



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 1668058 B

(45) 授权公告日 2011.06.15

(21) 申请号 200510049114.6

3 行 - 第 15 行、附图 1.

(22) 申请日 2005.02.21

CN 1251959 A, 2000.05.03, 全文.

(73) 专利权人 南望信息产业集团有限公司

审查员 孟文婷

地址 310012 浙江省杭州市文三路 508 号天
苑大厦 12 层(72) 发明人 张健 李文德 黄建强 高可攀
张远勇(74) 专利代理机构 浙江永鼎律师事务所 33233
代理人 陆永强

(51) Int. Cl.

H04M 9/08 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 1369173 A, 2002.09.11, 说明书第 2 页第
9 行 - 第 7 页第 5 行、附图 2、权利要求 10-12, 21.

CN 1239608 A, 1999.12.22, 说明书第 6 页第

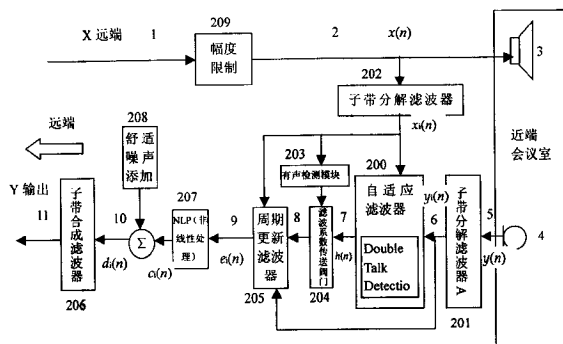
权利要求书 1 页 说明书 6 页 附图 6 页

(54) 发明名称

基于递归最小平方差的子带回声抵消器

(57) 摘要

本发明公开了一种通信技术设备,特别提供了一种在视频通讯设备中的基于递归最小平方差的子带回声抵消器。回声抵消器包括自适应滤波器、远端信号输入端、近端信号输入端,还包括近端子带分析滤波器组 A、远端子带分析滤波器组 B、有声检测模块、滤波系数传送阀门、周期更新滤波器和子带合成滤波器。在回声抵消的算法中,结合了关键子带法的自适应滤波器设计。在回声抵消的前处理里,结合了语音检测模块来加强信号的相关性,提高算法的收敛性以提高回声抵消效果。本发明算法不仅能提高检测率,而且极大的减少了运算量。还提供了一个语音激活检测模块能加快现有的自适应滤波器的收敛性,提高回声抵消算法对环境的跟踪适应性。



1. 一种基于递归最小平方差的子带回声抵消方法,包括以下步骤:

将远端信号和近端信号按照时间序号分别分成多个子带信号;

计算远端和近端子带信号之间的相关性,并输出计算出来的滤波系数;

根据滤波系数计算并合成子带回声抵消得出的信号;

所述滤波系数的计算由自适应滤波器中的 double talk 检测模块选取 $M/16$ 个最低频的子带作 double talk 来实现,其算法训练是基于递归最小二乘法的训练,如果 $M/16$ 小于 1 则取等于 1;所述方法在回声抵消的算法中,结合了关键子带法的自适应滤波器设计;在回声抵消的前处理里,结合了有声检测模块来加强信号的相关性,提高算法的收敛性以提高回声抵消效果,即:检测当前处理单位时间内远端子带信号是否为有声信号,以决定滤波系数的传送与否的步骤,如检测为有声信号则传送滤波系数。

基于递归最小平方差的子带回声抵消器

技术领域

[0001] 本发明涉及通信技术。更具体地说,本发明涉及一种在视频会议、IP 可视电话以及类似的视频通讯设备中的回声抵消器及其方法。

背景技术

[0002] 在视频会议, IP 可视电话等视讯通信设备中,消除回声的传统技术采用运行在整个频段上的算法,例如用于典型的传统电话机的 300-3400Hz。而且,大多数应用,只采用了基于 LMS 的自适应滤波器,该滤波收敛速度慢,而且在较大的视频会议的通讯场合,该滤波器难于对各种会议场合完成对会场环境的时变跟踪。

[0003] 图 1 为利用了回声抵消技术的通信设备。图 1 的中的通讯设备可以是视频会议或者 IP 可视电话里的双向视讯通讯设备。远端发言者的声音,经过网络传输过来成为信号 $x(n)$, 信号 $x(n)$ 在扬声器处播放出来,播放出来的声音撞击到周围的房间,经过反射和折射后返回到话筒,话筒本身也接收来自近端的信号 $v(n)$ 。由于这种现象,在远端的收听者实际上会听见自己说话声音的回声。

[0004] 为了消除这种回声,传统上用带有抽头系数可调的自适应滤波器。滤波器抽头的数值由自适应算法(例如,递归最小二乘算法)进行控制,以使得回声抵消滤波器的传递函数逼近扬声器和话筒之间的回声空间的传递函数。由回声抵消滤波器预测出来的回声分量在话筒输入的信号 $y(n)$ 中减去,使得在理想情况下只有近端信号 $v(n)$ 作为最终得到的信号传输到网络上去。

发明内容

[0005] 本发明的目的在于克服现有技术中的不足,提供一种在视频会议、IP 可视电话以及类似的视频通讯设备中的回声抵消器及其方法。

[0006] 为了解决上述技术问题,本发明是通过以下技术方案实现的:

[0007] 本发明提供了一种基于递归最小平方差的回声抵消器,包括自适应滤波器、远端信号输入端、近端信号输入端,还包括:

[0008] 连接近端信号输入端的近端子带分析滤波器组 A,其将接收到的近端信号划分为多个子带信号;

[0009] 连接远端信号输入端的远端子带分析滤波器组 B,其将接收到的远端信号划分为多个子带信号;

[0010] 有声检测模块,其将检测当前处理的单位时间内远端子带分析滤波器组 B 输出信号是否是**有声信号;

[0011] 滤波系数传送阀门,其将根据有声检测模块检测结果决定是否传送由自适应滤波器传送的滤波系数;

[0012] 周期更新滤波器,其将根据滤波系数计算出回声抵消后的信号;

[0013] 子带合成滤波器,其将合成由周期更新滤波器传送的相互共轭的子带信号。

[0014] 所述自适应滤波器包括 double talk 检测模块,其将根据近端信号的有无决定是否更新自适应滤波器滤波系数。

[0015] 所述远端子带分析滤波器组、近端子带分析滤波器组分别包括分析滤波器、DFT 滤波器、欠采样器。

[0016] 所述的回声抵消器还包括非线性处理模块。

[0017] 所述的回声抵消器还包括舒适噪声添加模块。

[0018] 所述的回声抵消器还包括信号幅度限制模块,其将对远端信号进行限幅。

[0019] 本发明还提供了一种基于递归最小平方差的子带回声抵消方法,包括以下步骤:

[0020] 将远端信号和近端信号按照时间序号分别分成多个子带信号;

[0021] 计算远端和近端子带信号之间的相关性,并输出计算出来的滤波系数;

[0022] 根据滤波系数计算并合成子带回声抵消得出的信号。

[0023] 所述滤波系数的计算由自适应滤波器中的 double talk 检测模块选取 $M/16$ (如果 $M/16$ 小于 1 则取等于 1) 个最低频的子带作 double talk 来实现,其算法训练是基于递归最小二乘法的训练。

[0024] 所述的子带回声抵消方法还包括检测当前处理单位时间内远端子带信号是否为有声信号,以决定滤波系数的传送与否的步骤。

[0025] 所述的子带回声抵消方法,在回声抵消的算法中,结合了关键子带法的自适应滤波器设计。

[0026] 所述的子带回声抵消方法,在回声抵消的前处理里,结合了有声检测模块来加强信号的相关性,提高算法的收敛性以提高回声抵消效果。

[0027] 与现有技术相比,本发明的有益效果是:

[0028] 本发明通过把语音信号划分成子带,以及在子带上应用抵消技术,而得到改进的回声抵消性能。通过在子带上应用回声抵消技术,使用于回声抵消的自适应滤波器运算量将得到减化。定点 DSP 和浮点 DSP。TI 公司使用了四块浮点 DSP 来实现,而按照本发明只需要用一块定点 DSP 来实现。

[0029] 近端和远端是否同时有音源发出声音是回声抵消完成的关键,既要准确,而运算量又必须少。本发明提出了一种基于关键子带的检测近端和远端同时有声音 (double talk) 的算法。该算法不仅能提高检测率,而且极大的减少了运算量。

[0030] 本发明在自适应滤波器训练时,提供了一个语音激活检测模块 (有声无声检测模块),这个模块能加快现有的自适应滤波器的收敛性,提高回声抵消算法对环境的跟踪适应性。

[0031] 附图说明

[0032] 图 1 是包括回声抵消器在内的传统的通信设备;

[0033] 图 2 是按照本发明的、包括回声抵消在内的示例性通信设备的有关部分;

[0034] 图 3 为其中的语音激活检测,或称为有声无声检测的计算流程图;

[0035] 图 4 是图 2 中的分析滤波器组的示例性实施例;

[0036] 图 5 是图 2 中的综合滤波器组的示例性实施例;

[0037] 图 6 是可在图 4 和 5 的 DFT 滤波器中使用的示例的 DFT 矩阵;

[0038] 图 7 是功率与频点的关系;

[0039] 图 8 是在不同的子带分配不同的子带点数的策略；

[0040] 图 9 是图 2 回声抵消器的示例性实施例的有关部分。

[0041] 具体实施方式

[0042] 参考附图,结合具体实施例 1 下面将对本发明进行详细描述。

[0043] 图 2 是按照本发明的、包括回声抵消器在内的视频通信设备的示例性实施例的有关部分。视频通信设备可以是 IP 可视电话、视频会议系统等。

[0044] 本发明的基于递归最小平方差的回声抵消器,包括自适应滤波器 200、远端信号输入端、近端信号输入端,还包括连接近端信号输入端的近端子带分析滤波器组 A201,其将接收到的近端信号划分为多个子带信号;连接远端信号输入端的远端子带分析滤波器组 B202,其将接收到的远端信号划分为多个子带信号;有声检测模块 203,其将检测当前处理的单位时间内远端子带分析滤波器组 B202 输出信号是否是为有声信号;滤波系数传送阀门 204,其将根据有声检测模块 203 检测结果决定是否传送由自适应滤波器 200 传送的滤波系数;周期更新滤波器 205,其将根据滤波系数计算出回声抵消后的信号;子带合成滤波器 206,其将合成由周期更新滤波器 205 传送的相互共轭的子带信号。其中近端子带分析滤波器组 A、远端子带分析滤波器组 B 分别包括分析滤波器、DFT 滤波器、欠采样器。

