

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2012 年 7 月 19 日 (19.07.2012)



(10) 国际公布号
WO 2012/094952 A1

- (51) 国际专利分类号:
G06F 17/14 (2006.01) *G10L 21/00* (2006.01)
G10L 19/00 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2011/085197
- (22) 国际申请日: 2011 年 12 月 31 日 (31.12.2011)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201110004032.5 2011 年 1 月 10 日 (10.01.2011) CN
- (71) 申请人 (对除美国外的所有指定国): **华为技术有限公司 (HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD.)** [CN/CN]; 中国广东省深圳市龙岗区坂田华为总部办公楼, Guangdong 518129 (CN)。
- (72) 发明人: 及
- (75) 发明人/申请人 (仅对美国): **张德明 (ZHANG, Deming)** [CN/CN]; 中国广东省深圳市龙岗区坂田华为总部办公楼, Guangdong 518129 (CN)。 **李海婷 (LI, Haiting)** [CN/CN]; 中国广东省深圳市龙岗区坂田华为总部办公楼, Guangdong 518129 (CN)。 **阿里斯塔勒布 (ANISSE, Taleb)** [DZ/CN]; 中国广东省深圳市龙岗区坂田华为总部办公楼, Guangdong 518129 (CN)。 **许剑峰 (XU, Jianfeng)** [DZ/CN]; 中国广东

省深圳市龙岗区坂田华为总部办公楼, Guangdong 518129 (CN)。

(81) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

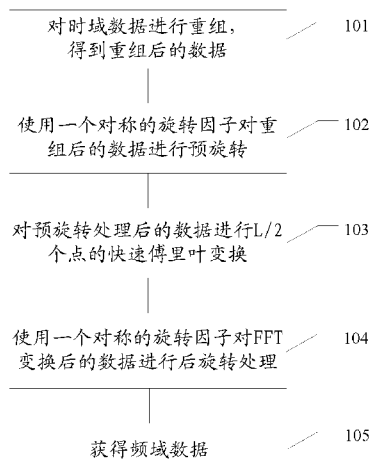
(84) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

— 包括国际检索报告 (条约第 21 条(3))。

(54) Title: SIGNAL PROCESSING METHOD AND DEVICE

(54) 发明名称: 一种信号处理方法和装置



101 RECOMBINATION OF TIME DOMAIN DATA TO ACQUIRE THE RECOMBINED DATA
102 USE OF A SYMMETRIC TWIDDLE FACTOR TO PRE-TWIDDLE THE RECOMBINED DATA
103 PERFORMING OF FFT OF L/2 POINTS ON THE PRE-TWIDDED DATA
104 USE OF A SYMMETRIC TWIDDLE FACTOR TO POST-TWIDDLE THE DATA SUBJECT TO THE FFT
105 ACQUISITION OF FREQUENCY DOMAIN DATA

图 1 / Fig. 1

$$a \cdot w_{4L}^{2p+1} \quad (I) \quad b \cdot w_{4L}^{2q+1} \quad (II)$$

(57) Abstract: Disclosed is a data processing method, comprising: recombining input data to acquire the recombined data (101); using a symmetric twiddle factor to pre-twiddle the recombined data (102), where the twiddle factor is (I), $p=0, \dots, L/2-1$, and a is a constant; performing Fast Fourier Transform (FFT) of $L/2$ points on the pre-twiddled data (103), where L is the length of the input data; using a symmetric twiddle factor to post-twiddle the data subject to the FFT (104), where the twiddle factor is (II), $q=0, \dots, L/2-1$, and b is a constant; and acquiring output data (105).

[见续页]



WO 2012/094952 A1

(57) 摘要:

公开了一种数据处理方法，包括：对输入数据进行重组，得到重组后的数据（101）；使用一个对称的旋转因子对重组后的数据进行预旋转（102），旋转因子为 $a \cdot w_{4L}^{2p+1}$ ， $p=0, \dots, L/2-1$ ， a 为常数；对预旋转处理后的数据进行 $L/2$ 个点的快速傅立叶（FFT）变换（103）， L 为输入数据的长度；使用一个对称的旋转因子对 FFT 变换后的数据进行后旋转处理（104），旋转因子为 $b \cdot w_{4L}^{2q+1}$ ， $q=0, \dots, L/2-1$ ， b 为常数；获得输出数据（105）。

一种信号处理方法和装置

本申请要求于 2011 年 01 月 10 日提交中国专利局、申请号为 201110004032.5、发明名称为“一种信号处理方法和装置”的中国专利申请的优先权，其全部内容通过引用结合在本申请中。

5

技术领域

本发明涉及数字信号处理技术领域，尤其是一种信号处理方法和装置。

背景技术

10 在数字通信领域，语音、图像、音频、视频的传输有着非常广泛的应用需求，如手机通话、音视频会议、广播电视、多媒体娱乐等。为了降低音视频信号存储或者传输过程中占用的资源，音视频压缩编码技术应运而生。音视频压缩编码技术的发展中涌现出了很多不同的技术分支，其中将信号由时域变换到频域后再进行编码处理的技术，又称为变换域编码技术由于具有很好的压缩特
15 性，得到了非常广泛的应用。

变换域编码技术中将信号由时域变换到频域的方法有很多种，其中傅立叶变换（Discrete Fourier transform, DFT）、离散余弦变换（Discrete Cosine Transform, DCT）、离散正弦变换（Discrete sine transform, DST）以及修正离散余弦变换（Modified Discrete Cosine Transform, MDCT）等时频变换有着广
20 泛的应用，在频谱分析、图像编码和语音编码等领域的应用尤其广泛。信号经过时频变换后可以使用量化技术进行压缩编码，也可以使用其他一些参数音频编码的方法进行编码，从而达到数据压缩的目的。

然而，发明人发现，直接根据变换公式进行DCT-IV或MDCT正变换与逆变换会导致很高的计算复杂度和存储量，提供一种低存储量的时域频域变换方
25 法成为一种迫切的需要。

发明内容

本发明实施例的目的在于提供一种数据处理方法，减少音视频编码过程中时域频域变换处理的存储量。

根据本发明的一实施例，一种数据处理方法，包括：

对输入数据进行重组，得到重组后的数据；

使用一个对称的旋转因子对重组后的数据进行预旋转，旋转因子为 $a \cdot W_{4L}^{2p+1}$ ， $p=0, \dots, L/2-1$ ， a 为常数；

5 对预旋转处理后的数据进行 $L/2$ 个点的快速傅里（Fast Fourier Transform, FFT）变换， L 为输入数据的长度；

使用一个对称的旋转因子对FFT变换后的数据进行后旋转处理，旋转因子为 $b \cdot W_{4L}^{2q+1}$ ， $q=0, \dots, L/2-1$ ， b 为常数；

获得输出数据。

10

根据本发明的另一实施例，一种时域到频域的信号处理方法，包括：

对时域数据进行预处理，得到预处理后数据；

使用旋转因子 $a \cdot W_N^{n+0.5}$ 对所述预处理后的数据进行预旋转处理；

对所述预旋转处理后的数据进行 $N/4$ 点的快速傅里叶变换；

15 使用旋转因子 $b \cdot W_N^{k+0.5}$ 对所述离散傅里叶变换后的数据进行后旋转处理，获得频域数据；

其中，在获得频域数据之前还包括：利用固定旋转补偿因子进行固定旋转补偿的步骤；所述 a 、 b 为常数，所述 N 为时域数据长度，所述 $W_N = e^{-j\frac{2\pi}{N}}$ 。

20 根据本发明的另一实施例，一种频域到时域的信号处理方法，包括：

对频域数据进行进行预处理，得到预处理后的数据；

使用旋转因子 $c \cdot W_N^{k+0.5}$ 对所述预处理后的数据进行预旋转处理；

对所述预旋转处理后的数据进行 $N/4$ 点的快速傅里叶变换；

使用旋转因子 $d \cdot W_N^{n+0.5}$ 对所述快速傅里叶变换后的数据进行后旋转处理；

25 对所述后旋转处理后的数据进行后处理，获得时域数据；

其中，在获得时域数据之前还包括：利用固定旋转补偿因子进行固定旋转补偿的步骤；所述 c 、 d 为常数，所述 N 为两倍的频域数据长度，所述 $W_N = e^{-j\frac{2\pi}{N}}$ 。

根据本发明的另一实施例，一种信号处理装置，包括：

重组单元, 用于对输入数据进行重组, 得到重组后的数据;

预旋转单元, 用于使用一个对称的旋转因子对重组后的数据进行预旋转, 旋转因子为 $a \cdot W_{4L}^{2p+1}$, $p=0, \dots, L/2-1$, a 为常数;

变换单元, 用于对预旋转处理后的数据进行 $L/2$ 个点的快速傅里 (Fast Fourier Transform, FFT) 变换, L 为输入数据的长度;

后旋转单元, 用于使用一个对称的旋转因子对FFT变换后的数据进行后旋转处理, 旋转因子为 $b \cdot W_{4L}^{2q+1}$, $q=0, \dots, L/2-1$, b 为常数;

输出单元, 用于获得输出数据。

10 根据本发明的另一实施例, 一种时域到频域的信号处理装置, 包括:

预处理单元, 用于对时域数据进行预处理, 得到预处理后的数据;

预旋转单元, 用于使用旋转因子 $a \cdot W_N^{n+0.5}$ 对所述预处理后的数据进行预旋转处理;

变换单元, 用于对所述预旋转处理后的数据进行 $N/4$ 点的快速傅里叶变换;

15 后旋转单元, 用于使用旋转因子 $b \cdot W_N^{k+0.5}$ 对所述离散傅里叶变换后的数据进行后旋转处理, 获得频域数据; 其中, 还包括:

固定补偿单元, 用于利用固定旋转补偿因子进行固定旋转补偿处理; 所述 a 、 b 为常数, 所述 N 为时域数据长度, 所述 $W_N = e^{-j\frac{2\pi}{N}}$ 。

20 根据本发明的另一实施例, 一种频域到时域的信号处理装置, 包括:

预处理单元, 用于对频域数据进行预处理, 得到预处理后的数据;

预旋转单元, 用于使用旋转因子 $c \cdot W_N^{k+0.5}$ 对所述预处理后的数据进行预旋转处理;

变换单元, 对所述预旋转处理后的数据进行 $N/4$ 点的快速傅里叶变换;

25 后旋转单元, 使用旋转因子 $d \cdot W_N^{n+0.5}$ 对所述快速傅里叶变换后的数据进行后旋转处理; 其中, 还包括:

固定补偿单元, 用于利用固定旋转补偿因子进行固定旋转补偿处理; 所述 c 、 d 为常数, 所述 N 为两倍的频域数据长度, 所述 $W_N = e^{-j\frac{2\pi}{N}}$ 。

本发明实施例，预旋转和后旋转步骤使用的旋转因子具有对称性，可以降低数据存储量。同时，使用FFT可以加快变换的速度，降低其计算复杂度。

5 附图说明

为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案，下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍，显而易见地，下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例，对于本领域普通技术人员来讲，在不付出创造性劳动性的前提下，还可以根据这些附图获得其他的附图。

10 图1为本发明提供的时域到频域的DCT-IV变换方法一个实施例的流程示意图；

图2为本发明提供的时域到频域的DCT-IV变换方法另一个实施例的流程示意图；

15 图3为本发明提供的时域到频域的DCT-IV变换方法另一个实施例的流程示意图；

图4为本发明提供的时域到频域的MDCT变换方法一个实施例的流程示意图；

图5为本发明提供的频域到时域的MDCT变换方法一个实施例的流程示意图；

20 图6为本发明提供的时域到频域的MDCT变换方法另一个实施例的流程示意图；

图7为本发明提供的频域到时域的MDCT变换方法另一个实施例的流程示意图；

图8为本发明提供的信号处理装置一个实施例的结构示意图；

25 图9为本发明提供的时域到频域的信号处理装置一个实施例的结构示意图；

图10为本发明提供的频域到时域的信号处理装置一个实施例的结构示意图。

具体实施方式

下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有作出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

数字信号处理领域,音频编解码器、视频编解码器广泛应用于各种电子设备中,例如:移动电话,无线装置,个人数据助理(PDA),手持式或便携式计算机,GPS接收机/导航器,照相机,音频/视频播放器,摄像机,录像机,监控设备等。通常,这类电子设备中包括音频编码器或音频解码器,音频编码器或者解码器可以直接由数字电路或芯片例如DSP(digital signal processor)实现,或者由软件代码驱动处理器执行软件代码中的流程而实现。

例如一种音频编码器,首先对输入信号进行分帧处理,得到20ms一帧的时域数据;然后对时域数据进行加窗处理,得到加窗后的信号;对加窗后的时域信号进行频域变换,例如MDCT变换或者DCT-IV型变换,将信号由时域变换到频域;再对频域信号进行分带处理,得到分带以后的频域信号;然后对每一个子带信号的能量进行计算,并对子带能量进行量化编码,传输到解码端;接下来根据量化后的子带能量值进行基于听觉掩蔽效应的自适应比特分配,得到各个子带用于量化编码的比特数;最后对各个子带内的频点进行归一化处理,根据所分配的编码比特数,使用矢量量化技术对子带内归一化处理后的频点进行矢量量化,得到矢量量化的码书索引,编码后传输到解码端。解码端接收到由编码端传输出来的压缩码流以后,根据相应的解码步骤从码流中查找出各子带信号能量的码书索引,并得到各子带信号能量的量化值;根据这些量化值采用和编码端一致的比特分配技术,得到各个子带所分配的比特数;根据各个子带所分配的比特数,以及从码流中获取的各个子带的矢量量化的码书索引,得到各个子带量化后的归一化频域系数;根据各子带信号能量的量化值将各个子带量化后的归一化频域系数进行去归一化处理,得到完整的频域信号;对解码的到的频域信号进行编码端所用变换相对应的逆变换,将信号由频域变换到时域,对时域信号进行后处理后得到合成信号,即为解码端输出信号。时域到频域的信号处理方法又可称作正变换,频域到时域的信号处理方法又可称

