

## PAS: 近距離無線通信ネットワークによる広告サービス配信システム

山内 康史<sup>†</sup> 齊藤 裕樹<sup>‡</sup> 戸辺 義人<sup>‡</sup>

携帯電話等のインターネット接続可能な携帯端末が普及し、屋外にて無線でインターネット上の情報にアクセスすることが容易になってきた。一方で、長距離無線通信とは別に、近距離無線通信機能が携帯端末に搭載されつつあり、携帯端末を所持するユーザが多い場においては、近距離無線のマルチホップ転送で情報を伝達することも可能となってきた。こうした近距離無線のマルチホップ転送を行うことで、大規模なインフラを利用せずに、特定の地域に特有の場所や時間を限定した情報を配信するサービスを展開できるものと考えられる。我々は、このような携帯端末同士でアドホックネットワークを形成し、店舗が宣伝用に配布する広告の一部を形成する少量のデータを、領域内にあるノード間で交換し合うシステムとして PAS (Proliferation of Advertised Services Using Wireless Devices) を提案する。本稿では、PAS の概要と、PAS システムの構成について述べる。

## PAS: Proliferation of Advertised Services Using Wireless Devices

Yasufumi Yamauchi<sup>†</sup> Hiroki Saito<sup>‡</sup> Yoshito Tobe<sup>‡</sup>

Accessing to the Internet using personal devices has become commonplace using Internet-connection-enabled devices such as wireless phones. Besides these long-distance wireless devices, the progress of short-distance wireless communications has introduced a style of using wireless personal devices together with short-range wireless communications. Given that many users carry such devices, information can be delivered among the devices in a multi-hop way. This provides a service in which information specific to a certain area and a certain time is delivered without an infrastructure. We propose a system called Proliferation of Advertised Services Using Wireless Devices (PAS). In PAS, short-range wireless devices constitute a wireless mobile ad hoc network to proliferate short messages, pointers to advertisement sites. In this paper we describe the overview and the system architecture of PAS.

### 1. はじめに

現在、PDA をはじめとするパーソナルデバイスや携帯電話が普及し、それらのデバイスを用いた長距離無線通信によるインターネットの利用が活発になっている。一方、PDA においては、Bluetooth、IEEE802.11x をはじめとする近距離無線通信が容易に使用可能であり、携帯電話にも近距離無線通信が可能なインタフェースが搭載され始めている。従来の長距離無線通信では、インタ

ーネットのような大規模なインフラ型のネットワークを利用することが一般的であるが、近距離無線通信を用いることにより、端末間でマルチホップ転送を行い情報を配信することが可能となる。これにより、大規模なインフラを利用せずに、特定の地域に固有の情報や時間を限定した情報を共有するサービスを展開することが可能である。

そこで本稿では、街頭での広告配信を例題に、広告提供者が近隣に存在する受信者に広告の要約情報と広告にアクセスできるアドレスを配信し、その受信者が任意に動き回った先で他の情報受信者と近距離無線通信によりアドホックネットワークを形成し<sup>2)</sup>、そのパケットデータをマルチホップ転送することで、地域内の人々に情報を配信するシステム PAS (Proliferation of Advertised Services Using Wireless Devices) を提案する。

本稿では、まず第 2 章で現在の広告サービス配信に

---

<sup>†</sup> 東京電機大学工学部情報通信工学科  
<sup>‡</sup> 東京電機大学工学部情報メディア学科  
<sup>†</sup> Department of Information and Communication Engineering, Tokyo Denki University  
<sup>‡</sup> Department of Information System and Multimedia Design, Tokyo Denki University

おいての課題を述べ、第3章でPASの設計目標について説明する。第4章でPASのシステムアーキテクチャについて述べる。第5章では今後の課題について考察し、第6章では関連研究との比較検討を行い、第7章で本稿のまとめを述べる。

