

Wi-Foto:分散スマート環境における ユニバーサルなサービス制御機構

堀見 宗一郎^{†1} 井上 貴仁^{†2}
新井イスマイル^{†3} 西尾 信彦^{†4}

様々な情報機器や家電製品から構成され、それらが協調しサービスを提供するスマート環境の構築が盛んである。これら多数の機器がネットワークを介して接続された環境ではユーザが利用したい機器を明示的かつ直感的に選択・制御することが重要である。本研究では、このような要求を満たす機構として Wi-Foto(Universal Remote Controller using WiFi-based localization and Photographic View) を提案する。Wi-Foto ではユーザの利用場所に応じて事前に撮影したスマート環境の写真をインタフェースとして提供し、写真上に映っているデバイスを制御する為の最適なコントローラを提供する。本稿では Wi-Foto の設計・実装および評価について述べる。

Wi-Foto:A Universal Service Controller System for Distributed Smart Environment

SOICHIRO HORIMI,^{†1} ATSUHITO INOUE,^{†2} ISMAIL ARAI^{†3}
and NOBUHIKO NISHIO^{†4}

The study for smart environment have been increased which is constructed by many kinds of networked devices, and is able to collaborate with each other. It's important that these devices have capability of being selected explicitly, and controlled intuitively in such environment. In the study, we propose the system Wi-Foto(Universal Remote Controller using WiFi-based localization and Photographic View). This system provides photo-based user interface, and suitable controller for controlling devices which are printed on the photo with location aware system. Finally we explain about design, implementation and its evaluation of Wi-Foto system.

1. はじめに

近年、様々な機器が協調し合いサービスを提供するスマート環境が注目されている。これは、機器をネットワークに参加させることで実現されるもので、近年増えてきているネットワーク対応家電等も UPnP¹⁾ や Bonjour²⁾ といったプロトコルを用いることで容易に利用することが可能となった。しかし、このようにネットワーク上で構築される環境内では構成される機器は全て IP アドレスといったネットワーク上の識別子のみによって判断され、実空間上での位置関係といった情報を反映しないためユーザが機器を直感的に操作することは困難である。また、これらの機器は DVD プレイヤーならば映像の再生や録画、照明器具ならばその On・Off といったように特定の機能に特化したものが多い。そのため、これらを制御するにはそれぞれに特化したミドルウェアが必要となる。よってユーザは自分の制御したい機器に対応したミドルウェアを選択・制御する必要があり、スマート環境下のように多様なデバイスが存在する場所では機器の制御が非常に煩雑になると考えられる。そのため環境内に遍在する機器から選択したいものを明示的かつ直感的に指定することができ、汎用性に富んだアプリケーションインタフェースの実現が望まれる。本研究ではこれらの要求を満たす機構として Wi-Foto(Universal Remote Controller using Wi-Fi-based localization and Photographic View) を提案する。Wi-Foto では、ネットワーク上に構築されたサービス等の「仮想的な情報」とユーザが実際に目で見ることのできる「視覚的・物理的情報」を関連づけ、ユーザが用意に環境内のサービスを認識することのできるインタフェースを提案する。また、ネットワーク上における IP アドレスや各機器の制御インタフェースなどを意識することなくサービスを利用することのできるサービスコントローラをこのインタフェースを介して呼び出すことで、ユーザの直感的なサービス制御を実現する。

†1 立命館大学情報理工学部情報システム学科

Department of Computer Science and Engineering, Ritsumeikan University

†2 日本 HP

Hewlett-Packard Tokyo Office

†3 立命館大学総合理工学研究機構

The Organization of Science and Engineering, Ritsumeikan University

†4 立命館大学情報理工学部

College of Information Science and Engineering, Ritsumeikan University

2. 要件とアプローチ

本章では要件の定義を行い、それに対するアプローチについて述べる。

(1) 適応的なサービス取得

スマート環境では多くの機器が存在し、ユーザはそれらの提供するサービスを IP アドレスといった仮想空間上での識別子で指定して利用する。しかし、これらのネットワーク上における情報は、実空間上で機器が存在する物理的な位置情報等を反映しない。そのため、ユーザは実空間から明示的に機器を指定し利用することが困難である。これに対し本研究では、ユーザの屋内位置を元にそれに応じて利用可能なサービスを提供する。

