

## PAS: 近距離無線通信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>

現在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、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。近距離無線通信機能が搭載された携帯端末が多い場において、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するシステムとして、我々は PAS (Proliferation of Advertised Services Using Wireless Devices) の提案を行ってきた<sup>1)</sup>。本稿では、PAS の概要、PAS システムの構成について述べ、前稿においてシステム設計目標として上げた点について、実世界の道路情報を用いた空間においてシミュレーションを行い、評価を行った。結果として、ノードが高密度であるエリアにおいて本システムは端末の通信範囲によらず情報を伝達することが可能であることがわかった。

## PAS: Proliferation of Advertised Services Using Short-range Wireless Communication

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

Besides long-range distance wireless communication, 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. In that many users carry such devices, to provide a service in which information specific to a certain area and a certain time is delivered, we proposed a system, called Proliferation of Advertised Services Using Devices (PAS). In this paper we describe the overview and the system architecture of PAS, simulate an architecture that we proposed in extended version of the paper using road information of real world, and evaluate the system based on the simulation result. From our evaluations, it is confirmed that PAS can deliver a information in an area that nodes are distributed in a high density without we consider communication range.

### 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である。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。我々はそのような携帯端末を所持するユーザが多いエリアにおいて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>3)</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) を提案してきた。本稿では前稿において設計目標として上げていた点について評価を行うため、PAS のシミュレーションを行った。本稿では、まず第2章で現在の広告サービス配信についての課題を述べ、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 PAS のシミュレーションにより評価を行う。第6章では今後の課題について考察し、第7章で本稿のまとめを述べる。

<sup>†</sup>東京電機大学大学院工学研究科情報メディア学専攻

<sup>‡</sup>東京電機大学工学部情報メディア学科

<sup>†</sup>Major in Information System and Multimedia Design, Graduate School of Engineering, Tokyo Denki University

<sup>‡</sup>Department of Information System and Multimedia Design, Tokyo Denki University

## 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、広告の受け取り手の人数と広告されたサービスを要求する人数との差が大きく、チラシ配りサービスの利用コストが高い。また広告を配布している場所に存在する人のみに配布することしかできないため効率的ではない。

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、サービス構築のためには大規模なインフラが必要になるため導入コストが高い。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。

## 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：  
容易な情報配信サービスの導入に必要なコストの削減のため、大規模なインフラの利用を避ける。
- ・ 時間的・地域的制限のある広告の配信：  
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>7)</sup>を元に、情報伝達モデルを検討する。
- ・ ユーザのためのサービス選択性：  
受信者の求めている情報のみを提示するため配信された情報の中から、受信者の趣向に合った情報を検出する。
- ・ 端末のエネルギー消費の削減：  
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。
- ・ 重複通信による不必要な通信の防止：  
同ノードとの不必要な通信によりネットワークに起こる輻輳を抑える。

また PAS 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。

## 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、及び効率的な情報の配信を可能にするため配信範囲内の駅といった人の動線が多い箇所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。移動ノード間においては、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、情報の伝播を行う。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

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述べる。

##### 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。

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。

```

<?xml version= "1.0" encoding="utf-8"?>
<foa>
<ID>19AB1G0</ID>
<provider> UNL-COFFEE </provider>
<issue-time> 10:00 MAY 30, 2003 </issue-time>
<expire-time> 13:00 MAY 30, 2003
</expire-time>
<address>http://www.unl-coffee.
com/sales/</address>
<nearest-station>神田</nearest-station>
<distance> 10 分 </distance>
<face>広告の要約文</face>
<count> 30 </count>
<title theme="coffee">
<item>カフェオレ</item>
<item>モカ</item>
</title>
</foa>

