

エニキャストを用いた位置依存サービス

朝長 康介^{†1} 太田 昌孝^{†2} 荒木 啓二郎^{†3}

近年、移動通信の発展により、位置依存サービスへの需要が増大している。インターネットにおいて多数の端末に位置依存サービスを提供するにあたっては、既存端末やネットワーク機器においてハードウェアやソフトウェアの実装は極力変更されないことが望ましい。しかし既存方式を用いて位置依存サービスを実現すれば、既存の端末やネットワーク機器に実装の変更あるいは追加が必要となる。そこで本論文では、アクセス網に具備されている地理的性質を端末の位置情報として活用することで、端末やネットワーク機器の実装変更を必要としないエニキャストを用いた位置依存サービスの方式を提案する。また、インターネット加入者のプライバシー情報にあたる端末の位置情報に関しては、加入者の許可なしに位置情報が送出されないように、端末側で確認後に位置情報が送出される仕組みを提案する。実証実験においては、無線インターネットプロバイダ MIAKO.net の各無線 LAN 基地局でエニキャストサーバを動作させた結果、既存移動体端末の WWW ソフトウェアの実装変更が必要ではなかったこと、既存ルータにおいては経路制御の設定変更が不要であったことを示す。

Location Dependent Services with Anycast

KOSUKE TOMONAGA,^{†1} MASATAKA OHTA^{†2}
and KEIJIRO ARAKI^{†3}

With the spread of mobile communication in recent years, the location dependent services are growing. In the Internet, it is desired not to change implementation of many handsets and networks to provide the location dependent services. However, in existing methods, it is necessary to add implementation such as a GPS receiver on a handset or change implementation of packet forwarding on a router. This paper describes location dependent services on the anycast-based network architecture without handsets and routers modification. And it also describes the mechanisms that subscribers can apply to enforce their privacy policies by themselves before they disclose personal location information to the WWW server. A field trial was being performed at MIAKO.net, a public wireless ISP in Kyoto, JAPAN. And it showed high feasibility of the location dependent services on the anycast-based network architecture.

1. はじめに

近年、移動通信の発展により、端末の地理的な位置情報に依存した通信サービスである位置依存サービスへの需要が高まっている。現在、多数の端末向け位置依存サービスとしては、携帯電話網において WWW (World Wide Web) との接続機能により、移動体端末の地理的な位置情報に応じて地図情報や天気予報等を配信するサービスが提供されている。一方、インターネットにおいては、多数の端末に向けて地図情報や天気予報等を配信する位置依存サービスは提供されていない。

インターネットにおいて位置依存サービスを多数の端末に提供するに際しては、既存端末やネットワーク機器において、ハードウェアやソフトウェアの実装を極力変更しないことが望ましい。なぜなら、インターネットに接続されている多数の端末やネットワーク機器の実装を変更するには、多くのコストが必要になるからである。しかし、既存方式を用いて位置依存サービスを実現すれば、既存端末に実装の変更あるいは追加が必要になるという問題がある。たとえば、GPS (Global Positioning System)¹⁾⁻³⁾を用いた位置情報システムを採用すれば、高精度の測位が可能となる。しかし、位置依存サービスを実現するには、無線 LAN 接続機能付きノート PC, PDA (Personal Digital Assistant), 携帯電話端末, 携帯ゲーム機等各種の既存端末に GPS 受信機を搭載する必要がある。また、位置情報の推定や送受信を行うソフトウェアを端末に搭載する方式を採用すれば、各端末において実装の変更や追加が不可欠となる。

ところで、アクセス網には、収容エリアが都道府県あるいは市町村等の地理的区画に対応するものがある。本論文では、アクセス網の収容エリアに対応する地理的な位置情報を地理的性質と呼ぶ。たとえば、DSL (Digital Subscriber Line)⁴⁾の既存アクセス網では、一般に局舎への収容エリアが市町村等のいくつかの地理的区画にほぼ一致しており、市町村等の地名が地理的性質として具備されている。また、無線 LAN を用いた既存アクセス網では、一般にセルと呼ばれる収容エリアが空港、駅、店舗等の区画に極力一致するように置局が行われており、空港や駅、店舗等の区画名が地理的性質として具備されている。

^{†1} ソフトバンク BB 株式会社技術統括部技術戦略室
Softbank BB Corporation Technological Strategy Center

^{†2} 東京工業大学大学院情報理工学研究所
Graduate School of Information Science and Engineering, Tokyo Institute of Technology

^{†3} 九州大学大学院システム情報研究院
Graduate School of Information Science and Electrical Engineering, Kyushu University

そこで本論文では、エニキャスト⁵⁾によりアクセス網の地理的性質を応用することで、端末の実装変更を必要としない、実現が容易な位置依存サービスの方式を提案する。ここでエニキャストとは、ユニキャスト経路制御プロトコルの運用技術の1つである。エニキャストでは、エニキャストアドレスと呼ばれる同一のユニキャストアドレスを、エニキャストサーバと呼ばれる複数のサーバに共有させたいうで、エニキャストアドレス宛のパケットが、クライアントからネットワーク的に最寄りのエニキャストサーバに配送されるようにユニキャスト経路制御プロトコルを運用する。そして、地理的性質を具備するアクセス網において、エニキャストのネットワーク的な距離が地理に対応すれば、クライアントは地理的に最寄りのエニキャストサーバにパケットを送信することが可能となり、エニキャストサーバは地理的に最寄りのクライアントに対して位置依存サービスを提供することが可能となる。つまり、本論文では既存のプロトコルや実装の変更をせず、既存ユニキャスト経路制御プロトコルや既存WWWソフトウェアの運用方法の変更により、位置依存サービスを実現する方式を明らかにする。なお、インターネット加入者のプライバシー情報にあたる端末の位置情報に関しては、加入者の許可なく位置情報が送出されないよう、端末側で制限を加えることが可能であることについても述べる。

そして本論文では、位置依存サービスの実現については既存端末やネットワーク機器の実装変更が不可欠ではなく、運用についてはエニキャストのための設定変更がわずかであることを実証実験において示す。具体的には、無線インターネットプロバイダ MIAKO.net⁶⁾において無線LAN基地局ごとにエニキャストサーバを動作させた実証実験について報告する。実験では、エニキャストを用いた通信にHTTP (Hyper Text Transfer Protocol)⁷⁾を用いた位置依存サービスを実現した。すなわち、無線LAN基地局上のエニキャストサーバは、エニキャストアドレスにおいてHTTP要求メッセージを受信し、HTTP応答メッセージとして各セルで異なるコンテンツへのリダイレクトメッセージを返信することで位置依存サービスを実現した。この際、既存の移動体端末のWWWソフトウェアの実装変更は不可欠ではなかった。また、既存ルータにおいてはユニキャスト経路制御の設定を変更することなく位置依存サービスを運用することが可能であった。

2. 背景と関連研究

2.1 エニキャスト

エニキャストは、RFC1546⁵⁾で提案された経路制御方式である。エニキャストでは、エニキャストアドレスと呼ばれる同一のIPアドレスが、エニキャストサーバと呼ばれる複数

のサーバに割り当てられる。そして、エニキャストアドレス宛のパケットは、複数のエニキャストサーバのうち送信したクライアントからネットワーク的に最寄りのものに配送される。

エニキャストの利点は、インターネットの各所に設置された複数のサーバを共通のIPアドレスで利用できることである。これにより、クライアントでは、1つのエニキャストアドレスを設定すれば、そのエニキャストアドレスに対応する複数のエニキャストサーバに対して、ネットワーク上での移動にともなう設定変更を行う必要がない。そしてサーバでは、共通のIPアドレスを有する複数のエニキャストサーバ間で負荷分散がなされる。さらに、エニキャストサーバはクライアントからネットワーク的に最寄りであるために、エニキャストサーバの応答時間が短縮される。

エニキャストの欠点は、ルータの経路表において、1つのエニキャストアドレスが1つのエントリを消費してしまうことである。つまり、エニキャストには、エニキャストアドレスがネットワークの階層構造に基づいて付与されないために、エニキャストの経路が集約できないという欠点がある。そのため、インターネット全体でエニキャストを野放図に利用すれば、ルータの経路表爆発が引き起こされる。

