

少数のランドマークを用いた MANET プロトコルの効率化

竹田 和弘
立命館大学大学院理工学研究科
tiku@ubi.cs.ritsumeai.ac.jp

西尾 信彦
立命館大学情報理工学部
nishio@cs.ritsumeai.ac.jp

あらまし 我々は街中を移動する携帯端末が構成する MANET 内に既存インフラネットワークに接続された固定基地局を分散した環境下において、位置情報に基づいたサービスの提供が有用であると考え、その実現を目指している。このようなサービスでは、IP アドレスのようなホストベースではなく、位置に基づいたルーティング (geocast) が重要になると考えている。しかし MANET における従来の geocast では、全端末が移動端末であること、GPS や他の位置推定手法によって位置情報を取得していること、などと本想定環境とは相違がある。そこで本稿では位置情報が既知である固定基地局を用いることで、geocast を効率的に行なう手法について提案する。

Re-Design of MANET Protocols Utilizing A Few Internet-Connecting Landmarks

Kazuhiro Takeda Nobuhiko Nishio
Department of Computer Science, Ritsumeikan University
tiku@ubi.cs.ritsumeai.ac.jp nishio@cs.ritsumeai.ac.jp

Abstract The objective of this research is to allow the implementation of services in which specific landmarks are key points. These services are useful in environments where distributed base stations connected with the infrastructure network provide access for mobile nodes in cities. Such services require geographical routing called geocast based not on the host base but on location. The traditional way of geocast in MANET has differences with the assumed environment.(ex. all nodes are mobile node that obtain location information by GPS or other positioning systems) In this paper, we propose a method for efficient geocast using a base station in which location information is already known.

1. はじめに

近年の無線端末の進歩により携帯電話や PDA のような小型機器を、人々が常時携帯することが可能となった。現状ではこれらの無線端末の利用用途は単独での利用であるが、今後は無線端末同士や街中に遍在する高機能デバイスなどが即興的に連携する MANET によって、街中にあふれる有益な情報の取得や個人の趣向に応じたサービス提供が可能になることと予想される。そこで我々は街中に展開する MANET 内に既存インフラネットワークに接続された基地局を分散し、高速な通信網と即興的なネットワークとを併用することで、街中での観光案内・広告配信・防犯といったサービス提供の実現を目指している。具体的なサービスシナリオとして、「運転中に目的地付近の駐車場の位置や空

き状況もしくは駐車場からの移手段をリアルタイムに把握する」や「街中において購買意欲のある消費者の数に応じてスクリーンからの広告内容を変更する」といったことが挙げられる。しかしながら、このようなサービスシナリオでは「特定の駐車場の空き状況を調べる」や「ある通りの通行者数を調べる」といった物理的な位置情報をキーとした検索が重要になる。つまり、従来のような IP アドレスをキーとした特定ホストとの通信ではなく、位置をキーとして、その位置付近に存在するホストとの通信が必要となる。

特定の地域 (Geocast Region) にいる端末に向けて情報を送信するプロトコルとして geocast がある。しかし、従来の geocast では全端末が移動端末であること、GPS や他の位置推定手法によって位置情報を取得

していること、など本想定環境とは相違がある。そこで本稿では、我々の目指す環境下において、少数のランドマークを用いることで geocast を効率的に行なう手法について提案する。以降2章では MANET における geocast についての関連研究について述べ、3章で本想定環境の特徴を言及する。4章では本稿で提案する手法、5章で検証事項について述べ、6章でまとめる。

2. 関連研究

本章では関連研究として MANET における geocast について言及する。MANET における Geocast では移動体端末が GPS や他の位置推定手法を用いて緯度経度情報を保持している。それを利用することで、目的地 (Geocast Region) までパケット転送 / 到着判定を行なっている。その手法として、ユニキャストベースの手法とフラディングベースの手法の2種類に大別できる。

ユニキャストベースの手法では、GPSR [1], geoTORA [2] などがある。GPSR [1] では Hello ピーコンによって常に隣接端末の位置情報を更新し、それを基に転送を行なう。隣接端末のうち目的地まで物理的に近い端末が存在する場合には、その端末にパケットを転送することで目的地に近づける。逆に隣接端末のうち目的地に近い隣接端末がない場合は、右手の法則に従って転送すべき隣接端末を選択し、経路を迂回する。このようなユニキャストベースの geocast ではオーバーヘッドが少ないことが特徴として挙げられるが、冗長な制御パケットがないため途中で経路が存在せず通信が失敗してしまう可能性がある。

