

平成 21 年 4 月 30 日現在

研究種目：若手研究 (B)

研究期間：2007～2008

課題番号：19700063

研究課題名 (和文)

端末間の自律的な協調動作による効率的なネットワークモビリティ制御手法

研究課題名 (英文)

An Efficient Network Mobility Management Scheme based-on Autonomous  
Collaboration between Mobile Terminals

研究代表者

河野 圭太 (KAWANO KEITA)

岡山大学・総合情報基盤センター・助教

研究者番号：40397899

研究成果の概要：バスや電車内に設置されたネットワークのように、それに接続する端末数が多い“ネットワーク”が移動する環境では、その移動に伴う通信の断絶を回避するための制御メッセージが同時多発することにより、ネットワーク全体としての通信品質が劣化する。本研究では、端末間で自律的な協調動作をすることにより、この影響を最小限にとどめる手法を提案し、その有効性を確認した。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007 年度	1,000,000	0	1,000,000
2008 年度	700,000	210,000	910,000
年度			
年度			
年度			
総計	1,700,000	210,000	1,910,000

研究分野：情報ネットワーク学

科研費の分科・細目：情報学・計算機システム・ネットワーク

キーワード：モバイルネットワーク技術・ネットワークプロトコル

### 1. 研究開始当初の背景

昨今の急速な情報通信技術の発展に伴い、いついかなる場所においても高品質なブロードバンド通信を利用できるネットワーク環境の構築が強く求められている。このための基盤技術としてモバイル IP 技術が注目されているが、より高品質なブロードバンドモバイル通信を実現するためには、端末が接続先を切り替えるときに生じる通信品質の劣化（パケットロス）を最小限にとどめる技術（マイクロモビリティ制御技術）に関する様々な課題を解決する必要がある。

本研究では、今後移動端末の数が急速に増えていくことが予想されるため、そのような課題の1つとして、システムスケーラビリティに関する課題に注目し、制御端末数の増大に伴う制御効率の劣化を抑制することにより、大規模なモバイルネットワークにおいても目的とする高品質ブロードバンド通信を安価で実現する高度マイクロモビリティ制御手法について検討した。

### 2. 研究の目的

バスや電車内に設置されたネットワークの

ように、それに接続する端末数が多い“ネットワーク”が移動する環境では、その局所的な移動に対するモビリティの制御を依頼するルータ（モビリティ制御ルータ）を変更しなければならないような移動をした場合に、それを通信相手の端末に通知するための多数の制御メッセージが同時発生し、結果として多量のパケットロスを生じさせる。

本研究では、端末間で自律的な協調動作を行うことにより、この影響を最小限にとどめる手法を提案する。本研究では、以下の2つの方針により、この実現を目指す。

#### (1) 複数モビリティ制御ルータを利用した分散制御

大規模なネットワークでは、移動端末や移動ネットワークのモビリティを制御するためのモビリティ制御ルータを、ネットワーク内に複数配置し、分散制御を実施することが必要である。このとき、ネットワーク内に制御範囲が広いモビリティ制御ルータと制御範囲が狭いモビリティ制御ルータを配置し、その能力に合わせた移動端末や移動ネットワークの制御をさせることで、効率的なモビリティ制御が可能になる。

本手法では、移動ネットワーク内に存在する各移動端末が、周囲の通信状況に応じて、それぞれ制御範囲が異なるモビリティ制御ルータを選択する手法を確立する。これにより、制御範囲の境界で発生するモビリティ制御メッセージを分散的に処理することが可能になり、パケットロス数の削減が期待できる。

#### (2) 制御メッセージ発生タイミングの分散化

移動ネットワーク内に非常に多数の移動端末が存在するような環境では、(1)の手法だけでは十分な通信品質の確保が実現できない。

そこで、本手法では、各移動端末が、同一移動ネットワーク内の他の移動端末の通信状況を考慮し、自身の制御メッセージの発生を自律的かつ協調的に調整することにより、効率的なモビリティ制御を実現する手法について検討する。

### 3. 研究の方法

#### (1) 複数モビリティ制御ルータを利用した分散制御

各移動端末が周囲の通信状況を的確に把握し、自身にとって最適なモビリティ制御ルータを選択できるようにするためには、全移動端末が各自の通信状況の詳細を他の移動端末と頻りに交換し合う必要がある。しかしながら、これに要する制御コストが非常に高くな