エニキャストの実現は、ユニキャストのIPアドレスと既存の経路制御プロトコルを用いることで可能である。つまり、エニキャストは既存インターネットの運用技術であるといえ、必ずしもエニキャスト専用のIPアドレスや経路制御システムで実現されるものではない。たとえば、DNSのルートサーバについては、既存ルートサーバに付与されたIPアドレスの経路情報がBGPで交換されることにより、エニキャストが実現されている。これにより、ルートサーバのIPアドレスを上限である13個に抑えつつも、ルートサーバの台数無制限化と負荷分散、DoS攻撃による影響の範囲縮小が達成されている。なお、このようにエニキャストアドレスが少数に制限されている状態では、ルータの経路表爆発問題が生じない。

ほかにもエニキャストの実現は、エニキャスト専用のIPアドレスや経路制御システムを用いることによっても可能である。これにより、エニキャストの経路が集約できないという欠点が克服される。たとえば、文献8)で提案されるエニキャスト専用の経路制御システムでは、端末からネットワーク的に最寄りのエニキャスト専用ルータが、端末から送信されたエニキャストアドレス宛のパケットを、トンネルで相互接続された他のエニキャスト専用ルータ経由でエニキャストサーバまで配送するシステムが提案されている。このようにエニキャストの経路が、端末からネットワーク的に近いルータまでに限定される場合も、ルータの経路表爆発問題は生じない。しかし、エニキャスト専用のIPアドレスや経路制御に対応するために、ルータに改造が必要となる。

本論文では、エニキャストのために特定機能の実装を避けるため、ユニキャストの IP アドレスと既存の経路制御プロトコルを用いてエニキャストを実現する。つまり、エニキャスト専用の IP アドレスと経路制御システムを用いない。これによりネットワーク層においてもアプリケーション層においても、エニキャストは局所的にユニキャストと同じ振舞いをする。よって、既存の WWW ブラウザや WWW サーバ、ルータ等の実装がそのまま利用可能となる。また、3.3 節で述べるように、無線 LAN 基地局の実装もそのまま利用可能である。

2.2 測位方式

本節では既存測位方式の実現性を検討する。その結果、既存インターネットにおいて位置依存サービスを実現する場合、既存方式では端末やネットワーク機器にハードウェアやソフトウェアの実装変更が必要であることを示す。

GPS (Global Positioning System)¹⁾⁻³⁾ は、人工衛星を利用して GPS 受信機の位置を 100 メートル以下の精度で測位する方式であり、GPS 受信機の小型化と低価格化によりカーナビゲーションシステムや携帯電話網において利用されている。しかし、GPS 受信機を搭載する移動体端末はインターネットにおいて普及しておらず、したがって、各種移動体端末には、位置依存サービスのために GPS 受信機を搭載する必要がある。よって、多数の端末から利用される位置依存サービスにおいては GPS を用いる方式は実現が容易ではない。

一方、端末の位置情報や端末周囲の天候や温度情報等を多数のセンサ素子から測定し、その測定結果をネットワークで収集するセンサネットワークに関する研究が、近年、ユビキタスコンピューティングの分野においてさかんに行われている。そして、センサネットワークを用いた情報サービスであるコンテキストウェアサービスでは、ロケーションウェアサービスと呼ばれる端末の物理的な位置情報に適應するサービスが研究されている。センサネットワークとしては赤外線⁹⁾、超音波¹⁰⁾、あるいは、超音波と電波¹¹⁾を組み合わせることで端末を測位するネットワークが存在し、それぞれについて高精度の測位方式を用いたアプリケーションが提案されている。しかし、多数のネットワークから利用される位置依存サービスを実現するには、移動体端末の周辺に多数のセンサネットワークを設置する必要があるために実現が容易でない。

2.3 マルチキャストを用いた位置依存サービス

Acharya らの文献 12) では、端末の地理的な位置情報が何らかの測位方式により既知であるとし、端末の地理的な位置情報に応じたコンテンツを、1 台のサーバに集約して配信する方式と、複数のサーバに分散させて配信する方式が提案されている。ここで、端末の地理

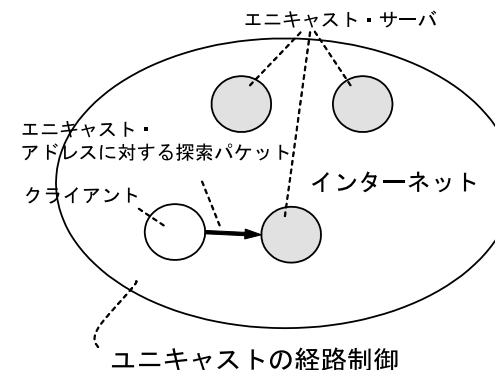


図 1 エニキャストを用いたサービス発見
Fig. 1 Service discovery using anycast.

的な位置情報としては、GPS の緯度経度情報や無線基地局のセル ID が例としてあげられている。

端末の地理的な位置情報に応じたコンテンツを 1 台のサーバに集約して配信する方式では、端末の地理的な位置情報は HTTP 要求のパラメータに埋め込まれて、コンテンツを集約したサーバに送信される。たとえば、端末の地理的な位置情報は次のように URL に埋め込まれる。

<http://paul.rutgers.edu/cgi-bin/floor-map?location=128.6.157.131>

ここで、位置情報は端末が接続している基地局のセル ID が用いられ、セル ID としては端末が接続している基地局の IP アドレス “128.6.157.131” が用いられている。このようにコンテンツを 1 台のサーバに集約する利点としては、サーバを選択する機構が不要であることがあげられる。また、欠点としては、すべてのコンテンツを 1 台のサーバに蓄積させる必要があることがあげられる。

一方、端末の地理的な位置情報に応じたコンテンツを複数のサーバに分散させて配信する方式では、端末が接続しているネットワークに応じて複数のサーバから 1 台のサーバを選択する必要が生じる。そこで、Acharya らの文献では、マルチキャスト^{13),14)}を用いたサービス発見の方法が提案されている。

エニキャストとマルチキャストによるサービス発見を、それぞれ図 1、図 2 に示す。マルチキャストとエニキャストの違いは、文献 5) において議論されているが、最も大きな違い

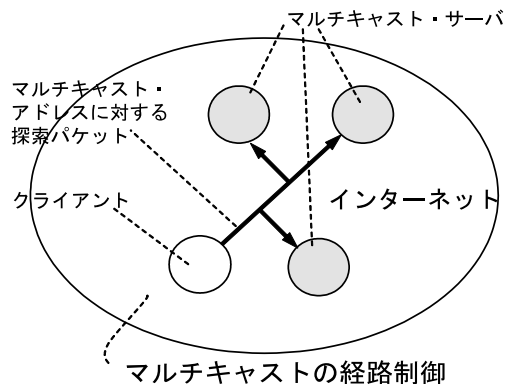


図 2 マルチキャストを用いたサービス発見
Fig. 2 Service discovery using multicast.

キャストアドレスの受信サーバが多数存在するが、返事を返すべき者がいなかった場合にも、大量の不要なパケットが広域に配送されることになる。また、図 3 (b) に示すように、たとえ 1 つのサーバが応答すれば十分な場合でも、多数のサーバから複数の応答パケットが返される。さらに、図 3 (c) に示すようにパケット落ちが発生した場合、近くに応答可能なサーバがありながら、さらに大きな TTL で探索することにより多数のサーバから応答パケットが返される場合もある。よって、マルチキャストのリングサーチでは、クライアントの増加にともなう通信量の増加がサーバとその回線の負荷を広域において増加させ、回線の輻輳時には負荷分散の仕組みがないことが問題となる。一方、エニキャストでは、ネットワーク的に最寄りのサーバにパケットが配送される。よって、クライアントが増加しても輻輳がインターネットの広域に及ぶことはなく、サーバの負荷は、クライアントのネットワーク的な位置とサーバからの距離に応じて、サーバ間で分散されることになる。

ほかにも、マルチキャストは専用のアドレス空間と複雑な経路制御で実現され、一部の既存ルータにおいて対応されていないが、エニキャストはユニキャストの既存アドレス空間と経路制御で実現され、ユニキャストは一般に既存ルータで対応されているという違いもある。

Acharya らの文献では、マルチキャストを用いた方式が提案されている。なぜなら、サーバの選択が、エニキャストではネットワーク的な距離に基づいてしか行えないのに対して、マルチキャストではネットワーク的な距離にかかわらず行えるからである。

