



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2019년03월06일
 (11) 등록번호 10-1954862
 (24) 등록일자 2019년02월27일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
 A61B 5/16 (2006.01) A61B 5/00 (2006.01)
 A61B 5/024 (2006.01) A61B 5/0402 (2006.01)
 (52) CPC특허분류
 A61B 5/168 (2013.01)
 A61B 5/024 (2013.01)
 (21) 출원번호 10-2016-0159425
 (22) 출원일자 2016년11월28일
 심사청구일자 2016년11월28일
 (65) 공개번호 10-2018-0060202
 (43) 공개일자 2018년06월07일
 (56) 선행기술조사문헌
 KR1020160124027 A*
 *는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
 주식회사 감성과학연구소
 서울특별시 종로구 자하문로6길 11-22(통의동)
 (72) 발명자
 황민철
 경기도 고양시 일산동구 경의로 333, 508동 1403호 (마두동, 백마마을5단지아파트)
 김혜진
 서울특별시 은평구 갈현로 133-1, 502호(구산동, 구산동다세대주택)
 (뒷면에 계속)
 (74) 대리인
 리엔특허법인

전체 청구항 수 : 총 4 항

심사관 : 조형희

(54) 발명의 명칭 **심전도 신호의 맥박 및 진폭을 이용한 몰입도 분석 방법**

(57) 요약

몰입도 분석 방법에 개시된다. 분석 방법은:은 특정 자극에 대해 몰입하고 있는 피험자의 ECG 신호를 검출하는 단계; ECG 신호로부터 심박수(BPM)와 실제 진폭(actual amplitude) 데이터를 검출하는 단계; 변수인 맥박 변화에 대응하는 진폭의 변화를 나타내는 다차항 회귀식 모델을 구하는 단계; 상기 회귀식 모델로부터 상기 피험자의 맥박에 대응하는 예측 진폭을 계산하는 단계; 상기 실제 진폭에 대한 예측 진폭의 차(잔차)를 구하는 단계; 상기 예측 진폭에 대한 상기 잔차의 비율을 상기 피험자의 몰입도로 계산하는 단계;를 포함한다.

대표도 - 도5



(52) CPC특허분류

A61B 5/0402 (2013.01)

A61B 5/7235 (2013.01)

A61B 5/7271 (2013.01)

(72) 발명자

이정년

인천광역시 남구 비룡길11번길 16, 403호(용현동,
민경빌라)

김영주

서울특별시 관악구 광신길 160, 106동 806호 (신림
동, 신림1단지주공아파트)

조영호

경기도 남양주시 진접읍 해밀예당3로 104, 2005동
1202호(신영지웰아파트)

명세서

청구범위

청구항 1

특정 자극에 대해 몰입하고 있는 피험자의 ECG 신호를 검출하는 단계;

ECG 신호로부터 심박수(BPM)와 실제 진폭(actual amplitude) 데이터를 검출하는 단계;

변수인 맥박 변화에 대응하는 진폭의 변화를 나타내는 아래의 식으로 표현되는 5차항의 회귀식 모델을 구하는 단계;

상기 회귀식 모델로부터 상기 피험자의 맥박에 대응하는 예측 진폭을 계산하는 단계;

상기 실제 진폭에 대한 예측 진폭의 차(잔차)를 구하는 단계;

상기 예측 진폭에 대한 상기 잔차의 비율을 상기 피험자의 몰입도로 계산하는 단계;를 포함하는 맥박 및 진폭을 이용한 몰입도 분석 방법.

<식>

$$y = A \cdot E - 9x^5 + B \cdot E - 06x^4 + C \cdot x^3 + D \cdot x^2 - E \cdot x + F$$

x: 맥박수

y : 진폭

A, B, C, D, E, F : 상수

청구항 2

삭제

청구항 3

삭제

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 회귀식 모델은 고몰입 태스크(High Engement Task)의 회귀식 모델이며,

상기 상수는 아래와 같은 정수인 것을 특징으로 하는 맥박 및 진폭을 이용한 몰입도 분석 방법.

$$A = -4.34 \pm 10\%, B = 1.9 \pm 10\%, C = -0.000319 \pm 10\%, D = 0.02536 \pm 10\%$$

$$E = -0.9381 \pm 10\%, F = 13.127 \pm 10\%$$

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 회귀식 모델은 저몰입 태스크(Low Engagement Task)의 회귀식 모델이며,

상기 상수는 아래와 같은 정수이며 $\pm 10\%$ 의 변동 범위를 가지는 것을 특징으로 하는 맥박 및 진폭을 이용한 몰입도 분석 방법.

$$A: 4.505, B: -2.145, C: 0.000395, D: -0.03516, E: 1.5048 E: -24.1143$$

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 회귀식 모델은 중립 상태의 회귀식 모델이며,

상기 상수는 아래와 같은 정수이며 $\pm 10\%$ 의 변동 범위를 가지는 것 것을 특징으로 하는 맥박 및 진폭을 이용한 몰입도 분석 방법.

