

# ユーザ間協調と異種無線メディア連携を特徴とする Wi-Fi Access Point 発見方式

大島 浩太<sup>1</sup> 中井 悠人<sup>2</sup> 堤 智昭<sup>2</sup> 寺田 松昭<sup>2</sup>

**概要:** スマートフォンに代表されるモバイル端末の普及に伴い、屋外で無線 LAN を用いたインターネット接続を利用する機会が増加している。無線 LAN は携帯電話網に比べ高速にインターネットに接続が可能であるが、電波が物理的に届く無線 LAN アクセスポイント (AP) のみ検知可能で、それ以外の AP の把握が難しいという課題がある。本論文では、スマートフォンユーザ同士の連携と異種無線メディアの連携モデルにより、無線 LAN AP の発見を支援する方式を提案し、提案方式を備えたプロトタイプシステムを開発する。提案システムは、AP のインターネット接続性能など従来方式では提供が難しい有益な情報のユーザ間協調による共有、無線 LAN AP に接続していない端末に対する近距離無線通信を利用した AP 情報の提供、ユーザにとって意味のある情報のみを提供するためのユーザ選択型フィルタリングと位置情報解析型フィルタリング、地図インタフェースを用いた情報の提示を特徴としている。プロトタイプシステムを用いた評価の結果、フィルタリングによる情報の表示速度の高速化、ユーザにとって有益な AP 情報の提供率 72.1%、発見率 78.6%を達成し、提案方式の有効性と利便性を示した。

## Wi-Fi Access Point Detecting Method by using Users and Multi Radio Media Cooperation

KOHTA OHSHIMA<sup>1</sup> YUTO NAKAI<sup>2</sup> TOMOAKI TSUTSUMI<sup>2</sup> MATSUAKI TERADA<sup>2</sup>

### 1. はじめに

スマートフォンに代表されるモバイル端末の普及に伴い、屋外で無線 LAN を用いたインターネット接続を利用する機会が増加している。また同時に、公衆無線 LAN を利用できる店舗および教育機関・企業などが提供する無線 LAN アクセスポイント (AP) も日々増加している。さらに、コンテンツのリッチ化や動画ストーリーミングサービス利用者の増加、SNS コミュニケーションアプリの登場など、将来的にモバイル端末を用いたデータトラフィック量の爆発的な増加が予想されている。そのため、携帯電話事業者は、3G や LTE に代表される携帯電話網でやり取りされるデータ通信量の低減や、無線 LAN などの通信網へのデータトラフィックの誘導といった、データオフロードに対するニーズ

を有している。その結果として、公衆無線 LAN AP の設置地点が年々増加している。

このように、無線 LAN をスマートフォンで使うことに対するニーズは増加しているものの、効率的に無線 LAN AP を利用するためには課題がある。まず、公衆無線 LAN AP には、キャリアや企業が提供している多くの地点で利用できるものから、個人で経営している店舗などで提供される小規模なものに大別できる。前者は、設置地点が Web 上で公開されているものが多いが、各提供事業者がこれらの設置地点を独立して管理していることから、自分自身がどの無線 LAN AP を利用できるのか、どこに設置されているのかを網羅的に把握しづらいという現状がある。さらに、無線 LAN で広く利用されている IEEE802.11 規格は、遮蔽物などにより通信可能距離が大きく変化するため、地図上の無線 LAN AP 設置個所と実際に利用できる場所に乖離もある。後者は Web などで設置場所などの情報が公開されていない場合が多く、実際にその場を訪れた際に利用の可否が判明することになる。

<sup>1</sup> 埼玉工業大学工学部情報システム学科  
SIT, Fukaya, Saitama 369-0203, Japan

<sup>2</sup> 東京農工大学大学院  
TUAT, Koganei, Tokyo 184-8588, Japan

したがって、現在の無線 LAN の実際の利用は、無線 LAN AP が送信するビーコンを実際に受信できる位置にいる場合に発見と利用ができることになり、言い換えると無線 LAN の電波が物理的に到達する距離の影響を受けていることになる。さらに、無線 LAN AP の乱立によるチャンネル干渉や利用者過多による通信容量の圧迫、データ盗聴が目的の悪意ある無線 LAN AP といった様々な特徴を持った無線 LAN AP が存在するが、これらは利用者が判断しづらいといった問題もある。そのため、無線 LAN を利用する機器の通信距離の制約にとらわれず、かつ高品質な無線 LAN AP 情報をユーザが取得可能な、無線 LAN AP の新しい発見・共有方式が必要である。

