

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2005-293575

(P2005-293575A)

(43) 公開日 平成17年10月20日(2005.10.20)

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>

G06N 5/04

F I

G06N 5/04 550C

テーマコード (参考)

審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2005-82719 (P2005-82719)  
 (22) 出願日 平成17年3月22日 (2005.3.22)  
 (31) 優先権主張番号 10/807,959  
 (32) 優先日 平成16年3月23日 (2004.3.23)  
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 000005223  
 富士通株式会社  
 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
 1号  
 (74) 代理人 100070150  
 弁理士 伊東 忠彦  
 (72) 発明者 ムクル アール プラサド  
 アメリカ合衆国, カリフォルニア州 94  
 086, サニーヴェイル, エス・フェア・  
 オークス・アヴェニュー 655番 アイ  
 -204号  
 (72) 発明者 ラジャーシ ムカージィー  
 アメリカ合衆国, カリフォルニア州 95  
 136, サン・ノゼ, ティガラ・コート  
 3713番

(54) 【発明の名称】 プール充足可能性解答装置におけるイベントをスケジューリングするシステム、方法及び論理装置

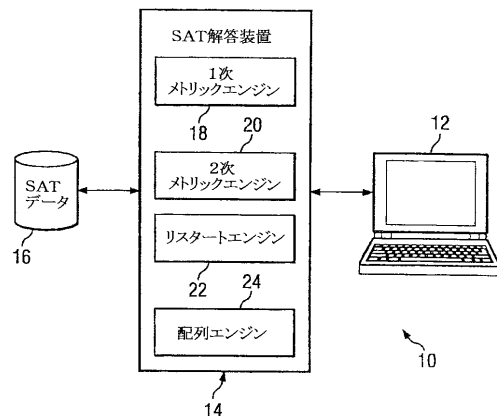
(57) 【要約】

【課題】 SAT解答装置の探索機構に関する欠点及び問題点を軽減又は解消すること。

【解決手段】 一態様では、プール充足可能性 (SAT) 解答装置におけるイベントをスケジューリングする方法は、SAT問題に対する有効な解を探索する際に、1以上の1次統計値を収集し、探索の際に前記1以上の1次統計値から1以上の2次統計値を導出し、前記1以上の2次統計値に従って、探索中のイベントをスケジューリングする。

【選択図】 図1

SAT解答装置でのイベントをスケジューリングするシステム例を示す図



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

プール充足可能性 (SAT) 解答装置におけるイベントをスケジューリングするシステムであって：

SAT 問題に対する有効な解を探索する際に、1 以上の 1 次統計値を収集する第 1 エンジン；

探索の際に前記 1 以上の 1 次統計値から 1 以上の 2 次統計値を導出する第 2 エンジン；

前記 1 以上の 2 次統計値に従って、探索中のイベントをスケジューリングする第 3 エンジン；

を有することを特徴とするシステム。

10

## 【請求項 2】

前記 1 次統計値の第 1 のものが特定のイベント以来のコンフリクトに関する第 1 の数を示し、前記 1 次統計値の第 2 のものが前記特定のイベント以来の決定に関する第 2 の数を示す

ことを特徴とする請求項 1 記載のシステム。

## 【請求項 3】

前記 2 次統計値の少なくとも 1 つが、コンフリクトと決定の比率 (CDR) である

ことを特徴とする請求項 1 記載のシステム。

## 【請求項 4】

プール充足可能性 (SAT) 解答装置におけるイベントをスケジューリングする方法であって：

SAT 問題に対する有効な解を探索する際に、1 以上の 1 次統計値を収集し；

探索の際に前記 1 以上の 1 次統計値から 1 以上の 2 次統計値を導出し；

前記 1 以上の 2 次統計値に従って、探索中のイベントをスケジューリングする；

ことを特徴とする方法。

20

## 【請求項 5】

前記 1 次統計値の第 1 のものが特定のイベント以来のコンフリクトに関する第 1 の数を示し、前記 1 次統計値の第 2 のものが前記特定のイベント以来の決定に関する第 2 の数を示す

ことを特徴とする請求項 4 記載の方法。

30

## 【請求項 6】

前記 2 次統計値の少なくとも 1 つが、コンフリクトと決定の比率 (CDR) である

ことを特徴とする請求項 4 記載の方法。

## 【請求項 7】

記憶媒体に格納され、プール充足可能性 (SAT) 解答装置におけるイベントをスケジューリングするための論理装置であって：

SAT 問題に対する有効な解を探索する際に、1 以上の 1 次統計値を収集し；

探索の際に前記 1 以上の 1 次統計値から 1 以上の 2 次統計値を導出し；

前記 1 以上の 2 次統計値に従って、探索中のイベントをスケジューリングする；

ことを実行させる論理装置。

40

## 【請求項 8】

前記 1 次統計値の第 1 のものが特定のイベント以来のコンフリクトに関する第 1 の数を示し、前記 1 次統計値の第 2 のものが前記特定のイベント以来の決定に関する第 2 の数を示す