A: 1.66, B: - 6.6, C: 0.001015, D: - 0.07493, E: 2.64916, F: - 35.0965

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 피험자의 맥박과 맥박의 진폭을 분석하여 피험자의 몰입도를 평가하는 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 인터넷 게임 및 스마트폰에 과도한 사용이 사회적 이슈가 되고 있으며 특히 10 대 청소년의 경우 99.9%가 인터넷 이용에 노출되고 있다(Korea Internet & Security Agency, 2012). 이러한 과도한 사용자들을 인터넷 중독, 스마트폰 과몰입 등으로 분류하고 있고 문제를 해결하기 위해 치료 센터 및 R&D 연구들이 진행되고 있다. 칙센 미하이 (Csikszentmihalyi) 심리학자는 창의적인 화가들을 관찰하면서 피로도 잇은 채 휴식도 취하지 않으면 작업에 몰두하는 행동 관찰을 통해 '몰입(Flow)'이라는 개념을 정의하였다(Csikszentmihalyi, M, 1990). 이러한 몰입이 중요한 이유는 몰입 정도에 따라 사람들에 수행 결과에 영향을 미치기 때문이다. 초기 행동심리 연구 분야에서는 동물 실험을 통해 수행능력은 스트레스와 연관이 되어 있다는 것을 정의하였다(Yerkes-Dodson, 1908). 이후 사람의 성과 능력과 각성, 몰입등과의 관계를 확인하는 연구들로 발전되었다(Freeman, 1940, 1948; Hebb 1955; Eyseneck 1955). Donald Hebb는 'No Arousal No Learning' 으로 효율적인 학습을 위해 각성 수준이 필요가 있다는 것을 말하였다. Inverted U 곡선을 "Windowing" 을 가지고 해석하면 Arousal 수준이 구간에 의해 수행 능력에 패턴이 상승, 유지 하강으로 해석할 수 있다. 기존의 이를 정량적인 심박 신호를 통해 접근 하고자 하는 연구들도 있었다. Azarbarzin 연구자는 각성 수준 기준은 American Academy of Sleep Medicine criteria 기준을 사용하여 만들고, EEG(뇌파) 신호를 시간에 따른 주파수를 이용하여 분류하였다. 이때 Arousal Scale이 커질수록 심박 변화율이 높아지는 결과를 확인하였다(Azarbarzin et.al, 2014). 다른 연구에서는 경쟁 유무에 따른 심혈관 반응을 확인하였으며, 실험에 사용된 게임은 레이싱을 이용하였다. 경쟁 태스크에서 심박수와 혈압이 증가하는 결과를 보였다. 중독과 관련된 연구에서는 중독성을 가진 MMORPG 게이머는 (N = 16) 심혈관 반응이 기준에 비해 게임을 하는 동안 심장 혈관 활동이 상당한 감소한 패턴을 보였으며 오히려 게임 후에 증가하는 패턴을 보였다. 비 중독 게이머들은 장르에 상관없이 게임 중간 그리고 게임 플레이 이후 혈압이 증가하는 것을 확인 하였다(2013).

[0003] 사용자들에 행동에서 몰입에 수준을 정량적으로 해석하는 것이 모호하며 심혈관 변수인 심박수와 진폭들의 관계가 심리적 현상에 따라 상호작용을 하지만 두 변수간의 상호작용이 간과되어 왔다.

[0004] 인터넷 이나 스마트폰과 같은 대상에 몰입하는 수준이 적절할 경우, 좋은 수행 결과를 이끌어내지만, 최적화 된 수준을 벗어나는 경우 부정적인 결과를 초래할 수 있다. 따라서 이러한 몰입 수준을 판단하기 위한 정량적 분석 방법론이 필요하다.

선행기술문헌

비특허문헌

[0005] (비특허문헌 0001) "Relationship between arousal intensity and heart rate response to arousal" , sleep 2 1;37(4):645-53., Apr 2014

(비특허문헌 0002) "The effects of competition and competitiveness on cardiovascular activity" , Psychophysiology Volume 38, Issue 4, pages 601-606, July 2001

(비특허문헌 0003) "Physiological arousal deficits in addicted gamers differ based on preferred game genre" , European Addiction Research 20(1):23-32 · August 2013

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명은 심혈관 반응의 심박수와 진폭의 상호작용의 룰을 분석하여 몰입정도를 정량적으로 해석하는 방법을 제시한다.

과제의 해결 수단

[0007] 본 발명에 따른 맥박 및 진폭을 이용한 몰입도 분석 방법:은

[0008] 특정 자극에 대해 몰입하고 있는 피험자의 ECG 신호를 검출하는 단계;

[0009] ECG 신호로부터 심박수(BPM)와 실제 진폭(actual amplitude) 데이터를 검출하는 단계;

[0010] 변수인 맥박 변화에 대응하는 진폭의 변화(함수)를 나타내는 다차항 회귀식 모델을 구하는 단계;

[0011] 상기 회귀식 모델로부터 상기 피험자의 맥박에 대응하는 예측 진폭을 계산하는 단계;

[0012] 상기 실제 진폭에 대한 예측 진폭의 차(잔차)를 구하는 단계;

[0013] 상기 예측 진폭에 대한 상기 잔차의 비율을 상기 피험자의 몰입도로 계산하는 단계;를 포함한다.

[0014] 본 발명의 구체적인 실시 예에 따르면, 상기 회귀식 모델은 몰입 상태 별로 복수 개 구성되며, 복수 개 중의 선택된 하나의 회귀식 모델을 적용하여 상기 예측 진폭을 계산한다.

[0015] 본 발명의 구체적인 실시 예에 따르면, 상기 회귀식 모델은 아래의 식으로 표현되는 5차 다항식으로 구성된다.

[0016]
$$y = A \cdot E - 9x^5 + B \cdot E - 06x^4 + C \cdot x^3 + D \cdot x^2 - E \cdot x + F$$

[0017] 위 식에서 x 는 맥박수, y 는 진폭, A, B, C, D, E, F는 상수이다.

[0018] 본 발명의 구체적인 실시 예에 따르면, 상기 회귀식 모델은 몰입도가 높은 고몰입(High Engagement) 태스크의 회귀식 모델이며, 상기 상수는 아래와 같은 정수이다.

[0019] $A = -4.34 \pm 10\%$, $B = 1.9 \pm 10\%$, $C = -0.000319 \pm 10\%$, $D = 0.02536 \pm 10\%$

[0020] $E = -0.9381 \pm 10\%$, $F = 13.127 \pm 10\%$

[0021] 본 발명의 구체적인 실시 예에 따르면, 상기 회귀식 모델은 상대적으로 몰입이 낮수준이 낮은 저몰입(Low Engagement)태스크의 회귀식 모델이며, 상기 상수는 아래와 같은 정수이며 $\pm 10\%$ 의 변동 범위를 가질 수 있다.

[0022] $A: 4.505$, $B: -2.145$, $C: 0.000395$, $D: -0.03516$, $E: 1.5048$ $E: -24.1143$

[0023] 본 발명의 구체적인 실시 예에 따르면, 상기 회귀식 모델은 중립(reference) 상태의 회귀식 모델이며, 상기 상수는 아래와 같은 정수이며 $\pm 10\%$ 의 변동 범위를 가진다.

[0024] $A: 1.66$, $B: -6.6$, $C: 0.001015$, $D: -0.07493$, $E: 2.64916$, $F: -35.0965$

발명의 효과

[0025] 심혈관 반응 기반의 몰입 상태를 판단하는 방법이 제시된다. 피험자들은 무 자극 상태, 그리고 몰입을 유발하기 위해 고몰입도와 저몰입도의 목표 패턴 색칠하기 게임을 수행하였다.

