

Bluetooth ビーコンを用いた近接情報伝播機構の実装とその応用

渡邊 正人¹ 大園 忠親² 新谷 虎松²

概要:我々は, Bluetooth ビーコン (以下, ビーコン) の特長に着目し, ビーコンに基づく新たなユーザインタフェースの構築を目的としている. ビーコンには, 一度発信されたビーコン B によって, ビーコン B を受信した複数のビーコン受信機に, インタクションが可能であるという特長がある. しかし, ビーコンは 2.4GHz 帯の電波であるため, 人の体やデバイス自身などの障害物によって減衰することがある. そのため, インタクションするデバイスを, ユーザが適切に選択できない可能性がある. 本研究では, ビーコン発信機と近接したビーコン受信機に, ビーコンの受信と同時にビーコンを発信させる, 近接情報伝播機構を開発した. 本機構によって, 近接したすべてのビーコン受信機が受信したビーコンの, 障害物による減衰を軽減できたことを実験で確認した. 本機構をユーザインタフェースに応用することで, 物理的に近くにまとまったデバイスとインタクションが可能である. 本稿では, 近接情報伝播機構の実装方法および近接情報伝播機構の応用例について述べる.

Implementing an Immediate Information Propagation Mechanism Using Bluetooth Beacons and Its Applications

MASATO WATANABE¹ TADACHIKA OZONO² TORAMATSU SHINTANI²

Abstract:

We aim to develop a novel user interface based on Bluetooth beacons. The user interface enables all devices in the same space to interact with each others. However, in some situations, human bodies and beacon devices absorb 2.4GHz waves. Bluetooth uses the 2.4GHz band. Users and beacon devices in a detection area can attenuate Bluetooth signals. In this study, we implemented an immediate information propagation mechanism. In the mechanism, a beacon receiver resends beacons sent from a beacon transmitter to the immediate receivers. We observed that the mechanism can reduce problems of the attenuation of Bluetooth signals received by all immediate beacon receivers in experiments. This paper describes the implementation of the mechanism and its applications.

1. はじめに

複数のデバイスをグループ化し, 一括で操作することで, 作業効率の改善が見込める場合がある. 例えば, 教育やビジネスの現場でタブレットデバイスを配布してペーパーレス会議を行うことがある. 配布するタブレットデバイスを,

会議の種類毎に事前に準備して配布できると, 会議の参加者への負担が減り, 速やかに会議を開始することができる. タブレットデバイスの準備の一例として, 会議毎に異なるトークンによるログインを想定する.

Bluetooth ビーコン (以下ビーコン) に基づく近接情報をういたグループ化手法は, 近接しているすべてのデバイスを一括でグループ化できる. グループ化のためにグループ化対象のすべてのデバイスを操作する必要がない. また, グループ化対象のデバイスを空間的に集めるだけで, グループ化を行う事ができる. そのため, デバイスを直感的にグループ化できる.

¹ 名古屋工業大学大学院創成シミュレーション工学専攻
Department of Scientific and Engineering Simulation, Graduate School of Engineering, Nagoya Institute of Technology

² 名古屋工業大学情報工学専攻
Department of Computer Science and Engineering, Graduate School of Engineering, Nagoya Institute of Technology

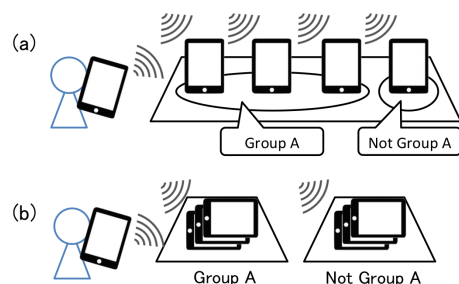


図 1 一カ所にまとめておいたデバイスの Bluetooth ビーコンによるグループ化

Fig. 1 Grouping some devices gathered in one place using bluetooth beacon

Bluetooth に基づく近接情報を用いたデバイスのグループ化手法において、デバイスによる電波の減衰、および近隣のグループの区別が課題となる。例えば、一カ所にまとめておいたデバイスが、互いに Bluetooth の電波を減衰させてしまい、近接しているかどうか判別できず、グループ化できない場合がある。また、二カ所にデバイスをまとめて置いた際、それらを二種類のグループとしてグループ化するのか、一つのグループとしてグループ化するのかの区別が困難である。

