

移動端末間マルチホップ通信を用いた広告配信モデルの提案

山崎 亜希子, 山口 弘純, 楠本 真二, 東野 輝夫

大阪大学 大学院情報科学研究科

概要: 本稿では, 市街地の短距離無線基地局から発信された広告を移動端末間のマルチホップアドホック通信により移動端末に散布する広告配信モデルを提案し, それに基づく広告伝達率解析を行う. これにより, 例えば広告主が移動端末への転送報酬に対する広告効果を予想することや, 適切な広告発信基地局を選択することが可能となる. 移動端末ユーザに対しても転送報酬を与えることで広告転送を促進する. 現実世界の行動を表現可能なネットワークシミュレータ MobiREAL を用いたシミュレーション実験により, 広告主が適切なパラメータを設定することでその広告効果を増大させることができることを確認した.

A Study on Advertisement Diffusion on Mobile Ad-hoc Networks

Akiko Yamasaki, Hirozumi Yamaguchi, Shinji Kusumoto, Teruo Higashino

Graduate School of Information Science and Technology, Osaka University

Abstract: In this paper, we propose an advertisement model by information diffusion on mobile ad hoc networks and analyze its performance in terms of several parameters such as position of the information source and incentive model. In the proposed model, users who relay the received advertisements to their neighboring users are rewarded, in order to promote forwarding the advertisements. Then advertisers can expect the effect of reward and therefore determine appropriate parameter values. In the simulation, we have confirmed that setting appropriate parameters brings advertisers better results.

1 はじめに

モバイルアドホックネットワークの本格的普及に不可欠な要素として, ハードウェアの普及及びプロトコル実装の標準化, ハードウェアやプロトコル実装の相互運用性(インターオペラビリティ), ソフトウェア開発及び実行環境, ユーザに高い利便性あるいは利益をもたらすアプリケーション, 高度なセキュリティなどが考えられる. 本稿では, 何らかの理由により端末間アドホック通信の普及がなされていると仮定したもとの, ユーザに利益や利便性をもたらすアプリケーションの可能性を検討する. 具体的には, 移動端末間のアドホック通信を用いたマルチホップ通信による広告配信モデルを提案し, それに基づく広告伝達率解析を行う. これにより, 例えば広告主が移動端末への転送報酬に対する広告効果を予想することや, 適切な広告発信基地局を選択することが可能となる. 移動端末ユーザに対しても転送報酬を与えることで広告転送を促進する.

提案手法では, 市街地などにおいて比較的多数の歩

行者が近距離無線通信デバイスを備えた情報端末を保持する状況を想定する. このもとで, 各端末はその移動中に, 固定基地局や他の端末から受け取った店舗情報などの広告を, 無線範囲内の周辺端末に間欠的に伝達する. これにより広告はマルチホップで徐々に移動端末へと配信される. アドホック通信を用いたマルチホップ型の広告配信モデルでは, 基地局などのインフラを仮定することなく広告情報を伝達することができる利点がある. しかし一方で, マルチホップ型の広告配信が成り立つには移動端末(を保持する歩行者)が自発的に受信した広告の転送動作を行うといった前提が不可欠である. 提案する広告配信モデルでは, 歩行者による転送動作を促進するため, 広告を受信した歩行者がその広告の効果を示す行動(例えば広告対象の店舗を訪れるなど)を行った場合, その歩行者に直接または間接的に広告を転送した歩行者がその役割の重要度に応じた報酬を受け取る報酬モデルを採用する.