そこで本論文では、スマートフォンユーザ同士の連携と異種無線メディアの連携モデルにより、無線 LAN AP の発見を支援する方式を提案する。提案方式の特徴は以下の通りである。(1) ユーザが実際に利用した無線 LAN AP の情報を他のユーザとインターネットを介して共有することで、通信距離外にいるユーザに対して無線 LAN AP の情報を提供する。その際、周囲に設置された無線 LAN AP が利用しているチャンネルを調査し、チャンネル干渉の程度も併せて提供することで、その地点にある無線 LAN AP の品質情報を提供する。この情報の共有は、携帯端末間で構成する AP 情報交換ネットワークを用いて行う。(2) スマートフォンが複数の通信メディア (3G, Wi-Fi, Bluetooth) を利用できる点に着目し、3G や Wi-Fi でスマートフォンがインターネットに接続していない場合でも共有された情報を取得できるようにするために、異種無線メディア連携を行う。これは、自身の周囲の無線 LAN AP に対するアクセス権を持たないユーザに無線 LAN AP 情報を提供することが目的である。Bluetooth を用いた端末間の直接通信により、AP 情報交換ネットワーク上で共有している情報を、周囲の無線 LAN へのアクセス権を持たない端末に提供する点が特徴である。これらにより、無線 LAN の通信距離外や周囲の無線 LAN AP に対するアクセス権を持たない端末に対して、広範囲に無線 LAN AP の情報を提供することが可能となる。

## 2. 提案システム

### 2.1 提案システムモデル

携帯端末は、3G や LTE などの携帯電話網、Wi-Fi、Bluetooth などの近距離無線通信通信といった通信距離や通信速度の異なる様々な無線通信機能を利用でき、また GPS などの測位システムも利用できる高機能な端末である。このような端末の国内の契約数は 2012 年度で約 4,300 万件 ((株)MM 総研調べ, 2013 年 3 月) に上っており、スマートフォンの機能を想定したサービスモデルの構築が現実味を帯びている。提案システムモデルは、スマートフォンなどの広く普及している携帯端末の性能を活かし、ユーザ間の

協調により無線 LAN AP 情報の共有と提供を行うことを特徴としている。

提案システムモデルの概要を図 1 に示す。まず、携帯端末を所有するユーザが、自身がアクセス権を持つ公衆無線 LAN AP に接続した際に、接続中の AP の性能情報と、周囲に設置された電波を受信可能な他の AP 群の情報を調査する。調査した情報は GPS などで測位した位置情報と関連付けておく。次に、同様に公衆無線 LAN AP に接続しているユーザとインターネットを介して調査情報の交換を行うことで、電波を物理的に検知できない場所の公衆無線 LAN AP の設置状況を把握する。近隣の公衆無線 LAN AP へのアクセス権を持たないユーザには、Bluetooth などを用いた近距離無線通信による直接により、自動的に周囲の公衆無線 LAN AP 情報を提供する。これにより、公衆無線 LAN AP からの電波は検知できるがアクセス権を持たないユーザに対しても、電波受信範囲外の AP 情報を提供することが可能となる。3G や LTE などの携帯電話網に接続中のユーザは、インターネットを介して調査情報の共有と取得を行う。提案モデルにおいて、公衆無線 LAN と携帯電話網に接続中のユーザを分けているのは、後者はインターネット側から端末への直接接続難しい点と通信コストの観点から、情報共有を常時行うには適さないと考えたためである。

提案モデルは、(1) 携帯端末が移動中に検知した無線 LAN AP と測位した位置情報を紐づけ、(2) その情報を公衆無線 LAN に接続している携帯端末間で構築した P2P トポロジを持つ情報共有ネットワークで共有、(3) 情報共有ネットワークに接続中の携帯端末から、未接続の近隣ノードに Bluetooth などの近距離無線通信通信によるすれ違い通信で共有情報を提供、(4) 携帯端末の移動速度を考慮した提供する無線 LAN AP 情報の範囲制限による提供情報量の削減、(5) チャンネル干渉などの負荷的情報の提供を特徴としている。また、近距離無線通信通信のみを備えた端末にも情報を提供することも可能である。

提案モデルを利用することで、無線 LAN AP の電波検知範囲外の情報をユーザ間協調と短距離無線通信により取得可能にしている点が、従来とは大きく異なる点である (図 2)。

### 2.2 課題

提案システムの実現のためには、次の課題がある。

#### (1) 無線 LAN AP 情報の共有方法

ユーザが調査した AP 情報をどのように共有するか課題となる。公衆無線 LAN 接続の需要は外出中が多いと考えられるため、現在地近辺の無線 LAN AP 情報の価値が高い。また、単一のサーバへの情報集約は運用コストが高い。そのため、ユーザにとって価値の高い情報の効率的な共有

