

u-Photo Mobile: 携帯電話上の 静止画写真を用いたサービス可視化と制御

青木 崇行^{†1} 伊藤 昌毅^{†1} 由良 淳一^{†1}
中澤 仁^{†2} 高汐 一紀^{†1,†2} 徳田 英幸^{†1,†2}

本論文では、携帯電話で撮影した静止画写真を用いて、環境内のサービスの可視化や、その写真を通じたサービス制御を実現する u-Photo Mobile を提案する。ユビキタスコンピューティング技術の発達に伴い、環境内にディスプレイ、スピーカー、その他アクチュエータといったユビキタスサービスが遍在し始めている。本研究では、各サービスに2次元バーコードを貼付し、そのバーコードを携帯電話のカメラにより撮影することで、サービスのIDや機能を取得し、携帯電話上のGUIからそれらサービスを制御可能になる。身近な携帯電話による写真撮影をサービス視覚化・制御の操作として利用することで、より直感的なインタラクションを実現し、ユビキタスコンピューティング社会の実現に貢献する。

u-Photo Mobile: Human Services Interaction Using Photos on Cellular Phones

SOKO AOKI,^{†1} MASAKI ITO,^{†1} JUNICHI YURA,^{†1}
JIN NAKAZAWA,^{†2} KAZUNORI TAKASHIO^{†1,†2}
and HIDEYUKI TOKUDA^{†1,†2}

This paper presents a u-Photo Mobile system which enables users to interact with ubiquitous services by using photos taken by cellular phones. With the advancement of ubiquitous computing technologies, many services such as displays, speakers, and other actuators are pervasively distributed in our environment. In our research, we attach two dimensional barcodes on the services and take pictures of them with a camera on the cellular phone. After the phone decodes the barcode and acquire the ID and function list of services, users can check and control services through the GUI shown on the display of phones. This intuitive interaction technique let users interact with ubiquitous services more easily.

1. はじめに

ユビキタスコンピューティング技術の発達に伴い、ディスプレイ、スピーカー、センサーノード、各種アクチュエータなど様々なデバイスがネットワークに接続され、各種サービスが環境に埋め込まれつつある。また、一般ユーザもネットワーク接続機能・カメラ機能を搭載した携帯電話を日常的に持ち運ぶようになっており、人間側・環境側双方の情報化が急速に進んでいる。これらのサービスは家庭環境だけでなく駅や街中といった公共的な場にもデジタルサイネージやパブリックディスプレイといった形態で広まり始め、ユーザは携帯電話等のモバイル端末からこれらサービスを利用する。そこで、本論文では環境側の各種ユビキタスサービスへのアクセス方法として、人間が持つ携帯電話とそのカメラ機能を利用し、静止画写真を用いた視覚化・制御手法の検討を行った。

ユーザが情報環境にアクセスする手法としては、携帯電話上のインターネットブラウザを利用したウェブサイトアクセスや、QRコード等の2次元バーコードを利用した情報取得が考えられる。しかし、既存の手法では情報の閲覧はできるものの、ユビキタスサービスのステータスの取得や制御が不可能であった。そこで本研究では、カメラ付き携帯電話を利用した uPhoto Mobile を開発し、2次元バーコードを利用したユビキタスサービスの検出と、サービスのステータス取得と制御を実現した。ユーザはユビキタスサービスに貼付された2次元バーコードを携帯電話のカメラで撮影することにより、そのユビキタスサービスの情報・状態を取得し、また撮影した写真上に制御用のGUIを表示することで、直感的にサービスとのインタラクションが可能となる。

本論文の構成は以下のとおりである。第2章では静止画写真を用いたサービス視覚化制御技術について説明し、先行研究である u-Photo との違いを述べる。第3章で u-Photo Mobile の設計と実装を示す。また、第4章で u-Photo Mobile の評価と考察を行い、第5章において関連研究について整理を行う。そして第6章において今後の予定を示し、第7章で本論文をまとめる。

^{†1} 慶應義塾大学大学院政策・メディア研究科
Graduate School of Media and Governance, Keio University

^{†2} 慶應義塾大学環境情報学部
Faculty of Environment and Information Studies, Keio University

2. 静止画写真を用いたサービス視覚化技術

本論文では、撮影・制御対象のサービスを以下のように定義する。サービスには実世界へのリンクとして2次元バーコードが貼付してあり、それらのサービスはネットワークに接続されることで、別機器からのネットワークを経由したアクセスが可能になっている。サービスの例として、周辺環境の情報を取得するセンサー、環境に対して映像、音声、物理的な動作を出力するアクチュエータ、そしてデータ処理を行うコンピュータが挙げられる。

