

Ausarbeitung Anwendung 1

Henrik Brauer

Verhandlungsstrategien von Software Agenten

Betreuer: Prof. Dr. rer. nat Kai von Luck

25 Juni 2008

Inhalt

Abbildungsverzeichnis.....	3
1 Einleitung.....	3
2 Die Verhandlung.....	3
2.1 Definitionen.....	3
2.2 Ursachen für Verhandlungen	4
2.3 Gewünschte Eigenschaften von Verhandlungsprozessen	4
2.4 Verhandlungsmodell	4
2.5 Komplexität von Verhandlungen.....	5
3 Domainen	5
3.1 Task Orientierte Domain	5
3.2 Status Orientierte Domain	6
3.3 Wert Orientierte Domain	6
3.4 Verhandlung in aufgabenorientierten Domainen.....	6
3.4.1 Monotonic Concession Protokoll (MCP)	8
4 Verhandlungsstrategie	8
4.1 Regelbasierte Ansätze	9
4.2 Spieltheoretische Ansätze	10
4.3 Adaptive Ansätze.....	11
4.4 Adaption der Strategie mit evolutionären Algorithmen	12
5 Ausblick.....	13
6 Zusammenfassung.....	14

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1 Fahrgemeinschaft 7

Abb. 2 Verhandlungsbereich 7

1 Einleitung

Innerhalb der Informatik etabliert sich zunehmend der Trend, komplexe Probleme mithilfe von Agenten zu lösen. Dabei wird ein Problem in mehrere Teilaufgaben zerlegt, die dann von verschiedenen Agenten bearbeitet werden. Oft ist es so, dass Agenten Ihre Ziele nur in Kooperation mit anderen Agenten erreichen können. Um die komplexen Probleme effizient lösen zu können, müssen sie in der Lage sein, miteinander zu interagieren, Übereinkünfte zu treffen, zu verhandeln, Standpunkte zu rechtfertigen und zu argumentieren. Hierbei stellt sich die Frage, wie geeignete Ansätze aussehen müssen, damit sich die Teilnehmer zur Verfolgung eines gemeinsamen Ziels optimal koordinieren können. Es gibt verschiedene Ansätze wie Auktionen, Verhandlungen und Argumentieren (im Zusammenhang mit Multiagenten-Systemen ist Argumentation ein Prozess, bei dem ein Agent einen anderen Agenten von der Richtigkeit oder Falschheit einer Sachlage zu überzeugen versucht).

In dieser Arbeit stehen Verhandlungen im Vordergrund. Im ersten Teil werden Verhandlungen definiert, die Ursache für Verhandlungen und das Verhandlungsmodell werden vorgestellt. Im zweiten Teil werden die verschiedenen Verhandlungsdomänen definiert und am Beispiel eines Anwendungsfalls weiter erläutert. Im dritten Teil werden dann verschiedene Ansätze zur Implementierung von Verhandlungsstrategien vorgestellt.

2 Die Verhandlung

In diesem Kapitel werden Verhandlungen definiert, die Ursachen für Verhandlungen untersucht und das Verhandlungsmodell für Software Agenten vorgestellt.

2.1 Definitionen

Definition aus einem juristischen Lehrbuch: A negotiation is the process of submission and consideration of offers until an negotiation acceptable offer is made and accepted.

Definitionen im Kontext von Multi-Agenten-Systemen: The process by which a group of agents communicate with one another to try and come to a mutually acceptable agreement on some matter.

Unter einer Verhandlung in einem Multi-Agenten-System versteht man den Prozess der Suche von Agenten nach einer gemeinsamen Übereinkunft oder Abmachung (Konsens).

2.2 Ursachen für Verhandlungen

Die Ursachen für Verhandlungen haben verschiedene Gründe. Die wichtigsten vier Gründe sind folgende:

- Reiner Austausch von Informationen
- Neu- bzw. Umverteilung von Aufgaben
- Auflösung von Konflikten (Ressourcen- bzw. Teilzielkonflikte) durch
 - Nachgeben
 - gegenseitige Zugeständnisse (Konzessionen)
- Täuschungen

2.3 Gewünschte Eigenschaften von Verhandlungsprozessen

Ein wichtiges Kriterium für Verhandlungsprozesse in Multi-Agenten-Systemen ist, dass sie eine hohe Effektivität aufweisen. Das bedeutet, dass keiner der Agenten benachteiligt oder unfair behandelt werden kann. Neben der Effektivität ist die Effizienz ein wichtiger Faktor des Verhandlungsprozesses. Der Verhandlungsprozess soll möglichst wenige Ressourcen binden um dem Agenten möglichst wenig zusätzliche Arbeit zu erzeugen.

