エージェントによる異種網シームレスローミング

- ローミング手法と評価 -

光延 秀樹，中川 格，飯塚 史之，藤野 信次
富士通研究所†

1. はじめに

我々はエージェントによりユーザにとって常に最適な網選択を行なう異種網シームレスローミングシステムを開発した[1]。

本システムでは、端末が既存のどのネットワークに移動した場合でもセッション継続を可能にするため、Foreign Agent を端末に置く Co-Located Mobile Node による MobileIP を使用している。さらにネットワークの差異を吸収するため Network Agent (NA)と呼ぶエージェントがアクセス網の設定や制御を行なう。NA の制御手法はローミングに要する時間に影響を与える。

ローミング性能はローミング時間だけでなく、いかにユーザにとって最適な網に切り替えられるかが重要である。網の選択例として帯域による決定などの手法がある[2]。本稿ではより汎用的に、複数の網から最適な網を選択する方法と、ローミング時間の短縮方法とその評価について述べる。

2. ユーザ嗜好にあった接続形態の決定方法

NA は以下の順に絞り込みながら、どの網を使用してどこに接続するか等の接続形態を決定する。

a) 利用可能な網の抽出

NA はデバイス装着状態変化（Plug&Play; PnP)と、各デバイスで使用できる網の圏内/圏外情報を監視して、各時点で利用可能な網を検出する。圏内/圏外変化を検出した場合次の段階に進む。

b) 接続先候補となる ISP/AP の抽出

ネットワークプロファイルを参照し、利用可能な網のアクセスポイントを提供しているプロバイダ(ISP)を抽出し、網ごとに接続先候補となるアクセスポイント(AP)を抽出する。

c) 各組の帯域とコストの計算・比較

前段階で抽出した網と AP の各組み合わせに対し、ユーザの嗜好情報に従って帯域とコストを比較し最適なものを決定する。コスト計算は、網と AP で決まる通信料と ISP アクセス料の合計額で比較する。パケット課金や時間課金など課金体系が異なる網の通信料を比較する場合は理論帯域とパケット単価から時間課金に換算し比較する。

d) 接続/ローミング手順の決定

前段階で決定した網と AP の組み合わせを基に接続手順を決定する。後述するローミング時間短縮手法はこのローミング手順決定の際に適用される。

3. ローミング時間

一般的に IP 通信を前提とする異種網シームレスローミングにおける処理時間は表 1 に示すように、３つに分類できる。(1)は端末がローミングすべきネットワークの圏内に入ってからローミングが開始されるまでの時間であり、(2)はローミング前後でネットワークを切り替えるのに要する時間（ハンドオフ時間)、(3)は、TCP の再送待ち時間のために、ローミング後に実際にデー

表 1. シームレスローミングにおける処理時間の区分

内訳		時間区分		処理内容
1	網状態変化検出・新たな網の判定	a	網圏内に入った後、ローミングを開始するまでの時間	・圏内（電波）の検出 ・ローミング先の網デバイスの選択
2	網の接続と切断	b	ローミング元の網の切断に要する時間	・リンク切断 ・IP アドレス開放
		c	ローミング先の網の接続に要する時間	・リンク確立 ・IP アドレス獲得
3	網の切替後に通信が再開されるまでの時間	d	MobileIP の登録に要する時間	・ルーティング設定 ・MobileIP 登録
		e	アプリケーションが通信を再開するまでの時間	・TCP の再送待ち

Seamless Roaming across Heterogeneous Networks supported by Agents – Method and Evaluation –

† Hideki Mitsunobu, Itaru Nakagawa, Fumiyuki Iizuka and Nobutsugu Fujino
Fujitsu Laboratories

タ通信が再開するまでに要する時間である。

例えば、Windows 環境において無線 LAN の圏外に出て携帯電話へローミングする場合は以下の時間を要する：

- OS の無線 LAN 圏外検出に約 25 秒(a)
- 携帯電話のダイヤルアップ接続に約 30 秒(c)

この間、TCP は ACK が戻らなくなるために再送タイマが増大し、MobileIP 登録後の通信再開に最大 60 秒程度の遅延が発生する(e)。

ローミング時間の短縮のためには、これらの遅延要素を排除する工夫が必要である。

4. ローミング時間短縮手法

本システムでは、表１のうち、既存の網に影響を与えずに短縮可能な部分(a,b,c,e)の処理を最適化し、ローミング時間を短縮した。d については階層化 MobileIP を適用する等により短縮可能であるが、既存の網に影響を与えるために今回は考慮の対象外とした。

以下に今回適用したローミング手法を示す：

(1) 網状態の変化検出時間(a)の短縮

NA により予め網の電波強度を検出し、実際のローミング開始タイミングを早める。

(2) 網の切断・接続時間(b+c)の短縮

NA が同時に１つの網しか制御できないと、ローミング元の網を切断してからローミング先の網へ接続を行なう方法しか取れない。その場合、リンクの切断・接続処理に時間を要し、無通信時間が増大する。そこで本システムでは NA が同時に複数の網を制御できるようにし、以下の改良を行なった。

- 切断・接続処理の順序を変更し、ローミング先の網接続を完了してからローミング元の網の切断を行なう
- 常時接続可能な無線網は、バックアップリンクとして予め接続しておく

(3) 網切り替え後の通信再開時間(e)の短縮

再送タイマに制限を設けた無線用 TCP[3]を端末と Mobile IP の HA (Home Agent)に適用し、網切り替え後の通信再開を速やかに行わせる。

5. 評価

本システムにおけるローミング時間を評価するため、無線 LAN(802.11b)から携帯電話(PDC)へのローミング時間を測定し、本システムで用いた最適化手法と従来方式を比較した。10 回測定し平均を取った（表 2)。

表 2. ローミング時間の比較 (単位:秒)

	(a)	(b+c)	(d)	(e)	合計	無通信時間
最適化なし	25.7	31.1	0.7	46.1	105.6	77.9
最適化あり (バックアップリンク使用)	1.7	0.0	0.7	2.1	4.5	2.1

網状態の変化検出時間(a)の削減は、NA が独自に電波強度を検出した効果である。リンク確立時間(b+c)は、バックアップリンクの使用により 0 秒となる。TCP 再送時間(e)は、最適化後も約２秒かかっているが、これは PDC 網の網内遅延時間に影響を受けたものであり、Round Trip Time(RTT)が 1.5 秒ある事が原因と考えられる。

本方式を用いることにより、ローミング時間は最適化を用いない場合の平均 105.6 秒から 4.5 秒に短縮でき、無通信時間は 2.1 秒となった。

6. まとめ

開発したエージェントによる異種網シームレスローミングシステムに適用したローミング手法について述べ、その評価を行なった。その結果、既存の網に影響を与えずにローミング時間を実用レベルまで短縮できることを示した。

なお、本成果は当社製品に適用されている。

参考文献

[1] 飯塚ほか,“ネットワーク自動選択エージェントを用いた異種網シームレスローミング”，モバイルコンピューティングとワイヤレス通信研究会(MBL)第 24 回報告会，2003

[2] 大森ほか,“モバイル IPv4 による異なるメディア間でのハンドオーバーの実現”，マルチメディア通信と分散処理ワークショップ，2002

[3] 原ほか,“携帯電話網での Wireless Enhanced TCP の実装”，DICOMO2001 シンポジウム，2001