



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 106487728 A

(43) 申请公布日 2017. 03. 08

(21) 申请号 201510548996. 4

(22) 申请日 2015. 08. 31

(71) 申请人 联芯科技有限公司

地址 200233 上海市徐汇区钦江路 333 号 41
幢 4 楼

申请人 大唐半导体设计有限公司
复旦大学

(72) 发明人 祁卿峰 周小林 王紫鹏 毕伟祥

(74) 专利代理机构 上海思微知识产权代理事务
所（普通合伙）31237

代理人 席虹岩

(51) Int. Cl.

H04L 25/03(2006. 01)

H04L 25/02(2006. 01)

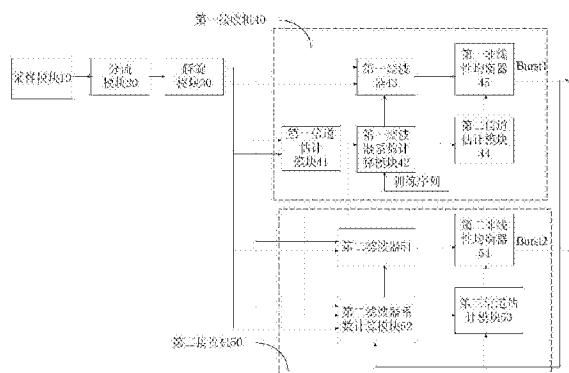
权利要求书2页 说明书6页 附图3页

(54) 发明名称

基于数据更新的迭代干扰消除机以及消除方
法

(57) 摘要

本发明提供一种基于数据更新的迭代干扰消
除机，能够实现对接收数据进行 UpSample/2 倍降
采样、期望用户的信道冲击响应估计、线性滤波器
系数的计算、对接收数据进行干扰抑制的线性滤
波器、消除符号间干扰的非线性均衡器及进行自
适应 LMS 信道估计等。本发明还提供一种基于
数据更新的迭代干扰消除方法，在非线性均衡的
基础上，基于整个突发数据完成的滤波操作以及
LMS 信道估计将大大提高链路的整体性能，尤其
是在异步干扰情况下。并可根据实际情况采取多
次迭代以取得理想性能，适用于不同调制方式的
期望信号及干扰类型。



1. 一种基于数据更新的迭代干扰消除机,其特征在于,包括:

采样模块,用于对接收的数据进行 UpSample/2 倍降采样;

分流模块,用于对降采样后的数据进行串并转换并分流,形成两路样本数据;以及
用于接收所述两路样本数据的第一接收机,所述第一接收机包括:

第一信道估计模块,用于对所述两路样本数据分别做期望信号的信道估计;

第一滤波器系数计算模块,用于从两路样本数据、所述期望信号的信道估计值以及期望数据的训练序列中计算出第一滤波器系数;

第一滤波器,用于根据所述第一滤波器系数对所述两路样本数据进行滤波;

第二信道估计模块,用于对所述第一滤波器滤波后的样本数据进行信道估计,并输出所述第一滤波器滤波后的期望信号的信道冲击响应信息;以及

第一非线性均衡器,用于消除所述第一滤波器滤波后的样本数据以及所述第二信道估计模块输出信息的符号间干扰,并输出 burst 值。

2. 如权利要求 1 所述的基于数据更新的迭代干扰消除机,其特征在于,还包括用于接收所述两路样本数据的第二接收机,所述第二接收机包括第二滤波器,以及

第二滤波器系数计算模块,用于从所述 burst 值对所述第二滤波器系数进行更新;

第三信道估计模块,用于对所述第二滤波器滤波后的样本数据以及 burst 值进行信道估计,并输出所述第二滤波器滤波后的期望信号的信道冲击响应信息;

第二非线性均衡器,用于消除所述第二滤波器滤波后的样本数据以及所述第三信道估计模块输出信息的符号间干扰的,并输出 burst 值。

3. 如权利要求 2 所述的基于数据更新的迭代干扰消除机,其特征在于,所述第二接收机的数量为多个。

4. 如权利要求 1 或 2 所述的基于数据更新的迭代干扰消除机,其特征在于,还包括解旋模块,连接于所述分流模块之后,用于对所述两路样本数据进行解旋。

5. 如权利要求 1 或 2 所述的基于数据更新的迭代干扰消除机,其特征在于,所述第一滤波器的抽头长度可调节,并取链路性能最优时的值。

6. 如权利要求 1 或 2 所述的基于数据更新的迭代干扰消除机,其特征在于,所述第一滤波器系数计算模块和所述第二信道估计模块接收所述 burst 值的反馈。

7. 如权利要求 1 或 2 所述的基于数据更新的迭代干扰消除机,其特征在于,所述第一非线性均衡器在期望信号为 GMSK 调制时配置成最大似然序列估计方法作检测;在期望信号为 EPSK 调制时,配置成判决反馈序列估计或减状态序列估计方法作检测。

