

NA の生存時間を延ばす手法の提案

仁平和博[†] 井上真吾[†] 沖原光晴[†] 屋代智之[†]

[†] 千葉工業大学

あらまし :

著者らは、ソフトウェアと携帯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ために Nomadic Agent(NA) を提案している。NA とは位置情報を認識し、特定の範囲内の情報を保持したまま、その範囲内に存在し続ける事が可能な一種の Mobile Agent である。

本論文では、移動先として選択する領域を情報提供範囲外にまで広げ、最適な端末を選択する移動アルゴリズムと、特定の範囲内に常に二つの NA を発生させることで、突発的なアクシデントに対応する DNA を提案する。

Proposal of methods for extending Nomadic Agent's lifetime

Kazuhiro Nihei[†], Shingo Inoue[†], Mitsuharu Okihara[†], Tomoyuki Yashiro[†]

[†] Chiba Institute Of Technology

Abstract :

We had proposed and implemented Nomadic Agent(NA) for pedestrian to provide location-based and real-time information only using software and mobile terminals.

NA is a kind of Mobile Agent, which migrates between terminals based on its physical location. NA is able to keep its position on a specific area and has a function to maintain information of the area.

We propose agent migration algorithm to select the optimal terminal and "DNA" which has an ability to proof against unexpected accidents. To realize these functions, NA generates its clone as backup in the specific area.

1 はじめに

近年、携帯電話や PDA の利用者数の増加と性能の向上により、人々の生活の周りにはいつでも、どこでも情報提供サービスを受けることのできる環境が整いつつある。特に携帯電話の普及は著しく、国民の 3 人に 2 人が所持している計算である。

通信方式も第 3 世代へと移行が進んでおり、データ通信のプロードバンド化が進んでいる。これに伴い、大容量コンテンツの需要が伸びており、マルチメディアコンテンツや様々なアプリケーションの提供が行われている。一方、携帯端末をネットワークへ接続するこ

との出来る IEEE802.11 系などの無線通信技術の規格化が進み、ユビキタス環境が整いつつある。

これらの背景を受けて、著者らは歩行者 ITS の一環として歩行者の位置情報に応じた情報提供を行う Nomadic Agent(NA) の提案・開発を行ってきた [1] ~ [4]。

NA とは、位置情報をもとに端末間を移動することにより、特定の場所で発生した情報をその場所に残すことが可能な一種の Mobile Agent である。NA は携帯端末のみでサービスの提供が可能であり、サーバ等の設置が不要なため、低コストな運用が可能である。

しかし、歩行者の流れが一時的に途切れ、空白地帯が出来ることで、移動先となる端末を発見する事ができずに NA が消滅してしまう場合がある。また、NA 保

持端末のトラブルにより電源断が発生する場合や、店内などの電波の届かない場所へ移動し、NA 保持端末が消滅してしまう場合がある。

このように、一時的かつ局所的な要因により NA が消滅してしまう場合でも、情報を必要とするユーザは周辺に存在しているものと考えられる。その為、このような場合に NA が消滅してしまうことは位置情報サービスとして望ましくない。

本研究では、これらを解決するために、情報提供範囲外へ出た NA を消滅させずに、端末間を移動させることで範囲内に戻すための最適な移動先端末の選択手法と、特定の範囲内に二つの NA を発生させ、情報を共有し、お互いの状況を監視させることでアクセシビリティに対応する DNA の二つの提案を行う。

2 関連研究

本研究の関連研究として、位置に応じた情報提供サービスを以下に挙げる。

2.1 SpaceTag

SpaceTag[5] とは、位置・時間の時空間情報を元に、タグと呼ばれる情報をモバイル端末に配信するシステムである。扱うオブジェクトとしてテキスト、画像、音声、プログラムなどがある。

SpaceTag は、コンテンツプロバイダやユーザがタグを SpaceTag の管理サーバにアップロードする。これには位置・時間・個数の属性が含まれており、このタグにアクセスするのは、属性に記述された位置や時間においてのみ可能である。

