好的信道变差为代价来改进较差信道。这样具有来自一个发射天线的较强信道以及来自另一个发射天线的较弱信道的传输信道的重要的一个部分在 MRC 组合之后就会具有更差的接收 SNR。随着传输信道数目 K 的增加, 非 STTD 传输总是可以调度到如果应用了 STTD 后将会具有更差信道的传输信道。这样对于多传输信道 K 来说, 不通过 STTD 的调度会更好工作。

关于 Kogiantis 参考文献所公开的正交矩阵调制 (STTD) 和调度的组合的情况可以总结如下:

对于大于 $K=5$ 个传输信道来说, 正交矩阵调制 (STTD) 比作为具有基于最大 C/I 调度的选择分集方案中的一个组件的单一天线传输性能要差约 $\text{BER}10^{-3}$;

如果同时对 $K=3$ 个传输信道同时进行调度, STTD 和其他的正交

矩阵调试就没有实际用处。

发明内容

由于上面所述的这些问题，本发明的一个目的就是改进在选择分集设置中结合着矩阵和矢量调制执行调度的通信系统。

提出一种用于为根据在非正交空间域和至少一个正交域中调制数据符号的非正交矩阵调制而调制的数据符号的传输调度具有相应 $N_{t,k}$ 发射接口和相应 $N_{r,k}$ 接收接口的 K 个传输信道 $k=1, \dots, K$ 中至少一个信道的方法，其中至少一个等价信道矩阵 (ECM) G_k 可以被定义为将所述数据符号转换成被矩阵调制过并且在所述传输信道 $k=1, \dots, K$ 中的一个信道的 $N_{t,k}$ 发射接口上发射且在 $N_{r,k}$ 接收接口处接收的数据符号，并且其中所述至少一个 ECM G_k 的等价信道相关矩阵 (ECCM) $R_k = G_k^H \cdot G_k$ 与单位矩阵不成比例，所述方法包括计算所述 K 传输信道的至少一个信道的信道质量指标 (CQI) q_k ，以及为所述矩阵调制数据符号的传输调度所述 K 传输信道中的至少一个信道，其中所述调度至少部分基于所述计算的 CQI q_k 。

所述传输信道 k 可以例如描述单一天线或多天线发射机与单一天线或多天线接收机之间的物理传播信道。可能存在一个或多个发射机，并且相应地可能存在一个或多个接收机。所述发射机和接收机可以代表无线通信系统中的基站、移动站或中继站。对于上行链路和下行链路可以定义一个传输信道 k 。传输信道 k 可能进一步与多天线发射机的发射天线元件的子基群和单一天线或多天线接收机之间的信道相关，或是与单一天线或多天线发射机和接收机的天线元件的子基群之间的信道相关。

数据符号，例如代表 BPSK、QPSK 或 QAM 调制符号，是矩阵调制后的并且通过所述传输信道 k 的所述相应发射接口发射。所述矩阵调制表示将数据符号映射到非正交空间资源以及 (实质上) 正交资源上，例如时隙、载频、正交编码、空间或极化本征模，或是这些的组

合等。所述的矩阵调制可以由调制矩阵定义，其为有待通过所述传输信道 K 的 $N_{t,k}$ 发射接口发射的数据符号的线性函数。对于空时矩阵调制，所述调制矩阵可以定义何时数据符号或是数据符号的函数从哪一个发射接口在哪一个符号周期内发射。该空时矩阵调制就可以被理解为将数据符号及其函数映射为由 N_t 相应发射接口在 T 个符号周期内发射的 N_t 相应的数据流。同样地，在空频矩阵调制中，调制矩阵定义了哪一个符号从哪一个发射接口以什么样的频率被发射。除了时间和频率，还可以使用另外的正交或实质上正交的域，例如码域、极化域以及本征模域等等。

所述矩阵调制的数据符号在所述传输信道 $k=1, \dots, K$ 中的至少一个信道上的传输可以由一个传输信道矩阵来定义，该传输信道矩阵包括一个相应的输入项目来区别数据符号在发射接口和接收接口之间的各个信道上传输时所经历的衰减和相移。所述传输信道可以是有线或无线的传输信道。

所述调制矩阵的效应和所述传输信道矩阵的效应在所述等价信道矩阵 G_k 中组合，该等价信道矩阵 G_k 于是描述数据符号的矩阵调制以及使用发射接口和接收接口之间的传输信道 k 对所述矩阵调制后的数据符号的发射和接收。所述传输信道的所述发射接口可以连接到一个或几个发射机，并且相应地，所述传输信道的接收接口可以连接到一个或多个接收机。

所述等价信道的 ECCM R_k 不与单位矩阵成比例，因此矩阵调制方案被分类为非正交矩阵调制方案。因此当匹配滤波被应用在传输信道 K 的接收机端时，数据符号的匹配滤波估计经历数据符号之间的自干扰。非正交矩阵调制方案可以例如由正交矩阵调制技术，例如空时编码、空频编码或类似的线性组合而构建。

调度是由调度事件在所述传输信道的发射端或接收端执行的，以决定 K 个传输信道中的哪一个信道最适合用于发射经过矩阵调制并接着发射到所述传输信道的接收端的数据符号。

调度至少部分基于为所述 K 个相应的传输信道中的至少一个计算的 CQI q_k 。优选的是 CQI q_k 为所述 K 个相应的传输信道中的至少两个传输信道计算。于是可以通过比较更适于数据符号传输的所述传输信道的 CQI 来确定调度。还可以以这样的方式执行调度，即一旦某些传输信道的 CQI 高于设定的限度，则该传输信道就被使用，因此在某些情况下仅仅计算一个 CQI 就足够了。

可以不必要对所有的在其中作出选择的 K 个传输信道计算 CQI ：还可以应用关于传输信道的 CQI 的现有知识或一些其它的装置以避免重复的计算。

有待从中进行选择选择的 K 个传输信道可以不全部使用相同的调制，例如其中一些可以使用正交矩阵调制，另外一些可以使用非正交矩阵调制、矢量调制、单一天线发射或分集发射。相应地，对于各个传输信道的 CQI 可以根据应用于有待通过所述各个传输信道传输的数据符号的调制技术而以不同的方式进行计算。

至少可以定义一个 ECM G_k 以描述所述数据符号的非正交矩阵调制以这些数据符号在特定传输信道上的传输，该特定传输信道可以完全由信道矩阵 H_k 来定义。由于矩阵调制是非正交的，因此所述 ECM G_k 的 $ECCM$ R_k 与单位矩阵不成比例。所述 $ECCM$ 可以是非对角矩阵，或是在对角线上具有不相等元的对角矩阵。这种非对角性反映了一个事实，即在矩阵调制的数据符号之间产生了不能够仅通过在特定传输信道的接收端进行匹配滤波而移除的干扰。如果对于 K 个传输信道中多于一个的传输信道执行矩阵调制，就可以定义多于一个的具有相应 $ECCM$ R_k 的 ECM G_k 。然而，只有在其上执行了非正交矩阵调制的传输信道的 $ECCM$ R_k 不与单位矩阵成比例，而使用了正交矩阵调制的传输信道的 $ECCM$ 将与单位矩阵成比例。

根据传输信道的定义，可以应用调度在无线通信系统的上行链路或下行链路上的多个用户之间进行选择，或是在多组 T_x 天线之间进行选择，其中矩阵调制使用在所选择的分组天线上。此外，如果接收机

可以配备比天线元件少的 RF 电路，则接收机可以选择最好的天线/天线组来接收发射。如果发射机使用了矩阵调制，则根据本发明将在接收机中对接收天线的每一种可能的选择解释为一种传输信道。然后接收机可以根据在本发明中公开的 CQI 选择接收天线（集）。

可以在时间、频率或编码或其任何组合中执行调度，例如矩阵调制可在频率上执行，而调度在时间和频率上执行。例如，根据所述至少一个计算的 CQI，调度器可以确定对于下一个时隙调度哪一个传输信道，或是对于副载波、极化、空间本征模调度哪一个传输信道。

调度还可以被进一步应用在上行链路传输或下行链路传输中的切换情况以在多个基站之间进行选择。在下行链路中，这可能要求多基站之间的合作。

对于矩阵调制数据符号的传输可以同时调度一个或多个传输信道。在传输信道的接收端，接收机可以配备一个或多个接收接口并且应用接收分集组合技术。

这样，相较于现有技术的结合正交矩阵调制在选择分集设置中执行调度的方法，该方法对于增加数目的传输信道来说比没有发射分集进行调度的性能差，根据本发明的是在选择分集设置中结合非正交矩阵调制执行调度。该非正交矩阵调制方案可以被视为将附加分集引入之间的等价信道并且因此证明优于正交矩阵调制方法以及没有发射分集的方法。

根据本发明的方法，优选的是从所述 $ECCM_{R_k}$ 得到对于 K 个传输信道中至少一个信道的所述各个 CQI q_k 。

对应于至少一个 ECM_{G_k} 的至少一个 $ECCM_{R_k}$ 同时包含矩阵调制效应和传输信道效应因此特别适于作为调度的基础。在调度执行的时候等价信道矩阵 G_k 具有优势地为调度器所知晓。

根据本发明的方法，优选的是对所述 K 个传输信道中的至少一个计算作为所述 $ECCM_{R_k}$ 的线性函数的行列式的函数的所述各个 CQI q_k 。

$ECCM_{R_k}$ 的行列式与当数据符号经过矩阵调制并且通过由等价信道矩阵 G_k 所指定的传输信道 k 传输时所达到的 BER 具有很强的相关

性。所述与 BER 的很强的相关性导致在无线通信系统中的调度基于希望的传输误码率并且因此允许调度降低平均误码率。通过考虑用一个常数乘以单位矩阵再加 ECCM R_k 的行列式, 也就是 $\det(aI + R_k)$, 并且根据所使用的传输和检测方案调整常数 a , 相关性甚至被进一步地加强。该常数 a 也可以选择等于零。所述行列式的函数可以例如是所述行列式的幂、根或倍数或是其他的数学函数。

根据本发明的方法, 优选的是对所述 K 个传输信道中的至少一个计算作为所述 ECCM R_k 的迹的函数的所述各个 CQI q_k 。

所述 ECCM 的迹同样显示了与当数据符号经过矩阵调制并且通过由等价信道矩阵 G_k 所指定的传输信道 k 传输时所达到的 BER 具有很强的相关性。此外, 计算无结构 ECCM R_k 的迹的计算成本相当地低。

根据本发明的方法, 优选的是对所述 K 个传输信道中的至少一个计算作为所述 ECCM R_k 的逆的迹的函数的所述各个 CQI q_k 。

所述 ECCM 的逆的迹同样显示了与当数据符号经过矩阵调制并且通过由等价信道矩阵 G_k 所指定的传输信道 k 传输时所达到的 BER 具有很强的相关性。

还可以地, 上述计算 CQI 的计算方法的任意组合, 例如行列式的函数、ECCM 的迹或 ECCM 的逆的迹或是 ECCM 的其他函数都可以取作 CQI。例如, 矩阵 $(aI + \rho R_k)$ 的行列式可以这样解释, 其中 I 指的是单位矩阵而 a 为一个常数。这可以在载干噪功率比 ρ 中展开, 并且该展开式的系数是 R_k 的迹, R_k 的行列式以及 R_k 的其他对称多项式。该常数 a 可以根据所使用的发射接收方案进行调整。

