

7L-6

通信プロトコル試験系列生成手法
に関する一考察

佐藤 文明 勝山 光太郎 水野 忠則
三菱電機(株) 情報電子研究所

1. はじめに

通信システムの試験では、通常は仕様から抽出された試験系列が用いられる。試験系列は、従来人手によって抽出されてきたが、試験の信頼性やコストの点から自動的に生成する方法が研究されてきた[1]。

SW法[2]もその一つであるが、試験系列の生成アルゴリズムの特徴として、試験系列が多くの部分系列に分割され、同じ性質の系列が多く存在する特性を持つ。そして、その系列長は、SW法が採用している状態判定のための系列である特性集合W[3]の要素系列数に依存していることが明らかとなっている。本稿では、この特性集合の生成方式を要素系列数なるべく少なく生成することにより、SW法の試験系列をよりコンパクトにするための生成アルゴリズムについて報告する。

2. SW法による試験系列生成

SW法は、有限状態機械モデルに基づいて試験系列を生成する手法であり、状態の識別をその出力系列から行なうための特別な入力系列の集合" $W (= \{X_1, \dots, X_w\})$ "を用いている。SW法によって生成される系列は、状態存在判定のための系列(Ls系列)、状態遷移判定のための系列(Lt系列)に分かれる。

Ls系列では、各状態に対してW集合を2回与える系列を使っている。はじめのWは状態の存在を確認する系列であり、後のWは、はじめのW集合を与えた後の状態を確認しておくための系列である。この系列の部分系列の例は、次のようになる。

$$\begin{array}{l}
 X_1 \quad X_1 \quad \text{リセット} \\
 S_1 \rightarrow S_2 \rightarrow S_3 \cdots \rightarrow S_1 \\
 (\text{但し } S_1, \dots, S_m \in S : \text{状態,} \\
 \text{" } \rightarrow \text{" : 状態遷移)}
 \end{array}$$

ここで、リセット系列("リセット"と記述)は、現在の状態から次の試験対象状態へ遷移させるための付加的な系列である。

Lt系列では、各状態に対して状態遷移を1回させるための1つの入力を与え、その後にW集合を与える系列となっている。この系列の部分系列の例は、次のようになる。

$$\begin{array}{l}
 i_1 \quad X_1 \quad \text{リセット} \\
 S_1 \rightarrow S_2 \rightarrow S_3 \cdots \rightarrow S_1 \\
 (i_1, \dots, i_n \in I : \text{入力})
 \end{array}$$

Lt系列は、要素系列 $X_k \in W$ を与えた後の状態がLsの系列によって確認されていることを利用して、リセット系列が含まれないように連結することができる。

SWの系列長の上限值は、次のようになる。

$$L_{sw} = 2mwv + mw^2(m-1) + m(nw + nv) + mnw(m-1) \quad (1)$$

ここで、 m, n, w, v はそれぞれ状態数、入力数、W集合の要素数、W集合の系列長の総和である。

3. 従来W集合生成手法

従来、特性集合Wは、有限状態機械のk次等価分割を行っていく過程から求めていた。その結果、Wの要素系列の上限值は、 $m-1$ となり、その要素系列の長さの上限值も $m-1$ である。また、特性集合の系列長の総和の上限值は $m(m-1)/2$ となる。

4. 新しいW集合生成方式

ここでは、判定系列[4]の導出過程を応用して、特性集合を求める手順を示す。

4.1 判定系列

判定系列は、特性集合とは異なり、1本の系列で状態を識別することができる。その生成方式は、判定木を構成することで求める。

以下に、状態遷移表Mとその判定木の例を示す。

表6 Mの状態遷移表

| S \ I | f | | g | |
|-------|----|----|----|----|
| | i0 | i1 | i0 | i1 |
| s1 | o1 | o0 | s5 | s4 |
| s2 | o1 | o0 | s1 | s4 |
| s3 | o1 | o1 | s2 | s2 |
| s4 | o0 | o1 | s2 | s1 |
| s5 | o0 | o1 | s3 | s3 |

