

ネットワーク家電機器操作のためのARマーカ技術の検討

A Study of Augmented Reality Marker for Operating Home Appliances

三原 進也 † 坂本 陽 † 島田 秀輝 † 佐藤 健哉 †
Shinya Mihara Akira Sakamoto Hideki Shimada Kenya Sato

1 はじめに

近年、コンテンツの共有やデータ交換が可能となるネットワーク家電機器が増加、その機能や操作は複雑化し、そのためネットワーク家電機器には分かりやすい直感的な操作性の需要が高まってきた。一つの解決策として拡張現実感技術 (Augmented Reality: AR 技術) を用い、カメラ画面に映るネットワーク家電機器を操作する研究 [1] が進められている。AR 技術とは視認できない情報や作成された仮想物体を現実環境が映るカメラ画面に付加提示させる技術である。

しかし、現状の AR 技術は主な場合、カメラ付き端末機が CG 表示の位置特定や CG の種類を特定するために画像用紙を用いた AR マーカ (以降、画像マーカを必要とする。その画像マーカはある決まった形状の用紙を機器に貼り付ける作業などの事前準備が必要であり、また照明や距離等の変化によって認識度低下する問題がある。本稿ではその解決策として LED を AR 技術の AR マーカとした可視光マーカを提案し、従来の画像マーカとの比較評価を行い、可視光マーカを用いたネットワーク家電機器の操作性の効果について検討する。

2 問題点

2.1 ネットワーク家電機器操作の問題点

ホームネットワーク構成を図1に示す。家庭のホームネットワーク内にあるテレビ、HDD/DVD/BDレコーダ等のネットワーク家電機器はリモコンによって遠隔操作が可能であり、ユーザは機器制御を行いたい対象のリモコンを用いてネットワーク家電機器を操作する必要がある。そのため、家庭内にネットワーク家電機器が増えると、機器の制御対象となるリモコンが増加し、ユーザにとっては操作対象のリモコン判別が困難である。また、多くのリモコンは機器操作の通信手段として、赤外線通信を用いるリモコンが多い。これらのネットワーク家電機器の受信機は、無差別に赤外線を発光素子で受信するため、異なる同系統の家電機器が反応する恐れがある。例として、テレビAのリモコンでの操作において、テレビBの受信機が反応し、テレビAに代わってテレビBが動作するといった現象が挙げられる。

2.2 画像マーカを用いたAR技術の問題点

AR技術は、その特徴から、ネットワーク家電機器を一元的かつ直感的に操作することを可能にし、上記の機器操作の問題点を解決することができる。しかし、画像マーカを用いたAR技術のマーカ技術では、一般家庭内でのネットワーク家電機器操作にあたって、以下の問題が生じる。

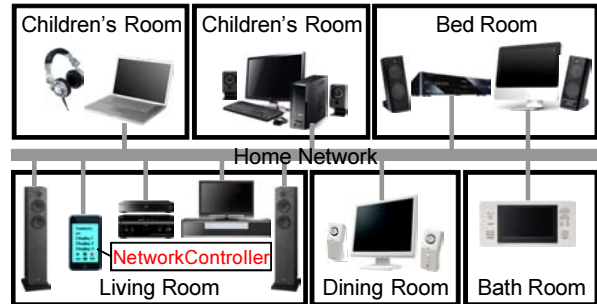


図1 ホームネットワーク構成

用紙の形状

AR技術でCGの仮想物体を表示するには、決まった形状の模様が模写されたマーカ用紙を必要とする。画像マーカは、カメラ付き端末機が二値化によりマーカの位置を特定できるように、四角枠の形状でなければならない。また、四角枠内のマーカを識別する模様も左右、上下ともに非対象のもでなければならない。更に画像マーカは、8センチ×8センチを基準にサイズを正方形に設定しなければならないため、設置の際に場所を必要とする。画像マーカを認識する際、画像マーカの四角枠がカメラ画面から少しでも外れる場合や、覆い被されるとARマーカとして認識されなくなる。また、ネットワーク家電機器操作において、画像マーカは機器付近に設置する必要がある。

実装環境の明度

画像マーカを用いたAR技術は、二値化にて画像マーカを検出することから、画像フレームの二値化が上手く実行できない環境であると、画像マーカを正常に認識しない問題点がある。故に実装環境が暗い場所である場合や、強い光によって画像マーカが光を反射する状況であるとマーカは認識されなくなる。一般家庭内では、照明等の変化も多く、照明器具の位置次第では光を反射する画像マーカにカメラ付き端末機が認識できない場合もある。

