

NomadicAgent の提案と応用

菊池聡敏[†] 八木啓介[†] 加藤泰子[†] 屋代智之[†]

[†] 千葉工業大学工学部

〒 275-0016 千葉県習志野市津田沼 2-17-1

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。本論文で、提案する NA(NomadicAgent) とは、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な一種の MobileAgent である。NA の特徴として、実装する Application により様々な振る舞いを見せることが可能である点が挙げられる。本論文では、NA の仕様について説明し、NA を用いた情報提供の特徴について述べる。また、NA を用いた情報提供の応用として、NA を利用したリアルタイム歩行者ナビゲーションを提案する。

キーワード 歩行者ナビゲーション、モバイルエージェント

The proposal and application of NomadicAgent

Satoshi KIKUCHI[†], Keisuke YAGI[†], Hiroko KATO[†], and Tomoyuki YASHIRO[†]

[†] Faculty of Engineering, Chiba Institute of Technology
Tsudanuma 2-17-1, Narashino, Chiba, 275-0016 Japan

Abstract In this paper, we propose agent system which is able to provide the location oriented information for pedestrian. We named this agent system as Nomadic Agent. Nomadic Agent runs only mobile terminals and software. This agent is a kind of MobileAgent and is able to keep positioning information of particular area by moving between terminals. Nomadic Agent is able to do various behavior by application. In this paper, we explain the specification of NA and state feature of information offer method using NA. We also propose a real-time pedestrian navigation for NA application.

Key words Pedestrian navigation system, MobileAgent

1. はじめに

歩行者向け情報提供サービスは、携帯電話・PDA の普及と端末の高性能化により、身近で便利なものになってきた。特に携帯電話は、第 3 世代に入ったことで通信速度・処理速度が飛躍的に向上し、そのサービスも多様化してきている。その一つとして、GPS 搭載が挙げられる。特に au の端末は、下位機種を除き GPS 機能の搭載が標準となり、最新機種において歩行者ナビゲーションシステム「EZ ナビウォーク」[1] が提供されている。NTT DoCoMo から GPS 機能を搭載端末が発売され [2]、今後、位置情報を利用したサービスが普及していくと考えられる。また、最近の携帯電話では JavaVM [3] や BREW [4] といったミドルウェアが実装されており、携帯用のプログラム開発環境も整ってきている。

一方、無線通信技術も近年、高速化及び低価格化が進んでいる。モバイル端末同士の無線接続として期待されている Bluetooth も Bluetooth SIG (Bluetooth Special Interest Group) [5] に

より「Version1.2」が正式承認されたことで、今後、端末への標準搭載など普及すると考えられる。無線 LAN として利用されてきた IEEE802.11b は、低価格化により一般家庭においても普及した。現在では、より通信速度を向上させた IEEE802.11a や IEEE802.11g が標準化され、主流となりつつある。

こういった携帯電話や PDA のようなモバイル端末の性能向上や、モバイル端末の利便性を向上させる無線通信技術の登場や普及により、今後、モバイル端末を活かした情報提供方法が注目されると考えられる。そこで、本研究では、「歩行者 ITS」の情報提供分野の一環として、歩行者の持つ端末間を位置情報を元に自律的に移動し、特定の場所に存在し続けることが可能な NA (NomadicAgent) を提案する。

本論文で提案する NA は、ある特定の場所を認識しその場所を通りかかる歩行者から情報を取得し、必要であれば加工(統計処理等)を行い、その場所の歩行者にとって最新で、地域に密着した情報提供を行う。

NA は位置情報を元に行動するため、存在し続けるだけでな

く特定の場所から特定の場所へ移動させることも可能である。この NA は、ミドルウェアとして設計されているため、実装する Application によって様々な動作をさせることが可能である。また、アドホックネットワークを組んで通信を行うので携帯電話のように通信料が生じないため、気軽に情報のやり取りが行える。

本論文では、NA の仕様や NA を用いた情報提供について述べる。また、NA を用いた Application としてリアルタイム歩行者ナビゲーションを提案する。

2. 位置情報を用いた情報提供サービス

携帯電話や PDA のようなモバイル端末の性能向上により、歩行者向けの情報サービスが便利になってきた。GPS を搭載した端末も増え始め、位置情報を利用した情報提供サービスの研究も盛んに行われている [6] ~ [9]。今後、歩行者 ITS において、位置情報に応じた情報を歩行者の持つモバイル端末に提供するサービスは増えると考えられる。

3. NA(Nomadic Agent)

3.1 NA の概要

NA(Nomadic Agent) 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 等から得られる位置情報を常に認識し、特定の場所を通りかかる歩行者の端末間を自律的に移動し続けることで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、その場所の情報は NA が管理する。そのため、情報を管理するサーバやそのサーバと通信するための機器を必要としない。このように特定の場所の情報を NA が管理するため、地域に関する情報、リアルタイムな情報、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 はミドルウェアとして設計されているため、NA に Application 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 を用いたサービスは、実際の時間、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、双方向性を持ったサービスの展開が可能だと考えられる。一方、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が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、地域に関する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。NA を用いたサービスや例については 5. 章で述べる。