これまでも無線端末を用いた情報配信プロトコルや広告配信システムの設計や実装がなされてきている. [1]ではBluetoothビーコンによる位置情報通知を利用

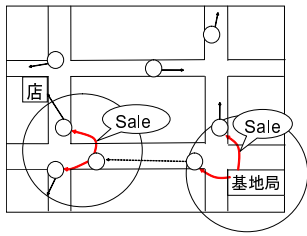


図 1: 広告配信モデルの概念図

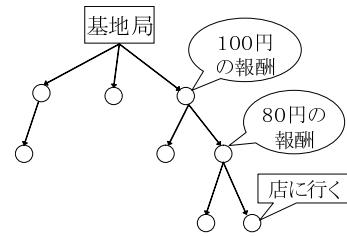


図 2: 報酬モデルの概念図

した携帯端末への広告配信システムを実装しその評価を行っている．[2]ではユーザ間でマルチホップ転送によって情報を伝達するシステムを提案している．[3]では情報への興味度を利用した情報伝播方法を提案している．また，車車間マルチホップ通信を用いた情報散布もいくつか提案されてきている[4, 5, 6, 7]．しかし，これらの手法では，シングルホップの通信か，マルチホップの場合はユーザによる情報転送が前提となっている．一方で，マルチホップ転送の報酬モデルを考慮した手法として例えば携帯電話通信における[8]などがある．また，行動解析として，複数の店が存在する地域においてユーザがある店を選択する確率をユーザのいる地点と，店の売り場面積を用いて算出するモデル[9]などが存在する．これらの概念は提案手法にも応用可能であるが，扱う問題は大きく異なる．

現実世界のモビリティを容易に再現可能なネットワークシミュレータ MobiREAL[10]と，JR 大阪駅前の歩行流を UPF モビリティに基づくシナリオ生成技法[11]において再現した行動シナリオの元でシミュレーション実験を行った結果，広告の対象となる店の位置により広告効果に変化があることがわかった．

2 提案する広告配信モデル

アーキテクチャを含む基本モデル 提案手法は市街地を主な対象領域とする．また，市街地の歩行者が，ある割合で例えば Zigbee や Bluetooth のような短距離無線デバイスを装備しそれを介して広告を受信可能な情報端末を保持し，そのサービスを利用していると仮定する．これらの端末保持者をユーザと呼ぶ．対象領域には広告を発信できる短距離無線固定基地局（以下，単に基地局とよぶ）がいくつか設置されていると仮定する．対象領域は歩行者の移動領域を道路とし，その道路がグラフで表されるとする．

基地局は一定の間隔で広告を配信し，基地局の無線範囲にあるユーザがそれらを受信する．受信した広告は自身の端末内に保持するか，あるいは破棄する．任意の2ユーザはそれらが互いの無線範囲にある場合に，自身が保持する広告を相手ユーザに転送することがで

きる．ユーザは，広告を転送するかどうかを後述する報酬モデルに基づく報酬予測に従って決定するものとする．また，広告には，広告の対象となる地点（例えばレストラン，ショップなどの店舗の住所）が指定されており，ユーザは広告を受け取った時点で，広告対象の当該地点を訪れるか否かを決定する．訪れるか否かは広告対象の魅力度，受信地点から店までの直線距離をもとに決定するものとする．

広告の具体的な内容としては，タイムサービスセールなどのイベント情報，割引券など，ユーザが広告対象の店舗や地点でサービスを受けることのできるものを想定する．図 1 に広告配信モデルの概念図を示す．

広告転送に対するユーザへの報酬モデル ここで，あるユーザ j が，以前にユーザ i により転送された広告を受信した場合，ユーザ i をユーザ j の上流ユーザ，ユーザ j をユーザ i の下流ユーザとよぶ．広告を転送したことに對するインセンティブとして，ある広告を受信したユーザ j が広告対象の地点を訪れ，サービスを受けた場合， j の各上流ユーザ i に対し，最初の発信元である基地局からの転送回数に比例して減少する報酬が支払われるような報酬モデルを採用する（図 2）．

この報酬モデルにより，転送回数がある程度以上の広告は転送されなくなると想定され，長期間，多数のユーザにわたって無駄に転送され続けることを防ぐことができると考えられる．

以下では，ユーザ i が広告を転送し，その下流ユーザ j がその広告の対象の店でサービスを受けた時に，ユーザ i が得られる報酬を定義する．

具体的には，ユーザ i が基地局からの転送回数が n （基地局から直接広告を受け取った場合，その広告のその時点での転送回数を 1 とする）である広告情報の転送を行い，その広告を受信した i の下流ユーザ j が当該地点を訪れた場合にユーザ i に与えられる報酬 $price_{i,j}(n)$ を以下のように定義する．

$$price_{i,j}(n) = \alpha(1 - \beta(n - 1)) \quad (\alpha \geq 0, 0 \leq \beta \leq 1) \quad (1)$$

