

(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 1933467 B

(45) 授权公告日 2010. 10. 06

(21) 申请号 200510029644. 4

第 2 段至第 20 页第 2 段 .

(22) 申请日 2005. 09. 14

CN 1582553 A, 2005. 02. 16, 全文 .

CN 1401176 A, 2003. 03. 05, 附图 4A.

(73) 专利权人 中国科学院上海微系统与信息技术研究所

审查员 王明

地址 200050 上海市长宁区长宁路 865 号

专利权人 上海无线通信研究中心

(72) 发明人 周志刚 张小东 李明齐 徐景

(74) 专利代理机构 上海光华专利事务所 31219

代理人 余明伟

(51) Int. Cl.

H04L 27/01 (2006. 01)

H04L 25/03 (2006. 01)

(56) 对比文件

EP 1531590 A1, 2005. 08. 18, 全文 .

CN 1559129 A, 2004. 12. 29, 说明书第 16 页

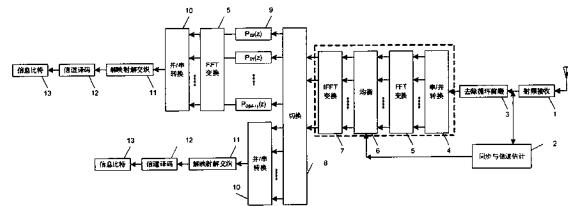
权利要求书 1 页 说明书 5 页 附图 2 页

(54) 发明名称

宽带单载波 / 多载波均衡接收装置及其接收方法

(57) 摘要

本发明提供一种宽带单载波 / 多载波均衡接收装置及其接收方法,包括:射频接收模块、同步与信道估计模块、串 / 并转换模块、频域均衡模块、切换模块,用于进行单载波或者多载波解复用解帧的切换;单载波信号恢复 / 解帧模块,用于恢复出单载波传输的符号;多载波信号恢复 / 解帧模块,用于恢复出多载波传输的符号。本发明的装置可同时应用于单载波传输及多载波传输的均衡接收装置,并扩展了多载波均衡必须在频域子信道进行均衡的限制,直接针对接收信号的采样信号进频域均衡,简化了均衡接收的复杂度,使得后端的数据恢复更简单,提高了接收机应用的灵活性。



1. 一种宽带单载波 / 多载波均衡接收装置, 包括: 射频接收模块、同步与信道估计模块、串 / 并转换模块, 其特征在于, 还包括:

频域均衡模块, 其与串 / 并转换模块、同步与信道估计模块的输出端相连接, 其利用估计的信道衰落系数对采样信号进行频域均衡;

切换模块, 其与频域均衡模块的输出端相连接, 用于进行单载波或者多载波解复用解帧的切换;

单载波信号恢复 / 解帧模块, 其与切换模块的输出端相连接, 用于恢复出单载波传输的符号;

多载波信号恢复 / 解帧模块, 其与切换模块的输出端相连接, 用于恢复出多载波传输的符号。

2. 根据权利要求 1 所述的宽带单载波 / 多载波均衡接收装置, 其特征在于, 还包括:

去除循环前缀模块, 与射频接收模块的输出端、串 / 并转换模块的输入端相连接, 用于删除受到符号间干扰的信号循环前缀, 消除块间干扰, 隔离信道时延扩展的影响。

3. 根据权利要求 1 或 2 所述的宽带单载波 / 多载波均衡接收装置, 其特征在于, 所述的频域均衡模块包括依次连接的:

FFT 变换模块, 其与串 / 并转换模块的输出端相连接, 用于将一定长度的接收信号数据块变换到频域;

单点均衡模块, 其与 FFT 变换模块的输出端相连接, 用于在频域对信道损伤进行相位和幅度的补偿;