2.1 ユビキタスサービスの可視化と制御

本論文では、ユビキタスサービスとは、屋内・屋外環境に設置されたハードウェア機器によって提供される機能と仮定する。このユビキタスサービスでは、家庭内の家電機器やコンピュータ機器といったサービスと比較して、以下のような特徴がある。まずサービスの使用者が不特定多数になりうる。家庭内の機器では、その使用者が主に家族に限定されていたものの、屋外やパブリックな場所に設置されるユビキタスサービスにおいては、使用者を想定できず不特定多数のユーザに対してサービスを利用可能にする必要があり、直感的かつ汎用的な利用方法が重要になる。また、サービスの利用時間についても、落ち着いて長時間利用するのではなく、一時的に利用する傾向が強くなり、サービスやコンテンツの提供方法も迅速なインタラクションを必要としている。

このような環境下で、多くのユーザが持ち運んでいる携帯電話を利用デバイスとすることで、汎用性を確保する。また、写真撮影やGUI上のタッチ操作を実現することで、一時的かつ迅速なユビキタスサービスの利用に対応する。ユビキタスサービスを公共空間でかつ一時的に利用するには、ユーザが日常的に持っている機器（携帯電話）で、日常的に使用する機能（写真撮影）を利用することがユーザビリティの向上につながる為、本論文では携帯電話上の静止画写真をシステムを実現するターゲット環境として設定した。

2.2 ユビキタスサービスとのインタラクションにおける3段階

ユーザがユビキタスサービスにアクセスする際には、以下の3段階でインタラクションが考えられる：サービス発見、サービス視覚化・情報取得、サービス制御である。これらのインタラクションはu-Photo Mobileでは静止画写真の撮影から始まり、その閲覧、写真上のGUIのタッチ操作により実現される。

● サービス発見

最初にユーザが周辺環境から自分の興味のあるサービスを発見する必要がある。本研究の場合では、2次元バーコードが添付されているサービスを発見し、そのバーコードを

携帯電話のカメラにより撮影することでサービス発見が実現される。

● サービス視覚化・情報取得

サービス発見の後、そのサービスが何であるか、またどのような状態に置かれているかをユーザが知る必要がある。この段階を視覚化・情報取得と呼んでおり、携帯電話のディスプレイにサービスで実行可能な制御コマンドリストを表示したり、現状のサービスの状況（音楽再生サービスの場合、どんな音楽をどのくらいの時間再生しているか等）を表示する。

● サービス制御

サービスの情報や状況を取得した後、そのサービスに対してユーザの要求するコマンドを送信する。例えば、音楽サービスの場合は再生、停止、早送り、巻き戻し等の制御がある。本研究では、それらの制御を携帯電話のディスプレイにGUIを表示させ、ユーザの画面タッチにより制御が可能になっている。

図1では、パソコン上で動作している音楽再生サービスに対して、携帯電話のカメラを利用してアクセスするイメージを示している。ユーザは携帯電話のカメラ機能により、サービスに貼付してある二次元バーコードを撮影することで、そのサービスのIDを取得し、携帯電話のディスプレイ上で制御用のGUIを表示し、制御できるようになっている。

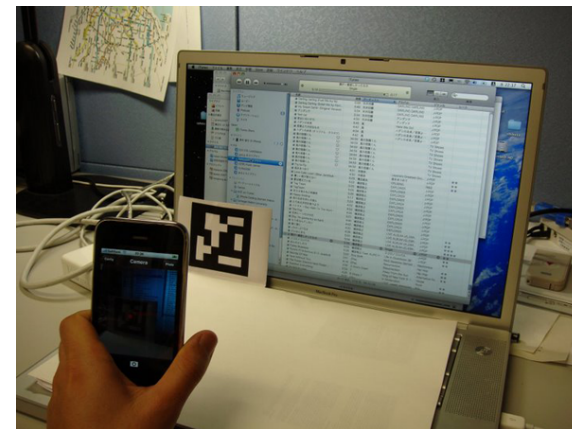


図1 uPhotoを用いたインタラクションイメージ

2.3 想定シナリオ

uPhoto Mobile を利用した想定シナリオとして、街頭ディスプレイと農場センサの例について説明する。

● 街頭ディスプレイ

渋谷の街頭大型ディスプレイでは、さまざまな会社の製品コマースを動画で表示している。ユーザはそのディスプレイを撮影することにより、現在表示中のコマースコンテンツについて情報を取得できる。また、撮影した写真をもとに、コマースを巻き戻すことで、見逃したコマースの再表示等が可能になる。また、撮影した写真を友人と共有することで、コマースコンテンツを共有するだけでなく、その友人も街頭ディスプレイの制御が可能になる。

