

NFC — Wi-Fi連携 スマートフォン 向けサービス

河野 進^{†1} 吳 剣明^{†1} 村松 茂樹^{†1} 木村 寛明^{†1}

^{†1} (株) KDDI 研究所

スマートフォンに搭載されるようになった NFC (Near Field Communication) タグの読み取り機能を利用し、スマートフォンを NFC タグにタッチさせることにより、無線 LAN (Wi-Fi) アクセスポイント (AP) へ接続し、サーバからのファイル (動画、音楽など) ダウンロードや、取得したファイルの再生を自動で行うシステムを開発した。筆者らは、このシステムを使い、テーマパークで実証実験を実施し、Wi-Fi AP による位置測位を利用した場所にに応じたプッシュ配信や、スマートフォンの NFC 読み取り機能をより簡単に使うための制御を含め、NFC と Wi-Fi を連携させたスマートフォン向けサービスを検証し、有効性や課題を考察した。

1. はじめに

スマートフォンを持って屋内のテーマパークやショッピングセンターのような施設内を歩いているユーザが、ナビゲーションを受けながら、施設内の特定の店舗やスポットに設置された NFC (Near Field Communication) [1] タグを探し、見つけた NFC タグにスマートフォンでタッチすると、ネットワークサーバからコンテンツ (動画、音楽など) が自動的にダウンロードされて、再生されるというサービスを検討した。この想定においては、「施設内の特定の店舗やスポットに設置した近接アクセス手段へのユーザ意思によるアクセス (コードやタグの読み取り) およびコンテンツの取得」が基本サービスとなる。基本サービスは、(1) 近接アクセス (コンテンツ取得のトリガ) と (2) ブロードバンドアクセスとの連携によって構成され、このアクセス手段などを整理すると表 1 のとおりとなる。

(1) の近接アクセスに関しては、QR コード読み取りによるナビゲーション [2] や、FeliCa [3] カードによって把握したユーザプロフィールに応じたコンテンツ提供 [4] がある。最近ではスマートフォンに NFC タグの読み取り機能 (Reader/Writer: R/W) が搭載されるようになり [5]、その機能を活かし、NFC を介して Wi-Fi 接続したデ

ジタルカメラからスマートフォンへ撮影画像データを転送するサービス [6],[7] や、街頭の案内看板などに貼られたタグを読み取って周辺案内情報を取得するサービス [8] の事例がある。これらの先行事例の QR コード読み取りではユーザがカメラでフォーカスを合わせて読み取る操作に手間がかかり、FeliCa カードのユーザ情報読み取りは、提供側がユーザ情報に関係なくコンテンツを配信したい場合には不向きである。今回は配信したいコンテンツへ誘導する情報を記載した NFC タグを用意し、それをスマートフォンで読み取るのが適当だと考えた。

また、NFC タグに記載した当該情報を読み取ることで、ダウンロード先やダウンロードするコンテンツのファイルを指定するだけでなく、(2) のブロードバンドアクセスに必要な特定の Wi-Fi AP への接続の誘導も実現できる。NFC タグから Wi-Fi へのハンドオーバーの手順 [9] は、NFC Forum などで議論されており、標準化が予定されている (3.2.1 参照)。

NFC タグへタッチするような近接アクセス (情報取得) のための行為は、利用者が能動的に通信する場合のトリガとしてはよいが、NFC タグを見つけにくい場所での利用や、事業者がプッシュ型で情報配信する場合には適当ではない。このため、「位置測位による特定の場所でのプッシュ配信」を付加サービスとして用意し、利用者が能動的に操作しなくても自動的に通信を行って情報取得できるようにした。

位置測位に関しては、屋内において測位が困難な GPS (Global Positioning System) よりも Wi-Fi AP を使って位置を測位しプッシュ配信することが有効である。このような特定場所でのプッシュ型配信 (付加サービス) にお

表 1 基本サービスでのアクセス手段等

分類	既存の手段	今回利用手段	本論文での関連記述	
			課題	システム
近接アクセス (コンテンツ取得のトリガ)	QR コード, FeliCa, NFC	NFC	2.2(3) 2.2(4)	3.2.1 3.2.3 3.2.4
ブロードバンドアクセス	Wi-Fi, 携帯網 (3G, LTE 等)	Wi-Fi	2.2(1)	3.2.1

表2 付加サービスでの位置測位手段等

分類	既存の手段	今回利用手段	本論文での関連記述	
			課題	システム
位置測位	GPS	Wi-Fi AP	2.2 (2)	3.2.2
	Wi-Fi AP			

ける位置測位手段などを整理すると表2のとおりとなる。

Wi-Fi AP などを利用してプッシュ型でコンテンツを配信するサービスの先行事例としては、携帯端末の現在位置を判定し、その場所に応じた情報配信が博物館[10]で実施されている。しかしながら、「ユーザの能動的な操作による近接アクセス」と「特定の場所でのプッシュ配信」の2つを組み合わせたサービスの導入事例は見当たらなかった。そこで、今般、スタート地点などでNFCタグへタッチすることでネットワーク接続とコンテンツ受信を行い、途中の移動地点で位置に応じたプッシュ通知を受けるという2つを組み合わせたサービスを実証実験により検証したいと考えた。

本サービスの実現のため、Wi-Fi APを活用して、NFCタグからサーバへの接続や、NFCタグ設置場所へのユーザ誘導を行うNFCとWi-Fiを連携させた情報配信システムを構築し、このシステムを用いたスマートフォン向けサービスのための技術やシステムを検証した。今後、NFC R/Wを搭載したスマートフォンがより普及していくとみられていることから、このようなNFCを活用したサービスが広く利用されると考える。

また、スマートフォンのNFC R/Wを活用するサービスにおいて、NFC R/Wをより簡単に起動させる方法や、NFCタグの情報を確実に読み取る方法を検討した。

本論文では、このようなサービスをさまざまな分野に適用することを考え、テーマパークで行った実証実験で実際にユーザが利用した結果を検証し、有効性についての考察を示す。第2章ではサービス実現のための課題など、第3章では情報配信システム、第4章では実証実験と評価、考察、第5章ではまとめと今後について述べる。

2. サービス実現に向けて

2.1 想定サービスの利用シーン

本サービスの利用シーン例としては、商業施設に入場後の館内ナビゲーションや、テーマパークでのスタンプラリーのような回遊型ゲームをスマートフォンを利用して行うことが考えられる。たとえば、商業施設やテーマパークの入口で、スマートフォンをNFCタグへタッチすることによって、特定Wi-Fi APへアクセスし、ナビゲ-

ーションやゲームなどのアプリケーションをダウンロードする。そして、ダウンロードしたアプリケーションを起動すると、館内ナビゲーションが始まり、スマートフォンを持って施設内を巡回することで、ユーザが位置に応じた情報（店舗案内やクーポンなど）を取得することや、次のNFCタグへ誘導されるようなことが考えられる。

基本サービスとなる「NFCタグへタッチしWi-Fiへ接続するというユーザ操作での通信（コンテンツ取得）」と、付加サービスとなる「位置判定による自動的な通信（プッシュ配信）」について、実際の利用シーンにおける用途を整理すると次のようになる。