ここで α, β は定数であり， α は広告主の設定による報酬単価， β は転送回数による減衰率を表す．

3 広告配信モデルの解析

本章では、提案した広告配信モデルにおいて、広告主が自身で決定できるパラメータに対し、どの程度の広告伝達効果があるかを比較的単純な計算で算出できるようにすることを目的に、与えられた領域、そのもとで仮定するユーザの行動において、基地局の位置、報酬モデルの設定値に対する広告伝達率、及びユーザの来訪数の解析モデルを提供する。これにより、広告主は配信に適切な基地局と報酬モデルパラメータを決定することができると思われる。

3.1 ユーザ行動のモデル化

ユーザの行動のモデル化を行う。ユーザの行動は、(i) 広告を転送するか否か、(ii) 広告により対象地点を訪れるか否か、(iii) ユーザがどのように移動するか、によりモデリングされる。

対象地点への移動 広告情報を受信したユーザが対象地点を訪れるか否かは、文献 [9] における Huff モデルのように、その対象地点の魅力度や、その店への経路距離に依存すると仮定する。魅力度は、複数の地点に関する広告を保持する場合に、それらの地点の魅力度と比較した対象地点の相対的な値と考えられるため、地点を対象とする本稿では考慮しない。したがって、ある地点 x において地点 p に関する広告を受信したユーザが地点 p を訪れる確率 $P_{go}(x, p)$ を、 x から p までの経路距離 $dis(x, p)$ を用いて以下のように定義する。

$$P_{go}(x, p) = \exp(-\gamma * dis(x, p)) \quad (2)$$

ここで、 γ は正の定数である。

広告転送 前述のように、ユーザに広告情報を自発的に転送させるために、転送に対する報酬モデルを式 (1) で与えるとする。ここで、各ユーザが逐一受信した広告ごとに転送するか否かを判断することは現実的でないため、各ユーザはこの報酬モデルの情報が与えられた上で、自身のおおよその利益を計算して転送するか否かを決定するエージェントプログラムにより自動で決定するものとする。ユーザの利益は、得られる報酬と転送コストの差分として計算でき、通常は利益が出る場合は転送すると考えることが自然である。ここで、転送コストは各ユーザで一定であるとし、得られる報酬のユーザによる決定方法について述べる。

まず、ユーザが得られる報酬の総額は対象地点を訪れた下流ユーザの総数で決定される。各下流ユーザが対象地点を訪れるか否かは、式 (2) で与えられる。また、ユーザはすべての広告を無条件で受信することは考えられないため、受信できる広告の嗜好をあらかじめ

め自身で設定できることにする。ここでは、広告を受信した際にそれを閲覧するユーザの割合を閲覧率とよび、 σ で表す。さらに、ユーザ i が転送した広告を（閲覧するか否か、転送するか否かに関わらず）受信する人数は、ユーザ i の無線範囲 r に存在するユーザ数で決定される。したがって、地点 x にいるユーザが対象地点 p に関する転送回数 n の広告を転送した場合の予想報酬額 $estimate(x)$ は以下のように定義できる。

$$\begin{aligned} \text{予想報酬額 } estimate(x) &= (\text{報酬単価}) * (\text{対象地点を訪れる下流ユーザ数}) \\ &= (\text{報酬単価}) * (\text{無線範囲面積}) * (\text{周辺ユーザ密度}) \\ &\quad * (\text{対象地点を訪れる確率}) * (\text{閲覧率}) \\ &= price(n) * \pi r^2 * density(x) * P_{go}(x, p) * \sigma \\ &= \sigma \pi r^2 * price(n) * density(x) * \exp\{-\gamma * dis(x, p)\} \end{aligned} \quad (3)$$

ここで、 $density(x)$ は地点 x でのユーザ密度、 r は無線半径を表す。一般に周辺ユーザ数は、道路形状に依存するため、上記の式は正確ではないが、ユーザが周辺ノード数を想定することは一般には困難であるため、上記のような比較的単純な見積もりでユーザ動作をモデル化する。

