

# Konnektionistische Modellierung von Sprache - 15.1.08

Fabian Hundertmark Matrikel-Nummer: 1769284

25. März 2008

## 1 Was gemacht wurde

Im Seminar „Konnektionistische Modellierung von Sprache“ beschäftigten wir uns am 15.1.2008 mit dem Paper „Learning and Applying Contextual Constraints in Sentence Comprehension“ von Mark F. St. John und James L. McClelland. Dieses beschreibt ein konnektionistisches Netzwerk, welches dem Zweck dient, einfache Sätze in eine konzeptuelle Repräsentation des Ereignisses umzuwandeln, welches in dem entsprechenden Satz zugrunde liegt. Um dieses Hauptziel zu erreichen, haben sich die Erfinder folgende Unterziele gesetzt:

”

- to disambiguate ambiguous words;
- to instantiate vague words;
- to assign thematic roles;
- to elaborate implied roles;
- to learn to perform these tasks;
- to immediately adjust its interpretation as each constituent ist processed.

“1

Ich werde mich nun zunächst mit den einzelnen Zielen beschäftigen und dann die Lösung Johns und McClellands aufzeigen, wobei ich meinen Fokus auf die Netzwerkarchitektur legen werde.

## 2 Die Ziele

### 2.1 Disambiguierung mehrdeutiger Wörter

Einige Wörter sind ambig – also mehrdeutig. So gibt es acht verschiedene Möglichkeiten folgenden Satz zu verstehen:

---

<sup>1</sup>M.F. St. John and J.L. McClelland: Learning and Applying Contextual Constraints in Sentence Comprehension, in: Artificial Intelligence, Volume 46 Issue 1-2. S. 220

The pitcher threw the ball.

Diese Möglichkeiten ergeben sich, da „pitcher“ sowohl ein Ballspieler als auch ein Gefäß sein kann, „threw“ kann heißen, dass jemand etwas wirft oder, dass jemand bei etwas Gastgeber ist und „ball“ kann sowohl eine Kugel als auch eine Tanzveranstaltung bezeichnen.

Trotzdem hat ein Sprachrezipient keine Probleme den Satz zu verstehen, da ihm im Normalfall Kontextinformationen helfen. Er muss aber nicht überprüfen, ob die acht Möglichkeiten in den Kontext passen. Ein Satzverständnis stellt sich mehr oder weniger „von selbst“ ein.

Das Konnektionistische Netzwerk, welches einen solchen Verständnisvorgang simuliert, muss also eine Disambiguierung leisten und sich jeweils für eine der möglichen Bedeutungen entscheiden.

## 2.2 Instantiierung vager Wörter

Viele Wörter haben einen bestimmten Bedeutungsspielraum. Solche vagen Wörter können je nach Kontext etwas anderes bedeuten. So stellt man sich unter einem Behälter für Äpfel typischerweise etwas anderes vor als unter einem Behälter für Bier. Das Wort „Behälter“ kann also unter anderem für Gläser und Flaschen, aber auch für Körbe, Kisten stehen.

Soll das Netzwerk die im Satz ausgedrückte Situation abbilden, muss es eine Instantiierung vager Wörter leisten und somit festlegen rausfinden, welche Bedeutung gemeint ist.

## 2.3 Zuweisung thematischer Rollen

Ein weiteres Problem, welches das Netzwerk lösen muss, ist das zuweisen thematischer Rollen zu den einzelnen Satzkonstituenten. So ist zum Beispiel im oberen Beispielsatz der Pitcher der Agent – also der, der etwas tut –, während der Ball der Experiencer – als der, der etwas erleidet – ist. Folgende Beispiele zeigen, dass eine solche Rollenzuteilung nicht alleine durch die Stellung im Satz festgelegt wird.

1. The teacher ate the spaghetti with the busdriver.
2. The teacher ate the spaghetti with red sauce.

Semantik spielt in diesen Beispielen eine wichtige Rolle. So kommt man auf Anhieb noch nicht einmal auf die Idee, dass die Lehrerin den Busfahrer als Beilage zu den Spagetti isst oder dass die rote Sauce auch Spagetti isst.

Um die korrekte Repräsentationen zu erstellen, müssen also vom Netzwerk thematische Rollen zugewiesen werden. Dies funktioniert nicht ohne Hintergrundwissen.

## 2.4 Elaborierung impliziter Rollen

Viele Sätze implizieren bestimmte Rollen ohne dass diese explizit erwähnt werden. Betrachten wir zum Beispiel folgenden Satz:

The teacher ate the spaghetti.

Will man nun eine konzeptuelle Repräsentation des Ereignisses erstellen, welches dieser Satz ausdrückt, ist in unserem Kulturkreis selbstverständlich, dass die Lehrerin zum Essen der Spaghetti eine Gabel verwendet. Dies wird klar, wenn man beachtet, dass man keineswegs überrascht wäre, wenn der nächste Satz

She dropped the fork.

lauten würde. Überrascht wären wir hingegen, wenn der nächste Satz

She dropped the sword.

lauten würde. Es werden also beim Hören eines Satzes schon bestimmte Assoziationen hergestellt. Das Netzwerk muss also auch eine solche Assoziation herstellen können.