8. 如权利要求 1 或 2 所述的基于数据更新的迭代干扰消除机,其特征在于,所述分流模块分流形成两路样本数据分别为奇数位和偶数位。

9. 如权利要求 1 或 2 所述的基于数据更新的迭代干扰消除机,其特征在于,所述第一滤波器系数计算模块通过使 SINR 最大化、基于最小均方误差 MMSE 准则计算滤波器系数。

10. 一种基于数据更新的迭代干扰消除方法,其特征在于,包括:

采样模块对接收的数据进行 UpSample/2 倍降采样;

分流模块对降采样后的数据进行串并转换并分流,形成两路样本数据;

第一信道估计模块对所述两路样本数据分别做期望信号的信道估计;

第一滤波器系数计算模块从两路样本数据、所述期望信号的信道估计值以及期望数据

的训练序列中计算出第一滤波器系数；

第一滤波器根据所述第一滤波器系数对所述两路样本数据进行滤波；

第二信道估计模块对所述第一滤波器滤波后的样本数据进行信道估计，并输出所述第一滤波器滤波后的期望信号的信道冲击响应信息；以及

第一非线性均衡器消除所述第一滤波器滤波后的样本数据以及所述第二信道估计模块输出信息的符号间干扰，并输出 burst 值。

11. 如权利要求 10 所述的基于数据更新的迭代干扰消除方法，其特征在于，形成两路样本数据后，解旋模块对所述两路样本数据进行解旋。

12. 如权利要求 10 所述的基于数据更新的迭代干扰消除方法，其特征在于，所述第一滤波器的抽头长度可调节，并取链路性能最优时的值。

13. 如权利要求 10 所述的基于数据更新的迭代干扰消除方法，其特征在于，所述第一滤波器系数计算模块和所述第二信道估计模块接收所述 burst 值的反馈。

14. 如权利要求 10 所述的基于数据更新的迭代干扰消除方法，其特征在于，所述第一非线性均衡器在期望信号为 GMSK 调制时配置成最大似然序列估计方法作检测；在期望信号为 EPSK 调制时，配置成判决反馈序列估计或减状态序列估计方法作检测。

15. 如权利要求 10 所述的基于数据更新的迭代干扰消除方法，其特征在于，所述分流模块分流形成两路样本数据分别为奇数位和偶数位。

16. 如权利要求 10 所述的基于数据更新的迭代干扰消除方法，其特征在于，所述第一滤波器系数计算模块通过使 SINR 最大化、基于最小均方误差 MMSE 准则计算滤波器系数。

基于数据更新的迭代干扰消除机以及消除方法

技术领域

[0001] 本发明属于无线通信技术领域，具体涉及一种基于数据更新的迭代干扰消除机以及消除方法。

背景技术

[0002] 在无线通信系统中，降低小区复用因子使频率资源复用次数增加，以提高系统可承受容量。但是同时相应的同频小区之间的距离就会相对减小，来自邻小区的相同频道的干扰就会加剧。这种干扰称为同频干扰 (CCI, co-channel interference)。

[0003] 同频干扰是影响 GGE 接收性能的主要因素，CCI 会造成话音质量下降、数据传输速率下降以及掉话等一系列的问题。但考虑到邻区的频道复用，实际环境中 CCI 的存在不可避免。许多针对 CCI 的技术已经被使用，包括 DTX、功控、跳频和 AMR，同时用于消除 CCI 的均衡技术也被开发出来。SAIC(Single Antenna Interference Cancellation) 均衡技术是在这一背景下提出的，SAIC 并不指代某种单一的均衡算法，而是解决单天线系统的干扰消除问题的一类算法的统称。

[0004] 目前所有的 SAIC 技术大概可以分为盲干扰消除技术和多用户检测技术两大类。联合多用户检测，就是假设接收端同时已知干扰信号和期望信号的训练序列信息条件，对期望信号和干扰信号进行联合检测，此种方法集干扰消除与均衡结构一起。盲干扰消除技术，是在干扰的训练序列未知的情况下进行的一种干扰消除技术与均衡技术分开的实现。尽管联合检测有更佳的性能，但是受限于干扰训练序列未知的情况以及复杂度的要求等条件，盲干扰消除技术成为一个重要的研究方向。

