

MULTIAGENTENSYSTEME IN DER MEDIZIN

von Daniel Brügge

Ausarbeitung zum Hauptseminar
Monitoring und Regelung in der Medizin

an der Fakultät für Informatik
Technische Universität München

Stand: 1. November 2005

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	3
2	Agenten	4
2.1	Agenten-Definition	4
2.2	Intelligente und autonome Software-Agenten	4
2.2.1	Intelligente Software-Agenten	5
2.2.2	Autonome Software-Agenten	5
3	Multiagentensysteme	6
3.1	Einführung	6
3.2	Aufbau eines Multiagentensystems	6
3.3	Eigenschaften von Multiagentensystemen	6
3.3.1	Unvollständiges Wissen jedes Agenten	6
3.3.2	Dezentrale Datenhaltung	7
3.3.3	Keine Kontrolleinheit	7
3.4	Strukturen von Multiagentensystemen	7
3.4.1	Homogene Multiagentensysteme	7
3.4.2	Heterogene Multiagentensysteme	7
3.5	Kommunikation innerhalb des Multiagentensystems	8
3.5.1	ACL als Sprache	8
3.6	Vorteile von Multiagentensystemen	8
3.6.1	Leichte Austauschbarkeit von Agenten	8
3.6.2	Ressourcenschonung	8
3.6.3	Skalierbarkeit	9
3.6.4	Kostensparnis	9
4	Aktuelle MAS-Projekte in der Medizin	10
4.1	Einführung	10
4.2	Management von Organtransplantationen	10
4.2.1	Spanisches Modell	10
4.2.2	Aufbau des Multiagentensystems	11
4.3	Scheduling im Krankenhaus	11
4.3.1	Kurzbeschreibung des Systems	11
4.4	Unterstützung von Pflegepatienten	12
4.4.1	Beschreibung des Systems	12
4.5	Zusammenfassung	13

<i>INHALTSVERZEICHNIS</i>	2
5 MAS im CaVaCo Projekt	14
5.1 Einführung	14
5.2 Das CaVaCo System	14
5.3 Konzept für den MAS-Einsatz im CaVaCo Projekt	15
5.3.1 Aufbau des Systems	15
5.3.2 Zusammenfassung	17
6 Zusammenfassung	18

Kapitel 1

Einführung

Die folgende Ausarbeitung gibt einen Einblick von dem Einsatz von Multiagentensystemen im Bereich der Medizin. Dazu werden am Anfang einige Grundlagen erläutert. Im **Kapitel 2** wird dabei zu erst einmal der Begriff des *Agenten* beschrieben. Dieser bildet die Grundlage für die *Multiagentensysteme*, welche im **Kapitel 3** kurz definiert werden. Dabei werden auch Vorteile solcher System herausgestellt.

Kapitel 4 geht auf den Einsatz solcher Multiagentensysteme im medizinischen Bereich ein. Dabei werden kurz drei Beispiele vorgestellt, bei denen solche Systeme zum Einsatz kommen.

Da diese Ausarbeitung im Rahmen eines Hauptseminars entstanden ist und dieses vor dem Hintergrund eines Medizinprojektes stattgefunden hat, wird in **Kapitel 5** ein möglicher Einsatz eines Multiagentensystems in diesem Projekt vorgestellt.

Kapitel 6 fasst noch einmal alles zusammen und gibt einen kleinen Ausblick auf die Zukunft der Multiagentensysteme in der Medizin.

Kapitel 2

Agenten

Da Agenten im Zusammenhang mit Multiagentensystemen eine zentrale Rolle spielen, werden sie in diesem Kapitel beschrieben.

2.1 Agenten-Definition

Wenn in der Informatik von *Agenten* die Rede ist, wird damit eigentlich immer damit eine Entität gemeint, die in einer definierten Umgebung agiert, über Aktoren und Sensoren verfügt und bestimmte Ziele verfolgt [5]. Die Sensoren dienen dabei der Aufnahme von sogenannten Perzepten – also Informationen aus der Umwelt – und mit Hilfe der Aktoren wird in der Umwelt agiert, indem sie zum Beispiel manipuliert wird, um dem Ziel ein wenig näher zu kommen.

