



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105249961 B

(45)授权公告日 2017.11.24

(21)申请号 201510730549.0

A61B 5/00(2006.01)

(22)申请日 2015.11.02

G06K 9/00(2006.01)

(65)同一申请的已公布的文献号

审查员 张玲玲

申请公布号 CN 105249961 A

(43)申请公布日 2016.01.20

(73)专利权人 东南大学

地址 211189 江苏省南京市江宁区东南大学路2号

(72)发明人 曾洪 赵维政 焦越 王乙 李敬
王玲 宋爱国

(74)专利代理机构 南京瑞弘专利商标事务所
(普通合伙) 32249

代理人 朱亮淞

(51)Int.Cl.

A61B 5/0476(2006.01)

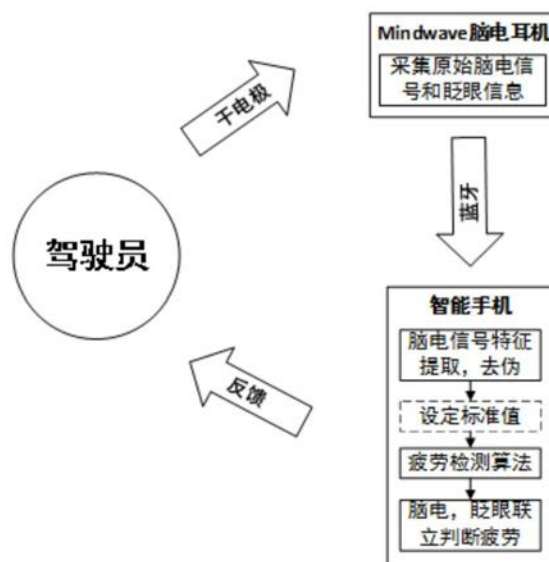
权利要求书2页 说明书7页 附图3页

(54)发明名称

基于蓝牙脑电耳机的实时驾驶疲劳检测系统及检测方法

(57)摘要

本发明公开了一种检测疲劳状态的方法,通过采集驾驶员的脑电信号和眨眼信号,联合判断驾驶员精神状态并将疲劳警告信号反馈给驾驶员。其过程为:使用Mindwave蓝牙脑电耳机采集脑电波和眨眼信号,利用离散短时傅里叶变化对原始脑电信号Rawdata进行特征提取和去除伪迹。将处理得到的Low alpha,High alpha和theta波与正常状态下的脑电信号进行比较,得出三种脑电疲劳参数。结合驾驶员的眨眼频率,将脑电疲劳参数按权值相加,根据结果得出正常,轻微,疲劳,较疲劳,严重疲劳五种精神特征,并通过智能手机实时将疲劳警告信号反馈给驾驶员,提醒驾驶员及时休息。本发明联合脑电和眨眼频率进行疲劳检测,可增强系统检测的精度和鲁棒性,具有佩戴方便,效率高等特点。



1. 基于蓝牙脑电耳机的实时驾驶疲劳检测系统的检测方法, 其特征在于, 该检测系统包括脑电耳机和智能终端, 所述脑电耳机一个输入端与使用者前额的脑电传感器连接, 另一个输入端与使用者耳部电极连接, 通过干电极获得使用者FP1和A1信道的脑电波电压变化, 所述脑电耳机将反映脑电强度的数字信号输出至智能终端进行疲劳驾驶检测; 检测方法为: 首先系统提示驾驶员将脑电耳机正确佩戴, 将前额传感器贴于左前额, 将耳套圈的耳夹夹在耳垂上, 确保传感器与额头、耳夹与耳垂完全接触, 并建立脑电耳机与智能终端的连接配对;

包括以下步骤:

第一步: 读取脑电耳机数据并传至智能终端, 脑电耳机数据中包含原始脑电信号Rawdata和眨眼信息;

第二步, 智能终端对第一步收到的原始脑电信号Rawdata通过离散短时傅里叶变换的方法, 进行特征提取和去除其中的干扰信号, 分离出三种需要的脑电信号theta, low alpha, high alpha;

第三步, 利用脑电耳机提供的眨眼数据接口, 记录每分钟眨眼次数, 得到眨眼频率E;

第四步, 利用第二步处理得到的脑电信号Rawdata, 求取不疲劳时所述三种脑电特征信号theta, low alpha, high alpha的正常值, 设定其为疲劳检测判断的标准值;

第五步, 将之后读到的所述三种实时脑电信号数据theta, low alpha, high alpha与第四步得到的标准值分别进行比较, 得出三种疲劳参数;

第六步, 根据眨眼频率E和三种疲劳参数判断驾驶员疲劳程度值, 并将疲劳程度值通过智能终端反馈给驾驶员, 从而实现基于蓝牙脑电耳机的实时驾驶疲劳检测系统。

2. 根据权利要求1所述基于蓝牙脑电耳机的实时驾驶疲劳检测系统的检测方法, 其特征在于:

所述第二步包括以下过程:

利用离散短时傅里叶变换, 将脑电信号Rawdata从时域变换到频域, 进行特征提取, 将脑电中theta, low alpha, high alpha三种脑电信号提取出来, 同时将原始脑电信号Rawdata中高频眨眼肌肉抖动或低频眼动伪迹去除; 离散短时傅里叶变换公式如下:

$$\text{STFT}\{x[n]\}(m, n) = X(w_k) = \sum_{n=0}^{R+1} \{x[n]w(n-m)\} \cdot e^{-jw_k n}$$

$x[n]$ 是输入的离散信号, 即原始脑电信号Rawdata;

$X(w_k)$ 是 $x[n]w(n-m)$ 的短时傅里叶变化结果;

R 表示窗口长度;

w_k 是固定的中心频率;

$w[n]$ 表示窗函数, 此发明中用到海明窗, 可以抵消高频信号的干扰, 函数表达式如下:

$$w(n) = 0.53836 - 0.46164 \cos\left(\frac{2\pi n}{N-1}\right)$$

将上面两式合并, 即可得到窗函数为海明窗的离散短时傅里叶变换公式:

$$\text{STFT}\{x[n]\}(m, n) = X(w_k) = \sum_{n=0}^{R+1} x[n] \cdot \left(0.53836 - 0.46164 \cos\left(\frac{2\pi(n-m)}{N-1}\right)\right) \cdot e^{-jw_k n}$$