ことを特徴とする請求項 7 記載の論理装置。

## 【請求項 9】

前記 2 次統計値の少なくとも 1 つが、コンフリクトと決定の比率 (CDR) である

ことを特徴とする請求項 7 記載の論理装置。

## 【請求項 10】

プール充足可能性 (SAT) 解答装置におけるイベントをスケジューリングするシステ

50

ムであって：

S A T問題に対する有効な解を探索する際に、1以上の1次統計値を収集する手段；  
探索の際に前記1以上の1次統計値から1以上の2次統計値を導出する手段；  
前記1以上の2次統計値に従って、探索中のイベントをスケジューリングする手段；  
を有することを特徴とする方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、一般にS A T解答装置に関し、特にS A T解答装置におけるイベントをスケジューリングすることに関連する。 10

【背景技術】

【0002】

充足可能性 ( S A T : s a t i s f i a b i l i t y ) 解答装置は、一般に多数の用途を有する。例えば、S A T解答装置は、自動テストパターン生成 ( A T P G )、正式な検査、論理の最適化、物理的設計及びその他のE D A用途のような電子設計オートメーション ( E D A ) の用途にしばしば使用される。S A T解答装置は典型的には後戻り ( b a c k t r a c k i n g ) アルゴリズムを利用し、後戻りアルゴリズムは、非時系列的な後戻り及び競合学習と共に、デイビス・ブットマン・ロウジマン・ラブランド ( D P L L ) 手順に基づく。更に、S A T解答装置は、典型的には、ブール拘束伝搬 ( B C P : B o o l 20  
e a n C o n s t r a i n t P r o p a g a t i o n )、動的な再起動、動的な変数順序及び条項データベースの効率的な管理等に関する技術を使用する。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

本発明は、S A T解答装置の探索機構に関する欠点及び問題点を軽減又は解消することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0004】

本発明の一態様では、ブール充足可能性 ( S A T ) 解答装置におけるイベントをスケジューリングする方法は、S A T問題に対する有効な解を探索する際に、1以上の1次統計値を収集し、探索の際に前記1以上の1次統計値から1以上の2次統計値を導出し、前記1以上の2次統計値に従って、探索中のイベントをスケジューリングする。 30

【発明の効果】

【0005】

本発明の特定の態様は、1以上の技術的利点を与える。特定の態様は、S A T問題に対する有効な解 ( ソリューション ) を探索することに関する時間的制約を減らすかもしれない。特定の態様は、S A T問題に対する有効な解を探索することに関する処理条件を減らすかもしれない。特定の態様は、S A T問題の有効な解を探索する際に、S A T問題に対する解を列挙する特定の变数順序の有効性をより正確に評価する1以上のメトリックを提供するかもしれない。特定の態様は、S A T問題に対する有効な解を探索するための特定の探索 ( サーチ ) ツリーの有効性をより正確に評価する1以上のメトリックを提供するかもしれない。特定の態様は、S A T問題の有効な解を探す効率を向上させるため、S A T解答装置におけるイベント ( リスタートや、変数の並べ換え等 ) をより良好にスケジューリングする機能を提供するかもしれない。 40

【0006】

ある態様は、これらの利点の全部又は一部を与えてもよいし、全く与えなくてもよい。ある態様は1以上の他の利点を与えるかもしれない、それらの1以上は明細書、図面及び請求の範囲から当業者に明白になるであろう。

【発明を実施するための最良の形態】

## 【0007】

本発明並びにその特徴及び利点を更に完全に理解するため、添付図面に関連する以下の説明が参照される。

## 【0008】

以下、本発明の実施例によるブール充足可能性解答装置におけるイベントをスケジューリングするシステム、方法及び論理装置が説明される。この場合において、論理装置なる語は、ソフトウェアで構成される論理プログラムや、ハードウェアで構成される論理回路を含む概念である。

