

BMI

Der P300-Speller

Alexander Schulz

16.12.09

Der P300-Speller

Übersicht

Einleitung

Verarbeitung &
Klassifikation

Experiment 1

Experiment 2

Offline Analyse

- 1 Einleitung
- 2 Verarbeitung & Klassifikation
- 3 Experiment 1
- 4 Experiment 2
- 5 Offline Analyse

Der P300-Speller

Übersicht

Einleitung

Grundlagen
Versuchsaufbau

Verarbeitung &
Klassifikation

Experiment 1

Experiment 2

Offline Analyse

Wiederholung

- Evoziertes Potential (Event-related potential oder ERP)

Der P300-Speller

Übersicht

Einleitung

Grundlagen
Versuchsaufbau

Verarbeitung &
Klassifikation

Experiment 1

Experiment 2

Offline Analyse

Wiederholung

- Evoziertes Potential (Event-related potential oder ERP)
- Anstieg oder Abfall (P oder N)

Wiederholung

- Evoziertes Potential (Event-related potential oder ERP)
- Anstieg oder Abfall (P oder N)
- Latenz in ms

Der P300-Speller

Übersicht

Einleitung

Grundlagen
Versuchsaufbau

Verarbeitung &
Klassifikation

Experiment 1

Experiment 2

Offline Analyse

Wiederholung

- Evoziertes Potential (Event-related potential oder ERP)
- Anstieg oder Abfall (P oder N)
- Latenz in ms

Prinzip

- allgemein: 'oddball' Paradigma

Der P300-Speller

Übersicht

Einleitung

Grundlagen
Versuchsaufbau

Verarbeitung &
Klassifikation

Experiment 1

Experiment 2

Offline Analyse

Wiederholung

- Evoziertes Potential (Event-related potential oder ERP)
- Anstieg oder Abfall (P oder N)
- Latenz in ms

Prinzip

- allgemein: 'oddball' Paradigma
- hier: 'P300-Speller' Paradigma

Der P300-Speller

Übersicht

Einleitung

Grundlagen

Versuchsaufbau

Verarbeitung &
Klassifikation

Experiment 1

Experiment 2

Offline Analyse

Prinzip

- Versuchsidee hatten L.A. Farwell und E. Donchin im Jahr 1988
- Dieser Versuch stammt aus dem Jahre 2008

Der P300-Speller

Übersicht

Einleitung

Grundlagen

Versuchsaufbau

Verarbeitung &
Klassifikation

Experiment 1

Experiment 2

Offline Analyse



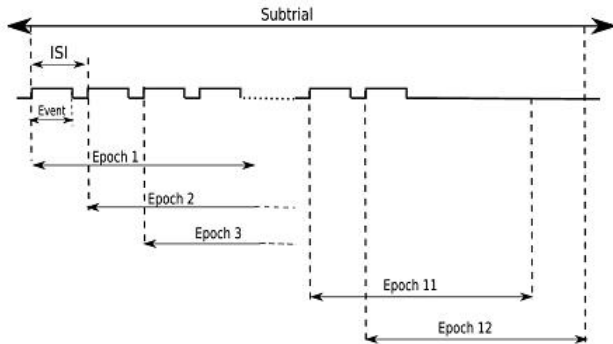


Fig. 2. Epoching of the continuous EEG data stream.

Der P300-Speller

Übersicht

Einleitung

Grundlagen
VersuchsaufbauVerarbeitung &
Klassifikation

Experiment 1

Experiment 2

Offline Analyse

Elektroden

- Anbringung der 10 Elektroden nach dem 10-20 System

Der P300-Speller

Übersicht

Einleitung

Grundlagen
Versuchsaufbau

Verarbeitung &
Klassifikation

Experiment 1

Experiment 2

Offline Analyse

Elektroden

- Anbringung der 10 Elektroden nach dem 10-20 System

Über die Versuchspersonen

- 19 gesunde Testpersonen

Elektroden

- Anbringung der 10 Elektroden nach dem 10-20 System

Über die Versuchspersonen

- 19 gesunde Testpersonen
- jede musste eine 30 minütige Trainingssitzung durchführen
- -> Training des Klassifikators

