Bluetoothを用いた展示情報提供システムのための 先行ダウンロード方式

学生員 川村 伸幸* 非会員 岸本 真幸**
正員 大磯 洋明*** 正員 山崎 高弘****
正員 薦田 憲久* 非会員 正成 忠夫*⁵

A Pre-Download Method for Exhibit Information Service Systems Using Bluetooth

Nobuyuki Kawamura*, Student Member, Masayuki Kishimoto**, Non-member, Hiroaki Oiso***, Member, Takahiro Yamasaki****, Member, Norihisa Komoda*, Member, Tadao Masanari*⁵, Non-member

In this research, a pre-download method in the information service system using Bluetooth is proposed. The pre-download method is to determine the information to the visitor's mobile in advance by using the movement prediction of the visitor. By using this method, the visitor can browse the information smoothly.

This method is evaluated by simulation in various room-layouts and walking routes. More than 92% of requested contents are pre-downloaded in case the memory size is large enough to download. The prototype of the information service system installed the proposed method has been developed. By using this system, the effect of the method is confirmed.

キーワード: Bluetooth, 先行ダウンロード, 展示施設, 情報提供システム

Keywords: Bluetooth, pre-download, exhibition hall, information service system

1. 序 論

近距離無線通信の規格である Bluetooth^{(1)~(4)} が最近急速に普及しつつある。Bluetooth の通信距離は 10m 以内であり、この特性を活かした位置推定技術⁽⁵⁾⁽⁶⁾ を用いることで、Bluetooth 搭載モバイル機器を持つ人の位置情報を得

ることができる。そこで、筆者らは屋内での位置情報を用いたサービス⁽⁷⁾⁽⁸⁾ の 1 つとして、展示施設における情報提供システムを提案している^{(9)~(11)}。展示施設では、展示品の作者や時代背景、作風などの展示品に関する情報を解説パネルで表示したり、CD やカセットテープを利用した音声ガイドを用いることにより提供している。しかし、解説パネルは人が多いと見えにくいことや、音声ガイドは専用の端末が必要であったり、毎回展示品番号を入力しなければならない等の欠点がある。

本システムでは、展示施設への来館者が持ち込む PDA や携帯電話などの Bluetooth 搭載のモバイル機器に対して展示品の情報を提供することにより、専用の端末を展示施設側が用意することなく自由に情報を閲覧することができる。さらに、そのモバイル機器の位置情報を用いて近くの展示品の情報を自動で表示することで、番号の入力などの手間を省くことが可能である。このように本システムには様々なメリットがあるが、Bluetooth の通信距離が 10m 程度であるので、展示品情報を送信するアクセスポイントと通信し続けるために順次切り替える必要がある。この Bluetooth アクセスポイントの切替 (ハンドオーバー) には 13 秒程度の時間がかかる。また、Bluetooth の規格による制限のために位置推定が行われている間は展示品情報の受信ができず、それらが終了するまでの数秒間来館者は展示品情報の

* 大阪大学大学院情報科学研究科

〒 565-0871 大阪府吹田市山田丘 2-1

Osaka University

2-1, Yamada-oka, Suita, Osaka 565-0871, Japan

** 株式会社 東芝 社会ネットワークインフラ社

〒 212-8501 川崎市幸区柳町 70 番地

TOSHIBA CORPORATION Social Networks & Infrastructure System Company

70, Yanagi, Saiwai, Kawasaki, 212-8501, Japan

*** ノルディア株式会社

〒 530-0047 大阪府北区西天満 2-6-8

Nordia. Co. Ltd.

2-6-8, Nishi-tenma, Kita-ku, Osaka, 530-0047, Japan

**** 大阪産業大学工学部

〒 574-8530 大阪府大東市中垣内 3-1-1

Osaka Sangyo University

3-1-1, Nakagaito, Daito, Osaka 574-8530, Japan

*⁵ キヤノンアイテック株式会社

〒 183-0023 東京都府中市宮町 1-40-1

Canon i-tech, Inc.