また、SpaceTag の特徴として、データをはがすという概念が存在し、SpaceTag オブジェクトにアクセスすることが、はがすという動作につながる。はがしたタグは携帯端末上でローカルなものとなる。サーバ上のタグの個数が 0 になると、そのタグは消滅したことになる。また、携帯端末上のローカルなタグをもう一度空間に張り付けることも可能である。

しかし、SpaceTag はサーバ・クライアント型のシステムであるため、サーバに接続できない環境では使用することができない。

2.2 アドホックネットワークにおける移動体の位置を考慮した複製配布方式

ここで提案されている複製配布方式 [6] とは、アドホックネットワークにおいて位置情報をもとにした効率的な複製データの配布方法である。アドホックネットワークでは、端末の移動により端末同士の通信ができなくなり、その端末が保持していた情報にはアクセスできない状況が発生する。

これを回避するために、複製した情報を複数の端末で保持する。複製は、ある位置でデータを取得した端末が行う。ブロードキャストによるフラッシングを行い、複製情報を受け取った端末は位置情報をもとに複製を保持するか決定する。この際、複製情報を保持する端末は、隣接しないよう数ホップおきに配置される。この方式では、端末の数に応じて複数の複製が作成されるため、各端末では不必要な負荷が発生する事がある。

2.3 Usenet-on-the-fly

Usenet-on-the-fly[7] とは、インフラを使用せずに MANET 上で位置に応じた情報の収集・配信を行うシステムである。情報は P2P により伝播され、提供する範囲は、TTL とホップカウント数を用いて制御している。

Usenet-on-the-fly では、Usenet の Newsgroup のように、情報を主題ごとにチャンネル分けし、ユーザによって選択されたチャンネルの情報のみを配信する。

しかし、現在の Usenet-on-the-fly では、GPS 情報などによる位置情報を考慮していないため、情報の配信は飲食店などの固定位置に存在する端末のみが行っている。また、配信された情報をその場に留める処理は行っていない。

3 Nomadic Agent(NA)

3.1 NA の概要

NA とは、特定の場所の情報をその場所に残し続けることが可能な一種の Mobile Agent である。

NA は GPS 等の位置検出デバイスから得られる位置情報をもとに、情報を残したいエリアに存在する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ようとする。

NA は、歩行者が持つ端末同士で構成するアドホックネットワーク上を移動し、その場所の情報を管理する。

そのため、情報を管理するサーバを必要としない。このように特定の場所の情報を NA がその場所で管理するため、地域に関する情報やリアルタイムな情報など、歩行者が情報を欲しいと思う場所に情報を存在させることが可能である。また、NA に蓄積した様々な情報を利用するアプリケーションを実装することで、様々なサービスを行うことが可能である。

NA を用いたサービスでは、時間や GPS の位置情報による実際の空間を使用し、位置や時間に依存・限定、双方向性を持った展開が可能だと考えられる。一方で、NA を用いたサービスは、アドホックネットワークを利用するため、長時間の持続的なサービスには適さない。

NA が特定の場所に存在できなくなる時は、基本的にアドホックネットワークを構築できなくなった時である。その場合、特定の場所を通る歩行者が少ないということであり、その場所にリアルタイムで、地域に関した情報が必要ではないと考えられる。反対に、ある特定の時間帯に人通りが多くなる場所に対して、NA を起動させ歩行者に有益な情報を提供する場合や、店舗等の宣伝など突発的なイベントに対してメリットがある。

3.2 移動動作

図 1 に NA の移動動作を示す。NA は発生後、消滅するまで一定間隔でブロードキャストを行い続ける。ブロードキャストを受信した端末が各々の位置情報を返すことで、NA は周辺端末の位置関係を把握する。これをもとに、NA は移動先となる端末を選択する。

移動先の選択は発生時に設定される移動開始位置を基準に行う。NA を保持している端末が移動開始位置に到達した場合、NA は各端末の位置情報をもとに発生位置に最も近い端末に移動する。

