

位置情報サービス開発における今日的課題と インテックの取り組み

遠藤 貴裕

永見 健一

吉田 美寸夫

吉澤 菜津子

概要

インテックでは、2012年にGPS電波が届かない屋内でもスマートフォンを使って位置を特定する技術を発表（文献[1]）した。当時、このような屋内の位置を特定する技術は主に欧米を中心に提供されてきたが、その後、日本でも特にB2C分野で、スマートフォンを対象としたWi-Fi測位や音波、PDR、iBeaconなど多様な測位技術を使った位置情報サービスが一層の広がりを見せている。また、位置情報サービスの拡大に伴いプライバシー保護の社会的な要請もあり、スマートフォンOSに関する仕様変更、改善が継続して行われている。本稿では、スマートフォン向けの位置情報サービスに関する現状、測位技術、今日的課題を整理するとともに、この課題に対応するために考案した「プライバシーに配慮した新しい位置特定技術」への取り組みを紹介する。

1. はじめに

スマートフォンの普及に従い、位置情報を活用するアプリの数は、非常に多くなっている。一見、関連がないような分野のアプリであっても位置情報を利用するために許諾を求めていることがある。本稿では、前半で位置情報サービスの現状とそれを支える測位技術を解説し、インテックの研究開発が目指している統合位置情報プラットフォーム構想の概要について説明する。後半では、位置情報とプライバシーについての課題を取り上げ、インテックで新たに開発したプライバシーに配慮したインフラ側での特定技術への取り組みを説明する。

2. 位置情報サービスの現状

スマートフォンを対象とした位置情報サービスは、主にB2C分野での提供が多い。人工衛星によるGNSS (Global Navigation Satellite System) を使用したサービスは、屋外ナビゲーションやソーシャルネットワーキングサービスなどで一般的に使われている。

また、屋内での位置情報活用への注目も急速に高まっており、特に米国Shopkick社が始めた音波による来店客へのチェックインサービスは、日本でも携帯電話会社を含めた数社が参入している。複数のブランドショップを束ねた共通ポイン

トサービスという位置づけとなっており、消費者にクーポンなどのリワード（参加に対する報酬）を付与する。また、これらの技術を他の事業者に提供するようなプラットフォーム事業も一部で始まっており、鉄道会社のアプリなどで乗車中の車両を特定する用途で使われている。さらに、屋内のエリアを特定するWi-Fiアクセスポイント（以下、AP）の情報を使ってアプリが位置を推定する技術は、博物館（東京都）や国際空港（千葉県）の案内アプリとして主にAndroidデバイス向けに提供されている。このようなアプリ側でのアプローチに対して、無線ネットワーク側でのデバイスの位置を特定する技術も利用されており、アプリをインストールすることなくデバイス（≒人）の位置情報を取得し、混雑状況や来店者数の把握などに活用する事例も出てきている。

3. 屋内測位技術

スマートフォンを活用して屋内測位を行う技術は、2014年現在、以下の6種類の技術が有力な選択肢となっており、それぞれの技術の特性を生かした位置情報サービスに適用されている。

屋内測位技術は、インフラ依存型と自律型の2種類に大別することができ、下図の(1)～(6)がインフラ依存型、(7)が自律型と呼ばれている。インフラ依存型は、比較的狙った精度で位置を取得することができる反面、設置コストが必要となる。これに対して自律型は、設置コストが不要である反面、期待する精度が獲得できないという問題がある。これについてインテックでは、インフラ依存型と自律型を組み合わせたハイブリッド測位の研究を行っている。

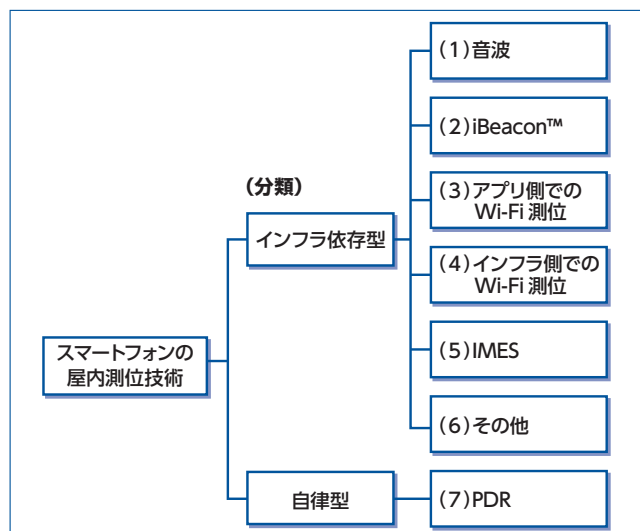


図1 スマートフォン向け屋内測位技術の分類

3.1 音波

スマートフォンには必ずマイクが内蔵されていることから、このマイクを活用しようというのが音波による位置情報技術である。一般には音波によってフロアの特定制を行うことができ、インテックでは、これに加えてピンポイントの位置情報を提供する技術を提供している。

