

Steady-State VEP-Based Brain-Computer Interface Control in an Immersive 3D Gaming Environment

Andre Hilsendeger

20.01.10

Paper

E. C. Lalor, S. P. Kelly, C. Finucane, R. Burke, R. Smith, R. B. Reilly, and G. McDarby. Steady-State VEP-Based Brain-Computer Interface Control in an Immersive 3D Gaming Environment. EURASIP Journal on Applied Signal Processing, 2005(19):3156 - 3164, 2005.

Was ist SSVEP?

Visually Evoked Potentials (VEP):

Was ist SSVEP?

Visually Evoked Potentials (VEP):

- Visuelle Stimulation resultiert in einem Potential.

Was ist SSVEP?

Visually Evoked Potentials (VEP):

- Visuelle Stimulation resultiert in einem Potential.

Steady-State VEP (SSVEP):

Was ist SSVEP?

Visually Evoked Potentials (VEP):

- Visuelle Stimulation resultiert in einem Potential.

Steady-State VEP (SSVEP):

- Aus VEP stabile Werte auslesen die klassifiziert gefunden werden können.

Was ist SSVEP?

Visually Evoked Potentials (VEP):

- Visuelle Stimulation resultiert in einem Potential.

Steady-State VEP (SSVEP):

- Aus VEP stabile Werte auslesen die klassifiziert gefunden werden können.
 - ⇒ 2 Bilder werden abwechselnd dargestellt.

Was ist SSVEP?

Visually Evoked Potentials (VEP):

- Visuelle Stimulation resultiert in einem Potential.

Steady-State VEP (SSVEP):

- Aus VEP stabile Werte auslesen die klassifiziert gefunden werden können.
 - ⇒ 2 Bilder werden abwechselnd dargestellt.
 - ⇒ Aus resultierendem EEG charakteristische Amplitude und Oberschwingung gewinnen.

Was ist SSVEP?

Visually Evoked Potentials (VEP):

- Visuelle Stimulation resultiert in einem Potential.

Steady-State VEP (SSVEP):

- Aus VEP stabile Werte auslesen die klassifiziert gefunden werden können.
 - ⇒ 2 Bilder werden abwechselnd dargestellt.
 - ⇒ Aus resultierendem EEG charakteristische Amplitude und Oberschwingung gewinnen.
 - ⇒ Reiz lässt sich einem konkreten visuellen Stimulus zuordnen.

Was ist SSVEP?

Visually Evoked Potentials (VEP):

- Visuelle Stimulation resultiert in einem Potential.

Steady-State VEP (SSVEP):

- Aus VEP stabile Werte auslesen die klassifiziert gefunden werden können.
 - ⇒ 2 Bilder werden abwechselnd dargestellt.
 - ⇒ Aus resultierendem EEG charakteristische Amplitude und Oberschwingung gewinnen.
 - ⇒ Reiz lässt sich einem konkreten visuellen Stimulus zuordnen.
 - Bei z.B. P300 hingegen wird Zeitpunkt eines Reizes zu einem zeitlich passenden Stimulus zugeordnet.

Warum SSVEP?

Bekannte Vorteile von SSVEP:

- Blickbewegung leicht in Matrix von flackernden Reizen erkennbar.

Warum SSVEP?

Bekannte Vorteile von SSVEP:

- Blickbewegung leicht in Matrix von flackernden Reizen erkennbar.
- Reduzierung auf Erkennung von bestimmten Frequenzen (statt Erkennung von komplizierten Frequenzmerkmalen).

Warum SSVEP?

Bekannte Vorteile von SSVEP:

- Blickbewegung leicht in Matrix von flackernden Reizen erkennbar.
- Reduzierung auf Erkennung von bestimmten Frequenzen (statt Erkennung von komplizierten Frequenzmerkmalen).
- Hohes Signal-Rausch Verhältnis wenn niedrige Frequenzen entfernt werden.

Warum SSVEP?

Bekannte Vorteile von SSVEP:

- Blickbewegung leicht in Matrix von flackernden Reizen erkennbar.
 - Reduzierung auf Erkennung von bestimmten Frequenzen (statt Erkennung von komplizierten Frequenzmerkmalen).
 - Hohes Signal-Rausch Verhältnis wenn niedrige Frequenzen entfernt werden.
- ⇒ Stabil gegenüber Störungen (Blinzeln, Bewegung), da diese in niedrigen Frequenzen auftreten.

Inhalt & Motivation

Unbekannt:

Beeinträchtigung der Effizienz von zusätzlichen unabhängigen visuellen Reizen.

Inhalt & Motivation

Unbekannt:

Beeinträchtigung der Effizienz von zusätzlichen unabhängigen visuellen Reizen.