[0045] 自适应滤波器 200 包括 double talk 检测模块,其将根据近端信号的有无决定是否更新自适应滤波器滤波系数。

[0046] 回声抵消器还包括非线性处理模块 207、舒适噪声添加模块 208,以及信号幅度限制模块 209,其将对远端信号进行限幅。

[0047] 远端声音信号 $X_{远端}$ 在 1 处被幅度限制在一定范围内,便于后端做信号处理。信号幅度限制模块 209 输出的信号 2 经过扬声器播放出来,进入室内空间,在室内空间反射的声音经过回声路径 $H(z)$ 传播后,在 4 处(例如,在话筒处)被加到近端声音信号 $X_{近端}$ 上。所得信号 $y(n)$ 被加到在 5 处的分析滤波器组 A201。滤波器组 A201 把信号 $y(n)$ 划分成多个子带信号 $y_i(n)$,这里下标 i 表示子带标号, n 表示当前语音样点的时间序号。类似地,远端信号 $x(n)$ 在 2 处被加到分析滤波器组 B202,在同一个实施例中,它等同于 5 处的分析滤波器组 A201,分析滤波器 B202 得到了 $x(n)$ 的子带信号 $x_i(n)$,这里下标 i 表示子带标号, n 表示当前语音样点的时间序号。图中的自适应滤波器 200 计算 $y_i(n)$ 和 $x_i(n)$ 的子带信号之间的相关性,并输出计算出来的滤波系数 $h(n)$ 。然后有声检测模块 203 检查当前处理的单位时间内 $x(n)$ 是为有声信号,如果是有声信号,就打开滤波系数传送阀门 204,把滤波系数 $h(n)$ 送到周期更新滤波器 205,周期更新滤波器 205 计算各个子带的回声抵消得出的信号 $e_i(n) = y_i(n) - x_i(n)$,这里下标 i 表示子带标号, n 表示当前语音样点的时间序号。 $e_i(n)$ 通过非线性处理模块 207 后得到 $c_i(n)$, $c_i(n)$ 再经过舒适噪声添加后得到 $d_i(n)$, $d_i(n)$ 通过子带合成滤波器 206 后得到准备传输到网络上的语音数据 Y 输出。

[0048] 本实施例提供了一种基于递归最小平方差的子带回声抵消方法,包括以下步骤:将远端信号和近端信号按照时间序号分别分成多个子带信号;计算远端和近端子带信号之间的相关性,并输出计算出来的滤波系数;根据滤波系数计算并合成子带回声抵消得出的信号。所述滤波系数的计算由自适应滤波器中的 doubletalk 检测模块选取 $M/16$ (如果 $M/16$ 小于 1 则取等于 1) 个最低频的子带作 doubletalk 来实现,其算法训练是基于递归最小二乘法的训练。还包括检测当前处理单位时间内远端子带信号是否为有声信号,以决定滤波

系数的传送与否的步骤。以及在回声抵消的算法中,结合了关键子带法的自适应滤波器设计;和在回声抵消的前处理里,结合了有声检测模块来加强信号的相关性,提高算法的收敛性以提高回声抵消效果。

[0049] 图 3 为语音激活检测,或称为有声无声检测的计算流程图。

[0050] 在 S201 中,计算开始。

[0051] 在 S202 中,设置 $m = 0$; $v = 50$ 。这里 m 表示语音信号段的索引, v 表示初始化语音信号的长度。因为每段是 10ms,所以总共要处理 50 段语音 10ms 长度的语音。

[0052] 在 S203 中,读入 10ms 的语音数据。

[0053] 在 S204 中,求这 10ms 的语音数据的能量。对于 8k 采样率的数据,每段内共有 80 个点,则

$$[0054] \quad E = 1/80 \sum_{i=1}^{i=80} x^2(i)$$

[0055] 在 S204 中,看 m 是否到达 v ,也就是是否处理了 500ms。如果是则进入 S207 处理,如果否则进入 S206 处理。

[0056] 在 S206 中,将 m 递增 10,然后进入 S203,进行下一次循环。

[0057] 在 S207 中,求得这 50 段的平均语音能量,结束初始化。

[0058] 在 S208 中,读入 10ms 的语音数据。开始进入有声 / 无声判断的循环。

[0059] 在 S209 中,求 S208 中读入的 10ms 的语音数据的能量 E_j 。

[0060] 在 S210 中,判断 E_j 大于 $k \cdot E_r$ 否。如果是则进入 S213 处理,否则进入 S211 处理。这里 E_j 是当前语音帧的能量, E_r 是背景噪声的估计值。 k 是加权系数,取 5。