将窗口长度R设为2s,每次采样1024个点;根据theta:4-7Hz,low alpha:8-9Hz,high alpha:12-14Hz各自的频率段,将固定中心频率 w_k 分别设为 $w_1=5.5\text{Hz}$, $w_2=8.5\text{Hz}$, $w_3=13\text{Hz}$,带入上面的变换公式,即可频域中提取分离得到theta,low alpha,high alpha各自的频率谱,分别表示为 $X_t(w_1)$, $X_{al}(w_2)$, $X_{ah}(w_3)$,利用短时傅里叶反变换,公式如下:

$$T(n) = \frac{1}{L} \sum_m \sum_n^{L-1} X_t(w_1) e^{j \frac{2\pi}{L} n}$$

$$A_l(n) = \frac{1}{L} \sum_m \sum_n^{L-1} X_{al}(w_2) e^{j \frac{2\pi}{L} n}$$

$$A_h(n) = \frac{1}{L} \sum_m \sum_n^{L-1} X_{ah}(w_3) e^{j \frac{2\pi}{L} n}$$

L为频率采样点数,因为窗口长度为2s,结合本检测系统的采样频率, $L=1024$,即可得到时域中theta,low alpha,high alpha的实时变化值T, A_l , A_h 。

3. 根据权利要求1或2所述基于蓝牙脑电耳机的实时驾驶疲劳检测系统的检测方法,其特征在于:所述第四步包括以下过程:

第一次读取数据时,首先 A_l , A_h ,T各取30个值,求平均值,作为正常状态的标准值,用 C_{al} , C_{ah} , C_t 分别表示low alpha,high alpha,theta的标准值。

4. 根据权利要求3所述基于蓝牙脑电耳机的实时驾驶疲劳检测系统的检测方法,其特征在于,所述第五步包括以下步骤:

将之后读到的实时脑电数据 A_l , A_h ,T与标准值 C_{al} , C_{ah} , C_t 分别进行比较,得出三种疲劳参数:

(1) low alpha的比较:

如果 $A_l < X_{al} \cdot C_{al}$,则low alpha的疲劳参数 $S_1=2$; $X_{al}=0.7$

(2) high alpha的比较:

如果 $A_h < X_{ah} \cdot C_{ah}$,则high alpha的疲劳参数 $S_2=2$; $X_{ah}=0.6$

(3) theta的比较:

如果 $T < X_t \cdot C_t$,则theta的疲劳参数 $S_3=2$; $X_t=0.7$ 。

5. 根据权利要求4所述基于蓝牙脑电耳机的实时驾驶疲劳检测系统的检测方法,其特征在于,所述第六步包括以下步骤:

将三种疲劳参数按权重相加,得出疲劳程度值;公式如下:

$$S = S_1 \cdot 2 + S_2 + S_3$$

根据眨眼频率和脑电疲劳特征联和判断驾驶员疲劳程度;分以下情况:

(1)、如果 $E \leq 7$,或者 $E \geq 20$,直接向驾驶员发出警告3严重疲劳警告;

(2)、如果 $7 < E < 20$ 且 $S \geq 4$,则根据三种疲劳参数判断驾驶员疲劳程度值: $S=4$,发出警告1疲劳信号警告; $S=6$,发出警告2较疲劳信号警告; $S=8$,发出警告3严重疲劳信号警告;

(3)、如果 $7 < E < 20$ 且 $S < 4$,不发出警告;

警告等级:警告3>警告2>警告1。

基于蓝牙脑电耳机的实时驾驶疲劳检测系统及检测方法

技术领域

[0001] 本发明涉及实时检测驾驶员驾驶疲劳状态的方法和设备,特别是包含一种基于MindWave脑电耳机和智能手机的驾驶员疲劳检测方法及系统。

背景技术

[0002] 随着现代交通运输业的飞速发展,交通事故已成为当前全球所面临的严重问题,研究如何有效预防和监测驾驶员疲劳驾驶状态具有重要的现实意义。疲劳驾驶是指由于驾驶员长时间连续驾驶车辆,产生生理机能和心理机能的失调,而在客观上出现驾驶技能下降的现象。

[0003] 目前驾驶员疲劳检测技术一般可分为主观检测和客观监测,主观检测是由自己或他人,通过主观调查表,驾驶员自我记录表等进行的疲劳评定。客观监测可分为:基于驾驶员生理信号特征,基于驾驶员操作特征,基于车辆行驶状态和多特征信息融合的检测方法。从生理学的角度,疲劳的状态可通过对脑电、眨眼频率等体征的变化来进行监测,这也是目前公认的最为有效的监测方法。

[0004] 本发明将基于NeuroSky公司最新研发的Mindwave脑电耳机采集驾驶员的脑电及眨眼信号,并通过蓝牙技术将数据发送给智能手机,经过特征提取和分类,检测驾驶员是否疲劳驾驶,最后再将疲劳信息及时反馈给驾驶员。

发明内容

[0005] 发明目的:为了克服现有技术中存在的不足,本发明提供一种基于蓝牙脑电耳机的实时驾驶疲劳检测系统及检测方法,克服了现有关于驾驶疲劳检测研究中,大型脑机接口设备体积大,费用高,不能广泛应用于实际的缺点,具有体积小,成本低,使用简单,携带方便等优点。

[0006] 技术方案:为实现上述目的,本发明采用的技术方案为:

[0007] 基于蓝牙脑电耳机的实时驾驶疲劳检测系统,包括脑电耳机和智能终端,所述脑电耳机一个输入端与使用者前额的脑电传感器连接,另一个输入端与使用者耳部电极连接,通过干电极获得使用者FP1和A1信道的脑电波电压变化,所述脑电耳机将反映脑电强度的数字信号输出至智能终端进行疲劳驾驶检测。