一方、フラディングベースの手法では LBM [3], GeoGRID [4] などがある。LBM [3] では送信元端末と特定の地域である Geocast Region を内包する Forwarding zone を定義し、その中に存在する端末のみがフラディングを行なう。forwarding zone 外の端末はフラディングを行わないため不要なパケット転送を軽減しているが、forwarding zone 内ではトラフィックの増加によりパケットの転送効率の低下を招く可能性がある。

3. 本想定環境の特徴

我々が想定する環境のイメージ図を図1に示す。我々は街中を想定しており、車や歩行者が所持する携帯端末などといった無線通信機能を有する移動体端末同士が MANET を形成している。その中に既存インフラストラクチャに接続された情報端末 (以下基地局と呼ぶ) を設置する。そのような環境下における利点は以下の点があげられる。

- 固定ホストの存在
基地局は移動しないため、緯度経度情報は常に一定である。そのため、基地局をランドマークとし

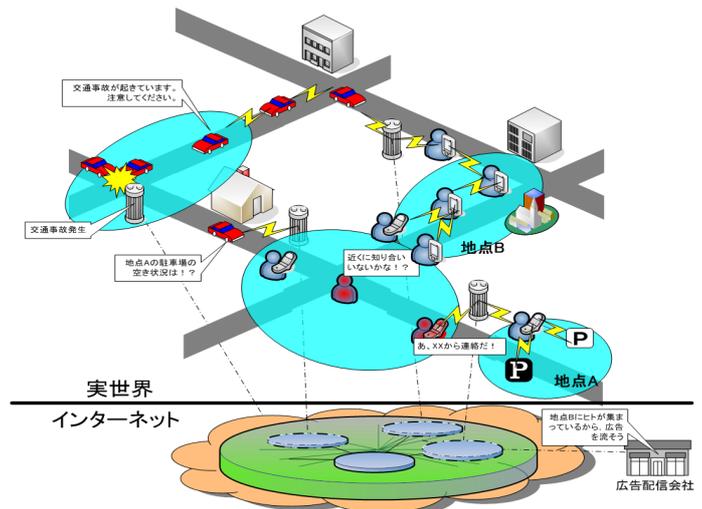


図1 想定環境のイメージ図

て活用することで、移動端末の位置推定や後述する geocast に利用できる。また基地局を MANET の側面からみれば、動かない中継端末としてマルチホップ通信経路変更の軽減に役立てることができる。

● 既存インフラとの接続性

MANET ではホップ数の増加による通信速度の減衰による影響から、数ホップ先の端末との通信のみに制限されてしまうのが一般的である。そのため特定ホストとの永続的な通信を保障することができない。本想定環境では基地局がプロキシの役割を果たすことで遠隔地の移動端末との通信を確保する。また基地局がインターネットへの GW となることでインターネット上のサーバへのアクセスが可能になる。

● 基地局の設置数

インフラストラクチャモードでは通信可能範囲が基地局から 1hop 内と限定されてしまうため、街中におけるインフラの整備には多大なるコストが必要になる。しかし MANET ではマルチホップ通信を用いて基地局と通信ができる。そのため、基地局を街中に網羅的に張り巡らす必要がなく、少数の基地局で街中全体をカバーできる。

3.1 本提案の論点

本提案では、geocast における基地局利用の有用性を検証するため、移動端末の位置情報を用いることなく基地局のみの位置情報を利用して geocast を実現する手法について検討する。また Geocast Region 内に基地局が存在する場合には、その基地局からデータを配信するのが有効であるのは明らかである。本提案では Geocast Region に基地局が存在しない場合について考える。

4. 提案する手法

本章では基地局を用いた geocast 手法について述べる。前提により移動端末が隣接端末の位置情報に基づいて転送先端末を決定するのは何か別の仕組みが必要となる。また従来の geocast のように移動端末が自身の緯度経度情報を用いて Geocast Region 到着判定を行なうことができない。そこで本手法では複数の基地局が同時にフラディングを行なうことで Geocast Region までパケットを転送するフラディングベースの geocast を行なう。

4.1 基地局選定手法

本節ではフラディングを行なう基地局の選定手法について述べる。基本的に複数の基地局からフラディングを行なえば Geocast Region への到達率は高くなる。しかしフラディングをする基地局を増やせば増やすほど冗長なトラフィックが増加するだけであり効率的であるとはいえない。したがって基地局を適切に選定する必要がある。選択すべき基地局の要件として、以下の2点が挙げられる。図2に基地局選択における要件の概要図を示す。

