

システム制御ソフトウェア 品質向上のための網羅的自 動テスト法の開発

金井 理 [北海道大学大学院工学研究科/助教授]

戸村 豊明 [旭川工業高等専門学校制御情報工学科/助手]

上広 清 [(株)モトローラ/技術担当次長]

背景・目的

ソフトウェアのテストは、開発工数の半数以上を占めると言われ、テスト工程の効率化が、今後のソフトウェア生産性向上と品質向上の鍵となっている。特に、携帯電話・情報家電・OA機器・FA装置などの内部に組み込まれ、機器を制御する組み込みソフトウェアは、開発需要も高く、機器の多機能化に伴いコードが大規模化・複雑化しているため、テスト工程の効率化が急務となっている。

そこで本研究は、オブジェクト指向開発方法論で標準化され、また組み込みソフトウェアの挙動仕様の記述手法としても普及しつつある拡張型有限状態機械のStatechartsにより挙動が仕様記述されたシステム制御ソフトウェアを対象に、ソフトウェアの実装コードのテストを自動的かつ網羅的に実施する手法、ならびにそのための支援ツールを開発し、制御ソフトウェアの開発効率化と品質向上を図ることを目的とする。

内容・方法

- (1) Statechartsで記述されたシステム制御ソフトウェアの動的挙動仕様から、テストが可能なクラスの有限状態機械へ等価に変換する手法、ならびに変換後の有限状態機械に対し、その状態遷移構造(状態の存在、遷移の存在)を網羅的にテスト可能な入力系列と基準出力系列からなるテスト系列生成手法、さらに生成されたテスト系列を用いた実装コードのテスト実施手法を開発する。
- (2) インターロック条件等の実現に必要な不可欠となる、ガード付遷移をもつStatechartsのガード論理式構造を網羅的にテスト可能なテストデータ生成手法、さらにこのテストデータを用いたガード論理式のテストを(1)の状態遷移構造のテストと同時に実施可能なテスト実施手法を開発する。
- (3) (1)(2)の手法を利用した自動テスト系列生成・自動テストデータ生成ツール、ならびにテスト自動化テストデータを、テスト対象実装コードに自動的に与え、ガード付Statecharts仕様と実装コード間の適合性を判定可能なテスト実施自動化ツールを開発する。
- (4) 開発したテストデータ生成手法および自動化ツールを用いて、具体的な組み込み制御ソフトウェアを対象とした自動テストを実施し、ソフトウェア開発工程の効率化の観点からその有効性を評価する。

結果・成果

- (1) 階層状態を含むStatechartsで記述されたシステム制御ソフトウェアの挙動仕様から、Statecharts内の並行サブ状態合成によるCompositeStateの消去、ならびに直列サブ状態の遷移付け替えによる階層状態の消去、さらに強連結条件と完全定義条件を満足させるための状態遷移の

付加により、仕様として与えられたStatechartsと論理的に等価な外部挙動をもち、かつ階層状態を含まずテスト系列が生成可能なクラスの有限状態機械への自動変換手法を提案した。さらに、この有限状態機械の仕様に対して、テスト系列長が短く、かつテスト系列の存在保証性をもったSW法を適用することで、実装コードの状態遷移構造をテスト可能な、入力系列と基準出力系列の組合せからなるテスト系列を網羅的に生成可能なアルゴリズムを提案した。また、本アルゴリズムを利用したテスト実施手順により、実装コード内における、状態の過不足、遷移の過不足、遷移の出力誤りといった実装誤りを、検出可能であることを例題により確認した。

- (2) ガード付遷移を含むStatecharts内の、ガード論理式に対するテスト法として、網羅的にテストが可能なAll-Variant法、および効率的にテストが可能なBDD法により、ガードテストデータを網羅的に生成可能なアルゴリズムを提案した。また、このガード論理式テストの実施を、(1)のSW法を用いた状態遷移構造のテスト実施と同時に進める、効率的なテスト系列生成法とテスト実施手順を提案した。また提案するガード論理式テスト法を利用することにより、実装コード内におけるガード論理式内の素論理式実装誤り、および論理演算子実装誤りを検出可能であることを、例題により確認した。
- (3) 上記の状態遷移構造に対するテスト系列生成手法とテスト実施法、およびガード論理式に対するテストデータ生成手法とテスト実施法を、Java言語で開発したテストデータ生成手法、およびテスト実施ツールに組み込み、Java言語で開発されたシステム制御ソフトウェアの実装コードに対する自動テストが可能なプロトタイプツールを開発した。
- (4) 本テスト手法とツールを、共同研究先企業において、フィールドバスを用いたエアコン制御ソフトウェアの分散制御ソフトウェア用コードのテスト作業へ適用した。その結果、従来手作業によるテスト系列生成やテスト実施に約9日間を要していたテスト作業が、本手法の適用により約1日間で完了できることが判った。また、実際にこのテスト作業を実施した実装コードを、エアコン制御ソフトウェアへ利用し、機能的に支障なく動作することが判った。これにより、本手法およびツールが、制御ソフトウェアの開発効率化と品質向上にとって有効であることが確認された。

以上の研究成果について、国際会議1回(IEEE/ISORC)、および国内学術講演会5回(情報処理学会、精密工学会、日本機械学会)にて成果発表した。

今後の展望

今後、本テスト手法を実用化するための課題として、下記が挙げられる。

- (1) UMLCaseツール(Rose、Visio等)と、本テスト系列自動生成ツールとの連携による、Statechart仕様データ記述作業の効率化
- (2) ガード内素論理式の真・偽値の自動設定機能の開発
- (3) テスト結果に基づいた、ソースコード内実装誤り候補個所の自動特定機能の開発
- (4) 状態遷移のガード条件に、実時間制約が含まれる場合のテスト系列生成ならびにテスト実施手法の開発
- (5) より複雑な状態遷移をもつ様々な製品の制御ソフトウェアテストへの適用