

推薦研究論文

コンテキストウェアな情報表示端末における 近距離無線を用いた視聴者情報の検出とコンテンツ選択

田中 碧海¹ 井上 博之^{1,2,a)}

受付日 2014年1月14日, 採録日 2014年5月26日

概要: ネットワークに接続された情報表示端末は、周辺の視聴者に関する情報をコンテンツ選択に利用することにより、特定の視聴者へ向けたコンテンツの配信が可能となる。視聴者の検出および識別の方法として、カメラや超音波センサ等を用いる手法が研究されているが、適用場所やコスト等の問題があり、また特定の視聴者へ向けたコンテンツの配信を可能とするには、収集できる情報が不足している。本研究では、近距離向けの無線通信規格 Bluetooth を用いた視聴者の検出および識別と、そこから得られた情報と嗜好推定技術とを連携させることにより、視聴者に関する情報を考慮したコンテンツの配信を行うコンテキストウェアな情報表示端末の提案および実装を行う。まず、Bluetooth の視聴者検出および識別における可能性を確認するために、情報表示端末の周辺に位置する携帯端末の Bluetooth 信号から得られる情報に着目し、事前検証実験を行った。そこで得られた Bluetooth の BDA と RSSI により、視聴者個人の識別と表示端末との距離を推定できる見通しが見つかった。次に、検証の結果をもとに Bluetooth による視聴者検出手法を用いてコンテンツ選択を行う情報表示システムの設計と実装を行った。情報表示端末に見立てた Android OS 搭載のディスプレイ装置に Bluetooth 信号検出プログラムを配置し、検出情報をネットワーク経由で情報管理サーバに送信し解析することでコンテンツ配信内容を変化させ、表示させるコンテンツを切り替える。複数の検出アルゴリズムを検討した結果、9 割の成功率で情報表示端末周辺の視聴者を検出でき、その視聴者のプロフィールに登録された嗜好に応じたコンテンツがリアルタイムに配信できることを確認できた。また、本手法では、視聴者数が増えた場合に選択の確率が平均化してしまう可能性があり、視聴者数を変化させながらコンテンツ選択を行ったところ、コンテンツの選択の効果が得られる人数は 5 人程度までであることが得られた。

キーワード: コンテキストウェアネス, コンテンツ配信, ブルートゥース, デジタルサイネージ

Audiences Detection and Content Selection for Context-aware Information Display Using Short-distance Wireless Networks

AOMI TANAKA¹ HIROYUKI INOUE^{1,2,a)}

Received: January 14, 2014, Accepted: May 26, 2014

Abstract: An information display, connected to a network, is able to deliver content toward a specific local audience, using information about the audience to select the content. Methods using cameras or ultrasonic sensors to detect and identify the audience have been studied; however, these methods are restricted by location and very expensive. Moreover, little information is collected by these methods to deliver specific content to the audience. In this research, we propose and implement a context-aware information display that delivers content based on information about the audience, obtained using the short-distance wireless communication standard, Bluetooth, and linking the obtained information with a taste-estimation technique. First, to confirm the capability of Bluetooth to detect and identify the audience, preliminary experiments were performed, focusing on information obtained from Bluetooth signals sent by mobile terminals placed around the information display. From the obtained BDA and RSSI of the Bluetooth signals, the identity of an individual and an estimation of their distance from the information display were possible. Second, based on the results of the preliminary experiments, an information display that selects content using the Bluetooth audience-detection method was designed and implemented. A program for detecting Bluetooth signals was laid out on a large display on the Android platform, function as the information display. The detected information was transmitted through the network to an information control server, where it was analyzed. Next, the content to be delivered was selected and the display was changed accordingly. Several detection algorithms were examined, and resulted in a local audience detection success rate of up to 90%. The real-time delivery of the content, which was fitted to the taste recorded on the profile of the audience, was also confirmed. In this method, however, the probability of content selection may be equalized with increasing number of audience. The selection of content was performed with varied audience numbers and determined effective for approximately 5 individuals.

Keywords: context-awareness, content distribution, Bluetooth, digital signage

1. はじめに

ポスターや看板等の従来の情報表示媒体に対し、デジタル技術を用いた情報表示端末が広く普及してきている。新しい広告媒体として普及しつつあるデジタルサイネージはその代表的なものであり、電子的な表示装置を用いることにより静止画やテキストのほかに動画や音声等のコンテンツも配信することができる。また、ネットワークを通じてコンテンツを配信することにより、時間や設置場所に応じたコンテンツの切り替えを容易に行うことができる。このような特徴から、不特定多数の視聴者へ同一のコンテンツを静的に提示していたポスターのような従来の媒体と比べ、設置コストは高くなるが、広告および告知媒体としての価値は従来の媒体に比べ高く、優れた情報表示媒体になりうる。また、時間や場所等の情報に加えて、情報表示端末の周辺の視聴者の嗜好や行動等の情報を得ることができれば、その場で見ている人にターゲットを絞ったコンテンツの配信も可能となり、より強い働きかけが期待できる。

これまで、位置検出や人の流れの推定等、人物の検出に関する様々な研究が行われてきた。人物や広い風景をとらえることのできるカメラセンサは、人物の検出だけでなく、その目線や移動軌跡、歩行動作等、様々な情報の推定に利用されている [1], [2]。しかしながら、カメラを用いた検出にはプライバシー上の懸念やコストの高さ、照明条件の悪い場所での計測が困難であるといった問題が指摘されている。ほかに、レーザスキャナや超音波センサ、無線 LAN, RFID 等を用いた手法 [3], [4], [5], [6] が提案されているが、検出を行う場所周辺の複数箇所にセンサを設置しなければならないことや、想定する適用場所が広すぎるといった理由から、情報表示端末周辺の比較的狭い範囲での視聴者情報を必要とする情報表示システムには適していない。

