

Nomadic Agent を利用して利用者を追跡する手法の提案

井上 真吾[†] 柿田 博幸[†] 八木 啓介[†] 屋代 智之[†]

[†] 千葉工業大学工学部

あらまし：本研究の目的は、ソフトウェアとモバイル端末のみを用いて、歩行者にリアルタイムかつ地域に密着した情報提供を行うことである。

歩行者向け情報提供サービスの問題として、リアルタイム性に欠け、地域に密着した情報提供ができないと言った点や、地域によってはインフラが無いなどの理由で、利用者は情報を入手できない状況があることが挙げられる。また、提供される情報やサービスが多様化する中、利用者が同時に多目的な情報を要求する状況や、多数箇所の情報を要求する状況が考えられる。

そこで、近年アドホックネットワーク形成と、モバイルエージェント [1] を用いたサービスの提供手段が検討されている。モバイルエージェントがその地域で発生する情報を収集し、利用者に伝えることで、リアルタイムな情報提供サービスが行えらる。また、アドホックネットワークを形成できるだけの人口密度がある場所であるなら、インフラの有無にも左右されない情報提供サービスが行えらる。

しかし、情報を収集するモバイルエージェントが利用者に戻るまでの間に、利用者が移動してしまうと、情報を利用者に渡すことができないという問題点が考えられる。

本論文では発生した地域に情報を残し続ける NA(Nomadic Agent)[2] を用いて、利用者の移動軌跡をマーキングすることで、情報を収集したエージェントが利用者を追跡し、情報を正しく利用者に提供する方式を提案する。

Proposal of user tracking method using Nomadic Agents

Shingo Inoue[†], Hiroyuki Kakita[†], Keisuke Yagi[†] Tomoyuki Yashiro[†]

[†] Chiba Institute Of Technology

Abstract : In this paper, we propose a method of providing the location oriented information to pedestrian at a specific area on real-time using only mobile terminals and software.

The Location Based Information Services provided to pedestrian have many problems such as poor real-time characteristics and weak relation to the location. And user could demand on getting information at many places on multipurpose and real-time. Therefore we consider about effect of a method of providing information that uses ad-hoc networking and Mobile Agent. Location oriented information could be provided on real-time by this method. And that could provide many information without infrastructure if there are enough people to form ad-hoc network. However, there is a problem that Mobile Agent can't provide information to that user because user may move while Agent is collecting information.

In this paper, we propose a user tracking method which marks a user's route by using Nomadic Agents, which is a kind of Mobile Agent and is able to keep its position on specific area.

1 はじめに

携帯端末や通信技術が普及、発展するようになり、利用者に対して様々なサービスが提供できるようになっている。特に携帯電話の発展は目ざましく、中でも携帯 IP 接続サービスである i-mode(NTT ドコモ)、

EZweb(au,tu-ka)、vodafone live!(Vodafone)などは、ユーザに対して様々な情報を提供する手段として利用されている。また、GPS[3]が搭載されることで、現在の位置情報を利用することが可能になり、周辺情報の取得、目的地までの誘導など、外出先ならではの携帯端

未利用サービスの提供を行うことができるようになった [4] .

また最近の携帯電話では、JavaVM[5] や BREW[6] といったミドルウェアが実装されるなど、開発の面からのアプローチも多彩になってきている。通信方式においても、第 3 世代に入り高速化され、定額制パケット通信のサービスが行われるようになり、利便性が向上していると考えられる。

携帯端末間でのアドホックネットワーク [7] の形成を助ける、近距離無線通信技術の発展も著しいと言える。Bluetooth SIG (Bluetooth Special Interest Group) により Bluetooth 「Version1.2」が正式承認され [8][9] , 携帯端末へ標準搭載されるようになり、今後一般化すると思われる。IEEE802.11 委員会が標準化している無線 LAN 規格 [10] の利用も期待できる。以前から、IEEE802.11b[11] が無線 LAN の代表として普及しており、さらに現在では IEEE802.11g[12] が現れるなど、通信速度の高速化が進んでいる。

