

Elektronisches Kontrahentenmatching im agentenbasierten Wertpapierhandel

Markus Lohmann
Justus-Liebig-Universität Gießen, BWL-Wirtschaftsinformatik,
Licher Straße 70, 35394 Gießen

Norbert Nopper
living systems AG,
Roggenbachstraße 1, 78050 VS-Villingen

Peter Henning
Deutsche Börse Systems AG,
60284 Frankfurt am Main,
ab 01.09.1998 Fachhochschule Karlsruhe, Multimedia,
76012 Karlsruhe

Inhalt

- 1 Motivation
 - 2 Anforderungen an eine Softwarelösung
 - 3 Darstellung der Agentenplattform
 - 3.1 Basiskomponenten der Agentenplattform
 - 3.2 Agenten zur Realisierung des Kontrahentenmatching
 - 4 Kontrahentenmatching mit Softwareagenten
 - 5 Überprüfung der Anforderungen
 - 6 Zusammenfassung und Ausblick
- Literaturverzeichnis

1 Motivation

Die Einführung des elektronischen Handelssystems XETRA Release 2 durch die Deutsche Börse AG [Deut97] im November 1997 stellte einen Meilenstein auf dem Weg zu mehr Benutzerkomfort im professionellen Wertpapierhandel dar. Eine der Auswirkungen eines solchen Benutzerkomforts wird eine höhere Akzeptanz und damit eine höhere verfügbare Liquidität in den gehandelten Papieren sein. Dieses Ziel soll mit weiteren Entwicklungen von XETRA auch für solche Märkte erreicht

werden, die traditionell nur mäßige Liquidität aufweisen bzw. bisher vom außerbörslichen Handel dominiert werden. In Deutschland ist dies z. B. der Markt für Renten, die nur zu 10% ihres Gesamtvolumens an den Börsen gehandelt werden.

Eine der zentralen Funktionen eines elektronischen Börsensystems ist dabei die Zusammenführung von Angebot und Nachfrage, d. h. das elektronische Kontrahentenmatching. Analysiert man den Prozeß des Wertpapierhandels näher, so lassen sich idealtypisch folgende Prozeßschritte identifizieren:

1. Repräsentation der zu handelnden Wertpapiere,
2. Identifikation der potentiellen Kontraktpartner,
3. Abgleich der Eigenschaften der gehandelten Objekte,
4. Führung von Vorverhandlungen oder Auktionen und
5. Präsentation der Vertragsvorschläge beim Händler.

Um mehr Benutzerkomfort auch für Wertpapiere mit traditionell geringer Liquidität zur Verfügung stellen zu können, muß deshalb eine (Teil-)Automatisierung dieser Schritte erreicht werden.

Diese Zusammenhänge waren Auslöser für die Initiierung eines gemeinsamen Forschungsprojekts der Deutschen Börse AG, Digital Equipment GmbH, living systems AG und der Professur BWL-Wirtschaftsinformatik der Justus-Liebig-Universität Gießen [GoWe97]. Ziel des Projekts ist die prototypische Realisierung eines elektronischen Handelssystems auf Basis von Softwareagenten.

In einer ersten Stufe eines solchen Handelssystems sollte dabei ein voll-elektronisches Kontrahentenmatching realisiert und eine Grundlage für ein darauf aufbauendes Handelssystem geschaffen werden. In dieser Arbeit wird als Zwischenergebnis der Forschungsarbeiten der Aufbau und die Funktionsweise eines agentenbasierten Systems für das Kontrahentenmatching präsentiert.

Dabei werden in Abschnitt 2 zunächst funktionale und technische Anforderungen an eine Softwarelösung für das elektronische Kontrahentenmatching gestellt und aufgezeigt, warum das Paradigma der Softwareagenten ein geeigneter Lösungsansatz ist. In Abschnitt 3 steht die Darstellung der Agentenplattform als Basis für ein elektronisches Handelssystem im Mittelpunkt, bevor in Abschnitt 4 anhand eines Beispiels für das Kontrahentenmatching die Funktionsweise der Plattform sowie der einzelnen Agenten erläutert wird. Die Überprüfung der in 2 gestellten Anforderungen erfolgt im Abschnitt 5 – sowohl anhand der Konzeption der Agenten als auch anhand der bereits existierenden prototypischen Lösung. Eine Zusammenfassung der wesentlichen Ergebnisse und ein Ausblick auf weitere Schritte im Rahmen des Forschungsprojekts beschließen die Arbeit.

2 Anforderungen an eine Softwarelösung

Das elektronische Kontrahentenmatching sollte der Grundbaustein eines elektronischen Handelssystems sein und ist daher isoliert von dem jeweiligen

Marktmodell des Handelssystems zu betrachten. Die zu realisierende Softwarelösung muß dazu technischen sowie funktionalen Anforderungen genügen, um die Akzeptanz seitens der Händler sicherzustellen.

Die wesentlichen Anforderungen, die bei der Konzeption einer adäquaten Softwarelösung zu berücksichtigen sind, werden in diesem Abschnitt aufgezeigt. Ferner wird mit dem Paradigma der Software-Agenten ein Lösungsansatz vorgestellt, mit dessen Hilfe sowohl das elektronische Kontrahentenmatching als auch ein vollständiges elektronisches Handelssystem entwickelt werden kann.

Die Hauptanforderungen, die bei der Entwicklung eines elektronischen Matchingsystems beachtet werden müssen, sind:

- Performance,
- Skalierbarkeit,
- Dezentralität/Verfügbarkeit,
- Erweiterbarkeit und
- Sicherheit.