スマートフォン側に外部機器の追加は不要であるため、アプリをダウンロードするだけで利用することができる。店舗内や地下空間（インフラ側）に音波を発信する装置を設置することで屋内位置特定を実現している。一般的なスマートフォンのマイクは、20Hz～20kHz程度までの音波（音声信号）を入力することができる。また、人の聴覚は、一般的に高い周波数の周波数になるほど聞こえにくくなるのが経験則上明らかであり、特に17kHz以上の音波は聞こえにくいとされている。このことから、音波を使った位置検出技術では、17kHz～20kHzまでの音波を使うことが多い。音波は電波と異なり、大気などを媒介した振動として伝達するため、閉鎖空間外への伝搬が生じにくく、壁を通過することがないという特性があるため、O2O（Online to Offline）におけるチェックインサービスなどでの活用が増えてきている。

インテックでは、音波に位置情報を識別できるIDを乗せることにより、位置を高速に検出する音波通信技術を開発した。この技術は、ユニークなIDを数百ミリ秒以内に伝達する能力があるため、人の歩行速度（1.33m/秒）に対応したピンポイント（半径1m程度）の位置情報提供を実現している。現在、インテックの位置特定ソリューション「SonicLocator」向けの基盤技術として、iOSおよびAndroid OSを搭載したデバイス向けに音波を使った屋内位置情報ライブラリ（AISLE）を提供している。

3.2 iBeacon

米国Apple社は、2013年に開催した開発者会議（Word Wide Developer Conference）にて、BLE（Bluetooth 4.0 Low Energy）をベースとした新しい近距離通信技術をiOS 7に搭載することを発表した。この技術は、iOSデバイスがある一定のエリア内にある場合にBLEを使ってお互いのデバイスを認識することができる。米国では、2013年9月頃にiBeacon専用のデバイスの販売がサードパーティから行われはじめ、日本でも複数のメーカーが参入し、「技適マーク」を取得したデバイスが流通している。

この技術を使った位置情報サービスは、米国の百貨店である

MacysやApple Storeなどの小売店で採用され、店舗内で買い物をしている顧客に対してマーケティングや広告などに活用されている。メジャーリーグ (MLB) では、全体の2/3のスタジアムへのiBeacon導入が計画されており、スタジアム毎に100個程度のデバイス設置が行われる計画がある。(文献[3])

iBeaconは、2.4GHz帯の電波を使うため、壁を通過する特性がありチェックインには向かない。また、「近接」、「近い」、「遠い」という大まかな3段階で位置情報を提供するに過ぎず、距離を厳密に把握することができない。さらに、ID偽装や信号の書換えなどセキュリティ上の課題も生じている。しかし、iOSに内蔵された機能として提供されているため、iPhoneやiPadなどのiOSデバイスがiBeaconデバイスに近づいたときにはアプリが起動していなくてもユーザーへ通知できるといった利点があり、ユースケースによっては大きな効果を得ることが期待できる。

Androidデバイスの中にはBLEに対応したチップが搭載された機種も出てきたが、iBeaconはAppleが策定した規格であるため、Android OSの基本機能としては対応していない。オープンソースコミュニティやiBeaconデバイスメーカーが提供するSDKを活用して利用する取り組みが始まっているというのが実情である。

3.3 アプリ側でのWi-Fi測位

スマートフォン側で、周囲にある複数のWi-Fi APの情報を取得して、各Wi-Fi AP間のRSSI (Received signal strength indication) から距離を推定し、フロアを特定する技術である。この測位技術は、(1) Wi-Fi APの情報とそのRSSIを用いて推定する3辺測量方式、(2) あらかじめWi-Fi信号をデータベース化しておくことで位置を推定するフィンガープリント方式、(3) スマートフォンが接続中のWi-Fi APの位置にスマートフォンの位置を紐付ける方式の3つの方式に分類することができる。