Beispiel eines Medizin-Agenten

Da sich diese Ausarbeitung inhaltlich vor allem um den Einsatzbereich von Agenten in der Medizin dreht, soll mit folgendem Beispiel die verschiedenen Komponenten eines Agenten verdeutlicht werden:

Perzepte	z.B. mittlerer arterieller Druck (MAD), zentralvenöser Venendruck (ZVD)
Aktionen	z.B. Abfrage der Werte von einem Patienten, Spritzen von Medikamenten (Dopamin, Noradrenalin usw.)
Umgebung	z.B. der Patient, das Krankenhaus
Ziele	einen möglichst stabilen Zustand des Patienten erreichen

In der Softwaretechnik wird aber nicht von *Agenten* gesprochen, sondern *Software-Agenten*. Diese werden noch weiter präzisiert, zu *intelligenten, autonomen Software-Agenten*. Wie dieser Agentenbegriff im einzelnen charakterisiert wird, zeigt der nächste Abschnitt.

2.2 Intelligente und autonome Software-Agenten

Intelligente und autonome Software-Agenten bilden die Basis für das in dieser Arbeit behandelte Thema “Multiagentensysteme”. Die Begriffe *intelligent* und *autonom*

werden im folgenden beschrieben.

2.2.1 Intelligente Software-Agenten

Damit von einem intelligenten Software-Agenten gesprochen werden kann, müssen folgende Eigenschaften erfüllt sein [4]:

- Reaktivität
- Proaktivität
- Interaktionsfähigkeit
- Lernfähigkeit

Reaktivität

Aufgrund der Perzepte, die der Agent in seiner Umwelt – seiner Umgebung – wahrnimmt, kann er eigenständig auf Veränderungen in dieser reagieren.

Proaktivität

Auch ohne Anfragen von Außerhalb und ohne Veränderungen muss ein intelligenter Agent agieren können. Er muss also Eigeninitiative ergreifen können.

Interaktionsfähigkeit

Ein intelligenter Software-Agent muss zudem in der Lage sein, mit anderen Einheiten kommunizieren zu können. Dazu zählen vor allen Dingen andere Agenten.

Lernfähigkeit

Ein Agent muss während er agiert sein Wissens immer wieder überarbeiten und erweitern. Somit lernt er dazu und kann schneller sein Ziel erreichen.

2.2.2 Autonome Software-Agenten

Damit die Definition von intelligenten, autonomen Agenten vollständig erklärt ist, muss noch der Begriff des autonomen Agenten erläutert werden.

Wenn man dabei nach der rein wörtlichen Bedeutung von “autonom” geht, bedeutet es, dass ein System dann autonom ist, wenn es sich selbst steuern und die Regeln nach den es arbeitet selbstständig verändern kann [4]. Für Software-Agenten reicht eine leichte Abschwächung dieser Definition, indem man sagt, dass ein Agent als autonom bezeichnet werden kann, wenn er Teile seines eigenen Verhaltens selbst steuern kann und ohne Eingriffe aus der Außenwelt (Mensch, andere Systeme usw.) in seiner Umwelt agieren kann.

Kapitel 3

Multiagentensysteme

3.1 Einführung

Nachdem im vorherigen Kapitel erklärt wurde, welche Systeme alles als Software-Agenten bezeichnet werden können und welches ihre Charakteristika sind, soll es in diesem Kapitel um Multiagentensysteme gehen. Hierbei wird vor allem der Begriff des “Multiagentensystems” (MAS) erklärt und der Zusammenhang mit normalen Agenten hergestellt.

3.2 Aufbau eines Multiagentensystems

Ein Multiagentensystem ist einfach gesprochen ein verteiltes System in dem eine Menge von intelligenten, autonomen Agenten agiert. Der Unterschied zu den einzelnen Agenten, die jeder für sich autonom ein Ziel verfolgt haben (siehe letztes Kapitel), ist nun, dass in einem Multiagentensystem die Agenten zusammenarbeiten können und vor allen Dingen untereinander kommunizieren können.

3.3 Eigenschaften von Multiagentensystemen

Im folgenden werden einige wichtige Eigenschaften aufgezählt, über die ein Multiagentensystem verfügt.

3.3.1 Unvollständiges Wissen jedes Agenten

Jeder Agent in einem Multiagentensystem muss nicht über das komplette Wissen seiner Umwelt verfügen. Zudem muss er auch nicht über die Fähigkeiten verfügen, um das anstehende Problem eigenständig zu lösen. Jeder Agent hat sein eigenes Weltwissen und arbeitet an seinen Teilaufgaben, die natürlich letztendlich alle zur Gesamtlösung beitragen.

3.3.2 Dezentrale Datenhaltung

Es handelt sich bei einem Multiagentensystem um eine verteilte Anwendung. Hierbei werden auch die Daten verteilt gespeichert und verwaltet – nämlich bei jedem einzelnen Agenten. Durch die Kommunikation zwischen den Agenten, ist es aber möglich, dass das Wissen jedes einzelnen der Gesamtheit zur Verfügung steht. Es wird also kein zentraler Baustein für die Datenverwaltung benötigt.