发明内容

[0005] 为解决现有技术中的问题，本发明提供一种基于数据更新的迭代干扰消除机，包括：

- [0006] 采样模块，用于对接收的数据进行 UpSample/2 倍降采样；
- [0007] 分流模块，用于对降采样后的数据进行串并转换并分流，形成两路样本数据；以及
- [0008] 用于接收所述两路样本数据的第一接收机，所述第一接收机包括：
 - [0009] 第一信道估计模块，用于对所述两路样本数据分别做期望信号的信道估计；
 - [0010] 第一滤波器系数计算模块，用于从两路样本数据、所述期望信号的信道估计值以及期望数据的训练序列中计算出第一滤波器系数；
 - [0011] 第一滤波器，用于根据所述第一滤波器系数对所述两路样本数据进行滤波；
 - [0012] 第二信道估计模块，用于对所述第一滤波器滤波后的样本数据进行信道估计，并输出所述第一滤波器滤波后的期望信号的信道冲击响应信息；以及
 - [0013] 第一非线性均衡器，用于消除所述第一滤波器滤波后的样本数据以及所述第二信道估计模块输出信息的符号间干扰，并输出 burst 值。
- [0014] 可选的，所述基于数据更新的迭代干扰消除机还包括用于接收所述两路样本数据

的第二接收机，所述第二接收机包括第二滤波器，以及

[0015] 第二滤波器系数计算模块，用于从所述 burst 值对所述第二滤波器系数进行更新；

[0016] 第三信道估计模块，用于对所述第二滤波器滤波后的样本数据以及 burst 值进行信道估计，并输出所述第二滤波器滤波后的期望信号的信道冲击响应信息；

[0017] 第二非线性均衡器，用于消除所述第二滤波器滤波后的样本数据以及所述第三信道估计模块输出信息的符号间干扰，并输出 burst 值。

[0018] 可选的，所述第二接收机的数量为多个。

[0019] 可选的，所述基于数据更新的迭代干扰消除机还包括解旋模块，连接于所述分流模块之后，用于对所述两路样本数据进行解旋。

[0020] 可选的，所述第一滤波器的抽头长度可调节，并取链路性能最优时的值。

[0021] 可选的，所述第一滤波器系数计算模块和所述第二信道估计模块接收所述 burst 值的反馈。

[0022] 可选的，所述第一非线性均衡器在期望信号为 GMSK 调制时配置成最大似然序列估计方法作检测；在期望信号为 EPSK 调制时，配置成判决反馈序列估计或减状态序列估计方法作检测。

[0023] 可选的，所述分流模块分流形成两路样本数据分别为奇数位和偶数位。

[0024] 可选的，所述第一滤波器系数计算模块通过使 SINR 最大化、基于最小均方误差 MMSE 准则计算滤波器系数。

[0025] 本发明还提供一种基于数据更新的迭代干扰消除方法，包括：

[0026] 采样模块对接收的数据进行 UpSample/2 倍降采样；

[0027] 分流模块对降采样后的数据进行串并转换并分流，形成两路样本数据；

[0028] 第一信道估计模块对所述两路样本数据分别做期望信号的信道估计；

[0029] 第一滤波器系数计算模块从两路样本数据、所述期望信号的信道估计值以及期望数据的训练序列中计算出第一滤波器系数；

[0030] 第一滤波器根据所述第一滤波器系数对所述两路样本数据进行滤波；

[0031] 第二信道估计模块对所述第一滤波器滤波后的样本数据进行信道估计，并输出所述第一滤波器滤波后的期望信号的信道冲击响应信息；以及

[0032] 第一非线性均衡器消除所述第一滤波器滤波后的样本数据以及所述第二信道估计模块输出信息的符号间干扰，并输出 burst 值。

[0033] 可选的，形成两路样本数据后，解旋模块对所述两路样本数据进行解旋。

[0034] 可选的，所述第一滤波器的抽头长度可调节，并取链路性能最优时的值。

[0035] 可选的，所述第一滤波器系数计算模块和所述第二信道估计模块接收所述 burst 值的反馈。

[0036] 可选的，所述第一非线性均衡器在期望信号为 GMSK 调制时配置成最大似然序列估计方法作检测；在期望信号为 EPSK 调制时，配置成判决反馈序列估计或减状态序列估计方法作检测。

