

[19]中华人民共和国国家知识产权局

[51]Int. Cl⁷

H04B 1/10

[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 00106918.7

[43]公开日 2000年11月1日

[11]公开号 CN 1272003A

[22]申请日 2000.4.21 [21]申请号 00106918.7

[30]优先权

[32]1999.4.23 [33]US [31]09/296,654

[71]申请人 朗讯科技公司

地址 美国新泽西州

[72]发明人 R·米歇尔·比勒 尚-彻·刘

史蒂文·P·尼克罗索

德里克·厄普特格鲁夫

[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

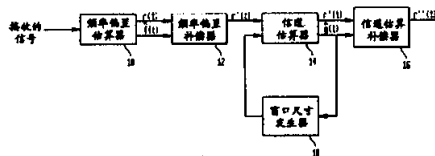
代理人 蒋世迅

权利要求书 2 页 说明书 7 页 附图页数 2 页

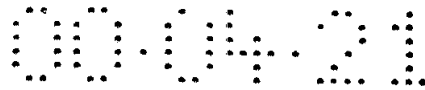
[54]发明名称 信道估算及基于信道估算的补偿的方法

[57]摘要

一种信道估算的方法,在逐个样值块的基础上对接收信号中第一信号成分的 N 个样值块确定出线性回归系数,并根据该 N 个样值块的线性回归系数确定一个信道估算。应用该信道估算,能够显著地消除接收信号的第二信号成分中的信道失真。



ISSN 1008-4274



权 利 要 求 书

1. 一种信道估算的方法，包括步骤：

5 a) 对接收信号中第一个信号成分内的 N 个样值块确定出线性回归系数，所述 N 个样值块的每一个中包含多个所述第一信号成分的样值；以及

b) 根据所述 N 个样值块的所述线性回归系数得到一个信道估算。

2. 权利要求 1 的方法，在所述步骤 a) 之前还包括步骤：

c) 补偿所述第一信号成分中的频率偏移。

10 3. 权利要求 1 的方法，其中，所述步骤 a) 中包括步骤：

a1) 对所述 N 个样值块中的第 1 到第 $(N-1)$ 个样值块的每一个存储线性回归系数；

a2) 接收所述 N 个样值块中第 N 个样值块内的诸样值；及

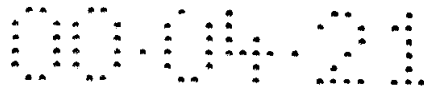
15 a3) 应用所述接收到的样值对第 N 个样值块确定出线性回归系数。

4. 权利要求 3 的方法，其中，所述步骤 a1) 中对所述第 1 至第 $(N-1)$ 个样值块的每一个存储一条曲线的一个斜率和一个平均值，就象所述第 1 至第 $(N-1)$ 个样值块的所述线性回归系数那样，它使得所述第 1 至第 $(N-1)$ 个样值块中相应的一个样值块内的诸样值平均方差最小。

20 5. 权利要求 4 的方法，其中，所述步骤 a3) 中确定出一条曲线的一个斜率和一个平均值，就象所述第 N 个样值块的所述线性回归系数那样，它使得所述第 N 个样值块中所述接收样值的平均方差最小。

25 6. 权利要求 5 的方法，其中，所述步骤 b) 中得到一条曲线的一个斜率和一个平均值作为所述信道估算，该曲线使得所述第 1 至第 N 个样值块中诸样值的平均方差最小，就象所述信道估算那样由所述第 1 至第 N 个样值块的所述线性回归系数所表示的。

7. 权利要求 3 的方法，其中，所述步骤 a3) 中确定出一条曲线的一个斜率和一个平均值，就象所述第 N 个样值块的所述线性回归系



数那样，它使得所述第 N 个样值块中所述接收样值的平均方差最小。

8. 权利要求 3 的方法，其中，所述步骤 b) 中得到一条曲线的一个斜率和一个平均值作为所述信道估算，该曲线使得所述第 1 至第 N 个样值块中诸样值的平均方差最小，就象所述信道估算那样由所述第 1 至第 N 个样值块的所述线性回归系数所表示的。

