

拡張現実感技術を利用したネットワーク家電 制御方式

佐藤 健哉^{†1} 坂本 陽^{†1}
三原 進也^{†2} 島田 秀輝^{†2}

テレビや DVD レコーダなど多様な家電機器がホームネットワークに接続され、自宅内どこでも映像が視聴可能な相互接続のための仕様が登場している。ネットワークに接続される機器が増加し多様化する状況において、一般的な赤外線リモコンと異なり機器操作をネットワーク経由で実施するため、複数の操作対象となる機器の中から操作したい機器を特定することが困難になる。本研究では、カメラ、タッチパネル、ネットワーク機能を搭載したスマートフォン上の拡張現実感技術の利用により、ネットワークに接続された機器を直感的に特定し、ホームネットワーク上にあるコンテンツ検索や再生表示などの操作を行う方法を提案するとともに、その実現可能性を示す。また、家電機器操作のための現在の拡張現実感技術の問題点の考察と、LED 点滅による可視光マーカを利用した解決方法も提案する。

A Networked Home Appliance Control Method Using Augmented Reality

KENYA SATO,^{†1} AKIRA SAKAMOTO,^{†1} SHINYA MIHARA^{†2}
and HIDEKI SHIMADA^{†2}

Many kinds of networked home appliances connected to each other with standardized control functions are recently appeared. As the number of appliances in a home increases, unlike general infrared remote control, it would be difficult to specify a certain device to be controlled because a user can simultaneously operate all devices with a wireless controller in a home. In this paper, we propose a network-connected home appliance cooperation method to control appliances (e.g. search and play contents on a home network) effectively with augmented reality technology using a smart phone that includes a camera, touch panel, and network functions, and verify its effectiveness. In addition, we discuss the current augmented reality technology issues, and propose a new visible marker method with blinking LED to address the issues.

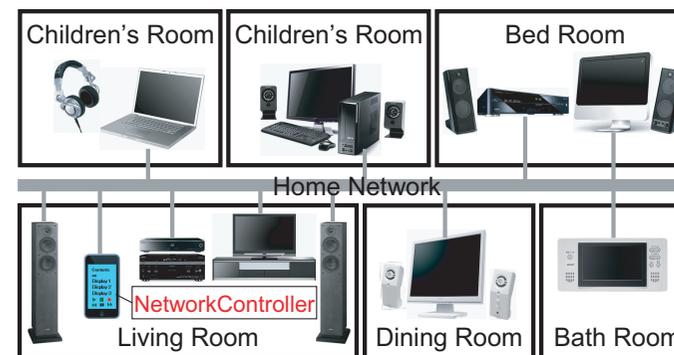


図 1 ホームネットワーク構成
Fig.1 Home Network Architecture.

1. はじめに

PC 以外にも、テレビや DVD レコーダなど、多様な家電機器がホームネットワークに接続され、自宅内どこでも映像が視聴可能な相互接続のための DLNA 仕様¹⁾が登場してきた。この仕様の利用により、ネットワーク接続された家電機器は相互接続性が保証され、機器をネットワーク接続するだけで異なった複数のベンダ製品間において、コンテンツの検索や閲覧・再生などの機能を相互に利用することが可能となる。

ホームネットワーク構成を図 1 に示す。家庭内のネットワークに、複数の（映像コンテンツを保持した）レコーダ（映像コンテンツを表示する）ディスプレイ（ネットワーク上のすべての機器を制御する）ネットワークリモコンが接続されている。ネットワークリモコンはホームネットワーク経由で、接続されているすべての家電機器の中から視聴したい映像コンテンツと、そのコンテンツを表示したいディスプレイを選択し、制御することが可能である。これにより、たとえば、リビングにあるレコーダに保持された映像を寝室にあるディスプレイで表示することができる。

^{†1} 同志社大学大学院 工学研究科 情報工学専攻, Department of Information and Computer Science, Graduate School of Engineering, Doshisha University

^{†2} 同志社大学 理工学部 情報システムデザイン学科, Department of Information Systems Design, Faculty of Science and Engineering, Doshisha University

