

プロブレムフレームに基づくコントローラ生成の制約条件

紫合 治, 市川 杏子

アブストラクト

環境の知識をプロブレムフレームのドメインと要求とし, 要求を安定状態と入力イベントと別ドメインの状態の関係で表すことで, 要求を満たす仕様(コントローラ)を生成する方式について述べる.

Constraints for the Controller Synthesis in Problem Frames

Osamu Shigo and Kyoko Ichikawa

Abstract

A controller synthesis method based on the problem frames with stable states and the relationship between an input event and a deferent domain state to generate the required controller is described.

1. はじめに

組込みシステムでは環境(センサーやアクチュエータなど)の性質を事前に正しく認識し, その性質に沿った適切な環境の制御が重要である. コントローラ生成[1]は時相論理で書かれた環境の性質から, 適切な制御を自動的に生成する方法である. ここでは, プロブレムフレーム[2]の概念を用いて, 環境の性質をドメイン内とドメイン間のイベントや状態の簡単な関係で表してコントローラ生成を行う方式について述べる.

2. コントローラ生成とプロブレムフレーム

組込みシステムでは, センサーの値に対してアクチュエータにどの様な命令を送るかを規定するコントローラの仕様を定めることが要求分析・基本設計の中心的な課題となる. コントローラはセンサーやアクチュエータとイベントのやり取りによって制御するので, コントローラ仕様とは, 環境のイベントに対する振舞いの規定となる. イベントの振舞いは, イベントをラベルとした LTS(Labeled Transition System)で表すことができる. 環境のイベントに対する条件を与え, その条件を満たす LTS を生成することをコントローラ生成という. Uchitelら[1]はシナリオによる最低限の条件と, イベントによって決められた状態を使った線形時相論理(LTL)による最大限の条件からコントローラを徐々に生成する方式を述べている.

環境の性質(ドメインプロパティ)とそれらに対する要求から, 環境を制御するマシンの仕様を求める方式としてプロブレムフレーム[2]がある. そこでは, イベントや状

態を現象(phenomena)と呼び, 環境のイベントに対する条件を, 環境そのものの性質であるドメインプロパティ(各ドメイン内の現象の規定)と, ドメイン間の振舞いを示す要求によって規定する.

3. 安定状態と優先イベント規定

我々はプロブレムフレームの概念に基づいたコントローラ生成として, プロブレムフレームの要求を「安定状態」で規定することによりマシンの仕様を生成する方式を提案した[3]. 安定状態とは入力イベントを待っている状態で, その時のドメインの状態の組み合わせを規定する. 提案では, ジャクソン法(JSP)での入出力データ構造の対応からプログラム構造を作る方式に対応させ, 各ドメインの状態の対応から, すべてのドメインの LTS を合成した形で仕様の LTS を生成する.

安定状態から次の安定状態に至る途中で不安定状態(一過性状態)を経るが, 不安定状態まで考慮すると, コントローラが出力イベント(アクチュエータへの命令等)を出す順序が問題になる. 我々は, さらに出力イベントの優先規定を追加することにより, 不安定状態も含めたコントローラ生成が可能になることを示した[4].

以上の先行研究をまとめると, コントローラ生成に於ける環境のイベントの条件を次の 3 種類の規定によって表すことになる.

- ① ドメインのイベントと状態をドメインプロパティとして LTS で規定する(ドメイン内イベント・状態規定)
- ② 安定状態として, 同時に成立するドメインの状態の組合せを規定する(ドメイン間状態規定)
- ③ 不安定状態での優先すべき出力イベントを規定する(ドメイン間出力イベント規定)

問題が比較的簡単な場合は以上の規定で一意にコントローラが生成できることが多い[4]が, 複雑になると,

†東京電機大学 情報環境学部
School of Information Environment, Tokyo Denki University

これらの条件だけでは規制できない不要な遷移を含むコントローラが生成されてしまうことが多い。以下に、更なる条件を追加して、これらの不要な遷移を排除する方式について検討する。

4. ドメイン間のイベント・状態規定

プロブレムフレームで組込みシステムのモデルによく合う振舞いフレームでは、マシンとドメイン間の仕様現象とドメインと要求間の要求現象を扱うが、多くの場合、仕様現象はイベント、要求現象は状態となる[3]。つまり、安定状態の規定は、要求現象であるドメイン状態に対する規定として適切と考える。一方、「要求される振舞いフレーム」では、オペレータドメインが現れ、要求現象としてはさらにオペレータのイベント(マシンの入力イベント)が追加される(図 1)。図で、要求はオペレータのイベントにより機器の状態がどうなるかを規定する。