IFFT 变换模块, 其与单点均衡模块的输出端相连接, 用于将已经经过频域均衡的频域子带信号恢复到时域去。

4. 根据权利要求 1 或 2 所述的宽带单载波 / 多载波均衡接收装置, 其特征在于, 所述的单载波信号恢复 / 解帧模块包括依次连接的:

并 / 串转换模块, 其与切换模块的输出端相连接, 用于将输入的并行数据序列变换成串行的输出数据序列;

解映射解交织模块, 用于依据发送端的符号映射规则将输入的数据序列解映射成相应的数字序列, 并进行比特解交织;

信道译码模块, 用于执行相应的信道译码算法;

信息比特模块, 用于将接收装置恢复出信息比特数据序列传递给上层应用模块处理。

5. 根据权利要求 1 或 2 所述的宽带单载波 / 多载波均衡接收装置, 其特征在于, 所述的多载波信号恢复 / 解帧模块包括依次连接的:

多路时域滤波模块, 其与频域均衡模块的输出端相连接, 用于将多载波传输信号进行子带滤波;

FFT 变换模块, 其对滤波后的信号进行快速傅利叶变换;

并 / 串转换模块, 其用于将输入的并行数据序列变换成串行的输出数据序列;

解映射解交织模块, 用于依据发送端的符号映射规则将输入的数据序列解映射成相应的数字序列, 并进行比特解交织;

信道译码模块, 用于执行相应的信道译码算法;

信息比特模块, 用于将接收装置恢复出信息比特数据序列传递给上层应用模块处理。

宽带单载波 / 多载波均衡接收装置及其接收方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种应用于无线移动通信领域的均衡接收装置及其接收方法,特别是无线通信系统在衰落信道情况下的均衡接收装置及其接收方法。

背景技术

[0002] 在通信系统中,由于信道的时域弥散特性,接收机同时接收到发送信号的多个不同延的多径衰落信号,信道的多径影响将导致符号间干扰,接收机必须采取一定的技术来克服多径衰落以恢复出原始发送信号。

[0003] 在第二代移动通信系统中,采用维特比均衡器克服多径衰落,其复杂度为信道记忆长度的指数函数,因此不适合宽带通信系统。在第三代移动通信系统 WCDMA/HSDPA 中,采用时域线性均衡器补偿信道的失真,该技术的缺点是其实现的复杂度为信道记忆长度的三次方,且其性能受残余符号间干扰的影响。多载波传输技术可以有效地克服信道的多径衰落,它将整个带宽划分为若干正交的子载波,使符号持续时间变长,每个子载波信道近似为平衰落,接收机只需做低复杂度的单点均衡。基于循环前缀 (CP) 的单载波 / 多载波传输技术可以有效地隔离信道多径衰落的影响,从而可以利用低复杂度的频域均衡来进行信道均衡。

[0004] 如图 1 所示的是现有的单载波传输系统的均衡接收装置,该装置包括依次连接的:天线、去除循环前缀模块、串 / 并转换模块、FFT(快速傅利叶变换)模块、子信道均衡模块、IFFT(逆傅利叶变换)模块、并 / 串转换模块、解映射模块、信道译码模块、信息比特模块。

[0005] 图 2 所示的是现有的多载波传输系统的均衡接收装置,该装置包括依次连接的:射频接收模块、串 / 并转换模块、多路时域滤波模块、第一傅利叶变换模块、多路频域均衡模块、并 / 串转换模块、解映射解交织模块、信道译码模块、信息比特模块。其中所述的每一路频域均衡模块均包括依次连接的:去除循环前缀模块、傅利叶变换模块、子信道均衡模块、逆傅利叶变换模块。

[0006] 传统单载波 / 多载波传输系统均衡接收方法的缺点是必须与其传输的方式相匹配、复杂度高。单载波的均衡必须在频域的虚拟子载波上进行,多载波的均衡在多载波解调后的子载波上均衡,每个子载波上均需要进行频域均衡,需要的快速傅利叶变换 (FFT) 数目为子载波数目的两倍。当子载波数目很大时,系统的复杂度高,不利于实际的系统实施。由于传统单载波、多载波传输的均衡方法不同,对于第三代后移动通信系统上行采用单载波传输,下行采用多载波传输时,系统需要针对上下行采用不同的均衡策略,不利于系统的实现。

