

氏 名	み 己 波 弘 佳
学位(専攻分野)	博 士 (情 報 学)
学 位 記 番 号	論 情 博 第 9 号
学位授与の日付	平 成 12 年 11 月 24 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 2 項 該 当
学位論文題目	Studies on Connectivity and Reallocation Problems in Multimedia Networks (マルチメディアネットワークにおける連結性と再配置問題に関する研究)
論文調査委員	(主 査) 教 授 茨 木 俊 秀 教 授 金 澤 正 憲 教 授 高 橋 豊

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、マルチメディアネットワークの設計・制御に関して、特にネットワークを運用するネットワークサービスプロバイダ (NSP) にとって重要な課題を、グラフ・ネットワーク理論および組合せ最適化理論の観点から扱い、その諸結果をまとめたものである。

第1章は序論で、まずマルチメディアネットワークについて説明し、NSP が特に考慮しなければならない問題として、耐故障性の高いネットワークを構築するための設計問題、および負荷が動的に変化する状況の下でサーバの負荷バランスを取るための制御問題を紹介している。具体的には、複数のサーバが配置されているネットワークにおいて、リンクまたはノード故障時にもいずれかのサーバに接続することで、クライアントがサービスを継続して受けることができるようにネットワークを設計する問題、およびコンテンツを再配置することによってサーバの負荷バランスを図る再配置問題を扱っている。ネットワーク設計問題については、グラフの連結性を拡張した節点領域連結性という概念を用いて定式化し、再配置問題については、有向グラフをある種の操作によって他のグラフに変形することにより定式化している。また、ネットワークの設計と制御に関する既存の研究をサーベイし、上記の問題が、本質的に新しい内容を含んでいることを示している。

第2章では、ネットワーク設計問題に関して、節点領域連結性の諸問題を扱っている。第一に、節点領域連結度と節点領域間距離を同時に保存する全域部分グラフを構成する問題と、関連する諸問題の計算の複雑さを明らかにしている。具体的には、すべての枝の長さとコストがそれぞれ同一の場合でも、直径とコストに上限制約のある全域部分グラフの存在判定問題が NP 完全であること、また、節点領域間距離とコストに上限制約のある全域部分グラフの存在判定問題が NP 完全であることを証明している。さらに、枝数の上限制約がある時は、節点領域枝連結度と節点領域間距離を同時に保存する全域部分グラフの存在判定問題は NP 完全であるが、枝数が節点数の定数倍という疎な全域部分グラフについては多項式時間アルゴリズムが存在することを示している。第二に、与えられたグラフに枝を付加することによって所望の節点領域連結度に増加させる問題を扱い、まず、付加枝数に上限制約があるとき、与えられたグラフの節点領域枝連結度を 1 にできるか否かの判定問題が NP 完全であることを証明している。一方、最小枝数の枝付加により節点領域枝連結度を 2 にする問題は多項式時間で解けることを示し、そのためのアルゴリズムを与えている。

第3章では、再配置問題を組合せ最適化問題として新たに定義し、そのグラフ理論的性質と計算の複雑さの解明、多項式時間で解ける場合のアルゴリズムの設計を行っている。再配置問題とは、複数のボックス内に置かれたブロックすべてを、それぞれの最終移動先ボックスに、デッドロックを起こすことなく再配置することの実行可能性を判定するものである。再配置問題では、ブロックを最終移動先ボックスに移動する前に、一時的に貯えておく迂回可能ボックスがある場合も考え、ブロックの大きさがすべて同一の時、迂回可能ボックスがある場合および無い場合の各々に対して、実行可能性の必要十分条件をグラフ理論的に与えている。さらにこの場合、再配置問題の実行可能性の判定は線形時間で可能であることを示し、ブロックの移動手順を決定する線形時間アルゴリズムを与えている。つぎに、ブロックの大きさが異なると、大きさ 2 以上のものが 2 つあり、残りのブロックの大きさはすべて 1 であっても NP 完全であることを証明している。また、一時的に他

のボックスに移動できるが、最終的には元のボックスに戻らなければならないブロックを含むように再配置問題を拡張すると、すべてのブロックの大きさが同一の場合でも、NP 完全であることを証明している。

第4章は結論で、以上の結果をまとめて研究を総括し、抽象的なモデル化を通して得られた本論文の結果が、実際の様々な問題に適用できることを述べている。また、マルチメディアネットワークにおいて、今後の動向によって現れる可能性のある課題を検討している。

論文審査の結果の要旨

本論文は、マルチメディアネットワークの設計問題および再配置問題に対して、計算の複雑さの解明および高速アルゴリズムの設計を目的として行った研究をまとめたものであって、得られた主な結果は次の通りである。

1. 節点領域枝連結度と節点領域間距離を同時に保存するような疎な全域部分グラフを多項式時間で構成するアルゴリズムを与えた。また、すべての枝の長さとコストがそれぞれ同一の場合でも、直径とコストに上限制約のある全域部分グラフの存在判定問題がNP 完全であることを証明し、また節点領域間距離とコストに上限制約のある全域部分グラフの存在判定問題もNP 完全であることを証明した。さらに、付加枝数の上限制約の下で、与えられたグラフの節点領域枝連結度を1にできるか否かを判定する問題はNP 完全であるが、最小枝数の枝付加により節点領域枝連結度を2にすることは多項式時間で可能であることを示した。

2. 再配置問題に対して、ブロックの大きさがすべて同一の時、迂回可能ボックスがある場合および無い場合の各々に対して、実行可能性の必要十分条件を与えた。さらに、この場合、実行可能性の判定とブロックの移動手順を決定する線形時間アルゴリズムを設計した。また、ブロックの大きさが2以上のものが2つあり、残りのブロックの大きさはすべて1である再配置問題がNP 完全であること、また、一時的に他のボックスに移動できるが、最終的には元のボックスに戻らなければならないブロックを含むような再配置問題は、すべてのブロックの大きさが同一であってもNP 完全であることを証明した。

3. 以上の諸結果を適用することにより、耐故障性と通信遅延を劣化させること無く冗長なリンクを除いて管理の容易な簡素なネットワークを構築すること、最小限のリンクを付加することでネットワークの耐故障性を増加させること、更に、サーバ負荷バランスを保つための再配置制御のそれぞれに対して、有効な手法を与えた。

以上、本論文は、マルチメディアネットワークの設計・制御問題に対して、計算の複雑性の解明および高速アルゴリズムの設計を行っており、学術上および實際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士（情報学）の学位論文として価値あるものと認める。また、平成12年8月1日実施した論文内容とそれに関連した試問の結果、合格と認めた。