

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

H04Q 7/22

H04Q 7/32



[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 00105846.0

[43] 授权公告日 2003 年 5 月 7 日

[11] 授权公告号 CN 1108071C

[22] 申请日 2000.4.11 [21] 申请号 00105846.0

[71] 专利权人 信息产业部电信科学技术研究院

地址 100083 北京市学院路 40 号

[72] 发明人 李 峰 何毓嵩 徐铁铸

审查员 毕艳红

[74] 专利代理机构 北京德琦专利代理有限公司

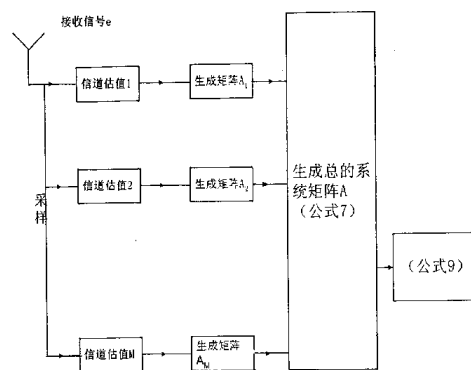
代理人 王丽琴

权利要求书 1 页 说明书 6 页 附图 2 页

[54] 发明名称 码分多址移动通信系统中终端设备端的一种信号处理方法

[57] 摘要

本发明涉及码分多址移动通信系统中终端设备端的一种信号处理方法，是时域分集与联合检测相结合的方法，以提高接收机的分集增益。包括：对接收信号在时域上进行多倍速采样；进行空间信道冲激响应估值；得到矩阵；组合成系统矩阵；完成联合检测算法，获得对原始发送数据的估值。应用在移动终端上可解决上下行性能不匹配问题，达到同频复用，且可使用相对简单的联合检测算法。本方法也可用于基站端。



ISSN 1008-4274

1.一种码分多址移动通信系统中终端设备端的一种信号处理方法，其特征在于将时域分集与联合检测相结合，包括：

对接收信号在时域上进行多倍速 M 次采样，得到 M 个采样数据 e_i ；

5 对每次采样获得的每个采样数据 e_i 进行空间信道冲激响应估值，获得 M 个空间信道冲激响应估值 h_i ；

由获得的每个空间信道冲激响应估值 h_i 得到 M 个矩阵 A_i ；

由 M 个矩阵 A_i 组合成一个系统矩阵 A ；根据系统矩阵 A 完成联合检测算法，获得对原始发送数据的估值 d_{est} ， $i=1\cdots M$ 。

10 2.根据权利要求 1 所述的一种码分多址移动通信系统中终端设备端的一种信号处理方法，其特征在于：所述的获得空间信道冲激响应估值 h_i 是先利用公式 $e_{mid} = \sum_i m_i \otimes h_i + n_m$ ，再由公式 $h_i = G^{-1} e_{mid}$ 完成的，式中的 e_{mid} 是终端设备用户接收到的训练序列中间码， G 是由终端设备用户训练序列中间码生成的系数矩阵， m_i 是第 i 终端设备用户发送的训练序列中间码， n_m 表示训练序列中间码部分受到的噪声干扰。

3.根据权利要求 1 所述的一种码分多址移动通信系统中终端设备端的一种信号处理方法，其特征在于：所述的获得对原始发送数据的估值 d_{est} 是根据采样数据 e 和系统矩阵 A 来估计的，包括采用公式 $d_{est} = (\text{diag}(A^* A))^{\perp} A^* e$ 或者公式 $d_{est} = (A^* A)^{\perp} A^* e$ 。

20 4.根据权利要求 1 或 3 所述的一种码分多址移动通信系统中终端设备端的一种信号处理方法，其特征在于：所述的由 M 个矩阵 A_i 组合成一个系统矩阵 A 是采用如下公式进行的，包括： $A_{sum} = (A_1^T, A_2^T \cdots A_M^T)^T$ 和 $e_{sum} = (e_1^T, e_2^T \cdots e_M^T)^T$ ，并利用公式 $d_{est} = (\sum_{i=1}^M A_i^* A_i)^{\perp} A_{sum}^* e_{sum}$ 或在 M 较大时采用公式 $d_{est} = (\text{diag}(\sum_{i=1}^M A_i^* A_i))^{\perp} A_{sum}^* e_{sum}$ 对原始发送数据估值。

码分多址移动通信系统中终端设备端的一种信号处理方法

本发明涉及一种码分多址（CDMA）蜂窝移动通信技术，更确切地说是涉及一种码分多址（CDMA）扩频蜂窝移动通信系统中终端设备端的信号检测、处理方法，是一种时域分集与联合检测相结合的方法。

