



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107837089 A

(43)申请公布日 2018.03.27

(21)申请号 201711263869.5

(22)申请日 2017.12.05

(71)申请人 清华大学

地址 100084 北京市海淀区清华大学

(72)发明人 陶晓明 陈昭 刘一烽 肖霭玲

葛宁 陆建华

(74)专利代理机构 北京思海天达知识产权代理

有限公司 11203

代理人 楼良基

(51)Int.Cl.

A61B 5/16(2006.01)

A61B 5/0476(2006.01)

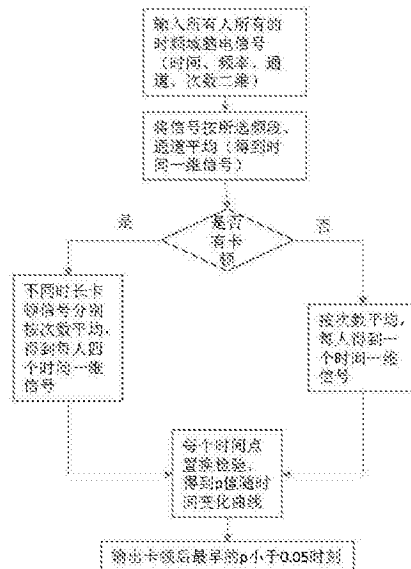
权利要求书2页 说明书9页 附图4页

(54)发明名称

一种基于脑电波的视频卡顿极限值测量方法

(57)摘要

一种基于脑电波的视频卡顿极限值的测量方法属于用户观看视频时情绪变化检测领域,其特征在于,提取观看时各合格被试者每次实验时各次卡顿时段全程脑电波信号;接着进行时频分析,得到各受试者在每个时频点归一化功率矩阵;再按β波频率范围、大脑皮层中顶叶、枕叶部分电极通道范围对脑电波信号取平均值,得到一次卡顿试验中有卡顿或无卡顿时在各时刻功率幅值;在对所有无卡顿信号和有卡顿信号取平均值后最后按时刻对有卡顿的样本和无卡顿的样本进行双边置换检验,若两组样本的均值有显著差异,且p<0.05,则此时刻即脑电波反应起始时刻。各被试者在观看过程中所有卡顿时段内所述起始时刻最大值,即卡顿极限值,适用于对视频服务的评价。



1. 一种基于脑电波的视频卡顿极限值的测量方法,其特征在于,视频卡顿极限值是指从各卡顿时段开始或结束时刻起到大脑皮层中顶叶或枕叶区产生第一个 β 波这段时间在不同被试者处于同一卡顿时段内时的最大值,所述第一个 β 波是指在卡顿开始时刻由专注视频时的 α 波转换到情绪沮丧时刻的 β 波时产生的第一个 β 波,或者是指在卡顿结束时刻被试者由平静等待的 α 波转换到情绪亢奋的 β 波时产生的第一个 β 波,所述第一个 β 波偶尔还包括电磁屏蔽实验室内由仪器产生的电磁干扰或/和当受试者疲劳时由大脑皮层上的中前额区发往眼睛神经元执行眨眼动作的脑电波在大脑皮质中顶叶或/和枕叶区诱导的干扰电位,这种情况不能排除,这时所述的第一 β 波往往是mV级的,比正常时产生的 μ V级的脑电波要大的多,这种第一 β 波的测量方法是在一个基于脑电波的视频卡顿极限值测量系统中依次按以下步骤实现的:

步骤(1),构造一个基于脑电波的视频卡顿极限值测量系统,以下简称系统,包括:视频观看客户端电脑、脑电信号采集仪和数字信号处理器DSP:

脑电信号采集仪,采用德国BRAIN PRODUCTS公司的actiCAP Xpress Twist产品,其中包括:脑电波EEG电极帽,以下简称电极帽,64通道EEG放大器和脑电信号记录仪,其中:

电极帽,包含64个actiCAP主动电极,以国际10-20标准分布,地电极在FP1和FP2之间,FP1和FP2是大脑皮层上的额叶,

64通道EEG放大器,其附设的模拟滤波器的截止频率为0.531~70Hz,

脑电信号记录仪,采样频率为500Hz,

步骤(2),在所述的电磁屏蔽实验室内依次按以下方法测量所述视频卡顿极限值:

步骤(2.1),数据处理器DSP形成含有不同时长卡顿的合成视频,存储在视频观看客户端电脑中

步骤(2.1.1),向所述数据处理器DSP输入BBC动物纪录片,

步骤(2.1.2),从所述BBC动物纪录片中设定片段个数、设定片段时长的内容不重复的多个片段,

步骤(2.1.3),把全部片段按设定的组数均分,每组内的片段数均相等,再从其中任选一组视频片段为对照组,其余均为测试组,

步骤(2.1.4),对各所述测试组,在视频片段开始播放后的设定时刻,分别随机插入不同时长的卡顿,构成合成的卡顿视频,输出到视频观看客户端电脑,存储;

步骤(2.2),选定设定数量D的合格被试者,当各人的脑电波处于平静状态下在所述视频观看客户端电脑上观看所述合成的卡顿视频,逐个作脑电波采集实验,“合格”是指身体条件合格、大脑皮层和每个电极间的阻抗小于10K Ω 以及观看行为符合规范,

步骤(2.3),舍去视频观看专注度不合格的被试者的数据,得到数据合格的被试者的脑电波数据,

步骤(2.4),EEG数据预处理:

步骤(2.4.1),把合格EEG数据的参考电位改为TP9和TP10信号的平均值,所述TP9、TP10位于大脑皮层的顶颞区;

步骤(2.4.2),把每位被试者所有片段信号按时序相连;

步骤(2.5),对预处理后的时域信号进行时频分析:

步骤(2.5.1),把每段信号与设定频率范围、设定个数的复Morlet进行卷积,所述复

Morlet小波为复正弦函数与高斯函数的乘积,所述复Morlet小波为 $e^{i2\pi ft} \cdot e^{-t^2/2\sigma_t^2}$,其中 σ_t 是高斯函数波形的宽度, $\sigma_t=c(f)/(2\pi f)$, $c(f)$ 是每个频率小波的个数, $c(f)=2+\frac{9-2}{30-1}(f-1)$,

步骤(2.5.2),把每个时频点的功率 $P(t, f)$ 归一化,所述每个时频点的功率为卷积后的复信号的实部与虚部的平方和,归一化的每个时频点的功率 $dB P(t, f)$, $dB P(t, f)=10\log_{10}(P(t, f)/B(f))$, $B(f)$ 为该信号在距离卡顿(-4)~(-2)秒处的功率平均值,

步骤(2.5.3),设受试者人数为 M ,则得到 $M \times N \times C$ 个 $dB P$ 矩阵, $dB P_{m, n, c}$ 表示第 m 人第 n 次第 c 通道的 $dB P$ 矩阵, $m=1, 2, \dots, m, \dots, M, n=1, 2, \dots, n, \dots, N, c=1, 2, \dots, c, \dots, C, C$ 表示电极个数,即通道数。每次实验包括:卡顿发生时和卡顿终止时的两类 $dB P$ 矩阵。