しかし、本論文においては、エニキャストを用いた方式を提案する。なぜなら、エニキャストは一般に既存ルータにおいて対応されているユニキャストで実現されるからである。つまりマルチキャストと比較して、エニキャストは実現性が高いからである。また、大量の不要なパケットが広域に配送されないことが理由としてあげられる。そしてエニキャストでは、ネットワーク的な距離に基づいたサーバの設置が必要になるという制約が存在するが、本論文では、地理的性質を具備するアクセス網においてネットワーク的な距離に基づいたサーバの設置を行えば、アクセス網の地理的性質を端末の地理的な位置情報として、サーバの選択と同時に端末の測位が行えることを明らかにする。

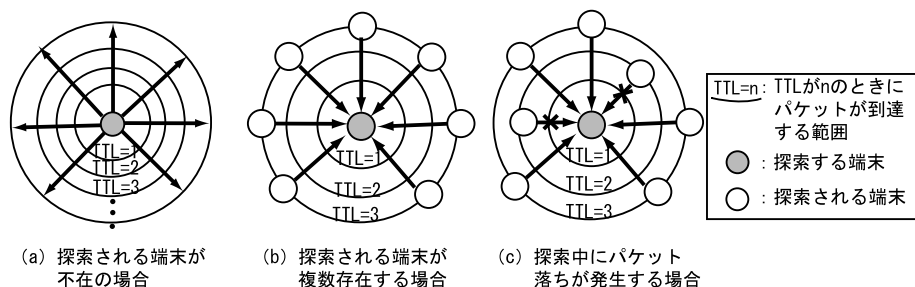


図 3 マルチキャストを用いたリングサーチの欠点
Fig. 3 Disadvantage of the ring search using multicast.

として、マルチキャストのリングサーチでは大量に不要なパケットがインターネットの広域に配送されてしまうが、エニキャストでは配送されないことがあげられる。ここで、リングサーチとはサーバの探索方式の 1 つであり、特定のマルチキャストアドレスグループに参加するサーバが応答するまで、TTL を増大させながら探索パケットの到達範囲を拡大してゆく方式である。

たとえば、図 3 (a) に示すように、マルチキャストのリングサーチでは、周囲に応答するサーバが不在の場合、探索パケットの TTL を増大させながら探索範囲を広げるため、大量の不要なパケットがインターネットの広域に配送される。そして、探索範囲内に当該マルチ

3. エニキャストを用いた位置依存サービス

3.1 基本設計

本章では、TCP/IP 階層に基づき、エニキャストを用いた位置依存サービスの各通信層における設計について述べる。

3.2 物理層とデータリンク層

物理層とデータリンク層においては、IEEE802.11¹⁵⁾ のような一般的な無線 LAN を利用する。そして一般的な無線 LAN では、移動体端末が、物理的に近い距離にある無線 LAN 基地局に接続する。なぜなら、出力が弱い無線 LAN 基地局の信号は長距離を伝播しないからである。たとえば、一般的な IEEE802.11b¹⁶⁾ の無線 LAN 基地局を用いた場合、セルの半径は数十メートルから数百メートルとなる。なお、このセルのサイズが位置依存サービスの精度を決定する。

3.3 ネットワーク層

ネットワーク層においては次の 2 つの方式のうち、いずれかを利用する。すなわち、無線 LAN 基地局にエニキャストアドレスを付与する方式か、無線 LAN 基地局に 1 対 1 で対応するエニキャストサーバを設置する方式である。ただし、いずれの方式においても、2.1 節で述べたように本論文ではエニキャスト専用の IP アドレスや経路制御システムを用いず、既存のエニキャストの経路制御を用いる。よって、既存のルータ、無線 LAN 基地局、WWW ブラウザ、WWW サーバの実装をそのまま利用することが可能となる。

無線 LAN 基地局にエニキャストアドレスを付与する方式では、移動体端末がエニキャストを用いて接続中の無線 LAN 基地局と通信し、接続中の無線 LAN 基地局つまり物理的に近くに存在する無線 LAN 基地局のコンテンツやコンテンツの URL を取得する。

また、無線 LAN 基地局に 1 対 1 対応でエニキャストサーバを設置する方式では、移動体端末がエニキャストサーバと通信し、エニキャストサーバから接続中の無線 LAN 基地局のコンテンツやコンテンツの URL を取得する。ここで、移動体端末からエニキャストサーバまでのエニキャストの経路は、静的あるいは動的にあらかじめ設定され、動的な経路の実現には RIP¹⁷⁾、OSPF¹⁸⁾、BGP¹⁹⁾ のような既存のエニキャスト経路制御プロトコルを用いる。また、エニキャストサーバからの位置情報の配信は、既存 WWW サーバをエニキャストサーバとして用いることが可能である。

ネットワーク層における 2 つの方式は、位置依存サービスの提供エリアにおいて、無線 LAN 基地局ごとに使い分けられる。

すなわち無線 LAN 基地局にエニキャストアドレスを付与する方式では、無線 LAN 基地局の外部にエニキャストサーバを設置する必要がない。しかし、次節で述べるように WWW サーバや HTTP リダイレクトサーバが無線 LAN 基地局に搭載されるために、無線 LAN 基地局を改造する必要が生じる。

一方、無線 LAN 基地局に 1 対 1 で対応するようにエニキャストサーバを設置する方式で

は、無線 LAN 基地局の外部にエニキャストサーバを設置する必要があるものの、無線 LAN 基地局の改造が不要となる。つまり、次節で述べる WWW サーバや HTTP リダイレクトサーバは、エニキャストサーバに搭載することになる。

3.4 トランスポート層とアプリケーション層

トランスポート層とその上位層においては、TCP²⁰⁾ や HTTP⁷⁾ を変更することなく用いる。つまり、位置依存サービスの加入者が、コンテンツの編集、配布、閲覧に際して既存の WWW を用いることを可能とする。また、WWW ブラウザや WWW サーバとして既存の実装を用いることを可能とする。これは、WWW がインターネットにおいて最も普及している情報システムであり、WWW において位置依存サービスを実現することが必要であると考えたからである。

TCP や IP のパケットには位置情報を記録するためのフィールドはない。また、HTTP のメッセージには、ヘッダ部分や URL に位置情報を埋め込むことが可能である。そして、本論文では、マルチキャストのように一部の既存ルータが対応していない経路制御プロトコルを用いない。そこで、HTTP を位置情報を運ぶプロトコルとして用いる。つまり、アプリケーション層を位置情報を運ぶ通信層とする。

以下に、HTTP によって、無線 LAN 基地局からコンテンツを配信する方式について述べる。まず、図 4 に動作概要を示す。エニキャストアドレスを付与した無線 LAN 基地局には WWW サーバが搭載され、WWW サーバではエニキャストアドレス宛の HTTP 要求メッセージを受信するまで待機を続ける。また、移動体端末は、一般的なエニキャストアドレスを取得する場合と同じく、たとえば <http://anycast.example.com/> といった URL のドメイン名を DNS により解決することでエニキャストアドレスを取得する。そして、移動体端末は、エニキャストアドレスにパケットを送信することで、接続中の無線 LAN 基地局に対して HTTP 要求メッセージを送信する。一方、無線 LAN 基地局は、HTTP 要求メッセージを受信することにより移動体端末がその無線 LAN 基地局自身のセルに存在していることを検知し、HTTP 応答メッセージに無線 LAN 基地局の位置情報や無線 LAN 基地局が設置された場所に特有のコンテンツを含めて返信する。

ところで、本節の方式はプライバシー情報として端末の位置情報を保護する仕組みを備えない。なぜなら、無線 LAN 基地局を運用する電気通信事業者は、元来加入者の位置を知っているからである。

本節の方式における問題としては、容量の大きなコンテンツの複製がすべてのエニキャストサーバに貯蓄される場合、コンテンツが集約されず記憶容量が徒らに浪費されてしまうこ

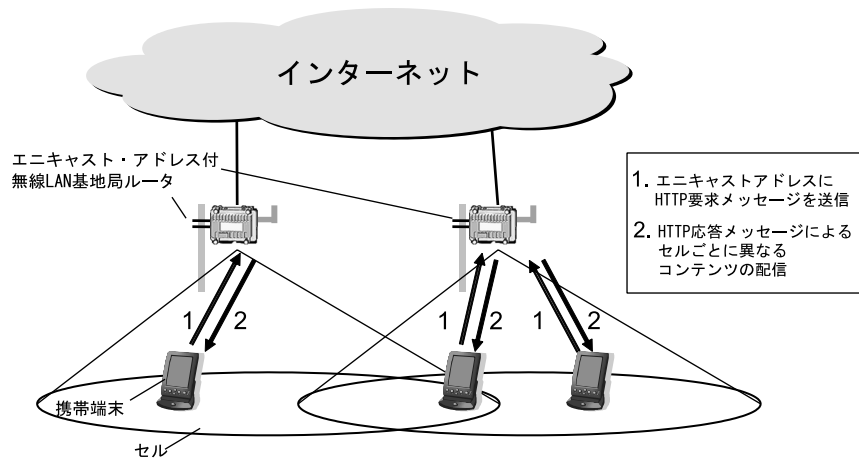


図 4 エニキャストを用いた位置依存サービス

Fig. 4 Location dependent services using WWWW and anycast.