1-40-1, Miyamachi, Fuchu, Tokyo 183-0002, Japan

閲覧を待たなければならないといった問題も存在する。これらの問題は、モバイル機器の記憶容量が小さいことから、予め全ての情報をダウンロードすることでは解決できない。

また、データを予め送る手法として、RORP⁽¹²⁾やWWW先読みサーバ⁽¹³⁾などのキャッシング技術があるが、これらはWebでの技術であるため本システムで用いる位置情報が全く考慮されていない点で適用できない。

そこで本論文では、既存の方法で推定された位置情報から来館者の移動予測を行い、次に閲覧する可能性の高い展示品情報をあらかじめモバイル機器にダウンロードしておくことによって、受信不可能な時間帯でも展示品情報の要求時に直ちに情報を表示する先行ダウンロード方式を提案する。

2. Bluetoothを用いた展示情報提供システム

〈2・1〉 Bluetoothの規格 Bluetooth⁽¹⁴⁾⁽¹⁵⁾はパソコンとモバイル機器をコードレスで接続することを目的として1998年に生まれた無線通信規格であり、2.4GHzのISMバンドを利用した周波数ホッピングシステム型のスペクトル拡散通信方式を採用している。これは搬送波である周波数を高速(1600 hops/sec)に切り替えながら通信する方法である。この方法を採用することにより、同じ周波数帯域にそのチャンネル数以上の通信を詰め込むことができる。また、1対多の接続による簡易型ワイヤレスネットワーク(ピコネット)をアドホックに構築する機能も提供する。

複数のモバイル機器が秩序立って通信を行うためにはこれらを制御する機能が必要となるので、マスターとスレーブという2種類の状態を設け、マスターが通信の制御を行う。ピコネットには必ず1つのマスターが存在し、最大7台のスレーブと接続可能である。マスターとスレーブ間の通信速度は1対1通信の場合、最大723kbpsであるが実効通信速度は400kbps程度である。

図1に示すようにBluetoothの状態遷移は3段階のフェーズと通信待機モードから構成されている。□で囲まれた部分はBluetoothの動作を表し○で囲まれた部分はBluetooth

の状態を示している。インクワイヤリ(Inquiry)とは、接続可能範囲内にいるBluetoothを検索する機能で、これに反応したデバイスのアドレスを取得する。ページ(Page)とは、特定のBluetoothに接続をかけ、ピコネットを形成する動作であり、成功するとアクティブモードに移行する。アクティブモード(Active mode)とは、実際にBluetoothでデータ通信を行う状態のことである。パークモード(Park mode)とは、スレーブ特有の省電力モードで、ピコネットと同期はとっているが、マスターとの通信はできない状態である。この状態ではインクワイヤリを行うことが可能であり、元のピコネットにもすぐに復帰可能である。ホールモード(Hold mode)とスニフモード(Sniff mode)は共に省電力モードであるが、展示情報提供システムでの動作には用いられないため、詳しい説明は省略する。

〈2・2〉 他の無線通信規格との比較 Bluetooth以外の無線通信規格として、無線LAN(IEEE802.11b)とIrDAがある。これらとの比較を表1に示す。

Bluetoothの特徴である1対多接続についても、無線LANではアドホックモードがあり、サーバーを介さなくても1対多接続は可能である。しかし、本システムにおけるモバイル機器は来館者が持ち込むPDAと携帯電話を想定しており、無線LANは通信速度がBluetoothより大きいですが、消費電力も大きいのでモバイル機器には適しておらず、IrDAは通信速度、消費電力ともに優れているが、赤外線ポートを向け合わないという通信できない、間に障害物があると通信できない、という欠点がある。このため、小型で省電力であり電波に指向性がないという利点から、本システムでは通信規格としてBluetoothを選択する。

〈2・3〉 展示情報提供システムの構成 図2に展示情報提供システムの構成を示す。本システムは1台の管理サーバと展示施設内の複数箇所に設置されたアクセスポイント(AP)、見失ったモバイル機器の接続用AP、位置推定用のBluetooth装置、展示品情報を閲覧するためのモバイル機器から成り立つ。アクセスポイント(AP)とは、管理サーバとモバイル機器の間の情報のやりとりの中継するBluetoothの基地側の局であり、複数のモバイル機器と接続されている。また、APは管理サーバとLAN接続され、それにより動作制御されている。管理サーバは、モバイル機器とAPとの通信の切替やAPの管理、閲覧履歴の管理、展示品情報の作成、展示施設のレイアウト管理などを行う。見失ったモバイル機器用APは、来館者がモバイル機器のスイッ

表1 他の無線規格との比較

Table 1. Comparison with other wireless standards.

