



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 112564713 B

(45) 授权公告日 2023. 09. 19

(21) 申请号 202011368867.4

(22) 申请日 2020.11.30

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 112564713 A

(43) 申请公布日 2021.03.26

(73) 专利权人 福州大学
地址 350108 福建省福州市闽侯县福州大学城乌龙江北大道2号福州大学

(72) 发明人 赵铁松 曾超洋 乔杨璐 房颖 徐艺文

(74) 专利代理机构 福州元创专利商标代理有限公司 35100
专利代理师 丘鸿超 蔡学俊

(51) Int. Cl.
H03M 13/00 (2006.01)

(56) 对比文件
CN 1656690 A, 2005.08.17
CN 1195930 A, 1998.10.14
CN 1198613 A, 1998.11.11

CN 101443842 A, 2009.05.27

CN 111835364 A, 2020.10.27

CN 101267563 A, 2008.09.17

KR 19980075637 A, 1998.11.16

US 5706002 A, 1998.01.06

US 2005114126 A1, 2005.05.26

JP 2001258029 A, 2001.09.21

US 2008008395 A1, 2008.01.10

JP 2002044662 A, 2002.02.08

US 2002076115 A1, 2002.06.20

KR 20040063650 A, 2004.07.14

张维纬. 中国博士学位论文全文数据库. 2013, (01), 1-100.
Shih-Hsuan Yang, Po-Feng Ch. Error Resilience and Error Concealment for Embedded Wavelet Coders .Error Resilience and Error Concealment for Embedded Wavelet Coders .2015, 1-7.

尹明亮, 方 勇. 转置容错熵编码. 计算机工程与设计. 2014, 第35卷(第12期), 4264-4269.

审查员 许晓燕

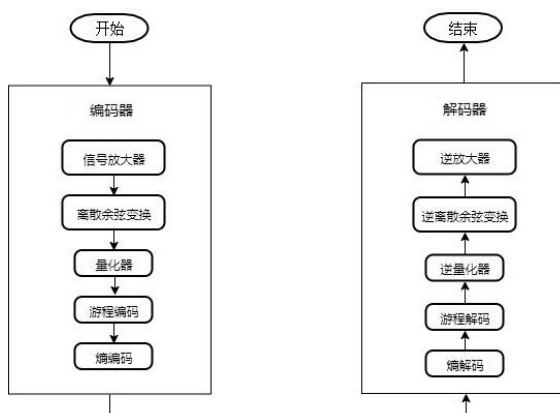
权利要求书2页 说明书9页 附图6页

(54) 发明名称

高效率低时延的动觉信号编解码器及编解码方法

(57) 摘要

本发明提出一种高效率低时延的动觉信号编解码器及编解码方法, 编码器由信号放大器、离散余弦变换模块、量化器、游程编码模块和熵编码器组成; 解码器由熵解码器、游程解码模块、逆量化器、逆离散余弦变换模块和逆放大器组成。其提出的高效率低时延的动觉信号编解码器设计, 相比与现有的先进的触感编码方法, 压缩率方面相比于基于死区的触感编码标准算法平均降低50%, 同时失真度和时延都更小。



1. 一种高效率低时延的动觉信号编解码器,其特征在于:编码器由信号放大器、离散余弦变换DCT模块、量化器、游程编码模块和熵编码器组成;解码器由熵解码器、游程解码模块、逆量化器、逆离散余弦变换IDCT模块和逆放大器组成;

所述信号放大器的公式如下所示:

$$S'_{ori}(i) = S_{ori}(i)M,$$

其中 S_{ori} 代表信号放大器的输入, S'_{ori} 代表信号放大器的输出, M 代表信号的放大倍数;

所述离散余弦变换DCT模块采用1维离散余弦变换算法,将信号进行时间域到频率域的变换获得直流系数DC和交流系数AC;当前直流系数DC由前一个编码序列直流系数DC预测获得,取两者差值用于进行量化操作,对交流系数AC直接取当前值用于进行量化操作;

其中,所述采用1维离散余弦变换算法,将信号进行时间域到频率域的变换,如下所示:

$$\left\{ \begin{array}{l} F(u) = C(u) \sqrt{\frac{2}{N}} \sum_{x=0}^{N-1} f(x) \cos \frac{(2x+1)u\pi}{2N}, (u, x = 0, \dots, N-1); \\ C(u) = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{2}} & u = 0 \\ 1 & \text{其他} \end{cases}; \end{array} \right.$$

所述量化器的公式如下所示:

量化值 = DCT系数 / Q;

其中, Q 为量化参数;

所述游程编码模块对于量化后的交流系数AC进行游程编码,表示为:AC (Run, Bits, Value),其中Run代表两个最邻近的非零值交流系数AC之间的零值交流系数AC的个数,即游程长度,Bits代表存储Value所需比特位数;Value代表当前非零值交流系数AC的幅度值或直流系数DC的幅度值;

输出直流系数DC为:DC (Bits, Value);

所述熵编码器采用算术编码,其中Run和Bits均采用4个比特固定长度进行算术编码,Value采用变长算术编码;

所述熵解码器采用算术编码的逆算法,其中Run和Bits都用4个比特固定长度执行算术编码的逆算法,Value采用变长算术编码的逆算法;

所述游程解码模块将中间状态的 (Bits, Value) 还原为Value,并执行进行游程编码的逆算法;

所述逆量化器的公式如下所示:

DCT系数 = 量化值 × Q;

所述逆离散余弦变换DCT模块采用1维离散余弦反变换算法;

所述逆放大器的公式如下所示:

$$S_{rec}(i) = \frac{S'_{rec}(i)}{M};$$

其中 S'_{rec} 代表逆放大器的输入, S_{rec} 代表逆放大器的输出;

所述编码器对动觉信号的采样频率为1000HZ,每组编码序列取8个采样点,每个采样点取值保留6位小数;所述动觉信号为位置信号或力信号。

2. 根据权利要求1所述的高效率低时延的动觉信号编解码器,其特征在于:

在信号放大器中,位置信号放大倍数 M_p 取值为200,力信号放大倍数 M_f 取值为50;

在所述离散余弦变换DCT模块中,1维离散余弦变换算法的时域采样点个数 $N=8$,获得的第一个DCT系数为直流系数DC,后七个DCT系数为交流系数AC;

所述量化参数 $Q=(4,4,16,32,48,64,80,96)$ 。

3. 根据权利要求1所述的高效率低时延的动觉信号编解码器,其特征在于:通过动觉信号特性确定编码参数,通过用户感知阈值确定编码时延。

4. 一种基于权利要求1的高效率低时延的动觉信号编解码器的编解码方法,其特征在于:包括编码过程和解码过程;

所述编码过程包括以下步骤:

步骤A1:对动觉信号进行采样,并通过信号放大器对采样获得的信号进行放大;

步骤A2:采用1维离散余弦变换算法,将信号进行时域到频域的变换,获得直流系数DC和交流系数AC;

步骤A3:对步骤A2变换后的输出值进行量化处理;

步骤A4:对于量化后的交流系数AC进行游程编码,表示为:AC(Run, Bits, Value),其中Run代表两个最邻近的非零值AC系数之间的零值AC系数的个数,即游程长度,Bits代表存储Value所需比特位数;Value代表当前非零值AC系数的幅度值或DC系数的幅度值;

输出直流系数DC为:DC(Bits, Value);

步骤A5:采用熵编码器进行算术编码,其中Run和Bits采用4个比特固定长度进行算术编码,Value采用变长算术编码;

所述解码过程包括以下步骤:

步骤B1:采用算术编码的逆算法对编码获得的信息进行熵解码;

步骤B2:将中间状态的(Bits, Value)还原为Value,并执行进行游程编码的逆算法;

步骤B3:采用逆量化器对信号进行逆量化处理;

步骤B4:采用1维离散余弦反变换算法,将信号从频域变换到时域;

步骤B5:采用逆放大器对信号进行重建。

5. 根据权利要求4所述的编解码方法,其特征在于:对动觉信号的采样频率为1000HZ,每组编码序列取8个采样点,每个采样点取值保留6位小数;所述动觉信号为位置信号或力信号;在信号放大器中,位置信号放大倍数 M_p 取值为200,力信号放大倍数 M_f 取值为50;在所述离散余弦变换DCT模块中,1维离散余弦变换算法的时域采样点个数 $N=8$,获得的第一个DCT系数为直流系数DC,后七个DCT系数为交流系数AC;在量化处理和逆量化处理中,量化参数 $Q=(4,4,16,32,48,64,80,96)$ 。

高效率低时延的动觉信号编解码器及编解码方法

技术领域

[0001] 本发明属于触感信号编码技术领域,尤其涉及一种高效率低时延的动觉信号编解码器及编解码方法。

背景技术

[0002] 音视频是常见的多媒体交互内容,作用于人类的多种生理感官。但是多媒体的范围,不只局限于听觉和视觉。大部分用户更喜欢音频、视频和触感相融合的多媒体交互内容。因为更多感官维度的刺激,比如触觉,可以构建沉浸式的体验。此外,研究表明,视觉和触觉之间存在着相关性,触觉模式对听觉和视觉媒体感知存在着影响。

[0003] 随着多媒体服务的发展,触觉信号逐渐成为多媒体不可忽视的载体之一。动觉(Kinesthetic)是触觉信号的两个主要组成部分之一。位置、速度、角速度、力和扭矩都属于动觉信号的范畴。这些信息通过作用于人类的触觉感官,可以帮助用户判断物体的粘度,硬度和惯性。

[0004] 当前动觉信号具有采样频率高,自由度多的统计特点。高采样率是保证触感设备控制回路性能和稳定的必要条件,也是显著增强触感系统现实感的客观需要。动觉信号的采样率通常高于1000Hz。触感设备目前常见的是三自由度。随着多媒体技术的迅猛发展,触感设备很容易发展出更多自由度,并且传输更大的数据量。为了方便进行触感信号的数据传输,避免网络拥塞,触感编码技术就显得非常重要。目前触觉感知信号的研究,没有达到视觉和听觉相同的高质量的水平。特别是触感信号的编解码问题尚待进一步研究。

发明内容

[0005] 为了填补现有技术的空白,介于触感编码方法的建立需要考虑不同的影响因素,本发明创造性地提出一种高效率、低时延、感知无损的触觉编码方法。高效率保证更好的率失真R-D性能,对应指标量为压缩率,即“编码后的触感信号比特数”除以“编码前的触感信号比特数”的值,及信噪比SNR。低时延保证较低的编码延迟,对应指标量是缓冲时延和计算时延。感知无损意味着允许有损,但是用户感知不到,对应指标量是触感结构相似性HSSIM。

[0006] 本发明具体采用以下技术方案:

[0007] 一种高效率低时延的动觉信号编解码器,其特征在于:编码器由信号放大器、离散余弦变换模块、量化器、游程编码模块和熵编码器组成;解码器由熵解码器、游程解码模块、逆量化器、逆离散余弦变换模块和逆放大器组成。

[0008] 优选地,所述信号放大器的公式如下所示:

$$[0009] S'_{ori}(i) = S_{ori}(i)M,$$

[0010] 其中 S_{ori} 代表信号放大器的输入, S'_{ori} 代表信号放大器的输出, M 代表信号的放大倍数;

[0011] 所述离散余弦变换模块采用1维离散余弦变换算法,将信号进行时间域到频率域的变换获得直流系数和交流系数;当前直流系数由前一个编码序列直流系数预测获得,取

两者差值用于进行量化操作,对交流系数直接取当前值用于进行量化操作;

[0012] 所述量化器的公式如下所示:

[0013] 量化值=DCT系数/Q;

[0014] 其中,Q为量化参数;

[0015] 所述游程编码模块对于量化后的交流系数AC进行游程编码,表示为:AC (Run, Bits, Value),其中Run代表两个最邻近的非零值AC系数之间的零值AC系数的个数,即游程长度,Bits代表存储Value所需比特位数;Value代表当前非零值AC系数的幅度值或DC系数的幅度值;

[0016] 输出直流系数DC为:DC (Bits, Value);

[0017] 所述熵编码器采用算术编码,其中Run和Bits采用4个比特固定长度进行算术编码,Value采用变长算术编码;

[0018] 所述熵解码器采用算术编码的逆算法,其中Run和Bits都用4个比特固定长度执行算术编码的逆算法,Value采用变长算术编码的逆算法;

[0019] 所述游程解码模块将中间状态的 (Bits, Value) 还原为Value,并执行进行游程编码的逆算法;

[0020] 所述逆量化器的公式如下所示:

[0021] DCT系数=量化值×Q;

[0022] 所述逆离散余弦变换模块采用1维离散余弦反变换算法;

[0023] 所述逆放大器的公式如下所示:

$$[0024] \quad S_{rec}(i) = \frac{S'_{rec}(i)}{M};$$

[0025] 其中 S'_{rec} 代表逆放大器的输入, S_{rec} 代表逆放大器的输出。

[0026] 优选地,所述编码器对动觉信号的采样频率为1000HZ,每组编码序列取8个采样点,每个采样点取值保留6位小数;所述动觉信号为位置信号或力信号。

[0027] 优选地,在信号放大器中,位置信号放大倍数 M_p 取值为200,力信号放大倍数 M_f 取值为50;