距離の限度

カメラ付き端末機が画像マーカから離れるにつれ、認識率が低下する。画像マーカの用紙自体を拡大すれば遠距離でも認識率は上昇するが、その反面ネットワーク家電機器に設置の際に相応の設置場所を要する。

似た形の誤認識

二値化した画像フレームは、色彩によるマーカ判別

† 同志社大学 理工学部 情報システムデザイン学科

‡ 同志社大学大学院 工学研究科 情報工学専攻

を行うことができなく、画像マーカの四角枠と似ている形状の物質に反応し、誤認識してしまう問題点がある。例えば、画像マーカではなく、一般テレビの四角黒枠などにCGの仮想物体が表示される問題などが挙げられる。

3 提案システム

3.1 概要

上記で述べた画像マーカによるAR技術を用いたネットワーク家電機器操作の問題点を解決する、可視光マーカを用いたネットワーク家電機器操作システムを提案する。提案システムの構成はネットワーク家電機器、カメラ付き端末機、可視光マーカからなる。前提条件として、ネットワーク家電機器は、他のネットワーク家電機器と同一ホームネットワーク内にあること、ネットワーク家電機器に可視光マーカが付着していること、更にカメラ付き端末機が無線LANを用いてホームネットワーク内にあるネットワーク家電機器と連携が取れることが条件である。

3.2 可視光マーカ

まず提案システムの可視光マーカのLED検出方法、及び可視光マーカによるネットワーク家電機器の識別方法について述べる。

LED検出方法

カメラ画面に映されるLEDの検出方法は画像フレームのYCrCb成分を抽出し、検出を行う。YCrCbのYは輝度(明るさ)、Cr及びCbは色相(色合い)を表すし、それぞれの成分はフレーム内の画素のRGB成分から引き出せる。

まず本提案システムのLED検出では、一枚の画像フレームの全画素数からYCrCb成分を引き取り、その平均値を割り出す。次に二枚目以降の画像フレームで平均値より高い、輝度値、色相の部分フレーム内から選び出し、LEDに近い輝度値、色相、及びRGB成分の箇所を可視光マーカとして位置を検出する。以上により、平均値を割り出した背景と異なる値を引き出し、画像フレーム内からLEDを検出することが可能になる。

LED点滅パターン

ネットワーク家電機器を操作するにあたって、カメラ付き端末機は可視光マーカのID情報(以降、識別子)を読み取り、可視光マーカを特定しなければならない。本提案システムでは、操作対象とするネットワーク家電機器の可視光マーカの識別子は、可視光マーカのLEDに点滅パターンを加えて、カメラ付き端末機はその点滅パターンを読み取る手法で識別子を得る。LED点滅パターンの読み取り例図を図2に示す。カメラ付き端末機に点滅パターンの開始地点、及び終了地点を与えなければ、LED点滅パターンを読み込むことはできない。本研究ではこれを解決するためにLED独特の色彩、明度をカメラ付き端末機が検知することにより可視光マーカ点滅パターンの開始地点をする。設定された点滅パターンの長さ分の点滅を読み込むと終了地点とみなし、