发明内容

[0007] 本发明所要解决的技术问题是提供一种可同时应用于单载波传输及多载波传输的均衡接收装置,该扩展了多载波均衡必须在频域子信道进行均衡的限制,直接针对接收

信号的采样信号进行频域均衡,简化了均衡接收的复杂度,使得后端的数据恢复更简单,提高了接收机应用的灵活性。

[0008] 为了解决上述技术问题,本发明采用的技术方案是:

[0009] 提供一种宽带单载波/多载波均衡接收装置,包括:射频接收模块、同步与信道估计模块、串/并转换模块,其特征在于,还包括:

[0010] 频域均衡模块,其与串/并转换模块、同步与信道估计模块的输出端相连接,其利用估计的信道衰落系数对采样信号进行频域均衡;

[0011] 切换模块,其与频域均衡模块的输出端相连接,用于进行单载波或者多载波解复用解帧的切换;

[0012] 单载波信号恢复/解帧模块,其与切换模块8的输出端相连接,用于恢复出单载波传输的符号;

[0013] 多载波信号恢复/解帧模块,其与切换模块8的输出端相连接,用于恢复出多载波传输的符号。

[0014] 进一步地,本发明还提供一种宽带单载波/多载波均衡接收方法,包括:射频接收步骤、同步与信道估计步骤、串/并转换步骤,以及:

[0015] 频域均衡步骤,利用估计的信道衰落系数对采样信号进行频域均衡;

[0016] 切换步骤,进行单载波或者多载波解复用解帧的切换;

[0017] 单载波信号恢复/解帧步骤,用于恢复出单载波传输的符号;

[0018] 多载波信号恢复/解帧步骤,用于恢复出多载波传输的符号。

[0019] 本发明的宽带单载波/多载波均衡接收装置可以在无线宽带通信和移动通信领域获得广泛应用,尤其是在第四代移动通信领域中将有广阔的发展前景。主要用于接收宽带无线信号,利用同一个接收机即可接收单载波传输信号,也可以接收多载波传输信号。可以适应传统单载波和多载波所不能完全适应的更多通信场景,为通信系统增加了一个新的设计自由度。宽带单载波/多载波均衡接收装置在理论上将基于循环前缀的单载波和多载波的均衡接收技术统一起来,后两者均为前者的特殊应用。

附图说明

[0020] 图1是现有的单载波传输系统的均衡接收装置的结构示意图。

[0021] 图2是现有的多载波传输系统的均衡接收装置的结构示意图。

[0022] 图3是本发明的宽带单载波/多载波均衡接收装置的结构示意图。

[0023] 图4是本发明的一个应用实例示意图。

具体实施方式

[0024] 如图3、4所示,本发明的宽带单载波/多载波均衡接收装置包括:

[0025] 射频接收模块1,其将无线信道中的信号接收下来,变频到基带进行处理。经过接收天线和射频处理模块,接收机输出基带信号。

[0026] 同步与信道估计模块2,与射频接收模块的输出端相连接,用于完成接收信号的时频同步和信道衰落系数估计。

[0027] 去除循环前缀(CP)模块3,与射频接收模块的输出端相连接,用于删除受到符号

间干扰的信号循环前缀,消除块间干扰,隔离信道时延扩展的影响,以利于接收机的频域均衡。

[0028] 串 / 并转换模块 4,负责将输入的串行数据序列变换成并行的输出数据序列。

[0029] 频域均衡模块,其与串 / 并转换模块、同步与信道估计模块的输出端相连接,其利用估计的信道衰落系数对采样信号进行频域均衡;