(1) および(2)の方式は、仕組みとしてOSに依存しないのだが、iOSではアプリからWi-Fi APの情報やRSSIを取得することができないためWi-Fi測位を利用できず、現在は主にAndroidデバイス向けに限定された技術となっている。また、(1)～(3)のいずれもアプリでの屋内測位技術であるため、OS内に実装されているiBeaconと異なり、アプリを起動していない場合は位置情報を取得することができない。

3.4 インフラ側でのWi-Fi特定

Wi-FiネットワークのAP側でWi-Fiデバイスの位置を特定す

る技術が活用され始めている。主な方式としては、スマートフォンから発信されるプローブ要求信号をAPが受信し、スマートフォンのMACアドレスとRSSI (受信信号強度) を取得することにより位置を推定するRSSI方式と、各AP間で時刻同期を行っておき、スマートフォンから各APへ発信される同一信号の到着時刻の差を元に位置を推定するTDOA (Time Difference of Approval) 方式がある。

このようなインフラ側での特定技術は、ユーザーによるアプリの起動を必須としないため、混雑状況の可視化や動線分析などに活用されている。日本では、Interop Tokyo 2014 (会場=幕張メッセ) において、「Wi-Fi ロケーション実験プロジェクト」(文献[4]) が行われた。このプロジェクトでは、インフラ側でのWi-Fi特定が採用され、混雑状況のリアルタイムヒートマップが会場内で公開されていた。会場には、米国Cisco Systems社製の80台以上のWi-Fi APと位置特定システムが設置された。海外では、コペンハーゲン空港での事例などがCisco Systems社によって公開されている。(文献[5])

3.5 IMES

IMES (Indoor Messaging System) は、JAXA (宇宙航空研究開発機構) が中心となって開発した日本独自の屋内測位技術の一つである(文献[6])。米国GPS (Global Positioning System) 衛星と同様の電波形式を持つ発信機を屋内に設置することによって、エリアを識別することができる。電波法上は、微弱無線局であるため無線局としての免許は要しないが、米国との取り決めにより、発信機の設置・運用については、JAXAへの届け出が必要となっている。また、日本国外での運用も制限されている。

受信機については、既存の一般的なスマートフォンでは利用できないため、専用の受信機とスマートフォンをBluetoothで無線接続して利用が行われている。既存のスマートフォンがIMESに対応できない理由としては、GPS衛星と同一の電波形式を使用しているものの、GPSがGPS衛星から発信される信号の到達時刻の差を元に各GPS衛星との距離を計算して受信機の緯度経度情報を取得するのに対して、IMESでは、IMES送信機から送信された電波信号の中から特定エリアを示すIDを取得するという方式になっており、電波信号の利用方法に相違があるからである。今後、海外製のグローバルモデルを含めて、IMES対応受信チップ (ファームウェア) を搭載したスマートフォンの普及が期待されている。

3.6 PDR

スマートフォンに内蔵されたセンサーを使って、歩行者の屋内位置を推定する技術がPDR (Pedestrian Dead Reckoning) であり、インフラに依存しない方式である。従来は、ロボティクス分野で自律走行を行う目的で研究されてきた。PDRは、スマートフォンに内蔵された加速度センサー、磁気センサー、ジャイロセンサーなどを活用し、相対的な変化を記録して位置を特定する。加速度センサーから移動距離を計算し、磁気センサーやジャイロセンサーで移動方向を検出し、マップの情報と組み合わせるということが行われる。ただし、各センサーの誤差が蓄積することにより、意図しない方向へ位置が示されやすいという問題点がある。

インテックでは、自律型であるPDRとインフラ依存型である音波を組み合わせたハイブリッド方式で精度を向上する取り組み(文献[2])を行っている。これにより、1m×1mの範囲を識別することができ、屋内位置情報を必要とする既存の外部システムへWebAPIを通じ、屋内位置情報を提供している。

4. インテックの統合位置情報プラットフォーム構想

これまで、インテックでは、GNSSを使った屋外位置情報アプリを開発してきた。また、屋内を対象として、音波による位置特定から始まり、iBeaconやアプリ側でのWi-Fi測位、音波×PDR×マップマッチング(事前に登録した地図情報による補正)のハイブリッド測位などいくつかの屋内測位技術を個別に研究してきた。今後は益々、屋外、屋内をシームレスに連携したアプリ開発が求められることが想定される。シームレスな測位を実現するためには、複数の測位技術が導き出した位置データを取捨選択することが必要であり、様々な経験やノウハウの蓄積による位置決定ロジックの最適化が重要である。