現在、屋内における位置測位に関する研究は盛んに行われている。超音波を利用した ActiveBats⁶⁾ や、RFID タグを用いる NaviGata⁷⁾ は、屋内において数センチメートル~数 10 センチメートル程度で詳細に位置を測定することができる。しかし、これらは位置推定の為に特殊な機器を用いる必要があり、環境構築が難しいと言った問題点が挙げられる。

これに対し、無線 LAN のアクセスポイントとの間における電波強度 (RSSI) を利用してユーザの位置を推定する PlaceEngine⁴⁾, Locky.jp⁵⁾ などが普及してきている。この手法の特徴としては、位置推定を行う環境内に Wi-Fi アクセスポイントがあれば特殊な機器を利用する必要がない点が挙げられる。この手法で得られる精度は数十メートル程度の精度であるものの、取得した RSSI とそれに対応した実際の物理的位置の関連を示すデータ (トレーニングデータ) を増やせば更なる位置測位精度の向上が期待できる。

本研究で想定しているスマート環境はオフィスや一般家庭といったある程度限られたスペースの部屋から構成されるものである。このような環境ではサービスも部屋単位で存在し、ユーザがある地点で利用しようとするサービスの存在範囲もこれに準ずるものと考えられる。従って、本研究ではより導入に際したコストが少なく、様々な環境でスケラブルに構築が可能な Wi-Fi による位置推定手法を用いる。

(2) 汎用的なサービス利用

機器を操作する際に用いられる制御方法はそれぞれの機器に強く依存する。例えば、ある DVD デッキでは HTTP プロトコルを制御に用いていたり、またある照明器具ではその機器独自のプロトコルを用いているなど様々である。このように様々なプロトコルを用いる機器が混在する中でユーザが適切な制御方法を把握しておくことは困難である。その為、統一

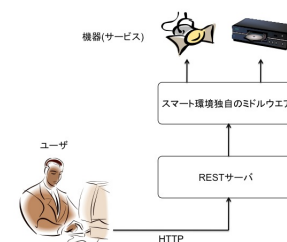


図 2.1 スマート環境における REST サービスフレームワーク
Fig. 2.1 REST service framework on a ubiquitous smart space

的なインタフェースの構築が望まれる。

現在、統一的なサービスへのアクセスを提供する試みとしてスマート環境におけるサービスを REST⁸⁾ を用いて Web サービスとして公開する手法がなされている。これは、機器を制御する独自のミドルウェアを Web サービスとしてオーバーラップし、HTTP プロトコルを用いてアクセスする手法である。ユーザは HTTP リクエストのみを用いて Web サービスにアクセスし、ラップしたミドルウェアが制御する機器のサービスに間接的にアクセスすることができる。これにより、ユーザは様々な機器に用いられるミドルウェアの差異を意識することなくサービスを利用することができる。REST を用いたサービス利用を図 2.1 に示す。

(3) 直感的なインタフェース

(1) でも述べたように、ネットワーク上の機器は実空間上での位置情報と IP アドレスなどのネットワーク情報との関連性を持っていない。その為、ユーザが実空間において視覚的に見た機器をネットワーク上において指定することは難しい。

現在、ユーザの直感的な機器制御を実現する研究として u-Photo⁹⁾ がある。これは、LED タグが貼付けられた機器が存在する空間を写真で撮影し、画像解析により写真上に存在する機器を認識する。ユーザは写真をインタフェースとして直感的な制御が行えるほか、画像解析により取得した機器の情報をもとにそれらを制御するコントローラを表示できる。しかし、この研究では LED タグを用いて機器を認識するため写真撮影を行う際にタグが視認できる範囲に存在する必要がある。スマート環境においては必ずしも全ての機器がユーザの視