● 農場センサ

ある農場では、すべてのビニールハウスに二次元バーコードを添付してある。ユーザがビニールハウスを訪れ、その2次元バーコードを携帯電話で撮影することにより、そのビニールハウスの現在や過去の温度・湿度にアクセスできる。また、必要に応じてビニールハウスの窓の開閉や水やりの制御等が、撮影した写真を通して可能になる。

2.4 過去の研究：u-Photo

u-Photo Mobile の基本コンセプトは静止画写真を用いたサービスとのインタラクション技術であり、このコンセプトは u-Photo¹⁾ において初めて発表された。この従来の u-Photo においては、小型のノートブック PC と付属のカメラを使用していた。図 2 に示す従来の u-Photo には、大きさ、ネットワーク接続、サービスと二次元バーコードのマッピングの3つの問題が存在した。

ノートブック PC を実装ハードウェアとして採用していたことから、その画面表示能力や計算処理能力には問題が無かったものの、機器自身の大きさが大きく重量は 600 グラムあった。このサイズでは、ユーザの日常生活において常に携帯するわけにはいかなかった。また、ネットワークへの接続性も、ワイヤレス LAN による接続だけで、ワイヤレス LAN が存在しない地域では利用不可能だった。さらに、サービスに添付する2次元バーコードとサービスの関連付けについては手作業で行っており、煩雑な作業になっていた。

これらの問題を解決するために、同様のコンセプトを携帯電話ネットワークとワイヤレス LAN 接続の2種類の接続形態をもつ、携帯電話端末に移植することにした。この移行により、ハードウェアの重量は従来の4分の1になり、またサービスと2次元バーコードの関連付けも半自動化した。このように軽量になり、日常生活でも利用しやすくなった u-Photo

を本論文では u-Photo Mobile として提案する。



図 2 過去の研究：u-Photo

3. uPhoto Mobile の設計と実装

従来の uPhoto は PC をベースにしたデバイス上に実現されており、計算処理能力やディスプレイ表示能力は PC のハードウェア環境のおかげで高かったものの、重量が 600g と、日常的に持ち運ぶには重いシステムになっていた。特に街中で簡単に Cubix サービスへのアクセスを可能にするには、そのインタラクションデバイスはポケットの中に入ったり、片手で操作できることが望ましく、従来の uPhoto では不十分であった。

そこで uPhoto Mobile の実現にあたり、市販の汎用的携帯電話である Apple iPhone を用いて実装を行った。iPhone はカメラ、ワイヤレス LAN、タッチスクリーンを搭載した携帯電話である。これにより大きさ・重さで従来の4分の1サイズになり、特に重さは 133 グラムであり片手で容易に運搬・操作可能なサイズになった。uPhoto Mobile 上のソフトウェアの実装は、iPhone 上で動作可能な Objective-C 2.0 と C 言語を用いて、また2次元バーコード用のライブラリには ARToolkitPlus²⁾ を利用した。uPhoto Mobile と Cubix サービス間の通信プロトコルは、Bonjour³⁾ を利用した。iPhone のカメラで静止画を撮影した瞬間にその写真ファイルである JPEG の EXIF メタデータエリアに、Cubix サービスの情報を書き込む仕様になっている。

また、制御対象になる Cubix サービスにおいては、そのサービスが起動した際にサービスが接続されているネットワーク内に、通信プロトコル Bonjour を用いて、そのサービス内容の発行・登録を行う。

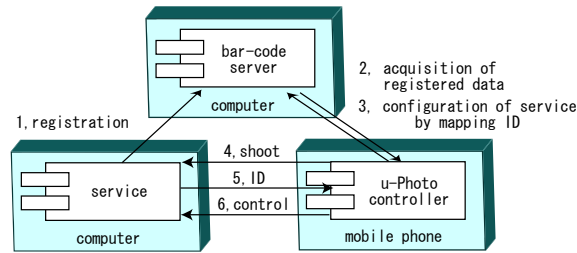


図 3 u-Photo Mobile システムアーキテクチャ

3.1 uPhoto Mobile の動作手順

uPhoto Mobile は、iPhone で動く uPhoto Mobile、撮影・制御対象のサービス、それらとは別コンピュータ上で動作するタグ管理サーバの 3 者により実現される。それらの動作手順は以下のとおりである。図 4 に動作手順を図示した。