一方、Bluetooth は近距離向けの無線通信規格であり、個人が日頃持ち歩く携帯端末やオーディオプレーヤ等に広く搭載されており、近年急速に普及しているスマートフォンの多くにも Bluetooth が搭載されている。また、デジタルサイネージと Bluetooth 用いてコンテンツの配信を行うシステム [7] や、Bluetooth を用いた、スマートフォンとデジタルサイネージの連携 [8] も登場しており、Bluetooth を利用することで情報表示端末周辺の視聴者を検出できる可能性がある。

そこで本論文では、Bluetooth を用いた情報表示端末周辺の視聴者の検出の可否を検証し、また、その検出情報を

もとに情報表示端末に配信および表示するコンテンツをリアルタイムに変化させるようなシステムの設計と実装を行う。なお、本研究では、街頭や公共施設等に固定で設置されている情報表示端末を対象とする。

2. 情報表示端末における視聴者情報の検出

本章では、人物の位置推定や情報表示端末における視聴者の検出に関する既存研究について述べる。

2.1 視聴者の検出に関する既存研究

情報表示端末を運用するにあたって、周辺の視聴者に関する情報は重要であり、これまで視聴者の検出に関する研究が行われてきた。文献 [1] や文献 [2] で提案されている手法では、カメラを用いて情報表示端末周辺の歩行者を認識し、移動軌跡や顔の向き、視線の方向を解析している。移動軌跡や顔の向き等の細かい情報を検出できるということは、カメラを用いることの利点であるといえる。しかし、夜間等の照明条件の悪い環境では対象がうまくとらえられず、適用のための照明条件を確保する必要があり、設置する場所に制限がある。また、視聴者の情報を正確に検出することのできる性能を持つカメラを導入するには、コストがかかる点も指摘されている。

カメラを用いた視聴者検出の問題を考慮して、3D レーザスキャナを用いて歩行者人数を測定する手法 [3] や、超音波センサを用いて人の流れの計測する手法 [4] が提案されている。これらの手法においては、照明条件の悪い夜間でも視聴者の検出が可能となっている。しかし、文献 [3] で用いられている 3D レーザスキャナは非常に高価であり、コスト面での問題は解決していない。文献 [4] で提案されている手法では、安価な超音波センサを用いて計測を行っているため照明条件やコストの問題を解決しているが、人の流れを計測することを目的としており、リアルタイムなコンテンツの切り替えには適していない。また、周辺に複数のセンサを設置する必要があり、適用場所に制限がある。これらの手法のほかに、無線 LAN を用いた手法 [5] や RFID を利用した手法 [6] がある。文献 [5] では、無線 LAN の信号強度を測定することで対象の位置推定を行っている。家庭や公共施設に設置されている無線 LAN を利用することは、導入の手間やコストに関して有利である。提案されている手法では、広範囲の地域に設置されている無線 LAN を利用するため、情報表示端末の周辺にいる視聴者だけの情報を検出するには適していない。文献 [6] では、設置した RFID タグで ID を読み取り人物の検出を行っているが、RFID の通信距離は数 cm から数十 cm であり、人を検出することのできる範囲に限りがある。通信距離の小さい

¹ 広島市立大学大学院情報科学研究科
Graduate School of Information Sciences, Hiroshima City University, Hiroshima 731-3194, Japan

² 情報通信研究機構
National Institute of Information and Communications Technology

a) hinoue@hiroshima-u.ac.jp

本論文の内容は 2013 年 7 月のマルチメディア、分散、協調とモバイル (DICOMO2013) シンポジウムにて報告され、DCC 研究会主査により DCON への掲載が推薦された論文である。

パッシブ式の RFID に対して、通信距離が大きいアクティブ RFID もあるが、視聴者が別途持ち歩く必要があり、さらにコストやバッテリー寿命の問題が指摘されている。

3. Bluetooth を用いた視聴者検出および識別

本章では、Bluetooth が視聴者検出および識別へ応用可能かどうかを調査するために行った事前検証と、その結果について述べる。

3.1 Bluetooth を用いた視聴者検出の可能性

Bluetooth は携帯端末等の個人が持ち歩く機器の多くに搭載されている。Bluetooth は近距離向けの無線通信規格であり、一般的な携帯端末に搭載されている Class 2 の規格では約 10 m 程度の通信範囲内にある機器どうしでの通信が可能である。物理インタフェースにはそれぞれ Bluetooth Device Address (以下、BDA) と呼ばれる一意のアドレスが割り当てられているため、これを用いて機器の検出とその識別が可能であり、所有する個人の識別に利用できる。このことから、情報表示端末周辺の視聴者の検出や人数を BDA により区別し検出することができると考えられる。また、Bluetooth 電波の受信信号強度 (Received Signal Strength Indication; 以下、RSSI) の値を利用することにより、機器を所持する視聴者と情報表示端末との距離を推定できる可能性がある。Class 2 規格の有効範囲である 10 m は、デジタルサイネージのような情報表示端末の視聴距離にも近く、その範囲内で携帯端末の状態を識別し解析できるという点は有利である。さらに、省電力モードや他の電波との干渉対策が盛り込まれていることも Bluetooth を使うメリットとなる。

一方で、情報表示端末を中心とした電波強度で視聴者の距離を推定する方式であることから、端末の裏側に存在する者と表側に存在する視聴者とを区別できないという問題がある。実際には、情報表示端末の多くは建物の壁際に設置されたり壁面に埋め込まれたりしていることから、本研究ではすべて視聴者として扱う。

