

交差点における NA を用いた仮想インフラの提案

久保田 和也[†] 屋代 智之[†]

[†]千葉工業大学大学院情報科学研究科 〒275-0016 千葉県習志野市津田沼 2-17-1

E-mail: kazuya92@ysr.net.it-chiba.ac.jp

あらまし 交通事故は、交差点で出会い頭に発生することが最も多い。これに対して、路車間通信を用いた事故防止システムが検討されているが、路車間通信では道路上に通信装置を設置する必要がある。しかし、交差点は無数に存在するため、インフラに頼らない事故防止システムが必要である。著者らは、インフラを必要とせず、特定の場所で情報・提供を行うことが可能な Nomadic Agent(NA)を提案している。そこで本稿では、交差点において、交差点内の通信を管理し、車両情報を提供するような事故防止システムを実現するため、NA を用いて仮想的なインフラを構築する。VANET(Vehicular Ad-hoc Network)環境に適した NA の移動方法を提案し、シミュレーションを用いて評価を行う。

キーワード 車車間通信, VANET, 事故防止, ITS, モバイルエージェント

A proposal of Virtual Infrastructure based on NA at Intersection

Kazuya KUBOTA[†] Tomoyuki YASHIRO[†]

[†] Graduate School of Information and Computer Science, Chiba Institute of Technology

2-17-1 Tsudanuma, Narashino, Chiba, 275-0016 Japan

E-mail: kazuya92@ysr.net.it-chiba.ac.jp

Abstract The largest number of the traffic accidents are occurred in intersections in Japan. To resolve these, system for safety driving using road-to-vehicle communication is studied. But, there are great numbers of intersections, therefore the system which is not depend on infrastructure is needed. We had proposed Nomadic Agent (NA). NA is able to keep its position on a specific area and thus it can provide information without infrastructure. In this paper, we propose a virtual infrastructure system based on NA to control communications in the intersection and provide surrounding vehicles information to avoid collisions. We propose NA migration algorithms to adapt Vehicular Ad-hoc Network environment and evaluate the method by the computer simulations.

Keyword inter-vehicle communication, VANET, traffic accident prevention, ITS, mobile agent

1. はじめに

平成 18 年度中の交通事故による死者数は 51 年ぶりに 6 千人台前半まで減少したものの、交通事故発生件数は 90 万件近く、負傷者は 8 年連続で 100 万人を越えている[1]。これらによる損失は依然として深刻な問題である。そのため、ITS(Intelligent Transport Systems : 高度道路交通システム)の研究が盛んに行われている。これらの研究の一つとして、車載器を搭載した車両同士で通信を行う車車間通信や車両と道路上の通信装置とで通信を行う路車間通信、さらには車車間通信と路車間通信の協調的な利用が検討されている[2]~[4]。

交通死亡事故発生件数を事故類型別に見ると出会い頭衝突が最も多く、道路形状別に見ると交差点内が最も多い[1]。これに対して、路車間通信を用いた事故防止システムが検討されている[5][6]が、交差点は無数にあり、全ての交差点に事故防止システムのための通

信装置を設置することは非常に困難である。このため、インフラに頼らない事故防止システムが必要である。

また、事故防止システムのようなアプリケーションでは、車両の位置、速度、加速度といった車両情報を定期的に伝播する必要がある。しかし、交差点のように車両密度が高くなる場所ではトラフィック量が増大し、パケットロスが生じる可能性があるため、交差点内の通信を何らかの方法で管理することが望ましい。

著者らは、インフラを必要とせず、アドホックネットワーク上で情報収集・提供を行うことが可能な Nomadic Agent(NA)を提案している[7]~[10]。本稿では、交差点において交差点内の通信を管理し、車両情報を提供するような事故防止システムを実現させるため、この NA を用いて仮想的なインフラを構築するシステムを提案する。しかし、今までの NA は、歩行者が持つ携帯端末で構成するアドホックネットワーク上(歩行者環境)での利用を想定しており、車車間通信によ

