

設備機器の網羅的な通信試験におけるモデル検査の活用  
Utilization of Model Checking in Software Test of Equipment System

中野 裕梨†  
Yuri Nakano

黒岩 丈瑠†  
Takeru Kuroiwa

青山 裕介‡  
Yusuke Aoyama

久代 紀之‡  
Noriyuki Kushiro

## 1. 序論

近年、競争的に事業を推進するため、組み込みシステムの開発においてもグローバルかつスピーディーな製品展開が要求されることが多い。このような要求に対する開発効率化策として、効率的に組み込みソフトウェアの試験を実現する自動試験環境が構築されつつある。組み込みソフトウェア試験の効率化策の一つとして、通信試験の自動化が挙げられる。

しかしながら、通信は理論上無限通りの組み合わせがあり、網羅的な通信試験の実現は著しく困難であるといった課題がある。本研究では、空調や照明を始めとする設備機器システムの通信試験における前述の課題解決のためにモデル検査技術を活用し、通信試験項目を自動生成する技術について述べる。

## 2. 背景

### 2.1 設備機器システムの通信試験

設備機器システムにおいて、設備機器は互いにネットワークで繋がり、相互の情報やり取りするように構築されている。設備機器は機種ごとに各々の開発サイクルを持ち、設備機器システム全体が一度にアップデートされることはない。このため、新機種を設備機器システムのネットワークに組み込む際、既存機種と新機種の間で通信仕様の齟齬がないかを確認する目的で、通信試験を実施する。

このような設備機器システム的具体例としては、空調機器システムがある(図1)。

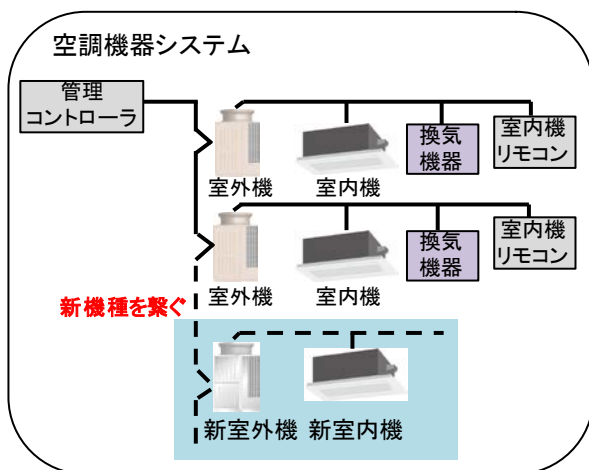


図1. 空調機器システムの構成

### 2.2 通信試験の課題

設備機器システムの通信試験の課題として、通信処理は無限通りの組み合わせがあるため、その組み合わせを人手で抽出し、通信試験項目に落とし込むことは著しく困難であることが挙げられる。この課題の解決策の一つとして、設備機器システムの通信試験項目の自動生成が挙げられる。

本研究では、設備機器システムの通信試験項目の自動生成を実現するため、設備機器システムの通信仕様をモデル化し、2.3節で述べるモデル検査技術を通信試験に適用する。

この課題の解決により、設備機器システムの通信試験において下記二点の有益な改善が見込めると考える。

- 通信試験項目作成の効率化
- 人手では抽出し切れなかった通信試験項目実施による設備機器システムの品質向上

### 2.3 モデル検査技術

モデル検査技術とは、システムをアルゴリズム的に検証する技術である。モデル検査技術におけるシステムの解析手法の一例として到達性解析がある。到達性解析とは、処理と処理を結んだ経路を網羅的に探索する手法である(図2)。

設備機器システムにおける設備機器間の通信では、通信コマンドの送受信順序にばらつきがある。よって、送受信順序を網羅するだけでも、取りうる通信処理の経路が膨大になるため、従来は通信試験項目抽出に多大なコストを要していた。

しかしながら、モデル検査技術を用いることで通信処理の経路を解析できるので、通信コマンドの送受信順序のばらつきによる通信処理経路の違いも容易に自動抽出することが可能となる。そのため、本研究ではモデル検査技術を通信試験項目の自動抽出に利用する。

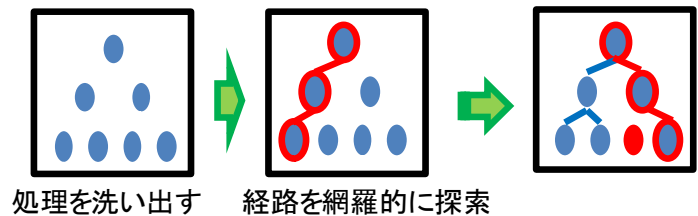


図2. 到達性解析

### 2.4 モデル検査技術を用いた通信試験ツール

モデル検査技術を用いるには、検査したい通信をモデル検査言語で記述する。本研究では、モデル検査言語(PROMELA)を利用し設備機器システムの通信試験を記述することで、設備機器システムの通信試験の可否を項目ごとに出力する通信試験ツールを作成する。

† 三菱電機株式会社, Mitsubishi Electric Corporation

‡ 九州工業大学, Kyushu Institute of Technology

通信試験ツールの構成を図 3 に示す。通信試験ツールは、“プリプロセッサ部”と“検査部”から構成される。

プリプロセッサ部は、通信に関わる通信仕様モデルと、構成に関わる試験構成を入力すると、通信試験が記述された試験ケースを出力する。以下に、通信仕様モデル、試験構成、試験ケースに記載される内容を示す。