[0030] 切换模块 8,其与频域均衡模块的输出端相连接,用于进行单载波或者多载波解复用解帧的切换,以便于进一步处理。

[0031] 单载波信号恢复 / 解帧模块,其与切换模块 8 的输出端相连接,用于恢复出单载波传输的符号;

[0032] 多载波信号恢复 / 解帧模块,其与切换模块 8 的输出端相连接,用于恢复出多载波传输的符号;

[0033] 其中,所述的频域均衡模块包括依次连接的:

[0034] FFT 变换模块 5,其与串 / 并转换模块的输出端相连接,用于将一定长度的接收信号数据块变换到频域,以便于于频域均衡消除信道对该数据块的影响;

[0035] 单点均衡模块 6,其与 FFT 变换模块的输出端相连接,用于在频域对信道损伤进行相位和幅度的补偿;

[0036] IFFT 变换模块 7,其与单点均衡模块的输出端相连接,用于将已经经过频域均衡的频域子带信号恢复到时域去,以便于进一步处理。

[0037] 所述的单载波信号恢复 / 解帧模块包括依次连接的:

[0038] 并 / 串转换模块 10,其与切换模块的输出端相连接,用于将输入的并行数据序列变换成串行的输出数据序列。

[0039] 解映射解交织模块 11,用于依据发送端的符号映射规则将输入的数据序列解映射成相应的数字序列,并进行比特解交织。如果即将执行的信道译码基于硬判决输入信息,则输出由 0、1 组成的硬信息数字序列。否则符号解映射将提供相应的基于数比特量化的软信息数字序列。

[0040] 信道译码模块 12,用于执行相应的信道译码算法。经过信道译码模块,输入的编码比特数据序列变换成信息比特数据序列。

[0041] 信息比特模块 13,用于将接收机恢复出信息比特数据序列传递给上层应用模块处理。

[0042] 所述的多载波信号恢复 / 解帧模块包括依次连接的:

[0043] 多路时域滤波模块 9,其与频域均衡模块的输出端相连接,用于将多载波传输信号进行子带滤波。

[0044] FFT 变换模块 5,其对滤波后的信号进行快速傅利叶变换。

[0045] 并 / 串转换模块 10,其用于将输入的并行数据序列变换成串行的输出数据序列。

[0046] 解映射解交织模块 11,用于依据发送端的符号映射规则将输入的数据序列解映射成相应的数字序列,并进行比特解交织。如果即将执行的信道译码基于硬判决输入信息,则输出由 0、1 组成的硬信息数字序列。否则符号解映射将提供相应的基于数比特量化的软信息数字序列。

[0047] 信道译码模块 12,用于执行相应的信道译码算法。经过信道译码模块,输入的编码

比特据序列变换成信息比特数据序列。

[0048] 信息比特模块 13, 用于将接收机恢复出信息比特数据序列传递给上层应用模块处理。

[0049] 采用本发明, 接收机既可以接收单载波传输信号, 也可以接收多载波传输信号, 采用基于信号采样的频域均衡接收对接收信号进行统一的均衡, 然后根据传输的是单载波或者多载波传输信号进行切换, 用对应的信号解复用 / 解帧方法从均衡后的信号中得到传输的信息比特序列。

[0050] 进一步地, 本发明的宽带单载波 / 多载波均衡接收方法, 包括:

[0051] 射频接收步骤, 其将无线信道中的信号接收下来, 变频到基带进行处理。经过接收天线和射频处理模块, 接收机输出基带信号。

[0052] 同步与信道估计步骤, 用于完成接收信号的时频同步和信道衰落系数估计。

[0053] 去除循环前缀 (CP) 步骤, 用于删除受到符号间干扰的信号循环前缀, 消除块间干扰, 隔离信道时延扩展的影响, 以利于接收机的频域均衡。

[0054] 串 / 并转换步骤, 负责将输入的串行数据序列变换成并行的输出数据序列。

[0055] 频域均衡步骤, 利用估计的信道衰落系数对采样信号进行频域均衡;

