

Bluetooth ビーコンを用いた近接情報伝搬によるアドホックなデバイス識別手法について

渡邊 正人, 大園 忠親, 新谷 虎松

本研究では, Bluetooth ビーコンを用いた近接情報伝搬によるアドホックなデバイス識別手法を提案する. スマートフォンやタブレットデバイス (以下, まとめてデバイスと呼ぶ) を用いた協調作業において, アドホックにデバイスを識別することが重要である. ここでは, アドホックなデバイス識別における運用性を高めるために, デバイス間の近接情報を, 近接したデバイスに伝搬させる. 本稿では, 近接情報伝搬によるアドホックなデバイス識別手法について述べ, さらに, 本手法を応用したシステムとして, スマートフォンおよびタブレットデバイス向けの, クリップボード共有システムを説明する. クリップボードは様々なアプリケーションからアクセス可能である. クリップボードの共有基盤を作成することで, 既存のアプリケーションを用いた協調作業を可能にする.

1 はじめに

5 名 ~ 10 名程度のグループを組んで行う協調作業では, グループメンバーの入れ替わりとともに, グループメンバーが利用するデバイスが入れ替わる協調作業 (アドホックな協調作業と呼ぶ) を支援することは重要である. アドホックな協調作業支援のためには, 特に, グループメンバーが用いるデバイスを識別する必要がある. 本稿では, 以下の 3 点について述べる. グループメンバーの入れ替わりを想定したアドホックなデバイス識別手法, アドホックなデバイス識別のために考慮すべき項目およびアドホックなデバイス識別手法の応用の 3 点である.

アドホックな協調作業のためのデバイスの識別では, 考慮すべき三つの項目がある. 識別のための操作時間, 識別の精度, および同時識別台数である. 協調作業支援のためのデバイス識別手法が提案されてい

るが, 既存手法では一度に同時に複数のデバイスを識別することを考慮していない. 複数のデバイスを逐次的に識別するための操作時間がかかるため, アドホックな協調作業のためのグループメンバーが用いるデバイスの識別に適用することは困難である.

本研究では, Bluetooth ビーコンに基づく同時デバイス識別手法を実現した. Bluetooth ビーコン (以下 ビーコン) は, 定期的に発信される Bluetooth Low Energy に基づく信号である. ビーコンによって, 互いに近接しているデバイスの情報を交換し, 同一グループとして識別する. 本手法の応用として, アドホックな協調作業支援システムの運用のための, 環境設定情報共有モジュールを開発する. 本モジュールでは, 本手法によって同一グループであると識別されたデバイス間で, アプリケーションの環境設定情報を共有することができる. 例えば, サーバへのアクセスが必要となるアプリケーションを動作させるにおいて, ホスト名, ポート番号, アクセストークンを共有することができる. 本モジュールによって, アドホックな協調作業支援システムの運用性を高めることができる. さらに, 本手法を応用し, アドホックな協調作業のためのクリップボード共有システムを実装する. 本システムは, 既存のアプリケーションを併用して情報を収集することを想定している. 一つの目的のもとに

On an Identification Method Based on Immediate Information Propagation Using Bluetooth Beacon
Masato Watanabe, 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 Information and Computer Science, Waseda University.
Tadachika Ozono, Toramatsu Shintani, 名古屋工業大学大学院情報工学専攻, Department of Computer Science and Engineering, Graduate School of Engineering, Nagoya Institute of Technology.

Web 上から検索し収集した情報にくわえ、デバイスに保存された画像や、アプリケーション上から取得できる情報を収集する。また、グループメンバーを入れ替えながら情報を収集することで、メンバーが固定されたグループに比べ、多様な収集結果が得られることが期待できる。

2 関連研究

小木ら [3] は、Bluetooth を用いてデバイスを識別する際の問題点について言及している。Personal Area Network(PAN)^{†1}における Bluetooth ベースのデバイス識別では、識別する対象のデバイスをネットワーク上から検索し選択する必要があり手間である。小木らの提案手法では、可視光レーザを用いて、レーザポインタのように識別する対象のデバイスを選択することができる。識別する対象のデバイスを簡便に選択することができ、一つのデバイスを識別するための操作時間に優れている。しかし、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、アドホックな協調作業のためのデバイス識別に応用することは困難である。本手法では、ビーコンの信号強度 (RSSI) に基づくデバイス間の距離を元に、識別するデバイスを選択することができる。デバイス間の距離を、識別するデバイスの選択方法とすることで、識別対象のデバイスを、識別対象の候補一覧から選択する手間を削減することができる。

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、デバイスを識別するベアスワイプを提案している。ベアスワイプでは、デバイスの識別を直感的な操作で行うことができる点と、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、ベアスワイプにおいても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。本手法においても識別対象のデバイスにイベントを発生させる必要があるが、ビーコンの受信を契機としてイベントが発生するため、イベントの

