Kapitel 6: Logik

Teil 2

(Dieser Foliensatz basiert auf Material von Mirjam Minor, Humboldt-Universität Berlin, WS 2000/01)

Wdh. Resolution

Das Resolutionsprinzip ist eine einfache, sehr leistungsfähige Inferenzregel.

Es beweist die Unerfüllbarkeit einer Klausel in endlicher Zeit.

Ist eine Formel erfüllbar, kann das Verfahren ggf. endlos laufen. Großer Nachteil!!

Hauptanwendung: Zeigen, dass Formel Φ allgemeingültig ist, dadurch dass die Unerfüllbarkeit von $\neg\Phi$ gezeigt wird.

Die Klauselform

Das Resolutionsverfahren verwendet als Argument eine Menge von Ausdrücken, die in einer eingeschränkten Version des PK 1, der **Klauselform** vorliegen. Ein **Literal** ist ein atomarer Satz (positives Literal) oder die Negation atomarer Sätze (negatives Literal), z.B. $Auf(A, B)$.

Eine **Klausel** ist eine Menge von disjunkt miteinander verknüpften Literalen, z.B. $\{Auf(A, B)\}$ und $\{\neg Auf(A, B), ber(A, B)\}$.

Eine **Horn-Klausel** ist eine Klausel mit höchstens einem positiven Literal.

Das positive Literal in der Horn-Klausel ist die Konklusion einer Inferenzregel: $b \vee \neg a$ ist eine andere Schreibweise für $a \rightarrow b$

Allgemeines Vorgehen bei der Resolution

1. Darstellung der Formel als (erfüllbarkeitsäquivalente) Klauselmenge
   - $\rightarrow$ und $\leftrightarrow$ in $\neg$, $\wedge$ und $\vee$ umwandeln
   - Negationen nach innen ziehen
   - mehrfach verwendete Variablen umbenennen
   - existenzquantifizierte Variablen durch Konstanten ersetzen (Skolemisierung), Entfernen der Allquantoren
   - Umformen in konjunktive Normalform

2. Resolution:

- Wiederholtes Erweitern der Klauselmenge durch Hinzufügen von Resolventen,

- Vereinfachen mittels Schnittregel: $\frac{(P \vee Q) \wedge (\neg P \vee R)}{(Q \vee R)}$

- Unifikation: Überprüfung, ob zwei oder mehr Ausdrücke durch eine geeignete Substitution ihrer Variablen identisch werden

- Abbruch, wenn die leere Klausel abgeleitet wurde: EXIT(H ist unerfüllbar) bzw. wenn keine neuen Klauseln mehr abgeleitet werden können: EXIT(H ist erfüllbar), i.a. kommt das aber nicht vor.

Eine Klauselmenge ist unerfüllbar gdw. sich die leere Klausel ableiten lässt.

Will man die Allgemeingültigkeit eines Ausdrucks H nachweisen, zeigt man, dass $\neg H$ zum Widerspruch führt.

Resolutionsverfahren sind die Grundlage von Deduktionssystemen/ Theorembeweisern.

Regelbasierte Systeme — Beispiel Prolog

Die Wissensanwendung wird in Regelform abgespeichert.

Die Faktenmenge repräsentiert den aktuellen Wissensstand. Sie ist auf natürliche Weise erweiterbar.

Ein Interpreter steuert den Ablauf der Deduktionsschritte in 3 Phasen:

1. Matching (Bestimmen aller feuerbaren Regelinstanzen),
2. Konfliktlösung (Auswahl einer Regelinstanz),
3. Aktion (Abarbeiten der ausgewählten Regelinstanz).

Regelsysteme sind gut geeignet bei Problemen mit

- vielen, unabhängigen, unstrukturierten Einzelaktionen
- vielen, unabhängigen, unstrukturierten Fakten
- Separierbarkeit von Wissen und Bearbeitung.

Vorteile regelbasierter Systeme

- Einheitlichkeit
- Übersichtlichkeit
- Erklärbarkeit
- Erweiterbarkeit
- Unabhängigkeit

Nachteile regelbasierter Systeme

- mangelnde Strukturierung, keine Hierarchien
- Abarbeitungsreihenfolge schwer überschaubar
- Erklärungskomponente bezgl. Beweisablauf problematisch
- hoher Steuerungsaufwand (siehe nächstes Kapitel)
- anwendbare Regeln aus anderen Kontexten werden nicht gefunden

Beispiele

OPS5 (Official Production System) ist eine Sprache für regelbasierte Systeme, die in den 1970ern von der Firma DEC für die Expertensysteme R1/XCON entwickelt und zur Konfiguration von VAX-Rechnern eingesetzt wurde.

Das Expertensystem hatte ca. 6000 Regeln und erreichte eine Zuverlässigkeit von ca. 90%.

MYCIN wurde ebenfalls in den 70ern entwickelt. Medizinexpertensystem, das auch Unsicherheit modelliert. Siehe nächstes Kapitel.