

QwMaxSat:

A Weighted Partial MaxSAT Solver

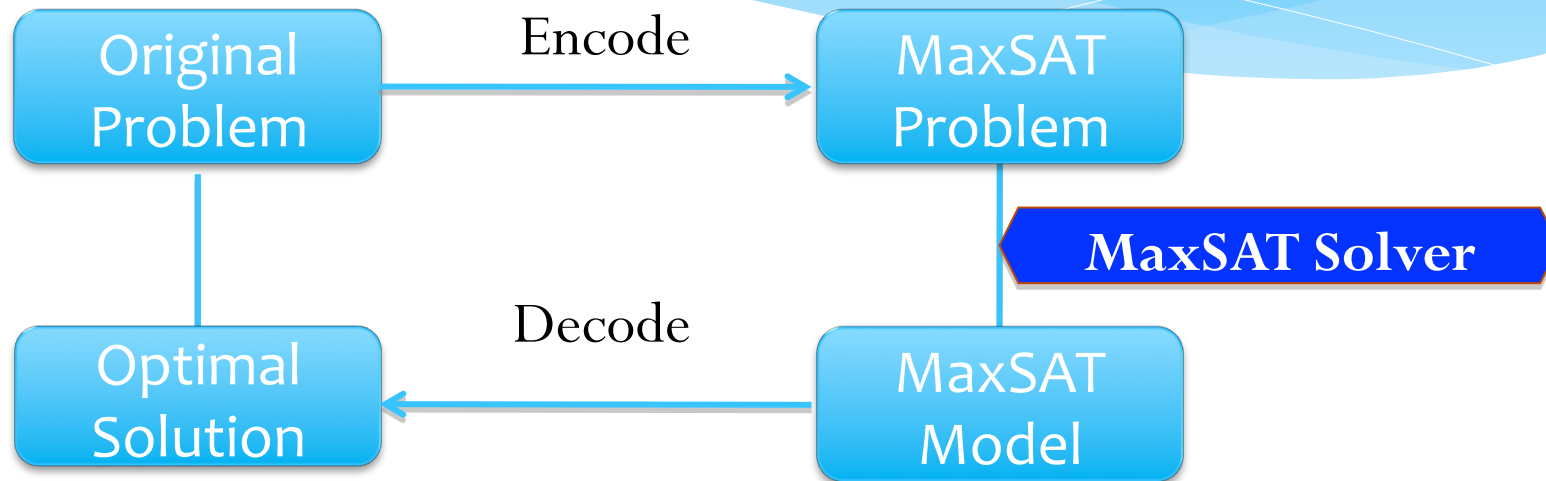
越村 三幸
(九州大学)

論理と推論の理論, 実装, 応用に関する合同セミナー

2013年7月25日(木)

北海道大学 工学部 C304 ERATO セミナ室

Problem Solving with MaxSAT



- Planning / Scheduling
- MaxCut, MaxClique, Combinatorial Auction
- Package upgradability

Overview

- Weighted Partial MaxSAT
- MaxSATソルバーの分類
- QwMaxSAT: Q-dai weighted MaxSAT solver
 - 解法の概要, 使い方, 評価
- おわりに

Weighted Partial MaxSAT (WPM)

- ハード節：必ず満たさなければならない
- ソフト節：出来るだけ満たしたい
 - ✧ Weighted (重み付き)：重い節ほど満たしたい

(C_i, w_i) C_i : 節 w_i : 重み (正整数)

無限大 ∞ の重みでハード節を表す

WPM：全てのハード節を満たし、充足するソフト節の重みの和が最大となるような値割当を求める








- ❖ ほとんどのソルバーは、見つけた値割当で充足されないソフト節の重みの総和を表示する。

MaxSATソルバーの分類

- Branch and Bound
 - akmaxsat, Clone, IncWMaxSatz, IUT_BCMB, MiniMaxSAT
- SAT-based
 - satisfiability-based
 - QMaxSAT, Sat4j-MaxSAT, clasp-MaxSat
 - unsatisfiability-based
 - PM2, wbo, pwbo, MSUnCore, WPM1
- 他のソルバーの問題形式に変換 *new*
 - ILP (→ CPLEX), SCIP-maxsat (→ SCIP)
- Portfolio, ハイブリッド *new*
 - ISAC+, MaxHS

QMaxSat: Q-dai MaxSAT Solver

❖ Partial MaxSAT (PM) Category

- ❖ Version 0.1 : 1st in Industrial subcategory (2010)
2nd in Crafted subcategory (2010) 

- ❖ Version 0.11 : 3rd in Industrial subcategory (2011)
2nd in Crafted subcategory (2011) 
- ❖ Version 0.4: 1st in Industrial subcategory (2011)
5th in Crafted subcategory (2011) 
- ❖ Version 0.21: 4th in Industrial subcategory (2012)
1st in Crafted subcategory (2012) 
- ❖ Version 0.21-g2: 1st in Industrial subcategory (2012)
4th in Crafted subcategory (2012) 
- ❖ Version 0.21-g2-mt: 2nd in Industrial subcategory (2013)
10th in Crafted subcategory (2013) 