## 2. 広告サービス配信の課題

現実世界で物理的に広告を配布する方法に、街頭でのチラシ配りの例をあげることができる。しかしチラシ配りでは、広告を配っている場所に存在する人のみに広告を配布することしかできないため効率的ではない。また、受け取り手としては欲しい広告を選択して受け取ることができない。さらに、広告の内容に対する信憑性や人気といった、第三者の意見を聞くことはできない。

また、電子的に広告を配信する手法としては、携帯端末やパソコンを用いてWWWサイトの情報を閲覧する方法がある。しかし、WWWサイトへのアクセスにはインターネットやiモードなどの大規模なインフラのもとでサービスを構築しなければならないので、導入コストが高い。また、ユーザの能動的なアクセスが必要であるため、時間的、地域的な制限のある広告を配信することには適していない。さらに、チラシ配りと同様に、広告に対して第三者の意見を反映させることが難しい。

## 3. システム設計目標

本章では、第2章で述べた広告サービス配信の課題を解決するための、広告サービス配信システムPASの設計目標を述べる。PASでは、以下の5項目を目標とする。

- ・ 通信インフラ利用の最小化
- ・ 時間的・地域的制限のある広告の配信
- ・ ユーザのためのサービス選択性
- ・ 端末のエネルギー消費の削減
- ・ 広告に対する第三者の意見の添加

また本システムでは、広告の配信者および受信者はインターネットアクセスおよび近距離無線通信が可能なデバイスを所持していることを想定している。

### 3.1 通信インフラ利用の最小化

情報配信者にとって、従来のインターネットを用いた情報配信システムを導入するためには、固定的な通信回線、サーバシステムの導入やアプリケーション開発などが必要であり、コストの点から大規模な商用用途に適

用範囲が限られてきた。そのため、地域特有の情報や、有効期限の短い情報、特定の趣味趣向を持つ人々向けの情報といった範囲の限定された情報を配信することは困難である。固定的なインフラを用いずに、有効範囲の限定された情報を必要とされる受信者に配信する方法が必要である。

### 3.2 時間的・地域的制限のある広告の共有

実世界における空間と時間、および受信者の趣向を反映した情報の配信方法が必要である。具体的には、端末の位置によってその地域で有効な情報が有効期限内にのみ配信されるようにする。また、近傍の端末間で、近距離無線通信によるアドホックネットワークを形成し通信を行うことにより、同様の境遇にあり、同様の趣向を持つ人々の間で情報共有が行われるようにする。

したがって、ネットワーク内で共有される情報を制御するため、情報を有効期限によって情報を自動的に破棄する機能や、設定された有効な空間範囲を超えると情報を破棄する機能が必要である。これにより、広告配信者が情報の流通時間と空間範囲を制御することが可能となる。

本研究では、宛先と発信元を明示的に指定する従来のネットワークとは異なり、コンテンツに応じて経路制御を行う考え方<sup>6)</sup>を元に、情報伝達モデルを検討する。

### 3.3 サービス選択性

前節で述べたような、実世界の空間や時間に基づいた情報を配信するだけでは、受信者の求めている情報が提示できるとは限らない。配信された情報の中から、受信者の趣向に合った情報を選択的に提示する機能が必要であると考えられる。受信者の趣向をあらかじめブラウザに登録しておき、配信された情報をフィルタを用いて選択的に提示するようにする。また情報と趣向の適合度によって重要度のランクづけを行う。受信者は、フィルタリングされた情報を見て要求するサービスを選択することができる。

### 3.4 端末のエネルギー消費の削減

携帯端末を用いて無線通信を行う際には多くの電力が必要となる。携帯端末はバッテリーの容量が限られるため、効率的な通信アルゴリズムが必要とされる。人々が密集するような状況では連続的に通信を行い、人の密度が低い場所では、適切な通信相手を探し必要な情報のみを交換する、というような効率的なアルゴリズムが必要である。このように、送信ノード近傍の受信ノード数によって送信方法を変え、通信に必要なエネルギーを抑える必要がある。