Name	Bluetooth	IEEE802.11b	IrDA
Max speed	723.2kbps	11Mbps	4Mbps
Max range	10m	30m	3.8m
Frequency bands	2.4GHz	2.4GHz	infrared rays
Electricity consumption	30mA(active) 0.3mA(waiting)	max 1W	max 3 mA

図1 Bluetoothの状態遷移

Fig. 1. State diagram of Bluetooth.

図2 システムの構成

Fig. 2. Configuration of exhibit system.

チを切ったことなどにより、モバイル機器がどこにも接続されていないときに再接続するためのアクセスポイントである。位置推定用の Bluetooth 装置とは、モバイル機器のインクワイヤリに反応するための Bluetooth 機器であり、それ以外の動作は行わない。

来館者は、入館時に Bluetooth を搭載したモバイル機器に専用のソフトウェアをダウンロードする。入館時には受付で来館者のモバイル機器の Bluetooth アドレスがシステムに入力され、入り口付近の AP が来館者のモバイル機器に接続して情報提供が始まる。これ以後は、来館者が移動するにつれて自動的にモバイル機器と接続をしている AP が切り替わる。

本システムで取り扱う展示品情報は図3に示すように、概要情報と詳細情報とから構成される。概要情報は来館者が最初に関覧する情報であり、詳細情報は来館者が希望すればモバイル機器のブラウザ操作で閲覧することができる。概要情報は各展示品情報に1つ存在し、詳細情報は無くても複数存在してもよい。また、概要、詳細情報はそれぞれ音声情報、画像情報、文字情報から構成される。具体的には、それらからなる HTML ファイルであり、これを表示したときのモバイル機器の画面が図3の右である。音声情報は mp3 形式のファイルでビットレートは 8kbps、音声の長さは 1 分である。画像情報は JPEG 形式のファイルで、大きさは携帯電話の画面に合わせて 100 × 75 ピクセルである。文字情報は HTML ファイル内のテキストであり、展示品の名前や説明を表示する。表2に5章に説明するプロトタイプシステムで実際に使用している 46 件のデータのファイルサイズの最大、最小、平均の値を示す。ただし、文字情報は HTML ファイルに含まれているので、文字情報のデータのファイルサイズは HTML ファイルのサイズとする。表2より、1つの概要情報または詳細情報の大きさの平均を、 $2.39 + 60.55 + 0.43 = 63.37(\text{kB})$ とする。

〈2・4〉 接続方式 本システムでは来館者の位置を特定するためにインプリメントが容易なゾーンベースの位置推定手法を用いる。なお、本論文の提案内容は位置推定手法には依存しないので、他の方法を用いることもできる。

図3 展示品情報の構成

Fig. 3. Configuration of exhibit information.

表2 各情報のファイルサイズ

Table 2. Size of voice or picture information.

information	maximum(kB)	minimum(kB)	average(kB)
voice	60.7	60.3	60.55
picture	2.98	1.79	2.39
text(HTML)	0.45	0.42	0.43

図4 ゾーンベースによる位置推定

Fig. 4. Location estimation with zone.

提案するゾーンベースの手法では来館者と接続可能な AP の通信エリアの積集合を来館者の推定エリアとする。図4に示すように、例えばアクセスポイント A,B,C とモバイル機器が接続可能であればアクセスポイント A,B,C の通信エリアの積集合であるエリアが推定エリアとなる。本システムにおいて、通信可能な AP を知る方法としてインクワイヤリ機能を用いる。

AP は複数のモバイル機器と接続するので Bluetooth のマスターとなり、モバイル機器がスレーブとなる。スレーブはアクティブモードではインクワイヤリができないので、モバイル機器が定期的にパークモードに移行してインクワイヤリを行う。

図5に示すモバイル機器の接続状態の遷移において、ダウンロードできるのはアクティブモードの場合だけである。このためインクワイヤリを行っている間は展示品情報の受信が行えない。また、AP の通信エリアから出る場合は次の AP につなぎかえるハンドオーバーを行うが、この場合も通信が 13 秒程度途切れる⁽¹⁶⁾。これらの理由で来館者が

図5 モバイル機器の接続状態変化
Fig. 5. State diagram of mobile device.