先端技術研究所では、このような問題意識からアプリ開発者が測位技術の詳細を熟知していなくても、必要な場所で必要な精度の位置情報を取得するための統合位置情報プラットフォーム構想を掲げている。この統合位置情報プラットフォームは、測位技術を集約した統合位置情報ライブラリというフレームワークとクラウドサービスから構成される。アプリ開発者は、この統合位置情報プラットフォームを利用することで、シームレスな位置情報アプリを比較的短期間で開発し提供することができるように計画を進めている。2014年度内は、GNSS、音波、iBeaconを組み合わせた際の位置決定ロジックの最適化を実

現するライブラリの開発を行い、実証実験の結果をふまえて提供方法等を検討する予定である。

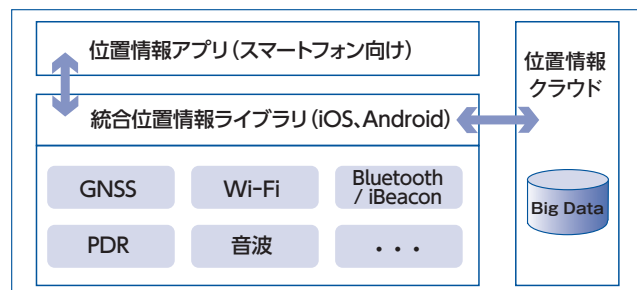


図2 統合位置情報プラットフォーム構想

5. 位置特定とプライバシー

スマートフォンが普及し、位置情報を使った様々なアプリが一般に提供されている。代表的なものとしては、地図アプリや乗り換え案内アプリ、ソーシャルネットワーキングアプリ、標準搭載されたカメラアプリ等も位置情報を利用している。このように位置情報を取り扱う技術的なハードルが下がってきている今日、サービス事業者または第三者によって取得された位置情報がどのように扱われるかというプライバシーの問題が生じている。例えば、カメラアプリで撮影した画像をソーシャルネットワークにアップロードしたところ、自宅が特定されてしまうようなケースも考えられる。これは、画像ファイルにExif 情報と呼ばれるメタデータが保存されており、そこに撮影場所の緯度・経度情報が含まれているからである。このようなことを防止するためにExif 情報から位置情報を削除するようなアプリも活用されている。

また、スマートフォンユーザーが気づかない間に路上でデバイス情報を取得されるということが報道された事例もある。具体的には、表1に示すように、英国・ロンドンの市街地におかれたゴミ箱において、周囲を通行する人のスマートフォンのMACアドレスを追跡する機能が搭載されていたという事例や米国のコーヒーショップの前を通行する歩行者のスマートフォンのMACアドレスを取得していたという事例がある。

前者は、ゴミ箱にデジタル広告機能がついており、通行する人の属性や興味に適合するようにパーソナライズされた広告を表示させることを目的にデバイス情報を収集していた。後者は、コーヒーショップの来店者数の把握のためにデバイス情報を活用していた。どちらも利用者からデバイス情報を取得されることについての承諾(オプトイン)がないまま行われていたため、匿名化された情報であっても忌避され、サービスの中止に追い込まれた。