### 3.5 広告に対する第三者の意見の添加

いくつかの Peer-to-Peer (P2P)システムでは、利用者の評判を取り込む提案がされている<sup>7)</sup>。本システムでは、配信される情報に第三者の意見を添加できるようにすることにより、情報の信憑性を増すようにする。情報が伝播するに従い、多くの意見を参照することが可能になる。

## 4. システムアーキテクチャ

### 4.1 システム要素

PAS は、実世界における空間と時間、および受信者の趣向を反映した情報の配信を行うことを目的とする。物理空間上の限定された範囲で情報を配信するために、配信範囲内に配信サーバを設置する。配信サーバは無線通信を用い、近傍の移動ノードに情報を送信する。また、移動ノード間では、近距離無線通信によるアドホックネットワークを形成し、情報共有を繰り返すことで、情報の伝播が可能になる。本節では、PAS システムを用いる前提条件と、用語を定義する。

#### 4.1.1 対象とする利用者

##### 1) ユーザ

広告を受信することを望む者である。ユーザは近距離無線通信とインターネットへの接続が可能なデバイスを所持している。

##### 2) 配信者

配信者は、店舗などユーザに対し広告を配信することを望む者である。広告は広告の本文と要約情報から構成する。

#### 4.1.2 データ構造

ここで、本システム PAS に用いる情報配信のためのデータ構造について検討する。

##### 1) FOA (Face of Advertisement)

PAS では、情報本体ではなく、情報の要約情報と情報本体のアドレスを配信する。この要約情報とアドレス情報を含んだデータ構造を FOA と呼ぶ。FOA は図 1 のように、XML を使用して記述する。

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<foa>
<ID>08A09F</ID>
<provider> PIZZA-UNL </provider>
<issue-time> 18:00 Sep 11, 2003
</issue-time>
<expire-time> 10:00 Sep 12, 2003
</expire-time>
```