[0026] 각 자극에 따른 심박과 진폭의 상관성을 분석하고 고차항 회귀식을 통하여 모델을 생성하고 이를 검증하였다. 그 결과, 무 자극에 비해 게임 수행에 따른 심박과 진폭의 선형 움직임 결과에서 기울기 값의 차이를 보였다.

[0027] 본 발명의 실험은 심혈관 변수들에 상관 분석을 통해 무 자극 대비 몰입 과정에서 심혈관 반응의 차이를 확인하였으며, 추후 몰입 수준 판단 알고리즘을 개발하는데 응용될 것으로 기대된다.

도면의 간단한 설명

[0028] 도1은 본 발명의 실험 순서를 나타내 보인다.

도2는 본 발명의 실험에 적용하는 게임 화면을 예시한다.

도3은 본 발명의 실험에 적용하는 게임에서 키보드의 기능을 설명한다.

도4는 두 피험자(P1, P2)가 컴퓨터(CPU)를 상대로 게임을 하는 저몰입 (Low Engagement) 게임을 예시한다

도5는 본 발명의 실험에서 피험자로부터 얻은 ECG 신호 처리 순서를 보인다.

도6 내지 도9는 본 발명의 실험에서 VLF LF, HF 분석결과를 보이는 그래프이다.

도10내지 도12는 본 발명의 실험에서 심박수(BPM), 진폭(Amplitude) 및 SDNN의 분석결과를 보인다.

도14는 본 발명의 실험에서 맥박수와 진폭의 상관 분석 결과를 보이는 그래프이다.

도15는 본 발명의 실험에서 맥박수의 변화에 따른 진폭 변화를 보이는 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0029] 본 발명은 피험자의 맥박과 맥박의 진폭을 분석하여 피험자의 몰입도를 평가하는 방법에 관한 것이다. 이하에서 몰입도 평가에 대한 실험 및 몰입도 평가 방법에 대한 실시 예를 설명한다.

[0030] 1. 실험 장비 및 종속변수

[0031] 피험자는 대학생 40명으로, 모두 대학생들이었으며 실험 전 자율신경계 신호에 영향을 줄 수 있는 음주, 과도한 카페인 등에 주의사항을 미리 공지하고 하루 전 통제하였다. 독립 변수는 중립(Reference) 상태 및 고몰입(High Engagement), 저몰입(Low Engagement) 상태의 임 태스크를 수행하였다. 종속 변수는 ECG(Electrocardiogram) 신호의 변수들을 사용하였다. 실험장비는 BIOPAC사의 ECG 100c amplifier 및 ECG sensor(EL501 등), National Instrument A/D Converter를 사용하여 측정하였다. NI사의 Labview 2014를 사용하여 신호측정 및 데이터 분석을 진행하였다. 측정 샘플링은 500Hz로 하였다.

[0032] 2. 실험 방법

[0033] 실험에는 도2에 도시된 바와 같은 게임이 사용되었다. 도2는 컴퓨터에 의해 제시된 5X5의 바둑알 배열을 가지는 dots 패턴(화면을 상부 중앙)을 피험자(P1, P2)가 키보드를 이용해 소정의 시간, 예를 들어 3 분 내에 먼저 맞추도록 하는 몰입도가 매우 높은 고몰입(High Engagement) 게임이다.

[0034] 이러한 게임은 하나의 컴퓨터에서 이루어 지므로 하나의 키보드를 공유하게 되는데, 예를 들어 도3에 도시된 바와 같이 키보드의 좌우 영역을 나누어서 두 피험자(P1, P2)가 나누어 사용하게 된다. 두 피험자(P1, P2)에게 할당된 좌우 키보드 그룹에서 버튼들은 상하 좌우 방향, 바둑알 색칠하기 등의 기능을 부여하여 각 피험자가 이를 조작하도록 한다.

[0035] 도4는 두 피험자(P1, P2)가 컴퓨터(CPU)를 상대로 게임을 하는 것으로 상대적으로 낮은 몰입도가 나타나는 저몰입(Low Engagement) 게임을 예시한다.

[0036] 컴퓨터(CPU)가 목표 패턴을 제시하면 주어진 시간 내에 두 피험자가 목표 패턴을 맞추면 이기는 게임이다. 여기에서 두 피험자가 서로 다른 영역의 키보드를 사용하여 P1& P2 영역의 바둑알 모양을 목표 패턴에 일치시키도록 한다.

[0037] 피험자는 랜덤으로 상기와 같이 몰입 수준이 다른 태스크를 두 번씩 수행하였다. 게임을 하기 전 중립(Reference) 구간을 두어 ECG 신호를 측정하였으며, 동일하게 태스크 구간에서도 ECG 신호를 측정하였다. 게임은 전술한 바와 같이 키보드를 이용하여 하는 방식으로 목표 패턴과 동일하게 만들면 되는 게임으로 5x5 바둑알 패널에서 해당 위치에 가서 패널을 뒤집고 색을 칠하면 되는 태스크였다. 3분 동안 가장 많이 목표 패턴을 성공하면 게임을 이기는 것으로 한 명이 패턴을 먼저 완성하면 이긴 플레이어를 알려주고 동시에 목표 패턴이 바뀌어 다음 게임을 진행하였다.

[0038] 3. 신호 전처리

[0039] 상기와 같이 게임을 진행하는 동안 피험자 별로 ECG 신호로부터 도5에서 도시된 바와 같이 ECG 신호 검출(입력), PPI 검출, 리샘플링, 고속 푸리에 변환(FFT)의 과정을 거쳐서 총 7개 변수를 추출하였고, 3분 데이터를 모두 사용하여 통계 분석하였다. ECG 신호로부터 추출된 변수(또는 파라미터)는 VLF(Very Low Frequency, %), LF(Low Frequency, %), HF(High Frequency, %), BPM(Beats per minute), SDNN(Standard Deviation of N-N

Interval), LF/HF Ratio, 그리고 진폭(Amplitude)이다. 여기에서 각 대역별 주파수 범위를 살펴보면, VLF는 0.0033hz~0.04hz, LF는 0.04hz~0.15hz, 그리고 HF는 0.15hz~0.4hz 이다.