Durch diese Verteiltheit ergeben sich einige Vorteile. Beispielsweise stehen Daten auch bei Ausfall einzelner Agenten zur Verfügung. Bei einer zentralisierten Lösung wäre der komplette Datenbestand nicht mehr erreichbar. Zudem wird somit ggf. Datenverlust vorgebeugt, da Daten eventuell redundant bei mehreren Agenten vorliegen können.

3.3.3 Keine Kontrolleinheit

Neben der verteilten Datenhaltung, die auch auf einem dezentralen Ansatz basiert, gibt es auch keine zentrale Kontrolleinheit, die die Steuerung des Systems übernimmt. Jeder Agent agiert unabhängig und kontrolliert sich selbst. Hier existieren auch wieder die Vorteile, die bei verteilten Anwendungen oft sichtbar sind: Ausfallsicherheit und Verfügbarkeit.

3.4 Strukturen von Multiagentensystemen

Man unterscheidet bei Multiagentensystem zwischen zwei unterschiedlichen Strukturen: *homogene* bzw. *heterogene* Multiagentensysteme.

3.4.1 Homogene Multiagentensysteme

In homogenen Multiagentensystemen haben alle Agenten die gleiche Struktur. Das heißt, dass sie das gleiche Ziel verfolgen, über ein identisches Domänen-Wissen verfügen und die gleiche Art von Aktionen ausführen können.

Natürlich verhalten sich nicht alle Agenten ganz identisch, da sie unterschiedliche Perzepte durch Ihre Sensoren wahrnehmen und dementsprechend mit ihren Aktoren u.U. unterschiedliche Aktionen durchführen können.

3.4.2 Heterogene Multiagentensysteme

Heterogene Multiagentensysteme können die beteiligten Agenten in den verfolgten Zielen, im Domänen-Wissen und in den möglichen Aktionen voneinander abweichen. Zudem ist es hier auch möglich, dass die Agenten sich bei ihren jeweiligen Problemlösungsschritten gegenseitig sogar im Weg stehen. Das heißt, dass sie sogar in direkter Konkurrenz zueinander stehen können. Ein friedliches “Zusammenleben” ist natürlich auch möglich.

Dadurch, dass die Agenten komplett unterschiedlich in einem heterogenen Multiagentensystem agieren können, verfügt solch ein MAS über mehr Möglichkeiten als ein homogenes – leider auf Kosten der Komplexität.

3.5 Kommunikation innerhalb des Multiagentensystems

Die einzelnen Agenten in einem Multiagentensystem müssen die Fähigkeit haben, untereinander Informationen auszutauschen, um zur Problemlösung beizutragen. Dafür muss kommuniziert werden. Die Kommunikation in einem Multiagentensystem ist in der Regel asynchron und nachrichtenbasiert.

3.5.1 ACL als Sprache

Damit die Agenten auch die ausgetauschten Nachrichten korrekt interpretieren und selber eigene verfassen können, wird eine einheitliche Sprache benötigt. Ein Beispiel für eine solche Agenten-Sprache ist die ACL – die *Agent Communication Language*. ACL definiert eigentlich nur wie eine Nachricht auszusehen hat und welche Informationen mitgeführt werden. Die Sprache integriert dabei Bestandteile der Sprechakt-Theorie in ihre Struktur. So wird bei jeder Nachricht eine Information mitgeführt, die Aufschluss über die Semantik der jeweiligen Nachricht gibt.

Beispiel: Ein Agent A sendet eine Anfrage an einen Agenten B. In der Nachricht von A an B wird dann als Semantik REQUEST angegeben, wo hingegen die Antwort von B zum Beispiel mit der Semantik INFORM versehen wird. Dadurch lässt sich die Kommunikation gut gliedern und der Agent kann genau erkennen, welche Nachricht wie zu interpretieren ist.

3.6 Vorteile von Multiagentensystemen

Auch wenn es oft kompliziert anmutet, ein Multiagentensystem zum Problemlösen zu nutzen, lohnt sich der Aufwand bei den meisten verteilten Problemen, da Multiagentensysteme über einige Vorteile verfügen.

3.6.1 Leichte Austauschbarkeit von Agenten

Da die Agenten autonom im System agieren und die Existenz jedes einzelnen Agenten nicht von den anderen abhängt, ist eine leichte Austauschbarkeit gewährleistet. Dieses kann im laufenden Betrieb geschehen und gefährdet nicht das Gesamtsystem. Dieses leichte Austauschbarkeit ist auch ein Vorteil in Fragen der Sicherheit. Bei kritischen Funktionen, ist es so möglich, diese redundant auszulegen, so dass bei Ausfall eines Agenten, ein anderer sofort einspringen kann.