3.2 NA を利用する環境

- PDA や携帯電話といったモバイル端末。
- Java で書かれたプログラムが扱えること。
- アドホック接続が可能な無線通信 (Bluetooth, IEEE802.11 系のアドホック接続等)。

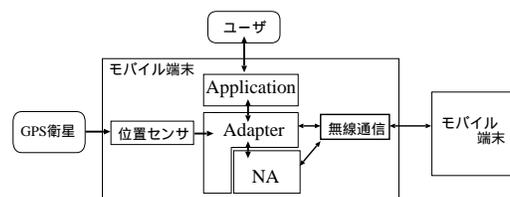


図 1 NA システム構成図

IEEE802.11 系のアドホック接続等)。

- モバイル端末が場所を認識できる (GPS 等)。

図 1 は、NA のシステム構成図である。NA・Adapter・Application については 3.4 で述べる。NA は GPS 衛星から受信した緯度、経度、高さの情報から、自身の位置を把握し自律的に移動を行う。ユーザが意識する部分は NA システムに実装された Application 部分の GUI のみである。

3.3 NA 利用に求められるネットワーク

NA が利用するネットワークは、常に移動する歩行者の端末を利用したネットワークポロジ変化の激しいアドホックネットワークである。NA 利用に求められるネットワークの特徴を以下に挙げる。

- 歩行者の端末を利用したアドホックネットワークであるため、常に移動し続けている事を前提とすると、ネットワークへの加入が早い方が良い。
- NA の最上位レイヤーであるアプリケーションで、様々な機能を実装するためには、高速な通信ができる事が望ましい。
- NA は位置情報を利用して行動するため、NA と他の端末との距離が分かれば行動がより正確に行える。
- 通信範囲は広ければ広いほど、NA の生存率の向上や、情報提供範囲に自由度が増す。

これらの条件を満たす通信方式が NA に最適であると考えられる。

3.4 NA のレイヤー構造

図 2 は、NA のレイヤー構造である。NA とユーザ端末の Adapter 間の通信は UDP(User Datagram Protocol) を用いて行う。

- NA
情報の蓄積、端末の把握、各端末の位置把握を行い、位置情報に基づき端末間を移動する一種の Mobile Agent である。

- Adapter
情報の収集、位置情報の取得、歩行者の歩行速度・方向を認識、NA の位置把握、MultiHop 時の情報制御、NA の起動を行う。

- Application
NA を利用し情報提供サービスを行う際、NA に様々な機能を付加する部分。

3.5 NA の機能

NA は特定の場所の情報を保持したまま、位置情報を元にその場所に自律的に存在し続けようとする。一定間隔で無線通信範囲内に NA の情報が入ったブロードキャストパケットを送信し、その応答パケットにより周辺の端末を認識する。また、ミドルウェアとして設計されているため、様々な Application を

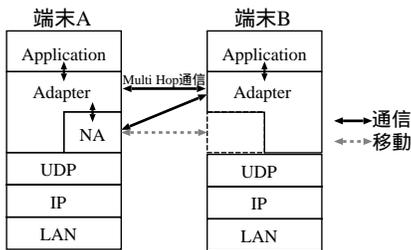


図 2 NA のレイヤー構造

実装できる．これによりサービスの幅が広がる．

3.6 NA の起動処理

NA の起動は，Adapter と Application が連動して行う．NA を起動させる条件については 5. 章で述べる．NA は起動すると，移動開始位置や情報提供範囲の設定元となる初期位置を記憶する．初期位置記憶処理等が終了すると，それらのデータパケットを通信範囲内にブロードキャストで送信する．このブロードキャストパケットに対する応答パケットを受信すると，NA は周辺の端末を認識する．この送受信により NA とユーザ端末 Adapter がリンク確立し，情報のやり取りを行う．

ブロードキャストパケットの詳細

NA が送信するブロードキャストパケットには以下の情報が含まれており，Adapter の制御に利用される．

(1) NA の ID

NA の開始時刻と実装している Application ID の組合わせ．

(2) NA 端末の IP アドレス

NA が存在している端末の IP アドレスで，Adapter が NA と通信を行うのに必要である．

(3) 実装している Application ID

Application ID を利用し歩行者の持つ端末が特定のサービスを受けられるかなどの判断を行う．

(4) NA 起動時の緯度・経度・高さ (NA の初期位置)

NA が起動し活動を始めた時点での緯度・経度・高さの情報．

(5) 現在 NA が存在している端末の緯度・経度・高さ

NA は歩行者の端末間を移動するため，常に現在位置が変化している．Adapter は，NA に実装されている Application のサービスや NA の通信範囲内に存在しているかどうかの判断に必要．