しかし、今後、接続される機器がさらに増加し多様化する状況において、ネットワークリモコンにより機器操作を実施するため、操作の対象となる機器の特定が困難になる。たとえば、リビングのディスプレイに映像を表示したいが、ネットワーク経由ですべてのディスプレイが等しく操作可能なため、リビングのディスプレイを特定できない。また、リビングのオーディオの音量を大きくしたいが、寝室の音量を大きくする可能性もある。

本研究では、ネットワークリモコンの画面において、現実環境に仮想物体を合成しユーザに付加情報として提示する技術である拡張現実感技術²⁾を用いることで、前述した既存の家電機器操作における操作対象となる機器の特定が困難になる問題を解決する。また、一元的かつ直感的な操作性の提供により、家電機器ごとに異なる操作の問題の解決も目指す。

2. DLNA ネットワーク問題点

DLNA (Version 1.5) を利用したネットワークのメッセージシーケンスを図 2 に示す。ネットワークリモコン (DMC1) より、デバイス検索メッセージ (SSDP) をネットワーク上にマルチキャストする。ネットワークに接続されているレコーダ (DMS1, DMS2)、および、ディスプレイ (DMR1, DMR2, DMR3) は、機器の種類を含んだ応答 (UDP) を DMC1 に送信する。これにより、ネットワーク上にどのような機器が接続するかを知ることができる。

しかし、図 3 機器の種類は判明しても、その機器がどこに設置しているかを知ることができない。すなわち、ユーザがリビングにあるディスプレイを操作するためには、リビングにあるディスプレイが DMS2 であるということあらかじめ名前を設定し、対応づけておく必要がある。また、機器を移動させた場合は、その対応づけを変更する必要がある。操作対象の機器を特定した後は、DMC1 より DMS1 にあるコンテンツリスト (HTTP) を取得し、コンテンツリストの中から表示したいコンテンツを選択し、最終的に、映像コンテンツが DMS1 から DMR2 に送信 (RTP) され、DMR2 において映像が表示される。

3. 提案方式

本研究では、拡張現実感技術を用いることにより、一元的かつ直感的な家電機器の操作をユーザに提供することを目的とする。異なるメーカーの家電機器間でもネットワーク経由で相互接続できる DLNA を利用し、機器特定の問題点を解決するために、カメラより得た現実環境の映像情報に、拡張現実感により家電機器の情報取得や操作を行うためのユーザインタフェースを合成しディスプレイに表示する。

図 4 に示すように、例えば、ユーザは操作をしたい家電機器にカメラを向け、ディスプレ

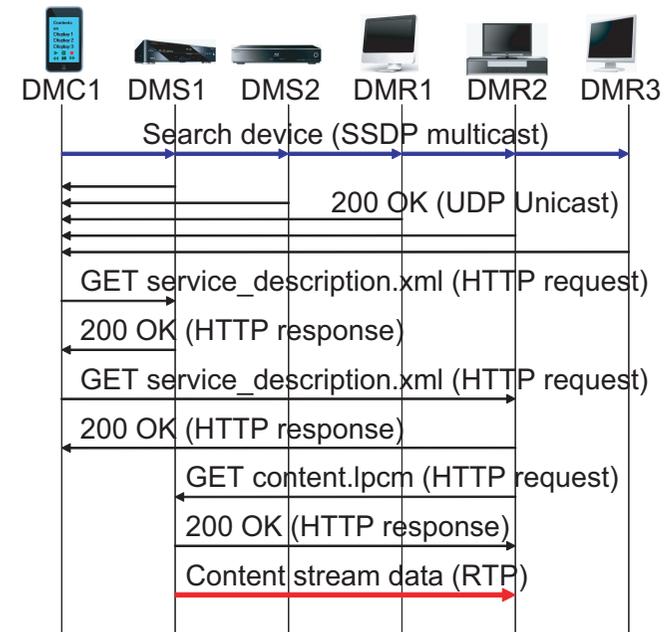


図 2 DLNA ネットワークのメッセージシーケンス
Fig. 2 Message Sequence for DLNA Network.