以下、ユーザが一回の転送にかかるコストを定数 $cost$ で表す。地点 x にいるユーザが広告情報を転送する確率 $distribute(x)$ を以下で定義する。

$$distribute(x) = \begin{cases} 1 & \text{if } estimate(x) - cost > 0 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

ユーザの通常移動 各ユーザは、フィールドを表すグラフにおけるある経路に沿って移動すると仮定し、その最高速度を V_{max} で表す。

我々の研究グループでは、文献 [11] において、フィールドを表すグラフと、グラフ上の歩行者の予想経路集合 F 、及びグラフ上の（すべてではなく）いくつかの辺における観測密度が与えられたときに、観測密度に最も適合するよう各経路の歩行者密度が決定されるモビリティモデル Urban Pedestrian Flow (UPF) を提案しており、ネットワークシミュレータ MobiREAL において、観測密度入力支援および歩行者密度決定支援機能、ノードの移動シナリオの自動生成機能を提供している。UPF モデルは、市街地における歩行者流をなるべく正確に再現することを目的としたモビリティモデルである。本稿ではこの UPF および MobiREAL シミュレータを用いたシミュレーションにより提案する配信モデルの妥当性を評価している。

3.2 情報の伝播の解析

本節では広告主が妥当なパラメータ設定を行えるようにするために、情報伝達率のパラメータ関係式を導出する。なお、本節ではUPF[11]によりグラフ上の閉路を含まない経路 F および各 $f \in F$ について f に沿って移動する歩行者流（以下フロー f とよぶ）のフロー速度（単位時間に経路 f 上の一点を通過する歩行者数）が与えられているとする。また、簡単のため、フィールドを正方形のグリッドに分割し、フローがあるグリッド x に含まれる場合、そのグリッド内でのフローの長さはすべて等しいとする。この仮定のもとでは、経路はグリッド列で表すことができる。このもとで、広告配布開始時刻を 0 とした場合に、時刻 t にグリッド x において広告を保持する人数 $keeper(x, t)$ を導出する。

時刻 t_i にグリッド x_i に存在するユーザが時刻 t_j ($t_i \leq t_j$) にグリッド x_j にいる条件は、(i) グリッド x_i とグリッド x_j の両方を通るフロー $f \in F$ が存在し、かつ、(ii) グリッド x_i とグリッド x_j との f 上の距離が $V_{max} * (t_j - t_i)$ 以下 (V_{max} はユーザの最高速度) である場合である。グリッド x_i にいたユーザがグリッド x_j を通るフロー上にいる確率は

$$\frac{\sum_{f'}(x_i \text{ と } x_j \text{ を共に含むフロー } f' \text{ の生成率})}{\sum_f(x_i \text{ を含むフロー } f \text{ の生成率})}$$

で表され、かつそのもとで x_i と x_j を共に通るフロー f' 上のユーザでかつ時刻 t_i にグリッド x_i に存在したユーザが時刻 t_j にグリッド x_j に移動している確率は、 $R = V_{max} * (t_j - t_i)$ とすると、

$$\frac{1}{(f' \text{ の } x_i \text{ から半径 } R \text{ の円内に含まれるグリッド数})}$$

となる。以上のことから、時刻 t_i にグリッド x_i にいたユーザが時刻 t_j にグリッド x_j に移動している確率 $P_{move}(x_i, x_j, t_i, t_j)$ はこれらの確率の積として以下で与えられる。ただし、グリッド x_i を中心とした半径 R の円を $cir(x_i, R)$ で表す。

$$P_{move}(x_i, x_j, t_i, t_j) = \frac{\sum_{\{f|f \in F \wedge x_i \in f \wedge x_j \in f\}} g_f}{\sum_{\{f|f \in F \wedge x_i \in f\}} g_f} * \frac{1}{f'(x_i, x_j, R)}$$

ただし、

$$f'(x_i, x_j, R) = \begin{cases} cir(x_i, R) \text{ 内の } f' \text{ のグリッド数} \\ (x_j \text{ が } cir(x_i, R) \text{ に含まれるとき}) \\ \infty \\ (\text{そうでないとき}) \end{cases}$$

