

審査の結果の要旨

氏名 谷 誠一郎

今日見られる情報化社会の出現には、その基礎として高性能低価格のコンピュータの出現とともに、世界中をつなぐネットワークの存在が欠かせない。広域ネットワーク上で展開される情報通信は、IPプロトコルが基礎とする一対一通信に限らず、一対多・多対一・多対多の多地点間通信のほうがむしろ応用上重要な意味をもっている。本研究では、インターネットのような自律分散的な構成によるネットワークの上で、多地点間通信の問題に対して理論・応用・実用などの多様な切り口で研究を展開した。

まず、現在のインターネットの枠組みの上で、一対多通信の手法の効率化に関する一連の研究を行った。この場合、あるサイズのデータを異なる時刻で配送するファイル配信型の通信と、同時に複数の受信者に同一のデータを連続的に配送するストリーム配信型の通信という、大きく分けて2つの類型が認められる。

ファイル配信型の通信においては、配信するファイルをネットワークの途中のノードにキャッシュとして保存しておき、同じファイルを他の受信者が要求した際に保存してあったコピーを送信することにより、通信コストを削減し効率化する技術が用いられている。本研究では新たなファイルをキャッシュするために破棄されるファイルを選択するアルゴリズムについて研究を行った。コストがサイズに比例する場合に対しては、既存の発見的手法とLRUとをハイブリッドさせることにより、最悪時性能を理論的に保証しながら、平均値性能も良好なものを得られることを示した。コストがサイズに比例しない場合については、ランダムサイズの技法を用いて、従来知られていた最適アルゴリズムよりも格段に計算量が少なく、かつ平均競合比が同じとなるアルゴリズムを提案した。

ストリーム配信型の通信に対しては、IPマルチキャストが持っている問題点を解決した新たなマルチキャストプロトコルを提案した。提案プロトコルはIPの一対一通信を利用して自律分散的にマルチキャストツリーを構築し、参加者やネットワークの変化にも追従することができる。また、悪意のある送/受信者に対する耐性をもつようなプロトコルの改良も示している。さらに、提案プロトコルを実装して日米間にまたがる大規模な実証実験を行い、提案手法の正当性・有効性を検証した。

次に、未来のネットワークにおける多地点間通信に光を当てる研究を行った。すなわち、量子通信・量子計算に基づくネットワーク情報処理環境における問題の一つとして、匿名リーダ選挙問題に取り組んだ。匿名リーダ選挙問題は古典通信・古典計算においては、決定アルゴリズムでは実現不可能、ランダムサイズアルゴリズムでも有限時間で終了を保証することは不可能である。これに対し本研究では、量子通信・量子計算を利用して有限時間で必ず解を出すようなアルゴリズムを提示した。この画期的な成果は、量子コインによるランダム選挙において新たな量子操作を導入することにより、量子状態の非局所性をうまく活用することで得られたものである。

この量子通信における匿名リーダ選挙アルゴリズムは、量子通信において、本格的な多地点間通信問題に始めて光を当てた研究成果である。また、素因数分解など少数の大業績のまわりに群がるように展開されていた従来の量子計算の研究とはまったく素性が異なっており、量子通信・量子計算の世界に新たな光を鋭く差し込むすぐれた業績である。さらに、このアルゴリズムを物理的に実装する準備も進められているようである。

論文全体としては、多地点間通信の自律分散処理という世界の中において現代の技術の改良から未来のネットワークの可能性の探求に至る広角な視野で展開された研究であり、得られた成果はいずれも優れたものである。

よって本論文は博士（情報理工学）の学位請求論文として合格と認められる。