作逆变换。

DCT作为一种空间变换,其最大特点是具有能量紧致性,这就使得以DCT为基础的编码系统会具有很好的压缩性能。第四型DCT(DCT-IV)经常用于音频

和视频数据压缩。DCT-IV变换的公式为:

$$y(k) = \sum_{n=0}^{L-1} \tilde{x}(n) \cos \left[\left(n + \frac{1}{2} \right) \left(k + \frac{1}{2} \right) \frac{\pi}{L} \right]$$

5 $k=0,1,2,\dots,L-1$ 其中, k 为0到 $L-1$ 间的整数。可见,直接根据变换公式进行DCT-IV正变换与逆变换会导致很高的计算复杂度和存储量。由于DCT-IV变换在实时通信领域特别是音频编码中的广泛应用,减少DCT-V变换方法的存储量成为一种迫切的需要。

10 参考图1,本发明一个实施例提供一种信号处理方法,用于实现编码过程中的时域到频域的DCT-IV变换,减少变换过程的存储量,该方法包括如下步骤:

S101: 对时域数据进行重组,得到重组后的数据。

假设 $\tilde{x}(n)$ 为需要进行DCT-IV型变换的数据,该数据可以是经过加窗等预处理步骤后的数据。对数据 $\tilde{x}(n)$ 进行重组,得到重组后的数据 $z(p)$:

15
$$z(p) = \tilde{x}(2p) + j \cdot \tilde{x}(L-1-2p), p=0,1,2,\dots,L/2-1$$

S102: 使用一个对称的旋转因子对重组后的数据进行预旋转,旋转因子为 $a \cdot W_{4L}^{2p+1}$, $p=0,1,2,\dots,L/2-1$, a 为常数。

将重组数据 $z(p)$ 进行预旋转处理,旋转因子为 $a \cdot W_{4L}^{2p+1}$, $p=0,1,2,\dots,L/2-1$ 。

其中 $W_{4L}^{2p+1} = \cos \frac{2\pi(2p+1)}{4L} - j \sin \frac{2\pi(2p+1)}{4L}$, $p=0,1,2,\dots,L/2-1$, a 为常数。

20 由于旋转因子中的 W_{4L}^{2p+1} 项可以写成以下形式:

$$W_{4L}^{2p+1} = \cos \frac{2\pi(2p+1)}{4L} - j \sin \frac{2\pi(2p+1)}{4L}, p=0,1,2,\dots,L/2-1$$

满 足 $\cos \frac{2\pi(2(\frac{L}{2}-1-q)+1)}{4L} = \cos \frac{2\pi(L-(2q+1))}{4L} = \sin \frac{2\pi(2q+1)}{4L}$, $q=0,1,2,\dots,L/4-1$ 和 $\sin \frac{2\pi(2(\frac{L}{2}-1-q)+1)}{4L} = \sin \frac{2\pi(L-(2q+1))}{4L} = \cos \frac{2\pi(2q+1)}{4L}$, $q=0,1,2,\dots,L/4-1$ 的条件,因此具体的实现过

程中只需要存储一个 $L/4$ 点的余弦数据表格 $a \cdot \cos \frac{2\pi(2p+1)}{4L}$, $p=0,1,2,\dots,L/2-1$ 或者正

弦数据表格 $a \cdot \sin \frac{2\pi(2p+1)}{4L}$, $p=0,1,2,\dots, \frac{L}{2}-1$ 即可。

S103: 对预旋转处理后的数据进行 $L/2$ 个点的快速傅里叶变换 (Fast Fourier Transform, FFT)。

5 S104: 使用一个对称的旋转因子对FFT变换后的数据进行后旋转处理, 旋转因子为 $b \cdot W_{4L}^{2q+1}$, $q=0,\dots, L/2-1$, b 为常数;

对FFT变换后的数据进行后旋转处理, 旋转因子为 $b \cdot W_{4L}^{2q+1}$, $q=0,1,2,\dots, L/2-1$ 即 q 为 0 到 $L/2-1$ 间的整数。其中 $W_{4L}^{2q+1} = \cos \frac{2\pi(2q+1)}{4L} - j \sin \frac{2\pi(2q+1)}{4L}$, $q=0,1,2,\dots, \frac{L}{2}-1$, b 为常数。

由于旋转因子中的 W_{4L}^{2q+1} 项同样可以写成以下形式:

$$10 \quad W_{4L}^{2q+1} = \cos \frac{2\pi(2q+1)}{4L} - j \sin \frac{2\pi(2q+1)}{4L}, q=0,1,2,\dots, \frac{L}{2}-1$$

因此具体的实现过程中只需要存储一个 $\frac{L}{2}$ 点的余弦数据表格 $b \cdot \cos \frac{2\pi(2q+1)}{4L}$, $q=0,1,2,\dots, \frac{L}{2}-1$ 或者正弦数据表格 $b \cdot \sin \frac{2\pi(2p+1)}{4L}$, $p=0,1,2,\dots, \frac{L}{2}-1$ 即可。

15 在正变换中两个旋转因子的常数 a 、 b 乘积与逆变换中两个旋转因子的常数 c 、 d 乘积等于 $2/L$ 时, 以正变换的输出数据直接作为逆变换的输入数据, 逆变换的结果可以完成完全重构, 即恢复获得进行正变换前的数据, 通常在实际操作中并不一定需要实现完全重构。关于常数 a 和 b 取值的选择, 为了实现完全重构, 只要满足正变换 a 与 b 的乘积乘上反变换 c 与 d 的乘积为 $2/L$ 即可。在一个实

20 施例中, a 和 b 的乘积等于 $\frac{\sqrt[3]{2}}{\sqrt[3]{L}}$, 例如可以选取 $a = b = \frac{\sqrt[4]{2}}{\sqrt[4]{L}}$, 这样预旋转与后旋转只需要存储一个 $\frac{L}{2}$ 点的余弦数据表格 $\frac{\sqrt[4]{2}}{\sqrt[4]{L}} \cos \frac{2\pi(2p+1)}{4L}$, $p=0,1,2,\dots, \frac{L}{2}-1$ 即可。

S105: 获得频域数据。

后旋转之后的数据的实部记为 $y^{(2q)}$, 是频域数据的奇数频率; 后旋转之

后的数据的虚部的相反数记为 $y(L-1-2q)$ ，是频域数据的偶数频率。

$$\begin{cases} y(2q) = \text{Re}\{\bar{Z}(q)\} \\ y(L-1-2q) = -\text{Im}\{\bar{Z}(q)\} \end{cases}, \quad q = 0, 1, 2, \dots, L/2-1$$

其中 $\bar{Z}(q) = W_{4L}^{2q+1} \sum_{p=0}^{L/2-1} \left\{ z(p) * W_{4L}^{2p+1} \right\} W_{L/2}^{pq}, \quad p, q = 0, \dots, L/2-1$ 为后旋转之后的数据。

由于原始 DCT-IV 变换的公式 $y(k) = \sum_{n=0}^{L-1} \tilde{x}(n) \cos \left[\left(n + \frac{1}{2} \right) \left(k + \frac{1}{2} \right) \frac{\pi}{L} \right],$

5 $k = 0, 1, 2, \dots, L-1$ 等价于:

$$\begin{cases} y(2q) = \text{Re}\{\bar{Z}(q)\}, \\ y(L-1-2q) = -\text{Im}\{\bar{Z}(q)\} \end{cases}, \quad q = 0, \dots, L/2-1$$

其中

$$\bar{Z}(q) = W_{2L}^q \sum_{p=0}^{L/2-1} \left\{ W_{8L}^{4p+1} z(p) \right\} W_{L/2}^{pq}, \quad p, q = 0, \dots, L/2-1$$

$$z(p) = \tilde{x}(2p) + j\tilde{x}(L-1-2p), \quad p = 0, \dots, L/2-1, \quad W_N = e^{-j\frac{2\pi}{N}}.$$

10 可以重新写为:

$$\bar{Z}(q) = W_{4L}^{-1} * W_{4L}^{2q+1} \sum_{p=0}^{L/2-1} \left\{ W_{8L}^{-1} z(p) * W_{4L}^{2p+1} \right\} W_{L/2}^{pq}, \quad p, q = 0, 1, 2, \dots, L/2-1$$

其中，为了简化计算，可以取 W_{4L}^{-1} 近似为 1， W_{8L}^{-1} 近似为 1。

$$\begin{cases} y(2q) = \text{Re}\{\bar{Z}(q)\}, \\ y(L-1-2q) = -\text{Im}\{\bar{Z}(q)\} \end{cases}, \quad q = 0, 1, 2, \dots, L/2-1$$

其中 $z(p) = \tilde{x}(2p) + j\tilde{x}(L-1-2p), \quad p = 0, 1, 2, \dots, L/2-1$ 。

15 $W_{4L}^{2q+1} = \cos \frac{2\pi(2q+1)}{4L} - j \sin \frac{2\pi(2q+1)}{4L}, \quad q = 0, 1, 2, \dots, L/2-1$

$$W_{4L}^{2p+1} = \cos \frac{2\pi(2p+1)}{4L} - j \sin \frac{2\pi(2p+1)}{4L}, \quad p = 0, 1, 2, \dots, L/2-1$$

旋转因子 W_{4L}^{2q+1} 具备对称性特征，即 W_{4L}^{2q+1} 满足

$$\cos \frac{2\pi(\frac{L}{2}-1-q+1)}{4L} = \cos \frac{2\pi(L-(2q+1))}{4L} = \sin \frac{2\pi(2q+1)}{4L}, \quad q = 0, 1, 2, \dots, L/4-1$$

$$\sin \frac{2\pi(2(\frac{L}{2}-1-q)+1)}{4L} = \sin \frac{2\pi(L-(2q+1))}{4L} = \cos \frac{2\pi(2q+1)}{4L}, \quad q = 0, 1, 2, \dots, L/4-1$$

20 同样旋转因子 W_{4L}^{2p+1} 也满足这样的对称性。

本实施例中, 由于预旋转和后旋转步骤使用的旋转因子具有对称性, 实现的时候, 只需要为 W_{4L}^{2q+1} 存储一个 $L/2$ 个点的余弦表或一个 $L/2$ 个点的正弦表, 从而可以降低数据存储量。同时, 使用FFT可以加快DCT-IV变换的速度, 降低其计算复杂度。进一步地, 省去固定旋转步骤可以在变换满足重构特性情况下进一步降低计算复杂度。

在另一个实施例中, 在获得频域数据之前还包括: 利用固定旋转补偿因子进行固定旋转补偿的步骤。由于变换公式中固定旋转补偿与其他部分的操作是相乘的关系, 根据乘法的交换特性, 可以进行一次固定旋转补偿也可以进行多次固定旋转补偿, 固定旋转补偿的执行顺序可以在获得频域数据步骤之前的任意顺序。

在一个实施例中, 采用 W_{8L}^{-3} 进行一次固定旋转补偿; 该固定旋转补偿的步骤可以是在预旋转之前或者在预旋转之后进行, 还可以在后旋转之前进行或者在后旋转之后进行。执行一次补偿时, 固定旋转补偿因子可以是 W_{8L}^{-3} 。为了进一步降低计算复杂度, 可以用一些近似值来代替 W_{8L}^{-3} 的固定旋转补偿。
 $W_{8L}^{-3} = e^{-j\frac{2\pi(-3)}{8L}} = e^{j\frac{3\pi}{4L}}$, 因此可以泰勒级数展开进行近似, 例如用一阶泰勒级数展开结果 $1 + j(\frac{3\pi}{4L})$ 作为 W_{8L}^{-3} 的近似值, 其中, $1 + j(\frac{3\pi}{4L})$ 表示实部为1虚部为 $(\frac{3\pi}{4L})$ 的复数。

在另一个实施例中, 执行两次固定旋转补偿时, 固定旋转补偿因子可以是 W_{8L}^{-1} 和 W_{4L}^{-1} , 也可以是它们的近似值。第一次固定旋转补偿的补偿因子是 W_{8L}^{-1} 和 W_{4L}^{-1} 中的任何一个, 第二次固定旋转补偿的补偿因子是 W_{8L}^{-1} 和 W_{4L}^{-1} 中的另一个。
 第一次固定旋转补偿可以是在预旋转之前或者在预旋转之后进行, 第二次固定旋转补偿可以在后旋转之前进行或者在后旋转之后进行。为了进一步降低计算复杂度可以用一些近似值如泰勒级数展开来代替 W_{8L}^{-1} 或 W_{4L}^{-1} 进行固定旋转补偿。例如用一阶泰勒级数展开结果 $1 + j(\frac{\pi}{4L})$ 作为 W_{8L}^{-1} 的近似值, 用一阶泰勒级数展开结果 $1 + j(\frac{\pi}{2L})$ 作为 W_{4L}^{-1} 的近似值。

显然的, 由于乘法的交换特性, 可以进行三次及以上的固定旋转补偿, 各补偿因子的乘积为 W_{8L}^{-3} 或者至少一个补偿因子为乘积为 W_{8L}^{-3} 的至少一个因子的近似值。固定旋转补偿的因子也可以为1。

本实施例中, 由于增加了固定旋转补偿的步骤, 可以保证变换后得到数据与原始DCT-IV型变换后得到的数据一致, 提高DCT-IV变换的准确度。

另外, DCT-IV的反变换与正变换的步骤是基本一致的, 不同的是, 逆变换中首先是对频域数据进行重组, 而最终变换以后得到的是时域数据, 旋转因子中的常数a和b变为常数c和d。

