PATDEX/2 – ein fallbasiertes System zur Diagnose

Stefan Weß*
Universität Kaiserslautern, Fachbereich Informatik
Arbeitsgruppe Prof. Dr. M. M. Richter
Postfach 3049 – W-6750 Kaiserslautern
e-mail: wess@informatik.uni-kl.de

Zusammenfassung

Im Bereich der Expertensysteme ist das Problemlösen auf der Basis von bekannten Fallbeispielen ein derzeit sehr aktuelles Thema. Auch für Diagnoseaufgaben gewinnt der fallbasierte Ansatz immer mehr an Bedeutung. In diesem Papier soll der im Rahmen des MOLTKE –Projektes[1] an der Universität Kaiserslautern entwickelte fallbasierte Problemlöser PATDEX/2[2] vorgestellt werden. Ein erster Prototyp, PATDEX/1, wurde bereits 1988 entwickelt.

1 Übersicht

Ziel des fallbasierten Problemlösens ist es, ein aktuell vorliegendes Problem direkt auf der Basis von bereits bekannten Fallbeispielen zu lösen. Für die fallbasierte Diagnose bedeutet dies, daß ein vorliegendes Diagnoseproblem gelöst wird, indem man die (bekannte) Diagnose eines *ähnlichen Problems* auf die aktuelle Situation überträgt. Dazu werden Erfahrungen in Form von Fallbeispielen gesammelt und sinnvoll in das bereits vorhandene Erfahrungswissen eingeordnet. Fallbeispiele können wir im Kontext der fallbasierten Diagnose als *Protokolle* des realen diagnostischen Problemlöseverhaltens von Diagnoseexperten auffassen. Aus der Sicht des Knowledge Engineering impliziert die fallbasierte Diagnose damit eine dynamische Sicht der Wissensmodellierung, die die scharfe Trennung zwischen Wissenakquisition und -applikation aufhebt.

2 Verarbeitung von Fällen

Die Bestimmung des ähnlichsten (Diagnose-) Falles erfolgt in PATDEX/2 nach Maßgabe eines *adaptiven* Ähnlichkeitsmaßes. Überschreitet die Bewertung eines Falles einen lokal definierten Schwellwert, so feuert die entsprechende Diagnose. Ansonsten wird versucht, die Informationssituation durch die Erhebung eines weiteren Symptoms so zu verbessern, daß im nächsten Schritt eine Diagnose wahrscheinlicher wird.

*Die hier vorgestellte Arbeit wurde zum Teil gefördert durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft, SFB 314: "Künstliche Intelligenz - Wissensbasierte Systeme", Projekte X6 und X9.

[1] MOdels, Learning and Temporal Knowledge in Expert Systems for Technical Diagnosis

[2] PATtern Directed EXpert Systems

Ein Schlüsselproblem ist dabei der effiziente Zugriff auf ähnliche Fallbeispiele. Das in PATDEX/2 verwendete Fallgedächtnis orientiert sich an dem durch OPS5 bekannten Rete-Algorithmus. Die Fallbeispiele werden dynamisch auf verschiedenen *Aktivierungsebenen* eingeordnet. Bei der Berechnung des Ähnlichkeitswertes, die nach jeder Erhebung eines weiteren Symptoms erforderlich wird, kann PATDEX/2 sich dann auf die Fälle der jeweils höchsten Aktivierungsebene beschränken.