とがある．そこで、次節では、少数の WWW サーバにコンテンツを集約して管理する方式について述べる．

3.5 コンテンツの集約

HTTP には、コンテンツデータを配信する代わりに URL を配信する HTTP 応答メッセージが規定されている．すなわち、端末が HTTP 応答メッセージに含まれる URL を用いて、再度 HTTP 要求メッセージを送信することを可能にする HTTP リダイレクトメッセージが HTTP で定められている．本節では、HTTP リダイレクトメッセージを用いたコンテンツの集約方法を述べる．

HTTP リダイレクトメッセージによるコンテンツの集約方法の例を図 5 に示す．これは、2 台のサーバのコンテンツを 1 台のコンテンツサーバが代わりに配信する例を示している．各サーバは、コンテンツサーバが配信するコンテンツの URL を HTTP リダイレクトメッセージとして配信しているとする．そのうえで、クライアントはサーバに 1 番目の HTTP 要求メッセージを送信し、そのサーバから HTTP リダイレクトメッセージを受信する．そして、クライアントは、HTTP リダイレクトメッセージに含まれる URL を用いて 2 番目の HTTP 要求メッセージを送信する．この URL のドメイン名はコンテンツサーバのものであり、2 番目の HTTP 要求メッセージはクライアントからコンテンツサーバに送信され、

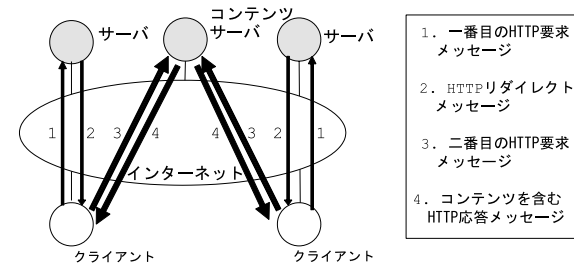


図 5 コンテンツの集約管理

Fig. 5 Centralized contents management.

クライアントはコンテンツサーバからコンテンツを受信する．

HTTP リダイレクトを用いて位置依存サービスのためのコンテンツを集約するには、以下にあげるようにコンテンツサーバの URL に無線 LAN 基地局の地理的な位置情報を埋め込む．

`http://www.contents-server.example.com/srv.cgi?lat=130.25.24&lon=33.37.07.474`

`http://www.contents-server.example.com/cel-id-hakozaki-shrine/`

ここで、1 番目の URL は無線 LAN 基地局の緯度経度情報を埋め込んだ例であり、2 番目の URL は無線 LAN 基地局が存在する場所の地名を埋め込んだ例である．

エニキャストを用いた位置依存サービスにおけるコンテンツ集約方法の動作概要を図 6 に示す．まず、移動体端末は、エニキャストアドレスに 1 番目の HTTP 要求メッセージを送信し、接続中の無線 LAN 基地局から HTTP リダイレクトメッセージを受信する．そして、移動体端末は、HTTP リダイレクトメッセージに含まれる URL を用いて 2 番目の HTTP 要求メッセージを送信する．ここで、2 番目の HTTP 要求メッセージの URL は、移動体端末が接続している無線 LAN 基地局の地理的な位置情報がコンテンツサーバの URL に埋め込まれたものである．そしてコンテンツサーバは、移動体端末から 2 番目の HTTP 要求メッセージを受信すれば、そのメッセージに含まれる URL から移動体端末が接続している無線 LAN 基地局の地理的な位置情報を検出する．そして、移動体端末の地理的な位置情報に応じたコンテンツを HTTP 応答メッセージとして返す．

ところで、コンテンツプロバイダは無線 LAN 基地局を運用する電気通信事業者と同一であるとは限らない．そして、コンテンツプロバイダは常に位置依存サービスの加入者から信用されるわけではない．よって、端末の地理的な位置情報は加入者の承諾なしにコンテンツ

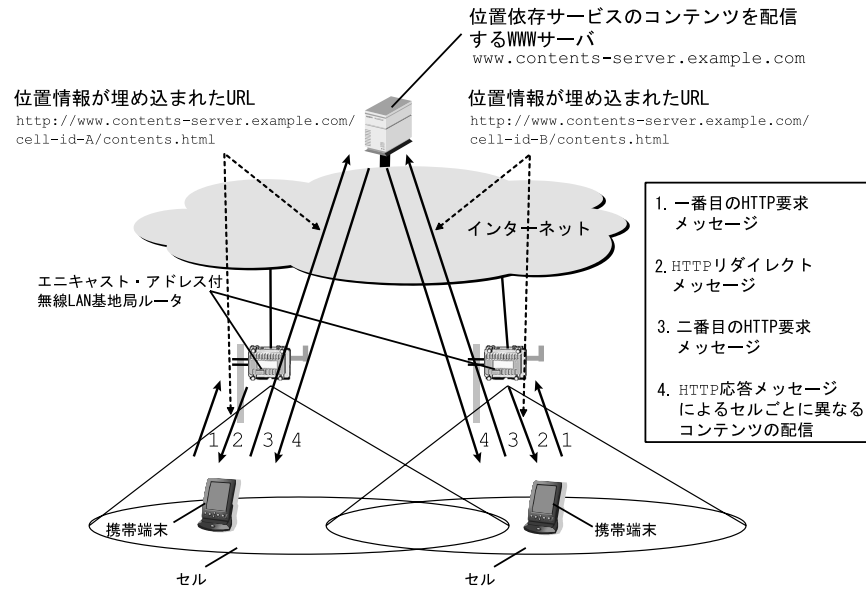


図 6 エニキャストを用いた位置依存サービスにおけるコンテンツ集約

Fig. 6 Centralized contents management of location dependent services using anycast.

サーバに送出されるべきではないが、その送出に関わる判断は、移动通信技術者やその機器では行えないために加入者やその機器に委ねなければならない。そこで、本節の方式を用いる場合は、加入者やその機器においてプライバシー情報を保護する機構を備えることが必要となる。

本節の方式においては、移動体端末が HTTP リダイレクトメッセージに応じて 2 番目の HTTP 要求メッセージを送出しなければ、プライバシー情報を保護する機構が実現される。そして、移動体端末が HTTP リダイレクトメッセージに応じて 2 番目の HTTP 要求メッセージを送出するか否かを決定するに際しては、2 つの方式がある。すなわち、1 つ目の方式はステータスコード 302 の HTTP リダイレクトメッセージを用いて位置情報が送出されることを事前に警告する方式である。そして 2 つ目の方式はステータスコード 300 の HTTP リダイレクトメッセージを用いて位置情報が送出される URL を加入者に選択させる方式である。

ステータスコード 302 の HTTP リダイレクトメッセージは、要求されたリソースが一時的に別の新たな URI に置かれていることを示すもので、ペイロードに新たな URI とともに短いハイパーテキスト文書を含むべきと定義される⁷⁾。

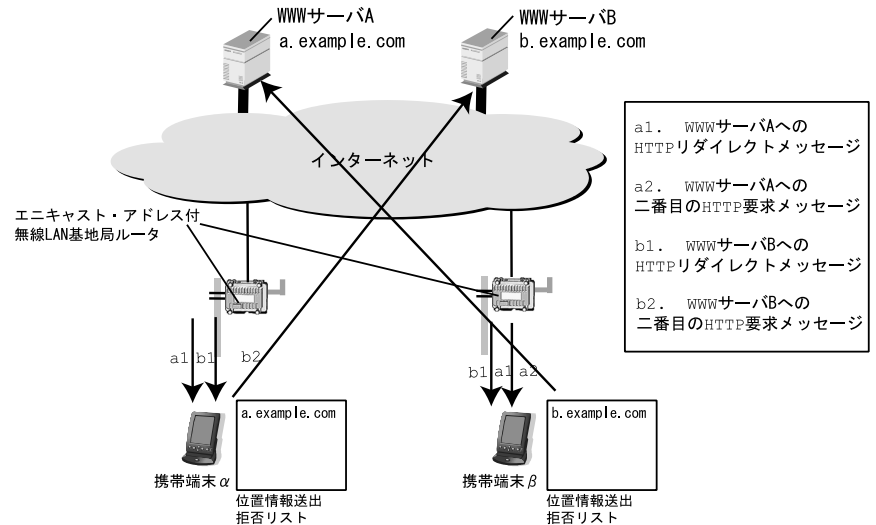


図 7 位置情報送出拒否リストを用いる例

Fig. 7 An example using access control lists before submitting the location data.