- Geocast Region までの距離

図2:Frame 1の基地局Bでは Geocast Region までの距離が近いため、中継端末数が少なく高い到達率が期待できる。一方、基地局Aでは中継端末数が多く、トポロジの変化による中継端末の消滅確率が高い。そのため Geocast Region から近い基地局を優先すべきである。

- 選択基地局の配置関係

図2: Frame3の基地局B、Cからでは Geocast Region へパケットを到達させることはできない。しかしながら図2: Frame4の基地局Dからは到達可能である。すなわち Geocast Region に対して各方位に存在する移動端末を利用することで到達確率の向上が期待できる。つまり Geocast Region を取り囲むように基地局を選択すべきである。

4.1.1 基地局選択アルゴリズム

前述の2つの要件を満たすための選択アルゴリズムは以下の手順によって行なう。

1. 候補基地局を探索する。
2. 候補基地局 X が選定条件を満たすかどうかを確認する
3. 選定条件を満たす場合は選定基地局とし、選定条件を更新する。
4. 基地局選択アルゴリズムの終了条件判定を行なう。終了条件に満たなければ1に戻る

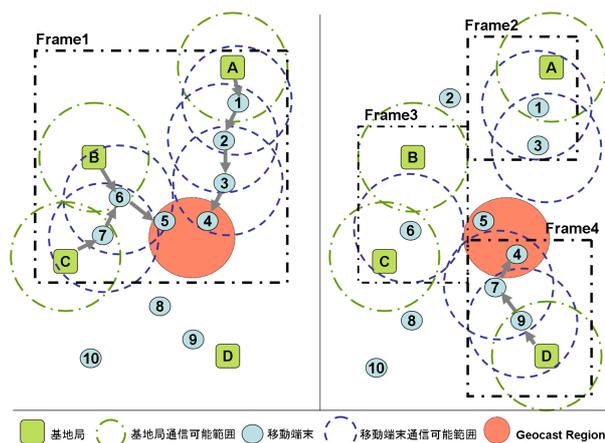


図2 基地局選択の要件

候補基地局

選定基地局となりえる候補基地局の選択順序は Geocast Region から物理的に距離が近い基地局から順次選択する。すなわち Geocast Region の中心点 Md を中心とした円を半径0から同心円状に拡大し、その円と接した基地局ごとに選定を行なう。

選定条件

選定条件は選定基地局に選定される度に更新する。ただし初期段階では選定条件は何もない。つまり最初に発見した候補基地局は必ず選定基地局となる。図3に選定条件のイメージ図を示す。選定条件として「以降

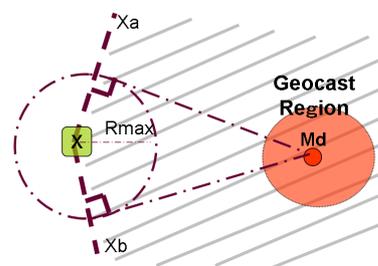


図3 候補基地局 X の選定制限範囲

の選定基地局は図3斜線部にある基地局であること」になる。図3斜線部である選定条件 X は、基地局 X を中心とし無線通信範囲 Rmax を半径とした円と Geocast Region の中心点 Md との接線に対する法線 Xa, Xb を描いた後、 $XaXXb$ の内角側が条件となる。(以後、選定基地局 X における法線との内角を $XaXXb$ と表現する。)

候補基地局はこれまでの選定条件によって選定基地局になれるかが決まる。選定基地局になるとまず選定条件として選定制限範囲を決定する。その後、これまでの選定条件との論理積をとり、新たな選定条件として更新を行なう。つまり、選定条件が更新されるたび

に全体としての選定制限範囲は狭くなる。

具体的な選定手順の全体図を図 4 に示す。図 4 では Geocast Region から最寄基地局である基地局 A が選定基地局として選ばれる。次に基地局 B は基地局 A の選定条件を満たすので、選定基地局となり基地局 A と同様の処理を行なう。基地局 C は基地局 A が追加した選定条件から外れるので選定基地局としない。基地局 D は基地局 A, B の選定条件を満たすので選定基地局となり、続けて基地局 E も基地局 A, B, D の選定条件を満たすため選定基地局となる。