根据本发明的方法, 优选的是对所述 K 个传输信道中的至少一个计算作为信道矩阵 H_k 的元的函数的所述各个 CQI q_k , 该信道矩阵 H_k 定义了所述至少一个传输信道, 并且其中所述函数在利用了所述 ECCM R_k 的结构特性之下从所述 ECCM R_k 获得。

所述信道矩阵 H_k 定义了所述至少一个传输信道的各个发射接口和各个接收接口之间的物理传播信道。优选地所述信道矩阵 H_k 定义了传

输信道，所述至少一个 ECM G_k 可以为该传输信道而定义。所述等价信道矩阵 G_k 于是代表了调制矩阵和所述信道矩阵 H_k 的组合。由于调制矩阵的结构由所述等价信道矩阵 G_k 继承，ECCM R_k 也拥有当计算 ECCM R_k 的行列式或迹或其他函数时可以用来节约计算的结构。特别地，CQI q_k 的封闭型表达式可以仅仅根据信道矩阵 H_k 的单一元素而得到。代替当在调度期间计算传输信道 k 的 CQI q_k 时必须计算 ECCM R_k 本身以及从所述 ECCM R_k 计算 CQI q_k 的是，仅必须计算在信道矩阵 H_k 的元素中计算上有效率的封闭型表达式。对于优选的实施例，所述的简单封闭型表达式显著地降低计算矩阵调制器的 CQI q_k 的复杂度到第 $2Q$ 方根，其中 Q 为矩阵调制器中数据符号的数目。

当通过平均或多用户检测估计所接收到的矩阵调制的数据符号时，在传输信道的接收端可以很好地利用 ECCM R_k 的结构。特别地，ECCM R_k 的行列式或它的逆的行列式的计算通过利用其结构而大大地简化了。

可以理解的是，如果所有的 K 个传输信道， $k=1, \dots, K$ 都适于非正交矩阵调制的数据符号的传输，则每一个所述传输信道 k 可以凭借相应信道矩阵 H_k 、相应 ECM G_k 以及相应 ECCM R_k 而得以区分，并且从相应的 R_k 或 H_k 计算出这些 K 个传输信道中的每一个的相应的 CQI q_k 。接着根据对所有这些 CQI q_k 的比较而进行调度。

根据本发明的第一实施例，所述非正交矩阵调制是所谓的“ABBA”非正交矩阵调制，该“ABBA”非正交矩阵调制将 4 个数据符号的块映射到所述至少一个正交域的 4 个单元的 $N_{t,k}=4$ 发射接口上，并且基于两个空时发射分集 (STTD) 编码的非正交组合。所述至少一个正交域的单元可以是例如时隙或副载频，因此所述非正交矩阵调制就分别变成空时矩阵调制或空频矩阵调制。正交 STTD 编码的一个例子由等式 (1) 中的 Alamouti 编码的转置给出。

根据本发明的所述第一优选实施例，所述的 ECCM R_k 具有的形式为：

$$R_k = \begin{bmatrix} p_k & 0 & n_k & 0 \\ 0 & p_k & 0 & n_k \\ n_k & 0 & p_k & 0 \\ 0 & n_k & 0 & p_k \end{bmatrix}$$

并且, p_k 和 n_k 是所述信道矩阵 H_k 的元的实数值函数。

例如在所谓的“ABBA”非正交矩阵调制方案中可以遇到这种 ECCM R_k 的结构。如果被应用为空时矩阵调制, 相应的调制矩阵包含两个 STTD 块 X_A 和 X_B (比较等式 (1) 的转置), 该两个 STTD 块 X_A 和 X_B 在 4 符号周期内将 4 个数据符号调制到 4 个发射接口上, 因此实际上在每一个符号周期内发射 1 个符号 (所谓的符号率 1 矩阵调制)。

根据本发明的第一优选实施例, 优选的是对所述 K 个传输信道中的至少一个计算作为 $((a+p_k)^2 - n_k^2)$ 的函数的所述各个 CQI g_k , 并且其中 a 为常数。所述的各个 CQI g_k 因此从仅依赖于所述信道矩阵 H_k 的元的实数值函数 p_k 和 n_k 有效地计算出。常数 a 可以根据所使用的发射和接收方案进行调整。

根据本发明的第二优选实施例, 所述非正交矩阵调制是 DABBA 非正交矩阵调制, 该 DABBA 非正交矩阵调制将 8 个数据符号的块映射到所述至少一个正交域的 4 个单元的 $N_{t,k}=4$ 发射接口上, 并且基于四个 STTD 编码的非正交组合。所述至少一个正交域的单元可以是例如时隙或副载频, 因此所述非正交矩阵调制就分别变成空时矩阵调制或空频矩阵调制。正交 STTD 编码的一个例子由等式 (1) 中的 Alamouti 编码的转置给出。

根据本发明的所述第二优选实施例, 所述的 ECCM R_k 具有的形式为:

$$R_k = \begin{bmatrix} p_{k,1} + p_{k,2} & 0 & n_{k,1} & 0 & p_{k,1} - p_{k,2} & 0 & i \cdot n_{k,2} & s_k^* \\ 0 & p_{k,1} + p_{k,2} & 0 & n_{k,1} & 0 & p_{k,1} - p_{k,2} & -s_k & i \cdot n_{k,2} \\ n_{k,1} & 0 & p_{k,1} + p_{k,2} & 0 & i \cdot n_{k,2} & -s_k^* & -p_{k,1} + p_{k,2} & 0 \\ 0 & n_{k,1} & 0 & p_{k,1} + p_{k,2} & s_k & i \cdot n_{k,2} & 0 & -p_{k,1} + p_{k,2} \\ p_{k,1} - p_{k,2} & 0 & i \cdot n_{k,2} & s_k^* & p_{k,1} + p_{k,2} & 0 & n_{k,1} & 0 \\ 0 & p_{k,1} - p_{k,2} & -s_k & i \cdot n_{k,2} & 0 & p_{k,1} + p_{k,2} & 0 & n_{k,1} \\ i \cdot n_{k,2} & -s_k^* & -p_{k,1} + p_{k,2} & 0 & n_{k,1} & 0 & p_{k,1} + p_{k,2} & 0 \\ s & i \cdot n_{k,2} & 0 & -p_{k,1} + p_{k,2} & 0 & n_{k,1} & 0 & p_{k,1} + p_{k,2} \end{bmatrix}$$

其中， $p_{k,1}$ 、 $p_{k,2}$ 、 $n_{k,1}$ 和 $n_{k,2}$ 是所述信道矩阵 H_k 的元的实数值函数并且其中 s_k 是所述信道矩阵 H_k 的元的复数值函数。例如在所谓的“DABBA”非正交矩阵调制方案中可以遇到这种 ECCM R_k 的结构。如果被应用为空时矩阵调制方案，则相应的调制矩阵包含四个 STTD 块 X_A 、 X_B 、 X_C 和 X_D 的线性组合，并且在 4 符号周期内将 8 个数据符号调制到 4 个发射接口上，因此实际上在每一个符号周期内发射 2 个符号（所谓的符号速率为 2 的矩阵调制）。

根据本发明所述的第二优选实施例，优选的是对所述 K 个传输信道中的至少一个计算作为

$$(4 \cdot p_{k,1} \cdot p_{k,2} + (p_{k,1} + p_{k,2})(a^2 + 2 \cdot a) + n_{k,1}^2 - n_{k,2}^2 + |s_k|^2)^4$$

的函数的所述各个 CQI q_k ，并且其中 a 为常数。所述的各个 CQI q_k 因此从仅依赖于所述信道矩阵 H_k 的元的实数值函数 $p_{k,1}$ 、 $p_{k,2}$ 、 $n_{k,1}$ 和 $n_{k,2}$ 以及复数值函数 s_k 有效地计算出。常数 a 可以根据所使用的发射和接收方案进行调整。

根据本发明的第三优选实施例，所述非正交矩阵调制是 TSTTD 非正交矩阵调制，该 TSTTD 非正交矩阵调制将 4 个数据符号的块映射到所述至少一个正交域的 2 个单元的 $N_{t,k}=2$ 发射接口上，并且基于两个 STTD 编码的非正交组合。

所述至少一个正交域的单元可以是例如时隙或副载频，因此所述非正交矩阵调制就分别变成空时矩阵调制或空频矩阵调制。正交 STTD 编码的一个例子由等式 (1) 中的 Alamouti 编码的转置给出。

根据本发明的所述第三优选实施例，所述的 ECCM R_k 具有的形式为：

$$R_k = \begin{bmatrix} p_{k,1} + p_{k,2} & 0 & p_{k,1} - p_{k,2} & s_k \\ 0 & p_{k,1} + p_{k,2} & s_k^* & p_{k,2} - p_{k,1} \\ p_{k,1} - p_{k,2} & s_k & p_{k,1} + p_{k,2} & 0 \\ s_k^* & p_{k,2} - p_{k,1} & 0 & p_{k,1} + p_{k,2} \end{bmatrix}$$

其中， $p_{k,1}$ 和 $p_{k,2}$ 是所述信道矩阵 H_k 的元的实数值函数并且其中 s_k 是所述信道矩阵 H_k 的元的复数值函数。例如在所谓的“双股或双倍STTD (TSTTD)”非正交矩阵调制方案中可以遇到这种ECCM R_k 的结构。如果被应用为空时矩阵调制，则相应的调制矩阵由STTD块 X_A 和STTD块 X_B （比较等式(1)的转置)的和表示，该调制矩阵在2个符号周期内将4个数据符号调制到2个发射接口上，因此实际上在每一个符号周期内发射2个符号（所谓的速率为2的矩阵调制）。

根据本发明的第三优选实施例，优选的是对所述K个传输信道中的至少一个计算作为 $(\det(aI + H_k^H H_k))$ 的函数的所述各个CQI q_k ，并且其中 a 为常数。该各个CQI q_k 因此可以从传输信道矩阵 H_k 直接确定而不需要实际计算ECCM R_k 。常数 a 可以根据所使用的发射和接收方案进行调整。

根据本发明的方法，优选的是所述非正交矩阵调制为DSTTD非正交矩阵调制，该TSTTD非正交矩阵调制将4个数据符号的块映射到所述至少一个正交域的2个单元的 $N_{t,k}=4$ 发射接口上，并且基于两个STTD编码的非正交组合。

所述至少一个正交域的单元可以是例如时隙或副载频，因此所述非正交矩阵调制就分别变成空时矩阵调制或空频矩阵调制。正交STTD编码的一个例子由等式(1)中的Alamouti编码的转置给出。

根据本发明的方法，优选的是所述的非正交矩阵调制包括空时编码或空频编码。所述矩阵调制的调制矩阵可以例如代表STTD块的线性组合或是包含作为子矩阵的STTD块或其线性组合或其函数。

根据本发明的方法，优选的是所述非正交矩阵调制包括至少两个正交矩阵调制的组合。例如，定义了所述矩阵调制的调制矩阵可以是两个正交STTD块之和，因此就获得速率为2的非正交矩阵调制来代