[0040] FFT를 통해서 분리 추출한 VLF, LF, HF 대역의 파워를 이용하여 VLF(%), LF(%), HF(%) 및 LF/HF 비(ratio)를 계산한다.

수학식 1

[0041]
$$\text{VLF}(\%) = \frac{\text{VLF Power}}{\text{VLF Power} + \text{LF Power} + \text{HF Power}}$$

수학식 2

[0042]
$$\text{LF}(\%) = \frac{\text{LF Power}}{\text{VLF Power} + \text{LF Power} + \text{HF Power}}$$

수학식 3

[0043]
$$\text{HF}(\%) = \frac{\text{HF Power}}{\text{VLF Power} + \text{LF Power} + \text{HF Power}}$$

수학식 4

[0044]
$$\text{LF/HF Ratio} = \frac{\text{LF Power}}{\text{HF Power}}$$

[0045] 그리고, 심박의 표준 편차, 즉 심박의 표준편차인 SDNN은 위의 과정에서 검출된 PPI 정보들로부터 구한다.

수학식 5

[0046]
$$\text{SDNN} = \sqrt{\frac{\sum(x-m)^2}{n}}$$

[0047] 위 식에서 x 는 PPI, m은 PPI의 평균, 그리고 n은 PPI의 수이다.

[0048] 통계분석에는 통계 프로그램으로서 IBM SPSS Statistics 21를 사용하였다. 정규성 검증 결과, 데이터가 정규분포를 따르지 않으므로 비모수 검정을 실시하였다. Kruskal-Wallis H 검정: Task 별로 심혈관 변수들간의 통계적 차이를 확인하였으며 Mann-Whitney U 검정을 통해 사후검증을 수행하였다. 가설검증을 위한 유의수준: p < .05로 두었다.

[0049] 도6 내지 도9는 VLF(%), LF(%), HF(%)의 분석결과를 보이는 그래프로서, 여기에 사용된 데이터 샘플 수는 320이었다. 분석결과 VLF(%), LF(%)에서 고몰입(High Engagement)과 저몰입(Low Engagement) 태스크 간에 유의한 차이를 확인할 수 있었는데(P<.01; p=.00), 사후 검정 결과 고몰입 태스크는 모두 태스크와 차이를 보였다.

[0050] 도10내지 도12는 심박수(BPM), 진폭(Amplitude) 및 SDNN의 분석결과를 보인다. 여기에서 사용된 샘플 수는 320이었는데, 심박수(BPM), 진폭(Amplitude) 및 SDNN에서 유의한 차이를 확인(p=.00)하였다. 그리고 사후 검정 결

과 심박수(BPM) 은 모든 태스크간의 차이를 보였고 진폭(Amplitude)는 레퍼런스와 차이를 보였다.

- [0051] 이와 같은 분석과정을 통해 몰입 정도에 따른 심혈관 반응 분석결과, 중립(Reference)에 비해 게임 태스크에 의해 교감신경이 활성화가 일어나는 것을 확인할 수 있었다. 이때 몰입 수준이 높은 고몰입(High Engagement) 태스크 구간에서 저몰입(Low Engagement) 태스크 보다 교감신경 활성화가 크게 일어나는 것을 확인할 수 있었다.
- [0052] 심혈관 반응 변수의 관계를 이용하여 몰입 수준에 차이를 보기 위해, 유의한 차이가 있는 변수를 선택할 수 있다. 또한 실시간에 적용하기 좋은 변수 즉, 시간 해상도가 높은 변수들을 선정하는 것이 가능하다. 사후 검증 결과 중립(Reference) 구간하고 확실한 유의한 차이를 보인 변수로서 예를 들어 심박수, 진폭을 선택함으로써 몰입도의 평가가 가능하다.
- [0053] 한편, 상기 실험에서 얻은 심박수(BPM) 데이터와 진폭(Amplitude) 데이터를 이용해 다음과 같은 상관 분석을 시행하였으며, 그 과정은 도13에 도시된 바와 같이, 이때에, 슬라이딩 윈도우 방법에 의해 심박수(BPM)와 진폭(Amplitude)로부터 데이터를 추출하였는데, 윈도우 사이즈는 5초 윈도우 인터벌은 1초로 하였고, 심박수(BPM)의 해상도를 1 bpm으로 평균 처리하였다. EX) 70.0~70.9, 71.0~71.9
- [0054] 상관 분석에 있어서, 다차항 회귀분석을 통해 최적화 계수를 추출하였고, 이때에 적합도 검증을 통해 최적화 계수를 선정하였다.
- [0055] 도14는 맥박수와 진폭의 상관 분석 결과를 보이는 그래프이다.
- [0056] 도14를 참조하면, 중립상태(Reference)의 상관 분석을 실시한 결과 $R=-.568$, $p=.00$ 으로 유의하며 음의 상관성을 보인다. 저몰입 (Low Engagement) 태스크에서의 상관 분석을 실시한 결과 $R=.561$, $p=.00$ 으로 유의하며 양의 상관성을 보인다. 그리고, 고몰입(High Engagement) 태스크에서의 상관 분석을 실시한 결과 $R=.776$, $p=.00$ 으로 유의하며 양의 상관성을 보였다.
- [0057] 도15는 맥박수의 변화에 따른 진폭 변화를 보이는 그래프이다.
- [0058] 도15에서 "a"는 고몰입(High Engagement) , "b"는 저몰입(Low Engagement) , 그리고 "c"는 기준 또는 중립 상태(Reference) 데이터를 나타낸다. 도15를 참조하면, 각 태스크 별로 심박수에 증가에 따른 진폭의 변화가 다르게 나타나는데, 61~88bpm까지는 심박 빠르기가 높아지면 진폭 값이 높아지는 패턴을 보인다($R=0.561$; $R=0.776$). 그러나 중립(Reference) 데이터(c)는 90bpm 이후부터 심박수가 높아질 수록 진폭이 작아지는 패턴을 보인다($R = -0.568$). 그리고, 120bpm이후 태스크에서 심박 빠르기가 증가할수록 진폭 값이 작아지는 패턴을 보인다. 결론적으로 사람들은 몰입 태스크에 따라 심박 수가 증가하는 동안 진폭의 변화가 다르게 보인다.
- [0059] 이하, 맥박 및 진폭의 관계성 차이를 이용한 본 발명에 따른 다차항 회귀분석에 대해 살펴 본다.
- [0060] 아래의 표1은 고몰입 태스크(High Engagement Task)에 대한 다차항 분석 결과로서 차수별 SSE(Sum of Square Error), R-Square, RMSE(Root Mean Square Error)의 값을 보인다. 그리고, 도16은 맥박수(x)-진폭 변화(y) 그래프로써, "a" 는 실제 데이터 라인이며, "b" 트렌드 라인이다.