って構成する VANET(Vehicular Ad-hoc Network)での利用はあまり想定していない。そこで、VANET 環境の特徴を考慮し、NA が交差点内に留まり続けるための移動方式を提案し、シミュレーションを用いて評価する。

2. Nomadic Agent(NA)

NA とは、GPS などの位置情報を基に端末間を自律的に移動することで、情報収集・提供を行いながら特定の場所にデータを残し続けることが可能な一種の Mobile Agent である。NA は、端末同士で構成するアドホックネットワーク上で端末間を移動しながら、自身の物理的位置を維持しつつ、その場所の情報を管理する。そのため、情報を管理するための固定サーバを必要としない。

2.1. NA の動作

図 1 に、NA の移動動作と移動のために設定される各領域の範囲を示す。NA は任意の端末が特定の位置に存在する時に、その端末内で発生する。同時に、NA を発生させた位置（発生位置）を基準とし、NA が情報提供を行う範囲（情報提供範囲）、NA が情報提供範囲内の端末に移動を開始する位置（移動開始位置）を定める。

NA は発生後、定期的にブロードキャストを行う。これを受信した端末は、自身の位置情報を返す。これにより、NA が周辺端末の位置情報を把握し、それらの端末へ移動することができる。

全ての端末は、端末を保持する人の移動にあわせて移動する。NA は情報提供範囲内で継続して情報提供を行うために、NA を保持している端末（NA 保持端末）が移動開始位置を越えた場合、周辺端末の位置情報を基に、情報提供範囲内の発生位置に最も近い端末に移動する。

これらの動作によって、特定の場所に NA が保持するデータを残すことが可能となる。

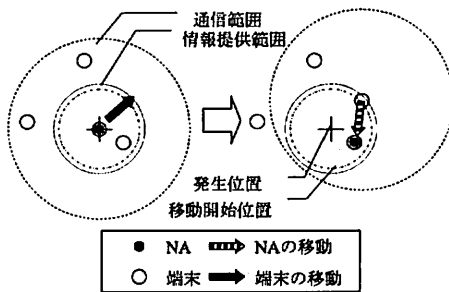


図 1：NA の移動

2.2. NA の消滅

NA は情報提供範囲内の端末へ直接移動できる範囲を生存範囲とする。NA の移動の際、移動先の候補端末を見つけることができない、あるいは端末への移動に失敗する等の理由で、NA 保持端末が生存範囲を越えてしまった場合、保持しているデータを破棄し、NA を消滅させることで、不要なデータの流通を避ける。

3. 交差点における NA を用いた仮想インフラの提案

図 2 のように建物等により見通しのない交差点を想定する。交差点での事故防止システムを実現するため、NA を交差点付近で発生させ、交差点内の通信の管理や、周辺車両の情報提供を行うための仮想的なインフラとして用いる。

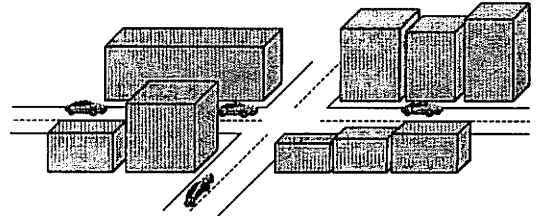


図 2：想定する交差点

3.1. 前提条件

各車両は GPS 等から位置情報を取得できる。車載器を搭載した車両同士は、定期的に自車両の位置、速度、加速度といった情報を交換し、周辺車両の状況を知ることができる。また、NA は交差点の車両密度が一定以上になると発生する。

3.2. VANET 環境の特徴

NA は歩行者環境での利用を想定しており、VANET 環境での利用は想定していない。そのため VANET 環境に適した NA の移動方法を考える必要がある。そこでまず、歩行者環境と VANET 環境の特徴を比較し、NA への影響を考察する。

● 端末の移動速度

VANET 環境では、車両に搭載した車載器が通信を行うため、歩行者環境に比べ端末の移動速度が速い。そのため、NA を保持した車両（NA 保持車両）が短時間で移動開始位置に到達してしまい、NA の移動が頻繁に起こると考えられる。