[0056] 切换步骤, 用于进行单载波或者多载波解复用解帧的切换, 以便于进一步处理。

[0057] 单载波信号恢复 / 解帧步骤, 用于恢复出单载波传输的符号;

[0058] 多载波信号恢复 / 解帧步骤, 用于恢复出多载波传输的符号;

[0059] 其中, 所述的频域均衡步骤包括:

[0060] FFT 变换步骤, 用于将一定长度的接收信号数据块变换到频域, 以便于于频域均衡消除信道对该数据块的影响;

[0061] 单点均衡步骤, 用于在频域对信道损伤进行相位和幅度的补偿;

[0062] IFFT 变换步骤, 其与单点均衡模块的输出端相连接, 用于将已经经过频域均衡的频域子带信号恢复到时域去, 以便于进一步处理。

[0063] 所述的单载波信号恢复 / 解帧步骤包括:

[0064] 并 / 串转换步骤, 用于将输入的并行数据序列变换成串行的输出数据序列。

[0065] 解映射解交织步骤, 用于依据发送端的符号映射规则将输入的数据序列解映射成相应的数字序列, 并进行比特解交织。如果即将执行的信道译码基于硬判决输入信息, 则输出由 0、1 组成的硬信息数字序列。否则符号解映射将提供相应的基于数比特量化的软信息数字序列。

[0066] 信道译码步骤, 用于执行相应的信道译码算法。经过信道译码模块, 输入的编码比特据序列变换成信息比特数据序列。

[0067] 信息比特步骤, 用于将接收机恢复出信息比特数据序列传递给上层应用模块处理。

[0068] 所述的多载波信号恢复 / 解帧步骤包括:

[0069] 多路时域滤波步骤, 用于将多载波传输信号进行子带滤波。

[0070] FFT 变换步骤, 其对滤波后的信号进行快速傅利叶变换。

[0071] 并 / 串转换步骤, 用于将输入的并行数据序列变换成串行的输出数据序列。

[0072] 解映射解交织步骤, 用于依据发送端的符号映射规则将输入的数据序列解映射成

相应的数字序列,并进行比特解交织。如果即将执行的信道译码基于硬判决输入信息,则输出由 0、1 组成的硬信息数字序列。否则符号解映射将提供相应的基于数比特量化的软信息数字序列。

[0073] 信道译码步骤,用于执行相应的信道译码算法。经过信道译码模块,输入的编码比特据序列变换成信息比特数据序列。

[0074] 信息比特步骤,用于将接收机恢复出信息比特数据序列传递给上层应用模块处理。

[0075] 对于图 3 所示的接收传输系统,可假定传输的信号块长度为 M ,循环前缀 (CP) 的长度大于信道的最大时延扩展,此时接收端去除 CP 后的基带采样信号矢量可表示为:

$$[0076] \quad y = Hx + z \quad (1)$$

[0077] 其中 x 为 $M \times 1$ 维的发送的基带采样矢量; z 为零均值白高斯噪声矢量,且满足 $E\{zz^H\} = \sigma_z^2 I_M$; H 为信道矩阵,是一个循环矩阵,可以表示成如下形式:

$$[0078] \quad H = \begin{bmatrix} h_i(0) & 0 & \dots & h_i(L-1) & \dots & h_i(1) \\ M & h_i(0) & \dots & 0 & \dots & M \\ h_i(L-1) & M & h_i(0) & \dots & \dots & h_i(L-1) \\ 0 & h_i(L-1) & M & \dots & \dots & M \\ M & M & \dots & M & h_i(0) & 0 \\ 0 & L & \dots & h_i(L-1) & L & h_i(0) \end{bmatrix}_{M \times M} \quad (2)$$

