

GISを用いた地理依存型モバイルネットワークアーキテクチャ

石山 誠† 岸本 了造‡

E-mail: †mako@falcon.cs.ritsumeikan.ac.jp, ‡ryocho@falcon.cs.ritsumeikan.ac.jp

あらまし

移動体端末があらゆる状況でインターネットに接続できる環境が整えば、日常業務において様々な恩恵を受けることができる。しかし、実際にその環境を構築するには移動体端末の特性を深く考慮しなければならない。利用者が要求する情報は、利用者が存在する場所に根ざした情報である場合が多い。たとえば災害情報、交通情報、ショッピング、ドライブなどの情報である。つまり、柔軟な情報提供をするためには何らかの方法で利用者の位置情報を考慮しなければならないのである。さらに、位置情報を考慮することで従来のネットワークアーキテクチャを別な視点で捉えることができ、無線ネットワークに特化したさまざまな問題解決手法が提案できると考えられる。本稿では地理情報を利用したネットワークの構築手法、ハンドオーバー処理、アクセス制御手法、経路制御について述べる。

Geography dependence mobile network architecture using GIS

Makoto ISHIYAMA†, Ryocho KISHIMOTO‡

Abstract

If the environment to be able to connect the mobile terminal with the Internet in all situations is arranged, various favors can usually be received in the life. However, it is necessary to consider the characteristic of the mobile terminal deeply to actually construct the environment. Information that the user demands is often root information in the place where the user exists where it sits. For instance, disaster information, traffic report, and information on shopping and the drive, etc. In a word, it is necessary to consider user's positional information by some methods to do a flexible dissemination. In addition, it is thought that the present network architecture can be caught by another aspect by consider geography information, and it can propose various problem solving technique for specializing in a wireless network. This text describes the network construction technique, the handover processing, and the access control technique using geography information.

1. はじめに

ホットスポットが街角に出現し、日常生活のありとあらゆる場面でコンピュータを利用できる環境が整備されつつある。しかし、これらのコンピュータはネットワークに接続しなければ、最大限の効果を発揮できない。

† 立命館大学大学院理工学研究科情報システム学専攻
The graduate school of Science and Engineering,
Ritsumeikan University

‡ 立命館大学情報学科

College of Science and Engineering, Ritsumeikan
University

ネットワークに接続できるということは、コンピュータに幾つかの高性能なアプリケーションを搭載するよりも有益な機能をもたらしてくれるということは今や常識となっている。

また、移動体端末におけるあらゆる情報通信をIPで実現することで既存の技術、サービスを利用でき、利用者はさまざまな恩恵を受けることができる。しかし、移動体端末という特性を考慮すると必ずしもすべての技術、サービスが効果的に利用できるわけではない。移動体端末は常に移動しており、特定のサービス(たとえば e-mail 等)以外は移動先に応じた情報の取得が必要となる。

たとえば災害情報、観光情報など。これらの情報をスムーズに受け取ることができれば、移動体端末の有用性がさらに確定的になる。

これまで地理情報を考慮したルーティングプロトコルとして、LAR[1]、GPSR[2]、DREAM[3]などが提案されているが、これらは地理情報を利用することで Ad-Hoc Network 内のルーティングを効率的に行うものであり、マクロな視点からみた地理情報を考察の対象としておらず、ユーザーの要求に対し柔軟に対応できない。

そこで本稿では、GIS(Geographic Information System)[4]を利用し、移動体端末の地理情報を最大限に考慮した無線ネットワークアーキテクチャを提案する。

本稿ではまず2章で本提案の基盤となる地理情報を考慮した無線ネットワーク網の構成を示し、3章で地理情報を利用したハンドオーバー制御を紹介する。4章で無線基地局へのアクセス制御を述べ、5章では GIS を利用した移動透過プロトコルとして Geo IP の概要を示し、6章でまとめと今後の課題について述べる。

2. GIS を利用した無線ネットワーク網

従来の無線ネットワークは基地局からの電波が及ぶ範囲を一つのネットワークとして扱っていた。つまり、基地局の配置位置がそのまま無線ネットワークの性質を決定してしまい、柔軟な設計が困難であった。しかし、地理情報を元にネットワークを定義できれば、基地局に依存しない柔軟なネットワークを構築が可能となる。