替由 STTD 块代表的速率为 1 的正交矩阵调制。

进一步提出了一种用于对数据符号的传输调度 K 个具有用于传输的相应 $N_{t,k}$ 发射接口和相应 $N_{r,k}$ 接收接口的传输信道 $k=1, \dots, K$ 中的至少一个信道的方法，其中至少两个所述的数据符号从所述 K 个传输信道中的至少一个传输信道的 $N_{t,k}$ 发射接口平行发射，该传输信道由信道矩阵 H_k 定义，所述方法包括计算所述 K 个传输信道中的至少一个信道的信道质量指标 (CQI) q_k ，其中至少一个所述相应的 CQI q_k 是作为所述信道 H_k 的信道相关矩阵 $H_k^H \cdot H_k$ 的线性函数的行列式的函数而计算的，并且为所述数据符号的传输调度所述 K 个传输信道中的至少一个信道，其中所述调度至少部分基于所计算的 CQI q_k 。

至少两个所述数据符号从所述各个 $N_{t,k}$ 发射接口平行发射，例如一个数据符号可以从第一发射接口发射并且第二数据符号从第二发射接口发射。如果所述的发射接口是发射机的天线元件，则所述两个数据符号在传输信道 k 的接收接口上接收时会彼此产生干扰。平行发射所述至少两个数据符号可以被视为矢量调制方案，其中数据符号被映射到非正交空间资源上。作为矢量调制方案的这样的一个代表是贝尔实验室分层空时结构 (BLAST)。与矩阵调制方案不同的是，仅仅在空间域使用了分集而没有利用例如时间、频率或极化域的正交域。

所述矩阵 $aI + H_k^H H_k$ 的行列式或其它函数表现出与当使用由信道矩阵 H_k 规定的传输信道 k 传输数据符号时所达到的 BER 很强的相关性。

关于传输信道和调度场景的解释，上述对于矩阵调制所描述的传输信道的类型和调度场景同样适用于矢量调制。

根据本发明的方法，优选的是至少一个接收机使用最大似或线性估计器来估计在所述调度的传输信道上发送并由所述接收机通过所述调度的传输信道的所述接收接口接收的数据符号。

由于使用了非正交矩阵或矢量调制方案，对于基于矩阵/矢量调制、发射并接收的数据符号的匹配滤波的数据符号的估计可能包含自

干扰到无法提供数据符号的正确估计的程度。因此具有优势的是执行最大概似或降低复杂性的线性均衡技术，例如迫零算法或最小均方差算法。两种方法都可以具有优势地基于充分的统计集合，该统计集合通过由所述传输信道的接收接口接收到的数据符号的匹配滤波而获得。

根据本发明的方法，具有优势的是具有最大 CQI_{g_k} 的传输信道 $k=1, \dots, K$ 被调度用于所述数据符号的所述传输。

特别地，如果所有的 K 个传输信道都实施相同的矩阵调制，则优选的是具有最大 CQI_{g_k} 的传输信道 $k=1, \dots, K$ 被调度。BER 由 ECCM R_k 的线性函数的行列式以及 ECCM R_k 的迹的一个严格单调递减函数来精密地逼近。这样当通过具有最大 CQI_{g_k} 的传输信道传输数据时就会达到最低的 BER 或是在目标 BER 固定时达到最低的功耗。还可以的是可能希望将对于期望的错误概率所使用的传输功率降到最小。这可以通过使用相同的 CQI_{g_k} 而以相似的方法来执行。

如果不同的传输信道实施了不同的矩阵调制，也许具有不同的比率，则区分传输信道的错误概率的所计算的 CQI_{e_k} 连同由 CQI_{m_k} 区分的速率和调制类型用于选择具有给定功率和期望的错误概率的提供最高速率的传输信道，或是选择具有期望速率和给定功率的提供最低错误概率的传输信道，或是选择使用最低功率以达到具有期望速率的期望错误概率的传输信道。为了实现这一点，可以在例如 log-log 尺度中利用合适的可以给出最佳拟合的参数来逼近作为 CQI_{e_k} 的线性函数的每个传输模式的错误概率。该逼近函数完全精确并且可以用于寻找最小化问题的答案。

根据本发明的方法，优选的是所述传输信道是无线通信系统的传输信道，并且所述传输信道的所述发射接口和接收接口分别是一个或多个发射机和一个或多个接收机的发射和接收天线元件。

所述的无线通信系统可以例如是通用移动通信系统 (UMTS)、全球移动通信系统 (GSM) 或是根据中间标准 95 (IS-95) 的系统。

还可以地，可以是例如 HIPERLAN/2 的无线局域网（W-LAN）系统或是 802.11 系统。

进一步提出了一种计算机程序，具有可操作以使得处理器执行上述方法步骤的指令。

进一步提出了一种计算机程序产品包括具有可操作以使得处理器执行上述方法步骤的指令的计算机程序。

进一步提出了一种设备，用于为根据在非正交空间域和至少一个正交域中调制数据符号的非正交矩阵调制而调制的数据符号的传输调度具有相应 $N_{t,k}$ 发射接口和相应 $N_{r,k}$ 接收接口的 K 个传输信道 $k=1, \dots, K$ 中的至少一个信道，其中至少一个等价信道矩阵（ECM） G_k 可以被定义为将所述数据符号转换成被矩阵调制并且在所述传输信道 $k=1, \dots, K$ 中的一个信道的 $N_{t,k}$ 发射接口上发射且在 $N_{r,k}$ 接收接口处接收的数据符号，并且其中所述至少一个 ECM G_k 的等价信道相关矩阵（ECCM） $R_k = G_k^H \cdot G_k$ 与单位矩阵不成比例，所述设备包括用于计算所述 K 个传输信道的至少一个信道的相应信道质量指标 CQI q_k 的装置，以及为所述矩阵调制的数据符号的传输调度所述 K 个传输信道中的至少一个信道的装置，其中所述调度至少部分基于所述计算的 CQI q_k 。

进一步提出一种无线通信系统中的发射站，用于为根据在非正交空间域和至少一个正交域中调制数据符号的非正交矩阵调制而调制的数据符号的传输调度具有相应 $N_{t,k}$ 发射接口和相应 $N_{r,k}$ 接收接口的 K 个传输信道 $k=1, \dots, K$ 中的至少一个信道，其中至少一个等价信道矩阵（ECM） G_k 可以被定义为将所述数据符号转换成被矩阵调制过并且在所述传输信道 $k=1, \dots, K$ 中的一个信道的 $N_{t,k}$ 发射接口上发射且在 $N_{r,k}$ 接收接口处接收的数据符号，并且其中所述至少一个 ECM G_k 的等价信道相关矩阵（ECCM） $R_k = G_k^H \cdot G_k$ 与单位矩阵不成比例，所述发射站包括计算所述 K 个传输信道的至少一个信道的信道质量指标 CQI q_k 的装置，以及为所述矩阵调制数据符号的传输调度所述 K 传输信道中

的至少一个信道的装置，其中所述调度至少部分基于所述计算的CQI q_k 。

进一步提出一种无线通信系统，包括至少一个发射站，以及至少一个接收站，其中，非正交矩阵调制在非正交空间域和至少一个正交域中调制数据符号，其中所述矩阵调制的数据符号在具有相应 $N_{t,k}$ 发射接口和相应 $N_{r,k}$ 接收接口的 K 个传输信道 $k=1, \dots, K$ 中至少一个信道上传输，其中至少一个等价信道矩阵 (ECM) G_k 可以被定义为将所述数据符号转换成被矩阵调制过并且在所述传输信道 $k=1, \dots, K$ 中的一个信道的 $N_{t,k}$ 发射接口上发射且在 $N_{r,k}$ 接收接口处接收的数据符号，其中所述至少一个 ECM G_k 的等价信道相关矩阵 (ECCM) $R_k = G_k^H \cdot G_k$ 与单位矩阵不成比例，其中所述至少一个发射站计算所述 K 个传输信道中的至少一个信道的相应的信道质量指标CQI q_k ，以及为所述矩阵调制的数据符号的传输调度所述 K 传输信道中的至少一个信道，其中所述调度至少部分基于所述计算的CQI q_k 。

进一步提出一种设备，用于为数据符号的传输调度 K 个具有相应 $N_{t,k}$ 发射接口和相应 $N_{r,k}$ 接收接口的传输信道中的至少一个信道，其中至少两个所述的数据符号从所述 K 个传输信道中的至少一个传输信道的 $N_{t,k}$ 发射接口平行发射，该传输信道由信道矩阵 H_k 定义，所述设备包括用于计算所述 K 个传输信道中的至少一个信道的信道质量指标 (CQI) q_k 的装置，其中至少一个所述相应的CQI q_k 是作为所述信道 H_k 的信道相关矩阵 $H_k^H \cdot H_k$ 的线性函数的行列式的函数而计算的，以及用于为所述数据符号的传输调度所述 K 个传输信道中的至少一个信道的装置，其中所述调度至少部分基于所述计算的CQI q_k 。

进一步提出一种发射站，用于为数据符号的传输调度 K 个具有相应 $N_{t,k}$ 发射接口和相应 $N_{r,k}$ 接收接口的传输信道中的至少一个信道，其中至少两个所述的数据符号从所述 K 个传输信道中的至少一个传输信道的 $N_{t,k}$ 发射接口平行发射，该传输信道由信道矩阵 H_k 定义，所述

发射站包括用于计算所述 K 个传输信道中的至少一个信道的信道质量指标 (CQI) q_k 的装置, 其中至少一个所述相应的 CQI q_k 是作为所述信道 H_k 的信道相关矩阵 $H_k^H \cdot H_k$ 的线性函数的行列式的函数而计算的, 以及用于为所述数据符号的传输调度所述 K 个传输信道中的至少一个信道的装置, 其中所述调度至少部分基于所述计算的 CQI q_k 。

进一步提出一种无线通信系统, 包括至少一个发射站, 以及至少一个接收站, 其中至少两个数据符号从所述 K 个具有相应 $N_{t,k}$ 发射接口和相应 $N_{r,k}$ 接收接口的传输信道中的至少一个传输信道的 $N_{t,k}$ 发射接口平行发射, 其中所述至少一个传输信道由信道矩阵 H_k 定义, 其中所述发射站计算所述 K 个传输信道中的至少一个信道的信道质量指标 (CQI) q_k , 其中所述发射站将所述至少一个相应的 CQI q_k 作为所述信道 H_k 的信道相关矩阵 $H_k^H \cdot H_k$ 的线性函数的行列式的函数而计算, 其中所述至少一个发射站为所述数据符号的传输调度所述 K 个传输信道中的至少一个信道, 并且其中所述调度至少部分基于所述计算的 CQI q_k 。

参考下面的实施例, 本发明的这些以及其他的方面将变得明显。

附图说明

图 1 表示了根据现有技术的当结合具有两个发射天线元件 (空时发射分集, STTD, 虚线) 的正交矩阵调制方案以及结合没有 STTD 的单一天线发射 (实线) 来调度不同数量的传输信道 K 时所达到的误码率 (BER) 性能;

图 2 表示了根据现有技术的当结合具有两个发射天线元件 (空时发射分集, STTD, 虚线) 的正交矩阵调制方案以及结合没有 STTD 的单一天线发射 (实线) 调度不同数量的传输信道 K 时所调度的传输信道的信噪比 (SNR) 的概率密度函数 (PDF);

图 3 表示指示着计算根据本发明不同的非正交矩阵调制方案的 R_k 以及 $\det R_k$ 所需要的计算复杂度的降低的表格;

图 4 表示根据本发明的不同正交矩阵调制方案和非正交矩阵调制方案的 BER 以及 CQI $q_k = \det R_k$ 之间的相关性;

图 5A 表示根据本发明当调度 $K=2$ 个传输信道中的一个信道时对于不同正交 (STTD) 以及非正交 (TSTTD) 矩阵调制方案以及不同 CQI 选择的作为 E_b/N_0 的函数的 BER;