2.4 Verhandlungsmodell

Die Verhandlungen in Multi-Agenten-Systemen lassen sich größtenteils durch das von Rosenstein und Zlotkin (1994) beschriebene Verhandlungsmodell definieren. Dieses Modell besteht im Wesentlichen aus den folgenden vier Komponenten:

- Der Verhandlungsbereich: Der Verhandlungsbereich umfasst die Menge aller möglichen Ergebnisse der Verhandlung.
- Ein Verhandlungsprotokoll: Das Verhandlungsprotokoll beschreibt die Interaktionsregeln.
- Eine Sammlung von Strategien, die bestimmen was die einzelnen Agenten machen werden. Wie die Strategie eines Agenten aussieht, ist in der Regel für die anderen Verhandlungsteilnehmer nicht sichtbar.
- Eine Regel, die bestimmt, wann eine Einigung erzielt wurde und die, die Einigung (den „Deal“) beschreibt.

Meistens laufen Verhandlungen in Runden ab. In jeder Runde wird von jedem Agenten ein neuer Vorschlag gemacht. Die Vorschläge, die die Agenten machen, werden durch ihre Strategie definiert. Sie müssen im Verhandlungsbereich liegen und erlaubt sein. Ob ein Vorschlag erlaubt ist, hängt vom genutzten Protokoll ab. Wenn eine Vereinbarung auf Basis der Regel für einen Deal erzielt wurde, wird die Verhandlung beendet.

2.5 Komplexität von Verhandlungen

Die Komplexität von Verhandlungen hängt sehr stark von der Menge der Attribute ab, über die verhandelt wird (multiple-issues Verhandlungen). Ein Beispiel für eine einfache Verhandlung (single-issue Verhandlung) ist der Verkauf eines Produktes, bei dem nur über den Preis verhandelt wird. In so einem Fall ist die Verhandlung symmetrisch, jeder Agent erhöht bzw. senkt den Preis, bis die Agenten sich bei einem Preis treffen.

Verhandlungen, die symmetrisch ablaufen, sind sehr leicht zu analysieren, weil immer klar zu erkennen ist, ob ein Gebot besser ist oder nicht. Bei multiple-issues Verhandlungen wird nicht nur über ein Attribut verhandelt, sondern über mehrere verschiedene. Ein Beispiel hierfür ist der Verkauf von einem Auto. Neben dem Preis sind beispielsweise gewisse Extras oder die Länge der Garantiezeit wichtige Punkte, über die gleichzeitig verhandelt werden muss. In multiple-issues Verhandlung ist nicht immer klar erkennbar, ob ein Gebot ein Zugeständnis ist. Ein Zugeständnis muss nicht immer heißen, dass Attribute verbessert werden. Beispielsweise könnte der Autoverkäufer bei Verlängerung der Garantiezeit einen höheren Preis veranschlagen.

Mehrere Attribute lassen außerdem die Menge an möglichen Deals exponential steigen. Wenn wir z.B. eine Menge von Attributen haben, die entweder true oder false sein können. Dann haben wir 2^n mögliche Deals. Das bedeutet, dass es für die Agenten weitaus schwieriger wird, alle möglichen Deals zu untersuchen. Gerade bei komplexen Verhandlungsstrategien kann das zu Problemen führen.

Neben der Einteilung single-issues Verhandlungen und multiple-issues Verhandlungen können Verhandlungen noch aufgrund der Verhandlungsteilnehmer unterschieden werden. Man unterscheidet dabei zwischen one-to-one Verhandlungen, many-to-one Verhandlungen, und many-to-many Verhandlungen. Neben der Zahl der Verhandlungspunkte ist dies ein weiterer Grund für die Komplexität von Verhandlungen in der realen Welt.

3 Domainen

Der Verhandlungsbereich bestimmt die Menge der Ergebnisse. Die möglichen Ergebnisse sind abhängig von der Domain, in der verhandelt wird. Im Wesentlichen kann man die Verhandlungsbereiche in drei verschiedene Domainen aufteilen.

3.1 Task Orientierte Domain

Die erste Domain ist die Task Orientierte Domain. In der Task Orientierten Domain werden die Aktivitäten der Agenten durch eine Menge von Aufgaben, den sogenannten Task, beschrieben. Es gibt keine Beschränkung der Ressourcen. Alle Ressourcen, die ein Agent für die Bewältigung seiner Aufgaben benötigt, stehen ihm zur Verfügung. Die Aufgaben können von einem isolierten Agenten alleine oder durch Umverteilung von mehreren Agenten

ausgeführt werden. Die Umverteilung findet dabei so statt, dass sie im gemeinsamen Interesse ist.

