



[12] 发 明 专 利 说 明 书

[21] ZL 专利号 98814225.2

[45] 授权公告日 2003 年 12 月 10 日

[11] 授权公告号 CN 1130882C

[22] 申请日 1998.7.21 [21] 申请号 98814225.2

[86] 国际申请 PCT/EP98/04562 1998.7.21

[87] 国际公布 WO00/05847 英 2000.2.3

[85] 进入国家阶段日期 2001.2.28

[71] 专利权人 诺基亚网络有限公司

地址 芬兰埃斯波

[72] 发明人 奥利·皮雷宁 阿卡·哈朋宁

审查员 戴 磊

[74] 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利
商标事务所

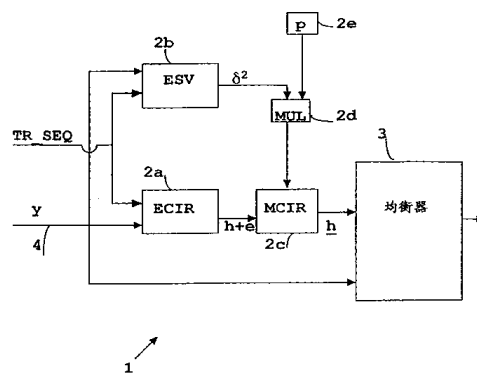
代理人 张 维

权利要求书 3 页 说明书 11 页 附图 1 页

[54] 发明名称 使用已接收信号方差来估计信道脉冲响应的方法和设备

[57] 摘要

本发明提出一种设备(1)，用于处理经由传输信道(4)发送过来的已接收信号，所述设备包括：获取装置(2a)，基于所述已接收信号(y)，获得所述传输信道(4)的估计的响应函数(h+e)；导出装置(2b)，导出所述已接收信号(y)的估计方差(δ^2)；以及修改装置(2c)，通过将所述估计方差(δ^2)应用到所述估计的响应函数(h+e)，来修改所述的估计的响应函数(h+e)，由此获得修改后的脉冲响应(h)。本发明还提出一种相应的方法。



1. 一种用于处理经由传输信道发送过来的已接收信号的方法，
本方法包括下列各步骤：

基于所述已接收信号 (y)，获得所述传输信道的估计的响应函数 $h + e$ ；

其特征在于，下列各步骤：

导出所述已接收信号 (y) 的估计方差 δ^2 ；以及

通过将所述估计方差 δ^2 应用到所述估计的响应函数 $h + e$ ，来修改所述的估计的响应函数 $h + e$ ，由此获得修改后的脉冲响应 $\underline{h}$ ，其中：

通过将所述估计的响应函数 $h + e$ 乘以矢量 a ，来实现所述的修改步骤，根据函数 $a_i = f(|h_i|^2, \delta^2)$ 来确定矢量 a 的各分量，其中该函数被选择为使得在脉冲响应中的误差影响最小化。

2. 根据权利要求 1 所述方法，其特征在于，还包括下列步骤
应用所述修改后的脉冲响应 $\underline{h}$ ，对所述已发送信号进行均衡。

3. 根据权利要求 1 所述方法，其特征在于，还包括下列步骤
用一个预定的常数 p 对所述估计方差 δ^2 进行加权。

4. 根据权利要求 3 所述方法，其特征在于，还包括下列步骤
根据所使用的训练序列 (TR_SEQ) 的各项特性或者所使用的用于所发送数据的调制方法来设定所述预定的常数 p ，其中该特性为长度或正交性。

5. 根据权利要求 1 所述方法，其特征在于

根据下列方程式来确定所述用于乘法的矢量 (a) 的各分量 (a_i)

$$a_i = |h_i|^2 / \{|h_i|^2 + p\delta^2\}$$

式中， $|h_i|^2$ 表示基于各自的 $(h_i + e_i)$ 数值的估计的信道脉冲响应数值，其中 p 为预定常数， $(h_i + e_i)$ 表示所估计的响应函数 $h + e$ 的系数。

6. 根据权利要求1所述方法,其特征在于

这样来控制各步骤的执行,使得仅在发送突发信号的时间间隔内才执行各步骤,上述间隔含有训练序列。

7. 用于处理经由传输信道(4)发送过来的已接收信号的设备(1),所述设备包括:

获取装置(2a),基于所述已接收信号(y),获得所述传输信道(4)的估计的响应函数($h + e$);