表1 Wi-Fi 特定が問題視された海外事例

報道時期	2013年8月	2014年5月
国名	英国	米国
記事名	ゴミ箱ネットワークがスマホを追跡：ロンドン(WIRED)	Philz Coffee、Wi-Fi 利用の顧客分析をプライバシー問題により中止 (Techcrunch)
概要	Renew社は、ロンドン市街地周辺で、デジタル広告板でもあるリサイクルボックス「bin」を約100個運営しており、そのうち12個のボックスにスマートフォンのMACアドレスを追跡する装置が内蔵されていた。	サンフランシスコに7店舗を構えるPhilz Coffeeは、携帯電話やタブレットのWi-Fiをオンにした状態で、Philzに入るか店の前を通過すると、MACアドレスを取得し、利用者を分析するサービスを利用していた。
用途	映画「マイノリティ・リポート」風の屋外広告	来店者数等の調査(匿名化技術は実施)
問題点	オプトイン手段がなく、オプトアウト手段のみを提供。オプトアウトを行うと利用者とMACアドレスの紐付けが行われるという副作用を懸念する人もいた。	オプトイン手段がなく、オプトアウト手段のみを提供。オプトアウトを行うと利用者とMACアドレスの紐付けが行われるという副作用を懸念する人もいた。
関係者	Renew London社	Philz Coffee社
ベンダー	Presence Aware社 http://www.presenceorb.com	Euclid社 http://euclidanalytics.com
対応	ロンドン市が中止を要請し終了	Philz Coffeeが利用を中止
記事URL	http://wired.jp/2013/08/12/recycling-bins-are-watching-you/ http://gigazine.net/news/20130813-london-trash-track-your-smartphone/	http://jp.techcrunch.com/2014/05/30/20140529philz-coffee-drops-euclid-analytics-over-privacy-concerns/ http://sfappeal.com/2014/05/privacy-legal-concern-raised-as-san-francisco-coffee-shop-scans-and-tracks-cell-phones-of-all-patrons/

永続的に個人のスマートフォンを特定するデバイス情報としては、先に示したように、Wi-Fi通信を行うために利用するMACアドレスや端末固有として付与されたUDID (Unique Device Identifier) が存在している。スマートフォンの買換え、あるいは故障などにより本体や部品を交換するまでは、これらの識別子を変更することはできない。このようにスマートフォンの所有者が気づかない間にデバイスを永続的に識別する情報を取得される事例が増えているため、iOSの開発元であるApple社では、表2に示すようにiOSのバージョンアップ毎に様々な対策を行っている。

iOS 5.0系では、アプリによるUDID取得を非推奨とした。iOS 6.0系からは、このUDIDの代替としてidentifier For Vendor、Advertising Identifier、NSUUIDなどの新しい識別子の提供を開始した。さらにiOS 7.0系からは、アプリ内で

MACアドレスを取得しようとした場合に、共通のMACアドレス「20:00:00:00:00:00」を返すような修正が行われ、実質的にMACアドレスをデバイス特定的手段として利用することを制限した。しかし、この変更は、アプリでの利用を制限したに過ぎず、先ほどの英国や米国の事例のようにインフラ側でMACアドレスを利用した位置特定手段は残されている。これに対してiOS 8.0系では、位置特定に利用するブロープ要求というWi-Fiの信号に含まれる「MACアドレスのランダム化」を行い、デバイスを特定しにくくするという試みが検討されたといわれている。これにより従来から提供されてきたMACアドレスを利用したでの特定技術では、デバイスを正確に検知できないという可能性がある。このような点をふまえて、インテックでは、MACアドレスを使わない新たなWi-Fi検知技術を開発した。

表2 iOSのバージョンと識別子

時期	2011年10月	2012年9月	2013年9月	2014年9月
バージョン	iOS5.0	iOS6.0	iOS7.0	iOS8.0
非推奨項目	Unique Device Identifier (UDID)	Unique Device Identifier (UDID)	Unique Device Identifier (UDID)+MACアドレス	Unique Device Identifier (UDID)+MACアドレス
アプリでの取得制限項目	—	UDID (iOS6.1)	UDID (iOS6.1) +MACアドレス	UDID (iOS6.1) +MACアドレス
制限項目の取得結果、挙動(変更部分のみ)	—	UDID="FFFFFFFF" + identifierForVendor	MACアドレス="20:00:00:00:00:00"	ブロープ要求時のMACアドレスランダム化
代替手段	MACアドレスを元にIDを生成	①identifier For Vendor ②Advertising Identifier ③NSUUID ④MACアドレスを元にIDを生成	①identifier For Vendor ②Advertising Identifier ③NSUUID	①identifier For Vendor ②Advertising Identifier ③NSUUID (ただし、WiFiインフラ検知への代替手段は提供されない)
アプリでの端末識別の永続性	○	○	×	×
アプリ未起動時の端末識別	○	○	○	×
特記事項	UDIDの代わりにMACアドレスを元にIDを生成する必要がある。	上記①アプリの再インストール時にIDが更新される。同②オプトアウト後の再取得で値が変更。同③サーバー側で保存する必要がある。	アプリとして永続的に端末識別する手段がない。	MACアドレスのランダム化が適用された場合、Wi-Fiインフラ測定で永続的に端末識別する手段が限定される。