参考图2, 本发明一个实施例提供的一种信号处理方法, 用于实现编码过程中5 的时域到频域的DCT-IV变换, 减少变换过程的存储量, 该方法包括如下步骤:

S201: 对时域数据进行重组, 得到重组后的数据。

假设 $\tilde{x}(n)$ 为需要进行DCT-IV型变换的数据, 该数据可以是经过加窗等预处理步骤后的数据。对数据 $\tilde{x}(n)$ 进行重组, 得到重组后的数据 $z(p)$:

$$10 \quad z(p) = \tilde{x}(2p) + j \cdot \tilde{x}(L-1-2p), p=0,1,2,\dots,L/2-1$$

S202: 使用一个对称的旋转因子对重组后的数据进行预旋转, 旋转因子为 $a \cdot W_{4L}^{2p+1}$, $p=0,1,2,\dots,L/2-1$, a为常数。

将重组数据 $z(p)$ 进行预旋转处理, 旋转因子为 $a \cdot W_{4L}^{2p+1}$, $p=0,1,2,\dots,L/2-1$ 。其中 $W_{4L}^{2p+1} = \cos \frac{2\pi(2p+1)}{4L} - j \sin \frac{2\pi(2p+1)}{4L}$, $p=0,1,2,\dots,L/2-1$, a为常数。

15 由于旋转因子中的 W_{4L}^{2p+1} 项可以写成以下形式:

$$W_{4L}^{2p+1} = \cos \frac{2\pi(2p+1)}{4L} - j \sin \frac{2\pi(2p+1)}{4L}, p=0,1,2,\dots,L/2-1$$

满足 $\cos \frac{2\pi(2(\frac{L}{2}-1-q)+1)}{4L} = \cos \frac{2\pi(L-(2q+1))}{4L} = \sin \frac{2\pi(2q+1)}{4L}$, $q=0,1,2,\dots,L/4-1$ 和 $\sin \frac{2\pi(2(\frac{L}{2}-1-q)+1)}{4L} = \sin \frac{2\pi(L-(2q+1))}{4L} = \cos \frac{2\pi(2q+1)}{4L}$, $q=0,1,2,\dots,L/4-1$ 的条件, 因此具体的实现过程中只需要存储一个 $L/2$ 点的余弦数据表格 $a \cdot \cos \frac{2\pi(2p+1)}{4L}$, $p=0,1,2,\dots,L/2-1$ 或者正弦数据表格 $a \cdot \sin \frac{2\pi(2p+1)}{4L}$, $p=0,1,2,\dots,L/2-1$ 即可。

20 数据表格 $a \cdot \sin \frac{2\pi(2p+1)}{4L}$, $p=0,1,2,\dots,L/2-1$ 即可。

S203: 进行第一次固定旋转补偿。

对预旋转后的数据进行固定旋转补偿, 固定旋转补偿因子为 W_{8L}^{-1} 。为了进一步降低计算复杂度可以用一些近似值如泰勒级数展开来代替 W_{8L}^{-1} 进行固定旋转补偿。例如用一阶泰勒级数展开结果 $1+j(\frac{\pi}{4L})$ 作为 W_{8L}^{-1} 的近似值进行固定旋转

补偿。

S204: 对固定旋转补偿后的数据进行 $L/2$ 个点的FFT变换。

S205: 进行第二次固定旋转补偿。

将FFT变换后的数据乘以 w_{4L}^{-1} 进行固定旋转补偿, 或者将FFT变换后的数据乘以 w_{4L}^{-1} 的近似值进行固定旋转补偿, 近似值可以使用 w_{4L}^{-1} 的泰勒级数展开获得, 如使用一阶泰勒级数展开结果 $1 + j(\frac{\pi}{2L})$ 作为 w_{4L}^{-1} 的近似值。

S206: 对使用一个对称的旋转因子对固定旋转补偿后的数据进行后旋转处理, 旋转因子为 $b \cdot W_{4L}^{2q+1}$, $q = 0, 1, 2, \dots, L/2 - 1$ 。其中 $W_{4L}^{2q+1} = \cos \frac{2\pi(2q+1)}{4L} - j \sin \frac{2\pi(2q+1)}{4L}$, $q = 0, 1, 2, \dots, L/2 - 1$, b 为常数。

10 由于旋转因子中的 W_{4L}^{2q+1} 项同样可以写成以下形式:

$$W_{4L}^{2q+1} = \cos \frac{2\pi(2q+1)}{4L} - j \sin \frac{2\pi(2q+1)}{4L}, q = 0, 1, 2, \dots, L/2 - 1$$

因此具体的实现过程中只需要存储一个 $L/2$ 点的余弦数据表格 $b \cdot \cos \frac{2\pi(2q+1)}{4L}$, $q = 0, 1, 2, \dots, L/2 - 1$ 或者正弦数据表格 $b \cdot \sin \frac{2\pi(2p+1)}{4L}$, $q = 0, 1, 2, \dots, L/2 - 1$ 即可。

关于常数 a 和 b 取值的选择, 为了实现完全重构, 只要满足正变换两个旋转因子的常数 a 与 b 的乘积乘上反变换两个旋转因子的常数 c 与 d 的乘积为 $2/L$ 即

可。一个实施例中, a 和 b 的乘积等于 $\frac{\sqrt[3]{2}}{\sqrt[2]{L}}$, c 和 d 的乘积也等于 $\frac{\sqrt[3]{2}}{\sqrt[2]{L}}$ 。另一个实施例中 a 和 b 的乘积等于 1, c 和 d 的乘积等于 $2/L$ 。另一个实施例中选取 $a = b = \frac{\sqrt[4]{2}}{\sqrt[4]{L}}$,

这样预旋转与后旋转只需要存储一个 $L/2$ 点的余弦数据表格 $\frac{\sqrt[4]{2}}{\sqrt[4]{L}} \cos \frac{2\pi(2p+1)}{4L}$, $p = 0, 1, 2, \dots, L/2 - 1$ 即可。

20 S207: 获得变换后的频域数据。

后旋转之后的数据的实部记为 $y(2q)$, 是频域数据的奇数频率; 后旋转之

后的数据的虚部的相反数记为 $y^{(L-1-2q)}$ ，是频域数据的偶数频率。

$$\begin{cases} y(2q) = \text{Re}\{\bar{Z}(q)\} \\ y(L-1-2q) = -\text{Im}\{\bar{Z}(q)\} \end{cases}, \quad q = 0, 1, 2, \dots, L/2-1$$

$$\text{其中 } \bar{Z}(q) = W_{4L}^{-1} * W_{4L}^{2q+1} \sum_{p=0}^{L/2-1} \left\{ W_{8L}^{-1} z(p) * W_{4L}^{2p+1} \right\} W_{L/2}^{pq}, \quad p, q = 0, \dots, L/2-1, \text{ 或者}$$

$$\bar{Z}(q) = (1 + j \frac{\pi}{2L}) * W_{4L}^{2q+1} \sum_{p=0}^{L/2-1} \left\{ (1 + j \frac{\pi}{4L}) * z(p) * W_{4L}^{2p+1} \right\} W_{L/2}^{pq}, \quad p, q = 0, \dots, L/2-1, \text{ 为后旋}$$

5 转之后的数据。

值得注意的是，实施例中的使用 W_{8L}^{-1} 进行固定旋转补偿的步骤不仅可以在预旋转之后执行，也可以在预旋转之前进行；使用 W_{4L}^{-1} 进行固定旋转补偿的步骤不仅可以在后旋转之前执行，也可以在后旋转之后进行。另外变换公式中两个固定旋转补偿与其他部分的操作是相乘的关系，可以适用乘法的交换特性，

10 因此使用 W_{8L}^{-1} 进行固定旋转补偿的步骤可以与使用 W_{4L}^{-1} 进行固定旋转补偿的步骤互换。

本实施例中，采用两次固定旋转补偿步骤，可以保证FFT变换的输入数据与原DCT-IV变换中FFT的输入数据一致，同时可以保证变换后得到数据与原始DCT-IV型变换后得到的数据一致，提高DCT-IV变换的准确度。

15 另外，DCT-IV的反变换与正变换的步骤是基本一致的，不同的是，逆变换中首先是对频域数据进行重组，而最终变换以后得到的是时域数据，旋转因子中的常数a和b变为常数c和d。

参考图3，本发明一个实施例提供一种信号处理方法，用于实现编码过程中的时域到频域的DCT-IV变换，减少变换过程的存储量，该方法包括如下

20 步骤：

S301：对时域数据进行重组，得到重组后的数据。

假设 $\tilde{x}(n)$ 为需要进行DCT-IV型变换的数据, 该数据可以是经过加窗等预处理步骤后的数据。对数据 $\tilde{x}(n)$ 进行重组, 得到重组后的数据 $z(p)$:

$$z(p) = \tilde{x}(2p) + j \cdot \tilde{x}(L-1-2p), p=0,1,2,\dots,L/2-1$$

S302: 使用一个对称的旋转因子对重组后的数据进行预旋转, 旋转因子为

$$5 \quad a \cdot W_{4L}^{2p+1}, \quad p=0,1,2,\dots,L/2-1, \quad a \text{ 为常数。}$$

将重组数据 $z(p)$ 进行预旋转处理, 旋转因子为 $a \cdot W_{4L}^{2p+1}$, $p=0,1,2,\dots,L/2-1$ 。

其中 $W_{4L}^{2p+1} = \cos \frac{2\pi(2p+1)}{4L} - j \sin \frac{2\pi(2p+1)}{4L}$, $p=0,1,2,\dots,L/2-1$, a 为常数。

由于旋转因子中的 W_{4L}^{2p+1} 项可以写成以下形式:

$$W_{4L}^{2p+1} = \cos \frac{2\pi(2p+1)}{4L} - j \sin \frac{2\pi(2p+1)}{4L}, p=0,1,2,\dots,L/2-1$$

$$10 \quad \text{满 足} \quad \cos \frac{2\pi(2(\frac{L}{2}-1-q)+1)}{4L} = \cos \frac{2\pi(L-(2q+1))}{4L} = \sin \frac{2\pi(2q+1)}{4L}, q=0,1,2,\dots,L/4-1 \quad \text{和}$$

$$\sin \frac{2\pi(2(\frac{L}{2}-1-q)+1)}{4L} = \sin \frac{2\pi(L-(2q+1))}{4L} = \cos \frac{2\pi(2q+1)}{4L}, q=0,1,2,\dots,L/4-1 \text{ 的条件, 因此具体的实现过程}$$

中只需要存储一个 $L/2$ 点的余弦数据表格 $a \cdot \cos \frac{2\pi(2p+1)}{4L}$, $p=0,1,2,\dots,L/2-1$ 或者正弦数据表格 $a \cdot \sin \frac{2\pi(2p+1)}{4L}$, $p=0,1,2,\dots,L/2-1$ 即可。

S303: 对预旋转处理后的数据进行 $L/2$ 个点的快速傅里叶变换 (Fast

15 Fourier Transform, FFT)。

S304: 进行固定旋转补偿。

将FFT变换后的数据乘以 W_{8L}^{-3} 进行固定旋转补偿, 或者将FFT变换后的数据乘以 W_{8L}^{-3} 的近似值进行固定旋转补偿, 近似值可以使用 W_{8L}^{-3} 的泰勒级数展开获得, 如使用一阶泰勒级数展开结果 $1 + j(\frac{3\pi}{4L})$ 作为 W_{8L}^{-3} 的近似值。

20 S305: 使用一个对称的旋转因子对固定旋转补偿后的数据进行后旋转处

理, 旋转因子为 $b \cdot W_{4L}^{2q+1}$, $q=0,1,2,\dots,L/2-1$ 。其中

$$W_{4L}^{2q+1} = \cos \frac{2\pi(2q+1)}{4L} - j \sin \frac{2\pi(2q+1)}{4L}, q=0,1,2,\dots,L/2-1, \quad b \text{ 为常数。}$$

由于旋转因子中的 W_{4L}^{2q+1} 项同样可以写成以下形式:

$$W_{4L}^{2q+1} = \cos \frac{2\pi(2q+1)}{4L} - j \sin \frac{2\pi(2q+1)}{4L}, q=0,1,2,\dots, L/2-1$$

因此具体的实现过程中只需要存储一个 $L/2$ 点的余弦数据表格 $b \cdot \cos \frac{2\pi(2q+1)}{4L}$, $q=0,1,2,\dots, L/2-1$ 或者正弦数据表格 $b \cdot \sin \frac{2\pi(2q+1)}{4L}$, $q=0,1,2,\dots, L/2-1$ 即可。

5 关于常数a和b取值的选择, 为了实现完全重构, 只要满足正变换两个旋转因子的常数a与b的乘积乘上反变换两个旋转因子的常数c与d的乘积为 $2/L$ 即

可。一个实施例中, a和b的乘积等于 $\frac{\sqrt[2]{2}}{\sqrt[2]{L}}$ 。另一个实施例中选取 $a=b=\frac{\sqrt[4]{2}}{\sqrt[4]{L}}$, 这样预旋转与后旋转只需要存储一个 $L/2$ 点的余弦数据表格 $\frac{\sqrt[4]{2}}{\sqrt[4]{L}} \cos \frac{2\pi(2p+1)}{4L}$, $p=0,1,2,\dots, L/2-1$ 即可。

