

論文誌掲載論文概要

JORSJ Vol. 47, No. 4
ネットワーク特集号

ネットワーク連結度問題に対するグラフアルゴリズム

永持 仁 (京都大学)

本論文ではネットワーク連結度問題に対する最近の進展について紹介を行う。多くのネットワークの連結度問題は最大流最小カットの定理に基づく考察から最大流アルゴリズムを利用したアルゴリズムにより解くことができるが、最近、最大隣接順序と呼ばれる節点の順序付けを利用することで無向ネットワークにおいてはさらに効率の高いアルゴリズムが設計できることが示されている。特に、 n 、 m をネットワークの節点数、枝数としたとき、極値節点集合問題、カクタス表現問題、辺連結度増大問題、供給点配置問題と呼ばれる問題に対しては $O(mn + n^2 \log n)$ 時間のアルゴリズムが設計できることを示す。この計算時間はネットワークの最小カットの値を決定する現在最良の計算量に等しい。

最小枝付加節点領域枝連結度増加問題

巳波 弘佳 (関西学院大学)

伊藤 大雄 (京都大学)

グラフにおける節点と節点部分集合(領域)との間の連結度を表す概念として、節点領域連結度(NA連結度)というものが提案されている。これは、ミラーサーバが複数配置されたネットワークにおける信頼性を測る概念としても有効である。このNA連結度に関して、与えられたグラフに最小数の辺を付加して所望のNA連結度もしくはNA辺連結度のグラフにする問題が考えられる。本論文では、0-NA辺連結領域グラフを与えられた本数以下の辺付加で1-NA辺連結領域グラフにできるか否かを判定する問題がNP完全であることを示した。また、1-NA辺連結及び0-NA辺連結領域グラフを最小辺数の付加で2-NA辺連結領域グラフにすることは多項式時間で可能であることを示した。

利得付きネットワーク上の最大流問題に対する組合せ的アルゴリズムの概説

繁野麻衣子 (筑波大学)

本論文では、利得付きネットワーク上の最大流問題に対する組合せ的アルゴリズムを系統的に概観する。特に、利得のない伝統的なネットワーク上の最適化問題に対するアルゴリズムとの関係を明らかにすることで、各アルゴリズムの特徴を明確にする。さらに、利得付きネットワーク上の最大流問題に対する強多項式時間アルゴリズムの開発という未解決問題を解く手がかりとなるように、伝統的なネットワーク上の最適化問題に対する強多項式時間アルゴリズムの開発の流れ、その拡張性、また、部分的な問題に対する強多項式時間アルゴリズムの解析方法について概説する。

グリッド・クラスタ計算による大規模最適化問題の求解について

藤澤 克樹 (東京電機大学)

小島 政和, 武田 朗子 (東京工業大学)

山下 真 (神奈川大学)

近年、計算機環境の向上によって、より規模の大きな最適化問題を扱えるようになってきた。本論文では、最適化手法にグリッドやクラスタ計算を取り入れた計算実験結果を紹介する。最適化問題として、非凸二次計画問題、多項式方程式系の根列挙問題、半正定値計画問題の三種類を扱い、解法としてそれぞれグリッド・クラスタ計算を取り入れた解法：逐次凸緩和法、多面体的ホモトピー法、主双対内点法を用いている。グリッド・クラスタ計算がこれらの最適化手法に対して非常に高い効果を発揮し、その結果、1 CPU のみ利用した場合には扱えなかったような大規模最適化問題を解くことが可能になった。

確率過程の安定性を調べるためのいくつかの方法の概観

Serguei Foss (Heriott-Watt University, UK)

Takis Konstantopoulos
(University of Patras, Greece)

本論文は、確率過程の安定性を調べる方法について最新の結果を広い見地から述べたものである。これらは、多くの場合、待ち行列や確率ネットワークモデルへの応用を目指したものであるが、必ずしも、これらへの応用に限定されるわけではない。対象とする確率過程は、再帰的に生成された確率変数列、特に、一般的な完備距離空間を状態とする離散時間マルコフ連鎖である。次の4つの方法について述べ、比較を行う。(i)リヤプノフ関数、(ii)流体極限、(iii)明示的結合 (coupling) (再発生 (renovating) 事象とハリス再帰性を使う)、(iv)単調性。また、定常解の存在や不安定性を調べる方法についても述べる。この論文の目的は、方法について論じることで、例は定理を説明するためのものである。証明は、未発表の新しい結果を含む場合と論旨を理解するために必要とされる場合に与えた。(宮沢政清 訳)

無限供給型の仕事がある単純な再入力ラインの安定性—指数処理時間の場合

Gideon Weiss (The University of Haifa, Israel)

システムが受け入れ可能である限り常に仕事が供給される2ノード再入力型待ち行列ネットワークの安定性、すなわち、系内仕事数の定常分布の存在を調べる。このシステムでは、ノード1に空きがあれば、仕事が供給され、処理される。ノード1で処理を終了した仕事はノード2で先着順に処理され、再びノード1へ送られる。ノード1では、ノード2からの仕事を割り込み型で優先的に処理する。このノード2からの仕事はノード1での処理が完了後システムから退去する。これら3段階の処理時間は、すべて指数分布に従うと仮定する。この種のシステムは、再入力型と呼ばれ、安定となるための条件が通常の待ち行列とは異なる。本論文では、通常の再入力型とは異なり、常に仕事が供給される場合について、システムが安定となるための十分条件を与えた。(宮沢政清 訳)