在 CDMA 扩频蜂窝移动通信系统特别是在时分双工（TDD）码分多址移动通信系统中，为克服多径和多址的影响，从原理上说，基站端和终端设备端均可采用时域分集的方法提高系统性能，和采用联合检测算法作为基本的信号检测方法来消除多址干扰（MAI）和码间干扰（ISI）的影响。

从具体操作上说，在基站（BTS）端，可以采用智能天线技术，利用多根天线同时接收，获得空间分集增益，和使用相应波束合成算法来提高接收灵敏度（或可理解为同时降低了干扰和对白噪声起到抑制作用）；但在终端设备（UE）端，为降低成本和减小体积，通常只能采用单根天线进行接收，由于无法采用多根天线同时接收的技术，即通过空间分集对同频干扰和热噪声进行消除，从而导致上、下行的接收增益不匹配。

特别是在采用联合检测算法的 CDMA 扩频蜂窝移动通信系统中，由于联合检测算法可以估计出本小区所有用户的多径和多址干扰，所以在基站端，本小区用户的多径和多址干扰可以最大限度的被抑制；而在终端设备（UE）端，虽然也可以采用联合检测算法最大限度地抑制来自本小区的多径和多址干扰，但对于处于小区边缘的用户，联合检测算法将无法估计出来自邻近同频小区的用户信号并将其消除掉，这些信号相当于噪声加在了系统中，使系统性能显著下降，且接收机的噪声系数也限制了接收灵敏度，此时如果不采用合适的信号处理方法，接收信号的误码率将显著提高，甚至导致通讯中断。

虽然可以采用功率控制和智能天线的算法，以最大程度地抑制来自相邻小区的干扰，但如果不采取恰当的方法来提高终端设备（UE）的接收增益，通讯质量仍会严重下降甚至导致通信中断。为达到 CDMA 扩频蜂窝移动通信系统同频复用的目标，只能减少被同时激活的工作码道来保证终端设备（UE）在小区交界处的通讯，这样将导致系统实际容量减小。

为解决上述问题，必须提出一种适合于终端设备（UE）端的基带处理方法。

本发明的目的是设计一种码分多址移动通信系统中终端设备端的信号处理方法，可提高终端设备（接收机）的分集增益，在移动终端中应用时可解决上、下行性能不匹配的问题，且不必大幅度提高计算量就可达到同频复用的目的，将同样的方法应用于基站中也可提高接收增益。

本发明的目的是这样实现的：码分多址移动通信系统中终端设备端的一种信号处理方法，其特征在于：是一种将时域分集与联合检测相结合的方法；包括：

15 对接收信号在时域上进行多倍速 M 次采样，得到 M 个采样数据 e_i ；对每次采样获得的每个采样数据 e_i 进行空间信道冲激响应估值，获得 M 个空间信道冲激响应估值 h_i ；由获得的每个空间信道冲激响应估值 h_i 得到 M 个矩阵 A_i ；由 M 个矩阵 A_i 组合成一个系统矩阵 A ；根据系统矩阵 A 完成联合检测算法，获得对原始发送数据的估值 d_{est} ， $i=1\cdots M$ 。

20 所述的获得空间信道冲激响应估值 h_i 是先利用公式 $e_{mid} = \sum_i m_i \otimes h_i + n_m$ ，再由公式 $h_i = G^{-1} e_{mid}$ 完成的，式中的 e_{mid} 是终端设备用户接收到的训练序列中间码， G 是由终端设备用户训练序列中间码生成的系数矩阵， m_i 是第 i 终端设备用户发送的训练序列中间码， n_m 表示训练序列中间码部分受到的噪声干扰。

25 所述的获得对原始发送数据的估值 d_{est} 是根据采样数据 e 和系统矩阵 A

来估计的，包括采用公式 $d_{\text{est}} = (\text{diag}(A^* A))^{\cdot 1} A^* e$ 或者公式 $d_{\text{est}} = (A^* A)^{\cdot 1} A^* e$ 。

所述的由 M 个矩阵 A_i 组合成一个系统矩阵 A 是采用如下公式进行的，包括： $A_{\text{sum}} = (A_1^T, A_2^T \cdots A_M^T)^T$ 和 $e_{\text{sum}} = (e_1^T, e_2^T \cdots e_M^T)^T$ ，并利用公式

