

Title	Implementation of Service Specifications on Distributed Computing Systems
Author(s)	山口, 弘純
Citation	大阪大学, 1998, 博士論文
Version Type	VoR
URL	<a href="https://doi.org/10.11501/3144071">https://doi.org/10.11501/3144071</a>
rights	
Note	

*Osaka University Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏名	山 口 弘 純
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第 13956 号
学位授与年月日	平成10年3月25日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 基礎工学研究科情報数理専攻
学位論文名	Implementation of Service Specifications on Distributed Computing Systems (分散システム上でのサービス仕様の実現)
論文審査委員	(主査) 教授 谷口 健一  (副査) 教授 宮原 秀夫 教授 菊野 亨

### 論文内容の要旨

本論文は、高信頼な分散システムを設計するため、分散システム全体の振舞いのみを指定したサービス仕様から、計算機間の通信を含んだ計算機ごとの動作仕様の組であるプロトコル仕様を導出するための方法についての研究をまとめたものである。

まず、拡張ペトリネットモデルで記述された分散システムのサービス仕様から同モデルで記述されたプロトコル仕様を自動生成する方法を提案している。提案方法では、並列同期や選択を含む複雑な制御構造を自然に記述でき、多くの並行システムのモデル化に用いられているペトリネットを入出力動作及び状態変数の更新動作が指定できるように拡張した計算モデルを用いている。またシステムを構成する計算機台数やそれらへの状態変数の分散配置も指定する。提案方法では、サービス仕様の一遷移ごとある一定の方針に基づき関連する計算機上でその動作を模倣する。この際、模倣に必要なメッセージの送り方は一般には一意に定まらないが、本論文では、0-1整数線形計画問題の解法を用いてメッセージ数が最小となる送り方を決定している。各計算機の動作仕様はサービス仕様の構造を用いて、各遷移の模倣がサービス仕様と同じ実行順で行われるように構成する。この際、一部の計算機はある遷移の模倣に関与しない場合もあるため、各計算機ごとそれが模倣に関与する遷移のみの実行順が必要となる。提案方法では、サービス仕様のペトリネットを活性安全なクラスに制限し、それが満たす性質を利用して、並列や選択を含む複雑な制御構造から関与する遷移のみの実行順を抽出し、それを用いて各計算機の動作仕様を構成している。

次に、提案手法に基づく自動生成系と、生成した動作仕様を解釈実行する実行系を作成している。また、ソフトウェア開発など複数作業による協調作業過程を拡張ペトリネットにより記述し、これと各作業への作業の割当てから、上記の手法を用いて各作業の作業記述を自動生成している。自動生成系を用い、適当な規模の例題に対する各作業の作業記述の生成が実用的な時間で行えた。また、生成した各作業の各記述を実行系により分散実行し、各作業の作業管理や作業結果の受け渡しの自動化などを実現している。さらに、作業途中での作業割当て変更などに対応する方法も示している。

最後に、動作間に時間制約があるような実時間分散システムに対し、時間ペトリネットを同様に拡張した計算モデルで記述されたサービス仕様と状態変数の分散配置指定、さらに計算機間の通信遅延の最大及び最小時間の指定が与えられたときに、一定の実現方針のもとで、サービス仕様の時間制約を満たすプロトコル仕様が生可能か否かを判定し、可能であればそれを自動生成する方法を提案している。この分野の従来方法では、遷移の実行順序制御の実現

のための通信とその遅延のみに着目しており、変数計算の実現のための通信とその遅延を考慮したものはなかった。提案方法では、計算機間で遷移の実行終了通知を順次送信しサービス仕様通りの順序で遷移を模倣すると共に、なるべく状態変数値の到着の遅れを抑えるため、更新後の状態変数値はその値を必要とする遷移を実行する可能性のある計算機に予め転送しておくという実現方針を採用する。この方針のもとでサービス仕様の時間制約を満たすように各計算機が動作可能か否かを判定し、可能な場合はそのように動作するプロトコル仕様を自動生成する。提案方法では、通信遅延時間と各計算機の動作の時間制約を満たすべき関係を線形不等式で表し、線形計画問題の解法を用いてそれらを満たす解が存在するか否かを機械的に判定し、存在する場合には得られた解を用いて各計算機の動作の時間制約を決定している。

## 論文審査の結果の要旨

本論文では、誤りの無い分散システムを効率的に設計することを目的に、分散システム全体の振舞いのみを指定した仕様（サービス仕様）から計算機間の通信を含んだ計算機ごとの動作仕様の組（プロトコル仕様）を自動生成する手法についての研究を行っている。

まず、並行計算モデルであるペトリネットを変数計算指定ができるよう拡張したモデルを用いて記述されたサービス仕様と変数の計算機群への分散配置指定からプロトコル仕様を自動生成する方法を提案している。提案法では、従来自動合成で対象としていなかった並行動作と変数計算を共に含むようなより広いクラスを対象としている。生成されるプロトコル仕様でのメッセージ交換数の最小化及び冗長状態除去により通信動作にかかる負荷が軽減された簡潔な仕様を得られる。また、提案法に基づく自動生成系、生成した作業記述の実行のための自動実行系を作成している。さらに、複数作業によるソフトウェアの協調開発の作業過程全体を同拡張モデルにより記述し、その記述から各作業の作業記述を自動生成系を用いて生成している。生成した作業記述群に含まれる通信作業数が全作業数のおおよそ3分の2であったことから提案法はそれらを直接記述する煩雑さの軽減や誤りの排除に役立つといえる。提案法で全体記述の一遷移ごと独立に最小化されたメッセージ交換数は、人手により複数遷移間で最小化されたものと比較し遜色ない数であった。一方、50変数が10台の計算機に多重分散配置されたかなり大規模の問題に対しても提案法でのメッセージ交換数の最小化は数分で行えた。これらの研究成果は理論的にも実用的にも意義があるものといえる。

次に、動作の実行時刻間に制約があるサービス仕様を時間ペトリネットの変数計算拡張モデルで記述し、変数の分散配置指定と各計算機間の通信遅延の最大/最小値の指定のもとでプロトコル仕様を自動生成する方法を提案している。通信遅延も考慮して変数計算を実現する方法は従来提案されていない。一般に実行順序制御や変数計算の実現のための通信の遅延によってはサービス仕様の時間制約を満足できない場合もあるが、提案法では変数計算の実現のための通信の遅延をできるだけ抑える方針を採用し、その方針のもとで元の時間制約を満たせるか否かを線形計画問題の解法を用いて機械的に判定できる。満たせる場合にはプロトコル仕様の各動作の時間制約も同時に決定するが、なるべく緩い時間制約が得られるようにしている。提案法はデータ転送遅延を含む多くの実時間分散システムの設計に有用であり、理論的にも興味深いものといえる。

以上の研究成果は高信頼分散システムの設計技術の向上に貢献しており、本論文は博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。