展示品情報を閲覧するまでに数秒待たなければならない場合が生じる。

3. 先行ダウンロード方式

〈3・1〉先行ダウンロード方式の概要 先行ダウンロードとは展示品情報をあらかじめ来館者のモバイル機器にダウンロードしておくことであり、通信不可能な時間帯に来館者が展示品情報を要求した場合にもスムーズに閲覧できるようにすることを目的とする。先行ダウンロードで求められるのは来館者が閲覧しようとした展示品情報の中で既にダウンロードされている展示品情報の割合（以後ヒット率と呼ぶ）が高いことである。

本システムのモバイル機器は PDA や携帯電話であり、PDA のメモリサイズは現状で全部で 16MB、一つのアプリケーションに使用できるデータ記憶容量は他のデータとの兼ね合いから、10 分の 1 の 1.6MB と考える。また、携帯電話では現在 Java のアプリケーションに使えるデータ記憶容量が 100kB 程度である。プロトタイプシステムの全展示品情報のデータサイズは約 5MB であるので、フル先行ダウンロードは不可能である。また、1つの展示品の情報は 1つの概要情報と 2つの詳細情報からなり、そのデータサイズは $63.37 \times 3 = 190.11(\text{kB})$ となり、200kB 程度である。従って、PDA であれば 8つの展示品情報が保存可能であるが、携帯電話は現在のアプリケーション用のデータ記憶容量では 1つの展示品情報もダウンロードできない。しかし、現在の携帯電話の全メモリサイズは 10MB であるが、2005 年頃にはそれが 100MB になると予測されている。現在の Java アプリケーション用のデータ記憶容量が 100kB であるので、2005 年頃にはアプリケーション用のデータ記憶容量も 10 倍の 1MB 程度になっていると考えられ、アプリケーション本体に約 200kB を使うとすると、数年後のアプリケーションが展示品情報を保存するためのデータ記憶容量は 800kB になる。このとき、携帯電話でも 4つの展示品情報が保存できるため、データの容量的に先行ダウンロードは可能である。本章では、この少ないアプリケーション用のデータ記憶容量を効果的に用いるための先行ダウンロード方式について説明する。

図 6 に示すように本システムでの展示品情報は 1つの概要情報と複数の詳細情報から成り立つ。まず最初に自動表示される概要情報がダウンロードされ、詳細情報のダウンロードは概要の閲覧中に最優先で行われる。その詳細情報のダウンロードが終了すると、他の展示品の概要情報のみを先行ダウンロードする。ダウンロードの最中にモード切替えてパークモードに移行した場合は、再びアクティブモ

図6 分割ダウンロード
Fig. 6. Divided download.

ドに移行した時にその続きをダウンロードする。

〈3・2〉ダウンロード順序決定方法 モバイル機器のメモリに来館者が次に閲覧する可能性の高い展示品情報から順に先行ダウンロードしていけばヒット率は高くなると考えられる。そこで、美術館などの展示施設での来館者の動きを観察した結果、以下の 2通りのパターンがあることがわかった。

- (1) ある展示品を見たら次は隣の展示品を見る。あるいは順路に従って見る。
- (2) 興味のないものを素通りして一度先に進んでから再び戻ってくる。

この 2つのパターンに対応できる案として、移動予測を用いる 2つの順序決定方法を考案した。

ここで、用いる移動予測手法について説明する。来館者の現在位置は基本的には最終履歴の展示品の位置であるが、推定エリアをひとまわり大きくしたエリア内に最終履歴の展示品が存在しない場合は、推定エリアの重心を来館者の位置とする。移動予測は、前回と今回の位置推定エリアの重心を結んだ線を予測方向とする推定位置に基づく方法と、前回閲覧した展示品から最後に閲覧した展示品へ方向を移動予測方向とする閲覧位置に基づく方法を組み合わせて行う。来館者が展示品を定期的に閲覧する場合は、そのたびに移動予測が行われ、移動方向と予測方向に違いがあってもすぐに修正される。しかし、一定時間以上展示品を閲覧していない場合には、最後に移動予測した方向が修正されず誤った方向を示している可能性が高くなる。そこでこの場合には位置推定の結果を考慮して移動予測を修正する。

展示品を閲覧していない状態かどうかの判定は位置推定された時に行われる。判定方法は図 7 のエリア A に示されるように推定エリアを 1m 程度大きくした判定エリア内に履歴の最後に記録された展示品が存在するかどうかで行う。エリア B のように判定エリアに履歴の最後に記録された展示品が含まれない場合は、予測方向を履歴の最後に記録された展示品の位置から推定エリアの重心へ方向とする。

第 1 のダウンロード順序決定方法として、図 8 に示すように、現在位置から展示品へ引いた直線の角度が予測方向と α 内の角度に存在する展示品の中で現在位置に近い方から順にダウンロードを行う順序決定方法タイプ A を提案する。ただし、 α はどの角度までを予測方向とみなすかを表

図 7 修正型移動予測

Fig. 7. Modified movement prediction.