```
<address>http://www.docodemo.com/sales
</address>
<nearest-station>神保町
</nearest-station>
<distance> 5 分 </distance>
<face>広告の要約文</face>
<count> 4 0 </count>
<title theme="pizza">
<item>トマト味</item>
<item>バナナ味</item>
</title>
</foa>
```

図 1 FOA

FOA の各要素は、システムによって自動的に生成される内容と、広告配信者が手動で入力する内容に分けられる。まず、システムが生成する内容を以下に示す。

##### - ID

広告ごとに付加される一意的な ID である。

##### - expire-time, issue-time

広告の作成時刻および削除時刻である。FOA は削除時刻になると自動的に削除される。

##### - title

フィルタリングに用いる要素である。これは広告から自動生成される。

##### - count

その FOA を受け取ったユーザが広告を受信するとカウントされる。

また、広告配信者が入力する内容を以下に示す。

##### - provider

広告配信者の名称である。

##### - address

広告の詳細を参照できる URL である。

##### - nearest-station, distance

広告配信者の最寄り駅と、駅から広告配信者までの距離である。

##### - face

広告を要約した文章が記述される。広告の受信者はこの内容を見て、広告を受信するか選択する。

##### 2) FOA サーバ

FOA サーバはユーザに FOA を配信するサーバである。FOA サーバは移動ノードと機会の多い場所、例えば、人の行き交いの多い場所に設置され、付近を移動するノードに対し近距離無線通信によって FOA を送信する。

また、FOAサーバは広告提供者からFOAの登録を受け付ける。

#### 4.2 システムの動作

ここではPASの動作を説明する。はじめに情報の配信手順を説明し、その手順を元に動作のフローをより詳しく説明する。最後にシステムアーキテクチャを説明する。

#### 情報の配信手順

情報の配信手順を以下に示す。また、図2にシステムの全体図を示す。