步骤(2.5.4),通过求出EEG反应的起始时刻计算出卡顿极限值:

步骤(2.5.4.1),求出无卡顿时的 $dB P_{time\ no\ stalling}$ 矩阵和有卡顿时的 $dB P_{time\ stalling}$ 矩阵:

$$dB P_{time\ stalling} = \frac{1}{CF} \sum_{c \in \text{通道范围}} \sum_{f \in \text{频率范围}} dB P_{stalling}(c, t, f)$$

$$dB P_{time\ no\ stalling} = \frac{1}{CF} \sum_{c \in \text{通道范围}} \sum_{f \in \text{频率范围}} dB P_{no\ stalling}(c, t, f)$$

其中,通道范围包括23个电极,共有 $C=23$ 个:

顶中央,CP:1~8,CPz,共9个电极;

顶,P:1~8,Pz,共9个电极;

顶枕,P0:3~4,7~8,P0z,共5个电极

频率范围,14~30Hz,

F 为所选频率范围的采样点数, $f=1, 2, \dots, f, \dots, F$,

C 是通道数, $C=23$,

$dB P_{stalling}(c, t, f)$ 是每一次卡顿发生时刻或卡顿终止时刻的时频变换后各通道位于时刻 t ,频率 f 的功率幅值,

$dB P_{no\ stalling}(c, t, f)$ 是无卡顿时刻的时频变换后各通道位于时刻 t ,频率 f 的功率幅值,

步骤(2.6.4.2),在设定的重复分组次数下,对有卡顿样本和无卡顿样本进行双边置换检验,求出卡顿发生后首个两组样本差异显著性 $p<0.05$ 的时刻,设定为脑电波反应的起始时刻。

2.根据权利要求1所述的一种基于脑电波的视频卡顿极限值的测量方法,其特征在于,所述有卡顿时的信号是指卡顿开始发生或终止时的脑电波信号。

3.根据权利要求1所述的一种基于脑电波的视频卡顿极限值的测量方法,其特征在于有卡顿时的是指在一个卡顿时段中的开始和终止时的脑电波信号。

一种基于脑电波的视频卡顿极限值测量方法

技术领域

[0001] 本发明涉及认知情绪变化的检测领域,具体而言,涉及一种基于脑电波的视频卡顿极限值的测量方法,主要针对视频卡顿现象引起的用户负面情绪的检测,利用脑电波监测手段,在大脑顶叶、枕叶部分对 β 波段进行分析,并运用统计方法检验特征信号出现显著性差异时的时间约为350ms,即当单次卡顿时长超过350ms时,用户会产生明显的负面情绪。为基于脑电波监测用户在观看视频时遇到卡顿现象的情绪反应提供监测方法。

背景技术

[0002] 据中国宽带发展联盟发布的2017年第二季度《中国互联网在线视频体验评估报告》显示,我国第二季度互联网在线视频平均卡顿率为0.09%(即平均播放10分钟的视频出现0.54秒的卡顿),平均首次播放时延为895ms(即用户点击开始播放后,平均在1秒钟内出现视频画面)。

[0003] 视频清晰度、视频初始缓冲和视频卡顿已经成为用户观看视频时最为关心的因素,也是业内形成共识的视频体验衡量标准。其中,用户对视频清晰度的可接受范围比较大;视频初始缓冲在用户观看视频过程中的出现频率较低,因而对用户的体验影响有限;而视频卡顿,则在整个视频播放过程中,尤其是在线视频播放过程中,因为出现频率高和原因复杂,几乎不可避免而且常见,对用户的体验影响最大,引起用户情绪反应变化也最大。

[0004] 传统的对用户观看视频体验时的卡顿应用,如Fidel Liberal于2009年网页质量评估的研究中利用五点量表进行评价和论文[1]提到,主要以通过访谈或问卷形式的主观评价方式为主。这种方式缺乏使用过程中实时体验的测量,同时主观报告可能涉及多个心理过程,还会受到社会赞许性和主试效应等因素的影响。

[0005] 电生理技术可以更加深入了解用户在观看视频体验过程中的认知情绪变化。皮电、心电和脑电是用户体验研究领域最为典型的三类电生理指标,主要涉及用户体验过程中认知和情感状态的测量:(1)在皮电相关指标中,皮肤电导水平能有效地反映用户使用产品时的情绪唤醒度和认知努力程度;(2)在心电相关指标中,心率对用户的情绪体验敏感,而心率变异性对用户的心理负荷变化敏感;(3)在脑电相关指标中, α 波和 β 波是用户情绪变化和心理负荷的有效指标。

[0006] 与皮电和心电相比,脑电的测量为我们了解用户体验过程中的认知情绪变化提供了更加直接的证据。脑电波(Electroencephalogram, EEG)是一些自发的有节律的神经电活动,其频率变动范围在每秒1—30次之间,可划分为四个波段,即 δ (1—3Hz)、 θ (4—7Hz)、 α (8—13Hz)和 β (14—30Hz)。其中, β 波频率为14~30Hz,幅度为100~150 μ V,当精神紧张和情绪激动或亢奋时出现此波。这种成分对应着人的负面情绪。同时,顶叶和枕叶产生的 β 波功率最大。因此,取 β 波段和顶叶、枕叶通道的功率进行分析即可确定卡顿引发负面情绪的起始时刻。

[0007] 本发明提供了一种基于脑电波的视频卡顿极限值的测量方法,主要针对视频卡顿

现象引起的用户负面情绪的检测,利用脑电波监测手段,在大脑顶叶、枕叶部分对β波段进行分析,并运用统计方法检验特征信号出现显著性差异时的时间约为350ms,即当单次卡顿时长超过 350ms时,用户会产生明显的负面情绪。为基于脑电波监测用户在观看视频时遇到卡顿现象的情绪反应提供监测方法。从而,在评价作为视频服务质量评估中的一个卡顿时长问题时,从宏观的角度提供了一个用户可能接受的极限值。

发明内容

[0008] 发明目的:本发明的目的在于,宏观上从用户的角度为视频质量服务供应商给出了一个估计用户可能接受的卡顿现象的极限时长,若出现卡顿现象的关键在于下游的设备上,则也为故障的消除提供了一个评价方法。

[0009] 本发明的特征在于,视频卡顿极限值是指从各卡顿时段开始或结束时刻起到大脑皮层中顶叶或枕叶区产生第一个β波这段时间在不同被试者处于同一卡顿时段内时的最大值,所述第一个β波是指在卡顿开始时刻由专注视频时的α波转换到情绪沮丧时刻的β波时产生的第一个β波,或者是指在卡顿结束时刻被试者由平静等待的α波转换到情绪亢奋的β波时产生的第一个β波,所述第一个β波偶尔还包括电磁屏蔽实验室内由仪器产生的电磁干扰或/和当受试者疲劳时由大脑皮层上的中前额区发往眼睛神经元执行眨眼动作的脑电波在大脑皮质中顶叶或/和枕叶区诱导的干扰电位,这种情况不能排除,这时所述的第一β波往往是mV级的,比正常时产生的μV级的脑电波要大的多,这种第一β波的测量方法是在一个基于脑电波的视频卡顿极限值测量系统中依次按以下步骤实现的:

[0010] 步骤(1),构造一个基于脑电波的视频卡顿极限值测量系统,以下简称系统,包括:视频观看客户端电脑、脑电信号采集仪和数字信号处理器DSP;

[0011] 脑电信号采集仪,采用德国BRAIN PRODUCTS公司的actiCAP Xpress Twist产品,其中包括:脑电波EEG电极帽,以下简称电极帽,64通道EEG放大器和脑电信号记录仪,其中:

[0012] 电极帽,包含64个actiCAP主动电极,以国际10-20标准分布,地电极在FP1和FP2之间,FP1和FP2是大脑皮层上的额叶,

[0013] 64通道EEG放大器,其附设的模拟滤波器的截止频率为0.531~70Hz,

[0014] 脑电信号记录仪,采样频率为500Hz,

[0015] 步骤(2),在所述的电磁屏蔽实验室内依次按以下方法测量所述视频卡顿极限值:

[0016] 步骤(2.1),数据处理器DSP形成含有不同时长卡顿的合成视频,存储在视频观看客户端电脑中

[0017] 步骤(2.1.1),向所述数据处理器DSP输入BBC动物纪录片,

[0018] 步骤(2.1.2),从所述BBC动物纪录片中设定片段个数、设定片段时长的内容不重复的多个片段,

[0019] 步骤(2.1.3),把全部片段按设定的组数均分,每组内的片段数均相等,再从其中任选一组视频片段为对照组,其余均为测试组,

[0020] 步骤(2.1.4),对各所述测试组,在视频片段开始播放后的设定时刻,分别随机插入不同同时长的卡顿,构成合成的卡顿视频,输出到视频观看客户端电脑,存储;

[0021] 步骤(2.2),选定设定数量D的合格被试者,当各人的脑电波处于平静状态下在所

述视频 观看客户端电脑上观看所述合成的卡顿视频,逐个作脑电波采集实验,“合格”是指身体条件合格、大脑皮层和每个电极间的阻抗小于10KΩ以及观看行为符合规范,

[0022] 步骤(2.3),舍去视频观看专注度不合格的被试者的数据,得到数据合格的被试者的脑电波数据,

[0023] 步骤(2.4),EEG数据预处理:

[0024] 步骤(2.4.1),把合格EEG数据的参考电位改为TP9和TP10信号的平均值,所述TP9、TP10位于大脑皮层的顶颞区;

[0025] 步骤(2.4.2),把每位被试者所有片段信号按时序相连;

[0026] 步骤(2.5),对预处理后的时域信号进行时频分析:

[0027] 步骤(2.5.1),把每段信号与设定频率范围、设定个数的复Morlet进行卷积,所述复Morlet小波为复正弦函数与高斯函数的乘积,所述复Morlet小波为 $e^{i2\pi ft} \cdot e^{-t^2/2\sigma_t^2}$,其中 σ_t 是高斯函数波形的宽度, $\sigma_t = c(f) / (2\pi f)$, $c(f)$ 是每个频率小波的个数,

$$c(f) = 2 + \frac{9-2}{30-1}(f-1)$$

[0028] 步骤(2.5.2),把每个时频点的功率 $P(t, f)$ 归一化,所述每个时频点的功率为卷积后的复信号的实部与虚部的平方和,归一化的每个时频点的功率 $dBP(t, f)$, $dBP(t, f) = 10 \log_{10}(P(t, f) / B(f))$, $B(f)$ 为该信号在距离卡顿(-4)~(-2)秒处的功率平均值,

[0029] 步骤(2.5.3),设受试者人数为M,则得到 $M \times N \times C$ 个 dBP 矩阵, $dBP_{m,n,c}$ 表示第m人第n次第c通道的 dBP 矩阵, $m=1, 2, \dots, m, \dots, M, n=1, 2, \dots, n, \dots, N, c=1, 2, \dots, c, \dots, C, C$ 表示电极个数,即通道数。每次实验包括:卡顿发生时和卡顿终止时的两类 dBP 矩阵。

[0030] 步骤(2.5.4),通过求出EEG反应的起始时刻计算出卡顿极限值:

[0031] 步骤(2.5.4.1),求出无卡顿时的 $dBP_time_{no-stalling}$ 矩阵和有卡顿时的 $dBP_time_{stalling}$ 矩阵:

$$[0032] \quad dBP_time_{stalling} = \frac{1}{CF} \sum_{c \in \text{通道范围}} \sum_{f \in \text{频率范围}} dBP_{stalling}(c, t, f)$$

$$[0033] \quad dBP_time_{no-stalling} = \frac{1}{CF} \sum_{c \in \text{通道范围}} \sum_{f \in \text{频率范围}} dBP_{no-stalling}(c, t, f)$$

[0034] 其中,通道范围包括23个电极,共有 $C=23$ 个:

[0035] 顶中央,CP:1~8,CPz,共9个电极;

[0036] 顶,P:1~8,Pz,共9个电极;

[0037] 顶枕,P0:3~4,7~8,P0z,共5个电极

[0038] 频率范围,14~30Hz,

[0039] F为所选频率范围的采样点数, $f=1, 2, \dots, f, \dots, F$,

[0040] C是通道数, $C=23$,

[0041] $dBP_{stalling}(c, t, f)$ 是每一次卡顿发生时刻或卡顿终止时刻的时频变换后各通道位于时刻t,频率f的功率幅值,

[0042] $dBP_{no-stalling}(c, t, f)$ 是无卡顿时刻的时频变换后各通道位于时刻t,频率f的功率幅值,

[0043] 步骤(2.6.4.2),在设定的重复分组次数下,对有卡顿样本和无卡顿样本进行双边置换检验,求出卡顿发生后首个两组样本差异显著性 $p < 0.05$ 的时刻,设定为脑电波反应的起始时刻。

[0044] 发明效果:在移动视频播放过程中本发明为在卡顿现象发生时用户负面情绪反应时间提供了仅供参考的极限值,同时也为消除卡顿故障的评价标准提供了一个最低的时间标准。

附图说明

[0045] 图1系统组成框图。

[0046] 图2脑电信号采集电极帽的电极分布图:电极分区如下:额极叶(Fp:1-2);前额叶(AF:3-4,7-8,AFz);额叶(F:1-8,Fz);中额叶(FC:1-8);额颞叶(FT:7-10);颞叶(T:7-8);中央叶(C:1-6);中顶叶(CP:1-8,CPz);顶颞叶(TP:7-10);顶叶(P:1-8,Pz);顶枕叶(PO:3-4,7-8,POz);枕叶(O:1-2,Oz)。