[0028] 在所述离散余弦变换模块中,1维离散余弦变换算法的时域采样点个数 $N=8$,获得的第一个DCT系数为直流系数,后七个DCT系数为交流系数;

[0029] 所述量化参数 $Q=(4, 4, 16, 32, 48, 64, 80, 96)$ 。

[0030] 优选地,通过动觉信号特性确定编码参数,通过用户感知阈值确定编码时延。

[0031] 以及,一种高效率低时延的动觉信号编解码方法,其特征在于:包括编码过程和解码过程;

[0032] 所述编码过程包括以下步骤:

[0033] 步骤A1:对动觉信号进行采样,并通过信号放大器对采样获得的信号进行放大;

[0034] 步骤A2:采用1维离散余弦变换算法,将信号进行时域到频域的变换,获得直流系数和交流系数;

[0035] 步骤A3:对步骤A2变换后的输出值进行量化处理;

[0036] 步骤A4:对于量化后的交流系数AC进行游程编码,表示为:AC (Run, Bits, Value),其中Run代表两个最邻近的非零值AC系数之间的零值AC系数的个数,即游程长度,Bits代表

存储Value所需比特位数;Value代表当前非零值AC系数的幅度值或DC系数的幅度值;

[0037] 输出直流系数DC为:DC(Bits,Value);

[0038] 步骤A5:采用熵编码器进行算术编码,其中Run和Bits采用4个比特固定长度进行算术编码,Value采用变长算术编码;

[0039] 所述解码过程包括以下步骤:

[0040] 步骤B1:采用算术编码的逆算法对编码获得的信息进行熵解码;

[0041] 步骤B2:将中间状态的(Bits,Value)还原为Value,并执行进行游程编码的逆算法;

[0042] 步骤B3:采用逆量化器对信号进行逆量化处理;

[0043] 步骤B4:采用1维离散余弦反变换算法,将信号从频域变换到时域;

[0044] 步骤B5:采用逆放大器对信号进行重建。

[0045] 优选地,对动觉信号的采样频率为1000HZ,每组编码序列取8个采样点,每个采样点取值保留6位小数;所述动觉信号为位置信号或力信号;在信号放大器中,位置信号放大倍数 M_p 取值为200,力信号放大倍数 M_f 取值为50;在所述离散余弦变换模块中,1维离散余弦变换算法的时域采样点个数 $N=8$,获得的第一个DCT系数为直流系数,后七个DCT系数为交流系数;在量化处理和逆量化处理中,量化参数 $Q=(4,4,16,32,48,64,80,96)$ 。

[0046] 与现有技术相比,本发明及其优选方案有以下有益效果:

[0047] 1、本发明首次提出端到端的触感编码方法。触觉信号的统计特性,为提出的编解码器提供理论依据。基于这些特性,重新设计并优化获得端到端的触感编码方法。

[0048] 2、本发明首次实现触感编码的高效率、低延时及感知无损。高效率保证更好的率失真R-D性能,对应指标量为压缩率,即“编码后的触感信号比特数”除以“编码前的触感信号比特数”的值,以及信噪比SNR。低时延保证较低的编码延迟,对应指标量是缓冲时延和计算时延。感知无损意味着允许有损,但是用户感知不到,对应指标量是触感结构相似性HSSIM。

[0049] 3、本发明提出的高效率低时延的动觉信号编解码器设计,相比与现有的先进的触感编码方法,压缩率方面相比于基于死区的触感编码标准算法平均降低50%,同时失真度和时延都更小。

附图说明

[0050] 下面结合附图和具体实施方式对本发明进一步详细的说明:

[0051] 图1为本发明实施例编解码器结构及工作流程示意图;

[0052] 图2为本发明实施例触感动觉信号编码器结构示意图;

[0053] 图3为本发明实施例触感动觉信号解码器结构示意图;

[0054] 图4为本发明实施例源序列与解码后序列的对比示意图;

[0055] 图5为本发明实施例源触感测试序列位置信号取值范围(节选)示意图;

[0056] 图6为本发明实施例源触感测试序列力信号取值范围(节选)示意图;

[0057] 图7为本发明实施例位置信号与力信号的压缩率-SNR示意图;

[0058] 图8为本发明实施例位置信号与力信号的压缩率-HSSIM示意图。

具体实施方式

[0059] 为让本发明的特征和优点能更明显易懂,下文特举实施例,作详细说明如下:

[0060] 如图1所示,本实施提供了一种高效率低时延的动觉信号编解码器及编解码方法,由编码器和解码器构成:

[0061] 其中,编码器的模块分为信号放大器、离散余弦变换(DCT)、量化器、游程编码和熵编码。信号经过各模块生成码流如图2所示。

[0062] 解码器的模块分为熵解码、游程解码、逆量化器、逆离散余弦变换(IDCT)和逆放大器。

[0063] 本实施例对编解码器采用三种评价指标,分别为高效率、低时延和感知无损。

[0064] 具体地,如图2所示,编码器的工作流程如下:

[0065] 步骤a1:对于动觉(Kinesthetic)信号,采样频率是1000HZ,每组编码序列取8个采样点,每个采样点取值保留6位小数。本实施例采用的动觉信号是位置信号或者力信号。这两种动觉信号幅度值范围较小,直接进行编解码将导致较大失真。为解决该问题,本实施例引入信号放大器。信号放大器的公式如(1)所示:

$$[0066] \quad S'_{ori}(i) = S_{ori}(i)M, (I)$$

[0067] 其中 S_{ori} 代表信号放大器的输入,即原信号, S'_{ori} 代表信号放大器的输出, M 代表信号的放大倍数,本实施例中,位置信号放大倍数 M_p 取值200,力信号放大倍数 M_f 取值50。

[0068] 步骤a2:将信号进行时间域到频率域的变换,频率域上信号大部分能量集中在少量的频率上。本实施例的时频域变换采用1维离散余弦变换(DCT)算法,公式如(2)所示,其中时域采样点个数 $N=8$:

$$[0069] \quad F(u) = C(u) \sqrt{\frac{2}{N}} \sum_{x=0}^{N-1} f(x) \cos \frac{(2x+1)u\pi}{2N}, (u, x = 0, \dots, N-1), (2)$$

$$[0070] \quad C(u) = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{2}} & u = 0 \\ 1 & \text{其他} \end{cases} (3)$$

[0071] 经过DCT变换,获得的第一个DCT系数称为直流系数(即DC系数),后七个DCT系数称为交流系数(即AC系数)。当前直流系数是由前一个编码序列直流系数预测得来,取两者差值用于后续量化操作。交流系数不进行预测,直接取当前值进行量化操作。

