

外文21-14

早稲田大学大学院理工学研究科

# 博士論文概要

## 論文題目

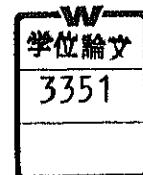
Analysis of Asymmetric Multi-connection Models  
and its Application to Network Design

非対称複数コネクションモデルの  
解析とその通信網設計への応用に  
関する研究

申 請 者

中村 元

Hajime Nakamura



2001年12月

理 2696 (3351)

回線交換型サービスを提供する網の品質評価及び設計に関しては、従来の電話呼を対象として多くの研究がなされ、電話呼のモデルを基に様々な運用計画手法が開発されてきた。しかし、近年、シグナリング技術の進展やマルチメディアサービスの普及により、複雑な形態のコネクション設定が行われるようになり、従来の電話呼モデルに基づく設計手法が適用できなくなってきた。本論文は、マルチメディアサービスを想定したコネクションモデルに関する解析とその設計技術への応用に関して、従来手掛けられていない課題を中心に取り上げた一連の研究成果をまとめたものである。各章の内容を以下に示す。

### 第1章 まえがき

マルチメディアトラヒックを収容する通信網の品質評価指標と一般的な設計手順を概説し、主だった課題と解決すべき問題点を明らかにする。本論文の主題に関する代表的な研究を紹介した上で、本論文における検討の基本方針を示す。

### 第2章 非対称複数コネクション呼の呼損率

B-ISDNでは、信号方式の高度化により、様々なATMコネクションの設定が可能となり、上り下り非対称な伝送帯域の割当や複数コネクションの同時設定等が行われる。本論文では、伝送帯域を副回線群（モジュール）に分割した回線群を対象として、モジュール毎に異なる伝送帯域を要求する上り下り非対称な複数のコネクションがオンデマンドで同時に設定及び開放されるモデルについて解析する。本解析では、複数コネクションの同時設定要求を呼として扱い、上下回線群のモジュール毎に異なる伝送帯域を占有する複数コネクションの同時設定要求を非対称複数コネクション呼とする。呼の受付に関しては、コネクションの要求帯域に対してモジュールの空き帯域が不十分な際に利用可能な帯域分のみを割り当てる帯域交渉機能及び、特定呼種のみが利用可能な帯域を確保して呼種別呼損率を制御する帯域留保機能を考慮し、回線群の閉塞状況を呼損率として評価する。本章では、次章以降の検討の基となる非対称複数コネクション呼の呼損率計算手法について検討する。

非対称複数コネクション呼を扱う回線群では、呼を構成する各コネクションが異なる伝送帯域を要求するため、モジュール毎に帯域の利用状況が異なる。一方、複数モジュールに対してコネクションを同時に設定及び開放するため、帯域の利用状況についてモジュール間で相関が生じる。呼損率を評価するためには、全モジュール内の状態の組み合せで定義される回線群内の状態について定常状態確率を求める手法が考えられるが、モジュール数やモジュール内状態数が増加すると、回線群内状態数が急速に増加して膨大な計算量が必要となる。そこで、モジュールに加わる呼量を調整することによりモジュール間の相関を等価的に表し、モジュール毎に定常状態確率を求めるReduced load approximationによる呼損率近似

計算手法を提案する。更に、モジュール内の定常状態確率の算出には、Knapsack approximationに基づく近似計算手法を提案する。提案手法の近似精度は、数値例における厳密解との比較評価により確認する。

### 第3章 非対称複数コネクション呼の帯域留保

帯域留保の適用により、呼種別呼損率で規定されるサービス品質の要求を満たすことが可能となる。但し、帯域留保は、実質的には呼種別の受付制御であるため、特定呼種に対する過度の容量確保は伝送容量全体の利用効率を劣化させる。そこで、伝送容量の利用効率の劣化を招くことなく、要求品質を満たす適切なパラメータ設定による帯域留保が必要とされる。本章では、全呼種の呼損率が要求値を満たす制約の下で、回線群の使用効率を最大化する帯域留保パラメータの最適化問題を定式化し、線形計画法に基づく解法及び第2章で提案した呼損率計算手法に基づくヒューリスティックな解法を提案する。更に、数値例を用いて、各解法により得られた最適なパラメータ設定による帯域留保の適用効果を評価する。