10 S306: 获得频域数据。

后旋转之后的数据的实部记为 $y(2q)$, 是频域数据奇数频率; 后旋转之后的数据的虚部的相反数记为 $y(L-1-2q)$, 是频域数据偶数频率。

$$\begin{cases} y(2q) = \text{Re}\{\bar{Z}(q)\} \\ y(L-1-2q) = -\text{Im}\{\bar{Z}(q)\} \end{cases}, q=0,1,2,\dots, L/2-1$$

$$\text{其中 } \bar{Z}(q) = W_{8L}^{-3} * W_{4L}^{2q+1} \sum_{p=0}^{L/2-1} \left\{ W_{4L}^{2p+1} \right\} W_{L/2}^{pq}, p, q=0,\dots, L/2-1$$

$$15 \text{ 或 } \bar{Z}(q) = W_{4L}^{2q+1} \sum_{p=0}^{L/2-1} \left\{ W_{8L}^{-3} * W_{4L}^{2p+1} \right\} W_{L/2}^{pq}, p, q=0,\dots, L/2-1$$

$$\text{或 } \bar{Z}(q) = (1 + j \frac{3\pi}{4L}) * W_{4L}^{2q+1} \sum_{p=0}^{L/2-1} \left\{ z(p) * W_{4L}^{2p+1} \right\} W_{L/2}^{pq}, p, q=0,\dots, L/2-1$$

$$\text{或 } \bar{Z}(q) = W_{4L}^{2q+1} \sum_{p=0}^{L/2-1} \left\{ (1 + j \frac{3\pi}{4L}) * z(p) * W_{4L}^{2p+1} \right\} W_{L/2}^{pq}, p, q=0,\dots, L/2-1, \text{为后旋转之后的数}$$

据。

实施例中的进行固定旋转补偿的步骤不仅可以在后旋转之前执行,也可以在预旋转之前或者FFT变换之前或者后旋转之后进行,因为变换公式中固定旋转补偿与其他部分的操作是相乘的关系,可以适用乘法的交换特性。

本实施例中,由于增加了固定旋转补偿的步骤,可以保证变换后得到数据
5 与原始DCT-IV型变换后得到的数据一致,提高DCT-IV变换的准确度。

DCT-IV的反变换与正变换的步骤是类似的,不同的是反变换的输入为频域数据输出为时域数据。因此上述实施例在输入与输出数据分别变为频域数据和时域数据时,即构成DCT-IV的反变换的实施例。另外,DCT-IV的反变换与正变换在进行固定旋转补偿的顺序上可以不同。例如,可以正变换时在后旋转
10 之后进行固定旋转补偿,而逆变换时在预旋转之前进行固定旋转补偿。

语音/音频编码中,MDCT变换由于利用了时域混叠消除(TDAC)技术减轻“边界效应”也得到了广泛的应用。MDCT变换的公式为:

$$X_k = A \sum_{n=0}^{N-1} y_n \cos \left[\frac{2\pi}{N} \left(n + \frac{1}{2} + \frac{N}{4} \right) \left(k + \frac{1}{2} \right) \right] \quad k = 0, 1, \dots, \frac{N}{2} - 1$$

其中,A是归一化因子,A

15 为常数。可见,直接根据变换公式进行MDCT正变换与逆变换会导致很高的计算复杂度和存储量,特别是对于点数较大的MDCT变换。由于MDCT变换在实时通信领域特别是音频编码中的广泛应用,提供一种快速的MDCT变换方法也同样成为一种迫切的需要。

参考图4,本发明一个实施例提供的一种信号处理方法,用于实现编码过
20 程中的时域到频域的MDCT变换,减少变换过程的存储量,该方法包括如下步骤:

S401: 对时域数据进行预处理,得到预处理后的数据。

假设 y_n 为需要进行MDCT变换的数据, 该数据可以是经过加窗等步骤处理后的数据。对数据 y_n 进行重组, 得到重组后的数据 u_n :

$$u_n = (z_{2n} + jz_{N/2-1-2n}) \quad n = 0, 1, 2, \dots, N/4 - 1$$

其中:

$$\begin{cases} z_{n+N/4} = y_n - y_{N/2-1-n} \\ z_{N/4-1-n} = -y_{N-1-n} - y_{N/2+n} \end{cases} \quad n = 0, 1, 2, \dots, N/4 - 1$$

或者表示成:

$$\begin{cases} z_n = -y_{n+3N/4} - y_{3N/4-1-n} & n = 0, 1, 2, \dots, N/4 - 1 \\ z_n = y_{n-N/4} - y_{3N/4-1-n} & n = N/4, N/4 + 1, \dots, N/2 - 1 \end{cases}$$

S402: 使用一个对称的旋转因子对预处理后的数据进行预旋转, 旋转因子为 $a \cdot W_N^{n+0.5}$ $n = 0, 1, 2, \dots, N/4 - 1$ 。

10 将重组数据 u_n 进行预旋转处理, 旋转因子为 $a \cdot W_N^{n+0.5}$, $n = 0, 1, 2, \dots, N/4 - 1$ 。其中 $W_N^{n+0.5} = e^{-j\frac{2\pi}{N}(n+0.5)} = \cos(\frac{2\pi(n+0.5)}{N}) - j \sin(\frac{2\pi(n+0.5)}{N})$, a 为常数。

由于旋转因子中的 $W_N^{n+0.5}$ 项可以写成以下形式:

$$W_N^{n+0.5} = \cos(\frac{2\pi(n+0.5)}{N}) - j \sin(\frac{2\pi(n+0.5)}{N})$$

满足 $\cos(\frac{2\pi}{N}(n+0.5)) = \sin(\frac{2\pi}{N}(N/4-1-n+0.5))$ 和

15 $\sin(\frac{2\pi}{N}(n+0.5)) = \cos(\frac{2\pi}{N}(N/4-1-n+0.5))$ 的条件, 因此具体的实现过程中只需要存储一个 $N/4$ 点的余弦数据表格 $a \cdot \cos(\frac{2\pi}{N}(n+0.5))$, $n = 0, 1, 2, \dots, N/4 - 1$ 或者正弦数据表格 $a \cdot \sin(\frac{2\pi}{N}(n+0.5))$, $n = 0, 1, 2, \dots, N/4 - 1$ 即可。

S403: 进行第一次固定旋转补偿。

20 对预旋转后的数据进行固定旋转补偿, 固定旋转补偿因子为 $W_N^{-0.375}$ 。为了进一步降低计算复杂度可以用一些近似值如泰勒级数展开来代替 $W_N^{-0.375}$ 进行固定旋转补偿。例如用一阶泰勒级数展开结果 $1 + j(\frac{3\pi}{4N})$ 作为 $W_N^{-0.375}$ 的近似值进行固定旋转补偿。

S404: 对固定旋转补偿后的数据进行 $N/4$ 个点的FFT变换。

S405: 进行第二次固定旋转补偿。

将FFT变换后的数据乘以 $W_N^{-0.375}$ 进行固定旋转补偿, 或者将FFT变换后的数据乘以 $W_N^{-0.375}$ 的近似值进行固定旋转补偿, 近似值可以使用 $W_N^{-0.375}$ 的泰勒级数展开获得, 如使用一阶泰勒级数展开结果 $1 + j(\frac{3\pi}{4N})$ 作为 $W_N^{-0.375}$ 的近似值。

S406: 采用一个对称的旋转因子对固定旋转补偿后的数据进行后旋转处理, 旋转因子为 $b \cdot W_N^{k+0.5}$, $k = 0, 1, 2, \dots, N/4 - 1$ 。其中 $W_N^{k+0.5} = e^{-j\frac{2\pi}{N}(k+0.5)} = \cos(\frac{2\pi(k+0.5)}{N}) - j \sin(\frac{2\pi(k+0.5)}{N})$, b 为常数。

由于旋转因子中的 $W_N^{k+0.5}$ 项同样可以写成以下形式:

$$W_N^{k+0.5} = \cos(\frac{2\pi(k+0.5)}{N}) - j \sin(\frac{2\pi(k+0.5)}{N})$$

因此具体的实现过程中只需要存储一个 $N/4$ 点的余弦数据表格 $a \cdot \cos(\frac{2\pi}{N}(k+0.5))$, $k = 0, 1, 2, \dots, N/4 - 1$ 或者正弦数据表格 $a \cdot \sin(\frac{2\pi}{N}(k+0.5))$, $k = 0, 1, 2, \dots, N/4 - 1$ 即可。

S407: 获得频域数据。

后旋转之后的数据的实部记为 X_{2k} , 是频域数据的奇数频率; 后旋转之后的数据的虚部的相反数记为 $X_{N/2-1-2k}$, 是频域数据的偶数频率。

频域数据也即最终的谱为 X_k , $k = 0, 1, 2, \dots, N/2 - 1$, 可表述为:

$$X_{2k} = \text{Re} \left\{ W_N^{-0.375} \cdot b \cdot W_N^{k+0.5} \sum_{n=0}^{N/4-1} u_n \cdot W_N^{-0.375} \cdot a \cdot W_N^{n+0.5} W_{N/4}^{nk} \right\} \quad k = 0, 1, 2, \dots, N/4 - 1$$

$$X_{N/2-1-2k} = -\text{Im} \left\{ W_N^{-0.375} \cdot b \cdot W_N^{k+0.5} \sum_{n=0}^{N/4-1} u_n \cdot W_N^{-0.375} \cdot a \cdot W_N^{n+0.5} W_{N/4}^{nk} \right\} \quad k = 0, 1, 2, \dots, N/4 - 1$$

或者

$$X_{2k} = \text{Re} \left\{ (1 + j(\frac{3\pi}{4N})) \cdot b \cdot W_N^{k+0.5} \sum_{n=0}^{N/4-1} u_n \cdot (1 + j(\frac{3\pi}{4N})) \cdot a \cdot W_N^{n+0.5} W_{N/4}^{nk} \right\} \quad k = 0, 1, 2, \dots, N/4 - 1$$

$$X_{N/2-1-2k} = -\text{Im}\left\{\left(1 + j\left(\frac{3\pi}{4N}\right)\right) \cdot b \cdot W_N^{k+0.5} \sum_{n=0}^{N/4-1} u_n \cdot \left(1 + j\left(\frac{3\pi}{4N}\right)\right) \cdot a \cdot W_N^{n+0.5} W_{N/4}^{nk}\right\} \quad k = 0, 1, 2, \dots, N/4 - 1$$

值得注意的是，实施例中的使用 $W_N^{-0.375}$ 进行第一次固定旋转补偿的步骤不仅可以在预旋转之后执行，也可以在预旋转之前进行；使用 $W_N^{-0.375}$ 进行第二次固定旋转补偿的步骤不仅可以在后旋转之前执行，也可以在后旋转之后进行。

由于变换公式中固定旋转补偿与其他部分的操作是相乘的关系，可以适用乘法的交换特性，可以进行一次固定旋转补偿也可以进行多次固定旋转补偿，固定旋转补偿的执行顺序可以在获得频域数据步骤之前的任意顺序。各补偿因子的乘积为 $W_N^{-0.75}$ 或者乘积为 $W_N^{-0.75}$ 的至少一个因子的近似值。

本实施例中，采用具有对称性的旋转因子可以减少存储量，改进前的方法的存储量为 $N/2$ 个点，改进后的方法存储量为 $N/4$ 个点。同时增加固定旋转补偿的步骤，提高MDCT变换的准确度，保证变换后得到的数据与原始MDCT变换后得到的数据一致。

原始的基于 $N/4$ 点FFT的MDCT快速变换的公式为：

$$X_{2k} - jX_{N/2-1-2k} = A \cdot W_N^{k+0.125} \sum_{n=0}^{N/4-1} \left\{ u_n W_N^{n+0.125} \right\} W_{N/4}^{nk} \quad k = 0, \dots, N/4 - 1$$

可以重新写为：

$$X_{2k} - jX_{N/2-1-2k} = A \cdot W_N^{-0.375} \cdot W_N^{k+0.5} \sum_{n=0}^{N/4-1} \left\{ W_N^{-0.375} \cdot u_n \cdot W_N^{n+0.5} \right\} W_{N/4}^{nk} \quad k = 0, \dots, N/4 - 1$$

其中，

$$W_N^{n+0.5} = e^{-j\frac{2\pi}{N}(n+0.5)} = \cos\left(\frac{2\pi(n+0.5)}{N}\right) - j \sin\left(\frac{2\pi(n+0.5)}{N}\right), n = 0, 1, 2, \dots, N/4 - 1$$

$$W_N^{k+0.5} = e^{-j\frac{2\pi}{N}(k+0.5)} = \cos\left(\frac{2\pi(k+0.5)}{N}\right) - j \sin\left(\frac{2\pi(k+0.5)}{N}\right), k = 0, 1, 2, \dots, N/4 - 1$$

很容易证明这个改写后的旋转因子具备对称性特征，即 $W_N^{n+0.5}$ 满足：

$$\cos\left(\frac{2\pi}{N}(n+0.5)\right) = \sin\left(\frac{2\pi}{N}\left(\frac{N}{4}-1-n+0.5\right)\right),$$

$$\sin\left(\frac{2\pi}{N}(n+0.5)\right) = \cos\left(\frac{2\pi}{N}\left(\frac{N}{4}-1-n+0.5\right)\right),$$

同样 $W_N^{k+0.5}$ 也满足这样的对称性。

5 利用这个对称性特征可以减少存储量。实现的时候，只需要为 $W_N^{n+0.5}$ 存储一个 $N/4$ 个点的余弦表或一个 $N/4$ 个点的正弦表，并在做 $N/4$ 个点的FFT变换之前进行 $W_N^{-0.375}$ 的固定旋转补偿，在做 $N/4$ 个点的FFT变换之后进行 $W_N^{-0.375}$ 的固定旋转补偿。可以证明这个变换也是完全重构的。

10 为了进一步降低计算复杂度可以用一些近似值如泰勒级数展开来代替 $W_N^{-0.375}$ 进行固定旋转补偿。例如用一阶泰勒级数展开结果 $1+j\left(\frac{3\pi}{4N}\right)$ 作为 $W_N^{-0.375}$ 的近似值。