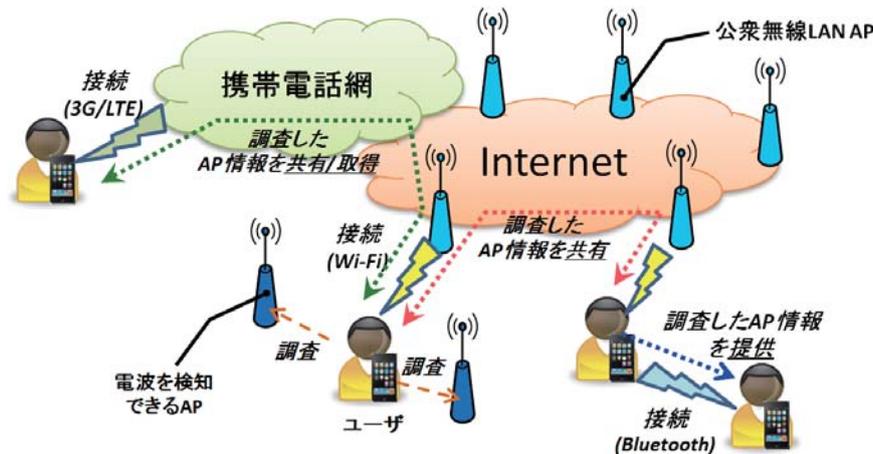


図 1 AP 情報交換システムモデルの概要  
Fig. 1 Network model of proposed system

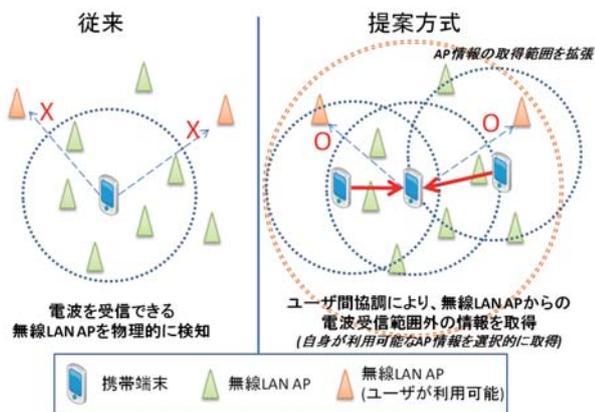


図 2 従来と提案方式の AP 情報取得方法の違い  
Fig. 2 Proposed service overview

と、運用コストの低減が可能なネットワーク構成が必要となる。

## (2) ユーザに有益な無線 LAN AP 情報の調査方法

公衆無線 LAN 接続を利用するユーザは、3G や LTE よりも高速なインターネット接続を求めている場合が多いと考えられる。公衆無線 LAN AP の設置場所に加え、その AP を利用した際のインターネット接続性能をユーザに提供することで、ユーザにとっての利便性を確保する。

## (3) 近距離通信方法

スマートフォンで端末間の直接的な情報交換に利用できる近距離通信は Bluetooth である。Bluetooth では、マスターとスレーブがペアリングを行った後に通信を開始できるため、どのような手順で端末間を接続するかが課題となる。

## (4) 共有・提供する AP 情報量の削減

ユーザにとって必要な AP 情報は、自身の周囲に存在し、自身がアクセス権を有し、高速な通信が実施できるものである。そのため、これらに該当しない情報を取得・提示し

ないことで、意味のある情報のみを選択的に取得する方法が必要である。

## (5) AP 情報の提示方法

ユーザ間協調により取得した AP 情報の提示方法はユーザの利便性に直接つながるため重要である。本研究では、地図インタフェースを用いて、公衆無線 LAN AP の位置を地図上にマッピングすることで提示を行う。AP の位置はアイコンで提示し、そのアイコンの色で各 AP のインターネット接続性能の違いを表現する。

## 3. 提案方式

### 3.1 AP 情報交換ネットワーク

提案システムにおけるネットワーク構成を図 3 に示す。提案システムでは、物理的に近距離にいるユーザ同士が AP 情報を共有でき、かつ運用コストを低減するため、オーバーレイネットワークを採用した。携帯端末の負荷を低減するため、ネットワークの構築は、携帯端末の位置を管理するインデックスサーバの支援で実施するハイブリッド P2P 構成を採っている。携帯端末が公衆無線 LAN に接続した際に、現在地に物理的に近い携帯端末をインデックスサーバに問い合わせ、相互にリンクを作成する。次に、インターネット接続性能および周囲の無線 LAN AP 設置状況などの AP 情報を相互に交換することで共有する。取得した情報はキャッシュしておき、AP 情報交換ネットワークに接続していない時でも参照できるようにする。

### 3.2 AP の検知と情報登録

AP 情報の検知と付加情報の取得および登録は次の流れで行う。付加情報は、公衆無線 LAN AP に接続している際に計測できる、任意サーバとの通信帯域と往復伝搬遅延である。AP 情報は、携帯端末で動作するアプリケーションの内部 DB に蓄積する。

