

WISSENSBASIERTE KONFIGURIERUNG VON INTERPRETATIONSOPERATOREN ANHAND EINES HIERARCHISCHEN SZENENMODELLS

W. Menhardt, K.-H. Schmidt
Philips GmbH Forschungslaboratorium Hamburg
Vogt-Koelln-Str. 30, D-2000 Hamburg 54, BRD

EINLEITUNG

Ein möglicher Ansatz zur Interpretation von Bildern besteht aus der schrittweisen Extraktion von Substrukturen aus bereits interpretierten Strukturen. In [1] und [2] wird ein System zur Interpretation transaxialer kranialer MR-Bilder beschrieben, dessen Konzept gerade auf dieser Vorgehensweise beruht.

Die Substrukturextraktionsschritte werden von speziellen Operatoren durchgeführt, die auf unterschiedlichen Verfahren sowohl aus dem Bereich der Mustererkennung und als auch der KI beruhen: Erstere werden e.c. genutzt, um durch Histogrammanalysen in einem (T1-) Parameterbild die graue Gehirnmasse innerhalb der Gehirnmasse zu detektieren; letztere verwenden e.c. anatomisches Wissen, um das Ventrikelsystem von anderen Gehirnflüssigkeitsräumen zu trennen.

Zur Detektion einer gewünschten Detailstruktur ist die Ausführung einer Sequenz von Interpretationsoperatoren notwendig.

In diesem Beitrag soll nun eine wissensbasierte Kontrollstruktur zur Konfigurierung der Operatoren vorgestellt werden (cf.[3]). Diese wird von einem hierarchischen, aus 'Teil-von'-Relationen aufgebauten Modell gesteuert. Abb. 1 zeigt einen Ausschnitt aus einem solchen Modell. Die Relationen beschreiben Beziehungen zwischen Strukturen und Substrukturen in einem kranialen MR-Tomogramm. Sie finden ihre Entsprechung in Operatoren (Abb. 2), die die Zerlegung von Strukturen in Substrukturen gewährleisten.

Anhand des Modells wird eine Konfiguration von Operatoren erzeugt, deren Anwendung im Wege einer fortschreitenden Spezialisierung und einer damit einhergehenden Reduktion des Suchraumes schließlich die gewünschte Detailstruktur in einem MR-Tomogramm liefert.

Wie Abb. 1 zeigt, sind alternative Substrukturzerlegungen in dem Modell vorgesehen, so daß mehrere Konfigurationen von Operatoren zu demselben Ziel führen können. Abb. 2 zeigt, daß außerdem einzelnen 'Teil-von'-Relationen mehrere Operatoren zugeordnet werden, so daß auch hier Alternativen möglich sind. Zur Erzeugung einer Konfiguration ist damit eine Reihe von Auswahlentscheidungen notwendig. Außerdem müssen die meisten Operatoren mit Parametern versorgt werden.

Der Konfigurierung schließt sich die Ausführung der einzelnen Operatoren an. Die Resultate werden evaluiert, indem sie vom Benutzer mit Termen belegt werden, die seiner Domäne entnommen werden müssen. Ist ein Resultat nicht zufriedenstellend, so muß im Wege einer neuerlichen Konfigurierung ein Teil der Konfiguration adaptiert werden. Dies geschieht zunächst durch Parameteradaption, falls dies aber nicht zum Ziel führt, durch Auswahl alternativer Operatoren.