広告配信者は配信サーバに対して、インターネットを通じて広告の要約情報 (FOA) を登録する。FOAサーバは、無線ネットワークを通じて、付近のユーザA、Bの携帯端末にFOAを送信する。ユーザAは任意に動き回り、通信可能範囲にある他ユーザC、Dとアドホックネットワークを形成し、FOAをブロードキャストする。

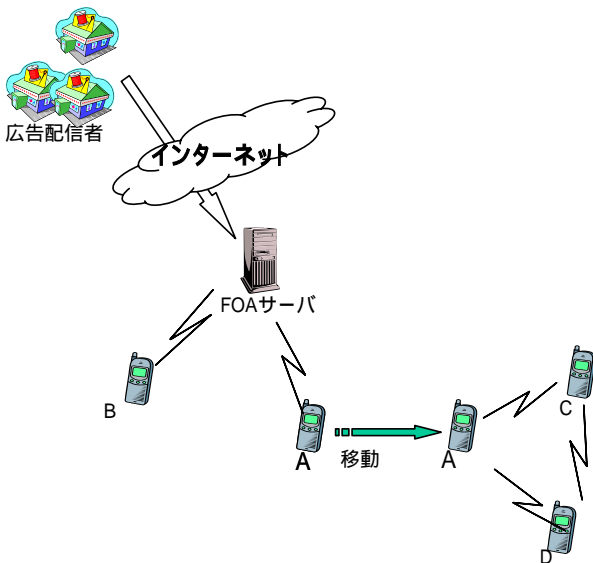


図2 システム全体図

#### 動作のフロー

図3と図4にFOA Server, UserA, 他のユーザ間で行われるシステム動作のフローチャートを示す。図3はOBMモードの場合であり、図4はCBMモードの場合である。

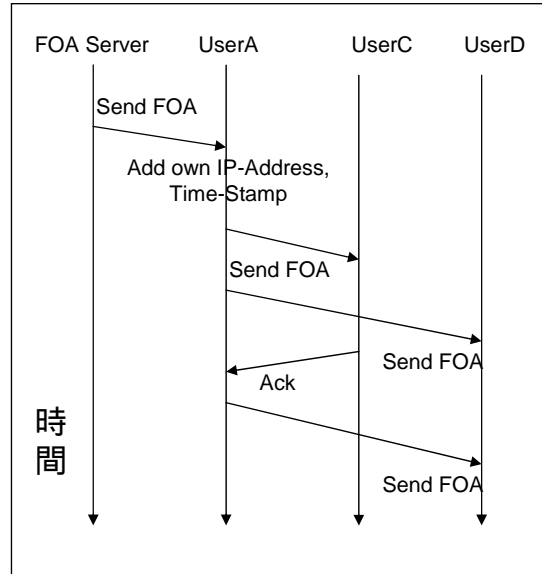


図3 システムのフロー (OBMモード)

#### システム全体の動き

図5にシステムアーキテクチャを示し、各システムについての説明を下記に示す。

- ・User Application  
ユーザに対し FOA や広告を表示させたり、フィルタリングのためのキーワードを入力させるブラウザである。
- ・Application Interface, Manager Interface  
User Application から受けた命令を PAS System Application へ反映させる。
- ・Rate Control  
他の端末への FOA の送受信命令を受け、Network 層に命令を反映させる。また、送受信の際のレートの制御

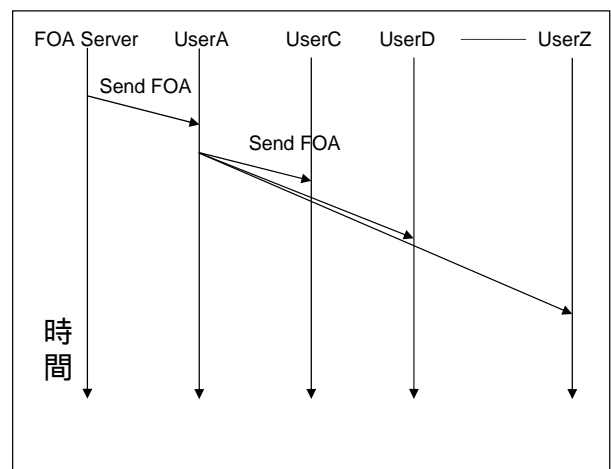


図4 システムのフロー (CBMモード)

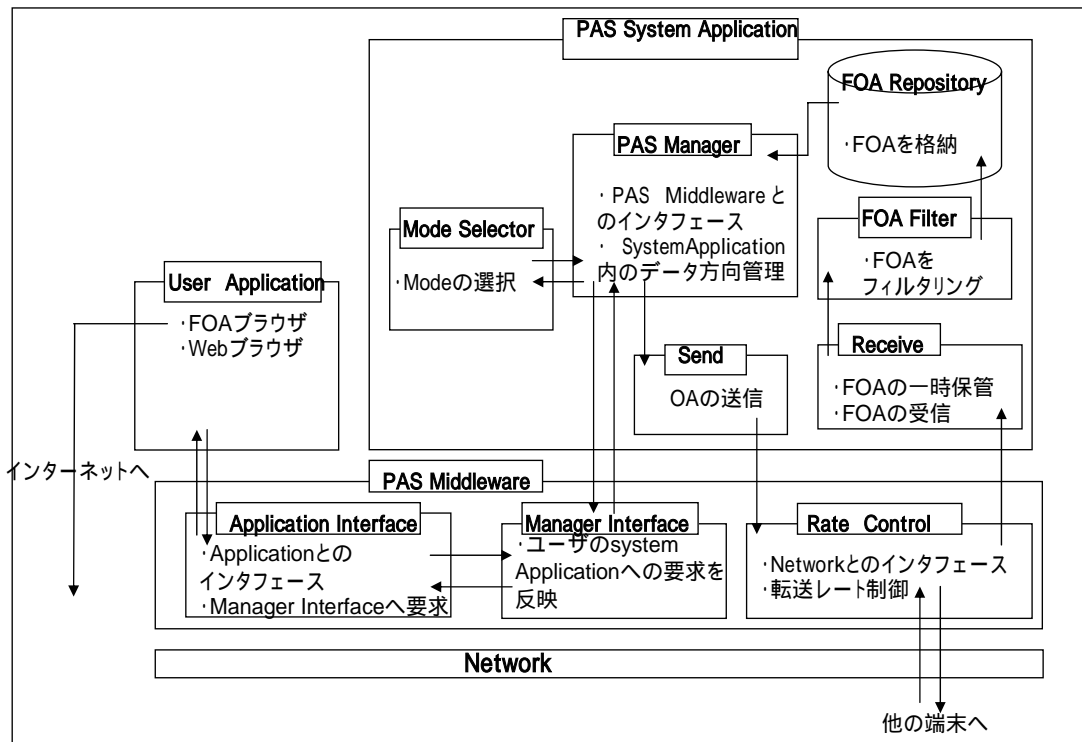


図 5 システム全体図

を行う。

- ・PAS Manager

ユーザからの命令を PAS System Application 内の各アプリケーションに反映させる。また、各アプリケーションの要求を他のアプリケーションに反映する。

- ・Send, Receive

Rate Control へ FOA の送受信の要求を行う。

- ・FOA Filter

Receive から FOA を受け取り、フィルタリングし FOA Repository に送信する。

- ・FOA Repository

FOA を格納する。

- ・Mode Selector

モードを変更するアプリケーションである。

### 4.3 送信モード

PAS システムでは、データパケットは人の動きによって運ばれる。PAS システムには無線通信のモードが二つ存在する。PAS システムは人の密度が高いエリアとそうでないエリアのどちらにおかれているかを判断し、動的にモードを切り替える。本節では、モードの重要性、およびモードの詳細述べる。