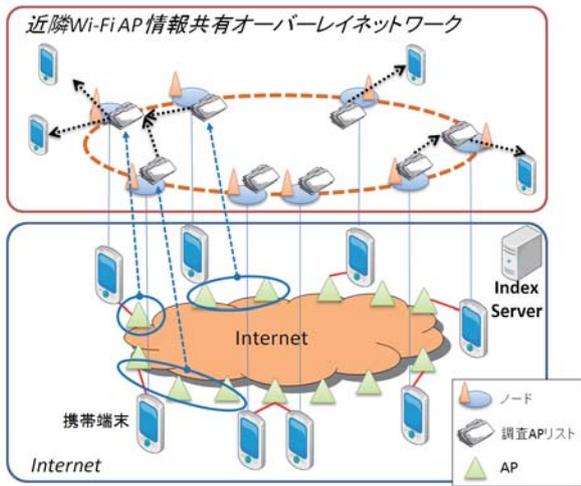


図 3 AP 情報交換ネットワーク概要

Fig. 3 Overview of proposed Neighbor Wi-Fi AP advertisement system

- (1) ユーザ自身がアクセス権を持ち、まだ情報を自身の内部 DB に登録していない公衆無線 LAN AP に接続
- (2) システムが接続を検知し、その AP 情報を共有情報として登録するかをユーザに確認
- (3) GPS で測位し、地図インタフェースによる手動操作で測位誤差を修正した後に AP の設置位置を確定
- (4) 携帯端末アプリの内部 DB に位置情報と AP の基本情報 (SSID、BSSID、RSSI、セキュリティ方式) を格納
- (5) AP の通信性能計測用サーバと通信することで往復伝搬遅延、通信帯域を調査し、DB に AP の付加情報として登録
- (6) AP の周囲で提供されている無線 LAN の状況を、検知できる AP のビーコン情報から取得し、得られたチャネル干渉の状態を DB に AP の付加情報として登録

AP の周囲で提供されている無線 LAN の状況の把握により、過去に稼働していた AP が稼働していない、新規に AP が設置されたなどの検知も可能となる。そのため、鮮度の高い AP 情報の共有を可能にする。

### 3.3 近距離無線通信による情報取得方式

近距離無線通信 (Bluetooth2.1+EDR) を利用した携帯端末同士の接続の流れを図 4 に示す。Bluetooth を用いた通信では、マスターとスレーブを決める必要がある。近距離無線通信を行うため、携帯端末はバックグラウンドで他の携帯端末から検出可能な状態を保つ。検出後にペアリングを行うため、自身が相手を検出した場合、相手が自身を検出するのを任意時間待機する。今回は、経験的に 10 秒に設定している。任意時間経過した後ペアリング要求を行い、本システムにおけるアプリケーションの Pin コードの変換、登録を行う。ペアリング要求を送信した携帯端末がスレーブ、要求を受信した携帯端末をマスターの役割と

して、通信を行う。通信が完了後はペアリングを自動解除する。

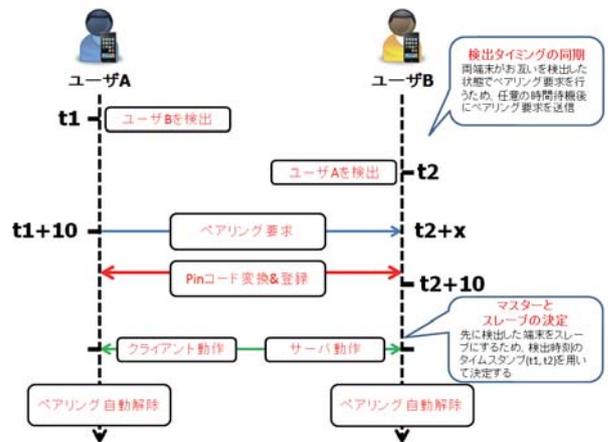


図 4 Bluetooth を用いた近距離無線通信通信フロー

Fig. 4 Short range wireless communication flow by Bluetooth

### 3.4 AP 情報のフィルタリング

AP 情報交換ネットワーク (図 3) を介した AP 情報の交換において、取得する AP 情報をフィルタリングすることでやり取りする情報量を減少させる。本論文では、次の 2 種類の方式を提案する。

#### 3.4.1 ユーザ選択型フィルタリング

あらかじめ、公衆無線 LAN サービスの情報を提案システム側で所持しておく、ユーザ自身が契約もしくは所属している無線 LAN AP を選択する方式である。システムには公衆無線 LAN サービスで利用する AP の SSID 情報を登録しておく必要がある。本論文では、AP 情報取得実験を東京都の一部において約 5 ヶ月実施し、そこで得られた AP 情報からシステムに登録する公衆無線 LAN サービスを決定した。

