

平成26年度 情報工学コース卒業研究報告要旨

坂部 研究室	氏 名	平 島 侑 人
卒業研究題目	未解釈関数記号を含む線形整数制約式から プレスブルガー算術式への充足可能性保存変換の 実装	
<p>様々な理論の下で論理式の充足可能性を判定するツールとして SMT ソルバの開発が盛んに行われている。現在、幅広く利用される SMT ソルバとしては Yices, Z3, CVC4 などが挙げられ、これらは様々な理論の論理式の充足可能性を判定する。しかし、これらのツールでは充足可能性が決定可能なクラスの比較的単純な論理式であるにもかかわらず充足可能性を判定できないプレスブルガー算術式が存在することが報告されている。</p> <p>伏見らの研究で実装された SMT ソルバでは、Cooper の限量子除去法とゴモリーカットを導入した単体法を用いたアルゴリズムでプレスブルガー算術式の充足可能性を判定する。それによって、前述の SMT ソルバで判定できなかったプレスブルガー算術式に対して判定が可能である。特に、充足可能性問題が解けることを前提としている制約付き項書換え系の定理自動証明では、先行研究で実装された SMT ソルバの方が有効である。しかし、この SMT ソルバでは未解釈関数記号を含む整数上の線形制約式の充足可能性を判定することができない。なお、SMT ソルバの標準規格である SMT-LIB ではこの制約式のクラスを QF_UFLIA と呼び、if 文と let 文を含む式も構文として認められている。先行研究の SMT ソルバはこれらの構文にも対応していない。そのため、SMT-LIB で提供される QF_UFLIA のベンチマークを用いた他のソルバとの性能比較ができない。</p> <p>本研究では、先行研究の SMT ソルバが QF_UFLIA に準拠する論理式の充足可能性を判定できるような拡張を目的とする。そのために、未解釈関数記号、if 文、let 文を含むような整数上の線形制約式を充足可能性に関して等価なプレスブルガー算術式へ変換する機能(充足可能性保存変換)の実装を行い、これを用いて、未解釈関数記号、if 文、let 文を含む論理式の充足可能性を先行研究によって実装された SMT ソルバが判定できるようにする。</p> <p>未解釈関数記号を削除する充足可能性保存変換には、Ackermann の変換と Bryant の変換が知られている。これらの変換では、未解釈関数記号を新たな変数に置き換え、論理式中から未解釈関数記号を削除する。さらに、置き換えた情報を保持し、引数が等しいならば関数の返り値が等しくなるという制約式を与えることで充足可能性を保存したままプレスブルガー算術式に変換することができる。if 文に関しても、新たな変数に置き換えて制約式を与えることで充足可能性保存変換を実現する。let 文に関しては、はじめに let 文内の変数束縛で新たに与えられた変数の名前変えを行う。その後、変数束縛を節として与えることで、充足可能性保存変換を実現する。これらの変換は、変数の置き換えなどの情報を保持しながら同時に行う。</p> <p>次に、本研究で実装した変換の有意性や特徴を調査するための評価実験を行った。その結果、先行研究の SMT ソルバの利点を損なうことなく未解釈関数記号、if 文、let 文を含む整数上の線形制約式の充足可能性を判定できた。さらに、Ackermann の変換と Bryant の変換の性能を比較した結果、Bryant の変換の方が Ackermann の変換よりも速く充足可能性を判定した。しかし、Bryant の変換は使用するメモリの量が大きく、Ackermann の変換では充足可能性を判定できる問題でも、メモリがオーバーフローした。</p> <p>今回の拡張では、QF_UFLIA の局所関数とソートの機能への対応まで至らなかった。今後の課題としては、局所関数とソートへの対応、すなわち、QF_UFLIA への完全な対応が挙げられる。</p>		