界の内に存在するとは限らない。

本研究では、視覚的な情報として実空間の写真を用い、その写真上における機器のサービスをユーザ定義により行う。本稿ではこの定義を容易に行うことができるアプリケーションインタフェースの提案を行い、ユーザが直感的にサービスを指定し利用することを可能にする。

(4) セキュアなサービス制御

スマート環境のユーザは、その環境の管理者のように全てのサービスを利用する権利がある者から、一時的に環境を利用するゲストユーザまで様々であると考えられる。そのためユーザ毎のきめ細かなアクセス制御が望まれるが、実際には利用する人数が不確定である場合が多いため全ユーザに必要以上の権限を与えたり、最低限の権限しか与えられないといった現状がある。そのためユーザの増減にもスケラブルに対応することが可能なサービス制御機構が必要となる。

これに対し、本システムではチケットによる認証を用いたアクセス制御機構を提案する。スマート環境の管理者はユーザにサービスへのアクセス権を記述したチケットを配布し、このチケットを受け取ったもののみが各サービスを利用することができる。これにより管理者は利用を許可したいユーザにのみそれに応じたチケットを渡し、個々のアクセス権について中央管理する必要がなくなるためよりスケラブルなアクセス制御が実現できる。本稿では

これら 4 つの要件が満たされて真にユーザ機器を意識することなく利用したいサービスにアクセスすることが可能となった状態を「ユニバーサルである」と定義し、これらの要求を満たす機構の実現を目指す。

3. 設 計

本章では、Wi-Foto システムの設計について述べる。本システムは Wi-Foto クライアントと Wi-Foto サーバから構成され、サーバはスマート環境内に設置されていることを想定する。以降ではシステム概要およびクライアント・サーバそれぞれにおける設計を述べる。

3.1 システム概要

Wi-Foto システムの概要を図 3.1 に示す。Wi-Foto サーバにはスマート環境内における

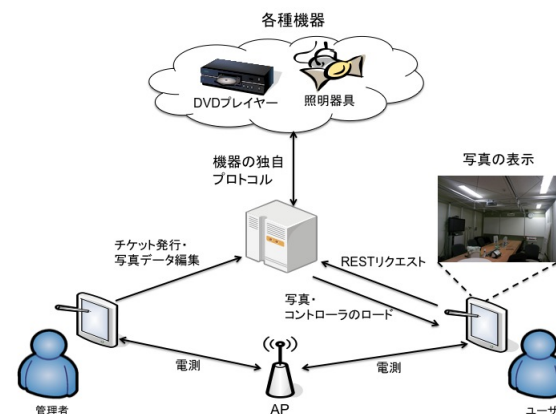


図 3.1 Wi-Foto システム概要図

Fig. 3.1 outline of Wi-Foto system architecture

種々のサービスを抽象化した REST サービスを公開する機能に加え、あらかじめスマート環境内を撮影した写真と位置情報を管理するリソース管理機能が実装される。リソース管理機能は、サーバに保存された写真とその位置情報のセットを管理するものとする。屋内における位置情報には環境内にある Wi-Fi アクセスポイントとの電波強度を示す RSSI 値を用いる。

スマート環境の管理者は、まず任意の室内の写真を用い、そこに映った機器のサービスとの対応付けを設定する。ここで行った設定は写真データの中に書き込まれ、その場の位置情報とともに Wi-Foto サーバに送信され保存される。また、管理者はサーバ側に配置されたチケット発行ツールを用いスマート環境のユーザに配布することができる。

スマート環境のユーザは、Wi-Foto クライアントを介して管理者がサーバに保存した写真を参照することができる。クライアントの電測機能でユーザの利用位置を推定し、その位置に応じた写真をサーバからロードする。更に、Wi-Foto クライアントは写真データを解析することにより管理者が設定した写真上に映った機器のサービス情報を取得できる。このサービス情報とユーザが保持しているチケットのアクセス権に応じて、写真上に映った機器上にそれを制御する為のコントローラを呼び出すリンクアイコンを表示する。これにより、ユーザはリンクアイコンをクリックするだけでそこに映った機器に適したコントローラを呼