2.1. Geo Net

地理を物理的な尺度で区切った地域範囲を Geo Net と呼ぶ。Geo Net には一対一に対応する Geo Address が割り当てられている。

Geo Net は GIS データによって定義されるので、従来のネットワークの構成のように基地局（以下 AP）の電波が届く範囲が1つのネットワークになるといった制約がまったくない。また、Geo Net はそれぞれが意味を持つネットワークであり、利用形態によって柔軟にカスタマイズすることが可能である。

2.2. Geo Address

移動体端末(以下 MN)が取得する情報は、その時 MN が存在する地理的要因と非常に密接な関係がある。しかし、IP アドレスは端末の論理的な位置を示すものであり、物理的な位置を示すものではない。この問題を解決するために、GIS を用い IP アドレスに物理的な位置情報という性質を付加する。この IP アドレスを Geo Address と呼ぶ。Geo Address は MN の物理的な位置に依存する IP アドレスである。厳密に言えば GIS で定義された Geo Net に一対一に対応する IP アドレスであり、GIS データを変更すれば Geo Address が保有する地理的な意味が変わる。これは Geo Net に対するアドレス付けの柔軟性を表

わすものであり、あらゆる状況で適切な Geo Net の定義が可能であることを示している。

2.3. Basis Geo Net

Basis Geo Net はすべての Geo Net の基盤となる基本的なネットワークである。Basis Geo Net の特徴は複数の AP を含み、それらの AP が1つの FA(Foreign Agent)の管理下に置かれていることである。また、この AP の IP アドレスはすべて Basis Geo Address と一致している必要がある。

あらゆる Geo Net はこの Basis Geo Net の上に構築される。

2.4. Basis Geo Address

Basis Geo Net に対応する Geo Address を Basis Geo Address と呼ぶ。

2.5. GIS を用いた無線ネットワーク網の構成

図1に GIS を用いた無線ネットワーク網の構成を示す。

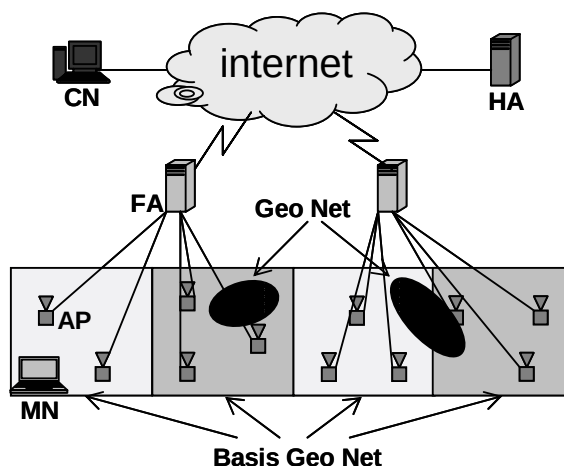


図 1. 地理情報を考慮した無線ネットワーク網の構成

- MN
MN は GPS 装置を搭載しており、自身の絶対位置を把握する機能を持っている。また、Basis Geo Address を検索するための基本的な GIS データを保持しているため、GPS で自身の位置を識別し、自身が所属する Basis Geo Net を知ることができる。Basis Geo Net が判別できれば Basis Geo Address を獲得できる。
- HA(Home Agent)
HA は MN の Home Network に設置され、MN の移動を把握する機能を持つ。MN 宛のパケットを MN の移動先 FA へ転送する。Binding Cache には MN の IP アドレスと MN が所属する FA の IP アドレスが格納される。
- FA(Foreign Agent)

MN が移動先で所属する Basis Geo Net を管理する機能を持つ。FA 傘下には複数の AP が設置されており、同じ Basis Geo Net に所属する AP はすべて同一 Basis Geo Address を持っている。また、MN が所属する Basis Geo Address と MN の IP アドレスを Binding Cache に管理している。

■ AP

AP は自身の管理下に所属する MN の IP アドレスと Geo Address を Binding Cache に管理している。また、自身の配下に存在する Geo Net を把握している必要がある。