[0047] 图3信号预处理前波形图,横轴为时间,单位秒,纵轴是所有通道的波形。

[0048] 图4信号预处理后波形图,横轴为时间,单位秒,纵轴是所有通道的波形。

[0049] 图5时频分析图,横轴为时间,单位毫秒,纵轴为频率,单位Hz,颜色代表功率幅值,两条细线分别代表卡顿开始和结束的时刻。

[0050] 图6获得卡顿极限值流程图。

[0051] 图7计算时间极限值波形图,14条细线代表14个被试者每人在所选通道、频率范围功率的平均值随时间变化信号在有无卡顿时差值的差值,实线代表14条细线的平均值。

具体实施方式

[0052] 本发明提供了一种基于脑电波的视频卡顿极限值的测量方法,为基于脑电波监测用户在观看视频时遇到卡顿现象的情绪反应提供监测方法。本发明的技术方案主要包括如下四个部分:卡顿视频合成、脑电信号采集、数据分析和获得极限值等。其中,脑电信号采集部分,包括视频观看和脑电信号采集装置两个模块。

[0053] 本发明的四个部分分别完成如下功能:(1)在电磁屏蔽的实验室环境下,给被试者呈现存在不同时长卡顿的合成视频材料;(2)在被试者观看该合成视频材料的同时,将对其脑电信号进行监测与记录;(3)将对脑电信号进行时频分析,在频域上观察信号随时间的变化;(4)通过统计检验手段,检测出特征信号出现显著性差异时的卡顿时长。

[0054] 本发明的第一部分:卡顿视频合成,主要是准备本发明测试素材的过程。由于想要获得人在观看视频时,对视频卡顿的脑电信号反应,所以需要尽量减少测试视频内容本身对脑电信号影响的干扰。因此,合成的视频内容选择需要满足以下两个条件:(1)合成的卡顿视频不能具有深层次语义或情节理解的内容;(2)合成的卡顿视频尽可能避免各类情绪的诱导。

[0055] 本发明的第二部分:脑电信号采集,主要是在被试者观看本发明的第一部分准备的合成视频材料时,通过脑电采集装置采集相应脑电信号的过程,包括视频观看和采集装置两个模块。该部分需要在电磁屏蔽实验室的环境下,进行部署本发明的相应测试设备和仪器,以及观看相应视频。

[0056] 进一步地,所述的视频观看模块,主要为选择特定的被试者,按特定的要求,观看本发明的第一部分准备的合成视频材料的过程,需要注意如下事项:(1)所有被试者要求具有正常或矫正至正常的视力,也没有神经学疾病的历史;(2)所有被试者在正式实验前,首先需要洗头以除去头皮上的油脂;(3)电磁屏蔽室内应保持安静,室内亮度和温度也要求调到令被试者感到适宜为佳;(4)被试者单独在电磁屏蔽室进行实验前,首先对其进行注意事项讲解,向被试者说明实验过程中不能出现的动作以及尽量少出现的动作,包括肢体的大幅度活动,重度眨眼或咬牙等会产生强烈肌电信号的动作,以避免实验过程中脑电信号被污染。(5)使用美国NBS公司开发的功能强大、可编程的实验开发和控制的心理学专用系统软件 Presentation (版本号:19.0)来播放合成视频片段。

[0057] 进一步地,所述的采集装置模块,主要包括EEG电极帽、EEG放大器和上位机EEG显示软件等三部分组成。主要根据使用需求选择目前世界上科研机构常用的电极帽制式,以能够达到满足测量精度的要求。对于每个被试者脑电信号采集过程来说,观看结束后,将从所有视频片段中随机选取若干个,在视频片段播放完毕后,向被试者提出有关视频片段中内容的问题。问题均是以“是否出现过某动物?”的形式向被试者呈现,被试只需要客观地回答“是/否”即可。设置问题的目的是保持被试者观看视频的专注度。将片段大致平均分为6组依次播放。每组视频片段播放完毕后,被试有3分钟左右的休息时间。

[0058] 本发明的第三部分:数据处理,包括EEG数据预处理、时频分析等两个模块。该部分的首要任务是,将根据采集结束时问题反馈的正确率来判断该被试者是否认真实验,以确保实验数据的有效性,无效数据将直接舍弃。

[0059] 进一步地,所述的EEG数据预处理模块,在观看视频采集脑电信号期间,将全程记录被试者的脑电波信号与问题反馈的信号。EEG数据预处理主要包括如下流程:(1)将EEG数据的参考电位改变为TP9和TP10信号的平均值;(2)第二,使用0.1Hz高通滤波器(FIR)进行滤波。

[0060] 进一步地,所述的时频分析模块,主要是将预处理后的时域信号进行基于Morlet小波变换的时频分析,得到功率幅度谱随时间的变化,处理流程如下:(1)将每段时域信号与1到30Hz的60个复Morlet小波进行卷积;(2)在每个时频点的功率定义为卷积后复信号实部与虚部的平方和。(3)将功率归一化。本发明的第四部分:获得卡顿极限值,即通过求出EEG反应的起始时刻计算得出卡顿极限值。主要包括如下流程:(1)将每段时频分析后的信号按照 β 波段频率范围和顶叶、枕叶通道范围取平均,得到无卡顿和有不同卡顿对应的信号;(2)将每个被试对应的所有无卡顿信号取平均值,所有有卡顿信号取平均值,这样每个被试都有这两个一维信号;(3)对每个时刻的卡顿样本和无卡顿样本进行双边置换检验,将卡顿发生后首个两组样本差异显著($p < 0.05$)的时刻设定为EEG反应的起始时刻。

[0061] 本发明提供了一种基于脑电波的视频卡顿极限值的测量方法,主要针对视频卡顿现象引起的用户负面情绪的检测,利用脑电波监测手段,在大脑顶叶、枕叶部分对 β 波段进行分析,并运用统计方法检验特征信号出现显著性差异时的时间约为350ms,即当单次卡顿时长超过350ms时,用户会产生明显的负面情绪。为基于脑电波监测用户在观看视频时遇到卡顿现象的情绪反应提供监测方法。

[0062] 下面结合附图,对本发明的具体实施方式说明如下:

[0063] 本发明主要包括卡顿视频合成、脑电信号采集、数据处理和获得极限值等四个部

分,如图1所示为本发明的系统组成框图。其中,脑电信号采集部分,包括视频观看和脑电信号采集装置两个模块。本发明的四个部分分别完成如下功能:(1)在电磁屏蔽的实验室环境下,给被试者呈现存在不同时长卡顿的合成视频材料;(2)在被试者观看该合成视频材料的同时,将其脑电信号进行监测与记录;(3)将对脑电信号进行时频分析,在频域上观察信号随时间的变化;(4)通过统计检验手段,检测出特征信号出现显著性差异时的卡顿时长。

[0064] 在准备实施本发明之前,相关技术人员,前提要在电磁屏蔽实验室的环境下,部署本发明的相应测试设备及仪器。

[0065] 实施本发明的第一部分:卡顿视频合成,是本发明得以顺利实施的一个关键环节,主要通过视频片段里,插入一定的卡顿时长,即通过在卡顿起始时刻开始重复前一帧视频,直到卡顿结束时刻重新播放卡顿后相应的帧视频来实现,主要流程如下:

[0066] (1)依据发明内容的技术方案部分,合成的视频内容选择需要满足的两个条件,本实施方案中,被合成的视频源选择动物纪录片是比较合适的,我们选择了BBC动物纪录片《Life Story》。

[0067] (2)从BBC动物纪录片《Life Story》中随机截取170个30秒时长的无重叠片段。

[0068] (3)将(2)中的170个视频片段随机平均分为5组,每组34个。

[0069] (4)选择其中一组视频片段作为对照组,不做任何处理。另外4组,分别在视频片段开始后的10秒到20秒之间,随机选取一个时刻,插入1秒、或3秒、或5秒、或7秒时长的卡顿,并将每个片段时长超过30秒的部分舍弃,即总时长重新截成30秒。

[0070] (5)将合成后的卡顿视频,存储在供脑电信号采集时用到的视频观看客户端电脑上。

[0071] 实施本发明的第二部分:脑电信号采集,主要是在被试者观看本发明的第一部分准备的合成视频材料时,通过脑电采集装置采集相应脑电信号的过程,包括视频观看和采集装置两个模块。脑电信号采集仪器主要采用德国BRAIN PRODUCTS公司的actiCAP Xpress Twist。EEG电极帽包含64个actiCAP主动电极(Brain Products,Germany),以国际10-20标准分布。地电极设置在Fp1和Fp2电极之间。64导10-20分布是目前世界上科研机构常用的电极帽制式,能够满足本专利的测量精度需求。该部分的实施阶段主要包括准备、采集设置、视频观看与信号采集、采集结束等过程,详细说明如下:

[0072] (1)准备

[0073] 根据测试试验需要,选择14个被试者依次进行实验,所有被试者要求具有正常或矫正至正常的视力,也没有神经学疾病的历史。每名被试者在正式实验前,首先需要洗头以除去头皮上的油脂。吹干后,为被试佩戴电极帽并涂抹导电膏,头皮和每个电极之间的阻抗都应小于 $10\text{k}\Omega$ 。同时,在测试时,电磁屏蔽室内应保持安静,室内亮度和温度也要求调到令被试者感到适宜为佳。

[0074] EEG电极帽的电极分布图如图2所示,包括64个电极,按照对应大脑皮层区域位置可分为:额极(Fp:1-2)、前额(AF:3-4,7-8,AFz)、额(F:1-8,Fz)、额中央(FC:1-6)、额颞(FT:7-10)、中央(C:1-6,Cz)、颞(T:7-8)、顶中央(CP:1-8,CPz)、顶颞(TP:9-10)、顶(P:1-8,Pz)和顶枕(PO:3-4,7-8,POz)、枕(O:1-2,Oz)等几个区域。

[0075] (2)采集设置

[0076] 使用64导EEG放大器 (BrainAmps, Brain Products, Germany) 采集上述64个电极脑电信号, 并使用Brain Vision Recorder (Brain Products, Germany) 以500Hz采样频率记录脑电信号。将EEG放大器自带的模拟带通滤波器截至频率设置为0.531-70Hz。

[0077] 随后被试者单独在电磁屏蔽室进行实验, 首先进行注意事项讲解, 向被试者说明实验过程中不能出现的动作以及尽量少出现的动作, 包括肢体的大幅度活动, 重度眨眼或咬牙等会产生强烈肌电信号的动作, 以避免实验过程中脑电信号被污染。然后进行视力检验预实验, 此期间首先确认被试者不具有视力方面问题, 其次给出被试者一定的缓冲时间以稳定脑电波信号。等待被试的脑电波处于平静状态下再开始正式实验。

[0078] (3) 视频观看与信号采集

[0079] 使用Presentation 19.0来播放合成视频片段, 在被试者观看过程中, 使用64导EEG放大器 (BrainAmps, Brain Products, Germany) 采集脑电信号, 并使用Brain Vision Recorder (Brain Products, Germany) 以500Hz采样频率记录脑电信号。将放大器自带的模拟带通滤波器截至频率设置为0.531-70Hz。EEG电极帽包含64个actiCAP主动电极 (Brain Products, Germany), 以国际10-20标准分布。地电极设置在Fp1和Fp2电极之间。

[0080] (4) 采集结束

[0081] 对于每个被试者脑电信号采集过程来说, 观看结束后, 将从所有视频片段中随机选取 55个, 在视频片段播放完毕后, 向被试者提出有关视频片段中内容的问题。问题均是以“是否出现过某动物?”的形式向被试者呈现, 被试只需要客观地回答“是/否”即可。设置问题的目的是保持被试者观看视频的专注度。将片段大致平均分为6组依次播放。每组视频片段播放完毕后, 被试有3分钟左右的休息时间。

[0082] 实施本发明的第三部分: 数据处理, 主要包括EEG数据预处理、时频分析、确定频段和确定通道等四个模块, 详细说明如下:

[0083] (1) EEG数据预处理

[0084] 在观看视频采集脑电信号期间, 将全程记录被试者的脑电波信号与问题反馈的信号。在该阶段的首要任务是, 将根据问题反馈的正确率来判断该被试者是否认真实验, 以确保实验数据的有效性, 无效数据将直接舍弃, 有效性检验后的波形图如图3所示。

[0085] EEG数据预处理流程, 预处理需分别对每个被试数据操作:

[0086] 第一, 将EEG数据的参考电位改变为TP9和TP10信号的平均值;

[0087] 第二, 使用0.1Hz高通滤波器 (FIR) 进行滤波;

[0088] 信号预处理后的波形图如图5所示。

[0089] (2) 时频分析

[0090] 时频分析主要是将预处理后的时域信号进行基于Morlet小波变换的时频分析, 得到功率幅度谱随时间的变化, 处理流程如下:

[0091] 首先, 将每段时域信号与1到30Hz的60个复Morlet小波进行卷积, 其中, 复小波为复正弦函数与高斯函数的乘积: $e^{i2\pi ft} e^{-t^2/2\sigma_t^2}$, σ_t 是高斯函数波形的宽度, f 是频率, t 是时间。

$\sigma_t = c(f) / (2\pi f)$, $c(f)$ 是每个频率小波的波数。 $c(f) = 2 + \frac{9-2}{30-1}(f-1)$ 。

[0092] 其次, 在每个时频点的功率定义为卷积后复信号实部与虚部的平方和。

[0093] 最后, 再将功率归一化: $dB P(t, f) = 10 \log_{10}(P(t, f) / B(f))$, 其中 $B(f)$ 是段信号在

距离卡顿-4到-2秒功率的平均值。

[0094] 通过所有人的数据时频分析得到 $(M(\text{人数}) \times N(\text{每人的实验次数}) \times C(\text{电极数量}))$ 个dBp矩阵。以 $dBp_{m,n,c}$ 表示第m人第n次第c通道的归一化功率矩阵。