3.2 Bluetooth を用いた視聴者検出の検証

Bluetooth を用いた視聴者検出の方式を検討するために、図 1 に示すような構成で事前検証実験を行った。事前検証では、視聴者の所持することを想定した携帯端末と、Bluetooth 信号を用いて携帯端末を検出する情報表示端末を使用する。情報表示端末には、21.5 インチの KOUZIRO 社製の Android OS が動作する Smart Display FT-103 を使用し、この上で動作する Bluetooth 信号検出プログラムを開発した。Bluetooth 信号検出プログラムは、Bluetooth の BDA, RSSI 値, 機器名称, 検出時刻を取得する。検出対象である携帯端末には、Bluetooth をサポートする Android 搭載のスマートフォンを使用した。

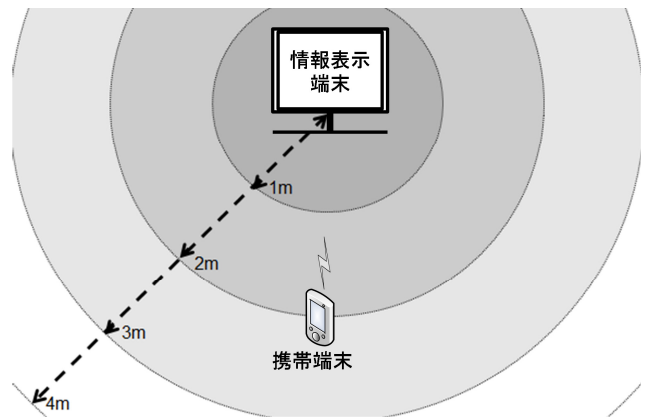


図 1 検証実験の構成

Fig. 1 Configuration of preliminary verification.

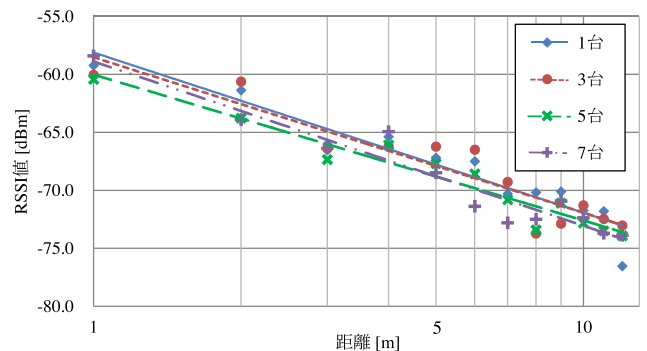


図 2 測定場所 (a) における RSSI 値の変化

Fig. 2 RSSI variation at the measurement location (a).

情報表示端末と携帯端末の距離を 1 m から 12 m まで 1 m ずつ離しながら、各地点で BDA, RSSI 値, 機器名称, 検出時刻を測定した。距離の変化と RSSI 値との関係調べるために各地点で 10 回測定を行い、その平均値を算出した。RSSI 値の測定は、同時に検出する携帯端末の数が増えた場合の影響を確認するために、検出する携帯端末を 1, 3, 5, 7 台の 4 つの場合に分けて行った。測定場所には、筆者らの所属する大学で運用している情報表示端末の設置場所である (a) および (b), さらに、Bluetooth と同じ周波数帯の公衆無線 LAN 等の電波の干渉が少なく障害物の少ない場所として、実験用に情報表示端末を設置した室内 (c) を使用した。

3.3 検証結果と考察

測定場所 (a) における測定結果を図 2 に示す。距離と RSSI 値との間に相関がみられ、距離が遠くなるに従い検出時の RSSI 値が小さくなるという結果が得られた。また、同時に検出する端末の数を増やしても同様の結果が得られており、台数の変化による大きな値の変化は特になかった。測定場所 (b), (c) においても、同様の結果が得られた。

次に、測定場所 (a), (b), (c) の測定値についてそれぞれ平均値を算出し、その結果を比較したものを図 3 に示す。

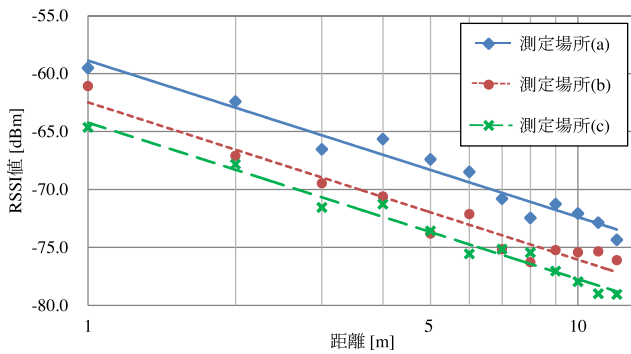


図 3 測定場所ごとの RSSI 値の変化

Fig. 3 RSSI variation at each measurement location.

いずれの測定場所でも距離が離れるにしたがって RSSI 値が一定の割合で減少している。ただし、測定場所ごとに傾きや切片に違いがあることが分かった。測定場所 (a), (b), (c) における、距離 D と RSSI 値 R の関係を表す近似式は、それぞれ式 (1), (2), (3) のようになった。なお、障害物の少ない場所として選んだ測定場所 (c) の RSSI 値がその他の測定場所と比べて小さくなっているが、これは測定場所 (c) の床面がフリーアクセスになっていることや、机と椅子が部屋全体に設置してあることが影響したと考えられる。