图 5B 表示根据本发明当调度 $K=2$ 个传输信道中的一个信道时对于不同非正交 (ABBA, DSTTD) 矩阵调制方案以及不同 CQI 选择的作为 E_b/N_0 的函数的 BER;

图 5C 表示根据本发明当调度 $K=2$ 个传输信道中的一个信道时对于非正交 DABBA 矩阵调制方案以及不同 CQI 选择的作为 E_b/N_0 的函数的 BER;

图 6 表示根据本发明用于结合非正交 BLAST 以及 TSDDT 矩阵调制对于不同数量的传输信道 K 进行调度的作为 E_b/N_0 的函数的 BER;

图 7 表示根据本发明方法的流程图;

图 8 表示根据本发明的设备。

具体实施方式

本发明提出了在选择分集设置中将非正交矩阵调制结合到调度中。该方案可以依据对于信道质量指标 (CQI) 的定义, 该信道质量指标 (CQI) 作为决定 K 个传输信道中的哪些将被调度用于传输经过矩阵调制并由发射机发射的数据符号的基础。

在传输方案需要根据信道条件进行修改的时候通常会产生对 CQI 的定义的需求, 并且不同类型的修改方法要求不同的 CQI 。可以确定两种不同的修改类型:

1. 在具有作为资源分配基础的多传输信道的系统中, 例如在 TDMA 系统中的调度方法通过“最佳”信道将时隙分配给传输信道。这里的 CQI_{e_k} 应当与该信道可以支持的性能相关。

2. 根据信道条件, 选择正确的编码和调制模式以使单一传输信

道的速率和吞吐量最大化。该决定可以基于某些 CQI_{m_k} 阈值且之后应当改变编码/调制。这意味着对于一个固定的信道比较两种不同的编码/调制的性能，因此 CQI_{m_k} 应当对信道可以支持的数据流的数量敏感。

最优地，选择分集的 CQI 由误码率或是由相应的误帧率 (FER) 给出，前者优选地在信道编码的解码之后给出。通常使用基于解调后的 BER 的 CQI。理想的 CQI 具有与误码率 (BER) 或误帧率或误块率的一一对应关系。在单一流 (以及正交多流) 信道中，具有与 BER/FER 最佳相关性的 CQI 是所接收到的信噪比 (SNR)，其对于正交传输而说归纳为最大比值组合 (MRC) 信道功率。。这就是在例如 Kogiantis 参考文献中所讨论过的普通的最大 C/I 调度器。

对于非正交传输而言，尤其是对于本发明所考虑的具有多数据流的 MIMO 传输而言，情况就不是这样简单。总信道功率，归纳为整体 SNR 或 C/I，现在不与信道相关矩阵的迹 $\text{tr } H_k^H H_k$ 成比例。根据传输信道和所选择的传输方案的具体情况，具有相同 $\text{tr } H_k^H H_k$ 的 MIMO 信道可能仍然导致非常不同的 BER/FER。

当使用矩阵调制以对信号进行编码时寻找良好的 CQI 甚至变得更加复杂。矩阵调节是用以提供更多的分集到传输中，并且最大化发射信号和接收信号之间的共有信息。结果是它们拥有约束其结构的固有的对称性。因此，信道质量指标并不仅仅依赖于传输信道，还依赖于符号经过矩阵调制以及检测的方式。这意味着原则上不同的矩阵调制和/或检测方法会要求不同的信道质量指标。

根据本发明，提出了这种适于使用在非正交矩阵调制系统的多传输信道 (上述分类中的第一类型) 资源分配中的 CQI。特别地，提出了比较简单的 CQI，其对于某些传输模式在达到相仿精确度的情况下与降低的搜索最大概似检测的 BER/FER 一一对应，该搜索最大概似是由接收通过被调度的传输信道的数据传输的接收机来执行。

在讨论图 3 到图 7 的结果之前，通过参考等式 (1) 的正交 Alamouti 空时编码或其转置 (后者则被称为空时发射分集 (STTD))

调制矩阵)、等式(2)的信号模型、等式(3)的等价信号模型以及等式(6)的等价信道相关矩阵(ECCM) R_k 的定义,对根据本发明优选实施例的非正交矩阵调制方案进行简要的定义。

应当注意的是下面的实施例集中在空时矩阵调制技术,但其也可以直接应用于其它的非正交矩阵调制技术,例如空频矩阵调制技术或是空间极化矩阵调制技术。因此本发明的范围不能理解为局限于下面的实施例。

非正交 ABBA 矩阵调制方案

本方案的调制矩阵可以表示为:

$$X_{ABBA} = \begin{bmatrix} X_A & X_B \\ X_B & X_A \end{bmatrix}$$

其中 X_A 为具有两个数据符号 x_1 和 x_2 的等式(1)的转置的 STTD 调制矩阵, X_B 为具有另外两个数据符号 x_3 和 x_4 的等式(1)的转置的 STTD 调制矩阵。为了最优的性能,这些符号可以选择为这些强制调制(complex modulated)符号的线性组合和/或旋转。这应用在本发明所讨论的所有矩阵调制中。调制矩阵 X_{ABBA} 于是代表速率 1 的矩阵调制器,其在 4 个符号周期内将 4 个数据符号映射到 4 发射天线元件上。

ABBA 调制方案的 ECCM 可以确定为:

$$R_k = \begin{bmatrix} p_k & 0 & n_k & 0 \\ 0 & p_k & 0 & n_k \\ n_k & 0 & p_k & 0 \\ 0 & n_k & 0 & p_k \end{bmatrix}$$

其中 p_k 是所有信道的总功率而 n_k 指的是两个不同的 STTD 块 X_A 和 X_B 之间干扰的强度。

对于 $N_t=4$ 个发射天线以及 $N_{k,r}=2$ 个接收天线的示例来说,实数值函数 p_k 和 n_k 定义为:

$$p_k = \text{tr} H_k^H H_k = \frac{1}{4} \sum |h_{k,u}|^2$$

$$n_k = \frac{1}{2} (\text{Re}(h_{k,13} h_{k,11}^*) + \text{Re}(h_{k,12} h_{k,14}^*) + \text{Re}(h_{k,23} h_{k,21}^*) + \text{Re}(h_{k,24} h_{k,22}^*))$$

可以看出 R_k 仅具有两个不同的本征值 $p_k \pm n_k$ 。应当注意的是不同的本征值的数量并不依赖于原有信道矩阵，只有元 p_k 和 n_k 的显形式会依赖于原有信道矩阵。由于行列式由本征值的积而给出，所以我们为 ABBA 得出：

$$\det R_k = (p_k^2 - n_k^2)^2$$

其与 R_k 的 |对角线部分|² - |非对角线部分|² 成比例。注意到，通过使用矩阵调制器的结构，我们首先将 $N_{k,r=2}$ 接收天线的 $R_k = H_k^H H_k$ 计算从 128 复数相乘以及 112 复数相加 (128 C×, 112 C+) 简化到 12 复数相乘以及 10 实数相加 (12 C×, 10 R+), 并且进一步将计算 $\det R_k$ 的复杂度从 (40 C×, 30 C+) 简化到 (3 R×, 1 R+)。这确实是很显著的复杂度的降低。如果需要 R_k 的逆用以进行调度或检测则可以发现又一个复杂度的降低；该逆矩阵很普通地为：

$$R_k^{-1} = \frac{1}{p_k^2 - n_k^2} \begin{bmatrix} p_k & 0 & -n_k & 0 \\ 0 & p_k & 0 & -n_k \\ -n_k & 0 & p_k & 0 \\ 0 & -n_k & 0 & p_k \end{bmatrix}$$

特别注意到该逆矩阵的对角线元与迹成比例并且与行列式成反比。

代替 ECCM 的行列式，我们也可以使用 ECCM 的线性函数的行列式的更普通的 CQI。对于 ABBA 这就简化为 $((a + p_k)^2 - n_k^2)$ ，其中 a 为常数，其可以在数字上确定以使得与性能的相关性最大。例如，对于 QPSK 调制和降低的搜索概似检测，使用两个接收天线找到最适合的 $a=0.15$ 。

ABBA 矩阵调制的一种变体是所谓的对角 ABBA。该调制矩阵写为：

$$X_{ABBA} = \begin{bmatrix} X_A + X_B & 0 \\ 0 & X_A - X_B \end{bmatrix}$$

现在ECCM是对角的但是不是正交的。ECCM的行列式与普通 ABBA 相同。

非正交 DABBA 矩阵调制方案

本方案的调制矩阵为:

$$X_{DABBA} = \begin{bmatrix} X_A + X_C & X_B + X_D \\ X_B - X_D & X_A - X_C \end{bmatrix}$$

其中 X_A, X_B, X_C 和 X_D 分别为具有两个数据符号的等式 (1) 的转置的 STTD 调制矩阵。调制矩阵 X_{DABBA} 于是代表速率 2 的矩阵调制器, 其在 4 个符号周期内将 8 个数据符号映射到 4 个发射天线元件上。DABBA 调制方案的 ECCM 可以确定为:

$$R_k = \begin{bmatrix} p_{k,1} + p_{k,2} & 0 & n_{k,1} & 0 & p_{k,1} - p_{k,2} & 0 & i \cdot n_{k,2} & s_k^* \\ 0 & p_{k,1} + p_{k,2} & 0 & n_{k,1} & 0 & p_{k,1} - p_{k,2} & -s_k & i \cdot n_{k,2} \\ n_{k,1} & 0 & p_{k,1} + p_{k,2} & 0 & i \cdot n_{k,2} & -s_k^* & -p_{k,1} + p_{k,2} & 0 \\ 0 & n_{k,1} & 0 & p_{k,1} + p_{k,2} & s_k & i \cdot n_{k,2} & 0 & -p_{k,1} + p_{k,2} \\ p_{k,1} - p_{k,2} & 0 & i \cdot n_{k,2} & s_k^* & p_{k,1} + p_{k,2} & 0 & n_{k,1} & 0 \\ 0 & p_{k,1} - p_{k,2} & -s_k & i \cdot n_{k,2} & 0 & p_{k,1} + p_{k,2} & 0 & n_{k,1} \\ i \cdot n_{k,2} & -s_k^* & -p_{k,1} + p_{k,2} & 0 & n_{k,1} & 0 & p_{k,1} + p_{k,2} & 0 \\ s & i \cdot n_{k,2} & 0 & -p_{k,1} + p_{k,2} & 0 & n_{k,1} & 0 & p_{k,1} + p_{k,2} \end{bmatrix}$$

其中 $p_{k,1}, p_{k,2}$ 分别是来自天线对 (1, 2) 和 (3, 4) 到所有接收天线的总信道功率, $n_{k,1}, n_{k,2}$ 是 H_k 的元的实数组合, 而 s_k 是复数项。同样, 位于 R_k 的对角线上的 $p_{k,1} + p_{k,2}$ 是总信道功率, 而位于非对角线上的其它项描述了块之间的干扰。同样, R_k 只有两个不同的本征值:

$$p_{k,1} + p_{k,2} \pm \sqrt{(p_{k,1} - p_{k,2})^2 + n_{k,1}^2 - n_{k,2}^2 + |s_k|^2}$$