[0061] 在 S211 中,得出当前帧无声的判断,然后进入 S208 处理下一帧。

[0062] 在 S212 中,更新背景噪声的估计值。

[0063] 在 S213 中,得出当前帧有声的判断,并接着进入 S208 处理下一帧。

[0064] 这里,本发明提出了基于关键子带的检测近端发言者 (double talk) 的算法。

[0065] 图 2 中的自适应滤波器 200 训练计算的效果依赖于其中的 (double talk) 检测模块的计算结果。(double talk) 模块的作用是判断近端会议室有没有人在发言,如果有人在发言,则自适应滤波器 200 的内部系数要停止更新,如果没人发言,则自适应滤波器 200 的系数要继续更新。传统的 (double talk) 检测方法需要根据所有频带的信息来判断,运算量大,而且容易收到高频噪声影响,本发明提出了只根据最低的几个频带来判断近端和远端是否同时有声音。本发明的选取准则是取 $M/16$ (如果 $M/16$ 小于 1 取等于 1) 个最低频的子带来作 double talk 检测,这样,不仅减少了 double talk 的运算量,而且对比实验表明基于关键子带的 double talk 检测相对与所有子带加权的 double talk 检测提高了 3% 的检验准确率。

[0066] 由于计算机的有效长精度效应,在算法训练到一定长时间时会使得误差累积的足够大,以致算法不收敛,因而每间隔一定的周期 T 后基于递归最小二乘法的自适应滤波器就要进行重新训练,以避免数据累计误差引起的算法失效。但是每个周期训练完时,上个周期训练得到的滤波系数可能比当前训练得到的滤波系数更接近实际的回声空间路径,因而可能把更差的滤波系数 (当前的滤波系数) 传递给周期更新滤波器。因而本发明提供了一种控制是否传递当前训练系数的算法模块。之所以会有这样的结果是由于最小二乘法的

收敛受远端信号 $x(n)$ 和近端信号 $y(n)$ 的相关性影响。如果 $x(n)$ 为有声信号,则 $x(n)$ 和 $y(n)$ 的相关性极低具有较高的相关性,而如果 $x(n)$ 为背景噪声信号则 $x(n)$ 和 $y(n)$ 的相关性极低。

[0067] 因而本发明还提供了一种提高递归最小二乘法收敛速度的算法功能模块。这里的滤波系数传送阀门 204 会根据有声检测模块 203 判断当前是否为语音信号而决定传送当前周期训练得到的滤波器系数。

[0068] 参阅图 4,图 4 是图 2 中分析滤波器组 A201, B202 的示例性实施例。在图 4 上数字化的远端信号 $x(n)$ 被输入到分析滤波器组,它把远端信号划分成 M 个子频带。远端信号 $x(n)$ 先被 R 因子欠采样,最终得到的欠采样的子带信号被加到离散傅立叶变换 (DFT) 滤波器 W^* 。图 4 的安排给出较低的计算复杂性,因为在 M 个子带的每个子带中,信号以 R 因子被欠采样。这样,对于每个子带的给个输出样本,滤波器抽头计算的数目被减小至 R 分之一。另外,图 4 的安排将给出自适应回声抵消算法的更快速的收敛,因为在每个子带中的信号比起输入信号 $x(n)$ (或 $y(n)$) 具有更平滑的能量电平。在实施中 M 和 R 的数值被选择方法为 $M/R = 4/3$ 。分析滤波器、DFT 滤波器和欠采样器在技术上是熟知的,在图 4 的实施例中,可以以任何适当的传统方式实施。

[0069] 参阅图 5,是图 2 的综合滤波器组的示例性实施例。如图 5 所示,以及如下面进一步讨论的,在 M 个子频带中格式化的误差信号 e_M 在被加到逆 DFT 滤波器 W_{INV}^* 。这个滤波器对子带误差信号执行反傅立叶运算。反傅立叶变换的输出被按 R 的因子过采样子带信号,然后以传统的方式把它们的输出耦合到一起得到去除回声之后的信号 $e(n)$ (也参阅图 2)。逆 DFT 滤波器,过采样器在技术上是熟知的,在图 5 的实施例中,可以以任何适当的传统方式实施。

[0070] 参阅图 6,是可以被图 4 中的分析滤波器使用的示例性 DFT 调制矩阵 W^* ,以及它的转置可被图 5 的滤波器用作为 W_{INV}^* 。(在本例中,转置等同于图 6 的矩阵)。这个矩阵显示所有的 DFT 矩阵的基本原理,即,这样的矩阵包括互为复共扼的行。例如,在图 6 的 DFT 矩阵中,行 2 和行 4 互为复共扼。这又意味着,当多个子带信号被加到 DFT 矩阵是,至少两个最终得到的输出信号将是互为复共扼的。

[0071] 因此,分析滤波器与合成滤波器的输入是复共扼对称的,因此只需要算 $M/2$ 个子带信号,另外 $M/2$ 个子带可以根据复共扼而得出。

[0072] 这显示在图 3 和 4 上,其中,虽然分析滤波器产生 M 个子带,但从 DFT 滤波器只输出 M' 个子带。其中 M' 小于 M ,但在本发明的实施中一般是 $M/2+1$ 。例如,如果 $M = 32$,以及在 DFT 滤波器中实施图 6 的矩阵,则 $M' = 17$ 。