## 2.5 Das Erlernen der oben genannten Aufgaben

Oben genannte Aufgaben soll das Netzwerk also lösen können. Dies lässt sich zwar mit einem konnektionistischen Modell bewältigen, es ist jedoch sehr schwer die einzelnen Leitungsgewichte zwischen den Knoten von Hand einzustellen. Lernprozeduren können diese Aufgabe einfacher lösen. Daher sollte das Netzwerk die Aufgaben erlernen können.

## 2.6 Inkrementelle Verarbeitung

Eine weitere Besonderheit des Sprachverstehens ist die inkrementelle Verarbeitung. Diese findet also nicht auf einen Schlag, sondern nach und nach statt. Ein Mensch liest also ein Buch von vorne nach hinten und versteht es auch in dieser Reihenfolge. Ein ganzes Buch auf einmal zu verstehen ist uns nicht möglich.

**Garden-path sentences** illustrieren diese Besonderheit gut. Bei ihnen handelt es sich um Sätze, welche anfangs aussehen wie eine bestimmte Satzform, sich im Nachhinein aber als etwas anderes entpuppen. Liest man zum Beispiel den Satzanfang

Rotwein entfernt mit Salz...

erwartet man, dass Rotwein mit Salz zusammen etwas anderes entfernt. Liest man jedoch den kompletten Satz:

Rotwein entfernt mit Salz hinterlässt keine Spuren.

merkt man, dass es sich um einen Passivsatz handelt und dass dieser eine Aussage über die Situation fällt, in der Rotwein mit Salz entfernt wird.

Das modellierte Netzwerk soll diese Besonderheit der inkrementellen Verarbeitung nachbilden. Zu diesem Zweck bekommt es nach und nach die einzelnen Satzteile vorgelegt.

## 3 Die Lösung

### 3.1 Constraint Satisfaction

Der Ansatz, den John und McClelland verfolgen sieht das Verstehen eines Satzes vor allem ein Prozess der „constraint satisfaction“. Was kann man darunter verstehen?

„The surface features of a sentence, its particular words and their order and morphology, provide a rich set of constraints on the sentence’s meaning. [...] Conjunctions of features, such as word order and passive-voice morphology, provide additional constraints.“<sup>2</sup>

Die verschiedenen Eigenschaften eines Satzes schränken also mögliche Bedeutungen zu einem gewissen Grad ein. Gerade für eine solch graduelle Änderung der Bedeutung ist ein konnektionistisches Netzwerk besonders geeignet.

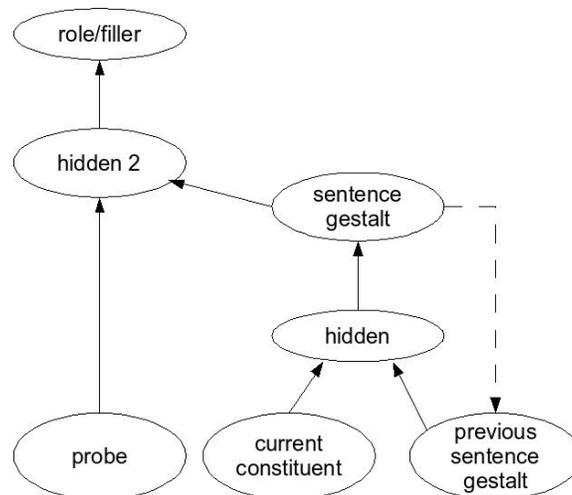


Abbildung 1: Die Architektur des Netzwerks. Durchgezogene Linien repräsentieren Verbindungen zwischen den Knoten. Die gestrichelte Linie zeigt eine Kopie der vorhergehenden Aktivierung an.

### 3.2 Das verwendete Netzwerk

Da eines der Ziele war, dass das konnektionistische Netzwerk lernfähig sein sollte, wurde ein erweitertes Backpropagationnetzwerk verwendet.

**Ein Backpropagationnetzwerk** beginnt mit zufälligen Leitungsgewichten. Dann wird folgender Algorithmus angewendet, bis das gewünschte Ergebnis erreicht ist:

1. Ein Eingabemuster wird angelegt und durch das Netz propagiert.

<sup>2</sup>M.F. St. John and J.L. McClelland: Learning and Applying Contextual Constraints in Sentence Comprehension, in: Artificial Intelligence, Volume 46 Issue 1-2. S. 218

2. Die tatsächliche Ausgabe wird mit der gewünschten Ausgabe verglichen. Die Differenz entspricht dem Fehler des Netzes.
3. Die Leitungsgewichtungen werden dem Fehler entsprechend verändert und der Algorithmus wird erneut durchgeführt.