この動作を繰り返すことで、NA は特定の場所に留まる事が可能となる。

3.3 範囲外での移動動作

図 2 に、範囲外での NA の移動動作を示す。NA は発生位置近くに移動する事が出来ずに移動開始位置を過ぎてても、しばらくは存在し、移動先となる端末を探し続ける。図 2(a) のように、範囲内に移動可能な端末を発見した場合、この端末に移動することで範囲内に戻る事ができる。しかし、図 2(b) のように、直接戻る事が出来ない位置まで NA 端末が移動してしまうと消滅する。

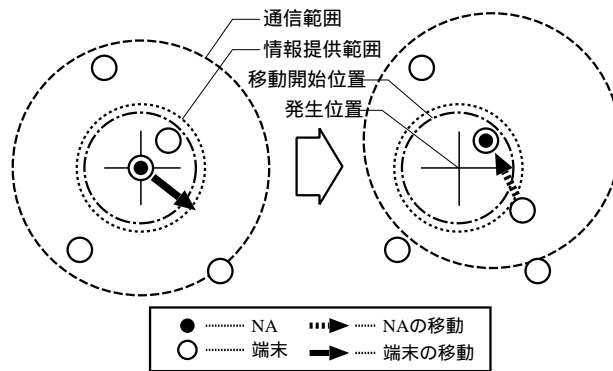


図 1: NA の移動動作

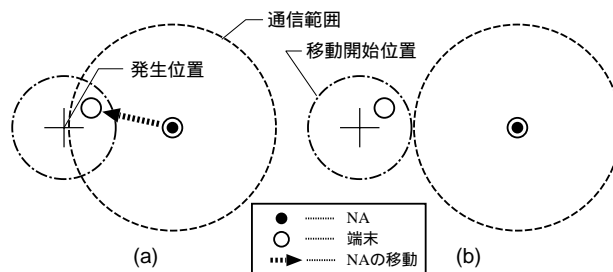


図 2: 範囲外での移動動作

3.4 NA を利用する環境

NA を利用するには以下の環境が必要である。

- PDA や携帯電話等の携帯端末
- Java の実行環境
- アドホック接続可能な無線通信機器 (Bluetooth, ZigBee, IEEE802.11 系のアドホック接続等)
- 位置検出デバイス (GPS 等)

4 最適な移動先端末の決定方法

従来の NA は情報提供範囲内に移動先となる端末が存在しない時に、発生位置から一定距離以上端末が離れると、保持している情報ごと消滅してしまう問題があった。

人口密度が低い場合、一時的に範囲内に人がいなくなることが起こるが、そのときに、過去の情報が全てなくなってしまうのは位置情報サービスとして望ましくない。

そこで、移動出来ないまま範囲外へと出てしまった NA を消滅させずに、特定の範囲内に戻すための移動方法として、以下の四つの方式を提案する。

4.1 最短距離端末選択

移動先端末の選択は従来方式と同様に、最も NA の発生位置に近い端末とする。従来方式との違いは、情報提供範囲外の端末も移動先として選択し、移動を行うことである。

4.2 最接近端末選択

移動候補となる端末の移動履歴から、時刻 $t_1 \cdot t_2$ の端末の位置 $P_{t_1} \cdot P_{t_2}$ を用いて、接近方向の移動距離 d を算出する。NA の発生位置に接近している端末の中から、接近方向の移動距離 d の値が最も大きい端末（最も発生位置に接近している端末）を選び、NA の移動を行う（図 3a）。

4.3 最接近予測端末選択

移動候補となる端末の移動方向から予測経路を導き、その経路上と NA の発生位置との距離が最も小さくなる点の距離 d_{min} を求める。求めた距離 d_{min} の値が最も小さい端末を選択し移動を行う（図 3b）。