[0008] 基于蓝牙脑电耳机的实时驾驶疲劳检测系统的检测方法,首先提示驾驶员将耳机正确佩戴,将前额传感器贴于左前额,将耳套圈的耳夹夹在耳垂上,确保传感器与额头、耳夹与耳垂完全接触,并建立脑电耳机与智能终端的连接配对;

[0009] 包括以下步骤:

[0010] 第一步:读取脑电耳机数据并传至智能终端,脑电耳机数据中包含原始脑电信号Rawdata和眨眼信息;

[0011] 第二步,智能终端对第一步收到的原始脑电信号Rawdata通过离散短时傅里叶变换的方法,进行特征提取和去除其中的干扰信号,分离出三种需要的脑电信号theta,low

alpha,high alpha;

[0012] 第三步,利用脑电耳机提供的眨眼数据接口,记录每分钟眨眼次数,得到眨眼频率E;

[0013] 第四步,利用第二步处理得到的脑电信号Rawdata,求取不疲劳时三种脑电特征信号的正常值,设定其为疲劳检测判断的标准值。

[0014] 第五步,将之后读到的三种实时脑电信号数据与第四步得到的标准值分别进行比较,得出三种疲劳参数;

[0015] 第六步,根据眨眼频率E和三种疲劳参数判断驾驶员疲劳程度值,并将疲劳程度值通过智能终端反馈给驾驶员,从而实现基于蓝牙脑电耳机的实时驾驶疲劳检测系统。

[0016] 进一步的,上述第二步包括以下过程:

[0017] 利用离散短时傅里叶变换,将脑电信号Rawdata从时域变换到频域,进行特征提取,将脑电信号中theta,low alpha,high alpha三种脑电信号提取出来,同时将原始脑电信号Rawdata中高频眨眼肌肉抖动或低频眼动伪迹去除;离散短时傅里叶变换公式如下:

$$[0018] \quad \text{STFT}\{x[n]\}(m,n) = X(w_k) = \sum_{n=0}^{R+1} \{x[n]w(n-m)\} \cdot e^{-jw_k n}$$

[0019] $x[n]$ 是输入的离散信号,即原始脑电信号Rawdata;

[0020] $X(w_k)$ 是 $x[n]w(n-m)$ 的短时傅里叶变化结果。

[0021] R 表示窗口长度;

[0022] w_k 是固定的中心频率;

[0023] $w[n]$ 表示窗函数,此发明中用到海明窗,可以抵消高频信号的干扰,函数表达式如下:

$$[0024] \quad w(n) = 0.53836 - 0.46164 \cos\left(\frac{2\pi n}{N-1}\right)$$

[0025] 将上面两式合并,即可得到窗函数为海明窗的离散短时傅里叶变换公式:

$$[0026] \quad \text{STFT}\{x[n]\}(m,n) = X(w_k) = \sum_{n=0}^{R+1} x[n] \cdot \left(0.53836 - 0.46164 \cos\left(\frac{2\pi(n-m)}{N-1}\right)\right) \cdot e^{-jw_k n}$$

[0027] 将窗口长度 R 设为2s,每次采样1024个点;根据theta:4-7Hz,low alpha:8-9Hz,high alpha:12-14Hz各自的频率段,将固定中心频率 w_k 分别设为 $w_1=5.5\text{Hz}$, $w_2=8.5\text{Hz}$, $w_3=13\text{Hz}$,带入上面的变换公式,即可频域中提取分离得到theta,low alpha,high alpha各自的频率谱,分别表示为 $X_t(w_1)$, $X_{al}(w_2)$, $X_{ah}(w_3)$,利用短时傅里叶反变换,公式如下:

$$[0028] \quad T(n) = \frac{1}{L} \sum_m \sum_n X_t(w_1) e^{j\frac{2\pi}{L} n}$$

$$[0029] \quad A_l(n) = \frac{1}{L} \sum_m \sum_n X_{al}(w_2) e^{j\frac{2\pi}{L} n}$$

$$[0030] \quad A_h(n) = \frac{1}{L} \sum_m \sum_n X_{ah}(w_3) e^{j\frac{2\pi}{L} n}$$

- [0031] L为频率采样点数,因为窗口长度为 $2s$,结合本硬件的采样频率, $L=1024$ 。
- [0032] 即可得到时域中 θ ,low alpha,high alpha的实时变化值 T, A_l, A_h 。
- [0033] 进一步的,上述第四步包括以下过程:
- [0034] 第一次读取数据时,首先 A_l, A_h, T 各取30个值,求平均值,作为正常状态的标准值,用 C_{al}, C_{ah}, C_t 分别表示low alpha,high alpha, θ 的标准值。
- [0035] 进一步的,上述第五步包括以下步骤:
- [0036] 将之后读到的实时脑电数据 A_l, A_h, T 与标准值 C_{al}, C_{ah}, C_t 分别进行比较,得出三种疲劳参数:
- [0037] (1) low alpha的比较:
- [0038] 如果 $A_l < X_{al} \cdot C_{al}$,则low alpha的疲劳参数 $S_1=2; X_{al}=0.7$
- [0039] (2) high alpha的比较:
- [0040] 如果 $A_h < X_{ah} \cdot C_{ah}$,则high alpha的疲劳参数 $S_2=2; X_{ah}=0.6$
- [0041] (3) θ 的比较:
- [0042] 如果 $T < X_t \cdot C_t$,则 θ 的疲劳参数 $S_3=2; X_t=0.7$;
- [0043] 进一步的,上述第六步包括以下步骤:
- [0044] 将三种疲劳参数按权重相加,得出疲劳程度值;公式如下:
- [0045] $S = S_1 \cdot 2 + S_2 + S_3$
- [0046] 根据眨眼频率 E 和三种疲劳参数判断驾驶员疲劳程度值;分以下情况:
- [0047] (1) 如果 $E \leq 7$,或者 $E \geq 20$,直接向驾驶员发出警告3严重疲劳信号警告;
- [0048] (2) 如果 $7 < E < 20$ 且 $S \geq 4$,则根据三种疲劳参数判断驾驶员疲劳程度值: $S=4$,发出警告1疲劳信号警告; $S=6$,发出警告2较疲劳信号警告; $S=8$,发出警告3严重疲劳信号警告;
- [0049] (3) 如果 $7 < E < 20$ 且 $S < 4$,不发出警告;
- [0050] 警告等级:警告3>警告2>警告1。
- [0051] 有益效果:本发明基于消费级的可穿戴脑电耳机设备进行开发,克服了现有关于驾驶疲劳检测研究中,大型脑机接口设备体积大,费用高,不能广泛应用于实际的缺点,具有体积小,成本低,使用简单,携带方便等优点。
- [0052] 同时,利用脑电变化判断眨眼行为,不会受到光线变化,个体眼睛大小的差异等因素的影响。联合脑电波和眨眼两种方法进行驾驶疲劳检测,可增强系统检测的精度和鲁棒性。算法上通过使用每个人的清醒状态作为判断标准,避免了个体的差异性。
- [0053] 本发明的效果是能对驾驶员的精神状态进行实时监测,在驾驶员出现疲劳特征的后及时警告,降低发生交通事故的风险。

