

Ada 95 プログラムのためのシステム従属ネット生成ツール

5 C-3

野中 裕介 程 京徳 牛島 和夫
九州大学大学院システム情報科学研究科

1 はじめに

近年、並行処理ソフトウェアに対する需要の増加から、並行型プログラムの信頼性を高めることが重要な課題となっている。しかし、並行型プログラムの振る舞いには、それぞれのプロセスの逐次的な振る舞いの他に、プロセス間の同期、通信といったシステム全体としての振る舞い加わり、それは非予測性、非決定性を含んでいる。このため、信頼性の高い並行型プログラムの開発と保守は困難である。

開発、保守の対象となるプログラムのプログラム従属性を解析することは、対象プログラムのスライシング、テスト、デバッグなどに役立つ。

プログラミング言語 Ada は、信頼性の高いプログラムの記述を想定して設計されており、また、並行型プログラムの記述が可能である。

本論文では、Ada 95 [4] プログラムのためのプログラム従属性解析ツールについて、概要と特徴を述べる。

2 システム従属ネット

プログラムの各文間に暗黙的に存在する従属性をプログラム従属性と呼ぶ。手続き型の逐次型プログラムに存在する制御従属性、データ従属性の他に、並行型プログラムには、選択従属性、同期従属性、通信従属性が存在する。

制御従属性とは、逐次的な制御流れの分岐によって発生する従属性である。ある条件文 v によって実行されるかどうか左右される命令文 u は、その条件文 v に制御従属している、と呼ぶ。

データ従属性とは、逐次的なデータの流れによって発生する従属性である。命令文 v によって定義されている変数が、命令文 u での計算に影響を与えるとき、 u は v にデータ従属している、と呼ぶ。

選択従属性とは、他のタスクによって分岐が左右される、非決定的選択命令に関する従属性である。他のタスクによって分岐が左右される選択文 v によって実行されるかどうか左右される命令文 u は、その条件文 v に選択従属している、と呼ぶ。

同期従属性とは、タスク間の同期に関する従属性である。命令文 v の実行開始や終了によって、別のタスクの命令文 u の実行開始や終了が影響を受けるとき、 u は v に同期従属している、と呼ぶ。

通信従属性とは、タスク間通信に関する従属性である。命令文 v によって定義されている変数が、 v を実行する可能性のあるタスクとは別のタスクによって実行される可能性のある命令文 u での計算に影響を与えるとき、 u は v に通信従属している、と呼ぶ。

Ada プログラムにおけるこれらのプログラム従属性を明示するモデルとして、タスク従属ネット [2] がある。これは、複数のタスクを含んだ単一の手続き内に存在するプログラム従属性を明示するモデルである。これを拡張した、複数の手続きを含んだプログラム内に存在するプログラム従属性を明示するモデルとして、システム従属ネットがある。これは、並行プログラムにおける制御従属性・データ従属性・選択従属性・同期従属性・通信従属性を明示した有向グラフであるが、呼び出し関係や、引数の受け渡し関係もまた明示されている。

```

1: with Ada.Text_IO;
2: procedure Sample is
3:
4:   protected Counter is
5:     procedure Add(X : in Integer);
6:     function Refer return Integer;
7:   private
8:     Value : Integer := 0;
9:     end Counter;
10:
11:   protected body Counter is
12:     procedure Add(X : in Integer) is
13:     begin
14:       Value := Value + X;
15:     end Add;
16:     function Refer return Integer is
17:     begin
18:       return Value;
19:     end Refer;
20:   end Counter;
21:
22:   task Monitor is
23:     entry Exec;
24:   end Monitor;
25:   task body Monitor is
26:   begin
27:     loop
28:       select
29:         accept Exec;
30:           Ada.Text_IO.Put_Line(Integer'Image(Counter.Refer));
31:         exit;
32:       or
33:         delay 0.1;
34:       end select;
35:     end loop;
36:   end Monitor;
37:
38: begin
39:   for I in 1..1000 loop
40:     Counter.Add(Integer(I));
41:   end loop;
42:   Monitor.Exec;
43: end Sample;

```

図1 Ada 95 プログラム例

A System Dependence Net Generator for Ada 95 Programs.