イ中に表示される家電機器を操作するユーザインタフェースを表示する。ディスプレイを選択した際は画面の明るさや色合いの操作を、レコーダを選択した際は保持するコンテンツを選択・視聴するの操作を、スピーカを選択した際は音量調整の操作を行うユーザインタフェースを表示させ、ユーザは操作を行いたい対象の家電機器を直感的に操作することができる。また、システムが操作するユーザインタフェースを提供することで、ネットワークに接続された全ての情報家電を一元的に操作ができる。

4. 実装

4.1 システム構成

本提案方式を実現するためのシステム構成を図 5 に示す。我々が従来から提案している仮想環境と現実環境を拡張現実感技術により融合するシステムである EVANS (Embodied

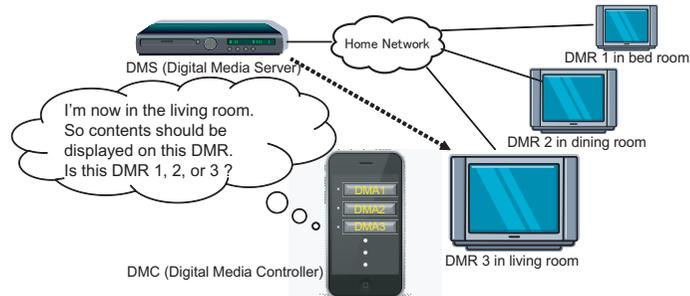


図 3 複数操作対象の問題
Fig. 3 Control Issue for Multi-devices.

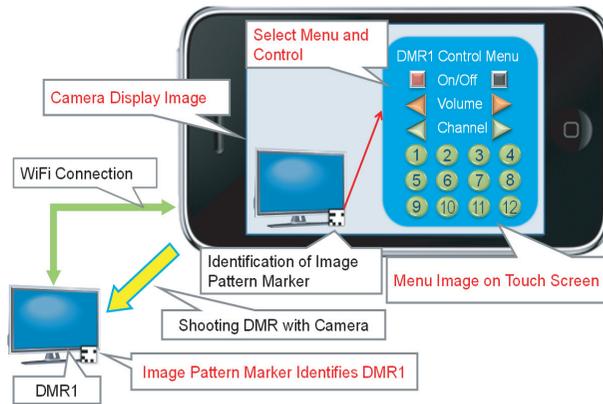


図 4 対象機器の操作例
Fig. 4 Example of Controlling Device.

Visualization with Augmented Reality for Networked Systems)⁴⁾の技術を利用する。ここでは、現実環境の知覚情報を取得する手段として Web カメラを用い、また、AR による付加情報 (操作インタフェース、機器情報など) の表示、ユーザからの情報家電の操作をタッチディスプレイで行う。実装システムは、AR 表示部、および、通信制御部で構成される。

● AR 表示部

Web カメラが家電に向けられた際に、AR による家電の機器情報や操作インタフェースを合成しディスプレイに表示する。またユーザが提案システムの操作インタフェース

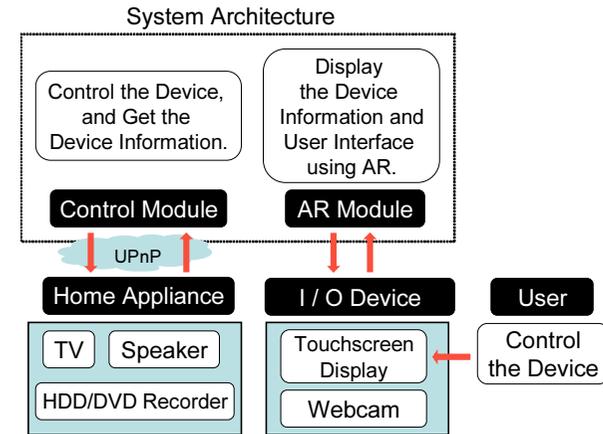


図 5 システム構成
Fig. 5 System Architecture.