- (1) 自動的なプッシュ配信は歩行しながら利用されるということ考えると、すぐに認知しやすい短いメッセージやクーポンなどの送信が適当である。
- (2) 大容量のコンテンツを受信させたり、ユーザに場所を明確に意識させた上でコンテンツを取得させたい場合は、施設内の任意の場所にNFCタグを配置して、ユーザがそれらのNFCタグを見つけて、スマートフォンをタッチしWi-Fiへ接続することが適当である。

特にスタンプラリーや宝探しゲームなどでは、タグへタッチするというユーザの能動的な動作がゲーム上の行為としても適当であり、NFCタグを配置した安全な場所へ誘導してから通信することで、歩行者との衝突などを避けられることから、望ましいといえる。

2.2 想定サービスを実現するための課題

第1章や2.1節で述べたようなスマートフォン向けサービスを提供するにあたり、まず考慮しなければならない課題として、次の4項目を抽出した。

- (1) Wi-Fiへの接続

NFCタグには限られた容量（2キロバイト以内）のデータしか保存できないため[11]、音楽や動画のような大容量のデータをスマートフォンへ直接送ることができない。このため、NFCタグにサーバのURLを書き込んでおき、これをスマートフォンで読み取り、サーバへアクセスして、コンテンツのデータファイルをダウンロードするネットワーク(Wi-Fi)接続手順の確立が必要である。

また、ネットワークへの接続に関しては、複数ステップの操作が必要であるため、スマートフォンを目的のWi-Fi APへ容易に接続させる方法が必要だが、第1章で述べたようにNFCタグに書かれた接続に必要な情報を読み込むことにより、目的のWi-Fi APへ自動接続が実現できると考えられる。

(2) 位置に応じたプッシュ配信

Wi-Fi AP によって携帯端末の位置を特定する先行研究の1つとしてPlaceEngine[12]があるが、絶対位置を算出するために膨大な数のAP配置が求められる。また、同じくWi-Fi APを利用するWiFiTag[13],[14]では、相応の強度のRSSIを受信することによって判定する仕組みで、正確な位置判定のためには1カ所に複数のAPを配置する必要がある、これらでは導入コストがかさむ。これらに対して、本システムでのWi-Fi位置測位は、APごとに検出値（たとえばRSSI=-65~-80dBmの任意の値）を現地の状況に応じて適切に設定できるようにし、目的ポイントエリア1カ所につき1APの配置でも誤差を抑えて低コストで実現できるように設計する。また、上述の2つの先行研究では、Wi-Fi接続操作の自動化は含まれていないが、本システムでは(1)で述べたようにNFCタグへのタッチでWi-Fi APへの自動接続機能も考慮する。

(3) NFC R/Wの自動起動

今般のサービスでは、NFCデバイスのモードのうち、NFCタグを読み取るR/Wモード[15]をスマートフォンで利用するが、利用開始時にスマートフォンの設定メニューでR/Wを起動(On)する操作をしなければならない。このため、NFCタグを読み取ろうとする行為を検知して、R/Wを自動的にOnにする仕組みが必要である。

(4) スマートフォンのNFCタグへの確実なタッチ

NFCタグに保存されている情報をスマートフォンで確実に読み取るには、スマートフォンの裏面のR/Wが備わる個所とNFCタグの位置が一致するように重ね合わせるのが望ましいが、既存のスマートポスターではNFCタグのほしい位置が記されているものの、きちんとタグの位置に重ねられないケースが発生している。このため、ユーザが両者をピッタリ重ねられる仕組みが必要である。

3. NFC—Wi-Fi 連携情報配信システム

第2章で述べた課題を考慮し、サービスを実現するシステムを考案した。

3.1 システム構成

本サービスにおける主な構成機器となるスマートフォン、NFCタグ、Wi-Fi AP、サーバの機能、仕様を表3に示す。また、これらの機器を中心とした本サービスのためのシステムの構成を図1に示す。

3.2 システムの機能

本サービスのためのシステムにおける主要な機能などは、次のとおりである。

表3 構成機器と要求仕様

利用機器	具備機能等	仕様, 数量等
スマートフォン	NFC R/W, Wi-Fiは標準搭載機能を利用。ナビゲーションアプリケーションを追加。	Android OS2.3以上。最大40台程度を用意し、同時接続を可能とする。また、簡便に操作できること。
NFCタグ	Wi-Fi AP情報、サーバアドレス、利用アプリケーションの起動用コマンド(+テキスト)を記録。	NFC Forum Type 2 準拠。施設内の適所3~10カ所に配備(壁面、専用台に貼り付け)。
Wi-Fi AP	Wi-Fi 接続, インターネット接続に対応。	IEEE802.11g (2.4GHz)を使用, 施設内の適所3~10カ所に配備(電波干渉の影響を少なくするため、隣接APから20m以上離して配備し、必要に応じて送信出力を調整)。
サーバ	スマートフォンからのリクエストやWi-Fi APスキャン情報に応じて、コンテンツ配信。	位置判定アプリケーション, DBを実装。1台で構成し、必要に応じて予備系を準備。また、コンテンツ配信や運用の操作が簡便であること。

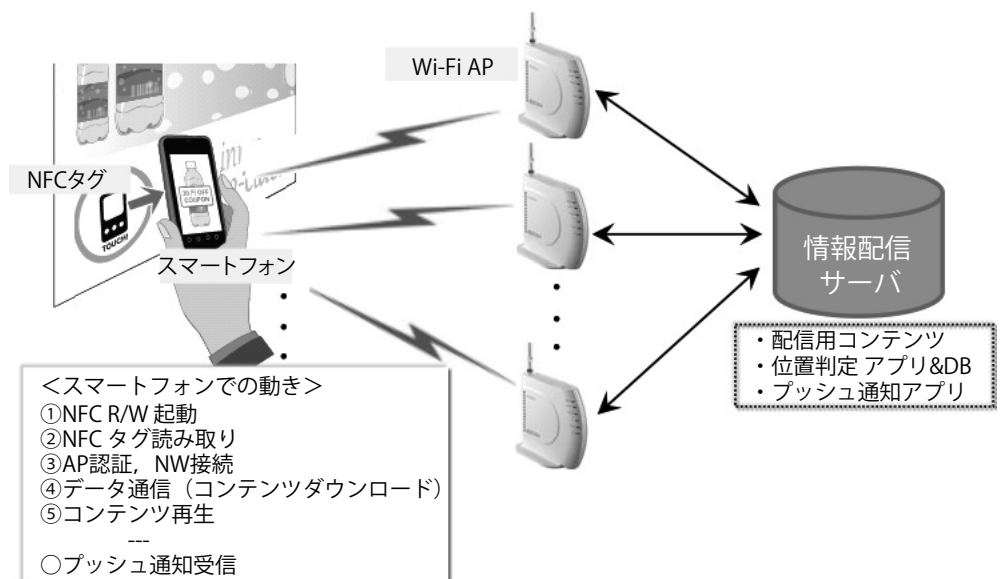


図1 システム構成

3.2.1 NFC タグから Wi-Fi へのハンドオーバー

2.2 (1) 項に示した Wi-Fi 接続の課題へ対処し、スマートフォンを NFC タグにタッチするだけで、NFC タグに保存されたデータ (Wi-Fi AP への接続に必要な情報、サーバアドレス、コンテンツを再生するアプリケーションの起動コマンドなど) を読み取り、特定の Wi-Fi AP へ自動的にアクセスし、指定したサーバからファイルをダウンロードして、コンテンツを自動再生する手順を用意した。この NFC タグから Wi-Fi への接続シーケンスを図 2 に示す。