[0037] 可选的，所述分流模块分流形成两路样本数据分别为奇数位和偶数位。

[0038] 可选的，所述第一滤波器系数计算模块通过使 SINR 最大化、基于最小均方误差

MMSE 准则计算滤波器系数。

[0039] 本发明提供一种基于数据更新的迭代干扰消除机，能够实现对接收数据进行 UpSample/2 倍降采样、期望用户的信道冲击响应估计、线性滤波器系数 w 的计算、对接收数据进行干扰抑制的线性滤波器、消除符号间干扰的非线性均衡器及进行自适应 LMS 信道估计等。采用训练序列计算的滤波器系数仅仅只能对训练序列上的干扰进行抑制，于是在非线性均衡的基础上，基于整个突发数据完成的滤波操作以及 LMS 信道估计将大大提高链路的整体性能，尤其是在异步干扰情况下。该发明可根据实际情况采取多次迭代以取得理想性能。该发明适用于不同调制方式的期望信号及干扰类型。

附图说明

- [0040] 图 1 为本发明一实施例所述基于数据更新的迭代干扰消除机的结构示意图；
- [0041] 图 2 为本发明另一实施例所述基于数据更新的迭代干扰消除机的结构示意图；
- [0042] 图 3 为本发明一实施例所述基于数据更新的迭代干扰消除机在异步干扰下的效果性能图；
- [0043] 图 4 为本发明一实施例所述基于数据更新的迭代干扰消除方法的流程图。

具体实施方式

[0044] 以下结合附图和具体实施例对本发明作进一步详细说明。根据下面说明和权利要求书，本发明的优点和特征将更清楚。需说明的是，附图均采用非常简化的形式且均使用非精准的比率，仅用以方便、明晰地辅助说明本发明实施例的目的。

- [0045] 本发明所提供的基于数据更新的迭代干扰消除机如图 1 所示，包括以下模块：
 - [0046] 采样模块 10，用于对接收的数据进行 UpSample/2 倍降采样；
 - [0047] 分流模块 20，用于对降采样后的数据进行串并转换并分流，形成两路样本数据；
 - [0048] 优选的，还包括解旋模块 30，连接于所述分流模块 20 之后，用于对所述两路样本数据进行解旋；
 - [0049] 用于接收所述两路样本数据的第一接收机 40，所述第一接收机 40 包括：
 - [0050] 第一信道估计模块 41，用于对所述两路样本数据分别做期望信号的信道估计；
 - [0051] 第一滤波器系数计算模块 42，用于从两路样本数据、所述期望信号的信道估计值以及期望数据的训练序列中计算出第一滤波器系数；
 - [0052] 第一滤波器 43，用于根据所述第一滤波器系数对所述两路样本数据进行滤波；
 - [0053] 第二信道估计模块 44，用于对所述第一滤波器 43 滤波后的样本数据进行信道估计，并输出所述第一滤波器 43 滤波后的期望信号的信道冲击响应信息；以及
 - [0054] 第一非线性均衡器 45，用于消除所述第一滤波器 43 滤波后的样本数据以及所述第二信道估计模块 44 输出信息的符号间干扰，并输出 burst 值。
 - [0055] 优选方案中，基于数据更新的迭代干扰消除机还包括第二接收机 50，第二接收机 50 可以直接叠加在第一接收机 40 之后。
 - [0056] 如图 2 所示，包含第一接收机 40 和一个第二接收机 50 的迭代干扰消除机中，第二接收机 50 包括第二滤波器 51，以及
 - [0057] 第二滤波器系数计算模块 52，用于从所述 burst 值对所述第二滤波器 51 系数进行

更新；

[0058] 第三信道估计模块 53，用于对所述第二滤波器 51 滤波后的样本数据以及 burst 值进行信道估计，并输出所述第二滤波器 51 滤波后的期望信号的信道冲击响应信息；

[0059] 第二非线性均衡器 54，用于消除所述第二滤波器 51 滤波后的样本数据以及所述第三信道估计模块 53 输出信息的符号间干扰的，并输出 burst 值。

[0060] 在本实施例中，可以根据期望信号调制方式的不同选择不同的接收方式；根据复杂度的限制选择第二接收机 50 的重复次数，即可以包含多个第二接收机 50。

[0061] 如图 2 所示，下面以本发明所提供的基于数据更新的迭代干扰消除机应用于 GSM 系统的 GMSK 调制信号干扰消除，举例说明具体的实施方式。

[0062] 信道估计模块

[0063] 基于最小二乘法做信道估计，训练序列段为 $ts[L]$ ，($L = 0, 1 \dots N_{train}$)，训练序列段对应的接收信号为 $X_{train}[L]$ ，($L = 0, 1 \dots N_{train}$)，

