

|              |  |
|--------------|--|
| Title        | Design and Evaluation of k-Coterics for Distributed k-Mutual Exclusion   |
| Author(s)    | 崔, 銀恵  |
| Citation     | 大阪大学, 2002, 博士論文   |
| Version Type |  |
| URL          | <a href="https://hdl.handle.net/11094/43522">https://hdl.handle.net/11094/43522</a>  |
| rights       |  |
| Note         | 著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉</a> 大阪大学の博士論文について <a>〉</a> をご参照ください。 |

***Osaka University Knowledge Archive : OUKA***

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

Osaka University

|            |   |
|------------|---|
| 氏名         | 崔 銀 恵   |
| 博士の専攻分野の名称 | 博士(工学)  |
| 学位記番号      | 第 17120 号   |
| 学位授与年月日    | 平成14年3月25日  |
| 学位授与の要件    | 学位規則第4条第1項該当<br>基礎工学研究科情報数理系専攻  |
| 学位論文名      | Design and Evaluation of $k$ -Coterries for Distributed $k$ -Mutual Exclusion<br>(高信頼分散 $k$ -相互排除を実現する $k$ -コテリーの設計と評価) |
| 論文審査委員     | (主査)<br>教授 菊野 亨<br><br>(副査)<br>教授 柏原 敏伸 教授 増澤 利光  |

### 論文内容の要旨

分散システムでは、複数の計算機(ノード)がメモリなどの資源を共有するため、同じ資源を要求するノード間で競合が発生し、運用上の大きな障害となる。分散  $k$ -相互排除問題は典型的な分散競合問題であり、具体的には、資源を同時に使用するノード数を  $k$  個以下に抑えることを保証する問題である。この問題を解くために  $k$ -コテリーという概念を用いる手法が注目されており、 $k$ -コテリーを用いて高信頼分散  $k$ -相互排除機構を実現するためには信頼性の高い  $k$ -コテリーの設計及び  $k$ -コテリーの信頼性評価手法の確立が必要となる。本研究では、信頼性の高い  $k$ -コテリーの設計とその評価法の開発を行う。

$k$ -コテリーの評価に関しては、与えられたシステム上で  $k$ -コテリーの信頼性を評価する2つの手法を提案する。従来の評価法は、ネットワークの形状が完全グラフであり通信リンク故障が起こらないシステムにしか適用できなかった。それに対して提案法は、ノードとリンクに故障の可能性がある任意の形状のシステムに適用可能である。第1の評価法では  $\gamma$ -MQSF というグラフ上の概念を導入することで、一方、第2の評価法では二分決定グラフで表現した論理式の演算に基づいて信頼性を計算する。適用実験を通じて提案する2つの手法は従来の状態数え上げ法に比べて非常に高速であることを確認した。

$k$ -コテリーの設計に関しては、Nondominated (ND)  $k$ -コテリーの設計と最適な  $k$ -コテリーの設計という2つの問題に取り組む。すべての  $k$ -コテリーは ND と Dominated という2つのクラスに分類され、ND  $k$ -コテリーのほうが優れた信頼性を持つことが知られている。本研究では、まず、票数割当てを応用した設計法 VOT とノードのクラスタ分けと VOT の組合せに基づく設計法 D-VOT という2つの設計法を提案し、従来の設計法との比較評価実験を通して提案法の優位性を確認した。次に、ノードとリンクの信頼性が与えられた任意の形状のシステムに対して信頼性が最大となる  $k$ -コテリーの設計法を提案する。任意の形状のシステムに対する最適な  $k$ -コテリーの導出は初めての試みである。本研究では、最適な  $k$ -コテリーの構成問題を線形の目的関数をもつ組合せ最適化問題として定式化し、定式化した問題を解く2つのアルゴリズムを提案する。第1のアルゴリズムでは二分決定グラフを用いて解空間を論理式で表現することで、一方、第2のアルゴリズムでは分枝限定法を用いて最適解を求める。適用実験を行い、幾つかのシステム例に対して最適な  $k$ -コテリーを求めることに成功した。

## 論文審査の結果の要旨

コンピュータシステムの大規模化に伴い、各構成要素（ノード）が自律分散の動作をするシステムの効率的な運用技術の開発が望まれている。全体を統合する管理機構を持たず各構成要素が互いに通信しながら協調して自律動作するため、このシステムではいわゆる相互排除が必要になる。分散  $k$ -相互排除問題は共有資源をめぐる発生する分散ノード間での競合を解消する問題であり、基本的かつ重要である。この問題を解くために  $k$ -コテリーという概念に基づいた相互排除手法が注目されてきている。本論文では、信頼性の高い  $k$ -コテリーの設計法、及び、その評価法の開発を行っている。

まず、 $k$ -コテリーの評価に関して、与えられたシステム上で  $k$ -コテリーの信頼性を評価する 2 つの手法を提案している。従来の状態数え上げ法が極めて限定的な場合にしか適用可能でなかったのに対し、提案手法はノードと通信リンクに故障の可能性がある任意の形状のシステムにも適用可能となっている。適用実験の結果、提案する 2 つの手法は従来の状態数え上げ法に比べて非常に高速であることを確認している。

次に、優れた信頼性を持つことが知られている Nondominated (ND)  $k$ -コテリーの設計に取り組んでいる。具体的には、票数割当てを応用した設計法 VOT と、ノードのクラスタ分けと VOT を組合せた設計法 D-VOT の 2 つを提案している。従来の設計法との比較評価実験を通して、2 つの提案法の優位性を確認している。

また、ノードとリンクの信頼性が与えられた任意の形状のシステムに対して信頼性が最大となる  $k$ -コテリーの設計法を開発している。任意の形状のシステムに対して最適な  $k$ -コテリーを導出した報告はこれまでにない。本論文では、最適な  $k$ -コテリーの構成を線形の目的関数をもつ組合せ最適化問題として定式化し、これを解く 2 つのアルゴリズムを提案している。更に、提案法の評価実験を試み、幾つかのシステム例に対して現実的な時間で最適な  $k$ -コテリーを求めことに成功している。

以上のように、本論文は  $k$ -コテリーに関して学術的に非常に意味のある幾つかの知見をもたらしただけでなく、実際の分散システム設計にも適用可能であって極めて有効な手法の提案に成功しており、博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。