Der P300-Speller

Übersicht

Einleitung

Verarbeitung &
Klassifikation

PCA
LDA

Experiment 1

Experiment 2

Offline Analyse

Motivation

- Eine Epoche dauert 800ms

Motivation

- Eine Epoche dauert 800ms
- Daten werden mit 256Hz gesampelt(256 samples pro Sekunde), also $\frac{256 \times 800}{1000} = 204$ samples

Motivation

- Eine Epoche dauert 800ms
- Daten werden mit 256Hz gesampelt(256 samples pro Sekunde), also $\frac{256 \times 800}{1000} = 204$ samples
- 10 Elektroden: $204 \times 10 = 2040$

Motivation

- Eine Epoche dauert 800ms
- Daten werden mit 256Hz gesampelt(256 samples pro Sekunde), also $\frac{256 \times 800}{1000} = 204$ samples
- 10 Elektroden: $204 \times 10 = 2040$
- **Reduktion notwendig!**

Der P300-Speller

Übersicht

Einleitung

Verarbeitung &
KlassifikationPCA
LDA

Experiment 1

Experiment 2

Offline Analyse

- ges: $Y = P^T X$ mit $\text{cov}(Y)$ diag. Matr. und $P^{-1} = P^T$

- ges: $Y = P^T X$ mit $\text{cov}(Y)$ diag. Matr. und $P^{-1} = P^T$
- $\text{cov}(Y) = E[YY^T]$

- ges: $Y = P^T X$ mit $\text{cov}(Y)$ diag. Matr. und $P^{-1} = P^T$
- $\text{cov}(Y) = E[YY^T]$
- $= E[(P^T X)(P^T X)^T]$

- ges: $Y = P^T X$ mit $\text{cov}(Y)$ diag. Matr. und $P^{-1} = P^T$
- $\text{cov}(Y) = E[YY^T]$
- $= E[(P^T X)(P^T X)^T]$
- $= E[(P^T X)(X^T P)]$

- ges: $Y = P^T X$ mit $\text{cov}(Y)$ diag. Matr. und $P^{-1} = P^T$
- $\text{cov}(Y) = E[YY^T]$
- $= E[(P^T X)(P^T X)^T]$
- $= E[(P^T X)(X^T P)]$
- $= P^T E[XX^T]P$

- ges: $Y = P^T X$ mit $\text{cov}(Y)$ diag. Matr. und $P^{-1} = P^T$
- $\text{cov}(Y) = E[YY^T]$
- $= E[(P^T X)(P^T X)^T]$
- $= E[(P^T X)(X^T P)]$
- $= P^T E[XX^T]P$
- $= P^T \text{cov}(X)P$

- ges: $Y = P^T X$ mit $\text{cov}(Y)$ diag. Matr. und $P^{-1} = P^T$
- $\text{cov}(Y) = E[YY^T]$
- $= E[(P^T X)(P^T X)^T]$
- $= E[(P^T X)(X^T P)]$
- $= P^T E[XX^T]P$
- $= P^T \text{cov}(X)P$
- $\Leftrightarrow P \text{cov}(Y) = \text{cov}(X)P$

Der P300-Speller

Übersicht

Einleitung

Verarbeitung &
KlassifikationPCA
LDA

Experiment 1

Experiment 2

Offline Analyse

- $Pcov(Y) = cov(X)P$

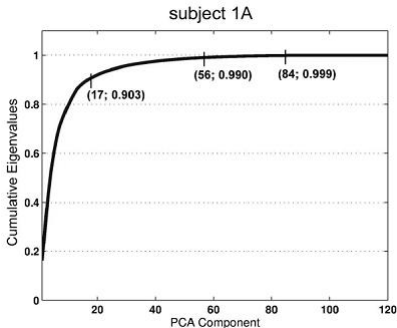
- $Pcov(Y) = cov(X)P$
- man kann P schreiben als Zeilenvektor
 $P = [P_1, P_2, \dots, P_n]$, wobei P_i der i -te Spaltenvektor der Matrix ist und