3.6.2 Ressourcenschonung

Ein Multiagentensystem muss nicht notwendigerweise auf einem einzigen Computer ablaufen, sondern kann auch über mehrere einzelne Rechner verteilt sein. Dadurch wird jede Maschine nicht so stark belastet, da die Arbeit aufgeteilt wird. Hierdurch wird die Ressource *Rechenleistung* geschont und eine jeweilige Problemlösung kann schneller gefunden werden.

3.6.3 Skalierbarkeit

Wie schon in einem der vorherigen Abschnitte erläutert wurde, können Agenten in einem Multiagentensystem schnell und unkompliziert ausgetauscht werden. Dadurch ist natürlich auch eine gute Skalierbarkeit gewährleistet, da neue Agenten ohne große Probleme in das System integriert werden können. Bei einer Überlastung des aktuellen Systems könnten so weitere Agenten (u.U. mit neuer Hardware) zum MAS hinzugefügt werden. Dadurch werden die bestehenden Agenten entlastet, da die Aufgaben neu verteilt werden können.

3.6.4 Kostenersparnis

Dadurch, dass die einzelnen Agenten über mehrere Rechner verteilt werden können, müssen die einzelnen Computer auch nicht mehr die Leistung eines Großrechners besitzen. Es reicht vollkommen aus, wenn normale Standardhardware genutzt wird. Der einzelne Agent kann auch hier seine Teilaufgabe lösen und zur Komplettlösung mit beitragen.

Diese Standardhardware kann auch günstig erweitert werden, wohingegen Mainframes einen hohen Kostenfaktor ausmachen und auch schnell veralten, da sie nicht ohne weiteres einfach ausgetauscht werden können. Zudem sind die Kosten für Wartung viel höher als bei herkömmlichen Rechnern.

Kapitel 4

Aktuelle MAS-Projekte in der Medizin

4.1 Einführung

Multiagentensystem-Projekte im medizinischen Bereich liegen heutzutage schwerpunktmässig in den Themengebieten Wissensmanagement/-beschaffung und Scheduling/Planung. Es gibt aber auch einige andere interessante Ansätze, wie zum Beispiel in der Betreuung von Pflegepatienten. Einige ausgewählte Projekte werden in diesem Kapitel vorgestellt.

4.2 Management von Organtransplantationen

Ein Multiagentensystemansatz aus dem oben genannten Bereich der Planung stellt ein spanisches Projekt zum Management von Organtransplantationen dar [2]. Es geht hier darum Organe von Spendern möglichst effizient dem richtigen Empfänger zuzuordnen. Dafür wird als Grundlage die Zuordnungspraxis den sogenannten *spanischen Modells* hergenommen.

4.2.1 Spanisches Modell

Das spanische Modell definiert die Reihenfolge nach der vorgegangen werden soll, um einen passenden Empfänger für ein Organ zu finden.

1. Typ-0 Patienten kommen zuerst, bei denen der Erhalt eines solchen Organs lebensrettend ist. Das heißt sie können eine erneute Wartezeit u.U. nicht mehr überleben.
2. Empfänger aus dem jeweiligen Spenderkrankenhaus,
3. Potentielle Empfänger ist der selben Stadt,
4. Empfänger in der gleichen Region,
5. Empfänger in der selben Zone und

6. Empfänger aus Krankenhäusern in anderen Regionen.

Dabei werden die Krankenhäuser nach Regionen und Zonen angeordnet, wobei Spanien dabei in insgesamt 6 Zonen aufgeteilt wird und jede Zone wiederum in Regionen. In diesen Regionen befinden sich dann die Krankenhäuser. Eine Baumstruktur, die diese Aufteilung darstellt, kann [2] entnommen werden.

4.2.2 Aufbau des Multiagentensystems

In dem oben beschriebenen System übernehmen die Agenten die Aufgabe der Zuteilung des richtigen Patienten zum Spenderorgan. Dabei hat jeder Agent einen anderen Zuständigkeitsbereich. Dieser Bereich hängt von der Gliederung der Krankenhäuser ab. So sind auf jeder Ebene der Baumstruktur sogenannte *Koordinationsagenten* vorhanden. Diese Agenten leiten Suchanfragen an die unteren Ebenen weiter. In den Krankenhäusern selbst befinden sich dann die *Hospital Transplant Coordinator*. Letztere suchen dann einen passenden Patienten indem sie einen Attributvergleich durchführen zwischen Organeigenschaften und Patientenverträglichkeiten. Zudem wird ein Ranking erstellt, welches dann einem Arzt auflistet, welche Patienten wie gut geeignet sind. Die eigentliche Zuteilung nimmt ein menschlicher Arzt vor.