## 【0009】

図1は、SAT解答装置のイベントをスケジューリングするシステム例を示す。システム10は、コンピュータシステム12、SAT解答装置14及びSATデータ16を含む。コンピュータシステム12は、SAT解答装置14にユーザが入力を与えることを可能にし、及びSAT解答装置14からユーザが出力を受信可能にする。以下に説明されるように、SAT解答装置14は、SAT問題に対する有効な解を探索してもよい。SAT解答装置14は、その有効な解を探すためにSATデータを利用する。SAT問題は、実領域(real domain)での1以上の問題を論理的に表現してもよい。SAT問題に対する有効な解は、SAT問題の総ての条項(又は制約)を満たし、SAT問題に対する有効でない解は、そのSAT問題の1以上の条項に違反する。SAT解答装置14は、SAT問題に対する有効な解を探す、ハードウェア、ソフトウェア又は双方を含んでもよい。コンピュータシステム12、SAT解答装置14及びSATデータ16は、いくぶん互いに離れているように図示及び記述されているが、コンピュータシステム12、SAT解答装置14及びSATデータ16の2以上がいくぶん互いに合成されることも本発明は想定している。限定ではない例として、特定の実施例では、SAT解答装置14はコンピュータシステム12のソフトウェア要素より成り、SATデータ16はコンピュータシステム12に格納されてもよい。

## 【0010】

SAT解答装置14は、1次メトリックエンジン18、2次メトリックエンジン20、リスタートエンジン22及び配列エンジン24を含む。エンジンは、SAT問題の有効な解を探すことに関する1以上の特定のタスクを実行する、ハードウェア、ソフトウェア又は双方を含んでもよい。SAT解答装置14中の要素は、いくぶん互いに離れているように図示及び記述されているが、SAT解答装置14の適切などの要素でもそれがいくぶん互いに合成されることも本発明は想定している。SAT問題に対する有効な解を探索するため、SAT解答装置14は、SAT問題に対する可能性ある解を列挙し、それらの解が有効か否かを判定してもよい。SAT解答装置14は、解が有効であるか否かを判定するのに適切ないかなる技術を用いてもよい。それらの技術の1以上は当該技術分野で周知かもしれない。特定の実施例では、SAT解答装置14は多少なりとも発見的に(ヒューリスティックに)解を列挙する。特定の実施例では、SAT解答装置14が1つの解を列挙するまで或いは可能性ある総ての解を列挙するまで、SAT解答装置14はSAT問題に対する解を列挙する。SAT問題に対する解を列挙するため、SAT解答装置14はSAT問題の1以上の変数の各々に値を割り当ててもよい。SAT解答装置14は、以下に説明されるような、分岐限定法に従ってSAT問題の解を列挙してもよい。更に、SAT解答装置14が分岐限定法を実行する場合に、以下に更に説明されるように、SAT解答装置14は競合判定法及び競合分析法を使用してもよい。

## 【0011】

分岐限定法によれば、SAT解答装置14は、特定の変数順序を決定し、その特定の変数順序に従ってSAT問題の解を列挙し始める。SAT解答装置14が解を列挙し終える前に、SAT解答装置14は、1以上の特定の基準に従って、解を列挙するのを止めて破棄するか否かを判定する。SAT解答装置14がその解を破棄する場合に、SAT解答装置14は、その解の列挙された部分を含む総ての解を破棄してもよい。列挙された解を部分的に含む総ての解は、必然的に、部分的に列挙された解と少なくとも同じ条項に違反す

10

20

30

40

50

るので、そのような解の各々を列挙せずに、及びその解がSAT問題の総ての条項を満たすか否かを判別せずに、SAT解答装置14はそのように動作し、そのことは、SAT問題に対する有効な解を探索することに関する1以上の時間的又は他の制約を減らす。

#### 【0012】

SAT解答装置14は、ある解を破棄するか否かを判別するのに競合判定法を使用してもよい。競合(conflict)に関するものは、SAT問題の1以上の条項に対する1以上の違反を包含してもよい。そのような技法により、SAT解答装置14は特定の解を列挙し始め、その特定の解とSAT問題の条項との間の競合を、SAT解答装置14がその特定の解を列挙し終える前にSAT解答装置14が確認したならば、列挙を中止し、その特定の解と、その特定の解の列挙された部分を含む総ての解とを破棄する。限定ではない例として、変数A乃至Jに関するSAT問題を考察する。SAT解答装置14は、特定の变数順序を決定し、その特定の变数順序に従って、SAT問題の10個の変数に値を割り当て始めてもよい。特定の变数順序は、変数J、その後に変数C、その後に変数A、その後に変数B、その後に変数D、その後に変数E、その後に変数I、その後に変数F、その後に変数H、そしてその後に変数Gでもよい。SAT解答装置14はそれに従って変数Jに値を割り当て、変数Cに値を割り当て、変数Aに値を割り当て、変数Bに値を割り当て、そして変数Dに値を割り当ててもよい。そして、SAT解答装置14は残りの変数に値を割り当てずに、部分的に列挙された解がSAT問題の1以上の条項に違反するか否かを判別してもよい。解に関連するものは、列挙された解、列挙されていない解又は適切ならば双方を包含してもよい。列挙された解に関連するものは、完全に列挙された解、部分的に列挙された解又は適切ならば双方を包含してもよい。