NFC タグから Wi-Fi へハンドオーバーさせる方法については、NFC Forum および Wi-Fi Alliance で大枠の様相 [9] が策定されているが、スマートフォンで使用するインタフェースなどは現時点で標準化されていないため、アプリケーション間連携するためのコマンドを独自に策定し、スマートフォンにその手順に従って動作するアプリケーションを実装して実現した。

3.2.2 Wi-Fi 位置測位を活用したプッシュ配信

2.2 (2) 項に示した課題へ対処し、ユーザがスマートフォンを能動的に操作しなくても、自動的に位置に応じた情報を配信できるようにするため、施設内に設置した Wi-Fi AP のスキャンにより、スマートフォンの位置を判定して、その位置に応じたコンテンツを自動配信できる機能を本システムに具備した。この実現手順は、次のようになる。

- (1) まず、施設内の特にスマートフォンへ情報配信したいゾーン (半径 5m 程度) の中心部に位置測位や情報配信に利用する Wi-Fi AP を設置する。
- (2) 次に、Wi-Fi AP の SSID (AP の識別子) がどのような RSSI (受信信号強度) で受信できた場合に、メッセージを配信するのかわを示した情報配信テーブルを、スマートフォンと対向するサーバに設定する。
- (3) そして、スマートフォンが、周辺の Wi-Fi AP をスキャンした結果、指定 SSID の AP が設定した閾値以上の RSSI で受信できると、サーバ上に

保存された参照テーブル (表 4) と照合し、指定メッセージをスマートフォンに送るという流れになる。

上記の (2) ~ (3) 項の手順に関するネットワーク接続シーケンスを図 3 に、アプリケーションレイヤ動作シーケンスを図 4 に示す。

また、参照テーブルは、表 4 に示すように、たとえば、ギフトショップ手前に設置した Wi-Fi AP の SSID が -75dBm 以上の RSSI でスキャンされた場合には、「ギフトショップがこの先にあります」というメッセージをプッシュ配信するというような指定を設定しておくものである。

なお、Wi-Fi AP による位置判定は速やかに実施しなければ、移動するスマートフォンが目的地を過ぎた後の遅いタイミングでプッシュ配信されることになる。このため、本システムでは、AP ごとに Wi-Fi での通信を行うのに最低限必要なレベルの RSSI (-70 ~ -75dBm 程度)

表 4 位置 (RSSI で判定) に応じたプッシュ配信例

SSID	RSSI (dBm)	通知内容例 (店舗の場所やイベント紹介)
Wi-Fi 01 (ギフトショップ手前)	-75 以上	メッセージ「ギフトショップが XX にあります。セール実施中…」 + 10% 割引クーポン
Wi-Fi 02 (レストラン手前)	-70 以上	メッセージ「YY レストランではランチビュッフェ実施中…」 + ドリンク無料クーポン

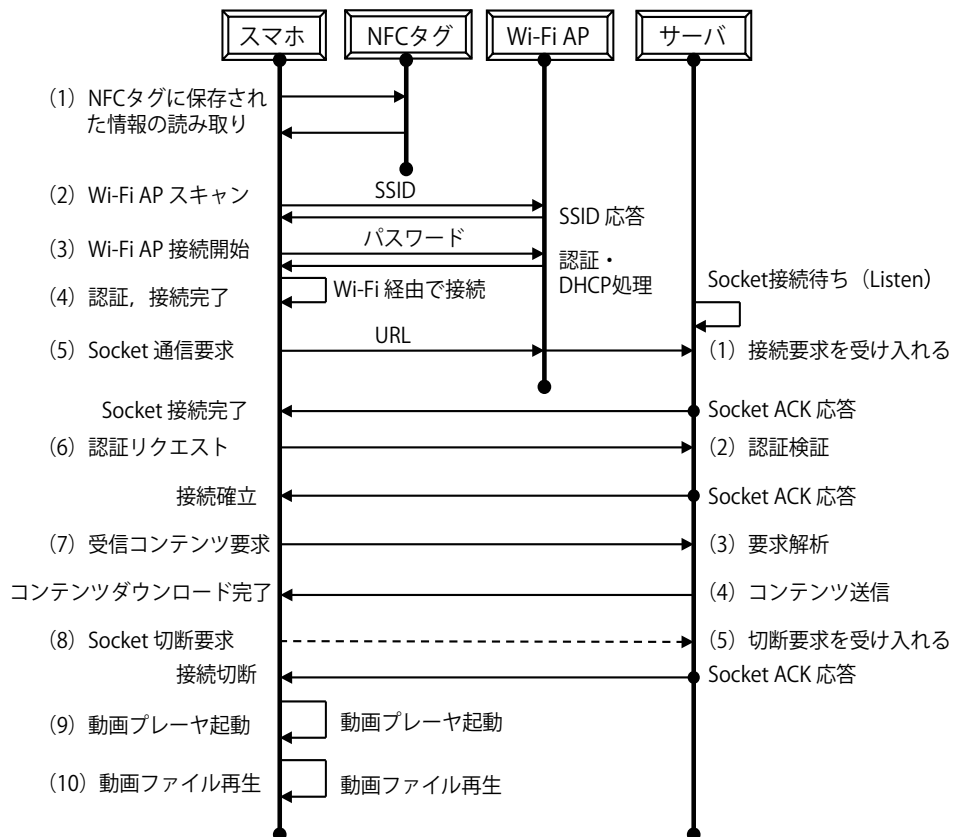


図 2 NFC-Wi-Fi 接続シーケンス

を設定しておき、設定レベル以上で受信できた段階で位置判定し送信開始することによって、タイムリーなプッシュ配信を実現している。

また、遮蔽物、反射物、人の往来、周辺の Wi-Fi 機器などの影響により、同一地点においても該当 SSID の RSSI 測定値が変動するため、より早くスキャンが完了できるように 0.5 秒間隔で複数の通信チャンネルの Wi-Fi 電波をスキャンする仕組みを導入した。

3.2.3 NFC R/W On/Off 制御

2.2 (3) 項で述べたようにスマートフォンの NFC R/W が初期設定で Off となっているため、NFC タグへタッチする際に自動で起動 (On) する仕組みを検討した。まず、タッチする際の動きを分析するため、スマートフォンを NFC タグへタッチする際の動作ログ (加速度センサの値および NFC R/W による読み込み状況) を収集した。

図 5 は、動作ログにおいて収集された加速度の遷移例である。タッチする前には、NFC タグの近くへの移動やスマートフォンのポケットなどからの取り出しにより、加速度の値が変動する。そして、NFC タグをタッチしている状態では、加速度の値はおおよそ一定 (スマートフォンはおおよそ静止) となる。

これらの状況から、加速度の値が変動する状態と加速度の値がおおよそ一定の状態の組を検出することで、NFC タグへのタッチを認識できることが分かる。加速度の値が変動する状態と加速度の値がおおよそ一定となる状態は、分散の算出によって判定することができる。この制御の流れを計算手順で示すと、次のとおりとなる。

- (1) 加速度センサから得られた値から分散 (σ^2) を算出する。 n 個の加速度データの分散を $a_i (m/s^2)$ 、 n 個の加速度データの相加平均を \bar{a} とすると、分散 (σ^2) は次の式で求められる。

$$\sigma^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n a_i^2 - (\bar{a})^2$$