4.3 Scheduling im Krankenhaus

Ein weiterer Typ von Planungsaufgaben, der von Multiagentensystemen gut übernommen werden kann, ist das Organisieren von Arbeitszeiten und das Koordinieren der Geräteauslastung in Krankenhäusern.

Da dieses sogenannte *Scheduling* viele Wechselwirkungen hat und die Umgebung *Krankenhaus* ein dynamisches Umfeld darstellt (z.B. Eintreten von Notfällen, Ausfall von Geräten etc.), ist das Problemlösen nicht trivial. Aber die Lösung durch Multiagentensysteme bietet sich hier an, da die Probleme gut in Teilprobleme aufgeteilt werden können. Ein Beispielkonzept eines solchen Scheduling-Systems wird in [3] vorgestellt.

4.3.1 Kurzbeschreibung des Systems

Wie oben schon beschrieben existieren in einem Krankenhaus unterschiedlichen Arten von Scheduling. In dem in [3] beschriebenen System werden zwei Arten beschrieben.

1. das Ressourcen-Scheduling und
2. das patientenweise Scheduling.

Beim Ressourcen-Scheduling bekommt die Ressource bzw. die Organisationseinheit, die für die Ressource verantwortlich ist, einen Agenten zugeteilt, der sich um die Verwaltung kümmert. Jede Anfrage von anderen Agenten bezüglich dieser Ressource wird von dem Ressourcen-Agenten beantwortet. Ziel des Ressourcen-Agenten ist es natürlich eine möglichst hohe Auslastung von z.B. Geräten zu erlangen.

Beim patientenweisem Scheduling bekommt der Patient selbst einen Agenten zugeteilt, der sich um die Planung von beispielsweise Untersuchungen kümmert. So wird

einem Patienten A z.B. eine Therapie verschrieben und der Patienten-*Scheduleagent* sucht eigenständig in Kooperation mit den Ressourcenagenten einen Raum und eine betreuende Fachkraft.

[3] verbindet in seinem Ansatz beide Schedulingtypen zu einem Multiagentensystem.

4.4 Unterstützung von Pflegepatienten

Ein weiterer interessanter Ansatz für den Einsatz von Multiagentensystemen im medizinischen Bereich findet sich ebenfalls in [2]. Dieses Mal werden Agenten zur Unterstützung bzw. Überwachung von Patienten genutzt, die unheilbar krank sind und sich in der letzten Phase ihres Lebens befinden.

Die Patienten werden ggf. nur noch medikamentös behandelt und eventuelle Schmerzen zu lindern.

Die Patienten müssen sich dabei nicht nur im Umfeld des Krankenhauses befinden, sondern können auch zu Hause bei sich oder in anderen Einrichtungen untergebracht sein.

4.4.1 Beschreibung des Systems

Die Grundidee des Systems ist es, eine bessere Kommunikation zwischen Arzt und Patient zu gewährleisten, auch wenn sich der Patient nicht mehr in direkter Behandlung befindet. Zudem trägt das System erheblich zu einer besseren Informationsgewinnung bei.

Bestandteile des Systems

- Der Patient oder das betreuende Pflegepersonal teilen regelmässig das Patientenbefinden (Schmerzen, Müdigkeit etc.) dem System mit. Dafür stehen als Kommunikationsschnittstelle unterschiedliche Möglichkeiten wie z.B. SMS-Nachrichten, Email-Nachrichten oder Web-Formulare zur Verfügung. Ein Agent – der *Communication Manager* – übernimmt dabei die Annahme der Daten und leitet sie mit Hilfe des *Database Wrapper*-Agenten persistent in die Datenbank über.
- Falls der Patient an einem Überwachungsgerät angeschlossen ist, kümmert sich hier ebenfalls der *Communication Manager* um die Weiterleitung der anfallenden Daten.
- Jeder Arzt verfügt über einen sogenannten *Doctor Agent*, welcher auf dem Rechner des Arztes ausgeführt wird. Dieser Agent kümmert sich z.B. um die grafische Aufbereitung von Patientendaten, aber auch um Terminplanungen.
- Neben dem Arzt verfügt auch jeder Patient in der Plattform über einen eigenen *Patient Agent*. Dieser Agent kümmert sich um die kontinuierliche Überwachung des Patienten und kann ggf. bei Problemen den *Doctor Agent* informieren. Zudem sorgt der *Patient Agent* dafür, dass die Patienten nicht vergessen, ihre regelmässigen Berichte über ihr Wohlbefinden abzugeben.