5 $d_{\text{est}} = (\sum_{i=1}^M A_i^* A_i)^{\cdot 1} A_{\text{sum}}^* e_{\text{sum}}$ 或在 M 较大时采用公式 $d_{\text{est}} = (\text{diag}(\sum_{i=1}^M A_i^* A_i))^{\cdot 1} A_{\text{sum}}^* e_{\text{sum}}$ 对原始发送数据估值。

本发明的将时域分集与联合检测相结合的方法是采用优化算法，利用时域上获得的分集增益，来提高终端设备接收信号的信噪比。

本发明的终端设备（UE）端的信号处理方法是一种将时域分集与联合

10 检测相结合的方法，在并未大幅度提升计算复杂度的情况下，可使 CDMA 扩频蜂窝移动通信系统中的终端设备（UE）端获得分集增益，提高接收机灵敏度和增加系统容量，解决移动终端上下行性能不匹配问题，而且由于引进了时域分集，可以使用相对简单的联合检测算法，在总计算量不增加的情况下，比单纯使用联合检测算法有更强的抗干扰性能，本发明的方法

15 也可应用于基站端以提高接收增益。

下面结合实施例及附图进一步说明本发明的技术。

实施例以时分一同步码分多址（TD-SCDMA）系统《由中国无线通信标准组（CWTS）提出并已成为国际上 IMT-2000 无线传输技术(RTT)之一》为例说明本发明的技术。

20 图 1 是联合检测算法原理流程框示意图

图 2 是时分双工码分多址（CDMA TDD）移动通信系统中的突发数据结构示意图

图 3 是本发明时域分集与联合检测相结合的方法流程框示意图

参见图 1，图中示出 TD-SCDMA 系统中联合检测算法的实现步骤。假设发送的原始数据为 d ，将扩谱、加扰和空中信道的作用用一个系统矩阵

25

A 表示，同频邻近小区间干扰和热噪声用 n 表示，那么终端设备（接收机）接收到的数据 e 可以用下式表示：

$$e = Ad + n \cdots \cdots \text{（公式 1）}$$

图 1 中的步骤 1 表示从接收的采样数据 e_i 中求取空中信道的冲激响应估值 h_i 。在 TD-SCDMA 系统突发（burst）结构中定义了用于信道估计的训练序列中间码（Midamble），如图 2 中所示，是处在一个时隙宽度中（通常为数百微秒），训练序列中间码（Midamble）的前后为数据符号（Data symbols）。用 m_i 代表用户 i 发送的训练序列中间码（Midamble）， e_{mid} 表示接收到的训练序列中间码（Midamble）， n_m 表示训练序列中间码（Midamble）部分受到的噪声干扰，则有以下式：

$$e_{mid} = \sum_i m_i \otimes h_i + n_m \cdots \cdots \text{（公式 2）}$$

式中的 $\otimes$ 号表示卷积。

在终端设备接收端可以用公式（3）求得信道冲激响应估值 h_i ：

$$h_i = G^{-1} e_{mid} \cdots \cdots \text{（公式 3）}$$

公式（3）中的 G 矩阵是由各用户训练序列中间码（Midamble）生成的一个系数矩阵。

图 1 中的步骤 1 和步骤 2 分别表示的是在终端设备端求得空中信道冲激响应估值 h_i 和根据求得的 h_i 和该终端设备用户的扩频码来生成公式（1）中系统矩阵 A_i 的过程（其生成技术由本申请人另案申请发明专利）。

联合检测的目的就是根据 e 和 A 来估计 d ，附图 1 中的步骤 3 表示联合检测的具体实现方法，即对发送信号进行估值，实现估值结果 d_{est} 可以有多种算法，包括：

$$d_{est} = (\text{diag}(A^* A))^{-1} A^* e \cdots \cdots \text{（公式 4）}$$

或者

$$d_{est} = (A^* A)^{-1} A^* e \cdots \cdots \text{（公式 5）}$$

等等（式中符号 T 是矩阵倒置符号， $*$ 是求共轭， diag 是取对角阵符号）。以下以公式(5)表示的具体算法为例来说明时域分集与联合检测相结合的方法。

参见附图 3，本发明中时域分集与联合检测相结合的方法由以下步骤

5 组成：

1) 终端设备在时域上对接收信号进行第 i 次采样获得采样数据 e_i ；

2) 根据采样数据 e_i 进行空间信道冲激响应估值，空间信道冲激响应估值 h_i ；

3) 由求得的空间信道冲激响应估值 h_i 得到矩阵 A_i ；

10 4) 重复执行步骤 1)，2)，3)，共 M 次，即接收信号经过 M 次采样后得到的采样数据可以用 $e_i, i=1 \cdots M$ 来表示，接收数据中对应训练序列中间码（Midamble）的部分可以表示为 $e_{\text{mid-}i}, i=1 \cdots M$ ，根据公式(3)，接收数据经 M 次采样，可以获得 M 个空间信道冲激响应估值 $h_i, i=1 \cdots M$ ，根据这 M 个空间信道冲激响应估值 h_i 可以得到 M 个矩阵 $A_i, i=1 \cdots M$ ，