本稿では、Bluetooth に基づく近接情報を用いたデバイスのグループ化手法における 2 つの問題を解決するための手法について述べる。一つ目の課題を解決するため、近接情報伝播機構を開発した。近接情報伝播機構をもちいると、一カ所にまとめておいたデバイス間で、Bluetooth の電波を逐次的に伝播させることができる。また、二つ目の課題が解決可能か議論するため、2 カ所にまとめておいたデバイス群の、各デバイスの受信信号強度を計測する実験を行った。実験の結果以降、本稿では 2 章でグループ化手法における課題とその解決手法について議論する。3 章では、近接情報伝播機構の実装方法およびその応用について述べる。4 章では、デバイスによる電波の減衰を確認する実験および近隣のグループの区別に向けた予備実験について述べる。

2. Bluetooth に基づく近接情報を用いたグループ化手法における課題

図 1 の (a) のように、テーブルにビーコン受信機を並べてビーコンを受信させると、最大で -30dBm (デシベルミリ) 程度の受信信号強度 (RSSI) の差が生じた。図 1 の (b) のように、ビーコン受信機を重ねて設置した場合も、重ねて置いたビーコン受信機毎の RSSI の差が最大で -30dBm 程度計測された。(a) の場合では、iPad Air 7 台を並べ、端の一台の上にビーコン発信機置いて計測した。(b) の場合では、iPad Air 7 台を縦に重ねて置き、その上にビーコン発信機を置いて計測した。

この差は、図 1 の (a) および (b) のような状況下にあるデバイスのグループ化を可能にするために課題となる。距離による RSSI の減衰と、障害物による RSSI の減衰の区別ができず、ビーコンを受信可能な範囲内のデバイスを、適切にグループ化できない可能性があるからである。

また、2 カ所にまとめて置いたデバイス群を、異なるグループとしてグループ化したい場合、単にビーコン発信機と近接しているかどうかだけでは困難である。

デバイスのグループ化が可能な先行研究についていくつか述べる。本研究で利用している iBeacon は、ジオフェンスとしてよく利用される。He ら [1] の提案システムは、iBeacon をジオフェンスとして利用する典型であり、iBeacon 受信機をもつユーザが iBeacon 発信機に近づくことでシステムの恩恵を受けることができる。iBeacon 発信機を中心とするジオフェンスによってグループ化を行うことが考えられるが、図 1 の (a) および (b) のような場面では、上記の RSSI の減衰に対応できない。

Kao ら [2] は、人の爪にフィットするほど小型な、爪形の入力インタフェースを実現した。本インタフェースへの入力データを、Bluetooth Low Energy (BLE) 規格の信号によって、PC かあるいはスマートフォンに送信している。Kao らの提案インタフェースでは、単なる通信技術として BLE を利用している。しかし、このような小型の入力インタフェースに我々の研究を応用することで、距離に基づく多彩な入力インタフェースの構築が期待できる。

デバイスを識別する手法として、Aumi ら [3] は、ドップラー効果を応用したデバイス選択手法を提案している。ユーザが手に持ったデバイスのスピーカーからは音が発生しており、手に持ったデバイスを振るジェスチャーや、選択したいデバイスに向かって押し出すようなジェスチャーによって、ドップラー効果が生じる。音を受信したデバイスが適切にドップラー効果を認識したとき、音を認識したデバイスが選択される。Aumi らの手法は、スピーカーおよびマイクを持つデバイスに適用が可能であり、適用範囲に優れている。また、スピーカーつきのデバイスを用いた自然なジェスチャーによってデバイスの識別が可能である。我々の研究では、デバイスの識別のためにデバイス間の距離の制約を設けることで、ユーザに対して、どのデバイスに対して識別を行っているかを把握させる狙いがある。