AP 情報取得実験の概要を表 1 に示す。被験者は著者であり、東京都の一部を実際に訪れた際に AP 情報の収集を 5 ヶ月間実施した。検知した AP の数は 1557 であり、被験者が接続した AP 数は 105 になった。接続した AP とは、被験者がアクセス権を持っているものであり、その内訳を表 2 に示す。接続した公衆無線 LAN サービスプロバイダ数は 10、検知した公衆無線 LAN サービスプロバイダ数は 31 となった。実験の結果から、ユーザの契約を必要とする公衆無線 LAN サービス 19 種類をあらかじめシステムに登録することにした。しかしながら、公衆無線 LAN は事業者間でローミングできるようになっているものもあるため、ユーザには 13 種類の事業者リストから自身が利用可能な公衆無線 LAN サービスをシステム上で選択させることにしている。無料で利用できる公衆無線 LAN サービスは 8 種類をシステムに登録した。

表 1 AP 情報収集実験概要

Table 1 Overview of AP information collecting experiment

項目	概要
収集期間	2012/07~12
検知 AP 数	1557
接続 AP 数	105
接続した公衆無線 LAN サービスプロバイダ数	10
検知した公衆無線 LAN サービスプロバイダ数	31

表 2 接続 AP の内訳

Table 2 Details of connected APs

場所	接続数
渋谷区	19
新宿区	28
世田谷区	5
中野区	1
港区	1
国立市	4
小金井市	25
立川市	6
三鷹市	2
武蔵野市	13
府中市	1

### 3.4.2 位置情報解析型フィルタリング

ユーザの行動範囲を考慮した、位置情報ベースの取得情報フィルタリング手法を提案する。まず、各ユーザは位置情報を一定期間記録・蓄積しておき、その結果から自身の行動範囲を推定する。行動範囲の推定のために、取得した位置情報を重心法によりクラスタリングする。クラスタリングは一定期間の位置情報の記録後に実施し、その結果を取得する AP 情報のフィルタリングに利用する。AP 情報は、クラスタの重心から一定距離以内に設置された AP 情報を取得する。

重心からの距離の算出のために、複数人の被験者の行動範囲の取得実験を実施した。実験概要を表 3 に示す。10 人の被験者が位置情報を記録する実験を実施し、その結果からクラスタを形成した。ユーザ毎に各クラスタの重心を算出し、その重心から最も遠いクラスタ内の地点までの距離を全てのユーザおよびクラスタに対して算出し、その平均を取った。その結果、約 1.30km という結果になった。この結果を受けて提案システムでは、クラスタの重心から 1.3km 圏に存在する AP 情報をユーザが取得するようにした。

### 3.5 AP 情報の提示

AP 情報の携帯端末への提示は、地図インタフェースを用いて行う。提示する情報は次の 2 種類に大別できる。

- ユーザが実際に接続し通信性能を調査した公衆無線 LAN AP

表 3 位置情報フィルタのための位置情報取得実験概要

Table 3 Overview of users' location collecting experiment

項目	概要
収集期間	2010/11/04~12/02 2012/10/08~11/07
収集頻度	2010 年: 10 分毎 2012 年: 1 分毎
取得条件	被験者の外出中
被験者数	10
使用デバイス	Global Sat DG-100
重心からのクラスタ内ノードの最大距離の平均	約 1.30km

- 電波を検知した公衆無線 LAN AP

前者は、ユーザにより AP 設置場所の調整と、往復伝搬遅延や通信帯域といった付加情報まで記録された高品質な情報である。後者は、アクセス権を持たないが電波を検知できた公衆無線 LAN AP の情報であり、大まかな設置場所、SSID、RSSI などの一般的に無線 LAN を用いて取得できる情報である。これらの違いを踏まえて、地図インタフェースへの提示方法を次のようにした。

AP の性能調査を反映した地図を図 5 に示す。地図上のアイコンが、ユーザによって位置調整され、付加情報の調査を実施された AP の設置位置を示している。アイコンをクリックすると、公衆無線 LAN サービスの名称や調査結果を閲覧できるようになっている。アイコンの色は AP の性能を大まかに示したものであり、明るくなるにつれて高速な無線 LAN 接続を利用できることを示している。色の判断基準は通信帯域とチャネル干渉の両方を考慮している。チャネル干渉を生じている AP が 2 個、通信帯域が 4Mbps という閾値で 4 種類に区別している。

図 6 に、アクセス権を持たないが電波を検知できた公衆無線 LAN AP の情報を反映した地図を示す。中央および下部の円が AP 情報である。ユーザによる位置調整を受けていないため、直径 20m の円で表記している。SSID から公衆無線 LAN サービスを特定できるため、このサービスに接続する権利を有しているユーザは、通信性能は不明なもの、このエリアに行けば公衆無線 LAN サービスに接続できることになる。接続すれば付加情報の調査を実施できるため、高品質な無線 LAN AP 情報に更新していくことが可能である。

## 4. 実装と評価

### 4.1 実装環境

携帯端末の仕様を表 4 に示す。Google 社の Android リファレンス端末の 1 つである Nexus S を対象に、地図機能として Yahoo! Android SDK を、DB として SQLite を利用している。iperf は、通信帯域や遅延時間の計測用に利用する。高い API レベルを要求しないため、一般的に普及している携帯端末での利用を容易にしている。