3.2 Status Orientierte Domain

Die zweite Domain ist die Status Orientierte Domain. In den Status Orientierten Domain werden die Aktivitäten der Agenten durch Zustandsänderungen beschrieben. Die Ressourcen sind beschränkt. Die Auflösung der dadurch entstehenden Konfliktsituationen kann dazu führen, dass kein Endzustand existiert, der für alle Agenten zufriedenstellend ist. Die Ziele eines Agenten werden durch einen Zustand entweder ganz oder gar nicht erfüllt. Es existiert somit eine Boolesche Zielfunktion für jeden Agenten.

3.3 Wert Orientierte Domain

Die letzte Domain ist die Wert Orientierte Domain. Genau wie in der Status Orientierten Domain sind in der Wert Orientierten Domain die Ressourcen beschränkt. Allerdings können in der Wert Orientierten Domain die Ziele eines Agenten auch teilweise erfüllt werden. Die Agenten weisen jedem Zustand einen bestimmten reellen Wert zu. Es existiert somit eine Reelle Zielfunktion für jeden Agenten.

Die Task Orientierte Domain ist ein Teilbereich der Status Orientieren Domain und diese wiederum ist ein Teilbereich der Wert Orientieren Domain

3.4 Verhandlung in aufgabenorientierten Domänen

In dieser Ausarbeitung wird das Verhandlungsmodell exemplarisch für die Task-Orientierte Domain angewandt.

Beispiel: Agent B hat drei Kinder. Jedes dieser Kinder muss jeden Morgen in eine andere Schule gefahren werden. Der Nachbar von Agent B ist Agent A. Dieser hat zwei Kinder, die morgens auch jeweils zu zwei unterschiedlichen Schulen transportiert werden müssen. Der Transport jedes Kindes kann als eine eigenständige Aufgabe modelliert werden. Agent A und Agent B können durch Bildung von Fahrgemeinschaften ihren Arbeitsaufwand verringern.

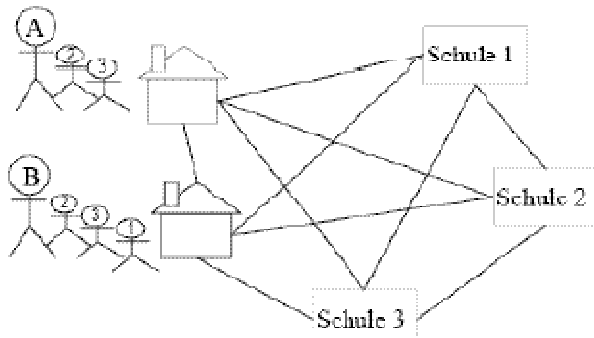


Abb. 1 Fahrgemeinschaft

Der erste Punkt im Verhandlungsmodell ist der Verhandlungsbereich. Werte aus dem Verhandlungsbereich sind mögliche Deals. Ein möglicher Deal für dieses Beispiel ist das Agent B alle Kinder Montag, Mittwoch und Freitag zur Schule bringt und Agent A am Dienstag und am Donnerstag.