最接近端末選択と最接近予測端末選択を比べて、最接近予測端末選択では移動方向のみが考慮されているが、最接近端末選択は移動方向と移動速度が考慮されている。

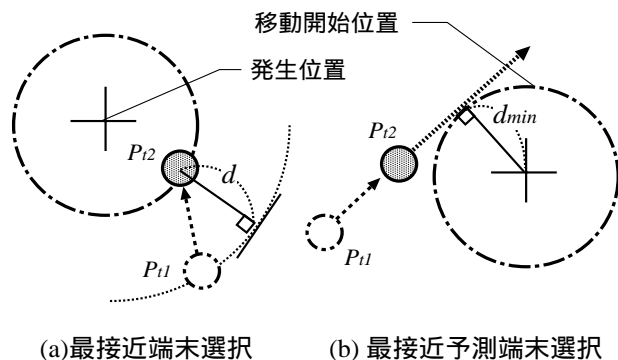


図 3: 最接近端末選択・最接近予測端末選択

4.4 2hop 内最短距離端末選択

2hop 以内に存在している端末の中から最も NA の発生位置に近い端末を選択し、必要に応じてマルチホップで端末へ移動する（図 4）。

ここで、NA の発生位置に一番近い 1hop 端末は A であるが、2hop 端末を含めて考えると C となる。よって C に移動するために NA は B を移動先端末とする。

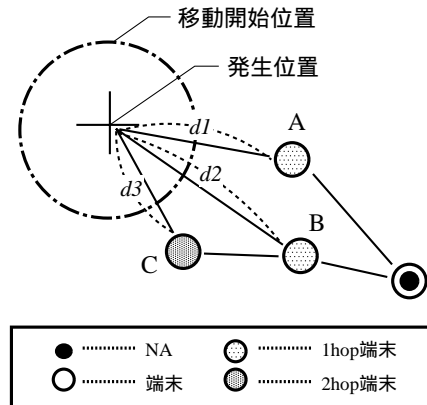


図 4: 2hop 内最短距離端末選択

5 DNA(Dual-NA)

従来の NA では、NA を保持している端末が何らかのアクシデントなどにより消滅すると、保持していた情報ごと消滅してしまう。

携帯端末では、バッテリー切れなどによる電源断や、歩行者の屋内などへの移動に伴うリンクの切断が頻繁に発生することが考えられる。

そこで、常に二つの NA を発生させ、このようなアクシデントに備えることで、情報をより長く特定の場所に残す手法として DNA を提案する。

5.1 二つの NA

DNA で発生させる二つの NA は、「Main-NA」と「Sub-NA」の二つに分けられる。これら二つの NA は従来のものと同様の機能を持つが、Sub-NA の方は Main-NA のバックアップとして存在し、情報提供は行わないように制御を行う。必要に応じて Sub-NA に対する制御を解除し、Main-NA に対して制御を行うことで両者の役割を入れ替えて行動させることが可能である。

5.2 DNA の発生

Main-NA は従来の NA と同様に発生させるが、Sub-NA は「最も行動に適した端末」(今回は Main-NA の発生位置に最も近い端末とした) に発生させる。この際、Sub-NA は Main-NA の初期位置や移動開始位置などの設定情報を受け取り、これを元に行動を開始する。

5.3 DNA の切り替え

DNA では、Main-NA のみが情報提供を行う為、出来る限り Main-NA を範囲内に残す必要がある。

Sub-NA 以外に移動先となる端末が存在しない状況で Main-NA が範囲内から出てしまうと、一時的に情報提供を行えない状態になってしまう。

そこで、範囲外に出ようとした NA が Main-NA の場合は、自身を Sub-NA に変更し、範囲内に存在する Sub-NA を Main-NA に切り替える処理を行う。これにより、継続した情報提供を行えるようにする。

5.4 情報の同期

DNA では、二つの NA が同じ情報を共有するために、情報の同期を行う。

Main・Sub-NA とともに、情報提供範囲内の情報を収集しているため、基本的には同じ情報を保持している。しかし、一時的な通信障害により一方の NA との通信が出来なくなり、取得する情報に差が発生することが考えられる。