因此行列式为:

$$\det R_k = (4p_{k,1}p_{k,2} + n_{k,1}^2 - n_{k,2}^2 + |s_k|^2)^4$$

可以采用与 ABBA 方案相似的方式来构建 R_k 的逆。在这种情况下

下复杂度的降低是极大的并且可以在图 3 的表格中看出。因此使用所披露的方法，DABBA 类型的高速率高分集的调制器的调度变得可行。由于其内在的对称性，也可以得到其它矩阵调制器的 $\det R_k$ 的相似简单表达。

对于 $\det(aI + R_k)$,

$$(4 \cdot p_{k,1} \cdot p_{k,2} + (p_{k,1} + p_{k,2})(a^2 + 2 \cdot a) + n_{k,1}^2 - n_{k,2}^2 + |s_k|^2)^k$$

该常数 a 同样可以在数字上确定，对于具有两个接收天线的 QPSK 调制和降低的搜索最大似检测来说发现最佳的值为 0.04。

非正交 DSTTD 矩阵调制方案

本方案的调制矩阵为：

$$X_{DSTTD} = [X_A \quad X_B],$$

其中 X_A 和 X_B 分别为由具有两个数据符号的等式 (1) 的转置 Alamouti 编码给出的调制矩阵。调制矩阵 X_{DSTTD} 于是代表速率 2 的矩阵调制器，其在 2 个符号周期内将 4 个数据符号映射到 4 个发射天线元件上。

非正交 TSTTD 矩阵调制方案

本方案的调制矩阵为：

$$X_{TSTTD} = X_A + \frac{1}{\sqrt{7}} \begin{bmatrix} 1+i & 1+2i \\ -1+2i & 1-i \end{bmatrix} \cdot X_B$$

其中 X_A 为具有两个数据符号 x_1 和 x_2 的等式 (1) 的转置的 STTD 调制矩阵， X_B 为具有另外两个数据符号 x_3 和 x_4 的等式 (1) 的转置的 STTD 调制矩阵。调制矩阵 X_{TSTTD} 于是代表速率 2 的矩阵调制器，其在 2 个符号周期内将 4 个数据符号映射到 2 个发射天线元件上。TSTTD 调制方案的 ECCM 可以确定为：

$$R_k = \begin{bmatrix} p_{k,1} + p_{k,2} & 0 & p_{k,1} - p_{k,2} & s_k \\ 0 & p_{k,1} + p_{k,2} & s_k^* & p_{k,2} - p_{k,1} \\ p_{k,1} - p_{k,2} & s_k & p_{k,1} + p_{k,2} & 0 \\ s_k^* & p_{k,2} - p_{k,1} & 0 & p_{k,1} + p_{k,2} \end{bmatrix}$$

其中 $p_{k,1}$ 和 $p_{k,2}$ 分别是来自发射天线 1 和 2 到所有接收天线的总功率，并且 s_k 给出为：

$$s_k = 2h_{k,11}^* h_{k,12} + 2h_{k,21}^* h_{k,22}$$

其中 H_k 为 2×2 。TSTTD 的 ECCM R_k 具有显著的特性即，

$$\det R_k = (\det H_k^H H_k)^2$$

指示着在这种情况下基于等价信道的调度和基于信道矩阵的调度对于优选的 CQI 为等价的，从而进一步简化了基于等价信道的 CQI 的计算。

图 3 描述了当直接对 ABBA、DABBA、TSTTD 方案计算 ECCM R_k 及其行列式 $\det R_k$ 时或是当使用本发明所提出的简单封闭型表达式计算 ECCM R_k 及其行列式 $\det R_k$ 时所遇到的计算复杂度。计算复杂度就实数相乘 (R \times) 和复数相乘 (C \times) 以及实数相加 (R+) 和复数相加 (C+) 来给出。

对于 TSTTD 方案， $\det R_k$ 可以直接从 $\det H_k$ 计算出。所提出的算法计算行列式的复杂度是直接方法的复杂度的 $2Q$ 次方根，其中 Q 为调制中复数符号的数量，也就是对于 ABBA、DABBA 以及 TSTTD 来说分别为 4、8 和 4。

图 4 描述了根据本发明的不同正交矩阵调制方案 (STTD) 和非正交矩阵调制方案 (ABBA、DSTTD、TSTTD 以及 DABBA) 的 BER 以及优选 CQI $q_k = \det R_k$ 之间的相关性。该模拟假设在具有固定在 6dB 的 E_b/N_0 的传输信道的接收端有加性高斯白噪声 (AWGN)，QPSK 调制的符号被用作数据符号，并且传输信道矩阵中的项目假设为 i.i.d. 的瑞利分布的。

很明显地，所提出的 $\text{CQI } g_k = \det R_k$ 对于所有模拟的正交和非正交矩阵调制方案显示出与 BER 很强的相关性。由于 BER 是 E_b/N_0 的单调函数，在一个操作点上获得的性质上的结果是不会随着 E_b/N_0 发生变化。由于两两错误概率可以用 BPSK 调制系统的两两错误概率表示出来，因此该结果对于高阶的调制仍然持续。代替减少的搜索 ML 的其它类型的检测的效应，例如迫零块线性检测器或最小均方差块线性检测器的线性检测算法还有待研究。

图 5A、5B 和 5C 描述了根据本发明当调度 $K=2$ 个传输信道中的一个信道时对于不同正交 (STTD) 以及非正交 (TSTTD, ABBA, DSTTD 以及 DABBA) 矩阵调制方案以及不同 CQI 选择的作为 E_b/N_0 的函数的模拟 BER。瑞利衰落传输信道、在被调度传输信道的接收接口处的 AWGN 以及对于具有较好 CQI 的传输信道的机会调度无视例如均值分组延迟等的潜在临时调度限制的状态而执行。对于 STTD 和 TSTTD, 16QAM 调制的符号被传输，而对于 ABBA、DSTTD 和 DABBA, 则传输 QPSK 调制的符号。除了 STTD, 其具有 2bps 的比特率，所有的非正交方案具有 4bps 的比特率。

对于每一个矩阵调制方案，描述了没有调度 (随意选择 $K=2$ 个传输信道中的一个而无视其 CQI) 而具有 $g_k = \det R_k$ 以及 $\text{CQI } g_k = \det H_k^H H_k$ 的 BER 性能。对于 STTD、DABBA 以及 TSTTD 方案来说，还额外地描述了对于 $\text{CQI } g_k = \text{tr } R_k$ 的 BER 性能。

从附图 5A、5B 和 5C 中可以容易地看出，基于 $\text{CQI } g_k = \det R_k$ 的调度对于所有调查的矩阵调制方案来说性能最佳。然而，对于基于 R_k 的迹以及 $H_k^H H_k$ 的行列式的 CQI 同样能够达到关于没有调度的系统的 BER 性能的 E_b/N_0 上的显著增益。

CQI 还可以的选择包括了 R_k 的逆的迹、 H_k 的条件数、 G_k 的条件数以及 R_k 的对角线部分和非对角线部分之间大小的比率或差值。

图 6 描述了例如贝尔实验室分层空时结构 (BLAST) 方案的矢量调制结合在具有 $K=2$ 和 $K=8$ 传输信道的选择分集设置中的调度的性

能，并将其与 TSTTD 方案进行比较。

在图 6 中，两种方案都使用了 $N_t=2$ 发射天线元件和 $N_{k,r}=2$ 接收天线元件以及 QPSK 调制的数据符号，噪声为 AWGN 并且传输信道为 i.i.d. 平瑞利衰落信道。在每一种方案中，在两个时刻内传输 4 个数据符号，其中对于 BLAST 方案的调制矩阵为：

$$X_{BLAST} = \begin{bmatrix} x_1 & x_3 \\ x_2 & x_4 \end{bmatrix}$$

也就是，在每一个符号周期内有两个数据符号被映射到非正交空间资源上。

图 6 描述了调度 $K=2$ 和 $K=8$ 传输信道的结果以及没有调度的结果。对于调度结果，对 TSTTD 方案调度具有最大 CQI $q_k = \det R_k$ 的传输信道，并且在 BLAST 情况下调度具有最大 CQI $q_k = \det H_k^H H_k$ 的传输信道。

从图 6 中清楚可见调度增长了 TSTTD（虚线曲线）以及 BLAST（实线曲线）的性能，尤其是在传输信道 K 的数目增长时。对于 BLAST 方案来自调度的增益较大，因此当添加更多的传输信道时其性能的差将会降低。但是即使对于 $K=8$ 传输信道，TSTTD 仍然具有 $BER=10^{-3}$ 的较好性能， E_b/N_0 的差约为 1.5db。还有，对于机会调度该模拟是仅显示了调度增益的上限的结果。实际上，该增益可以更小，这意味着 TSTTD 对于更大数目的传输信道其性能可以优于从机会调度结果所期望的性能。同样当允许 CQI 与线性函数的行列式也就是 $q_k = \det (a I + H_k^H H_k)$ 成比例并且调整每一个方案的常数 a 以确保 CQI 与 BER 之间最好的相关性时，可以看出增益将进一步增长。在本例中对于 TSTTD 的最优常数为 0.04 并且对于 BLAST 为 0.0。

图 7 描述了根据本发明第一优选实施例（ABBA 非正交矩阵调制方案）的流程图。

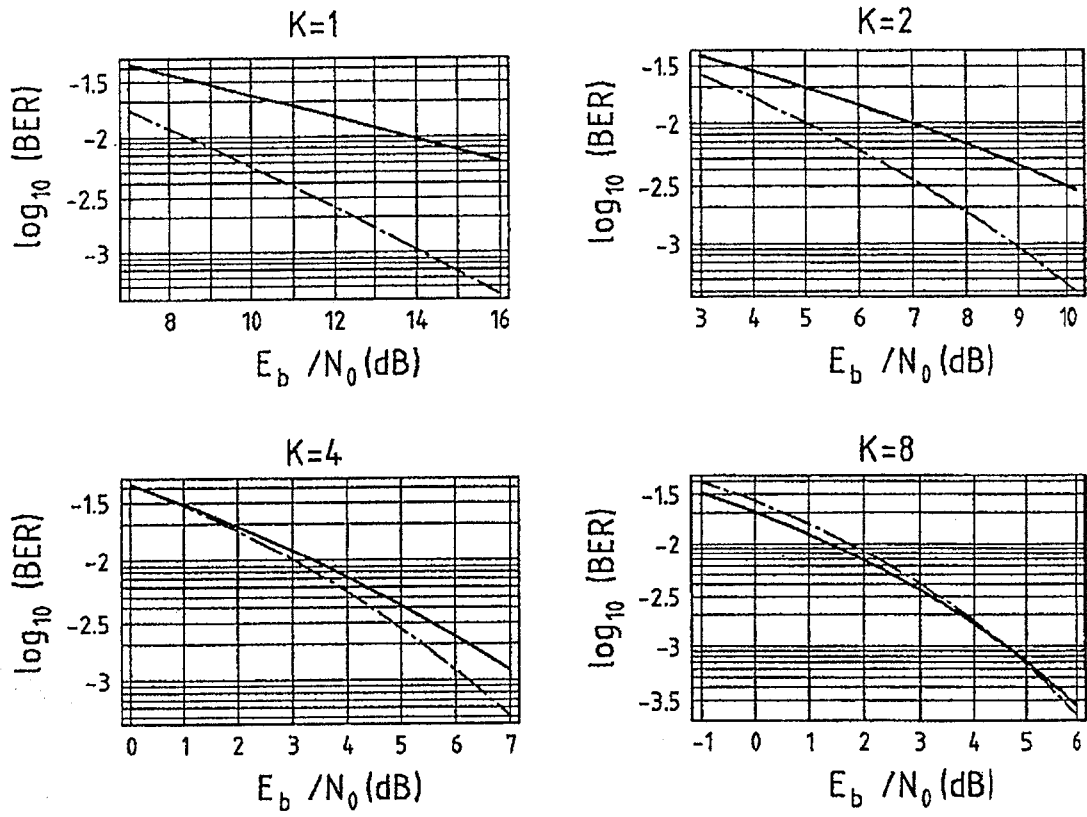
在第一步骤 10，传输信道指数初始化为 1，并且变量 q_{max} 被设置为零。接着从存储器获得该信道矩阵 H_k 或是从之前通过所述传播信道