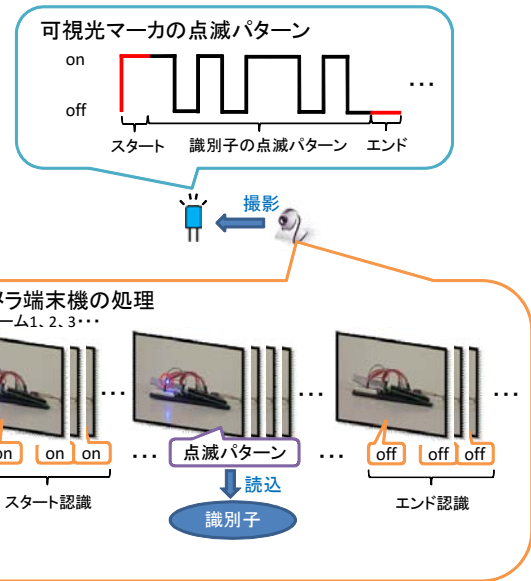


図2 LED点滅パターンの読み込み

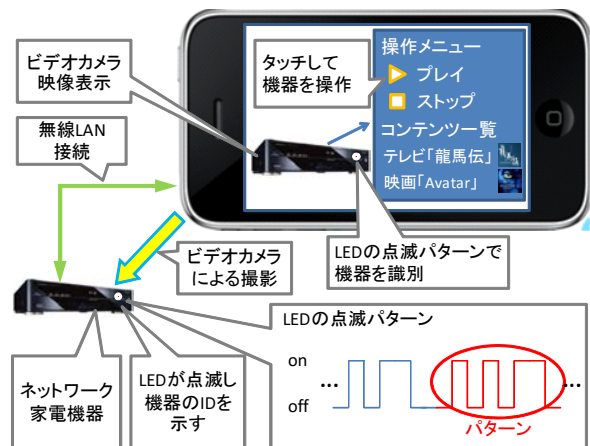


図3 提案システムの動作例

再度LEDが点灯されるまで待機する。

3.3 動作例

本提案システムの動作例を図3に示す。可視光マーカの検出方法として、スマートフォンなどのカメラ付き端末機を用いると想定している。可視光マーカは独自の点滅パターンを点滅し、カメラ付き端末機は、それを認識し、位置、ネットワーク家電機器の特定を行い、それに準じて仮想物体を表示する。コンテンツの操作はタッチパネルやクリックで操作し、操作情報を再度、無線LANの通信で行うことができる。

3.4 動作手順

本提案手法の動作手順を図4に示す

1. カメラ付き端末機をネットワーク家電機器に向ける
2. LEDを画像処理で検出
3. 検出したLEDのパターンを読み込む
4. 無線LANにより情報リクエストを送信する

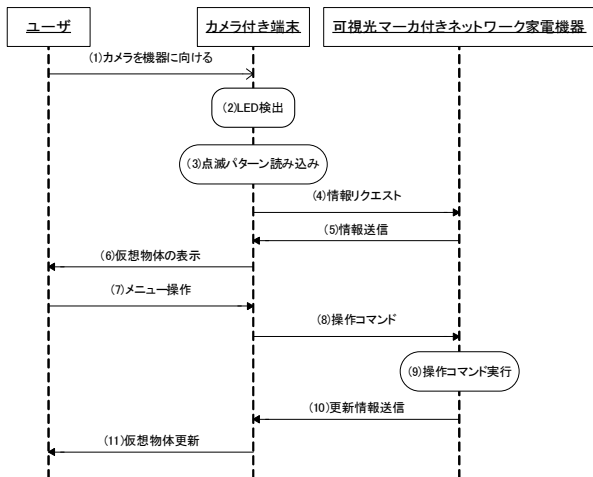


図 4 動作手順

5. 情報を無線 LAN によってカメラ付き端末機に送信する
6. 送信された情報を基に AR 技術によってメニュー画面の CG を表示する
7. 画面にユーザが表示された CG のメニュー画面で操作を行う
8. 操作されたコマンド内容を送信する
9. 送られた操作コマンドを基にコマンドを実行する
10. 操作コマンド実行によって更新された情報やコンテンツを送信する
11. 送られた更新情報を基にユーザに表示する CG の操作メニューを更新し、表示する

4 評価

4.1 評価方法

本稿では可視光マーカの有効性を確認するため、AR 技術の既存手法の画像マーカと可視光マーカの比較評価、及び可視光マーカの点滅パターンによる成功率評価を行った。評価で用いた実装環境を以下の表 1 に示す。

表 1 実装環境

プログラミング言語	C++ 言語
可視光マーカのライブラリ	OpenCV (ver 2.1)
画像マーカのライブラリ	ARToolKit
LED 発光機	Arduino Duemilanove
ウェブカメラ	Logicool Webcam Pro 9000
CPU	Genuine Intel (R) 2.0 GHz

4.2 比較評価

比較評価では、0cd から 110cd (実装環境の限界輝度値) の輝度値と距離においての画像マーカと可視光マーカの認識率を測る。輝度値の測定は、部屋の灯りを電源調整ダイヤルで調整し、カメラで映した画面から輝度値を割り出す。なお、この評価での輝度値は通常のカメラが捉えた画像フレームの画素全体の輝度値の平均値であり、現実世界の照明の明度ではない。画像マーカと可視