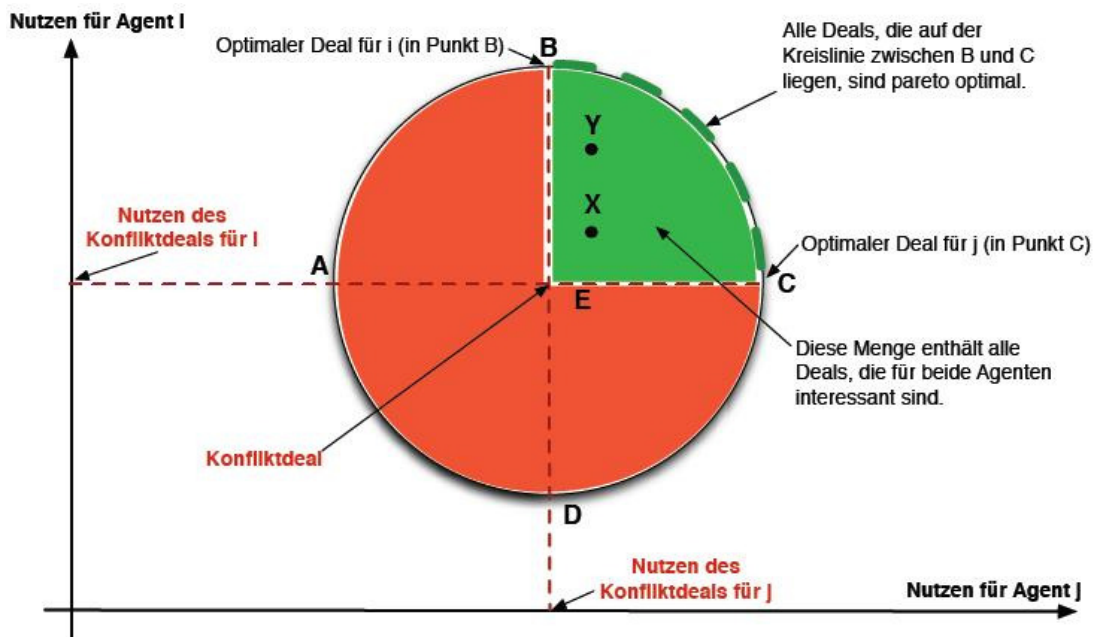


Abb. 2 Verhandlungsbereich

In Abbildung 2 sieht man den Verhandlungsbereich als Kreisdiagramm dargestellt. Der Kreis steht für den Verhandlungsbereich und umfasst also alle möglichen Deals. Die Bereiche unterhalb des Konflikt-Deals¹ (rot dargestellt) sind für die Agenten nicht interessant. Der Grund dafür ist, dass sie hier einen größeren Arbeitsaufwand hätten als beim alleinigen Erfüllen Ihrer eigenen Aufgabe. Der Grüne Bereich ist der Bereich, in dem die Agenten versuchen einen Deal auszuhandeln. Optimal wäre ein Deal auf der Außenkante des Kreises (innerhalb des grünen Bereiches). Diese Kante beschreibt einen Pareto² Optimalen Deal.

3.4.1 Monotonic Concession Protokoll (MCP)

Neben dem Verhandlungsbereich ist der nächste wichtige Punkt im Verhandlungsmodell das Verhandlungsprotokoll. Das MCP Protokoll ist ein Protokoll zur Verhandlung in Task Orientierten Domain. Beim MCP werden die Verhandlungen in mehreren Durchgängen geführt. Zu Beginn der Verhandlung schlagen beide Agenten simultan je einen Deal aus dem Verhandlungsbereich vor. Eine Einigung besteht dann, wenn die beiden Agenten Deals d_1 bzw d_2 vorschlagen wobei:

$$u_1(d_2) \geq u_1(d_1) \text{ oder } u_2(d_1) \geq u_2(d_2).$$

Im Fall einer Einigung: wenn beide Agenten bessere Deals vorschlagen als der jeweils andere, wird einer der Deals zufällig gewählt; ist nur einer besser als der andere, ist dieses der Ergebnis-Deal. Wenn keine Einigung erzielt wird, geht die Verhandlung in die nächste Runde. Dabei darf in Runde $n+1$ kein Agent einen Deal vorschlagen, der für den anderen einen geringeren Nutzen bietet als der Vorschlag, den er in Runde n vorgeschlagen hat. Macht in einer Runde $n > 0$ keiner der Agenten einen solchen Vorschlag (Zugeständnis = Concession), dann endet die Verhandlung mit dem Konflikt-Deal.

4 Verhandlungsstrategie

Neben der Definition von Verhandlungsbereich und Verhandlungsprotokoll gehören zum Verhandlungsmodell noch die Verhandlungsstrategien. Die Verhandlungsstrategie legt die Vorgehensweise fest, mit der das Ziel der Verhandlung erreicht werden soll.

Für die Realisierung einer Verhandlungsstrategie müssen als erstes zwei Fragen beantwortet werden:

1. Welche Handlungsalternativen hat der Agent in einer Verhandlungsrunde? In einer normalen Verhandlung hat jeder Agent grundsätzlich drei Möglichkeiten auf ein

¹ 1 Konflikt Deal bedeutet das kein wirklicher Deal zu Stande gekommen ist, jeder Agent erledigt nur seine eigenen Aufgaben.

² Ein Pareto-Optimum, ist ein Zustand, in dem es nicht möglich ist, ein Agenten besser zu stellen, ohne zugleich ein anderen Agenten schlechter zu stellen.

Gebot zu reagieren. Er kann es entweder annehmen, ein Gegengebot machen, oder die Verhandlung abbrechen. Gebote können aber auch alternative Produktvorschläge oder zeitliche Grenzen (Ultimaten) sein, die den Verhandlungsdruck erhöhen, wodurch die Dimensionalität der Entscheidungssituation gesteigert wird.

2. Wie entscheiden die Agenten, welche Alternative in einer Runde gewählt wird? Die Entscheidungssituation, welcher von den o.a. Pfaden eingeschlagen wird, muss sowohl vergangene Erfahrungen als auch prognostizierte Ergebnisse einbeziehen. Dabei können drei Ansätze unterschieden werden (Preist 1998):
 - Der **regelbasierte Ansatz**: eine Verhandlungsstrategie ist im Agenten festgeschrieben, indem ein Regelsatz angibt, wie der Agent verhandeln soll und unter welchen Umständen ein Angebot akzeptiert werden soll.
 - Der **spieltheoretische Ansatz**: Eine Verhandlungsstrategie ergibt sich aus der spieltheoretischen Analyse eines Verhandlungsproblems. Hierbei wird vorausgesetzt, dass genügend Informationen vorliegen, um zu validen Analyseergebnissen zu kommen.
 - Der **adaptive Ansatz**: Einfache Agenten passen ihre Strategie an, indem sie das Verhalten des Marktplatzes und ihre eigene Leistung in Beziehung zueinander setzen

Diese unterschiedlichen Ansätze sollen im Folgenden kurz vorgestellt und ihre Vor- und Nachteile diskutiert werden.