표 1

High Engagement			
Polynomial order	SSE	RMSE	R-Square
1	2.09923	0.148651	0.586868
2	1.6222	0.130674	0.680748
3	1.71713	0.134443	0.662065
4	0.993195	0.102248	0.804537
5	0.60242	0.07963	0.88144
6	0.614114	0.080401	0.879141
7	993.168	3.23333	-194.457

- [0061]
- [0062] 위의 표1에서, SSE와 RMSE는 0에 가까울 수록 좋은 모델이며, R-square는 1에 가까울 수록 좋은 모델을 나타낸

다. 따라서, 고몰입(High Engagement)의 분석 결과로 다차항이 아래의 식과 같이 5차항일 때 가장 좋은 모델 결과를 보임을 알 수 있다.

[0063] 아래의 식에서 A, B, C, D, E, F 는 상수이다.

[0064]
$$y = A \cdot E - 9x^5 + B \cdot E - 06x^4 + C \cdot x^3 + D \cdot x^2 - E \cdot x + F$$

[0065] 위의 식에서 상수 A, B, C, D, E, F는 아래와 같이 정의될 수 있으며, 약 ±10%의 범위 내에서의 조정될 수 있다.

[0066] $A = -4.34 \pm 10\%, B = 1.9 \pm 10\%, C = -0.000319 \pm 10\%, D = 0.02536 \pm 10\%$

[0067] $E = -0.9381 \pm 10\%, F = 13.127 \pm 10\%$

[0068] 위의 상수를 고몰입 태스크 회귀식 모델인 5차 다항식에 적용하면, 아래와 같으며 이는 도16의 매끄러운 곡선 형태의 트렌드 라인(b)으로 표시되어 있다.

[0069] <고몰입 태스크의 회귀식 모델>

[0070]
$$y = -4.34E-9x^5 + 1.9E-06x^4 - 0.000319x^3 + 0.02536x^2 - 0.9381x + 13.127$$

[0071] 위의 상수는 National Instruments 사의 Labview 2014 프로그램을 사용하여 얻었는데, 최소 절대 오차 방법을 사용하여 (X, Y) 데이터 세트에 대한 다항식 차수를 추출하였다.

[0072] 아래의 표2, 3은 저몰입 태스크(Low Engagement Task)와 중립 상태(Reference)에 대한 다차항 분석 결과로서 차수별 SSE(Sum of Square Error), R-Square, RMSE(Root Mean Square Error)의 값을 보인다.

[0073] 위의 표1의 고몰입 태스크에서와 마찬가지로 저몰입 태스크(Low Engagement Task)와 중립(Reference) 상태에 있어서, SSE와 RMSE는 0에 가까울 수록 좋은 모델이며, R-square는 1에 가까울 수록 좋은 모델을 나타낸다. 따라서, 저몰입 태스크(Low Engagement Task)와 중립(Reference) 상태에 있어서의 분석 결과로 다차항이 아래의 식들에 도시된 바와 같이 5차항일 때 가장 좋은 모델 결과를 보임을 알 수 있다.

[0074] <저몰입 태스크의 회귀식 모델>

[0075] 저몰입 태스크의 회귀식 모델에서 상기 상수 A, B, C, D, E, F 는 아래와 같이 정의 되며, ±10% 범위 내에서 변동 가능하다.

[0076] $A: 4.505, B: -2.145, C: 0.000395, D: -0.03516, E: 1.5048, F: -24.1143$

[0077] 따라서, 상기 상수에 의한 저몰입 태스크의 회귀식 모델은 아래와 같다.

[0078]
$$y = 4.505E-09x^5 - 2.145E-06x^4 + 0.000395x^3 - 0.03516x^2 + 1.5048x - 24.1143$$

[0079] <중립 상태의 회귀식 모델>

[0080] 중립 상태의 회귀식 모델에서 회귀식 모델에서 상기 상수 A, B, C, D, E, F 는 아래와 같이 정의 되며, 역시 ±10% 범위 내에서 변동 가능하다.

[0081] $A: 1.66, B: -6.6, C: 0.001015, D: -0.07493, E: 2.64916, F: -35.0965$

[0082] 따라서, 상기 상수에 의한 중립 상태의 회귀식 모델은 아래와 같다

[0083]
$$y = 1.66E-08x^5 - 6.6E-06x^4 + 0.001015x^3 - 0.07493x^2 + 2.64916x - 35.0965$$

표 2

Low Engagement			
Polynomial order	SSE	RMSE	R-Square
1	1.36323	0.125903	0.289465
2	1.35079	0.125327	0.295948
3	1.43668	0.12925	0.251184
4	1.0425	0.1101	0.456635
5	0.91208	0.10298	0.52461
6	0.988079	0.107188	0.485
7	176.939	1.43438	-91.2231

[0084]

표 3

Reference			
Polynomial order	SSE	RMSE	R-Square
1	0.85922	0.112408	0.309475
2	0.722538	0.10308	0.419321
3	0.297683	0.066164	0.760762
4	0.234816	0.058764	0.811287
5	0.10132	0.0386	0.91858
6	0.137248	0.044926	0.889699
7	372.165	2.33945	-298.096

[0085]

[0086] 본 발명에 따른 방법에 있어서, 상기와 같이 얻어진 회귀식 모델이 실제 일치성을 검증하였다. 이를 위하여, 잔차(殘差)를 이용하여 같은 심박 빠르기에서 추출되는 실제 진폭(Actual Amplitude) 값을 통해 사용자의 상태를 추론하였다. 즉, 어떤 회귀식 모델에 적합한지 선택하였다(잔차= 실제값-예측값) 즉, 실제 진폭(Actual Amplitude)에 대한 예측 진폭(Predicted Amplitude)의 차이인 잔차를 계산하여 현재 심박수와 진폭 값이 어떤 회귀식 모델(강한 몰입 상태인지, 약한 몰입 상태인지, 아니면 Neutral한 상태인지 판단함)에 적합한지 선택하였다.