Generelle Anforderungen an ein neu zu entwickelndes Softwaresystem bilden darüber hinaus die Plattformunabhängigkeit (weitestgehende Trennung von logischer und technischer Ebene) sowie die Integrationsmöglichkeit in eine heterogene Umgebung.

Performance

Die *Performance* des zu entwickelnden Matchingsystems wird von der Zeitspanne determiniert, in welcher die Schritte 2 (Identifikation der potentiellen Kontraktpartner) und 3 (Abgleich der Eigenschaften der gehandelten Objekte) aus der in Abschnitt 1 vorgestellten Abfolge durchlaufen werden.

Der Erfolg einer Software für das elektronische Kontrahentenmatching kann nur durch eine performante Lösung gesichert werden, die dem Händler eine Zeitersparnis bringt und gleichzeitig die Kosten für die Informationsbeschaffung – und damit die Transaktionskosten – deutlich reduziert.

Skalierbarkeit

Da das elektronische Kontrahentenmatching Teil eines elektronischen Handelssystems ist, wird der Erfolg des Systems auch daran zu messen sein, wie viele Handelsteilnehmer das System einsetzen. Wie für den Parketthandel gilt auch für elektronische Handelssysteme die Aussage „Liquidität folgt Liquidität“, so daß ein erfolgreiches System ständig Teilnehmer anziehen wird. Daher muß bereits das Matchingsystem so konzipiert werden, daß die Teilnehmerzahl nicht von vornherein beschränkt oder gar fixiert ist. Das System muß folglich *skalierbar* sein.

Dezentralität/Verfügbarkeit

Elektronische Handelssysteme müssen sich durch eine ständige Verfügbarkeit auszeichnen, d. h. sie müssen während der Handelszeiten stets einsetzbar sein. Die Verfügbarkeit eines Systems kann nur gewährleistet werden, wenn keine dedizierten Komponenten in das System eingebettet werden und somit entsprechende Redundanz vorliegt. Bei einem eventuellen Ausfall einzelner Komponenten kann damit auf solche mit identischem Funktionsumfang umgeschaltet werden.

Eine Möglichkeit, derartige *gewünschte Redundanz* zu schaffen, ist die Verwendung einer dezentralen Lösung [Wein95, 138ff]. Für das Matchingsystem ist daher ein System zu konzipieren, das aus mehreren gleichberechtigten Komponenten besteht, von denen jede isoliert betrachtet den vollen Funktionsumfang für ein Kontrahentenmatching abbildet.

Erweiterbarkeit

Wie bereits oben erwähnt wurde, stellt das elektronische Kontrahentenmatching eine Basisfunktionalität für ein elektronisches Handelssystem dar. Bei der Entwicklung eines Matchingsystems muß daher eine Erweiterung der Funktionalität auf weitere Phasen des Wertpapierhandelsprozesses, andere Handelssparten und/oder Handelsusancen implizit berücksichtigt werden.

Ebenso sollte es möglich sein, das Matching- bzw. das komplette elektronische Handelssystem an bestehende bzw. neu zu entwickelnde elektronische Handelssysteme zu koppeln, um einen Investitionsschutz der Betreiber hinsichtlich der bestehenden und zukünftigen Systeme zu gewährleisten. Bei der Kopplung an externe Systeme kann zudem eine Erweiterung bzw. Änderung des implementierten Matchingprozesses notwendig sein, um die Informationen, die ein externes System liefert, integrieren zu können.

Sicherheit

Ein weiteres Kriterium zur Sicherung der Akzeptanz eines elektronischen Handelssystems – und damit auch eines elektronischen Matchingsystems – ist die Gewährleistung der Sicherheit. Ein elektronisches Handelssystem ist dann als sicher zu bezeichnen, wenn keine Manipulationsmöglichkeiten vorgenommen und keine Informationen extrahiert werden können, die nicht vom Betreiber des Systems freigegeben werden. Ein sicheres Handelssystem schafft Vertrauen seitens der Benutzer und führt dadurch zu einer Erhöhung der Liquidität im System.

Tabelle 1 stellt die Anforderungen an eine Softwarelösung für das Kontrahentenmatching und die jeweils verfolgten Ziele zusammenfassend dar:

Kriterium	Ziele
Performance	Reduktion der Informationskosten, Akzeptanz
Skalierbarkeit	Aufnahme „beliebig“ vieler Teilnehmer
Dezentralität/Verfügbarkeit	Garantierte Funktionsfähigkeit während der Handelszeiten
Erweiterbarkeit	Investitionsschutz, Flexibilität
Sicherheit	Akzeptanz, Vertrauen, Liquidität

Tabelle 1: Anforderungen an eine Softwarelösung für ein Kontrahentenmatching und die verfolgten Ziele

Um diese Anforderungen zu erfüllen, wird das Paradigma der Softwareagenten gewählt, in das der folgende Abschnitt kurz einführt.

Das Paradigma der Softwareagenten

Softwareagenten werden in der Literatur ausgiebig diskutiert [WoJe95; SyDe96; FrGr97], eine einheitliche Definition ist jedoch nicht verfügbar. Vielmehr werden Eigenschaften spezifiziert, die als Mindestanforderungen an eine Software zu stellen sind, um sie als Agent¹ zu klassifizieren.