り、かえって通常時の通信品質を劣化させる要因となることが予想される。

そこで、本研究では、各移動端末が周辺通信状況の概要を把握し、それに基づいて、自身にとって適していると思われるモビリティ制御ルータを選択することを可能とする手法の構築を目指した。

また、本研究が対象とするような大規模なネットワークにおいて実証実験を実施するのは困難であるため、計算機シミュレーションによって本手法の性能を評価した。

#### (2) 制御メッセージ発生タイミングの分散化

一般的に、通信量の多い端末と少ない端末とでは、ハンドオーバーによる通信断絶からの回復時間に対する要求品質が異なる。通信量の多い端末ほどハンドオーバー後に次のパケットが到着するまでの時間間隔が短いことが予想されるため、早急な通信の回復が期待される。

そこで、本研究では、通信量の多少に応じて通信回復のための制御メッセージの生成タイミングを制御することにより、制御メッセージの同時多発数を削減し、制御負荷の増加に伴うパケットロス数の削減を目指した。これを実現するため、次のパケットが到着するまでの時間をある程度正確に見積もる手法を考案した。

また、(1)と同様に、計算機シミュレーションにより本手法の性能を評価した。

### 4. 研究成果

#### (1) 複数モビリティ制御ルータを利用した分散制御

多数の移動端末や移動ネットワークのモビリティ制御を分散的に行うために、制御範囲が広いモビリティ制御ルータと制御範囲が狭いモビリティ制御ルータをネットワーク内に分散配置し、通信量が多く、ハンドオーバーの影響を受けやすい移動端末を制御範囲が広いモビリティ制御ルータで、通信量が少なく、ハンドオーバーの影響を受けにくい移動端末を制御範囲が狭いモビリティ制御ルータで管理することが有効である。

これを実現するためには、上述したように、各移動端末が周囲の通信状況を的確に把握できる仕組みを、制御コストを抑えて実現する必要がある。

本研究では、移動ネットワーク内の全ての通信が移動ルータを経由することに着目し、移動ルータにおいて全移動端末の通信量の平均値を算出し、その値を通常より全移動端末に対してブロードキャストされている制御メッセージに相乗りさせることにより、制御コ

ストを著しく増加させることなく、全ての移動端末が周囲の通信状況の概要を把握する手法を提案した。

また、その値に基づき、各移動端末が自身の制御ルータを選択する手法についても提案した。本手法では、平均通信量よりも自身の通信量の方が高い移動端末が制御範囲の広いモビリティ制御ルータを、平均通信量よりも自身の通信量の方が少ない移動端末が制御範囲の狭いモビリティ制御ルータを選択することとした。また、これらの処理を各移動端末が自律分散的に実行することにより、集中制御に伴う制御コストの増大を伴わない仕組みを考案した。

図1、2に、等確率で制御範囲の広いモビリティ制御ルータと制御範囲の狭いモビリティ制御ルータを選択させる手法（従来手法1）と固定確率（1:2.5）で制御範囲の広いモビリティ制御ルータと制御範囲の狭いモビリティ制御ルータを選択させる手法（従来手法2）と提案手法を比較した結果を示す。図1は接続移動端末数を増加させた場合の平均パケットロス数、図2はその際の制御範囲の広いモビリティ制御ルータの使用率である。

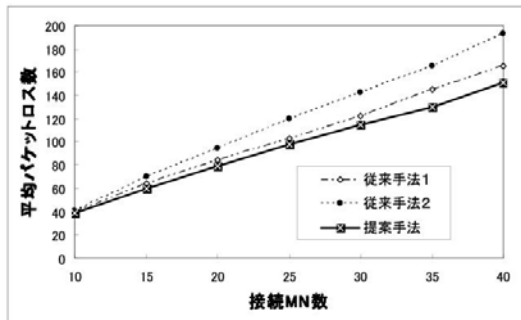


図1 パケットロス数

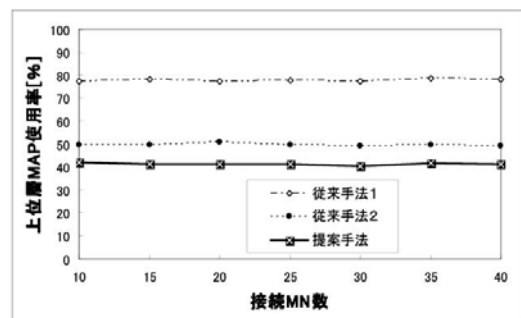


図2 使用率

図1、2より、従来手法1と比較して、提案手法は、制御範囲が広いモビリティ制御ルータ（上位層MAP）の使用率を大幅に抑えつつ、平均パケットロス数も低減できていることが分かる。また、従来手法2と比較して、制御範囲が広いモビリティ制御ルータの使用率を抑えつつ、平均パケットロス数も大幅に低減でき