■ GIS データ

Geo Net の範囲と、その Geo Net に対応する Geo Address、Geo Net に存在する AP の位置等の情報と AP を管理する FA の IP アドレスを保有する。また、従来 GIS が持つ地理情報、たとえば周辺の地図情報、下水管の配管情報、幹線情報等が含まれている場合もある。

3. ハンドオーバー制御

3.1. 従来のハンドオーバー制御

従来は、AP からの電界強度を測定し、現在の AP からの電波より移動先の AP からの電波の電界強度が大きくなったときにハンドオーバー処理を行っていた。しかし、この手法は MN が常に AP から発せられる電波の電界強度を測定しなければならないので MN に負担が掛かってしまう。また、位置登録処理を実行するためには MN が AP の IP アドレスを知っている必要があるが、これは AP から Agent Advertisement を受信して判断しなければならない。このハンドオーバー処理は AP に依存した、複雑で柔軟性のないものである。無線環境下においては通信帯域を効率的に利用する必要がある、しかし、ユーザーデータの通信以外にこのような制御パケットを流さなければ適正な処理ができないというのは致命的な問題である。

従来のハンドオーバー制御を図 2、電界強度の検出を図 3 に示す。

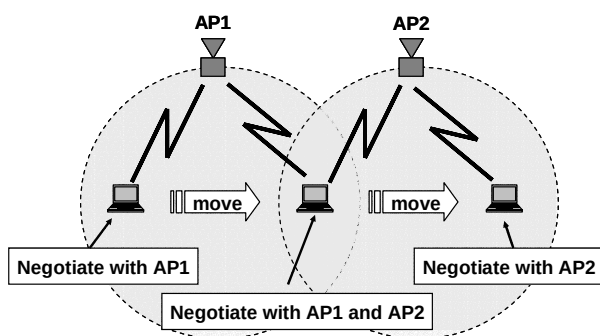


図 2. 従来のハンドオーバー制御

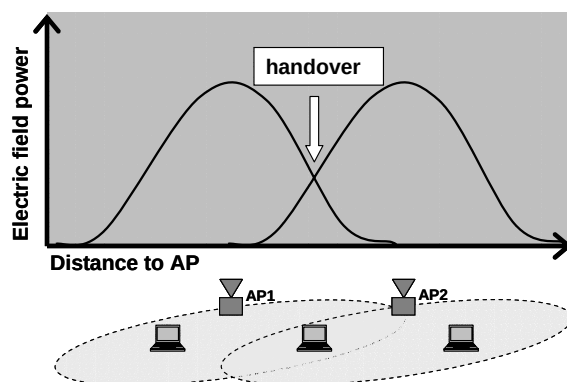


図 3. 電界強度の検出

3.2. 地理情報を利用したハンドオーバー制御

従来の方式では電界強度を検出してハンドオーバーのタイミングを測定していたが、地理情報を利用することで MN 自身がそのタイミングを決めることができる。MN は GPS を用いることにより自身の位置情報を取得でき、さらに GIS を利用し自身がどの Basis Geo Net に所属しているのかを判断できる。Basis Geo Net 内の AP に関する情報はすでに GIS に格納されているので AP にアクセスする必要はない。AP に依存することなくハンドオーバー処理を行えるので、AP からの電波の電界強度を測定する必要がなく、無線帯域の有効活用が実現できる。

図 4 に地理情報を利用したハンドオーバー制御を示す。

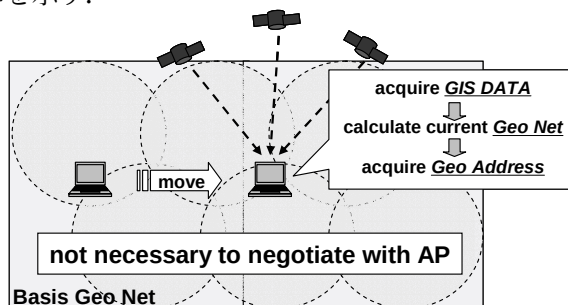


図 4. 地理情報を利用したハンドオーバー制御

3.3. 高度なハンドオーバー制御

移動先 AP に関する情報を事前に取得できれば、より柔軟なハンドオーバー制御を実現できる。MN は最も基本となるネットワーク単位である Basis Geo Net に関する情報を事前に知っているため、さらに柔軟なハンドオーバー制御が実現可能となる。