- Zusätzlich zu den oben genannten Agenten enthält das System auch noch einen *Data Analyser* Agenten, der sich um Auswertung der anfallenden Daten kümmert (Datamining).

Eine Übersicht über das Komplettsystem kann einem Schaubild in [2] entnommen werden.

4.5 Zusammenfassung

Die oben genannten Beispielprojekte bilden natürlich nur einen kleinen Ausschnitt aus den tatsächlich heutzutage eingesetzten Multiagentensystemprojekten in der Medizin. Aber die Art der Systeme (Planung/Scheduling und Überwachung) deckt den Großteil der aktuellen Projekte ab. Das liegt vor allem daran, dass die Art der Problemstellung sich sehr gut auf Multiagentensysteme übertragen lässt. Zentralisierte Lösungen schneiden hier sehr häufig schlechter ab oder finden keine idealen Lösungen.

Auch wurden in diesem Abschnitt die Projekte nur kurz beschrieben, da jedes einzelne sehr umfangreich ist und in den angegebenen Quellen detaillierter vorgestellt wird und ggf. nachgelesen werden kann.

Der Themenbereich *Wissensmanagement und -gewinnung* wurde in keinem Beispiel erörtert, da er nicht unbedingt charakteristisch für den Medizinbereich ist. Natürlich eignen sich hier auch Multiagentensysteme, um zum Beispiel im Internet automatisiert nach Informationen zu suchen und diese dann später strukturiert und aufbereitet zur Verfügung zu stellen. [2] betrachtet aus diesem Bereich auch ein Beispiel-Projekt.

Kapitel 5

MAS im CaVaCo Projekt

5.1 Einführung

In den vorherigen Kapiteln wurden Grundlagen von Agenten und Multiagentensystemen vorgestellt. Zudem wurden einige Anwendungsbeispiele von Multiagentensystemen im medizinischen Bereich vorgestellt, die entweder schon im realen Umfeld genutzt werden oder noch im Forschungsstadium sind.

Dieses Kapitel soll nun das Konzept des Multiagentensystems in Bezug setzen mit dem Forschungsprojekt CaVaCo (Cardio Vascular Control) der Technischen Universität München und anhand eines theoretischen Beispiels einen möglichen Einsatz in diesem Projekt aufzeigen.

5.2 Das CaVaCo System

Das CaVaCo-System¹ ist für den Einsatz auf Intensivstationen gedacht, um Patienten mit Hilfe von Sensoren zu überwachen und automatische Spritzpumpen zu steuern und deren Medikamentendosierungen festzulegen.

Das jetzige System ist so konzipiert, dass vom Arzt feste Regeln definiert werden, die die Medikamentenzufuhr zum Patienten regeln. Das heißt auf einen bestimmten Sensoren-Input folgt ein Output an den Spritzpumpen. Zudem kann das CaVaCo-System die Messdaten in Kurven umsetzen, um so eine detailliertere Auswertung der Patientenentwicklung zu ermöglichen, als es von Hand möglich wäre. Durch die automatische Anpassung der Dosierungen mit Hilfe der vordefinierten Regeln (auch ohne Anwesenheit des Arztes), wird dem Patient eine exaktere Regelung des Kreislaufs geboten.

Zudem erspart das System dem medizinischen Personal viel Zeit und dadurch auch Kosten, da nicht mehr so viele Notsituationen eintreten bei denen die Anwesenheit eines Arztes erforderlich ist. Solche Notsituationen werden durch das automatische Korrigieren der Dosierungen häufig vermieden [1].

¹detailliertere Informationen zum CaVaCo-System können [1] entnommen werden.