ていることが分かる。

これらの結果より、提案手法が制御範囲の異なるモビリティ制御ルータを効果的に使い分けることにより、移動ネットワークに接続する端末数の増加に伴う通信品質の劣化を抑制できることが分かる。

また、今回の研究では、端末の通信量のみに着目したが、今後はQoSなどの指標も含め、より高度な分散制御を効率的に実現する手法を検討する必要がある。

## (2) 制御メッセージ発生タイミングの分散化

多数の移動端末が接続された移動ネットワークがモビリティ制御ルータをまたがるハンドオーバをする際には、それらの移動端末からホームネットワークや通信相手端末へ送られる制御メッセージが同時多発的に発生し、一時的な制御処理負荷増大の結果として、通信品質の著しい劣化が生じる可能性がある。

本研究では、各移動端末が自身の通信量に基づいて制御メッセージの生成タイミングを遅らせることにより、制御メッセージの同時発生を抑制し、この問題を回避する手法について検討した。

パケットが等間隔で到着すると仮定すると、移動ネットワークがハンドオーバをした後に、次のパケットが移動端末宛に送られてくるまでの時間は、それまでの通信量から算出したパケット到着間隔の期待値で表される。本手法では、制御メッセージの生成時期を、この期待値の時間遅らせることにより、各移動端末の通信品質を著しく劣化させることなく、全体としてのパケットロス発生数を低減する。

図3~5に、制御メッセージの発生タイミングを操作しない手法（従来手法）と提案手法を比較した結果を示す。図3~5は接続移動端末数を増加させた場合の平均パケットロス数である。図3は通信量が多い、普通、少ない移動端末の割合が0:3:7の場合、図4はその割合が1:3:6の場合、図5はその割合が2:3:5の場合の結果である。

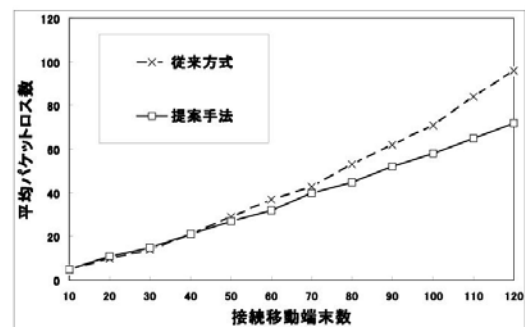


図3 パケットロス数 (0:3:7)

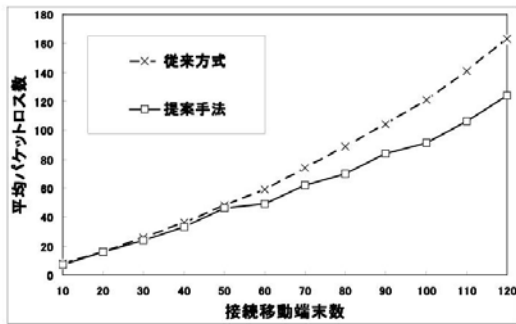


図4 パケットロス数 (1:3:6)

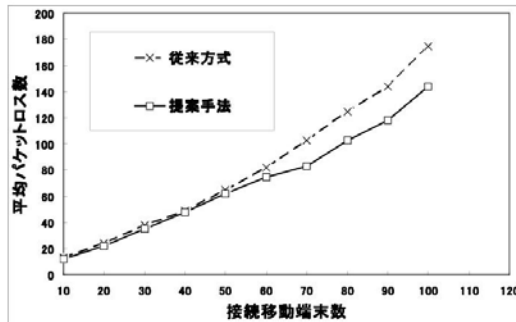


図5 パケットロス数 (2:3:5)