● 端末の移動方向

端末の移動予測が難しい歩行者環境に比べ、車両は道路上を走行するため、VANET 環境では端末の移動予測が容易である。NA の移動先の候補端末を決める際に、車両の移動方向を考慮すること

で効率良く NA を移動させることができる。

● 交通信号

車両は走行車線の信号が赤である場合は必ず停止する。このため、VANET 環境では信号待ちの車両に NA を渡すことで、歩行者環境の NA よりも長い時間、情報提供範囲内に存在することができると考えられる。

● バッテリー

バッテリーに制限のある歩行者環境に対して、VANET 環境では車両から電力供給を受けることができる。そのため、NA が定期的に行うブロードキャストや NA の移動等による電力消費はあまり考慮しなくても良いと考えられる。

優先方式では、情報提供範囲内で信号待ちの車両を見つけた場合、それらの車両の中で最も発生位置に近い車両に優先的に NA を移動させる。信号待ちの車両が見つからなかった場合は移動を行わない。NA 保持車両が移動開始位置を越えた場合は歩行者環境の NA と同様に、発生位置に最も近い車両へ移動する。

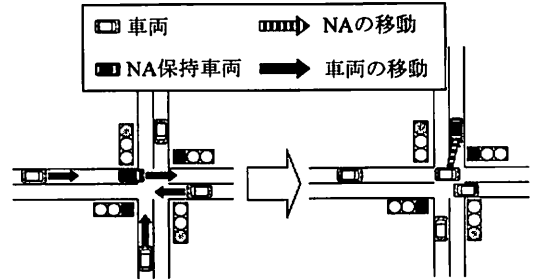


図 3：信号待ち車両優先方式

3.3. 生存範囲

歩行者環境の NA では、歩行者の移動予測が困難であるため、NA が情報提供範囲内の端末に直接戻ることができない位置まで移動した場合、NA を消滅させていた。一方、車両は原則として道路に沿って走行するため、移動予測が比較的容易である。そのため、NA が発生位置からある程度離れてしまっても、情報提供範囲内に戻ることは容易であると考えられる。そこで、2hop 以内で情報提供範囲に戻れる範囲を生存範囲とする。

NA 保持車両が生存範囲内にいる間、NA は情報提供範囲に戻るため移動を試みる。NA 保持車両が生存範囲を越えた場合、歩行者環境の NA と同様に NA を消滅させる。

3.4. NA の移動

3.2 節で述べたように、VANET 環境では端末の移動速度、端末の移動方向、交通信号、バッテリーといった歩行者環境とは異なる特徴を持っている。これらを考慮し、VANET 環境に適した移動方法である信号待ち車両優先方式、対向車両優先方式、信号待ち車両・対向車両優先方式を提案する。

3.4.1. 信号待ち車両優先方式

交差点では、交通信号が赤の車線を走る車両は必ず停止する。信号待ちの間は NA 保持車両が情報提供範囲外に移動してしまうことがないので、歩行者環境の NA よりも長い時間、情報提供範囲内に存在させ続けることができる。

歩行者環境の NA では、NA 保持端末が移動開始位置を越えなければ NA の移動は行わない。NA は 2.1 節で述べたように、周辺端末の状況を把握するため定期的にブロードキャストを行っている。これにより、信号待ちの車両を見つけることができる。信号待ち車両

3.4.2. 対向車両優先方式

歩行者環境の NA は、移動開始位置を越えて情報提供範囲内の端末へ移動する場合、発生位置に最も近い端末を移動先の候補にしていた。VANET 環境では車両の移動予測が容易であるため、NA の発生位置に向かう車両に優先的に NA を移動させた方が移動が効率的である。NA 保持車両が発生位置から遠ざかる方向へ走行している時、その対向車両は発生位置に近づいて行くと考えられる。対向車両優先方式では、NA 保持車両が移動開始位置を越えた場合、対向車両の中で最も発生位置に近い車両に優先的に NA を移動させる。これにより、歩行者環境の NA よりも少ない移動回数で情報提供範囲内に存在させ続けることができる。NA 保持車両が移動開始位置を越えた際に、対向車両が見つからなかった場合は歩行者環境の NA と同様に、発生位置に最も近い車両へ移動する。