$$R = -(6.0 \log D + 58) \tag{1}$$

$$R = -(6.3 \log D + 62) \tag{2}$$

$$R = -(5.9 \log D + 65) \tag{3}$$

事前検証の結果より、RSSI 値が、視聴者と情報表示端末との距離の推定に利用できることが分かった。ただし、各測定場所での結果から、RSSI 値を用いて視聴者と情報表示端末の間の距離を検出するには、情報表示端末の設置場所によって事前にパラメータを測定し設定する必要があるということが分かる。また、RSSI 値には揺らぎがあり、算出した近似式を用いても、RSSI 値から一意に距離を推定するのは難しい。そこで、今回はそれぞれの測定場所ごとに情報表示端末の“周辺範囲”を設定し、その範囲に視聴者がいるかどうかを判断する。“周辺範囲”の半径の設定は、設置している情報表示端末の表示画面の大きさや、設置場所周辺の構造を考慮して決定する。検出した携帯端末が設定した“周辺範囲”内に存在するかどうかを判定するための閾値は、検証によって得た近似式を用いて求めた。各測定場所に設定した周辺範囲と、それに基づいて決定した閾値をまとめたものを表 1 に示す。

3.4 情報表示端末への適用

検証結果により、Bluetooth を用いて複数の携帯端末の検出が可能であり、また判定条件を設定することで情報表示端末の周辺に存在する視聴者を識別できることが分かった。しかし、検出した視聴者に対して、その嗜好や年齢に応じたコンテンツを表示させるには、周辺範囲内外の情報

表 1 設置場所ごとに得られた判定条件

Table 1 Judgment condition of each measurement location.

	測定場所(a)	測定場所(b)	測定場所(c)
RSSI 値 R と距離 D の関係式	$R = -(6.0 \log D + 58)$	$R = -(6.3 \log D + 62)$	$R = -(5.9 \log D + 65)$
設定した周辺範囲[m]	3	4	2
周辺範囲を判断する閾値 [dBm]	-65	-71	-69

だけでは不十分である。一方で、携帯電話のセンサやマイクログログ等を利用した、個人の行動や趣味嗜好等の情報の収集推定に関する研究が行われている [9], [10], [11]。これらの研究は、ユーザのプロファイリングや情報推薦等を目的として、個人の趣味嗜好や行動履歴の推定を行っている。そこで、Bluetooth の BDA によって携帯端末が識別できることに注目し、文献 [9], [10], [11] のような手法から得られるユーザのプロファイル情報と、Bluetooth による検出結果とを、BDA を用いて結び付け連携させることで、視聴者の嗜好を考慮したコンテンツの配信に利用する。

4. システムの設計と実装

本章では、Bluetooth を利用したコンテンツ配信システムの設計と実装について述べる。

4.1 提案システムの目的

1 章で述べたように、デジタルサイネージのような情報表示端末は視聴者に関する情報に応じてコンテンツを切り替えることのできる優れたメディアである。広告媒体として情報表示端末を利用する場合、視聴者の嗜好や行動等の視聴者個人に関する情報（以下、視聴者情報）や視聴者数をもとにコンテンツを切り替えることができれば、訴求効果の高い情報の配信が可能となる。また、検出結果を蓄積することによって設置場所における視聴者の傾向の変化を把握することができ、視聴者数の多い時間帯には単価の高いコンテンツを配信する等、広告効果や告知効果の高いコンテンツ配信を行うことができる。

提案システムでは、3.1 節で述べた特徴や利点を持つ Bluetooth を用いて視聴者の検出を行い、事前検証によって得られた閾値を用いて情報表示端末の周辺範囲内に存在する視聴者を識別する。また、検出時刻等の情報と合わせて検出結果を蓄積する。さらに、検出した視聴者の視聴者情報を考慮して配信するコンテンツを選択し、情報表示端末の画面に表示する。

4.2 システムの設計

提案するシステムの構成を図 4 に示す。情報表示端末は駅や街頭に固定で設置されており、その周辺に視聴者

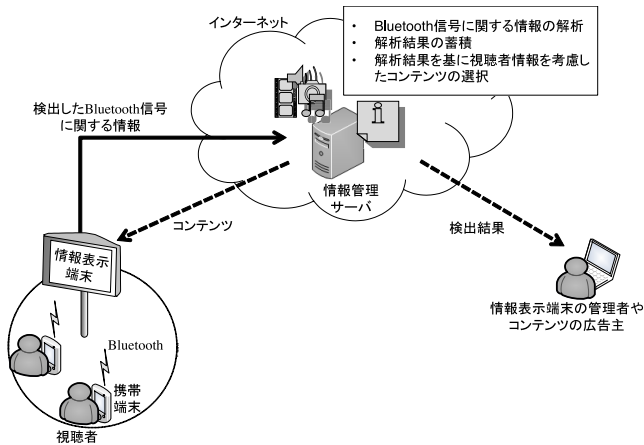


図 4 提案システムの構成
Fig. 4 Configuration of the proposed system.

が存在している。視聴者はそれぞれ Bluetooth 搭載の携帯端末を所持している前提とし、情報表示端末は携帯端末の Bluetooth の BDA や RSSI 値、検出時刻の情報を検出して、コンテンツの配信サーバ（以下、情報管理サーバ）へ通知する。情報管理サーバは、通知された Bluetooth に関する情報から、視聴者と情報表示端末との距離を推定する機能を持つ。また、配信するコンテンツの情報や視聴者情報も管理しており、視聴者の距離の推定結果とその視聴者情報を考慮してコンテンツを選択する機能を持つ。たとえば、デジタルサイネージ等の情報表示端末から情報管理サーバへ視聴者の Bluetooth の検出結果を通知すると、サーバは RSSI 値から周辺範囲内の視聴者を識別し、視聴者情報を考慮したコンテンツを選択し、情報表示端末に配信する。情報表示端末は、選択されたコンテンツを表示することで、周辺の視聴者に合わせたコンテンツをリアルタイムに配信することができる。また、RSSI 値に基づいた視聴者の距離の解析結果を検出時刻とともに蓄積しているため、その日、情報表示端末周辺に存在した視聴者の数や各視聴者の滞留時間、距離等の情報を取得できる。これによって、管理者や広告主は、時間帯で変化する利用者の傾向等を確認することができる。