(6) 情報提供範囲

情報提供範囲 (Application の情報が届く初期位置からの固定範囲) を限定する場合などに利用する．

(7) 移動先端末の情報

NA が次に移動する端末の IP アドレス情報．

(8) Application 情報を MultiHop 通信により提供範囲を広げるかどうかの判別情報 (Adapter がパケット制御)

MultiHop 通信を行う場合，Application と Adapter が連動して行う．

3.7 NA の移動処理

図 3 (a) の状態では端末 A に NA が存在 (NA が存在している端末を NA 端末と呼ぶ) し，端末 B, C がサービスを受け

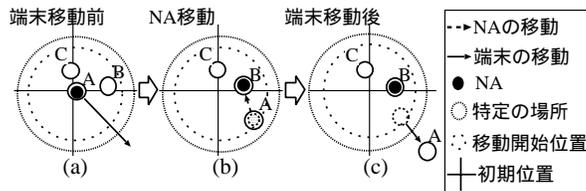


図 3 NA の基本的な移動

ている．この状態から端末 A が移動し，移動開始位置に到達した状態が (b) である．この移動開始位置とは，NA が起動し活動を始めた初期位置を基準として定められる固定の位置であり，この移動開始位置に到達した時，NA は端末間を移動する．また，移動開始位置は NA の現在位置によって変化するものではない．これは，NA の位置によって，その都度移動開始位置を設定すると，情報が存在する範囲が特定の場所から大きくずれてしまう原因となるからである．移動先端末の決定は，NA の初期位置に最も近い端末が選択される．そして NA が端末 B に移動し終わった状態が (c) である．もし，移動開始位置に NA 端末が到達した時に，移動対象端末が存在しない場合，NA は移動できなくなってしまい消滅する．

しかし，NA は移動開始位置を通りすぎ移動対象端末が存在しない場合でも，特定の場所に戻ろうとする知識がある．図 4 の (a) は，移動開始位置に NA が到達した時点で移動対象端末が無い状態である．しかし (b) の状態では，NA 端末の通信範囲に端末 B が入り，端末 B の Adapter より移動方向情報が送られてくる．ここで，端末 B に NA が移動することで特定の場所に戻れる可能性があることがわかる．これにより，NA は端末 B に移動し特定の場所に戻ろうとする．NA の戻ろうとする知識の利用は，Application との連動により決定される．

NA の位置情報を元にして移動するという特徴を利用すると，特定の場所に存在し続けようとするだけでなく，特定の場所へ NA を移動させたり，2 地点間などを往復させ情報を収集させることも可能である．

3.8 NA の終了処理

通終了時の処理

ユーザの意思により，Application が終了するとき，Application を終了する端末上に NA が存在していると，ユーザは NA のサービスを受けることなく，リソースを消費してしまう．また Application 終了後，端末のシャットダウンを行うと NA は消滅してしまう．そのため，Application 終了時に NA 移動処理を行う必要がある．ユーザが Application 終了を選択する

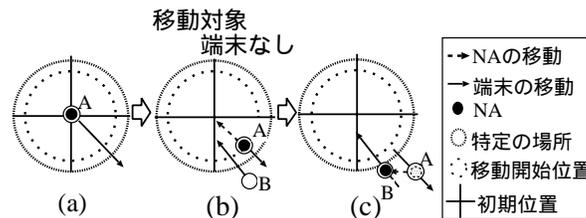


図 4 NA が特定の場所へ戻ろうとする知識

と、Adapter は、NA に移動通知を送信する。これを受けた NA は、現在認識している移動先端末へ移動する。

強制終了時の処理

NA はユーザの持つモバイル端末間を、特定の場所の情報を保持し移動し続けている。こういった状況において、モバイル端末のバッテリー切れ等の強制的な電源オフになる状況が考えられる。モバイル端末が強制的に終了されてしまうと、移動開始位置を過ぎた NA のように、NA の活動していた場所に向かう端末に移るといった処理が不可能になる。NA が消滅すると、その場所でサービスを受けていたユーザの端末には情報が残っているが、新しくその場所を通る歩行者に情報が提供されなくなる。そこで、Application によっては、再度 NA を起動させる必要がでてくる。

NA を新たに起動させる必要がある場合、NA が次に移動する予定である移動先端末を利用する。NA はブロードキャストパケットを送信し、その返信パケットから、NA の初期位置に最も近い端末を移動先端末としている。この端末を利用することで、特定の場所に情報が存在し続ける確率が向上すると考えられる。

強制終了後に、いつ NA を再起動させるかについては、Application の設定に依存する。また、移動先端末に NA 端末の情報をコピーしておくことにより、情報は失われずに済むと考えられる。