#### 4.3.1 モード切替の必要性

街中では人が密集しているエリアとそうでないエリアがあるため、通信方式を選択的に切り替える必要がある。図6に人の密度の異なるエリアの例を示す。ノード A のいるエリア付近は、三つのノードのいるエリアの中でも密度が最も高い。このような地域では、他のノードが密集しているため近距離無線通信が可能になる機会が多い。そのため一つのノードとのパケット交換時間が長くなることは、ネットワークの輻輳を招く。よって、通信成功確率を高めるよりも、パケット交換時間を短くすることがより重要となる。

また A のいるエリアとは異なり、B のいるエリアは人が少ない。このようなエリアでは他のノードと接近する可能性が低い。よって、パケット交換時間を短くするよりも、一度のパケット交換が成功する確率を高めることが重要となる。

#### 4.3.2 モード切替

PAS システムでは、人の密度の大小によって通信の方式を動的に切り替えることで、前節の問題を解決する。PAS システムには2つの通信のモードがある。

- CBM(Continuous Broadcasting with Movement)

モード

このモードは人の多いエリアで用いられるモードである。

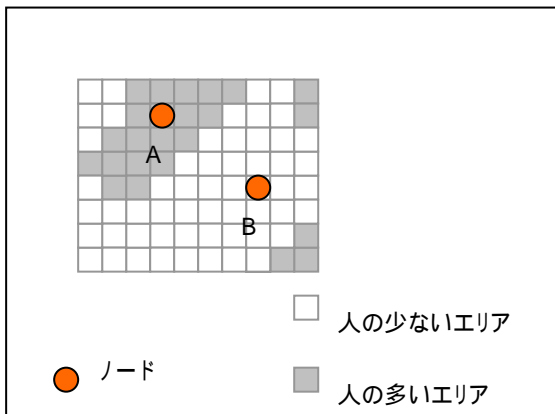


図6 人の密度の例

このモードでは、他のノードと通信する際に相手ノードを確認するプロセスを省く。ノードは周りに送信すべき他のノードの存否にかかわらず、所持している FOA の送受信を行う。これにより、時間単位にパケット交換を行うノード数が多くなり、パケットを早くエリア内にブロードキャストさせることが可能になる。

- OBM(On-demand Broadcasting with Movement) モード

このモードは人の少ないエリアで用いられるモードである。このモードでは、他のノードを検索し、通信可能距離に他のノードが近づいたときにのみ FOA を送信する。このことにより、ネットワーク上に無駄なトラフィックが起こることを防ぐことができ、パケットの交換が成功する確率も高まる。また、無線端末のバッテリー消費を減らすことにもつながる。

#### 4.4 配信アルゴリズム

本節では受信者、送信者ごとの配信アルゴリズムを擬似コードを用いて示し、システムの動作手順を説明する。

##### CBM モードによる送信アルゴリズム

