

Zellulare Neuronale Netzwerke

Florian Bilstein



Dresden, 13.06.2012



Gliederung

1. Einführung
2. Motivation
3. Funktionsweise
4. Anwendung

- Was sind Zellulare Neuronale Netzwerke?

Einführung

Ein Netzwerk aus analog verarbeitenden Elementen, welche Zellen genannt werden. Diese Elemente sind nur lokal verbunden und lösen durch parallele Verarbeitung eine gegebene Rechenaufgabe.

[5]

Motivation

- Sequenzielle Datenverarbeitung limitiert
- Parallelität beschleunigt Verarbeitung großer Datenmengen
- CNN als mögliche Basis für die Integration von SIMD-Architekturen

Motivation

- Anpassungsfähigkeit
- Verbindungsstruktur beeinflusst Verhalten
- Bedingt durch innere Struktur spezifisches Verhalten

Motivation

- Toleranz gegenüber Störeinflüsse
- Realisierungen für Spezialanwendungen in der Informationsverarbeitung

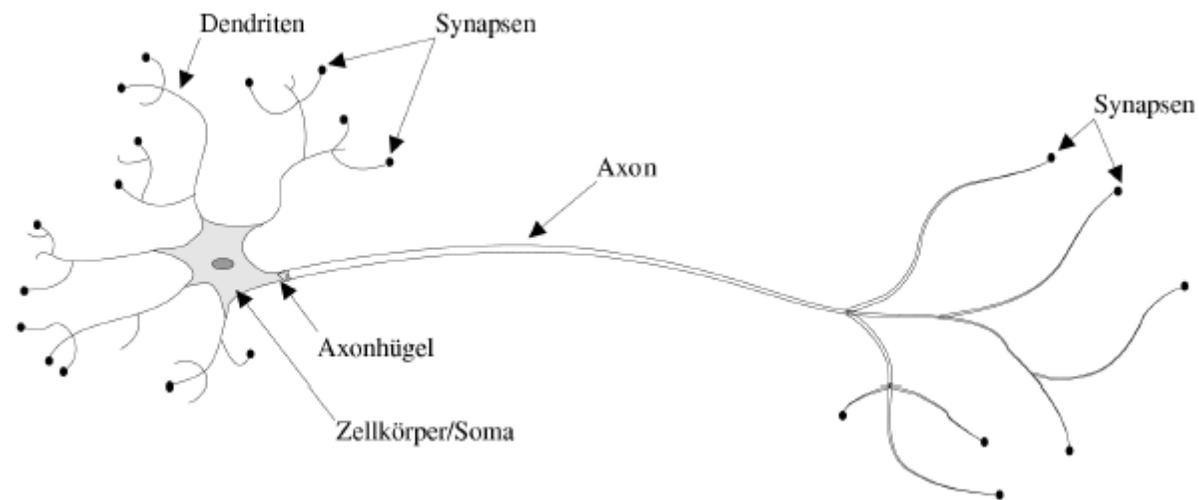
- Wie funktionieren Zellulare Neuronale Netzwerke?

Definition

- Netzwerk aus analog verarbeitenden Elementen
- Lokale Verbindungen
- Parameter zur Konfiguration der Kopplungseigenschaften
- Interaktion der Zellen bei der parallele Verarbeitung

Funktionsweise der Zellen

- Biologisch inspirierter Ansatz
- Modell eines Neuron als Grundlage für die Beschreibung des Verhaltens einer Zelle

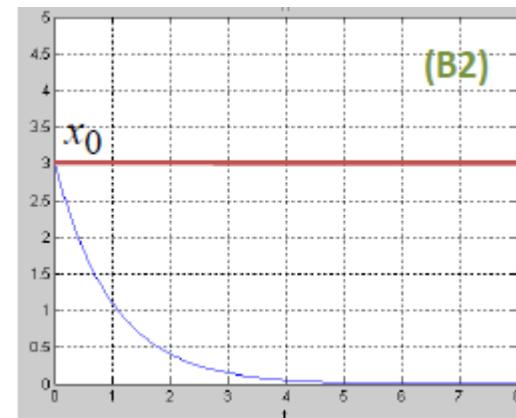


Funktionsweise der Zellen

- Zellen sind erregbar
- Relaxieren negativ proportional zum Grundzustand zurück
- Zustandsgleichung:

$$\dot{x}_{ij}(t) = -x_{ij}(t)$$

[5]