3.9 NA の合併処理

図 5 は NA 合併処理を行う状況の概要図である。図 5 において、NA 端末 A の通信範囲に NA 端末 B が存在し、NA 端末 A は NA 端末 B の通信範囲に存在している。こういった状態において、端末 A と端末 B の NA に実装されている Application が同一である場合、NA の合併処理を行い、その場所の NA を一つに統一することが可能である。これにより、その場所の情報が統一され、ユーザにとっては、同じ場所に複数の同系統の情報が存在する状況を無くし、情報によるユーザの混乱を防ぐことができると考えられる。統一する処理では、ブロードキャストを先に受取った端末が統一される側となる。

NA の合併処理を行うか行わないかの設定は Application の設定によって変わってくる。また、NA の合併処理と同時に Application の情報を統一する場合は Application レイヤーで情報を統一し NA に渡す。

合併処理を行う例を以下に挙げる。

- 位置情報を起動条件として NA を起動させる Application では、複数の人が同時に起動条件に一致すると、その場所に複数の NA が存在してしまう。こういった場合に合併処理を行う。
- 移動開始位置を過ぎた NA が他端末を経由し特定の場所に戻ってきた時に、その場所に新しく NA が起動していた場合、合併処理を行う。

4. Adapter の機能

Adapter 歩行者端末上で動作し、常に位置情報・歩行速度・歩行方向を取得し続ける。NA からのブロードキャストパケッ

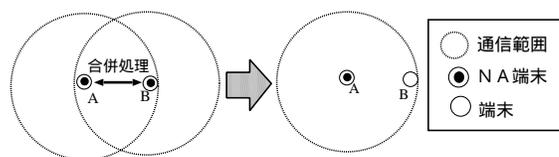


図 5 NA 合併処理

トを受信すると、Adapter 端末の情報を返信する。また、NA の情報提供範囲内に存在していればサービスを受けることができる。

4.1 Adapter の起動処理

ユーザが Adapter を起動すると、Adapter は NA からのブロードキャストパケット待ち状態となる。ブロードキャストパケットを受信すると、Adapter は、NA からの情報を認識し、NA に自身の情報を返信する。ブロードキャストパケットから、情報提供範囲内であると Adapter が判断すると、NA に実装されている Application 情報を受けられることになる。一方、ブロードキャストパケットを受信しない場合、常に受信待ちとなっているが、Application において、NA 起動条件が Adapter の持つ情報と一致した場合、NA を起動させる。

ブロードキャストに対する応答パケットの詳細

- (1) Adapter 端末の ID
IP アドレスと NA との通信ポート番号で表す。
- (2) Adapter 端末の IP アドレス
端末の IP アドレス。
- (3) 現在地の緯度・経度・高さ
歩行者の現在地情報。
- (4) 歩行速度
一定距離・時間ごとの位置情報を元にして求めた速度情報。
- (5) 歩行方向
一定距離・時間ごとの位置情報を元にして求めた歩行方向情報。

4.2 サービスの自動選択処理

図 6 は、複数の NA が存在する場合に、Adapter が NA から受けるサービスを自動で選択する例である (a) において、端末 C は NA 端末 A のサービスを受けている。この状態から、端末 C が右方向へ移動すると NA 端末 B の情報提供範囲と NA 端末 A の情報提供範囲が重なる。その状態が (b) である。こ

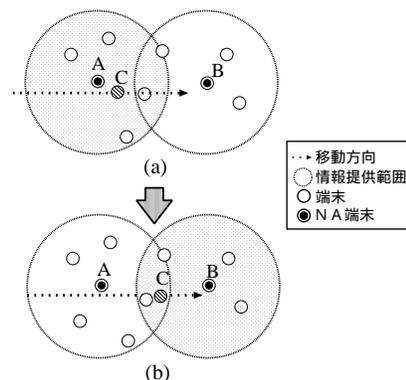


図 6 Adapter の Application 自動選択

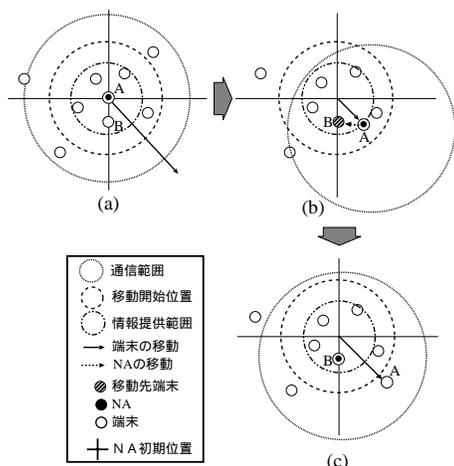


図7 NAの移動状況と情報提供範囲の関係

ここで端末CのAdapterは、常に移動方向を認識しているため、このまま移動し続けるとNA端末Bの方へ移動することが予想できる。そのためAdapterは自動的にNA端末Bのサービスを選択する。このように、移動方向を意識したサービスを選択することで、歩行中の意識の妨げを最小限にすることができる。もし、状態(b)においてNA端末Aの情報を知る必要があった時、Application等の履歴から端末Cの利用者は、NA端末Aの情報提供範囲に戻ればよいことが解る。

