



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101174871 B

(45) 授权公告日 2011. 11. 16

(21) 申请号 200610114147. 9

审查员 钟茂建

(22) 申请日 2006. 10. 30

(73) 专利权人 电信科学技术研究院
地址 100191 北京市海淀区学院路 40 号

(72) 发明人 王映民 孙长果 任世岩 刘宁

(74) 专利代理机构 北京同达信恒知识产权代理
有限公司 11291

代理人 刘岩

(51) Int. Cl.

H04B 7/08(2006. 01)

H04L 25/02(2006. 01)

H04L 25/03(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 1705247 A, 2005. 12. 07,

CN 1599276 A, 2005. 03. 23,

US 2005/0101354 A1, 2005. 05. 12,

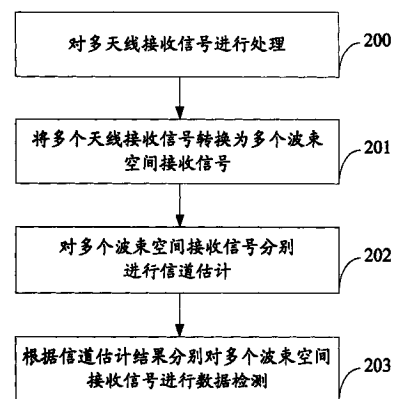
权利要求书 2 页 说明书 7 页 附图 3 页

(54) 发明名称

一种多天线波束空间信号处理的方法及装置

(57) 摘要

本发明公开了一种多天线波束空间信号处理的方法及装置,用以解决现有技术中多天线接收信号空间滤波能力有限而导致干扰信号数量以及处理工作量较大的问题,本发明方法包括对多个天线接收信号进行赋形接收,将所述多个天线接收信号转换成多个波束空间接收信号;根据所述多个波束空间接收信号进行信道估计;根据信道估计结果对所述多个波束空间接收信号进行数据检测。采用本发明减少了各个波束空间内干扰信号的数量和强度,减小了波束空间内的信号处理复杂度和处理量,有利于提高多天线基带信号处理的稳定性。



1. 一种多天线波束空间信号处理的方法,其特征在于,包括步骤:
对多个天线接收信号进行赋形接收,通过将天线单元中所有的天线接收信号与对应波束的赋形系数进行线性加权合并后得到多个波束空间的接收信号;
根据所述多个波束空间接收信号进行信道估计;
根据信道估计结果对所述多个波束空间接收信号进行数据检测。
2. 如权利要求 1 所述的方法,其特征在于,波束的赋形系数预先设置,或者对波束进行优化后确定对应的赋形系数。
3. 如权利要求 2 所述的方法,其特征在于,在对波束进行优化过程中,当满足下述条件时确定波束对应的赋形系数:
覆盖整个小区范围的所有波束的宽度之和在所述小区范围与所述小区范围和所有波束的重叠宽度之和的区间内;并且,小区内的每个波束覆盖的邻小区的总数量小于本小区的邻小区总数量。
4. 如权利要求 1 所述的方法,其特征在于,所述信道估计包括步骤:
对每个波束所覆盖的小区集合内的小区进行单小区信道估计;
对每个波束所覆盖的小区集合中的小区进行多小区联合信道估计。
5. 如权利要求 4 所述的方法,其特征在于,根据本波束所覆盖的小区特定的基本训练序列对该波束的接收信号进行单小区信道估计。
6. 如权利要求 1 所述的方法,其特征在于,所述数据检测在多波束空间实现,或者根据所述信道估计的结果在多天线域实现。
7. 如权利要求 6 所述的方法,其特征在于,在多波束空间实现数据检测包括直接对多波束空间接收信号进行数据检测和对多波束空间接收信号进行部分数据检测。
8. 如权利要求 6 所述的方法,其特征在于,在多天线域实现数据检测时,根据多波束空间信道冲激响应估计出多天线信道冲激响应,进一步根据所述多天线信道冲激响应进行数据检测。
9. 如权利要求 6 至 8 任一项所述的方法,其特征在于,所述数据检测采用空时域联合的方式实现。
10. 如权利要求 9 所述的方法,其特征在于,所述数据检测包括单小区单用户信号检测、单小区多用户信号检测和多小区多用户信号检测。
11. 如权利要求 10 所述的方法,其特征在于,所述多用户信号检测应用的算法为联合检测算法,该联合检测算法包括匹配滤波线性块均衡、迫零线性块均衡和最小均方误差线性块均衡。
12. 如权利要求 1 所述的方法,其特征在于,对各波束空间检测得到的同一个用户信号进行合并处理。
13. 一种通信设备,其特征在于,包括:
用于获得多个天线接收信号的单元;
用于通过将天线单元中所有的天线接收信号与对应波束的赋形系数进行线性加权合并后得到多个波束空间的接收信号的单元;
用于根据所述多个波束空间接收信号进行信道估计的单元;
用于根据信道估计结果对所述多个波束空间接收信号进行数据检测的单元。