鈴木ら [4] は、タブレットデバイスを画面をまたぐようにスワイプすることで、インタラクシオンするデバイスの識別を可能にするペラスワイプを提案している。ペラスワイプは、直感的な操作によってデバイスの識別が可能な点と、一つのデバイスを識別するための操作時間に優れる点が指摘できる。しかし、ペラスワイプは同時に複数のデバイスを識別することを考慮しておらず、一度に複数台のデバイスを識別する際、識別対象の全てのデバイス上でスワイプイベントを発生させる必要がある。本機構ではビーコ

ンの受信によってデバイス間のインタラクシオンが可能のため、ビーコンが受信可能な範囲内においては、インタラクシオンのためにユーザーの操作が必要ない点が優れる。

直感的なジェスチャーによってデバイス同士の通信を可能にする手法が研究されている。Goel ら [5] は、共有のテーブル上に置いたスマートフォンの間をなぞることで、デバイス間の通信をコントロールするシステムを実現した。スマートフォンに内蔵された加速度センサーおよびバイブレーションモーターを利用し、さらに追加でスマートフォンにスピーカーを装着し、利用することで、デバイス同士が共有のテーブルに置かれているかどうかを検知する。さらにデバイス間で行ったジェスチャーを検知する。デバイス間の通信やデバイスとのインタラクシオンに関わる手法は、複数のデバイスに適用することを考えると、デバイスに新しく機器を装着しないで適用可能な方が望ましい。デバイスの数が増加するにつれ、デバイスに新しく装着する機器を用意する必要があり、コストがかかるからである。さらに、デバイスだけでなく新しく装着する機器も管理および維持する必要があり、運用のためのコストを高めてしまう。我々は、多くのデバイスに既に普及している Bluetooth の発信機能および受信機能を利用することで、上記のコストの発生を抑えた。

3. Bluetooth ビーコンを用いた近接情報伝播機構

3.1 基盤技術

本機構では、ビーコンを用いて近接情報を発信する。ビーコンは、iBeacon に基づく 2.4GHz 帯の信号である。ビーコン受信機がビーコン B を受信すると、ビーコン情報 I_B を取得することができる。 I_B には、 B を発信する際に UUID, Major および Minor という 3 種類の ID が付与され、 B を受信する際に RSSI および Proximity が付与される。 RSSI は、 B の受信信号強度であり、 Proximity は、 RSSI を元に概算した、ビーコン発信機とビーコン受信機間の距離の評価値である。 Proximity は、 Immediate, Near, Far および Unknown の 4 種類である。

図 2 に本機構の構成図を示す。本機構は、iOS アプリケーションを開発する際に組み込むライブラリの一つとして実装した。そのため、iOS アプリケーションを開発する際、開発者が独自に実装した他の機構 O (図 2 中の iOS アプリケーション A に組み込まれた別の機構) と連携が可能である。本機構が、ビーコン B を受信してからビーコン B'' を発信するまでの流れを、実線の矢印で表している。破線の矢印は、本機構が他の機構 O と連携する場合の入出力を表している。本機構は、ビーコンの受信を契機に動作する。ビーコン受信機構がビーコン B を受信すると、受信したビーコン B からビーコン情報 I_B を抽出し、近接判定機構に入力する。近接判定機構では、入力され

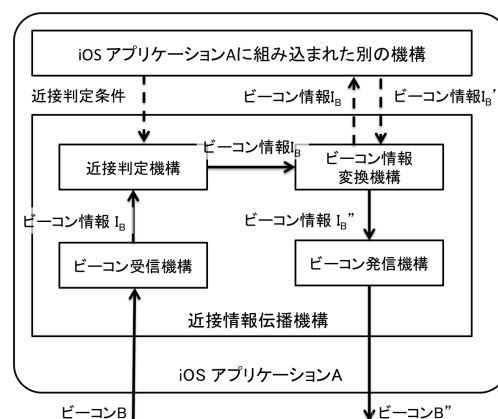


図 2 近接情報伝播機構の構成図

Fig. 2 Proximity information propagation module.