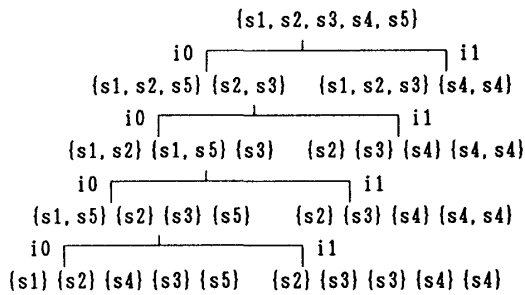


図1 Mの判定木

判定木の分岐の停止条件としては、
 (1) 同じレベルかそれより上のレベルのノードに自分と同じパターンが存在する。
 (2) 1つのノードの1つのブロック内に同じ状態が存在する。
 (3) 各ブロックが個々の状態にまで分割された。が規定されている。ここで、(2)の条件は、そのノード以下はどれだけ分岐を続けても状態を完全に分離することができないことから存在している。
 このように求めた判定木の(3)の条件で停止したノードの枝をたどることで、判定系列は求めることができる。

4.2 判定木の停止条件の拡張

ここで、判定木の分岐の停止条件を以下のように変更する。

- (1) レベルが $m-1$ に達した時点。
- (2) 同じレベルかそれより上のレベルのノードに自分と同じパターンが存在するとき。
- (3) 1つのノードの各ブロックが同じ状態で占有されたとき。
- (4) 各ブロックが1つの状態にまで分割されているとき。

そして、生成された各ノードの状態の分割状況に着目する。各ノードの状態の分割状況から、その分割されたブロックに含まれる状態は、他のブロックに含まれる状態と識別されている。そのため、このノードを複数組合せることで、個々の状態が他の状態と識別できることになる。

個々の状態が識別できるようにノードを組合せる際の、必要なノード数の上限は $\log_2 m$ 個である。それは、選択される1つのノードが少なくとも2つの状態集合に分割されているとして、その組合せによって m 個の状態を識別するには、 $m \leq 2^x$ となる x 個のノードを組み合わせれば十分であり、上記の値を得る。即ち、要素系列数が $\log_2 m$ の W 集合を得ることができる。

5. SW法の短縮効果

従来の手法による W の要素数の上限値を用いた S

W の系列長の上限値は、次のようになる。

$$L_{sw} = m^2(m-1)^2 + m(m-1)^3 + mn(m-1)(m3/2) \quad (2)$$

また、ここで提案する生成方式を使った場合、 S W 法の上限値は、次のようになる。

$$L_{sw}' = (\log_2 m)m^2(m-1) + (\log_2 m)^2 m(m-1) + mn(\log_2 m + (m-1)/2) + (\log_2 m)mn(m-1) \quad (3)$$

ここで、比較のために $m \sim n$ という条件を付して両者の上限値を比較すると、図2のようになり、 S W 法の試験系列が短縮されていることが示された。

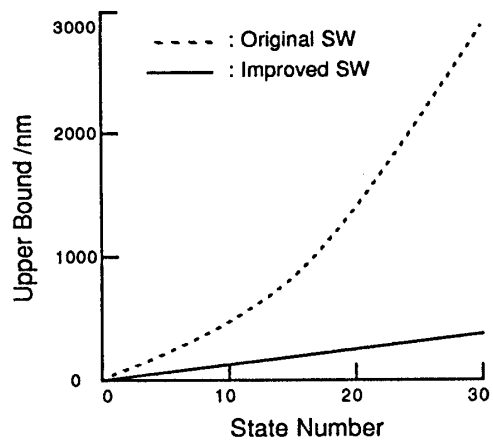


図2 SW法の系列長の上限値

6. まとめ

本報告では、 S W 法の試験系列短縮の方針として、 S W 法の状態確認のために用いている W 集合の生成方式を改善し、要素数を少なくする生成方式をとった。その結果、 S W 法の系列長の上限値が改善され、短縮効果が確認された。

[参考文献]

- [1] B. Sarikaya and G. v. Bochmann: "Some Experience with Test Sequence Generation for Protocols," Protocol Specification, Testing, and Verification II, North Holland Publ. (1983).
- [2] 佐藤他: "有限オートマトンに基づくシステムの試験系列自動生成法の提案-単一遷移検査系列法-", 信学論 BI Vol. J72-B-1, No. 3, pp. 183-192 (1989).
- [3] A. Gill: Introduction to the Theory of Finite State Machines, McGrawHill (1962).
- [4] 当麻喜弘: 順序回路論 コンピュータ基礎講座 5 昭晃堂 (1980).