[0072] 步骤a3:对DCT变换输出值进行量化,在较小的失真情况下保持较高的压缩率。本实施例量化器的公式如(4)所示:

$$[0073] \quad \text{量化值} = \text{DCT系数}/Q, (4)$$

[0074] 其中量化参数 $Q=(4, 4, 16, 32, 48, 64, 80, 96)$ 。

[0075] 步骤a4:对于量化后的交流系数AC进行游程编码,游程编码的主要思想是将一个相同值的连续串用串长和一个代表值来代替。因此适用于交流系数AC具有连续的0值的情况,可表示为:(Run, Value),其中Run代表两个最邻近的非零值AC系数之间的零值AC系数的个数,即游程长度,Value代表当前非零值AC系数的幅度值。

[0076] 为了将编码序列表示为比特流,并且解码时能够识别Value的编码长度,需要把Value改写成中间状态(或者过渡状态),公式如(5)所示:

$$[0077] \quad \text{Value} = (\text{Bits}, \text{Value}), (5)$$

[0078] 其中Bits代表存储Value所需比特位数。输出DC系数与AC系数的形式分别为:DC (Bits,Value) 和AC(Run,Bits,Value)。

[0079] 步骤a5:为了兼顾压缩率和时延两项指标,本实施例熵编码器采用算术编码,其中Run和Bits采用4个比特固定长度进行算术编码,Value采用变长算术编码。以DC (0,0) 和AC (0,1,-1) 为例进行十进制到二进制的转换。对于DC (0,0), 第一个0编码为0000, 第二个0则不需要编码,直接为‘空’;对于AC (0,1,-1), 第一个0编码为0000, 第二个1编码为0001, 第三个-1编码为0。二进制DC系数与二进制AC系数整合得到编码器输出码流:0000000000010。

[0080] 具体地,如图3所示,解码器的工作流程如下:

[0081] 步骤b1:熵解码采用算术编码的逆算法,其中Run和Bits都用4个比特固定长度进行算术编码的逆算法,Value用变长算术编码的逆算法。

[0082] 步骤b2:把中间状态还原,公式如(6)所示,:

$$[0083] \quad (\text{Bits}, \text{Value}) = \text{Value}, \quad (6)$$

[0084] 其中Bits代表存储Value值所需比特数。

[0085] 进行游程编码的逆算法,其形式为(Run,Value),其中Run代表两个相邻的非零值AC系数之间的零值AC系数的个数,Value代表当前非零值AC系数的幅度值。

[0086] 步骤b3:逆量化器的公式如(7)所示:

$$[0087] \quad \text{DCT系数} = \text{量化值} \times Q, \quad (7)$$

[0088] 其中量化参数 $Q = (4, 4, 16, 32, 48, 64, 80, 96)$ 。

[0089] 步骤b4:1维离散余弦反变换IDCT算法公式如(8)所示:

$$[0090] \quad f(x) = \sqrt{\frac{2}{N}} \sum_{u=0}^{N-1} C(u)F(u) \cos \frac{(2x+1)u\pi}{2N}, (u, x = 0, \dots, N-1), \quad (8)$$

[0091] 其中 $N=8$, $C(u)$ 如公式(3)所示。

[0092] 步骤b5:逆放大器的公式如(9)所示:

$$[0093] \quad S_{rec}(i) = \frac{S'_{rec}(i)}{M}, \quad (9)$$

[0094] 其中 S'_{rec} 代表逆放大器的输入, S_{rec} 代表逆放大器的输出,即重建信号, M 代表信号的放大倍数,本实施例中,位置信号放大倍数 M_p 取值200,力信号放大倍数 M_f 取值50。

[0095] 根据以上编解码器及方法的设计,本实施例提供评估和验证如下:

[0096] 步骤c1:高效率对应到客观性能指标是压缩率(η)和失真率。压缩率(η)由公式(10)所示:

$$[0097] \quad \eta = \frac{B_{after}}{B_{before}}, \quad (10)$$

[0098] 其中 B_{after} 指编码后触感信号比特数, B_{before} 指编码前的触感信号比特数。

[0099] 失真率的衡量标准是信噪比SNR,由公式(11)所示:

$$[0100] \quad \text{SNR} = \frac{S}{N}, \quad (11)$$

[0101] 其中, S 指信号功率, N 是噪声功率。

[0102] 步骤c2:低时延对应到客观性能指标是时延。其中,选取编解码算法的缓冲时延和计算时延作为时延的衡量标准。

[0103] 步骤c3:感知无损对应到客观性能指标是结构相似性。其中,触感结构相似性

HSSIM公式参考文献Rania Hassen and Eckehard Steinbach.2018.HSSIM:An objective haptic quality assessment measure for force-feedback signals.In 2018Tenth International Conference on Quality of Multimedia Experience (QoMEX).IEEE,1-6.

[0104] 步骤c4:平衡三种评价指标,即高效率、低时延和感知无损。参照动觉信号特性设计编码参数,参照用户感知阈值设计编码时延,在三种评价指标之间进行权衡,从而实现压缩比和重构质量的均衡,形成最切合应用场景的触感信号编解码器。

[0105] 为对评价指标进行验证,本实施例采用触感测试序列标准数据集,选取IEEE P1918.1.1Haptic Codes Task Group提供标准数据集作为源触感测试序列,共有6段,分别代表不同的触感操作,例如推、拉、拖、拍等,其测试的数据结果如表1-表6所示,并对应图4-图8的各测试结果图。

[0106] 表1

	压缩率							
	位置				力			
	200	300	400	500	50	60	80	100
$M_{P/F}$								
轨迹 1	0.25	0.60	0.87	1.12	0.37	0.45	0.57	0.66
轨迹 2	0.09	0.23	0.39	0.54	0.52	0.68	0.92	1.12
轨迹 3	0.83	1.16	1.38	1.52	2.00	2.14	2.32	2.49
轨迹 4	1.03	1.35	1.63	1.84	1.38	1.46	1.62	1.74
轨迹 5	1.09	1.47	1.77	1.99	0.86	0.92	1.00	1.07
轨迹 6	0.91	1.18	1.36	1.52	1.69	1.80	1.97	2.12
平均值	0.70	1.00	1.24	1.42	1.14	1.24	1.4	1.54

[0108] 表2

	SNR (dB)							
	位置				力			
	200	300	400	500	50	60	80	100
$M_{P/F}$								
轨迹 1	47.69	50.62	52.81	54.47	31.45	32.46	33.81	35.08
轨迹 2	46.68	49.49	51.59	53.18	47.21	48.33	49.92	50.96
轨迹 3	47.06	49.78	51.57	52.72	45.36	45.69	46.05	46.29

[0109]

[0110]	轨迹 4	44.87	47.69	49.61	51.01	38.45	38.86	39.55	40.08
	轨迹 5	44.91	48.02	50.04	51.49	35.07	36.26	37.72	38.79
	轨迹 6	46.80	49.72	51.60	53.00	38.69	39.08	39.57	39.89
	平均值	46.33	49.22	51.20	52.65	39.37	40.11	41.10	41.85