た I_B の Proximity が、近接判定条件を満たすかどうかを判定する。近接判定条件は、 $I_B.proximity \leq Immediate$, $I_B.proximity \leq Near$ および $I_B.proximity \leq Far$ から一つ選択して設定する。 $I_B.proximity \leq Immediate$ は、 I_B の Proximity が Immediate 以上に近い評価値であるということを表している。本機構は、他の機構 O から近接判定条件を変更することができる。近接判定条件を満たす場合、 I_B をビーコン情報変換機構に入力する。ビーコン情報変換機構では、機構 O に I_B を入力し、他の機構 O からビーコン情報 I_B' を取得する。その後、 I_B' をビーコン情報 I_B'' に代入し、 I_B'' をビーコン発信機構に入力する。機構 O と連携しない場合は、 I_B を I_B'' に代入し、 I_B'' をビーコン発信機構に入力する。ビーコン発信機構は、 I_B'' をもとにビーコン B'' を生成し、発信する。以上を、本機構を組み込んだ複数のデバイス間で繰り返すことを、近接情報伝播と呼ぶ。

デバイス $D_1 \sim D_n$ に近接情報伝播が起きたとすると、近接情報伝播の終了条件を定めない限り、 $D_1 \sim D_n$ はビーコンを発信し続けてしまう。近接情報伝播の終了条件は、デバイス $D_1 \sim D_n$ に近接情報伝播が起きた時刻 t から t_l 秒経過したときとする。デバイス $D_m (1 \leq m \leq n)$ が近接情報伝播によって伝播するビーコン B を受信したとき、受信した時刻 t_{D_m} および B のビーコン情報 I_B をサーバに送信する。サーバサイドではまず、 I_B に紐付いた t_{D_m} が保存されているかを確認する。保存されていない場合は、 t_{D_m} を t として、 I_B に紐付けて保存する。保存されている場合は、時刻 t_{D_m} が、時刻 t から t_l 秒経過しているか判定する。 t_l は、本機構を組み込んだ iOS アプリケーションから設定可能である。

3.2 近接情報伝播機構を用いたデバイス識別手法

本機構を用いることで、一カ所に集めたデバイスに ID を割り振り、グループ化することができる。デバイスに割

Input: I_B

Output: $groupID$

```

1:  $groupID \leftarrow getCurrentGroupID()$ 
2:  $I_b \leftarrow getIdentifyingBeacon(groupID)$ 
3: if  $checkBeacon(I_B, I_b) \cup I_b$  is empty then
4:   if  $judgeProximity(I_B.rssi)$  then
5:      $BM \leftarrow getBeaconManager()$ 
6:      $advertise(I_B)$ 
7:      $groupID \leftarrow createGroupID(I_B)$ 
8:      $storeIdentifyingBeacon(I_B)$ 
9:   else
10:     $stopAdvertise()$ 
11:     $removeIdentifyingBeacon()$ 
12:   end if
13: end if

```

図 3 近接情報伝播によるデバイス識別手法

Fig. 3 Device identification algorithm based on immediate information propagation mechanism.