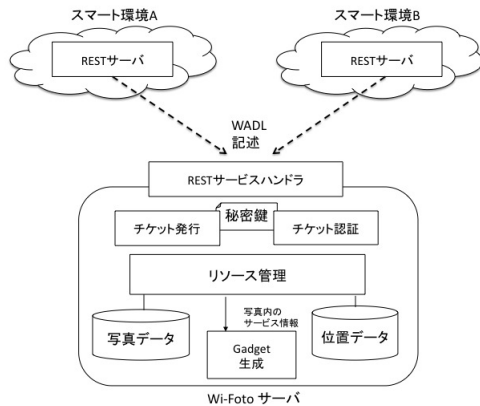


図 3.2 Wi-Foto サーバ内部構成

Fig. 3.2 The internal design of Wi-Foto server

び出し操作をすることができる。

3.2 Wi-Foto サーバ

本節では Wi-Foto サーバの設計に関して述べる。サーバ設計の内部構成を図 3.2 に記す。

3.2.1 REST サービスハンドラ

REST サービスハンドラは、スマート環境内の独自ミドルウェアを用いる各サービスを REST サービスとして公開する為のモジュールである。REST サービスハンドラとスマート環境内にある実際の REST サーバ等は分離しており、同じスマート環境内のサービスが複数の REST サーバから成り立っている場合や、分散スマート環境下でもこのモジュールを用いて統括的に REST サービスを Wi-Foto 利用者に公開することができる。サービスの情報は WADL(Web Application Description Language)³⁾ および XML スキーマを用いて提供される。WADL は XML 形式で記述され、各サービスの一覧を列挙するとともにそれぞれの REST サービスを利用する際に必要な XML のスキーマがリンクされる。これにより、クライアント側は特定のサービスに依存した情報を事前に知らない場合も WADL から動的に XML スキーマを取得し、それを解析することでサービスの制御が可能となる。