4.1 Regelbasierte Ansätze

In Regelbasierten Ansätzen wird davon ausgegangen, dass die Umgebungssituation bekannt und statisch ist. Der Auftraggeber (meist ein Mensch) setzt ein abgeschlossenes Regelsystem für den Agenten fest, das als internes Modell für den Agenten dient. Auf Basis dieses Modells kann der Agent jede Entscheidung innerhalb der Umgebung bewältigen. Im Kontext einer Verhandlungssituation bedeutet das, dass die möglichen Züge des Gegners bekannt sind und für jede daraus entstehende Situation eine Bewertung möglich ist.

Regelbasierte Ansätze lassen sich besonders einfach in feststehenden Katalogen realisieren. Die notwendige „friß-oder-stirb“- Entscheidung ist eine Regel, die sich auch nach dem n -ten Besuch eines Kataloges nicht verändert, wenn dieser in Sortiment und Preisen statisch ist. Aufgrund der statischen Umgebung kann die Entscheidungssituation durch Lernen des Agenten oder eine Anpassung der Konsumentenstrategie nicht verbessert werden. Solche einseitigen Mechanismen, zu denen neben Katalogen auch die holländische Auktion gehört, sind mit Regeln leicht beherrschbar.

Bei anderen Mechanismen wie z. B. der Doppelauktion, also sowohl der Käufer als auch der Verkäufer machen laufend neue Angebote, führt der Regelbasierte Ansatz zu Problemen. Im Fall der Doppelauktion müsste der Agent sämtliche Entscheidungsalternativen des

Gegenübers mit einbeziehen, diese hängen aber rekursiv von den eigenen Entscheidungen ab. Der dadurch entstehende Rekursionsbaum macht eine exakte Entscheidung unmöglich und verlangt, dass durch heuristische Festlegung bei einer Maximaltiefe die Rekursion abgebrochen wird.

Es gibt aber Teilbereiche, in denen es als nicht notwendig erscheint solche Anpassungen vorzunehmen. Beispielsweise kann als eine feste Regel definiert werden, keine Verhandlung weiterzuverfolgen, bei der das Anfangsgebot des Gegners doppelt so hoch ist wie der aus der Vergangenheit bekannte Marktpreis (Wucherregel). Diese Regel ist intuitiv verständlich, hält aber einer theoretischen Betrachtung nicht Stand (warum doppelt so hoch und nicht das Anderthalbfache?). Keine Adaption zu implementieren und z.B. die Entscheidungen der Agenten auf statischen Regeln beruhen zu lassen, ist nur dann eine Option, wenn sich die Umwelt des Agenten in keiner Weise verändert.

4.2 Spieltheoretische Ansätze

Die Spieltheorie ist ein Teilgebiet der Mathematik, um Systeme mit mehreren Akteuren (Spieler, Agenten) zu analysieren, deren Interaktionen denen in Gesellschaftsspielen ähneln. Die Spieltheorie versucht dabei unter anderem, das rationale Entscheidungsverhalten in sozialen Konfliktsituationen abzuleiten.

Der Einsatz von spieltheoretischen Konzepten geht von der Betrachtung einer Marktsituation als Spiel zwischen einem Anbieter und einem Nachfrager aus, bei dem beide um die Verteilung des Nutzens aus der Transaktion konkurrieren. Das interne Modell des Agenten besitzt neben wenigen festen Regeln ein Entscheidungskalkül, das das Verhalten des Verhandlungspartners explizit einbezieht. Dadurch wird es für die Agenten möglich, Erkenntnisse über das strategische Verhalten des Gegenübers in die Beurteilung des Verhandlungsangebotes einfließen zu lassen.

Die Nutzung von spieltheoretischen Konzepten zur Implementation in handelnden Agenten verlangt einige Einschränkungen:

1. Der Zeithorizont der Agenten muss prinzipiell offen sein, d.h. es muss eine unendlich große Anzahl zukünftiger Transaktionen geben. Sobald ein Zeitpunkt entdeckt werden kann, ab dem die Nichtkooperation eines Agenten nicht mehr sanktioniert werden kann, entsteht ein sogenanntes Endspielproblem. Alle Agenten, die das gleiche Entscheidungsproblem haben, werden ab dem Zeitpunkt nicht mehr kooperieren, was dazu führt, dass überhaupt keine Kooperation bzw. Transaktion mehr stattfindet.