光マーカの均等な環境内、条件で測定を行うため、画像マーカと可視光マーカのそれぞれの 8bit 配信の認識率を比較する。比較評価での認識率の条件を以下に示す。画像マーカの bit 配信は動的に変化することができないため、画像マーカの一つの用紙を 1bit とおいて測定する。また認識率の条件を式 (1) に示す。

$$\text{認識率 (\%)} = \frac{\text{受信成功した bit 数 (bit)}}{\text{配信された全 bit 数 (bit)}} \quad (1)$$

画像マーカの認識条件

1. 画像マーカの 1bit 配信の認識測定は、0.1 秒間マーカを認識できた場合に 1bit 受信成功とする。
2. 8bit の信号を 10 回認識測定を行い、受信された bit 数で認識率を測る。
3. 0.5 メートル、1 メートル、2 メートル、3 メートル、5 メートルのそれぞれの距離から測定を行う。
4. 距離と同様に輝度値を一定に設定し、その輝度値内の条件で測定を行う。
5. 画像マーカは 8 センチ × 8 センチ正方形の標準サイズを用いる。

可視光マーカの認識条件

1. 点滅は 1/10 秒の間隔 (1bit に 0.1 秒) で点滅を行う。
2. 8bit の信号を 10 回点滅し、受信した bit 数で認識率を測る。8bit の点滅パターン内容は乱数によって決められたものを扱う (点滅パターン: 00110101)。
3. スタート・エンド認識処理も行う。スタート・エンド認識は評価の認識率には加えない。
4. 0.5 メートル、1. メートル、2 メートル、3 メートル、5 メートルのそれぞれの距離から測定を行う。
5. 距離と同様に輝度値を一定に設定し、その輝度値内の条件で測定を行う。

4.3 成功率評価

可視光マーカの点滅パターンによる成功率評価では、可視光マーカがどの程度の長さの bit 点滅パターンなら認識できるかの成功率を評価した。評価した bit 数の種類は 8bit と 48bit である。成功率の表現は以下の式 (2) で成功率を表現する。なお、1 回の信号の受信成功とは 8, 48 の全 bit 数を正しく読み込んだ場合のみとみなす。

$$\text{成功率 (\%)} = \frac{\text{受信成功した信号の回数 (回数)}}{\text{配信された信号の全回数 (bit)}} \quad (2)$$