- (2) (i) σ^2 が変動する状態を判定する閾値 (σ_m^2) よりも大きい場合

変動する状態と判定し、時

間を計測開始する。

- (ii) σ^2 がおおよそ一定の状態を判定する閾値 (σ_m^2) よりも小さい場合

変動する状態と判定されてからの経過時間 (加速度の値がおおよそ一定の状態へ遷移するまでの時間) が、 τ 秒以内であれば、タッチと認識し、NFC R/W を On とする。このようにスマートフォンの加速度センサの検出値によって、動かして静止させるという NFC タグへタッチする際の特有の動作を検知し、NFC R/W を Off から On にし、読み取り終了後には再び Off にする方式を考えた。本方式で R/W の設定を On/Off 制御する流れは、図 6 に示すとおりである。

3.2.4 NFC タグへの確実なタッチ

また、2.2 (4) 項に示した課題へ対処し、NFC タグを確実に読み取れるようにするため、図 7 に示すように NFC タグの上にスマートフォンを載せる枠を用意し、この枠内にスマートフォンを載せるように案内することを考えた。この対策により、枠内にスマートフォンを載せるだけで、簡単に NFC タグにピッタリとタッチさせることができる。

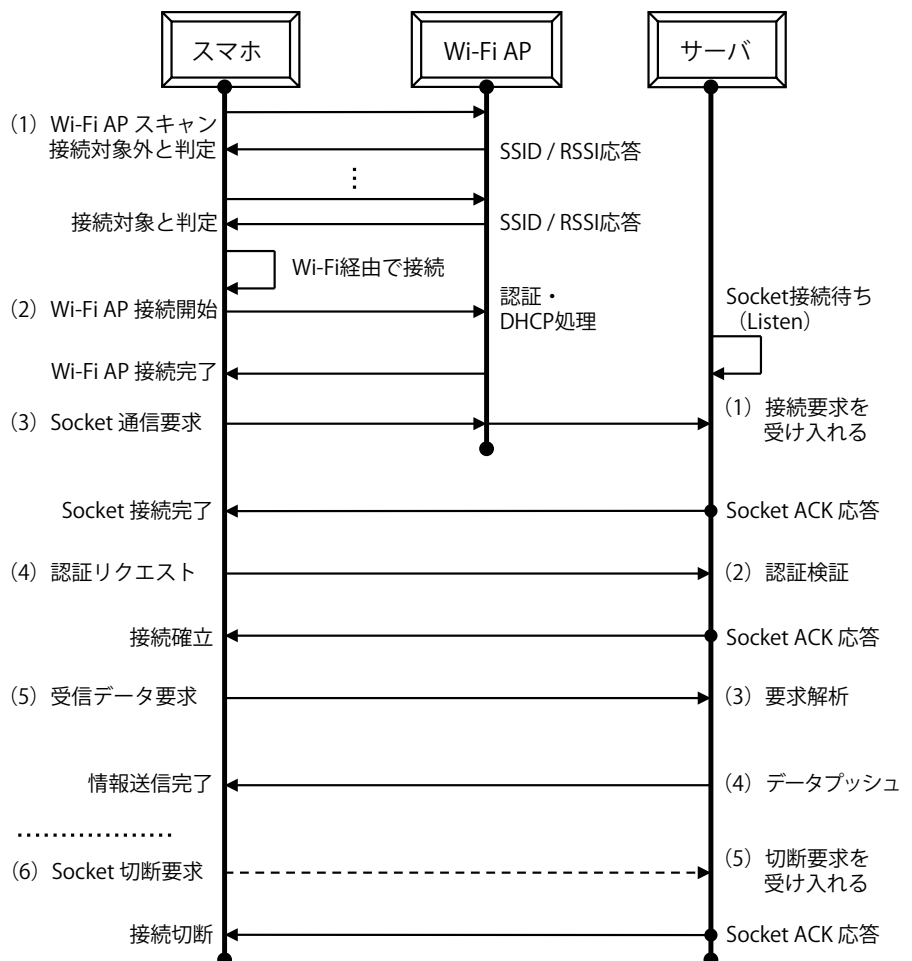


図 3 プッシュ配信 ネットワーク接続シーケンス

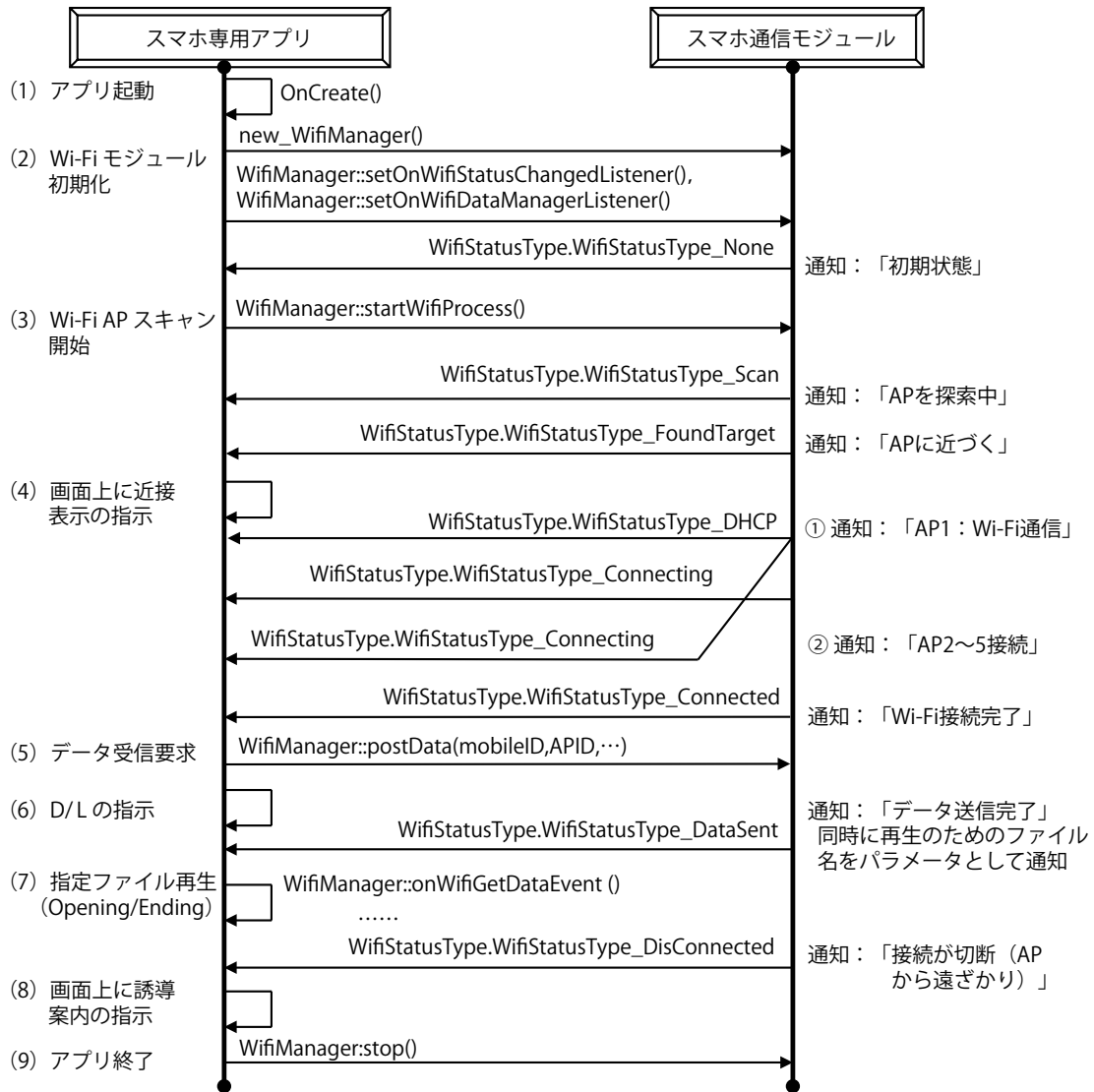


図4 プッシュ配信アプリケーションレイヤ動作シーケンス

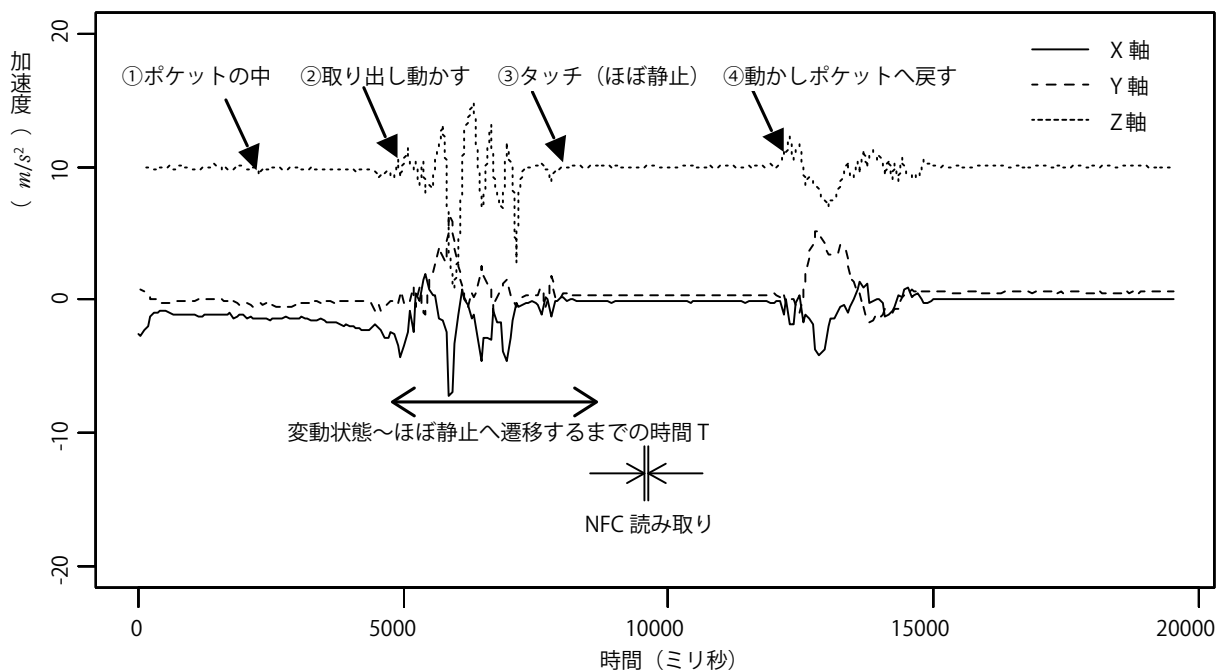


図5 スマートフォンの加速度 (3軸) の遷移例

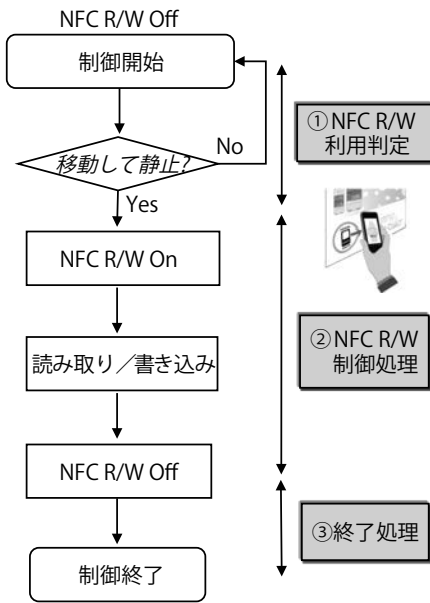


図6 スマートフォンの NFC R/W 制御の流れ