[0064] 令：

[0065] $X_{train} = [X_{train}[L-1] \ X_{train}[L] \ \dots \ X_{train}[N_{train}-1]]$

$$[0066] \quad \mathbf{A} = \begin{bmatrix} ts[L-1] & ts[L-2] & \dots & ts[0] \\ ts[L] & ts[L-1] & \dots & ts[1] \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ ts[N_{train}-1] & ts[N_{train}-2] & \dots & ts[N_{train}-L] \end{bmatrix}$$

[0067] 根据最小二乘法，可以求取：

$$[0068] \quad \hat{\mathbf{h}} = (\mathbf{A}^H \mathbf{A})^{-1} \mathbf{A}^H \mathbf{X}_{train}$$

[0069] 分别求得两路样本信号的信道估计 \hat{h}_1 、 \hat{h}_2

[0070] 滤波器系数计算模块

[0071] 求最优的滤波器系数 $w = [w_1^T, w_2^T]^T$ ，使代价函数 $C := E \left\{ \left| w^H y - \tilde{h}^H a \right|^2 \right\}$ 最小。利用

上式分别对参数 w ， \tilde{h} 求 Wirtinger 偏导并令其为零向量，可得代价函数 C 的最小值，其中 $y = [y_1^T, y_2^T]^T$ 为两路接收样本数据的矢量信号， \tilde{h} 为理想的滤波后的信道冲击响应， a 为训练序列值。 w 和 \tilde{h} 的阶数为可调参数。

[0072] 滤波器（线性）

[0073] 滤波系数与两路样本数据时域卷积 $y_w = w^H y$ 。

[0074] 非线性（MLSE）均衡器

[0075] 滤波后的样本数据 y_w ，与进行 LS 信道估计的信道估计值 h_w ，送入 MLSE 均衡器，抑制符号间干扰，输出 burst 值。

[0076] 基于 burst 滤波器

[0077] 将更新的 burst 值代入 a 中，重新求取滤波器系数。基于整个 burst 的滤波器系数将会抑制整个 burst 上的干扰。求得更新的滤波器系数后，对两路样本数据进行滤波，

$y_w^i = w_i^H y$, 其中 i 为滤波系数更新次数。

[0078] LMS 自适应信道估计

[0079] LS 信道估计模块是基于 burst 中间的训练序列段完成,首先可以得到 LS 完成的信道估计值 h_w^i ,其中 i 为滤波系数更新次数。

[0080] 基于 LMS 算法,利用已知的 burst 信息更新信道估计值

$$h_{w,n+1}^i = h_{w,n}^i + \mu \varepsilon(n) a_n$$

[0082] 其中,误差 $\varepsilon(n) = y(n) - \sum_{k=0}^{L-1} a(n-k) h_w^i(k)$, μ 为步长,决定收敛速度, L 为信道冲击

响应抽头数, $a_n = [a[n], a[n-1], \dots, a[n-L+1]]$ 。

[0083] 非线性 (MLSE) 均衡器

[0084] 利用滤波后的样本数据 y_w^i 及自适应信道估计 h_w^i ,输出 burst 数据。可以选择继续迭代直至性能收敛,此处不予讨论。图 3 所示为异步干扰下的效果性能图。

[0085] 本发明的基于数据更新的迭代干扰消除机优点如下:

[0086] 1. 适用于目前的 GSM 接收机结构。由于滤波后的均衡算法和当前常用的非 SAIC 均衡器结构相吻合,所有可以沿用非 SAIC 算法的 Viterbi 均衡模块。

[0087] 2. 适用于多用户的 SAIC 场景。对于不同的多用户场景作相同的预滤波处理,之后非线性均衡模块只针对期望用户进行,不同 JMLSE 需要针对多用户联合解调。

[0088] 3. 适用范围广。整个算法采用复数运算,针对 GMSK\EPSK 调制信号的 GMSK\EPSK 干扰都有效果,且基于整个 burst 的滤波器对同步或者异步干扰并不敏感。

[0089] 4. 复杂度灵活。该算法可根据不同调制信号的复杂度及性能间综合考虑,如在 GMSK 调制信号时,可考虑迭代方式以获最佳性能。

[0090] 本发明还提供一种基于数据更新的迭代干扰消除方法,如图 4 所示,包括:

[0091] 采样模块对接收的数据进行 UpSample/2 倍降采样;

[0092] 分流模块对降采样后的数据进行串并转换并分流,形成两路样本数据;