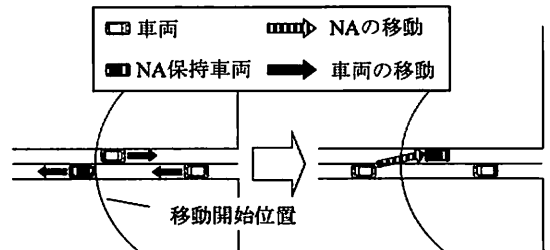


図 4：対向車両優先方式

3.5. 信号待ち車両・対向車両優先方式

信号待ち車両・対向車両優先方式は信号待ち車両優先方式と対向車両優先方式を組み合わせたものである。信号待ち車両・対向車両優先方式では、情報提供範囲内で信号待ちの車両を見つけた場合は、それらの車両

の中で最も発生位置に近い車両に優先的に NA を移動させる。NA 保持車両が移動開始位置を越えた場合は、対向車両の中で最も発生位置に近い車両に NA を移動させる。

4. シミュレーションと評価

4.1. シミュレーション条件

図 4 にシミュレーションモデルを示す。また表 1 にシミュレーション条件を示す。

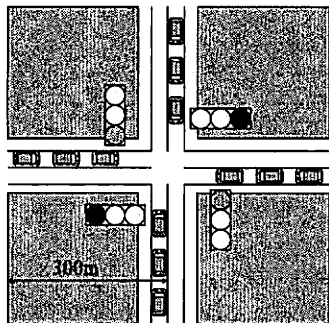


図 5：シミュレーションモデル

表 1：シミュレーション条件

シミュレーション時間	86400 秒
道路	片側 1 車線, 交差点から各 300 m
歩道幅	3 m
道路信号切替周期	60 秒
直進時最高速度	40 km/h
右左折時最高速度	20 km/h
車載器搭載率	30~100 %
通信方式	IEEE802.11b
通信半径	100 m
NA のブロードキャスト間隔	0.5 秒
NA の情報提供範囲	半径 50 m
NA の生存範囲	半径 250 m

シミュレーション時間は 1 日を想定し、86400 秒とした。以下にパラメータの特徴を示す。

● 道路

道路は信号のある交差点をモデルに用いた。道路信号は 60 秒間隔で赤信号と青信号が切り替わるようにした。直線道路は片側 1 車線とした。道路長は NA の生存範囲を十分カバーできるように各 300m とした。歩道幅を 3m とし、車道と歩道以外 (図 5 の斜線部) は建物により見通しがないものとした。

● 車両

車両は初期配置時に、車載器搭載の有無と交差点での進行方向 (右左折) をランダムに決定した。車載機搭載率は 30~100% の間で変化さ

せながらシミュレーションを行う。車両の走行速度は追従モデルによって決定し、直進時最高速度は 40km/h、右左折時最高速度は 20km/h とした。車両がシミュレーション範囲外へ出た場合は、NA からの情報取得の有無をリセットし、車載器搭載の有無、交差点内での進行方向を改めてランダムに決定し、対称座標に発生させて新規車両とした。

● NA

NA はシミュレーション開始から一定時間経過後、車載器を搭載した車両が交差点内を通過した時、その車両に発生させる。NA が定期的に行うブロードキャストの間隔は 0.5 秒とし、このブロードキャストを受信した車両は NA から情報を受け取ったこととした。通信半径を 100m とし、NA の生存範囲を発生位置から 250m とした。

● シャドウィング

通信車両間に他の車両または建物等の障害物が存在する場合はシャドウィングにより通信ができないものとした。

5. 結果と評価

提案方式の有用性を示すため、情報提供範囲内存在率、NA の移動間隔、情報取得率の 3 項目について評価を行った。また、歩行者環境の NA (歩行者方式) を用いた場合との比較を行った。