参考图5，本发明一个实施例提供的一种信号处理方法，用于实现编码过程中的频域到时域的MDCT变换，减少变换过程的存储量，该方法包括如下步骤：

S501：对频域数据进行重组，得到重组数据。

15 数据重组后获取的中间变量为 $(X_{2k} + jX_{N/2-1-2k})$ ， $k=0,1,2,\dots,N/4-1$ 。

S502：使用一个对称的旋转因子对重组数据进行预旋转处理。

将重组数据 $(X_{2k} + jX_{N/2-1-2k})$ 进行预旋转处理，旋转因子为 $c \cdot W_N^{k+0.5}$ ， $k=0,1,2,\dots,N/4-1$ 。其中 $W_N^{k+0.5} = e^{-j\frac{2\pi}{N}(k+0.5)} = \cos\left(\frac{2\pi(k+0.5)}{N}\right) - j\sin\left(\frac{2\pi(k+0.5)}{N}\right)$ ， c 为常数。

S503：进行第一次固定旋转补偿。

20 对预旋转后的数据进行固定旋转补偿，固定旋转补偿因子为 $W_N^{-0.375}$ 。为了进一步降低计算复杂度可以用一些近似值如泰勒级数展开来代替 $W_N^{-0.375}$ 进行固定旋转补偿。例如用一阶泰勒级数展开结果 $1+j\left(\frac{3\pi}{4N}\right)$ 作为 $W_N^{-0.375}$ 的近似值进行固

定旋转补偿。

S504: 对固定旋转补偿后的数据进行 $N/4$ 个点的FFT变换。

S505: 进行第二次固定旋转补偿。

将FFT变换后的数据乘以 $W_N^{-0.375}$ 进行固定旋转补偿, 或者将FFT变换后的数据乘以 $W_N^{-0.375}$ 的近似值进行固定旋转补偿, 近似值可以使用 $W_N^{-0.375}$ 的泰勒级数展开获得, 如使用一阶泰勒级数展开结果 $1 + j(\frac{3\pi}{4N})$ 作为 $W_N^{-0.375}$ 的近似值。

S506: 使用一个对称的旋转因子对固定旋转后的数据进行后旋转处理。

对固定旋转补偿后的数据进行后旋转处理, 旋转因子为 $d \cdot W_N^{n+0.5}$, $n=0,1,2,\dots,N/4-1$ 。其中 $W_N^{n+0.5} = e^{-j\frac{2\pi}{N}(n+0.5)} = \cos(\frac{2\pi(n+0.5)}{N}) - j \sin(\frac{2\pi(n+0.5)}{N})$, d 为常数。

10 S507: 获得时域数据。

得到时域数据 $\hat{x}_n, n=0,1,2,\dots,N-1$ 。

$$\begin{cases} \hat{x}_{2n+N/2} = \text{Re}\{u_n\} \\ \hat{x}_{N-1-2n} = -\text{Re}\{u_n\} \end{cases} \quad n=0,1,2,\dots,N/4-1$$

$$\begin{cases} \hat{x}_{N/4-1-2n} = \hat{x}_{N/4+2n} = \text{Im}\{u_n\} \\ \hat{x}_{2n-N/4} = \hat{x}_{3N/4-1-2n} = \text{Im}\{u_n\} \end{cases} \quad \begin{matrix} n=0,1,2,\dots,N/8-1 \\ n=N/8,N/8+1,\dots,N/4-1 \end{matrix}$$

$$\text{其中} \begin{cases} u_n = y_{n+N/8} \\ u_{n+N/8} = y_n \end{cases} \quad n=0,1,2,\dots,N/8-1,$$

15 值得注意的是, 关于常数 a 、 b 、 c 和 d 取值的选择, 为了实现完全重构, 只要满足正变换 a 与 b 的乘积乘上反变换 c 与 d 的乘积为 $4/N$ 即可。本实施例中选取

$a=b=c=d=\frac{\sqrt{2}}{\sqrt[4]{N}}$, 这样只需要存储一个 $N/4$ 点的余弦数据表格 $\frac{\sqrt{2}}{\sqrt[4]{N}} \cos(\frac{2\pi}{N}(k+0.5)), k=0,1,2,\dots,N/4-1$ 即可。

同样的, 实施例中的使用 $W_N^{-0.375}$ 进行第一次固定旋转补偿的步骤不仅可以
20 在预旋转之后执行, 也可以在预旋转之前进行; 使用 $W_N^{-0.375}$ 进行第二次固定旋

转补偿的步骤不仅可以在后旋转之前执行,也可以在后旋转之后进行。由于乘法的交换特性,也可以进行三次及以上的固定旋转补偿,各补偿因子的乘积为 $W_N^{-0.75}$ 或者乘积为 $W_N^{-0.75}$ 的至少一个因子的近似值。

本实施例中,采用两次固定旋转补偿的步骤,提高MDCT变换准确度,保证变换后得到的数据与原始MDCT变换后得到的数据一致。

参考图6,本发明一个实施例提供的一种信号处理方法,用于实现编码过程中的时域到频域的MDCT变换,减少变换过程的存储量,该方法包括如下步骤:

S601: 对时域数据进行预处理,得到预处理后的数据。

10 假设 y_n 为需要进行MDCT变换的数据,该数据可以是经过加窗等步骤处理后的数据。对数据 y_n 进行重组,得到重组后的数据 u_n :

$$u_n = (z_{2n} + jz_{N/2-1-2n}) \quad n = 0, 1, 2, \dots, N/4 - 1$$

其中:

$$\begin{cases} z_{n+N/4} = y_n - y_{N/2-1-n} \\ z_{N/4-1-n} = -y_{N-1-n} - y_{N/2+n} \end{cases} \quad n = 0, 1, 2, \dots, N/4 - 1$$

15 或者表示成:

$$\begin{cases} z_n = -y_{n+3N/4} - y_{3N/4-1-n} & n = 0, 1, 2, \dots, N/4 - 1 \\ z_n = y_{n-N/4} - y_{3N/4-1-n} & n = N/4, N/4 + 1, \dots, N/2 - 1 \end{cases}$$

S602: 使用一个对称的旋转因子对预处理后的数据进行预旋转,旋转因子为 $a \cdot W_N^{n+0.5}$, $n = 0, 1, 2, \dots, N/4 - 1$ 。

20 将重组数据 u_n 进行预旋转处理,旋转因子为 $a \cdot W_N^{n+0.5}$, $n = 0, 1, 2, \dots, N/4 - 1$ 。其中 $W_N^{n+0.5} = e^{-j\frac{2\pi}{N}(n+0.5)} = \cos(\frac{2\pi(n+0.5)}{N}) - j \sin(\frac{2\pi(n+0.5)}{N})$, a 为常数。

由于旋转因子中的 $W_N^{n+0.5}$ 项可以写成以下形式:

$$W_N^{n+0.5} = \cos\left(\frac{2\pi(n+0.5)}{N}\right) - j \sin\left(\frac{2\pi(n+0.5)}{N}\right)$$

满足 $\cos\left(\frac{2\pi}{N}(n+0.5)\right) = \sin\left(\frac{2\pi}{N}\left(\frac{N}{4}-1-n+0.5\right)\right)$ 和

$\sin\left(\frac{2\pi}{N}(n+0.5)\right) = \cos\left(\frac{2\pi}{N}\left(\frac{N}{4}-1-n+0.5\right)\right)$ 的条件, 因此具体的实现过程中只需要存储

一个 $\frac{N}{4}$ 点的余弦数据表格 $a \cdot \cos\left(\frac{2\pi}{N}(n+0.5)\right)$, $n=0,1,2,\dots,\frac{N}{4}-1$ 或者正弦数据表格

5 $a \cdot \sin\left(\frac{2\pi}{N}(n+0.5)\right)$, $n=0,1,2,\dots,\frac{N}{4}-1$ 即可。

S603: 进行固定旋转补偿。

对预旋转后的数据进行固定旋转补偿, 固定旋转补偿因子为 $W_N^{-0.75}$ 。为了进一步降低计算复杂度可以用一些近似值如泰勒级数展开来代替 $W_N^{-0.75}$ 进行固

定旋转补偿。例如用一阶泰勒级数展开结果 $1+j\left(\frac{3\pi}{2N}\right)$ 作为 $W_N^{-0.75}$ 的近似值进行固

10 定旋转补偿。

S604: 对固定旋转补偿后的数据进行 $N/4$ 个点的FFT变换。

S605: 采用一个对称的旋转因子对FFT变换后的数据进行后旋转处理。

对FFT变换后的数据进行后旋转处理, 旋转因子为 $b \cdot W_N^{k+0.5}$,

$k=0,1,2,\dots,\frac{N}{4}-1$ 。其中 $W_N^{k+0.5} = e^{-j\frac{2\pi}{N}(k+0.5)} = \cos\left(\frac{2\pi(k+0.5)}{N}\right) - j \sin\left(\frac{2\pi(k+0.5)}{N}\right)$, b 为常数。

15 由于旋转因子中的 $W_N^{k+0.5}$ 项同样可以写成以下形式:

$$W_N^{k+0.5} = \cos\left(\frac{2\pi(k+0.5)}{N}\right) - j \sin\left(\frac{2\pi(k+0.5)}{N}\right)$$

因此具体的实现过程中只需要存储一个 $N/4$ 点的余弦数据表格 $a \cdot \cos\left(\frac{2\pi}{N}(k+0.5)\right)$, $k=0,1,2,\dots,\frac{N}{4}-1$ 或者正弦数据表格

$a \cdot \sin\left(\frac{2\pi}{N}(k+0.5)\right)$, $k=0,1,2,\dots,\frac{N}{4}-1$ 即可。

20 S606: 获得频域数据。

后旋转之后的数据的实部记为 X_{2k} , 是频域数据的奇数频率; 后旋转之后的数据的虚部的相反数记为 $X_{\frac{N}{2}-1-2k}$, 是频域数据的偶数频率。

频域数据也即最终的谱为 $X_k, k=0,1,2,\dots,N/2-1$, 可表述为:

$$X_{2k} = \operatorname{Re} \left\{ b \cdot W_N^{k+0.5} \sum_{n=0}^{N/4-1} u_n \cdot W_N^{-0.75} \cdot a \cdot W_N^{n+0.5} W_{N/4}^{nk} \right\} \quad k=0, \dots, N/4-1$$

$$X_{N/2-1-2k} = -\operatorname{Im} \left\{ b \cdot W_N^{k+0.5} \sum_{n=0}^{N/4-1} u_n \cdot W_N^{-0.75} \cdot a \cdot W_N^{n+0.5} W_{N/4}^{nk} \right\} \quad k=0, \dots, N/4-1$$

或者

$$X_{2k} = \operatorname{Re} \left\{ b \cdot W_N^{k+0.5} \sum_{n=0}^{N/4-1} u_n \cdot \left(1 + j \left(\frac{3\pi}{2N} \right) \right) \cdot a \cdot W_N^{n+0.5} W_{N/4}^{nk} \right\} \quad k=0, \dots, N/4-1$$

$$X_{N/2-1-2k} = -\operatorname{Im} \left\{ b \cdot W_N^{k+0.5} \sum_{n=0}^{N/4-1} u_n \cdot \left(1 + j \left(\frac{3\pi}{2N} \right) \right) \cdot a \cdot W_N^{n+0.5} W_{N/4}^{nk} \right\} \quad k=0, \dots, N/4-1$$

值得注意的是, 实施例中的进行固定旋转补偿的步骤可以在预旋转之后或者预旋转之前进行, 也可以在后旋转之前或者后旋转之后进行, 因为变换公式中固定旋转补偿与其他部分的操作是相乘的关系, 可以适用乘法的交换特性。

参考图7, 本发明一个实施例提供一种信号处理方法, 用于实现编码过程中的频域到时域的MDCT变换, 减少变换过程的存储量, 该方法包括如下步骤:

S701: 对频域数据进行重组, 得到重组数据。

数据重组后获取的中间变量为 $(X_{2k} + jX_{N/2-1-2k})$, $k=0,1,2,\dots,N/4-1$ 。

S702: 使用一个对称的旋转因子对重组数据进行预旋转处理。

将重组数据 $(X_{2k} + jX_{N/2-1-2k})$ 进行预旋转处理, 旋转因子为 $c \cdot W_N^{k+0.5}$, $k=0,1,2,\dots,N/4-1$ 。其中 $W_N^{k+0.5} = e^{-j\frac{2\pi}{N}(k+0.5)} = \cos\left(\frac{2\pi(k+0.5)}{N}\right) - j\sin\left(\frac{2\pi(k+0.5)}{N}\right)$, c 为常数。

S703: 进行固定旋转补偿。

对预旋转后的数据进行固定旋转补偿, 固定旋转补偿因子为 $W_N^{-0.75}$ 。为了

进一步降低计算复杂度可以用一些近似值如泰勒级数展开来代替 $W_N^{-0.75}$ 进行固定旋转补偿。例如用一阶泰勒级数展开结果 $1 + j(\frac{3\pi}{2N})$ 作为 $W_N^{-0.75}$ 的近似值进行固定旋转补偿。

S704: 对固定旋转补偿后的数据进行 $N/4$ 个点的FFT变换。

5 S705: 采用一个对称性的旋转因子对FFT变换后的数据进行后旋转处理。

对FFT变换后的数据进行后旋转处理, 旋转因子为 $d \cdot W_N^{n+0.5}$, $n=0,1,2,\dots, N/4-1$ 。其中 $W_N^{n+0.5} = e^{-j\frac{2\pi}{N}(n+0.5)} = \cos(\frac{2\pi(n+0.5)}{N}) - j \sin(\frac{2\pi(n+0.5)}{N})$, d 为常数。