- 通信仕様モデル

試験対象の設備機器の通信に関わる項目（通信順序、通信コマンド、通信コマンドの送信元と送信先の機種情報、通信周期）を PROMELA で記述したファイル。

- 試験構成

試験対象の設備機器の通信の構成に関わる項目（試験機と被試験機、試験機と被試験機の台数、機種情報、設備機器同士の接続情報、通し番号）を XML で記述したファイル。

- 試験ケース

設備機器の通信試験を表現するために、通信仕様モデルと試験構成を組み合わせる検査部が読み込めるよう PROMELA で記述したファイル。

検査部は、プリプロセッサ部から出力した試験ケースを入力すると、モデル検査技術を用いたモデル検査部で自動的に網羅的に通信経路を抽出し通信試験を実施するとともに、試験ケースに書かれている項目ごとの合否を出力する。

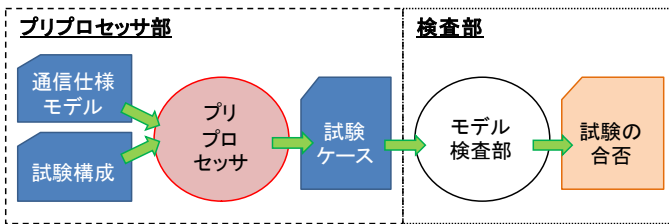


図 3. 通信試験ツール

### 3. 試作評価・考察

#### 3.1 通信試験ツールの試作評価

本論文では、空調機器システムにおける通信試験ツールの試作評価について記載する。ここでは、試験機は通信試験ツールが模擬する仮想的な設備機器であり、被試験機は設備機器の実機である。また、対象とした通信試験は下記の通り。

- 通信試験の内容

- 通信シーケンスが図 4 に示すもの。
- 試験機（空調機リモコン模擬）1 台に対し、被試験機（室内機実機）1 台とする。

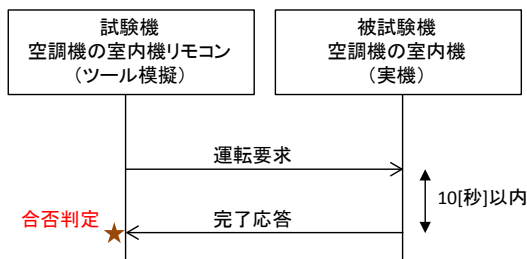


図 4. 通信シーケンス

具体的には、空調機リモコンと室内機の通信シーケンスが書かれた通信仕様モデル（PROMELA）と、空調機リモコンを試験機、室内機を被試験機とした試験構成（XML）を入力すると、図 4 に示したシーケンス通りの通信試験を記述した試験ケース（PROMELA）を出力する処理を実行するプリプロセッサを試作し、モデル検査技術を利用したモデル検査部に入力することで評価を行った。評価の際に通信試験ツールと実機を接続した通信試験構成を図 5 に示す。

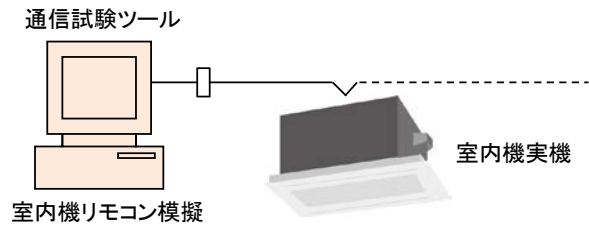


図 5. 通信試験構成

#### 3.2 考察

前節で出力した試験ケースを通信試験ツールの検査部に入力したところ、通信試験の合否判定について想定通りの結果が得られた。具体的には、図 4 のシーケンスで示した通り、試験機である空調機リモコン（ツール模擬）から被試験機である室内機（実機）に送信した運転要求の通信コマンドに対し、室内機は完了応答のコマンドを返答し、検査部から合格を出力することにより、通信試験ツールと室内機実機の間で想定した通信が行われ、通信試験が実行された。

これにより、本論文で対象とした試験条件下での空調機器システムの自動通信試験が実現可能であることを確認した。また、試作したプリプロセッサ部では、本論文で対象とした試験条件下での通信仕様モデルと試験構成を入力することで、対応するパターンの通信試験ケースを出力することの確認が取れた。

#### 4. まとめ

設備機器システムの通信は論理上無限通りの組み合わせがあり、網羅的な通信試験の実現は著しく困難であるという課題がある。

上記課題の解決策として、本研究では、網羅的な通信試験実現のため、モデル検査技術を活用した設備機器システムの通信試験ツールを提案した。この通信試験ツールの実現により、設備機器システムの通信試験における通信試験項目作成の効率化及び人手では抽出し切れなかった通信試験項目実施による設備機器システムの品質向上が見込まれる。

その中で、本論文では通信試験ツールの試作を行い、これにより、設備機器システムにおける自動通信試験が実現可能であることを確認した。今後は、試験機对被試験機が複数対複数の試作検討を行い、ツールの機能拡充を進めていく。

#### 参考文献

- [1] 中島 震 (2008) 『SPIN モデル検査 検証モデリング技法』 pp.238 近代科学社。