

Algorithmisches Beweisen LAB

Clause Learning

Tim Hoffmann

FSU Jena

13.06.2022

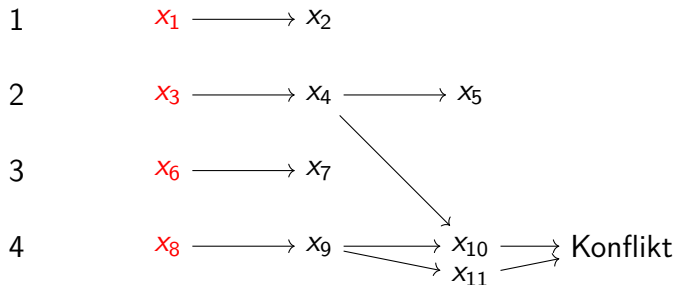
- Implementierung von SAT-Lösern
 - 2-SAT
 - Hornformeln
 - DPLL
 - CDCL
 - watched literals
 - clause learning
 - decision heuristics
 - restart strategy

CDCL Pseudocode

Eingabe: KNF φ

```
1: decision-level  $\leftarrow 0$ 
2: while Es existieren nicht belegte Variablen do
3:   decision-level++
4:   decide()
5:    $C_{\text{conflict}} \leftarrow \text{propagate}()$ 
6:   while  $C_{\text{conflict}}$  is not null do
7:     if decision-level = 0 then return UNSAT
8:     end if
9:      $C_{\text{learned}} \leftarrow \text{analyze-conflict}(C_{\text{conflict}})$ 
10:     $\varphi \leftarrow \varphi \wedge C_{\text{learned}}$ 
11:     $\text{backtrack}(C_{\text{learned}})$ 
12:     $C_{\text{conflict}} \leftarrow \text{propagate}()$ 
13:   end while
14:   apply-restart-policy()
15: end while
```

Implikationsgraph



- sei (U, V) ein Schnitt
- gelernte Klausel:
 $C = \{\bar{u} \mid (u, v) \text{ ist Kante mit } u \in U \text{ und } v \in V\}$
- resultierende Klauseln können mit Resolution hergeleitet werden
- **Ziel:** Klauseln lernen, die sinnvoll wieder verwendet werden können

UIP (Unique Implication Point):

- Knoten mit höchstem Decision Level
- Jeder Pfad von der Entscheidungsvariable mit höchstem Level zu Konflikt geht durch den Knoten

1-UIP:

- der UIP, der am dichtesten am Konfliktknoten liegt
- hat sich in der Praxis durchgesetzt

- von UIPs gelernte Klauseln sind *assertorisch*, d.h. sie enthalten genau ein Literal auf der Konfliktstufe
- Klausel wird unit auf vorherigem Decision Level
- Backtracking auf das zweithöchste Decision Level der gelernten Klausel ('Backjumping')

- geeignete Datenstruktur für den Implikationsgraph
- Konfliktanalyse:
 - Beginn beim Konfliktknoten
 - Rekursiv alle Vorgänger auf Konfliktstufe durchgehen bis es nur einen gibt (1-UIP)
 - der UIP und alle Vorgängerknoten mit niedrigerem Decision Level aus vorherigem Schritt negiert ergibt die gelernte Klausel

Aufgabe: 1-UIP Clause Learning

- Implementierung des 1-UIP Lernschemas
- Vergleich der Performance mit DPLL
- Ausgabe einiger Statistiken:
 - Zeit
 - Speicherbedarf
 - Anzahl gelernter Klauseln
 - Länge gelernter Klauseln
 - Anzahl Unit Propagations
 - Anzahl Entscheidungen
 - Anzahl Konflikte
 - etc.