接收的信号来估计该信道矩阵 H_k 。在步骤 12, 从所述的信道矩阵 H_k 计算函数 P_k 和 Ω_k 。在步骤 13, 从函数 P_k 和 Ω_k 计算 CQI $q_k = \det R_k$ 。接着在步骤 14 比较该 CQI q_k 与 q_{max} , 如果 q_k 大于 q_{max} , 则 q_{max} 被设置为等于 q_k 并且在步骤 15 将变量 k_{max} 设置等于 k 。在步骤 16, 传输信道指数 k 增长 1, 并且在步骤 17 中检查传输信道指数 k 是否等于在其中执行调度的传输信道 K 的数目。如果情况不是这样, 则重复步骤 11 到 16 直到传输信道指数 k 等于 K 。接着在步骤 18, 对于有待通过具有指数 k_{max} 的传输信道传输的数据符号执行根据 ABBA 方案的矩阵调制。经过矩阵调制的数据符号接着在步骤 19 进行传输, 并且从步骤 10 开始再次进行流程。

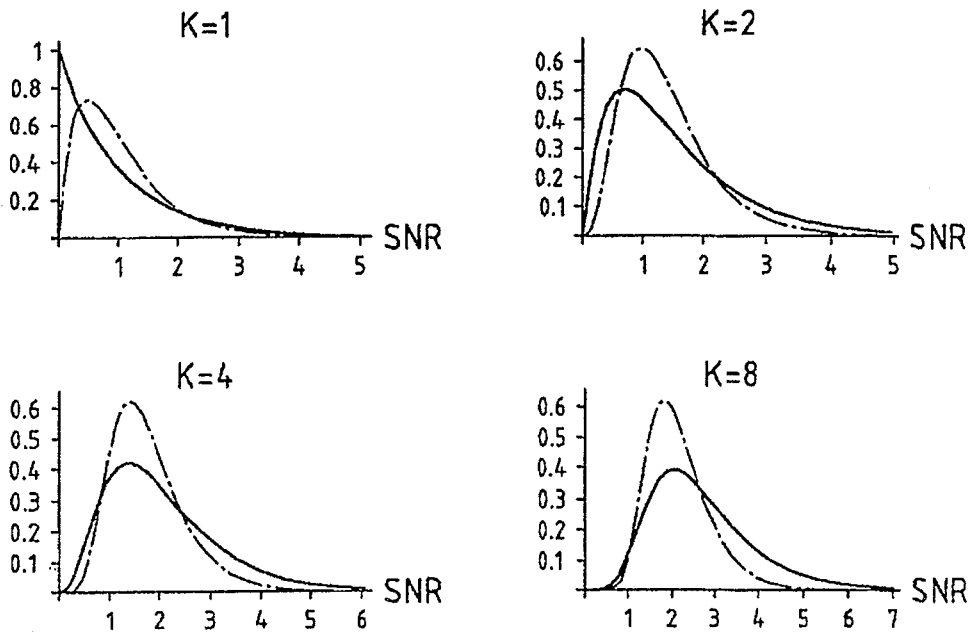
图 8 描述了根据本发明的设备。该设备包括相应的数据分组缓冲器 20-1...20-3, 其包含到达所述设备并且有待通过 K 个相应传输信道传输的数据分组, 其中在图 8 所示的例子中, 保持 $K=3$ 。每一个分组缓冲器 20-1...20-3 分别由缓冲器控制器 21-1...21-3 控制。该缓冲器控制器 21-1...21-3 将缓冲器 20-1...20-3 的状态用信号通知给调度器 22。进一步, 当被所述调度器 22 触发时, 所述缓冲器控制器 21-1...21-3 能够将数据分组传送给矩阵调制器 26, 其中包含在数据分组中的数据符号被矩阵调制并接着经由发射模块 27-1...27-4 以及发射天线元件 28-1...28-4 发射。所述调度器 22 进一步接收来自 CQI 计算实例 23 的输入, 其从信道存储器 24 获得传输信道数据, 而信道存储器 24 又由信道估计实例 25 进行更新。CQI 计算实例 23 基于从所述信道存储器 24 处获得的各个传输信道数据确定 K 个传输信道中的数个信道的 CQI。例如, 当应用 ABBA 矩阵调制方案时, 所述 CQI 计算实例 23 从信道矩阵 H_k 中的项目 $h_{k,ij}$ 计算函数 P_k 和 Ω_k 并接着从所述函数 P_k 和 Ω_k 确定 CQI q_k 。所计算出的 CQI 于是被馈送到调度器 22 中。基于来自 CQI 计算实例 23 的输入以及来自缓冲器控制器 21-1...21-3 的输入, 调度器确定 K 个传输信道中的哪一个传输信道被优选地调度用于矩阵调制过的数据符号的传输, 因此所述传输的 BER 就尽可能地低。这种调度至少部分地基于由所述实例 23 计算的 CQI。然而, 可以

想象，虽然传输信道 $k=1$ 的 CQI_1 大于传输信道 $k=2$ 的 CQI_2 ，但是由于在与传输信道 $k=2$ 相关的数据分组缓冲器 20-2 中的数据分组比与传输信道 $k=1$ 相关的数据分组缓冲器 20-1 中的数据分组紧急，因此在与传输信道 $k=2$ 相关的数据分组缓冲器 20-2 中的数据分组被矩阵调制并被传输。调度的结果被以信号通知给相应的缓冲器控制器 21-1...21-3，而相应的缓冲器控制器 21-1...21-3 又将数据分组转发给矩阵调制器 26 以进行矩阵调制和传输。

上面通过优选实施例对本发明进行了描述。应当注意到对于本领域的技术人员来说还存在有其它可以实施的方法和变形而不会背离所附权利要求的精神和范围。特别地，所提出的 CQI 可以用作任何在 MIMO/MISO 系统中操作的调度算法的一部分，其中当进行调度时考虑特定链路信息。所提出的 CQI 为任何非正交 MIMO 或 MISO 传输方案工作。所提出的算法通过任何双工（FDD/TDD/混合）、多接入（CDMA、TDMA、SDMA、OFDMA）单载波/多载波（MC-CDMA/OFDMA）系统在任何级联反馈/波束赋形方案中工作。可以使用任何信道编码（trellis, convolutional, turbo, block, LDPC, TCM）、任何调制（PAM, PSK, QAM, 更高维度的球形/格子）以及联合/个别信道编码/空时编码/调制和联合/个别检测/解码（线性，解相关，LMMSE，最大概似，降低搜索最大概似，球体）。仅有的要求是在某个阶段可以用实际上从非正交空间资源（天线/波束/极化）传输的矢量（在非正交空间资源中）或矩阵（在正交空间和实质上正交资源中）以及实质上正交的资源（时间，频率，副载波，编码，空间/极化本征值）来描述传输。



现有技术
图 1



现有技术
图 2

调制	计算方法	R_k		$\det R_k$	
		乘法	加法	乘法	加法
ABBA	直接提出	128 Cx	112 C+	40 Cx	30 C+
		12 Cx	10 C+	3 Rx	1 R+
DABBA	直接提出	512 Cx	448 C+	79176 Cx	18880 C+
		20 Cx	12 R+ 和 3 C+	7 Rx	3 R+
TSTTD	直接提出	64 Cx	48 C+	40 Cx	30 C+
		6 Cx	2 R+ 和 1 C+	总 R_k 3 Cx	和 $\det R_k$ 1 C+