```
send_mode_cbm()
{
    while ( get_mode_flag() == CBM ) {
        send_packet ( foa );
        sleep ( 30 );
    }
}
```

get\_mode\_flag()で現在のモードを確認する。  
send\_packet()で所持している FOA を一度だけブロードキャストする。

##### OBM モードによる送信アルゴリズム

```
send_mode_obm ()
{
    sent = null;
    while ( TRUE ) {
        if ( get_number_of_neighbor_nodes () <= 1 ) {
            sleep ( 30 );
            continue;
        }

        /* detection of new neighbor nodes */
        receivers = get_neighbor_nodes ();
        while ( sent == receivers ) {
            sleep ( 30 );
            receivers = get_neighbor_nodes();
            if ( get_mode_flag() != OBM )
                return;
        }

        /* send FOA to neighbor nodes */
        foreach node in receivers {
            retry = 0;
            while ( retry < MAXRETRY ) {
                send_packet( node, foa );
                if ( receive_packet( node ) == ACK )
                    break;
                retry++;
            }
            sleep ( 30 );
            if ( get_mode_flag() != OBM )
                return;
        }
        sent = receiver;
    }
}
```

get\_number\_of\_neighbor\_nodes ()により近傍のノードが検索されると、send\_packet()により FOA を送信する。FOA を送ったノード全員から ACK が返ってくるか、MAXRETRY の回数分送信を繰り返すと送信を終了する。

## CBM/OBM モード切替アルゴリズム