この制御を実現するためにはある時点での MN の移動方向、移動速度を計算し、MN の動きを予測して移動先 Basis Geo Net を判断するという手法が考えられるが、これはあくまでも移動予測であり、実際の MN の移動と矛盾する場合がある。また、GIS でのネットワーク定義手法を効果的に活用できていない。よって次手法を提案

する。

Basis Geo Net とは別に仮想的な Basis Geo Net を定義する。この仮想的な Basis Geo Net を Overlap Geo Net と呼ぶ。Overlap Geo Net は Basis Geo Net を一回り大きく定義した Geo Net であり、Geo Address は元となる Basis Geo Net の Geo Address と一致する。

MN が移動して新しい Overlap Geo Net に所属していると検知した場合、その Overlap Geo Net に対応する Basis Geo Address を移動先の Basis Geo Net に存在する AP に対し位置登録処理を実施する。この時点で MN は現在の Basis Geo Net と近い将来移動するであろう Basis Geo Net の2つの Basis Geo Net に所属していることになる。つまり、MN 宛のパケットが複数の経路を通して通知されることになる。

図 5. に Overlap Geo Net を利用したハンドオーバーを示す。

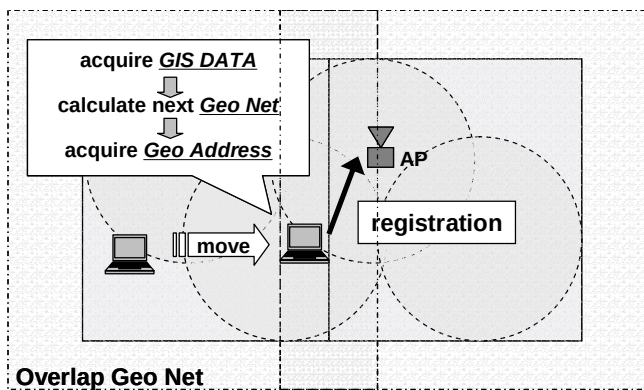


図 5. Overlap Geo Net を利用したハンドオーバー

4. アクセス制御

AP の許容アクセス数より、ネットワーク内の MN 数の方が多い場合、何らかの手法で AP へアクセスできる MN の選出をしなければ高品質の通信を実現できない。そのアクセス制御手法として CSMA[5]や ICMA[5]等のランダムアクセス制御が提案されているが、これらの手法は原則として MN が AP と連携をとらなければ使用できない。無線帯域の効率的な利用を考える場合問題となる。

この問題を解決するために MN の位置情報を考慮したアクセス制御手法を提案する。

AP を中心とした円形の Geo Net を構築し、この Geo Net 内に存在する MN に対し優先的に AP へのアクセス権限を与える。この Geo Net を Core Geo Net と呼ぶ。Core Geo Net を段階的に構築することにより、AP へのアクセス権限の階層化を図ることができ、より柔軟なアクセス制御が実現できる。内部に位置する Core Geo Net に所属する MN の方がより短いタイミングで接続要求が可能となる。図 6 に Core Geo Net を用いたアクセス制御を示す。