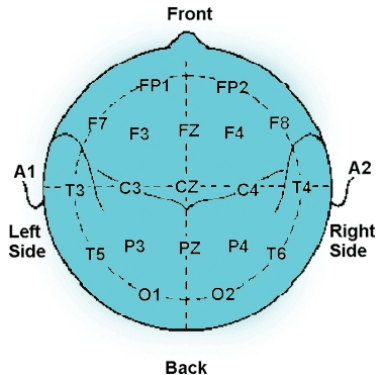
⇒ Steuerung eines echtzeit 3D-Spiels durch SSVEP möglich?

Versuchsaufbau

- Testperson 70cm von 43cm großem Monitor entfernt.

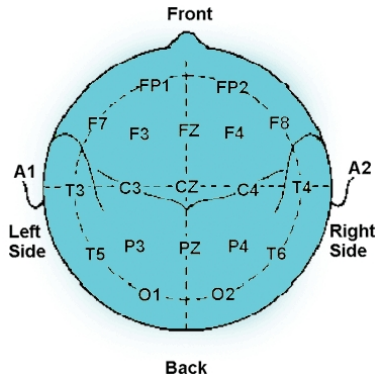
Versuchsaufbau

- Testperson 70cm von 43cm großem Monitor entfernt.
- Elektroden an O1 und O2.



Versuchsaufbau

- Testperson 70cm von 43cm großem Monitor entfernt.
- Elektroden an O1 und O2.
- Bandpass Filter 0,001-100Hz.

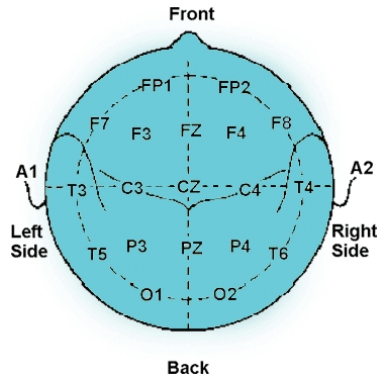


Versuchsaufbau

- Testperson 70cm von 43cm großem Monitor entfernt.
- Elektroden an O1 und O2.
- Bandpass Filter 0,001-100Hz.

Testpersonen:

- 5 Männer zwischen 23 und 27.

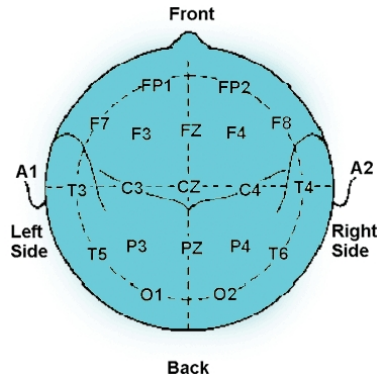


Versuchsaufbau

- Testperson 70cm von 43cm großem Monitor entfernt.
- Elektroden an O1 und O2.
- Bandpass Filter 0,001-100Hz.

Testpersonen:

- 5 Männer zwischen 23 und 27.
- Normale/Korrigierte Sicht.



Welchen visuellen Reiz?

- Gelber Kreis auf schwarzem Hintergrund

Welchen visuellen Reiz?

- Gelber Kreis auf schwarzem Hintergrund **ODER**
- Schachbrettmuster ?

Welchen visuellen Reiz?

- Gelber Kreis auf schwarzem Hintergrund oder
- Schachbrettmuster ?
 - ⇒ Untersuchung mit zwei Testpersonen zeigt:
Schachbrettmuster.

Ablauf

- 25 Sekunden Augen schließen um Alpha-Frequenz zu bestimmen.

Ablauf

- 25 Sekunden Augen schließen um Alpha-Frequenz zu bestimmen.
- 25 Sekunden flackerndes(6-25Hz) 4x4 Schachbrettmuster ohne Alpha-Frequenz.

Ablauf

- 25 Sekunden Augen schließen um Alpha-Frequenz zu bestimmen.
 - 25 Sekunden flackerndes(6-25Hz) 4x4 Schachbrettmuster ohne Alpha-Frequenz.
- ⇒ Frequenz der 2 stärksten Potentiale identifizieren.

Merkmalerkennung

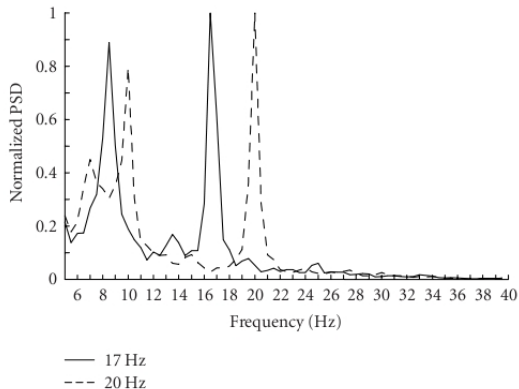
1. Aufgezeichnete EEG Daten in 1 oder 2 Sekunden Segmente einteilen.

Merkmalerkennung

1. Aufgezeichnete EEG Daten in 1 oder 2 Sekunden Segmente einteilen.
2. Verschiedene Signalverarbeitungsverfahren:
 - Methode 1: Quadrierte Fast-Fourier-Transformation (FFT)
 - Methode 2: FFT mit Autokorrelation

Merkmalerkennung

⇒ Bei allen Testpersonen 17 und 20Hz am besten.