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<ticket xmlns="http://scoop.cogma.org/ticket/V1">
  <body>
    <realm>united_spaces.ritsumei.jp</realm>
    <authority>
      <allow path="/united_spaces/lights/light2" methods="GET"/>
      <deny path="/united_spaces/lights/light2" methods="PUT"/>
      <allow path="/united_spaces/lights/light1" methods="GET,PUT"/>
    </authority>
    <ticket-id>1001</ticket-id>
    <expire-date>2009-02-21T12:36:45.453+09:00</expire-date>
  </body>
  <body-digest>36f16fe29a38816f861693661dd2f3a38fc25182</body-digest>
</ticket>
```

図 3.3 チケットの一例

Fig. 3.3 A sample of ticket

3.2.2 リソース管理

写真データ、電測情報といったリソースを管理する。編集された写真データは、アップロードされる際に管理者が編集を行った位置の電測情報と共に受け取る。ここで写真データと位置情報の関連付けを行い、以後スマート環境利用者の位置に応じて写真を提供することを可能とする。

3.2.3 コントローラ生成

アップロードされた写真に付加されたサービス情報を解析し、それを元にサービスコントローラの生成を行う。生成されたコントローラはサーバ上に保管され、リクエストに応じてユーザの端末にコントローラをロードすることができる。

3.2.4 チケット認証

Wi-Foto サーバは REST に対するクライアントからの要求をチケット情報を元にフィルタリングする。HTTP リクエストのヘッダには暗号化されたチケット情報が添付されるものとし、サーバはこの内容からアクセスの可否を判断する。チケットの平文は XML 形式で記述され、リクエスト URL やそれに対して利用できる HTTP メソッドの一覧、チケットの有効期限および認証対象となる REST サーバを特定するレルム名、チケット固有の ID 等を含み、様々なタイプのユーザに対応する。図 3.3 はチケットの一例である。チケットは改ざん等を防ぐ為に XML の内容に Wi-Foto サーバに用意された秘密鍵を合わせ、それを SHA1 ダイジェスト計算したものを body-digest タグを用いて付加する。

3.2.5 チケット発行

管理者がチケットのアクセス権限指定・発行を容易に行えるようにチケット発行ツールを提供する。これは、許可したいリソースパスとそれに対するメソッド、チケットの有効期限等を CGI による web インタフェースを用いて指定することで、XML 形式のデータを記述する負担を減らすものである。以下の図 3.4 にチケットツールのインタフェースを示す。

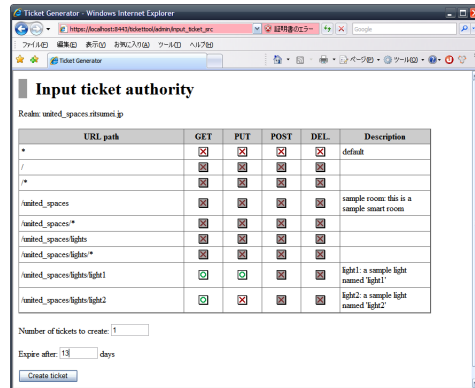


図 3.4 CGI によるチケット発行支援ツール
Fig. 3.4 CGI based ticket generating system

3.3 Wi-Foto クライアント

ここでは Wi-Foto クライアントの内部構成を説明する。図 3.5 にて内部構成と Wi-Foto サーバ間でのデータやり取りを示す。

3.3.1 位置情報取得

周囲に存在する Wi-Fi アクセスポイントとの電波強度を取得する。電測値は写真データと位置の関連づけや、ユーザの位置情報に応じて Wi-Foto サーバから写真のロードを行う際に用いられる。これらのモジュールは必要に応じてこの位置情報取得部を呼び出し、電測値を取得する。

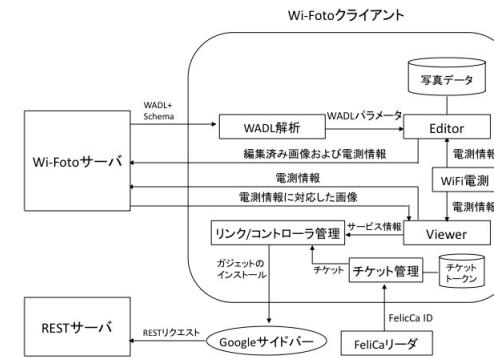


図 3.5 Wi-Foto クライアントの内部構成
Fig. 3.5 The internal design of Wi-Foto client

3.4 サービス登録