[0079] $h = [h(0), h(1), \dots, h(L-1)]^T$ 为发送天线到接收天线之间的信道响应矢量, L 为信道最大可分辨径。由于 H 为循环矩阵,可以进行对角化,则 H 可表示为:

$$[0080] \quad H = F^H \Lambda F \quad (3)$$

[0081] 其中, F 表示归一化 DFT 变换矩阵, $\Lambda = \text{diag}\{H(0), H(1), \dots, H(M-1)\}$, $H(k)$ 为 h 的 DFT 变换,即:

$$[0082] \quad [H(0), H(1), \dots, H(M-1)]^T = \text{sqrt}(M) Fh \quad (4)$$

[0083] 在信道冲击响应和噪声统计特性已知的情况下,由基带接收信号采样矢量 y 获得基带发送的采样信号矢量的最小均方误差 (MMSE) 估计为:

$$[0084] \quad \hat{x}_{MMSE} = Wy \quad (5)$$

$$[0085] \quad W = F^H (A^H A + \sigma_z^2 I_M)^{-1} A^H F \quad (6)$$

[0086] 因此,基带发送的采样信号矢量 x 的估计为:

$$[0087] \quad \hat{x}_{MMSE} = F^H (A^H A + \sigma_z^2 I_M)^{-1} A^H Fy \quad (7)$$

[0088] 上式给出的估计方法需要一次 DFT 和一次 IDFT 运算,同时计算信道的频域响应需要一次 DFT 运算。接收机的复杂度与系统信息传输的子载波数目无关,即通过一次频域均衡可恢复出发送的基带采样信号。