Eine anerkannte, jedoch recht grobe Charakterisierung von Agenten liefern Jennings und Wooldridge [JeWo96]. Dabei werden Agenten als Stellvertreter angesehen, die im Auftrag eines Benutzers handeln und folgende vier Eigenschaften aufweisen:

1. Autonomie

Agenten sollten in der Lage sein, die Mehrzahl der ihnen übertragenen Aufgaben ohne Hilfe von außen zu lösen.

2. Soziales Verhalten

Wann immer es nötig oder erwünscht ist, sollten Agenten mit anderen Agenten interagieren, um einerseits die eigenen Aufgaben zu lösen oder andererseits andere Agenten bei der Lösung ihrer Aufgaben zu unterstützen.

3. Reaktionsvermögen

Agenten „leben“ in einer Systemumgebung und sollten diese wahrnehmen können. Veränderungen der Umgebung sollten bei den auszuführenden Handlungen berücksichtigt werden.

4. Bewußtsein

Agenten *reagieren* nicht nur auf ihre Umwelt. Sie werden bei Bedarf *initiativ* und *offenbaren* zielgerichtetes Handeln.

Anhand eines Szenarios aus dem Wertpapierhandel soll die Definition eines Softwareagenten verdeutlicht und gleichzeitig das Potential aufgezeigt werden, das dieses Paradigma für ein elektronisches Kontrahentenmatching bietet:

Ein Agent vertritt in einem elektronischen Handelssystem einen Wertpapierhändler. Dieser übergibt dem Agenten den Auftrag, einen passenden Kontrahenten für eine durchzuführende Transaktion zu finden. Die Art und Weise, wie der Agent diesen Auftrag erledigt, soll der Händler nicht vordefinieren müssen. Der Agent erledigt die Aufgabe ohne Interaktion mit „seinem“ Händler (Autonomie).

Damit er seine Aufgabe erfüllen kann, muß er mit anderen Komponenten/Agenten des Matchingsystems (z. B. einer Art „Agentenverzeichnis“) interagieren (soziales Verhalten).

Da ständig Händler (und damit deren Agenten) in das Matchingsystem eintreten und es wieder verlassen, muß der Agent diese Veränderungen seiner Systemumgebung sowohl wahrnehmen als auch in die Lösung seiner Matchingaufgabe einfließen lassen können (Reaktionsvermögen).

Ist ein Matching gescheitert, verbleibt der Agent im System und entscheidet selbständig, wann er einen erneuten Versuch unternimmt, seine Aufgabe zu erfüllen. Er ergreift die Initiative, z. B. nachdem er sich neue Informationen über die aktuell im System verfügbaren Agenten beschafft hat (Bewußtsein).

3 Darstellung der Agentenplattform

In diesem Abschnitt wird eine adäquate Plattform präsentiert, die den Kern des elektronischen Matchingsystems ausmacht und auf Basis der FIPA-Spezifikation konzipiert wurde [FIPA97]. Dazu wird zunächst der prinzipielle Aufbau der Plattform erläutert. Anschließend wird in diese ein spezieller Agent zur Realisierung des Kontrahentenmatching integriert. Abbildung 1 zeigt den Aufbau der Plattform:

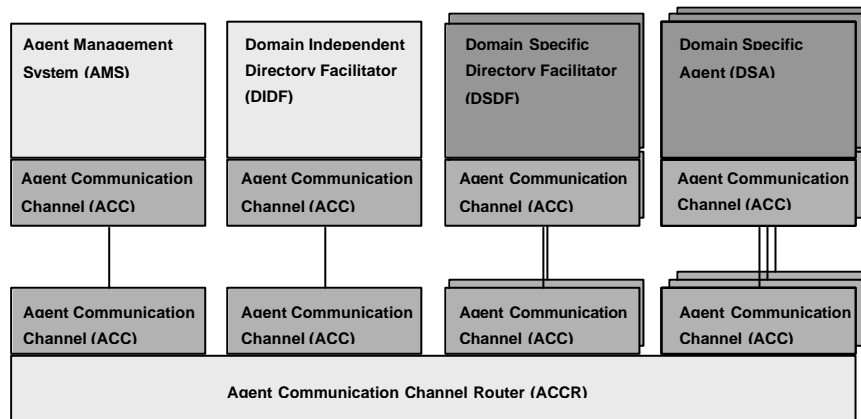


Abbildung 1: Aufbau einer Agentenplattform

Eine *Agentenplattform* stellt die Systemumgebung dar, in die ein elektronisches Handelssystem und damit auch ein Matchingsystem integriert werden kann. Logisch gesehen entspricht eine Plattform einem Computer/einer Workstation. Um ein Matchingsystem implementieren zu können, bedarf es einiger betriebssystemähnlicher Grundfunktionalitäten. In der hier präsentierten Lösung werden die Basisfunktionalitäten von speziellen Agenten, den sogenannten *Systemagenten*, übernommen. Diese sind in Abbildung 1 hellgrau schattiert und als AMS, DIDF sowie ACCR bezeichnet. AMS und ACCR werden in 3.1, DIDF in 3.2 erläutert.

Neben den Systemagenten gibt es anwendungsspezifische Agenten, die als *Taskagenten* bezeichnet werden und in Abbildung 1 dunkel eingezeichnet sind (DSDF bzw. DSA). Zu ihnen zählen die Agenten, die Händler vertreten, um z. B. ein Kontrahentenmatching durchzuführen. Diese speziellen Taskagenten werden im weiteren Verlauf *Händleragent* genannt. Auf die Taskagenten wird in 3.2 näher eingegangen.