### 第4章 多段階型複数コネクション呼の呼損率

本章では、B-ISDNにおけるより高度な信号方式を想定し、複数コネクションの段階的な設定及び開放を可能とする多段階型複数コネクション呼について検討する。同時に設定及び開放を行うコネクションの組合せをコネクションセットとして定義し、コネクションセットを単位とした呼損率の評価を行う。各コネクションセットは、非対称複数コネクション呼と同様に、複数モジュールに同時にコネクションの設定を要求するため、モジュール間の相関を考慮した呼損率計算が必要となる。更に、コネクションセットが段階的に設定及び開放されるため、各段階のコネクションセットの設定状況が後段のコネクションセットの設定及び開放に影響を与える。そこで、多段階型複数コネクション呼を扱う回線群内の呼損率評価は、モジュール間の相関とコネクションセット間の相関を考慮する必要がある。Reduced load approximationを用いた呼損率近似計算手法を提案し、数値例にて近似精度を評価する。

### 第5章 状態依存型リソース要求量決定機構の適用

帯域留保や帯域交渉は、網リソースの利用状況に応じて、ユーザからの呼設定要求に対する受付及び帯域割当を制御する機構であるが、本章では、網リソースの利用状況に応じてユーザの呼設定要求自体を制御する機構について検討する。信号方式の高度化や通信端末の高機能化、網内監視技術やユーザ・網間情報転送技術の進展等を背景として、状態依存型リソース要求量決定機構を提案する。状態依存型リソース要求量決定機構では、呼の設定や開放、占有帯域の変更等が生じる度に変化する網内リソースの利用状況を実時間でユーザに通知し、ユーザは通

知された情報に応じて呼設定パラメータを動的に制御する

検討対象とする網モデルは、一対の交換機間を結ぶ即時系回線群とし、網リソースの利用状況は回線群の伝送容量の使用量で規定する。網リソースの利用状況は、提案機構を介して実時間でユーザに通知され、ユーザは、通知された情報を基にパラメータを調整して呼設定を要求する。呼設定パラメータは、要求頻度及び保留時間、占有帯域とし、各パラメータ値は、基本的に網内閑散時にリソース要求量を増加させ、混雑時に減少させるように決定される。リソース要求量の動的制御により、伝送容量の有効利用及び混雑時の呼損率改善が図られ、更に、需要変動時における網に加わる呼量の変動が緩和される効果を解析及び数値評価の結果から確認する。また、状態依存型リソース要求の実現形態例として、網内の輻輳状況に応じて動的に通信価格を変化させて需要の喚起及び抑制を図る価格決定機構を取り上げ、その適用効果について評価する。

#### 第6章 耐障害伝送路網の設計

本章では、回線交換型サービスの要求品質を満たす十分な回線容量を提供する伝送路網の設計手法について検討する。伝送路網の設計では、回線の収容経路を決定する回線ルーティング計画と伝送設備の増設及び廃止を決定する設備計画が必要である。更に、ここでは、伝送路障害時に回線を迂回復旧するレストレーション機能を持つ耐障害伝送路網を対象として、障害時レストレーション計画を含めた総合的な伝送路網計画を扱う。

回線ルーティング計画は、整数計画問題として定式化可能であるが、対象とする網規模の増大に伴い、問題規模が急激に増大する。そこで、多品種フロー問題の有効な解法である IA(Incremental Assignment)法に基づき、大規模な問題にも適用可能な近似最適化手法を提案する。提案手法は、制約条件の追加や最適化指針の変更等に対してアルゴリズムの修正が容易で拡張性が高く、近似精度と処理時間のトレードオフを調整可能な点が特長である。更に、回線ルーティングの最適化結果を設備計画案の評価指標に組み込み、増設・廃止対象伝送路の指定や組合せに関する制約条件を柔軟に考慮可能な設備計画問題を定式化する。定式化された設備計画問題に対して、IA法と遺伝的アルゴリズムを組み合わせた近似最適化手法を提案し、数値例にて提案手法の性能評価を行う。

#### 第7章 結言

結言として、本研究において得られた網設計手法の効果を明確にし、更に、今後の通信網の構築及び運用に関する見通しを示す。

以上