[0093] 第一信道估计模块对所述两路样本数据分别做期望信号的信道估计;

[0094] 第一滤波器系数计算模块从两路样本数据、所述期望信号的信道估计值以及期望数据的训练序列中计算出第一滤波器系数;

[0095] 第一滤波器根据所述第一滤波器系数对所述两路样本数据进行滤波;

[0096] 第二信道估计模块对所述第一滤波器滤波后的样本数据进行信道估计,并输出所述第一滤波器滤波后的期望信号的信道冲击响应信息;以及

[0097] 第一非线性均衡器消除所述第一滤波器滤波后的样本数据以及所述第二信道估计模块输出信息的符号间干扰,并输出 burst 值。

[0098] 本发明提供一种基于数据更新的迭代干扰消除机,能够实现对接收数据进行 UpSample/2 倍降采样、期望用户的信道冲击响应估计、线性滤波器系数 w 的计算、对接收数据进行干扰抑制的线性滤波器、消除符号间干扰的非线性均衡器及进行自适应 LMS 信道估计等。采用训练序列计算的滤波器系数仅仅只能对训练序列上的干扰进行抑制,于是在非线性均衡的基础上,基于整个突发数据完成的滤波操作以及 LMS 信道估计将大大提高链路

的整体性能，尤其是在异步干扰情况下。该发明可根据实际情况采取多次迭代以取得理想性能。该发明适用于不同调制方式的期望信号及干扰类型。

[0099] 显然，本领域的技术人员可以对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，则本发明也意图包括这些改动和变型在内。