図 5 AP 情報の提示画面 (AP の性能調査を反映)

Fig. 5 Display example of prototype system with AP investigation result



図 6 AP 情報の提示画面 (電波を受信した未接続の AP 情報)

Fig. 6 Display example of prototype system with unknown AP

次に、インデックスサーバの仕様を表 5 に示す。提案システムのネットワークはハイブリッド P2P を利用しているため、携帯端末の位置情報を考慮した初期ノードの解決をインデックスサーバで実施している。

#### 4.2 AP 情報マップ表示時間評価

ユーザ間協調により AP 情報を収集する提案システムでは、ユーザ数の増加に伴い膨大な AP 情報量になることが予想される。ユーザにとっては、自身が利用できる AP 情

表 4 携帯端末の仕様

Table 4 Specifications of Client Terminal

項目	仕様
端末	Nexus S
OS	Android 2.3.6
開発言語	Java(Android SDK, NDK)
API レベル	10
その他	SQLite Yahoo! Android SDK iperf android-mapviewballoons

表 5 インデックスサーバの仕様

Table 5 Specifications of Index Server

項目	仕様
OS	Windows7 Professional
開発言語	Java
その他	mysql-connector-java 5.1 MySQL 5.5

報は有益であるが、それ以外の情報は不要である。そのため、共有されているすべての AP 情報を取得し、地図上にマッピングすると時間がかかり、また費やした時間に対してユーザの恩恵は少ない。そのため、3.4 で提案したフィルタリング手法を適用した場合の効果を検証した。

表 1、表 2 で示した AP 情報収集実験のデータを対象とし、ユーザ選択型フィルタリング (3.4.1) を適用した場合のマップ表示時間の違いを図 7 に示す。赤い線は検知した AP 情報を全て表示した場合、緑の線は公衆無線 LAN 以外の AP 情報をフィルタした際のデータである。

フィルタを適用した場合は表示される情報量を低減することが可能であるため、すべてのデータを表示する場合に比べて表示時間が短くなっている。

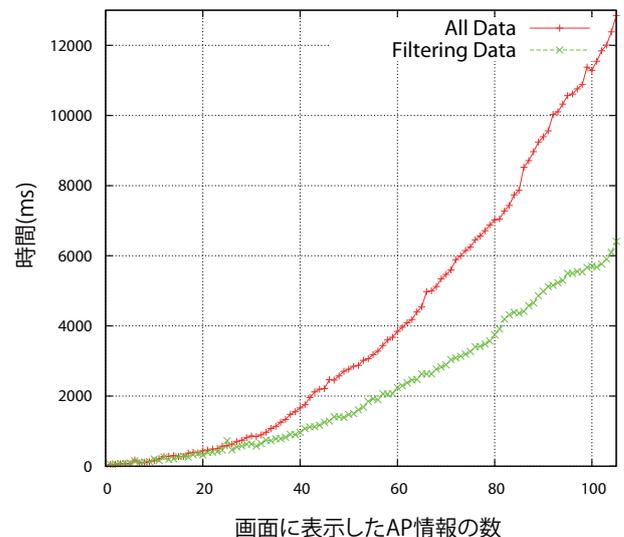


図 7 表示 AP 数別のマップ表示時間の推移

Fig. 7 Display time of AP information map

次に、表 1、表 2 で示した AP 情報収集実験のデータと表 3 で示した位置情報取得実験の被験者を対象とし、位置情報解析型フィルタリング (3.4.2) を適用した際のマップ表示時間を図 8 に示す。図は、重心からのクラスタ内ノードの最大距離の平均である約 1.30km 圏内の情報に対して、各ユーザがアクセス権を持つ公衆無線 LAN AP 情報のみをマップに表示した場合の表示時間である。ユーザによって利用可能な AP が異なるため、表示される AP の地点数にはばらつきがある。69 地点を表示しているユーザ 2 で 2.5 秒程度、それ以外のユーザは 1 秒程度で表示が完了していることが分かる。また、地点数に概ね比例した表示時間の増加傾向も示している。したがって、提示する情報量の削減はユーザの待ち時間を短くする効果があり、フィルタを適用する有効性を示している。

