

論文の内容の要旨

論文題目 透過的モバイルネットワークシステムのアーキテクチャに関する研究

氏名 藤田 祥

本研究の目的は、モバイルホストから構成される分散システムの構築と運用に関する課題を解決することである。モバイルホストは安定したネットワークに留まらないインターネットホストである。本論文では以下のような状況を考慮する。第一に、モバイルホストが、到達性が制限されたネットワーク中を移動してオーバーレイアドホックネットワークを構成している状況である。ネットワーク間の到達性は、ファイアウォールやNATなどの機器により通信の開始できる方向が制限されていたり、ネットワークの運用障害やフィルタリングにより完全に遮断されていたりする。第二に、モバイルホストがIEEE802.11のIBSSのような無線リンクを利用する無線アドホックネットワークを構成する状況である。この場合、モバイルホスト間のリンクには双方向性、推移性、安定性があるとは限らない。つまり、我々はホスト間に安定した到達性がないことを前提とした分散システムについて議論する。

現在のインターネットアーキテクチャは、有線リンクとそこから移動しない固定ホストを前提として設計された。したがって、モバイルホストによって引き起こされる、IPアドレスの変更、ホスト間の到達性の変更、リンクブロードキャストの配送範囲の変更その他は系統的には対応されていない。これらの変更によって発生した問題は、個々のアプリケーションによって場当たり的に対応されているのが現状である。また、Mobile IPなど、これらの問題を部分的に解決するプロトコルが提案されているが、これらのプロトコルでは特定のホストへの安定した到達性を仮定しているため本研究の前提とする状況には適用できない。我々は、今後モバイルホストがインターネットの主要ホストになっていくことを考慮すると、モバイルホストが引き起こす変更を系統的に対応する新しいアーキテクチャが必要だと考える。

本論文では現在のインターネットアーキテクチャを拡張し、リンク層とネットワーク層の間に新たにリンク補完層を導入する。リンク補完層は、ネットワーク以上の層に対し、分散システム内のホストを含む、ブロードキャスト可能な仮想リンクを提供する。この仮想リンクの上では、アプリケーションはあるホストに対する一貫したIPアドレスによるユニキャスト送信と一貫したリンクローカルマルチキャストIPによるマルチキャスト送信が利用できる。これにより、現在のインターネットアーキテクチャのために作られた既存のプロトコルを再利用して分散システムがモバイルホスト上に構築できる。またリンク補完層は、ネットワーク以下の層に対し、他のホストへの到達性と品質の変化に適応する経路制御と中継機構を実装する。リンク補完層が分散システム内のモバイルホスト全体の到達性の維持に必要な処理を集約して実装しているため、複数のアプリケーションが独自に実装しなくても同じ機能を共有できる。特に、無線アドホックネットワークのリンク品質を評価するために、各モバイルホストが観測したフレームの時刻を同期するための手法を提案する。この手法によりリンク間の干渉や競合を検出に十分な精度の分散観測が可能になる。我々は提案アーキテクチャに基づくネットワークを実装し、被災地向けの情報収集システム内で実際に運用を行った。これにより、提案アーキテクチャがモバイルホスト上の分散システムの構築に適していることを実証した。

本論文の貢献は以下の通りである。第一に、モバイルホストが到達性に制限があるネットワーク間を移動した場合の問題と無線アドホックネットワークの問題から、時間変化する有向グラフ上の経路制御という本質的な問題を抽出して解決した。これにより、両者とその混合ネットワーク上の到達性の問題を統一的に解決した。第二に、移動透過性を扱った既存研究がモバイルホスト、あるいはMobile IPのHome Agentのような中継ノードに安定した到達性があることを仮定していたのに対し、本論文では到達性に制限があるネットワーク間をモバイルホストが移動した場合の問題を扱って応用範囲を広げた。また、モバイルホストが協調して経路制御と中継を行った場合にモバイルホスト内の到達性を回復できる条件を明らかにした。第三に、モバイルホストによって通信リンクの設計の自由度が上がっても従来通りの一貫したインターフェースを提供できることを示した。

最後に提案したアーキテクチャに基づくシステムの実装し、実際のシステム内での運用に基づく考察を行った。その過程で無線アドホックネットワークの運用上の問題解決に役立つ分散観測手法を提案し、その動作を実証した。モバイルホストが主要なホストになる将来のインターネットにおいて重要なこれらの貢献によって、我々は将来のインターネットアーキテクチャが取るべき設計指針を示した。