り振られた ID を元に、あるデバイスがどのグループに所属しているか判断することを、デバイス識別と呼ぶ。

図 3 は、本デバイス識別手法の一連の流れを示している。入力を受信したビーコン B のビーコン情報 I_B である。出力はどのグループかを示す $groupID$ である。まず、1 行目の $getCurrentGroupID()$ で、ビーコンを受信したデバイスが属する $groupID$ を取得する。どのグループにも属していない場合は、空の値を取得する。2 行目の $getIdentifyingBeacon()$ では、 $groupID$ を取得した際のビーコン情報を取得し、 I_b に格納している。3 行目の $checkBeacon(I_B, I_b)$ は、 $I_B.uuid$ と $I_b.uuid$ 、 $I_B.major$ と $I_b.major$ および $I_B.minor$ と $I_b.minor$ を比較し、すべてが一致する場合に真を返す関数である。 $checkBeacon(I_B, I_b)$ が真であるか、 I_b が空の値である場合、4 行目以降の処理に移る。4 行目の $judgeProximity(I_B.rssi)$ は、 I_B が近接判定条件を満たす場合に真を返す。 I_B が近接判定条件を満たす場合、5,6,7 行目の処理を実行する。5 行目の $advertise(I_B)$ では、 I_B を元にビーコン B を生成し、 B を発信している。6 行目では、 I_B を元に $groupID$ を生成し、図 3 の出力の $groupID$ に格納している。6 行目の $createGroupID(I_B)$ は、 $I_B.uuid$ 、 $I_B.major$ および $I_B.minor$ を入力すると、 $groupID$ を出力する関数である。7 行目の $storeIdentifyingBeacon(I_B)$ では、 $groupID$ の生成に用いた I_B を保存している。9,10 行目は、 $groupID$ の生成に用いた I_B が、近接判定条件を満たさない場合に実行される処理である。9 行目の $stopAdvertise()$ は、ビーコンの発信を停止する関数である。10 行目の $removeIdentifyingBeacon()$ では、7 行目の $storeIdentifyingBeacon(I_B)$ で保存された I_B を削除している。9,10 行目の処理が実行された段階では、 $groupID$ は削除されない。一度付与された $groupID$ の削除には、別途処理を行う仕様にした。 $groupID$ を削除せずに保持することで、同じ $groupID$ を持つデバイス同士が近接判定

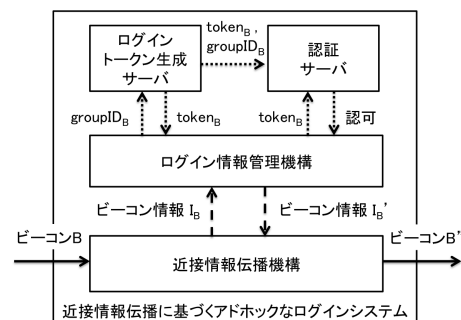


図 4 近接情報伝播機構に基づくログインシステムの構成図

Fig. 4 Authentication system based on immediate information propagation.

条件を満たさない場合でも、デバイス識別を行うことができるからである。

本デバイス識別手法を用いた、近接情報伝播に基づくアドホックなログインシステムについて述べる。本システムでは、近接情報伝播機構を用いてデバイス識別を行い、近接情報伝播が起きたデバイスに $groupID$ を割り振る。 $groupID$ が割り振られたデバイスは、 $groupID$ を用いてログインに必要な認証情報を取得し、ログインすることで、サーバ上のコンテンツへのアクセスが認可される。本システムによって、例えば、必要な台数だけデバイスを用意し、デバイス同士が近接判定条件を満たした状態で、一度ビーコン発信機を近づけることで、用意したデバイスすべてをログインさせることができる。用意するデバイスの台数が増加した場合でも、一度のビーコン発信機を近づける動作によって、近接判定条件を満たすすべてのデバイスに対してログインさせることが可能である。

本システムの構成図を、図 4 に示す。本システムは、近接情報伝播機構、近接情報伝播機構と連携するログイン情報管理機構、ログイントークン生成サーバおよび認証サーバによって構成される。ログイン情報管理機構は、近接情報伝播機構からビーコン情報 I_B を受け取ると、 $I_B.uuid$ 、 $I_B.major$ および $I_B.minor$ を用いて $groupID_B$ を生成する。 $groupID$ をログイントークン生成サーバに送信すると、認証情報に紐付いた $token_B$ が、ログイントークン生成サーバから返信される。この時、 $groupID_B$ および $token_B$ が認証サーバに送信され、 $groupID_B$ 、 $token_B$ および認証情報が紐付けられる。ログイン情報管理機構は、受け取った $token_B$ を認証サーバに送信することで、認証が完了し、認証サーバから認可情報が送信される。認可情報によって、本システムは認証サーバ上のコンテンツにアクセスすることができる。