Merkmalerkennung

1. Aufgezeichnete EEG Daten in 1 oder 2 Sekunden Segmente einteilen.
2. Verschiedene Signalverarbeitungsverfahren:
 - Methode 1: Quadrierte Fast-Fourier-Transformation (FFT)
 - Methode 2: FFT mit Autokorrelation
3. Klassifikator zur Unterscheidung der beiden Frequenzen.

MindBalance

- Animierte Figur balanciert auf einem Seil zum Spieler hin.



MindBalance

- Animierte Figur balanciert auf einem Seil zum Spieler hin.
- Gewonnen wenn die Figur am anderen ende angekommen ist.



MindBalance

- Animierte Figur balanciert auf einem Seil zum Spieler hin.
- Gewonnen wenn die Figur am anderen ende angekommen ist.
- Stolpert alle 1,5 - 5 Sekunden in zufällige Richtung und ist 3 Sek. aus dem Gleichgewicht.



MindBalance

- Animierte Figur balanciert auf einem Seil zum Spieler hin.
- Gewonnen wenn die Figur am anderen ende angekommen ist.
- Stolpert alle 1,5 - 5 Sekunden in zufällige Richtung und ist 3 Sek. aus dem Gleichgewicht.
- Bei falscher Handlung hat der Spieler erneut 3 Sekunden.



MindBalance

- Animierte Figur balanciert auf einem Seil zum Spieler hin.
- Gewonnen wenn die Figur am anderen ende angekommen ist.
- Stolpert alle 1,5 - 5 Sekunden in zufällige Richtung und ist 3 Sek. aus dem Gleichgewicht.
- Bei falscher Handlung hat der Spieler erneut 3 Sekunden.
- Beim zweiten Fehlversuch fällt die Figur herunter.



Steuerung

- 1D-Steuerung(links oder rechts) mit SSVEP:

Steuerung

- 1D-Steuerung(links oder rechts) mit SSVEP:
 - Links und Rechts Schachbrettmuster mit 17/20Hz

Steuerung

- 1D-Steuerung(links oder rechts) mit SSVEP:
 - Links und Rechts Schachbrettmuster mit 17/20Hz
 - Blick auf entsprechendes Schachbrett führt zum Balancieren in diese Richtung.

Steuerung

- 1D-Steuerung(links oder rechts) mit SSVEP:
 - Links und Rechts Schachbrettmuster mit 17/20Hz
 - Blick auf entsprechendes Schachbrett führt zum Balancieren in diese Richtung.
- Vor dem Spiel Klassifikator-Training (3*15 Sekunden je Schachbrettmuster).

Video

(video)

Ablauf

- 6 Männer zwischen 24 und 34 Jahren.

Ablauf

- 6 Männer zwischen 24 und 34 Jahren.
- Jeder 8 Spiele:

Ablauf

- 6 Männer zwischen 24 und 34 Jahren.
- Jeder 8 Spiele:
 - Jeweils 4 mit Methode 1 / 2.

Ablauf

- 6 Männer zwischen 24 und 34 Jahren.
- Jeder 8 Spiele:
 - Jeweils 4 mit Methode 1 / 2.
 - Davon jeweils 2 mit 1 / 2 Sekunden Segmenten.

Ergebnisse

TABLE 3: Percentage of correct decisions in real-time game play, using Method 1 with second SSVEP harmonic only.

Subject	1s window	2s window
Subject 1	75.0%	100%
Subject 2	72.7%	100%
Subject 3	75.0%	70.6%
Subject 4	69.2%	100%
Subject 5	87.5%	78.2%
Subject 6	100%	88.2%
Average across subjects	79.9%	89.5%

Ergebnisse

TABLE 4: Percentage of correct decisions in real-time game play, using Method 2 with second SSVEP harmonic only.

Subject	1s window	2s window
Subject 1	87.5%	91.7%
Subject 2	50.0%	58.3%
Subject 3	85.7%	46.2%
Subject 4	85.7%	75.0%
Subject 5	63.6%	100%
Subject 6	87.5%	92.3%
Average across subjects	76.7%	77.3%

Ergebnisse

- Nur 7 von 48 spielen verloren.

Ergebnisse

- Nur 7 von 48 spielen verloren.
- SSVEP lässt sich zur 1D-Steuerung einsetzen.

Ergebnisse

- Nur 7 von 48 spielen verloren.
- SSVEP lässt sich zur 1D-Steuerung einsetzen.
- 2 Sekunden Fenster erzielen bessere Ergebnisse als 1 Sekunden Fenster.

Ergebnisse

- Nur 7 von 48 spielen verloren.
- SSVEP lässt sich zur 1D-Steuerung einsetzen.
- 2 Sekunden Fenster erzielen bessere Ergebnisse als 1 Sekunden Fenster.
- Durchschnittlich 89,5% richtige Entscheidungen erzielt.