15 5) 用 M 个 A_i 组合成系统矩阵 A ；

6) 根据系统矩阵 A 完成联合检测算法，获得对原始的发送数据的估值，如果简单地只根据公式（4）计算，可得到 M 个对发送信号的估值 $d_i, i=1 \cdots M$ ；然后对这 M 个估值 d_i 进行如下的处理：

$$d_{\text{sum}} = \sum_{i=1}^M d_i = \sum_{i=1}^M (A_i^* A_i)^{-1} A_i^* e_i \cdots \cdots \quad (\text{公式 6})$$

20 根据 d_{sum} 的符号进行判决，恢复出原始发送数据。由（公式 6）运算过程能达到提高分集增益的作用，但同时运算量也增大了 M 倍。为了达到既能提高分集增益，又尽量不提高运算量的目的，本发明采用了如下办法，

$$\text{令：} A_{\text{sum}} = (A_1^T, A_2^T \cdots A_M^T)^T \cdots \cdots \quad (\text{公式 7})$$

$$e_{\text{sum}} = (e_1^T, e_2^T \cdots e_M^T)^T \cdots \cdots \quad (\text{公式 8})$$

25 则对原始发送数据的估值可以表示如下：

$$d_{est} = \left(\sum_{i=1}^M A_i^* A_i \right)^{-1} A_{sum}^* e_{sum} \dots \dots \text{（公式 9）}$$

比较公式(6)和公式(9)，可以看出公式(9)大大减少了运算量较大的矩阵求逆计算，因此总体运算量与公式(6)代表的方法相比较大为降低。

在采样次数 M 较大时，可以采用公式(4)表示的联合检测方法与时域分集相结合的方法，即：

$$d_{est} = \left(\text{diag} \left(\sum_{i=1}^M A_i^* A_i \right) \right)^{-1} A_{sum}^* e_{sum} \dots \dots \text{（公式 10）}$$

公式(10)的运算量比公式（9）的运算量更低，而且在 M 取值合适时，其运算量将近似于公式（5）的运算量，但其性能将超过公式（5）的运算结果。

10 通过以上分析可以看出，采用本发明技术所提出的时域分集和联合检测相结合的方法，可以在基本上不增加运算量的情况下，解决上、下行接收增益不匹配的问题，提高终端设备（UE）端的接收信噪比，从而达到在不降低通信质量的情况下，在码分多址（CDMA）扩频蜂窝移动通信系统中的相邻小区实现同频复用的目的。

15 虽然，本发明方法的实施例是基于时分一同步码分多址（TD-SCDMA）系统的终端设备（UE）设计的，但也可直接使用于其它在时分双工（TDD）方式下工作的 CDMA 系统，如 IMT-2000 的另一种 CDMA TDD 系统—UTRA TDD，也可以直接使用于 CDMA TDD 系统的无线基站(BTS)中。通过适当的修改还完全可以用在其他采用联合检测算法的码分多址移动通信系统的