S706: 获得时域数据。

得到时域数据 $\hat{x}_n, n=0,1,2,\dots, N-1$ 。

$$10 \quad \begin{cases} \hat{x}_{2n+N/2} = \text{Re}\{u_n\} \\ \hat{x}_{N-1-2n} = -\text{Re}\{u_n\} \end{cases} \quad n=0,1,2,\dots, N/4-1$$

$$\begin{cases} \hat{x}_{N/4-1-2n} = \hat{x}_{N/4+2n} = \text{Im}\{u_n\} \\ \hat{x}_{2n-N/4} = \hat{x}_{3N/4-1-2n} = \text{Im}\{u_n\} \end{cases} \quad \begin{matrix} n=0,1,2,\dots, N/8-1 \\ n=N/8, N/8+1, \dots, N/4-1 \end{matrix}$$

$$\text{其中} \quad \begin{cases} u_n = y_{n+N/8} \\ u_{n+N/8} = y_n \end{cases} \quad n=0,1,2,\dots, N/8-1,$$

值得注意的是, 关于常数 a 、 b 、 c 和 d 取值的选择, 为了实现完全重构, 只要满足正变换 a 与 b 的乘积乘上反变换 c 与 d 的乘积为 $4/N$ 即可。本实施例中选择

$$15 \quad a=b=c=d=\frac{\sqrt{2}}{\sqrt[4]{N}}, \text{ 这样只需要存储一个 } N/4 \text{ 点的余弦数据表格}$$

$$\frac{\sqrt{2}}{\sqrt[4]{N}} \cos(\frac{2\pi}{N}(k+0.5)), k=0,1,2,\dots, N/4-1 \text{ 即可。}$$

同样的, 实施例中的进行固定旋转补偿的步骤可以在预旋转之后或者预旋转之前进行, 也可以在后旋转之前或者后旋转之后进行, 因为变换公式中固定旋转补偿与其他部分的操作是相乘的关系, 可以适用乘法的交换特性。

本领域普通技术人员可以理解实现上述实施例方法中的全部或部分流程，是可以通过计算机程序来指令相关的硬件来完成，所述的程序可存储于一计算机可读取存储介质中，该程序在执行时，可包括如上述各方法的实施例的流程。其中，所述的存储介质可为磁碟、光盘、只读存储记忆体（Read-Only Memory, ROM）或随机存储记忆体（Random Access Memory, RAM）等。

参考图8与上述方法实施例相关联，本发明信号处理装置的一个实施例包括：

重组单元801，用于对输入数据进行重组，得到重组后的数据；

10 预旋转单元802，用于使用一个对称的旋转因子对重组后的数据进行预旋转，旋转因子为 $a \cdot W_{4L}^{2p+1}$ ， $p=0, \dots, L/2-1$ ， a 为常数；

变换单元803，用于对预旋转处理后的数据进行 $L/2$ 个点的快速傅里（Fast Fourier Transform, FFT）变换， L 为输入数据的长度；

后旋转单元804，用于使用一个对称的旋转因子对FFT变换后的数据进行
15 后旋转处理，旋转因子为 $b \cdot W_{4L}^{2q+1}$ ， $q=0, \dots, L/2-1$ ， b 为常数；

输出单元805，用于获得输出数据。

上述信号处理装置可以用于实现编解码过程中的时域到频域或频域到时域的DCT-IV变换，正变换时输入数据为时域数据，输出数据为频域数据；逆变换时输入数据为频域数据，输出数据为时域数据。

20 在另一个实施例中，信号处理装置还包括：

固定旋转补偿单元，用于利用固定旋转补偿因子进行固定旋转补偿处理。

一个实施例中，固定旋转补偿单元用于进行至少一次固定旋转补偿，至少

一次固定旋转补偿的旋转补偿因子的乘积为 W_{8L}^{-3} 。

另一个实施例中，固定旋转补偿单元用于进行至少一次固定旋转补偿，所述至少一次固定旋转补偿的旋转补偿因子为乘积 W_{8L}^{-3} 的至少一个因子的一阶泰勒级数展开值。

5 为了满足重构，a和b的乘积可以等于 $\frac{\sqrt[3]{2}}{\sqrt[3]{L}}$ ，一个实施例中，例如 $a=b=\frac{\sqrt[3]{2}}{\sqrt[3]{L}}$ 。

本发明提供的时域到频域的信号处理装置的一个实施例，用于实现编码过程中的时域到频域的MDCT变换，减少变换过程的存储量，参考图9，该信号处理装置包括：

10 预处理单元901，用于对时域数据进行预处理，得到预处理后的数据；

预旋转单元902，用于使用旋转因子 $a \cdot W_N^{n+0.5}$ 对所述预处理后的时域数据进行预旋转处理；

变换单元903，用于对所述预旋转处理后的数据进行N/4点的快速傅里叶变换；

15 后旋转单元904，用于使用旋转因子 $b \cdot W_N^{k+0.5}$ 对所述离散傅里叶变换后的数据进行后旋转处理，获得频域数据；其中，还包括：

固定补偿单元905，用于利用固定旋转补偿因子进行固定旋转补偿处理；

所述a、b为常数，所述N为时域数据长度，所述 $W_N = e^{-j\frac{2\pi}{N}}$ 。

20 一个实施例中，固定旋转补偿单元用于进行至少一次固定旋转补偿，该至少一次固定旋转补偿的旋转补偿因子的乘积为 $W_N^{-0.75}$ 。

另一个实施例中，固定旋转补偿单元用于进行至少一次固定旋转补偿，该

至少一次固定旋转补偿的旋转补偿因子为乘积为 $W_N^{-0.75}$ 的至少一个因子的一阶泰勒级数展开值。

本发明提供的频域到时域的信号处理装置的一个实施例,用于实现编码过程中的频域到时域的MDCT变换,减少变换过程的存储量,参考图10,该信号

5 处理装置包括:

重组单元1001,用于对频域数据进行重组,得到重组后的数据;

预旋转单元1002,用于使用旋转因子 $c \cdot W_N^{k+0.5}$ 对所述重组后的频域数据进行预旋转处理;

变换单元1003,对所述预旋转处理后的数据进行N/4点的快速傅里叶变换;

10 后旋转单元1004,使用旋转因子 $d \cdot W_N^{n+0.5}$ 对所述快速傅里叶变换后的数据进行后旋转处理;其中,还包括:

固定补偿单元1005,用于利用固定旋转补偿因子进行固定旋转补偿处理;

所述c、d为常数,所述N为两倍的频域数据长度,所述 $W_N = e^{-j \frac{2\pi}{N}}$ 。

一个实施例中,固定旋转补偿单元用于进行至少一次固定旋转补偿,该至少一次固定旋转补偿的旋转补偿因子的乘积为 $W_N^{-0.75}$ 。

另一个实施例中,固定旋转补偿单元用于进行至少一次固定旋转补偿,该至少一次固定旋转补偿的旋转补偿因子为乘积为 $W_N^{-0.75}$ 的至少一个因子的一阶泰勒级数展开值。

20 与本文所揭示实施例关联描述的中例示性逻辑块、模块及电路均可由下列装置构建或实施:通用处理器、数字信号处理器(DSP)、专用集成电路(ASIC)、场可编程门阵列(FPGA)或其它可编程逻辑装置、离散门或晶体管逻辑、离散

硬件组件、或其设计用于实施上文所述功能的任何组合。通用处理器可为微处理器，但另一选择为，处理器也可为任何常规处理器、控制器、微控制器或状态机。处理器也可构建为计算装置的组合，例如，DSP与微处理器的组合、多个微处理器的组合、一个或一个以上微处理器与DSP核心的联合，或任一其它

5 此类配置。

以上所述仅为本发明的几个实施例，本领域的技术人员依据申请文件公开的可以对本发明进行各种改动或变型而不脱离本发明的精神和范围。

权 利 要 求

- 1、一种数据处理方法，其特征在于，包括：
 - 对输入数据进行重组，得到重组后的数据；
 - 使用一个对称的旋转因子对重组后的数据进行预旋转，旋转因子为
 - 5 $a \cdot W_{4L}^{2p+1}$ ， $p=0, \dots, L/2-1$ ， a 为常数；
 - 对预旋转处理后的数据进行 $L/2$ 个点的快速傅里（Fast Fourier Transform，FFT）变换， L 为输入数据的长度；
 - 使用一个对称的旋转因子对 FFT 变换后的数据进行后旋转处理，旋转因子为
 - 10 $b \cdot W_{4L}^{2q+1}$ ， $q=0, \dots, L/2-1$ ， b 为常数；
 - 获得输出数据。
- 2、根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于，在获得输出数据之前还包括：利用固定旋转补偿因子进行固定旋转补偿的步骤。
- 3、根据权利要求 2 所述的方法，其特征在于，利用固定旋转补偿因子进行固定旋转补偿的步骤包括：
 - 15 进行至少一次固定旋转补偿，所述至少一次固定旋转补偿的旋转补偿因子的乘积为 W_{8L}^{-3} 。
- 4、根据权利要求 2 所述的方法，其特征在于，利用固定旋转补偿因子进行固定旋转补偿的步骤包括：
 - 进行至少一次固定旋转补偿，所述至少一次固定旋转补偿的旋转补偿因子
 - 20 为乘积为 W_{8L}^{-3} 的至少一个因子的一阶泰勒级数展开值。
- 5、根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述 a 和 b 的乘积等于 $\frac{\sqrt[3]{2}}{\sqrt[3]{L}}$ 。
- 6、一种时域到频域的信号处理方法，其特征在于，包括：
 - 对时域数据进行预处理，得到预处理后数据；
 - 使用旋转因子 $a \cdot W_N^{n+0.5}$ 对所述预处理后的数据进行预旋转处理；
 - 25 对所述预旋转处理后的数据进行 $N/4$ 点的快速傅里叶变换；
 - 使用旋转因子 $b \cdot W_N^{k+0.5}$ 对所述离散傅里叶变换后的数据进行后旋转处理，获得频域数据；
 - 其中，在获得频域数据之前还包括：利用固定旋转补偿因子进行固定旋转

补偿的步骤; 所述 a、b 为常数, 所述 N 为时域数据长度, 所述 $W_N = e^{-j\frac{2\pi}{N}}$ 。

7、根据权利要求 6 所述的方法, 其特征在于, 利用固定旋转补偿因子进行固定旋转补偿的步骤包括:

5 进行至少一次固定旋转补偿, 所述至少一次固定旋转补偿的旋转补偿因子的乘积为 $W_N^{-0.75}$ 。

8、根据权利要求 6 所述的方法, 其特征在于, 利用固定旋转补偿因子进行固定旋转补偿的步骤包括:

进行至少一次固定旋转补偿, 所述至少一次固定旋转补偿的旋转补偿因子为乘积为 $W_N^{-0.75}$ 的至少一个因子的一阶泰勒级数展开值。

10 9、根据权利要求 1 所述的方法, 其特征在于, 所述 a 和 b 的乘积等于 $\frac{2}{\sqrt{N}}$ 。

10、一种频域到时域的信号处理方法, 其特征在于, 包括:

对频域数据进行重组, 得到重组后的数据;

使用旋转因子 $c \cdot W_N^{k+0.5}$ 对所述重组后的数据进行预旋转处理;

对所述预旋转处理后的数据进行 N/4 点的快速傅里叶变换;

15 使用旋转因子 $d \cdot W_N^{n+0.5}$ 对所述快速傅里叶变换后的数据进行后旋转处理;

对所述后旋转处理后的数据进行后处理, 获得时域数据;

其中, 在获得时域数据之前还包括: 利用固定旋转补偿因子进行固定旋转

补偿的步骤; 所述 c、d 为常数, 所述 N 为两倍的频域数据长度, 所述 $W_N = e^{-j\frac{2\pi}{N}}$ 。

20 11、根据权利要求 10 所述的方法, 其特征在于, 利用固定旋转补偿因子进行固定旋转补偿的步骤包括:

进行至少一次固定旋转补偿, 所述至少一次固定旋转补偿的旋转补偿因子的乘积为 $W_N^{-0.75}$ 。

12、根据权利要求 10 所述的方法, 其特征在于, 利用固定旋转补偿因子进行固定旋转补偿的步骤包括:

25 进行至少一次固定旋转补偿, 所述至少一次固定旋转补偿的旋转补偿因子为乘积为 $W_N^{-0.75}$ 的至少一个因子的一阶泰勒级数展开值。

13、一种信号处理装置, 其特征在于, 包括:

重组单元, 用于对输入数据进行重组, 得到重组后的数据;

预旋转单元, 用于使用一个对称的旋转因子对重组后的数据进行预旋转, 旋转因子为 $a \cdot W_{4L}^{2p+1}$, $p=0, \dots, L/2-1$, a 为常数;

变换单元, 用于对预旋转处理后的数据进行 $L/2$ 个点的快速傅里 (Fast Fourier Transform, FFT) 变换, L 为输入数据的长度;

后旋转单元, 用于使用一个对称的旋转因子对 FFT 变换后的数据进行后旋转处理, 旋转因子为 $b \cdot W_{4L}^{2q+1}$, $q=0, \dots, L/2-1$, b 为常数;

输出单元, 用于获得输出数据。

14、根据权利要求 13 所述的装置, 其特征在于, 还包括:

10 固定旋转补偿单元, 用于利用固定旋转补偿因子进行固定旋转补偿处理。

15、根据权利要求 14 所述的装置, 其特征在于, 所述固定旋转补偿单元用于进行至少一次固定旋转补偿, 所述至少一次固定旋转补偿的旋转补偿因子的乘积为 W_{8L}^{-3} 。

16、根据权利要求 14 所述的装置, 其特征在于, 所述固定旋转补偿单元用于进行至少一次固定旋转补偿, 所述至少一次固定旋转补偿的旋转补偿因子为乘积为 W_{8L}^{-3} 的至少一个因子的一阶泰勒级数展开值。