そこで、ハイパーテキスト文書において端末の位置情報が送出されることを警告すれば、ステータスコード 302 の HTTP リダイレクトメッセージに従うか否かの判断が端末において可能になる。しかし一般的には、現状においてステータスコード 302 の警告を処理する機能が端末に備わっておらず、自動的にリダイレクトが実行されるために、URL フィルタをはじめとするセキュリティソフトウェアを併用する必要が生じる。すなわち、位置情報送出可否リストを用いる方式²¹⁾⁻²³⁾の利用が必要となる。

位置情報送出可否リストを用いる方式には、位置情報送出拒否リストを用いる方式と位置情報送出認可リストを用いる方式がある。図 7 に示すように、位置情報送出拒否リストを用いる方式では、位置情報送出を許可しないコンテンツサーバのドメイン名のリストを各移動体端末に持たせる。移動体端末 α は WWW サーバ A のドメイン名が位置情報送出拒否リストに記載され、WWW サーバ A への HTTP リダイレクトメッセージに従わないようになっている。また、移動体端末 β は WWW サーバ B のドメイン名が位置情報送出拒否

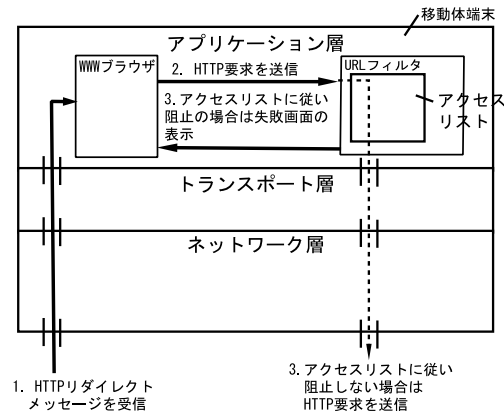


図 8 URL フィルタ
Fig. 8 URL filter.

リストに記載され、WWW サーバ B への HTTP リダイレクトメッセージに従わないようになっている。一方、位置情報送出認可リストを用いる方式では、位置情報送出を許可するコンテンツサーバのリストをあらかじめ移動体端末に設定しておき、HTTP リダイレクトメッセージに含まれる URL が許可するコンテンツサーバのリストに含まれるならば 2 番目の HTTP 要求メッセージを送信する。そして、もし許可するコンテンツサーバのリストに含まれないならば、2 番目の HTTP 要求メッセージを送信しないようにする。これにより、プライバシー情報を保護する機構が実現される。

位置情報送出可否リストを用いる方式は、既存の URL フィルタ²¹⁾ や、広く普及しているアンチウイルス系ソフトウェア^{22),23)} といったセキュリティソフトウェアで実現可能である。たとえば、図 8 に示すように既存の URL フィルタは移動体端末のアプリケーション層において、あらかじめ設定されたアクセスリストに従って WWW ブラウザが送信した HTTP 要求メッセージが WWW サーバに送信されるのを阻止する。すなわち、もしアクセスリストが一部の WWW サーバへのアクセスを禁止するものならば、アクセスリストに記載された WWW サーバへの HTTP 要求メッセージの送信は URL フィルタに阻止され、WWW ブラウザには URL フィルタから返されたアクセスの失敗画面が表示される。また、もしアクセスリストが一部の WWW サーバのみアクセスを許可するものならば、アクセスリストに記載されていない WWW サーバへの HTTP 要求メッセージの送信が阻止され、

WWW ブラウザには URL フィルタから返されたアクセスの失敗画面が表示される。いずれにせよ、移動体端末の地理的な位置情報を含む URL は、URL フィルタにより、望まないコンテンツサーバに送信されることはない。また、既存の位置情報可否リストを用いるセキュリティソフトウェアでは、加入者が設定した URL だけでなく、加入者が知らない有害コンテンツの URL についてもあらかじめ出荷時にアクセスリストが設定され、定期的に更新されているため、加入者による直接的な URL の判断は、既存のセキュリティソフトウェアを用いる場合において必ずしも必要ではない。

一方、ステータスコード 300 の HTTP リダイレクトメッセージは、1 つのコンテンツに対して複数のリソース情報を返してユーザに選択させるために定義され、ハイパーテキスト文書で複数の URL を示すことを可能にする⁷⁾。

そこでステータスコード 300 の HTTP リダイレクトメッセージについては、次に示すような複数のコンテンツサーバの URL とともに、位置情報が送出されることをハイパーテキスト文書で警告すれば、リダイレクトに従うか否かの判断が端末において可能となる。

`http://www.example.com/srv.cgi?lat=130.25.24&lon=33.37.07.474`

`http://www.example.net/srv.cgi?lat=130.25.24&lon=33.37.07.474`

`http://www.example.org/srv.cgi?lat=130.25.24&lon=33.37.07.474`

端末はステータスコード 300 の HTTP リダイレクトメッセージで得られる複数の URL から最適なものを自動的に選択することもできるが、上記の例ではどれが最適か判断できないため、加入者はハイパーテキスト文書の情報に基づいて位置情報送出の可否を判断できる。

4. 実証実験

4.1 実験の目的

実証実験においては、エニキャストを用いた位置依存サービスの実現性を検討するために、複数の無線 LAN 基地局からなるアクセス網において位置依存サービスを実現した。そして実現性の見地からは、既存の移動体端末、無線 LAN 基地局、ルータ、WWW サーバにエニキャストを用いた位置依存サービスを導入する際に不可欠な作業に検討を加えた。

4.2 実験の内容

京都の公衆無線 LAN サービスである MIAKO.NET (Mobile Internet Access in Kyoto)⁶⁾ において、提案方式を用いて提供された観光案内サービスについて述べる。

MIAKO.net は、京都において 200 局を超える IEEE802.11b の無線 LAN 基地局を運

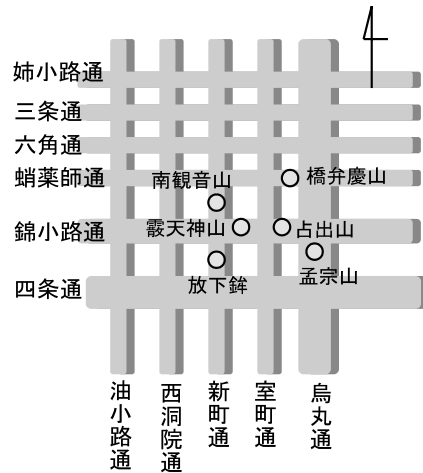


図 9 室町におけるサービスエリアと祇園囃子を提供する町の位置

Fig. 9 Service area around Muromachi and the location of the parade floats (circled).