その為、DNA では両者の差分をチェックし、その差分だけを交換するという処理を行っている。これにより、常に二つの NA は同じ情報を保持することが可能となる。

5.5 複製

各 NA は常に周辺端末の位置情報を取得している。取得した情報の中に対となる NA 端末の情報が含まれていない場合、もう一方の NA は範囲内には存在しないと判断する。この場合、範囲内に残っている NA 端末は複製を行う。複製は、発生時と同様に最も行動に適した端末に作成する。その際、複製された NA は初期位置などの設定情報と共にバックアップ情報を受け取り、環境を再構築する。

5.6 統合

DNA では、NA 端末が情報提供範囲外に出てしまってもしばらくは消滅せずに存在し、移動先となる端末を探し続ける。そのため、この NA が再び範囲内に戻ってくる場合がある。

しかし、戻ってきた NA が情報提供範囲外に出ていた間に、すでに範囲内に残っていた端末が複製を行っていた場合、不必要な端末の負荷をなくすために NA の統合を行う。

これにより、情報提供範囲内の NA は常に最大二つ (Main/Sub) に保たれる。

6 シミュレーション条件

提案方式を評価するためにシミュレーションを行った。シミュレーションの歩行者移動モデルについては、Random Waypoint Model[8][9] を利用した。シミュレーション条件を表 1 に示す。

DNA のシミュレーションでは、端末の電源が切れるアクシデントを発生させ、その対応を検証する。アクシデントの発生は、最初に各端末が発生した後、10 分以内のランダム時間分だけ電源を入れた状態にし、その後 1 分間だけ電源が切れるようにした。その後、10 分起動後に 1 分間電源が切れるという動作を繰り返すように設定した。NA を保持した端末にアクシデントが発生すると、NA は消滅する。

また、他の端末への移動が出来ずに発生位置からの距離が生存可能範囲 (150m) を超えてしまった時点でも消滅する。

表 1: シミュレーション条件

パラメータ	値
シミュレーション範囲	0.5km × 0.5km
人口密度	40 ~ 280 人 / km ²
歩行者の移動速度	0.9 ~ 1.7m/s(平均値が 1.3m/s の正規分布乱数)
端末の移動時間	平均 176.25 秒
端末の待機時間	平均 30 秒 (指数分布乱数)
端末の通信範囲	半径 100m
NA の情報提供範囲	半径 50m
NA の移動開始位置	半径 45m
NA の生存可能範囲	半径 150m