20 用户终端设备(UE)和无线基站设备(BTS)中。

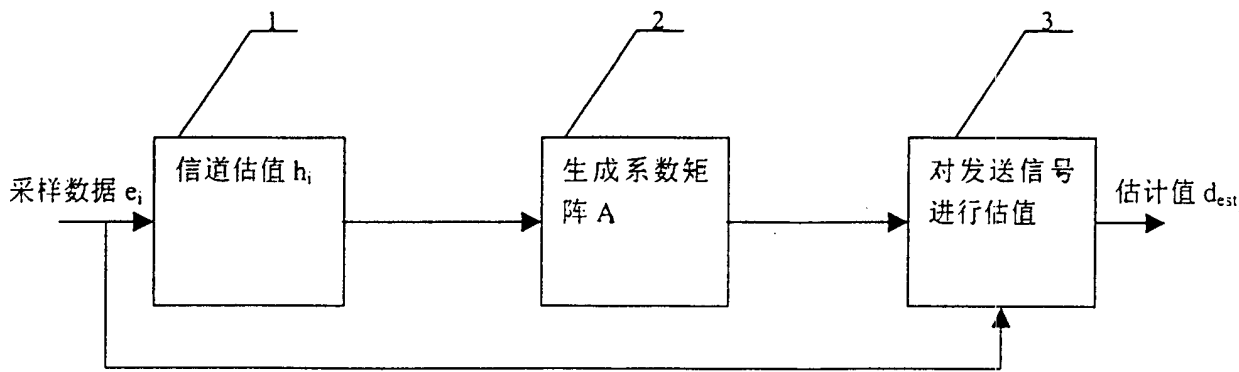


图 1

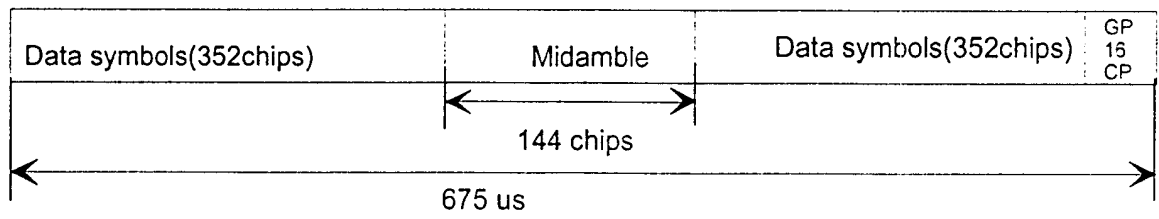


图 2

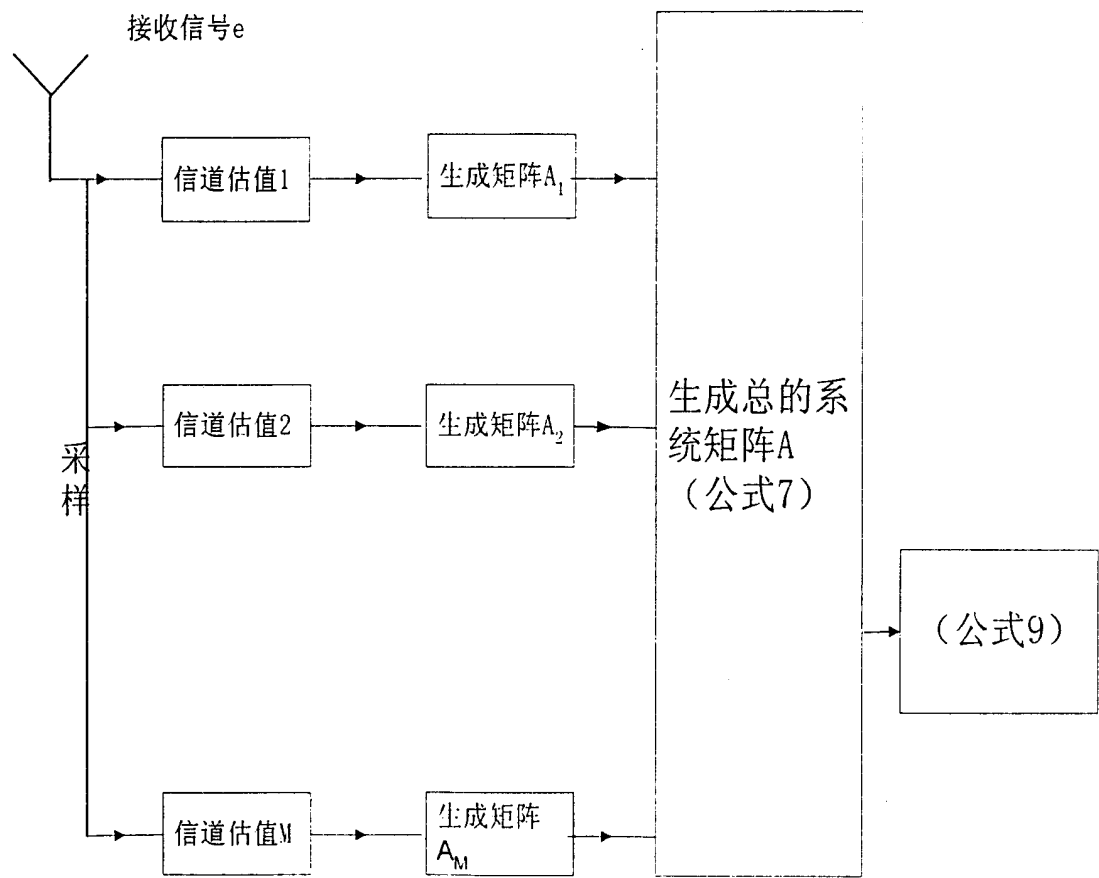


图 3