附图说明

- [0054] 图1是本发明基于脑电耳机的驾驶员疲劳检测系统整体框架图。
- [0055] 图2是本发明的系统结构图。
- [0056] 图3是本发明的算法设计流程图。
- [0057] 图4是本发明的短时傅里叶变换时海明窗函数时域和频域的函数图。
- [0058] 图5是本发明脑电波和眨眼联合判断疲劳的算法流程图。

具体实施方式

[0059] 下面结合附图对本发明作更进一步的说明。

[0060] 本发明的目的是提出了一种利用脑电波和眨眼频率两种检测方法联立作用的驾驶员疲劳驾驶检测系统。本发明使用设备包含脑电耳机和智能终端,所述智能终端选用智能手机,其中:

[0061] 脑电耳机,是采用由NeuroSky公司的MindWaveMobile蓝牙脑电耳机,一个输入端与使用者前额的脑电传感器相连,另一个输入端与使用者耳部电极相连,通过干电极得到使用者FP1和A1信道的脑电波电压变化;脑电耳机设备内置ThinkGear芯片,可对采集到的脑电电压进行预处理,得到反映脑电强度的数字信号输出;脑电耳机上集成无线蓝牙模块,支持蓝牙A2DP协议,有效通讯距离为10米,波特率为115200bps。

[0062] 智能手机是运行由Google开发的Android操作系统的手机,依次按照以下步骤进行疲劳驾驶检测:

[0063] 步骤1,连接脑电设备,读取原始脑电信号Rawdata和眨眼信息,并将数据传输给手机服务器:

[0064] 脑电耳机原始脑电信号Rawdata中包含10种特征波,比如: α 波, θ 波等,通过内置算法拟合为几个特征波形,形成眨眼检测,信号质量检测等。本发明中,通过测量 α 波, θ 波两个脑电参数和眨眼频率反映疲劳状态,表1是脑电波的频段划分以及不同类型脑电波所反映出的脑部精神状态。

[0065] 表1 脑电波频段划分及其脑部精神状态

波形种类		频率	精神状态
θ 波		4-7Hz	直觉的, 回忆, 幻想, 想象, 浅睡
α 波	Lowalpha	8-9Hz	临睡前头脑茫茫然的状态。意识逐渐走向模糊
	Highalpha	12-14Hz	高度警觉, 无暇他顾的状态

[0067] 正常情况下,人眼平均一分钟内眨眼10至15次,平均每隔4至5秒眨眼一次,每次眨眼过程持续0.2秒左右。有研究表明若精神萎靡不振或疲倦时,则眨眼次数增加。若驾驶员走神,目光呆滞时,眨眼次数较低。对于驾驶来说,这两种情况都比较危险,都需要对司机发出警告。所以,结合本硬件,将眨眼频率的阈值设定为:下限不低于7次/分,上限不高于20次/分。

[0068] 步骤2,手机服务器通过蓝牙对来自脑电耳机的数据接收,并利用离散短时傅里叶变换进行特征提取,同时从原始脑电波信号中分离眼动和肌肉抖动等干扰信号,得到本发明需要的三种脑电波频段波形:

[0069] 脑电信号属于非平稳信号,一般频率在0.5-100Hz,本发明中有效频率是4-14Hz,需要利用离散短时傅里叶变换将时域转换到频域,公式如下:

$$[0070] \quad \text{STFT}\{x[n]\}(m,n) = X(w_k) = \sum_{n=0}^{N+1} \{x[n]w(n-m)\} \cdot e^{-jw_k n}$$

[0071] $x[n]$ 是输入的离散信号,即原始脑电信号Rawdata;

[0072] $X(w_k)$ 是 $x[n]w(n-m)$ 的短时傅里叶变化结果。

[0073] R 表示窗口长度；

[0074] w_k 是固定的中心频率；

[0075] $w[n]$ 表示窗函数。

[0076] 当频率固定时, $X(w_k)$ 可以看做是信号经过一个中心频率是 w_k 的带通滤波器产生的输出。因为此处选择海明窗作为窗函数, 具有低通频率响应的特点, 而指数 $e^{-jw_k n}$ 对 $x(n)$ (此处代表原始脑电信号 Rawdata) 有调制作用, 可使频谱产生位移, 即将 $x(n)$ 频谱中对应于 w_k 的分量平移到零频, 起到了带通滤波器的作用。

[0077] 相较而言, 肌肉和眨眼伪迹频率要高很多, 眼动伪迹的频率则较低。利用脑电信号和干扰伪迹信号频率特征差异, 将原始的脑电波信号通过离散短时傅里叶变换的方法, 将 w_k 分别设为 $w_1=5.5\text{Hz}$, $w_2=8.5\text{Hz}$, $w_3=13\text{Hz}$, 则可分离出 4-7Hz, 8-9Hz, 12-14Hz 三个有效频段, 与此同时, 去除脑电波信号中来自眼动和肌肉抖动等伪迹的干扰。最后经过短时傅里叶反变换得到 $\theta, \text{low alpha}, \text{high alpha}$ 的随时间实时变化的值。