Wi-Foto システムでは、管理者がクライアント端末を用いて任意の写真上のどこにサービスがあるかといった登録を行う。まずここでは、管理者がクライアント端末に保存された写真から任意のものを選び、その上に映った機器上にリンクアイコンを配置する。更にそのアイコンからリンクされているコントローラの詳細を定義できる。ここで管理者が指定できる情報は、コントローラで制御するネットワーク上のサービス情報とコントローラの外観がある。サービス情報は、スマート環境内の Wi-Foto サーバから WADL を取得しそこから選択することができる。また、JPEG 形式の画像ファイルにはファイルの内部にコメント領域が存在し、ここに任意の文字列を記述することができる。ここでは、この領域を利用してファイル内にサービス情報を書き込むことで、他のユーザがサーバを介して写真を参照した際にサービス情報を容易に取得することが可能になる。

3.4.1 リンク/コントローラ管理

位置情報取得部から得た電測値を元に Wi-Foto サーバに写真データの問い合わせを行う。取得した写真データからサービス情報を取得し、それに応じてリンクアイコンおよびコントローラのインストールを行う。コントローラはサービス登録時にサーバ側で生成されている

もので、インストールの際はサーバからダウンロードされる。このときリンク/コントローラ管理モジュールはチケット管理部からユーザが保持しているチケットを取得し、チケットに記載された権限を参照する。ここで権限が与えられているサービスへのリンクアイコン及びコントローラのみをインストールすることで、同じ写真を参照していてもユーザ毎のアクセスコントロールを実現できる。

3.5 チケット管理

チケット管理部は、スマート環境管理者から受け取ったチケットの管理を行う。前述のリンク/コントローラ管理部へチケット情報を通知し、またコントローラから Wi-Foto サーバへの REST リクエストを行う際 HTTP ヘッダに base64 エンコードされたチケット文字列を付加する。

チケット管理部では、チケットを FeliCa カードの ID(IDm) と関連づけて管理する。これにより、ユーザが利用するチケットの変更を行いたい場合 FeliCaID をクライアントに読み込むことによりそれに対応付けられたチケットを再インストールすることが可能となる。この変更はリンク/コントローラ管理部などチケットを要求するモジュールに通知され、権限の変更が反映される。

4. 実 装

本章では Wi-Foto のプロトタイプ実装に関して述べる。まず、4.1 節で Wi-Foto サーバを含めて想定するスマート環境の構築について述べ、4.2 節にて Wi-Foto クライアントの実装を説明する。

4.1 想定環境の構築

本稿では、実際に Wi-Foto クライアントから制御する REST サービスを実装した。利用した機器は UPnP 制御の照明器具、ネットワークインタフェースを搭載した DVD デッキおよび VNC ホスト端末からなり、Wi-Foto システム上で動作を確認した。REST を始めとする Wi-Foto サーバ側の提供する機能は Java による Servlet で実現した。

4.2 Wi-Foto クライアント

Wi-Foto システムは、スマート環境管理者が行う写真データへのサービス情報登録作業

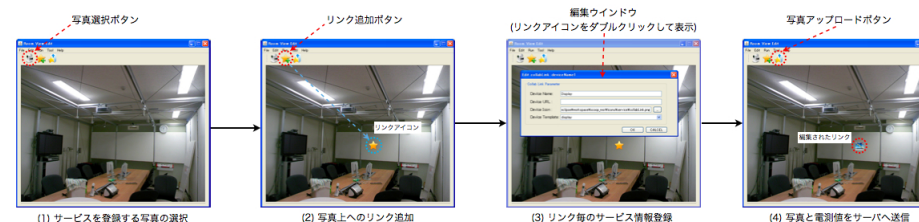


図 4.1 Photo Editor ツールの動作例

Fig. 4.1 An example of act of the editor tool

と、ユーザによる写真等のデータの利用およびサービス制御という大きく分けて 2 パターンから構成される。その為、クライアントアプリケーションにおいては写真データの編集作業を支援する Photo Editor ツール、写真データ表示等を行う Photo Viewer ツールの 2 つに分割して実装した。また、クライアントプログラムで共通して利用する Wi-Fi 電波強度測定モジュールは、PlaceEngineAPI を用いて実装した。

以下ではこれら 2 つのアプリケーションと、機器の制御に用いるサービスコントローラの実装について述べる。

4.2.1 Photo Editor

Editor ツールで行うサービス登録作業の流れは、

- (1) サービスを登録する写真の選択
- (2) 写真上へのリンク追加
- (3) リンク毎のサービス情報登録
- (4) 位置測定と同時に、写真と電測値をサーバへ送信

の 4 ステップで行われる。図 4.1 では、実装した Editor ツールの画面を元にこれら 4 段階の流れを示す。

4.2.2 Photo Viewer

Photo Viewer は、画像とリンクを表示する制御インタフェース部分以外に、Wi-Fi 電測を行ってサーバに問い合わせを行うボタンとそれを停止するボタン、画像の切替を行うボタ

ンを実装した．Wi-Foto では電測による位置推定を行っている仕様上，その精度が数十メートル程度に限られるため必ずしもユーザの位置に応じた写真がロードされるとは限らない．ユーザの意に反したものが取得された場合，画像切替ボタンを用いることで静的にサーバに保持されている他の画像を再読み込みすることが可能となる．また，サービスコントローラは Google デスクトップのサイドバーガジェットを用いて実装した．Photo Viewer 上のリンクをクリックすることでそれに対応したガジェットがサイドバーから取り出され，ユーザはそれを操作してサービスを利用する．Photo Viewer を用いた利用例を図 4.2 に示す．