3.1 Basiskomponenten der Agentenplattform

Die Grundlage einer Agentenplattform bildet – als Systemagent – das *Agent Management System (AMS)*. Dieser Agent ist u. a. verantwortlich für die Instantiierung und das Löschen von Händleragenten. Zusätzlich verwaltet er die Plattform, so daß er bei Bedarf z. B. sämtliche Agenten von der Plattform entfernen kann. Auf jeder Plattform existiert genau ein AMS.

Die Interagentenkommunikation erfolgt über den *Agent Communication Channel Router (ACCR)*, der wie das AMS ein Systemagent ist und ebenfalls auf jeder Plattform genau einmal existiert. Seine Aufgabe ist mit der eines „Postboten“ vergleichbar; sie besteht im Routing der eingehenden und ausgehenden Nachrichten für bzw. von allen Agenten der Plattform. Er verteilt ebenfalls eingehende Nachrichten von Agenten, die auf entfernten Plattformen „leben“ bzw. versendet Nachrichten von lokalen Agenten an Agenten entfernter Plattformen. Der Versender muß dabei nicht wissen, auf welcher Plattform sich der Adressat befindet.

Die verbleibende Komponente, der *Agent Communication Channel (ACC)*, dient als „Briefkasten“ und damit als Verbindung zwischen ACCR und den Agenten der Plattform. Für jeden Agenten der Plattform gibt es einen ACC und genau einen zugeordneten ACC auf der Gegenstelle, dem ACCR (vgl. Abbildung 1). Die Aufteilung in zwei ACCs pro Agent ist technisch bedingt (jeder Agent ist ein eigener „Prozeß“ auf Betriebssystemebene).

Diese Komponenten (AMS, ACCR und ACC) bilden den technischen Kern der Agentenplattform, der von den übrigen Agenten genutzt wird, um die Funktionalität eines elektronischen Matching- bzw. Handelssystems bereitzustellen.

3.2 Agenten zur Realisierung des Kontrahentenmatching

Basis eines performanten Matchingprozesses ist eine effiziente Verwaltung und Registrierung von Agenten, die sich im Handelssystem befinden. Unter Berücksichtigung der beiden Anforderungen *Skalierbarkeit* und *Dezentralität* ist ein elektronisches Handelssystem so aufzubauen, daß es aus mehreren Plattformen und damit aus mehreren Rechnern besteht. Zur Vermeidung einer dedizierten Komponente gibt es keine zentrale Stelle, die eine plattformübergreifende Agentenverwaltung realisiert. Diese wird vielmehr auf die einzelnen Plattformen aufgeteilt, die sich untereinander synchronisieren, um über konsistente Daten zu verfügen.

Um eine schnelle Suche durchführen zu können, werden die Händleragenten vom Matchingsystem gruppiert und dabei in sogenannte *Domänen* eingeteilt. Domänen werden anwendungsspezifisch festgelegt und gruppieren Elemente mit gleichen Eigenschaften. Gruppierungsmerkmale sind dabei z. B. für den Rentenhandel das zu handelnde Produkt (Pfandbrief, Jumbo-Pfandbrief, Bundesanleihe etc.) und die zugehörige Restlaufzeit (bis 2 Jahre, 2-5 Jahre etc.). Die Domänen bilden die Grundlage des Kontrahentenmatching. Realisiert werden die Gruppierung und eine zugehörige Abfragefunktionalität durch zwei spezielle Agenten der Plattform, die als Verzeichnisdienst arbeiten und mit den Händleragenten interagieren.

Der erste Verzeichnisdienst wird durch einen Systemagenten abgebildet. Dieser wird *Domain Independent Directory Facilitator (DIDF)* genannt und dient dazu, einerseits Informationen über die Zusammensetzung des gesamten Systems (d. h. welche Plattformen am gesamten System beteiligt sind) und andererseits Informationen über lokal präsente Domänen zu liefern. Er speichert dazu die *Adressen aller entfernten DIDFs* sowie die *Adressen der lokalen*, d. h. auf der eigenen Plattform befindlichen *Domänen*.

Informationen darüber, welche entfernten Plattformen sich im System befinden, erhält der DIDF, nachdem er gestartet wurde. Er befragt dazu das DIDF einer bereits existierenden Plattform, deren Adresse ihm beim Start übergeben wurde. Als Antwort erhält er eine Liste mit den entfernten Plattformen, die er abspeichert. Ferner registriert er sich bei allen ihm übermittelten DIDFs, so daß jeder DIDF alle entfernten Plattformen kennt.

Jeder Händleragent gehört einer bestimmten Domäne an (z. B. Jumbo-Pfandbrief mit 2-5 Jahren Restlaufzeit). Adressen von Händleragenten einer Domäne werden in dem zweiten Verzeichnisdienst, dem sogenannten *Domain Specific Directory Facilitator (DSDF)* abgelegt und können folglich dort abgerufen werden. Eine Abgrenzung von *DIDF* und *DSDF* zeigt Tabelle 2:

Merkmal	DIDF	DSDF
Verzeichnisdienst für	eine Plattform	eine Domäne auf einer Plattform
Anzahl	genau einer je Plattform	genau einer je Domäne und Plattform
Aufgabe	Speicherung der Adressen entfernter DIDFs und lokaler DSDFs	Speicherung der Adressen lokaler Händleragenten, die zur Domäne gehören

Tabelle 2: Abgrenzung der beiden Agenten für die Verzeichnisdienste

Während ein DIDF somit globale (Adressen entfernter DIDFs) und lokale Informationen (lokale DSDFs) verwaltet, sind in einem DSDF ausschließlich Informationen über lokal präsente Händleragenten verfügbar.