[0111] 表3

	HSSIM				
M_P	200	300	400	500	
[0112]	轨迹 1	0.999928	0.999964	0.999978	0.999985
	轨迹 2	0.999927	0.999962	0.999976	0.999983
	轨迹 3	0.999879	0.999935	0.999957	0.999967
	轨迹 4	0.999912	0.999954	0.999970	0.999978
	轨迹 5	0.999931	0.999967	0.999979	0.999985
	轨迹 6	0.999928	0.999964	0.999977	0.999984
	平均值	0.999918	0.999958	0.999973	0.999980

[0113] 表4

	HSSIM				
M_F	50	60	80	100	
[0114]	轨迹 1	0.999419	0.999553	0.999672	0.999761
	轨迹 2	0.999909	0.999930	0.999953	0.999963
	轨迹 3	0.999919	0.999924	0.999930	0.999934
	轨迹 4	0.999657	0.999681	0.999715	0.999738
	轨迹 5	0.999449	0.999588	0.999716	0.999782
	轨迹 6	0.999644	0.999669	0.999698	0.999715
	平均值	0.999666	0.999724	0.999781	0.999816

[0115] 表5

[0116]	本实施例方法
--------	--------

[0117]	分辨率	1
	缓冲区	8
	最大延迟	7

[0118] 表6

数值	组	实际保存
0	0	-
-1, 1	1	0, 1
-3, -2, 2, 3	2	00, 01, 10, 11
-7, -6, -5, -4, 4, 5, 6, 7	3	000, 001, 010, 100, 101, 110, 111
-15, ..., -8, 8, ..., 15	4	0000, ..., 0111, 1000, ..., 1111
-31, ..., -16, 16, ..., 31	5	00000, ..., 01111, 10000, ..., 11111
-63, ..., -32, 32, ..., 63	6	
-127, ..., -64, 64, ..., 137	7	
-255, ..., -128, 128, ..., 255	8	
-511, ..., -256, 256, ..., 511	9	
-1023, ..., -512, 512, ..., 1023	10	
-2047, ..., -1024, 1024, ..., 2047	11	
-4095, ..., -2048, 2048, ..., 4095	12	

	-8191, ..., -4096, 4096, ..., 8191	13	
[0120]	-16383, ..., -8192, 8192, ..., 16383	14	
	-32767, ..., -16384, 16384, ..., 32767	15	

[0121] 本专利不局限于上述最佳实施方式,任何人在本专利的启示下都可以得出其它各种形式的高效率低时延的动觉信号编解码器及编解码方法,凡依本发明申请专利范围所做的均等变化与修饰,皆应属本专利的涵盖范围。