図7 NFC タグ上のスマートフォンを載せる枠

4. 実証実験と評価

4.1 テーマパークでの実証実験

第3章で示したシステムの適応性を検証するため、2012年7～9月に屋内型のテーマパーク内で、一般来場者に、スマートフォンでの回遊型ゲームを提供し(図8)、実証実験を行った。延べ12,000㎡程度の2フロアの会場内の5カ所に Wi-Fi AP を設置し(図9)、コンテンツ配信や位置判定、プッシュ配信を行うサーバはテーマパーク外のデータセンターに配置し、インターネット経由でスマートフォンと接続できるネットワーク環境を用意した。回遊型ゲームに使用する NFC R/W 搭載スマートフォンについては、所有するユーザがまだ少なかったことから、回遊ゲーム用のナビゲーションアプリケーションをインストールした NFC R/W 搭載スマートフォンを40台用意し、これを来場者に貸出して、宝探しを行う回遊型ゲームを実施した。3カ月間の実証実験の期間中、延べ1,961名が利用した。

本実験で実施した回遊型ゲームの流れは次のとおりとなる。また、スマートフォンでの動きを中心にした回遊型ゲームの流れを図10に示す。

(1) スマートフォンに表示される図11(1)に示すよう



図8 回遊ゲームの会場の模様

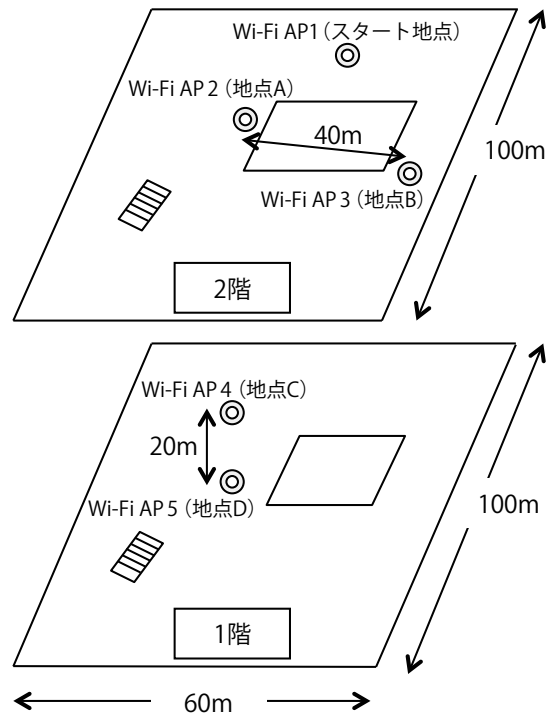


図9 会場内の Wi-Fi AP の配置

なタグへの誘導画面に従い、館内2フロアに設けたエリアで回遊を開始する。

(2) Wi-Fi AP に近づくと図11(2)に示す画面のようなプッシュ配信を受信する。プッシュ配信には表5に示すような内容があり、これらを参考にしながら隠された4つのアイテム(NFCタグが貼られたステッカー)を探す。なお、NFCタグを探すことをゲームの目的の1つとしたので、隠された場所を明確に案内するのではなく、該当場所を探すヒントを通知することとした。