9. 权利要求 3 的方法，其中，所述步骤 a) 中只对所述第 N 个样值块存储样值。

10. 权利要求 1 的方法，其中，所述第一信号成分是一个已知信号成分。

11. 权利要求 10 的方法，其中，所述已知信号成分是 CDMA 2000 系统中的一个导频信号。

12. 权利要求 10 的方法，其中，所述已知信号成分是一个周期性训练序列。

13. 权利要求 1 的方法，其中，所述第一信号成分是一个数据信号的非相干检测。

14. 权利要求 1 的方法，还包括步骤：

c) 应用所述信道估算确定出第二信号成分的诸符号。

15. 权利要求 4 的方法，其中，所述第一信号成分是一个信号段中的一个周期性训练序列。

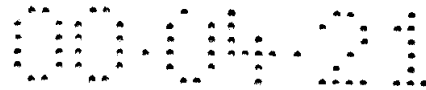
16. 权利要求 15 的方法，其中，所述第二信号成分是所述信号段中的一个非训练序列部分。

17. 权利要求 14 的方法，其中，所述第一信号成分是一个数据信号的非相干检测，且所述第二信号成分是所述数据信号。

18. 权利要求 1 的方法，还包括步骤：

c) 自适应地改变 N 的值。

19. 权利要求 18 的方法，其中，所述步骤 c) 根据所述 N 个块中至少一个块的线性系数，自适应地改变所述 N 的值。



说 明 书

信道估算及基于信道估算的补偿的方法

5 本发明涉及无线通信领域，更具体地涉及一种信道估算及基于信道估算的补偿的方法。

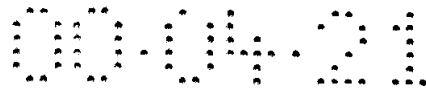
近几十年来，提出了诸如多载波传输和创造性天线算法之类的许多新技术，以增大多用户无线通信系统的容量。然而，由此类新技术赋予的性能改善通常会受到信道估算精确度不高的限制。信道估算是
10 对由传输信号用的物理信道或媒体引入的发射机信号与接收机信号之间的失真进行估算。利用对这种失真的估算（也即信道估算），在接收机中可以去掉这种失真的一部分，改善所接收信号的准确性。即使是信道估算的小量改进，也能对例如多用户技术带来重大好处。

常规的信道估算技术通常认为物理信道以及由它引起的失真特性在有限时间长度的取样窗口上是时不变的。信道估算的确定是在取
15 样窗口上对观察到的某种参考数取平均值得出的，然后应用该平均值来消除接收信号中的失真。此类常规技术的实例中包括递归最小二乘方（RLS）、最小均方（LMS）和流动平均值滤波等。

然而，在包括有诸如流动的移动台之类的无线移动通信系统中，
20 这些技术在快速变化的环境内将不能适应和产生所希望的结果；这里，物理信道参数会很快地变动。而且，在码分多址（CDMA）系统中，需要有高的信噪比（SNR）来使信道容量最大，强的噪声进一步使信道估算问题复杂化，这是因为，信道估算技术必须满足一对矛盾的要求，即为了时不变而要求小的窗口尺寸，以及为了抗噪声能力强而要求大
25 的窗口尺寸。

按照本发明的信道估算方法中假定，信道参数是随时间线性地变化的。通过对接收信号中的第一个信号成分之取样窗口内的诸样值实施线性回归运算，可以得到一个随快速变化的环境而变化的信道估算。

借助于对各个样值块确定线性回归系数，可简化线性回归的计算



复杂性。在逐个样值块的基础上，得到接收信号的诸新样值，并对此导得新的回归系数。应用对新样值块确定的线性回归系数和对先前诸样值块存储的线性回归系数两者，可以对整个窗口确定线性回归系数。

5 通过将信道估算的复共轭值加到接收信号中的第二个信号成分上，可以大大减小第二个信号成分中的信道失真。

此外，通过对频率偏移（发射机调制器与接收机解调器之间的频率失配）造成的失真的估算以及在实施信道估算之前对频率偏移的补偿，可应用大得多的取样窗口来实施信道估算。这样，将转移成较大的抗噪声能力。