14. 如权利要求 13 所述的通信设备,其特征在于,还包括:
用于根据多波束空间信道冲激响应估计出多天线信道冲激响应的单元。
15. 如权利要求 14 所述的通信设备,其特征在于,还包括:
用于对各波束空间检测得到的同一个用户信号进行合并处理的单元。
16. 如权利要求 13 至 15 任一项所述的通信设备,其特征在于,所述通信设备为基站。

一种多天线波束空间信号处理的方法及装置

技术领域

[0001] 本发明涉及通信领域的信号处理技术,特别涉及一种多天线波束空间信号处理的方法及装置。

背景技术

[0002] 多天线技术在移动通信系统中的应用越来越广泛,主要包括波束赋形、分集和空间复用等几种多天线应用方式。对于相关接收阵列(相邻天线单元之间的距离为载波波长的一半左右)来说,一种处理方法是进行波束赋形接收,将多天线接收信号合并为一接收信号之后再进行处理(例如时域的均衡等),该应用方式的优势在于通过波束赋形形成的窄波束对干扰信号形成抑制,在移动通信系统特别是干扰受限的 CDMA 系统中,波束赋形技术可以抑制系统的总体干扰;另一种处理方法是直接对多天线接收信号进行时域处理,这种方法又称为空时域联合处理,空时域联合处理的性能联合考虑了信号的空间特性和时间特性。

[0003] 但是,由于构成天线阵的天线单元和所覆盖的区域是匹配的,例如对于全向小区,其单元天线的辐射特性是全向的;对于扇区来说,其单元天线的辐射特性基本能覆盖整个扇区;这样对于多天线接收信号来讲,其本身是不具有或者仅具有有限的空间滤波的效果。空时域联合方式的信号处理方法性能一般要好于空间-时间方式的信号处理方法,然而使用空时域联合处理时,其每路输入信号都不具有空间滤波性能,而在做单路信号处理(例如每路信号的信道估计等)时,其性能要受到空间干扰信号的影响;例如对于使用全向辐射单元的阵列来说,其每个单元的接收信号包括期望信号和所有方向的干扰信号。显然,单天线的接收信号要受到这些干扰信号的影响,虽然采取多小区联合处理的方法能够消除这些干扰,但是在单天线全向/扇区接收时干扰信号的数量较大,从而加大了用户信号的处理量。

发明内容

[0004] 本发明提供一种多天线波束空间信号处理的方法及装置,用以解决现有技术中由于多天线接收信号空间滤波能力有限而导致干扰信号数量以及处理工作量较大的问题。

[0005] 本发明提供如下技术方案:

[0006] 一种多天线波束空间信号处理的方法,包括步骤:

[0007] 对多个天线接收信号进行赋形接收,通过将天线单元中所有的天线接收信号与对应波束的赋形系数进行线性加权合并后得到多个波束空间的接收信号;

[0008] 根据所述多个波束空间接收信号进行信道估计;

[0009] 根据信道估计结果对所述多个波束空间接收信号进行数据检测。

[0010] 所述方法中,波束的赋形系数预先设置,或者对波束进行优化后确定对应的赋形系数。

[0011] 其中,在对波束进行优化过程中,当满足下述条件时确定波束对应的赋形系数:

[0012] 覆盖整个小区范围的所有波束的宽度之和在所述小区范围与所述小区范围和所有波束的重叠宽度之和的区间内；并且，小区内的每个波束覆盖的邻小区的总数量小于本小区的邻小区总数量。