図 8 移動予測を用いた順序決定方法タイプ A

Fig. 8. Download order decision method type A by movement direction prediction.

図 9 移動予測を用いた順序決定方法タイプ B

Fig. 9. Download order decision method type B by movement direction prediction.

す角度である。

第 2 の方法として、図 9 に示すように、来館者の現在位置と展示品との距離、予測方向と展示品との方向を考慮した、以下の評価値を用いる順序決定方法タイプ B を提案する。評価値が低いほどダウンロードの順番は早くなる。

$$(\text{評価値}) = d + W \times \theta$$

ただし、 d は来館者の現在位置と展示品との距離 (m)、 θ は移動予測の方向と展示品との角度 (rad)、 W は重みパラメータとする。

図 8・9 において、すでに閲覧済みの展示品は黒く表示されており、展示品に付けられた数字が、位置 X でのダウンロード順序を表す。

先行ダウンロードの際にメモリに空きがなくなれば、タイプ A の場合は、閲覧済の詳細情報、閲覧済の概要、 α 外の展示品情報、 α 内の展示品情報の順に、タイプ B の場合は、閲覧済の詳細情報、閲覧済の概要、評価値の高い展示品情報の順にメモリ内の情報を削除する。

4. シミュレーションによる先行ダウンロード方式の評価

〈4・1〉評価実験 先行ダウンロード方式の評価を、いくつかの典型的な展示室パターンを対象にシミュレーションによって行う。

建築思潮研究所編集の建築設計資料の「美術館」⁽¹⁷⁾、「美術館 2」⁽¹⁸⁾ に載せられた美術館数 50 の中の展示室 134 より、割合の高い展示室構成パターン 2 つと、レイアウトパターン 3 つを組み合わせた図 10 の 4 つの展示室パターンを生成し、シミュレーションのモデルとした。

展示施設内での来館者の行動は人によってさまざまであるので、各展示室毎に 4 つ、または 5 つの移動経路を用意し、そのうち 1 つをその部屋の順路として、移動経路として順路を選択する割合をシミュレーションのパラメータとして設定する。例えば順路を選択する割合が 50% の場合は、来館者の 50% が順路を選択し、残りの 50% は他の移動経路を等確率で選択する。その他に展示品鑑賞確率、詳細情報閲覧確率、閲覧キャンセル確率を設定することによりさまざまな来館者の行動を実現する。

本評価実験の条件を以下のように定める。

- 展示品情報の構成 … 概要情報 1 つ、詳細情報 2 つ
- 概要、詳細情報 … 説明時間 60 秒、ファイルサイズ 70kB
- 来館者の移動速度 … 50cm/秒
- Bluetooth の通信速度 … 100kbps
- 展示室パターンのサイズ … 13m 四方

図 10 展示室パターン

Fig. 10. Patterns of exhibition rooms.

- 展示品の間隔... 1m
- ダウンロード順序決定方法タイプ A の角度 α ... $\pi/4, \pi/2$
- ダウンロード順序決定方法タイプ B の重みパラメータ W ... 0.7, 1.0, 1.2

提案手法と移動予測を用いない以下の2つの方式を比較して評価を行う。

- 距離依存型先行ダウンロード方式
... 来館者の推定位置から近い展示品の順に展示品情報をキャッシングする。
- 順路依存型先行ダウンロード方式
... 予め展示施設側で定められた順路に従って展示品情報をキャッシングする。

ただし、これらの方式では概要を優先してダウンロードするのではなく、1つの展示品情報（概要情報と全ての詳細情報）をダウンロードしてから、次の展示品情報のダウンロードを行う。

〈4・2〉先行ダウンロード方式の評価 アプリケーションが使用するデータ記憶容量を 400kB, 600kB, 800kB, 1MB, 10MB と変化させてそれぞれの場合にヒット率を求めた。800kB は 3 章で述べたように、2005 年頃の携帯電話でアプリケーションが使用可能なデータ記憶容量である。ただし、ヒット率は

$$\text{ヒット率} = \frac{\text{ダウンロード済回数}}{\text{閲覧回数}}$$

で定義される。ヒット率は 0 から 1 の値をとり、1 に近いほど良い。ただし、ダウンロード済回数とは、閲覧しようとした時にその展示品情報が既にダウンロード済であった回数を示し、閲覧回数とは来館者が展示品情報を閲覧しようとした回数である。それぞれの回数において詳細情報はカウントしていない。