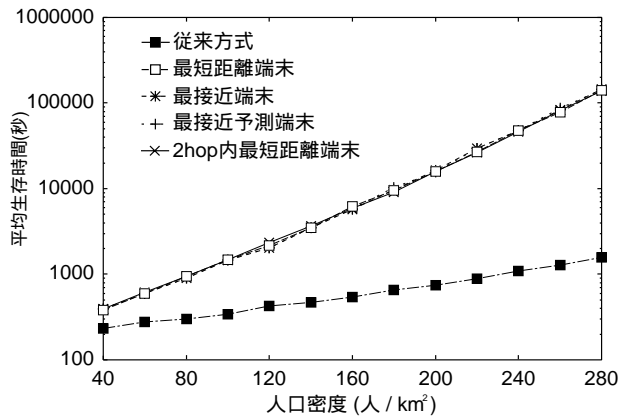


図 5: NA の平均生存時間

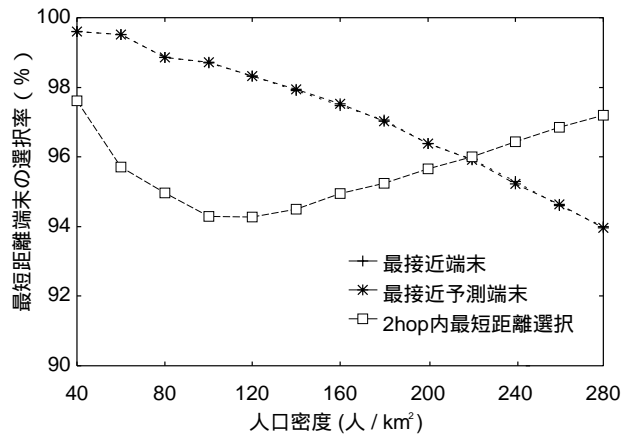


図 7: 各方式の選択率

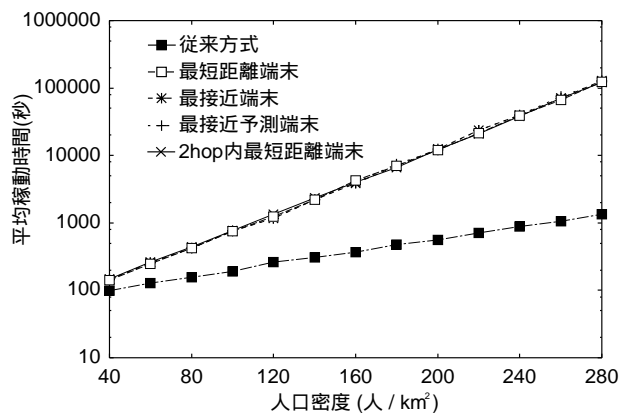


図 6: NA の平均稼働時間

7 結果

7.1 最適な移動先端末の決定方法

各人口密度ごとの NA の平均生存時間を図 5 に、平均稼働時間を図 6 に示す。

生存時間とは、範囲内外問わずに NA が存在していた時間である。また、稼働時間とは、情報提供範囲内にその NA が存在した時間である。

図 5, 6 から、各方式における NA の平均生存時間・平均稼働時間ともに、従来方式と比べて飛躍的に高い結果が得られた。これは、情報提供範囲外にいる端末を移動先の候補にすることの有効性を示している。

各方式において、生存・稼働時間共に殆ど変化が見られなかった点について、図 7 から考察する。

図 7 は、各方式が最短距離端末を選択した時と同様の端末を選択した割合を示している。どの方式でも、

人口密度に関係なく、最短距離端末を選択した確率は 93% 以上という高い値が出た。

今回使用した歩行者の移動モデルである Random Waypoint では、歩行者の分布が常にほぼ一樣になるため、どの提案方式でも移動先端末として最短距離端末が選択される確率が高かったものと考えられる。そのため、図 5, 6 のどの方式でもほとんど違いが現れなかったものと思われる。

7.2 DNA

アクシデントを考慮しない場合の DNA と、前章の最短距離端末選択方式の平均生存時間を図 8 に、アクシデントを考慮した場合の平均生存時間を図 9 に示す。

図 8 より、DNA の生存時間は最短距離端末を選択した場合に比べ、約 3 倍と飛躍的に延びている。これは、二つの NA を配置することの有効性を示している。

図 9 より、アクシデントを考慮した場合、1 つの NA ではアクシデントに対応できないため、NA 保持端末にアクシデントが起こった時点で NA は消滅してしまう。そのため、どの人口密度でも生存時間は殆ど変わらず、低い値となっている。

また、DNA での生存時間はアクシデントを考慮しない場合と比べると、1/10 以下となっている。これは、シミュレーション条件において人口密度が低い場合に、一方の NA が範囲外に出ている際に、もう一方の NA がアクシデントにより消滅してしまい、範囲外の NA も戻ってくる事が出来ない状態が起きていることが考えられる。しかし、アクシデント無しの最短距離端末を選択した場合とほとんど差が無い結果であり、現状では十分とはいえないものの、ある程度はアクシデン

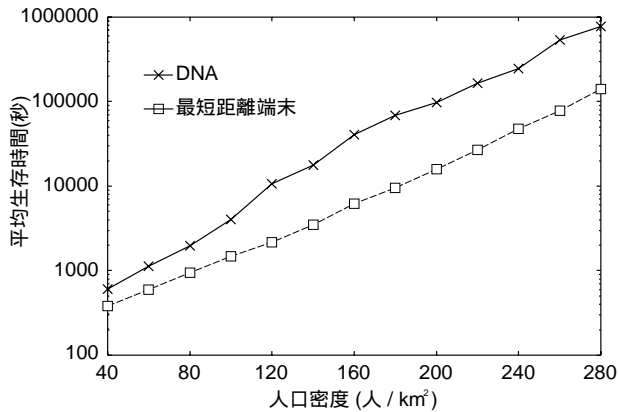


図 8: DNA の平均生存時間 (アクシデント無し)