を通じて家電を操作した際に通信制御部と連携し、家電の制御を行う機能を実現する。例えば、“R”と書かれたマーカを貼ったスピーカに Web カメラを向けユーザがそのスピーカを選択した際に、通信制御部がスピーカと通信を行って音量のパラメータを取得する。その値をもとに AR で現在のスピーカの音量の状態と音量調整する操作インタフェースをマーカ上に表示し、ユーザが音量調整の操作を行うと通信制御部と連携しスピーカの音量を調整し、また AR での表示を更新する。

● 通信制御部

ホームネットワークに接続されている DLNA に対応したテレビ、レコーダ、スピーカなどの家電と通信を行い、ユーザの操作に従い家電を制御し、また、家電の稼働状況など取得する機能を実現する。DLNA では DLNA 対応機器同士の通信プロトコルとして UPnP³⁾を採用しており、UPnP におけるメッセージのやりとりをシステムと DLNA 対応機器間で行うことで機器の制御を行う。

4.2 実装環境

以下に、本システムの動作検証を行うための実装環境を示す。

● AR 表示: ARToolKit⁵⁾

- DLNA 制御 : CyberLink for C++ *1
- マルチメディア表示 : Simple Directmedia Layer (SDL) *2
- グラフィックライブラリ : Freetype Graphic Library (FTGL) *3
- OS : Microsoft Windows Vista Ultimate
- PC : Intel Core2 Quad 2.33GHz, 4GB Memory

5. 動作検証

5.1 機能確認

家電機器の代替として PC を利用し、実装システムの動作検証を行う。図 6, 図 7 に示すように、実装システムが接続されるネットワークに、PC A (Let's note CF-R6), PC B (DELL Inspiron Mini 10) が接続されており、それぞれの PC 上には、コンテンツの配信を行う家電機器の DMS の機能を提供する DLNA Media Server アプリケーションソフト (TVersity, DiXiM) が動作している。PC B には AR における家電操作の確認として音声出力用の外部スピーカが接続している。また PC A, PC B, スピーカには AR 認識・合成用のマーカがそれぞれ貼られている。

図では、ネットワーク上の DLNA サーバの検索、および、AR による表示において、実装システムにおいて“Search”ボタンが選択された際の動作画面を示している。PC A, PC B 上で動作している DMS ソフトの名称、保有するコンテンツの詳細情報が AR でそれぞれのマーカ上に表示され、ネットワーク上の情報家電を発見できていることを確認した。また、図 7 に示すように PC B に接続している左右のスピーカに音量の状態と操作インターフェースが AR で表示され、直感的に機器を特定できることを確認した。

スピーカの実装システム上での操作において、スピーカの音量調整パラメータをシステム上で調整すると音量が変化、またそれに対応した AR が表示されることを確認した。音量を 50, 100 に設定した動作画面を図 8 に示す。

5.2 性能測定

実装システムの実用性を評価するため、実装システムが DMS に対してサーチを行い、DMS からレスポンスが返ってくるまでの時間を測定した。比較対象として既存の DLNA 対応機器での DMS の発見にかかる時間についても測定した。測定結果を表 1 に示す。結果

*1 <http://www.cybergarage.org/cgi-bin/twiki/view/Main/CyberLinkForCC>

*2 <http://www.libsdl.org/>

*3 <http://homepages.paradise.net.nz/henryj/code/index.html>



図 6 デバイス情報の AR での表示 1 (PC A)
Fig. 6 Display of the Device Information using AR 1 (PC A).



図 7 デバイス情報の AR での表示 2 (PC B)
Fig. 7 Display of the Device Information using AR 2 (PC B).



音量調整 : パラメータ 50

音量調整 : パラメータ 100

図 8 AR による音量調整
Fig. 8 Volume Control using AR.

は 20 回試行を行った平均である。これにより、実装システムは、既存システムと比較しても実用上問題なく動作していることがわかる。

また、システム上でコンテンツを選択し、コンテンツを描画するまでの遷移時間を測定した結果を表 2 に示す。コンテンツが選択されてから DMS よりコンテンツを取得し、画面に描画するまでの操作に対する実装システムの応答時間を計測した。コンテンツとして 50 キロバイト、100 キロバイト、150 キロバイトの画像データを対象とし、結果は 20 回試行を

表 1 DMS 応答時間
Table 1 DMS Response Time.