[0078] 步骤3测量一分钟内眨眼次数, 根据眨眼频率判断疲劳状态:

[0079] 在本发明中, 结合本硬件, 当驾驶员眨眼频率低于7次/分钟, 或高于20次/分钟时, 判定处于严重疲劳状态; 当眨眼频率处于7-20次/分钟时, 结合脑电特征进行疲劳判断。

[0080] 步骤4, 当驾驶员开始使用软件时, 首先读取30个脑电波参数数据, 取平均值作为接下来疲劳判断的标准值, 用 C_{al}, C_{ah}, C_t 分别表示 $\text{low alpha}, \text{high alpha}, \theta$ 的标准值。

[0081] 步骤5, 将之后读到的实时数据 A_l, A_h, T 与标准值 C_{al}, C_{ah}, C_t 进行比较, 得出三种疲劳参数。

[0082] 实时测得的脑电波参数值和正常状态的标准值进行比较, 由于实验测得, Low alpha 在判断疲劳状态时比 High alpha 和 θ 更加灵敏, 所以给它赋予两倍的权值。根据三种疲劳参数乘以权值相加, 得到正常, 轻微, 疲劳, 较疲劳, 严重疲劳五种体征状态判断。

[0083] 步骤6, 联合脑电疲劳参数和眨眼频率最后判断得出疲劳程度的判定, 标准如下

[0084] 脑电波和眨眼联合判断驾驶员疲劳状态中, 当检测到驾驶员眨眼频率低于7次/分钟, 或高于20次/分钟时, 直接向驾驶员发出严重疲劳反馈提示。当眨眼频率处于7-20次/分钟时, 根据脑电特征的疲劳判断, 向驾驶员发送反馈信息。

[0085] 实施例:

[0086] 本发明采用 MindWave Mobile 和 Android 智能手机组成驾驶员疲劳驾驶检测系统。基于脑电耳机的驾驶员疲劳驾驶检测系统的整体框架图如附图1。其包括两部分构成, 驾驶员和手机服务器。该系统的结构图, 见附图2, 驾驶员头戴 MindWave Mobile 脑电耳机, 耳机通过其贴在前额和耳部的干电极实时获取驾驶员的脑电波电压值, 通过内置算法, 将电压值转换成反映脑电波参数特征的数字信号, 通过蓝牙发送至智能书籍服务器端, 智能手机根据疲劳判断程序中的算法, 得出当前驾驶员的疲劳状态, 通过手机语音和震动的方式反馈给驾驶员。

[0087] 系统的疲劳检测算法, 见附图3。

[0088] 步骤一, 提示驾驶员将脑电耳机正确佩戴, 将前额传感器贴于左前额, 将耳圈套的耳夹夹在耳垂上, 确保传感器与额头、耳夹与耳垂完全接触。并启动蓝牙连接配对。

[0089] 步骤二, 脑电耳机通过内置的算法将采集到的前额原始脑电波电压 U 转换成原始

数字脑电信号Rawdata,通过蓝牙传送至手机服务器。转换公式如下:

$$[0090] \quad \text{rawdata} = \frac{U \cdot 2000}{1.8} \cdot 4096$$

[0091] 步骤三,手机服务器蓝牙接收来自脑电耳机送来的数据,将Rawdata从时域变换到频域,进行特征提取,将脑电中theta,low alpha,high alpha三种脑电信号提取出来,同时将原始脑电信号Rawdata中高频眨眼肌肉抖动,低频眼动等伪迹去除。离散短时傅里叶变换公式如下:

$$[0092] \quad \text{STFT}\{x[n]\}(m,n) = X(w_k) = \sum_{n=0}^{R+1} \{x[n]w(n-m)\} \cdot e^{-jw_k n}$$

[0093] $x[n]$ 是输入的离散信号,即原始脑电信号Rawdata;

[0094] $X(w_k)$ 是 $x[n]w(n-m)$ 的短时傅里叶变化结果。

[0095] R 表示窗口长度;

[0096] w_k 是固定的中心频率;

[0097] $w[n]$ 表示窗函数,

[0098] 此发明中用到海明窗,可以抵消高频信号的干扰,海明窗函数的时域和频域函数图如图4所示,函数表达式如下:

$$[0099] \quad w(n) = 0.53836 - 0.46164 \cos\left(\frac{2\pi n}{N-1}\right)$$

[0100] 将上面两式合并,即可得到窗函数为海明窗的离散短时傅里叶变换公式:

$$[0101] \quad \text{STFT}\{x[n]\}(m,n) = X(w_k) = \sum_{n=0}^{R+1} x[n] \cdot \left(0.53836 - 0.46164 \cos\left(\frac{2\pi(n-m)}{N-1}\right)\right) \cdot e^{-jw_k n}$$

[0102] 将窗口长度 R 设为 $2s$,每次采样1024个点。根据theta:4-7Hz,low alpha:8-9Hz,high alpha:12-14Hz各自的频率段,将固定中心频率 w_k 分别设为 $w_1=5.5\text{Hz}$, $w_2=8.5\text{Hz}$, $w_3=13\text{Hz}$,带入上面的变换公式,即可频域中提取分离得到theta,low alpha,high alpha各自的频率谱,分别表示为 $X_t(w_1)$, $X_{al}(w_2)$, $X_{ah}(w_3)$,利用短时傅里叶反变换,公式如下:

$$[0103] \quad T(n) = \frac{1}{L} \sum_m \sum_n^{L-1} X_t(w_1) e^{j\frac{2\pi}{L} n}$$

$$[0104] \quad A_l(n) = \frac{1}{L} \sum_m \sum_n^{L-1} X_{al}(w_2) e^{j\frac{2\pi}{L} n}$$

$$[0105] \quad A_h(n) = \frac{1}{L} \sum_m \sum_n^{L-1} X_{ah}(w_3) e^{j\frac{2\pi}{L} n}$$