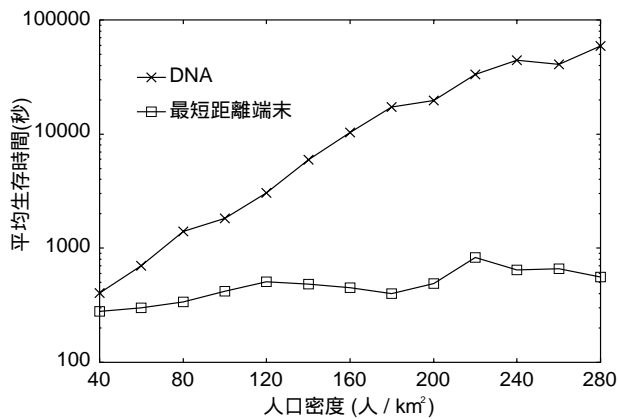


図 9: DNA の平均生存時間 (アクシデント有り)

トに対応できているといえる。

8 まとめ

本論文では、特定の場所の情報をその場所に残し続けることが可能な NA について、その生存時間を延ばすための手法を提案した。

移動先端末の最適化と DNA により、NA の生存時間は飛躍的に向上した。また、一時的な人口の過疎化、端末のアクシデントや建物などの電波の届かない場所への移動による電源・電波遮断にも耐えられるものとなった。これにより、より安定した情報提供が可能となり、長時間の情報収集を必要とする NA のアプリケーションの実装も可能になるものと考えられる。

今後は、電源断による影響を調べ、この影響を回避する方法を模索していく必要がある。

また、人口分布を流動的に過密・過疎にするなどして、より現実の環境に近づけた移動モデルを作成し、シミュレーションを行う予定である。

参考文献

- [1] 八木啓介, 屋代智之. 「Agent を用いてその場にチャットコミュニティを存在させるシステムの構築」. 情報処理学会第 9 回高度交通システム研究会, Vol.2002, No.48. pp.93-100. 2002 年 5 月.
- [2] 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, Vol.3. pp.314-315. 2003 年 3 月.
- [3] 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 (DICOMO2003) シンポジウム論文集, IPSJ Symposium Series Vol.2003, No.9, pp.565-568, 2003 年 6 月.
- [4] 菊池聡敏, 八木啓介, 加藤泰子, 屋代智之. 「Nomadic Agent の提案と応用」. 情報処理学会第 16 回高度交通システム研究会, Vol.2004, No.19, pp.7-14, 2004 年 3 月.
- [5] 佐々木一郎, 香川考司, 垂水浩幸. 「SpaceTag システムの評価実験」. 情報処理学会論文誌 Vol.45, No1, pp.164-167, 2003.
- [6] 田森 正紘, 石原 進, 水野 忠則. 「アドホックネットワークにおける移動体の位置を考慮した複製配布方式」. マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOMO2001) シンポジウム論文集, 情報処理学会シンポジウムシリーズ, Vol.2001, No.9, pp.31-36 (2001-6).
- [7] Christian Becker, Martin Bauer, Jorg Hahner. "Usenet-on-the-fly — supporting locality of information in spontaneous networking environments". Liscano, Ramiro; Kortuem, Gerd (eds.): Workshop on Ad Hoc Communications and Collaboration in Ubiquitous Computing Environments, pp.16-20. November 2002.

- [8] William Navidi and Tracy Camp, “Stationary Distributions for the Random Waypoint Mobility Model”. IEEE Trans. on Mobile Computing Vol.3, No.1,pp.99-108, Jan-Feb 2004.
- [9] Jungkeun Yoon, Mingyan Liu, Brian Noble, “Random Waypoint Considered Harmful”. Proc. of INFOCOM. IEEE 2003, pp.1312-1321.