4.3 プロトタイプの構成

図 5 に、実装したプロトタイプの機能構成を示す。情報表示端末は、視聴者が所持する携帯端末の Bluetooth 信号を検出し、BDA, RSSI 値、検出時刻を情報管理サーバへ通知する。情報管理サーバには、情報の通知や要求を受け付け、適切な機能呼び出す API 処理部がある。Bluetooth に関する情報を情報管理サーバに通知する際や、解析した視聴者の情報を参照する際は、API 処理部へメッセージを送る。視聴者情報解析部では、情報表示端末から通知された Bluetooth の RSSI 値から、視聴者情報表示端末との距離を推定し、検出時刻とともに情報表示端末周辺の視聴者

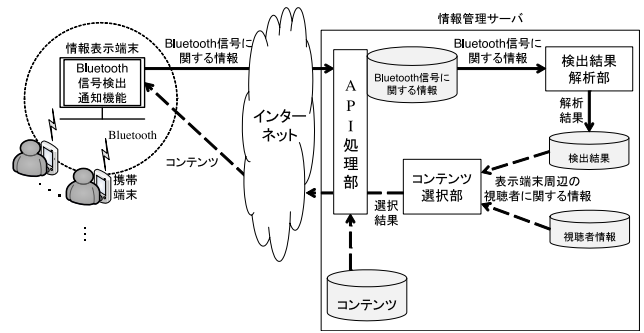


図 5 プロトタイプの構成
Fig. 5 Configuration of the prototype.

情報として蓄積する。コンテンツ選択部は、推定した情報とその視聴者情報を用いてコンテンツの選択を行う。

4.4 プロトタイプの実装および連携システム

プロトタイプの実装には、情報管理サーバの機能を実装するプラットフォームとして、筆者らが開発と運用を行うサイネージクラウド [12] を使用した。サイネージクラウドは、デジタルサイネージシステムに関するメタ情報を統一的に管理することによって、システム間および利用者間の容易な連携を可能にするものである。管理している情報には、デジタルサイネージ端末の ID や設置場所、各デジタルサイネージシステムで配信しているコンテンツの情報等がある。サイネージクラウド上に検出結果解析部を実装し、結果をサイネージクラウド上でデジタルサイネージシステムに関する情報として管理することで、解析結果の利用やこれらを考慮したコンテンツの選択が容易に実現できる。

3.4 節で述べたように、Bluetooth を用いた視聴者検出と、個人の趣味嗜好等の視聴者情報を連携させることによってコンテンツの選択および配信を行う。この連携機構の実装のために、筆者らが別に開発および運用を行うシステム [13] を利用した。このシステムは、特にデジタルサイネージと携帯端末との連携を目的として、利用者の年齢、性別、嗜好のジャンル等のコンテキスト情報を省電力に収集しようとするものである。文献 [13] ではデジタルサイネージが今後発展していく方向性の 1 つとして携帯端末との連携について述べ、図 6 に示すような利用者のプロフィールやコンテキストの情報を、収集、通知、登録するシステムを実装している。それらの情報を本システム上の情報管理サーバに収集し、提案するシステムによって得られた情報表示端末周辺の解析結果を結び付けることでコンテンツの選択および配信を実現する。

4.4.1 開発環境

情報表示端末として、事前検証にて使用した Android OS の大型ディスプレイを利用し、ここに Bluetooth 信号検出および情報管理サーバへの通知機能を実装した。その開発環境を表 2 に示す。また、検出結果の解析機能やコンテ



図 6 携帯システムでのプロフィール登録の例

Fig. 6 Example of profile registration.

表 2 Bluetooth 信号検出通知機能の開発環境

Table 2 Development environment of the Bluetooth signal detection and notification function.

OS	Android 4.0.4
CPU	Texas Instruments OMAP 4428 (1GHz)
RAM	1Gbyte
プログラム言語	java
開発ツール	Eclipse 4.2
コンパイラ	javac 1.7

表 3 情報管理サーバの開発環境

Table 3 Development environment of the information management server.

OS	Ubuntu Linux 10.04
CPU	Intel Corei7 3.07GHz
RAM	5.8Gbyte
HDD	141Gbyte
プログラム言語	PHP5.3.2
データベース	PostgreSQL8.4
Web サーバ	Apache2.2.14

コンテンツ選択機能を実装した情報管理サーバの開発環境を表 3 に示す。

4.4.2 各機能の動作

- Bluetooth 信号検出通知機能

情報表示端末では、検出可能な範囲内に存在する Bluetooth の BDA, RSSI 値, 機器名称, 検出時刻を取得する。この情報に、情報表示端末を識別する適当な ID を加えて、情報管理サーバの API 処理機能に HTTP の GET メソッドを用いて通知する。検出と通知の間隔は、一般的な広告の表示単位である 15 秒を最小の切替時間として考え、その単位時間内での変化に対応できるように 1 秒を採用した。

- API 処理部

情報表示端末から通知された情報を検出対象の Bluetooth に関する情報として蓄積し、検出結果解析部を呼び出す。

- 検出結果解析機能

API 処理部が蓄積した視聴者の Bluetooth に関する情報を用いて、BDA を識別して視聴者の人数を、RSSI 値からそれぞれの視聴者と情報表示端末との距離を推定する。周辺範囲内または外に位置することを表すものとして、距離のレベルを定義し、周辺範囲内にいるときはレベル 1、周辺範囲外にいるときはレベル 2 とする。解析結果は情報表示端末周辺の視聴者の情報として蓄積する。

