

3G-02

# 無線マルチホップアクセス網における ハンドオーバーおよび経路制御方式\*

中川 智尋, 太田 賢, 吉川 貴, 磯田 佳徳, 杉村 利明†  
NTT ドコモ マルチメディア研究所‡

## 1 はじめに

移動通信技術の発展はめざましく, 第 3 世代のセルラーサービスに加え, 無線 LAN や Bluetooth によるホットスポット型ネットワークも実現しつつある。さらに, 一時的に集合した端末が局所的にネットワークを形成するアドホックネットワークの研究開発も盛んである。

偏在するアドホックネットワークを閉じたネットワークとして利用するだけでなく, セルラーやホットスポットネットワークへのアクセス網として機能させることで, 移動通信ネットワークへの無線マルチホップアクセスが可能となる。この新しいアクセス方式は, 既存の移動通信ネットワークの通信エリアを拡大すると共に, 任意の無線インターフェースを有するデバイスが異種ネットワークに接続することも実現する。

本稿では, 経路制御メトリックとハンドオーバー制御メトリックを併用した「複合メトリック」による制御方式を提案する。また, 計算機シミュレーションにより提案方式がスループット向上に有効であることを示す。

## 2 無線マルチホップアクセス

無線マルチホップアクセスの利点は以下の二点である。第一の利点は, スループット向上と通信エリアの拡大である。セルラーネットワークでは, 地下やビル内等, 局所的に電波状態の悪い場所がある。また, ホットスポットの通信エリアは限定的である。アドホックネットワークを利用したマルチホップ接続により, セルラーネットワークのデッドスポットをカバーし, ホットスポットの高速通信がエリア外でも利用可能となる。

第二の利点は, 異種ネットワークへの接続である。あるデバイスの無線インターフェースではアクセスできない移動通信ネットワークに対して, 周囲のデバイスを介して間接的に接続可能となる。

## 3 提案方式

### 3.1 ネットワークモデル

前提とするモデルを図 1 に示す。通信ノード (CN) はアクセスルータ (AR) で移動通信ネットワークに接続し, インターネット上の通信相手ホスト (CH) と通信する。

移動ノード (MN) は移動通信ネットワークとアドホックネットワークに接続するための 2 つ以上の無線

インターフェースを有する。マルチホップ経路において, AR へのラスト 1 ホップを中継する MN をゲートウェイノード (GN) と定義する。

MN は Mobile IP, Cellular IP およびアドホックルーティングプロトコルを搭載し, 異なる AR へのハンドオーバーや MN 間でのマルチホップ通信における経路制御をサポートすることにより, 各端末の移動に応じて動的に経路を変更しつつ通信を行う。

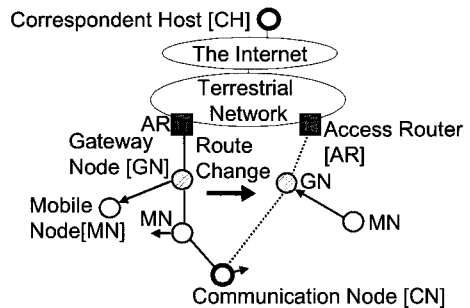


図 1 ネットワークモデル

### 3.2 従来技術の課題

無線マルチホップアクセスを実現する従来方式 I [1], II [2] では, MN-AR 間の経路をアドホックルーティングプロトコルによって制御し, GN-AR 間のハンドオーバー制御を利用しない。方式 III [3] はアドホックネットワーク内では方式 II と同じく DSR を利用している。MN は任意の GN が中継したメッセージを受信した際にその GN に登録する方式をとるが, GN の選択方法に関しては言及していない。

方式 IV [4] は, GSM のハンドオーバー制御をベースとしている。MN が AR へ直接接続する場合の MN-AR 間の電波状況とマルチホップ接続する際の隣接 MN との電波状況を比較し経路を選択する。アドホックネットワークの経路制御は利用しない。

既存のハンドオーバー制御方式は, GN と AR 間の電波状態に応じた高精度な制御を実現する。また, アドホックルーティングプロトコルは, アドホックネットワーク内での最適通信路を設定する。無線マルチホップアクセスにおいては, どちらか一方の既存方式に依存するのではなく, 両方式の利点を活かしてハンドオーバー制御および経路制御を行うことが必要である。

### 3.3 複合メトリック

提案方式では, GN を選択する際に「複合メトリック」を利用する。複合メトリックとは, アドホックネット

\*Handover and Route Control in Wireless Multihop Access Networks

†Tomohiro Nakagawa, Ken Ohta, Takashi Yoshikawa, Yoshinori Isoda, Toshiaki Sugimura

‡Multimedia Laboratories, NTT DoCoMo, Inc.