- $Pcov(Y) = cov(X)P$
- man kann P schreiben als Zeilenvektor
 $P = [P_1, P_2, \dots, P_n]$, wobei P_i der i -te Spaltenvektor der Matrix ist und
- $cov(Y) = diag(\lambda_1, \dots, \lambda_n)$. Einsetzen in obige Gleichung ergibt:

- $Pcov(Y) = cov(X)P$
- man kann P schreiben als Zeilenvektor
 $P = [P_1, P_2, \dots, P_n]$, wobei P_i der i -te Spaltenvektor der Matrix ist und
- $cov(Y) = diag(\lambda_1, \dots, \lambda_n)$. Einsetzen in obige Gleichung ergibt:
- $[\lambda_1 P_1, \lambda_2 P_2, \dots, \lambda_n P_n] = [cov(X)P_1, cov(X)P_2, \dots, cov(X)P_n]$

- $Pcov(Y) = cov(X)P$
- man kann P schreiben als Zeilenvektor
 $P = [P_1, P_2, \dots, P_n]$, wobei P_i der i -te Spaltenvektor der Matrix ist und
- $cov(Y) = diag(\lambda_1, \dots, \lambda_n)$. Einsetzen in obige Gleichung ergibt:
- $[\lambda_1 P_1, \lambda_2 P_2, \dots, \lambda_n P_n] = [cov(X)P_1, cov(X)P_2, \dots, cov(X)P_n]$
- Für jedes Paar $\lambda_i P_i = cov(X)P_i$ gilt hier, dass P_i ein Eigenvektor der Matrix $cov(X)$ ist.

- Eigenwerte geben Anteil an der Gesamtvarianz an
- → Nach Größe sortierte und aufsummierte EWs ergeben die kummulierte Varianz



Klassifikation

Linear Discriminant Analysis

Der P300-Speller

Übersicht

Einleitung

Verarbeitung &
Klassifikation

PCA

LDA

Experiment 1

Experiment 2

Offline Analyse

Klassifikation

Linear Discriminant Analysis

Der P300-Speller

Übersicht

Einleitung

Verarbeitung &
Klassifikation

PCA
LDA

Experiment 1

Experiment 2

Offline Analyse

- $w = S_w^{-1}(m_1 - m_2)$ wobei S_w die Intra-Klassen-Kovarianzmatrix ist

Klassifikation

Linear Discriminant Analysis

Der P300-Speller

Übersicht

Einleitung

Verarbeitung &
Klassifikation

PCA
LDA

Experiment 1

Experiment 2

Offline Analyse

- $w = S_w^{-1}(m_1 - m_2)$ wobei S_w die Intra-Klassen-Kovarianzmatrix ist
- $s(x) = w^T x + b$ mit b bias, wird durch Kreuzvalidierung bestimmt

Klassifikation

Linear Discriminant Analysis

Der P300-Speller

Übersicht

Einleitung

Verarbeitung &
Klassifikation

PCA
LDA

Experiment 1

Experiment 2

Offline Analyse

- $w = S_w^{-1}(m_1 - m_2)$ wobei S_w die Intra-Klassen-Kovarianzmatrix ist
- $s(x) = w^T x + b$ mit b bias, wird durch Kreuzvalidierung bestimmt
- Damit kann man die Klassen P^+ und P^- trennen

Experiment 1

statische Anzahl an subtrials

Der P300-Speller

Übersicht

Einleitung

Verarbeitung &
Klassifikation

Experiment 1

Experiment 2

Offline Analyse

- 7 Testpersonen
- Buchstabieren des Wortes "INTERFACE" 10 Mal
- Jedes Mal ein subtrial weniger, bei 10 anfangend