- コンテンツ選択機能

検出結果解析機能で得られた情報表示端末周辺の解析結果と、4.4 節で説明した携帯システムによって登録された視聴者情報を用いて、周辺範囲内の視聴者の視聴者情報を考慮したコンテンツの選択を行う。この携帯システムでは、利用者が自身のプロフィールや嗜好の情報を登録することができる。図 6 に示す例は、一番興味のあるジャンルがスポーツ、二番目がグルメ、三番目が読書であることを示している。コンテンツ選択機能では、一番興味のあるものとして登録された情報の重みを 3、二番目を 2、三番目を 1 として、コンテンツ選択に用いる計算に利用する。

周辺範囲内に複数人の視聴者が存在し、嗜好のジャンルの種類が n 種類のあるとき、各ジャンルの重みを $P_i (1 \leq i \leq n)$ とする。式 (4) のように、あるジャンル i の重みがジャンル全体の重みの合計に占める割合 R_i を計算する。この結果は API 処理部に渡され、配信されるコンテンツの割合が R_i になるような確率で各ジャンルのコンテンツを選択し、情報表示端末へコンテンツを配信する。

$$R_i = \frac{P_i}{\sum_{j=0}^n P_j} \quad (4)$$

5. 機能の評価と考察

5.1 情報表示端末周辺の視聴者検出機能

3.2 節の事前検証により、視聴者数は BDA で識別できることが分かった。しかし、RSSI 値には揺らぎがあり 3.3 節で決定した閾値だけでは距離の推定が正しく行えない可能性がある。そこで、事前検証を行った測定場所 (a), (b), (c) の 3 箇所の情報表示端末にプロトタイプを適用し、検出アルゴリズムを変えながら視聴者の距離が正しく解析されるかを確認した。

5.1.1 実験方法

実験では、Bluetooth が搭載された Android 端末を所持し、視聴者の動きを想定して表示端末の周りを移動した。測定場所 (a) における実験動作を図 7 に示す。測定場所では、3.3 節で決定した“周辺範囲”の外から情報表示端末へ近づき、周辺範囲内でコンテンツを視聴した後に遠ざかるという動きを行っている。測定場所 (b), (c) でも同様の動

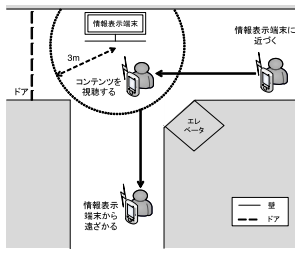


図 7 測定場所 (a) における実験動作

Fig. 7 Experimental procedure at the measurement location (a).

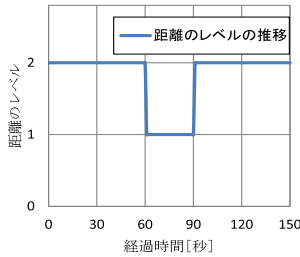


図 8 実験における距離のレベルの推移

Fig. 8 Transition of distance level.

きを行っている。視聴者と情報表示端末の距離を表す指標として、距離のレベルを設定し、周辺範囲内にいるときをレベル 1、周辺範囲外にいるときをレベル 2 とした。実験での動作を図に示すと図 8 のようになる。

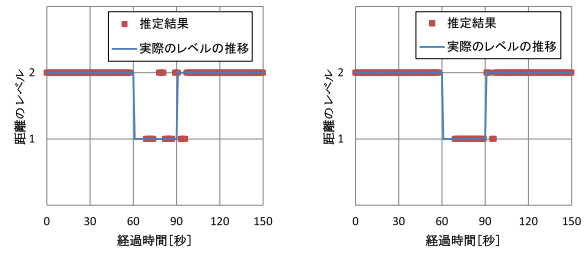
今回は、視聴者の距離のレベルを検出するために、以下に説明する (1), (2), (3), (4) の 4 つのアルゴリズムで検証した。

- アルゴリズム (1)：単体閾値
RSSI 値の閾値を 1 つ設定し、検出結果から距離のレベルを判定する。
- アルゴリズム (2)：複数閾値
RSSI 値の揺らぎを考慮し、距離のレベルが変化する向きに応じて複数の閾値を設定する。
- アルゴリズム (3)：グリッチ除去
(1) の結果から短期的な距離レベルの遷移 (グリッチ) を判断し、その除去を行う。距離のレベルが変化したとき、過去の RSSI 値を考慮して、グリッチかどうかを判断している。
- アルゴリズム (4)：組み合わせ
(2) の複数閾値の結果から、さらに (3) によってグリッチを除去する。

各測定場所でこれらのアルゴリズムを試す実験を行った。この際、正しく距離のレベルを推定できた場合を成功とする。

5.1.2 実験結果

各アルゴリズムの特徴を示すために、実験で得られた結果の中から各アルゴリズムによる違いがはっきりしているものを図 9 に示す。アルゴリズム (1) では、RSSI 値の揺

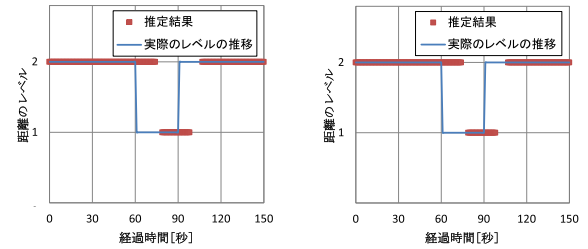


(1) 単体閾値

(1) single threshold

(2) 複数閾値

(2) several thresholds



(3) グリッチ除去

(3) glitch elimination

(4) 組み合わせ

(4) combination of (2) and (3)

図 9 アルゴリズムごとの距離のレベルの推定結果

Fig. 9 Estimated distance level by each algorithm.