5.1. 情報提供範囲内存在率

シミュレーション時間を NA 保持車両が情報提供範囲内に存在していた時間で割ったものを情報提供範囲内存在率とし、その結果を図 6 に示す。車載器搭載率が 50% 以下の時は各方式の結果にそれほど差が見られない。これは、車載器搭載率が低い時は移動先の候補車両が限られるためであると考えられる。車載器搭載率が 50% を超えてから提案方式が歩行者方式よりも良い結果になっている。特に信号待ち車両優先方式と信号待ち車両・対向車両優先方式は、車載器搭載率が 80% を超えると 95% 以上の確率で情報提供範囲内に存在できている。

これにより、提案方式を用いることで、より長い間 NA が情報提供域内に存在することが可能であることを示した。

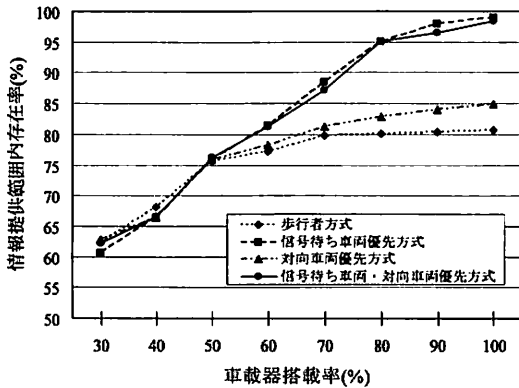


図 6：情報提供範囲内存在率

5.3. 情報取得率

情報を受け取った車両を、交差点を通過した車載器搭載車両台数で割ったものを NA の情報取得率とし、その結果を図 7 に示す。対向車両優先方式は 80%以上の車両が情報を取得できており、車載器搭載率によらず歩行者方式より良い結果になっている。信号待ち車両優先方式と信号待ち車両・対向車両優先方式は車載器搭載率が 40%以下の時、歩行者方式以下の結果になってしまっている。これは、交差点から離れている車両でも停止していれば NA の移動先候補になってしまい、この車両に NA が移動した場合、交差点から離れた位置で情報提供が行われてしまうからだと考えられる。しかし、車載器搭載率が 70%を超えてからは両方式が 90%以上の車両が情報を取得できていることが分かる。

これにより、提案方式を用いることで、より多くの車両に情報提供が可能になったことを示した。

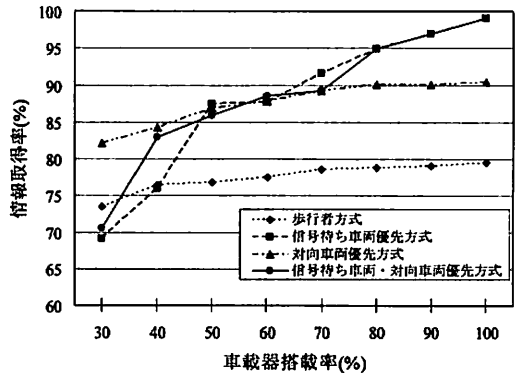


図 8：情報取得率

5.2. NA の移動間隔

NA が情報提供範囲内に存在した時間を NA の移動回数で割ったものを移動間隔とし、その結果を図 7 に示す。対向車両優先方式は、車載器搭載率が 50%を超えてから歩行者方式との差が大きくなり、全方式中で最も移動間隔が長くなっていることが分かる。信号待ち車両優先方式と信号待ち車両・対向車両優先方式の移動間隔が短いのは、情報提供範囲内でも NA の移動を行うためである。車載器搭載率が 50%以下の時は、対向車両優先方式と歩行者方式、信号待ち車両優先方式と信号待ち車両・対向車両優先方式の間に差は見られない。これは 5.1 同様、車載器搭載率が低い時は移動先の候補車両に限られるためであると考えられる。また、全方式とも車載器搭載率が高くなるにつれて移動間隔が長くなっていることが分かる。