発生のためにユーザの操作が必要ない。

本手法の応用として、アドホックな協調作業のためのクリップボード共有システムを実装する。本システムは、一つの目的のもとに協調的に Web 上の情報を検索する協調検索 [1] を拡張し、協調検索に用いるスマートフォンやタブレットデバイスに導入されたアプリケーション上の情報およびデバイスに保存された情報を収集可能にする。グループのメンバーを入れ替えながら情報を収集することが可能なため、固定されたグループメンバーでは収集し得なかった情報を収集可能にする効果が期待できる。

既存のアプリケーションを共有可能にする研究がされている。佐藤ら [2] は、既存のアプリケーションを共有可能にする際の、アプリケーションのバージョンの違いによる操作性の異なりについて言及し、その操作性の異なりを保管するための操作互換を提案した。本手法の応用である、アドホックな協調作業のためのクリップボード共有システムは、既存のアプリケーションと併用することで、既存のアプリケーションを共有可能にする。そのため、既存のアプリケーションの操作性をそのままに、運用することができる。

3 近接情報伝搬によるアドホックなデバイス識別手法

操作時間、識別精度、および同時識別台数のすべてに優れる識別手法として、識別情報の伝搬に基づく新たな識別手法を開発した。本手法では、ビーコンを用いてデバイス同士が近接か判定することで、デバイス識別を行う。ビーコンを用いた識別手法は、識別を自動で行うため操作時間に優れる。ビーコンの受信を契機にして識別を行うため、ユーザが識別のためにデバイスに情報を入力する必要がない。識別範囲を狭くすることで、識別精度を向上させることができる。ビーコンの RSSI は、発信機と受信機の距離に応じて減衰する。さらに、発信機と受信機の間に障害物がある場合、ビーコンの RSSI は減衰する。これら 2 つの原因によってビーコンの RSSI の減衰すると、識別精度が低下する。本手法では、識別範囲を半径 10cm 程度の球とした。ビーコン発信機およびビーコン受信機の距離が 10cm 程度より短い場合、同じグループの

^{†1} IEEE 802.15. <http://www.ieee.org>

デバイスであると識別する。また、半径は厳密に定めることができないため、10cm程度とした。ビーコンのRSSIの減衰具合が、湿度に応じてゆらぐからである。一方で、識別範囲を狭くすると、同時識別台数が減少する。ビーコン発信機が発信したビーコン当たりの、識別可能なビーコン受信機の数が増える。そのため、複数のデバイスを識別する場合の手間が増え、操作時間が増加する。識別範囲を広くと、識別精度が低下する。識別範囲はユーザにとって可視化されていないため、識別範囲が広いと、ユーザが予期しないデバイスが識別される可能性がある。そのため、識別範囲を広くと、識別精度が低下する。

本手法では、ビーコンを受信したデバイスが発信元のデバイスと同一のグループであると識別した場合、受信したビーコンと同じ識別子を持つビーコンを発信する。このようにして複数のデバイス間でビーコンの受信と発信を繰り返すことをビーコンの伝搬と呼ぶ、ビーコンを伝搬させることで、同時識別台数を減らすことなく識別精度を向上させることができる。

4 近接情報伝搬によるアドホックなデバイス識別手法の応用

近接情報伝搬によるアドホックなデバイス識別手法を応用したモジュールおよびシステムについて記述する。本手法を応用することで、アドホックな協調作業のためのアプリケーションに必要な不可欠な操作を、簡便に行うことが可能になる。そのため、アドホックな協調作業のためのアプリケーションの運用性の向上が期待できる。

4.1 環境設定情報共有モジュール

本手法を応用した、環境設定情報共有モジュールについて記述する。環境設定情報とは、アプリケーションの動作や表示を調整する設定情報のことである。例えば、サーバへのアクセスが必要となるアプリケーションでは、ホスト名、ポート番号およびアクセストークンが環境設定情報である場合がある。アドホックな協調作業のためのアプリケーションでは、使用するデバイスに環境設定情報を入力することは必須である。しかし、アドホックな協調作業では、グループ



図1 環境設定情報共有モジュール利用時の様子

メンバーの入れ替わりが起こる度に環境設定情報を入力し直す必要がある。本モジュールでは、使用するデバイスを互いの距離が10cm以内になるようにまとめ、専用のビーコン発信機を近づけることで、環境設定情報を共有することができる。このとき、共有される環境設定情報はビーコン発信機の識別子に紐づけられた情報である。ビーコン発信機の識別子に紐づける情報は、あらかじめ、本モジュールを導入したアプリケーションから登録することができる。