10

20

#### 【0013】

部分的に列挙された解がSAT問題の全条項を満足することをSAT解答装置14が確認すると、SAT解答装置14は、変数Eに値を割り当て、変数Iに値を割り当て、変数Fに値を割り当て、変数Hに値を割り当て、そして変数Gに値を割り当てる。SAT解答装置14は、完全に列挙された解がSAT問題の1以上の条項に違反するか否かを判定してもよい。一方、部分的に列挙された解がSAT問題の1以上の条項に違反することをSAT解答装置14が確認すると、SAT解答装置14はその部分的に列挙された解を破棄し、残りの変数に値を割り当てない。部分的に列挙された解を含む総ての解は、その部分的に列挙された解のものと同様に少なくとも同じ条項に必然的に違反するので、SAT解答装置14は、その部分的に列挙された解を含む総ての解を破棄してもよい。そのような解を個々に列挙せず、解がSAT問題の条項の総てを満たすか否かを判定せずに、SAT解答装置14はそのように動作し、SAT問題に対する有効な解を探すことに関連する1以上の制約を軽減してもよい。

30

#### 【0014】

SAT解答装置14は競合判定法を利用して、SAT問題の1以上の条項と解との間の1以上の競合(コンフリクト)を分析する。そのような技法によれば、SAT解答装置14は、SAT問題の条項と解との間のコンフリクトを分析し、その分析により、SAT問題に対する解が有効であるか否かを判定するための1以上の付加的な条項を生成する。SAT解答装置14はその付加的な条項をSATデータ16に格納し、コンフリクトを見分けるためにその付加的な条項を(SAT問題の当初の条項と共に)使用する。付加的な条項は、SAT問題に対する有効な解をSAT解答装置14がより効率的に探索することを可能にする。非限定的な例として、付加的な条項は、解が有効であるか否かを判定するのに必要な計算量を減らし、その解が有効であるか否かをSAT解答装置14が一層効率的に判定できるようにする。

40

#### 【0015】

1次メトリックエンジン18は、SAT問題の解の探索中における1次統計値を収集してもよい。特定の実施例では、探索中の1次統計値は、探索中に幾分直接的に観測可能な統計値である。1次統計値の具体例は、限定されないが、以下のものを含む:(1)あるイベント以来のコンフリクト数;(2)そのイベント以来の決定回数;(3)そのイベン

50

トからの経過時間。イベントに関連するものには、開始、再起動（リスタート）、変数配列、変数の並べ換え又は適切ならばそれらの2以上の組み合わせ等が包含される。特定の実施例では、「開始」は、SAT問題の有効な解の探索を開始することを含んでもよい。特定の実施例では、「再起動」は、SAT問題の有効な解を探索するための第1の探索ツリーを破棄すること、及びSAT問題の有効な解を探索するための第2の探索ツリーを生成することを含んでもよい。SAT解答装置14は、第2の探索ツリーを用いて、SAT問題の有効な解の探索を続けてもよい。再起動させられた探索（サーチ）では、SAT解答装置14は、再起動前に1以上のコンフリクト分析によりSAT解答装置14が生成してSATデータ16に格納した1以上の条項を使用してもよい。特定の実施例では、「変数配列」は、SAT問題に対する解を列挙する変数順序を決定することを含んでもよい。特定の実施例では、「変数の並べ換え」は、SAT問題に対する解を列挙する第1の変数順序を破棄し、SAT問題に対する解を列挙する第2の変数順序を決定することを含んでもよい。イベント以来のコンフリクト数は、そのイベント以来SAT解答装置14が確認したコンフリクト数がどの程度多いかを示してもよい。非限定的な例として、SAT解答装置14は、SAT問題に対する有効な解を探索することを再起動してもよい。再起動させられた探索において、SAT解答装置14がそのSAT問題に対する解を列挙しながら、SAT解答装置14は、SAT問題の条項と解との間のコンフリクトを確認してもよい。1次メトリックエンジン18は、その再起動以来SAT解答装置14が確認したコンフリクトがどの程度多いかを示す統計値を収集してもよい。