5. NAを用いた情報提供について

本章では、NAを用いた情報提供やNAの起動方法例について述べる。また、特定の場所に関する情報交換や情報提供を行っている他の研究とNAを用いたサービスについて比較する。

5.1 NAの情報提供範囲

NAの情報提供範囲と通信範囲の関係(図7)をNAの移動状況に合わせて説明する(a)は、端末AにNAが存在しNA端末となっている。NA端末Aは情報提供範囲内の端末に情報提供サービスを提供している。情報提供範囲とは、NAの初期位置を元に設定され、実装しているApplicationの情報提供サービスを必ず受けられる固定の範囲であり、変化しない。これは、NA端末の移動によって、突然サービスを受けられなくなる状況を回避するためである。情報提供範囲を設定する場合、通信範囲が広い通信方式が望ましい。

通信範囲は無線が届く範囲である。情報提供範囲外で通信範囲内のみ存在している端末は、Applicationレイヤーでの通信は行わず、NAのブロードキャストに対し、Adapterが応答パケットを送信するのみである。

この状態からNA端末Aが矢印の方向へ移動する。移動する途中、移動開始位置に到達した状態が(b)である。移動開始位置に到達したNAは、移動先端末である端末Bに移動する。移動を終えた状態が(c)である。こういった処理を繰り返しながら、NAは特定の場所に存在し続ける。

また、NAのブロードキャスト情報やApplicationの情報を受取れる最大範囲は、通信範囲となるが、AdapterとApplicationの連動によりMultiHop通信を行うことで情報提供範囲(情報

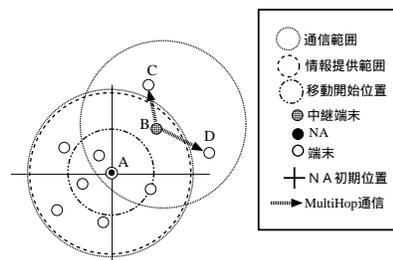


図8 NAのMultiHop通信

を必ず受取れる保障なし)を広げることは可能である。その際、Applicationからの情報のみMultiHop通信で送信し、NAとの双方向通信は行わないこととする。これは、NA端末の負荷の増大を避けるためである(図8)。

5.2 NAを起動させる条件

NAを起動させる条件例についていくつか例を挙げる。

(1) 位置情報を利用する

位置情報を利用する起動とは、特定の位置にNAを起動させるようにApplicationで設定されているような場合である。

図9は、道路の交差点にNAを起動させ、交差点を通りかかる歩行者に対し交通情報提供を行うApplicationの例である。現在、交差点(a)(c)(d)(e)にNAが存在しサービスを行っている。特定の場所(b)には、現在NAが存在していないとする。こういった状態で、端末Bが特定の場所(b)を通りかかるとApplicationとAdapterが連動してNAを起動させる。

例えば、歩行者ナビゲーションのように、モバイル端末を持って歩行している場合に、Applicationで登録されている交差点の位置で、NAがその場所に存在していなければ起動させる。また、歩行者だけではなく、路線バスの様に決まったルートを定期的に周回する交通機関の特性を利用し特定の場所に配布させるといった方法が考えられる。

(2) 人口密度を利用する

これは、端末の無線通信範囲内に、どのくらいの端末を認識しているかという情報を利用し、AdapterがNAを起動させる方法である。人口密度を利用することで、イベント会場等の出口やブースの混雑案内、また、交通機関の混雑案内といった交通情報の提供が可能ではないかと考えられる。

(3) ユーザの意思による起動

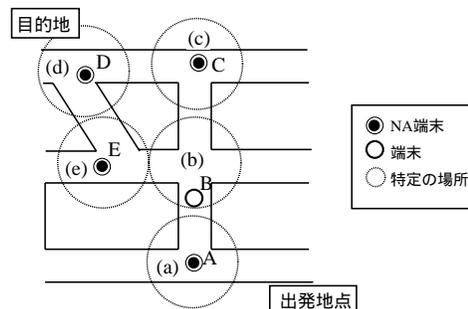


図9 NA起動例

店舗等が宣伝目的で NA を利用する場合等に、店舗側が NA を店舗先に起動させ、店舗情報を歩行者に伝えるといった利用が考えられる。

5.3 NA を用いた情報提供サービスについて

NA を用いた情報提供サービスには、以下のような特徴がある。

- 位置依存・限定性

NA は、位置情報を元に行動する一種の MobileAgent であるため、NA が存在している場所に依存した情報を扱う。また、情報提供範囲を設定することにより、情報提供を行う範囲を限定したサービスを行うことも可能である。