[0087] 판단 결과에 따르면, 표4에 도시된 바와 같이 고몰입(High Engagement)을 구분하는 정확도는 91%, 중립(Reference)을 구분하는 정확도는 90% 결과를 보였다.

[0088] 몰입도(%) = $100 - \frac{|Actual\ Amplitude - Predicted\ Amplitude|}{Predicted\ Amplitude} * 100$

표 4

Accuracy : 90.5%

		Predicted condition	
		Predicted Condition High Engagement	Predicted Condition Reference
True condition	condition High Engagement	90	9
	condition Reference	7	63

[0089]

[0090] 아래의 표5에 도시된 바와 같이 저몰입(Low Engagement)을 구분하는 정확도는 87.5%, Reference 구분하는 정확도는 90% 결과를 보였다.

표 5

Accuracy : 88.6%

		Predicted condition	
		Predicted Condition positive	Predicted Condition negative
True condition	condition positive	77	11
	condition negative	7	63

[0091]

[0092]고몰입(High Engagement)을 구분하는 정확도는 76.8%, 협업(Cooperation)을 구분하는 정확도는 76.1% 결과를 보였다.

표 6

Accuracy : 76.5%

		Predicted condition	
		Predicted Condition positive	Predicted Condition negative
True condition	condition positive	76	23
	condition negative	21	67

[0093]

[0094]사람들에게 자극이 없는 중립 상태에서는 서맥 범위에서는 심박 빠르기가 느리며 따라 1회 심박출량이 커야 한다. 이러한 상태는 본 발명의 실험에서도 확인되었는데, 서맥 상태에서 큰 진폭이 확인되었다. 정상 범위에서는 일정 구간 동안 심박 빠르기가 빨라지면서 진폭이 커지는 현상을 보이게 되는데, 일정 심박 빠르기 이후, 평균 심박출량을 맞추기 위해 심박출량을 조절하며 따라서 진폭이 작아지게 된다.

[0095] 경쟁 상태에서는 서맥의 범위에서 심박이 다소 느리나 진폭이 작아지는 패턴을 보인다. 그러나 정상 범위에서는 교감신경활성화로 인해 심박이 빨라지면서 진폭이 커지는 패턴을 보인다. 한편, 빈맥의 범위로 심박이 빨라지면 진폭이 작아지는 경향을 보이게 되는데 이는 교감 신경 항진로 인한 신경성 조기 수축으로 인한 것으로 이해된다.

[0096] 본 발명은 심박수와 진폭의 관계를 통해 몰입 정도를 정량적으로 분석하여 도출하는 것이다. 게임 태스크 등과 같은 자극을 통해 몰입을 유발했을 때 경쟁 태스크에서 교감적 활성화가 나타남을 확인하였다. 몰입 수준에 따라 심박과 진폭의 관계 데이터를 통해 자극의 형태를 구별할 수 있었다. 몰입을 유발하기 위한 다양한 방법 및 과몰입을 유발할 수 있는 태스크를 통해 추가적으로 심박과 진폭의 관계를 보여 주는 연구가 가능할 것이다.

도면

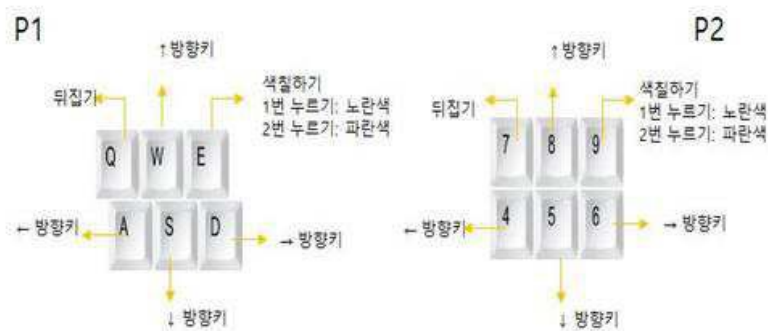
도면1

Task1: High Engagement Task2: Low Engagement							
Reference (3분)	Task1 (3분)	Reference (3분)	Task1 (3분)	Reference (3분)	Task2 (3분)	Reference (3분)	Task2 (3분)