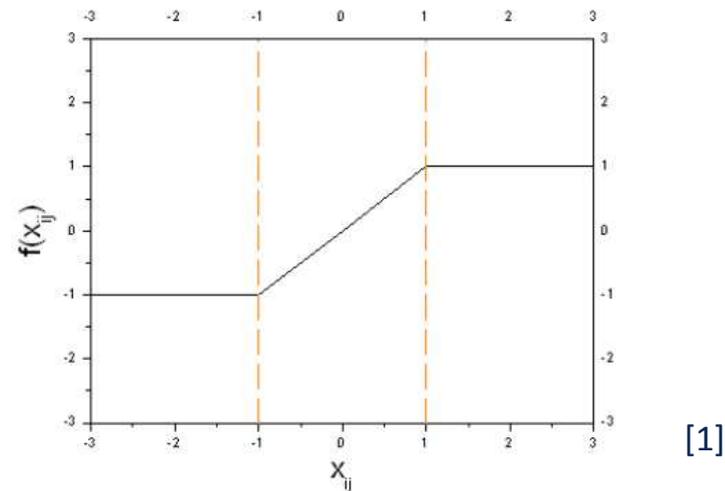


[5]

Anordnung der Zellen innerhalb des Netzwerkes

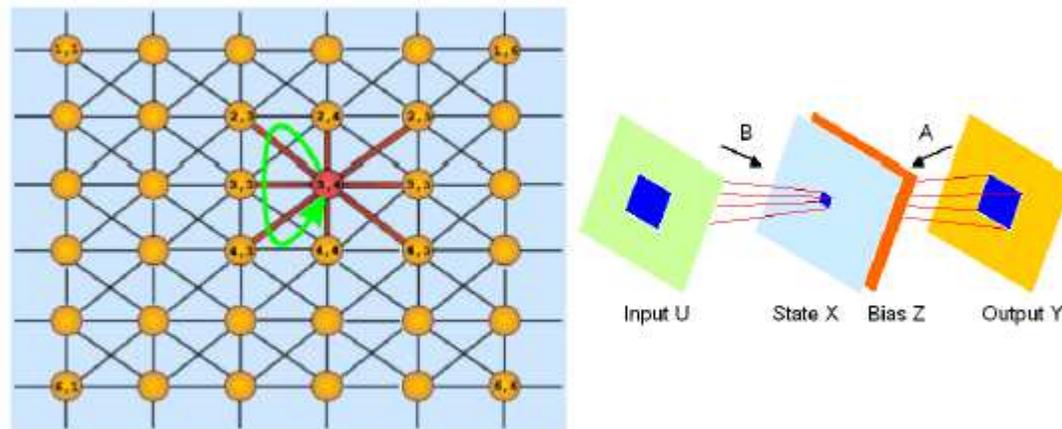
- Ausgangsaktivität bestimmt durch Transfairfunktion:

$$y_{ij}(t) = f(x_{ij}(t)) = \frac{1}{2} (|x_{ij}(t) + 1| - |x_{ij}(t) - 1|) \quad [5]$$



Anordnung der Zellen innerhalb des Netzwerkes

- Rechteck mit $n*m$ Zellen
- Nur unmittelbare Nachbarn verbunden
- Spezielle Parameter beeinflussen Übertragungsverhältnis zwischen Zellen

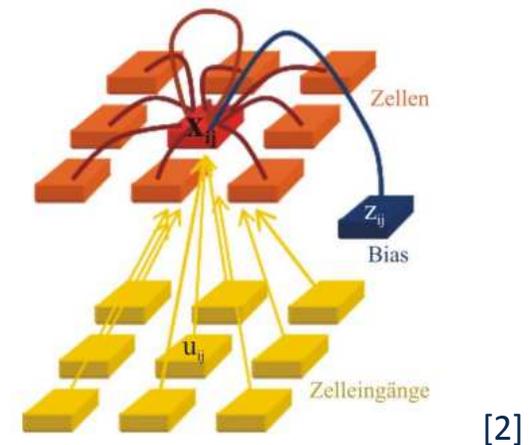


[1]