6. プライバシーに配慮したデバイス位置特定技術の研究開発

先端技術研究所では、このような位置情報とプライバシーの観点から、デバイス情報の取得と活用の調和を図るための研究開発を行っている。

具体的には、インフラ側のWi-Fi位置特定において、スマートフォンユーザーのオプトイン（位置情報取得の承諾）、オプトアウト（承諾の撤回）に基づいてデバイスの位置情報を取得することにより、プライバシーに配慮した新しいWi-Fi検知技術（アンビエント・サーチ）を開発した。これは、従来技術のようにデバイス所有者の承諾なくMACアドレスを取得してデバイスを特定するのではなく、ユーザー自身がアプリを明示的にスマートフォンへインストールして利用者登録を行うことでオプトインを行い、サービス利用が不要になった場合には、アプリや登録情報を削除することによって技術的にオプトアウトできる仕組みを提供する。オプトインの際に付与した一意の識別子をプローブ要求の

中に含めることによってMACアドレスを取得せずに、インフラ側でユーザーデバイスの位置を検知する技術である。MACアドレスを使った従来技術と同様にアプリを起動していなくてもデバイスの位置を取得することができ、オプトインによってユーザーのデバイスが特定できるためインストールされたアンビエント・サーチ技術対応アプリを通じて、パーソナライズされた情報をプッシュ通知することができる。また、この方式は標準的なWi-Fi技術を利用するため特定のOSに依存せず、さらにMACアドレスも必要としない。統合位置情報プラットフォームとして準備している技術は、「アプリを実行しているとき」に屋外、屋内の位置情報シームレスに提供するという観点であるが、アンビエント・サーチ技術は、「アプリを実行していないとき」でも、そのとき、その場所で求められる情報を提供するという観点で技術開発を行ってきた。将来は、このようにプライバシーに配慮した新しいWi-Fi検知技術も統合位置情報プラットフォームで利用できるようにしていく予定である。