図 11, 12, 13 は、データ記憶容量と各展示室パターンの平均ヒット率との関係をキャッシュ方法別にグラフに表したものであり、それぞれ来館者が移動経路として 100% 順路を選択した場合、50% で順路を選択した場合、全移動経路からランダムに選んだ場合の結果である。TypeA, TypeB は順序決定方法タイプ A・B を、Distance dep. は距離依存型先行ダウンロードを、Route dep. は順路依存型先行ダウンロードをそれぞれ表している。ただし、順序決定方法タイプ A では $\alpha = \pi/2$ 、順序決定方法タイプ B では $W = 1.0$ の結果を用いている。図 14 はデータ記憶容量が 800kB のときの来館者が順路を選択する確率に対するヒット率の変化を、各キャッシュ方法別に示している。

これらの図より、全来館者が順路通りに移動した場合は、順路依存型先行ダウンロード方式が最もヒット率が高くなっているが、提案手法でもほぼ同じ程度になっていることがわかる。データ記憶容量が 800kB の場合は、順路依存型のヒット率を提案方式が 0.001 だけ上回った。また、来館者の順路の選択割合の低下とともに順路依存型先行ダウンロード方式のヒット率が急激に悪化しているのに対し、提案手

図 11 全来館者の 100% が順路を選択したときのヒット率

Fig. 11. Hit rate in case 100% of visitors selected the regular route.

図 12 全来館者の 50% が順路を選択したときのヒット率

Fig. 12. Hit rate in case 50% of visitors selected the regular route.

図 13 来館者が移動経路を等確率で選択したときのヒット率

Fig. 13. Hit rate in case visitors selected each route at the same probability.

法はそれによる影響は少なくなっていることがわかる。

表 3, 4, 5 は来館者が 50% の割合で順路を選択する場合の、400kB, 800kB, 10MB の場合の展示室パターン毎のヒット率である。アプリケーション用のデータ記憶容量が大きい場合はどの順序決定方法においてもヒット率が高いが、データ記憶容量が小さい場合は移動予測を用いている 2 つの提案方式のヒット率が高く、良好な結果を示している。特に、順序決定方法タイプ B の $W = 1.2$ が最もヒット率が高い。また、どのキャッシュ方法においても、展示室パターン 2 や 3 などの複雑なレイアウトのときは、ヒッ

図 14 順路選択者の割合に対するヒット率の変化

Fig. 14. Hit rate to the rate of visitors who selected the regular route.

表 3 データ記憶容量が 400kB の時のヒット率

Table 3. Hit rate for 400kB Data storage capacity.

Value of α, W	TypeA(α)		TypeB(W)			Distance	Route
	$\pi/4$	$\pi/2$	0.7	1.0	1.2		
room1	0.62	0.69	0.68	0.66	0.68	0.40	0.53
room2	0.35	0.41	0.50	0.48	0.50	0.34	0.42
room3	0.40	0.45	0.54	0.53	0.52	0.31	0.51
room4	0.49	0.49	0.50	0.53	0.57	0.35	0.53
average	0.46	0.51	0.56	0.55	0.56	0.35	0.50

表 4 データ記憶容量が 800kB の時のヒット率

Table 4. Hit rate for 800kB Data storage capacity.

Value of α, W	TypeA(α)		TypeB(W)			Distance	Route
	$\pi/4$	$\pi/2$	0.7	1.0	1.2		
room1	0.91	0.93	0.91	0.92	0.90	0.85	0.78
room2	0.67	0.66	0.78	0.78	0.79	0.70	0.64
room3	0.66	0.68	0.78	0.79	0.78	0.70	0.78
room4	0.84	0.85	0.88	0.89	0.89	0.83	0.78
average	0.77	0.78	0.83	0.84	0.84	0.77	0.74

表 5 データ記憶容量が 10MB の場合のヒット率

Table 5. Hit rate for 10MB Data storage capacity.