用しており、その無線 LAN 基地局の設置場所はビルの屋上や軒先や電柱等である。また、MIAKO.net は図 9 に示す室町エリアで本章の提案方式による位置依存サービスである“祇園囃子めぐり”を提供しており、観光客は移動体端末が接続する無線 LAN 基地局の地理的な位置情報に応じて祇園祭における町ごとの囃子の音声を聞くことが可能である。具体的には、koko.miako.net というドメイン名が DNS においてエニキャストアドレスに対応付けられており、無線 LAN 端末の WWW ブラウザからは、http://koko.miako.net/ にアクセスすることで移動体端末が接続している無線 LAN 基地局の地理的な位置情報に応じたコンテンツを取得することが可能である。南観音山、放下鉾において移動体端末が取得可能なコンテンツを図 10、図 11 それぞれに示す。

今回、MIAKO.net において位置依存サービスを実現するにあたっては、プログラムサイズが小さく、動作が軽い HTTP リダイレクトサーバを開発し、無線 LAN 基地局に導入した。HTTP リダイレクトサーバとは、HTTP リダイレクトメッセージを配信する機能のみを備えた WWW サーバである。HTTP リダイレクトサーバの機能は、インタフェースに付与した少なくとも 1 つのエニキャストアドレスにおいて HTTP 要求メッセージを受け付け、受信した HTTP 要求に対しては、設定された URL を HTTP リダイレクトメッセージに含めて返信することである。

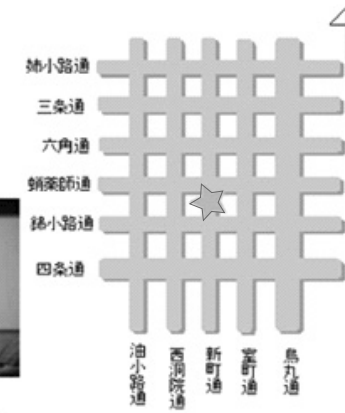
ここは京都市中京区新町通蛸薬師下る百足屋町です。

■ ここは祇園祭の南観音山の町内です。

■ 聞こえてくる祇園囃子は、南観音山のお囃子です。
財団法人南観音山保存会のご協力によります。

■ 茶屋四郎次郎・新四郎屋敷跡～
新町通東側～

■ 百足屋 ～新町通西側～
本格的な京のおばんざい懐石料理屋さん。
古い町屋を復元した店構えは、町屋ならではの通り庭や、おくどさん、打水がされた石畳を通ると京の町屋の歴史と安らぎを感じる事が出来るでしょう。



出典 <http://www.dsneo.co.jp/koko/minamikannonyama.html>

図 10 南観音山の無線 LAN 基地局で配信されるコンテンツ

Fig. 10 A location-dependent content of Minamikannonyama.

HTTP リダイレクトサーバを開発した理由は、第 1 に、実証実験で用いられた無線 LAN 基地局が、すでにビルの屋上や軒先や電柱等に設置されていたうに、周辺に WWW サーバを設置するのが困難な環境にあり、インターネットから WWW サーバをインストールする方が容易だったからである。つまり、エニキャストを用いた位置依存サービスでは、3.3 節で述べたように、環境に応じて無線 LAN 基地局ごとに改造を加えるか否かが選択可能であり、本実験では、無線 LAN 基地局に改造を加えた方が位置依存サービスを容易に実現できたからである。第 2 に、実証実験で用いたルート株式会社の RGW2400 シリーズ²⁴⁾の無線 LAN 基地局に搭載されていたフラッシュメモリの容量が小さく、Apache²⁵⁾のようにプログラムサイズが比較的大きな WWW サーバのインストールが困難だったからである。そして第 3 に、プログラムサイズが軽量である方がネットワークインストールが容易に行えたからである。

なお、エニキャストを用いた位置依存サービスにおいては、WWW サーバを必ずしも無線 LAN 基地局で動作させる必要はない。なぜなら、無線 LAN 基地局周辺に設置された端末で WWW サーバを動作させ、エニキャストアドレス宛パケットを処理させることも可能

ここは京都市中京区新町通四条上る小粒櫛町です。

■ここは、祇園祭りの、放下鉾の町内です。
日本では初めて商売人が生まれた記念すべきところで、
諸説はありますが、元服時に髪を結ぶ小粒いを売る
お店(お顆)があったことからその名があるとされています。

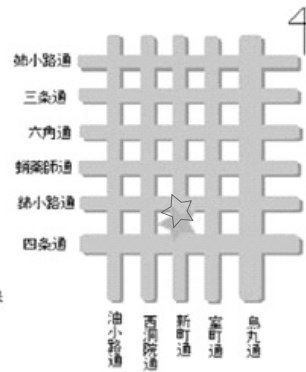
■聞こえてくる祇園囃子は、函谷餅の「翁(おきな)」です。
財団法人函谷餅保存会のご協力によります

■小粒櫛町会所
古い町会所を残すのは現在32山鉾町でもここだけです。会所は餅の保
管庫でもあるので一般公開はしていません。



出典 <http://www.dsneo.co.jp/koko/houkahoko.html>

図 11 放下鉾の無線 LAN 基地局で配信されるコンテンツ
Fig. 11 A location-dependent content of Houkaboko.



だからである。

4.3 実験の評価

まず、MIAKO.net のサービス事例について、本論文の提案方式の実現性を実装面から述べる。提案方式では、無線 LAN 基地局、移動体端末、WWW サーバにおいて、位置依存サービスのための測位装置や専用ソフトウェアの追加が必要でない。そして既存ルータにおいては、無線 LAN 基地局から WWW サーバまでエニキャストの経路を 1 本設定すれば位置依存サービスの提供が可能となる。なお、MIAKO.net の実証実験で示されたように、フラッシュメモリの容量が小さい無線 LAN 基地局に WWW サーバを導入するような特殊な場合においても、エニキャストを用いた位置依存サービスでは WWW サーバで単純な処理しか行わないために、C 言語のソースコードで 1,000 行程度の HTTP リダイレクトサーバを開発すれば、位置依存サービスの提供が可能になる。そして無線 LAN 基地局に WWW サーバを搭載する場合には、既存ルータにおける経路制御の設定の変更はいっさい不要になる。よって、実装面から評価すれば、MIAKO.net のサービス事例において、本論文の提案方式における実現性の高さが確認されており、本論文の提案方式は実装面で実現が容易で

あったといえる。

次に、本論文の提案方式の実現性を運用面から述べる。本論文の提案方式において、運用の対象となるものは無線 LAN 基地局と WWW サーバである。無線 LAN 基地局については運用方法の変更はない。また、WWW サーバについては、Apache のように普及したものが今回実装した HTTP リダイレクトサーバのように設定が単純なものを用いて HTTP リダイレクトメッセージを配信する以外に行うべきことはない。よって、本提案方式において WWW サーバの運用は容易であるといえる。つまり、MIAKO.net のサービス事例において、本論文の提案方式は運用が容易であるといえる。

なお、MIAKO.net においては、Mobile IP の Reverse tunneling と併用する際に、本論文の提案方式の動作が停止する障害が発見されており、これについては 5.5 節で詳しく述べる。

5. 考察

5.1 エニキャストを用いた位置依存サービスの実現性

エニキャストを用いた位置依存サービスは、既存の無線 LAN 端末、無線 LAN 基地局、WWW ソフトウェア、WWW サーバのみを用いて実現される。それゆえ、既存ソフトウェアを改造する必要はなく、端末においてはハードウェアの追加を必要としない。よって実現性が高い方式である。

なお、4 章の実証実験では無線 LAN 基地局に HTTP リダイレクトサーバを実装したが、本論文の方式では 3.3 節で述べたように、無線 LAN 基地局に HTTP リダイレクトサーバを実装する必要はない。なぜなら、改造が容易でない無線 LAN 基地局を用いる場合は、エニキャストサーバとなる HTTP リダイレクトサーバを、無線 LAN 基地局からネットワーク的に近い位置に設置し、エニキャストの経路を設定する方法も提案しているからである。ここで、エニキャストサーバとなる HTTP リダイレクトサーバには、Apache をはじめとする一般の WWW サーバがそのまま利用可能である。なぜなら、HTTP リダイレクトサーバは、エニキャストアドレスとしてユニキャストの IP アドレスが付与され、HTTP リダイレクトメッセージを返すだけだからである。よって、エニキャストを用いた位置依存サービスでは、既存の無線 LAN 基地局を改造する必要がなく、また HTTP リダイレクトサーバを開発する必要もない。

5.2 エニキャストを用いる有効性と妥当性

本節では、本論文の提案方式とエニキャストを用いない位置依存サービスを比較することにより、エニキャストを位置依存サービスに用いる有効性と妥当性について述べる。なお、

エニキャストを用いない場合については、さらに移動体端末の IP アドレスと地理的な位置情報の対応表を用いる場合と用いない場合について述べる。

位置依存サービスにエニキャストを用いず、移動体端末の IP アドレスと地理的な位置情報の対応表を用いない場合は、HTTP 要求の IP パケットの行き先となるサーバは 1 台であり、サーバに IP パケットが到着したときには端末の位置情報が失われている。そこで、位置依存サービスのためには端末の位置情報を把握できる無線 LAN 基地局の部分で HTTP 要求を終端し、位置情報を提供する、つまり、無線 LAN 基地局を HTTP プロキシとする必要がある。