Das PATDEX/2 - System verfolgt auf dem Toplevel den folgenden Algorithmus:

Input : aktuelle Situation $Sit = \{s_1, s_2, \ldots s_n\}$
Output : Diagnose ϕ, falls möglich

1. Suche in der Fallbasis den zur aktuellen Situation *Sit ähnlichsten* Fall $C = (Sit', \phi)$. Ist kein *minimal ähnlicher* Fall vorhanden, so terminiere ohne Erfolg.
2. Sind *Sit* und *Sit′ ausreichend* ähnlich, so übernehme die Diagnose ϕ von Sit' auch für Sit. Gehe nach 4.
3. Wähle einen geeigneten Test t_k zur Erhebung eines neuen Symptoms und führe den Test t_k durch. Gehe nach 1.
4. Ist die Diagnose ϕ für die Situation Sit' korrekt, so vermerke dies *positiv* und nehme gegebenenfalls den neuen Fall $C' = (Sit', \phi)$ in die Fallbasis auf. Terminiere mit Erfolg.
5. Ist die Diagnose ϕ in der Situation Sit' nicht korrekt, so vermerke *dies negativ*. Verwerfe temporär alle Fälle, die auf die Diagnose ϕ verweisen und gehe nach 3.

Ein Fall wird in PATDEX/2 umso eher als eine mögliche Lösung des aktuellen Problems akzeptiert, je niedriger die bei einer Fehldiagnose entstehenden *Kosten* sind. Einfache Lösungen werden somit von PATDEX/2 bevorzugt.

Zur Berechnung der Ähnlichkeit zwischen Fall und vorliegender Situation wird in PATDEX/2 ein mit dem *Ratio Model* (vgl. [Tve77]) verwandtes Ähnlichkeitsmaß eingesetzt, das auf dem Vergleich von übereinstimmenden, sich widersprechenden und noch unbekannten Symptomen aufbaut. Einzelne Symptome werden dabei gemäß ihrer *Relevanz* für eine bestimmte Diagnose unterschiedlich gewichtet.

Zur (initialen) Bestimmung der Relevanzen verwendet PATDEX/2 einen dem *competitive learning* verwandten konnektionistischen Lernansatz. Für die Testauswahl erfolgt eine Anpassung aufgrund einer Schätzung der mittleren Diagnosekosten mit Hifle eines A^*-ähnlichen Verfahrens.

Für die Relevanz eines Symptoms ist es in PATDEX/2 von Bedeutung, ob ein bestimmtes Symptom unter Umständen auch Ausdruck eines normalen Systemverhaltens sein kann oder ob es einen ausgesprochen *pathologischen Charakter* besitzt. Dieses Wissen ist als Teil der anwendungsabhängigen Hintergrundtheorie in der MOLTKE - Werkbank repräsentiert und kann von PATDEX/2 angewendet werden.

3 Lernphase

Wird eine Diagnose von PATDEX/2 gestellt, so wird der Benutzer gebeten, diese zu verifizieren. Ist die Diagnose korrekt, so wird die Relevanz der übereinstimmenden Symptome erhöht bzw. die Relevanz der sich widersprechenden Symptome verringert. Die von PATDEX/2 aktuell verfolgte Diagnosestrategie wird in Form von Strategiefällen in die Strategiefallbasis aufgenommen. Dabei werden unter Umständen andere Strategiefälle verdrängt. Die Diagnosekosten werden aktualisiert und der Fall als erfolgreich gelöst vermerkt. Unterscheidet sich die aktuelle Situation *wesentlich* von dem in der Fallbasis enthaltenen Fallbeispiel, so wird ein neuer Diagnosefall generiert und in die Fallbasis aufgenommen.

Wird die Diagnose vom Benutzer abgelehnt, so werden die Relevanzen der sich widersprechenden und die Relevanzen der noch unbekannten Symptome erhöht bzw. die Relevanz der übereinstimmenden Symptome verringert. PATDEX/2 löscht (temporär) alle Fälle mit der widerlegten Diagnose aus der Fallbasis, markiert den widerlegten Fall und versucht eine neue Diagnosehypothese zu finden.

4 Bewertung

Das PATDEX/2 - System (vgl. [Wes91, AW91, RW91]) ist ein implementiertes und in verschiedenen technischen Domänen getestetes fallbasiertes Diagnosesystem. Es ist in die MOLTKE Werkbank integriert und kann mit den in der Werkbank vorhandenen Komponenten kooperieren (vgl. [AMTW91]). Entsprechend kann PATDEX/2 das in der Werkbank repräsentierte Wissen als Hintergrundwissen für die fallbasierte Diagnose nutzbar machen. Darüber hinaus ist PATDEX/2 aber auch als stand-alone System einsetzbar.