17、根据权利要求 14 所述的装置, 其特征在于, 所述 a 和 b 的乘积等于 $\frac{\sqrt[3]{2}}{\sqrt[3]{L}}$ 。

18、一种时域到频域的信号处理装置, 其特征在于, 包括:

预处理单元, 用于对时域数据进行预处理, 得到预处理后的数据;

20 预旋转单元, 用于使用旋转因子 $a \cdot W_N^{n+0.5}$ 对所述预处理后的数据进行预旋转处理;

变换单元, 用于对所述预旋转处理后的数据进行 $N/4$ 点的快速傅里叶变换;

25 后旋转单元, 用于使用旋转因子 $b \cdot W_N^{k+0.5}$ 对所述离散傅里叶变换后的数据进行后旋转处理, 获得频域数据; 其中, 还包括:

固定补偿单元, 用于利用固定旋转补偿因子进行固定旋转补偿处理; 所述

a 、 b 为常数, 所述 N 为时域数据长度, 所述 $W_N = e^{-j\frac{2\pi}{N}}$ 。

19、根据权利要求 18 所述的装置, 其特征在于, 所述固定旋转补偿单元

用于进行至少一次固定旋转补偿,所述至少一次固定旋转补偿的旋转补偿因子的乘积为 $W_N^{-0.75}$ 。

20、根据权利要求 18 所述的装置,其特征在于,所述固定旋转补偿单元用于进行至少一次固定旋转补偿,所述至少一次固定旋转补偿的旋转补偿因子为乘积为 $W_N^{-0.75}$ 的至少一个因子的一阶泰勒级数展开值。

21、一种频域到时域的信号处理装置,其特征在于,包括:

重组单元,用于对频域数据进行重组,得到重组后的数据;

预旋转单元,用于使用旋转因子 $c \cdot W_N^{k+0.5}$ 对所述重组后的数据进行预旋转处理;

10 变换单元,对所述预旋转处理后的数据进行 $N/4$ 点的快速傅里叶变换;

后旋转单元,使用旋转因子 $d \cdot W_N^{n+0.5}$ 对所述快速傅里叶变换后的数据进行后旋转处理;其中,还包括:

固定补偿单元,用于利用固定旋转补偿因子进行固定旋转补偿处理;所述

c 、 d 为常数,所述 N 为两倍的频域数据长度,所述 $W_N = e^{-j\frac{2\pi}{N}}$ 。

15 22、根据权利要求 21 所述的装置,其特征在于,所述固定旋转补偿单元用于进行至少一次固定旋转补偿,所述至少一次固定旋转补偿的旋转补偿因子的乘积为 $W_N^{-0.75}$ 。