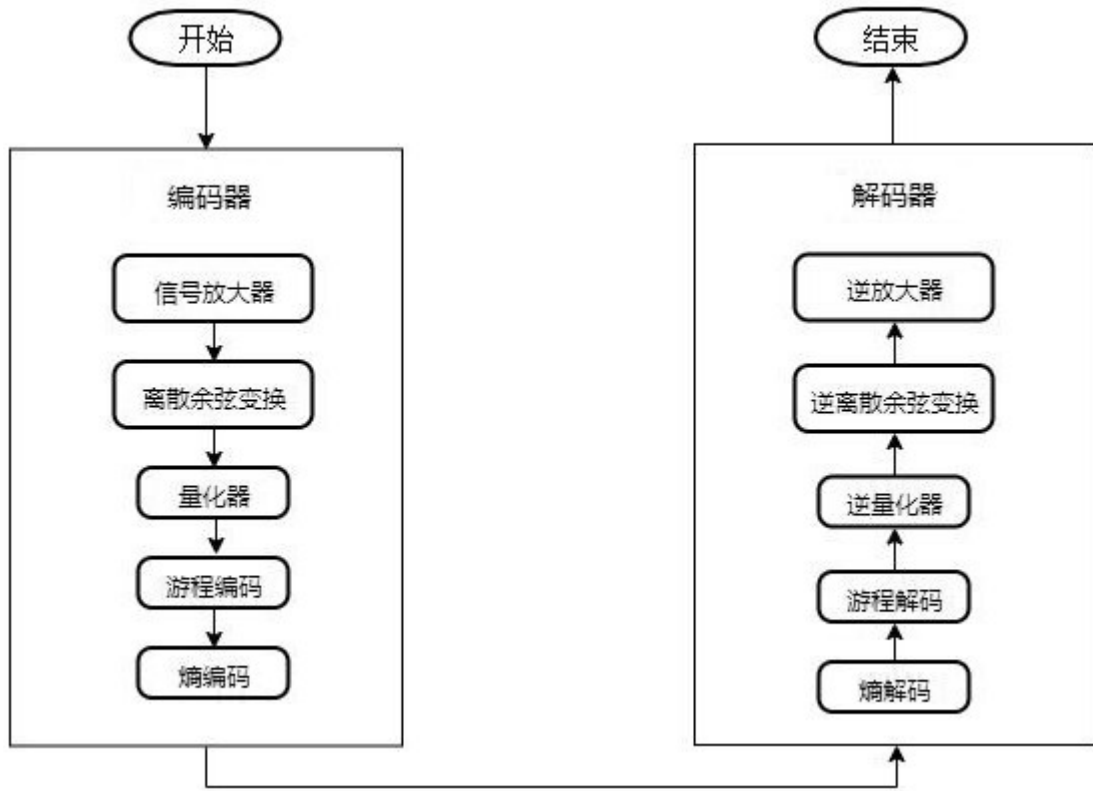


图1

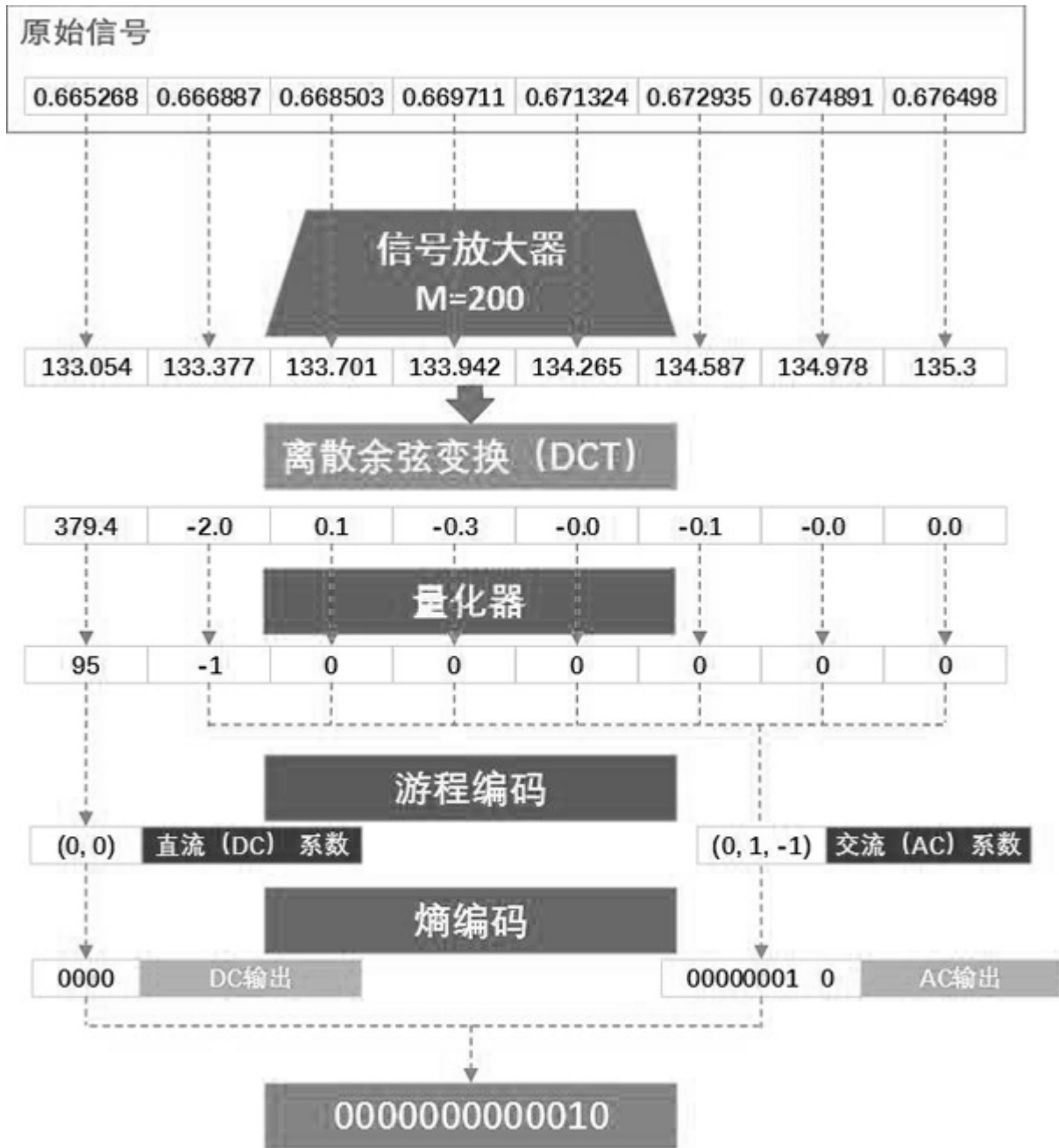


图2

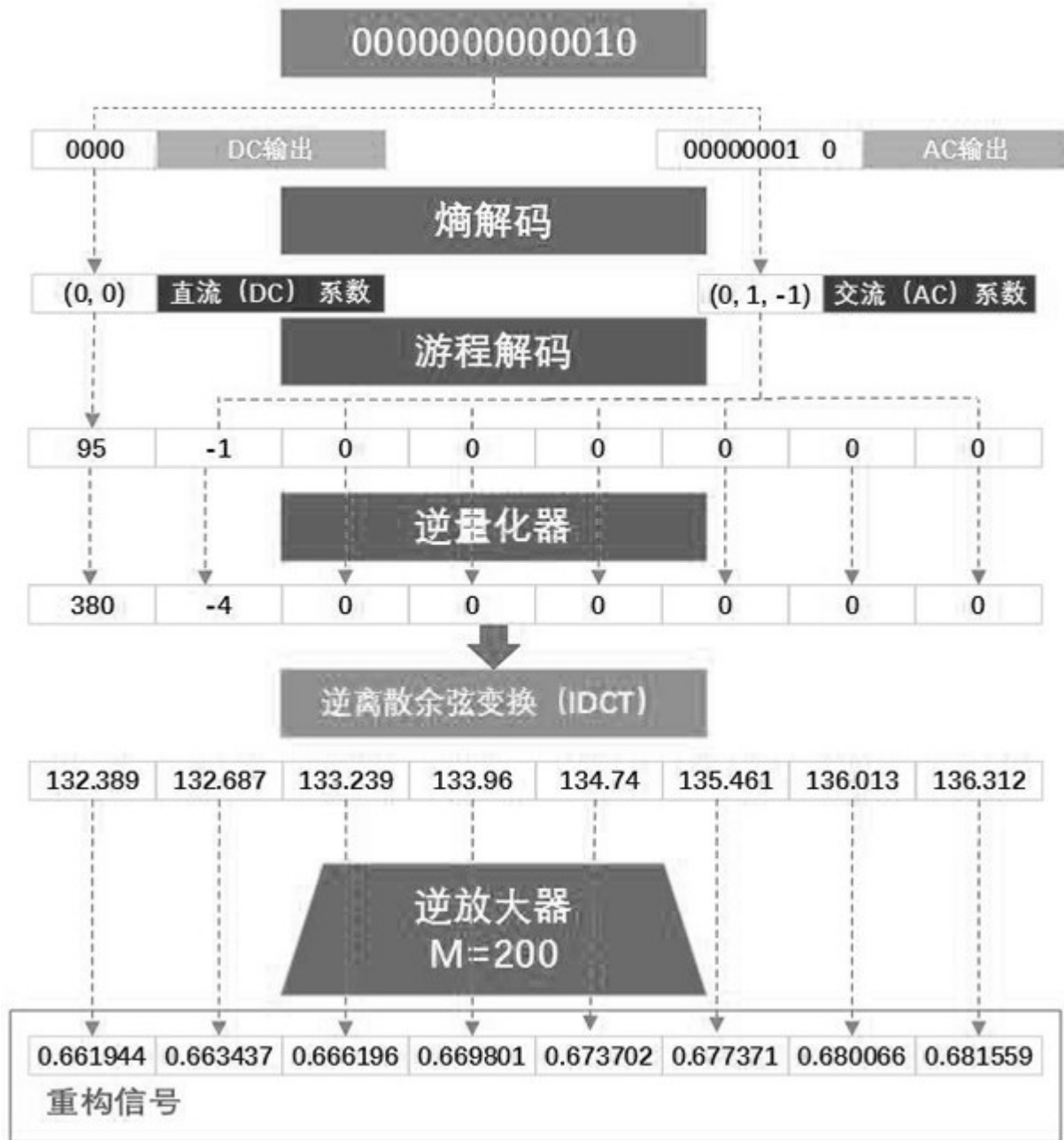