ワークの経路制御メトリックとハンドオーバー制御のメトリックを併用する新しい通信路制御メトリックである。

MNがGNを選択する際、アドホックネットワーク経由でGNの電波状況を示すハンドオーバー制御メトリックを収集する。MNはアドホックネットワークの経路制御メトリックと、収集したハンドオーバーメトリックを併用するため、良好な電波状態であると同時に経路の最適なGNを選択してARへ接続することが可能である。経路選択アルゴリズムの一例を図2に示す。

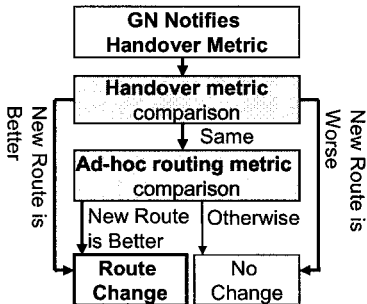


図2 経路選択アルゴリズム

## 4 評価

### 4.1 比較方式

評価する方式を以下に示す。

#### □シングルホップ (Single Hop)

マルチホップ経路を利用しない従来の通信方式に関して、比較のために評価を行った。

#### □即時登録方式 (Instant Registration)

既存方式III[3]に準ずるDSRベースの方式であり、GNの選択に関するポリシーは設定しない。

#### □提案方式

アドホックルーティングプロトコルにはDSRを利用した。ハンドオーバーメトリックには電波状態に従って区分した受信レベルを利用し、アドホックネットワークの経路制御メトリックとしてホップ数を利用した。

### 4.2 シミュレーションモデル

シミュレーションに利用したモデルを図3に示す。ホットスポットを提供する2つのARと多数のMNが矩形エリアに存在する。ARは $[x,y]=[100,100],[350,100]$ に配置する。ランダムに選んだ1つのMNを通信ノードに指定し、通信ノードは外部の通信相手ホストと一定レート(600[kbps])で100[s]の間、UDPパケットを送信する。

MN同士の通信にはBluetooth、MNとARの通信には無線LANを想定し、それぞれの到達距離はほぼ100[m]、50[m]とした。無線LANとBluetoothの無線特性には距離に応じたパケットロス率・Maximum Transfer Unit (MTU)・通信速度を反映した簡略化モデルを用いた。

### 4.3 結果と考察

図4は各方式のスループットを示している。提案方式は即時登録方式に対してそれぞれ25.3-55.9[kbps]の向上がみられる。この結果は、複合メトリックによりGNを選択し安定な通信路を設定した効果である。

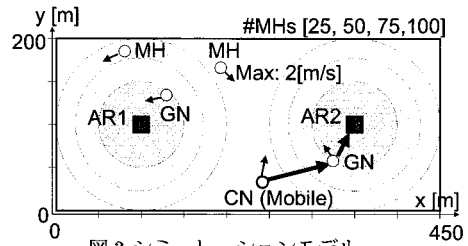


図3 シミュレーションモデル

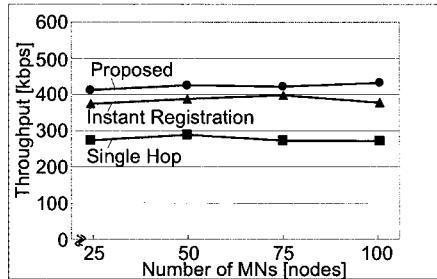


図4 スループットの向上

なお、CN-AR間の経路長を比較すると、提案方式では、即時登録方式に対して0.25ホップ程度長い経路を設定している。これは、即時登録方式では不安定な経路であってもARへの直接リンクを採用するのに対し、提案方式では不安定な経路を採用せず、安定なGNを介したマルチホップの経路を利用することに起因する。しかし、その差異はわずかであり、遅延に厳しいデータ通信アプリケーションであれば、許容範囲であると考えられる。

## 5 おわりに

本稿では、移動通信ネットワークへの無線マルチホップアクセス方式において、ハンドオーバー制御及び経路制御のための複合メトリックを提案し、シミュレーションによりスループット向上を確認した。

今後は、マルチホップアクセスを行う通信ノードが増加した際のスケラビリティや、マルチホップアクセスを行う際の認証・課金方式に関して検討を行うと共に、実装により動作検証を行う。

## 参考文献

- [1] Hui Lei and Charles E. Perkins, "Ad Hoc Networking with Mobile IP," Proc. of EPMCC '97, 1997.
- [2] Josh Broch et al., "Supporting Hierarchy and Heterogeneous Interfaces in Multi-Hop Wireless Ad Hoc Networks," Proc. of the Workshop on Mobile Computing, I-SPAN, June 1999.
- [3] Rahul Bhan et al., "Adding Ad Hoc Network Capabilities to Cellular IP," [http://www.columbia.edu/~ap714/CIPDSR\\_Project\\_Final.Paper.htm](http://www.columbia.edu/~ap714/CIPDSR_Project_Final.Paper.htm).
- [4] George Neonakis Aggelou and Rahim Tafazolli, "On the Relaying Capability of Next-Generation GSM Cellular Networks," IEEE Personal Communications, February 2001.