[0089] 由发送的基带采样信号矢量 x 的估计 \hat{x}_{MMSE} 分别进行单载波或者多载波解复用解帧即可恢复出单载波或者多载波传输的原始信息。

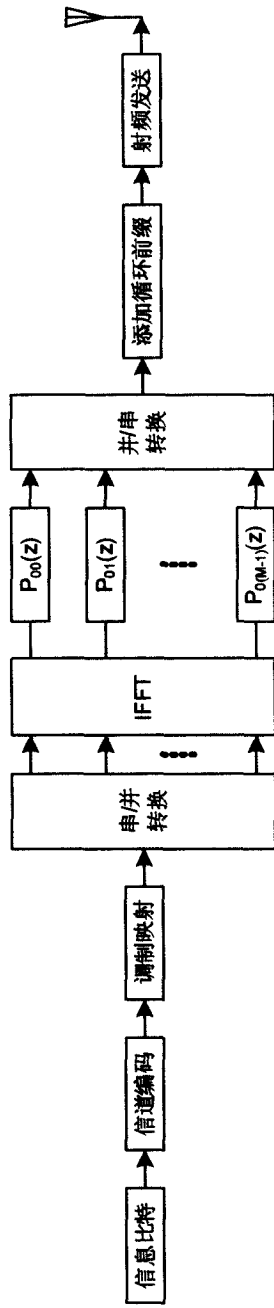


图 1

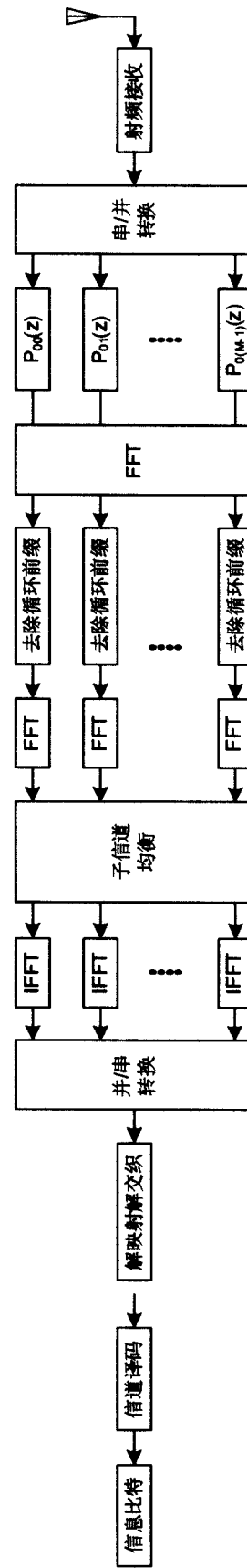


图 2

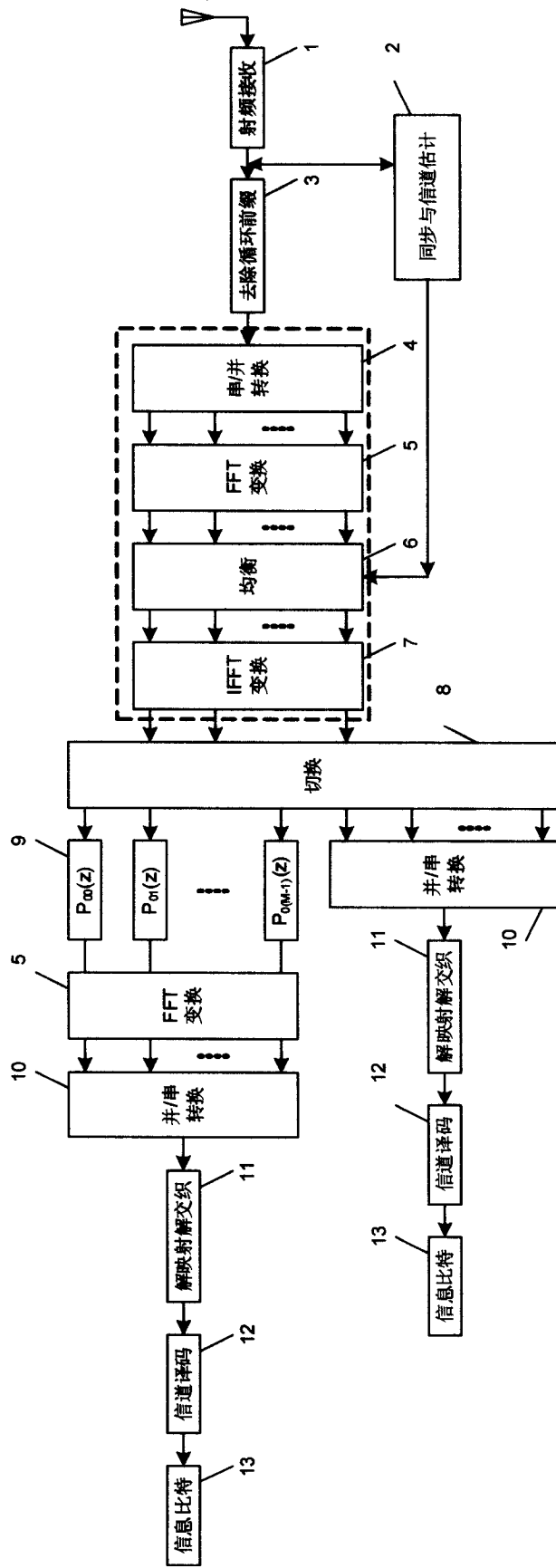


图 3

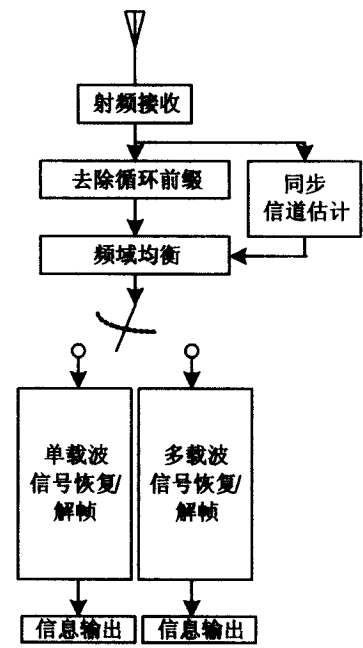


图 4