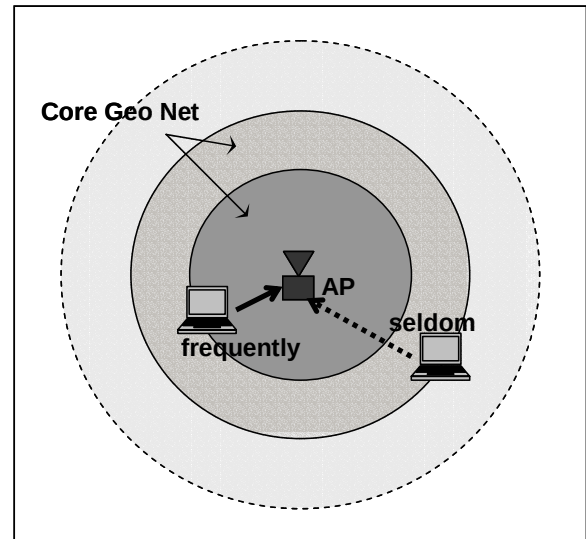


図 6. Core Geo Net を用いたアクセス制御

この手法の特徴として、AP に近い MN ほどアクセスしやすくなるということが挙げられる。AP から遠い MN ほど AP の管轄範囲外へ移動する可能性が高いと考えられるので、MN の移動性が考慮されたアクセス制御手法だと考えられる。しかし、公平性という側面では問題がないともいえない。AP の近辺に MN が集中すると、AP から遠い MN に対してアクセス権限が与えられないという状況に陥る可能性がある。

一方でポーリングの概念を応用したアクセス制御手法が考えられる。Basis Geo Net を基盤目状に分割し、その分割されたエリアに所属する MN に対し順番に AP へのアクセス権限を与えるというものである。

図 7 に地理情報を利用したポーリングを示す。

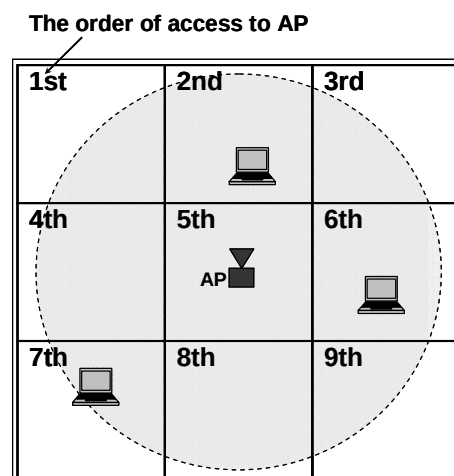


図 7. 地理情報を利用したポーリング

この手法の特徴としては、すべての MN に対して公平にアクセス権限が与えられるという点

が挙げられる。しかし、順番をどのように決定するかが問題となる。この手法を実現するためにはすべての MN が互いに同期をとらなければ適正なアクセス制御が実現できない。MN の位置によって AP にアクセスする順番が変化する。

5. Geo IP の概要

Geo IP は IP アドレスに MN の現在位置の情報を加味することで、Mobile IP[6]や Cellular IP[7]より、柔軟な通信を可能とする移動透過プロトコルである。

IP アドレスは端末の位置を表すといった、特定の意味を内包する識別子ではない。しかし、MN が移動先で Ad-Hoc Network を構築しそのネットワーク内、もしくは周辺のコミュニティに限定した通信を行う場合には、MN の位置や所属するコミュニティを何らかの手法で把握できなければ適正な情報配信は不可能である。Geo IP では GIS を用いてこの問題解決する。GIS データで定義されたある限定範囲と IP アドレスが一对一に対応すれば IP アドレス自体に地理情報を付加することができる。また、エリアで使用すべき IP アドレスも容易に取得可能となる。

このエリアと一对一に対応する IP アドレスを Geo Address と呼ぶ。Geo Address は端末に与えられる IP アドレスではなくエリア内のネットワークに付与される IP アドレスである。

Geo IP を利用するにはもう一つ不可欠な技術がある。MN がどのエリアに所属しているかを検知するには、MN の絶対位置を取得しなければならない。この絶対位置を取得するために GPS を利用する。GPS で絶対位置を取得した MN は GIS データから自身がどのエリアに所属しているのかを把握し、そのエリアに対応する Geo Address を取得する。

こうして MN は地理情報が付加された IP アドレスを獲得し、地理的要因を考慮した通信が可能となる。

5.1. 地理依存型ネットワーク

MN が構築する Ad-Hoc Network は流動的で、地理に依存したネットワークである。MN は何らかの理由があってこのネットワークに所属することになる。たとえば交通情報、天気予報、ショッピング情報などを取得したいがためにネットワークに所属するかもしれない。しかし、これらの情報はすべてその地域に依存したものであり、この地域以外では有用な情報ではない場合がある。よって、地理依存型ネットワークにおいては、扱う情報の種類、有効範囲、有効期限などを考慮しておく必要がある。