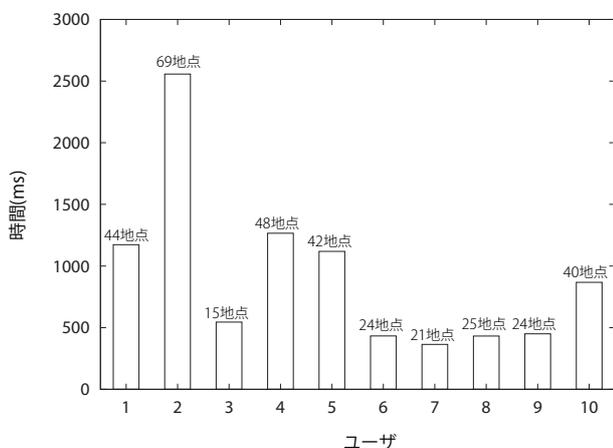


図 8 ユーザ毎のマップ表示時間

Fig. 8 Display time of AP information map per user

#### 4.3 近距離無線通信利用時の共有データ AP 情報数の評価

Bluetooth を用いた近距離通信による AP 情報の交換において、通信時間、通信可能なデータ量の計測を行う。表 4 で示した端末 2 台を用いて、データ量と通信完了までの時間を実測した。結果を図 9 に示す。ペアリング処理の完了にはばらつきはあるが、AP 情報の転送は転送する AP 情報数に比例した傾向を示していることが分かる。2.5 秒以内で通信が完了していることから、携帯端末が徒歩ですれ違う場合は十分な AP 情報を提供できると考えられる。

#### 4.4 有益な AP の提供率と発見率

表 3 で示した実験の被験者に対して、表 1、表 2 で示した AP 情報収集実験で取得した AP 情報の中に自身にとって有益な AP が存在したかに関する調査アンケートを実施した。質問項目は「携帯端末に AP 情報が提示された後に自身の行動圏内に入り、接続できる AP が存在したか」であり、それに対する回答項目として「あり/行動範囲に無

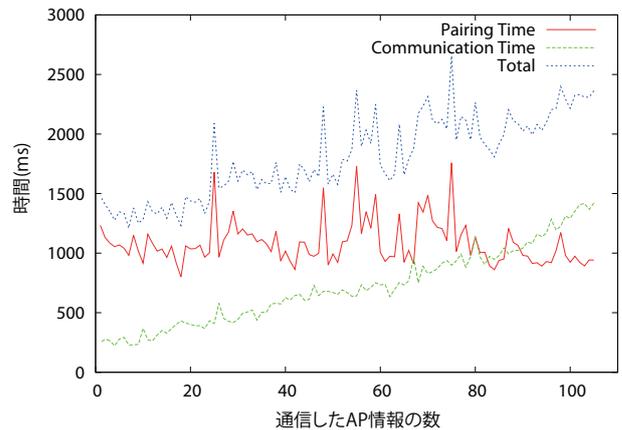


図 9 短距離通信の性能評価

Fig. 9 Performance result of short range wireless communication by Bluetooth

い/アクセス権が無い/行動範囲に無くまたアクセス権も無い」の 4 つを設定している。行動範囲内にあり、かつアクセス権がある AP を有益な AP とみなした。また、ユーザにとって有益な AP の中から、新規に発見できた AP 数の調査も行った。有益な AP の提供率と、新規 AP の発見率の定義は以下のとおりである。

AP の提供率 = (行動範囲内かつアクセス権がある AP の数) / (提供した AP の数)

AP の発見率 = (新規に発見できた AP の数) / (行動範囲内かつアクセス権がある AP の数)

結果、有益な AP 情報の提供率の平均は 72.1%、AP の発見率の平均は 78.6% となった。

## 5. 関連研究

A-GPS を利用した Wi-Fi AP 発見システムが提案されている [1]。この提案は、モバイル端末のバッテリー消費を最小化することを目的としている。近年のモバイル端末は、Wi-Fi や Bluetooth など複数のネットワークインタフェースを備え付けており、スループットや通信可能範囲、バッテリー消費の面で固有の特徴がある。その中でも Wi-Fi はデータ通信のスループット面では最適なインタフェースだが、モバイル端末を操作する上でバッテリーの寿命問題は非常に重要である。Wi-Fi インタフェースはバッテリー消費が激しいため、利用可能な AP の位置情報を活用して、ユーザの Wi-Fi の利用を予測し不要な Wi-Fi のスキャンを減らすことで、モバイル端末におけるバッテリー消費問題の解決を目指している。位置情報を GPS で取得せず、A-GPS を利用することで大幅なバッテリー消費を避けている点も特徴である。

スマートフォンなどのモバイル端末のバッテリー消費の抑制を目的とした、ユーザの Wi-Fi の利用予測に基づくシ

システムが提案されている [2]。モバイル端末による Wi-Fi のネットワークスキャンを出来るだけ減らすために、無線 LAN アクセスポイントの利用を予測する点は [1] と同様である。アプローチとして、Bluetooth のコンタクトパターンとセルタワー情報を AP の電波と関連付ける。ユーザは日常的に繰り返し同じ Bluetooth デバイスに遭遇する可能性が高く、この手法が有効である。また、従来の研究ではユーザの位置情報を GPS で取得して、利用可能な無線 LAN アクセスポイントの位置情報と関連づけていたが、これはバッテリー消費が激しく、また屋内において正確な測位ができない。この研究では省電力な Bluetooth を利用し、かつ既存インフラやユーザのモバイル端末への変更を必要としないという長所がある。