图3

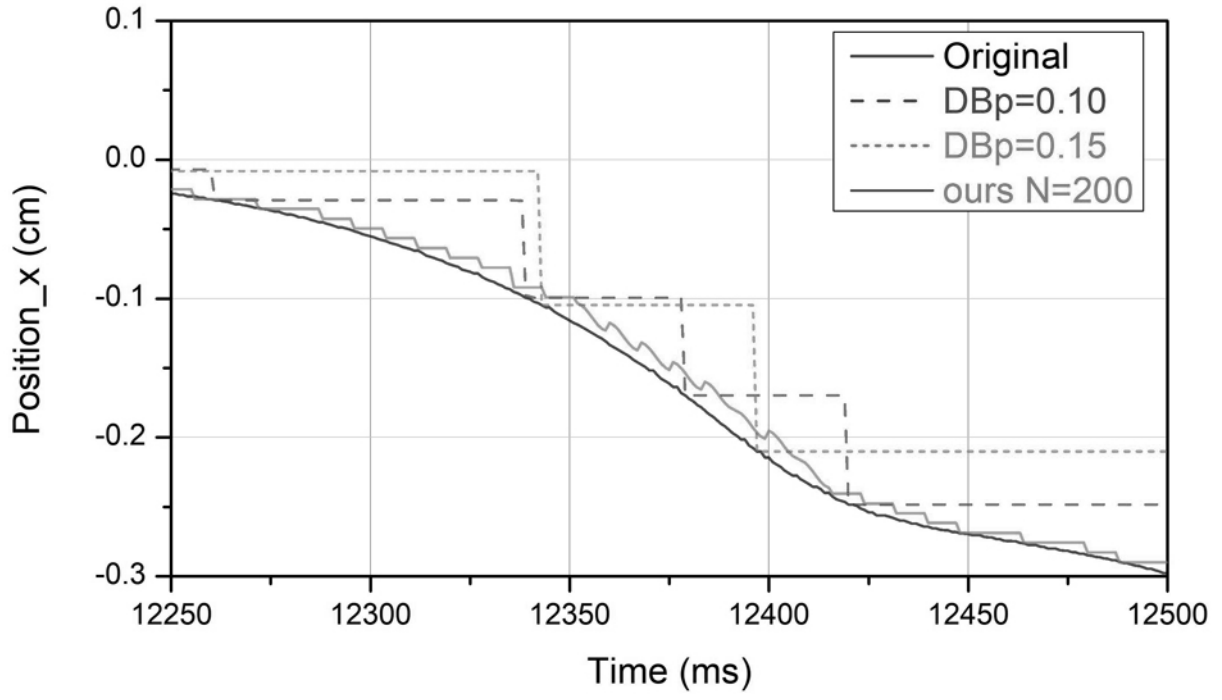


图4

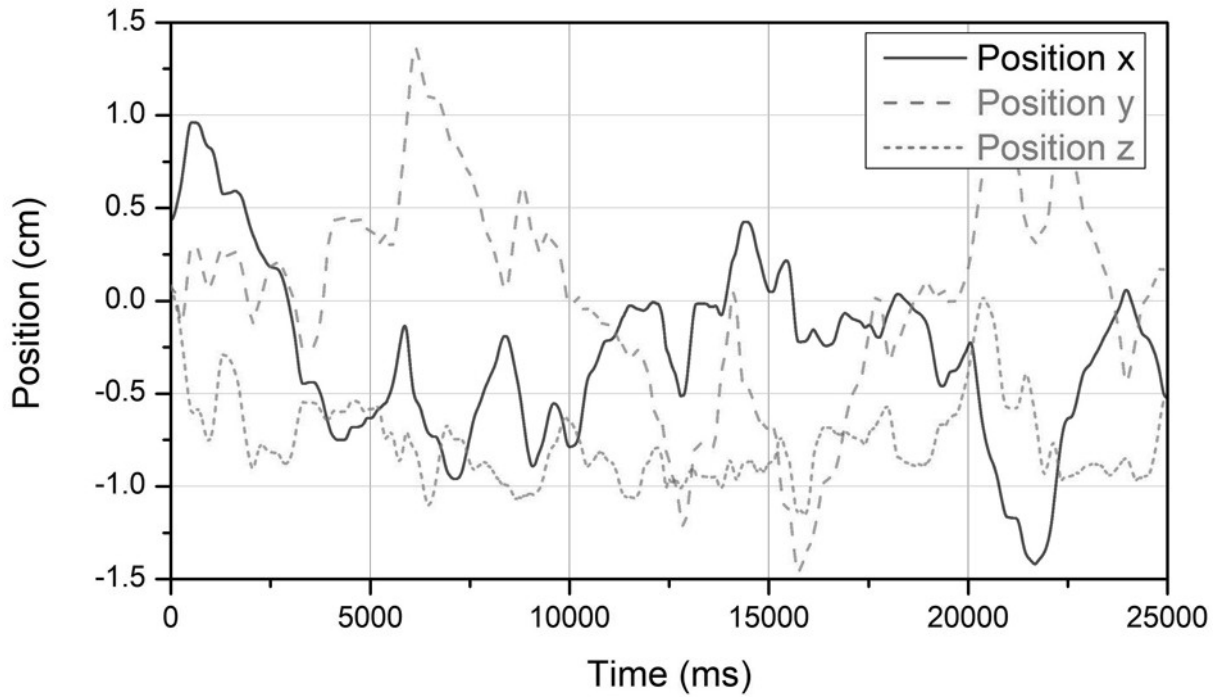


图5