[0013] 根据对天线单元中所有的天线接收信号与对应波束的赋形系数进行线性加权合并后确定所述多个波束空间接收信号的序列。

[0014] 所述信道估计包括步骤：

[0015] 对每个波束所覆盖的小区集合内的小区进行单小区信道估计；

[0016] 对每个波束所覆盖的小区集合中的小区进行多小区联合信道估计。

[0017] 根据本波束所覆盖的小区特定的基本训练序列对该波束的接收信号进行单小区信道估计。

[0018] 所述数据检测在多波束空间实现，或者根据所述信道估计的结果在多天线域实现。

[0019] 在多波束空间实现数据检测包括直接对多波束空间接收信号进行数据检测和对多波束空间接收信号进行部分数据检测。

[0020] 在多天线域实现数据检测时，根据多波束空间信道冲激响应估计出多天线信道冲激响应，进一步根据所述多天线信道冲激响应进行数据检测。

[0021] 所述数据检测采用空时域联合的方式实现。

[0022] 所述数据检测包括单小区单用户信号检测、单小区多用户信号检测和多小区多用户信号检测。

[0023] 所述多用户信号检测应用的算法为联合检测算法，该联合检测算法包括匹配滤波线性块均衡、迫零线性块均衡和最小均方误差线性块均衡。

[0024] 所述方法中，对各波束空间检测得到的同一个用户信号进行合并处理。

[0025] 一种通信设备包括：

[0026] 用于获得多个天线接收信号的单元；

[0027] 用于通过将天线单元中所有的天线接收信号与对应波束的赋形系数进行线性加权合并后得到多个波束空间的接收信号的单元；

[0028] 用于根据所述多个波束空间接收信号进行信道估计的单元；

[0029] 用于根据信道估计结果对所述多个波束空间接收信号进行数据检测的单元。

[0030] 所述通信设备还包括用于根据多波束空间信道冲激响应估计出多天线信道冲激响应的单元。

[0031] 较佳的，所述通信设备还包括用于对各波束空间检测得到的同一个用户信号进行合并处理的单元。

[0032] 较佳的，所述通信设备为基站。

[0033] 本发明有益效果如下：

[0034] 本发明将多天线接收信号进行赋形接收后转换成多个波束空间接收信号，进一步对波束空间信号进行信道估计，根据多波束空间信道冲激响应对多波束空间接收信号进行数据检测，从而获得原始的天线接收信号；本发明还可以将多波束空间信道冲激响应恢复为天线域的信道冲激响应后进行数据检测，从而获得原始的天线接收信号；由于波束空间接收信号具有空间滤波功能，所以本发明减少了各个波束空间内干扰信号的数量和强

度,减小了波束空间内的信号处理复杂度和处理量,有利于提高基带处理算法实现的稳定性。

附图说明

[0035] 图 1 为本发明实施例中一种通信设备的结构示意图;

[0036] 图 2 为本实施例中多波束空间信号处理的实现流程如下;

[0037] 图 3 为本发明实施例中波束空间示意图;

[0038] 图 4 为本发明实施例中并行干扰消除法实现联合信道估计的流程图。

具体实施方式

[0039] 本实施例中将多个全向/扇区单元接收数据转换为多个波束空间接收数据,以及对多个波束空间接收数据进行信道估计,进一步根据信道估计的结果对多个波束空间接收数据进行信号处理从而恢复出原始的接收信号。

[0040] 下面结合说明书附图对本发明技术方案进行详细说明。

[0041] 本实施例中一种基站的结构如图 1 所示,该基站包括接收单元 11 由多个天线及其对应的接收信号处理单元组成,用于对接收信号进行处理,形成多天线接收信号;转换单元 12 用于将多天线接收信号转换为多个波束空间接收信号;信道估计单元 13 用于对多个波束空间接收信号分别进行信道估计,从而得到信道冲激响应;该信道估计包括对每个波束所覆盖的小区集合内的小区进行单小区信道估计和对每个波束所覆盖的小区集合中的小区进行多小区联合信道估计;数据检测单元 14 用于根据信道估计单元 13 的估计结果分别对多个波束空间接收信号进行数据检测;该数据检测的方法可以是空时域联合检测方式,也可以通过其他检测方式实现;数据检测单元 14 可以直接对多波束空间接收信号进行数据检测,或者对多波束空间接收信号进行部分数据检测,也可以将多波束空间信道冲激响应转换成多天线信道冲激响应后进行数据检测;处理单元 15 用于对各波束空间检测得到的同一个用户信号进行合并处理。

[0042] 本实施例中假设基站的天线单元数为 K_a ,波束数量为 K_b ,并且有 $K_a \leq K_b$,该限定是为了使本实施例中的多波束联合检测与多天线联合检测方法相比不损失合并维数,即:多波束的合并维数不少于多天线的合并维数。

[0043] 如图 2 所示,本发明实施例中多波束空间信号处理的主要流程如下:

[0044] 步骤 200、进行多个天线接收信号的处理。

[0045] 步骤 201、将多个天线接收信号转换为多个波束空间接收信号。

[0046] 步骤 202、对多个波束空间接收信号分别进行信道估计。

[0047] 步骤 203、根据信道估计结果分别对多个波束空间接收信号进行数据检测。

[0048] 预设波束对应的赋形系数可以预先设置,也可以通过对波束进行优化后确定,下面以采用穷举法优化波束为例作简要说明,其实现步骤如下:

[0049] a、预先设置一个初始赋形系数 w_0 。

[0050] b、计算赋形方向图,计算一个优化指标 $f_0 = f(w_0)$,例如所关注区域的增益和期望增益的误差等。

[0051] c、如果 f_0 满足需求或循环次数达到限制,则输出赋形系数 w_0 ;否则,继续如下步

骤。

[0052] d、为赋形系数的幅度和相位加上一个扰动,构成新的赋形系数 w ,并计算优化指标 $f = f(w)$,如果该优化指标优于原优化指标,则设置 $w_0 = w$, $f_0 = f$,并输出赋形系数 w 。

[0053] 优化波束实际上是离线进行的,对波束进行优化不需实时进行,可以将同时满足优化原则的优化结果(即赋形系数)存储在系统,通过配置的方式提供给基站。预设 K_b 个波束,其赋形系数为 $w^{(k_b)}$,维数为 $(K_a, 1)$,所述优化原则包括:

[0054] 1、 K_b 个波束覆盖整个小区范围,如果小区范围为 Φ ,波束 K_b 的宽度(半功率波瓣宽度)为 φ_{K_b} ,则有 $\Phi \leq \sum_{k_b=1}^{K_b} \varphi_{K_b} \leq \Phi + \varepsilon_\Phi$,其中 ε_Φ 为波束重叠的宽度。

[0055] 2、每个波束仅覆盖一定数量的邻小区并尽可能降低波束的副瓣电平,即:小区内的每个波束覆盖的邻小区的总数量小于本小区的邻小区的总数量;对于不属于该波束范围内的邻小区信号应尽量抑制,即:避免接收来自/辐射该波束范围外的邻小区信号;抑制邻小区信号可以通过赋形系数的设定进行,例如优化波束使得副瓣电平尽可能低。如图 3 所示的波束空间示意图中,由若干个波束覆盖整个小区,图中仅示意 3 个波束,波束 1 除了覆盖本小区部分区域外,还覆盖 1、6 两个邻小区,波束 2、3 除了覆盖本小区部分区域外还分别覆盖邻小区 1、2 和邻小区 2。

[0056] 在步骤 201 进行赋形接收获得多个波束空间接收信号的过程中,具体是根据对天线单元中所有的天线接收信号与对应波束的赋形系数进行线性加权合并后确定多个波束空间接收信号的序列;假设天线 k_a 上接收的信号为 $e^{(k_a)}$,维数为 $(L, 1)$,则波束空间 k_b 的接收信号序列为:

$$[0057] \quad e_b^{(k_b)} = \sum_{k_a=1}^{K_a} w_{k_a}^{(k_b)} e^{(k_a)}$$

[0058] 因为波束具有空间滤波的作用,所以只有空间某些方向的邻小区的信号被该波束接收,对该波束内的所有信号可以进行联合信道估计。例如,可以在网络规划阶段根据网络布局(即:图 3 所示的小区分布情况和赋形波束形状)和上述优化的波束知道每个波束所覆盖的小区集合 $\Gamma^{(k_b)}$,例如对于图 3 所示的波束示意图,有

$$[0059] \quad \begin{cases} \Gamma^{(1)} = \{0, 1, 6\} \\ \Gamma^{(2)} = \{0, 1, 2\} \\ \Gamma^{(3)} = \{0, 2\} \\ \vdots \end{cases}$$

[0060] 从而可以将各个波束所覆盖的小区,特别是邻小区信息配置到基站中,即每个波束对应的小区信息是可以预先确定的,在小区信息中,包括了小区的信道估计码信息,即基本 midamble 码(或称基本训练序列)信息,从而可以保证有效地进行多小区的联合信道估计。

[0061] 假设小区 k , $k = 1, \dots, K$ 所用的基本训练序列为 $m^{(k)}$,长度为 L ;对每个波束空间 k_b , $k_b = 1, \dots, K_b$ 接收的信号进行如下处理:

[0062] 1、根据本波束所覆盖的小区特定的训练序列对该波束的接收信号进行原始单小

区信道估计,从而得到每个小区的原始信道估计结果;单小区信道估计方法有很多种,例如通过基本的 Steiner 估计器实现,可以得到:

$$[0063] \quad \mathbf{h}^{(k)} = \text{IDFT}(\mathbf{G}^{(k)-1} \cdot \text{DFT}(\mathbf{e}_{b,m}^{(k_b)}))$$