图 3

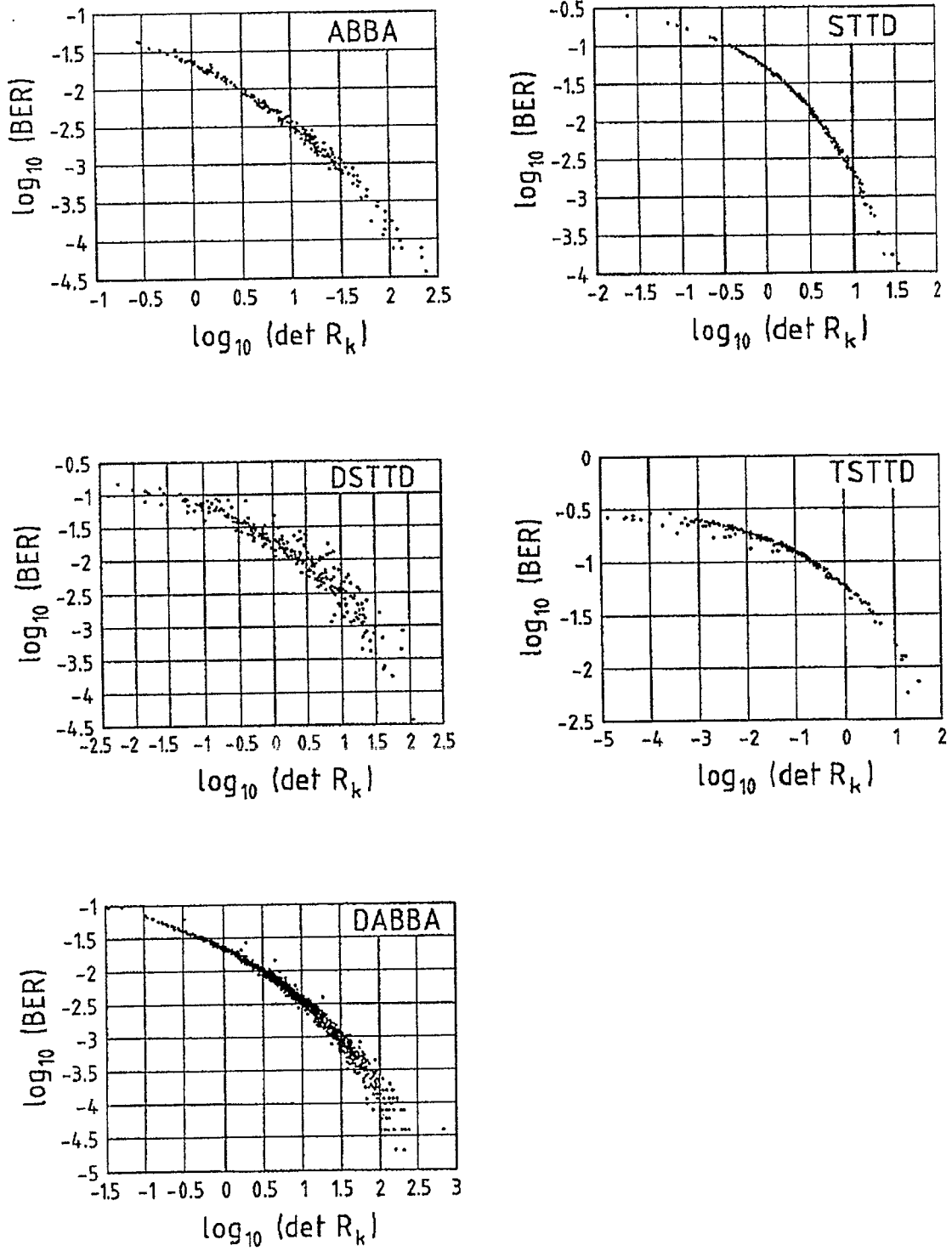
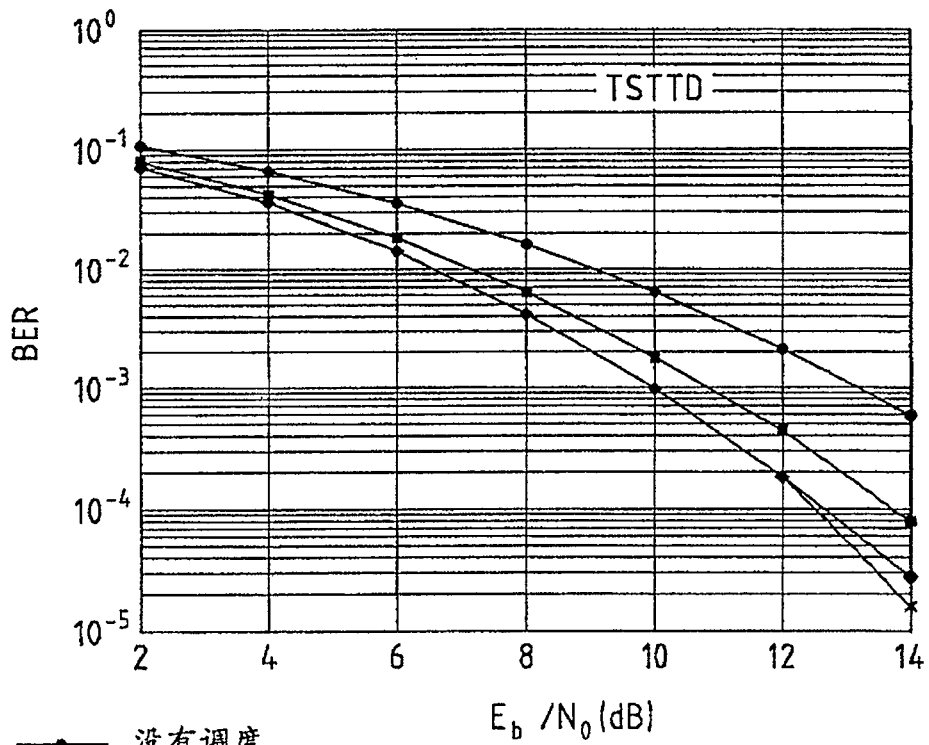
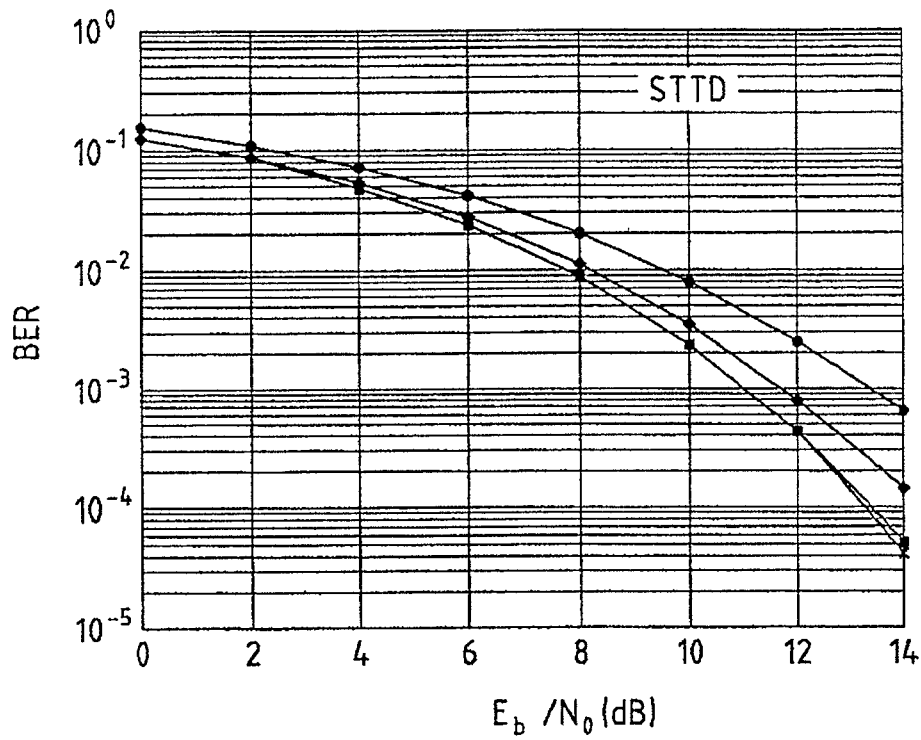
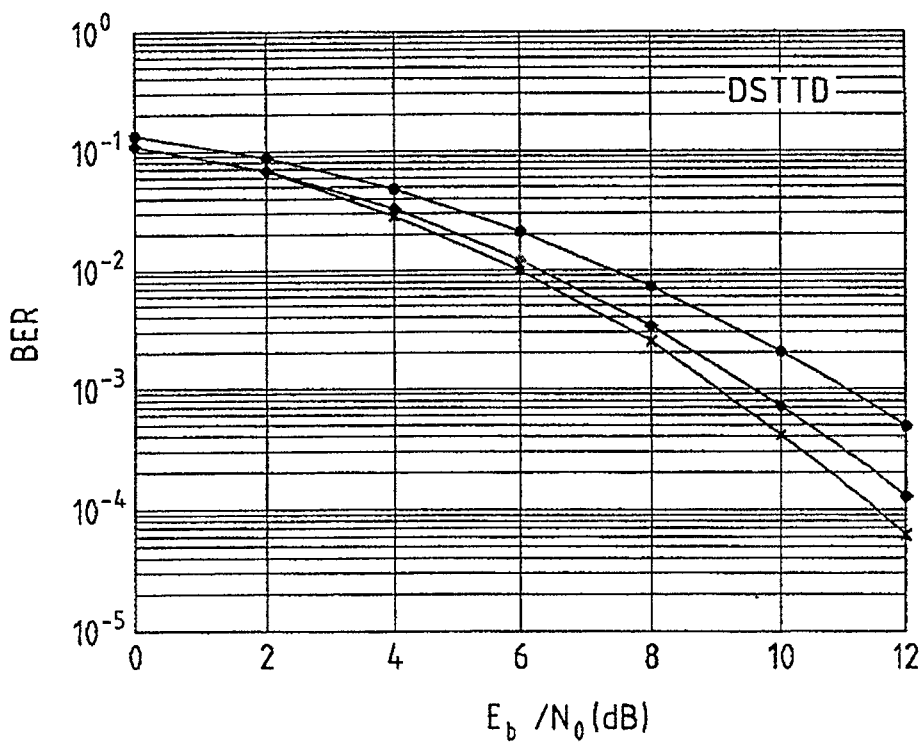
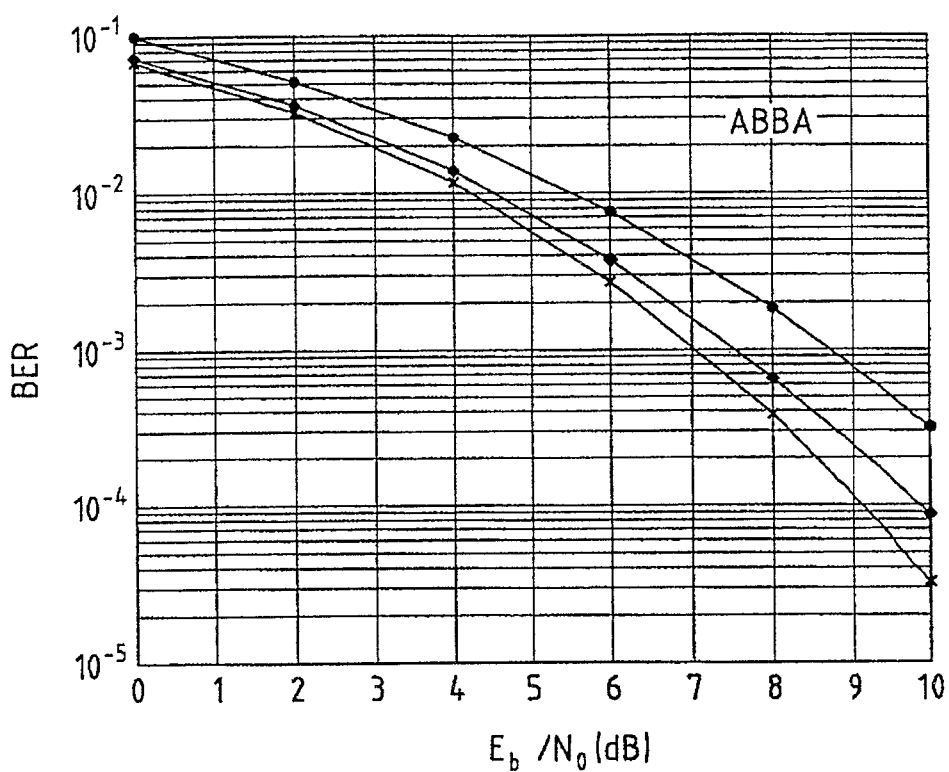


图 4



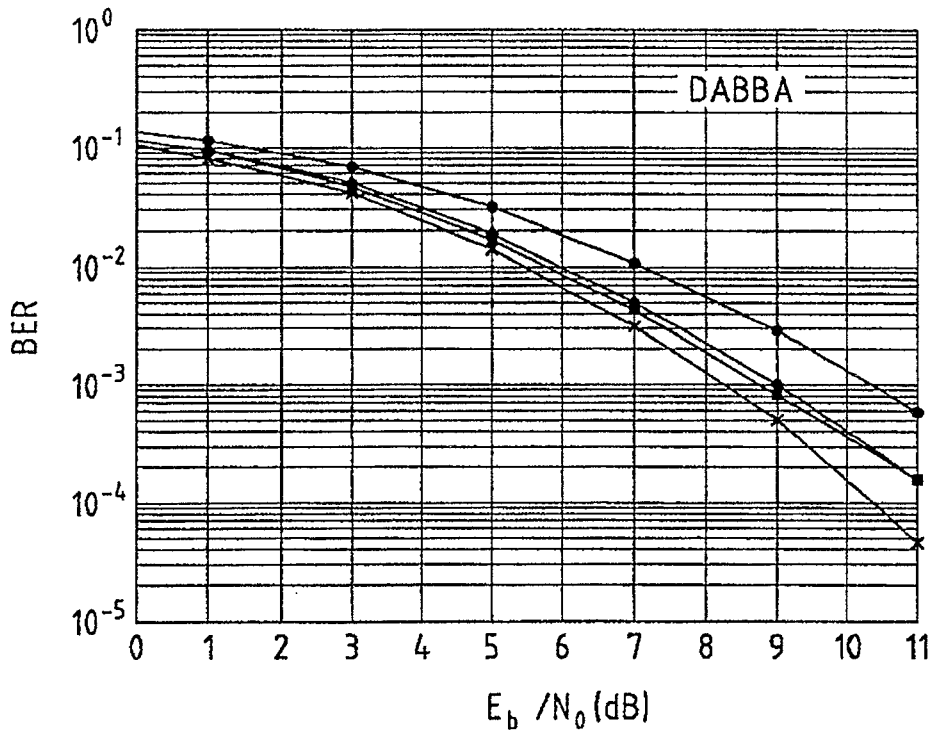
- 没有调度
- × CQI $q_k = \det R_k$
- CQI $q_k = \text{tr} R_k$
- ◆ CQI $q_k = \text{det} H_k^H H_k$