Genutzt werden beide Informationsquellen von Händleragenten, die in Abbildung 1 als *Domain Specific Agent (DSA)* titulierte wurden. Diese stellen an die Verzeichnisdienste aller im System befindlichen Plattformen entsprechende Anfragen, um potentielle Kontrahenten zu identifizieren.

Ein DSA repräsentiert einen Händler und wird von diesem parametrisiert. Die Verbindung zwischen Händler und seinem Agenten erfolgt durch entsprechende Nachrichten, die der Händler an seinen Agenten schickt. Aufgrund der Parametrisierung seitens des Händlers wird der Agent in eine oder mehrere Domänen eingeordnet und entsprechend bei den zugehörigen lokalen DSDFs registriert. Daher muß ein Händleragent über folgende zusätzliche Funktionalität gegenüber einem Systemagenten verfügen:

- Empfang und Interpretation der Parametrisierung/Händleranweisungen,
- Registrierung in den lokalen DSDFs gemäß seiner Parameterwerte,
- Durchführung der ihm zugedachten Aufgaben anhand der vom Händler vorgenommenen Parametrisierung sowie
- Senden von Statusmeldungen an den Händler.

Auf einer Plattform können beliebig viele DSAs – z. B. von unterschiedlichen Händlern oder Instituten – präsent sein.

Diese Einzelagenten bilden den Rahmen für ein elektronisches Kontrahentenmatching, dessen Funktionsweise im nächsten Abschnitt erläutert wird.

4 Kontrahentenmatching mit Softwareagenten

Anhand eines konkreten Beispiels soll im folgenden gezeigt werden, wie mit Hilfe der oben erläuterten Agentenplattform ein elektronisches Kontrahentenmatching durchgeführt wird.

Das elektronische Kontrahentenmatching auf Basis von Softwareagenten läuft dabei in vier Schritten ab:

1. Identifikation der Plattformen des Systems,
2. Identifikation der Plattformen, die die gesuchte(n) Domäne(n) vertreten,
3. Identifikation der Agenten, die der/den gesuchten Domäne(n) angehören sowie
4. Matching der vom Händler spezifizierten Parameter.

Zur Erläuterung des Matching wird folgender *vereinfachter* Sachverhalt angenommen:

Relevante Parameter, die Händler bei ihren Agenten spezifizieren, sind

- a) zu handelndes Produkt,
- b) Restlaufzeit des gewünschten Papiers ,
- c) minimaler bzw. maximaler Coupon des Papiers und
- d) Name des eigenen Instituts.

Im Beispiel seien drei Händler involviert, die jeweils durch einen Agenten im System repräsentiert werden. Zur Verdeutlichung der plattformübergreifenden Funktionsweise des Matchingsystems residiert jeder der drei Agenten auf einer „eigenen“ Plattform. Die Konfiguration der einzelnen Agenten zeigt Tabelle 3:

Agent	Händler	Institut	Produkt	Restlaufzeit	Coupon
H1	Petra Dörr	Dresdner Bank	Jumbo	4-6 Jahre	4-6%
H2	Doug Berry	Morgan Stanley	Bundesanleihen	5-8 Jahre	3-6%
H3	Michael Dom	Deutsche Bank	Jumbo	2-4 Jahre	4-6%

Tabelle 3: Konfiguration der Händleragenten

Als Attribute zur Festlegung der Domänen werden das Produkt und die Restlaufzeit verwendet. Nachstehende Ausprägungen der Restlaufzeiten seien dabei möglich:

- a) kleiner 2 Jahre
- b) 2-5 Jahre
- c) 5-10 Jahre
- d) 10-30 Jahre

Somit ergeben sich für das Beispiel folgende Domänen:

- a) Jumbo kleiner 2 Jahre (J-0-2)
- b) Jumbo 2-5 Jahre (J-2-5)
- c) Jumbo 5-10 Jahre (J-5-10)
- d) Jumbo größer 10 Jahre (J-10-30, die maximale Laufzeit beträgt in Deutschland 30 Jahre.)

Entsprechendes gilt für die Bundesanleihen (B-minLaufzeit-maxLaufzeit).

Die Agenten H2 und H3 sollen bereits in den DSDFs B-5-10 (H2) bzw. J-2-5 (H3) registriert sein. Agent H1 wird von seiner Händlerin (Petra Dörr) konfiguriert und vom AMS erzeugt. Er registriert sich bei seinen DSDFs (J-2-5 und J-5-10) und beginnt mit dem Kontrahentenmatching.

Die vier Schritte des Kontrahentenmatching sind ebenso wie die Konfiguration des Systems nach dem Eintritt von H1 in Abbildung 2 dargestellt:

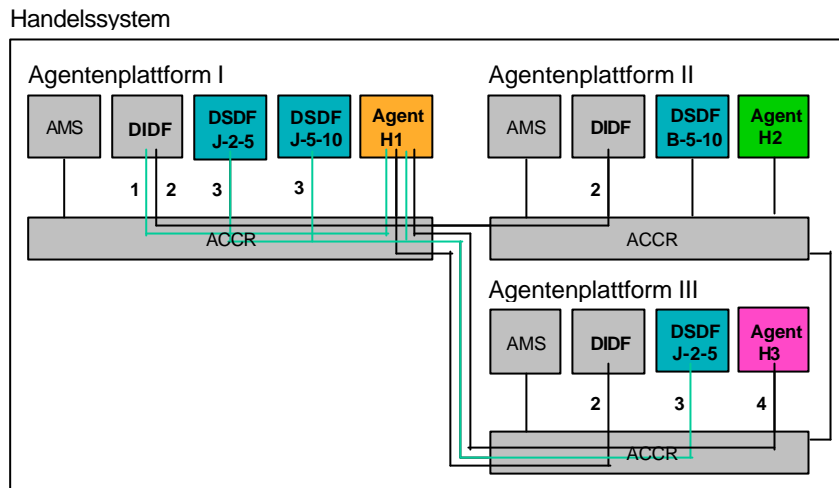


Abbildung 2: Zusammenspiel der einzelnen Agenten beim Kontrahentenmatching

Schritt 1: Zunächst ermittelt der Händleragent H1, welche Plattformen zum System gehören. Dazu erfragt er bei seinem lokalen DIDF (Plattform I) die Liste der entfernten DIDFs (Verbindung 1).

Schritt 2: H1, der aufgrund seiner Konfiguration den Domänen Jumbo 2-5 (J-2-5) und Jumbo 5-10 (J-5-10) angehört, erfragt bei allen ihm übermittelten DIDFs, welche DSDFs dort registriert sind (Verbindung 2).

Schritt 3: H1 befragt die DSDFs seiner Domänen (J-2-5 und J-5-10) nach dort registrierten Agenten. Dies sind die DSDFs J-2-5 und J-2-10 auf der Plattform I sowie der DSDF J-2-5 der Plattform III (Verbindung 3).

Schritt 4: Lediglich Agent H3 ist in einer Domäne registriert, der auch H1 angehört. Im abschließenden Schritt (Verbindung 4) wird ein Attributvergleich bezüglich des letzten verbleibenden Attributs durchgeführt. Da sowohl H1 als auch H3 in Papieren handeln wollen, die einen Coupon von 4-6% aufweisen, war das Matching erfolgreich.

Dieses Beispiel verdeutlicht das Zusammenspiel der einzelnen Agenten und der Plattformen. Die drei spezifizierten Agenten sind dabei jeweils als Stellvertreter für eine Vielzahl von Agenten ähnlichen Typs anzusehen.

5 Überprüfung der Anforderungen

Die Agentenplattform ist bereits vollständig objektorientiert modelliert (nach dem Ansatz von [CoYo91]) und in der Programmiersprache Java (mit Hilfe des Java Development Kit von SUN [SUN98]) implementiert. Die ersten Testläufe zum Kontrahentenmatching wurden bereits durchgeführt. Daher werden zur Überprüfung der in Abschnitt 2 gestellten Anforderungen zum einen theoretische Überlegungen aus der Darstellung der Agentenplattform und dem Beispiel zum Kontrahentenmatching herangezogen, zum anderen konkrete Ergebnisse verwendet, die auf der prototypischen Implementierung des Agentensystems – als „Proof of Concept“ – beruhen.

In Abschnitt 2 wurden folgende Anforderungen an eine Softwarelösung für das elektronische Kontrahentenmatching gestellt:

1. Performance,
2. Skalierbarkeit,
3. Dezentralität/Verfügbarkeit,
4. Erweiterbarkeit sowie
5. Sicherheit.

Performance

Mit Hilfe der Einteilung der Händleragenten in Domänen und dem Einsatz der Verzeichnisdienste wird eine Vorselektion potentieller Kontrahenten durchgeführt. Die Registrierung der Händleragenten bei den DSDFs garantiert ein erfolgreiches Suchen, sofern mindestens ein Agent der gleichen Domäne angehört. Durch den Einsatz eines Agenten ist der Händler in der Lage, gleichzeitig *alle* potentiellen Kontrahenten durch *eine einzige* Spezifikation seiner Order zu identifizieren (Schritte 1 bis 3) und im Schritt 4 mittels eines automatisierten Attributvergleichs alle aktuell im System präsenten Kontrahenten zu finden.

Tests mit 100 Händleragenten auf einer Plattform zeigen, daß die Dauer der Durchführung des Kontrahentenmatching im Sekundenbereich liegt. Damit ist ein performantes Matching gegeben.

Skalierbarkeit

Seitens der Architektur des Systems gibt es keine Beschränkung bezüglich der Anzahl von Händleragenten auf der Plattform. Engpässe sind folglich nicht durch die Konzeption des Systems bedingt, sondern werden von der zugrundeliegenden Hardware determiniert.

Weiterhin kann das System aus einer beliebigen Anzahl von Plattformen bestehen, so daß die Beschränkungen, die auf einer einzelnen Plattform durch die Hardware gegeben ist, durch das Hinzufügen weiterer Plattformen umgangen

werden kann. Zusätzliche Plattformen können *während des laufenden Betriebs* hinzugefügt werden, ohne die Funktionsfähigkeit des Systems zu beeinträchtigen.

Dezentralität/Verfügbarkeit

Um die Verfügbarkeit zu gewährleisten, sollten keine dedizierten Komponenten im System bestehen. Daher sollte das Handels- bzw. Matchingsystem aus mindestens zwei Agentenplattformen bestehen. Jede einzelne Plattform bietet die vollständige Funktionalität, so daß bei Ausfall einer Plattform das System noch funktionsfähig ist.