[0095] 时频分析后的功率分布图如图6所示,横轴表示时间、纵轴表示频率,颜色色度表示功率幅度,两条垂直线表示卡顿开始和结束时刻。

[0096] 实施本发明的第四部分:获得卡顿极限值,即通过求出EEG反应的起始时刻计算出卡顿极限值,获得卡顿极值的流程图如图7所示。

[0097] 首先,将每段时频分析后的信号 $dBp_{m,n,c}$ 按照所选频率范围(β 波,14-30Hz)和通道范围(顶叶、枕叶,CP:1-8,CPz,P:1-8,Pz,P0:3-4,7-8,P0z)取平均,得到无卡顿 $dBp_{time\text{no-stalling}}$ 和1、3、5、7秒卡顿对应的五组一维信号 $dBp_{time\text{stalling}}$,即

$$[0098] \quad dBp_{time\text{stalling}} = \frac{1}{CF} \sum_{c \in \text{通道范围}} \sum_{f \in \text{频率范围}} dBp_{stalling}(c, t, f)$$

$$[0099] \quad dBp_{time\text{no-stalling}} = \frac{1}{CF} \sum_{c \in \text{通道范围}} \sum_{f \in \text{频率范围}} dBp_{no-stalling}(c, t, f)$$

[0100] 其中,通道范围包括23个电极,共有 $C=23$ 个:

[0101] 顶中央,CP:1~8,CPz,共9个电极;

[0102] 顶,P:1~8,Pz,共9个电极;

[0103] 顶枕,P0:3~4,7~8,P0z,共5个电极

[0104] 频率范围,14~30Hz,

[0105] F为所选频率范围的采样点数,

[0106] C是通道数, $C=23$,

[0107] $dBp_{stalling}(c, t, f)$ 是每一次卡顿发生时刻或卡顿终止时刻的时频变换后各通道位于时刻t,频率f的功率幅值,

[0108] $dBp_{no-stalling}(c, t, f)$ 是每一次卡顿发生时刻或终止时刻的时频变换后各通道位于时刻t,频率f的功率幅值,

[0109] 其次,将每个被试对应的所有无卡顿信号取平均值,所有有卡顿信号取平均值,这样每个被试都有这两个一维信号,

[0110] 最后,按时刻对每个时刻的卡顿样本和无卡顿样本进行双边置换检验,

[0111] 对每时刻有卡顿信号14个被试的样本 $X = \{x_1, x_2, \dots, x_{14}\}$ 与无卡顿信号14个被试样本 $Y = \{y_1, y_2, \dots, y_{14}\}$,首先计算统计量 $\bar{d} = \bar{x} - \bar{y}$,其中 \bar{x} 是样本X的平均值, \bar{y} 是样本Y的平均值。接下来,将两组样本混在一起,打乱后随机分成数量为n和m的两组,分别记为 X_1 和 Y_1 。再次计算统计量 $\bar{d}_1 = \bar{x}_1 - \bar{y}_1$,其中 \bar{x}_1 是样本 X_1 的平均值, \bar{y}_1 是样本 Y_1 的平均值,多次重复打乱、分组、计算统计量的过程,一般重复1000次。这样,得到一组1000个统计量 $\bar{d}_1, \bar{d}_2, \dots, \bar{d}_{1000}$,计算这组统计量的平均值 μ_d 和标准差 σ_d ,一般来说,这组统计量应服从平均值 μ_d 和标准差 σ_d 的正态分布。如果原始的统计量 \bar{d} 位于这个分布的双尾,则说明两组样本的均值具有显著差异。具体地,计算 $\bar{z} = \frac{\bar{d} - \mu_d}{\sigma_d}$,若 $\bar{z} < (-1.96)$ 或 $\bar{z} > 1.96$,则两组样本具有

显著差异,

[0112] 将卡顿发生后首个两组样本差异显著 ($p < 0.05$) 的时刻设定为EEG反应的起始时刻。计算卡顿时间极限值的效果图如图7所示,细线是每个个体有无卡顿信号幅值之差,粗线是所有人的平均值。阴影标出了差异显著的时段。

[0113] 从卡顿发生或终止时的信号到视网膜成像产生视觉约需75毫秒,大脑处理信息需200 毫秒,经处理的信号传到大脑皮层产生脑电波不到100毫秒,这时,对应于卡顿开始时刻的是用户的沮丧情绪,对应于卡顿终止时刻的是亢奋情绪,确定发生时刻第一个 β 波出现的最迟时刻反映的是开始产生沮丧情绪的最迟时刻,确定用户开始产生沮丧情绪的极限时刻,确定终止时刻第一个 β 波出现的最迟时刻反映的是用户沮丧—平静—开始亢奋情绪的最迟时刻,其意义在于,用户从开始产生沮丧情绪的最迟时刻到用户开始产生亢奋情绪这两者之间的时长,虽然对于每个被试者是不同的,但对于被试者群体的宏观统计结果反映了虽然卡顿现象不可能绝对避免,但客观上反映了用户情绪变化的时间过程,也反映了用户对允许卡顿时段多长的一个诉求,由于卡顿现象主要是由基站的硬件设备缺陷造成的,从而为评价基站消除卡顿现象的效果提供了一个相当宽容的标准,有其现实意义,而卡顿发生时的极限值,更为研究用户对视频播放过程研究用户的负面情绪提供了客观数据。

[0114] 参考文献

[0115] 【1】葛燕.陈亚楠.刘艳芳.李稳.孙向.电生理测量在用户体验中的应用[J].心理科学进展,2014,22(6):959-967.