2. Zukünftigen Ergebnissen muss eine höhere Bedeutung zugewiesen werden als vergangenen Ergebnissen. Diese Einstellung ist wichtig, um möglichst schnell auf aktuelle Ereignisse reagieren zu können und ein kontinuierliches Lernverhalten sicherzustellen.

3. Der Agent muss die Möglichkeit haben, die Strategie der jeweiligen Situation anzupassen. Erst dadurch, dass der Agent vorherige Ereignisse reflektiert und zukünftige Ereignisse prognostiziert, wird ein Strategiewechsel möglich und der Agent stellt einen ernst zu nehmenden Verhandlungspartner dar. Ein Agent, der immer kooperiert, wird sehr schnell

ausgenutzt. Im Gegensatz dazu, wird ein Agent, der nie kooperiert, bald keine Agenten mehr finden, die mit ihm verhandeln wollen. Erst wenn der Agent die Fähigkeit hat, zwischen kooperieren und nicht kooperieren zu wechseln, hat er die Möglichkeit, Verhandlungssituationen auszunutzen.

4. Die Spieltheorie geht davon aus, dass die Menge der Handlungsoptionen eines Partners bekannt ist und die Wahrscheinlichkeit der Auswahl einer Option von berechenbaren Faktoren abhängt. Bei einer realen Anwendung ist die Wahrscheinlichkeit der Wahl einer bestimmten Strategie durch den Gegenüber nicht genau bestimmbar, oft sind noch nicht mal alle möglichen Optionen bekannt. Je nach Komplexität der Agenten ist es auch möglich, dass neue Strategien genutzt werden, die nicht mehr ins spieltheoretische Konzept passen. Dies kann durch neue Handelsoperationen geschehen, die das Gegenüber nicht erwartet hat. Je komplexer die Verhandlungsstrategien der Agenten sind und je mehr diese dem Verhalten des menschlichen Auftraggebers entsprechen, um so komplizierter wird es, die Strategie des Gegenübers zu modellieren und daraus eigene Entscheidungen abzuleiten.

5. Voraussetzung für spieltheoretische Überlegungen ist, dass der Partner rational handelt. Es muss also ausgeschlossen werden, dass Agenten zufällig und ohne Grund ihre Strategie ändern.

In Fällen, die durch eine relativ geringe Anzahl verschiedener Agenten und eine vordefinierte Festlegung von Regeln und Protokollen gekennzeichnet sind, lassen sich spieltheoretische Mechanismen anwenden. Für den offenen Markt mit vielen Agenten sind spieltheoretische Mechanismen als Grundlage der Verhandlungsstrategie nicht geeignet. Offene Systeme, in denen zwar die Kommunikation definiert ist, aber eine große Anzahl von Agenten mit nur geringen Einwirkungsmöglichkeiten seitens einer steuernden Instanz miteinander interagiert, sind eher durch die besser skalierenden adaptiven Verhandlungsansätze abzubilden, die im folgenden Abschnitt beschrieben werden.

4.3 Adaptive Ansätze

Bei regelbasierten Ansätzen wird davon ausgegangen, dass prinzipiell sämtliche Entscheidungen im Vorhinein abgebildet werden können. Spieltheoretische Ansätze basieren auf der fallweisen Bewertung einer Entscheidungssituation. Beide Ansätze hängen von den Informationen ab, die den Agenten zur Verfügung stehen. Erforderlich für eine erfolgreiche Analyse ist, dass davon ausgegangen werden kann, dass die Informationen vollständig sind. Im Gegensatz dazu gehen adaptive Ansätze von vornherein von unvollständigen Informationen über Umwelt und Gegner aus, sowie die daraus folgenden fehlerhaften Entscheidungen.

In der Arbeit von Preist (1998, S. 4f.) wird ein einfacher adaptiver Ansatz vorgestellt. Preist kombiniert heuristische Regeln mit einer einfachen Lernregel. Jeder Agent ist bereit, zu einem Preis zu handeln, der unterhalb (Käufer) oder oberhalb (Verkäufer) seines Limitpreises liegt. Seine autonome Entscheidung liegt darin, einen Preis zum Kaufen oder Verkaufen festzulegen. Als Marktmechanismus wird eine rundenbasierte kontinuierliche Doppelauktion (Käufer und Verkäufer machen abwechselnd Angebote) verwendet, in der alle Agenten die aktuellen Gebote kennen. Die Regeln sind (Preist 1998, S. 4):

Für Käufer:

Höchstes Gebot $<$ Niedrigstes Angebot = biete knapp über dem höchsten Gebot.
Höchstes Gebot \geq Niedrigstes Angebot = nimm das niedrigste Angebot an.

Für Verkäufer:

Höchstes Gebot $<$ Niedrigstes Angebot = biete etwas mehr als das niedrigste Angebot
Höchstes Gebot \geq Niedrigstes Angebot = höchstes Angebot annehmen.