こうした携帯端末と無線通信技術の性能向上は、屋外において、一般の利用者に対して行われるサービスの可能性を広げると考えられる。しかし、現在行われているサービスに注目してみると、その一つは、まだ利用者の要求に応えうるものになっているとは言い難い。携帯電話を利用したサービスに注目した時、提供した利用者の周辺位置の情報と、今現在のその地域の状況がその時間差によって異なってしまうことで、提供した情報が使い物にならない事態になることが考えられる。また、携帯電話の基地局が位置情報の基準となり、コンテンツ配信の制限を行っているため、より局所的な地域情報の配信・共有を行うためにはコンテンツ配信サーバを局所地域ごとに設置する必要がある。その設置コストが高くなる問題がある。そこで、サーバを用いない、移動体端末のみを用いた地域情報の配信・共有手段が必要とされ [13] , モバイルエージェント [14] を用いて情報を自律的に提供する方法が検討されている [15] . この手段において、モバイルエージェントが情報収集を終え利用者に戻る状況に注目する。モバイルエージェントが基地局を介して戻る手段を取ったとき、利用者が他の端末と通信中である状況が考えられ、基地局は利用者が通信を終えるのを待つ必要がある。これではリアルタイムに情報を提供することができない。そこで本論文では、アドホックネットワークを介して利用者に戻る手段を提案する。モバイルエージェントがアドホックネットワークを介して利用者に戻る際、利用者が移動してしまうことで利用者に戻るこ

ができない状況が考えられる。図 1(a) において、利用者はモバイルエージェントを情報収集に向かわせ自らはその場から移動する。この時、モバイルエージェントは自らの発生位置と利用者が移動した方向を知っているとす。図 1(b) でモバイルエージェントは発生位置に戻り、利用者の追跡をする。しかし図 1(c) で利用者は交差点で移動方向を変えてしまい、モバイルエージェントはその情報を得られないため、図 1(d) のようにモバイルエージェントは利用者へ情報を与えることができない。仮に利用者が何らかの方法で発生位置に自己の移動軌跡の情報を残すことができれば、モバイルエージェントは利用者の追跡が可能である。本論文では、利用者の移動軌跡を残す手段として NA (Nomadic Agent) [16] を用いることで、モバイルエージェントの利用者の追跡を試みた。実際の環境を想定したシミュレーションを作成し、その結果から、本方式の実用性について述べる。

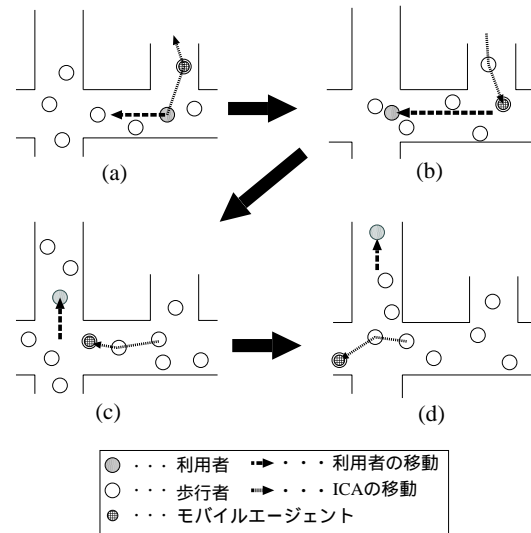


図 1: モバイルエージェントが利用者を追跡できない例

2 提案システムの概要

2.1 NA (Nomadic Agent)

NA [17] とは、端末間の移動を繰り返すモバイルエージェントの一種で、特定の場所の情報を持ち続ける機能を持ち、歩行者の持つ端末間を自律的に移動し続け、その場所に存在し続けることが可能である。