[0073] 参阅图 7,在不同的频点区域,回声的功率也不同。这样,本发明可以在不同的子带频段分配不同的自适应滤波器阶数。

[0074] 参阅图 8,采样率为 16K 的各个子带分配策略。由于在不同的子带里,回声的响应有所不同,而且人耳在各个频带的感知也有不同,因而对于各个不同的子带,可以采用不同的滤波器阶数,这样,大大的减少了运算量。

[0075] 参阅图 9,从 M 个到 $(M/2+1)$ 个的子带的减少,在图示上是由分析滤波器组输的信号 $x_i(n)$, $y_i(n)$,和经过 RLS 运算器计算后输出的信号 $e_i(n)$ 指明,这里 i 为 1 到 $(M/2+1)$ 。 $e_i(n)$ 经复共扼后送到合成滤波器组合成运算后得到回声抵消后的信号 $e(n)$ 。其中的利

用 DFT 进行子带分解,利用 IDFT 进行子带合成在图 5 图 6 中详细说明了。

[0076] 图 9 图解显示图 2 的回声抵消器的示例性实施例的有关部分。在视频会议,IP 可视电话等视讯会议应用中,如果输入信号被频带限制到 3400Hz,采样频率是 8000Hz,以及使用 8 个子带,则子带之一将在 3500Hz 与 4000Hz 之间。因为这个频率中没有频谱能量,所以这个频带可以有利地被丢弃,而不会发生任何失真。也注意到,对于这个例子, $M/2+1 = 8/2+1 = 5$, 可以看到,由于 DFT 矩阵的复共轭的对称性,三个额外的子带可被丢弃。因此,使用本发明,要被输入到回声抵消运算器的子带的总的数目,在本例中,从 $M = 8$ 个子带减少到 $M' = 4$ 个子带。同样地,对于 $M = 16$ 个子带, $M/2+1 = 16/2+1 = 9$, 以及 2 个子带中将没有频谱能量,这样,回声抵消滤波只施加到 $M' = 7$ 个子带上。回声抵消运算器利用传统的复子带 RLS 自适应滤波技术来产生 $M/2$ 子带输出信号 e_i (这里 $i = 1 \sim (M/2+1)$), 其余的 $(M/2-1)$ 个子带信号根据复共轭产生,由此产生要被输入到合成滤波器的子带信号。

[0077] 从上述的说明可以清楚地看到的,本发明减少了在通信设备中提供回声抵消所需要的计算的数量。例如,如果 RLS 运算器采用 32 子带分频,欠采样系数为 24,则运算量将降为原 11.1%。如果采用 128 个子带,欠采样系数为 96,则运算量降为 2.8%。

$$[0078] \quad c_{saf} = (c_{cmplx} \frac{M}{2R^2}) C_{af} \wedge \wedge \wedge \wedge (1)$$

[0079] 这里 M 是所分的频带个数, R 为欠采样数。 C_{of} 为全频带需要的运算量, c_{saf} 为采用子带后所需要的运算量。

[0080] 本领域技术人员将会看到,以上关于本发明的实施可以在视频会议,IP 可视电话等视讯多媒体设备中的数字信号处理器 (DSP) 或者现场可编程芯片 (FPGA) 被实施。替换地,上述的实施例可以在与所耦合的外部部件相匹配的数据处理设备中提供。

[0081] 虽然以上详细地描述了本发明的示例性实施例,但这并不限制本发明的范围,本发明可以以各种各样的实施例来实施。本领域的普通技术人员能从本发明公开的内容直接导出或联想到的所有变形,均应认为是本发明的保护范围。