図 4.2 Photo Viewer ツール概要
Fig. 4.2 Overview of the viewer tool

5. 関連研究との比較

本章では，本研究が目指すユニバーサルなサービス制御の視点から関連性がある研究を列挙しそれぞれについて述べると共に，Wi-Foto との比較を行い本研究で提案した手法の有用性を示す．尚，比較は 2 章で挙げた以下の 4 つの要件を基準に行う．以下に要件を再定義

する．

- (1) 適応的なサービス制御
- (2) 汎用的なサービス利用
- (3) 直感的なサービスインタフェース
- (4) セキュアなサービス制御

5.1 u-Photo

u-Photo⁹⁾ は，スマート環境内において機器の空間上の情報とその機器が提供するサービス情報を結びつけるシステムである．これは，空間内に存在する機器に LED タグを貼付け，それをカメラで撮影し写真を画像解析する事により機器を判別する．このタグにはアプリケーションプロファイルと呼ばれる情報が埋め込まれている．これは，IP アドレス等の機器が持つ各種の情報が含まれ，写真撮影時にタグが認識されたと同時にプロファイルが取得されるため即時性がある．実際のサービス制御は，撮影した画像を u-Photo クライアント上で表示させ，画像上の操作したい機器をクリックすることで行える．画像上に映っている機器には認識した LED タグにより機器の情報が結びつけられていて，ユーザがクリックした機器に応じて最適なコントローラが表示される．つまり，u-Photo は写真をユーザインタフェースとして直感的かつ適応的にサービスを制御することを可能としている．

また，u-Photo では撮影した写真データを保存しておくことにより 2 次的な利用が可能となる．機器の情報であるアプリケーションプロファイルは，撮影時に写真データの中に埋め込まれる為，このデータを参照することで撮影者以外のスマート環境利用者も機器を制御することができる．

しかし，u-Photo ではこの写真を閲覧するユーザ区別は行っていない．つまり，写真を閲覧したユーザはだれでも同様にサービスを制御することができる．スマート環境のように複数のユーザが遍在する様々な機器を制御する場合，ユーザ毎にアクセスできるサービスをコントロールすることが望ましい．また，アプリケーションプロファイルによる記述は統一的なものでなく，サービス利用の汎用性において欠ける．

5.2 スマートタクト

スマートタクト¹⁰⁾ は，可視光を用いた機器制御を実現している．これは，可視光レーザー送信器を搭載したユーザ端末（スマートタクト）と，可視光レーザー受信機を搭載した情報家

電 (スマートタクト対応機器) から構成される。これら家電の制御は、ユーザが持つ端末から機器に向けて可視光レーザーを照射することで行う。このシステムではユーザは制御したい機器にレーザを当てただけで機器を制御できるため、直感的な機器選択と明示的な制御が可能となる。更に、スマートタクトシステムでは CA (Certificate Authority) によるユーザ認証機構を導入している。ユーザが照射するレーザー上に IP アドレス等の情報を乗せることにより機器はそれを認識し、ユーザを判別することができる。また、可視光に寄せられた情報を機器が解析することでユーザ毎にパーソナライズされたコントローラの提供も可能である。

しかし、スマートタクトで用いるコントローラは機器が保持しているものから取得するため汎用的とは言い難い。また、スマート環境のような不特定多数のユーザが存在するような環境では、一時的に機器を利用するゲストユーザなど様々な利用シチュエーションが考えられる。このような環境においては CA による中央認証機構でスケーラブルかつきめ細かな認証を行うことは難しい。

5.3 CANDLE

CANDLE¹¹⁾ は、ユーザの直感的な機器操作を実現する為に GoogleMaps をインタフェースに用いた統合型家電機器操作システムである。CANDLE では、家電情報を GoogleMaps の地図上に登録し、操作画面をポップアップ表示することで Web ブラウザ経由での家電制御が可能になる。CANDLE の構成は、地図上に家電機器を登録するインタフェースサーバと、家電機器操作を行うデバイスサーバから成る。デバイスサーバが保持する家電情報の XML データをインタフェースサーバが取得し、GoogleMaps 上に情報をマッピングすることで、デバイス情報をユーザが直感的に選択できる。