```

図1 FOA

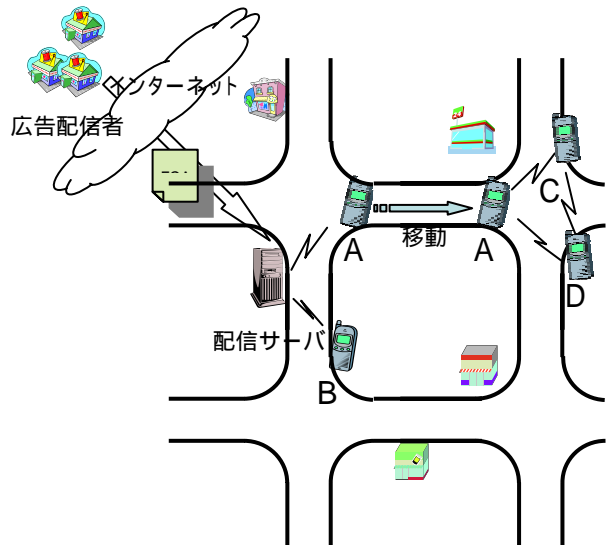


図2 システム全体図

- 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する。

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する。最後にシステムアーキテクチャを説明する。

図 2 にシステムの全体図を示し、情報の配信手順を以下に示す。

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。

## 4.3 送信モード

本システムにおいてはネットワークの輻輳を抑え、通信成功確率を高めるためにモード切り替えを行う。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。

人が密集しているエリアにおいては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である。

また人が密集していないエリアにおいて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、一つのノードとの通信成功確率を高めることがより重要である。このことは無線端末の消費電力を減らすことにもつながる。

そこで 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 システムでは下記の 2 つの通信のモードを設計する。

- CBM(Continuous Broadcasting with Movement) モード

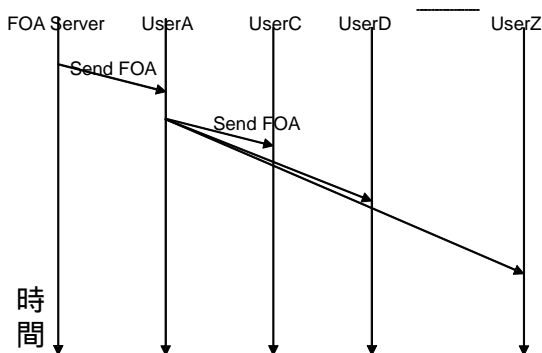


図3 システムのフロー (CBM モード)

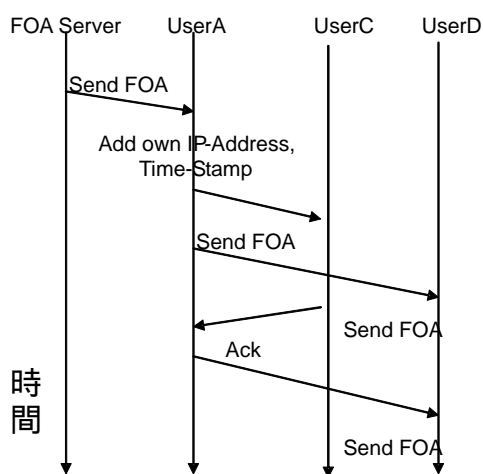


図4 システムのフロー (OBM モード)

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。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。

- 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。

### 動作フロー

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CBMモードの場合であり、図4はOBMモードの場合で

ある。

### 4.5 重複通信の防止

FOA を交換した後、同じノード間で連続的に再度 FOA を交換する通信を行うとネットワークの輻輳が起きる。PAS ではそのような不必要な通信が行われることを防ぐため以下の方式を用いる。ノードは自ノードの物理アドレスを含む beacon を発信する。beacon を受信した他ノードは通信を行ったノードの物理アドレスのリストを保持しており、リスト上の物理アドレスと受信した beacon に含まれる物理アドレスと比較を行う。OBM モードである場合比較したアドレスと一致するノードとの通信した時刻を参照し、前回の通信から一定時間経過していない場合通信を行わない。

### 5. シミュレーションによる評価

本章では PAS の有効性を確認するため、シミュレーションによる評価実験を行った。シミュレーションでは下記の2項目を評価することを目的とする。

- ・通信成功確率の向上とネットワークの輻輳の抑制  
モード切替えに用いる通信可能距離半径内に存在するノード数の閾値、および重複通信の防止を行うための通信後同じノードと再通信を行わない時間のそれぞれを計測した。
- ・通信インフラ利用の最小化による通信効率の評価  
通信範囲を変化させ、FOA が任意の目的地に伝達されるまでの時間の差を計測した。