- 時間限定性

NA の保持している情報の有効期限を定め、特定の時間帯のみサービス提供を行う Application に利用できる。

- 双方向性

NA からの情報を一方的に受信するだけでなく、Application によっては、ユーザと NA の通信。また、ユーザから NA を通し他のユーザへの情報配信等が考えられる。

- リアルタイム性

NA は歩行者の持つ端末がアドホックネットワークを形成することにより利用できる。そのため、人がある程度存在していれば、その場所に NA が起動することが可能であり、その場所とその時の状況に見合ったサービス展開が可能である。

- メンテナンス性

NA を用いて情報提供を行う際、位置情報に応じた情報をサーバに蓄積しないため、サーバの管理を行う必要がない。また、特定の場所に人が存在しなくなると自動的に消滅してしまうため、情報を消去するといった管理も必要がない。

NA に実装する Application は、このような特徴を利用したサービスを行うことが可能である。

5.4 NA を用いた情報提供システムと他のサービスや研究との違い

NA を用いたシステムでは、情報の管理は NA が行うため、一元的に情報を管理するサーバを必要としない。また、情報は実際の場所に存在するためリアルタイムな情報提供が可能である。NA は位置情報を利用し自律的に行動するため、移動先に位置情報を指定することにより様々な利用が考えられる。一方、他の位置情報を用いたサービスは、一元的に情報を管理するサーバを利用し、PHS・携帯電話等の通信網を用いサーバから位置情報に応じたサービス提供を受けるため通信コストが必要である。また、PHS・携帯電話が利用できない所や不安定な所ではリアルタイムな情報提供が不可能である。こういったことから、NA を用いたシステムでは、いつでもどこでも、低コストで情報提供環境を構築できると考えられる。

しかし、人通りが少なくなると NA が消滅する確率が上がるため、長時間・数日にわたるサービス、重要な情報を扱うといったサービスには適さない。リアルタイムに状況が変わる交通情報や、突発的なイベントに対して情報を提供したい場合などに適していると考えられる。また、NA はミドルウェアであるため、Application によって様々な振る舞いができるのもメリッ

トである。歩行者のモバイル端末のみで NA を利用する以外にも、車の車載機等にも利用できると考えられる。また、Agent 同士が協調することで様々なサービスとの連携が考えられる。

6. NA の実装と評価

6.1 NA の実装

NA の実装には、エージェントフレームワーク DASH (Distributed Agent System based on Hybrid architecture) 1.9.7g [10] を用いた。

NA の開発環境には、プログラム言語として Java version1.4.1 Java(TM)SDK, Standard Edition を用いた。位置情報の取得には、I-O DATA 社の CFGPS2 [11] を用い、通信には BluetoothVersion1.1b を利用した。

6.2 NA の評価

NA の有用性を示すため、NA が特定の範囲内に存在していた時間を評価対象としてシミュレーションを行った。シミュレーションでは実際の NA を利用し、歩行者端末としてデスクトップ PC、ノート PC を利用した。ネットワーク構成は有線 LAN 及び無線 LAN の混合した環境で行った。また、位置情報として、実際の GPS と同様の値を出す仮想 GPS プログラムを作成し、利用した。端末の初期位置・歩行方向にはランダム、直進道路、交差点を想定した。表 1 はシミュレーションパラメータである。

表 1 シミュレーションパラメータ

項目	値
面積 (ランダム)	100 × 100m ²
面積 (直進道路)	100 × 10m ²
面積 (交差点)	(100 × 10)m ² + (10 × 100)m ²
通信範囲	40m (半径)
移動開始位置	35m (半径)
ブロードキャスト間隔	3 秒
人の歩行速度	0.9 ~ 1.7m/s (平均値 1.3, 標準偏差 0.3 とする乱数)
NA の容量	60KB

シミュレーションの結果より、ランダム (図 11)、直進道路 (図 12)、交差点 (図 13) とともに端末数が増えるに従い生存時間も指数関数的に伸びていることがわかる。また、移動開始位置を過ぎても戻る知識を利用することで生存時間はさらに伸びると考えられる。

NA の生存確率の低下の理由として以下が考えられる。

- 端末間の移動処理

NA はブロードキャストパケットに対する応答パケットにより移動先端末を決定する。決定された移動先端末に移動する処理に時間がかかってしまい、移動終了後ブロードキャストを送信するまでに時間がかかってしまうという問題がある。また NA に Application を実装した場合、この Application の情報量が大きくなるにつれ、処理時間が増すことが考えられる。

- NA の移動先端末

現在の NA の移動先端末決定処理は、NA の初期位置に最も近



図 10 シミュレーション実行画面 (交差点)

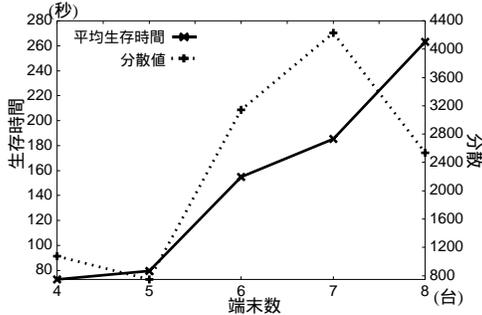


図 11 シミュレーション結果 (ランダム)