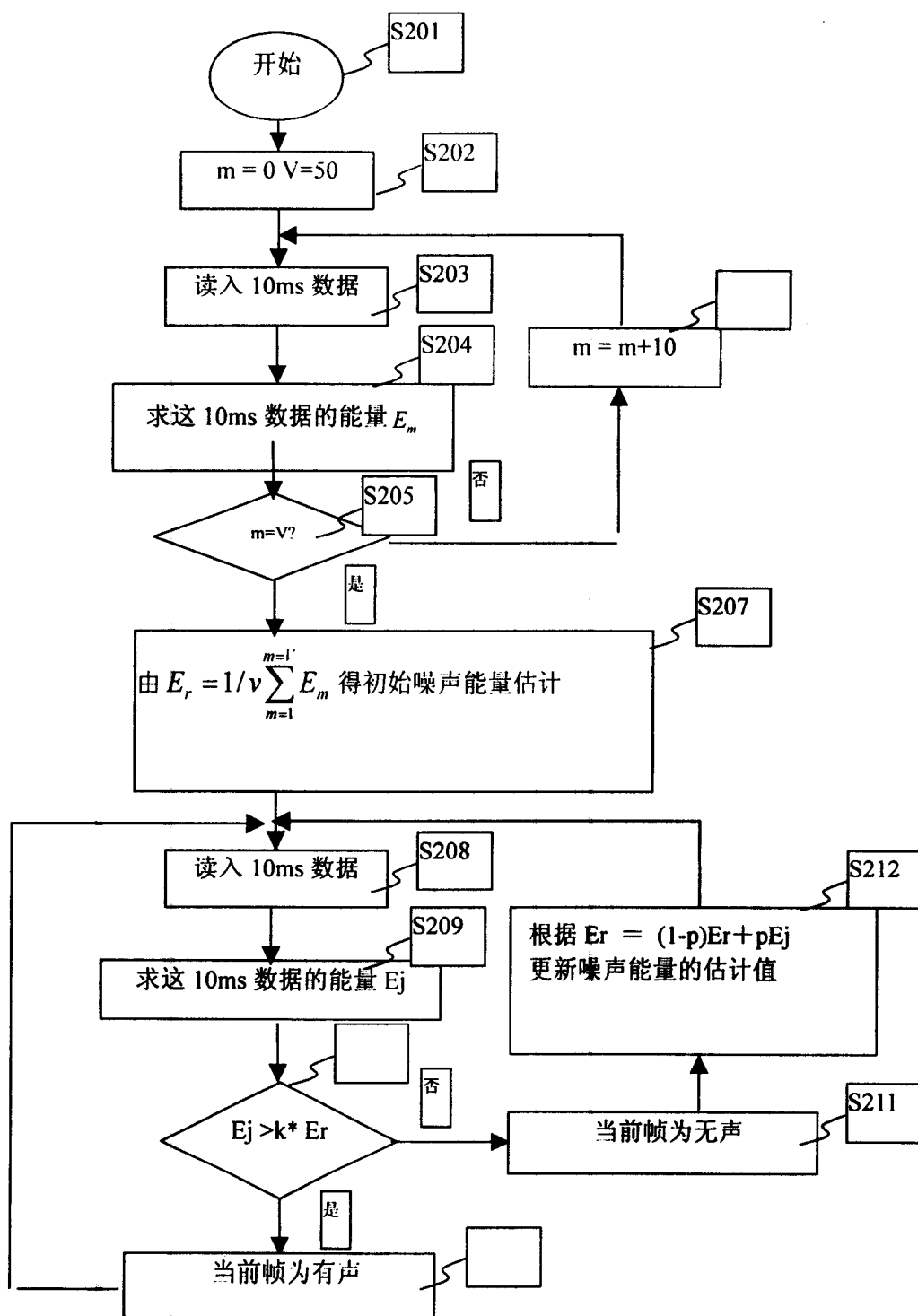


图 3

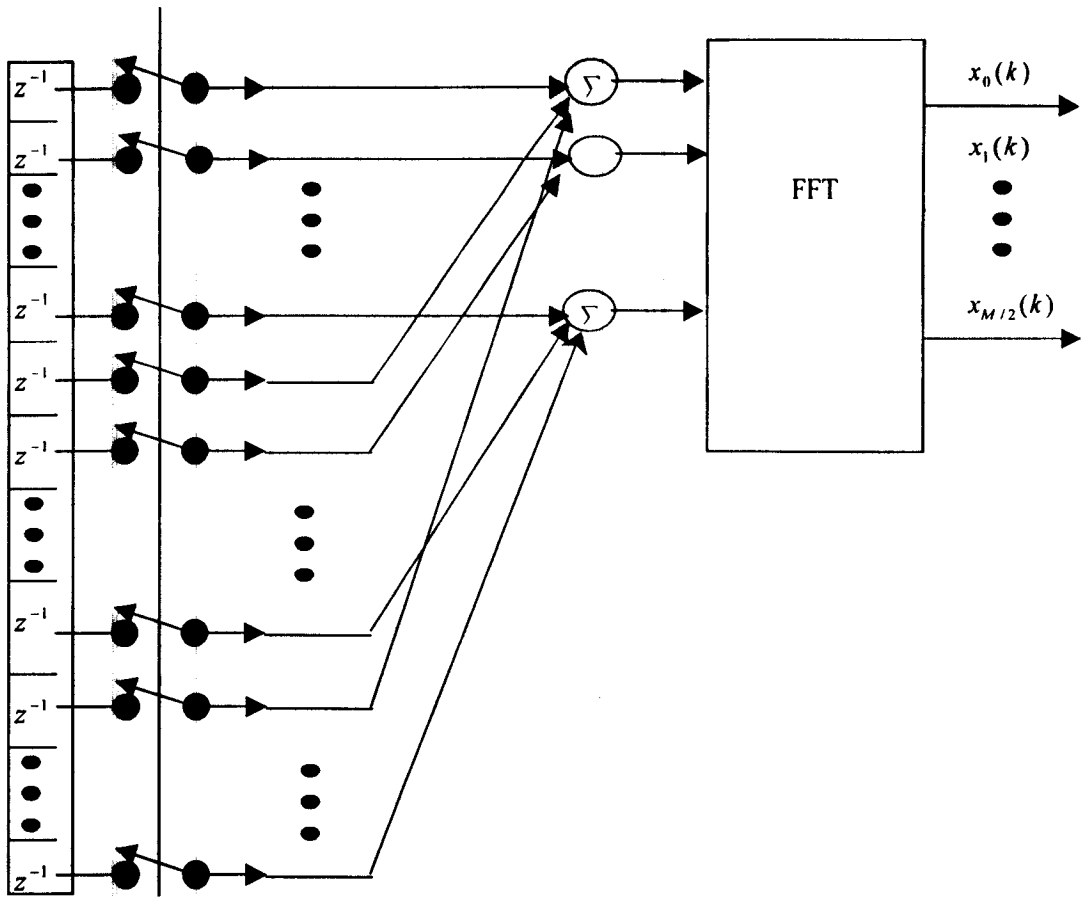


图 4

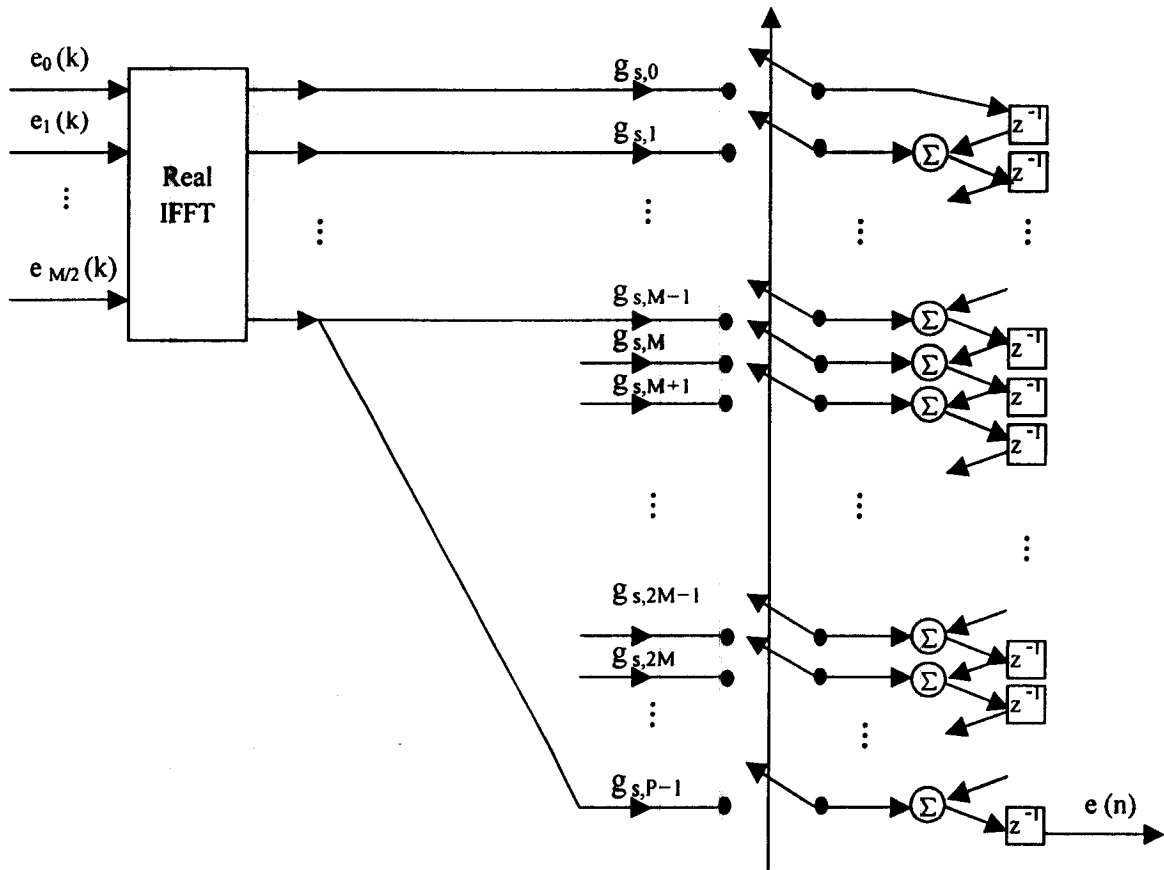


图 5

$$\begin{pmatrix} 1 & e^{-j2\pi*1*0/M} & e^{-j2\pi*2*0/M} & \Lambda & e^{-j2\pi*M*0/M} \\ 1 & e^{-j2\pi*1*1/M} & e^{-j2\pi*2*1/M} & \Lambda & e^{-j2\pi*M*1/M} \\ \Lambda & \Lambda & \Lambda & \Lambda & \Lambda \\ 1 & e^{-j2\pi*1*(M-1)/M} & e^{-j2\pi*2*(M-1)/M} & \Lambda & e^{-j2\pi*M*(M-1)/M} \\ 1 & e^{-j2\pi*1*M/M} & e^{-j2\pi*2*M/M} & \Lambda & e^{-j2\pi*M*M/M} \end{pmatrix}$$