図 2 は NA の情報提供範囲と通信範囲の関係、移動開始位置、移動先端末の概要図である。移動先端末と

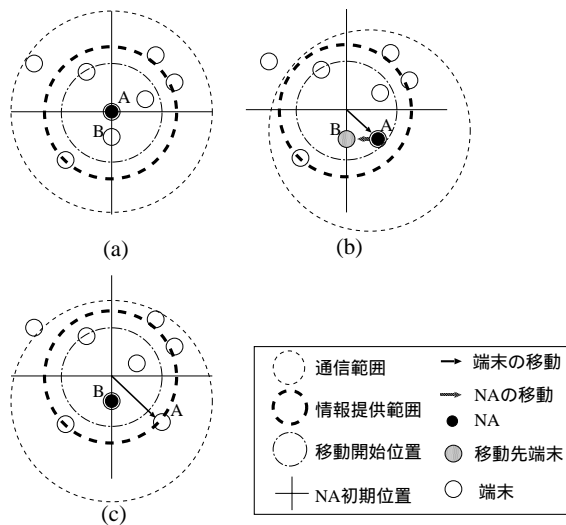


図 2: NA の移動時の概要

は NA が次に移動する候補としている端末である。(a) は NA が特定の場所でサービスを開始した初期状態である。この状態で NA に実装されているアプリケーションサービスを受けられる端末は、情報提供範囲に入っている端末のみである。次に、NA 保持端末である A が矢印の方向に移動を行い、移動開始位置に差し掛かった状態を (b) に示す。移動開始位置に到達した A は、NA の初期位置に最も近い端末である B を移動先端末として移動を開始する。通信範囲は NA 保持端末の移動と同時に変化するが、情報提供範囲は変化しない。そして NA が移動先端末である B に移動を終えた状態を (c) に示す。この処理を繰り返すことにより、NA は特定の場所に存在し続け、情報提供を行う。

NA はミドルウェアであり、NA の上位層に実装するアプリケーションにより様々なサービスを展開できるように設計されている。

本研究では、利用者がこのモバイルエージェントを使用して情報収集を行う際、モバイルエージェントが利用者を追跡するための、利用者の移動軌跡の情報を残すために用いる。

2.2 情報収集エージェント (Information Collection Agent)

今回想定した情報収集を行うモバイルエージェント (Information Collection Agent:ICA) は、利用者が情報を必要とする地域で、モバイル端末を保持しているユーザ間を移動しながら情報を収集していき、目的の

情報を得る、もしくは一定時間が経つといった条件が満たされたとき、情報の収集をやめ、発生した利用者に情報を受け渡す。

その際、ICA は利用者が移動軌跡のマーキングに利用した NA から情報を受け取ることで、利用者がいる位置を追跡する。

本論文では、利用者追跡方法について以下の二方式を提案する。

2.2.1 提案方式 1

まず、図 3(a) のように ICA が歩行者の端末を介して、情報収集に出発する。その後、利用者が移動を開始する。

図 3(b) のように利用者が交差点で曲がるなど、今までと異なる動作をしたら、その地点に NA を残す。その NA には、「利用者 ID」、「利用者の進行方向」、「発生時間」の情報が残される。

ICA が情報収集を終えると、利用者の追跡を開始する。利用者を追跡し、NA の情報提供範囲に入ると、NA から利用者の情報を取得する (図 3(c))。

NA からの情報を元に、ICA は進行方向を変えて追跡し、利用者に情報が到達する (図 3(d))。

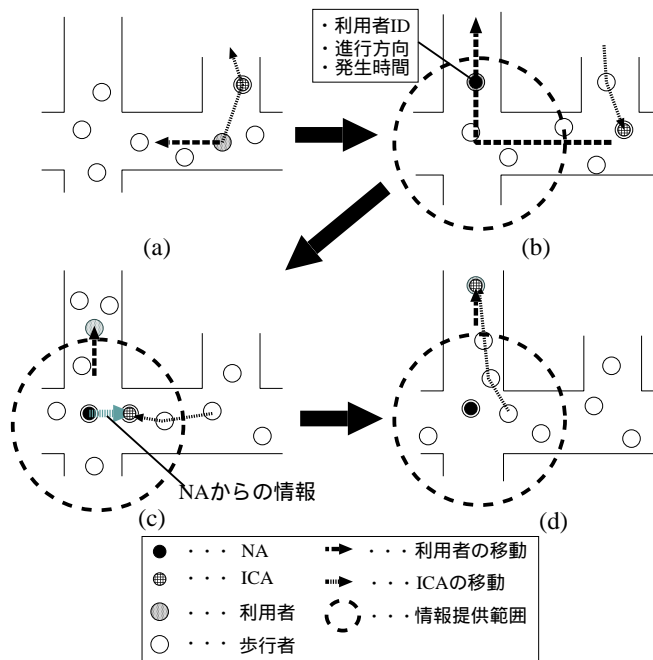


図 3: 提案方式 1

2.2.2 提案方式 2

本方式では、主要な交差点や、分岐点においてあらかじめ NA が配置されている状況を想定している点が、方式 1 と異なる。もし、これらの NA が消滅した場合、近くにいる歩行者が NA を再び発生させる。