2ノードマルコフ型待ち行列における人数定常分布の減衰率の上界について

加藤 憲一 (電気通信大学)

牧本 直樹 (筑波大学)

高橋 幸雄 (東京工業大学)

系外からのマルコフ到着過程を持ち、相型分布に従うサービス時間を持つ2ノードの開待ち行列ネットワークで、客が2つのノードを何度でも訪問しうようなノード間の推移規則を持つものを考える。状態を適当に並べ替えることでフェーズ数が無限となる3重ブロック対角構造を持つ推移測度行列を構成し、行列解析法を用いてシステムが安定かつ定常状態にあるとき各ノードの人数の周辺分布が幾何級数的に減衰することを示す。また、減衰率の上界を系外からの到着過程とサービス時間分布のラプラス-スティルチェス変換で記述される方程式の解として与える。この上界は、2ノードジャクソンネットワークやMAP/PH/1→MAP/PH/1直列待ち行列では厳密な減衰率と一致する。

大規模移動体通信網における通話完了確率の上下限

小沢 利久 (駒澤大学)

高橋 成晃 (伊藤忠テクノサイエンス(株))

高橋 幸雄 (東京工業大学)

移動体通信網は非常に多くの基地局から構成されており、また、ユーザが通話を継続したまま基地局間を移動 (ハンドオーバー) できるように、隣接する基地局のゾーンが重複領域を持つように設定されている。そのため、各基地局の状態が相互に関連し、通話完了確率などの性能評価量を求めるためには網全体のモデル化と解析が必要となる。しかし、そのような解析はモデル規模の面から一般には困難である。そこで、本論文では特定の基地局群に注目し、それ以外の基地局では全チャンネルが常に使用中であるモデルと常に空きであるモデルを導入し、それら規模を縮小したモデルに関するいくつかの評価量を用いて元のモデルの通話完了確率の上下限を与える。前者の評価量はシミュレーションなどの標準的な方法によって容易に求められる。また、この方法では注目する基地局の数を適切に選ぶことでモデルの規模と上下限の精度を調整できる。

レギュレータ透過型トラヒックの多重化特性 中村 究, 塩田 茂雄 (千葉大学)

複数のトラフィックフローを入力とする先着順単一サーバ待ち行列を考察する。各トラフィックフローは、トークンバケットのようなレギュレータに対して透過的であり、従って任意時刻までの総トラヒック量には確定的な上限（これを subadditive envelope と呼ぶ）が存在する。このような待ち行列に対し、定常性、独立性のみを仮定することで、subadditive envelope の情報に基づいて、仮待ち時間の補分布の bound が導出できることを示す。さらに、導出した仮待ち時間の補分布の bound を用いて、レギュレータ透過型トラヒックフローの多重化特性を調べる。その結果、マルコフ性を有するトラヒックフローや長時間相関性を有するトラヒックフローに比べて、レギュレータ透過型トラヒックフローは多重化特性に優れる（より大きな統計多重効果が得られる）ことを明らかにする。

対称 WDM リング網における動的波長パス設定法の性能解析

橋 拓至, 笠原 正治
(奈良先端科学技術大学院大学)

本論文では、1本の波長中に複数のラベルスイッチパスを設定できる動的波長パス設定法について検討する。本手法では各ノードの輻輳状態に応じて波長パスが設定され、波長パス保持期間が経過すると解放される。対称 WDM リング網における本手法の性能評価として、低負荷および高負荷トラヒックの場合に着目した二つの待ち行列モデルを考える。具体的には、低負荷トラヒックモデルでは連続時間マルコフ連鎖によって定式化を行い、高負荷トラヒックモデルでは $M/G/1$ と $M/G/c/c$ によるモデル化を行う。両モデルにおいて、性能評価量としてコネクション棄却率および波長利用率を導出する。数値例において性能解析の有効性を示し、効率的な波長パス設定を実現する波長パス保持期間を導出する。

査読者へのお礼

今年度の OR 誌の論文・研究レポート、論文・事例研究の査読を次の方々をお願いいたしました。

ご協力いただきましてありがとうございました。この場を借りて厚くお礼を申し上げます。

(機関誌編集委員会)

朝日弓未, 阿部 誠, 石垣智徳, 乾 孝治, 井上哲浩, 岩井千明, 上田 徹, 大野高裕, 岡太彬訓, 奥瀬喜之, 小澤正典, 加藤直樹, 加藤 豊, 金子武久, 熊倉広志, 栗田 治, 黒田 充, 近藤文代, 今野

浩, 佐藤栄作, 里村卓也, 鈴木秀男, 関 庸一, 高倉 満, 高橋彰子, 田口 東, 田畑智章, 寺崎康博, 照井伸彦, 豊田秀樹, 中江俊博, 中川慶一郎, 中村博, 生田目崇, 羽室行信, 平山克己, 広松 猛, 福島雅夫, 降旗徹馬, 星野直人, 松田芳雄, 三浦英俊, 水野 誠, 宮崎知明, 守口 剛, 森田裕之, 森本康彦, 矢島安敏, 柳井 浩, 山口俊和, 山田昌孝, 吉羽要直

(敬称略)