[0064] 其中, $\mathbf{G}^{(k)}$ 是对角矩阵,其对角线元素矢量为 $\mathbf{g}^{(k)} = \text{DFT}(\mathbf{m}^{(k)})$, $\mathbf{e}_{b,m}^{(k_b)}$ 为该波束空间接收信号 $\mathbf{e}_b^{(k_b)}$ 中的训练序列部分。

[0065] 2、对集合 $\Gamma^{(k_b)}$ 中的小区进行多小区联合信道估计;联合估计的方法可以是串行干扰消除法、并行干扰消除法及其混合、改进形式。如图 4 所示,通过并行干扰消除法实现联合信道估计的过程如下:

[0066] 步骤 400、计算干扰消除的数据,可以通过如下公式计算:

$$[0067] \quad \mathbf{e}_{b,m}^{(k_b,k)} = \mathbf{e}_{b,m}^{(k_b)} - \sum_{\forall k' | k' \in \Gamma^{(k_b)} \& k' \neq k} \mathbf{m}^{(k')} * \hat{\mathbf{h}}^{(k')}$$

[0068] 步骤 401、根据干扰消除后的数据 $\mathbf{e}_{b,m}^{(k_b,k)}$ 估计每个用户的信道冲激响应 $\hat{\mathbf{h}}^{(k)}$, $k \in \Gamma^{(k_b)}$ 。

[0069] 步骤 402、判断迭代结束条件,如满足,则执行步骤 403,即终止迭代,输出信道冲激响应结果;如未满足,则返回步骤 401;所述迭代条件是为防止迭代进入死循环所设置的,可以设置为迭代次数,也可以设置为误差需求;当迭代次数达到某值或者迭代误差小于某值时都可以结束迭代。

[0070] 在步骤 203 中对多波束空间信号进行数据检测可以通过空时域联合检测方式实现,也可以通过其他检测方式实现,本实施例中以空时域联合的数据检测方式为例进行说明。空时域联合的数据检测包括两种情况,一种是对多波束空间的信号进行数据检测,包括直接对多波束空间的信号进行数据检测和对多波束空间的信号进行部分数据检测;另一种是利用多波束空间的信道估计结果在在多天线域进行信号处理。下面对上述几种情况分别进行说明:

[0071] 1、直接在多波束空间的信号进行数据检测:

[0072] 直接对多波束接收的信号进行空时域联合的数据检测方法可以是任意的信号检测方法,例如单小区单用户检测、单小区多用户检测和多小区多用户检测等。下面以多小区多用户检测的实现过程为例进行说明:

[0073] 首先,从 K 个小区中选择 K_c 个包括本小区用户所占用的码道在内的功率较大的码道参加多小区联合检测;其中, K_c 个码道可以按一定的功率门限选择,也可以按照设定的码道数量从大到小选择。

[0074] 然后,根据 K_b 个波束空间的信道估计构成 K_c 个码道与 K_b 个波束空间之间的系统矩阵 $\mathbf{A}^{(k_b,k_c)}$, $k_b = 1, \dots, K_b$, $k_c = 1, \dots, K_c$,并基于该系统矩阵构建 K_b 个波束空间与 K_c 个码道之间的系统矩阵 \mathbf{A} ,矩阵 \mathbf{A} 由小矩阵 $\mathbf{A}^{(k_b,k_c)}$ 组合而成,如下所示:

[0075]

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} \mathbf{A}^{(1,1)} & \mathbf{A}^{(1,2)} & \dots & \mathbf{A}^{(1,K_c)} \\ \mathbf{A}^{(2,1)} & \mathbf{A}^{(2,2)} & \dots & \mathbf{A}^{(2,K_c)} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \mathbf{A}^{(K_b,1)} & \mathbf{A}^{(K_b,2)} & \dots & \mathbf{A}^{(K_b,K_c)} \end{bmatrix}$$

[0076] 最后,根据联合检测算法进行求解,联合检测算法可以是匹配滤波线性块均衡、迫零线性块均衡、最小均方误差线性块均衡及其变化形式中的任意一种;如迫零线性块均衡的解为:

$$[0077] \quad \hat{\mathbf{d}} = \begin{bmatrix} \hat{\mathbf{d}}^{(1)} \\ \hat{\mathbf{d}}^{(2)} \\ \vdots \\ \hat{\mathbf{d}}^{(K_c)} \end{bmatrix} = (\mathbf{A}^H \mathbf{R}_n^{-1} \mathbf{A})^{-1} \mathbf{A}^H \mathbf{R}_n^{-1} \mathbf{e}_b$$