10

**【0016】**

イベント以来の決定回数は、そのイベント以来SAT解答装置14が行った決定がどの程度多いかを示す。「決定」は、変数への値の割当、分岐判定その他の判定を含んでもよい。非限定的な例として、SAT解答装置14がSAT問題に対する有効な解を探索している間に、SAT解答装置14は、SAT問題の解を列挙するための第1の変数順序を破棄し、SAT問題の解を列挙するための第2の変数順序を決定してもよい。SAT解答装置14は、その第2の変数順序に従って、SAT問題に対する解を列挙してもよい。SAT解答装置14が第2の変数順序に従って解を列挙する場合に、1次メトリックエンジン18は、SAT解答装置14がその変数順序の並べ換え以来割り当てた値がどの程度多いかを示す統計値を収集してもよい。イベント以来の経過時間は、そのイベント以来どの程度長い時間が経過したかを示す。非限定的な例として、SAT解答装置14は、SAT問題に対する有効な解の探索を再起動してもよい。SAT解答装置14が再起動した探索を行う場合に、1次メトリックエンジン18は、その再起動以来どの程度長い時間が経過したかを示す統計値を収集してもよい。

20

30

**【0017】**

2次メトリックエンジン20は、SAT問題の解を探索する場合に、1以上の1次統計値から1以上の2次統計値を導出してもよい。2次統計値は、1以上の1次統計値から導出可能な統計値でもよい。非限定的な例として、2次統計値は、コンフリクトと決定の比率（ $CDR: conflict-to-decision\ ratio$ ）を含んでもよい。特定の2次統計値が説明されるが、本発明は適切でないかなる2次統計値をも包含する。特定の実施例では、CDRは、あるイベント以来のコンフリクトに関する第1の数をそのイベント以来の決定に関する第2の数で除算したものに等しい。非限定的な例として、SAT問題の有効な解を探すために再起動させられたある時点で、SAT解答装置14が75回のコンフリクトを確認し、その再起動以来255回の決定を行ったとすると、再起動した探索におけるその時点で、再起動探索のCDRは約0.294である。以下に説明されるように、SAT解答装置14は、1以上のCDRに従って、SAT問題の有効な解を探すのにリスタートするか否かを決定してもよい。付加的に又は代替的に、SAT解答装置14は、1以上のCDRに従って、SAT問題の解を列挙するための変数を並べ換えるか否かを決定してもよい。

40

**【0018】**

リスタートエンジン22は、1以上の基準に従って、SAT問題に対する解の探索を再

50

起動する。特定の実施例では、リスタートエンジン 22 は、1 以上の C D R に従って、探索（サーチ）を再起動してもよい。非限定的な例として、S A T 問題に対する有効な解についての第 1 のサーチの間に、1 次メトリックエンジン 18 は、その第 1 サーチの開始以来のコンフリクト数及び決定数を示す、第 1 サーチにおける 1 次統計値を収集してもよい。1 次メトリックエンジン 18 がこれらの統計値を収集する場合に、2 次メトリックエンジン 20 が、上述したような、コンフリクト数及び決定数による C D R を、進行しながら（*on-going base*）導出してもよい。C D R は、S A T 解答装置 14 がコンフリクトを確認して決定を行うような第 1 サーチの間にも変わってもよい。リスタートエンジン 22 は C D R を監視し、その C D R が所定値に達すると、S A T 解答装置 14 にその第 1 サーチ内容を破棄させ、S A T 問題の有効な解についての第 2 サーチを開始させてもよい。従って、特定の実施例では、S A T 解答装置 14 は、以下のアルゴリズムに従って再起動を予定（スケジューリング）してもよい。

【 0 0 1 9 】

【 数 1 】

```

//numConflicts refers to the number of conflicts
//that have occurred until now. numConflictsLast
//refers to the number of conflicts that had
//occurred until the time when dynamic restart was last
//invoked. numDecisions refers to the number of
//decisions made so far. numDecisionsLast refers
//to the number of decisions made until the time when
//dynamic restart was last invoked. If conflictInLastDecision
//is true, it indicates that a conflict was detected
//after the last branching decision was made.
EvalRestart () {
    numConflictsSince = numConflicts - numConflictsLast;
    numDecisionsSince = numDecisions - numDecisionsLast;
    CDRR = numConflictsSince/numDecisionsSince;
    if(numConflictsSince >= 2000 &&
        numDecisionsSince >= 3000 &&
        CDRR < 0.5 &&
        conflictInLastDecision) {
        numConflictsLast = numConflicts;
        numDecisionsLast = numDecisions;
        dynamicRestart();
    }
}

