OUKA
The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	A Study on Hierarchical Design of Fault-containing Self-stabilizing Protocols
Author(s)	山内, 由紀子
Citation	大阪大学, 2009, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/2509
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

【９】

氏名	山内 由紀子（やまうち ゆきこ）
博士の専攻分野の名称	博　士（情報科学）
学位記番号	第　２３０５２　号
学位授与年月日	平成21年３月24日
学位授与の要件	学位規則第４条第１項該当 情報科学研究科コンピュータサイエンス専攻
学位論文名	A Study on Hierarchical Design of Fault-containing Self-stabilizing Protocols （故障封じ込め自己安定プロトコルの階層的設計に関する研究）
論文審査委員	（主査） 教　授　増澤　利光 （副査） 教　授　萩原　兼一　　教　授　井上　克郎　　准教授　角川　裕次

論文内容の要旨

分散システムとは、複数の自律動作する計算機(プロセス)を通信リンクにより相互接続したシステムである。近年、膨大な数のプロセスで構成される大規模なネットワークの発展にともない、分散システムの故障耐性が注目を集めている。大規模ネットワークでは、プロセスの故障等、システム中に故障が発生しやすく、故障の影響はプロセス間の通信によりネットワーク全体に拡がる可能性がある。しかし、大規模な分散システムでは、故障の影響が拡がらず、ネットワーク全体に影響を及ぼさないことが望ましい。また、次に発生する故障に備えるため、システムが高速に復帰することが期待されている。

耐故障分散システムを設計する上での重要な概念のひとつに、自己安定がある。自己安定プロトコルは任意の初期状況から実行を開始しても、やがてシステムが目的の性質を満たすことを保証する。複数プロセスのメモリ内容の破壊を一時故障と呼ぶ。自己安定プロトコルは有限個の一時故障に対する耐性を有する。自己安定プロトコルの一種である、故障封じ込め自己安定プロトコルは小規模故障に対しては故障封じ込めの性質を保証し、大規模故障に対しては自己安定性を保証する。故障封じ込めの性質は、故障の影響が故障プロセスの周辺のみに封じ込められること、もしくは、故障の影響が故障発生後の短期間のみ持続することを保証する。自己安定性は復帰途中に何の保証もないのに対し、故障封じ込めは故障の影響の拡大を回避しながらシステムが復帰できることを保証する。実際のネットワークでは大規模な故障は稀にしか発生せず、小規模故障が頻繁に発生しやすいため、故障封じ込めプロトコルは適応的自己安定の一種として特に注目を集めている。

しかし、故障封じ込めプロトコルの設計は本質的に難しく、その多くが特定のネットワークトポロジや単一プロセスの故障に対してのみ設計されている。本研究では故障封じ込めプロトコルの設計の複雑さを緩和し、既存の故障封じ込めプロトコルの再利用性を向上することを目標とする。特に、故障封じ込めプロトコルの階層的構造に着目し、故障封じ込めプロトコルの階層的合成手法と仮想トポロジ埋め込みによるシミュレーション手法の2つの階層的構造を実現する手法を提案する。階層的合成手法は複数の故障封じ込めプロトコルを合成し、複雑な故障封じ込めプロトコルの設計を容易にする。また、シミュレーション手法はリングネットワークに対して設計された既存の故障封じ

込めプロトコルを他の形状のネットワーク上で故障封じ込めの性質を維持しながら実行することを可能とする。

論文審査の結果の要旨

本論文では，複数の計算機から成るネットワークにおけるソフトウェアの故障耐性を扱っている．

分散システムとは，複数の自律動作する計算機(プロセス)を通信リンクにより相互接続したシステムである．近年，膨大な数のプロセスで構成される大規模なネットワークが著しく発展しているが，大規模な分散システムでは個々のプロセスや通信リンク等の故障が発生しやすく，故障の影響はシステムを運用する上で無視できない．このような状況から，分散システムの故障耐性が注目を集めている．

耐故障分散システムを設計する上での重要な概念のひとつに，自己安定がある．プロセスにおけるメモリのクラッシュは，一時故障と呼ばれている．自己安定プロトコルは有限個の一時故障が発生しても，システムが自律的に復帰することを保証し，人間の介入なくシステムを長期運用できることを保証している．自己安定プロトコルの一種である故障封じ込めプロトコルは小規模故障に対しては故障封じ込めの性質を保証し，大規模故障に対しては自己安定性を保証する．自己安定性が復帰途中に何の保証もないのに対し，故障封じ込めの性質は，小規模故障に対しては故障の影響の拡大を回避しながらシステムが復帰できることを保証する．実際のネットワークでは小規模故障が頻繁に発生しやすいため，故障封じ込めプロトコルは非常に高い有用性を備えていると言える．しかし，故障封じ込めプロトコルの設計は本質的に難しく，その多くが特定のネットワークトポロジや単一プロセスの故障に対してのみ設計されている．

本研究では故障封じ込めプロトコルの階層的構造に着目し，故障封じ込めプロトコルの設計の複雑さを緩和し，拡張性，再利用性を向上する以下の2つの手法を提案している．

(i) 故障封じ込めプロトコルの階層的合成手法は複数の故障封じ込めプロトコルを階層的に合成する一般的な方法を提案している．

(ii) 仮想トポロジ埋め込みによるシミュレーション手法はリングネットワークに対して設計された故障封じ込めプロトコルを他の形状のネットワーク上で，故障封じ込めの性質を維持しながら実行することを可能としている．

以上の提案手法の適用範囲は広く，これらの成果は分散システムの故障耐性の研究における多大な貢献と認められる．よって，博士（情報科学）の学位論文として価値のあるものと認める．