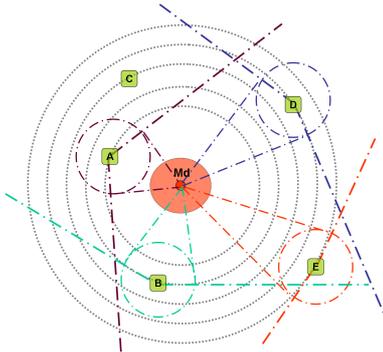


図 4 基地局選定アルゴリズム概要図

終了条件

基地局選定手法の終了判定は、前述の手順 2 もしくは手順 3 の後、その都度行なわれる。具体的な終了条件は下記の条件を満たす場合である。

- 選定基地局によって描かれた法線によって、Geocast Region を内包した閉空間がある。
- 閉空間の角のうち、Geocast Region の中心点 Md から最も遠い角を成す点を Z、終了判定時の候補もしくは選定基地局を Y とする場合、以下の不等式を満たす。

$$|ZMd| \leq |YMd|$$

図 4 では基地局 E が選定基地局として選定後の終了判定で条件を満たす。

4.1.2 基地局選定アルゴリズムの特徴

図 4 のように Geocast Region の近場の選定基地局 A では、高い転送率が期待できるため選定基地局 A 付近の基地局を選定する必要がない。そのため AaAAb は小さくてよい。また前述の要件 2 より選定基地局 A と Geocast Region との対角方向は選択可能にすべきであるが、本選定アルゴリズムでは対角方向への影響は少ない。逆に Geocast Region から遠くに選定基地局 X がある場合には、転送率の低下が予想される。そのため前述の A より多くの基地局が選定すべきである。本選定アルゴリズムでは XaXXb が大きくなるため、その要件を満たしている。このように本選定ア

ルゴリズムでは Geocast Region と選定基地局 X との距離に応じて XaXXb の大きさが変化し、次の候補基地局 Y の選択範囲を変化することができるため、適切に選定基地局を選択できると考えている。今後は本選定アルゴリズムの検証を行ない、基地局の分布や Geocast Region との距離による基地局選定の妥当性を確認する。

4.2 Geocast Region までの転送手法

本節では Geocast Region までの転送手法について述べる。本転送手法では前節で選択した選定基地局が一斉にフラディングを行ない Geocast Region までの転送を行なう。

4.2.1 冗長なフラディングの削減

各選択基地局から単純にフラディングを行なえば、トラフィック量が増大するのは容易に想像がつく。そのため各選択基地局から発信されるフラディングパケットを軽減する削減する必要がある。

TTL の設定

選定基地局から発信するデータは、フラディングによって GeocastRegion まで届けることができればよい。したがって Geocast Region までの距離と選定基地局の通信距離 R に基づいて TTL 値を設定する。具体的に選定基地局 X に対する TTL 値は下式にあてはめて算出する。

$$TTL = |XMd| \div Rmax$$

上式の TTL の算出は各選定基地局ごとに TTL を適切に設定することで、余分なフラディングを抑えるだけでなく、後述する Geocast Region のパケット到達判定にも利用できる。

Geocast Region から遠ざかるフラディングパケットの破棄

移動端末が Geocast Region から離れていると判断できるのであるならば、フラディングを行なわないのが適切である。選定基地局 X の近傍にあり、かつ選定基地局に選ばれていない基地局は、少なくとも選定基地局 X より Geocast Region から離れていると推測できる。そこで選定基地局 X の近傍基地局から 1hop 内にいる移動体端末は選定基地局 X からのフラディングパケットを破棄する。具体的な手法を図 5 に示す。近傍基地局の決定は、選定基地局 X と Geocast Region の中心点 Md との距離を半径 |XMd| とする円内に存在する基地局とする。図 5 の選定基地局 B では、基地局 G, H がそれに該当する。これにより移動端末 4 から 5、移動端末 8 から 9 への冗長なフラディングを防いでいる。また前述の TTL 値の設定から選定基地局 X から |XMd| 以上離れていては、選定基地局 X の発したフラディングが発生することがない。そのため選定基地局 X から |XMd| 以上の基地局を選択す