其特征在于

导出装置(2b),适于导出所述已接收信号(y)的估计方差 δ^2 ;
以及

修改装置(2c),通过将所述估计方差 δ^2 应用到所述估计的响应函数 $h + e$,来修改所述的估计的响应函数 $h + e$,由此获得修改后的脉冲响应 $\underline{h}$;

所述修改装置(2c)还包括乘法装置,适于将所述估计的响应函数 $h + e$ 乘以矢量 $\underline{a}$,根据函数 $a_i = f(|h_i|^2, \delta^2)$ 来确定矢量 $\underline{a}$ 的各分量,其中该函数被选择为使得在脉冲响应中的误差影响最小化。

8. 根据权利要求7所述设备,其特征在于,还包括

均衡器装置(3),用于对所述已发送信号进行均衡,并且适于接受所述修改后的脉冲响应 $\underline{h}$ 。

9. 根据权利要求7所述设备,其特征在于,还包括

加权装置(2d),适于用一个预定的常数 p 对所述估计方差 δ^2 进行加权。

10. 根据权利要求7所述设备,其特征在于,还包括

设定装置(2e),根据所使用的训练序列(TR_SEQ)的各项特性或所使用的用于所发送数据的调制方法来设定所述预定的常数 p ,其中该特性为长度或正交性。

11. 根据权利要求8所述设备,其特征在于

根据下列方程式来确定所述用于乘法的矢量($\underline{a}$)的各分量(a_i)

$$a_i = |h_i|^2 / \{|h_i|^2 + p\delta^2\}$$

式中， $|h_i|^2$ 表示基于各自的 $(h_i + e_i)$ 数值的估计的信道脉冲响应数值，其中 p 为预定常数， $(h_i + e_i)$ 表示所估计的响应函数 $h+e$ 的系数。

12. 根据权利要求7所述设备，其特征在于，还包括

控制装置，用于以这样的方式来控制该设备，使得仅在发送突发信号的时间间隔内，各部件（2a, 2b, 2c, 2d, 2e）才投入运行，上述间隔含有训练序列。

使用已接收信号方差来估计信道脉冲响应的方法和设备

发明领域

本发明涉及一种方法，用于处理经由传输信道发送过来的已接收信号，并且还涉及一种相应的设备。具体地说，本发明旨在提供一种方法和相应的设备，用于在时分多址（TDMA）系统中改进信道脉冲响应。

发明背景

最近以来，移动无线通信系统已经广泛地推广。这样的移动无线通信系统按照公认的标准（例如 GSM 标准）进行工作。根据 GSM 标准，按照时分多址（TDMA）方法来进行数据传输。时分多址传输原理规定，仅在分别指定的各帧的各时隙中，从发射机向接收机发送数据，反之亦然。

在这样的通信系统中，数据传输基本上依赖于数字数据传输。然而，介于作为用户终端的移动无线收发信机设备（在下文中：移动台 MS）以及作为提供服务的无线网络部件的静止无线收发信机设备（在下文中：基站 BS）之间，数据必须作为模拟数据，经由空中接口 Um 进行传输。

因而，由移动台发送的数据作为模拟数据，经由基站 BS 的接收设备的基站天线装置被接收。在由接收设备对如此接收的数据进行进一步的处理的过程中，模拟数据经过 A/D 转换器进行模拟到数字的转换。在处理过程的下一阶段，所获得的数字数据被送往均衡器装置以便进行均衡。如此获得的输出数据随后被送往信道编码解码装置，以便对数据进行编码/解码。在接收侧进行解码，以便从相关的信令数据中，将已接收的语音数据分离出来。

在接收侧，由于需要通过均衡从已接收信号的混合物中重构被发

送的信号，所以在这个处理过程中，对已接收数据的均衡给予特别的注意。

例如，假设这样一种情况，在无线通信网络中，有一个基站 BS，以及仅有一部移动台 MS 出现在基站的无线覆盖范围以内。接着，从移动台 MS 发出的信号 s 在时间 $s(t)$ 经过视线距离直接地到达基站 BS。然而，同样的信号 s 也可以被，例如，出现在环境中的建筑物、山或诸如此类的障碍物所反射。因此，同样的信号可以在较迟的时间点 $s(t+T)$ 到达基站 BS，并且被叠加到信号 $s(t)$ 之上。由于延迟 T ，使得两组已接收的信号不再互相同相。而且，由于较长的传输路径，使得延迟信号 $s(t+T)$ 甚至比信号 $s(t)$ 衰减得更多一些。因此，由基站 BS 所接收的以及来源于移动台 MS 的信号发生畸变。现在，假设附加地出现另一个移动台，信号 $s'(t')$ ， $s'(t'+T')$ 附加地被基站 BS 所接收，这将导致在各被发送的数据符号之间产生干扰（符号间干扰）。