```

配列エンジン 24 は、S A T 問題に対する解を列挙するための変数順序を決定する。更に、配列エンジン 24 は、1 以上の基準に従って、S A T 問題に対する解を列挙するための第 1 の変数順序を破棄し、S A T 問題に対する解を列挙する第 2 の変数順序を決定してもよい。特定の実施例では、配列エンジン 24 は、1 以上の C D R に従って、S A T 問題に対する解を列挙するための変数を並べ替えてもよい。非限定的な例として、S A T 問題に対する有効な解の探索中に、配列エンジン 24 は S A T 問題に対する解を列挙するための第 1 の変数順序を決定してもよい。S A T 解答装置 14 が第 1 の変数順序に従って S A T 問題に対する解を列挙し、その解が有効か否かを判定する場合に、1 次メトリックエン

ジン 18 は、その変数順序以来のコンフリクト数及び決定数を示す、そのサーチに関する 1 次統計値を収集してもよい。1 次メトリックエンジン 18 がこれらの統計値を抽出する場合に、2 次メトリックエンジン 20 は、上述したようなコンフリクト数及び決定数による CDR を、進行しながら（オンゴーイング・ベースで）導出してもよい。CDR は、SAT 解答装置 14 がコンフリクトを確認して決定を行うような第 1 サーチ中に変わってもよい。配列エンジン 24 は CDR をモニタし、CDR が所定値に達すると、その第 1 の変数順序を破棄し、SAT 問題に対する解を列挙するための第 2 の変数順序を決定してもよい。

【0020】

従って、特定の実施例では、SAT 解答装置 14 は以下のアルゴリズムによって変数の並べ換えを予定してもよい。

10

【0021】

【数 2】

```
//numConflicts refers to the total number of conflicts
//that have occurred until now. numConflictsLast
//refers to the number of conflicts that had
//occurred until the time when variable ordering was
//last updated. numDecisions refers to the number of
//decisions made so far. numDecisionsLast refers
//to the number of decisions made until the time when
//variable ordering was last updated.
```

20

```
EvalVarOrder() {
```

```
    numConflictsSince = numConflicts - numConflictsLast;
```

```
    if(numConflictsSince >= 75) {
```

```
        numDecisionsSince = numDecisions - numDecisionsLast;
```

```
        CDRV = numConflictsSince/numDecisionsSince;
```

```
        if(CDRV < 1.5) { //Search is expensive
```

```
            numConflictsLast = numConflicts;
```

```
            numDecisionsLast = numDecisions;
```

```
            update VariableOrder();
```

```
        }
```

```
    }
```

```
}
```

30

図 2 は、SAT 解答装置 14 におけるイベントをスケジューリングする方法例を示す。ステップ 100 にて、SAT 解答装置 14 は、SAT 問題に対する有効な解についての第 1 の探索（サーチ）を開始する。ステップ 102 では、SAT 解答装置 14 が第 1 のサーチを実行する場合に、1 次メトリックエンジン 18 は、SAT 解答装置 14 が第 1 サーチを開始して以来のコンフリクト数及び決定数を示す、第 1 サーチにおける 1 次統計値を収集する。ステップ 104 では、2 次メトリックエンジン 20 がこれら 1 次統計値から CDR を導出する。ステップ 106 では、リスタートエンジン 22 が CDR を監視する。ステップ 108 では、CDR が所定値に到達したならば、リスタートエンジン 22 は、SAT 解答装置 14 に第 1 サーチ結果を破棄させ、SAT 問題に対する有効な解についての第 2 サーチを開始させ、この時点で本方法は終了する。所定値は予め定められた値でもよいし、SAT 問題に対する有効な解の探索で、非能率性に関する受け入れられないレベルに対応してもよい。図 2 に示される方法は、SAT 解答装置 14 が SAT 問題に対する有効な

40

50

解を探索しながら反復されてもよい。図2に示される方法では特定のステップが特定の順序でなされるように図示及び説明されたが、本発明は、図2に示される方法の適切などのステップも適切ないかなる順序で生じてもよいことを想定している。