また、地点A～Dの回遊順は問わないこととし、サーバにてゲーム終了した地点を把握した。

(3) 見つけたアイテムにタッチして、表6に示すようなコンテンツをダウンロードする。

なお、各 NFC タグへのタッチが2回目以降で該当ゲームが終了している際は、コンテンツをダウン

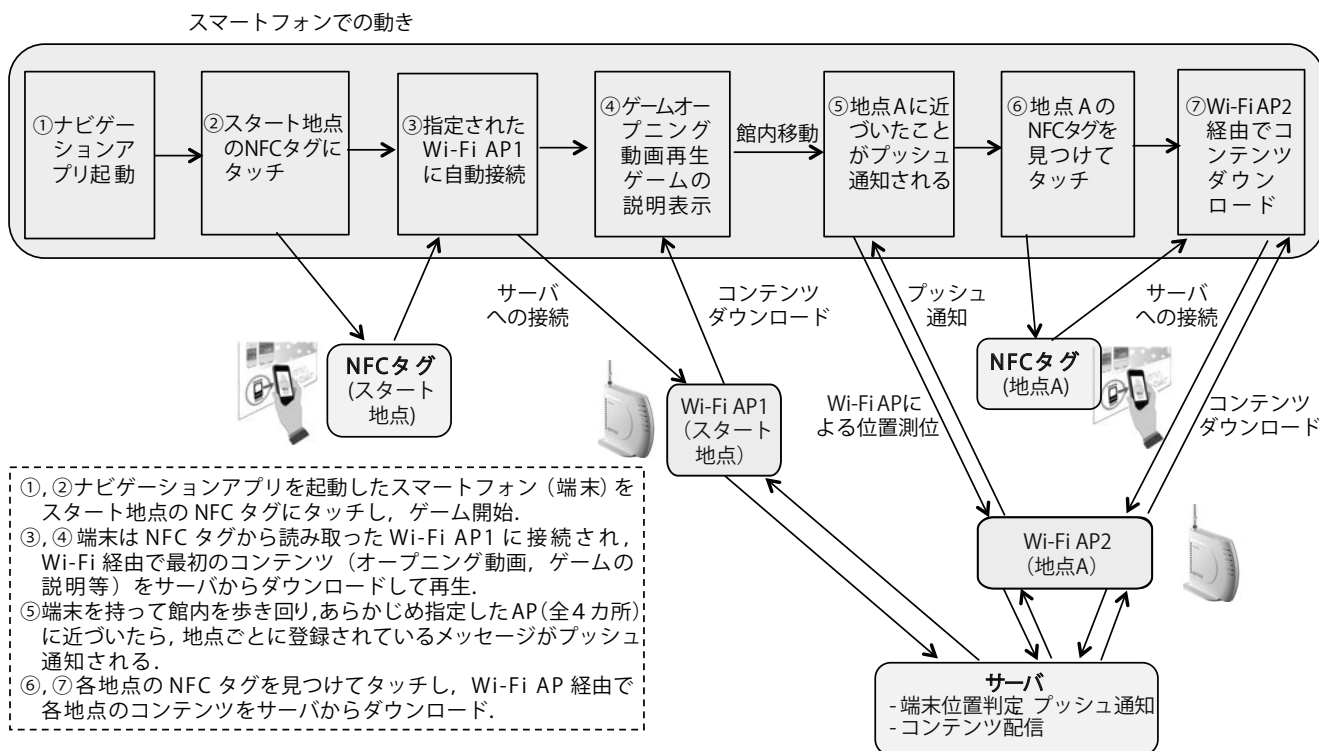


図 10 回遊型ゲームでのスマートフォンの動作の流れ



図 11 スマートフォンでの画面例 (1) タグへの誘導画面例 (左) (2) プッシュ配信の画面例 (右)

表 5 Wi-Fi AP 近接時の通知設定

フロア	Wi-Fi AP 地点 (出力)	RSSI 設定値 (dBm)	通知内容
2階	地点 A (出力 80%)	-70	①初回 ②2回目以降
	地点 B (出力 70%)	-65	①地点 A への誘導 ②地点 B ~ D (いずれか) への誘導
1階	地点 C (出力 90%)	-80	①地点 B への誘導 ②地点 A, C, D (いずれか) への誘導
	地点 D (出力 70%)	-65	①地点 C への誘導 ②地点 A, B, D (いずれか) への誘導

表 6 NFC タグからリンクしてダウンロードするコンテンツ

NFC タグ (配置場所)	ダウンロードコンテンツ (初回アクセス時)
スタート地点	オープニングムービー、ゲーム説明
地点 A	キャラクタ A が登場するゲーム
地点 B	キャラクタ B が登場するゲーム
地点 C	キャラクタ C が登場するゲーム
地点 D	キャラクタ D が登場するゲーム

ロードさせないで、次の地点へ誘導するメッセージを表示した。

- (4) すべてのアイテムにタッチして、時間内にスタート地点まで戻ってくる。

なお、Wi-Fi AP への近接時の通知のための設定は、表 5 に示すようにいずれの AP をより検知しやすくするのかや、隣接する AP の干渉状況や距離を考慮して決めた。たとえば 2 階は来場者が持ち込むモバイルルーターなどの他の Wi-Fi 機器の干渉影響が少なく、隣接する AP (地点 A ~ B 間) の距離が 40m と長く、スタート地点により近い地点 A の AP を検知しやすくするため、地点 B よりも地点 A の AP の出力をやや高め、AP を検出する RSSI をやや低めにした。また、1 階は他の AP の干渉影響が大きく、隣接する AP (地点 C ~ D 間) の距離が 20m と短く、2 階から降りて最初に近づく地点 C の AP を検知しやすくするため、地点 D よりも地点 C の AP の出力を高め、同 AP を検出する RSSI を低めにした。

4.2 システム検証およびアンケート結果

(1) 情報プッシュ配信の受信位置精度

位置に応じた情報プッシュ配信の受信地点を10回ずつ、2度にわたって測定した結果、表7に示すとおり、メッセージを受信させることを意図した地点から5m以内という誤差の少ない範囲ですべて受信でき、タイムリーに受信できることが確認された。

また、周辺のWi-Fi APによる干渉影響が大きく、対象APのRSSI実測値が-80dBmまで低下する場合でも、メッセージ送信を開始するRSSIの設定値を低く設定することにより、適切に受信できることが確認できた。(2.2(2)項の課題および3.2.2節の対策関連)

(2) 加速度センサを用いた NFC R/W On/Off 制御

NFC R/Wの自動On/Off制御方式を評価するため、26名の被験者による効果測定を行った。本測定では、制御機能をインストールし、計測された加速度センサの値に基づき、NFC R/WのOn/Offを制御できる試験用のスマートフォン(Android OS)を用意した。

被験者は、あらかじめポケットやバッグなどふだん収納している場所にスマートフォンを収納し、その後、3m離れた地点から歩いて近づき、スマートフォンを取り出し、壁面または水平な台上に貼られたタグへタッチした。壁面のタグは、床からの高さ60cm、100cm、130cmに、水平な台上のタグは床からの高さ40cmに配置した。