因此，均衡器装置必须从已接收的信号 $s(t)$ ， $s(t+T)$ ， $s'(t')$ ， $s'(t'+T')$ 的混合物中重构（检出）原始的被发送信号 $s(t)$ 和/或 $s'(t')$ 。

要求如此重构（或检出）的信号尽可能地相似于原始的被发送信号。在设计例如用于基站 BS 的接收设备的均衡器时。这种重构就成为主要的事情。

到这里，在用于移动通信系统的接收设备的均衡器中，信道脉冲响应（CIR）已被估计出来，并且这样估计出来的信道脉冲响应被用来检出（即重构）已发送的数据符号。

代表在权利要求 1 和 7 的导语中所描述的现有技术的专利文献 WO 94 28661 公开了基于一个低复杂性模型来估计信道状态的方法。处于瑞利衰落环境中的接收机使用这个方法，并且该接收机含有至少一个信道状态估计器，它使用自回归模型来处理信道变化。

专利文献 US 5 329 547 公开了用于相干通信的方法与装置。根据这种方法，将参考符号插入到数据流之中。通过利用参考样本流来估计信道响应。通过利用估计的信道响应，从数据样本流中检出估计的数据符号。

专利文献 WO 97 23089 公开了利用两个最小二乘法 (LS) 估计器来进行信道辨识的方法与装置。每一个 LS 估计器都被用来计算信道数值的一个序列, 还用于在整个频带上确定估计的信道脉冲响应。

正如在上述现有技术文献中所叙述的那样, 通常根据已接收的数据符号流的样本来估计信道脉冲响应。因此, 它是实际的 (被观测的) 信道脉冲响应。然而, 当从已接收的数据符号检出/重构已发送的数据符号时, 信道脉冲响应中的误差将导致效果的恶化。

在先前的解决方案中, 上述估计的信道脉冲响应被假定为理想的, 由此忽略了误差, 并且它被用于照原样重构数据符号。然而, 由于在被观测的信道脉冲响应中没有考虑误差, 所以这种解决方案是不能令人满意的。

在 Labedz 等人申请的、已转让给莫托罗拉公司的专利文献 US-A-5 251 233 中, 公开了另一种用于改进均衡器性能的已知的解决方案。其中所描述的基本思路就是去估计在脉冲响应中各分支上的能量。具有低于预定阈值水平的能量的那些分支都取零值, 以便在估计的信道脉冲响应中降低噪声。可以将这种先前提出的方法用于复数分支或实数分支, 即, 可以针对实数和虚数分支独立地进行处理。在信道干扰比 C/I 或 $C/(I+N)$ (N 为叠加到干扰信号之上的噪声信号) 分别都很低以及信道具有不良质量的情况下, Labedz 的专利所公开的方法在重现的被检测信号中改进 (即降低) 了位误码率 BER (这是接收机质量的一项指标)。在具有短的脉冲响应的信道中这种方法也是有利的。(名词分支指的是, 针对所使用电路的相应的有限冲击响应 FIR 模型的每一个有关的延迟元件的系数。因此, 根据分支数值就能计算出传递函数的极点和零点。)

然而, 在良好的信道条件下, Labedz 等提出的方法甚至会降低接收机的性能, 这可以归因于某些分支的幅度系数取零值所致。

本发明的概要

因此, 本发明的一个目标就是提供一种方法, 用以处理经由传输信道发送过来的已接收信号, 并且提供一种相应的设备, 不管实际信道的情况如何, 都能在所有信道中改进接收机的性能。

根据本发明, 借助于一种用于处理经由传输信道发送过来的已接收信号的方法, 就能达到这个目标, 本方法包括下列各步骤:

基于所述已接收信号, 获得所述传输信道的被观测的响应函数;