Yusuke Nonaka, Jingde Cheng, and Kazuo Ushijima

Graduate School of Information Science and Electrical Engineering, Kyushu University

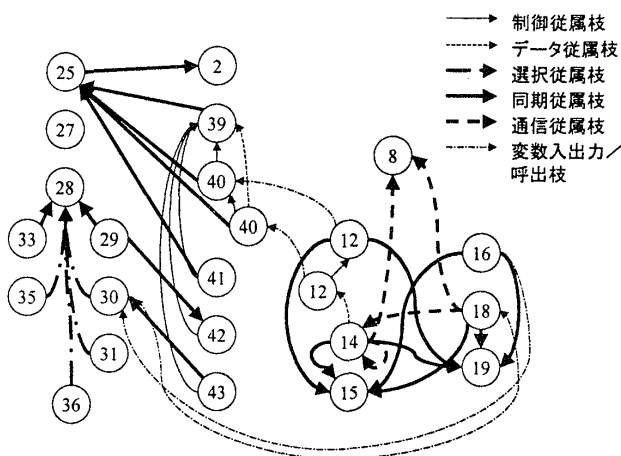


図2 システム従属ネット

図1に示したプログラム例に対応するシステム従属ネットの例を、図2に示す。

3 Ada 95 プログラムからの自動生成

システム従属ネットは、特定の言語に依存しない表現である。特定の言語に依存しないプログラム表現として、定義使用ネット [1] がある。これは、対象プログラムにおける各命令間の制御の流れ、変数の定義・使用、各タスク間の同期といった情報を含んだ有向グラフであり、システム従属ネットを求めるのに必要な情報を含んでいる。

定義使用ネットからシステム従属ネットを求めるツールは、特定の言語に依存しないものを用意することができる。さらに、ある言語のプログラムを入力として、定義使用ネットを出力するツールを用意することによって、その言語のシステム従属ネット生成ツールが機能する。

Ada 95 プログラムを対象とした定義使用ネット生成ツールは、ソースプログラムを入力とし、言語に依存しない定義使用ネットを生成する。従来のタスク従属ネットに対して、対象プログラムの範囲を複数手続きを含むプログラムへと広げたことによって、新たに定義使用ネットとの対応を明らかにする必要がある構文がいくつか存在する。

そのような構文の一つが、Ada 95 への改訂によって新たに追加された並行処理機構である、プロテクト付型オブジェクトである。あるプロテクト付型には、保護されたデータ群と、それらに対する操作を行う関数・手続き・エントリ本体の集合が含まれている。関数・手続き・エントリ本体は、複数のタスクにより呼び出されたとしても、データ保護のための排他制御によって、同時に高々1つしか実行されない。あるタスクが呼び出した関数・手続き・エントリ本体の開始は、他のタスクの実行に左右されるため、同期従属性が存在する。また、保護されたデータを介したタスク間通信を行うことが可能である

ため、保護されたデータの定義・使用の間には通信従属性が存在する。あるプロテクト付型オブジェクトに含まれる保護されたデータは、そのデータが可視である関数手続き・エントリ本体に対して大域変数である。プロテクト付型オブジェクトに関しては、排他制御のため、各関数・手続き・エントリ本体の、開始節点から到達可能な参照命令と、終了節点に到達可能な定義命令、または変数の宣言文との間のみ通信従属関係が存在する。

4 ツールの実装

Ada 95 の文法、意味論は非常に複雑であり、ソースコードの字句解析・構文解析・意味解析を、ソースプログラムを入力とするツール自身が行うことは莫大な手間がかかり、誤りも発生しやすい。そこで、定義使用ネット生成ツールの実装は、ASIS(Ada Semantic Interface Specification) [3] を用いて行った。これにより、Ada コンパイラの生成した中間表現から、統一された抽象度の高いインタフェースを用いて、ソースプログラムからの定義使用ネット生成のために十分な情報を得ることができる。

5 おわりに

本論文では、我々が開発している、Ada 95 プログラムからシステム従属ネットの自動生成を行うツールの概要と特徴を述べた。今後は、未対応構文への対応を進める。また、システム従属ネットを用いて応用ソフトウェアの開発を行う。

参考文献

- [1] Cheng, J. : Nondeterministic Parallel Control-Flow / Definition-Use Nets and Their Applications, in G. R. Joubert, D. Trystram, F. J. Pters, and D. J. Evans(Eds.), "Parallel Computing: Trends and Applications," Elsevier Science Publishers B. V. (North-Holland), June (1994) 589-592
- [2] Cheng, J. : Task Dependence Nets for Concurrent Systems with Ada 95 and Its Application, Proc. 1997 ACM TRI-Ada International Conference (1997) 67-78
- [3] Colket, C. et al. : Architecture of ASIS: A tool to Support Code Analysis of Complex Systems, ACM Ada Letters, Volume XVII, No. 1 (1997) 35-40
- [4] International Organization for Standardization : Information Technology - Programming Language - Ada, ISO/IEC 8652:1995(E) (1995)