Im Gegensatz zu anderen bekannten Ansätzen (vgl. [Wes91]) zur fallbasierten Diagnose unterstüzt PATDEX/2 sowohl die Klassifikation, als auch die Auswahl des als nächstes durchzuführenden Tests. Es muß daher zwischen *Diagnose*- und *Strategiefällen* unterschieden werden. Diagnosefälle sollen das (Fehler-) Klassifikationswissen und Strategiefälle das strategische Wissen eines Diagnoseexperten modellieren. Grundlage für beide Falltypen sind dabei die durch die Beobachtung eines Experten gewonnenen Fallbeispiele. Eine Trennung in unterschiedliche Fallbasen ist sinnvoll, da so in PATDEX/2 sowohl das Klassifikationsverhalten, als auch die vom System verfolgte Diagnosestrategie unabhängig voneinander verbessert werden können.

Die diagnostische Leistungsfähigkeit einer Sammlung von Diagnosebeispielen sollte jedoch nicht überbewertet werden. Fehler bei der Übertragung von Lösungen auf *neue* Diagnosesituationen und damit Fehldiagnosen, lassen sich bei einem fallbasierten Diagnoseansatz im Allgemeinen nicht vermeiden.

Die Kopplung von fall- und modellbasierten Diagnoseansätzen scheint in diesem Zusammenhang erfolgversprechend zu sein. Die Verwendung eines Modells bedeutet aber einen zusätzlichen Aufwand bei der Wissensakquisition, Wartung und Inferenz, womit ein fallbasierter Ansatz teilweise wieder seine Attraktivität für den potentiellen Anwender verliert.

Trotz der nicht in allen Situationen gesicherten diagnostischen Kompetenz von (zur Zeit bekannten) fallbasierten Ansätzen zeigen positive Reaktionen von Anwendern aber, daß ein einfacher Ansatz, wie er im PATDEX/2 System realisiert wird, für die Lösung von bestimmten diagnostischen Aufgabenstellungen durchaus sinnvoll sein kann. Der Einsatz von PATDEX/2 bietet sich dort an, wo diagnostisches Wissen bereits in der Form vorliegt, in der es das System direkt verarbeiten kann, also in der Form von Diagnosefällen. Man denke beispielsweise an alle Formen von technischen Prüfständen. Die anfallenden Prüfprotokolle können direkt als Basis für ein fallbasiertes Diagnosesystem wie PATDEX/2 dienen.

Literatur

[AMTW91] Klaus-Dieter Althoff, Frank Maurer, Ralph Traphöner und Stefan Wess. *Die Lernkomponente der* MOLTKE *Werkbank zur Diagnose technischer Systeme. KI - Künstliche Intelligenz*, 91(1), Januar 1991. SEKI Working Paper SWP-90-08 (SFB).

[AW91] Klaus-Dieter Althoff und Stefan Wess. Case-based knowledge acquisition, learning and problem solving for diagnostic real world tasks. In *Proc. of the 1991 European Workshop on Knowlege Acquisition (EKAW)*, 1991. SEKI Report SR-91-07 (SFB).

[RW91] Michael M. Richter und Stefan Wess. Similarity, uncertainty and case-based reasoning in PATDEX. In Robert S. Boyer, Hrsg, *Automated Reasoning*, Essays in Honor of Woody Bledsoe, Seiten 249–265. Kluwer Academic Publishing, 1991.

[Tve77] A. Tversky. *Features of Similarity. Psychological Review*, 84:327 – 352, 1977.

[Wes91] Stefan Wess. PATDEX/2: Ein System zum fallfokusierenden Lernen in technischen Diagnosesituationen. SEKI Working Pa-

per SWP91/01, University of Kaiserslautern,
Dept. of Computer Science, Januar 1991.