其特征在于下列各步骤: 导出所述已接收信号的估计方差; 以及通过将所述估计方差应用到所述被观测的响应函数, 来修改所述的被观测的响应函数, 由此获得修改后的脉冲响应; 其中, 通过将所述估计的响应函数乘以一个矢量, 来实现所述的修改步骤, 根据估计的响应函数以及所述的估计方差来确定上述矢量的各分量。

而且, 本发明提出了一种用于处理经由传输信道发送过来的已接收信号的设备, 所述设备包括: 获取装置, 基于所述已接收信号, 获得所述传输信道的被观测的响应函数; 导出装置, 导出所述已接收信号的估计方差; 以及修改装置, 通过将所述估计方差应用到所述被观测的响应函数, 来修改所述的被观测的响应函数, 由此获得修改后的脉冲响应。所述修改装置还包括一个乘法装置, 它将所述估计的响应函数乘以一个矢量, 根据估计的响应函数以及所述的估计方差的各项参数来确定上述矢量的各分量。

在各项从属权利要求中, 还说明了本发明的有利的进一步的开发情况。

根据本发明, 所提出的方法和/或设备都很容易实施。而且, 本发明还改进了在 GSM 建议书 5.05 所指定的所有信道类型 (例如, 信道模型 “HT100” 以及 “RA250”) 中的接收机性能。此外, 这种改进不仅可以在不依赖于信道类型本身的条件下获得, 而且还可以在不依赖于特定的信道状况的条件下, 即在不同的信道干扰比的情况下获得。

下面, 借助于实例并参照诸附图, 对本发明的各优选实施例进行详细说明。

附图的简要说明

图 1 是根据本发明的装置的一份简略的方框图。

优选实施例的说明

根据本发明，在用于对含有数据符号流的被发送的和被接收的信号进行均衡之前，以这样一种方式对基于已接收的数据符号的（已获得的）估计的信道脉冲响应（CIR）进行修改，以便反映传输信道所固有的误差（例如，由于对无线信道的有害的外部影响或诸如此类所导致的）。

换句话说，取代最近被采纳的或多或少带有教学性的方法（忽略传输信道误差），本文所建议的方法是基于一种分析方案，这将在下面加以详细说明。

众所周知，在移动通信系统中，均衡器装置基于最大似然度序列估计（MLSE）的原理。在这样的均衡装置中，实施维特比算法以便获得最佳的均衡器性能。例如，在 Y. Akaiwa 所著的《数字移动通信

引论》一书的 p. 83=89 以及 p. 285=286 中, 均对此作了描述, 该书于 1997 年在美国纽约由 John Wiley & Sons 公司出版。

众所周知, 令作为实施所执行的算法的一个结果的目标函数 (也称为“矩阵”) J 最小化, 就能找到最大似然度的估计序列, 即 MLSE。(通常, 维特比算法也可以用于这样的目的。)

$$J_{\min} = (Y - X \underline{h})^H (Y - X \underline{h}) \quad \dots\dots(1)$$

式中

$\underline{h}$ 为基于已接收的信号序列的估计的信道脉冲响应, 以矢量形式表示, 用于均衡;

X 为符号序列矩阵;

Y 为已接收的数据符号流, 以矢量形式表示, 以及

归入第 1 项的运算符“ H ”表明, 结果矢量代表共轭复数转置矩阵。

根据已知的训练序列来定义符号序列矩阵 X 。训练序列是系统事先已知的, 并且在时分多址 (TDMA) 帧的时隙 TS 期间也作为数据的一部分进行发送, 这就是所谓的数据突发。

例如, 假设符号序列矩阵使用训练序列 trs (以矢量形式表示)。矢量 trs 是含有几个符号数值的行矢量。在这种关联中, 要注意的是, 例如根据 GSM, 当使用高斯最小频移键控 (GMSK) 调制时, 各矢量元素可以取值为 +1 和 -1 (不是 1 和 0)。可以按照下列方式来形成矩阵:

$$X = \begin{bmatrix} trs(tl-1) & \dots & trs(tl-hl) \\ trs(tl-2) & \dots & trs(tl-hl-1) \\ \dots & \dots & \dots \\ trs(hl-1) & \dots & trs(0) \end{bmatrix} \quad \dots\dots(1a)$$

式中, tl 表示训练序列被使用部分的长度, 并且 hl 表示脉冲响

应的长度。

因此，矩阵 x 跟矢量 h 的乘法运算也就是针对训练序列的卷积运算。在方程式的以上所选择的表示方法中，最后的数据样本就是矢量 y 中的第 1 个元素（然而，各方程式的其他表示法也是可以理解的）。