图 5A



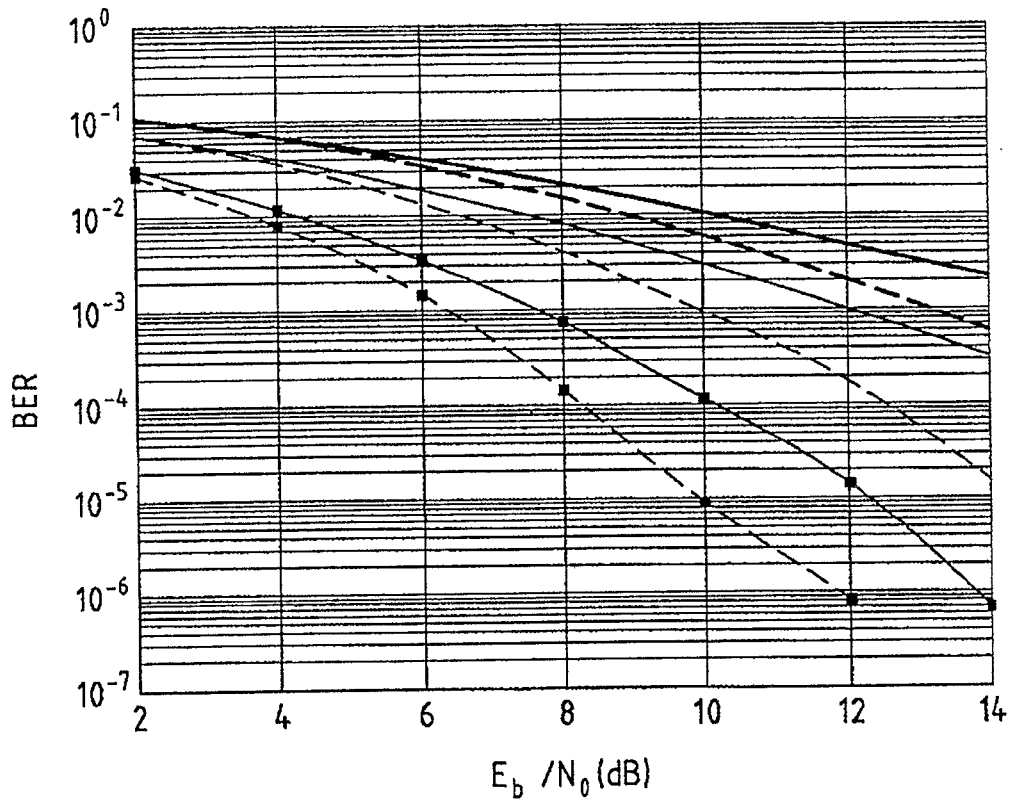
- 没有调度
- *— $CQI q_k = \det R_k$
- ◆— $CQI q_k = \det H_k^H H_k$

图 5B



- 没有调度
- ×— CQI $q_k = \det R_k$
- CQI $q_k = \text{tr } R_k$
- ◆— CQI $q_k = \det H_k^H H_k$

图 5C



- BLAST: 没有调度
- BLAST: CQI $q_k = \det H_k^H H_k, K=2$
- BLAST: CQI $q_k = \det H_k^H H_k, K=8$
- - - TSTTD: 没有调度
- - - ■ TSTTD: CQI $q_k = \det R_k, K=2$
- - - ■ TSTTD: CQI $q_k = \det R_k, K=8$

图 6

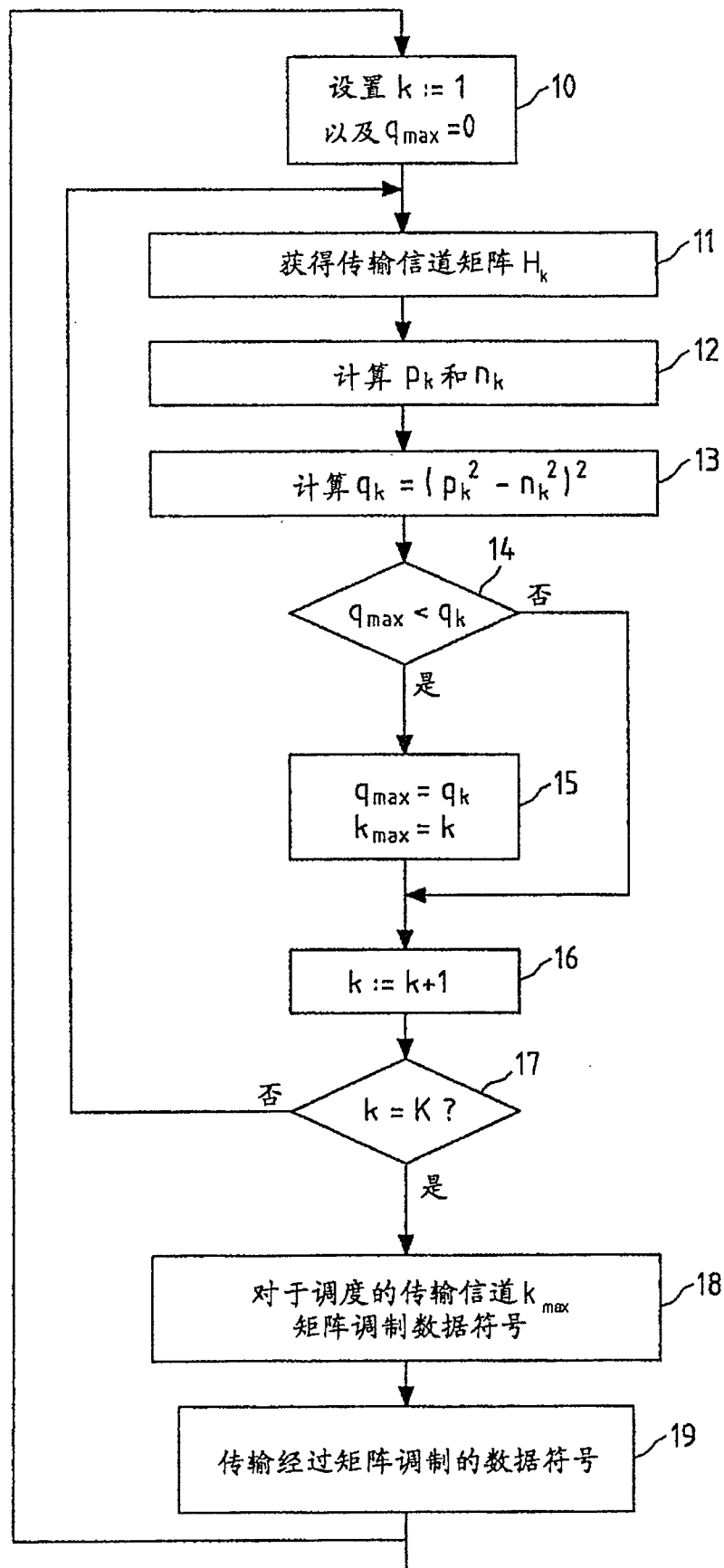


图 7

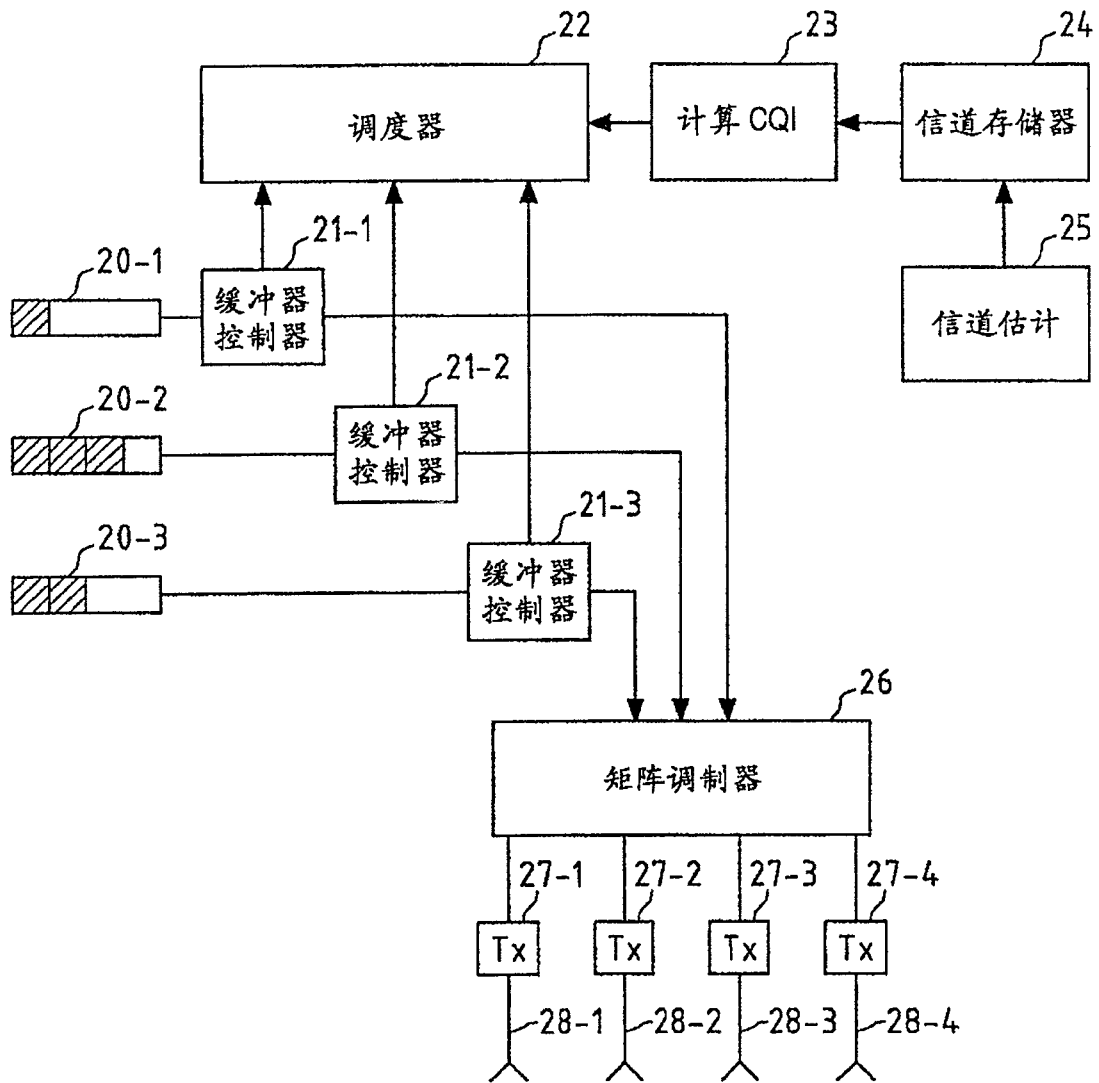


图 8