表 4 視聴者検出の成功率

Table 4 Success rate of audience detection.

場所	成功率 [%]	
	(1)単体閾値	(2)複数閾値
測定場所(a)	94.2	94.2
測定場所(b)	88.9	94.0
測定場所(c)	92.6	98.6

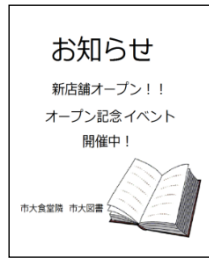
場所	成功率 [%]	
	(3)グリッチ除去	(4)組み合わせ
測定場所(a)	84.2	84.2
測定場所(b)	91.1	95.3
測定場所(c)	90.1	91.7

らぎに対応できず、距離のレベルが頻繁に変化していることが分かる。アルゴリズム (2) では、アルゴリズム (1) と比べてレベルの変化の頻度が減少していることが分かる。アルゴリズム (3) では、(2) と比較してもさらに距離のレベルが変化する頻度が減少しているが、レベルが変化をグリッチと判定してしまい距離の変化を検知するタイミングが遅れてしまっている。アルゴリズム (4) では、アルゴリズム (3) の影響が支配的となってしまっている。

表 4 に、各測定場所での 4 つのアルゴリズムでの成功率をそれぞれまとめた。測定場所によってはアルゴリズム (1) やアルゴリズム (4) が、アルゴリズム (2) ほどの成功率を得ているが、全体を見るとアルゴリズム (2) が 9 割以上の安定した確率で推定できていることが分かる。そこで提案システムの実装には、アルゴリズム (2) を用いることにした。



(A) スポーツ関連
(A) content about sport



(B) 読書関連
(B) content about reading



(C) グルメ関連
(C) content about gourmet



(D) ゲーム関連
(D) content about game



(E) 映画関連
(E) content about movie



(F) ファッション関連
(F) content about fashion

図 10 ジャンルごとのコンテンツの例
Fig. 10 Content examples for six genres.

5.2 情報表示端末周辺の視聴者を考慮したコンテンツ選択機能

情報表示端末周辺に視聴者を検出したとき、視聴者情報に基づいたコンテンツ選択が行われていることを確認する。また、情報表示端末周辺の視聴者の数が変化したとき、重みの計算によるコンテンツ選択が、各視聴者の嗜好をどの程度反映できるかを検証する。

5.2.1 実験内容

測定場所 (a) で運用している情報表示端末が配信するコンテンツとして、図 10 のような、スポーツ、読書、グルメ、ゲーム、映画、ファッションの 6 つのジャンルに属するコンテンツを用意した。情報表示端末の周辺範囲内に視聴者を検出するまでは、6 つの中からコンテンツをランダムに選び一定時間ずつ表示させておく。周辺範囲内に視聴者が検出されたとき、その視聴者の登録した嗜好のジャンルに関するコンテンツが表示されることを確認する。また、周辺範囲内に存在する視聴者の数を増やしていき、コ

表 5 各視聴者に設定した嗜好情報

Table 5 Preference information of each audience.

	嗜好 1	嗜好 2	嗜好 3
視聴者 A	スポーツ	読書	グルメ
視聴者 B	映画	スポーツ	読書
視聴者 C	映画	読書	ファッション
視聴者 D	ファッション	ゲーム	スポーツ
視聴者 E	読書	ゲーム	グルメ

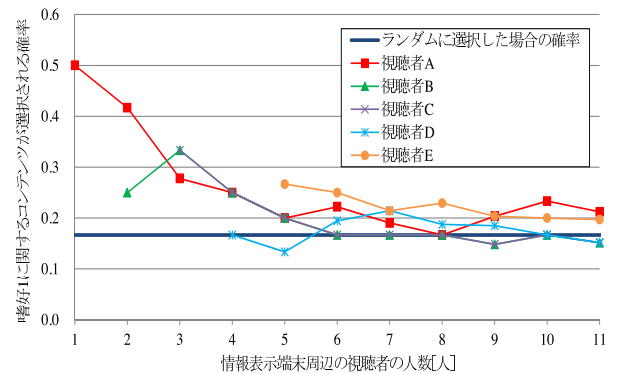


図 11 コンテンツ選択確率の変化

Fig. 11 Variation of content selection probability.

ンテンツ選択の割合がどのように変化するかを確認する。今回、視聴者はそれぞれスポーツ、読書、グルメ、ゲーム、映画、ファッションの 6 つのジャンルの中から 3 つを選び、視聴者情報の中の嗜好として情報管理サーバへ登録しておく。4.4.2 項で述べた方式によって、コンテンツ選択機能によって表示されるコンテンツを選択する。情報表示端末の周辺範囲内に新しく入ってくる視聴者の嗜好としては、6 つのジャンルの中からランダムに 3 つ選択する。実験のために設定した各視聴者の嗜好を表 5 に示す。

5.2.2 実験結果

まず、スポーツ、読書、グルメを嗜好情報として登録した視聴者が情報表示端末の周辺範囲内に検出されるようにしたところ、スポーツ、読書、グルメに関するコンテンツのみが、それぞれの重みに従った比率で表示されるようになった。すなわち、視聴者の持つ Bluetooth 信号の検出と、その視聴者情報を考慮してコンテンツを正しく選択するという基本的な動作が確認できた。