5.2. Basis Geo Address の取得

MN は GPS を利用して常に自身の位置情報を取得している。MN があるエリアに移動すると、まず GPS から取得した自身の絶対位置情報と GIS データに含まれる Basis Geo Net の情報を比較し、自身がどの Basis Geo Net に存在するかを検出する。同時に、Basis Geo Net と対応す

る Basis Geo Address を取得する。

MN の移動は MN 自身が検知するので、AP からのビーコン信号に頼らなくてもルーティングに使用する IP アドレスである Geo Address を取得することが可能であり、従来からの問題である追跡交換の処理を簡易化することができる。図 8 に Basis Geo Address の取得を示す。

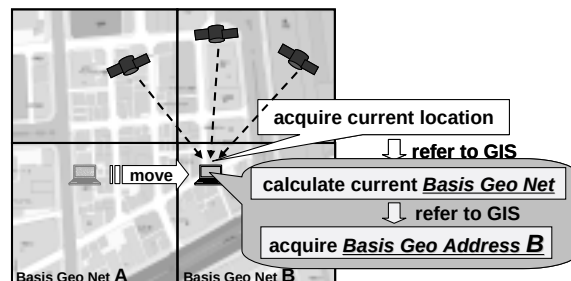


図 8. Basis Geo Address の取得

5.3. MN の位置登録

適切なルーティングを行うには MN の位置登録を行う必要がある。MN の位置登録は以下の手順で行う。ただし、Basis Geo Address は取得済みとする。図 9. に MN の位置登録を示す。

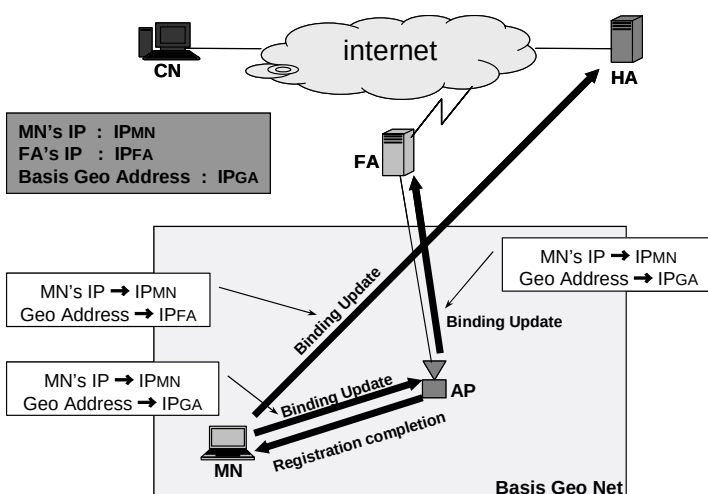


図 9. MN の位置登録

1. AP への位置登録

AP は MN から受け取った登録要求パケットに含まれる MN の IP アドレスを Binding Cache に格納し、MN 宛に登録完了パケットを送信する。Basis Geo Address を取得しているからといって AP へのパケットが届くという保障はない。AP へ位置登録パケットを送信し、登録完了パケットを受信しなければ AP への位置登録は完了しない。

2. FA への位置登録

FA への位置登録は MN が行うのではなく AP が行う。AP は MN へ登録完了パケット

を送信すると同時に、自身を管理する FA へ位置登録パケットを送信する。このパケットの中には MN の IP アドレスと MN が所属している Geo Address が含まれる。

3. HA への位置登録

AP から登録完了パケットを受け取った MN は自身の HA に対し位置登録パケットを送信する。このパケットの中には、MN の IP アドレス、FA の IP アドレスが含まれる。つまり、MN が移動しても移動先 Geo Net が同一 FA の管理下にある場合、HA には位置登録を行う必要がない。