```
change_sender_mode()
{
    while ( TRUE ) {
        if ( get_number_of_neighbor_nodes () > N )
            set_mode_flag( CBM );
        else
            set_mode_flag( OBM );
        sleep ( 30 );
    }
}
```

get\_number\_of\_neighbor\_nodes()は, beacon により近傍のユーザ数を計測する. ユーザ数によってFlagにモード判別値を代入する.

## 受信アルゴリズム

```
receive ()
{
    while ( foa != 0 ) {
        receive_packet ( node, foa );
    }
    if ( get_sender_address(node) != 0 )
        send_packet( node, ACK );
    store_repository ( repository, foa_filter( foa ));
}
```

receive\_packet()でFOAを受信が成功すると送信者に対しACKを返. 受信したFOAはFilteringFOA()でフィルタリングされ, フィルタを通過したfoaはFOARespository()で格納される.

### 4.5 フィルタリング

フィルタリングはFOAに含まれる各要素と, ユーザの検索条件を比較することで行われる. FOAに含まれる各要素は次の三つに分別できる.

広告本文から算出される, 構造化されたキーワード以外の, FOAに含まれる要素  
, の中でも値段, 最寄駅, 最寄駅からの距離といった, 検索範囲を指定できる要素

ユーザは探している広告のキーワードと, の項目に関するものをを入力する. フィルタリングは二段階に分けられ, まず入力された広告のキーワードと のなかでも に当てはまらない内容とを比較し, ユーザが入力したキーワードのうち, 一つでもユーザの入力した内容と要素が

同一のものがあるかどうか検証する. 同一のものがあつた場合のみ, ユーザの入力した内容と の内容とを比較し, 当てはまるもののみを格納する.

## 5. 今後の課題

今後, 本システムの研究を進めるに当たり, 検討すべき課題が残されている. 本章では, 解決すべき課題を5つ挙げる.

### 1) 通信可能性の検証

本システムを実装し, 小規模ネットワークのなかで人間の指向性のデータを抽出する. それを元に大規模なバーチャルネットワークを構築して通信可能性を検証し, システムの改善を図る.

### 2) SPAM データへの対応

現在のフィルタでは, 現代のネットワークにおいて外視することのできないSPAMへの対策が十分とは言えない. フィルタの性能を高め, SPAMデータの減少やユーザの嗜好にあった広告を配信できる枠組みが必要である.

### 3) エリア間の移動時における所持FOAの取り扱い

現在ではユーザが所持するFOAが削除される条件としては, ユーザがFOAを受け取ったエリアから別のエリアに移動した場合を考慮していない. ユーザがエリアを移動した場合に, 所有しているFOAを削除できる枠組みが今後必要である.

### 4) インタフェース

本システムでは現在, 近距離無線通信とインターネットに接続できるインタフェースが必要である. しかしPASサービスの汎用性を考慮するためには, 各ノードが必要とするインタフェースが一つである場合も考えなければならないと思われる. 我々は本稿においてインタフェースが二つの場合である, MHAR(Multi-Hop Advertisement Retrieval)を紹介した. 今後はインタフェースが一つであるDAAR(Direct Access Advertisement Retrieval)を考察する. DAARでは広告そのものをインターネットを用いず, 無線ネットワークにより本サービスを利用するユーザを経由することで求めるユーザへ送信する.

### 5) 同一ノード同士の不必要な通信の繰り返しの防止

本システムでは, あるノードA, Bが通信をおこなって広告を交換したあと, 互いの所持する広告が更新していないにもかかわらず再度広告を交換し合うといった状況に対応していない. そのような通信が行われることは, ネットワーク

トワーク上の無駄なトラフィックの増加と考えられるので、検討すべき課題である。

## 6. 関連研究

本システムと同じように、アドホックネットワークを利用した情報伝達の手法として、蓄積型フラディングプロトコルが提案されている<sup>7)</sup>。この手法は、通信を行う二つの移動体間の経路が確立されるまで経路の途中のノードがパケットを蓄積し、フラディングを繰り返すことで送り先のノードまでパケットを送信する手法である。この手法では IP アドレスのような一意的な ID を必要とする。また、送信先へ送るデータパケットを経路途中のノードも保持することになる。これを本システムの目指すようなエリア内に情報をフォワーディングするといったサービスに適應することはできない。ID を必要とすることは、通信時間がより必要とされるので、任意に動き回るノードがデータを交換できる通信可能性は低くなる。またデータパケットそのものを途中のノードが保持すると、無駄なパケットがネットワークに多く残る上、輻輳が起こる。

本システムでは、ノードがアドレスを考慮することなくパケットを送受信できるので、通信可能性が高まる。また、データパケットそのものをフォワーディングするのではなく、データパケットへのアドレスが記述されたパケットをフォワーディングするので、各ノードが無駄なパケットを保持することを避けられる。

移動者にコンテンツ配信を放送システムを利用して行う方式が提案されている<sup>8)</sup>。この方法は、我々が提案する PAS と異なり、放送インフラが必要となることと、特定の場所、時間に応じて広告を絞り込むことが困難である。

特定の場所、時間に応じて情報を配信するシステムも提案されている<sup>5)</sup>。このシステムは携帯電話網を利用することが前提となっており、8)同様、大規模なインフラを必要とする。

移動する人がデータを持ち運ぶ例として、RFID を使用したものがある<sup>1)</sup>。RFID に取得した天候状態等のデータを、データ収集ポイントで集めるものである。PAS では、特定のデータ収集ポイントを設けず、任意の場所において能動的にデータを受け渡す。

コンテンツ配信という観点では、名前によるフォワーディングとして、INS<sup>3)</sup> が先駆けの研究として知られている。INS ではデータを直接フォワードするが、我々はデータは受信者に渡し、受信者側でフィルタリングすることとしている。

## 7. おわりに

本稿では、広告そのものにアクセスするための、広告を得るアドレスと広告の要約情報をアドホックネットワークによって任意のエリアに配信することで、特定の地域に特有の場所や時間を限定した情報を配信するシステム PAS を提案した。今後は本システムを実装し、小規模のネットワークにおいて、通信方式としての有効性の検証を行う。また、検証された結果を元にシミュレーションを行い、システムの評価実験を行う予定である。

## 参考文献

- 1) Adjie-Winoto, W., Schwartz, E., and Balakrishnan, H.: The design and implementation of an intentional naming system, 17th ACM SOSP, (Dec. 1999).
- 2) Beaufour, A., Leopold, M., and Bonnet, P.: Smart-tag based data dissemination, ACM WSNA'02, (Sep. 2002).
- 3) Broch, J., Maltz, A. D., Johnson, B. D., Hu, D. Y., and Jetcheva, J.: A performance comparison of multi-hop wireless ad hoc network routing protocols, ACM MOBICOM'98, pp. 85 - 97, (Oct. 1998).
- 4) Carzaniga, A., and Wolf, L. A.: Fast forwarding for content-based net-working, University of Colorado, Technical Report CU-CS-922-01, Nov. 2001.
- 5) Marti, S., and Garcia-Molina, H.: Identity crisis: anonymity vs. reputation in P2P systems, Proc. of Int. Conf. on Peer-to-Peer Computing, pp. 134 - 141, (Sep.2003).
- 6) Ono, T., Ragab, K., Kaji, N., and Mori, K.: Service oriented communication technology for achieving assurance, Proc. of Int. Workshop on Assurance in Distributed Systems and Networks, pp. 69 - 74, (Jul. 2002).
- 7) 萩野浩明, 原隆浩, 塚本昌彦, 西尾章次郎: アドホックネットワークのための蓄積型フラディングプロトコル, 情報処理学会論文誌, pp. 2445 - 2453, (2003.9).
- 8) 佐藤潤一, 多田浩之, 谷口幸治, 山口孝雄: 放送・通信連携型移動体向けコンテンツ配信方式, 情報処理学会, MBL-25, pp. 47 - 54, (2003.7).