【0022】

図3は、SAT解答装置14におけるイベントをスケジューリングする別の方法を示す。ステップ200では、SAT問題に対する有効な解を探索する間に、配列エンジン24は、そのSAT問題に対する解を列挙する第1の変数順序を決定する。ステップ202では、SAT解答装置14は、第1の変数順序に従って、SAT問題に対する解を列挙し、その解が有効であるか否かを判定する。ステップ204では、SAT解答装置14がSAT問題に対する解を列挙し、その解が有効であるか否かを判定する場合に、1次メトリックエンジン18が、その変数順序以来のコンフリクト数及び決定数を示すそのサーチにおける1次統計値を収集する。ステップ206では、2次メトリックエンジン20がこれらの1次統計値からCDRを導出する。ステップ208では、配列エンジン24はそのCDRをモニタする。ステップ210では、そのCDRが所定値に達すると、配列エンジンは第1の変数順序を破棄し、SAT問題に対する解を列挙する第2の変数順序を決定する。所定値は予め定められた値でもよいし、SAT問題に対する有効な解の探索における非効率性に関する許容できないレベルに関連してもよい。ステップ212では、SAT解答装置14はその第2の変数順序に従って解を列挙し、その時点で本方法は終了する。図3に示される方法は、SAT解答装置14がSAT問題に対する有効な解を選択する場合に反復されてもよい。図3に示される方法では特定のステップが特定の順序で生じるように図示及び説明されているが、本発明は、図3に示される方法の適切などのステップも適切ないかなる順序で生じてもよいことを想定している。

10

20

【0023】

以上本発明がいくつかの実施例と共に説明されてきたが、多数の変更、変形、置換、変換及び修正が当業者に示唆され、本発明はそのような変更、変形、置換、変換及び修正を特許請求の範囲内に包含することが意図される。いずれにせよ、本発明は、特許請求の範囲に反映されていない明細書中のどの記述でもそれによっては限定されない。

【0024】

以下、本発明が教示する手段を例示的に列挙する。

【0025】

(付記1)

ブール充足可能性(SAT)解答装置におけるイベントをスケジューリングするシステムであって：

SAT問題に対する有効な解を探索する際に、1以上の1次統計値を収集する第1エンジン；

探索の際に前記1以上の1次統計値から1以上の2次統計値を導出する第2エンジン；

前記1以上の2次統計値に従って、探索中のイベントをスケジューリングする第3エンジン；

を有することを特徴とするシステム。

【0026】

(付記2)

前記イベントが、リスタートであることを特徴とする付記1記載のシステム。

【0027】

(付記3)

前記イベントが、変数の並べ換えであることを特徴とする付記1記載のシステム。

【0028】

(付記4)

前記1次統計値の第1のものが特定のイベント以来のコンフリクトに関する第1の数を

30

40

50

示し、前記 1 次統計値の第 2 のものが前記特定のイベント以来の決定に関する第 2 の数を示す

ことを特徴とする付記 1 記載のシステム。

【0029】

(付記 5)

前記特定のイベントが、開始又は最後のリスタートである

ことを特徴とする付記 4 記載のシステム。

【0030】

(付記 6)

前記特定のイベントが、変数を配列すること又は最後の変数の並べ換えである

ことを特徴とする付記 4 記載のシステム。

10

【0031】

(付記 7)

前記 2 次統計値の少なくとも 1 つが、コンフリクトと決定の比率 (CDR) である

ことを特徴とする付記 1 記載のシステム。

【0032】

(付記 8)

SAT 問題に対する有効な解の探索が、電子設計オートメーション (EDA) に関連する

ことを特徴とする付記 1 記載のシステム。

20

【0033】

(付記 9)

ブール充足可能性 (SAT) 解答装置におけるイベントをスケジューリングする方法であって：

SAT 問題に対する有効な解を探索する際に、1 以上の 1 次統計値を収集し；

探索の際に前記 1 以上の 1 次統計値から 1 以上の 2 次統計値を導出し；

前記 1 以上の 2 次統計値に従って、探索中のイベントをスケジューリングする；

ことを特徴とする方法。

【0034】

(付記 10)

前記イベントが、リスタートである

ことを特徴とする付記 9 記載の方法。

30

【0035】

(付記 11)

前記イベントが、変数の並べ換えである

ことを特徴とする付記 9 記載の方法。

【0036】

(付記 12)

前記 1 次統計値の第 1 のものが特定のイベント以来のコンフリクトに関する第 1 の数を示し、前記 1 次統計値の第 2 のものが前記特定のイベント以来の決定に関する第 2 の数を示す

ことを特徴とする付記 9 記載の方法。

40

【0037】

(付記 13)

前記特定のイベントが、開始又は最後のリスタートである

ことを特徴とする付記 12 記載の方法。

【0038】

(付記 14)