10 从下面给出的详细说明和作为示例给出的附图，将对本发明有较充分的理解；说明中，类同的参考号数指明附图上相应的部分；其中，

图 1 示明按照本发明的装置，用以产生信道估算和实施基于信道估算的补偿；以及

图 2 示明按照本发明之方法的流程图，用以产生信道估算。

15 图 1 示明按照本发明的装置，用以产生信道估算和实施基于信道估算的补偿。如图中所示，接收的信号加到频率偏移估算器 10 上。应用接收信号中的一个已知信号成分，频率偏移估算器 10 对接收信号的频率偏移进行估算。

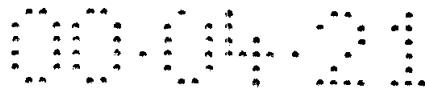
下面的式 (1) 一般地表示接收信号中一个信号成分的接收符号。

20
$$r(t) = s(t) \times f(t) \times g(t) + \text{白噪声} \quad (1)$$

式中， $r(t)$ 为接收的符号， $s(t)$ 为传输的符号， $f(t)$ 为频率偏移，以及 $g(t)$ 为信道失真。

由于接收机中应用来解调信号的振荡器不与发射机中应用来调制信号的振荡器完美地同步，在它们两者之间将存在振荡偏差，从而在接收符号中呈现出称作频率偏移的失真。与信道失真相对比，这种失真在小的取样窗口上呈现为周期性的信号。频率偏移估算器 10 产生一个频率偏移估算 $\hat{f}(t)$ ，将此频率偏移估算 $\hat{f}(t)$ 和接收符号 $r(t)$ 加到频率偏移补偿器 12 上。

频率偏移补偿器 12 应用估算的频率偏移 $\hat{f}(t)$ 来补偿接收信号中



的频率偏移，并在接收信号的已知和未知信号成分中产生出补偿后的接收信号 $r'(t)$ 。

由信道估算器 14 接收补偿后的接收符号 $r'(t)$ ，应用已知信号成分中补偿后的接收符号 $r'(t)$ 和一个窗口尺寸来产生出信道失真 $g(t)$ 的估算 $\hat{g}(t)$ ，如下面详细说明的，信道估算 $\hat{g}(t)$ 将构成线性回归系数。信道估算器 14 向信道估算补偿器 16 提供信道估算 $\hat{g}(t)$ 和补偿后的接收符号 $r'(t)$ 。信道估算补偿器 16 应用信道估算 $\hat{g}(t)$ 来补偿接收信号中未知信号成分之补偿后接收符号 $r'(t)$ 内的信道失真。

可取地，但不是必要地，本装置中还包括一个窗口尺寸发生器 18，它基于信道估算器 14 来的线性回归系数自适应地产生出一个窗口尺寸 W 。

现在，将详细说明本发明的工作。如上面所述，基于接收信号之已知信号成分中符号的估算，应用它来对接收信号中的已知和未知成分实施补偿。比如 CDMA 2000 的某些无线通信系统中，包括有上行链路（由基站接收的）和下行链路（由基站传输出的）通信中的已知信号成分。CDMA 2000 中，上行链路和下行链路通信中的导频信号为已知信号成分。

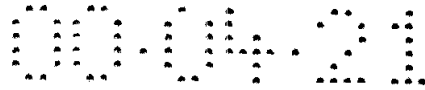
另一种方法，将一个称为训练序列的已知符号序列定期地插入至一个未知信号成分中，它能够用作已知信号成分。例如，在时分多址（TDMA）系统中包括有此类定期的训练序列。

作为再一种方法，对未知信号成分实施非相干检测。非相干检测是不计及信道失真地估算数据符号。非相干检测的结果随后作为已知信号成分为对待。

如前面所述，频率偏移呈现为一个周期性信号，它可以由下面的式子来表示：

$$f(t) = e^{(j\omega t)} \quad (2)$$

式中， ω 是接收机中解调器的本机振荡器与发射机中调制器的振荡器之间的角频率差值。所以，如下面的式（3）所示，通过将相邻符号之间的相位差在时间上进行平均，可以估算 ω ：



$$\hat{w} = \left[\sum_{n=1}^s \text{phase}(a(n\Delta t) \cdot a(n\Delta t - \Delta t)) * / \Delta t \right] / s \quad (3)$$