#### 5.1 パラメータと計測値

シミュレーションに用いたパラメータを表1に示す。シミュレーションでは実世界における道路情報に対応した空間を用意し、道路上に 1000~8000 のノードをランダムに配置した。各ノードが移動し通信を行う様子を、各パラメータを用いてシミュレーションした。

#### 5.2 通信成功確率と総通信量の評価

秋葉原駅から発信された FOA において、PT と MT を変化させたときの、500 秒後の Tb の値を計測した結果を図6に示す。ノード数=4000, R=10 とした。MT=2 においては、PT が大きくなるに従い Tb 少し減少する。MT=3, 4, 5 においては PT が大きくなるに従い Tb が大きく減少し、MT=3, 4, 5 の順に大きい。

また、上記の場合と同条件における総通信量を計測した結果を図7に示す。総通信量が小さいのは M=4 の場合である。MT=3, 4, 5 においては PT が大きいほど総通信量が小さくなり、MT=2 においては PT による送信量の違いが小さく、PT=3 の場合を除き総送信量は最も大

表 1 パラメータと計測値

領域	1[m]ずつ増加する, 秋葉原駅, 御茶ノ水駅, 末広町駅を含む 900[m] × 900[m]の正方領域
ノード配置	道路をランダムに選択し配置
移動シナリオ	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 移動領域内から目的地をランダムに選択</li> <li>● 目的地へ向けて上下左右斜めの8方向のいずれかの道路上を移動</li> <li>● 目的地へ到着後停止</li> </ul>
ノード数	1000 ~ 8000
パラメータ	<ul style="list-style-type: none"> <li>● R[m]: 通信可能範囲</li> <li>● MT: モード切替えの閾値となる半径 R 内ノード数</li> <li>● Tb: FOA 所持ノード数 / エリア内ノード数</li> <li>● PT[s]: OBM モード時, 通信後同じノードと再通信を行うまでの時間</li> <li>● <math>Tred(A,B)[s]</math>: A から発信された FOA が B に到着するまでの時間</li> </ul>