(1) サービス登録

各種ユビキタスサービスを提供する機器は、タグ管理サーバに自分が提供するサービスについての情報を登録する。サービス情報には、その名前、IP アドレス、提供するコマンドリストなどが含まれる。

(2) テーブル取得

uPhoto Mobile をネットワークに接続し、タグ管理サーバから現在その環境内に存在するサービス一覧を取得する。

(3) サービスと 2 次元バーコードのマッピング

2 次元バーコードの ID 番号と、実際のサービスのマッピングを行い、タグ管理サーバにその情報を登録する。この操作により、2 次元バーコードとサービスの紐づけが実現され、その 2 次元バーコードをサービスに貼り付ける準備ができた。

(4) 撮影

サービスに貼付されている 2 次元バーコードを撮影する。uPhoto Mobile の画面のライブビューモードにおいて 2 次元バーコードの ID がリアルタイムに表示される。

(5) ID の解読

撮影とともに、2 次元バーコードからその ID 番号を抽出する。また、撮影した写真データは uPhoto Mobile 上に保存し、あとからその写真を利用してサービスの制御を可能にする。

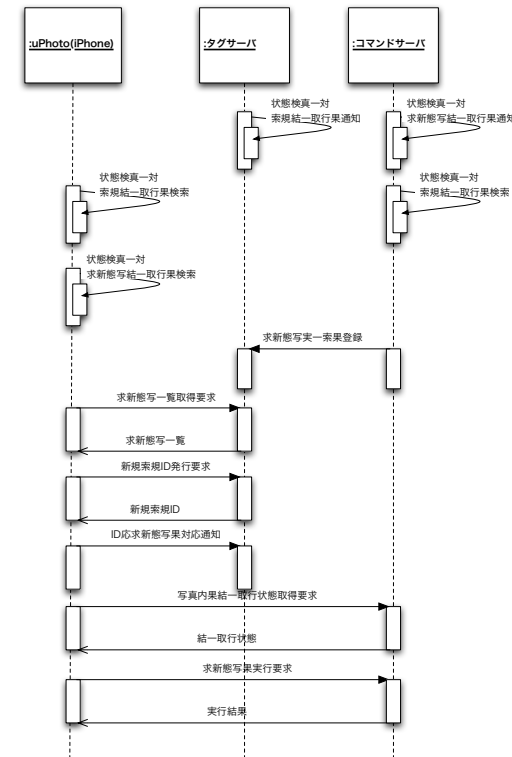


図 4 u-Photo Mobile 動作シーケンス図

(6) 制御

撮影した写真上に赤いマーカを表示し、その赤いマーカをタッチすることで、制御用の GUI が表れる。その制御用 GUI をタッチすることで、ユビキタスサービスの制御を行う。実際には uPhoto Mobile から制御対象サービスにネットワークコネクションが張られ、制御コマンドが送信される。

3.2 uPhoto Mobile の動作モード

uPhoto Mobile では、Configuration Mode、Camera Mode、Photo Mode の 3 種類の画面モードが存在する。それぞれの画面で提供する機能を以下で説明する。それぞれのモー

ドの切り替えは画面上部のボタンを押すことで実現されている。それぞれのスクリーンイメージを図 5, 図 6, 図 7 で示す。

3.2.1 Configuration Mode

Configuration モードでは、u-Photo Mobile を使用する前提設定を行う。このモードで可能な設定事項は以下の 3 種類である。Configuration モードにおけるスクリーンイメージを図 5 に示す。