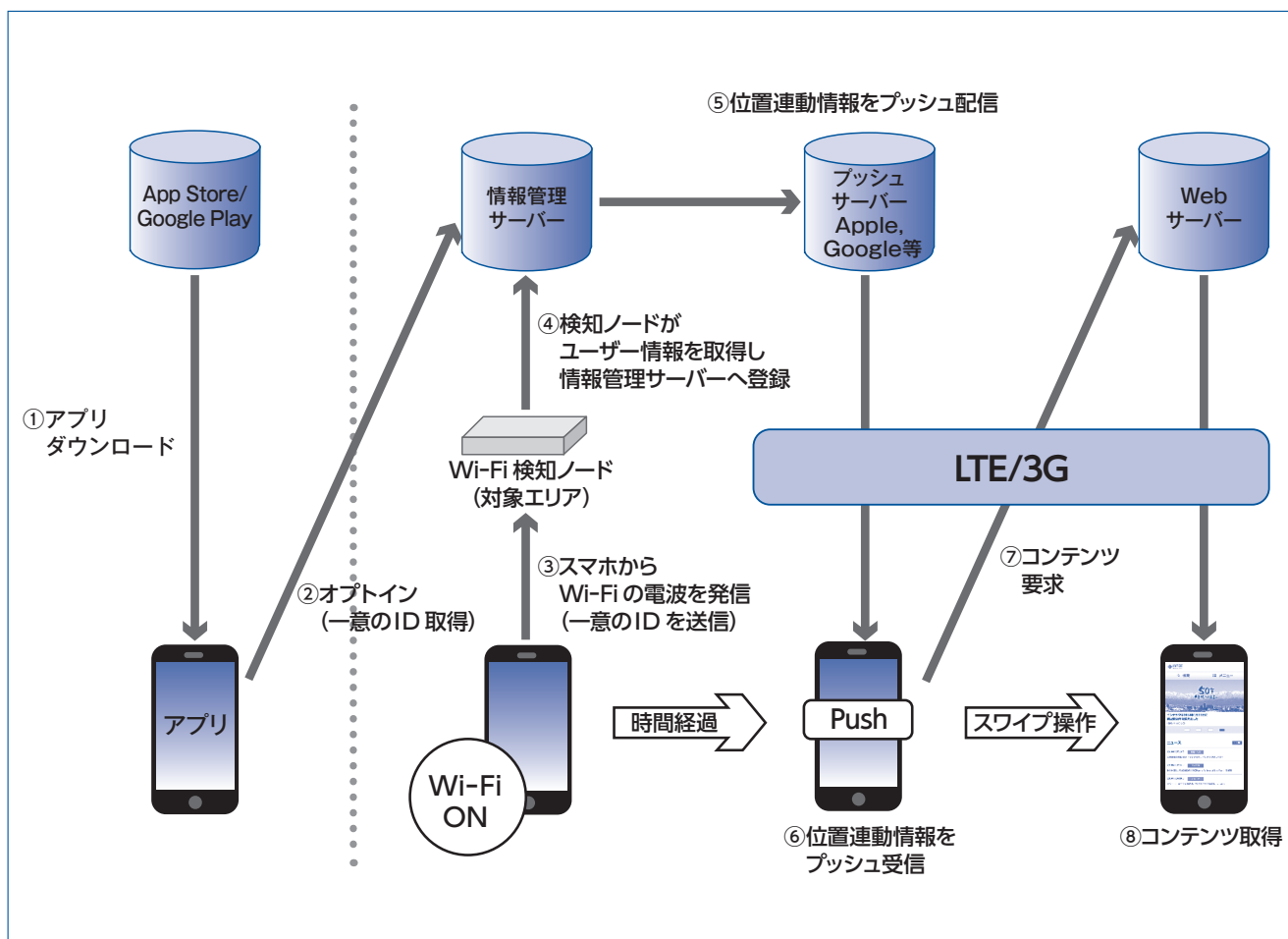


図3 アンビエント・サーチの仕組み

7. まとめ

スマートフォンやウェアラブルデバイスは、今後も利用者が拡大すると予想できる。今までは、利用者が必要な操作を行うことでデバイスから情報を取得していた。しかし、今後は、屋外のGPSでの位置情報だけではなく、屋内での位置情報もシームレスに簡単に利用できるようになることで、人が存在しているリアルな場所から、そのとき、その場所で必要な情報を入手できるように変わっていくと考えられる。このように多くのアプリが位置情報を利用する将来を想定し、先端技術研究所では、アプリ開発者が測位技術の詳細を知らなくても、必要な場所で必要な精度の位置情報を簡単に取得するための統合位置情報プラットフォームの研究開発を行っている。今後は、測位技術だけではなく、プライバシーの配慮など、位置情報の利用に必要な研究開発を行っていく。

参考文献

- [1] インテック：GPS の届かない屋内も、スマホで誘導 ～ハイブリッド方式の『スマートフォン向け屋内位置推定技術』を独自開発～，インテック，(2012)
http://www.intec.co.jp/news/pdf/20121126_1.pdf
- [2] 吉澤菜津子、遠藤貴裕、永見健一：屋内位置情報における推定技術の開発と新しいサービスの展開について，INTEC TECHNICAL JOURNAL Vol.13,pp.44-51, インテック，(2013)
- [3] MLB.com:MLBAM completes initial iBeacon installations, MLB.com,(2014)
http://mlb.mlb.com/news/article.jsp?ymd=20140214&content_id=67782508&c_id=mlb&tcid=tw_article_67782508
- [4] Location Business Japan 実行委員会：Wi-Fi ロケーション実験プロジェクト，ナノオプト・メディア，(2014)
<http://www.f2ff.jp/lbj/2014/planning/index.html>
- [5] シスコシステムズ：コペンハーゲン空港
http://www.cisco.com/web/JP/solution/borderless/casestudy/video/copenhagen_cs_video.html
- [6] IMES コンソーシアム：IMES とは？
http://keiosdm.sakura.ne.jp/imesconsortium/technical_information/about_imes



遠藤 貴裕

ENDO Takahiro

- 先端技術研究所 研究開発部
- 位置情報サービス基盤に関する研究開発に従事



永見 健一

NAGAMI Kenichi

- 先端技術研究所 研究開発部 博士 (工学)
- 次世代ネットワーク技術に関する研究開発やコンサルティングに従事
- MPLS JAPAN 実行委員長、テレコムサービス協会政策委員会 副委員長など



吉田 美寸夫

YOSHIDA Mikio

- 先端技術研究所 研究開発部
- 位置情報サービス基盤に関する研究開発に従事



吉澤 菜津子

YOSHIZAWA Natsuko

- 先端技術研究所 研究開発部
- 位置情報サービス基盤に関する研究開発に従事