图 6

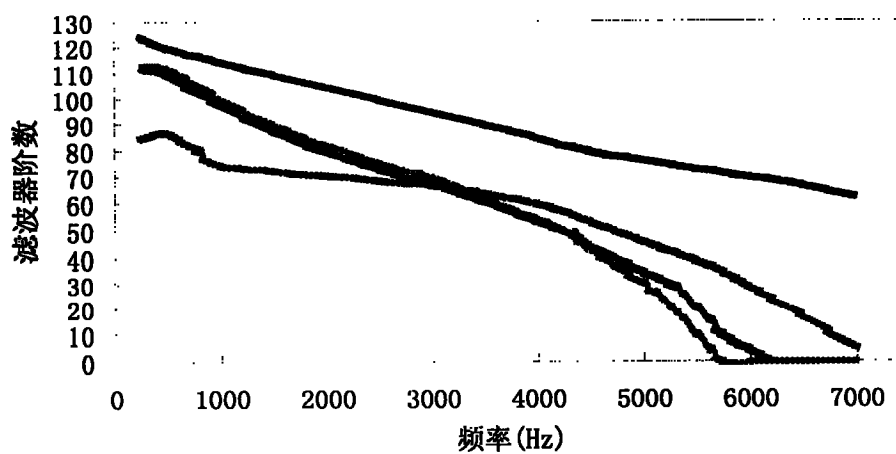


图 7

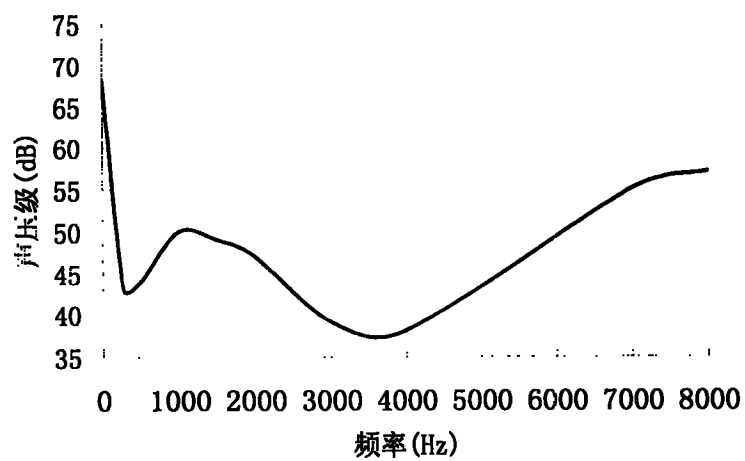


图 8

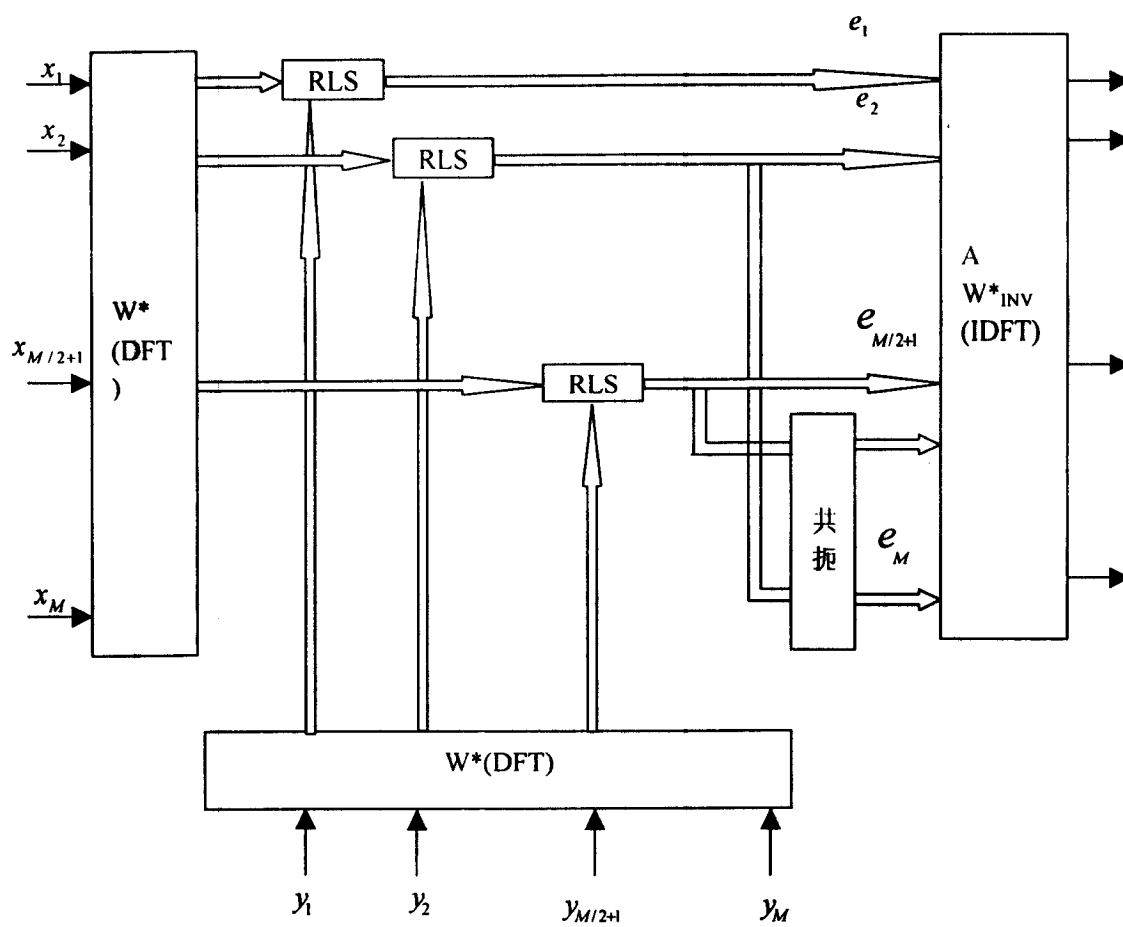


图 9