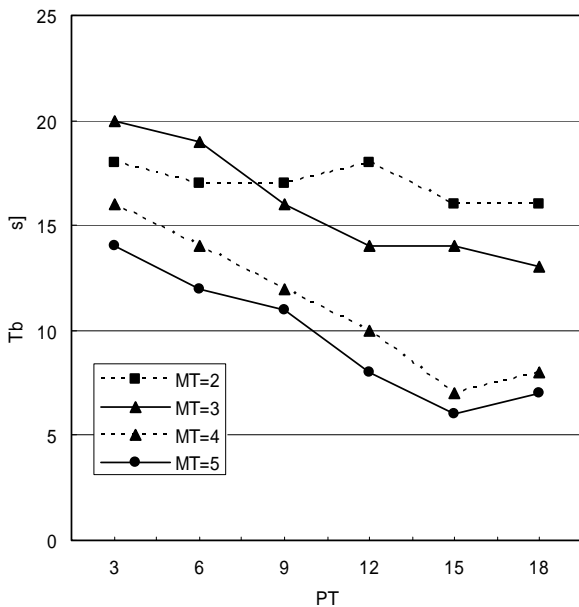


図 6 PT の値による Tb の値

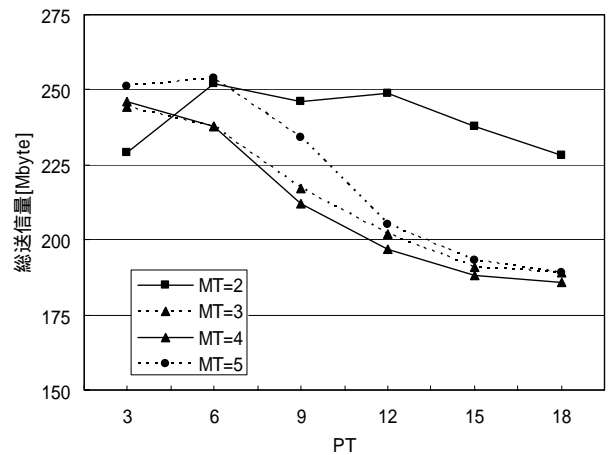


図 7 PT の値による総送信量

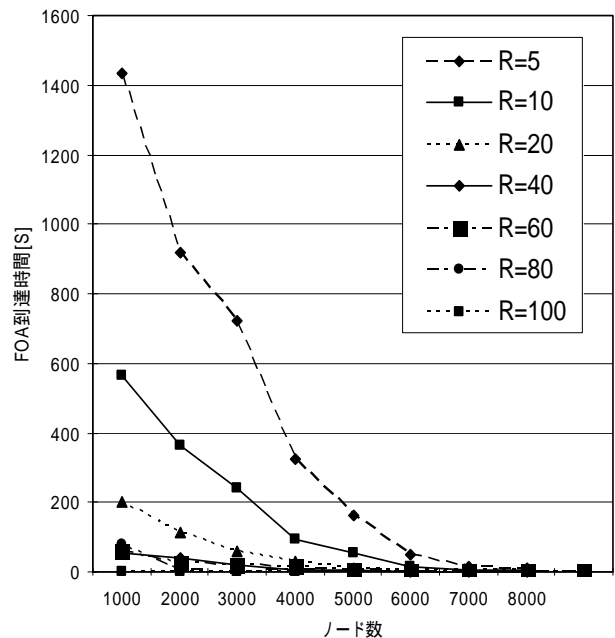


図 8 通信可能範囲ごとのノード数と  $Tred()$  の関係

きい。

以上の結果から, MT, PT を変化させることで, 通信効率を上げることができ, および総送信量を抑えることが可能であることがわかった. 本シミュレーションの環境では, 通信効率を優先する場合 MT=3, 総送信量を優先する場合 MT=4 に設定するとよいことがわかった.

### 5.3 ノード数と送信電力による通信効率の評価

エリア内全ノード数, 通信可能範囲 R を変化させたときの  $Tred$ (秋葉原駅, 御茶ノ水駅) を計測した結果を図 8 に示す. ノード数が少ない環境において FOA を速く到達させるためにはより大きな送信電力が必要であるが, ノー

ド数が多い環境においては小さな送信電力でも FOA を速く到達させることができる。例えば、ノード数が 5000 を越える場合  $T_{rec}$  の値は送信電力により大きな差がないことがわかる。このことからノード数が 5000 を越える密度のエリアにおいては送信電力を小さくおさえることが可能であるといえる。

よって本シミュレーションの環境においては、端末のエネルギー消費を抑えることが可能である。また、PAS は現在広く使用されている近距離無線通信で利用可能であるといえる。

## 6. 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 3 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。それを元により正確なシミュレーションを行うことで評価を行う必要がある。

### 2) SPAM データへの対応

現在のフィルタでは、近年ネットワークにおいて大きく注目されている SPAM データへの対策が十分とは言えない。フィルタの性能を高め、通信可能性を下げることなく 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。ユーザがエリア間を移動した際データを消去できる枠組みを設計し、通信可能性への影響を計測する必要がある。

## 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 の設計とシミュレーションによる評価を行った。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より正確な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) 山内康史, 斉藤祐樹, 戸辺義人: PAS: 近距離無線ネットワークによる広告サービス配信システム, 情報処理学会ユビキタスコンピューティングシステム (UBI), (2004.1).
- 2) Adjie-Winoto, W., Schwartz, E., and Balakrishnan, H.: The design and implementation of an intentional naming system, 17th ACM SOSP, (Dec. 1999).
- 3) Beaufour, A., Leopold, M., and Bonnet, P.: Smart-tag based data dissemination, ACM WSNA'02, (Sep. 2002).
- 4) 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).
- 5) Carzaniga, A., and Wolf, L. A.: Fast forwarding for content-based net-working, University of Colorado, Technical Report CU-CS-922-01, Nov. 2001.
- 6) 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).
- 7) 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).
- 8) 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ッディングプロトコル, 情報処理学会論文誌, pp. 2445 - 2453, (2003.9).
- 9) 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).