[0078] 其中, \mathbf{R}_n 为噪声协方差矩阵,可以通过噪声估计得到。

[0079] 2、对多波束空间的信号进行部分数据检测:

[0080] 对多波束接收的信号进行空时域联合的部分数据检测方法可以是任意的 信号检测方法,例如单小区单用户检测、单小区多用户检测和多小区多用户检测等。对该波束内的多小区多用户进行联合检测时,假设用户所占码道数为 $K_c^{(k_b)}$,对于某波束接收的所有用户,即集合 $\Gamma^{k_b}, k_b = 1, \dots, K_b$ 中所有小区的所有用户,可以通过信道估计的结果得到码道 $k_c (k_c = 1, \dots, K_c^{(k_b)})$ 对应的信道冲激响应 $\mathbf{h}^{(k_c)}$,假设其所用扩频码字为 $\mathbf{c}^{(k_c)}$,则可以建立系统矩阵 $\mathbf{A}^{(k_c)}$,该矩阵的构成如下:

$$[0081] \quad [\mathbf{A}^{(k_c)}]_{(n-1)Q+l,n} = \begin{cases} b_l^{(k_c)}, n=1, \dots, N; l=1, \dots, Q+W-1 \\ 0, else \end{cases}$$

[0082] 其中, $\mathbf{b}^{(k_c)} = \mathbf{c}^{(k_c)} * \mathbf{h}^{(k_c)}$

[0083] 于是,多小区多用户的联合检测结果为:

$$[0084] \quad \hat{\mathbf{d}}^{(k_b)} = \begin{bmatrix} \hat{\mathbf{d}}^{(1)} \\ \hat{\mathbf{d}}^{(2)} \\ \vdots \\ \hat{\mathbf{d}}^{(K_c^{(k_b)})} \end{bmatrix} = (\mathbf{A}^{(k_b)H} \mathbf{R}_n^{(k_b)-1} \mathbf{A}^{(k_b)})^{-1} \mathbf{A}^{(k_b)H} \mathbf{R}_n^{(k_b)-1} \mathbf{e}_b^{(k_b)}, k_b = 1, \dots, K_b$$

[0085] 其中, $\mathbf{A}^{(k_b)} = [\mathbf{A}^{(1)}, \mathbf{A}^{(2)}, \dots, \mathbf{A}^{(K_c^{(k_b)})}]$, $\mathbf{R}_n^{(k_b)}$ 为噪声协方差矩阵,可以通过噪声估计得到。

[0086] 在多波束空间进行信号检测时,由于不同波束的覆盖区域会有一些的重叠,当用户的位置处于多个波束的重叠区域时,可能会在不同的波束中各自都得到一个检测结果,这时可以对不同波束中检测得到的同一个用户信号进行合并处理,例如可采用选择合并、最大比软合并等处理措施,以进一步提高处理增益。

[0087] 3、在天线域进行数据检测:

[0088] 在天线域进行空时域联合的数据检测是将信道估计结果恢复到多天线域,然后在多天线域进行数据检测,其实现过程如下:

[0089] 首先,从多波束信道冲激响应反推出多天线信道冲激响应:

[0090] 假设任意发射机包括本小区用户、外小区用户和外小区基站,该发射机与本小区基站多天线接收机之间的信道为 $\mathbf{h}^{(k_a)}, k_a = 1, \dots, K_a$,维数为 $(W, 1)$,则与波束空间对应的信道为

$$[0091] \quad \mathbf{h}_b^{(k_b)} = \sum_{k_a=1}^{K_a} w_{k_a}^{(k_b)} \mathbf{h}^{(k_a)}, k_b = 1, \dots, K_b$$

[0092] 假设天线信道矩阵 $\mathbf{H} = [\mathbf{h}^{(1)}, \mathbf{h}^{(2)}, \dots, \mathbf{h}^{(K_a)}]$, 维数为 (W, K_a) ; 和

[0093] 波束空间信道矩阵 $\mathbf{H}_b = [\mathbf{h}_b^{(1)}, \mathbf{h}_b^{(2)}, \dots, \mathbf{h}_b^{(K_b)}]$, 维数为 (W, K_b) , 并且有

$$\mathbf{W} = \begin{bmatrix} w_1^{(1)} & w_2^{(1)} & \dots & w_{K_a}^{(1)} \\ w_1^{(2)} & w_2^{(2)} & \dots & w_{K_a}^{(2)} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_1^{(K_b)} & w_2^{(K_b)} & \dots & w_{K_a}^{(K_b)} \end{bmatrix}$$

[0094] 则, $\mathbf{H}_b^T = \mathbf{W}\mathbf{H}^T$

[0095] 从多波束的信道冲激响应估计出多天线的信道冲激响应:

[0096] 当 $K_a = K_b$ 时, 有 $\hat{\mathbf{H}}^T = \mathbf{W}^{-1}\mathbf{H}_b^T$;

[0097] 当 $K_a < K_b$ 时, 可以用任何准则下的估计方法, 例如最小二乘准则下的估计结果为

$$\hat{\mathbf{H}}^T = (\mathbf{W}^H \mathbf{W})^{-1} \mathbf{W}^H \mathbf{H}_b^T.$$

[0098] 然后, 根据恢复的多天线信道冲激响应在空时域联合进行接收数据的检测。数据检测的方法可以是任意的信号检测方法, 例如单小区单用户检测、单小区多用户检测和多小区多用户检测等; 对于多小区多用户检测的结果为:

$$[0099] \quad \hat{\mathbf{d}} = \begin{bmatrix} \hat{\mathbf{d}}^{(1)} \\ \hat{\mathbf{d}}^{(2)} \\ \vdots \\ \hat{\mathbf{d}}^{(K_c)} \end{bmatrix} = (\mathbf{A}^H \mathbf{R}_n^{-1} \mathbf{A})^{-1} \mathbf{A}^H \mathbf{R}_n^{-1} \mathbf{e}$$

[0100] 其中, \mathbf{A} 是由多天线的系统矩阵组合而成, \mathbf{R}_n 是多天线的噪声协方差矩阵。

[0101] 本发明方案中不局限在基站侧实现多天线波束空间信号的处理, 支持多天线的其他通信设备也可以实现该处理, 其结构与本实施例中基站的结构相同, 不再赘述。

[0102] 显然, 本领域的技术人员可以对本发明进行各种改动和变型而不脱离本发明的精神和范围。这样, 倘若对本发明的这些修改和变型属于本发明权利要求及其等同技术的范围之内, 则本发明也意图包含这些改动和变型在内。