本測定の結果、R/W On/Off制御については、制御による動作遅延が平均約0.3秒発生するものの、93%で問題なく読み取りが完了できた。読み取りが完了できなかったのは、タグと距離をおいてかざした場合だけで、これらの場合はNFC R/Wをあらかじめ起動(On)していてもNFCタグの読み取りが適切に行えないケースであり、考案したNFC R/W On/Off制御機能の動作は実用的にはほぼ問題ないといえる。

なお、3.2.3項で示した分散(σ^2)の算出で、 σ_m^2 、 σ_s^2 および τ は、収集したログデータを分析し、それぞれ $0.05m^2/s^4$ 、 $3.0m^2/s^4$ および5.0秒が適当であると分かった。(2.2(3)項の課題および3.2.3項の対策関連)

(3) NFC タグの読み取り向上

NFCタグの読み取りは、NFCタグ上に枠を設けて、その枠内にスマートフォンを載せるように案内

したため、ほぼ全員が確実にNFCタグを読み取り、スムーズにサーバからコンテンツをダウンロードすることができた。スマートフォンがハングアップした場合を除き、NFCタグの読み取りはほぼ全回正常に実施することができた。

なお、実証実験では同一機種が利用されたため、その機種(4.5インチ)に枠のサイズを合わせたが、商用サービスでは、より大きい5インチ程度のスマートフォンに合うサイズの枠とし、かつタブレット端末にも対応できるように枠の高さを低くすることでさまざまな端末に適用できることが望ましいと考える。(2.2(4)項の課題および3.2.4節の対策関連)

(4) NFC — Wi-Fi 連携についてのアンケート調査結果

3カ月間の実証実験の期間中、本システムによるスマートフォンのサービス(回遊型ゲーム)を利用した1,961名のうち425名へアンケート調査を行った結果、図12に示すように、①NFCタグへのタッチでネットワークへ接続してコンテンツが自動再生されることについて95%がよかった、②移動場所に依ってメッセージが表示されることについて87%がよかった、③同様なゲームやサービスについて96%がまた利用したいと回答し、本サービスに対して好意的な意見が多かった。

特にスマートフォンをNFCタグにタッチするだけでコンテンツを受信できる手軽さや、移動中に自動的にメッセージが受けられる便利さについては、予想以上の評価が得られた。

一部からはゲームだけではなく、現在位置が細かく表示されるような館内全体のナビゲーションや、他のアトラクションの案内やスケジュール通知など、より幅広いサービスを求める意見があり、スマートフォンでの付加価値サービスへの期待がうかがわれた。また、子どもにスマートフォンを利用させることに対して慎重な意見もあった。

本サービスでは絶対位置を正確に判定することは

表7 RSSI(実測,判定用設定)とメッセージ受信位置

RSSI 実測値 (dBm), 干渉影響	RSSI 設定値 (dBm)	1m 以内	2m 以内	3m 以内	4m 以内	5m 以内
実測1回目 -60 ~ -75 影響:小	-70	5回 (50%)	1回 (10%)	3回 (30%)	1回 (10%)	0回
実測2回目 -50 ~ -80 影響:大	-75	2回 (20%)	0回	3回 (30%)	3回 (30%)	2回 (20%)
平均		35%	5%	30%	20%	10%

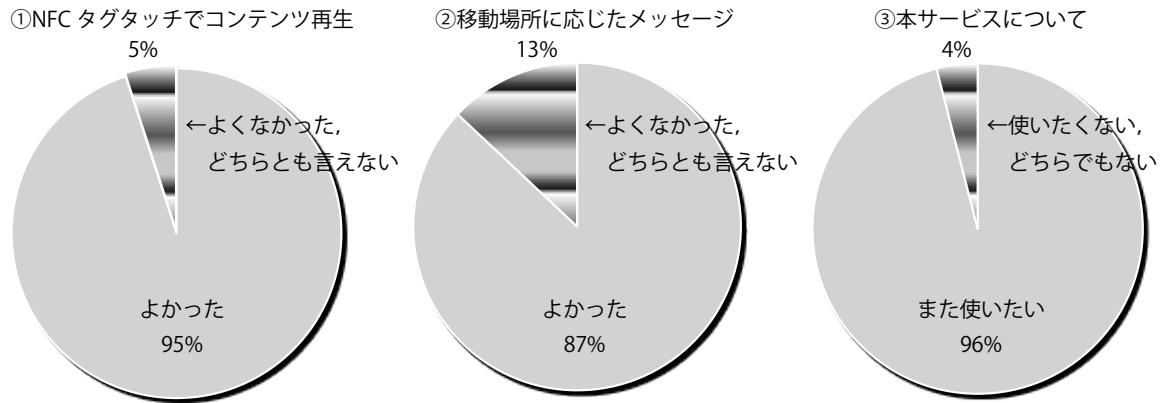


図 12 NFC—Wi-Fi 連携についてのアンケート結果

想定しておらず、現在位置を地図上でマッピングするようなことは当初対象としていなかったが、ランドマーク的な場所だけに絞って AP を配置し、より低コストで地図でのナビゲーションなどを実現することも今後考えられる。(2.2 (1), (2) 項の課題および 3.2.1, 3.2.2 項の対策関連)

4.3 考察

(1) プッシュ配信用 Wi-Fi AP の他フィールドへの適用

本実験結果から、位置に応じた情報プッシュ配信を他のフィールドで実施する際の見込みとして、Wi-Fi AP は 20 ~ 40m 程度の間隔で配置し、送信出力は、干渉影響が大きい場合は 90 ~ 100%, 小さい場合は 50 ~ 70% とするのが適当であるといえる。

また、Wi-Fi AP の RSSI や出力調整は、現場での人の往来の大小によって異なるため、人の混雑時間帯と閑散時間帯のいずれにおいても適切に位置判定し、適切な位置で通知を受信できるように調整する必要がある。テーマパークでの実験では、延べ 12,000m² 程度の 2 フロアに設置した 5AP を調整したが、合計約 3 時間かかった。同程度の規模の配置であれば、同じくらいの時間がかかるものと考えられる。本システムで利用している Wi-Fi AP による位置判定の方式では、現地状況に応じた調整を行う前提で AP 台数を少なくしているため、配信地点の誤差を減らすためには調査・確認作業が重要であり、この程度の時間はどうしても必要である。

複数フロアで同様な AP 配置とする場合には 1 フロアで最適値を見出した後、その値を他フロアでの調整前の初期値として利用すれば、調整・確認の作業時間を短縮できると考える。

(2) NFC タグの読み取り

本実験では NFC タグ上の枠内にスマートフォンを載せるように仕向けたものの、タグに十分に近づけないために読み取れないケースが一部で見られた。より確実な読み取りのためには、NFC タグへのタッチ方法の周知や案内が必要であると考えられる。

(3) NFC R/W の起動不具合

スマートフォンの OS のハングアップにより、NFC R/W 機能が起動しないケースがまれに発生した。その後の調査で、ハングアップは Android OS2.3 で R/W 機能の起動前にスマートフォンの SIM カード内情報が適切に参照できずに発生していたもので、Android OS4.0 以降では SIM カード内情報の参照が負荷がかからない方法に改善していることが分かった。OS4.0 のスマートフォンでは 50 回のテストで一度もハングアップが発生しないことを確認した。