- サービステーブルの取得
環境内に存在するサービステーブルの一覧が画面上に表示されるので、その内の一つを選択する。このテーブルには、2 次元バーコードとサービス ID の対応表が入っており、次の Camera モードで 2 次元バーコードを撮影・解読した後、このテーブルに基づいてサービスの取得を行う手順になっている。Configuration モードにおける「Get Dict」ボタンがテーブル取得ボタンになる。
- サービスの登録
新しいサービスをサービステーブルに登録したい場合には、3.1 章で述べたようにサービス登録をする必要がある。サービス登録だけだと 2 次元バーコードとの対応付けができていないため、Configuration モードにおける「Regist Tag」ボタンを使用することで、撮影したタグとタグ管理サーバーに登録しているサービスとの対応付けを行う。
- 共有サービスの取得
u-Photo Mobile では、写真データをウェブ上で公開することで、サービスの共有が可能になっている。Configuration モードにおける「Share URL」を用いることで、公開されている他者のサービスのダウンロードが可能である。

3.2.2 Camera Mode

Camera モードでは携帯電話のカメラ機能を利用して、ユビキタスサービスとそれに貼付された 2 次元バーコードの撮影を行う。このモードでカメラを 2 次元バーコードに向けることで、リアルタイムに 2 次元バーコードからその ID 番号やサービス名を抽出するとともに、画面下部の撮影ボタンを押すことで、写真として保存できる。リアルタイムでサービス名を表示することで、環境内に存在するユビキタスサービスの可視化を実現している。環境内に複数のサービス（2 次元バーコード）が存在する場合においても、同時にサービス名表示が可能になっており、ユーザのサービス選択を補助している。Camera モードにおけるスクリーンイメージを図 6 に示す。

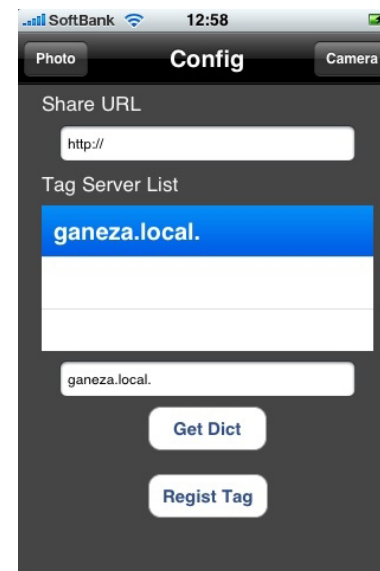


図 5 u-Photo Mobile スクリーンショット:Configuration Mode

3.2.3 Photo Mode

Photo モードでは、撮影した写真を閲覧し、その写真をクリックすることでサービスの制御をできる。撮影した 2 次元バーコードを含んだ写真のことを uPhoto と呼び、複数の uPhoto を一つの端末上で保存可能である。実際にサービスを制御する際には、この写真の中の 2 次元バーコード上に現れる赤いマーカーを押すことで、制御用 GUI に画面が遷移する。制御用 GUI の画面においては、サービスの制御コマンドが一覧として表示されている。ユーザがその制御コマンドから所望のボタンを押すことで、携帯電話からサービスに対してネットワーク経由で制御コマンドが送信される。Photo モードにおけるスクリーンイメージを図 7 に、制御用 GUI を図 8 示す。

3.3 u-Photo Mobile を利用したアプリケーション

プロトタイプ実装における可視化・制御サービスとして、音楽サービスと映像サービスの 2 種類を実装した。音楽サービスでは、スピーカーを備えた機器において、音楽の再生・早送り・巻き戻し・停止等の基本操作の他に、現在再生中の音楽情報（タイトルや再生時間）を取得できる。また、映像サービスでもディスプレイとスピーカーを備えた機器において、



図 6 u-Photo Mobile スクリーンショット:Camera Mode

音楽サービスと同様の基本操作や情報取得操作が可能となっている。それぞれのサービスはパソコン上で実現しており、音楽サービスは Apple の iTunes Music Player を利用し、また映像サービスは Apple の Quicktime Player を利用しており、それぞれの制御用 Action Script がパソコン上で動作する仕組みになっている。

4. uPhoto Mobile の評価と考察

uPhoto Mobile による制御対象サービスとして、今回はパソコン上で実現した音楽再生サービス iTunes と、動画再生サービス Quicktime Player の種類を実現した。これらの制御においては、メディアコンテンツの再生・停止・早送り・巻き戻し・音量の調整等が可能になっている。携帯電話上の GUI をクリック操作してから実際にサービスが反応するまでの時間は 1 秒未満であり、このような映像や音楽を対象としたサービスの制御としては実用的な時間内で処理が行われた。今後は、これらのサービス以外にもセンサ情報の閲覧や、移動型アクチュエータの制御等の実現も予定している。