23、根据权利要求 21 所述的装置,其特征在于,所述固定旋转补偿单元用于进行至少一次固定旋转补偿,所述至少一次固定旋转补偿的旋转补偿因子

20 为乘积为 $W_N^{-0.75}$ 的至少一个因子的一阶泰勒级数展开值。

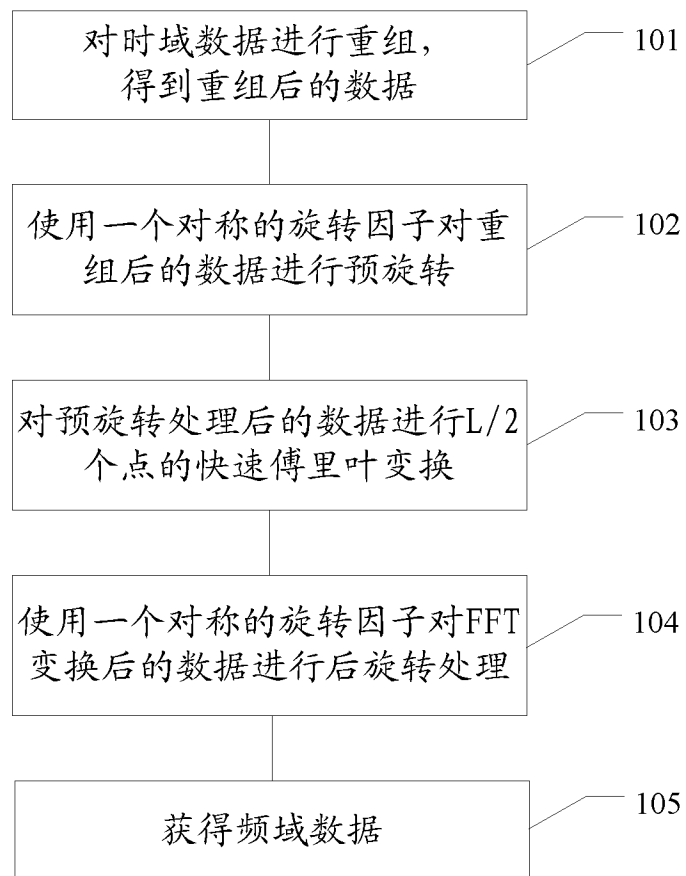


图 1

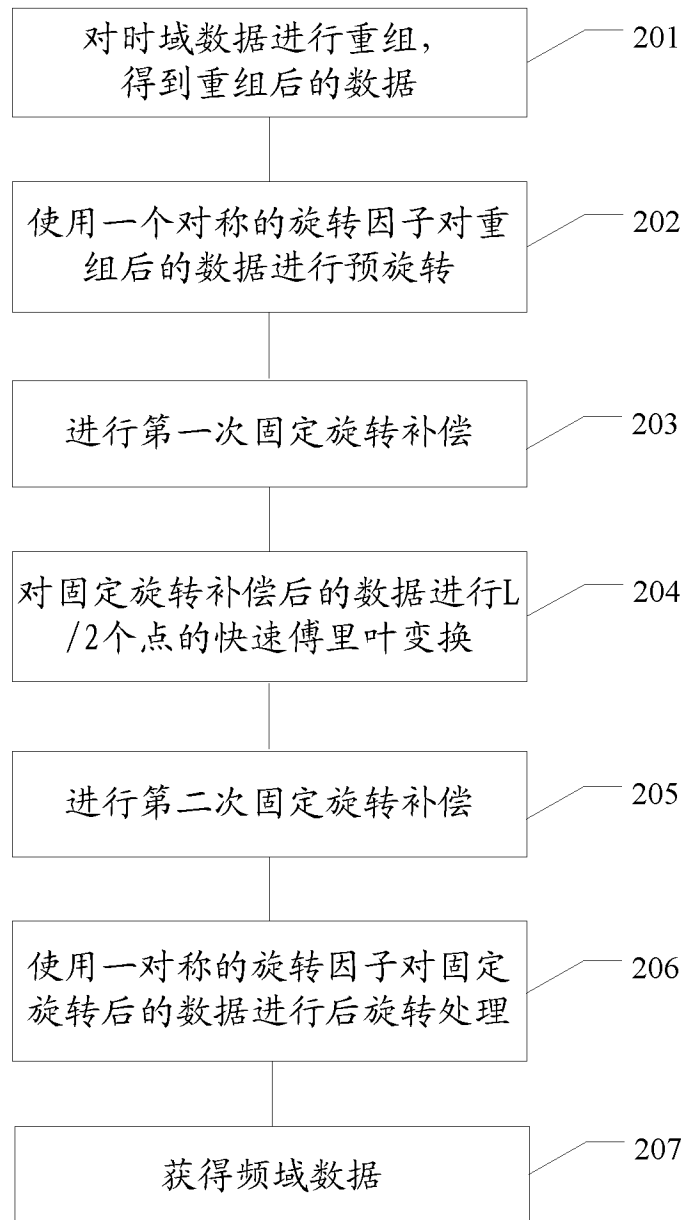


图 2

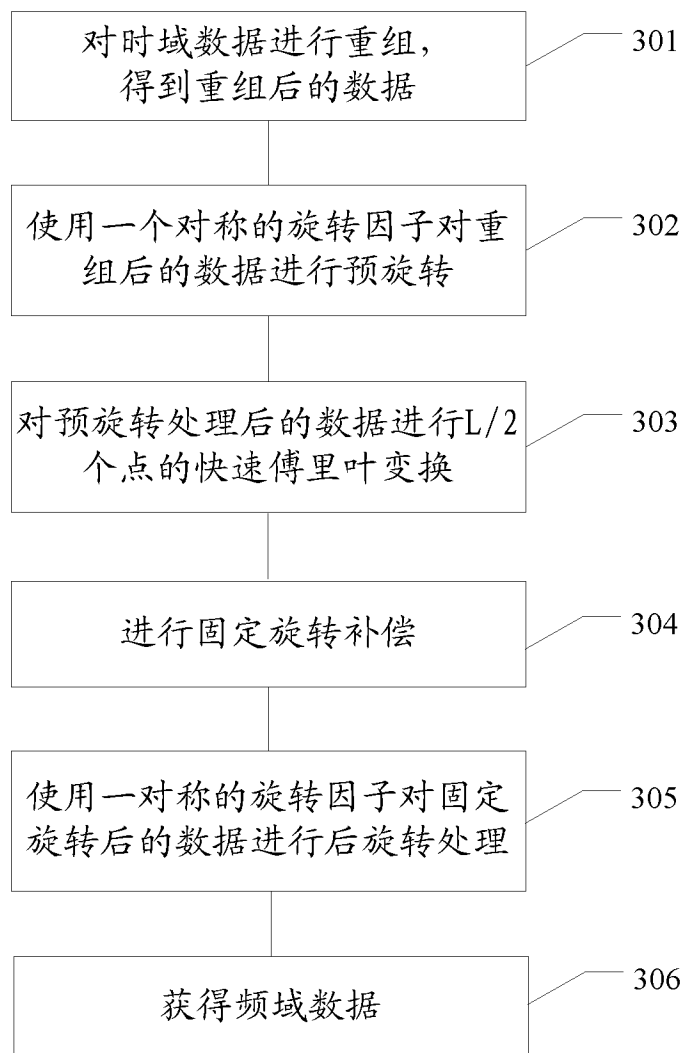


图 3

—4/8—

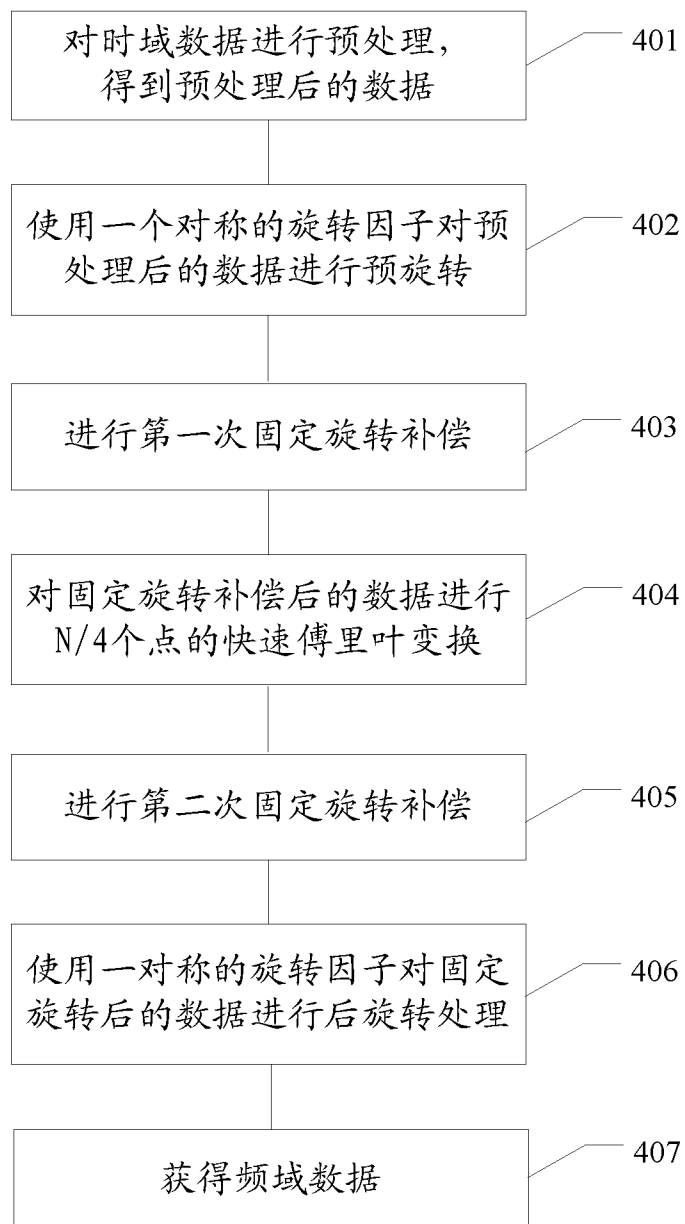


图 4

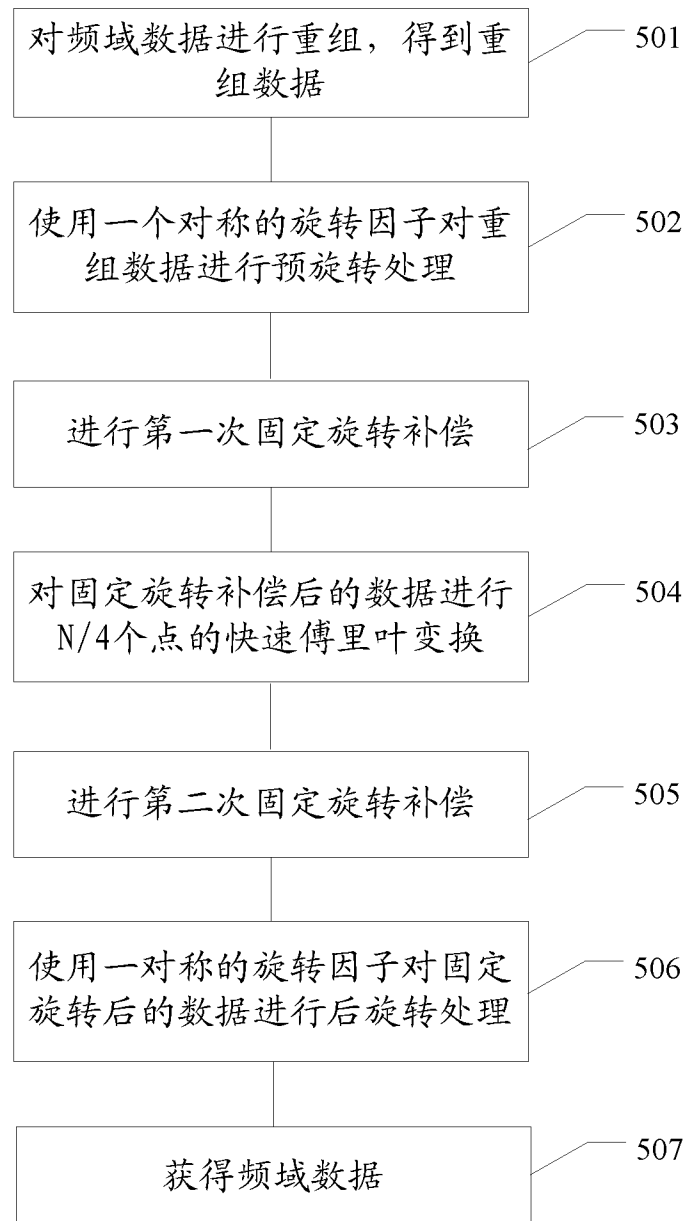


图 5

—6/8—

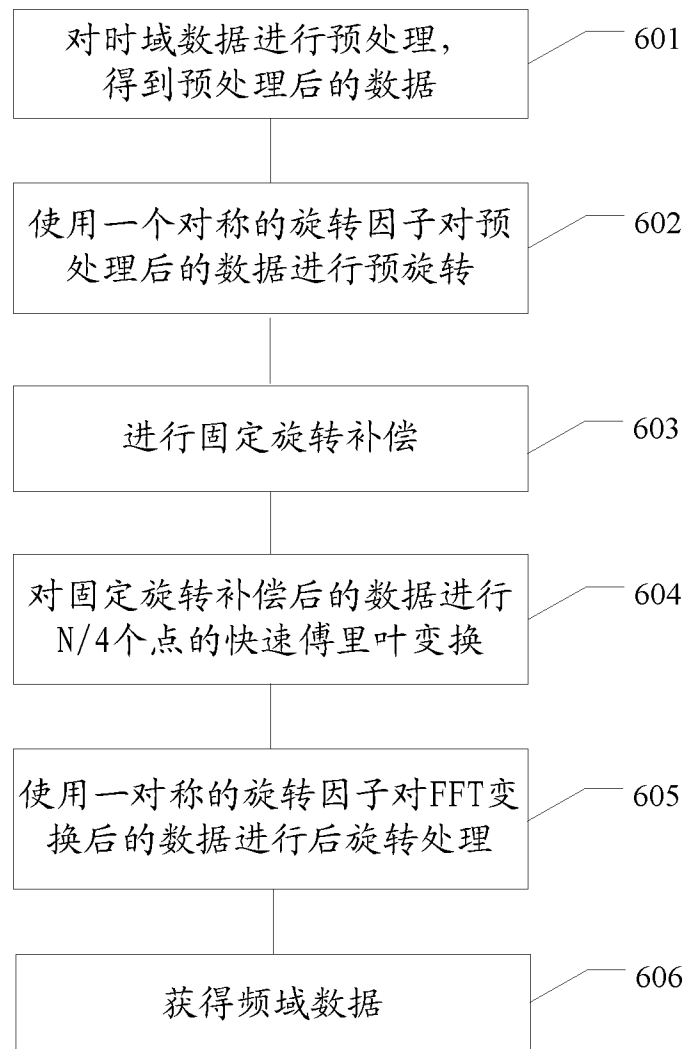


图 6

— 7/8 —

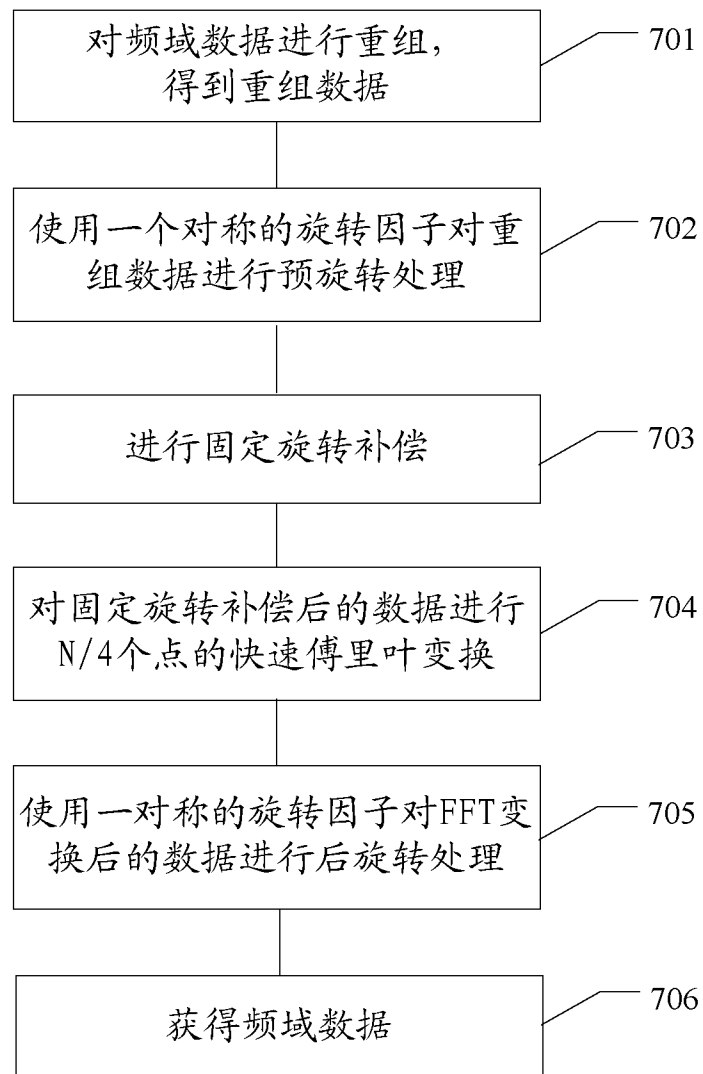


图 7

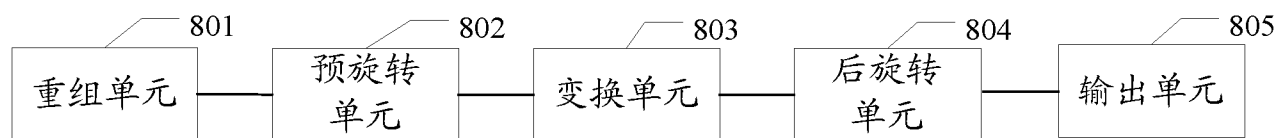


图 8

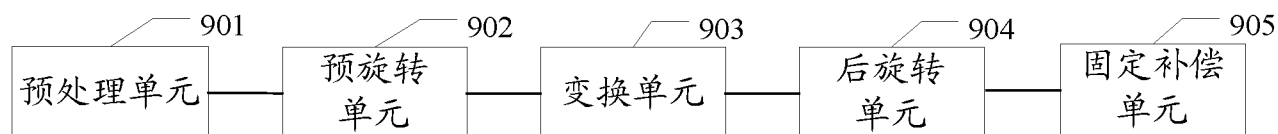


图 9

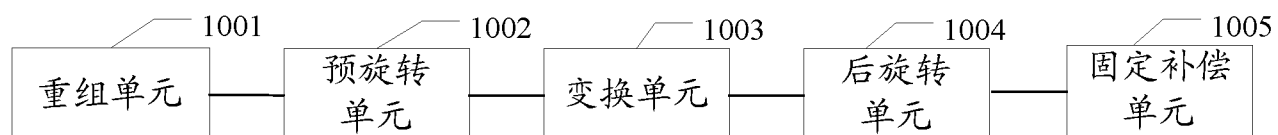


图 10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2011/085197

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

See the extra sheet

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC: G06F, G10L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

VEN, CNABS, CNKI: transform domain, code, data, compress, time domain, frequency domain, rotate, operator, factor, Frequency, time, domain, transform+, speak, voice, audio?, sound, FFT, IFFT, DFT, window, function

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CN 101930425 A (HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD.), 29 December 2010 (29.12.2010), claims 1-14, description, pages 3-6, 9-15 and 20-23, and figures 1-9	1, 5, 9, 13
A		2-4, 6-8, 10-12, 14-23
Y	CN 101582264 A (AAC TECHNOLOGIES HOLDINGS (SHENZHEN) INC. et al.), 18 November 2009 (18.11.2009), description, pages 1-8, abstract, and figure 1	1, 13
A		2-12, 14-23
Y	CN 101202043 A (TSINGHUA UNIVERSITY), 18 June 2008 (18.06.2008), description, pages 8-15, and figures 2-4 and 11-12	1, 13
A		2-12, 14-23
A	WO 2010/028440 A1 (COOP. RES. CENT. ADVANCED AUTOMOTIVE TECHNO.), 18 March 2010 (18.03.2010), the whole document	1-23
A	CN 101354700 A (PANOVASIC TECHNOLOGY CO., LTD.), 18 January 2009 (28.01.2009), the whole document	1-23
A	CN 101521649 A (LV, Zhengde), 02 September 2009 (02.09.2009), the whole document	1-23

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 30 March 2012 (30.03.2012)	Date of mailing of the international search report 12 April 2012 (12.04.2012)
Name and mailing address of the ISA/CN: State Intellectual Property Office of the P. R. China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing 100088, China Facsimile No.: (86-10) 62019451	Authorized officer ZHANG, Yaling Telephone No.: (86-10) 62085722

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2011/085197

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 101930425 A	29.12.2010	EP 2290938 A1	02.03.2011
		US 2011185001 A1	28.07.2011
		US 2011090993 A1	21.04.2011
		KR 2011131224 A	06.12.2011
		WO 2010148743 A1	29.12.2010
CN 101582264 A	18.11.2009	None	
CN 101202043 A	18.06.2008	CN 101202043 B	15.06.2011
WO 2010/028440 A1	18.03.2010	CN 102209962 A	05.10.2011
		AU 2009291506 A1	18.03.2010
		JP 2012502379 A	26.01.2012
		EP 2332072 A1	15.06.2011
		KR 20110081971 A	15.07.2011
CN 101354700 A	28.01.2009	CN 101354700 B	11.08.2010
CN 101521649 A	02.09.2009	None	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2011/085197

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G06F 17/14 (2006.01) i

G10L 19/00 (2006.01) i

G10L 21/00 (2006.01) i

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2011/085197

A. 主题的分类

见附加页

按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和 IPC 两种分类

B. 检索领域

检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)

IPC: G06F, G10L

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用))

VEN,CNABS,CNKI: 变换域,语音,编码,数据,压缩,时域,频域,FFT,快速傅立叶变换,旋转,算子,因子,Frequency,time,domain,transform+,speak,voice,audio?,sound,FFT,IFFT,DFT>window,function

C. 相关文件

类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
X	CN101930425A(华为技术有限公司),29.12 月 2010(29.12.2010), 权利要求 1-14, 说明书 3-6、9-15、20-23 页, 附图 1-9	1,5,9,13
A		2-4,6-8,10-12,14-23
Y	CN101582264A(瑞声声学科技(深圳)有限公司 等),18.11 月 2009(18.11.2009), 说明书 1-8 页, 摘要, 附图 1	1,13
A		2-12,14-23
Y	CN101202043A(清华大学),18.6 月 2008(18.06.2008), 说明书第 8-15 页, 图 2-4、11-12	1,13
A		2-12,14-23
A	WO2010/028440A1(COOP. RES. CENT. ADVANCED AUTOMOTIVE TECHNO.),18.3 月 2010(18.03.2010),全文	1-23
A	CN101354700A(四川虹微技术有限公司),18.1 月 2009(28.01.2009),全文	1-23
A	CN101521649A(吕正德),02.9 月 2009(02.09.2009),全文	1-23



其余文件在 C 栏的续页中列出。



见同族专利附件。

* 引用文件的具体类型:

“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的)

“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件

“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件

“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性

“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性

“&” 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期

30.3 月 2012(30.03.2012)

国际检索报告邮寄日期

12.4 月 2012 (12.04.2012)

ISA/CN 的名称和邮寄地址:

中华人民共和国国家知识产权局

中国北京市海淀区蓟门桥西土城路 6 号 100088

传真号: (86-10)62019451

授权官员

张亚玲

电话号码: (86-10) 62085722

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2011/085197

检索报告中引用的 专利文件	公布日期	同族专利	公布日期
CN101930425A	29.12.2010	EP2290938 A1	02.03.2011
		US2011185001 A1	28.07.2011
		US2011090993 A1	21.04.2011
		KR2011131224 A	06.12.2011
		WO2010148743 A1	29.12.2010
CN101582264A	18.11.2009	无	
CN101202043A	18.06.2008	CN101202043B	15.06.2011
WO2010/028440A1	18.03.2010	CN102209962 A	05.10.2011
		AU2009291506 A1	18.03.2010
		JP2012502379A	26.01.2012
		EP2332072 A1	15.06.2011
		KR20110081971 A	15.07.2011
CN101354700A	28.01.2009	CN101354700B	11.08.2010
CN101521649A	02.09.2009	无	

A. 主题的分类

G06F 17/14(2006.01)i

G10L 19/00(2006.01)i

G10L 21/00(2006.01)i