前記特定のイベントが、変数を配列すること又は最後の変数の並べ換えである

ことを特徴とする付記 12 記載の方法。

50

- 【0039】  
(付記15)  
前記2次統計値の少なくとも1つが、コンフリクトと決定の比率(CDR)であることを特徴とする付記9記載の方法。
- 【0040】  
(付記16)  
SAT問題に対する有効な解の探索が、電子設計オートメーション(EDA)に関連することを特徴とする付記9記載の方法。
- 【0041】 10  
(付記17)  
記憶媒体に格納され、プール充足可能性(SAT)解答装置におけるイベントをスケジューリングするための論理装置であって：  
SAT問題に対する有効な解を探索する際に、1以上の1次統計値を収集し；  
探索の際に前記1以上の1次統計値から1以上の2次統計値を導出し；  
前記1以上の2次統計値に従って、探索中のイベントをスケジューリングする；  
ことを実行させる論理装置。
- 【0042】 20  
(付記18)  
前記イベントが、リスタートであることを特徴とする付記17記載の論理装置。
- 【0043】  
(付記19)  
前記イベントが、変数の並べ換えであることを特徴とする付記17記載の論理装置。
- 【0044】 30  
(付記20)  
前記1次統計値の第1のものが特定のイベント以来のコンフリクトに関する第1の数を示し、前記1次統計値の第2のものが前記特定のイベント以来の決定に関する第2の数を示すことを特徴とする付記17記載の論理装置。
- 【0045】  
(付記21)  
前記特定のイベントが、開始又は最後のリスタートであることを特徴とする付記20記載の論理装置。
- 【0046】  
(付記22)  
前記特定のイベントが、変数を配列すること又は最後の変数の並べ換えであることを特徴とする付記20記載の論理装置。
- 【0047】 40  
(付記23)  
前記2次統計値の少なくとも1つが、コンフリクトと決定の比率(CDR)であることを特徴とする付記17記載の論理装置。
- 【0048】  
(付記24)  
SAT問題に対する有効な解の探索が、電子設計オートメーション(EDA)に関連することを特徴とする付記17記載の論理装置。
- 【0049】 50  
(付記25)

ブール充足可能性 (SAT) 解答装置におけるイベントをスケジューリングするシステムであって：

- SAT問題に対する有効な解を探索する際に、1以上の1次統計値を収集する手段；
- 探索の際に前記1以上の1次統計値から1以上の2次統計値を導出する手段；
- 前記1以上の2次統計値に従って、探索中のイベントをスケジューリングする手段；
- を有することを特徴とする方法。

【図面の簡単な説明】

【0050】

【図1】SAT解答装置でのイベントをスケジューリングするシステム例を示す。

【図2】SAT解答装置でのイベントをスケジューリングする方法例を示す。

10

【図3】SAT解答装置でのイベントをスケジューリングする別の方法例を示す。

【符号の説明】

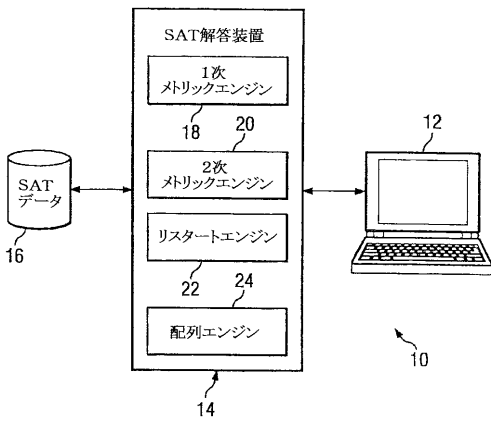
【0051】

- 10 システム
- 12 コンピュータシステム
- 14 SAT解答装置
- 16 SATデータ
- 18 1次メトリックエンジン
- 20 2次メトリックエンジン
- 22 リスタートエンジン
- 24 配列エンジン

20

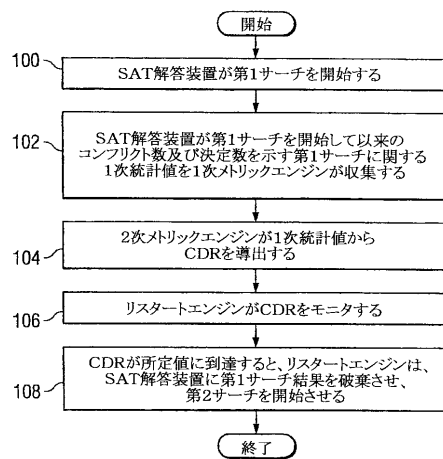
【図1】

SAT解答装置でのイベントをスケジューリングするシステム例を示す図



【図2】

SAT解答装置でのイベントをスケジューリングする方法例を示す図



## 【 図 3 】

SAT解答装置でのイベントをスケジューリングする別の方法例を示す図