しかし、プロキシの導入はエンドツーエンド原理に反しておりアーキテクチャが合理的でないために様々な問題が発生する。

まず、すべての HTTP についてプロキシとして動作させると無線 LAN 基地局の負荷が大きくなる。しかも、HTTP のデフォルトポート番号は 80 であるがこれはあくまでデフォルトでしかなく、次に示すような URL を用いてデフォルトポート以外で HTTP を動作させることが可能である。

`http://www.example.com:49152/`

逆に、次に示すような URL を用いてポート 80 で HTTP 以外のサービス、たとえば FTP を動かすこともできるが、このとき無線 LAN 基地局が HTTP プロキシとして動作しては一般に FTP 等が正常に動作しなくなる。

`ftp://ftp.example.com:80/`

これを防ぐには、無線 LAN 基地局に位置依存サービスで使う IP アドレスとポート番号を登録しておき、そのパケットに対してのみプロキシ動作をさせればよい。しかしこれでは結局、無線 LAN 基地局の動作は当該 IP アドレスをエニキャストアドレスとして持つ場合とほとんど同じで、ポート番号のチェックやプロキシとして動作する分だけ処理が重く複雑になるだけである。そこで、より単純で処理が軽くきれいなアーキテクチャであるエニキャストによる位置依存サービスの方が優れている。

ところで、各基地局が移動体端末に割り当てる IP アドレスが固定されている場合、移動体端末の位置は、移動体端末の IP アドレスと地理的な位置情報の対応表を用いても知ることができる。そこで位置依存サービスにエニキャストを用いず、このような対応表をコンテンツサーバが持てば、コンテンツサーバは移動体端末の地理的な位置情報を検出し、移動体端末の地理的な位置情報に応じたコンテンツを配信できる。たとえば、無線 LAN 基地局ごとに移動体端末に割り振られる IP アドレスと、無線 LAN 基地局の地理的な位置情報の対

応表をコンテンツサーバに設定しておけば、対応表を用いることによりコンテンツサーバは移動体端末から受信したパケットの送信元 IP アドレスに基づいて移動体端末の地理的な位置情報を検出できる。これにより、移動体端末も無線 LAN 基地局も改造することのない位置依存サービスが実現できる。

移動体端末の IP アドレスと地理的な位置情報の対応表を用いる方式の問題としては、加入者がコンテンツサーバにアクセスすることにより、加入者の地理的な位置情報が加入者の同意なしにコンテンツプロバイダに知られてしまうことがある。そして移動通信事業者とコンテンツプロバイダの間では、対応表の更新があるたびに対応表を他者に漏れないようにやりとりする仕組みが不可欠となり、その対応表のやりとりのために実現コストと運用コストが必要となる。さらに、長期にわたってコンテンツプロバイダが位置依存サービスを提供する場合は、コンテンツプロバイダが、移動通信事業者から特に情報を得なくても、移動体端末の位置情報と IP アドレスを十分に収集することにより、すべての対応が明らかでない状態であっても、移動体端末の地理的な位置情報を加入者の同意なしに高い確率で知ることができるようになるという問題もある。そこで、移動通信事業者は、無線 LAN 基地局に複数のアドレスブロックを割り当てたり十分な頻度で基地局に割り当てるアドレスを変更したりする等の工夫により、移動体端末の IP アドレスから地理的な位置情報を推測することを困難にするべきである。

なお、移動体端末の IP アドレスと地理的な位置情報の対応表を、移動体端末からコンテンツサーバの経路上にあるネットワーク機器で用いる方式も考えられるが、加入者が位置依存サービスごとに位置情報送付の可否を決定できる方式が存在しないために実現性が低いという問題がある。

一方、エニキャストを用いる方式では、加入者が 3.5 節で述べたように加入者の同意なしに移動体端末の地理的な位置情報がコンテンツプロバイダに送信されない。また、移動通信事業者とコンテンツプロバイダが対応表をやりとりする必要はなく、対応表の実現と運用にコストがかからない。さらに、移動体端末の IP アドレスから地理的な位置情報を推測することを困難にするための工夫も不要である。

よって、エニキャストを用いる本論文の提案方式は、エニキャストを用いない方式と比較して実現性および運用性の観点から優れている。

5.3 エニキャストによる経路表増大

エニキャストではルータの経路表増大が問題とされる。なぜなら、エニキャストアドレスは、ユニキャストアドレスのようにネットワークの階層構造に基づいて割り当られるのでは

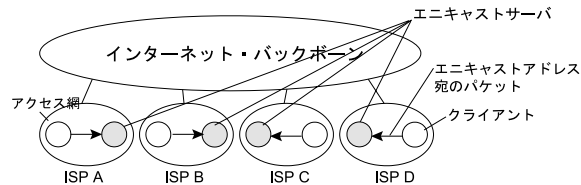


図 12 ISP のアクセス網内でのエニキャストの利用
Fig. 12 Anycast in each ISP site.

なく、ルータにおいて集約することが困難だからである。しかし、図 12 に示すようにエニキャストアドレスの経路広告を ISP (Internet Service Provider) のアクセス網に閉じて行う場合、経路表増大はアクセス網内に抑えられ、ルータの現実的な性能による対応が可能となるために問題とならない。そして、エニキャストアドレス 1 つごとに課金すれば、メモリ増設のようにルータの性能をエニキャストに対応させるコストを賄うことが可能となる。

本論文の方式においては、無線 LAN 基地局にエニキャストアドレスを割り当てる場合、ルータの経路表増大は生じない。一方、無線 LAN 基地局周辺の端末にエニキャストアドレスを割り当てる場合、無線 LAN 基地局からエニキャストサーバまでのアクセス網のルータにおいて経路表増大が生じるが、これは一般に ISP のアクセス網内で発生するため、上述のとおり問題とならない。

5.4 プライバシ情報の管理

エニキャストを用いた位置依存サービスは 2 方式のいずれかを用いてコンテンツ配信を実現する。

1 番目の方式では、無線 LAN 基地局がセル内の移動体端末に基地局特有のコンテンツを配信する。この場合、ISP は無線 LAN 基地局から加入者の位置情報が漏洩しないよう注意を払う必要がある。

2 番目の方式では、コンテンツサーバへの HTTP リダイレクトメッセージを最寄りの無線 LAN 基地局から配信する。この場合、コンテンツサーバは一般に無線 LAN 基地局の運用者でない者に運用されることを想定しているため、位置依存サービスの加入者は、位置情報の送出に際して注意が必要となる。しかし、3.5 節で述べたように、加入者は HTTP リダイレクトメッセージに含まれる URL ごとに位置情報を送出するか否かを決定することが可能であるため、位置情報の送出に対しては十分な権限が加入者にあるといえる。

5.5 Reverse tunneling との併用

Reverse tunneling²⁶⁾ が移動体端末と Home Agent 間で利用されるならば、エニキャストを用いた位置依存サービスは正しく動作しない。なぜなら、Home Agent は端末の位置にかかわらず固定的に設置されており、カプセル化されたエニキャストアドレス宛のパケットは Home Agent において解除されて配送されるからである。つまり、エニキャストアドレス宛のパケットが Home Agent からネットワーク的に最寄りのエニキャストサーバに配信されるという問題がある。

Reverse tunneling の問題に対しては、2 つの解決策がある。1 つは Reverse tunneling を利用しないことである。Reverse tunneling を利用しない場合、移動体端末の Home Address がソースアドレスとなっているパケットが破棄されないようにデフォルトゲートウェイを設定する必要がある。そしてもう 1 つはエニキャストアドレス宛パケットのカプセル化が、無線 LAN 基地局において解除されるように無線 LAN 基地局のパケット転送機能に改造を加えることである。

前者の解決策には、デフォルトゲートウェイの設定変更のみで Reverse tunneling 問題が解決されるという利点があるが、パケット改竄には別の対策が必要になるという欠点がある。また、後者の解決策には、Reverse tunneling とエニキャストが併用可能になるという利点があるが、既存の無線 LAN 基地局に改造が必要になることに加え、カプセル内部のエニキャストアドレスを確認するためにはすべてのパケットのカプセル化をいったん解除しなければならず、無線 LAN 基地局に高い負荷がかかるという欠点がある。