周辺範囲内の視聴者の数を変化させたときに、最も興味あるコンテンツがどのように選択されるかの確率の変化を計算したものを図 11 に示す。ここで、視聴者は表 5 に示した A から E の順で増えていくものとし、各視聴者の最も興味のあるジャンルすなわち嗜好 1 のコンテンツが選択される確率をプロットしている。なお、視聴者の嗜好情報を考慮せずランダムにコンテンツを表示させる場合、視聴者の最も興味のあるジャンルにあてはまるコンテンツが表示させる確率は、6 分の 1 で一定となる。4.4.2 項で述べた方

式でコンテンツを選択する場合、視聴者数が1人のとき、その視聴者の最も興味のあるジャンルのコンテンツが選択される確率は、2分の1になる。視聴者が2人に増えた場合、2人分の嗜好情報を考慮したコンテンツ選択が行われ、2人とも最も興味のあるジャンルのコンテンツが選択される確率が変化する。また、本手法では、視聴者数が増えた場合に選択の確率が平均化してしまう可能性がある。この条件では、視聴者数が5人を超えると、最も興味のあるコンテンツが表示される確率が、ランダムでコンテンツを選択した場合よりも低くなってしまふ視聴者が現れることが分かった。

6. まとめ

本論文では、Bluetoothを用いたコンテキストウェアな情報表示システムを提案した。まず、事前検証として視聴者検出におけるBluetoothの有用性を調査した。その結果、BDAを用いて視聴者の識別が、RSSI値を用いて視聴者と情報表示端末との距離が推定できることが分かった。次に、事前検証結果を用いて、Bluetooth信号を用いた視聴者の検出を行い、その結果とあらかじめ登録された視聴者の嗜好情報を結び付けてコンテンツを選択するシステムを設計および実装し、動作を検証した。その結果、情報表示端末の周辺範囲内に視聴者が存在することを、アルゴリズムを工夫することで9割以上の成功率で検出できた。また、解析結果を用いたコンテンツ選択機能の動作検証では、情報表示端末の周辺範囲内に視聴者が存在するとき、その視聴者の嗜好情報を考慮したコンテンツが表示され、Bluetoothを用いたコンテキストウェアな情報表示システムとしての動作が確認できた。

参考文献

- [1] 市村 哲, 吉原美樹, 謝乃 聡: 屋外広告・掲示の視聴率を自動調査する歩行動作撮影システム, 情報処理学会研究報告 2008-GN-68, Vol.2008, No.48, pp.55-60 (2008).
- [2] 南竹俊介, 高橋 伸, 田中二郎: 歩行者の注視情報と移動軌跡を利用したデジタル広告への視聴率測定, 情報処理学会全国大会講演論文集, Vol.72, No.3, pp.323-324 (2010).
- [3] 帷子京市郎, 中村克行, 趙 卉菁, 柴崎亮介: レーザセンサを用いた歩行者通過人数の自動計測手法, 情報科学技術レターズ, Vol.4, pp.145-148 (2005).
- [4] 味吞翔平, 山本 寛, 中村勝一, 山崎克之: 超音波センサーによる人流観測システムの開発と評価, 電子情報通信学会 IA 研究会, Vol.111, No.347, pp.13-18 (2011).
- [5] 梶 克彦, 河口信夫: indoor.Locky: 屋内位置推定のための無線 LAN 情報プラットフォーム, 情報処理学会研究報告, Vol.2010, No.4, pp.1-6 (2010).
- [6] 椎尾一郎: RFID を利用したユーザ位置検出システム, 情報処理学会研究報告 HI, Vol.2000, No.39, pp.45-50 (2000).
- [7] 株式会社ブイシク: デジタルサイネージと Bluetooth® を組合せたコラボマーケティング, 入手先 (<http://www.v-sync.co.jp/solution/bluetooth.html>) (参照 2013-12).
- [8] ITmedia Mobile: スマホを見ていなくても通知に気がつ

く, ドコモの「ペリフェラルディスプレイ連携」, 入手先 (<http://www.itmedia.co.jp/mobile/articles/1205/31/news016.html>) (参照 2013-12).

- [9] 小林弘明, 古川忠延, 三末和男: プロゲユーザの嗜好の可視化による集团的傾向の分析支援, 情報処理学会研究報告 2013-HCI-153, Vol.2013, No.4, pp.1-8 (2013).
- [10] 石井久治, 市川裕介, 佐藤宏之, 小林 透: Web アクセスログからのパターンマイニングによる購買行動の推定, 電子情報通信学会技術研究報告 LOIS, Vol.109, No.272, pp.89-94 (2009).
- [11] 大森 亮, 延原 肇: 集団アクセスログを用いた個人嗜好推定と文書キーワード抽出への応用, 電子情報通信学会技術研究報告 SIS, Vol.108, No.461, pp.17-18 (2009).
- [12] 坂辺 拓, 井上博之: デジタルサイネージの利用者間連携を実現するサイネージクラウドの提案, 第1回地域間インターネットクラウドワークショップ予稿集, pp.22-27 (2012).
- [13] 川本真也, 坂辺 拓, 井上博之: デジタルサイネージと携帯端末間の連携のための省電力な利用者コンテキスト収集通知手法, インターネットコンファレンス 2012, pp.85-92 (2012).



田中 碧海 (学生会員)

2013年広島市立大学情報科学部卒業。現在、同大学大学院情報科学研究科。コンテンツ配信、コンテキストウェアネスに関する研究に従事。



井上 博之 (正会員)

1987年大阪大学工学部電子工学科卒業。1989年同大学大学院修士課程修了。同年住友電気工業株式会社入社。2000年奈良先端科学技術大学院大学博士後期課程修了。2000年株式会社インターネット総合研究所入社。2007年広島市立大学大学院情報科学研究科講師、現在、同准教授。インターネットアーキテクチャ、コンテンツ配信に関する研究に従事。電子情報通信学会、IEEE 各会員。