以下、簡単化のために広告情報の転送は単位時間毎に行われるとする。時刻 t においてグリッド x 内で広告

を保持するユーザ数 $keeper(x, t)$ を考える。時刻 t においてグリッド x に広告を保持するユーザの総数は、(i) もし時刻 $t-1$ において広告を保持しているユーザが時刻 t にグリッド x の無線半径 R の円内の x 以外のグリッドに存在して転送を行った場合、グリッド x のユーザ数であり、(ii) そのようなユーザが存在しなければ時刻 $t-1$ において広告を保持しているユーザのうち時刻 t にグリッド x に移動したユーザの数である。したがって、 $keeper(x, t)$ は次のように定義できる。

$$keeper(x, t) = \begin{cases} \text{グリッド } x \text{ のユーザ数} \\ (\text{時刻 } t-1 \text{ において広告を保持するユーザが時刻 } t \text{ において } cir(x, R) \text{ 内のグリッドにあり、かつ転送を行う場合}) \\ \text{時刻 } t-1 \text{ で広告を保持するユーザのうち時刻 } t \text{ で } x \text{ に存在するユーザ数} \\ (\text{時刻 } t \text{ において } cir(x, R) \text{ 内のグリッドのノードが転送を行わない場合}) \end{cases}$$

$$= \begin{cases} d(x, t) \\ (\sum_{x_i \in cir(x, R)} (keeper(x_i, t-1) * P_{move}(x_i, x, t, t-1) * distribute(x_i)) > 0 \text{ のとき}) \\ \sum_{x_j} (keeper(x_j, t-1) * P_{move}(x_j, x, t, t-1)) \\ (\text{そうでないとき}) \end{cases}$$

ただし、 $d(x, t)$ は時刻 t におけるグリッド x のユーザ数を表す。

基本的には各時刻 s ($0 \leq s \leq t$) ごと、各グリッド x について $keeper(x, s)$ を決定していくことで、対象地点に向かうユーザ数を把握できる。効率の良い $keeper(x, s)$ の決定方法を現在検討中である。

4 例題適用と実験結果

提案するモデルにおいて、様々な設定（パラメータ値や基地局の場所）により広告効果が異なることを確認するため、現実世界のモビリティを容易に再現可能なネットワークシミュレータ MobiREAL[10] と JR 大阪駅前の歩行流を UPF モビリティに基づくシナリオ生成技法 [11] において再現した行動シナリオの元でシミュレーション実験を行った。

シミュレーション領域は JR 大阪駅前の 500×500 (m) の範囲を模した領域である（図 3）。太い線がノードの移動する道路を表し、多角形で示した領域は建物など

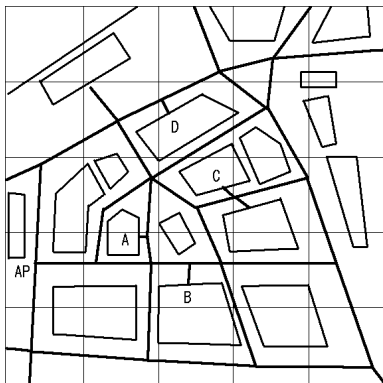


図 3: シミュレーション領域

の障害物を表している．広告情報を最初に発信する基地局を図 3 の AP の位置に設定し，広告の対象となる店は A, B, C, D のいずれかに設定する．

本シミュレーションでは，シミュレーション時間を 600 秒，端末保持ノード数はおおよそ 200，無線半径は 100 m， α (報酬単価) = 10， β (報酬の減衰率) = 0.1， $\gamma = 0.00693147 \left(\frac{\log 2}{100} \right)$ 100m 離れていた場合 0.5 の確率で店に向かう)， σ (広告閲覧率) = 1，送信にかかるコストを 5，基地局の配信間隔を 100 秒，ユーザの転送間隔を 60 秒， $V_{max} = 1.6$ m/s とした．