	既存システム	提案システム
平均応答時間 (msec)	0.33	0.39

表 2 コンテンツ描画時間
Table 2 Elapsed Time for Contents Display.

画像サイズ (kByte)	平均描画時間 (msec)	標準偏差 (msec)
50	42.85	2.08
150	120.5	4.2
200	223.8	5.65

行った平均と標準偏差である。これにより、操作に対する応答性はユーザによってストレスなく閲覧でき、実用上問題ないことがわかる。また、各標準偏差は小さくシステムは安定して動作していることがわかる。

6. 考 察

6.1 拡張現実感技術利用の問題点と解決案

現在、家電機器の操作には一般的に赤外線リモコンが利用される。多機能リモコンの場合は複数機器を1台のリモコンで操作することも可能であるが、通常は機器ごとにリモコンが用意される。リモコンから家電機器に対して1方向に赤外線を照射することで操作するが、家電機器側からの情報をリモコンで取得することができず、状態の変化を認識できない。テレビやテレビに接続されている家電機器の場合は、家電機器の状態をテレビ画面に表示することで利用者は認識することが可能であるが、表示機能を持たない家電機器の場合は、LED表示などの限られた情報の提示しか行うことができない。また、操作マニュアルなどの詳細情報も直接的にリモコンにおいて入手することは困難である。

一方で、1人1台の携帯電話を家庭内においても身に付けて持ち運んでいる状況であり、今後はスマートフォンへの移行が予想されている。また、特にAV家電などの機器はネットワークに接続される傾向が高くなってきている。このような現状を踏まえ、それぞれの利用者が個人のスマートフォンにおいて自宅の家電機器を操作できれば、リモコンは不要となる。また、スマートフォンの画面において、特定の家電機器の操作方法や状態を知ることができ、また、その画面をタッチすることで家電機器を操作できれば、利便性も高まる。

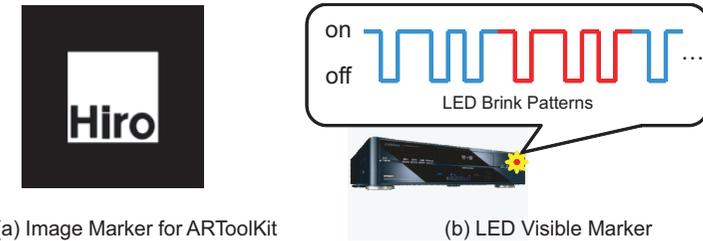


図 9 拡張現実化技術における例
Fig. 9 Marker Samples for Augmented Reality.

本システムで採用した AR のための代表的なソフトウェアである ARToolkit においては、紙などに印刷された画像パターンにより ID 情報を示すマーカ (画像マーカ) を利用しているため、家電機器制御においていくつかの問題点がある。図 9(a) に ARToolkit で利用される画像マーカの一例を示す。この問題点へのアプローチとして、我々は、図 9(b) に示すように、通常の家電機器に付いている LED を高速に点滅させることにより家電機器の ID 情報を提示するマーカ (可視光マーカ)⁽⁶⁾⁽⁷⁾ を検討中である。ここでの拡張現実感技術における画像マーカの問題点と可視光マーカにおける対策を示す。

6.2 見 栄 え

画像マーカでは、カメラにより画像パターンの認識を行うため、認識可能な画像マーカのサイズとする必要であり、小さくすることが困難である。また、これを常に家電機器に張り付けておかなければならないため、家電機器のデザイン的な観点から見栄えが良くない。一方、可視光マーカの場合、ほとんどの家電機器に付いている LED を高速に点滅させることで、この LED がマーカの役割を担っているということにほとんど気づかない。また、一般の家電機器においては、家電機器をオフの状態であっても、LED は点灯しているため、マーカとして利用することができる。