[0106] L 为频率采样点数,因为窗口长度为 $2s$,结合本硬件的采样频率, $L=1024$ 。

[0107] 即可得到时域中theta,low alpha,high alpha的实时变化值 T, A_l, A_h 。

[0108] 步骤四,利用耳机提供的眨眼数据接口,实时记录每分钟驾驶员的眨眼次数 E ,得到眨眼频率 E 。(单位:次/分钟)

[0109] 步骤五,判断是否是第一次读取数据,如果是,则在该正常状态下,首先 A_l, A_h, T 各取30个值,求平均值,作为正常状态的标准值,用 C_{al}, C_{ah}, C_t 分别表示low alpha,high

alpha, theta的标准值。

[0110] 步骤六, 将之后实时读到的实时数据 A_l, A_h, T 与标准值 C_{al}, C_{ah}, C_t 进行比较, 得出三种疲劳系数:

[0111] (1) low alpha的比较:

[0112] 如果 $A_l < X_{al} \cdot C_{al}$, 则low alpha的疲劳参数 $S_1 = 2$ 。 $(X_{al} = 0.7)$

[0113] (2) high alpha的比较:

[0114] 如果 $A_h < X_{ah} \cdot C_{ah}$, 则high alpha的疲劳参数 $S_2 = 2$ 。 $(X_{ah} = 0.6)$

[0115] (3) theta的比较:

[0116] 如果 $T < X_t \cdot C_t$, 则theta的疲劳参数 $S_3 = 2$ 。 $(X_t = 0.7)$

[0117] 步骤七, 根据眨眼频率和脑电疲劳特征联和判断驾驶员疲劳程度: 如图5所示。

[0118] 将三种疲劳参数按权重相加, 得出疲劳程度。公式如下:

[0119] $S = S_1 \cdot 2 + S_2 + S_3$

[0120] 分以下几种情况讨论:

[0121] (1)、如果 $E \leq 7$, 或者 $E \geq 20$, 直接向驾驶员发出表2中警告3严重疲劳警告;

[0122] (2)、如果 $7 < E < 20$ 且 $S \geq 4$, 则根据表2中脑电特征的疲劳判断标准向驾驶员发出对于的警告;

[0123] (3)、如果 $7 < E < 20$ 且 $S < 4$, 不发出警告, 转至上述步骤二。

[0124] 表2 脑电疲劳程度判断

[0125]

情况	程度
$S = 0$	正常
$S = 2$	轻微
$S = 4$	疲劳 (发出警告1)
$S = 6$	较疲劳 (发出警告2)
$S = 8$	严重疲劳 (发出警告3)

[0126] 警告等级: 警告3 > 警告2 > 警告1。

[0127] 本发明基于消费级的可穿戴脑电耳机设备进行开发, 克服了现有关于驾驶疲劳检测研究中, 大型脑机接口设备体积大, 费用高, 不能广泛应用于实际的缺点, 具有体积小, 成本低, 使用简单, 携带方便等优点。同时, 利用脑电变化判断眨眼行为, 不会受到光线变化, 个体眼睛大小的差异等因素的影响。联合脑电波和眨眼两种方法进行驾驶疲劳检测, 可增强系统检测的精度和鲁棒性。算法上通过使用每个人的清醒状态作为判断标准, 避免了个体的差异性。

[0128] 本发明的效果是能对驾驶员的精神状态进行实时监测, 在驾驶员出现疲劳特征的后及时警告, 降低发生交通事故的风险。

[0129] 以上所述仅是本发明的优选实施方式, 应当指出: 对于本技术领域的普通技术人员来说, 在不脱离本发明原理的前提下, 还可以做出若干改进和润饰, 这些改进和润饰也应视为本发明的保护范围。