関連研究 [1] および [2] では、提案している予測方式の性能検証を実施しているが、本研究のように実際に AP 情報を収集して共有する仕組みについては提案されていない。

WiGLE(Wireless Geographic Logging Engine) は、世界中のホットスポットに関する情報を調査・収集しているサイトである [3]。自動車などで移動しながら AP を調査する Wardriving を行うことで情報を収集している。またユーザが貢献可能なスマートフォンアプリもリリースしている。2001 年 9 月からサービスを開始し、2012 年 2 月の段階で約 5530 万のネットワークがデータベースに記録されている。Wardriving の調査が多いため、道路上に沿った結果が非常に多くなっている。WiGLE のマップは、検知したすべての SSID を反映させるため、情報量が膨大になっている。利用者は WiGLE の Web サイトのマップから自身が知りたい SSID で検索を行い、フィルタリングできる。日本でも数多く登録されているが、Wardriving やユーザアプリケーションによる検知結果を収集しているため、AP の設置場所として信頼できる情報は限られている。

街中のネットワーク環境 (Wi-Fi の設置情報など) の共有方式である MOBIX が提案されている [4]。MOBIX では、ユーザの AP の利用を予測するのではなく、AP 情報の共有を目的としている。共有方式としては Bluetooth 規格を想定し、ユーザ間の近距離通信を採用している。都市規模を想定した場合のユーザ同士のエンカウンター率をシミュレーションにより評価しており、実機実装はされていない。

街中のネットワーク環境をユーザに提示し、より品質の高い AP へ誘導する方式が提案されている [5][6]。昨今、ユーザは複数のアクセス回線を選択可能な状況にあり、通信キャリアやコンテンツプロバイダ側の視点からも、品質の高い AP へ誘導することが通信の効率化を測る上で重要である。この研究では、各々のユーザのアクセス回線の状況をユーザが持つスマートフォンによって収集し、総合的なアクセス環境の分析と提供を行うことを目的としている。街中の Wi-Fi スポットだけでなく、利用中の 3G 基地局の場所も推定し通信環境の良いエリアを表示することで、

3G 回線と Wi-Fi スポットの情報をユーザに提供し、品質の高いアクセス回線への誘導を目指している。多くのユーザからの情報提供の必要性から LinkInfo という Android アプリケーションを公開し、ユーザの参加を促している。LinkInfo のコンセプトは、バッテリー消費を抑え、パッシブ計測を利用しバックグラウンドで定期的に評価を行うことである。ユーザ参加型のアプリケーションであるため、多くのユーザからの情報提供が必要である。Wi-Fi スポットに関する設置場所の情報取得は、通信キャリアが公開している情報を取得することで実現可能であると言及されている。

## 6. まとめ

本論文では、スマートフォンユーザ同士の連携と異種無線メディアの連携モデルにより、無線 LAN AP の発見を支援する方式を提案し、プロトタイプシステムを用いた効果検証を実施した。提案システムは、AP のインターネット接続性能などの従来方式では提供が難しい有益な情報の共有、無線 LAN AP に接続していない端末に対する近距離無線通信を利用した AP 情報の提供、ユーザにとって意味のある情報のみを提供するためのユーザ選択型フィルタリングと位置情報解析型フィルタリング、地図インタフェースを用いた情報の提示を特徴としている。評価の結果、フィルタリングによる情報の表示速度の高速化、ユーザにとって有益な AP 情報の提供率 72.1%、発見率 78.6% を達成し、提案方式の有効性と利便性を示した。今後は、より詳細な評価実験を通じたシステムの性能改善などを予定している。

## 参考文献

- [1] Feng, X., Wei Z., Fangwei D and Ruonan H.: A-GPS Assisted Wi-Fi Access Point Discovery on Mobile Devices for Energy Saving, Global Information Infrastructure Symposium, p.6(2011).
- [2] Ganesh A. and Ion S.: Blue-Fi: Enhancing Wi-Fi Performance using Bluetooth Signals, MobiSys'09 Proceedings of the 7th international conference on Mobile systems, applications, and services, pp.249-261(2009).
- [3] WiGLE : WiGLE.net, 入手先 (<http://wagle.net/>)(2012.12.19).
- [4] Jhoanna R.P. and Aruna S.: MOBIX: System for managing MOBility using information exchange, Mobile and Ubiquitous Systems: Networking & Services, MobiQuitous, 2009. MobiQuitous '09. 6th Annual International, p.10(2009).
- [5] 北口善明, 永見健一, 菊池豊: スマートフォンにおけるアクセス回線の品質情報共有, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol.112, pp.53-58(2012).
- [6] 口善明, 永見健一, 菊池豊: 位置情報を利用したスマートフォンのインターネット接続環境調査, マルチメディア、分散、協調とモバイル (DICOMO2012) シンポジウム, pp.37-42(2012).