また、uPhoto Mobile を使用した初期ユーザビリティテストを行った。そのテストの結



図 7 u-Photo Mobile スクリーンショット:Photo Mode

果、撮影や画像保存の際にソフトウェアの動作に時間がかかることが判明した。その原因は 2 種類考えられ、1 つは表 1 に示すとおり、2 次元バーコードを撮影するカメラの撮影フレームレートの遅さに起因するものであり、またもう 1 つは撮影する写真の解像度の問題であった。iPhone のディスプレイ自体は 400x300 ピクセルの表示能力があるが、カメラの撮影解像度は 1600x1200 になっており、現状ではその大きな写真データの処理に時間がかかっている。これらの問題は、カメラにおける二次元バーコードの読み取り周波数の調整や、写真データの縮小保存等の工夫により解決できる。表 1 には従来の u-Photo と u-Photo Mobile の開発環境・ハードウェア総能の比較表を示す。

さらに二次元コードを利用していることから、その表現可能な ID 数の問題も発生した。現在使用している二次元コードでは、それぞれのバーコードがサービスの ID だけを表現するとした場合、512 種類の ID を表現するのが限界である。現状の u-Photo Mobile においては、タグ管理サーバは 1 つのネットワークセグメント上に 1 つ設置しているため、この 1 つのネットワークセグメント内では 512 個以上のサービスを提供できない構造になっている。この問題は、タグ管理サーバの運用方法を工夫することで解決する。

表 1 Comparison Between Conventioinal u-Photo and New u-Photo Mobile

item	u-Photo	u-Photo Mobile
Model	Sony Vaio Type U (VGB-U70P)	Apple iPhone 3G
Size	167mm x 26.4mm x 108 mm	115.5mm x 12.3mm x 62.1mm
Weight	about 600g (with external camera)	133g
Display	800x600(5.0inch)	320x480(3.5inch)
Camera	PCGA-UVC11 0.37M Pixels (External)	2M Pixels
Two-Dimensional Bar-code	ARToolkit ⁴⁾	ARToolkitPlus ²⁾
Detection Frame Rate	30 frame/second	about 12 frame/second



図 8 u-Photo Mobile スクリーンショット:制御用 GUI

5. 関連研究

u-Photo Mobile はサービスの ID 情報をサービス（機器）から携帯電話端末に取得している。これと類似した機器間通信によるデータ取得方法はいくつか存在する。Passage⁵⁾ や mediaBlocks⁶⁾ では、機器から機器に情報を渡す際に、物理的なオブジェクトを媒体物として利用している。例えば、Passage では、機器 A から機器 B にデジタル情報を移動するに

は、ただ単純に Passenger と呼ばれる物理的なオブジェクトを A から B に移動するだけで良い。同様に mediaBlocks においても、電子的にタグ付けされた木製のブロックを移動することで電子的な情報を移動させている。このように物理的なオブジェクトを用いることは、直感的であり日常生活でも利用し易い方法ではあるが、複数のオブジェクトや情報を取得したり、それを用いて周辺機器の制御をするなどの複雑な操作は不可能である。u-Photo Mobile では、ディスプレイを用いて複数情報からの選択が可能だったり、その GUI を利用した制御が可能になっている。

環境情報を可視化する先行研究もいくつか存在する。NaviCam⁷⁾ では、PDA に接続されたヘッドマウントディスプレイを用いることで空間内の状況に応じて変化する情報を表示する仕組みを提案した。また、InfoScope⁸⁾ では、PDA とカメラを用いて、その PDA を向けた方向に存在するビルの名前や物の名前を表示する仕組みである。DigiScope⁹⁾ では PDA でモノを指し示すことにより、関連情報を取得できる仕組みを提案している。これらの研究はリアルタイムに実世界のオブジェクトに対して付加情報を加えることにフォーカスしているのに対して、u-Photo Mobile はサービスを写真として保存して、一定時間後再度利用するといった、リアルタイム以外の使用方法も提供している。

6. 今後の予定

u-Photo Mobile を用いることで、各種ユビキタスサービスの可視化や制御が可能となることを示した。本章では、u-Photo Mobile に関する今後の研究項目を述べる。

● 人や環境の撮影

現在の u-Photo Mobile では、センサ、コンピュータ、アクチュエータ、ネットワーク家電といったハードウェア機器を撮影・制御ターゲットとしていた。同様の可視化手法は、環境や人に対しても適応可能である。例えば、ある部屋の入口に貼付してある 2 次