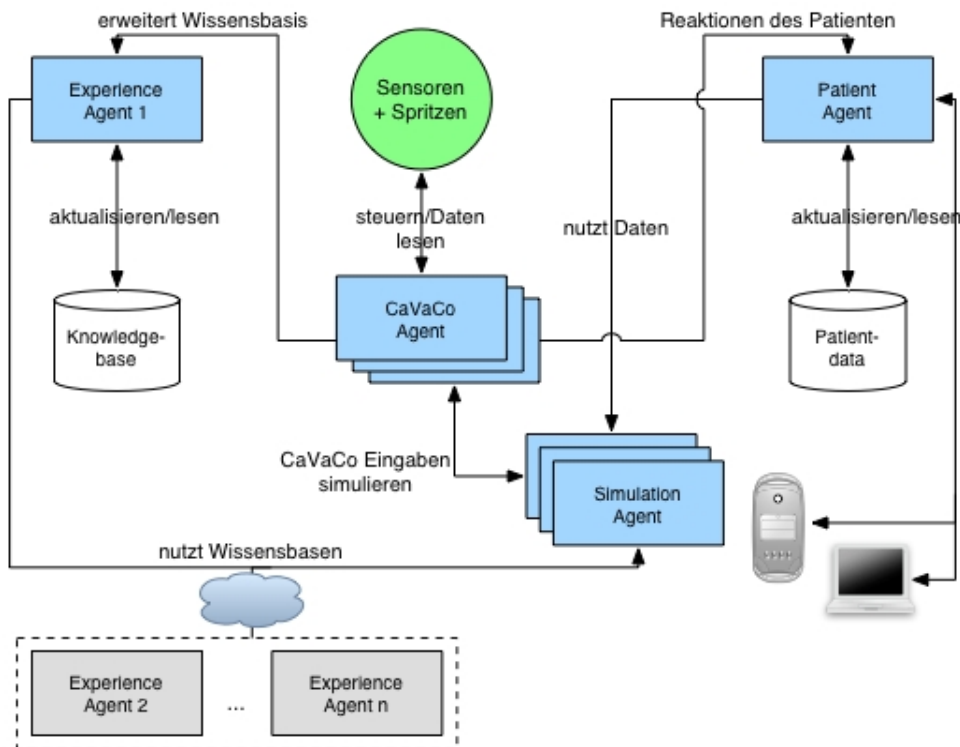


Abbildung 5.1: Aufbau des CaVaCo-Multiagentensystems

5.3 Konzept für den MAS-Einsatz im CaVaCo Projekt

Die Grundidee des MAS-Einsatzes ist es, das CaVaCo-System so umzustellen, dass Agenten die Entscheidungen über Dosierungen treffen und dabei auf verteiltes Wissen zugreifen können. Somit soll es möglich sein, besser auf Reaktionen des Patienten zu reagieren und ihm somit eine bessere Unterstützung durch das CaVaCo-System zukommen zu lassen. Im folgenden wird erläutert wie die Agenten im System umgesetzt werden könnten.

5.3.1 Aufbau des Systems

In diesem Abschnitt werden die einzelnen Komponenten des Multiagentensystems für das CaVaCo-Projekt kurz beschrieben. Abbildung 5.1 zeigt den schematischen Aufbau des Systems.

CaVaCo-Agent

Der *CaVaCo-Agent* (CA) ist für die Steuerung der Spritzpumpen und das Einlesen der Signale vom Patienten verantwortlich, weswegen er auch mit diesen Apparaturen direkt verbunden ist.

Der CaVaCo-Agent kann redundant ausgelegt werden, da er einen kritischen Bereich kontrolliert, der nicht ausfallen darf.

Patient-Agent

Jeder Patient bekommt einen *Patient-Agent* (PA) zugeteilt, der mit Hilfe einer Datenbank die Informationen eines jeden einzelnen Patienten verwaltet. Zu diesen Informationen zählen beispielsweise bekannte Medikamentenunverträglichkeiten von Patienten, aber auch alle Reaktionen die im Laufe der Zeit vom CaVaCo-System über den Patienten gesammelt worden sind.

Die Daten, die vom PA gesammelt werden, können über Terminals abgerufen werden. Hierzu werden die Daten vom PA noch vorher aufbereitet. So ist es zum Beispiel möglich, dass medizinisches Personal schnell und komfortabel die Entwicklung des Patienten verfolgen können, ohne die ganze Zeit direkt selber die Daten auswerten zu müssen.

Experience-Agent

Der *Experience-Agent* (EA) verwaltet die Wissensbasis. Das heißt, dass hier alle die Daten gespeichert werden, die das CaVaCo-System im Laufe der Zeit erhalten hat. Das sind vor allen Dingen die verschiedenen Reaktionen der Patienten auf die Medikamentenzufuhr. Der Experience-Agent existiert für jedes CaVaCo-System einmal und verwaltet sein Wissen in einer Datenbank.

Neue Daten erhält der Experience-Agent vom CaVaCo-Agenten und genutzt werden die Daten vom *Simulation-Agent*.

Da bei Betriebsnahme des Systems noch keine Daten zur Verfügung stehen, müsste der initiale Datenbestand per Hand eingepflegt werden, um es sinnvoll nutzen zu können.