店と基地局の距離による情報伝播への影響 基地局から離れた場所にいるユーザにも広告情報が伝わっているかを調査するため，基地局とノードとの距離による情報伝播，ユーザの行動選択の影響を計測した．シミュレーション領域を 100(m)×100(m) の大きさのグリッドに分割し，各グリッドにおける広告情報の受信ユーザ数，ユーザが広告の転送を行った割合，店に行ったユーザ数，店に行ったユーザの割合を計測し，グリッドと基地局との距離ごとに平均値を算出した．基地局の位置を固定し，店の位置を基地局からの距離がそれぞれ 1, 2, 3, 4 である A, B, C, D と変化させ，複数のシナリオでシミュレーションを行い計測した結果を図 4 に示す．

図 4(a) を見ると，いずれのシミュレーションシナリオにおいても基地局から離れた場所にいるユーザにも広告が受信されており，ユーザの転送によって広告が伝播していることがわかる．また，シナリオ (店の位置) により多くのノードが受信する場所は異なっている．これはユーザによる広告情報の転送の行動が店の位置の影響を受けているためである．情報の転送率はいずれのシナリオでも基地局に近いほど高くなっている (図 4(b))．これは基地局に近いほど，少ない転送回数で情報を手にいれるため，報酬単価が高く，ユーザの見込み額が大きくなるためであると考えられる．店を訪れる行動を選択したユーザ数 (図 4(d)) は，広告を

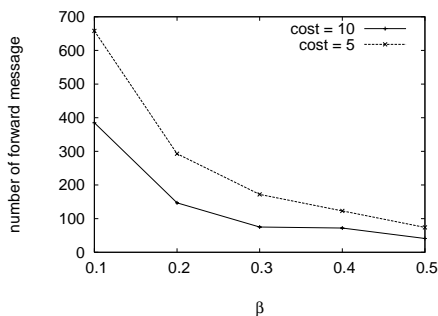


図 5: β の値による転送数の変化

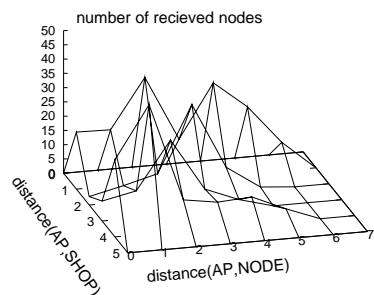
受信したノード数 (図 4(a)) とは比例していない．これは店を訪れる行動選択が店との距離に影響されるためであると考えられる．

β の値による転送回数の変化 広告対象の店を A としたシナリオのもとで， β の値の違いによる転送メッセージ数の変化を図 5 に示す． β の値が高くなるほどメッセージ数は大きく減少する．この原因は β の値により転送回数に制限が発生することに主に起因する．例えば， $\beta = 0.1$ では最大 10 回のマルチホップ転送が行われる可能性があるが， $\beta = 0.5$ の場合では高々 2 回しか行われない． β の値により転送回数に制限が加えられるため，情報が伝播する範囲にも影響があると考えられる．

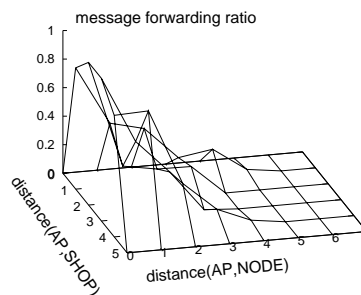
考察 広告対象地点 (店) の位置は情報の伝播に影響を与える．そのため，店により広告効果が最大になる (情報が広く伝わる) 基地局の位置が異なることがわかった．また，解析モデルを用いることで，任意の店の位置において広告の効果が比較的高くなる基地局の場所を決定できる可能性もある．これが可能であれば基地局設置の指標になることも考えられるが，これについては今後の課題とする．また， β の値による転送メッセージ数の変化から報酬の設定により情報が伝播範囲に影響を与えることもわかった．