虽然在上文中已经说明，通常维特比算法被用来使矩阵最小化，但在本例中这是不需要的。即，结合本发明而定义的矩阵“J”跟已知训练序列所在处已接收的部分序列即数据样本流有关。因此，不是对突发的全部数据执行该算法，而是仅对该突发的已知部分执行该算法。这在缩短处理时间以获得改进的信道脉冲响应方面是有利的。而且，由于同一事实，为了信道脉冲响应估计，不需要像通常为了实施维特比算法所需的那样，从均衡器的输出到一个相应地运行的设备的输入端之间建立任何反馈环路，因为在没有均衡器的条件下，数据（训练序列）是已知的。在简化根据本发明的设计安排的硬件结构方面，这是有利的。

现在，信道脉冲响应的估计 $\underline{h}$ 包括实（实际的）信道脉冲响应 h （该信道本身的）以及归入该信道的误差矢量 e 。

因此， $\underline{h}$ 可以（用矢量表示法）表示为

$$\underline{h} = h + e \quad \dots\dots\dots (2)$$

现在，分析问题归结为确定矢量 a ，当把 a 乘以所观测的（所检出的）估计的信道脉冲响应 $(h + e)$ 时，就能使矩阵 $J_{\min}$ 的期望值最小化。要注意的是，由于矩阵“J”涉及在数据流中出现众所周知的训练序列的那一部分，所以不需要用维特比算法来优化这个涉及矢量 a 的矩阵。

因此, 修改后的估计的信道脉冲响应 $\underline{h}$ 可重写为

$$\underline{h} = \begin{bmatrix} a_0 [h_0 + e_0] \\ a_1 [h_1 + e_1] \\ \dots \\ a_i [h_i + e_i] \\ \dots \\ a_{(n-1)} [h_{(n-1)} + e_{(n-1)}] \\ a_n [h_n + e_n] \end{bmatrix} \quad \dots\dots(3)$$

误差矢量功率 $|e_i|^2$ 依赖于已接收的信号序列的估计的信号方差 δ^2 , 并因此可以使用已知的脉冲响应估计方法, 通过计算从后者导出。在以诺基亚移动电话公司名义提出的专利申请 EP-A-0 701 334 中, 可以找到这样的已知的脉冲响应估计方法。

假设白色噪声作为误差而出现, 对矢量 $\underline{a}$ 的系数 a_i 进行正常的优化, 产生下列关系

$$a_i = |h_i|^2 / [|h_i|^2 + e_i^* e_i] \quad \dots\dots(4)$$

对满足 $0 \leq i \leq n$ 条件的矢量分量来说, e_i^* 表示系数 e_i 的共轭复数数值, 并且 $e_i^* e_i$ 表示误差矢量分量功率 $|e_i|^2$ 的量。当将数值 $a^*(h + e)$ [方程式 3] 插入矩阵 J 来取代每一个元素 h 时, 就获得这样的结果, 并且在矢量 $\underline{a}$ 的元素方面实现了优化。

而且, 项 $e_i^* e_i$ 还依赖于已接收的信号的方差 δ^2 乘以常数 p , 如下文所述, 对常数 p 的分析比较容易进行。由于无法精确地知道脉冲响应, 只能作出估计, 所以变量 $\underline{e}$ 是涉及每一个脉冲响应分支的误差矢量。因此, $\underline{e}$ 表示介于实际的脉冲响应与估计的脉冲响应之间的差值。

虽然不能知道 e 本身，但是基于方差 δ^2 以及常数 p ，就能估计出数值 $|e_i|^2$ ，并且它表示脉冲响应分支的方差。

接着，考虑以上各点，方程式(4)可以改写为

$$a_i = |h_i|^2 / [|h_i|^2 + p \delta^2] \quad \dots\dots(5)$$

式中， p 为用户可选择的常数，并且 δ^2 为已接收信号的估计方差。

常数 p 的数值有待于用户设定。所有参数 p 的大多数都被设置成依赖于所使用的训练序列的特性，像其中的长度，正交性，等等。可供选择地或附加地，数值 p 可以依赖于被发送数据所使用的调制方法。