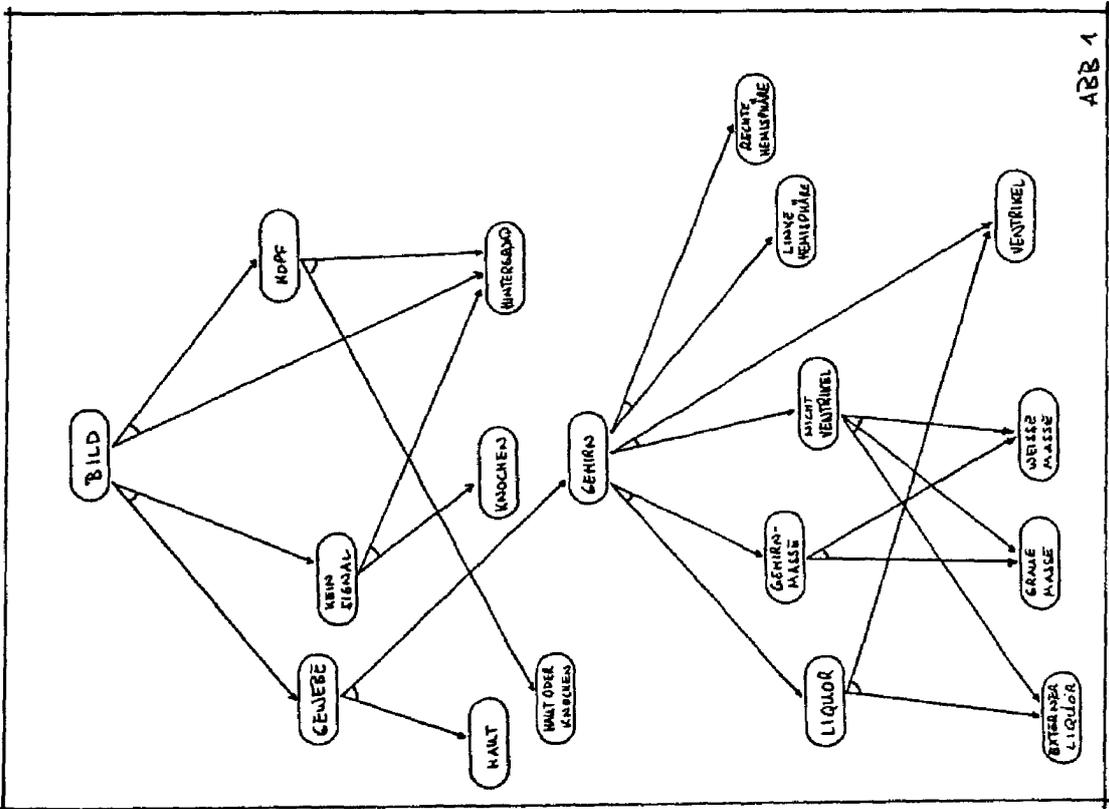


ABB 1

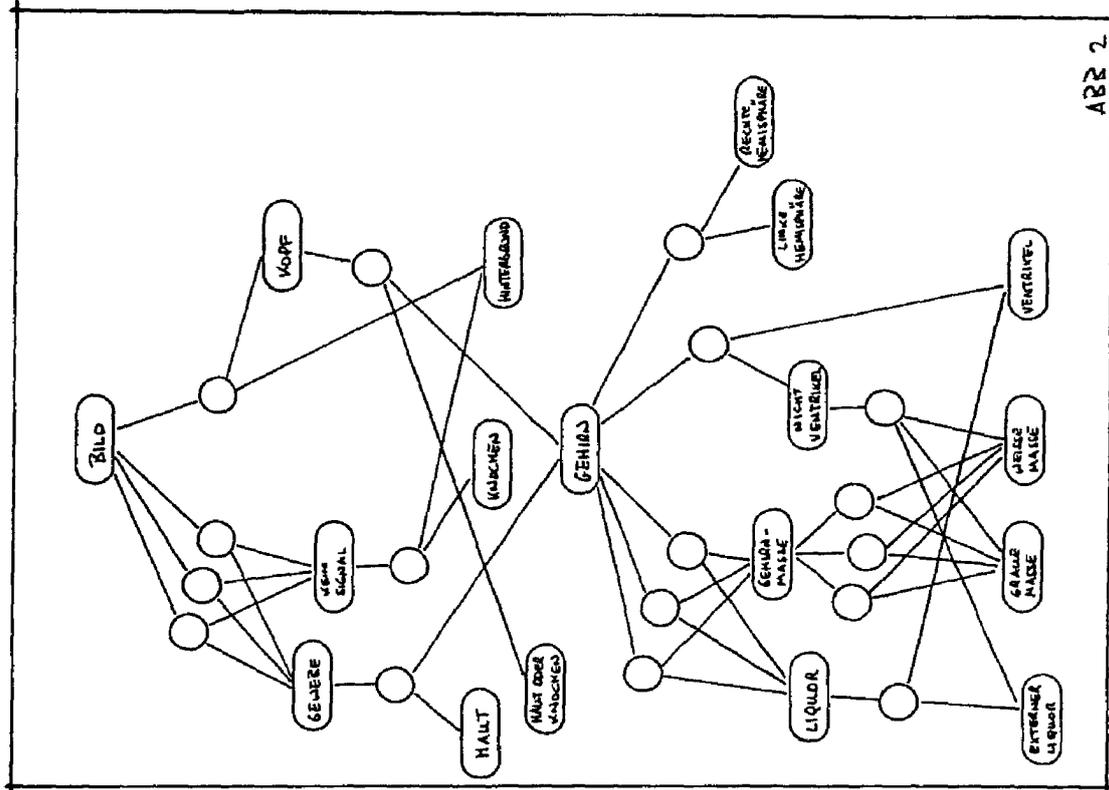


ABB 2

Es stellen sich also folgende Aufgaben:

- (1) Zieldefinition
- (2) Konfigurierung
- (3) Adaption

ZIELDEFINITION

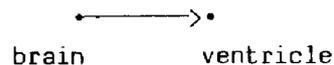
Die Festlegung eines Zieles, zu dem eine Konfiguration führen soll, erfolgt in zwei Schritten.