式中, $a(n\Delta t)$ 是在时间 $n\Delta t$ 上接收信号中的已知信号成分, $a(n\Delta t - \Delta t)$ 是在时间 $(n-1)\Delta t$ 上接收信号中的已知信号成分, Δt 是相邻符号之间的时间间隔, 而 s 是用来产生估算的样值数目。

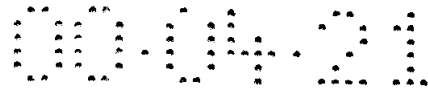
5 频率偏移估算器 10 按照式 (3) 估算 w , 并应用式 (2) 中的 \hat{w} 产生出频率偏移估算 $\hat{f}(t)$ 。

10 频率偏移补偿器 12 通过将频率偏移估算 $\hat{f}(t)$ 的共轭值加到接收信号的接收符号 $r(t)$ 上以补偿频率偏移 $f(t)$, 产生出接收信号中补偿后的接收符号 $r'(t)$ 。借助于估算频率偏移和对比进行补偿, 可以应用较大的取样窗口来实施信道估算, 从而伴随有较大抗噪声能力的优点。

15 信道估算器 14 在逐个样值块的基础上接收已知信号的样值, 并对等于窗口尺寸 W 的样值块数目 N 确定出信道估算。在安装采用本发明之无线通信系统时, 根据预期的多普勒频移范围、应用任何已知的技术来确定可能的窗口尺寸范围, 而多普勒频移范围决定于移动台可能移动的速度。得到最大和最小窗口尺寸后, 按照公式 $N = (w/2)^{1/2}$ (1/2) 可以确定每个窗口内最大和最小的样值块数目。依据设计人员的优选, 可以将最大与最小样值块数目之间的一个整数值选择作为每个窗口内的样值块数目。可取地, 但不是必要地, 宜这样地选择样值块的数目, 使得它的一个整数倍等于无线标准中所规定的一个数据帧的大小, 而无线通信系统是按照此无线标准工作的。因此, 除了设定样值块的数目 N 外, 本处理方法也确立了初始的窗口尺寸 W 和一个样值块的大小。

现在, 针对图 2 中所示的流程图来说明信道估算器 14 产生出信道估算的工作情况。

25 在步骤 S20 中, 使计数值 C 设定为 1, 并在步骤 S25 中, 由信道估算器 14 确定 C 值是否大于 $N-1$ 。如果 C 值小于 $N-1$, 则在步骤 S30 中接收和存储已知信号成分中下一个样值块也即第 t 个样值块内的样值。这些样值的存储取代了先前样值块的存储, 使得信道估算器 14 在同一时间上只存储一个样值块。应当理解到, 信道估算器 14 并非限



制于只存储一个样值块,但这样做法减小了对信道估算器 14 的存储器要求。

在步骤 S35 中,信道估算器 14 对第 C 个样值块计算和存储线性回归系数。具体地,信道估算器 14 计算出一条曲线的平均值和斜率,它可使第 C 块中样值的平均方差最小。然后,在步骤 S40 中,应用对样值块 1 至 C 所存储的线性回归系数由信道估算器 14 计算出信道估算。具体地,信道估算器 14 计算一条曲线的平均值和斜率,它可使 1 至 C 块中样值的平均方差最小,就象由每个样值块的线性回归系数所表示的那样。不需对每个样值块应用其样值,代之以只需应用线性回归系数,并对于 1 至 C 块不必要存储它们的样值。

步骤 S40 之后,在步骤 S50 中使计数值 C 加 1,处理过程回到步骤 S25 上。在处理了 $N-1$ 个样值块以及对此存储好线性回归系数之后,计数值 C 将超过 $N-1$ 。于是,处理过程从步骤 S25 前进至步骤 S25,随着接收下一个样值块,便接收到整个取样窗口上的诸样值。