Für diesen Netzwerktyp wird ein Lehrer benötigt, welcher eine gewünschte Ausgabe vorgibt und schaut, ob diese bereits erreicht ist.

Die Architektur des verwendeten Netzwerks (siehe Abbildung 1) besteht aus sieben Ebenen mit jeweils 85 oder 100 Knoten.<sup>3</sup> Diese Ebenen gliedern sich wiederum in zwei funktionale Teile. Der eine Teil<sup>4</sup> dient dazu die aktuellen Konstituenten in die sentence gestalt einzuarbeiten.

Die „current constituent“-Inputschicht kann 13 Verben, 31 Nomen, 4 Präpositionen, 3 Adverbien und 7 mehrdeutige Wörter darstellen, wobei jedes Wort einen eigenen Knoten erhält. Hinzu kommen vier Obeflächenrollen, welche die Position des Wortes im Verhältnis zum Wort anzeigt. Die Möglichkeiten sind in diesem Netz wie folgt:

- pre-verbal (steht vor dem Verb)
- verbal (ist Verb)
- first-post-verbal (steht an der 1. Stelle nach Verb)
- n-post-verbal (steht an der letzten Stelle nach Verb)

Zusammen mit der „previous sentence gestalt“-Schicht und einer Hiddenschicht entsteht hieraus die „sentence gestalt“.

Diese enthält die Bedeutung des Satzes. Diese repräsentiert sie – in Form von Aktivierungsverteilung – als Ganzes, ohne eine logische Analyse durchzuführen. Sie ist also für uns als solches nicht unbedingt verständlich oder direkt ablesbar. Zu beachten ist, dass die Aktivierungsverteilung der „sentence gestalt“ der vorigen Konstituente in „previous sentence gestalt“ – durch Kopie – erneut auftaucht und so dafür sorgt, dass die neue Konstituente in den Kontext des bisherigen Satzes eingebettet wird.

Der zweite Teil des Netzwerks<sup>5</sup> dient dazu die sentence gestalt in eine Ausgaberepräsentation umzuwandeln und diese somit für uns verständlich zu machen. Zu diesem Zweck wird in die „probe“-Ebene entweder die Rolle oder der Filler eingegeben, auf der „role/filler“-Ebene erscheint dann sowohl die Rolle als auch der entsprechende Filler für den aktuellen Satz.

Ist zum Beispiel der Satz „The pitcher threw the ball“ eingelesen worden und wird zudem in die „probe“-Ebene die Rolle des Agenten eingelesen, so sollte auf der „role/filler“-Ebene sowohl die Rolle des Agenten als auch der Filler „ball player“ auftauchen. Lesen wir auf der „probe“-Ebene den Filler „the ball“ ein, so sollte auf der „role/filler“-Ebene sowohl „sphere“ als auch die Rolle des Patienten auftauchen. Insgesamt enthält die Outputschicht:

<sup>3</sup>Insgesamt sind es 655 Knoten.

<sup>4</sup>bestehend aus den Ebenen „current constituent“, „previous sentence gestalt“, „sentence gestalt“ und einer Hiddenschicht

<sup>5</sup>bestehend aus sentence gestalt, probe, role/filler und einer Hiddenschicht

- 9 Rollen (agent, patient, action...)
- 45 Konzepte (28 nominale, 14 actions, 3 Adverbien)
- 13 features (person, adult, male, ...)
- 1 passive voice

### 3.3 Der Ablauf

Dem Netzwerk wurden nun 120 Ereignisse in unterschiedlicher Häufigkeit zum Lernen vorgelegt. Nach 630 000 Versuchen hatte das Netzwerk alle Ereignisse soweit gelernt, dass die sechs Unterziele wirklich erreicht wurden.

Gibt man beispielsweise die drei Satzkonstituenten

1. the teacher
2. ate
3. the soup

ein, so werden nach der Aktivierung von „the teacher“ zum Beispiel in der „role/filler“-Ebene die Konzepte „weiblich“, „erwachsen“ schon mit aktiviert. Das Netzwerk erkennt auch, dass es sich bei der Konstituente „ate“ um eine Aktion und bei „the soup“ um ein essbares Ding handelt.

## 4 Fazit

Es ist tatsächlich möglich ein konnektionistisches Netzwerk zu konstruieren, welches folgende Ziele erreichen kann:

- to disambiguate ambiguous words;
- to instantiate vague words;
- to assign thematic roles;
- to elaborate implied roles;
- to learn to perform these tasks;
- to immediately adjust its interpretation as each constituent ist processed.

Natürlich kann ein solches Netzwerk nur in den Welten funktionieren, für die es trainiert wurde. Zudem ist die Realisierung sehr begrenzt, da sie nur mit kleinen Korpora und einfache Sätze funktioniert.

## 5 Quellen

- M.F. St. John and J.L. McClelland: Learning and Applying Contextual Constraints in Sentence Comprehension, in: Artificial Intelligence, Volume 46 Issue 1-2. S. 217-257