Zunächst wird interaktiv ein Patientenprofil festgelegt, das eine Menge von Aussagen der Form:

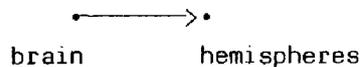
'Patient P hat Symptom oder Zeichen S'

als wahr oder falsch etabliert. Dabei werden nur solche Symptome oder Zeichen verwendet, die auch eine lokalisatorische Aussage ueber die Lage einer Pathologie ermöglichen. Die möglichen Lokalisationen sind in einem gerichteten Baum repräsentiert: Jeder seiner Knoten ist mit einem anatomischen Namen versehen; als Name eines Nachfolgeknotens dürfen dabei nur

- (a) die Bezeichnung einer anatomischen Teilstruktur der vom Vorgängerknoten bezeichneten Struktur, e.c.



- (b) oder die Bezeichnung einer Menge von anatomischen Teilstrukturen, die zusammen die vom Vorgängerknoten bezeichnete Struktur ergeben, e.c.



verwendet werden.

Als Ziele werden alle Knoten vom Typ (a) definiert, für die positive Evidenz über die Präsenz einer Pathologie vorliegt. Bei paarig auftretenden Strukturen werden Seiteninformationen verwendet, wenn der neurologische Befund dies zuläßt.

Dem System sind bei dem Start der Konfiguration nur die durch die Position im oben definierten Baum festgelegte intensionale Bedeutung eines anatomischen Namens und die für den genannten Bereich dokumentierten normalen MR-Parameter bekannt. Aufgabe der Konfigurierung ist es nun, mit diesem Startwissen für das Tomogramm eines Patienten jedem als Ziel definierten anatomischen Namen eine Pixelmenge zuzuordnen.

KONFIGURIERUNG

Speziell besteht die Konfigurierungsaufgabe darin, im Modell einen Pfad vom Wurzelknoten "Bild" zum Ziel zu finden. Die auf diesem Weg liegenden Operatoren stellen die gewünschte Konfiguration dar, die dann zur Ausführung gebracht werden kann. Dabei ist in Abhängigkeit von äußeren Randbedingungen oder Hypothesen über eine vermutete Pathologie eine unterschiedliche Performanz der Operatoren zu erwarten. Zudem sind die meisten Bildinterpretationsoperatoren noch mit Parametern zu versehen, die ihre Wirkungsweise, z.B. im Zusammenhang mit dem Rauschniveau, wesentlich beeinflussen können.

Bei der Konfigurierung müssen also folgende Entscheidungen getroffen werden:

- (a) Operatorenauswahl
- (b) Parameterwahl.

Die Möglichkeiten bei der Auswahl von Operatoren werden durch das hierarchische Modell bestimmt: Vom Ziel zurückgehend werden an jedem Knoten jene Operatoren betrachtet, die den Knoten als Resultat liefern. Die Auswahl einer Alternative bestimmt dann den nächsten zu betrachtenden Knoten, bis der Wurzelknoten erreicht ist. Danach werden für jeden Operator der Konfiguration die Parameter ihrem Definitionsbereich entsprechend gesetzt.

Die Entscheidungen über die Auswahl von Operatoren und Parameterwerten werden anhand von Regeln getroffen, die in folgender Weise repräsentiert sind:

WENN Problem
DANN Entscheidung
WEIL Begründung.

Während 'Problem' final ein Teilproblem der Konfigurierung bezeichnet, beschreibt 'Begründung' kausal Fakten, Randbedingungen oder Hypothesen, die den konkreten Anwendungsfall betreffen. Erst das Zusammenspiel zwischen Konfigurierungsproblem und fallspezifischer Begründung führt zu einer tatsächlichen Entscheidung. Die Aufspaltung des Bedingungssteils der Regeln ist sowohl in bezug auf die Verständlichkeit als auch im Hinblick auf die Strukturierung der Regelbasis vorteilhaft. Zudem ist die Herkunft der in 'Problem' und 'Begründung' enthaltenen Prädikate unterschiedlich; während sich 'Problem' im Zuge des Konfigurierungsvorganges als Teilaufgabe ergibt, sind Begründungen in einer eigenen dynamischen Wissensbasis enthalten, die vor (u.U. auch während) des Konfigurierungsvorganges gefüllt wird.

Als Beispiel diene die folgende Regel:

WENN "das Problem ist, einen Operator zur Detektion
der weißen Gehirnmasse zu finden"
DANN "wähle Operator FIND_WHITE_MATTER_USING_T1"
WEIL "in den gemessenen Daten keine Phasenfehler
vorliegen".

