

## モデル駆動開発によるシステム性能評価手法の提案

市原 利浩, 田村 直樹, 磯田 誠†

三菱電機 (株) 情報技術総合研究所‡

## 1. はじめに

組込み制御システムの高度化・複雑化が進む中、システムに対する機能要求を S/W と H/W に適切に割り当て、性能要求の実現性を開発の早い段階で評価することが重要となっている。しかし、設計段階での性能評価技術が未成熟のため、不十分な性能評価を基に実装を進め、システム試験で初めて性能が問題となり、大規模な改修を加えることも多い。我々は、モデル駆動開発 (Model Driven Development : 以下、MDD) により仕様モデルから性能評価を行うことで、システム設計と性能評価を反復的に実施する組込み設計手法を検討している。本稿では、この MDD 技法を利用した性能評価手法について、我々のアプローチとその試行の結果を報告する。

## 2. 我々の性能評価のアプローチ

## 2.1. 性能評価の考え方

システムの性能要求は、入力に対応した出力を得るまでの遅延と、一定時間の中での処理能力 (スループット) の 2 つの要求から構成される。このうち遅延は、システムが提供する機能に対応した処理を実行する中で、以下の 2 つが主要な構成要素となる。

- ・システムの各構成要素に割り当てられた処理を実行するために消費される時間
- ・システムの構成要素間で情報を受け渡すための同期や、リソース競合を避けるためのロックなどによって発生する処理待ちの時間

そこで、我々は、ある機能を実行する際に生じる遅延時間をこれらの要素に分割し、組込みシステムの動作モデル上にマッピングして実行・評価するアプローチを採用した。これにより、システム方式設

計の早い段階で、システムの中で待ち時間が発生する箇所 (ボトルネック) を特定し、性能問題を解決することを狙う。

## 2.2. SysML によるモデリング

我々は MDD で使用するモデル言語として SysML を採用した。SysML は、業界標準団体の OMG (Object Management Group) が策定したシステムの仕様記述言語であり、UML の拡張プロファイルとして提供される。特徴として、H/W を含めたシステム構成要素の階層構造が表現可能なこと、システムの動作を構成要素間のやり取りでモデル化できることがあげられる。

## 2.3. 性能評価手順の定義

MDD を利用した性能評価の利点は、大雑把な分析モデルからモデルを直接動作させ、仕様の妥当性を確認できる点にある。この特徴を活かし、本手法の性能評価では次の手順により実施することを想定している。

- (1) システムの構成をオブジェクトモデル、各構成要素の振舞いを状態遷移モデルで定義する。
- (2) 上記(1)の個々の状態に、処理時間と処理待ちを割り当てる。各ブロック間の連携は、イベントの受け渡しによって行う。
- (3) モデル駆動により、上記(1)(2)で定義したモデルから性能評価環境を作成・実行し、システム応答時間などの性能要求の実現性を評価する。

## 3. シーケンサネットワークへの適用事例

今回、制御システムとして、シーケンサネットワークを事例に、本手法を試行した。なお、MDD 環境として、市販の MDD ツールを使用した。

## 3.1. オブジェクトモデルの作成

シーケンサは、筐体の上に電源、CPU、I/O 機器、ネットワークなどのユニットがあり、それぞれがバスによって繋がって構成される。伝送遅延のモデル

---

Performance Engineering Using Model Driven Development

† Toshihiro Ichihara, Naoki Tamura, Makoto Isoda

‡ Information Technology R&D Center, Mitsubishi Electric Corporation

化に必要な実際のシーケンサの数などネットワーク構成に合わせ、CPUユニット、ネットワークユニット及びコントローラネットワークをブロック定義図（オブジェクトモデル）として記述する。図1は、2つのシーケンサ（CPUユニットとネットワークユニット）をコントローラネットワークで繋げたオブジェクトモデルである。

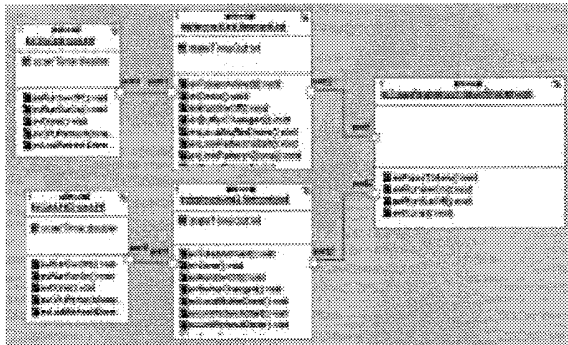


図1：オブジェクトモデル

### 3.2. 状態遷移モデルの作成

3.1節で記述したブロック図で、独立して動作する各オブジェクトに、それぞれの内部動作を定義する状態マシン図を設定する。図2にネットワークユニットの状態遷移モデルを示す。状態遷移モデルの各状態のアクションには、状態に対応した処理実行時間の計算式や定数値として時間を記述する。この記述は、各状態を実行するごとに積算していくように記述する。また、状態遷移のアクションで、イベントの受け渡しを記述することで、独立して動作する各オブジェクトを連動して動作するようにモデルを作成する。

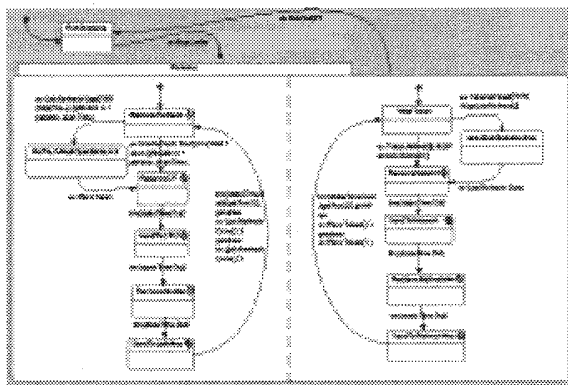


図2：状態遷移モデル

### 3.3. 性能評価の実行

3.1節 3.2節の手順にてオブジェクトモデル及び状態遷移モデルを作成し、モデル全体を実行することにより、シーケンサ間の伝送遅延の性能評価が可能となる。

### 4. 性能評価手法の評価

通常、シミュレーションを行おうとした場合、独立した性能モデルを作成する必要があるが、我々が提案する手法は、設計時に作成するモデルを利用するため、開発の中で設計者に大きな負荷をかけずに評価することが可能である。また、性能評価の結果をフィードバックする際、設計時に使用するモデルをそのまま修正するため、手順に則った修正が可能である。しかし、状態遷移モデルから性能評価環境を作成するため、定義した状態遷移モデルが妥当であることを前提としている。そのため、モデルの妥当性の検証を設計段階で行う必要がある。

### 5. まとめ

SysMLによる組込みシステムの状態遷移モデルとMDDツールを利用して、性能評価環境を作成・実行し、システム設計段階から性能要求の実現可能性を評価する方法を提案した。この性能評価結果のフィードバックを繰り返すことで、最終テスト段階で性能チューニングによる手戻り作業を抑止できると考えている。

今回は伝送遅延について本手法の評価を行ったが、今後はシステム全体のスループットについても本手法の評価を行う予定である。

### 参考文献

- [1] *MDA Guide Version 1.0.1*, OMG omg/2003-06-01, June 2003.
- [2] David S. Frankel, *MDA™ モデル駆動アーキテクチャ*, エスアイビー・アクセス, 2003.
- [3] *OMG Systems Modeling Language (OMG SysML™) V1.0*, OMG formal/2007-09-01, OMG, September 2007