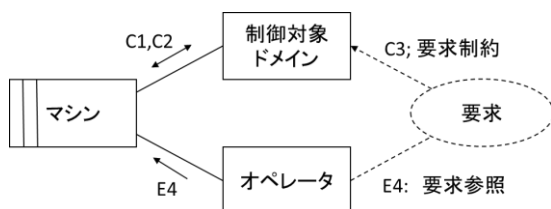


図 1. 要求される振舞いフレーム

これまでの安定状態規定は要求参照である入力イベントを明示的には規定していない。また、優先イベント規定は出力イベントの優先度を規定するものであって入力イベントに対するものではない。そこで、要求の規定として、新たに、入力イベントとドメイン状態の関係を追加する。但し、ドメイン内の入力イベントと状態の関係はドメインプロパティで規定されており、ここでは異なるドメイン間の入力イベントとドメイン状態を規定する。この規定は、以下の 2 種類がある。

- ① 安定状態においてある入力イベントが発生した場合、別のドメインは次の安定状態では必ず規定された状態になっていなければならない。
- ② 安定状態においてあるドメインがある状態になる場合は常に、直前に別のドメインの規定された入力イベントが発生していなければならない。

例えば、キャンセルイベントが発生した場合は、カードが排出されカード口は受取り待ち状態になること(①)や、逆にカードが受け取り状態になるのは、事前にキャンセルかエラー、または終了イベントが発生すること(②)などの規定を行う。これらは、多くのドメインからなる複雑なシステムの場合、関係する少しのドメインのみを検討すればよいので、システム全体を考慮することなく比較的理解しやすい。

5. ケーススタディ

ATM システムをモデルとして要求分析を試みた。システムは一般的な ATM 端末を簡易化したモデルで、ドメインとしては、カード挿入口、紙幣入出装置、テンキー、指令ボタン、キャンセルボタン、銀行の 6 つがあり、カードは 4 状態 5 イベント(2 入 3 出)、紙幣は 6 状態 6 イベント(3 入 3 出)、テンキーは 3 状態 4 イベント(1 入 3 出)、指令ボタンは 8 状態 10 イベント(5 入 5 出)、キャンセルボタンは 2 状態 3 イベント(1 入 2 出)、銀行は 11 状態 16 イベント(7 入 9 出)で、安定状態は 15 であった。この状態でコントローラ生成を行うと、63 個の遷移が生成されたが、そのうち必要な遷移は 32 個であった(31 個が不要)。これに対して、6 つのイベント状態条件を追加したところ、必要な遷移をすべて含み 36 個の遷移が生成された(不要な遷移は 4 個)。イベント・状態条件は、

- 銀行の認証 OK→ボタンは処理選択状態
 - キャンセル→カード取出し待ち(カード排出)
 - 銀行の出金 OK→紙幣口は取出し待ち
 - 紙幣口で入金額検出→銀行は入金処理
- など、問題の ATM についての常識があれば比較的容易に発案できるものであった。

ここで排除できなかった遷移については、詳細に検討して新たな条件を追加することで排除することも可能である。

6. おわりに

先行研究である安定状態と優先イベント規定からのコントローラ生成[4]を進め、ドメイン間の入力イベントと状態の関係の条件を加えることで、より正確に求めるコントローラが生成できることを述べた。我々は提案方式を実践するための支援システムを開発中である。システムの詳細については別に報告したい。今後の課題として、より実的な問題に対して、提案方式の有効性を確認する必要がある。

参考文献

- [1] Uchitel, S. et.al: Synthesis of Partial Behavior Models from Properties and Scenarios, IEEE Tran on SE, V.35, I.3, 2009.
- [2] Jackson, M.: Problem Frames: Analyzing and Structuring Software Development Problems, Addison-Wesley Publishing Company (2001).
- [3] 紫合治: ジャクソン法 (JSP) による状態遷移設計, 情報処理学会論文誌, Vol.50, No.12, (2009)
- [4] 紫合治: 安定状態と優先イベント規定によるコントローラ生成, 情報処理学会論文誌, Vol.56, No.2, (2015)