本システムを用いて、スタンドを用いて棚に iPad を陳列したまま、iPad 用アプリケーションのログインを行う様子を図 5 に示す。図 5 中の 7 台の iPad に対して、近接情報伝播機構を用いてログインさせようとする途中である。

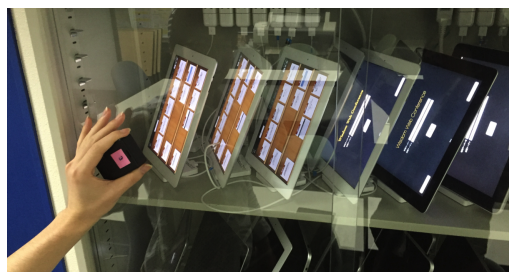


図 5 近接情報伝播機構に基づくログインシステムの動作例

Fig. 5 Behavior of authentication system based on immediate information propagation.

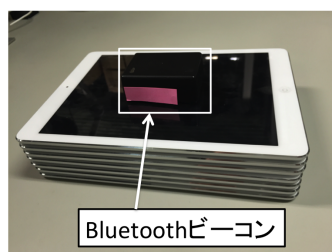


図 6 デバイスを重ねた際の Bluetooth ビーコン電波強度測定実験の実験環境

Fig. 6 Experimental environment to measure the Bluetooth signal strength of piled beacon receivers.

図 5 では 3 台の iPad 上でアプリケーションがログインし、画面が遷移している。図 5 の様に、デバイスを保管したままアプリケーションのログインを完了し、デバイスを配布するといった運用が可能になる。ログインの手間を配布される側に強いることがなくなり、iPad 用アプリケーションの運用性を高めることが期待できる。

4. 評価実験

複数のデバイスが近接した状態の時、デバイス同士がビーコンの障害物となり、ビーコンを減衰させてしまう場合がある。複数のデバイスが近接した状態の一つとして、デバイスが重なった状態でビーコンを受信させ、時刻 $t(1 \leq t \leq 300)$ における RSSI を計測した。実験環境を図 6 に示す。縦 0.8m × 横 1.4m のテーブルの中央に、iPad Air を画面を上向きに 7 台設置した。iPad Air は最上位から No.1, No.2, ..., No.7 というラベルが割り当てられており、No.1 の中央にビーコン発信機を設置した。実験に用いたビーコン発信機は、アプリックス社製の MyBeacon[7] である。実験に用いたビーコン発信機を BTR と呼ぶ。BTR は、実験開始までビーコンを発信していないが、実験開始時に人手でビーコンを発信させた。そのため、実験開始後 5 秒程度の間、実験環境周辺の障害物（人）の配置が変動した。

実験結果を図 7 に示す。図 7 の横軸は、時刻 t (秒) を表しており、縦軸は時刻 t における BTR が発信したビーコ

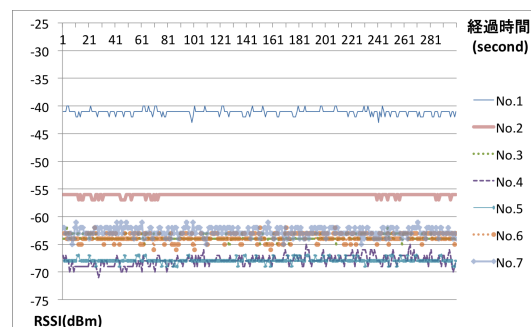


図 7 デバイスを重ねた際の Bluetooth ビーコン電波強度測定実験の結果

Fig. 7 Experimental result without the immediate information propagation.