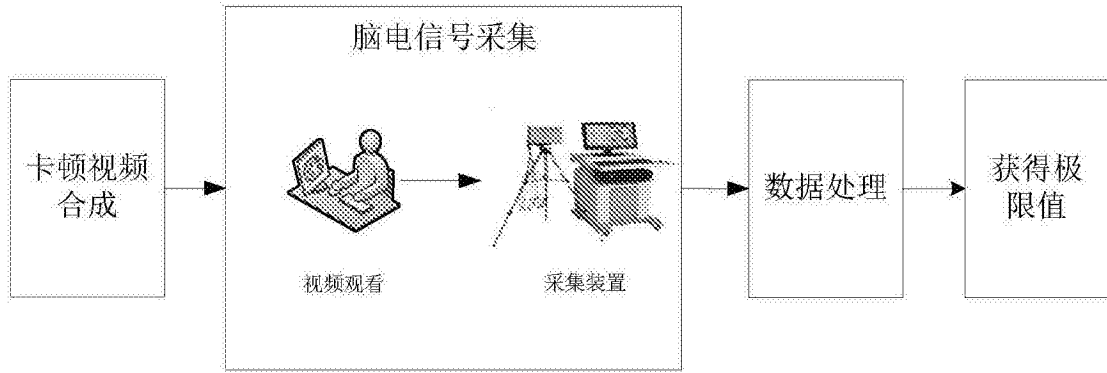


图1

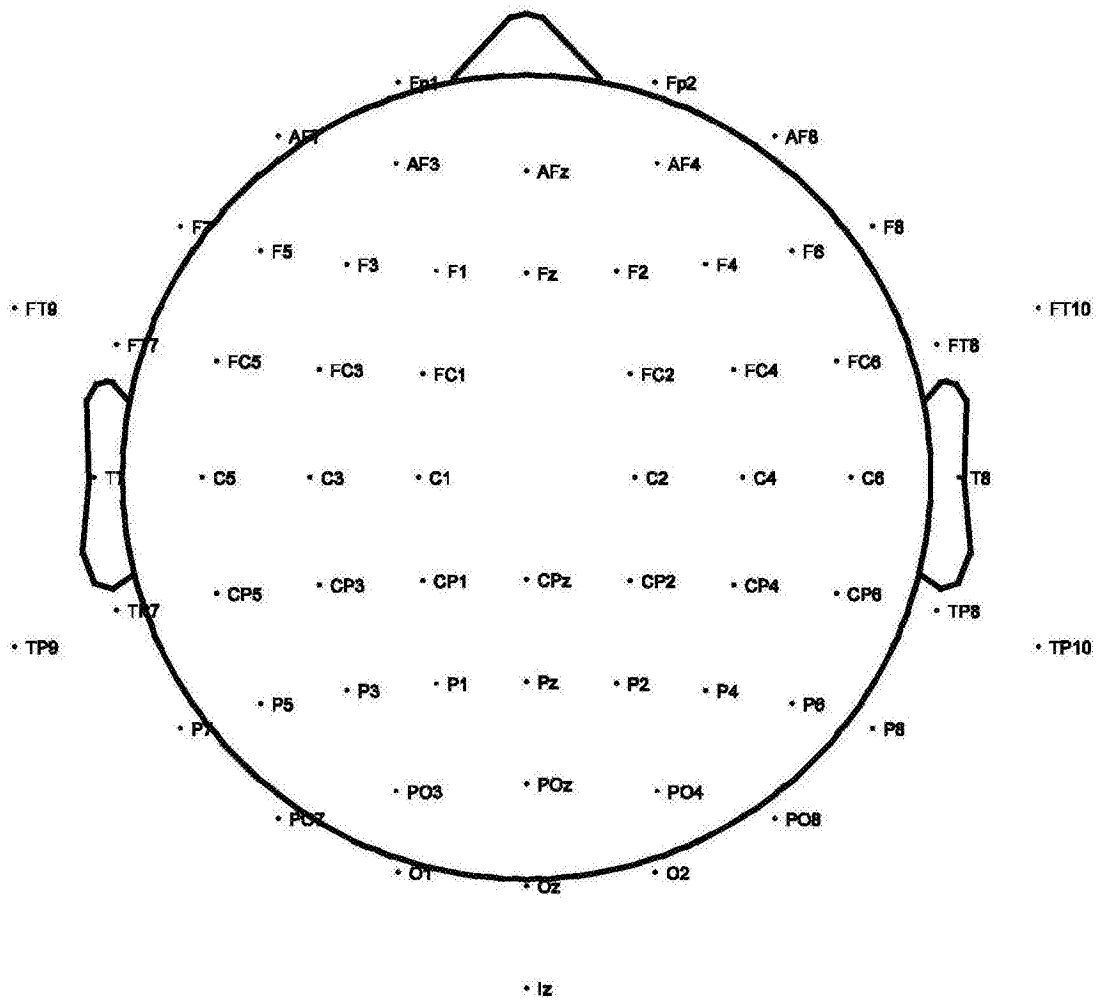


图2

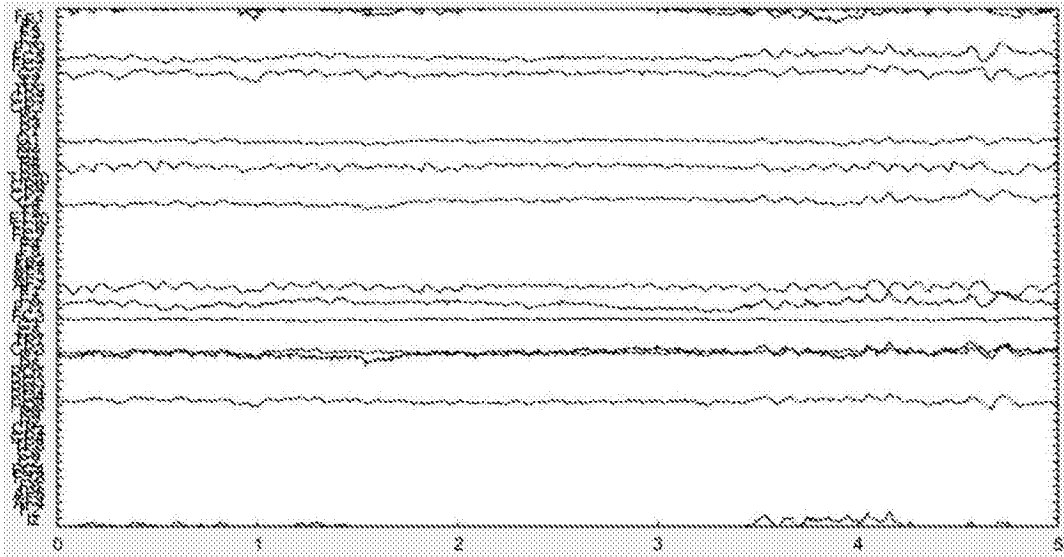


图3

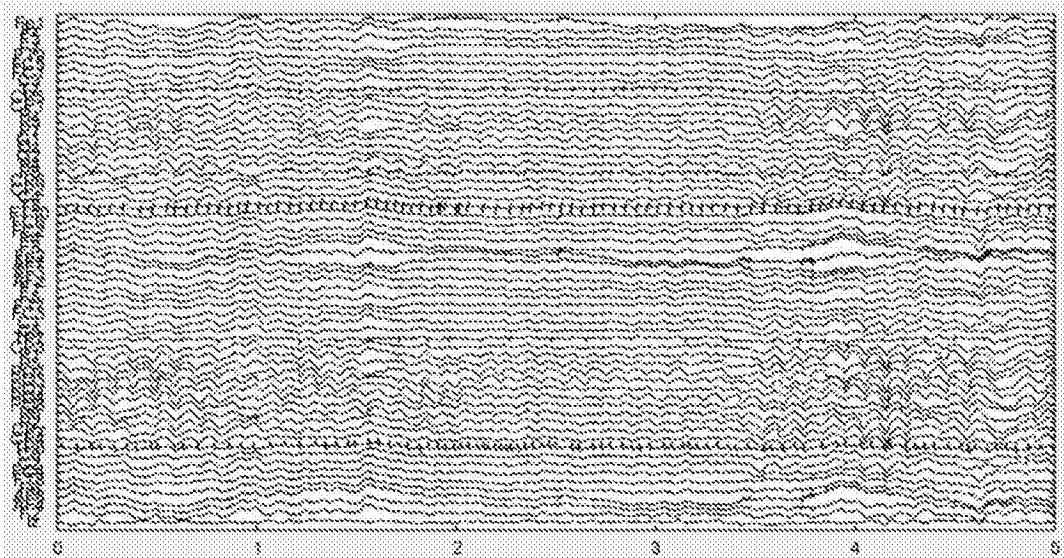