6. 今後の課題と方向性

エニキャストを用いた位置依存サービスは、原理的には WWW サービスに限らず、電子メールや IP 電話等、多種多様なインターネットアプリケーションで位置依存サービスを実現するものである。よって、今後は WWW サービス以外のアプリケーションを用いた位置依存サービスに対しても、エニキャストを応用することが可能である。たとえば、セルごとの情報を電子メールを用いて配信するサービスや、セルごとに異なる音声を IP 電話で放送するサービスへの応用が可能である。

7. 結 論

本論文では、エニキャストによりアクセス網の地理的性質を応用することにより、端末やネットワーク機器の実装変更を必要としない、実現が容易な位置依存サービスの方式を提案

した。具体的には、GPSのようなハードウェアやデバイスドライバのようなソフトウェアを、端末やネットワーク機器には追加せず、既存の無線 LAN 基地局に WWW サーバを追加するだけでセルごとに異なる WWW コンテンツを配信する位置依存サービスの方式を提案した。

実証実験においては、エニキャストを用いた位置依存サービスの実現性を検討するために、複数の無線 LAN 基地局からなるアクセス網において実証実験を行った。その結果、移動体端末や WWW サーバにおいてソフトウェアやハードウェアの変更は不可欠ではなく、実現性の高さが実証された。また、WWW サーバや端末のアプリケーションとしては、既存ソフトウェアがそのまま利用可能であり、運用の容易さについても実証された。

今後の課題としては、無線 LAN 基地局の性能や設置状況に応じて、本論文の提案方式の実現性をさらに検証することがあげられる。また、本論文の提案方式を用いれば、WWW サービスだけでなく、電子メールや電話を用いた情報サービスも可能になる。そこで、WWW サービス以外のアプリケーションを用いて情報を提供する位置依存サービスを提案することも課題としてあげられる。

参 考 文 献

- 1) USCG: A Technical Report to the Secretary of Transportation on a National Approach to Augmented GPS Services (online). available from <http://www.navcen.uscg.gov/pubs/gps/gpsaug/> (accessed 2008-02-14)
- 2) USCG: GPS SPS Signal Specification, 2nd Edition (online). available from <http://www.navcen.uscg.gov/pubs/gps/sigspec/default.htm> (accessed 2008-02-14)
- 3) USCG: USCG DIFFERENTIAL GPS NAVIGATION SERVICE (online). available from <http://www.navcen.uscg.gov/pubs/dgps/dgpsdoc.pdf> (accessed 2008-02-14)
- 4) ITU-T: ITU-T 勧告 G.992.1(G.dmt) Annex A (1999).
- 5) Partridge, C., Mendez, T. and Milliken, W.: Host Anycasting Service, RFC1546 (1993).
- 6) Komura, T., Fujikawa, K. and Okabe, Y.: The MIAKO.NET Public Wireless Internet Service in Kyoto, *Proc. WMASH 2003* (2003).
- 7) Fielding, R., Getty, J., Mogul, J., Frystyk, H., Masinter, L., Leach, P. and Berners-Lee, T.: Hypertext transfer Protocol – HTTP/1.1, RFC2616 (1999).
- 8) Ballani, H. and Francis, P.: Towards a Global IP Anycast Service, *ACM SIGCOMM Computer Communication Review*, Vol.35, No.4, pp.301–312 (2005).
- 9) Roy, W., Andy, H., Veronica, F. and Jonathan, G.: The active badge location system, *ACM Trans. Information Systems (TOIS)*, Vol.10, Issue 1, pp.92–102 (1992).
- 10) Andy, W., Alan, J. and Andy, H.: A New Location-Technique for the Active Office, *IEEE Personal Communications*, Vol.4, No.5, pp.42–47, IEEE (1997).
- 11) Priyantha, N., Chakraborty, A. and Balakrishnan, H.: The Cricket Location-Support System, *Proc. 6th Int'l. Conf. Mobile Computing and Networking (Mobicom00)*, pp.32–43 (2000).
- 12) Acharya, A., Badrinath, B., Imielinski, T. and Navas, J.: *A WWW-based Location-dependent Information Service for Mobile Clients*, Rutgers University Computer Science (1995).
- 13) Estrin, D., Farinacci, D., Helmy, A., Jacobson, V. and Wei, L.: Protocol Independent Multicast – Dense Mode (PIMDM), Protocol Specification Proposed Experimental RFC (1996).
- 14) Estrin, D., Farinacci, D., Helmy, A., Thaler, D., Deering, S., Handley, M., Jacobson, V., Lin, C., Sharma, P. and Wei, L.: Protocol Independent Multicast – Sparse Mode (PIM-SM), RFC2362 (1998).
- 15) IEEE: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications, IEEE802.11 (1999).
- 16) IEEE: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications: High-Speed Physical Layer Extension in the 2.4 GHz Band, IEEE802.11b (1999).
- 17) Malkin, G.: RIP Version 2, RFC2453 (1998).
- 18) Moy, J.: OSPF Version 2, RFC2328 (1998).
- 19) Rekhter, Y. and Li, T.: A Border Gateway Protocol 4 (BGP-4), RFC1771 (1995).
- 20) Postel, J.: Transmission Control Protocol, RFC793 (1981).
- 21) マイクロソフト株式会社：Windows Live OneCare ファミリー セーフティ (オンライン)。入手先 <https://fss.live.com/> (参照 2008-02-14)
- 22) トレンドマイクロ株式会社：ウイルスバスター 2007 トレンド フレックス セキュリティ (オンライン)。入手先 <http://jp.trendmicro.com/jp/products/personal/vb/index.html> (参照 2008-02-14)
- 23) 株式会社シマンテック：Norton 360 (オンライン)。入手先 <http://www.symantec.com/ja/jp/norton/products/overview.jsp?pcid=os&pvid=n3601> (参照 2008-02-14)
- 24) アライドテレシス株式会社：2.4 GHz スペクトラム拡散方式無線 IP ルータ 11 Mbps RGW2400 Series (オンライン)。入手先 <http://www.allied-teleasis.co.jp/products/list/wireless/root/pdf/rgw2000.pdf> (参照 2008-02-14)
- 25) The Apache Software Foundation: Welcome! – The Apache Software Foundation (online). available from <http://www.apache.org/> (accessed 2008-02-14)

26) Montenegro, G.: Reverse Tunneling, revised, RFC3024 (2001).

(平成 19 年 8 月 2 日受付)

(平成 20 年 2 月 5 日採録)



朝長 康介 (正会員)

2003 年九州大学大学院システム情報科学府修士課程修了。2006 年同学府博士後期課程単位取得退学。同年よりソフトバンク BB 株式会社技術戦略統括技術戦略室デューデリジェンス課に所属。博士 (工学)。エニキャスト、位置依存サービス等の研究に従事。2003 年情報処理学会モバイルコンピューティングとコピキタス通信研究会優秀論文賞。



太田 昌孝 (正会員)

1982 年東京大学理学部情報科学科卒業。1984 年同大学大学院理学系研究科情報科学専門課程修士課程修了。1987 年同研究科博士課程単位取得退学。東京工業大学総合情報処理センター助手。2000 年同大学大学院情報理工学研究科講師。博士 (理学)。コンピュータグラフィックス、マルチメディア、UNIX、HPC、国際化文字コード、ドメイン名システム、超高速インターネット、QoS 保証、マルチキャスト、インターネット放送、光ルータ等の研究に従事。1995 年度山下記念研究賞、1997 年度第 12 回電気通信普及財団賞奨励賞、2001 年度情報処理学会 Best Author 賞、2006 年度電子情報通信学会 PN 研究賞。



荒木啓二郎 (正会員)

福岡市生まれ。1976 年九州大学工学部卒業、1978 年同大学大学院修士課程修了。九州大学助手、同助教授、奈良先端科学技術大学院大学教授を経て、現在、九州大学大学院システム情報科学研究院教授。九州大学附属図書館副館長。工学博士。形式仕様記述、ソフトウェア開発方法論、組み込みソフトウェア、インターネット等の研究に従事。日本ソフトウェア科学会、ACM、Formal Methods Europe 等の会員。日本学会会議連携会員、IEEE Fukuoka Section Chair、ソフトウェア技術者協会常任幹事、プロジェクトマネジメント学会九州支部副支部長、博多祇園山笠西流元赤手拭い、VDM 研究会会長等。