図 4(a) のように、ICA が歩行者の端末を介して情報収集に出発する。その後、利用者が移動を開始する。

利用者が、NA の情報提供範囲に入ると、NA に自分の利用者情報を送信する。NA には「利用者 ID」「利用者の進行方向」「情報の発生時間」が利用者ごとに残され、情報が一杯になると、古い情報が破棄される。この情報送信は、情報提供範囲を出るまで、一定時間ごとに行われる(図 4(b))。

ICA が情報収集を終え、利用者の追跡を開始する。利用者を追跡し、NA の情報提供範囲に入ると、NA から利用者の情報を取得する(図 4(c))。

NA からの情報を元に、ICA は進行方向を変えて追跡し、利用者に情報が到達する(図 4(d))。

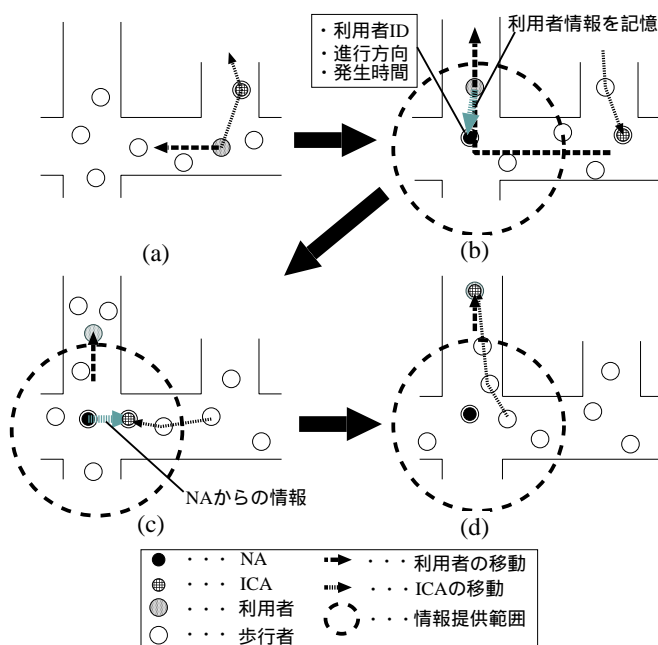


図 4: 提案方式 2

2.2.3 方式 1 と方式 2 の違いについて

方式 1 は、利用者が移動方向を変更した交差点のみに NA が発生されるので、利用者が少ないときに効率的である。方式 2 は、複数の利用者の情報を予め発生

している NA 一つが持つため、利用者が多数いる場合にも一つの NA で処理が行えることが利点である。

3 シミュレーション

3.1 シミュレーション条件

提案方式別に、人口密度の変化による ICA の到達成功率を評価対象とし、シミュレーションを行った。シミュレーションの環境として、本学周辺である JR 津田沼駅南口、習志野市谷津一丁目付近での使用を想定し、道路の長さ、幅、人口密度の測定を行った。

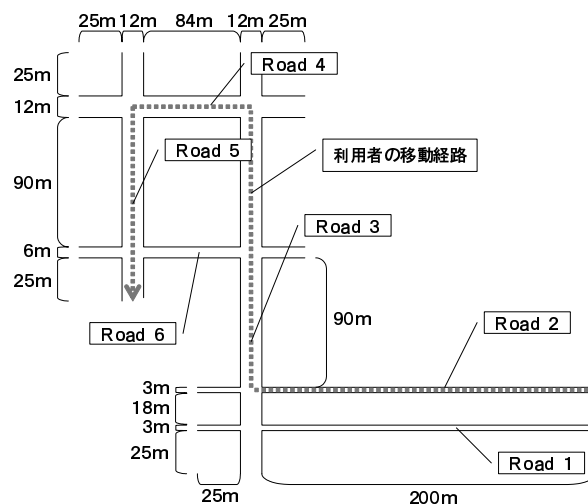


図 5: シミュレーション環境

図 5 に、シミュレーション環境を示す。Road1 と Road2 は、両道路に挟まれた空間と合わせて一つの道であるが、他の道路と違い歩道と車道が完全に別れている状況である。シミュレーション上において、利用者は Road2 Road3 Road4 Road5 の順に移動する。各道路ごとに測定した人口密度は表 1 の通りである。Road1 と Road2 においては上記の理由により、人口密度は両道路の人口密度を合わせて表に示した。