しかし、地図ベースである CANDLE のインタフェースでは、家電機器の位置情報を直感的にユーザへ伝えるには広域すぎると言える。特にオフィスなどの室内で構築されたスマート環境では、「この機器がどの部屋にあるか」といった程度の粒度でしか位置を認識できない。また、適応的なサービス取得に関しても現段階では実現されておらず、サービスの汎用性およびサービスのアクセスコントロールに関しては言及されていない。

5.4 考 察

各研究における要件の達成を表 1 にまとめた。Wi-Foto では、Wi-Fi 測位によるロケーションウェアなサービス提供と、その位置に応じた写真をユーザに提示して適応的かつ直

表 1 関連研究との比較
Table 1 Comparison with related research

	(1) 適応的	(2) 汎用的	(3) 直感的	(4) セキュア
Wi-Foto				
u-Photo		×		×
スマートタクト		×		×
CANDLE	×	×		×

感的なインタフェースを実現した。また、スマート環境内におけるサービスを REST 化することにより機器に依存しない汎用的なサービスへのアクセスを可能にするとともにチケット認証によるスケーラブルな権限管理を実現した。Wi-Foto は本研究で提示した要件を満たし、他の関連研究と比べてもスマート環境におけるサービス制御システムとして十分な有用性を持っていると言える。

6. ま と め

本稿では、ユーザの居場所に応じてその位置に関連した写真をインタフェースとして REST 化された web サービスを制御する Wi-Foto システムを提案し、その設計及びプロトタイプ実装、評価を行った。

本研究の今後の課題として、Wi-Foto 上での機器のサービス情報と実空間上におけるそれとの一貫性がある。Wi-Foto では、Editor ツールを用いて写真上に映っているサービス情報を設定する。この情報は実空間上で機器の物理的位置が変化したりした場合反映されず、Editor ツールの利用者が適宜修正をしなければ写真インタフェースと実空間の間で不整合が生じる結果となる。また、今回はサービス制御を行うコントローラの機器毎の最適なコントローラ生成を行ったが、ユーザ毎にパーソナライズされたコントローラインタフェースの提供も今後の課題とする。

参 考 文 献

- 1) UPnP forum, <http://upnp.org/>
- 2) Apple MacOSX Leopard technology, <http://www.apple.com/macosx/technology/bonjour.html/>
- 3) WADL, <https://wadl.dev.java.net/>
- 4) PlaceEngine, <http://placeengine.com/>

- 5) Locky.jp:無線 LAN を用いた位置情報・測位ポータル,<http://locky.jp/>
 - 6) Mike Addlesee,Rupert Curwen,Steve Hodges,Joe Newman,Pete Steggles,Andy Ward,Andy Hopper,“ Implementing a Sentient Computing System ”, IEEE Computer Magazine,Vol.34,No.8,August 2001,pp.50-56
 - 7) 椎尾一郎,“ RFID を利用したユーザ位置検出システム ”, 情報処理学会研究会報告, Vol. 00-HI-88, pp.45-50, 2000
 - 8) 岩崎陽平, 榎堀優, 藤原茂雄, 田中宏一, 西尾信彦, 河口信夫,“REST に基づく異種スマート環境間のセキュアな連携基盤”, マルチメディア,分散,協調とモバイル(DICOMO2008) シンポジウム論文集,pp.185-194,2008 年 7 月
 - 9) 鈴木源太, 岩本健嗣, 高汐一紀, 徳田英幸,“u-Photo:Ubiquitous Environmental Snapshot Capturing Contextual Information in Home Network Environment”, 情報処理学会 システムソフトウェアとオペレーティングシステム研究会,Vol.2004(63),pp.65-72,2004 年 4 月
 - 10) 齋藤昭, 南正輝, 森川博之, 青山友紀,“ ユビキタス環境におけるユニバーサルコントロールシステム“ スマートタクトシステム ”の設計と実装 ”, 電子情報通信学会技術研究報告, IN2002-244, NS2002-271,pp. 67-72, March 2003
 - 11) 泉森達也, 植田健太, 小坂隆浩, 佐藤健哉,“ PlaceEngine による CANDLE 位置情報管理機能の設計 ”, 第 6 回情報科学技術フォーラム講演論文集, pp.221-222, 2007
-