

論文内容の要旨

博士論文題目

Studies on Measurement-Based Path Selection in Multi-Homed Wireless Networks

複合無線環境における計測に基づいたパス選択に関する研究

氏名 梶原 茂

(論文内容の要旨)

インターネットを使用した実時間通信の重要性が高まり、また、有線・無線を含む様々なネットワーク普及によるインターネットへのコネクティビティの増加により、移動中における実時間通信の通信品質を維持することが重要課題となっている。現在、無線ネットワークは通信範囲が拡大し、携帯電話エリアとホットスポットサービスエリアのように異なるネットワークがオーバーラップする環境（マルチホーム環境）が増加している。モバイルホストはこのマルチホーム環境を利用することで異なるネットワーク間を通信の切断なしに移動できると考えられる。しかし、実際はモバイルホストが通信中に異なるネットワーク間を移動した際、IP アドレスの変化により通信が切断してしまう。そこで本論文では、この問題に対して、マルチホーミング機能を持った Stream Control Transmission Protocol (SCTP) をベースプロトコルとして用いる。SCTP はマルチホーミング機能により複数の IP アドレスを扱え、通信中に IP の切り替えや動的な追加・削除を行える。本論文では、この SCTP を用いて、異なるネットワーク間の移動時、特にマルチホーム環境における通信品質を向上させるためのパス選択について論じる。

モバイルホストが異なるネットワーク間を移動する際には IP アドレスの変化による通信の切断以外に次のような問題が生じる。1. マルチホーム環境にあっても実時間通信に適したパスを自動で選択することができない。2. 使用中のパスにおいてパケットロスにより通信品質が低下しても、別のパスを使用して通信品質の低下を防ぐことができない。まう、1つ目の問題に対して、パス選択手法 (PSM) を提案する。PSM では、モバイルホストは特別なコントロールパケットを用いて各パスのボトルネック帯域と Round Trip Time (RTT) を測定して、実時間通信が必要とする通信品質の維持が可能であるかを調査し、各パスの状態を提案したルールによって比較し切り替える。2つ目の問題に対して、通信中のパスの不安定さによる通信品質の低下を防ぐために、マルチパス転送アルゴリズム (MTA) を提案する。MTA では、モバイルホストは通信中に各パスに対して特別なコントロールパケットを定期的に送信することで、各パスのパケットロスを監視する。そして、使用しているパスにおいて実時間通信の通信品質を維持できないほどのパケットロスが生じた場合、別のパスに対しても同じパケットを送信するし、通信品質の低下を防ぐ。このとき、重複データの送信によるネットワークへの負荷を減らすために、どちらかのパスが安定した場合は、そのパスへ切り替える。

本論文ではシミュレーションにおいてこれらの提案方式の評価を行った。その結果、PSM においては、ネットワーク中のボトルネック帯域と RTT を測定することにより、実時間通信に適したパスを自動的に選択できることを確認した。MTA においては、使用中のパスが不安定になった場合、別のパスも使用して通信品質の劣化を防ぐことを確認した。これらの提案方式により、異なるネットワークを移動する際の通信の切断や通信品質の劣化を防ぐことが可能となる。

(論文審査結果の要旨)

本論文は、モバイルホストが異なるネットワーク間を移動する際の、特にオーバーラップエリア（マルチホーム環境）における実時間通信の通信品質を向上させるためのパス選択に焦点をあてている。これまでのモビリティの研究では、ネットワーク中の特別な装置がモバイルホストの移動をサポートするものが主流であった。しかし、本論文では、ホスト間のみでモバイルホストの移動を実現し、実時間通信に対する通信品質を維持している。本論文の主な成果は以下に要約される。

1. マルチホーム環境に着目した上で、これまでのネットワーク中の特別な装置によるモバイルホストの移動に対する問題点を明らかにし、ホスト間が協調してモバイルホストの移動をサポートする必要性を示した。また、モバイルホストが異なるネットワーク間を移動する際に生じる問題点を挙げ、マルチホーム環境を有効に利用することでこれらの問題点を解決でき、実時間通信の通信品質を維持するためにも有効であることを示した。
2. モバイルホストが各パスのボトルネック帯域と Round Trip Time (RTT) を測定し、比較することで実時間通信に最も適したパスを自動で選択する方法を提案した。これまで、モバイルホストは複数のパスを保持していても、各パスの状態を測定するための仕組みを持たなかったため、通信に適したパスを選択して使用することができなかった。また、通信を切断することなくパスを切り替えるための仕組みもなかった。提案方式では、マルチホーミング機能を有した Stream Control Transmission Protocol (SCTP) を用いることで、パス切り替えによる通信の切断を防ぎ、コントロールパケットを各パスに対して定期的に送信することでボトルネック帯域と RTT を測定し、比較することで最も状態の良いパスに切り替える。シミュレーションを通じた性能評価により、常に最も状態の良いパスの選択を自動で行うことができ、実時間通信の通信品質が向上できることを示した。
3. 通信中のパスにパケットロスが生じたとき、もう1つ別のパスも同時に用いて、実時間通信の通信品質の低下を防ぐための方法を提案した。これまで、モバイルホストは、通信中のパスにパケットロスが生じてもそのパスが使用不可になるまで、別のパスを使用することはできなかった。提案方式では、通信中のパスがパケットロスにより通信品質が低下した場合、すぐにもう1つ別のパスにも同じデータを送信することで通信品質の低下を防ぐ。しかし、重複データの送信は、ネットワークに与える負荷が増加してしまう。このため、コントロールパケットを用いて各パスのパケットロスを測定し、安定したパスに切り替えることを行う。この提案方式に対する性能評価より、ネットワークに与える負荷を最小限にし、パケットロスによる通信品質の低下を重複データの送信により補い、その後、安定したパスに切り替えることを示した。

以上のように、本論文は異なるネットワーク間のオーバーラップエリアでの実時間通信の通信品質の維持を目指し、通信品質を維持するためのパス選択手法の提案を行った。さらに、ネットワーク中の特別な装置を用いたモバイルホストの移動に対する問題点の説明やそれに対する代替案の提示、更にはシミュレーションを通じて提案方式の有効性を示した。本論文は学術上だけでなく、今後のモバイルインターネットを実現するための新しいアプローチとしてもその貢献度は大きいといえる。よって本論文は博士（工学）の学位論文としてふさわしいものと認める。