論 文 内 容 の 要 旨

博士論文題目

同期イベントを用いたプロセス分解法に関する研究

氏　名　喜家村　奨

（論文内容の要旨） プロセス分解は分散システム設計のための有効なアプローチの一つである。例えば、通信プロトコルの設計では、通信システム全体の振舞いを満たすサービス定義を最初に記述する。次にそのサービス定義を複数の通信プロセスに分解し、プロトコル仕様を導出する。このようなシステムを設計する場合、要求仕様として与えられたプロセスを、実装条件を満たすプロセス群に自動分解できれば、システム全体の設計コストおよびシステムの実装条件の変更にともなうコストを削減できる。上記のような観点から、本論文では、同期イベントを追加してプロセスを分解する問題について考察され、その新しい分解法が提案されている。本論文で扱うプロセス分解問題とは次のような問題である：問題への入力は、１つのプロセス(Lとする)の動作定義およびイベント割当て（分割後の各成分プロセスが受けもつイベント集合）である。プロセスの動作定義は遷移システム(LTS)で与えられる。プロセス分解問題とは、次の条件を満たすプロセス群L1,...,Lnを構成することである。

条件：L1,...,Lnの合成プロセス(L1×…×Lnと表す)はLと弱双模倣等価であり、各L1,...,Lnは割当てられたイベントをすべて受けもつ。ここで各Li(1≦i≦n)は、割当てられたイベント以外に、他の成分プロセスとの同期のための新しいイベントを利用してもよい。

このプロセス分解問題に対して本論文では２つの分解法が提案されている。

１つ目の提案法は、システム内の通信がシステムとその環境との通信より優先的に実行できるような実装に対して、同期イベントの挿入箇所を従来法より少なくできるというものである。また、本分解法の正当性、すなわち、Lから得られたL1,...,Lnに対して、LとL1×…×Lnの弱双模倣等価性が証明されている。更に、L1,...,Lnにおいて、各成分プロセスの状態数およびプロセス間の同期のためのメッセージ数を減らす手法についても考察されている。

２つ目の提案法は、イベント間の発生の相関関係に着目した分解法である。この提案法の主な優位点は分解で得られた成分LTSのサイズが従来の分解法よりしばしば小さくなることである。特に単純カウンタ及び一般カウンタとよばれるクラスに属するプロセスを、提案手法に基づきサイズの小さいカウンタプロセスに分解するアルゴリズムが示されている。

氏 名	喜家村 奨

（論文審査結果の要旨）

分散システムの設計において、要求仕様が与えられたとき、実装時の制約条件を満たすように仕様を複数プロセスに自動分解できることが望ましい。このようなプロセス分解問題は、(1) 分解されたプロセスの同期機能、(2) 分解前後のプロセスの等価性の定義、(3) 仕様記述のモデルによりさまざまに細分化される。まず、(1) 分解後のプロセスが新たなイベント（同期イベント）を用いて他のプロセスと同期をとることを許さない場合、数学的扱いは容易になるが、プロセス分解はごく限られた場合以外不可能となり実用には向かない。次に、(2) プロセスの等価性は、外部からみたプロセスの振舞いが等価であるとの定義（弱双模倣等価性）が最も自然である。最後に、(3) プロセスモデルとしては、LTS（ラベル付き有限状態遷移系）、ペトリネット、レジスタ付き LTS、プロセス代数など種々存在する。

本論文では、LTS で表された要求仕様とイベント割当てが与えられたとき、イベント割当てを満たし、かつ要求仕様と弱双模倣等価である LTS 群に、必要なら同期イベントを導入して自動分解する問題について考察している。本論文の主な結果は以下の通りである。

(I) 任意に与えられた LTS L とイベント割当てに対し、イベント割当てを満たしかつ L と弱双模倣等価なプロセス群に常に分解可能な手法が提案されている。実行不能通知および実行可能通知と呼ばれる働きをするイベントのみが同期イベントとして必要であることを示し、不要な同期イベントの除去に成功している。また、分解前後の LTS の弱双模倣等価性を証明することにより、提案手法の正当性が厳密に保証されている。同期イベントを用いたプロセス分解法は既にいくつか提案されているが、任意数の LTS 群に分解でき、かつ、分解された成分 LTS が同期イベント以外のイベントも共有できるような分解法は本論文が初めて提案したものである。また本論文では LTS の遷移動作に関し、連続イベント制約と呼ばれる制約条件を仮定することにより、分解された LTS のサイズが小さくなるような工夫も行っている。なお、この連続イベント制約はプライオリティエンコーダ等のハードウェアで実現可能である。

(II) 上記 (I) の分解法は任意の LTS 仕様に適用可能であるが、分解の結果得られる LTS のサイズが大きくなることがある。本論文後半では、LTS L とイベント割当てが与えられたとき、そのイベント割当てを満たす LTS 群に L を分解可能であるための一つの十分条件が示されている。この十分条件は非構成的な条件ではあるが、上記 (I) の分解法を特別な場合として含んでいる。さらに、カウンタプロセスと呼ばれるクラスの LTS に対して、この十分条件に基づいた自動分解法が示されている。また、カウンタプロセス以外の場合についても、(I) と比較してサイズの小さいプロセス群に分解できる実例が与えられている。

本論文で提案する手法と得られた結果は、分散システムの設計法に関する重要な知見を与えており、その発展に寄与するところが大きい。従って、博士 (工学) の学位論文として価値あるものと認める。