4.4 評価結果

比較評価の画像マーカの認識率を図 5 に、可視光マーカ 8bit 点滅パターンの認識率を図 6 に示す。成功率評価は図 7 に示す。

5 考察

5.1 比較評価

比較評価の画像マーカの輝度値変化による認識精度においては、カメラ画面の輝度値が一桁の状態 (画面がほぼ真っ暗の状態) では、認識することはできなかった。

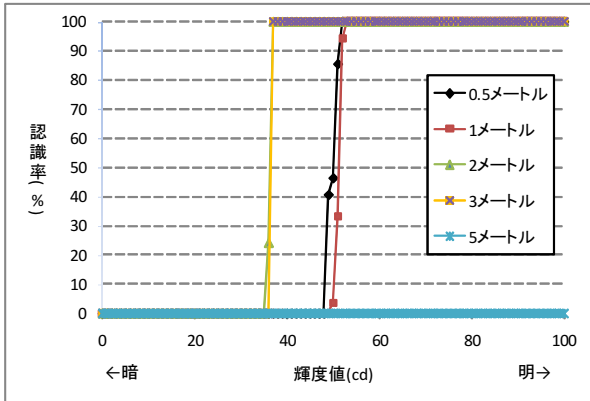


図5 画像マーカの認識率

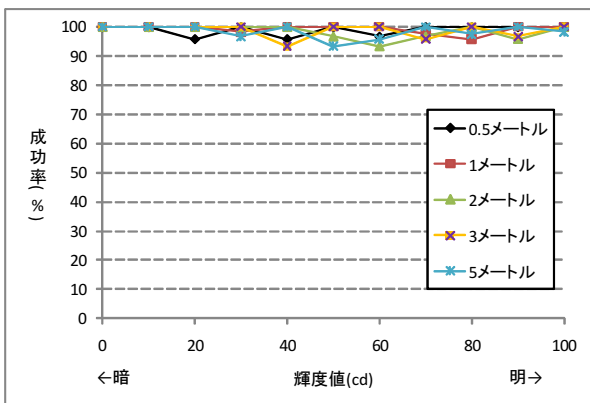


図6 可視光マーカの認識率

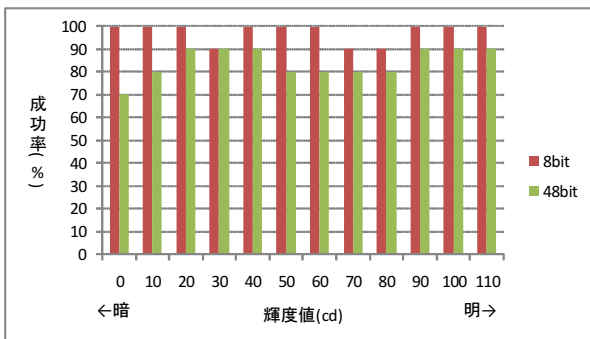


図7 可視光マーカの成功率

カメラが画像マーカを認識可能になる最低輝度値はそれぞれ、0.5メートルで49 cd, 1メートルで50cd, 2メートルで36cd, 3メートルで37cdであった。5メートルでの測定では、画像マーカを認識することはできなかった。0.5~3メートルの距離において、36~50cd以下の輝度値の環境では画像マーカが認識されにくいことがわかる。また、3メートル以内であれば、画像マーカは距離による認識率の低下は大きく変動しないこともわかる。評価結果からわかるように距離が近ければ、輝度値が低い環境でも認識できるとは限らず、逆に平均値から輝度値が低い環境では、近距離での認識精度が下がることがわかる。

一方、可視光マーカの評価実験では、画像マーカが認識できない輝度値、距離でも8bit点滅パターンは認識が

可能であることが確認できる。可視光マーカの最低認識率は、5メートル、輝度値50cdでの測定状態で、認識率は93.33%であった。可視光マーカにおいて明るい、暗いとも言えない50cdの薄暗い環境においては、ノイズ処理が大いに働き、時間を有してしまい、一定速度で点滅する可視光マーカの前ではカメラ付き端末機の読み取り速度に合わず、認識率が低下しやすい。しかし、認識率はいずれの条件下でも90%を下回ることはなく、また画像マーカが認識できなかった5メートルでの測定でも可視光マーカは高い認識率を持ちながら測定できる。故に可視光マーカの方がいかなる照明、距離においても認識できることがわかる。

5.2 成功率評価

8bit信号及び48bit信号の配信においては、8bit信号の点滅の方がより良い確立で受信成功が可能であることがわかる。48bit信号においての成功率低下の原因として上記でも述べた用に、ノイズの妨害が影響しやすいbit長さであるからだと考えられる。点滅パターンの開始地点を正しく認識できても、ノイズによって点滅の読み取り動作にズレが生じる可能性がある。故にbit列が長ければ長いほど、受信成功する確立は減ることになる。

6 関連研究

LEDをAR技術のマーカに扱う関連研究としてVCC(Visual Computer Communication[2])マーカがある。VCCマーカは16個のLEDを用いたマーカであり、よりカメラに読み込めれるデータ量を増やし、仮想物体を表示させる研究である。またVCCマーカのしかし、ネットワーク家電機器を操作するにあたってVCCマーカは画像マーカ以上の設置箇所を必要とし、機器に容易に組み込めない。AR技術による機器操作には、機器の識別子とカメラ画面に映る位置情報の必要最低限のマーカ情報しか必要ない。以上の点から本研究の目的であるネットワーク家電機器操作には向いていない。

7 まとめ

近年、コンテンツの共有やデータ交換が可能となるネットワーク家電機器が増加、その機能や操作は複雑化し、そのためネットワーク家電機器には分かりやすい直感的な操作性の需要が高まってきた。そこでAR技術を用い、カメラに映るネットワーク家電機器を操作する研究が進められている。しかし、現状のAR技術は、CG表示位置を特定するためには決まった形状の画像マーカを必要とし、事前準備や照明等の環境の変化による認識度低下等の問題がある。そこで、本稿ではその問題解決として可視光マーカによるARを用いたネットワーク家電機器操作システムを提案した。本稿では、従来の画像マーカと可視光マーカの認識率の比較評価、更に可視光マーカの点滅パターン成功率の評価を行った。

参考文献

- [1] 坂本 陽, 綾木 良太, 岡部 朗, 島田 秀輝, 佐藤 健哉, 拡張現実感技術を用いた家電機器連携システムの構築, 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.372-377, 2010.
- [2] 岸野 泰志, 塚本 晶彦, 板根 裕, 西尾 章治郎, ウェアラブル環境のためのLEDを用いたビジュアルマーカ, 情報処理学会, pp.2334-2343, Sep. 2003