Value of α, W	TypeA(α)		TypeB(W)			Distance	Route
	$\pi/4$	$\pi/2$	0.7	1.0	1.2		
room1	0.94	0.95	0.95	0.95	0.95	0.90	0.76
room2	0.93	0.94	0.94	0.93	0.94	0.88	0.87
room3	0.92	0.93	0.94	0.93	0.93	0.87	0.88
room4	0.94	0.94	0.94	0.93	0.94	0.90	0.89
average	0.93	0.94	0.94	0.94	0.94	0.89	0.85

ト率が展示室パターン 1 や 4 のヒット率と比べると小さくなっているが、これはレイアウトが複雑なために来館者の移動経路も多様になり、移動予測のみならずデータのキャッシング自体が難しいからであると考えられる。

表 4 より、2005 年頃のアプリケーションのデータ記憶容量と考えられる 800kB においては、他の 2 つの方式と比べ

て提案手法のヒット率が 10% 程度高く、本方式が有効であると考えられる。また、表 5 より、データ記憶容量が展示品情報をダウンロードするのに十分に大きい 10MB の場合は、2 つの提案方式のヒット率がどの展示室パターンにおいても 92% 以上である。これはデータ記憶容量が大きいため多くの展示品情報の概要を削除することなくダウンロードできたためだと考えられる。

5. 結 論

Bluetooth を用いた情報提供システムにおいてアクセスポイントの接続切替中や位置推定を行っている間は展示品情報の受信ができず来館者が数秒間待たなければならないという問題に対し、来館者が展示品情報を閲覧している間に次に閲覧される可能性のある展示品情報をあらかじめダウンロードしておくことで位置推定中であっても待たずに展示品情報を閲覧できる先行ダウンロード方式を提案した。

提案方法をさまざまな展示室パターンにおいてシミュレーションを用いて評価し、有効性を確認した。また、本研究は実際に Bluetooth を用いたプロトタイプシステムに組み込んで、有効に稼動することを確認している。

本研究の一部は、文部科学省 21 世紀 COE プログラム (研究拠点形成費補助金) の研究助成によるものである。ここに記して謝意を表す。

(平成 14 年 4 月 15 日受付, 平成 15 年 4 月 7 日再受付)

文 献

- (1) 宮津和弘: Bluetooth ガイドブック, 日刊工業新聞社 (2000)
- (2) 杉浦彰彦: Bluetooth 技術解説, ソフトリサーチセンター (2000)
- (3) B.A. Miller and C. Bisdikian: Bluetooth Revealed, Prentice-Hall (2001)
- (4) P. Bhagwat: "Bluetooth: Technology for short-range wireless apps", *Internet Computing*, Vol.5, No.3, pp.96-103 (2001-5/6)
- (5) H. Oiso, M. Kishimoto, Y. Takada, T. Yamasaki, T. Masanari, and N. Komoda: "A Bluetooth-based Guidance System using In-building Location Estimation Method", in *Proc. of 1st Workshop on Appl. and Services in Wireless Networks (ASWN' 2001)*, pp.163-171 (2001-7).
- (6) J. Werb and C. Lanzl: "Designing a positioning system for finding things and people indoors", *IEEE Spectrum*, Vol.37, No.11, pp.71-78 (1998-11)
- (7) P. Bahl and V.N. Padmanabhan: "RADAR: An in-building RF-based user location and tracking system", in *Proc. IEEE INFOCOM*, pp.775-784 (2000-3)
- (8) J. Hightower and G. Borriello: "Location systems for ubiquitous computing", *Computer*, Vol.34, No.8, pp.57-66 (2001-8)
- (9) T. Yamasaki, M. Kishimoto, N. Komoda, and H. Oiso: "An information offering system for exhibition explanation by Bluetooth technology", in *Proc. of Int. Conf. on Advances in Infrastructure for Electronic Business, Science, and Education on the Internet (SSGRR-2001)*, (in CD-ROM) (2001-8)
- (10) M. Kishimoto, Y. Takada, H. Oiso, N. Komoda, T. Yamasaki, and T. Masanari: "The development of information service system using Bluetooth in an exhibition hall", in *Proc. of 4th Int. Conf. on Electronic Commerce Research (ICECR-4)*, pp.178-183 (2001-11)
- (11) Y. Takada, M. Kishimoto, N. Kawamura, N. Komoda, H. Oiso, T. Yamasaki, and T. Masanari: "An information service system using Bluetooth in an exhibition hall", *the Annals of Telecommunications*, Tome 58, N-3-4 (2003-3/4)