Experiment 1 - Ergebnisse

statische Anzahl an subtrials

Der P300-Speller

Übersicht

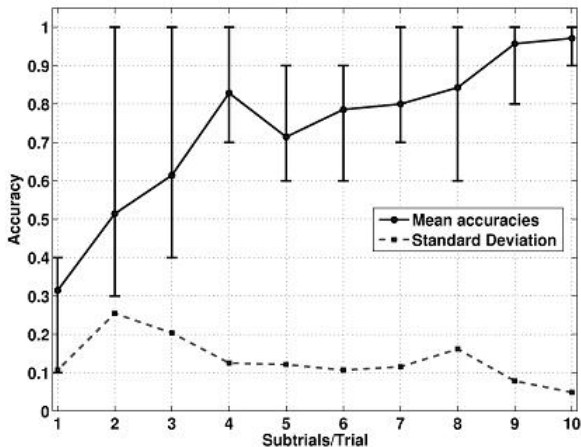
Einleitung

Verarbeitung &
Klassifikation

Experiment 1

Experiment 2

Offline Analyse



(b) Experiment 1 - Mean accuracy

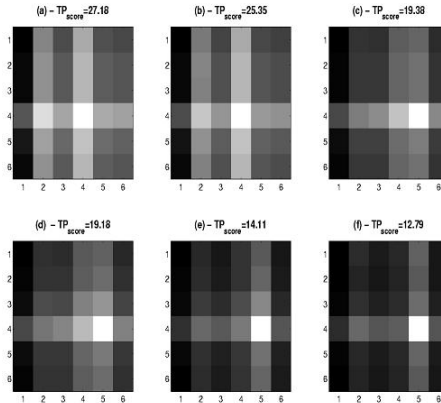
Experiment 2

dynamische Anzahl an subtrials

Der P300-Speller

- Helligkeit der Matrix bestimmt durch

$$TP_{score} = \sum_i \sum_j M_{i,j}$$



Übersicht

Einleitung

Verarbeitung &
Klassifikation

Experiment 1

Experiment 2

Offline Analyse

Experiment 2

dynamische Anzahl an subtrials

Der P300-Speller

Übersicht

Einleitung

Verarbeitung &
Klassifikation

Experiment 1

Experiment 2

Offline Analyse

Idee

- Berechne Durchschnittswert TP_{mean}

Experiment 2

dynamische Anzahl an subtrials

Der P300-Speller

Übersicht

Einleitung

Verarbeitung &
Klassifikation

Experiment 1

Experiment 2

Offline Analyse

Idee

- Berechne Durchschnittswert TP_{mean}
- Fordere neuen subtrial an solange $TP_{score} > TP_{mean}$

Experiment 2

dynamische Anzahl an subtrials

Der P300-Speller

Übersicht

Einleitung

Verarbeitung &
Klassifikation

Experiment 1

Experiment 2

Offline Analyse

Idee

- Berechne Durchschnittswert TP_{mean}
- Fordere neuen subtrial an solange $TP_{score} > TP_{mean}$
- Diesmal buchstabierten 12 Testpersonen das Wort "BRAINCOMPUTERINTERFACE" 4 Mal

Experiment 2

dynamische Anzahl an subtrials

Der P300-Speller

Übersicht

Einleitung

Verarbeitung &
Klassifikation

Experiment 1

Experiment 2

Offline Analyse

Idee

- Berechne Durchschnittswert TP_{mean}
- Fordere neuen subtrial an solange $TP_{score} > TP_{mean}$
- Diesmal buchstabierten 12 Testpersonen das Wort "BRAINCOMPUTERINTERFACE" 4 Mal
- Jedes Mal wurde TP_{mean} um 10% gesenkt