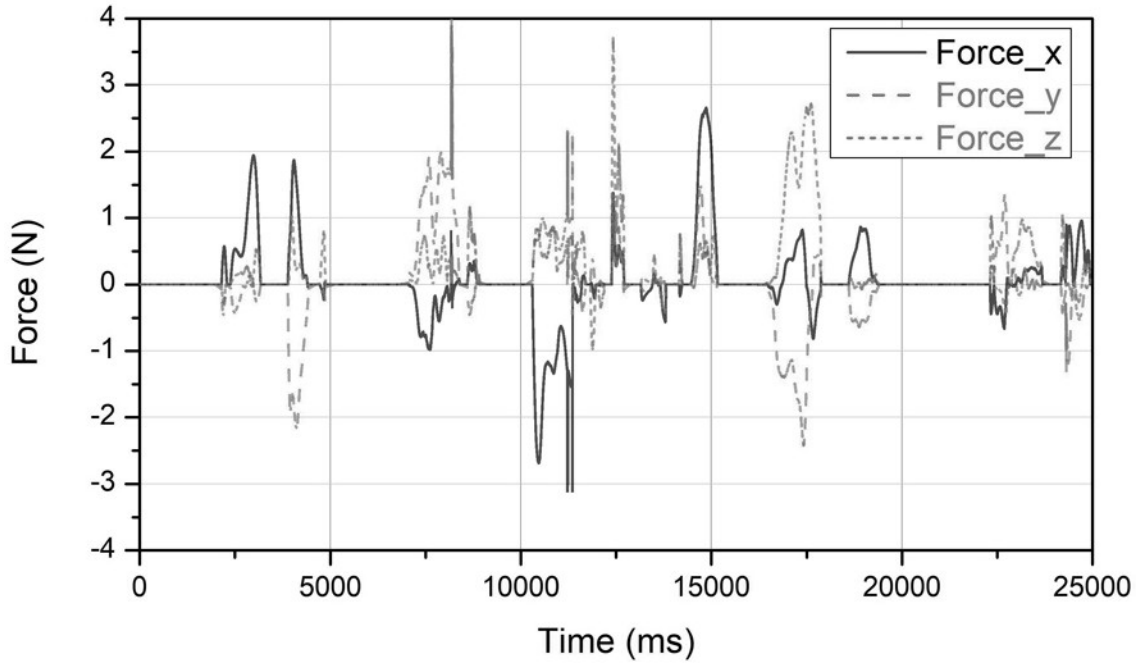


图6

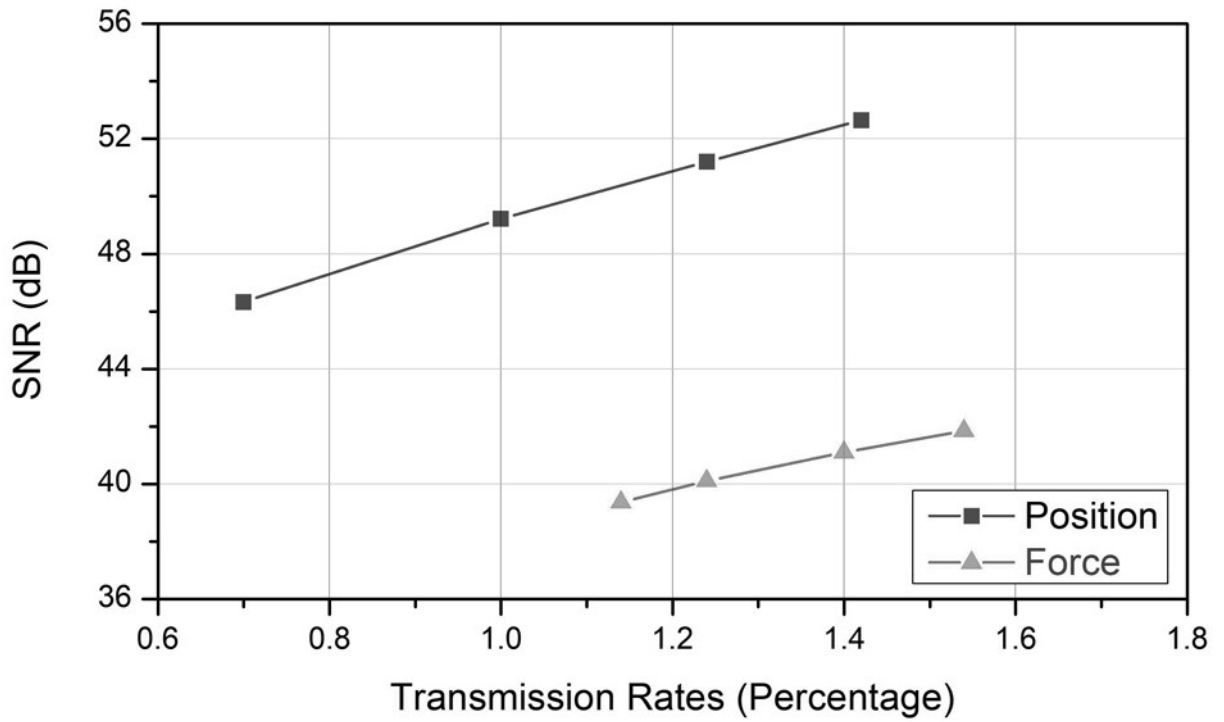


图7

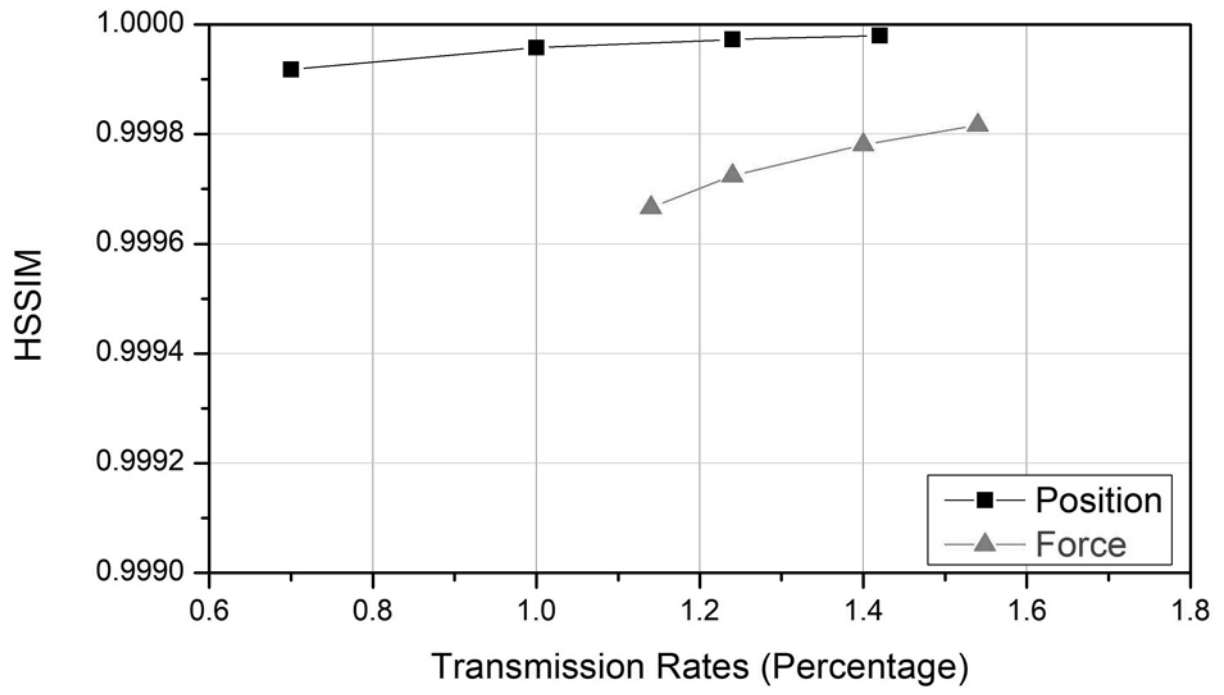


图8