

論文の内容の要旨

論文題目	Backup Network Design with Considering Primary and Backup Routing under Multiple Link Failures (複数リンク障害に対してプライマリおよびバックアップルーティングを考慮したバックアップネットワーク設計)
学位申請者	Khouangvichit Soudalin (クンウィチット スダーリン)

リンク障害は、大量のデータを損失する可能性がある。障害から回復するためには、リンク障害に備えて適切なルートを用意したバックアップネットワークを準備する必要がある。リンク障害を回復できるリンク保護には、主に2つのカテゴリがある。最初のカテゴリは、要求に応じてリソースを準備する。予備容量が効率的に利用されるという利点があるが、要求ごとに必要なリンクを計算する必要があるため、接続のセットアップには時間がかかる。もう一つのカテゴリは事前に計画されたリンクの復元で、リンク障害ごとにバックアップネットワークの経路が事前に計算される。計算された経路がサービス開始前に確立される。リンク障害時に動的なルーティングを追加する必要がないため、障害回復の速度と単純さの点で2番目のカテゴリを用いる。

リンク障害の確率が指定されているランダムな複数のリンク障害からプライマリネットワークを保護するために、最小総容量でバックアップネットワークを設計する最適化アプローチを提案する。確率的生存率保証は、両方のプライマリとバックアップのネットワークルーティングを同時に決定することにより提供される。ロバストな最適化手法を使用して、最適化問題を混合整数線形計画法問題として定式化する。リンク障害の確率がプライマリネットワークルーティングとバックアップネットワークルーティングの両方にどのように影響するかを調査する。大規模ネットワークに対して、混合整数線形計画法問題 (MILP) は実用的な時間で解くことができないため、ヒューリスティック手法を導入する。MILPとヒューリスティック手法を評価される。

本論文では、プライマリネットワークとバックアップネットワークの両方でルーティングを決定し、リンクネットワークの確率が指定されているランダムな複数のリンク障害からプライマリネットワークを保護するための最小総容量のバックアップネットワークを設計する方法に焦点を当てている。提案アプローチは、迂回ルーティングを採用している。迂回ルーティングは専用バックアップネットワークで使用される。これは、各リンクに冗長容量を持つプライマリネットワークのみを考慮するネットワークとは異なる。専用バックアップネットワーク

は、プライマリネットワークよりも低い容量を使用して、リンク障害に対する保護を提供する。バックアップネットワークの迂回ルーティングの信頼性は、プライマリルーティングの信頼性よりも高くなる。これは、専用のバックアップネットワークの利点である。ソースと目的地の間の正確なトラフィック需要は知られている。トラフィック需要のマトリックスは完全に表現される。プライマリネットワークのさまざまなリンク容量に対して確率的な生存可能性の保証されるため、ロバストな最適化が導入される。ロバストな最適化手法を用いたMILP問題としての最適化問題を定式化する。リンク障害の確率がプライマリネットワークとバックアップネットワークの両方のルーティングにどのように影響するかを調査する。プライマリネットワークが大きい場合、MILP問題は実用的な時間で解決できないため、ヒューリスティック手法が導入される。従来のアプローチでは、プライマリネットワークのルーティングが最短パスとして設定されていて、バックアップネットワークでのルーティングのみが決定変数として、問題を解く。結果としては、提案されたアプローチが従来のアプローチよりも低い総容量のバックアップネットワークを生成することを示している。

論文審査の結果の要旨

学位申請者氏名 Khouangvichit Soudalin

審査委員主査 KITSUWAN NATTAPONG

委員 來住 直人

委員 村松 正和

委員 高橋 里司

委員 大木 英司

本論文においては、プライマリネットワークでリンク故障確率が与えられたものとして、複数のリンク故障からプライマリパスを保護することを目的とし、総合のリンク容量を最小化するバックアップネットワークの設計を提案している。プライマリネットワークでリンク故障が発生した場合、事前に用意したバックアップパスがトラフィックの再ルーティングに使用される。提案方法は、確率的なサバイバビリティ保証を提供し、容量のオーバプロビジョニングを割り当てる。プライマリパスとバックアップパスを同時に決定し、複数のリンク故障からプライマリパスを保護することを目的としたバックアップネットワーク設計する。

ノード間のトラフィック量を与えられたものとして、ロバスト最適化の分野の結果を適用して、混合整数線形計画法 (MILP) 問題を定式化することにより、数学的定式化を提供する。プライマリおよびバックアップパスにおける経路を決定変数として考慮した総合リンク容量が最小であるバックアップネットワークを目標とする。プライマリネットワークルーティングを決定するということは、プライマリネットワーク内の各リンクのトラフィック割り当てが決定されることを意味する。複数のリンク故障からプライマリパスを保護することにトラフィックを排他的に再ルーティングするバックアップネットワーク設計を検討する。また、大規模ネットワークに対する MILP 問題が扱いにくい場合および最適解を解くために、simulated annealingを用いるヒューリスティックな手法を導入する。提案方法を従来方法と比較するシミュレーション結果を提示する。従来方式では、プライマリパスを与えられたものとして、総合リンク容量が最小であるバックアップネットワークを設計する。

結果として、提案方法はリンク故障確率をよく反映する非常に効率的なプライマリおよびバックアップネットワークルーティング設計を与えることを示している。

提案方法は、プライマリパスを保護するために、バックアップリソースをより効果的に共有するを表している。本論文の構成は以下のとおりである。

第1章では、本研究の背景ならびに目的を述べ、本論文の構成を示す。

第2章では、プライマリネットワークでの複数のリンク障害から保護するため

の専用バックアップネットワークを設計する方法を紹介する。プライマリネットワークとバックアップネットワークの両方のルーティングを決定変数として考慮することにより、バックアップの総容量を最小限に抑えることを目的として、プライマリネットワークを保護する最適化問題を検討する。ロバスト最適化の分野での目的値を取得するための最適化問題の混合整数線形計画法 (MILP) を提示する。

第3章では、第2章で紹介したMILPの定式化はネットワークサイズが増加する実際の時間では直接解決できないため、ヒューリスティック方法を使用して、両方のプライマリとバックアップのルーティングを見積もりバックアップの総容量を最小限に抑える。ヒューリスティックアルゴリズムは、まずバックアップネットワークルーティングの初期値として入力する。プライマリネットワークのルーティングは混合整数線形計画法問題から修正された線形計画法P問題から取得される。プライマリネットワークのリンク (s, d) をランダムに選択し、バックアップネットワークのsノードからdノードへの経路をランダムに選択する。シミュレーテッドアニーリング (SA) は、バックアップネットワークルーティングを更新するために使用される。線形計画法P問題を解いてプライマリネットワークルーティングを取得する。この手順が繰り返され、収束の条件が満たされた場合、または設定した繰り返す回数に達した場合、手順が終了する。最後に、解が得られる。

第4章では、提案されたアプローチのパフォーマンスを評価し、その結果を従来のアプローチの結果と比較する。従来のアプローチでは、プライマリネットワークのルーティングが最短パスとして設定されていて、バックアップネットワークでのルーティングのみが決定変数として、問題を解く。

第5章では、本論文の結論と今後の課題について述べている。

学位申請者は、通信ネットワークと最適化技術の両方について十分な知識を得ており、ネットワーク設計の分野で産業界と学术界に大きな影響を与える研究を行った。この論文は、実用的かつ理論的な側面を持ついくつかの課題を含む優れた論文である。これらの成果は、国際会議において発表され一編の学術雑誌論文として結実している。

よって、本論文は博士 (工学) の学位論文として十分な価値を有するものと認める。