ンの RSSI を表している。BTR の真下にあった No.1 は、RSSI が $-43 \sim -40$ dBm で安定しており BTR の Proximity はすべての時刻 t において Immediate であった。BTR と iPad Air が接触しており、間に障害物がない場合には、安定して Proximity が Immediate となることがわかる。No.1 の真下に置いた No.2 は、すべての時刻 t において No.1 に比べて RSSI が低く、 $-57 \sim -56$ dBm で安定した。Proximity はすべての時刻 t において Near となった。No.3, No.6 および No.7 は、RSSI が $-67 \sim -62$ dBm の間でばらつき、Proximity はすべて Near となった。No.4 および No.5 は他の iPad Air と比べ、RSSI は低くなり、 $-71 \sim -66$ dBm の間でばらついた。No.4 の Proximity は、時刻 $t_4(0 \leq t_4 \leq 15)$ において Far となり、それ以外は Near となった。No.5 の Proximity は、時刻 $t_5(0 \leq t_5 \leq 29)$ において Far となり、それ以外は Near となった。すべての No.1~No.7 は、BTR から 10cm (センチメートル) 以内にありながら、Proximity が Immediate となったのは No.1 のみにとどまり、iPad Air が重なった状態だと、実験結果のようにビーコンが減衰することが確認できた。

次に、図 6 と同様の実験環境で、No.1~No.7 に、近接情報伝播機構を組み込み、No.1~No.7 が受信したビーコンの、時刻 $t(1 \leq t \leq 300)$ における RSSI を計測した。実験結果を図 8 に示す。No.1 および No.2 の RSSI は、 $-35 \sim -32$ dBm の間で安定した。No.3~No.7 が計測した RSSI は $-45 \sim -36$ dBm の間でばらついているが、いずれも図 7 よりも RSSI の値が大きい。また、No.1~No.7 が受信した BTR のビーコンの Proximity は、すべて Immediate となった。1 種類のビーコンを用いて、重ねて置いた No.1~No.7 に、Immediate を計測させることに成功した。以上より、Immediate をグループ化の基準とすると、重ねて置いたデバイスをグループ化可能であると考えられる。

5 台ずつ iPad Air 2 を重ねて置き、近接情報伝播によって二つのグループに分けられるかどうか検証するための予備実験を行った。図 9 の上図の様に、iPad Air2 を 5 台ずつ重ねて 20cm 離して置いた。iPad Air2 には、あらか

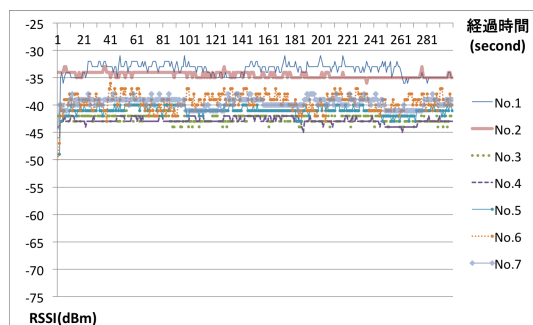
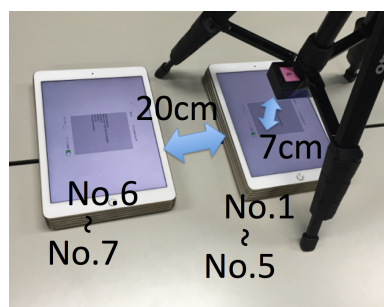


図 8 近接情報伝播機構を用いた場合の実験結果

Fig. 8 Experimental result with the immediate information propagation.



	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7	No.8	No.9	No.10	BTR
No.1		-36	-43	-43	-43	-52	-69	-62	-66	-63	-50.3
No.2			-44	-48	-49	-64	-84	-85	-80	-88	-57.25
No.3				-42	-46	-62	-83	-80	-81	-85	-54.78
No.4					-47	-66	-85	-87	-85	-88	-65.45
No.5						-62	-82	-80	-81	-85	-60.46
No.6							-36	-39	-42	-48	-51.98
No.7								-40	-45	-48	-62.09
No.8									-42	-42	-62.89
No.9										-40	-63.11
No.10											-63.31

図 9 近接情報伝播機構によって近隣のグループを区別するための予備実験環境 (上図) と結果 (下図)

Fig. 9 Preliminary experimental environment and result with the immediate information propagation for discriminating nearby groups.