5. まとめ

スマートフォンでの回遊型ゲーム提供による実証実験を通じて、NFC と Wi-Fi を連携させたコンテンツ配信の有効性が実証できた。まず、本システムでは NFC タグを見つけて、それにスマートフォンをタッチするという行為が必要であるものの、その後ユーザは特に操作を行わなくても NFC タグから読み取れた情報に従って、ネットワーク接続やコンテンツのダウンロード、再生までが自動で実現されることから、利便性の高さが評価された。

次に、今回の実験では Wi-Fi AP の測定によるプッシュ配信が、目的地点の 5m 以内でタイムリーに受信できることを確認した。他の Wi-Fi 利用端末や AP による干渉

影響の変動が大きい場合でも、通知を行う RSSI 設定値を低くすることで適切に受信できることが分かった。

本サービスは今回の実験のようなゲームに限らず、クーポンや広告映像、商業施設の店舗案内やナビゲーション、博物館や美術館などの収蔵品案内など、幅広い用途で、能動的な NFC タグへのタッチと受動的なメッセージ受信を組み合わせた本サービスの適用が考えられるため、今後は多くの場面で利用されるように推進していきたい。

また、スマートフォンの NFC R/W の On/Off 制御については、試験用スマートフォンでの測定において、考案した制御方式の有効性が確認できた。今後は、商用のスマートフォンへの機能実装に向け、幅広い利用形態へ対応できるように、実装方法を検討していきたいと考える。

謝辞 本サービスシステムの検討、実証実験の場の提供をはじめとして多大なご協力をいただいたテーマパーク関係者、携帯端末メーカー関係者、KDDI (株) の皆様に感謝する。

参考文献

- ISO, ISO/IEC 18092 -Near Field Communication- Interface and Protocol (NFCIP-1), http://www.iso.org/iso/catalogue_detail.htm?csnumber=56692 (2013 年 12 月 5 日現在)
- 小林 誠, 黒沼紀彦, 五百蔵重典: QR コードによるナビゲーションシステムのスマートフォンを用いた実装, 情報処理学会研究報告, 高度交通システム (ITS), 2012-ITS-51(9), pp.1-8 (2012.11.8).
- ウィキペディア, FeliCa, <http://ja.wikipedia.org/wiki/FeliCa> (2013 年 12 月 5 日現在)
- 夏井宣匡, 吉永一美, 池永全志, 小出 洋, 吉田 香: ユーザーネットワークインタラクションに基づくユビキタスネットワーク経路制御システムの開発, 電子情報通信学会技術研究報告. TM, テレコミュニケーションマネジメント, 107(545), pp.43-48 (2008.3.6).
- KDDI ニュースリリース, au スマートフォンの 2012 夏ラインナップについて~世界初の NFC と FeliCa をダブル搭載 (2012.5.15), http://www.kddi.com/corporate/news_release/2012/0515f/index.html (2013 年 12 月 5 日現在)
- パナソニックプレスリリース, スマートフォンとかんたんに接続・連携できる Wi-Fi&NFC 搭載 (TZ40) (2013.1.29), <http://panasonic.co.jp/corp/news/official.data/data.dir/2013/01/jn130129-3/jn130129-3.html> (2013 年 12 月 5 日現在)
- ソニープレスリリース, スマートフォンへの写真・動画のワンタッチ転送を可能にする NFC を搭載 (2013.8.27), <http://www.sony.jp/CorporateCruise/Press/201308/13-0827/> (2013 年 12 月 5 日現在)
- 東京メトロニュースリリース, 東京メトロの駅出入口案内看板に NFC 対応スマートフォンをかざすだけで周辺おでかけ情報を取得できます! (2013.9.20), http://www.tokyo-metro.jp/news/2013/pdf/metroMews20130920_g920.pdf (2013 年 12 月 5 日現在)
- NFC Forum, NFC Forum Technical Specification "Connection Handover 1.2" (2010).
- クウジットプレスリリース, スマートフォンを利用した位置連動型の博物館ガイド『とーはくナビ』を開発 (2011.1.12), <http://www.koozyt.com/press/2011/pr110112.html> (2013 年 12 月 5 日現在)
- NFC Forum, NFC Forum Type 2 Tag Operation Specification, http://www.nfc-forum.org/specs/spec_list/#tagtypes (2013 年 12 月 5 日現在)
- 暦本純一, 塩野崎敦, 末吉隆彦, 味八木崇: PlaceEngine: 実世界集合知に基づく Wi-Fi 位置情報基盤, インターネットコンフェレンス 2006, pp.95-104 (2006).
- 園田侑輝, 荒川 豊, 田頭茂明, 福田 晃: 無線 LAN を用いた相対位置推定における複数アクセスポイントを利用した判定精度の改善手法, 情報処理学会 MBL 研究会, 2012-MBL-63, Vol.13, pp.1-6 (2012.08.30-31).
- Arakawa, Y., Sonoda, Y., Tagashira, S. and Fukuda, A.: WiFiTag: Direct Link from the Real World to Online Digital Contents, Proc. 3rd Int. Workshop on Streaming Media Delivery and Management Systems In Conjunction with 7th 3PGCIC-2012 Conf., pp.339-344, University of Victoria, USA (2012.11.12-14).
- NFC Forum, NFC Forum Device Requirements 1.0 (2010).

河野 進 (学生会員) su-kono@jp.toyota-itc.com

1985 年 詫間電波工業高専電波通信学科卒業。同年国際電信電話 (株) (現, KDDI (株)) 入社。2007 年 (株) KDDI 研究所へ出向。2013 年 (株) トヨタ IT 開発センターへ出向。2010 年放送大学大学院文化科学研究科文化科学専攻修士課程修了。現在, (株) トヨタ IT 開発センター開発・調査部 シニアリサーチャー。テレマティクス関連デバイス等の開発に従事。総合研究大学院情報学専攻博士後期課程在籍。

呉 剣明 (正会員) ji-wu@kddilabs.jp

1998 年上海交通大学コンピュータサイエンス卒業。同年 (株) アクセス研究開発部入社。2002 年早稲田大学国際情報通信研究科修士課程修了。2005 年同大学院博士課程修了。同年 (株) KDDI 研究所入社。2008 年 KDDI (株) 入社し, KDDI 研究所へ出向。現在, (株) KDDI 研究所ユーザインタフェースグループ研究主査。モバイルアプリケーションおよびプラットフォームに関する研究に従事。電子情報通信学会, 日本教育工学会会員。博士 (国際情報通信学)。

村松 茂樹 (正会員) mura@kddilabs.jp

1999 年東京大学大学院工学系研究科電子情報工学専攻修士課程修了。同年 KDD (株) (現, KDDI (株)) 入社し, (株) KDD 研究所 (現, (株) KDDI 研究所) へ出向。現在, (株) KDDI 研究所データマイニンググループ研究主査。位置推定, 行動認識等に関する研究に従事。本会 2011 年度論文賞受賞。

木村 寛明 (非会員) ha-kimura@kddilabs.jp

1991 年東北大学工学部電気工学科卒業。1993 年東京工業大学総合理工学研究科物理情報工学専攻修了。同年 KDD (株) (現, KDDI (株)) 入社。2007 年 (株) KDDI 研究所へ出向。現在, (株) KDDI 研究所メディア開発グループ開発グループリーダー。メディアおよび教育分野のプラットフォーム等の開発に従事。

投稿受付: 2013 年 7 月 3 日

採録決定: 2013 年 11 月 26 日

編集担当: 西 直樹 (NEC)