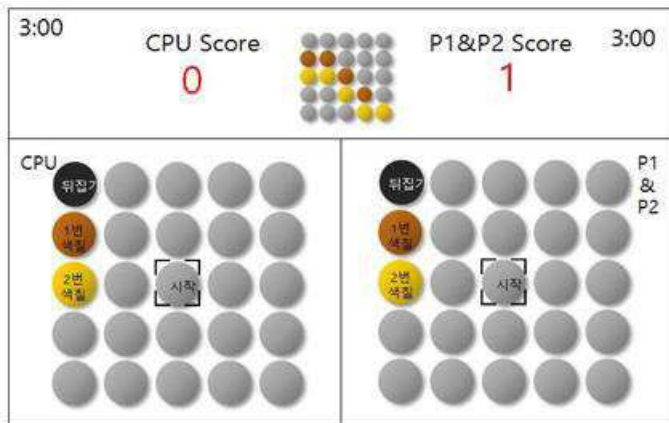
도면2



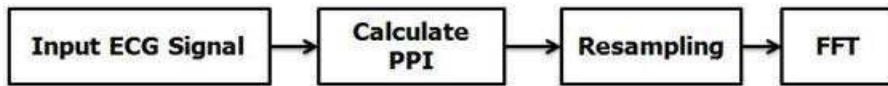
도면3



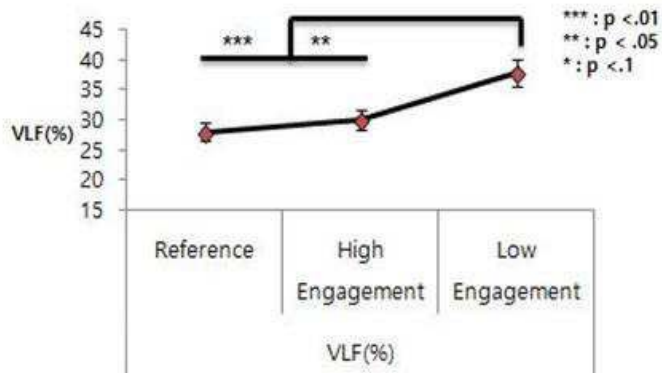
도면4



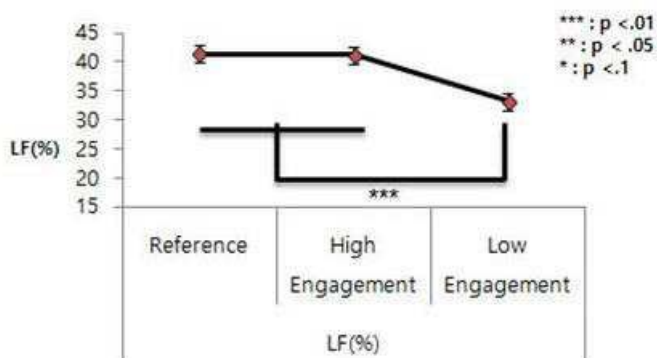
도면5



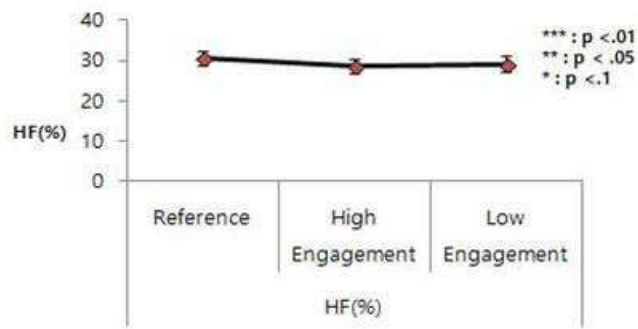
도면6



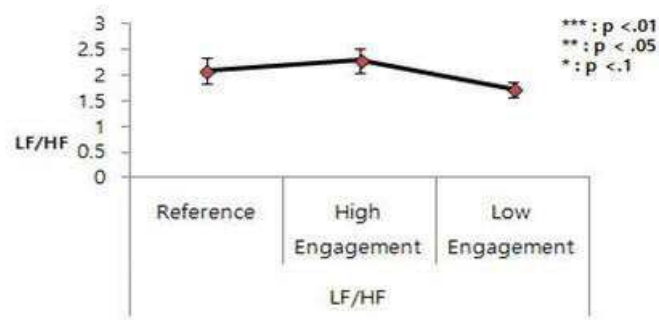
도면7



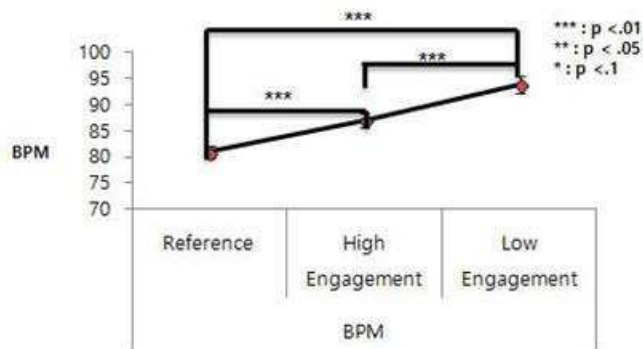
도면8



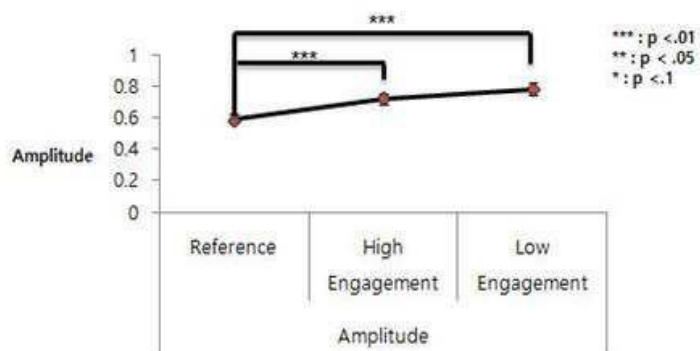
도면9



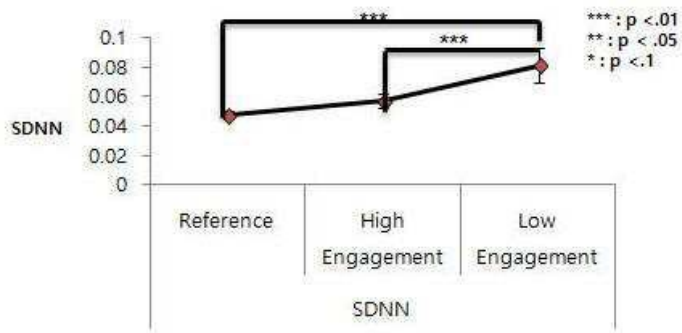
도면10



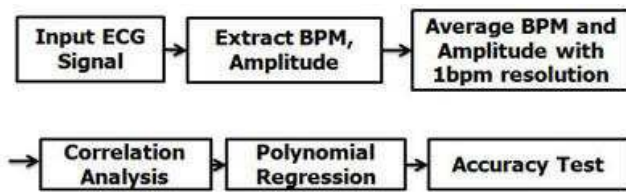
도면11



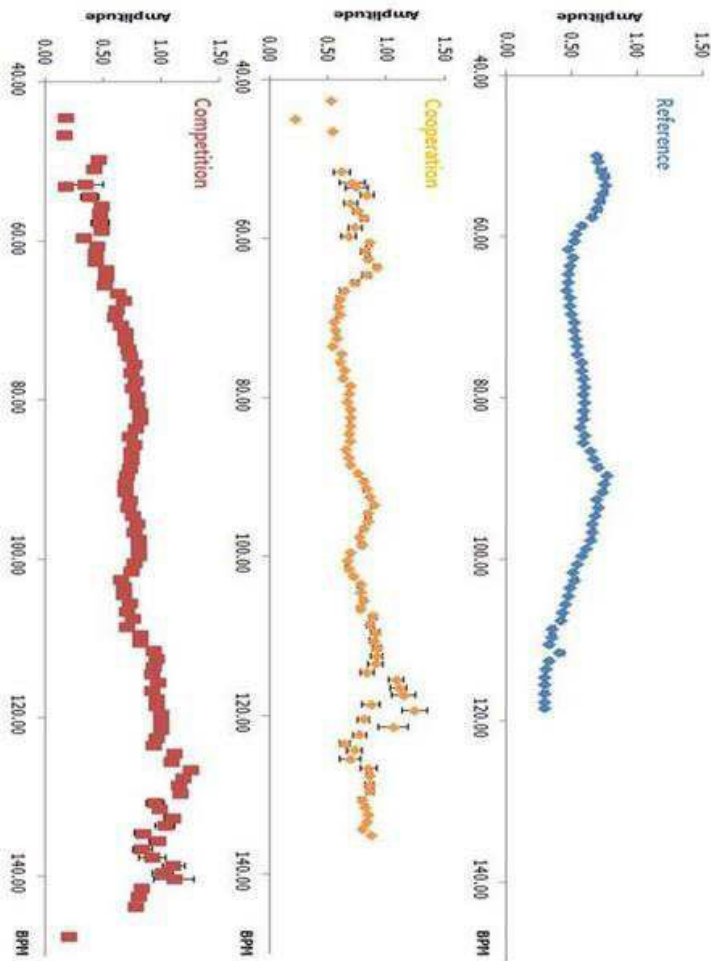
도면12



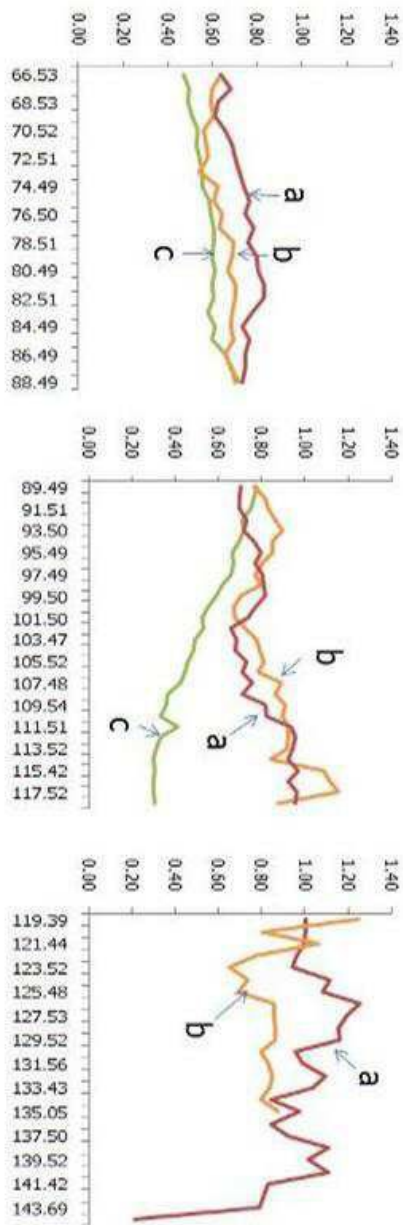
도면13



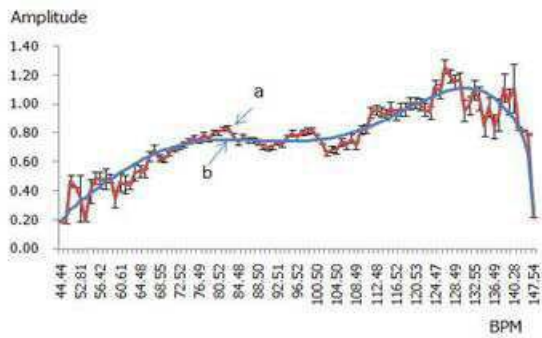
도면14



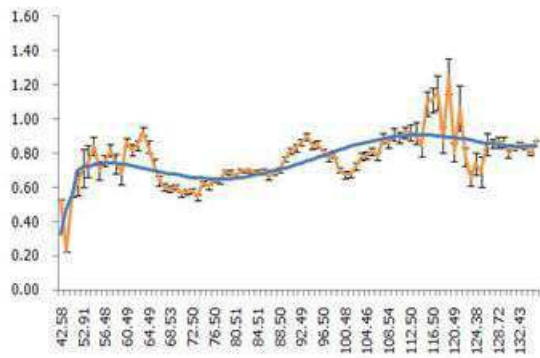
도면15