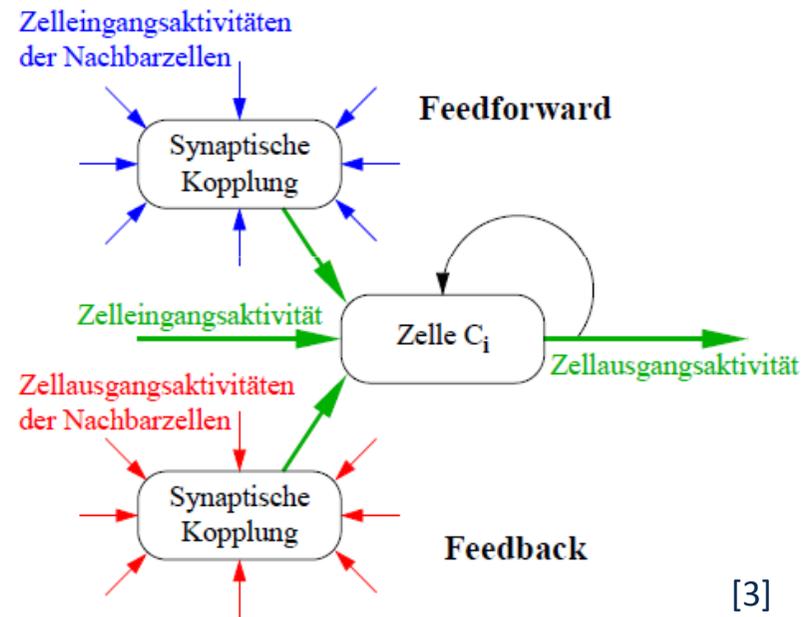
Erweiterung der Zustandsgleichung

- Zellzustand durch lokale Kopplung beeinflusst
- CNN-Verhaltensbeschreibung:

$$\dot{x}_{ij}(t) = -x_{ij}(t) + \sum_{k,l \in N_{ij}(r)} a_{k,l} y_{kl}(t) + b_{k,l} u_{k,l}(t) + z_{ij} \quad [5]$$



Verhalten der Zellen im Verbindungsnetzwerk



Netzwerkeigenschaften

- Vorteil liegt nicht in der Exaktheit der Ergebnisse
- Anpassungsfähigkeit
- Generalisierungsverhalten (große Toleranz gegenüber verrauschten Eingängen)
- Parallele Informationsverarbeitung

Modellierung der Verhaltensbeschreibung

- Durch Anpassung der Parameter lässt sich Verhalten beeinflussen
- Templates für die Realisierung verschiedener Funktionen

Template

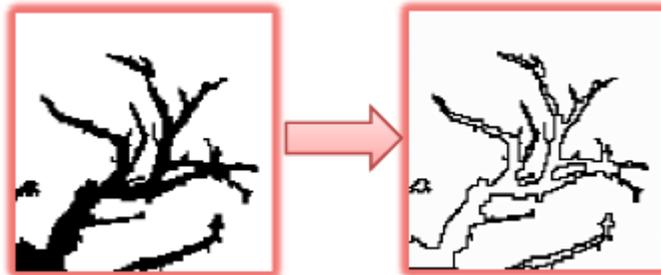
- Edge Template

$$\underline{\underline{A}} = \begin{array}{|c|c|c|} \hline 0 & 0 & 0 \\ \hline 0 & 0 & 0 \\ \hline 0 & 0 & 0 \\ \hline \end{array} \quad \underline{\underline{B}} = \begin{array}{|c|c|c|} \hline -1 & -1 & -1 \\ \hline -1 & 8 & -1 \\ \hline -1 & -1 & -1 \\ \hline \end{array}$$

$$x_{ij}(0) = 0, \quad z_{ij} = -1$$

- Zustandsgleichung:

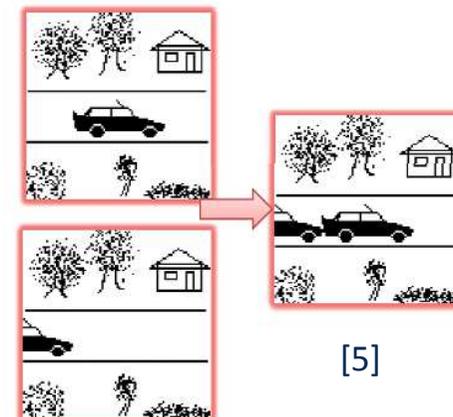
$$\begin{aligned}
 \dot{x}_{ij} &= -x_{ij} + \underline{\underline{B}} \otimes \underline{\underline{u}}_{ij} - 1 \\
 &= -x_{ij} - 1 + 8u_{ij} - \sum_{kl} u_{kl}
 \end{aligned}$$