在步骤 S55 中,接收和存储已知信号成分的下一个样值块,也即接收和存储第 C 个样值块。取代先前存储的样值块,将这些样值存储起来,使得信道估算器 14 在同一时间上仍然只存储一个样值块。如上面所述,信道估算器 14 并不限制于只存储一个样值块,但这样做法可减小对信道估算器 14 的存储器要求。

然后,在步骤 S60 中,信道估算器 14 计算一条曲线的平均值和斜率,它使得第 C 个块中样值的平均方差最小。其次,在步骤 S65 中,应用对样值块 $(C+1-N)$ 至 C (现在的总体 N 块或即取样窗口的尺寸) 存储的线性回归系数,由信道估算器 14 计算出信道估算。具体地,信道估算器 14 计算一条曲线的平均值和斜率,它使得 $(C+1-N)$ 至 C 块中样值的平均方差最小,就象由每个样值块的线性回归系数表示的那样。这里不应用每个样值块的样值,代之以只应用线性回归系数。因此,对于 $N-1$ 个样值块要存储的只是线性回归系数,而不是诸样值。这大大地降低了对信道估算器 14 的存储器要求。

其次,在步骤 S70 中,取代第 $(C+1-N)$ 样值块的线性回归系



数，代之以存储第 C 个样值块的线性回归系数。在步骤 S70 之后，在步骤 S50 中将计数值 C 加 1，处理过程回到步骤 S25 上。

5 不象常规的信道估算技术，按照本发明的信道估算方法并不认为在观察窗口内为一个恒常信道。相反地，认为信道是随时间线性变化的（也即是复平面内的一条任意直线）。

此外，通过线性回归系数更新的样值块来产生出信道估算，并在同一时间上仅仅更新一个样值块来偏移观察窗口或即取样窗口，使得与应用观察窗口本身内的样值相比较，由大的观察窗口所导致的处理延时和计算复杂性大为减小。然而，应当理解到，可以不应用线性回归系数，也能用诸样值本身来产生出信道估算。当然，这样的实施方法将要求明显加大的存储器总量。

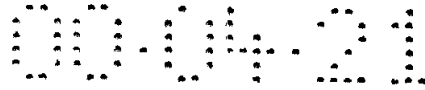
信道估算补偿器 16 将信道估算器 14 来的信道估算 $\hat{g}(t)$ 的复共轭值加到接收信号中未知信号成分的补偿后接收符号 $r'(t)$ 上，以去除补偿后接收符号中的信道失真。

15 例如，在一个 CDMA 2000 无线系统中，未知信号成分可以是一个业务信道。在关于训练序列的上面的讨论中，在另一种方法里未知信号成分可以是接收信号中的非训练序列部分。在关于接收信号之非相干检测的再一种方法中，在未知信号成分中非相干检测之前的接收信号以及非相干检测之后的接收信号，为未知信号成分。

20 其次，要说明窗口尺寸发生器 18 的工作。优选实施例中，由窗口尺寸发生器 18 根据信道估算器 14 来的线性回归系数确定出取样窗口尺寸 W。然而，在产生出线性回归系数之前，窗口尺寸发生器 18 先将讨论到的预定窗口尺寸提供给信道估算器 14。取样窗口（也称为观察窗口）尺寸是一个设计参数，能够从经验上来确定它，最佳地满足设计者的意原；并因之将它固定。但是，如上面所述，优选实施例中，
25 取样窗口尺寸 W 是根据信道估算器 14 来的线性回归系数按照下面的式（4）自适应地确定的。

$$W = \alpha_1 * \text{PI} (2 * \beta / \delta)^{1/2} + \alpha_2 \quad (4)$$

式中， α_1 和 α_2 是最佳地满足设计者意愿的、由经验确定的常



数；又，

$$\begin{aligned} \beta &= \frac{1}{L} \sum_{i=C-L}^{C-1} |k_0(i)|^2 \\ \delta &= \frac{\sum_{i=C-L}^{C-1} [(n^2 - 1)(k_0(i) + k_0(i-1)) - 2nk_0(i-1)]^2 - 2(n^2 - 1)(4n^2 - 1) |k_1(i)|^2}{L - (7n^2 - 1)(4n^2 - 1)} \end{aligned}$$