Experiment 2 - Ergebnisse

Der P300-Speller

Übersicht

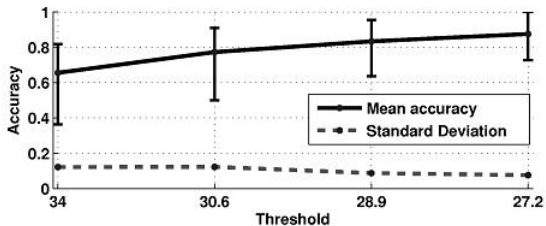
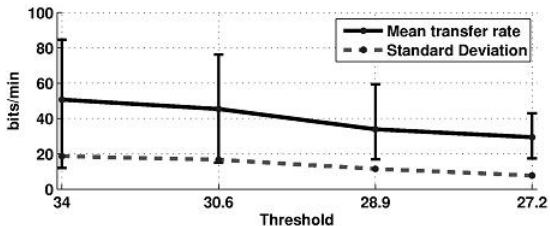
Einleitung

Verarbeitung &
Klassifikation

Experiment 1

Experiment 2

Offline Analyse



Experiment 2 - Ergebnisse

Vergleich zu Experiment 1

Der P300-Speller

Übersicht

Einleitung

Verarbeitung &
Klassifikation

Experiment 1

Experiment 2

Offline Analyse

- Verbesserung der höchsten Durchschnittsgeschwindigkeit von 32.17 bits/min auf 50.61 bits/min (57%) bei Genauigkeitsverlust von (26%)

Experiment 2 - Ergebnisse

Vergleich zu Experiment 1

Der P300-Speller

Übersicht

Einleitung

Verarbeitung &
Klassifikation

Experiment 1

Experiment 2

Offline Analyse

- Verbesserung der höchsten Durchschnittsgeschwindigkeit von 32.17 bits/min auf 50.61 bits/min (57%) bei Genauigkeitsverlust von (26%)
- Bei etwa 80% Genauigkeit: Verbesserung von 32 bits/min auf 45 bits/min (40%)

Der P300-Speller

Übersicht

Einleitung

Verarbeitung &
Klassifikation

Experiment 1

Experiment 2

Offline Analyse

- Weiteres Kriterium: Differenz zwischen der höchsten und zweithöchsten Zelle

Der P300-Speller

Übersicht

Einleitung

Verarbeitung &
Klassifikation

Experiment 1

Experiment 2

Offline Analyse

- Weiteres Kriterium: Differenz zwischen der höchsten und zweithöchsten Zelle
- Eine Verwendung folgender beider Kriterien sollte die Leistung des BCI weiter verbessern

Der P300-Speller

Übersicht

Einleitung

Verarbeitung & Klassifikation

Experiment 1

Experiment 2

Offline Analyse

- Weiteres Kriterium: Differenz zwischen der höchsten und zweithöchsten Zelle
- Eine Verwendung folgender beider Kriterien sollte die Leistung des BCI weiter verbessern
- Beende ein trial wenn beide Kriterien erfüllt sind
 - 1 gesammte Helligkeit **unterschreitet** einen bestimmten Wert
 - 2 Verhältnis gröster Zelle der Matrix zu zweitgröster **übersteigt** einen gewissen Wert

Der P300-Speller

Übersicht

Einleitung

Verarbeitung & Klassifikation

Experiment 1

Experiment 2

Offline Analyse

- 1 "An adaptive P300-based online Brain-Computer Interface" von Alexander Lenhardt, Matthias Kaper und Helge Ritter; Aus IEEE Transactions on neural systems and rehabilitation engineering, 2008
- 2 "Talking off the top of your head: toward a mental prosthesis utilizing event-related brain potentials" von L.A. Farwell und E. Donchin; Aus Electroencephalography and clinical Neurophysiology, 1988
- 3 "Pattern Recognition and Machine Learning" von Christopher M. Bishop
- 4 www.wikipedia.org

Danke für Eure Aufmerksamkeit!

Alexander Schulz
aschulz@techfak.uni-bielefeld.de