QwMaxSat : 解法

$(C_i, w_i) (i = 1, \dots, n)$: ソフト節

$C_i \vee b_i$ (新変数 b_i) \dots ①

$\underbrace{\sum_{i=1}^n w_i \cdot b_i}_{\text{基数制約}} \leq p$ を満たす最小の p を求める

基数制約 \rightarrow SAT符号化 \dots ②

① + ② + ハード節 \rightarrow MiniSat 2.0

QwMaxSat : 使い方

- インストール
 - minisatと同様 **-card=bail -comp=0 -pmodel=1 (MaxSAT 2012 PM crafted 1位)**
- 使い方
 - minisatと同様 (コマンドライン入力)
- オプション
 - 基数制約の符号化方式 `-card = warn / bail / asin`
 - 基数制約中の基本式 `-comp = 0 / 10 / 11`
 - モデル(値割当)の出力 `-pmodel = 0 / 1`

	変数の数	節の数	出典
warn	$O(n \cdot \log w)$	$O(n \cdot \log w)$	[Joost P. Warners 1998]
bail	$O(m \cdot \log k)$	$O(m \cdot k)$	[Olivier Bailleux 2003]
asin	$O(m \cdot \log^2 k)$	$O(m \cdot \log^2 k)$	[Roberto Asín 2009]

n : ソフト節の数
 m : ソフト節の重さの総和
 w : ソフト節の重さの最大値
 k : 実行時に決まる整数
($0 \leq k \leq m$)

QwMaxSat : 性能

card	comp	Crafted		Industrial	
		全340問		全396問	
warn	0	211	75.31		
	10	244	114.85		
	11				
bail	0	計測中			
	MaxHS	330	5.92	243	53.67
	ISAC+-wpms	323	12.85	348	51.69

参考
MaxSAT 2013

解けた問題数(制限時間30分) / 平均時間(秒)

実行環境

- QwMaxSAT
 - CPU: Core i7-2600 (3.40GHz)
 - Memory: 8GB
 - OS: Ubuntu 12.04 LTS
- Max-SAT 2013
 - CPU: Xeon [E7-8837@2.67GHz](#)
 - Memory: 3.5GB
 - OS: SUSE Linux Enterprise Server 11 SP1

制限時間:30分

TIPS (1)

重みに小数点を使いたい時

- 小数点以下を四捨五入(切り捨て, 切り上げ)
 - 精度を上げたいときは, 全ての重みを n 倍
 - 重さは 2^{63} までOK (MaxSAT Evaluation のルール)

提携構造形成問題(100問)

n	100問の合計(秒)
1	769.03
10	782.28
100	838.72

TIPS (2)

一般の論理式に重みをつけたい時
負の重みをつけたい時

(F, w) F : 論理式, w : 0でない整数

1. $w > 0$ の時 $\left\{ \begin{array}{l} (b, w) \quad b: \text{新変数} \\ (b \rightarrow F, \infty) \end{array} \right. \xrightarrow{\text{変換}} \text{CNF式}$

2. $w < 0$ の時 $\left\{ \begin{array}{l} (\neg b, -w) \quad b: \text{新変数} \\ (F \rightarrow b, \infty) \end{array} \right. \xrightarrow{\text{変換}} \text{CNF式}$

今後の予定

1. 基数制約のSAT符号化方式の選択肢を増やす
Modulo Totalizer, Pairwise Cardinality Network
2. SATソルバーの入れ替え
glueminisat, glucose, Lingeling, ZENN, SINN, CryptoMiniSat

「制約はそんなに複雑ではないけど解くのが難しい」

→ SAT, MaxSATソルバーを試してみよう

「世界最高速のソルバーでもなかなか解けない」

→ 他のソルバーでも試そう

MaxSATソルバーは個性豊か

「難しい問題が解けた」

→ 論文を書こう

→ MaxSAT Evaluation に出題しよう

参考文献

[QMaxSAT]

Koshimura, M., Zhang, T., Fujita, H., & Hasegawa, R. (2012).
QMaxSAT: A Partial Max-SAT Solver system description.
Journal on Satisfiability, Boolean Modeling and Computation, 8, 95-100.

[提携構造形成問題のMaxSAT符号化]

Liao, X., Koshimura, M., Fujita, H., & Hasegawa, R. (2012, November).
Solving the Coalition Structure Generation Problem with MaxSAT.
In *Tools with Artificial Intelligence (ICTAI), 2012 IEEE 24th International Conference on* (Vol. 1, pp. 910-915). IEEE.

[MaxSAT符号化のTIPS]

越村 三幸，廖 晓鵬，藤田 博，長谷川 隆三．MaxSATの一拡張について，
第11回情報科学技術フォーラム(FIT 2012)，F-028，2012年

[Joost P. Warners 1998]

Warners, J. P. (1998). A linear-time transformation of linear inequalities into conjunctive normal form.
Information Processing Letters, 68(2), 63-69.

[Olivier Bailleux 2003]

Bailleux, O., & Boufkhad, Y. (2003, January). Efficient CNF encoding of Boolean cardinality constraints.
In *Principles and Practice of Constraint Programming-CP 2003* (pp. 108-122). Springer Berlin Heidelberg.

[Roberto Asín 2009]

Asín, R., Nieuwenhuis, R., Oliveras, A., & Rodríguez-Carbonell, E. (2009).
Cardinality networks and their applications.
In *Theory and Applications of Satisfiability Testing-SAT 2009* (pp. 167-180). Springer Berlin Heidelberg.