元バーコードを撮影することで、その部屋内の過去の気温状態や、部屋の利用者リストを取得できる。また人が持つ ID カード等に貼付してある 2 次元バーコードを撮影することで、その人のプロフィールや移動軌跡を取得できる。

- 2 次元バーコードの代用
2 次元バーコードを環境内のサービスに貼付していくと、美観的な問題が発生する可能性がある。2 次元バーコード以外の技術で、サービスの ID を直感的に取得できる技術として、位置情報技術 (GPS や Wifi 電波を用いた位置情報技術) や RFID タグがある。これらの位置やタグに応じて、そこで提供されているサービスを携帯端末に送ることで、サービスの可視化ができる。これら 2 次元バーコードを代用する技術についても検討を行う予定である。

また、当研究室においては、静止画写真を用いたサービス制御の他に、振る動作による機器操作¹⁰⁾ やヘッドマウントディスプレイを用いた環境可視化¹¹⁾ の研究も行われており、場所や状況に適した直感的な操作について、今後も比較検討を行っていく。

7. ま と め

本論文では、静止画写真を用いたサービス可視化・制御技術として、u-Photo Mobile を提案した。u-Photo Mobile では、携帯電話のカメラ機能を用いて各ユビキタスサービスに添付されている二次元バーコードを撮影する。撮影した写真を携帯電話のディスプレイで閲覧し、その画面からタブ操作で画面を切り替えることで、サービス制御用 GUI を表示し、実際に制御できる仕組みになっている。汎用的な機器である携帯電話を利用し、直感的な操作である写真撮影を可視化・制御のきっかけにすることで、公共空間にあるユビキタスサービスの簡単な利用方法を提供した。本論文では、過去に実装した u-Photo と比較し大きさや重量が 4 分の 1 以下になり、より可搬性が高まったことを示すとともに、動作速度の分析を行い、今後の課題について考察を行った。

謝 辞

本研究の一部は、総務省「ユビキタスサービスプラットフォーム技術の研究開発」の成果である。

参 考 文 献

- 1) G.Suzuki, S.Aoki, T.Iwamoto, D.Maruyama, T.Koda, N.Kohtake, K.Takashio, and H.Tokuda, “u-photo: Interacting with pervasive services using digital still images”, in *The Third International Conference on Pervasive Computing (PERVASIVE)*, 2005.
- 2) Christian Doppler Laboratory, Graz University of Technology, “ARToolkitPlus”, 2006, http://studierstube.icg.tu-graz.ac.at/handheld_ar/artoolkitplus.php.
- 3) Apple Inc., “Bonjour Protocol Specification”, 2009, <http://developer.apple.com/networking/bonjour/specs.html>.
- 4) ARToolWorks Inc., “ARToolkit”, 2007, http://www.artoolworks.com/ARToolKit_Professional.html.
- 5) N.A. Streitz and S.Konomi and C. Muller-Tomfelde, “Passage: Physical transportation of digital information in cooperative buildings”, in *2nd International Workshop on Cooperative Building(CoBuild1999)*, 1999.
- 6) H.Ishi, B.Ullmer, and D.Glas, “mediablocks: Physical containers, transports, and controls for online media”, in *Computer Graphics Proceedings (SIGGRAPH'98)*, 1998.
- 7) J.Rekimoto and K.Nagao, “The world through the computer: Computer augmented interaction with real world”, in *Symposium on User Interface Software and Technology*, 1995.
- 8) I.Haritaoglu, “Infoscope: Link from real world to digital information space”, in *3rd International Conference on Ubiquitous Computing (UbiComp2001)*, 2001.
- 9) A.Ferscha and M.Keller, “Digiscope: An invisible worlds window”, in *Adjunct Proceedings of the 5th International Conference on Ubiquitous Computing (UbiComp2003)*, 2003.
- 10) 伊藤 友隆, 河田 恭兵, 中川 直樹, 生天目 直哉, 橋爪 克弥, 伊藤 昌毅, 中澤 仁, 高汐 一紀, and 徳田 英幸, “振る動作による異種ネットワーク間での機器連携の実現”, in 情報処理学会第 21 回ユビキタスコンピューティングシステム研究会, 2009.
- 11) 今枝 卓也, 高汐 一紀, and 徳田 英幸, “振る動作による異種ネットワーク間での機器連携の実現”, in 情報処理学会第 21 回ユビキタスコンピューティングシステム研究会, 2009.