Während Agentensysteme häufig mit einem sogenannten *Agent Name Server* eine zentrale Komponente zur Identifikation der im System befindlichen Agenten verwenden [FiLa97], ist in dem hier vorgestellten System ein vollständig dezentraler Ansatz gewählt worden. Durch die Synchronisation der DIDs beim Start einer Plattform verfügen alle Plattformen jeweils über die Adressen der anderen im System befindlichen Plattformen. Die Verwaltung der eigentlichen Händleragenten erfolgt dezentral auf den einzelnen Plattformen durch die jeweiligen DSDFs.

Die Verfügbarkeit wird in dem vorgestellten Agentensystem somit zum einen durch die Trennung in mehrere Plattformen, zum anderen durch die Aufteilung der Agentenidentifikation auf die dezentralen Agenten DIDF und DSDF gewährleistet.

Die Notwendigkeit einer echten dezentralen Lösung, wie sie in den Anforderungen des Abschnitts 2 gestellt wurde, begründet im wesentlichen den Aufbau der Agentenplattform und die Trennung der Verzeichnisdienste DSDF und DIDF.

Erweiterbarkeit

Die Anbindung weiterer Agenten ist sowohl von der konzeptionellen als auch der implementationstechnischen Seite her unproblematisch. Konzeptionell wird ein Agent (sowohl ein System- als auch ein Taskagent) zur Plattform hinzugefügt, indem eine entsprechende Nachrichtenbox (ACC) für ihn bereitgestellt wird. Dadurch ist es insbesondere möglich, Agenten hinzuzufügen, die Schnittstellen zu externen Systemen bilden sollen. Diese Art von Erweiterung kann online, d. h. ohne Neustart des Systems erfolgen.

Das gesamte System ist vollständig objektorientiert modelliert. Dabei existiert eine allen Agenten gemeinsame Basisklasse, die die wesentlichen Aufgaben eines Agenten auf der oben präsentierten Plattform abbildet. Erweiterungen, die ausprogrammiert werden müssen, betreffen somit ausschließlich die anwendungsspezifische Seite von neu hinzuzufügenden Agenten.

Erweiterungen ohne Programmänderungen sind für das bestehende System z. B. in der Hinsicht möglich, daß veränderte Definitionen der Domänen verwendet werden können. Der augenblickliche Prototyp operiert im Rentenbereich, weshalb die im Beispiel des Abschnitts 4 dargestellten Domänen im momentanen System verwendet wurden.

Durch die Trennung von DIDF und DSDF kann das Matchingsystem darüber hinaus auf andere Bereiche wie Aktien- oder Derivatehandel ausgeweitet werden, wobei der Handel aller Produkte trotzdem auf einer einzelnen Plattform durchgeführt werden kann. Die Performance des Systems wird dadurch nicht beeinträchtigt, da die Vorselektion der potentiellen Kontrahenten über die Domänen und damit über die DSDFs erfolgt.

Sicherheit

Die Sicherheit eines verteilten elektronischen Handelssystems kann nur gewährleistet werden, wenn

1. Datenströme vertraulich sind, d. h. Dritten nicht zur Kenntnis gelangen.
2. Datenströme authentisch sind, d. h. Aktionen eindeutig registrierten Teilnehmern zuzuordnen sind.
3. Datenströme integer sind, d. h. Daten und Agenten nicht durch Absicht oder Übertragungsfehler verfälscht werden können.
4. Die Instantiierung von Aktionen durch Händler nicht abstreitbar ist, d. h. durch neutrale Dritte bezeugt werden könnte.

Diese Anforderungen werden nach dem Stand der Technik durch kryptografische Verfahren bei der Datenübertragung (Verschlüsselung, Digitale Signatur und Zertifikat) sichergestellt. Die Implementation solcher Verfahren ist deshalb imperativ für ausgedehnte Handelsnetzwerke, sie lassen theoretisch auch die Verwendung des Internet als Transportmedium für Agenten zu.

Für die prototypische Realisierung wurde aber auf die Einbindung dieser Standardverfahren verzichtet. Prämisse der Entwicklung des Matchingsystems ist deshalb das Vorhandensein eines abgesicherten Computernetzwerks, wie es z. B. von der Deutschen Börse AG zur Verfügung gestellt wird. Unter dieser Prämisse kann das prototypische Agentensystem als sicher gelten, denn Eingaben sind nur auf der definierten Benutzeroberfläche möglich.

Die Ausführungen zu diesem Kapitel zeigen, daß die in Abschnitt 2 aufgestellten Anforderungen durch die vorgestellte und bereits implementierte Agentenplattform erfüllt werden, die somit die Grundlage für ein elektronisches Wertpapierhandelssystem bildet.

6 Zusammenfassung und Ausblick

In dieser Arbeit wurde ein elektronisches Matchingsystem unter Verwendung von Softwareagenten konzipiert, das als Basis für ein elektronisches Wertpapierhandelssystem dienen kann. Dazu wurden funktionale und technische Anforderungen an ein solches System gestellt, die zur Implementierung eines erfolversprechende Produkts erfüllt sein müssen. Die Grundbausteine des elektronischen Handelssystems bilden dabei Softwareagenten, die einerseits die Präferenzen des Händlers abbilden und ihm die zeitaufwendige Kontrahentensuche

abnehmen, sowie andererseits den Betreibern des elektronischen Handelssystems die Chance bieten, Erweiterungen in funktionaler und technischer Sicht jederzeit vornehmen zu können.