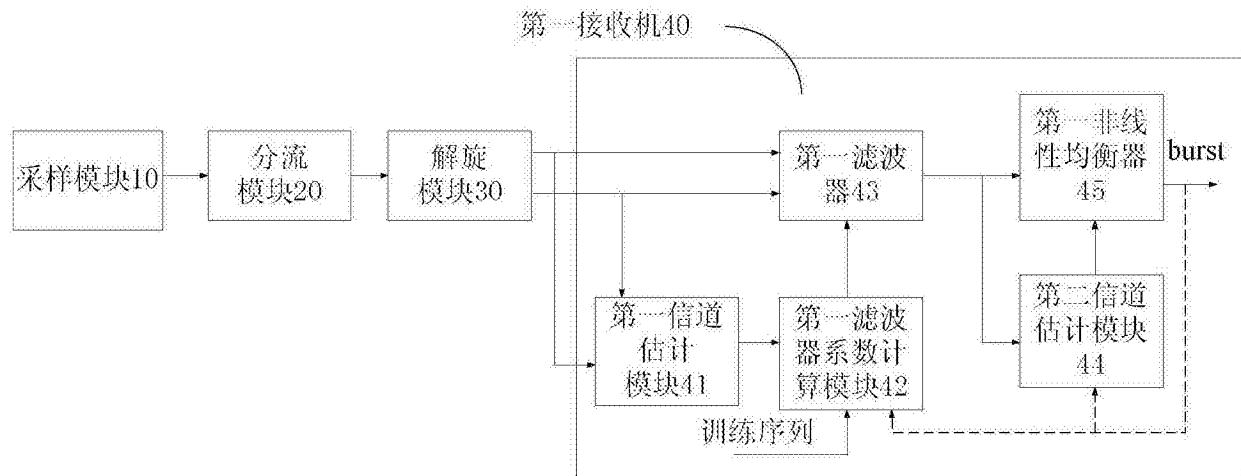


图 1

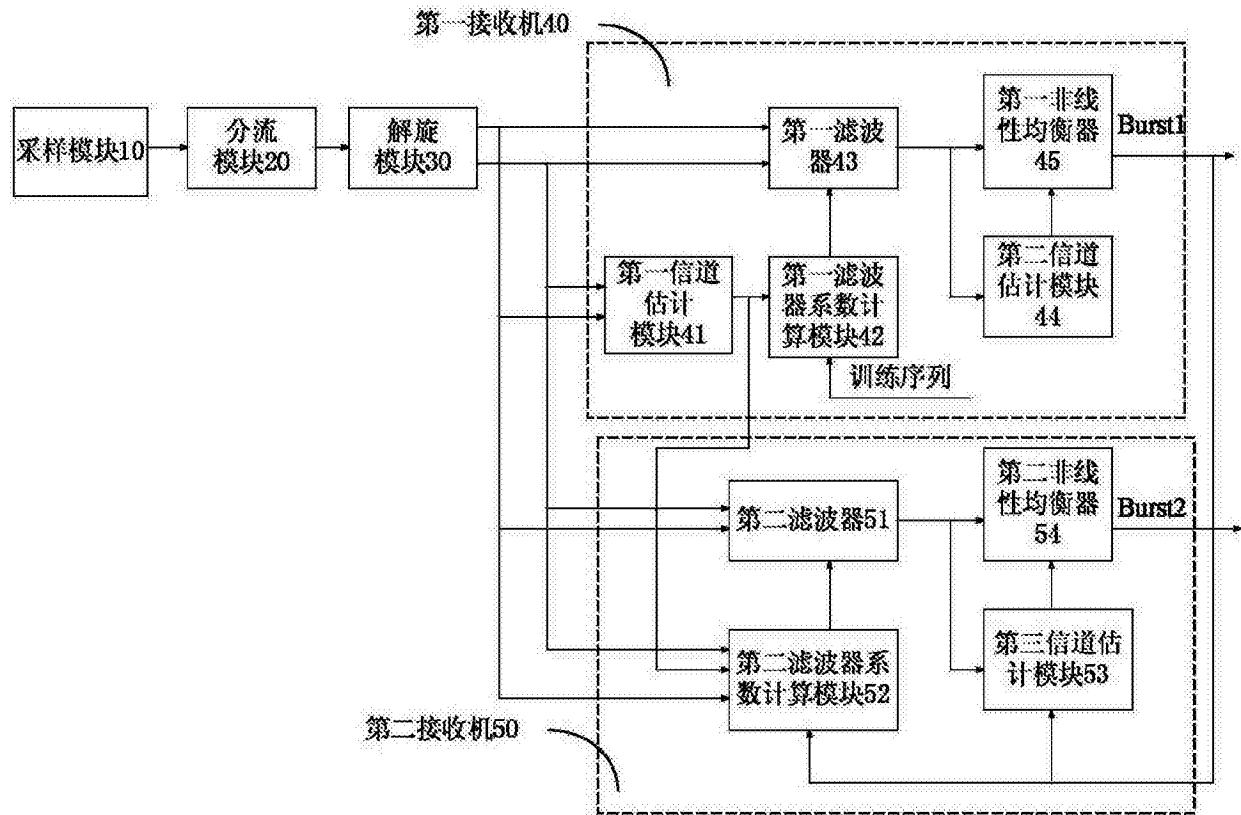


图 2