またシミュレーション上において ICA が移動先対象を選択する際、図 6 のように ICA が移動したい方向(利用者が移動した方向)に進む歩行者に対して移動する。これは、図 7(a) のように人口密度が低く、ICA 保持端末 A の周りに ICA が移動したい方向に端末がない時、図 7(b) のように ICA が移動したい方向とは逆方向に向かう端末 B に移動してしまうと、利用者から遠ざかってしまうため、図 7(c) のように、その方向に向

表 1: 各道路における人口密度のパラメータ

道路	人口密度
Road1,Road2	1.78 ~ 9.79 人/100m ²
Road3	1.23 ~ 5.52 人/100m ²
Road4	1.29 ~ 5.79 人/100m ²
Road5	1.11 ~ 4.97 人/100m ²
Road6	0.67 ~ 2.01 人/100m ²

かう歩行者の端末に居続けることで、利用者の追跡が可能にするためである。

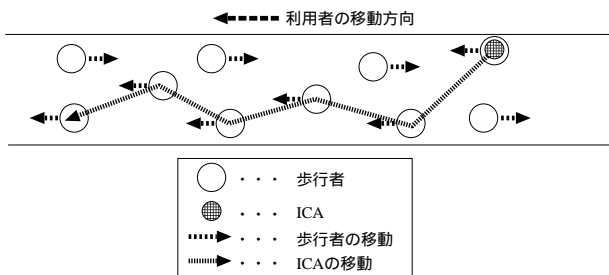


図 6: ICA の移動例 1

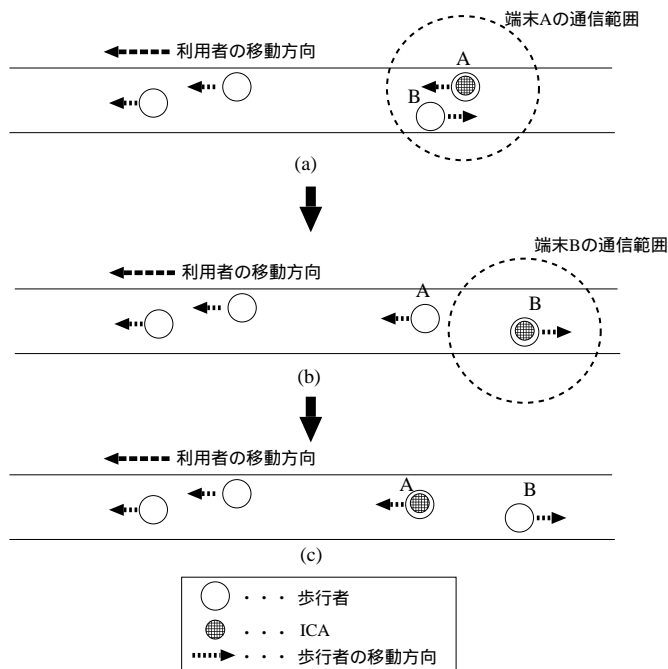


図 7: ICA の移動例 2

シミュレーションにおけるパラメータを表 2 に示す。

表 2: シミュレーションのパラメータ

項目	値
人の歩行速度	0.9 ~ 1.7m/s (平均値が 1.3m/s の標準偏差乱数)
NA の情報提供範囲	25m
NA の移動開始位置	20m
端末の通信速度	16.8Mbps
端末の通信半径	50m
NA の容量	90kB
ICA の容量	90kB
ICA の情報収集時間	60 秒

人の歩行速度は、あらかじめ一定時間人の歩行速度を測定した結果から値を割り出した [18]。シミュレーションでは、下限を 0.9m/s、上限を 1.7m/s と決め、1.3m/s を平均値とする標準偏差乱数で、人の歩行速度を決定した。

通信速度は、文献での実験結果 [19] より、通信範囲の中間地点である 25m 付近での値から 16.8Mbps とした。

ICA の情報収集時間とは、ICA が利用者の出発位置から利用者の追跡を始めるまでの時間 (情報収集を終え、利用者の出発位置に戻るまでの時間) である。

4 結果

4.1 人口の変化に伴う到達成功率の変化

各方式について、人口密度を実測値に対して 20% ~ 120% の間で 10% づつ変化させ、到達成功率を求めるためにシミュレーションを行った。結果を図 8 に示す。