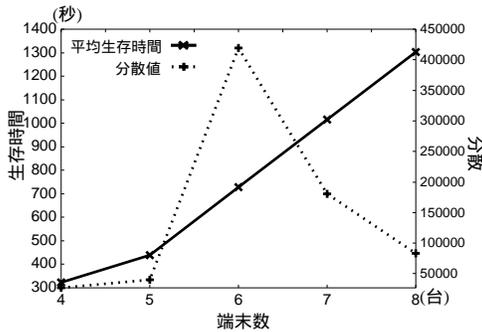


図 12 シミュレーション結果 (直進道路)

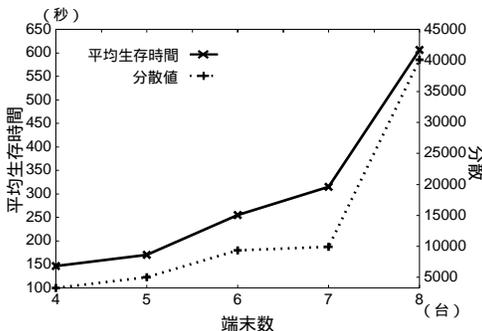


図 13 シミュレーション結果 (交差点)

い端末に移動する。しかし、Adapter は常に歩行方向、歩行速度を認識している。この情報を NA が利用し、移動開始位置内により長く存在する可能性の端末へ移動する決定方法の方が最適であると考えられる。

このような処理を最適化することにより、NA の生存時間は伸びると考えられる。また、NA の移動開始位置やブロードキャスト間隔も実装する Application によって最適化することで生存時間は向上すると考えられる。

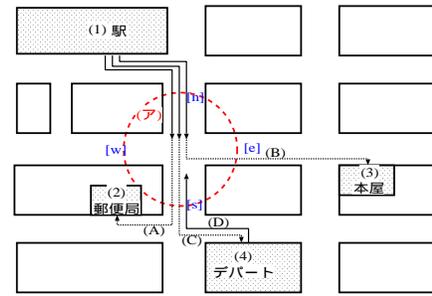


図 14 歩行者とナビゲーションの動き

7. NA を用いた歩行者ナビゲーションシステム

現在の歩行者ナビゲーションでは、目的地を入力して自動的にルート探索・表示された経路が、必ずしも最短時間経路になっているとは限らない。それは、地図に最新の情報が反映されるのに時間がかかることや、歩道が混雑していたり、交通事や工事によって歩道の道幅が制限されたりし、歩行速度が低下することがあるからである。

そこで、NA を用いて経路上の状況をリアルタイムに収集し、収集した情報をもとに、最短時間で目的地に到着できるように歩行者を誘導するナビゲーションシステムを提案する。

7.1 提案するナビゲーションの概要

提案するナビゲーションでは、NA を各交差点に配置する。よって、本ナビゲーションでは各交差点で情報の収集・提供が行われる。歩行者から収集した情報を元に統計処理を行い、ナビゲーションを利用する歩行者の目的地となる場所から来た歩行者がどの方向から来たか、NA 間の移動にどのくらい要したかなどを算出する。これらの情報をもとに目的地に最短時間で到達できる経路を算出し、歩行者へと提供する。収集する情報、及び提供する情報の詳細を表 2 に示す。

表 2 歩行者から収集する情報

歩行者端末で収集する情報	NA で処理する情報
出発地の緯度・経度	NA の緯度・経度
目的地の緯度・経度	歩行者の進行方向
情報収集エリアに入った時の緯度・経度	
NA 間の移動に介した所要時間	

7.2 経路探索の方法

歩行者端末から交差点付近を移動する歩行者の緯度・経度、出発地・目的地、NA 間の移動に要した時間などの情報を収集する。収集した情報は、NA によって蓄積され、歩行者の出発地別に統計処理を行う。これにより、同じ出発地から移動してきた歩行者が、どの方角から多く移動してきたか判別できる。また、交差点に配置された NA 間の移動に要した時間から、どの経路が短時間で移動可能か判別可能となる。これらの情報を歩行者に提供することで、目的への最適な経路を案内できる。

例えば、図 14 のような地図上で歩行者が、このナビゲーションシステムを使った時の情報収集エリア (ア) の動きを説明する。

(1) から (2) に移動する歩行者 (A)、(1) から (3) に移動する

歩行者 (B), (1) から (4) に移動する歩行者 (C) が NA の誘導により情報収集エリア (A) に来た場合, ここでの統計処理が行われ, (1) から来た歩行者は, [n] の方角から 3 人となる. ここに, (4) から (1) に向かいたい歩行者 (D) が来た時, NA は (1) から来た人数が一番多い [n] 方向を最適経路と判断し, 歩行者 (D) を [n] 方向へ誘導する.