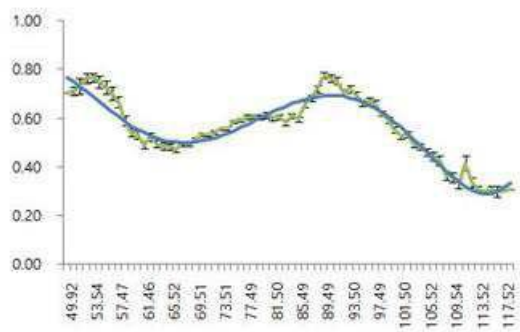
도면16



도면17



도면18



专利名称(译)	使用心电图脉冲和振幅分析流量的方法		
公开(公告)号	KR101954862B1	公开(公告)日	2019-03-06
申请号	KR1020160159425	申请日	2016-11-28
[标]申请(专利权)人(译)	情感科学研究分		
申请(专利权)人(译)	(주) 감성과학연구센터		
[标]发明人	황민철 김혜진 이정년 김영주 조영호		
发明人	황민철 김혜진 이정년 김영주 조영호		
IPC分类号	A61B5/16 A61B5/00 A61B5/024 A61B5/0402		
CPC分类号	A61B5/168 A61B5/024 A61B5/0402 A61B5/7235 A61B5/7271		
审查员(译)	交易		
其他公开文献	KR1020180060202A		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

公开了浸入分析方法。该分析方法包括检测沉浸在特定刺激中的对象的ECG信号。从ECG信号中检测心率 (BPM) 和实际振幅数据；获得表示与可变脉搏率相对应的幅度变化的多阶回归模型；从回归模型计算对应于受试者脉搏的预测幅度；获得相对于实际幅度的预测幅度的差 (残差)；计算残差与预测幅度之比作为受试者的承诺。

$$SDNN = \sqrt{\frac{\sum(x-m)^2}{n}}$$