Im Gegensatz zu bestehenden elektronischen Handelssystemen wie z. B. XETRA verlangt das in dieser Arbeit präsentierte System nicht die ständige Aufmerksamkeit der Händler. Dem Orderbuch entsprechen die im System präsenten Händleragenten, die für sie relevante neue Orders ohne Händlereingriff registrieren und bei der Erfüllung ihrer Aufgabe berücksichtigen. Auch wenn das System prinzipiell von Privatpersonen genutzt werden könnte, ist es für den professionellen Wertpapierhändler als intendierte Zielgruppe konzipiert worden, der durch das System entlastet werden soll.

Die Entlastung wird durch ein performantes und erweiterbares System erreicht, bei dem ein Hauptaugenmerk auf der Trennung von Systemagenten und domänenspezifischen Taskagenten liegt. Für das Kontrahentenmatching zeigt sich dies in der Trennung der Verzeichnisdienste DIDF und DSDF sowie in den isoliert modellierbaren Händleragenten.

Experimente zur Untersuchung der Leistungsfähigkeit des Systems, die die Dauer des Kontrahentenmatchings in Abhängigkeit der Anzahl der Agenten, der Anzahl der Plattformen sowie der Anzahl der Domänen beschreiben, sind Bestandteil der intensiv durchzuführenden Testphase des prototypisch realisierten Matchingsystems. Dadurch wird neben der Funktionsüberprüfung insbesondere die Feinabstimmung der Systemparameter (Aufteilung der Domänen, maximale Anzahl Agenten pro Plattform etc.) erreicht werden.

Die Funktionalität des Systems soll anschließend dahingehend erweitert werden, daß für den außerbörslichen Rentenhandel verschiedene Marktmodelle integriert werden, so daß prototypisch ein vollständiges elektronisches Handelssystem mit einem flexiblen und dynamischen Marktmodell entsteht [GoBu98]. Dabei sollen insbesondere bi- bzw. multilaterale Verhandlungen zwischen den Händlern (teil-) automatisiert werden (siehe Punkte 4 und 5 in der Motivation). Vor einer Einführung als marktreifes System muß überprüft werden, inwieweit eine Anpassung aufgrund rechtlicher Bestimmungen (Wertpapierhandelsgesetz [WpHG94]) notwendig ist.

In einer weiteren Ausbaustufe könnte dann die Anbindung an externe bestehende Systeme realisiert werden, um z. B. eine Schnittstelle zum Terminmarkt zu integrieren. Dabei wird dann insbesondere das Potential der Softwareagenten und der in dieser Arbeit präsentierten Agentenplattform genutzt, um heterogene Produkte und Systeme zu handhaben.

¹ Im weiteren Verlauf werden die Begriffe Softwareagent und Agent synonym verwendet.

Literaturverzeichnis

- [CoYo91] Coad, P.; Yourdon, E.: Object Oriented Analysis. 2. Aufl., Prentice Hall, Englewood Cliffs 1991.
- [Deut97] Deutsche Börse AG: Xetra, Marktmodell Release 2, 1997.
- [FiLa97] Finin, T.; Labrou, Y.; Mayfield, J.: KQML as an Agent Communication Language. In: Bradshaw, J. (Hrsg.): Software Agents, Kapitel 14. AAAI Press / The MIT Press, Menlo Park 1997, S. 291-316.
- [FIPA97] Foundation for Intelligent Physical Agents (FIPA): FIPA 97 Specification, Version 1. <http://drogo.csel.stet.it/fipa/spec/fipa97/fipa97.htm>, 1997.
- [FrGr97] Franklin, S.; Graesser, A.: Is it an Agent or just a Program? A Taxonomy for Intelligent Agents. In: Müller, J.P.; Wooldridge, M.; Jennings, N. (Hrsg.): Intelligent Agents III – Agent Theories, Architectures and Languages. Lecture Notes in Artificial Intelligence 1193. Springer Verlag, Berlin 1997, S. 21-35.
- [GoWe97] Gomber, P.; Weinhardt, Ch.: Elektronisierung des außerbörslichen Wertpapierhandels - ein finanzwirtschaftlich und mikroökonomisch basierter Multi-Agenten-Ansatz. Forschungsbericht 6/97 BWL-Wirtschaftsinformatik, Justus-Liebig-Universität Gießen 1997.
- [GoBu98] Gomber, P.; Budimir, M.; Kosciankowski, K.; Urtheil, R.: Elektronisierung des außerbörslichen Rentenhandels auf Basis von Softwareagenten. Forschungsbericht 4/98 BWL-Wirtschaftsinformatik, Justus-Liebig-Universität Gießen 1998.
- [JeWo96] Jennings, N.; Wooldridge, M.: Software Agents. In: IEEE Review (1996) 1, S. 17-20.
- [SyDe96] Sycara, K.; Decker, K.; Pannu, A.; Williamson, M.; Zeng, D.: Distributed Intelligent Agents. In: IEEE Expert 11 (1996) 6, S. 36-46.
- [SUN98]: Sun Microsystems: The Java Development Kit (JDK). <http://java.sun.com/products/jdk/index.html>, 1998.
- [Wein95] Weinhardt, Ch.: Financial Engineering und Informationstechnologie; Innovative Gestaltung von Finanzkontrakten. Gabler Verlag, Wiesbaden 1995.
- [WoJe95] Wooldridge, M.; Jennings, N.: Intelligent Agents – Theories, Architectures, and Languages. Lecture Notes in Artificial Intelligence 890. Springer Verlag, Berlin 1995.
- [WpHG94] o.V.: Gesetz über den Wertpapierhandel (Wertpapierhandelsgesetz - WpHG). In: Bundesgesetzblatt I, 1994, S. 1749 ff.