AP, FA, HA すべてに対し位置登録が完了すると、Binding Cache に格納される値は以下のようになる。

表 1. AP, FA, HA の Binding Cache

	MN's IP	Geo Address
AP	IPMN	IPGA
FA	IPMN	IPGA
HA	IPMN	IPFA

表中の IPMN は MN の IP アドレス、IPGA は Geo Net の IP アドレス、IPFA は FA の IP アドレスの意味

5.4. 経路制御

MN (ここでは DN) へのパケットはまず HA に届く。HA は Binding Cache に保存されている MN の IP アドレスと FA の IP アドレスを検索し、パケットの Destination Address を FA の IP アドレス、Next Hop Option を MN の IP アドレスに設定して送信する。このパケットを受け取った FA は Destination Address を Geo Address に設定し転送する。このパケットは該当する Geo Address を保持するすべての AP に送信される。パケットを受け取った AP は Binding Cache を検索し、該当する MN が存在する場合、Destination Address を MN の IP アドレスに設定して Geo Net 内に転送する。

図 10 に MN へのパケットの流れを示す。

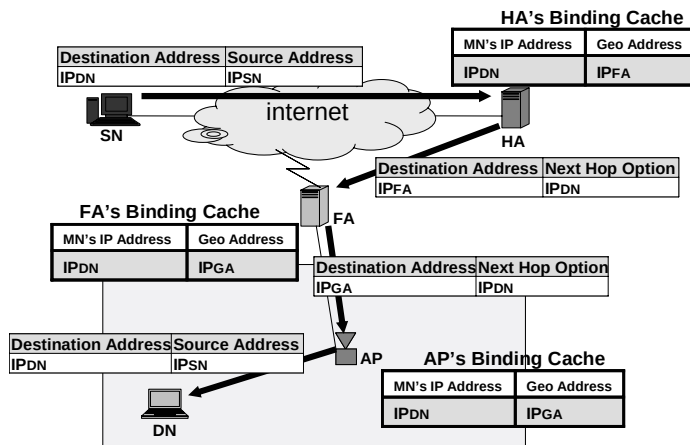


図 10. MN へのパケットの流れ

6. まとめと今後の課題

従来は AP からの電波が届く範囲が 1 つのネットワークであったが、GIS を用いることで AP を意識しなくとも良い、厳密に地理依存したネットワーク、Geo Net の構築が可能であることを示した。

この Geo Net を利用し、地理情報を考慮したハンドオーバー処理手法の詳細を解説し、AP からの電波の電界強度にはまったく関係なくハンドオーバーを実現できることを示した。また、地理情報を考慮したアクセス制御手法を提案した。さらに複数の AP で同一の IP アドレスを共有することにより MN の移動に伴う位置登録処理の簡易化が実現し、本提案が広域網の構築にも適応できる柔軟性があることを述べた。

地理情報という概念をネットワークアーキテクチャに導入することにより、従来とはまったく別の側面から問題の解決案を示すことができた。

Geo IP では GPS を利用して MN の移動や現在位置の検出を行っている。これに伴いバッテリーの電力消費が激しくなるという問題が考えられる。よって省電力消費のメカニズムの提案が必要であると考えられる。

また、Basis Geo Net の範囲をどの程度に設定すれば効率的な構成になるか、などの検討課題が挙げられる。これらは NS-2 上に本提案を実装し、シミュレーションを行い適正值の検証をする予定である。

参考文献

- [1] Young-Bea Ko, and Nitin H. Vaidya, "Location-Aided Routing (LAR) in Mobile Ad Hoc Networks" Mobicom 1998
- [2] Brad Karp and H.T.Kung "GPSR:Greedy Perimeter Stateless Routing for Wireless Networks" (2000) Proc.Mobicom'00.
- [3] Stefano Basani, Imrich Chalamtac, Violet R. Syrotiuk and Barry A. Woodward "A Distance Routing Effect Algorithm for Mobility" (1998) Mobicom 98.
- [4] 電気学会・空間情報統合化技術調査専門委員会…編 "GIS の基礎と応用 空間情報の統合化技術" (2001) オーム社.
- [5] 齊藤忠夫, 立川啓二, "新版移動通信ハンドブック" (2001) オーム社
- [6] James D. Solomon, 寺岡文男, 井上淳 "詳解 Mobile IP 移動ノードからのインターネットアクセス" (1998) プレンティスホール出版
- [7] A. Campbell, J. Gomez, C-Y. Wan, Z. Turanyi, A. Valko, "Cellular IP," Internet Draft, draft-valko-cellularip-01.txt. (1999)