人口密度が 50% 以上の時は、両方式において ICA の到達成功率は、ほぼ 100% と非常に高い結果となった。

人口密度を 40% より下げていくと、到達成功率もそれに伴い下がっていった。方式 2 に関しては、方式 1 よりも急激に成功率が下がっている。この原因として、NA が消滅した際の影響の大きさが関わっていると思われる。方式 1 に関しては、仮に NA が 1 つ消滅しても、利用者 1 人分の情報が失われない。一方、方式 2 に関しては、NA が 1 つ消滅すると、その NA を使用している利用者全員分の情報がすべて失われてしまい、到達成功率に差が現れたものだと考えられる。

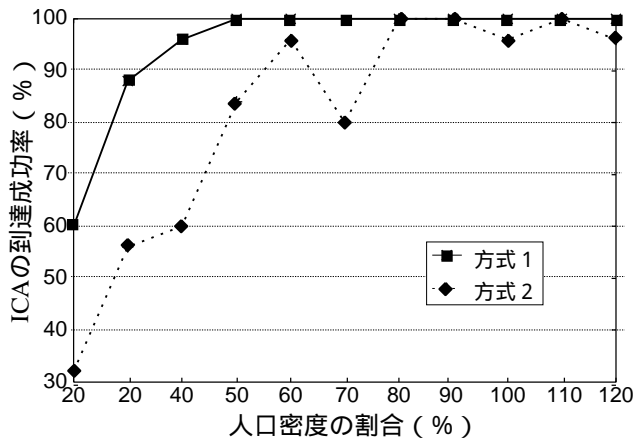


図 8: シミュレーション上の Mobile Agent の到達成功率

4.2 人口の変化に伴う到達時間の変化

各方式について、人口密度を実測値に対して 20% ~ 120%の間で 10%づつ変化させ、シミュレーションを行い、ICA の到達要時間を測定した。シミュレーションの結果を図 9 に示す。

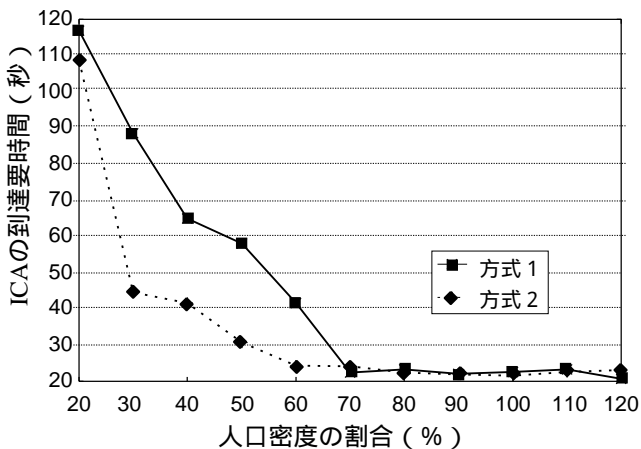


図 9: ICA 到達要時間

ICA が利用者に到達するまでに要する時間に関しては、両方式で多少のばらつきがあるものの、さほど変化は現れなかった。人口密度が下がるにつれて到達要時間がかかっている原因については、ICA の移動先を、ICA と同じ方向に移動している歩行者に限定したため、人口密度が下がるにつれて、ICA の移動先が限られ、歩行者の端末に存在している時間が多くなったためと考えられる。

5 まとめ

本論文では、モバイルエージェントが情報収集を行う際、利用者が移動しても追跡し、情報を到着させる方法について提案し、シミュレーションを用いて、提案方式の有効性について検証した。

今回提案した方式は、基本的なモバイルエージェントのナビゲーション方法は同じであるが、NA(利用者情報)の残し方が異なる。方式1は、NAを利用者ごとに発生させるため、利用者が多いと飽和状態になりNAが消滅する可能性が高くなる。一方、方式2は、NAを交差点ごとに発生させているため、飽和状態になることは防げるが、歩行者が少ない場所ではNAが消滅する可能性が高くなり、利用者情報が消滅する可能性が高くなる。今回のシミュレーションでは、方式1と2にさほど違いは現れなかったが、方式1は利用者が少ない場所、方式2は利用者が多い場所で使用するなど、利用する環境に応じて方式を使い分けることが必要であると考えられる。