本モジュールは、iOSデバイス上で動作するアプリケーションの環境設定を、複数のデバイス間で共有することを可能にする。図2に、本モジュール利用時の様子を示した。環境設定情報の共有を開始するためには、専用のビーコン発信機を用いる。

本モジュールによる副次的な効果について述べる。アドホックな協調作業支援システムの結合テストの際、複数のデバイスを用いるフェーズがある。このフェーズの際、テストに用いるすべてのデバイスに環境設定情報を入力し直す手間を省くことができる。この手間を省くことで、本モジュールを組み込んだアプリケーションの開発のための作業効率を向上させ、アプリケーションの実運用までにかかる時間を短縮することができる。この時間を短縮することは、アプリケーションの実運用を繰り返し行い、アプリケーションを改善していくことにおいて重要である。あらかじめ同じ環境設定情報をデフォルトで入力しておくことは可能である。しかし、環境設定を変更する度にすべてのデバイスにアプリケーションを導入し直すことは手間であり、開発のための作業効率を下げる。本モジュールをアプリケーションに組み込むことで、

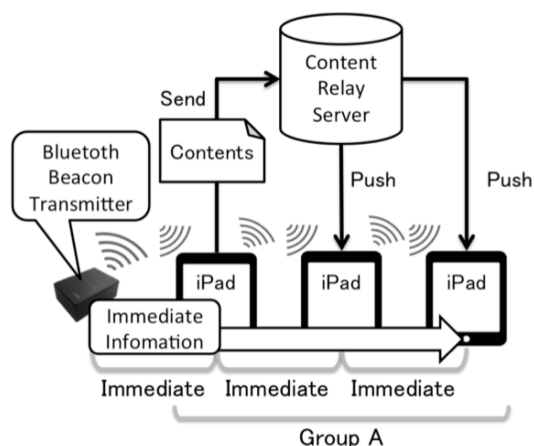


図 2 コンテンツ共有の流れ

一つのデバイスの環境設定を、他の複数のデバイスに共有させることが可能になる。

4.2 アドホックな協調作業のためのクリップボード共有システム

本手法を応用したシステムとして、アドホックな協調作業のためのクリップボード共有システムを実装した。本システムは、アドホックな協調作業のためのコンテンツの共有を支援することが目的である。コンテンツは、Web ブラウザから閲覧可能な Web 上の情報や、デバイスに保存された写真およびデバイスにインストールされたアプリケーションから取得可能な情報を指す。図 3 に、本システムによるグループ A のデバイス間でのコンテンツ共有の例を示す。図 3 では専用のビーコン発信機を用いてグループ A であるデバイスを識別しているが、本システムでは、任意のデバイスを用いて、任意のグループを識別することができる。同じグループのデバイス間で共有するコンテンツは、クリップボードから取得する。クリップボードは、多くのアプリからコンテンツを保存可能な記憶媒体である。本システムはクリップボードへのコンテンツの保存を監視し、クリップボードに保存されたコンテンツを、コンテンツ中継サーバを介して、同一グループのデバイスにプッシュ配信する。共有し

たコンテンツは div 要素となり、一つの html ファイルに保存される。コンテンツが保存された html ファイルは、本システムを用いたアドホックな協調作業の成果物として、保存することができる。

5 おわりに

近接情報伝搬によるデバイス識別手法を提案した。アドホックな協調作業のためのデバイスの識別では、識別のための操作時間、識別の精度、および同時識別台数の 3 つの項目を考慮する必要がある。本手法は、上記の 3 つの項目すべてに優れている。

本手法の応用として、環境設定情報共有モジュールを開発した。本モジュールによって、アドホックな協調作業のためのアプリケーションにおいて必要となる、環境設定情報の入力の手間を削減することができる。

さらに、本手法の応用として、アドホックな協調作業のためのクリップボード共有システムを実装した。本システムは、一つの目的のもとに協調的に Web 上の情報を検索する協調検索を拡張し、さまざまなコンテンツを収集することができる。グループのメンバーを入れ替えながら情報を収集することが可能なため、固定されたグループメンバーでは収集し得なかった情報を収集可能にする効果が期待できる。

参考文献

- [1] Morris, M. R.: A survey of collaborative web search practices, *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, ACM, 2008, pp. 1657-1660.
- [2] 佐藤慶三, 村上峻吾, 谷口智明, 中島誠: アプリケーションの共有による協調作業を促進する異なるバージョン間での操作互換, *電子情報通信学会論文誌 D*, Vol. 97, No. 8(2014), pp. 1307-1317.
- [3] 小木真人, 大木裕太, 吉永努, 入江英嗣: UDU-L: レーザポインティングによる柔軟なデバイス接続手法, *電子情報通信学会論文誌 D*, Vol. 97, No. 1(2014), pp. 155-164.
- [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. 2.176-2.190.