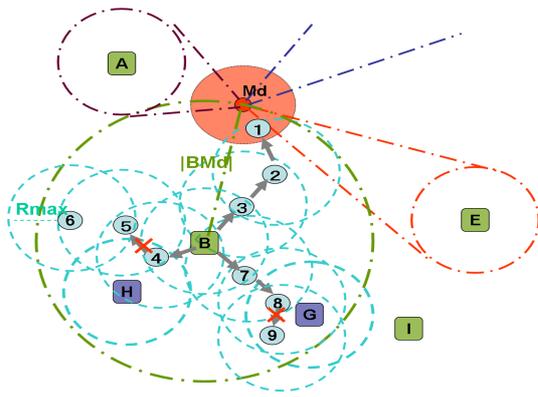


図5 転送手法の概要図

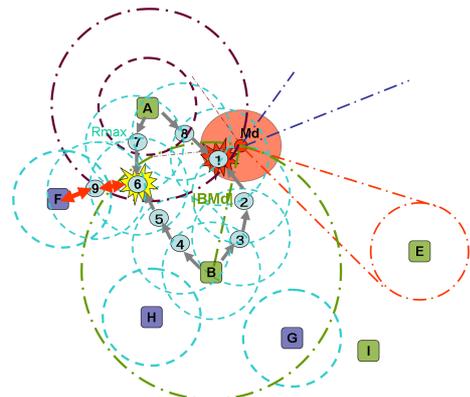


図6 Geocast Region の誤認識

る必要がない。

4.3 Geocast Region のパケット到着判定

前節の TTL 値の算出法により TTL 1 のフラディングパケットを受信すると移動端末はフラディング発信基地局と Md の距離だけ離れた場所と判断できる。しかしながら、1 つだけの基地局からの情報では、移動端末が現在地が Geocast Region であると断定することは難しい。そこで待ち時間を設け、時間内に複数の基地局からの TTL 1 のフラディングパケットが到着すれば、Geocast Region だと判断する。待ち時間の算出は最も遠い選定基地局から Geocast Region までの到達時間からフラディング発信選定基地局 X の到着時間の差分とする。具体的な待ち時間は下式により算出する。ここで待ち時間を T, 1hop あたりの平均遅延時間を T2 とする。また選定基地局のうち、Geocast Region から最も遠い基地局を選定基地局 Y とする。

$$T = (|XMd| - |YMd|) \div Rmax \times T2$$

上記待ち時間中に複数の基地局から TTL 1 のフラディングパケットを受信した場合にのみ、移動端末は現地地点を Geocast Region だと判断する。

5. 検討事項

本章では本提案手法による検討事項について言及する。

5.1 Geocast Region の誤認識

上記の手法のみでは移動端末が Geocast Region の誤認識を起こす可能性がある。具体例を図 6 に示す。図 6 では移動端末 6 が現在地を Geocast Region だと誤認識している。これは TTL 値だけを基に Geocast Region を判定しているためであり、 $|AMd|$ と $|BMd|$ 、各々を半径とした円の論理積の地点では誤認識する可能性がある。今後はこの誤認識がどの程度なのか検証を行なう。

また誤認識を回避する手法として Geocast Region 確認プロトコルの導入が考えられる。例えば本提案手

法により移動端末が Geocast Region と判断した場合には、移動端末がフラディングを用いて、自身から数ホップ以内に選択基地局以外がないかどうかを確認する。図 6 では移動端末 6 が確認プロトコルのフラディング TTL を 2 以上に設定していれば、2hop 目に選定基地局以外の基地局を発見できるので、移動端末 6 の誤認識を回避することができる。また別の方法として、移動端末の位置情報を利用することで、この問題を回避する。

6. おわりに

本稿では移動端末の位置情報に頼ることなく、基地局の位置情報のみを用いることで目的地までパケットを転送する geocast について述べた。具体的には目的地 (Geocast Region) 付近の基地局の選定手法とフラディングベースの転送手法について提案した。今後は本提案手法の実装を行ない、その有用性の検証を行なう予定である。

参考文献

- [1] B. Karp, H. T. Kung, "GPSR: greedy perimeter stateless routing for wireless networks", in proc. Of ACM/IEEE MOVICOM ' 2000, pp.243-254,(2000)
- [2] Y. B. Ko, N.H. Vaidya, "GeoTORA:A protocol for geocasting in mobile ad hoc networks", ICNP,pp.65-77(2000)
- [3] Y. B. Ko, N.H. Vaidya, "Flooding-based geocasting protocols for mobile ad hoc networks", Mobile Networks and Applications,pp.471-480(2002)
- [4] W.H. Liao, Y.C. Tseng, K.L. Lo and J.P. Sheu, "GeoGRID: A Geocasting Protocol for Mobile Ad Hoc Networks Based on GRID", Journal of Internet Technology, Vol.1-2, pp.23-32(2000).