じめ番号を割り振り, No.1 ~ No.5 と No.6 ~ No.10 に分けておいた. No.1 は重ねた iPad の最上位である. BTR は, No.1 の中心に置き, 画面側に垂直に 7cm 離れたところに固定した. この状態で, すべてのデバイスにビーコンを発信させ, BTR を除くすべてのデバイスが受信したビーコンの RSSI を, 図 9 の下部にまとめる. 図 9 の下部の表は, 行項目に受信側のデバイス名を, 列項目に発信側のデバイス名を記載した. 図 9 の下部の内, Proximity が Immediate となった箇所をマークした. 単純に Proximity が Immediate となったデバイス同士でグループ化すると, No.6 を No.1 ~ No.5 のグループとするか, No.7 ~ No.10 のグループとするか判断できない. 本実験では, 二つのデバイス群の間の距離および No.1 から BTR までの距離が一定のまま RSSI の計測を行ったが, 今後実験を繰り返し, 近隣のデバイスのグループを区別できるか検証する.

5. おわりに

一カ所にまとめたデバイスのグループ化を可能にする, 近接情報伝播機構を実装した. 本機構は, Bluetooth ビーコンの発信機能と受信機能を持つ. 本機構はビーコンを受信後, 近接判定条件を満たす場合, ビーコンを発信する. 近接情報伝播機構を組み込んだ複数のデバイスがビーコンを逐次的に伝播することで, 一カ所にまとめたデバイス同士を同じグループとしてグループ化する. Bluetooth ビーコン電波強度測定実験により, 近接情報伝播機構が, 一カ所にまとめて置いたデバイスを識別できることを示した. デバイスが一カ所にまとめた状態の例として, デバイスを重ねて置いた状態でビーコンの受信信号強度を計測した. 計測結果から, デバイスを重ねた状態でのグループ化が可能であると結論づけた. 本機構を応用したログインシステムを実装した. iPad を配布し, iPad 用のアプリケーションを運用する場面において, 配布する iPad のログインを一括で行うことができる. ログインの手間を配布される側に強いることがなくなり, iPad 用アプリケーションの運用性を高めることが期待できる.

参考文献

- [1] Zhiqiang He, Binyue Cui, Wei Zhou, and Shigeki Yokoi, "A proposal of interaction system between visitor and collection in museum hall by iBeacon." The 10th International Conference on Computer Science & Education (ICCSE), IEEE, 2015, pp.427-430.
- [2] Hsin-Liu (Cindy) Kao, Artem Dementyev, Joseph A. Paradiso, and Chris Schmandt, "NailO: Fingernails as an Input Surface." In the Proceedings of the 33rd Annual ACM Conference on Human Factors in Computing Systems. ACM, 2015, pp.3015-3018.
- [3] Md Tanvir Islam Aumi, Sidhant Gupta, Mayank Goel, Eric Larson, and Shwetak Patel, "Doplink: Using the doppler effect for multi-device interaction." In the Proceedings of the 2013 ACM international joint conference on Pervasive and ubiquitous computing. ACM, 2013, pp.583-586.
- [4] 鈴木亮詞, 村瀬隆拓, 白松俊, 大園忠親, 新谷虎松, "タブレット端末のためのスマートサイネージシステムの実装について." コンピュータソフトウェア, Vol.30, No.2, 2013, pp.176-190.
- [5] Mayank Goel, Brendan Lee, Md. Tanvir Islam Aumi, Shwetak Patel, Gaetano Borriello, Stacie Hibino, and James Begole, "SurfaceLink: using inertial and acoustic sensing to enable multi-device interaction on a surface." In the Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems. ACM, 2014, pp.1387-1396.
- [6] iBeacon, "<https://developer.apple.com/ibeacon/>"
- [7] MyBeacon, "<http://www.aplix.co.jp/product/mybeacon/mb004ac/>"