5 这里， $k_0(i)$ 为第 i 样值块的平均值； $k_1(i)$ 为第 i 样值块的斜率； n 为样值块的大小； L 为观察时段，在此时段上假定多普勒频移是恒定的（依据设计人员意愿的一项设计参数集）；以及 C 为上面讨论到的样值块指数或计数值。

10 如果按照式（4）确定的窗口尺寸比之现行窗口尺寸大一个样值块的大小，或者比之现行窗口尺寸小一个样值块的大小，则窗口尺寸发生器 18 分别增大或减小窗口尺寸一个样值块。因此，样值块的数目 N 分别增大或减小。新的样值块数目 N （也即窗口尺寸）加到信道估算器 14 上，应用来产生出信道估算 $\hat{g}(t)$ 。

可以明白，确定窗口尺寸的方法并非限制于上面讨论到的方法，也可以应用任一种方法。

15 应当理解到，按照本发明的方法可由合适编程的数字信号处理器或具有充分存储器容量的 ASIC 来实现，并将数字信号处理器或 ASIC 驻留于接收传输信号的接收机中。因此，按照本发明的方法可应用于无线通信系统中的移动台和基站两者上。

说明书附图

图1

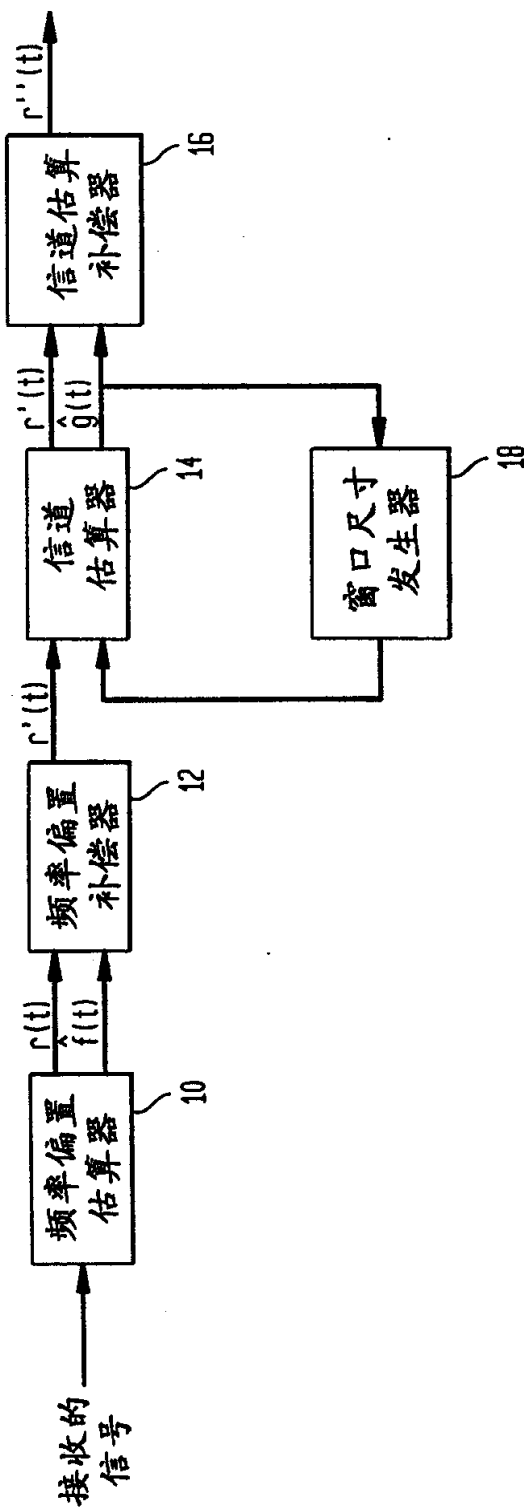


图2