In einem Multi-Agenten-System erhält Preist als Ergebnis stabile und ausgeglichene Preise für die gehandelten Güter. Diese Implementation ist exemplarisch für die Realisierung adaptiver Strategien. Die Strategie wird auf eine Menge von Variablen abgebildet, die durch ein Lernverhalten ständig angepasst werden. Das Lernverhalten kann durch viele unterschiedliche Verfahren realisiert werden Beispiele sind Neuronale Netze, Q-Learning oder Evolutionäre Algorithmen. Das Ziel des Lernverhaltes ist es eine schnelle Anpassung an die sich verändernden Umweltbedingungen. Gerade komplexere Implementierungen von Lernverhalten brauchen länger für die Berechnung, was dazu führen kann, dass es eine Differenz zwischen der aktuellen Umweltsituation und der Umweltsituation gibt, für die die Strategie berechnet wurde.

Adaptive Ansätze versprechen vor allem Erfolg in dynamischen Systemen und komplexen Systemen, in denen regelbasierte und spieltheoretische Strategien zu statisch sind.

4.4 Adaption der Strategie mit evolutionären Algorithmen

Ein wichtiger Faktor bei Adaptiven Strategien ist die Anpassung der Parameterwerte. Evolutionäre Algorithmen können eingesetzt werden, um nach solchen Parameterwerten zu suchen, die zur Verbesserung des Erfolgs eines Agenten führen und nicht von der Ausgangsausstattung abhängen. Jeder Agent repräsentiert zu Anfang eine relativ zufällige Verteilung der Parameterwerte. Im Verlauf der Marktteilnahme wird er die Zusammenstellung dieser Parameter verändern müssen, um trotz der gleichzeitigen Veränderung der anderen Agenten seinen Nutzen aus Transaktionen zumindest in gleicher Höhe zu gewährleisten. In diesem Sinne findet eine (ständige) Optimierung der Strategieparameter statt. Die angewendeten Verfahren sind dabei die Methoden des evolutionären Lernens, also Selektion, Kreuzung und Mutation von Genmaterial. Im ersten Schritt wird das Genmaterial definiert. Dazu werden Gene definiert, die die Verhandlungsstrategie darstellen. Diese Gene könnten z.B. die maximale Verhandlungszeit oder den Wertebereich definieren. Neben den Genen muss noch die Fitness definiert werden. Die Fitness gibt Auskunft darüber, wie gut ein Agent verhandelt hat. Kriterien für die Fitness könnten z.B. die Zeit bis zum Verhandlungsabschluss oder der erzielte Preis sein.

Der Algorithmus an sich kann grob folgendermaßen beschrieben werden:

- 1) Generierung der Initialen Populationen (Anbieter wie auch Verbraucher)
- 2) Solange kein Abbruchkriterium erfüllt ist, mache folgendes:
 - a. alle Agenten jeweils miteinander verhandeln lassen und deren Fitness berechnen
 - b. schlechte Agenten herausnehmen (Selektion)
 - c. allerbeste Agenten für neue Generation aufheben (Selektion)
 - d. restliche Agenten kreuzen und mutieren lassen (Kreuzung und Mutation)
 - e. neue Generation setzt sich aus letzteren und den aufgehobenen Agenten zusammen

Der erste Schritt, also die Generierung der Populationen passiert einfach per Zufall. Die Selektion geht so vonstatten, dass man sich aus jeder Gruppe k Individuen beliebig auswählt und den Agenten mit der höchsten Fitness in einen Pool der Gruppe aufnimmt. Diese Auswahl wird n (gemäß Anzahl der Individuen) mal durchgeführt. Aus den jeweiligen Pools werden die Allerbesten für die neue Generation aufgehoben. Der Rest der Agenten wird in den Kreuzungs- und Mutationsprozess eingebunden. Beim Kreuzen werden zwei Agenten beliebig ausgewählt, weiterhin noch c verschiedene Kreuzungspunkte. Deren Gene werden dann vertauscht. Die Mutation erzeugt neue genetische Strukturen und verhindert damit die Beschränkung auf vorhandene Gene. Mit einer festen Wahrscheinlichkeit wird jedes Gen (alle Restagenten) im Wertebereich des jeweiligen Genes zufällig verändert. Allerdings sind bestimmte Gene davon ausgeschlossen, beispielsweise die Informationen zu den Domänen und der Verhandlungszeit. Zum Abbruch der Iteration können zwei Kriterien führen, eines ist die Stabilität der Population (zum Beispiel, wenn 95% der Individuen dieselbe Fitness haben) und das andere die Anzahl der Iterationen (Schranke von beispielsweise 100 Iterationen).

