

Algorithmisches Beweisen LAB

CDCL - Klauselminimierung und -löschung

Luc Spachmann

FSU Jena

13.06.2024

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

CDCL Pseudocode

Eingabe: CNF φ

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

- Bei 1-UIP:
- Testen, ob Resolution mit bekannter Klauseln schrumpft
- Anhand von Implikationsgraph

Warum Klauseln löschen?

- Bei langen Laufzeiten werden viele Klauseln gelernt
- Kann zu Speicherproblemen führen
- Zusätzlich: Meiste Zeit für Unit Propagation verwendet
- Unit Propagation Dauer skaliert mit Klauselmenge

- LBD: Literal Block Distance
- Für Klausel C :

$$LBD(C) := |\{i | \ell \in C \text{ und } \ell \text{ hat Entscheidungsstufe } i\}|.$$

- LBD wird berechnet, sobald Klausel gelernt wird
- Bei Neustart: Lösche alle Klauseln mit LBD über einem Parameter
- Klauseln mit LBD 2 sollen nie gelöscht werden

- Parameter zum löschen sollte ansteigen
- Z.B. Start mit 10, Anstieg um Faktor 1.1 nach Neustart
- Klauseln mit LBD von 1 oder 2 sollten nie gelöscht werden!
- Wichtig: Nur gelernte Klauseln dürfen gelöscht werden!

- Löschen von redundanten Klauseln
- Bspw. gelernte Klausel a , dann $a \vee b$ überflüssig

Aufgabe: CDCL - LBD

- Implementierung von Klausellöschen und -minimieren
- Vergleichen Sie die Performance
- Ausgabe einiger Statistiken:
 - Zeit
 - Speicherbedarf
 - Anzahl gelernter Klauseln
 - Anzahl gelöschter Klauseln
 - Anzahl Unit Propagations
 - Anzahl Entscheidungen
 - Anzahl Konflikte
 - etc.

Anmerkungen zur Prüfung

- Programme abgeben bis Sonntag, 04.08.
- Programme testen und dokumentieren!
- Nicht jede Zeile dokumentieren, sondern ganze Funktionen
- Readme dazugeben zur Ausführung der Programme
- Zusätzlich ein paar Daten aufbereiten -> Nächste Wochen