Der Inferenzprozeß besteht aus einem pattern-matching Verfahren, in dem alle Regeln gesammelt werden, die das angegebene Problem betreffen und in der dynamischen fallspezifischen Wissensbasis eine Begründung finden. Begründen die ausgewählten Regeln mehrere Entscheidungen, wird von diesen diejenige zur Ausführung gebracht, die von den meisten Regeln unterstützt wird.

Es ist ausgeschlossen, Entscheidungsregeln für alle Fälle a priori festzulegen, da sich erst in der Anwendung der tatsächliche Entscheidungsbedarf ergibt. Zwar kann durch Selbstbeobachtung des menschlichen Konfigurierers ein Satz an Regeln erstellt werden - es ist jedoch nicht zu erwarten, daß dies für die Anwendung ausreicht. Aus diesem Grunde wurde ein inkrementeller Regelakquisitionsmechanismus implementiert: Jedesmal, wenn das System für eine Entscheidung über keine entsprechende Regel verfügt, wird der Benutzer um eine Entscheidung gebeten; eine solche zusammen mit einer Begründung interaktiv angegebene Entscheidung wird dann automatisch in eine Regel transformiert und der Regelbasis hinzugefügt. Derselbe Mechanismus kann vom Benutzer angesprochen werden, um vom System getroffene Entscheidungen abzuändern.

ADAPTION

Obwohl die Konfigurierung auf einer Sequenz von Entscheidungen beruht, die nach der Maßgabe gefällt werden, beste Resultate zu erzielen, kann das Ausführungsergebnis einer Konfiguration unbefriedigend sein: Entweder steht für die vorliegende Situation keine geeignete Menge von Operatoren zur Verfügung oder die für die Auswahl der Operatoren angegebene Menge von Begründungen reicht als Situationsbeschreibung nicht aus.

Um die zweite Möglichkeit einer die vorliegende Situation nicht präzise genug beschreibenden Menge von Sätzen auszuschließen, wird deren semantische Korrektheit nach jeder Ausführung eines Operators durch eine Evaluierungskomponente kontrolliert: Fällt die Evaluierung von seiten des Benutzers nach Anwendung eines Operators positiv aus, kann die Konfiguration weiter ausgeführt werden; ist dies nicht der Fall, wird vom Benutzer eine Bewertung des Resultates in seinen Beobachtungstermen [4] verlangt: So könnte e.c. die Bewertung der Form einer extrahierten Substruktur T

'Objekt: T Attribut: Form Wert: zu_ausgefranst'

lauten. Ein Vokabular, dem Terme für die Attribute und Werte entnommen werden können, wird dem Benutzer präsentiert: In ihm sind als Attribute bzw. Werte nur solche Merkmalsdimensionen bzw. Merkmalsausprägungen erlaubt, die in der radiologischen Literatur dokumentiert sind oder für die der Benutzer die Verantwortung übernimmt; insbesondere ist dieses Vokabular beliebig erweiterbar.

Gegenüber numerischen Methoden der Bewertung hat dieses Verfahren den Vorteil, daß die radiologische Korrektheit einer Konfiguration mit denselben Kriterien bewertet wird wie eine von einem radiologischen Experten vorgenommene Partition eines Tomogramms. Dies hat mehrere Konsequenzen:

- (a) Der Sprachgebrauch eines radiologischen Kollektivs kann durch die Verknüpfung der verwendeten Terme mit Bildern visuell dokumentiert werden.
- (b) Durch die Verknüpfung von Beobachtungstermen mit Operatoren und Bildern können Konsistenzüberprüfungen vorgenommen werden: Traditionen können so durch operationalisierte Verfahren kontrolliert werden.
- (c) Performanzvergleiche können in der Sprache der Domäne vorgenommen werden.

REFERENZEN

- [1] W. Menhardt: "Ein Ansatz zur Interpretation von MR-Bildern", Proceedings 8. DAGM-Symposium Paderborn, Informatik-Fachberichte, Band 125, Springer-Verlag, 1986, pp. 250-254
- [2] W. Menhardt, K.-H. Schmidt: "Automated Interpretation of Transaxial MR-Images", CAR'87 Computer Assisted Radiology, Springer-Verlag, 1987, pp. 286-290
- [3] B. Neumann: "Wissensbasierte Konfigurierung von Bildverarbeitungssystemen", Proceedings 8. DAGM-Symposium Paderborn, Informatik-Fachberichte, Band 125, Springer-Verlag, 1986, pp. 206-218
- [4] K.-H. Schmidt: "Explikation medizinischer Beobachtungssprachen", erscheint in: Proceedings Workshop "Wissensarten und ihre Darstellung", Informatik-Fachberichte, Springer-Verlag, 1987