



Title	Design methods for reliable network systems considering their cost-performance
Author(s)	木谷, 友哉
Citation	大阪大学, 2006, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/46635
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、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

氏 名 木 谷 友 哉

博士の専攻分野の名称 博 士 (情報科学)

学 位 記 番 号 第 20496 号

学 位 授 与 年 月 日 平成 18 年 3 月 24 日

学 位 授 与 の 要 件 学位規則第4条第1項該当

情報科学研究科情報ネットワーク学専攻

学 位 論 文 名 Design methods for reliable network systems considering their cost-performance
(コスト・性能を考慮した信頼性の高いネットワークシステムの設計手法に関する研究)

論 文 審 査 委 員 (主査)
教 授 東野 輝夫

(副査)
教 授 村上 孝三 教 授 村田 正幸

論 文 内 容 の 要 旨

近年の情報通信技術の急速な発展により、様々なデバイスの有線・無線でインターネットに接することで、場所を選ばず至る所で高品位な情報通信サービスが提供されると予想されている。

本論文では、コストと性能を考慮したネットワークシステムの設計手法の研究として、(1)インフラとなる波長分割多重 (WDM) ネットワークにおいて、使用する波長数を小さく抑えたまま収容するトラヒックを大容量化するための波長割当て方法 (論理トポロジの一設計法)、および、(2)通信サービスを提供するリアルタイム組込みシステムにおいて、与えた時間制約を満たすことを保証した上で、システムで使用する部品の組合せを適切に選択可能な一設計法の提案を行った。

(1)では、マルチホップ WDM ネットワークを対象とし、まず、各ノード間のトラヒック統計量を与え、論理トポロジとして規則的なトポロジである双方向マンハッタンストリートネットワークを構成するとき、ネットワーク内のトラヒック総量をできる限り小さくする各ノードへの波長割当てを求めるアルゴリズムを考案した。トポロジの規則性に注目して、階層的に割当てを行うことにより、従来のタブーサーチなどを使ったアルゴリズムに比べ、同じ評価値を出すための演算回数は、ノード数 16 のときで約 83%、256 で約 14%と、ノード数が大きくなるほど良い結果を示した。

次に、物理トポロジをリングとしたときに、規則的な階層型の論理トポロジの形状を考案した。提案するトポロジは、ノードを半分毎にクラスタ化し、ノード間に設定する光パス (波長を用いた通信路) のリング上での距離を 2 の累乗数とすることで木構造の性質を持たせ、使用波長数、ノード間のホップ数ともに従来の $O(\sqrt{N})$ (N はノード数) から $O(\log N)$ に改善した。また、トラヒック統計量からヒューリスティックに光パスを設定した論理トポロジに比較して、ネットワーク内のトラヒック総量を約 70%に抑えることができた。

(2)では、動作に時間的な制約を持つネットワークデバイスなどのリアルタイム組込みシステムの設計手法を提案した。提案する設計手法では、パラメータ付きの動作モデルでシステムの仕様を記述し、パラメトリックモデル検査を用いてシステムの動作が時間制約を満たすことを論理的に保証する。パラメータを用いて仕様を記述することにより、一つの仕様から多種多様な性能を持つシステムを導出することが可能となる。パラメトリックモデル検査によって得

られた条件式から、使用する部品の組合せに応じたシステムの性能の予測や、その組合せが時間制約を満たすかどうか判断可能であり、線型計画法などを用いてコスト・性能を考慮した部品の組合せを適切に選択できる。提案手法を用いて、カメラ付き携帯電話の設計、優先度キューを持つ QoS ルータの設計を行い、コスト・性能の予測値を元に、多くの機能モジュールの組合せやシステムの構成の中から時間制約を満たす上でコスト・性能を考慮した最適な組合せを判断することができた。

論文審査の結果の要旨

近年の高速通信ネットワークやマルチメディア通信システムの発展により、様々な通信デバイスを有線・無線問わずインターネットに接続し、あらゆる場所において情報通信サービスを享受するユビキタス社会の実現に向けた研究が求められている。本論文では、そのような社会を実現するために、大容量のトラヒックを収集するためのインフラネットワークシステムの一設計法、サービスを提供する通信デバイスとなる組込みシステムの一設計法について提案している。

提案手法では、まず、光波長多重 (WDM) マルチホップネットワークにおいて、論理トポロジとして規則的なトポロジである双方向マンハッタンストリートネットワーク (BMSN) を構成するときに、ネットワーク内のトラヒック総量を最小化するような各物理ノードへの波長割当てを行う二段階ヒューリスティックアルゴリズムを考案している。提案アルゴリズムは、第一段階において、BMSN の規則的形状を利用し、階層的にノードの位置割当て (波長割当て) を行うことにより、精度の良い初期解を生成している。第二段階では、Simulated Annealing 法を用いて初期解の改善を行っている。いくつかのトラヒック例題に対して評価を行った結果、それらの全てにおいて、従来、性能が良いと示されている Greedy 法とタブー探索法を使った方法と比較して、同程度の精度を持つ解を高速に得られることが確認されている。

次に、設備コストを意識した規則的な論理トポロジの考案を行っている。論理トポロジの構築に使用する波長数は WDM ネットワークの設備コストに直結するため、ネットワークの平均ホップ数、ネットワーク径を小さく保った上で、使用波長数を小さく抑えた論理トポロジとすることが重要である。物理トポロジを一般的な WDM リングネットワークとし、従来提案されている付加リングであるコーダルリングネットワークを階層的に拡張することで、ノード数 N に対する平均ホップ数、使用波長数のオーダーを共に $\sqrt{N}$ から $\log N$ に減らしている。ホップ数と使用波長数のスケーラビリティを両方向上させたもので意義が高い。

最後に、サービスを提供する端末となるリアルタイム組込みシステムを高信頼かつコスト・性能を考慮して設計するための一設計法を提案している。この手法では、動作に時間的な制約を持ち、周期的に動作するシステムを対象としている。システムの仕様は、パラメータを用いて記述することにより、同様の機能を持ち使用する構成部品の性能が異なるシステムを柔軟に設計することが可能となっている。

また、モデル検査技術を用い、システムが与えられた制約を満たし論理的に正しく動作することを保証するパラメータの範囲を導出し、線型計画法を用いて、最も効果的な構成部品の組合せを導出することが可能となっている。いくつかの通信システムの設計のケーススタディーにより、システムの仕様記述とそのシステムを実現するための適切な部品選択が効率的に行えることが確認されている。

よって、本論文はネットワークシステムの設計の一連の手法として、有用な提案を行っており、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。