これにより、対向車両優先方式を用いることで、少ない移動回数でより長い時間、NA を情報提供範囲内に存在させ、効率の良い移動が行われていることを示した。

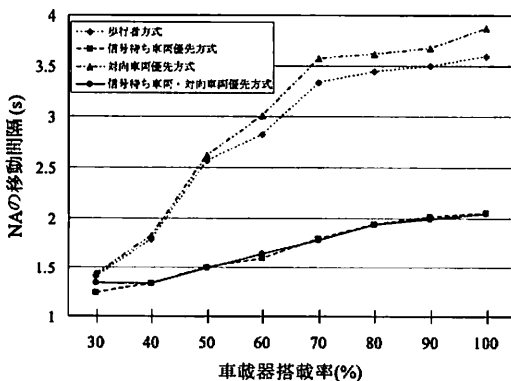


図 7：情報提供範囲内存在時間

6. まとめ

交差点における事故防止システムにはインフラに頼らないシステムが必要である。そこで、インフラを必要とせず情報提供が可能な NA を用いた事故防止システムを想定し、NA が情報提供のために交差点付近に存在し続けるための移動方式を提案した。VANET 環境の特徴を考慮した信号待ち車両優先方式、対向車両優先方式、信号待ち車両・対向車両優先方式を提案し、シミュレーションを用いて評価を行った。

シミュレーション結果から、車載器搭載率が 50%以下では歩行者方式とあまり差はなかったが、50%を超えてからは提案方式を用いることで、歩行者方式よりも NA を交差点付近に存在させることが可能であることを示した。

今後は、交差点付近の車両の車載器搭載率によって

移動方式を切り替えることで、より効率的に NA を動作させることができると考えられる。また、交差点付近に発生させた NA の事故防止システムのための具体的な動作について検討する必要がある。

文 献

- [1] 内閣府, “平成 18 年中の道路交通事故の状況,” 交通安全白書平成 19 年度版,2007.
- [2] 鈴木秀格, 村田英一, 荒木純道, “出会い頭衝突事故防止のための位置情報を利用した車車間通信方式に関する検討,” 電子情報通信学会技術研究報告.ITS, Vol.105, No.464, pp.7-12, 2005.
- [3] 藤村嘉一, 長谷川孝明, “車車間・路車間通信統合型 MAC プロトコル VRCP の性能評価,” 電子情報通信学会技術研究報告.ITS, Vol.105, No.104, pp.1-6, 2005.
- [4] 松村弘志, 入谷忠光, 木村亮太, “車々間通信を用いた交通事故防止方式のための高速処理アルゴリズム,” 電子情報通信学会技術研究報告.ITS, Vol.105, No.166, pp.39-44, 2005.
- [5] 花谷美典, 佐々木一正, “高度安全交通システム(ITS)の検討: 交差点内視覚支援技術の検討,” 電子情報通信学会技術研究報告.ITS, Vol.106, No.181, pp.1-6, 2006.
- [6] 鳥居恵多, 高橋大介, 田中貴裕, 多賀伸吾, 岡本教佳, “固定点カメラを用いた右直事故の未然防止に関する検討,” 電子情報通信学会技術研究報告.ITS, Vol.104, No.762, pp.19-22, 2005.
- [7] 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,” 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.
- [8] 屋代智之, Thomas F.La Porta, “Nomadic Agent System: インフラに依存しない位置情報サービス提供システム,” 情報処理学会論文誌, Vol.46, No.12, pp.2952-2962,2005.
- [9] 仁平和博, 井上真吾, 沖原光晴, 屋代智之, “位置情報提供サービスが可能な Nomadic Agent の耐障害性に関する提案,” 情報処理学会論文誌, Vol.46, No.12, pp.2963-2972,2005.
- [10] 仁平和博, 井上昭, 屋代智之, “状況に適應して複製を生成する Adaptive NA(ANA)の提案,” 情報処理学会論文誌, Vol.47, No.12, pp.3101-3111,2006.