Simulation-Agent

Der *Simulation-Agent* (SA) steht in Verbindung mit dem CaVaCo-Agenten, den unterschiedlichen Experience-Agenten und dem Patient-Agenten. Der Simulation-Agent ist dafür zuständig, Reaktionen von Patienten zu simulieren. Dafür erhält er vom CaVaCo-Agenten eine Medikamenten-Dosierung, die dieser am Patienten vornehmen (spritzen) möchte. Der SA nutzt nun Wissen von den Experience-Agenten und vom jeweiligen Patient-Agenten, um eine Vorhersage über die Reaktionen des Patienten zu treffen. Diese Reaktion wird dann dem CaVaCo-Agenten wiederrum mitgeteilt, damit dieser entscheiden kann, ob die Reaktionen des Patienten akzeptabel sind oder nicht.

Der SA kann beliebig komplex aufgebaut werden. So wäre es zum Beispiel möglich, einen kompletten Menschen damit zu simulieren und einzelne Organe und deren Verbindung untereinander darzustellen. Am Anfang dieses System wird sich aber darauf beschränkt, aus dem Erfahrungswissen die Schlußfolgerungen zu ziehen.

Auch der Simulation-Agent kann redundant ausgelegt werden, so dass in der Kommunikation mit dem CaVaCo-Agenten keine Ausfälle stattfinden und der reibungslose Betrieb gewährleistet ist.

Der vom SA genutzte Experience-Agent ist zwar pro Krankenhaus nur einmal vorhanden, aber durch die einfache Nutzung von verteilten Agenten, kann der Simulation-Agent auch auf Experience-Agenten aus unterschiedlichen Krankenhäusern zugreifen und somit auf eine größere Wissensbasis.

5.3.2 Zusammenfassung

Das oben konzipierte System ist natürlich nur ein Modell für den Einstieg und kann beliebig erweitert und verfeinert werden. So muss noch eine gemeinsame Ontologie erstellt werden, damit die Agenten untereinander gut kommunizieren können. Zudem könnte der Patient-Agent so erweitert werden, dass auch er über mehrere Krankenhäuser verteilt ist, falls ein Patient an unterschiedlichen Orten behandelt wurde. Aber durch die Multiagentensystem-Architektur ist dieses leicht zu erreichen.

Kapitel 6

Zusammenfassung

Die obigen Abschnitte haben einen Überblick über Agenten bzw. Multiagentensysteme und deren Einsatz im medizinischen Bereich gegeben. Es kann davon ausgegangen werden, dass solche Systeme in nächster Zukunft sehr schnell Verbreitung finden werden, da doch einige Vorteile für den Einsatz sprechen.

Vor allen Dingen ist ein Grund, dass viele Probleme in der realen Welt verteilt vorliegen und in Umgebungen gelöst werden müssen, die dynamisch und damit ständiger Veränderung ausgesetzt sind. Multiagentensysteme bilden solche Problemstellungen besser nach als jedes zentralisierte System und können damit entscheidend zu deren Lösung beitragen.

Zudem ist es in einer Zeit in der Probleme immer rechenintensiver werden, gut, wenn Systeme flexibel erweitert werden können und auch auf Standardhardware lauffähig sind. Dadurch ist es nicht nur möglich auf neue Randbedingungen schnell zu reagieren, sondern es werden auch erhebliche Kosten eingespart, weil auf teure Großrechner verzichtet werden kann. Dieses ist insbesondere im Krankenhausbereich sehr interessant, da hier Kosteneinsparungen immer ein Thema sind.

Auch die Möglichkeit der einfachen Verteilung solcher Multiagentensystemanwendungen bietet viel Flexibilität im medizinischen Bereichen wie am Beispiel der Patientenüberwachung gesehen werden konnte.

Literaturverzeichnis

- [1] Hannes Keil Kai Schlüter. *Entwurf und Implementierung eines Systems zur Regelung des Herz-Kreislauf-Systems*. PhD thesis, Technische Universität München, 2003.
- [2] A. Moreno. Medical applications of multi-agent systems. Technical report, Universität Rovira i Virgili, 2003.
- [3] Frank Puppe Rainer Herrler, Christian Heine. Konzept einer schedulingkomponente für ein krankenhaus-multiagentensystem. In *Intelligente Softwareagenten und betriebswirtschaftliche Anwendungsszenarien*, 2000.
- [4] Peter Sester. Vertragsschluss und Verbraucherschutz beim Einsatz von Softwareagenten. *Informatik-Spektrum*, Band 27, 2004.
- [5] Peter Norvig Stuart Russell. *Artificial Intelligence - A Modern Approach*. Prentice Hall, 1995.