图4

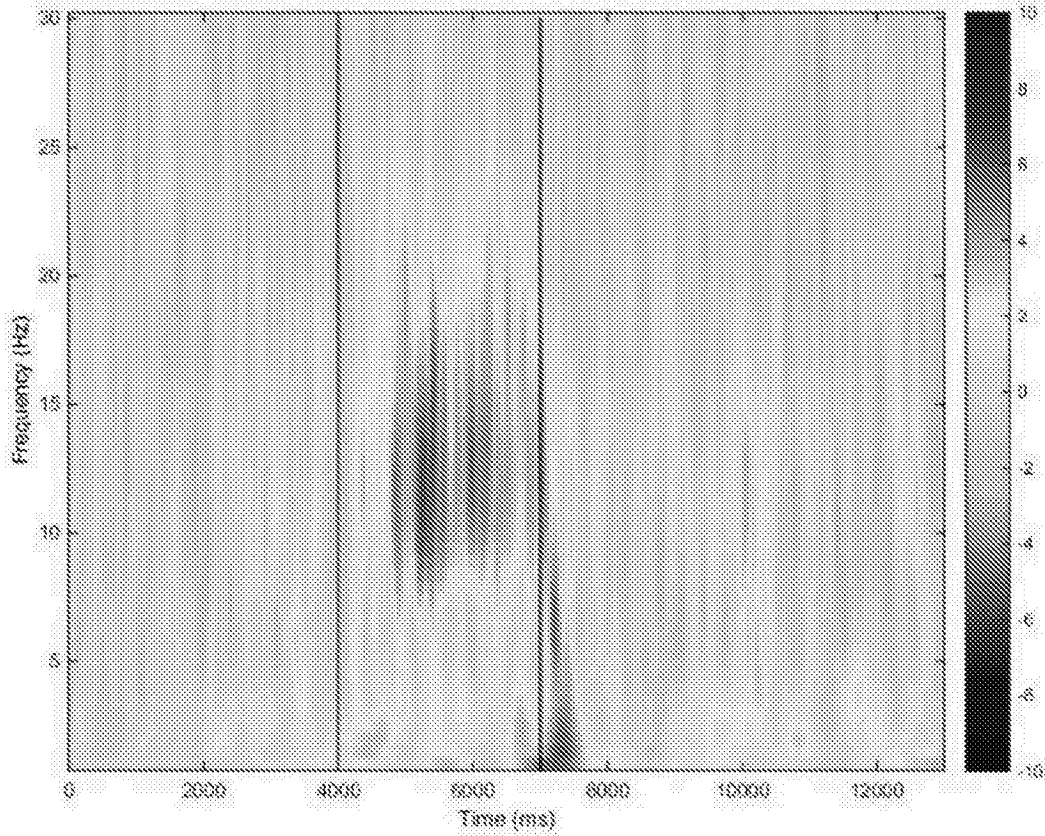


图5

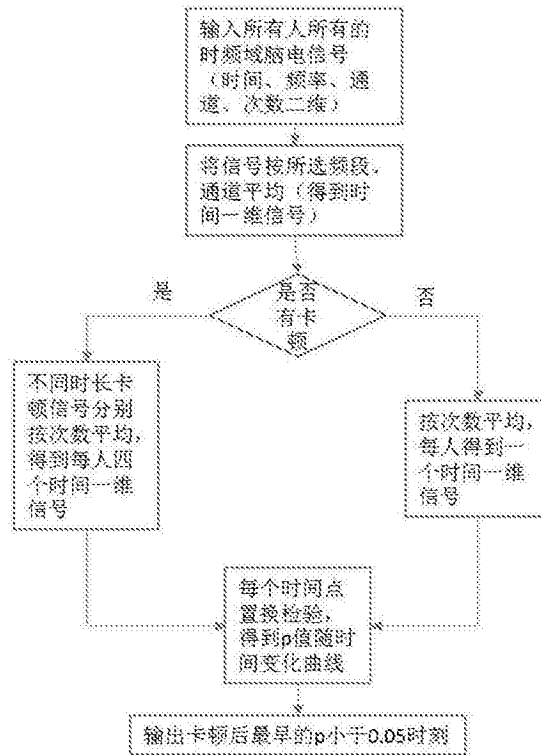


图6

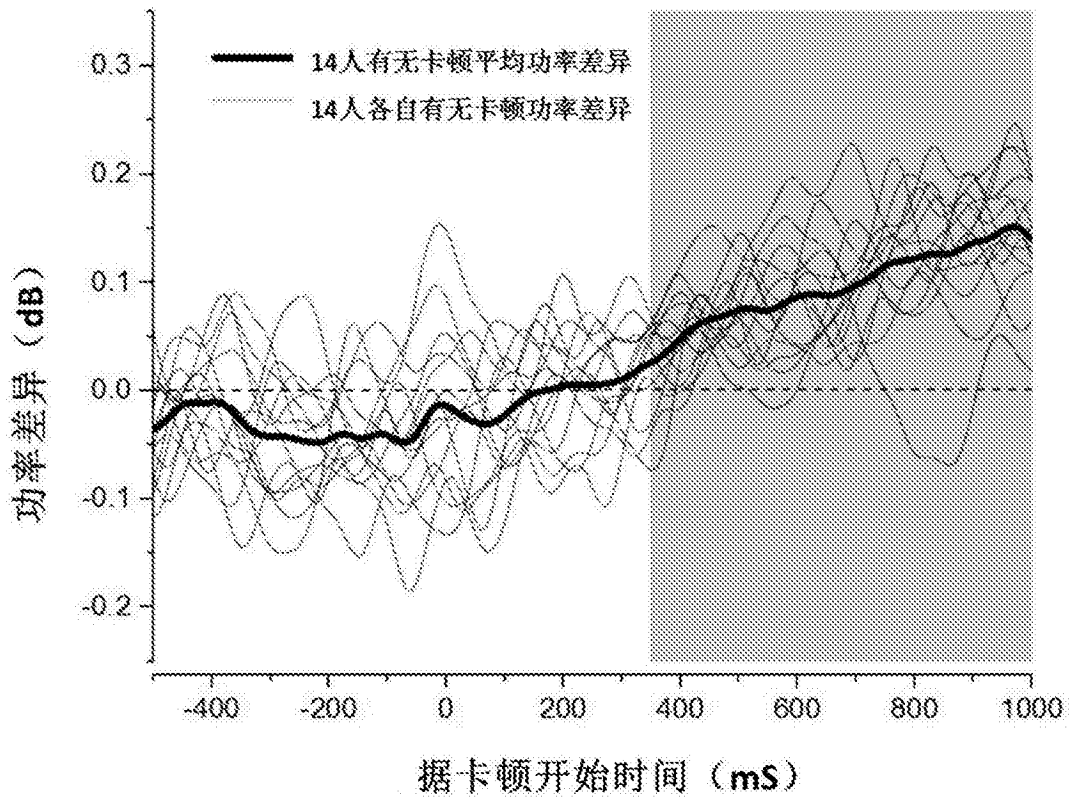


图7