5 まとめ

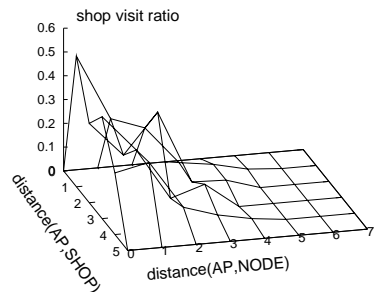
本稿では，無線移動端末間のマルチホップ通信による広告配信モデルの提案を行い，提案したモデルによる情報伝播の解析手法について述べた．シミュレーション実験により，広告対象となる地点と情報発信地点により情報の伝播が大きく異なることがわかった．今後は，提案した情報伝播の解析をもとに広告効果が最大になる基地局の場所を推定する方法について検討する予定である．



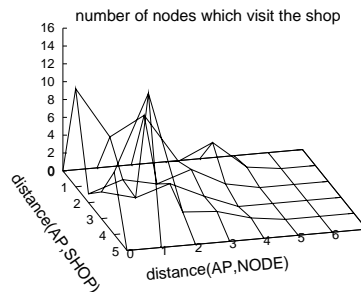
(a) 広告を受信したユーザ数



(b) 広告を転送したユーザの割合



(c) 店を訪れたユーザの割合



(d) 店を訪れたユーザ数

図 4: 基地局からの距離ごとの情報伝播とユーザの行動選択

参考文献

- [1] L. Aalto, N. Gothlin, J. Korhonen, and T. Ojala. Bluetooth and WAP push based location-aware mobile advertising system. *Mobisys 2004*, 2004.
- [2] 山内康史, 斉藤裕樹, 戸辺義人. PAS: 近距離無線通信による広告サービス配信システム. 情報処理学会研究報告, 2005-DPS-123, pp. 63–68, 2005.
- [3] A. Datta, S. Quarteroni, and K. Aberer. Autonomous gossiping: A self-organizing epidemic algorithm for selective information dissemination in wireless mobile ad-hoc networks. In *ICSNW 2004 (LNCS 3226)*, pp. 126–143, 2004.
- [4] L. Briesemeister, L. Schafers, and G. Hommel. Disseminating messages among highly mobile hosts based on inter-vehicle communication. In *Proc. of IEEE Intelligent Vehicle Symposium*, pp. 522–527, 2000.
- [5] G. Korkmaz, E. Ekici, F. Ozguner, and U. Ozguner. Urban multi-hop broadcast protocol for inter-vehicle communication systems. In *Proc. of the 1st ACM Workshop on Vehicular Ad Hoc Networks (VANET 2004)*, pp. 76–85, 2004.
- [6] L. Briesemeister and G. Hommel. Role-based multicast in highly mobile but sparsely connected ad hoc networks. In *Proc. of ACM Mobihoc*, pp. 45–50, 2000. (poster paper).
- [7] H. Wu, R. Fujimoto, R. Guensler, and M. Hunter. MDDV: a mobility-centric data dissemination algorithm for vehicular networks. In *Proc. of the 1st ACM Workshop on Vehicular Ad Hoc Networks (VANET 2004)*, pp. 47–56, 2004.
- [8] P. Maille. Allowing multi-hops in cellular networks: an economic analysis. In *Proc. of the 8th ACM/IEEE Int. Symp. on Modeling, Analysis and Simulation of Wireless and Mobile Systems (MSWiM2005)*, 2005.
- [9] D.L. Huff. A probabilistic analysis of shopping center trade area. *Land Economics*, 1963.
- [10] K. Konishi, K. Maeda, K. Sato, A. Yamasaki, H. Yamaguchi, K. Yasumoto, and T. Higashino. MobiREAL simulator – evaluating MANET applications in real environments –. In *Proc. of 13th IEEE Int. Symp. on Modeling, Analysis, and Simulation of Computer and Telecommunication Systems (MAS-COTS)*, 2005.
- [11] K. Maeda, K. Sato, K. Konishi, A. Yamasaki, A. Uchiyama, H. Yamaguchi, K. Yasumoto, and T. Higashino. Getting urban pedestrian flow from simple observation: Realistic mobility generation in wireless network simulation. In *Proc. of the 8th ACM/IEEE Int. Symp. on Modeling, Analysis and Simulation of Wireless and Mobile Systems (MSWiM2005)*, 2005.