5 Ausblick

In dieser Arbeit wurden vor allem die theoretischen Ansätze von einfachen Verhandlungen bearbeitet. Um einen tieferen Einblick zu bekommen, könnten noch Protokolle, Strategien von multiple issue Verhandlungen und one-to-many bzw. many-to-many Verhandlungen untersucht werden. Neben den einfachen Verhandlungen könnten noch andere Konzepte wie z.B. die Argumentation untersucht werden. Oder wie die verschiedenen Verhandlungsansätze in der Praxis umgesetzt werden.

Ein Beispiel hierfür ist die Umsetzung des im Rahmen der Vorlesung Unternehmensorientierung entwickelten Firmenkonzepts Thumbs Up. Thumbs Up ist eine mobile Börse für Mitfahrgelegenheiten. Wobei zwischen einer Menge von Fahrern und einer Menge von Mitfahrern, die alle zu unterschiedlichen Zielen wollen, eine möglichst große Menge an Vermittlungen statt finden soll. Dieses Konzept könnte attraktiver werden, indem neben der Verhandlung über den Preis noch zusätzliche Attribute hinzugefügt werden, beispielsweise gleiche Interessen. Ein Fahrer ist vielleicht eher bereit, jemanden mitzunehmen, mit dem er sich über sein Lieblingsthema unterhalten kann, als jemanden, zu dem er garkeinen Bezug hat.

6 Zusammenfassung

In dieser Ausarbeitung wurde dargestellt, was unter Verhandlungen in Multi-Agenten-Systemen zu verstehen ist. In Kapitel 2 wurden Verhandlungen definiert und es wurde der grundsätzliche Aufbau eines Verhandlungsprozesses erläutert. Außerdem wurde erläutert, an welchen Stellen die Komplexität von Verhandlungen liegt. Im dritten Kapitel wurden die verschiedenen Domaintypen von Verhandlungen vorgestellt und anhand eines Beispiels aus den Task Orientierten Domänen erklärt. Zusätzlich wurde das MCP Protokoll vorgestellt. Im dritten Kapitel wurden dann drei Ansätze für die Implementierung von Verhandlungsstrategien vorgestellt. Das waren die Regelbasierten, die Spieltheoretischen und die Adaptiven Ansätze. Zum Schluss wurde ein evolutionärer Algorithmus als Beispiel für einen Adaptiven Ansatz vorgestellt.

Zusammenfassend bleibt zu sagen, dass Verhandlungen in Multi-Agenten-Systemen ein sehr komplexes Thema wobei diese Arbeit nur einen ersten Einblick in das Thema gibt. Gerade Verhandlungen im Bereich von multiple issues sind sehr schwer zu handhaben und sorgen für eine hohe Komplexität der verwendeten Verhandlungsstrategien.

Literatur

- Berg C. (1999): Beiträge zur Verhandlungstheorie, Hamburg
- Eymann T. (2000): AVALANCHE -Ein agentenbasierter dezentraler Koordinationsmechanismus für elektronische Märkte, Lübeck, www.freidok.uni-freiburg.de/volltexte/147/pdf/eymann.pdf
- Gomber P., Budimir M., Kosciankowski K., Urtheil R., Lohmann M., Nopper N. Henning P. (2004), Agentenbasierter Rentenhandel, Gießen, http://www.econbiz.de/archiv/ka/uka/information/agentenbasierter_rentenhandel.pdf
- Matos N., Sierra C. Jennings N. R.: Determining Successful Negotiation Strategies: An Evolutionary Approach von Bellaterra, Catalonia, Spain, <http://citeseer.ist.psu.edu/52484.html>
- Murch R. Johnson T. (200): Agententechnologie die Einführung : intelligente Software-Agenten auf Informationssuche im Internet München [u.a.] : Addison-Wesley
- Nebel B., Helmert M., (2005), Spieltheorie Freiburg, www.informatik.uni-freiburg.de/~ki/teaching/ss05/spieltheorie/spieltheorie-01.ps
- Preist, C. (1998): Economic Agents for Automated Trading. HP Technical Reports HPL-98-77. Hewlett Packard Laboratories, Bristol, 1998. <http://www.hpl.hp.com/techreports/98/HPL-98-77.html>
- Timm I. J.: Multi-Agentensysteme zur Unterstützung ökologischer Transportlogistik ,Bremen, <http://enviroinfo.isep.at/UI%2098/PDF%20-%20UI-98/293-303%20Timm.pdf>
- Schanz M. (2005): Einführung in die Verteilte Künstliche Intelligenz, Stuttgart
- Vetter M. (2006): Ein Multiagentensystem zur Verhandlungsautomatisierung in elektronischen Märkten, Stuttgart, http://elib.uni-stuttgart.de/opus/frontdoor.php?source_opus=2906&la=de
- Wooldridge M. (2006): An Introduction to MultiAgent Systems, John Wiley & Sons, LTD. Liverpool