## Handlungsplanung

Prof. Dr. B. Nebel, Dr. M. Helmert
R. Mattmüller
Wintersemester 2006/2007

Universität Freiburg
Institut für Informatik

# Übungsblatt 5

**Abgabe: Mittwoch, 29. November 2006**

**Aufgabe 5.1** (Dominierungslemma – 2 Punkte)

Seien $s, s' : A \to \{0,1\}$ Belegungen für eine Variablenmenge $A$ und sei $\chi$ eine Formel über $A$, die keine Negationssymbole enthält.

Zeigen Sie: Wenn $s \models \chi$ und $s'$ dominiert $s$, dann $s' \models \chi$.

*Hinweis:* Führen Sie den Beweis durch strukturelle Induktion über $\chi$.

**Aufgabe 5.2** (Positive Normalform I – 2 Punkte)

Sei $\mathcal{S} = \langle A, I, O, G\rangle$ das folgende Planungsproblem: $A = \{\mathit{haveCake}, \mathit{eatenCake}\}$, $I = \emptyset, O = \{\mathit{eatCake}, \mathit{bakeCake}\}$ und $G = \mathit{haveCake} \wedge \mathit{eatenCake}$ mit $\mathit{eatCake} = \langle \mathit{haveCake}, \neg\mathit{haveCake} \wedge \mathit{eatenCake}\rangle$ und $\mathit{bakeCake} = \langle \neg\mathit{haveCake}, \mathit{haveCake}\rangle$.

(a) Bringen Sie $\mathcal{S}$ in positive Normalform $\mathcal{P}$.
(b) Geben Sie die Relaxierung $\mathcal{P}^+$ von $\mathcal{P}$ an.
(c) Geben Sie eine möglichst kurze Folge $\pi$ von Operatoren aus $O$ an, so dass $\pi$ *kein* Plan für $\mathcal{P}$, aber $\pi^+$ ein Plan für $\mathcal{P}^+$ ist.

**Aufgabe 5.3** (Positive Normalform II – 4 Punkte)

Sei $\mathcal{S} = \langle A, I, O, G\rangle$ ein Planungsproblem, bei dem bereits alle Effekte in Normalform (NF) und alle Bedingungen in Negationsnormalform (NNF) sind. Dann ist die Transformation $f(\mathcal{S}) = \langle f(A), f(I), f(O), f(G)\rangle$ von $\mathcal{S}$ in positive Normalform wie folgt definiert:

- Für Formeln in NNF: $f(\bot) = \bot$, $f(\top) = \top$, $f(a) = a$, $f(\neg a) = \hat{a}$, $f(\phi \circ \psi) = f(\phi) \circ f(\psi), \circ \in \{\vee, \wedge\}$.
- Für Effekte in NF mit Bed. in NNF: $f(a) = a \wedge \neg\hat{a}$, $f(\neg a) = \neg a \wedge \hat{a}$, $f(\bigwedge_i (c_i \rhd \ell_i)) = nf(\bigwedge_i (f(c_i) \rhd f(\ell_i)))$.
- $f(A) = A \cup \{\hat{a} \mid a \in A\}$[1] mit neuen Variablen $\hat{a} \notin A$.
- $on(f(s)) = on(s) \cup \{\hat{a} \mid a \in A, s \not\models a\}$, für alle $s : A \to \{0,1\}$.
- $f(O) = \{f(o) \mid o \in O\}$ mit $f(\langle c, e\rangle) = \langle f(c), f(e)\rangle$ für alle $o = \langle c, e\rangle \in O$.

Sei $s : A \to \{0,1\}$, $o \in O$ und $c$ eine Formel in NNF über $A$. Für die Anwendung von $o$ in $s$ gilt $on(app_o(s)) = (on(s) \cup [o]_s^+) \setminus [o]_s^-$, wobei $[o]_s^+$ und $[o]_s^-$ die Mengen von Variablen sind, die von $o$ in $s$ wahr bzw. falsch gemacht werden. Zeigen Sie:

(a) Es gilt $s \models c$ gdw. $f(s) \models f(c)$.
(b) Es ist $o$ in $s$ anwendbar gdw. $f(o)$ in $f(s)$ anwendbar ist.
(c) Es ist $f(app_o(s)) = app_{f(o)}(f(s))$.

Die Übungsblätter dürfen und sollten in Gruppen von zwei Studenten bearbeitet werden. Bitte schreiben Sie beide Namen auf Ihre Lösung.

[1] Zur Vereinfachung enthält $f(A)$ eine Variable $\hat{a}$ für *jedes* $a \in A$.