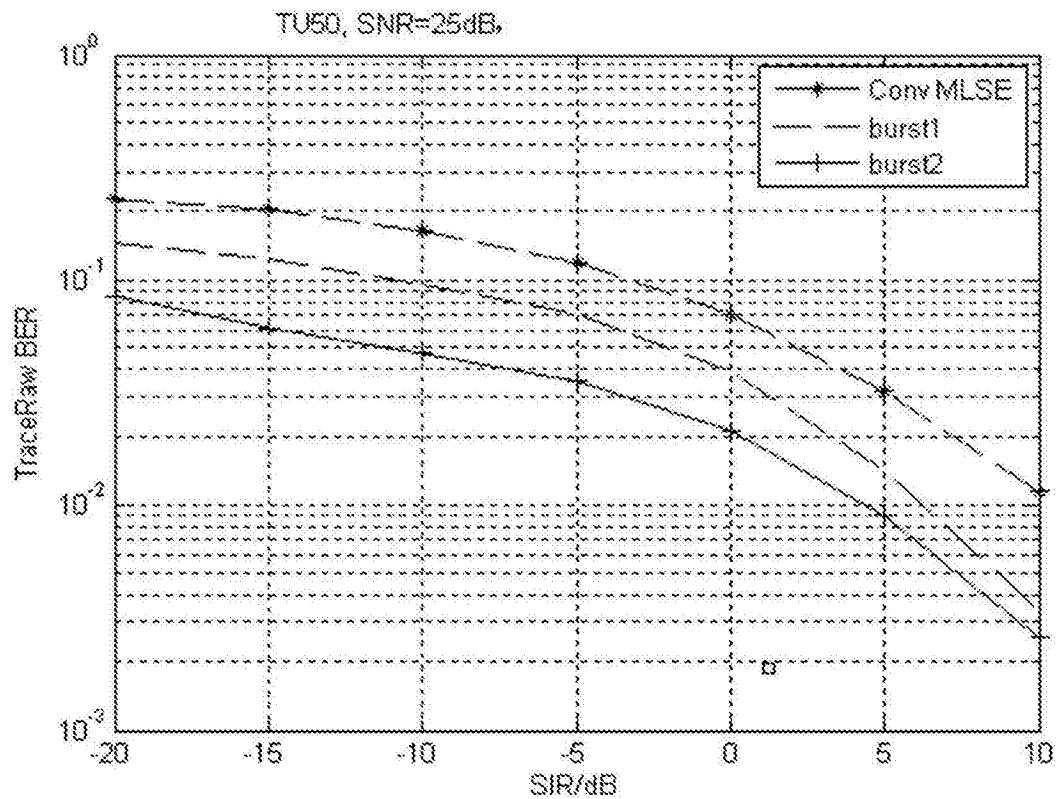


图 3

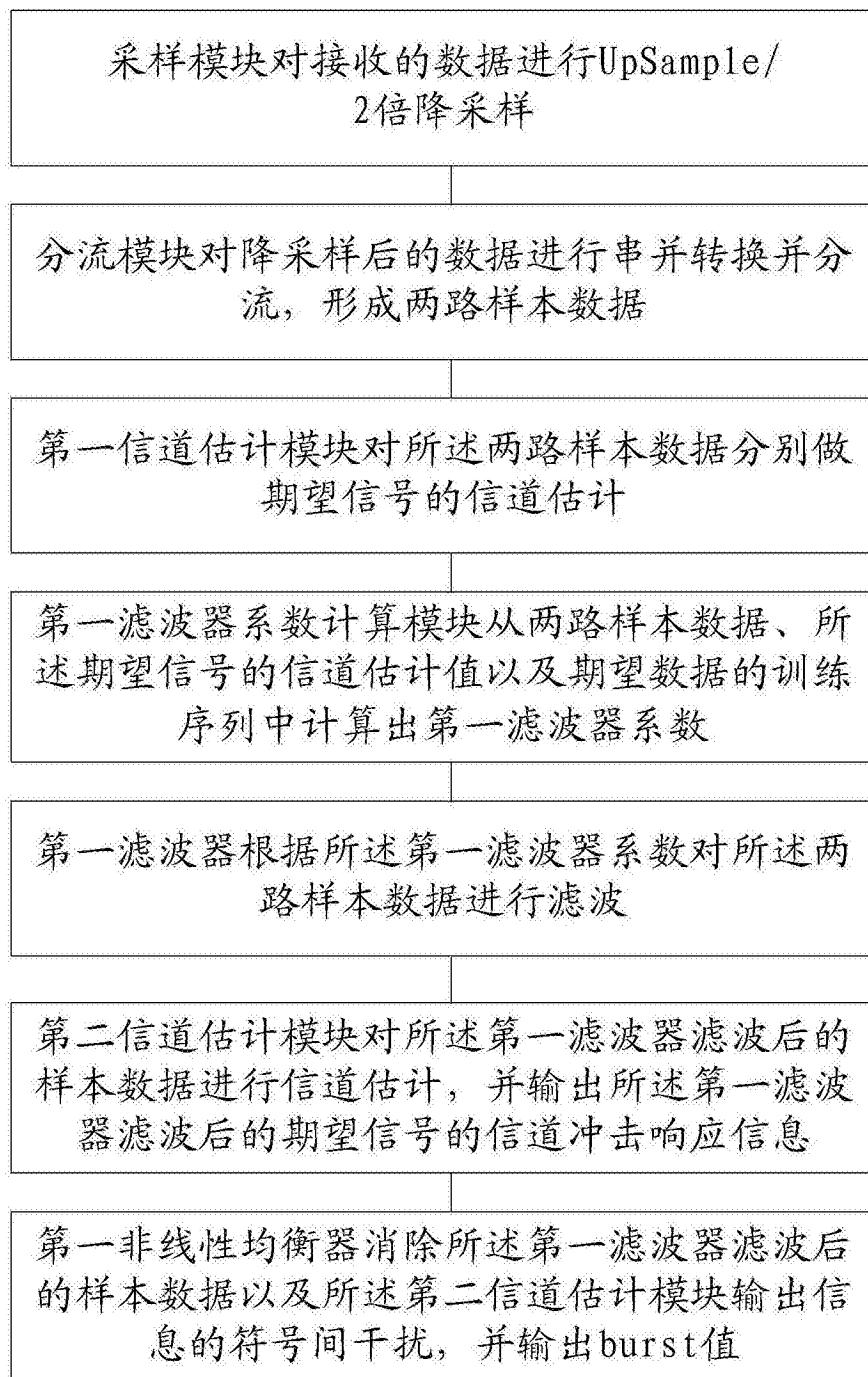


图 4