歩行者が工事や交通事故によって通行止め, もしくは道幅が規制されているのを知らず来てしまった場合, 歩行者は迂回するか歩行速度を落として進むことになり, 余分に時間がかかってしまう. しかし, 提案するナビゲーションを基に誘導すれば, 工事や交通事故で規制されている道は歩行履歴が少なくなるため, その方向へは誘導せず, 最短時間で行けるように違う経路を探して誘導することができる.

7.3 ナビゲーションプログラムの実装

開発環境として, Java version 1.4.1 Java(TM) SDK, Standard Edition を用いた.

NA の働き

- (1) 交差点を通る全ての端末に自分の IP アドレスと緯度・経度を 1 秒毎に送信.
- (2) 歩行者の出発地, 目的地, 現在地の緯度・経度を受信.
- (3) 収集した情報を定期的に更新.
- (4) 歩行者がどの方角から来たかを計算.
- (5) 出発地別に統計処理.
- (6) NA 間の所要時間を統計処理.
- (7) 統計処理の結果から, 歩行履歴のカウントで一番多い方角を目的地への最適経路と判断する.

歩行履歴のカウントに明確な違いが出ていない場合, NA 間の所要時間が短かった方角を最適経路とする.

- (8) 歩行者が進む方向はどの方角かを送信.

歩行者端末の働き

- (1) 出発地の緯度・経度を取得.
- (2) 目的地を PDA の地図上から選択し, その緯度・経度を取得.
- (3) NA の IP アドレス, 緯度・経度を受信.
- (4) NA 間の所要時間を計るタイマーを止める.
- (5) 出発地, 目的地, 現在地の緯度・経度, を送信.
- (6) どの方向に進むかを受信.
- (7) 歩行者が持つ PDA に進行方向を表示.
- (8) 2 秒以上, NA の IP アドレス, 緯度・経度を受信しなかったら NA 間の所要時間を計るタイマーを開始する.

8. おわりに

現在の歩行者ナビゲーションは, 地図情報に最新の情報が反映されていないなどその場に応じた誘導ができていないという問題点がある. 本研究では, NA を用いることで局所的かつリアルタイムな情報を扱い, これを基に歩行者を目的地へ誘導するシステムを提案した. 経路探索の実装結果から, 本提案は局所的な情報で歩行者を誘導ことができ, リアルタイムな情報を基に歩行者に最短時間の経路提供を可能にすると考えられ

る. 提案したナビゲーションでは, 交通事故・工事の道幅の規制や人口過密による歩行速度の低下に関して考慮したが, 歩行者の一方通行は考慮に入れていない. 例えば, イベントが行われる前後の会場付近では最寄駅までの順路が規制されており, ナビゲーション通りに歩行できない場合がある. また, エスカレーターや動く歩道なども人為的に一方通行の状況を作っている. この状況にも対応すれば, どの場面でも活躍し, より利用者の要求を満たすナビゲーションシステムになると考えられる.

文 献

- [1] EZ ナビウォーク.
http://www.au.kddi.com/ezweb/au_dakara/ez_naviwalk/index.html
- [2] F505iGPS.
<http://505i.nttdocomo.co.jp/product/f505igps/index.html>
- [3] JAVA テクノロジー.
<http://jp.sun.com/learnabout/java/>
- [4] BREW JAPAN.COM.
<http://www.brewjapan.com/>
- [5] Bluetooth.
<http://www.bluetooth.com/index.asp>
- [6] 森下健, 中尾恵, 垂水浩幸, 上林彦彦. " 時空間限定オブジェクトシステム SpaceTag: プロトタイプシステムの設計 ". 情報処理学会論文誌 vol41, No10, pp2689-2697, 2000.
- [7] 中尾 寿朗, 宮崎 秀樹, 藤本 幸一, 竹林 一. " 場所・時間・行動を起点とした情報配信システム 「goopas(グーパス) - 自動改札システムを利用したモバイル情報サービスの概要 - ". 情報処理学会第 65 回全国大会, pp305-306, 2003.
- [8] DDI POKET 「位置情報コンテンツ」.
<http://www.ddipocket.co.jp/corporate/press/h12/000111.html>
- [9] EPSON "Locatio".
<http://support.i-point.ne.jp/locatio/>
- [10] DASH.
<http://www.agent-town.com/dash/index.html>
- [11] CFGPS2.
<http://www.iodata.jp/products/peripheral/2002/cfgps2/index.htm>
- [12] 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.
- [13] 菊池聡敏, 八木啓介, 清水雅代, 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 65 回全国大会, Vol.3. pp.312-313. 2003 年 3 月.
- [14] 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.
- [15] 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 13 回高度交通システム研究会, Vol.2003, No.56, pp47-54, 2003 年 5 月.
- [16] 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.