[5]

Template

- Viele weitere Templates auch abseits der Bildverarbeitung
- AND, OR oder Negation
- Problemstellung werden dabei auf Datenanordnungen innerhalb der CNN Zellgitter zurückgeführt



Template

- Darstellung aller Booleschen Funktionen möglich
- Linear Separierbare Funktionen direkt
- Nicht-separierbare Funktionen nur durch Umformung

Anwendung

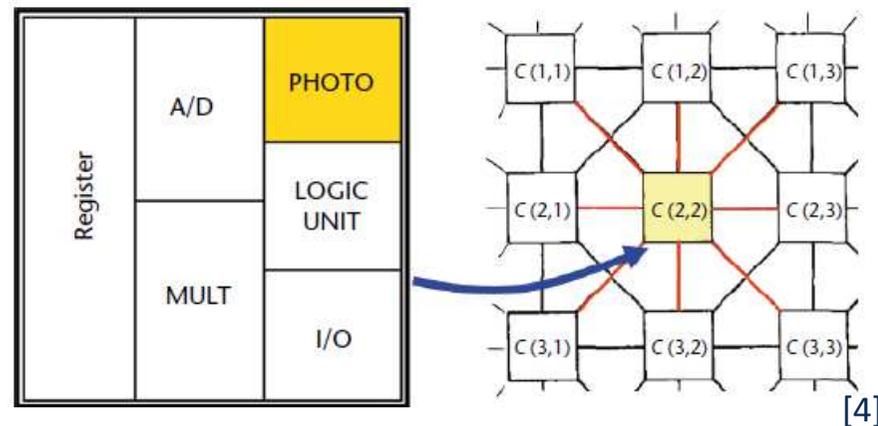
- Simulation durch
 - Software
 - Digitale Signalprozessoren

Anwendung

- Analoge CNN-Chip
- Jeder analoge Prozessor eine Zelle zugeordnet
- Durch Miniaturisierung mehrere tausend Zellen auf einen Chip

CNN-UM

- Erweiterung der Zellen zur Realisierung einer CNN- Universelle Maschine
- Bestandteile: Speicher- und Rechenelemente, Schaltungselemente zur Ein-/Ausgabe, ...



Vorteile

- Kombination der Vorteile eines CNN mit klassischen Rechenstrukturen
- Programmierfähigkeit durch Abfolge verschiedener Templates
- Speicherung von Zwischenergebnissen
- Durch die Ermittlung der Größen durch Approximation mit Gewichtungen:
 - Hohe Anpassungsfähigkeit
 - Große Toleranz gegenüber Störungen
 - Bedingt durch Aufbau parallele Informationsverarbeitung

Anwendungsgebiete

- Medizin (Epilepsie-Früherkennung,...)
- Bild-/ Videoverarbeitung und Kodierung
- Mustererkennung
- Numerische Simulation von partiellen Differentialgleichungen
- biologisch-inspirierten Fortbewegungssteuerung

**Vielen Dank
für Ihre Aufmerksamkeit!**



»Wissen schafft Brücken.«

Quellen

- (1) <http://hss.ulb.uni-bonn.de/2004/0390/0390.pdf>
- (2) <http://www.adv-radio-sci.net/5/231/2007/ars-5-231-2007.pdf>
- (3) http://user.uni-frankfurt.de/~dweiss/LaTeX2HTML/Diplom/node3_mn.htm
- (4) http://www.ipm.fraunhofer.de/content/dam/ipm/de/PDFs/produktblaetter/OFM_Optische_Fertigungsmesstechnik/IMT_Inline_Messtechnik/IPM_Artikel_CNN_dt_final.pdf
- (5) Skript: Zellulare Neuronale Netzwerke, Dr. rer. nat. Torsten Schmidt, SS 2009
- (6) http://www.ipm.fraunhofer.de/content/dam/ipm/de/PDFs/produktblaetter/OFM_Optische_Fertigungsmesstechnik/IMT_Inline_Messtechnik/fachartikel_cnn_drahtinspektion_ipm.pdf