今後の課題として、以下のようなことが挙げられる。

1. NA の情報のバックアップ

今回のシミュレーションで、情報到達率を下げる大きな原因となったのが、NA の消滅による情報の消滅である。NA が消滅するのは、利用者が少ないと避けられない。よって、近くを通過している歩行者によってNA の情報のバックアップを取り、NA が消滅した際、バックアップした情報を載せたNA を再び発生させることにより、人口密度が少ない場所でも情報の到達確率を向上させることができると考えられる。

2. 様々な条件でのシミュレーション

今回のシミュレーションは、すべての利用者が同一の経路を歩くという設定であったので、利用者ごとで経路を変え、移動距離を変化させてシミュレーションを行い、方式の有効性を確認する。また、様々な通信方式などで試してみる。

以上2点が今後の課題であるといえる。

今後、高度情報化社会が進み、モバイル情報端末の普及が進むと、今まで以上に利用者は、より詳しく地域に密着した情報を要求すると考えられる。そこで、提案方式を用いることにより、地域に密着した情報を収集することができ、本提案は有効であると考えられる。

参考文献

- [1] 佐藤一郎,「モバイルエージェントの動向」, 人工知能学会論文誌, Vol.14, No. 4, pp.598-605, 1999.
- [2] 八木啓介, 菊池聡敏, 井上真吾, 屋代智之. 「Nomadic Agent を用いた情報提供と UWB 適用に関する評価」 情報処理学会マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICO-MO2003) シンポジウム論文集, IPSJ Symposium Series Vol.2003, No.9, pp.565-568, (Jun. 2003)
- [3] 坂井丈泰, GPS 技術入門, 東京電機大学出版局
- [4] 山本 友里, 白川 洋, 屋代 智之, 重野 寛, 岡田 謙一「歩行履歴情報を用いた混雑度の取得法」 情報処理学会第 66 回全国大会, Vol3 . pp.261-262 . 2004 年 3 月
- [5] JAVA テクノロジ.
<http://jp.sun.com/learnabout/java/>
- [6] BREW JAPAN.COM.
<http://www.brewjapan.com/>
- [7] 古庄 伸一, 北須賀 輝明, 中西 恒夫, 福田 晃. 「アドホックネットワークにおける端末の移動情報を考慮した経路選択手法」 マルチメディア分散, 協調とモバイル (DICO-MO2003) シンポジウム論文集, pp605-608, 2003
- [8] Ericsson Japan , Bluetooth wireless technology
<http://www.ericsson.co.jp/bluetooth/index.php>
- [9] 杉浦 彰彦, 「Bluetooth 技術解説」, 株式会社ソフト・リサーチ・センター
- [10] IEEE:IEEE802 LAN/MAN Standards Committee,
<http://www.ieee802.org/>
- [11] 無線 LAN とは
<http://www.allied-teleasis.co.jp/products/product/musen/refer/>
- [12] IEEE802.11g
<http://iinternet.impress.co.jp/sinavi/catalog/gonow0401.htm>
- [13] 桐村 昌行, 清水 直樹, 斎藤 正史.「サーバレスネットワークにおけるローカル空間情報の配信・共有手段の提案」 情報処理学会第 66 回全国大会, Vol3 . pp.263-264 . 2004 年 3 月
- [14] Mobile Agent
<http://www.inagaki.nuie.nagoya-u.ac.jp/person/haruki/mystudy/agent.html>
- [15] 木下哲男, エージェントシステムの作り方, 社団法人 電子情報通信学会
- [16] 井上真吾, 八木啓介, 屋代智之.「歩行者 ITS 版 Nomadic Agent への UWB の適用に関する評価」. 情報処理学会第 65 回全国大会, Vol3 . pp.314-315 . 2003 年 3 月
- [17] 菊池聡敏, 八木啓介, 加藤泰子, 屋代智之. 「NomadicAgent の提案」 情報処理学会第 16 回高度交通システム研究会 (2004-ITS-16), Vol.2004,No19,pp.7-14(2004.3)
- [18] 菊池 聡敏, 八木啓介, 屋代智之.「PROBER - 歩行者版プローブ情報システムの提案-」 情報処理学会第 11 回高度交通システム研究会 (2003-ITS-13), Vol.2003,No56,pp.47-54(2003.5)
- [19] Wi ナビ+ , 802.11g のスループット&通信距離を検証する
<http://internet.impress.co.jp/winavi/catalog/gonow0402.htm>