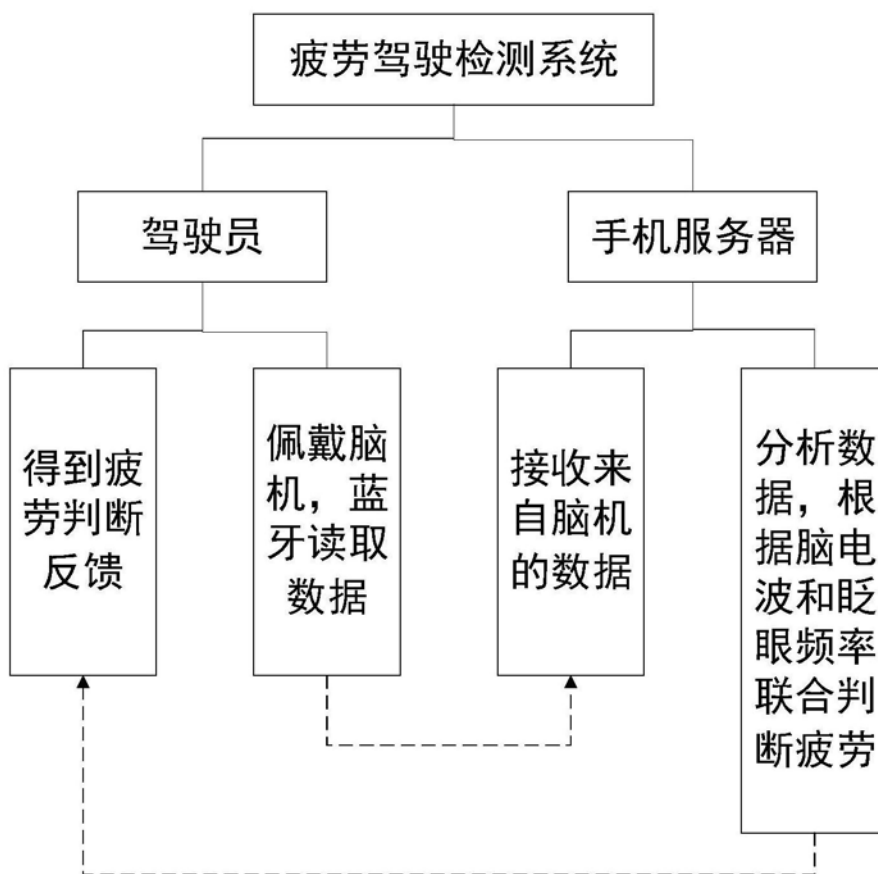


图1

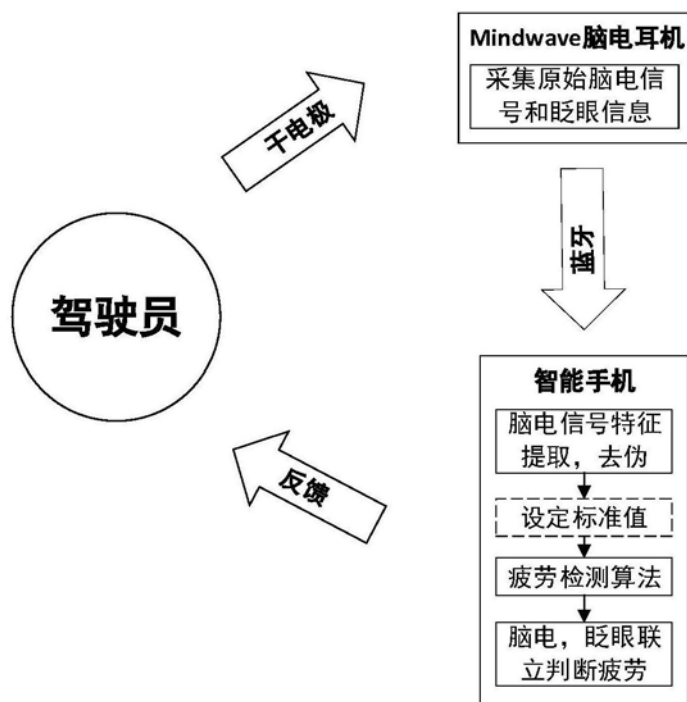


图2

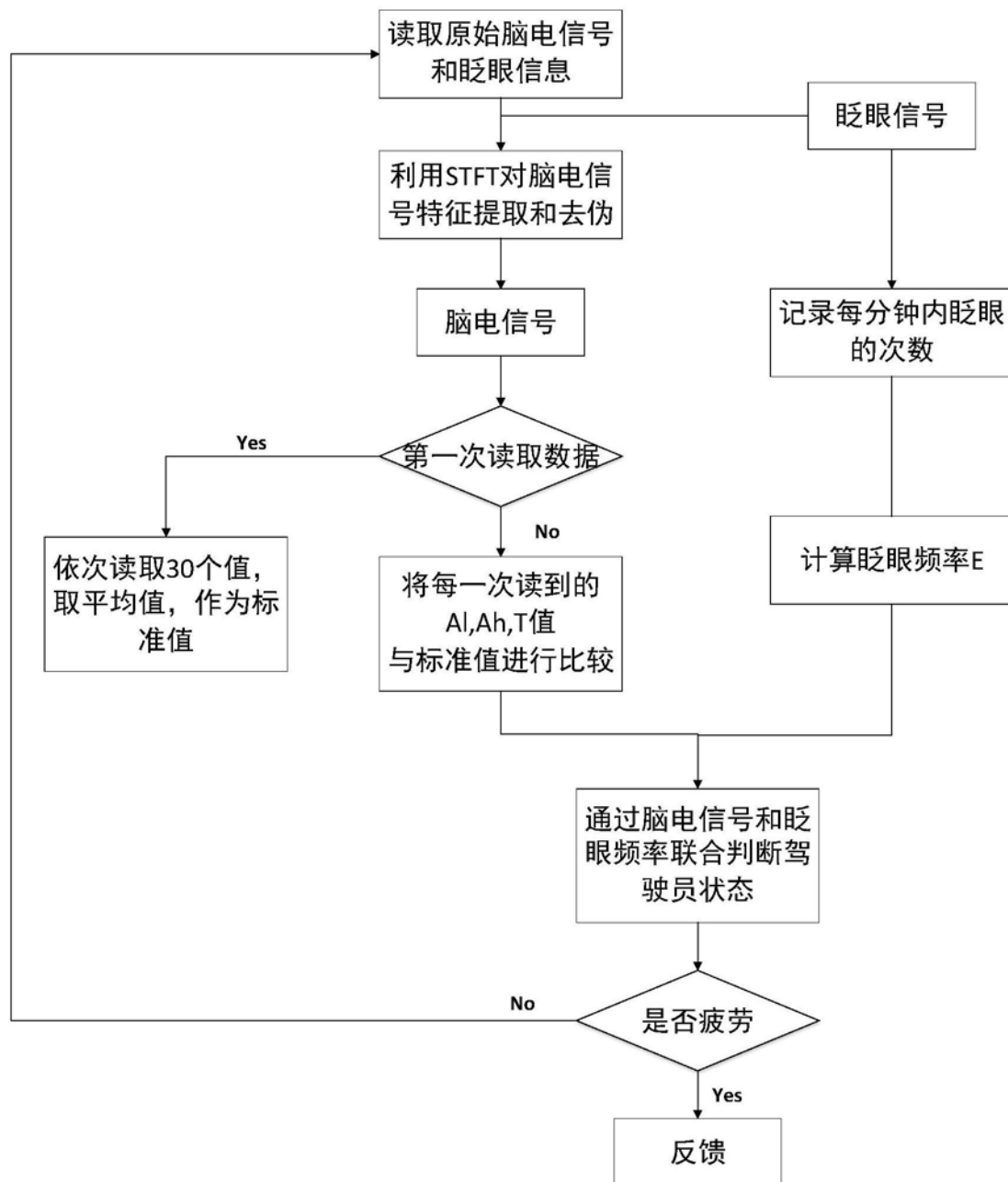


图3

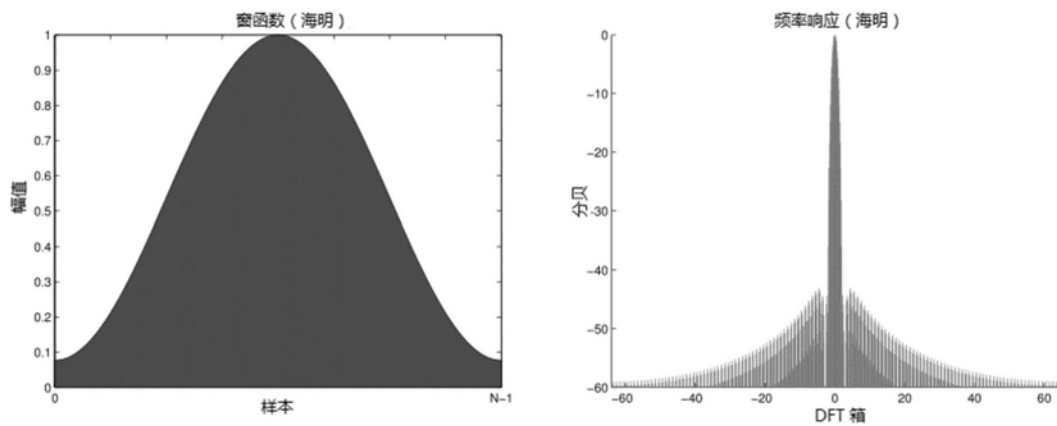


图4

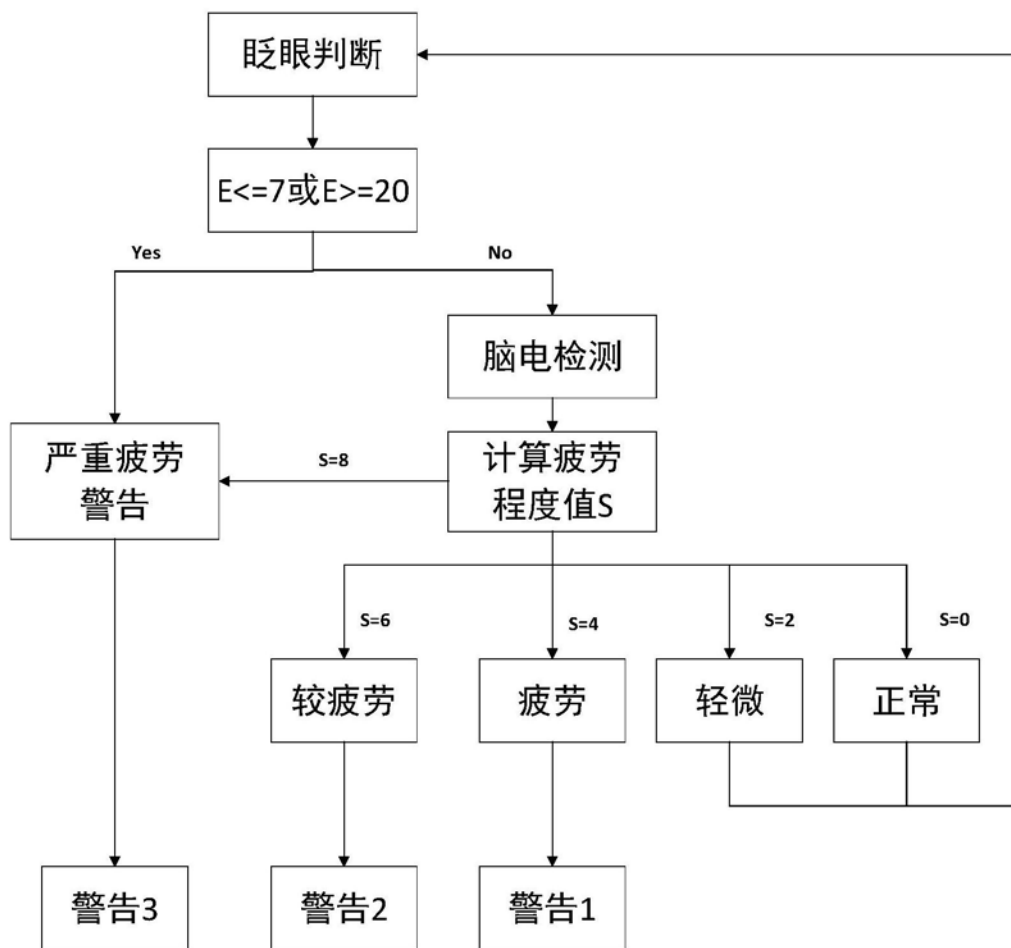


图5

专利名称(译)	基于蓝牙脑电耳机的实时驾驶疲劳检测系统及检测方法		
公开(公告)号	CN105249961B	公开(公告)日	2017-11-24
申请号	CN201510730549.0	申请日	2015-11-02
[标]申请(专利权)人(译)	东南大学		
申请(专利权)人(译)	东南大学		
当前申请(专利权)人(译)	东南大学		
[标]发明人	曾洪 赵维政 焦越 王乙 李敬 王玲 宋爱国		
发明人	曾洪 赵维政 焦越 王乙 李敬 王玲 宋爱国		
IPC分类号	A61B5/0476 A61B5/00 G06K9/00		
审查员(译)	张玲玲		
其他公开文献	CN105249961A		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

本发明公开了一种检测疲劳状态的方法，通过采集驾驶员的脑电信号和眨眼信号，联合判断驾驶员精神状态并将疲劳警告信号反馈给驾驶员。其过程为：使用Mindwave蓝牙脑电耳机采集脑电波和眨眼信号，利用离散短时傅里叶变化对原始脑电信号Rawdata进行特征提取和去除伪迹。将处理得到的Low alpha，High alpha和theta波与正常状态下的脑电信号进行比较，得出三种脑电疲劳参数。结合驾驶员的眨眼频率，将脑电疲劳参数按权值相加，根据结果得出正常，轻微，疲劳，较疲劳，严重疲劳五种精神特征，并通过智能手机实时将疲劳警告信号反馈给驾驶员，提醒驾驶员及时休息。本发明联合脑电和眨眼频率进行疲劳检测，可增强系统检测的精度和鲁棒性，具有佩戴方便，效率高等特点。