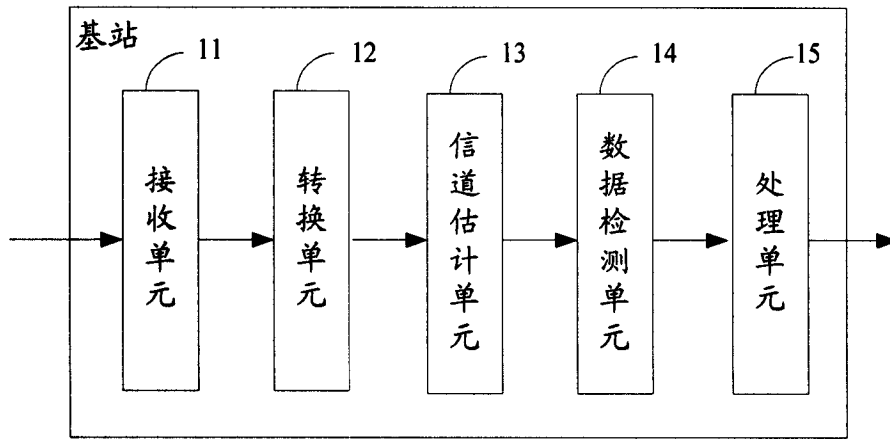


图 1

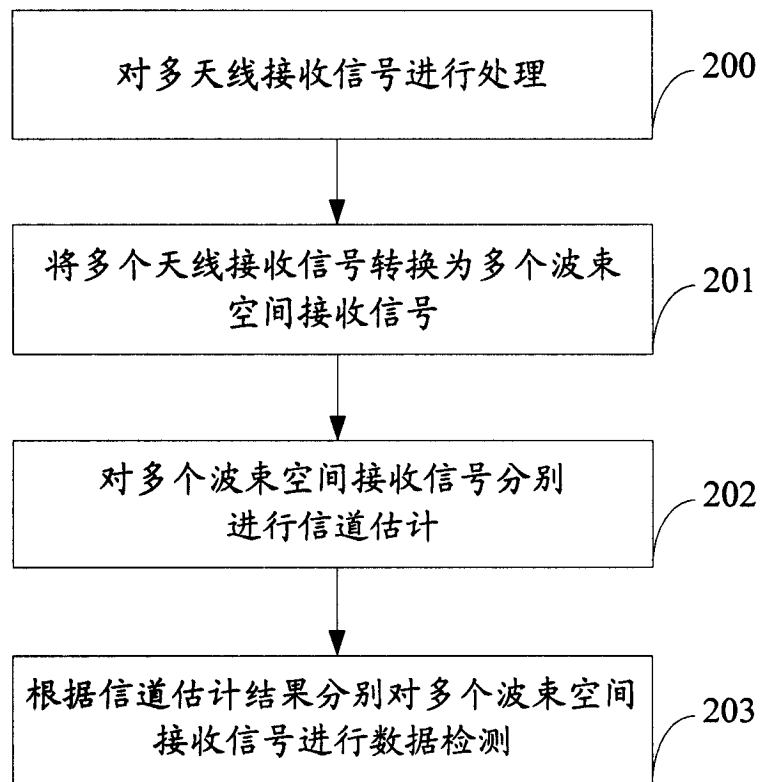


图 2

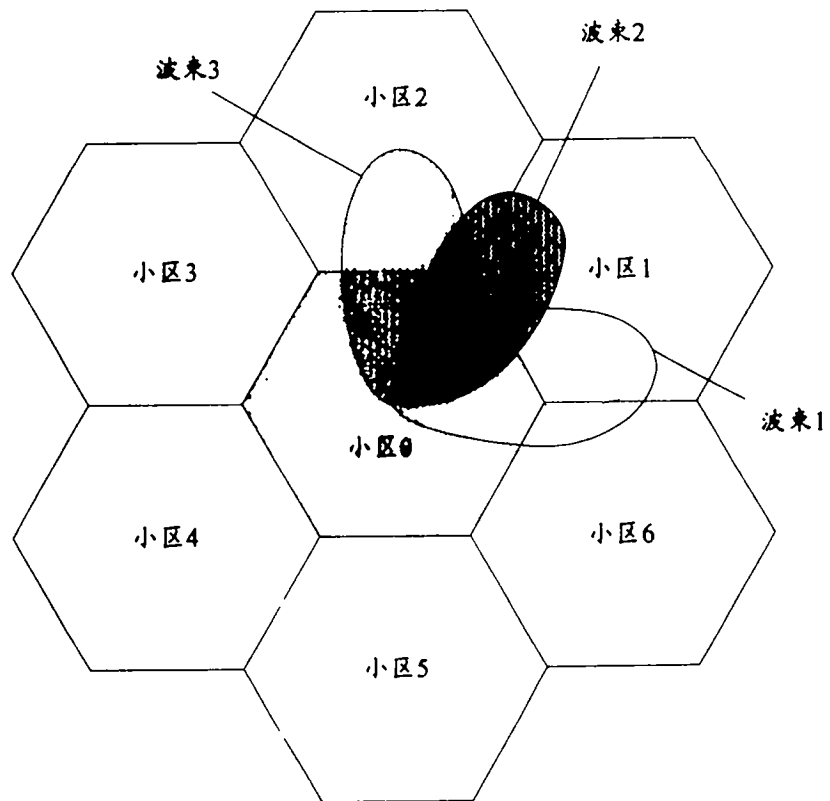


图 3

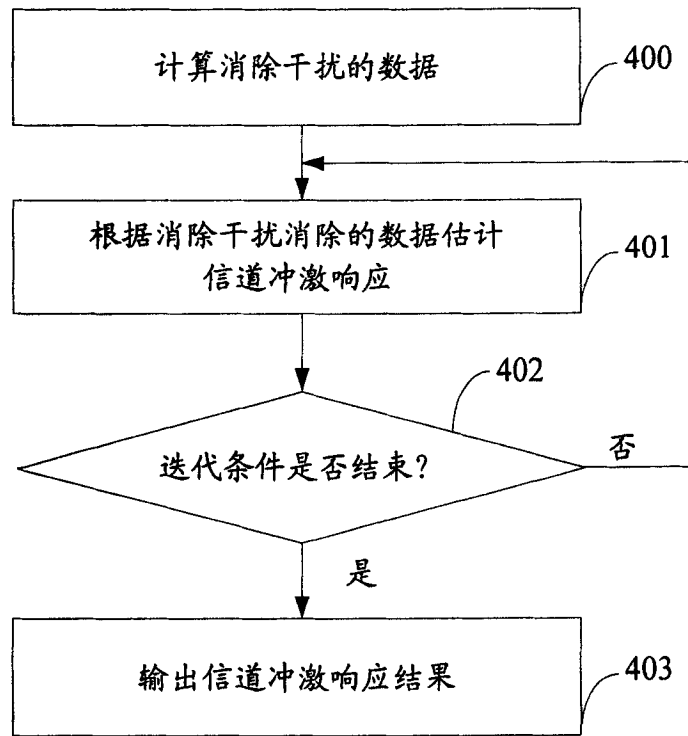


图 4