由于 δ^2 涉及已接收信号的方差，所以 $p * \delta^2$ 应当与 $|e_i|^2$ 成正比，这表示估计的脉冲响应系数的方差。如上所述，已经假设了高斯噪声的情形，并且在这个假设下，脉冲响应系数的方差可靠地被认为跟已接收的数据样本的方差与参数 p 的乘积成正比。

上面所讨论的方程式 (4) 和 (5) 说明了实际信道脉冲响应的变量 $|h_i|^2$ 。然而，其精确数值尚不得而知。因此，从实际的观点出发，可以使用从估计的脉冲响应获得的那些(数值的)估计，即基于 $(h + e)$ 的数值的估计，与此同时，仍然可以得到可接受的精度。

上述用于导出矢量 a 的参数 a_i 的方法也可以用于复数分支的情形。可供选择地，可以针对各系数的实部和虚部独立地进行处理，然而，这将导致系数 a_i 的数目翻一番。

显而易见，根据本发明所建议的上述方法，首先，通过考虑信道误差 e ，来修改(被观测的)估计的信道脉冲响应 $(h + e)$ ，然后，修改后的信道脉冲响应 h 被用来均衡已接收的信号，以便重构原始的被发送信号。可以容易地将本发明应用于设备 1，用以处理经由传输信道 4 发送过来的已接收信号 y 。在下文中将参照图 1 来说明其中的一个实例。

经由传输信道 4 来提供数据信号流 y 。

数据信号被输入到一个获取装置 2a，它根据所述已接收信号 y 以

及来自接收机设备的存储器装置（未示出）同时也出现在数据流 y 之中的已知的训练序列 TR_SEQ ，来获取/检出所述传输信道 4 的估计的信道脉冲响应 $(h + e)$ 。

这样估计的信道脉冲响应表示信道传递函数 h 本身，同时也考虑到在传输过程中出现的误差 e 。

而且，数据 y 被直接地输入到均衡器装置 3，接受均衡处理，以便由此重构原始的被发送信号。

数据信号 y 也被送往导出装置 2b，它适于导出（或估计）所述已接收信号 y 的估计方差 δ^2 ，用以表示传输信道 4 的固有误差。训练序列 TR_SEQ 也被送往导出装置 2b，作为导出估计方差的基础。

如上所述，通过乘以预定的常数 p ，就能对由此获得的方差 δ^2 进行加权。加权运算在加权装置 2d 中实现，常数 p 依赖于，例如，训练序列和/或调制方法的各项特性，并且由系统（基站系统）操作员使用设定装置 2e 来设定。

在修改装置 2c 中，所获得（检测）的信道脉冲响应 $h + e$ 跟已加权的方差 $p * \delta^2$ 进行组合，在进行加权之后，通过将所述估计方差 δ^2 应用到所述的估计的响应函数 $h + e$ ，来修改所述的估计的响应函数 $h + e$ 。作为修改的结果，获得一个修改后的脉冲响应 $\hat{h}$ 。修改后的脉冲响应被送往均衡器装置 3，作为用于均衡的控制信号。受到如此控制的均衡器 3 输出高质量的重构的原始的被发送信号。

因此，如在图 1 中所看到的那样，在根据本发明的设备中，从已检测的数据 y 估计出实际上被检测的信道脉冲响应 $h + e$ ，同样也估计出已接收数据 y 的方差 δ^2 。这是针对含有训练序列的已发送的突发信号的一部分来完成的，该训练序列是事先知道的，并且被用来作为两种估计的基础。然后，用估计的方差以及实际检测的估计的信道脉冲响应来修改已检测的信道脉冲响应，以便获得修改后的信道脉冲响应，然后，它被用来控制均衡器装置 3，以便改进对数据符号的估计，即，从已接收信号重构原始的被发送信号。

上述发明的一种好处就是，所获得的重构信号的位误码率 BER 对

信道干扰比 (C/I , 或 $C/(I+N)$) 的比值得以大大地改进。甚至在 GSM 建议书 5.05 中所指定的多种有关的信道类型中的每一种都能获得这样的改进。因此, 不依赖于信道干扰比, 在本发明人的研究中, 可以观察到误码率的改进因子接近于 2。这就是说, 使用本发明, 跟不实施本发明的情形相比, 误码率可能降低大约 50%。

应当理解, 以上的说明以及附图仅仅是为了借助于实例来说明本发明。在所附权利要求书的范围内可以对本发明的各优选实施例作出更改。

图1