6.3 認 識

家電機器の操作は室内で行われる場合がほとんどであり、部屋が暗い状況においても操作できる必要がある。画像マーカでは、カメラでのパターン認識であるため、一定の明るさが必要であるが、可視光マーカの場合は自発光のため、暗闇でも認識が可能となる。一方で、明るい部屋においても、可視光マーカのパターンを判別するため、認識することができる。

6.4 動的変更

通常画像マーカは紙などへの印刷物を家電機器に張り付けて使用するため、家電機器

の ID 情報などを変更する場合は、印刷物を張り替える必要がある。またその際に、家電機器との対応を確認しなければならない。一方、可視光マーカは、家電機器に組み込まれており、LED の点滅で ID 情報を提示するため、自動で動的な変更が可能となる。たとえば、ネットワークに接続される家電機器の MAC アドレス (あるいは IP アドレス) の一部を表示することで、家電機器を識別することが可能であり、また、ネットワークとの親和性も高くなる。

6.5 判別方向

画像マーカは上下左右の方向性を持った 2 次元の情報であり、また、カメラに映るマーカの映像の大きさにより、マーカとカメラの距離も推測することが可能である。しかし、可視光マーカは 0 次元の点の情報であるため、上下左右の方向および大きさによる距離を判別することができない。対策として、たとえば、3 色の LED を三角形の形状に配置することで、上下左右および距離を判別することが可能となる。しかし、家電機器に対してのメニュー表示の場合、家電機器を操作する利用者にとって地面と垂直の上方向に向けて画面サイズに合わせてメニューを表示するだけでよく、この用途においては、方向と距離は不要となる。

7. おわりに

本研究では、家庭内のネットワークに接続される家電機器が増えることにより、機器の特定、操作が困難になる問題を解決するために、ネットワークに接続された多数の家電機器を、拡張現実感技術を用いることにより直感的に機器を特定、また操作に関しても直感的かつ一元的に操作を行うことが可能な家電機器制御方式を提案した。そして、提案方式を実現するためのシステムを実装し、拡張現実感を用いることによる操作に対する応答時間の評価、システムの動作確認を行った。評価の結果、既存システムと比較して、ユーザが体感するほどの応答時間の遅延は測定されず、本システムは実用上問題ないことを確認した。また、一般的に AR において利用される画像マーカを家電機器に利用した際の問題点を考察し、解決するための LED 点滅による可視光マーカ方式についても検討を行った。

今後は、可視光マーカを実装し、点滅パターンによる認識率などの評価を行う予定である。また、今回の実装はデスクトップ PC を利用して行ったが、カメラ機能を搭載するスマートフォンや携帯電話などのリソースの限られた端末上へ実装を行うことで、本方式のより汎用的な利用を目指す。

参 考 文 献

- 1) DLNA: Digital Living Network Alliance, “DLNA Networked Device Interoperability Guidelines” (2006).
- 2) R. T. Azuma: A Survey of Augmented Reality, “Teleoperators and Virtual Environments,” Vol.6, No.4, pp.255–258 (1997).
- 3) UPnP: UPnP Forum(online), available from <http://upnp.org/> (accessed 2010-05-16).
- 4) 島田 秀輝, 坂本 直弥, 岡田 昌和, 綾木 良太, 佐藤 健哉: “EVANS: 拡張現実感技術を用いた無線ネットワーク可視化システム,” マルチメディア, 分散, 協調とモバイルシンポジウム論文集, pp.2085–2090 (2010).
- 5) H. Kato, M. Billinghamurst, B. Blanding, and R. May: “ARToolKit, Technical Report,” Hiroshima City University (1999).
- 6) 三原 進也, 坂本 陽, 綾木 良太, 島田 秀輝, 佐藤 健哉, AR を利用した家電機器操作のためのマーカ技術の検討, 第 9 回情報科学技術フォーラム講演論文集, Vol.4, pp.361-362 (2010).
- 7) 佐藤 健哉, 坂本 陽, 三原 進也 (出願人: 学校法人 同志社): “拡張現実感技術を利用した直感的な情報家電操作システム,” 日本国特許出願 特願 2010-174383 (2010).