図3~5より、従来手法と比較して、提案手法は、接続移動端末数が増加するに従い、平均パケットロス数を低減できていることが分かる。これは、通信量が少なく、ハンドオーバーの影響を受けにくい移動端末が自身の制御メッセージの生成タイミングを遅らせることにより、通信量が多く、ハンドオーバーの影響を受けやすい移動端末の制御メッセージが早期に処理されるようになったためである。

また、図6に各移動端末の平均通信量の違いごとにクラス分けをした際の結果を示している。図6も接続端末数を増加させた場合の平均パケットロス数である。

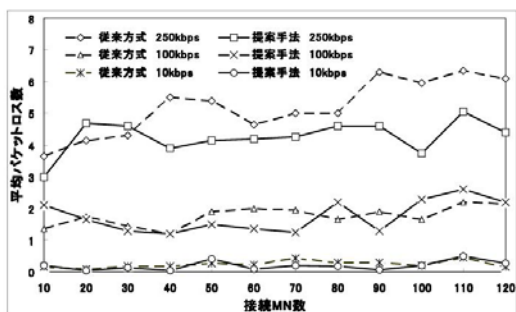


図6 パケットロス数 (クラス別)

図6より、通信量が多い移動端末に関しては、従来手法と比較して、提案手法の平均パケットロス数が低減されている一方で、通信量が普通の移動端末、少ない移動端末に関しては、従来手法と提案手法の平均パケットロス数にほとんど差がないことが分かる。この結果よ

り、提案手法は、通信量がさほど多くない移動端末に対して悪影響を与えることなく、通信量の多い端末に対して通信品質の向上を実現できることが分かる。

本研究においても(1)と同様に、通信量の多少のみを指標として研究を進めたが、今後のネットワークにおいてはQoSなどの指標も考慮することが非常に重要であると考えられるため、本手法においても、これらの指標を総合的に判断した制御メッセージのタイミング制御が重要になると考えられる。

また、本手法は(1)の手法と相反する手法ではなく、状況に応じて(1)と共存させたり、使い分けたりすることが可能である。様々な状況に応じて、各手法をどのように使い分けていくかを検討することも必要である。

NGNの登場などにより、固定網、移動網を問わずに、高度なネットワーク制御を安価に提供することが必須になると考えられる。

本研究の成果は、All-IP化が進む今後のネットワークにおける構成要素として、応用されることが期待される。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計1件)

- ① K. Kawano, K. Kinoshita, and N. Yamai, "A Distributed Network Mobility Management Scheme for Hierarchical Mobile IPv6 Networks," IEICE Transactions on Communications, vol. E91-B, no. 7, pp. 2272-2278, July 2008. (査読有)

[学会発表] (計5件)

- ① 浜口 航, 河野 圭太, 木下 和彦, 山井 成良, "〔奨励講演〕大規模移動ネットワークのためのモビリティ制御メッセージ送信タイミング制御手法," 電子情報通信学会 ネットワークシステム研究会, 兵庫県神戸市, 2008年12月19日.
- ② 浜口 航, 河野 圭太, 木下 和彦, 山井 成良, "大規模移動ネットワークのための経路制御メッセージ送信待ち時間制御手法," 平成20年度電気・情報関連学会中国支部第59回連合大会, pp. 294-295, 鳥取県鳥取市, 2008年10月25日.
- ③ 関谷 章仁, 河野 圭太, 山井 成良, "無線メッシュネットワークにおける通信量を考慮した優先度制御方式," 平成20年度電気・情報関連学会中国支部

第 59 回連合大会, pp. 65-66, 鳥取県鳥取市, 2008 年 10 月 25 日.

- ④ K. Kawano, K. Kinoshita, and N. Yamai, ``A Distributed Mobility Management Scheme for Large-Scale Mobile Networks,`` in Proceedings of the 33rd IEEE Conference on Local Computer Networks (LCN 2008), pp. 500-501, Montreal, Quebec, Canada, Oct. 15, 2008.
- ⑤ 浜口 航, 河野 圭太, 木下 和彦, 山井 成良, ``ネットワークモビリティの効率的な分散制御のためのアンカーポイント選択手法,`` 電子情報通信学会 ネットワークシステム研究会技術研究報告, NS2007-132, pp. 13-18, 沖縄県名護市, 2008 年 3 月 6 日.

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

河野 圭太 (KAWANO KEITA)  
岡山大学・総合情報基盤センター・助教  
研究者番号: 40397899