- (12) T. Watanabe, A. Mori, and Y. Yamamoto: "A Replicated Object Relocation Protocol for World Wide Area Networks", in *ICICE D-1*, Vol.J83-D-1, No.8, pp.862-872 (2002-8) (in Japanese)
渡辺 尚・森 章文・山本幸寿:「分散オブジェクト指向システムにおける動的複製配置プロトコル」, 信学論誌 D-1, **J83-D-1**, 8, pp.862-872 (2000-8)
- (13) K. Chinen, H. Inoue, K. Okayama, and S. Yamaguchi: "The Design and Implementation of Hybrid Prefetching Proxy Server for WWW", in *ICICE D-1*, Vol.J80-D-1, No.11, pp.907-915 (1997-11) (in Japanese)
知念賢一・井上博之・岡山聖彦・山口 英:「WWWにおけるハイブリッド先読み代理サーバの設計と実装」, 通信学論誌 D-1, **J80-D-1**, 11, pp.907-915 (1997-11)
- (14) "Specification of the Bluetooth System -Profiles-", http://www.bluetooth.com/pdf/Bluetooth_11_Profiles_Book.pdf
- (15) "Specification of the Bluetooth System -Core-", http://www.bluetooth.com/pdf/Bluetooth_11_Specifications_Book.pdf
- (16) Y. Takada, M. Kishimoto, H. Oiso, N. Komoda, T. Yamasaki, and T. Masanari: "The connection control for the information service system in an exhibition hall using Bluetooth", in *Proc of Appl. and Services in Wireless Networks(ASWN2002)*, pp.1-7 (2002-7)
Proc. of 4th Int. Workshop on Advanced Issues of E-Commerce and Web-based Information System (2002-7)
- (17) 津端 宏・山本直人: 美術館 1, 建築資料研究社 (1986)
- (18) 津端 宏・山本直人: 美術館 2, 建築資料研究社 (1994)

川 村 伸 幸 (学生員) 1980 年生。2003 年 3 月大阪大学工学部電子情報エネルギー工学科卒業。同年 4 月同大学大学院情報科学研究科マルチメディア工学専攻博士前期課程入学。Bluetooth を用いた展示情報提供システムに関する研究に従事。

岸 本 真 幸 (非会員) 1977 年生。2000 年 3 月同大学工学部情報システム工学科卒業。同年 4 月同大学大学院工学研究科情報システム工学専攻博士前期課程入学。Bluetooth を用いた展示情報提供システムに関する研究に従事。2002 年 3 月同課程修了。同年 4 月 (株) 東芝入社。e-ソリューション社配属。2003 年 4 月より (株) 東芝社会ネットワークインフラ社所属。

大 磯 洋 明 (正員) 1970 年生。1994 年 3 月神戸大学工学部計測工学科卒業。同年 4 月新日鉄情報通信システム (株) 入社。2001 年 1 月コーデオオンライン・ジャパン (株) (現社名, コーデトイズ (株)) 設立。現在, 同社取締役, ノルディア (株) 取締役。2003 年 3 月大阪大学大学院工学研究科情報システム工学専攻博士後期課程単位修得退学。電子商取引システム, モバイル情報システム等の研究に従事。

山 崎 高 弘 (正員) 1974 年生。2001 年 3 月大阪大学大学院工学研究科情報システム工学専攻博士後期課程修了。工博。2000 年 UC Irvine 客員研究員。2001 年 4 月大阪産業大学工学部電気電子工学科助手。定性推論, プロセス故障診断, モバイル情報システムなどの研究に従事。

薦 田 憲 久 (正員) 1950 年生。74 年 3 月大阪大学大学院工学研究科電気工学専攻修士課程修了。同年 (株) 日立製作所入社。システム開発研究所所属。81~82 年 UCLA 留学。91 年 4 月大阪大学工学部情報システム工学科助教授, 92 年, 同教授。2002 年 4 月より, 同大学大学院情報科学研究科マルチメディア工学専攻教授。工博。情報システム, 知識情報処理の研究に従事。2000 年度電気学会進歩賞等を受賞。IEEE などの会員。

正 成 忠 夫 (非会員) 1959 年生。1982 年 3 月電気通信大学計算機科学科卒業。同年日立マイクロコンピュータエンジニアリング (株) 入社。(株) 日立製作所システム開発研究所所属。1985 年 11 月東京電子設計 (株) (現 キヤノンアイテック株式会社) 入社。リアルタイム OS, プリンタコントローラ, プリンタ用ネットワークコントローラの開発に従事。1999 年より Bluetooth 関連の開発に従事。