

## 複数 LED を用いた家電機器認識

梅野 哲平<sup>†</sup> 坂部 義篤<sup>††</sup> 島田 秀輝<sup>‡</sup> 佐藤 健哉<sup>††</sup>

<sup>†</sup> 同志社大学工学部情報システムデザイン学科 <sup>††</sup> 同志社大学大学院理工学研究科

<sup>‡</sup> 同志社大学研究開発推進機構

### 1 はじめに

近年、スマートフォンやタブレット端末の普及と共に、手に持たずに直接身につけられるウェアラブルなデバイスが注目を浴びることが多くなっている。中でも Google の Googleglass に代表されるメガネ型デバイスは、新時代のスマートデバイスとして近い将来普及することが期待されている。また、それに伴ってメガネ型という特性を生かしたアプリケーション開発に拡張現実感 (Augmented Reality, 以降, AR) 技術がインターフェースとして用いられることも予想される。

メガネ型デバイスで AR 技術をインターフェースとして実装する場合、対象機器との双方向のデバイスインタラクションを確立することで機器の操作や状況理解ができる。そのためには機器の位置認識精度の向上が求められる。しかし、AR 技術利用時は機器の位置の特定の際に紙に印刷した特殊なイメージマーカを用いることが多く、実際に機器に張り付ける場合暗闇で認識率の低下してしまう他、見栄えが悪くなってしまう、動的変更が不可であるという問題が発生する。

本研究ではこの問題を解決するために複数 LED マーカを用いる手法を検討する。LED の点滅パターンによって機器の MAC アドレスを表現し、それをカメラデバイスで撮影しパターン認識することで機器の位置を特定、機器とのインタラクションを実現する。

### 2 関連研究

EVANS3[1] では、画像マーカの代わりに単一の LED マーカを用いることで上記の問題の解決を図った。この研究では画像マーカでは認識できない輝度値、距離の条件の場合に可視光マーカでは認識することができることを示し、可視光マーカの有用性を示している。

### 3 提案システム

#### 3.1 提案概要

AR において、操作インターフェースを合成表示させる画像を画面上に付加するためには、対象物を実世界で識別するための ID 情報、そして操作インターフェースを表示するための画面上の位置を示すマーカが必要となる。一般的に用いられる画像マーカを用いた場合、機器にマーカを張り付けるのは見栄えが悪く、ID を変更する等の動的な動きが困難である。また、部屋が暗い状況では、画像マーカの認識率は大きく低下してしまう。EVANS3 では LED マーカを検討した。LED マーカとは、LED 光源を高速に点滅させることによってその点滅パターンを ID として取得するマーカのことである。ID 情報としては、機器固有の MAC アドレスの点滅パターンを表現し、これをスマートフォンのカメラでキャプチャしてパターン認識をすることで、実世界での機器を認識する。

しかし、一般的なカメラはフレームレートが 30fps 程度であり、LED の点滅によって伝達できる速度は 10bps 以下になることが予想され、48 ビットの MAC アドレスを単一の LED で送信するためには認識のためにカメラを固定する時間が数秒必要になってしまう。また高ビットの情報を送る場合カメラでキャプチャするフレーム数が多くなるため、LED マーカとキャプチャする機器との間で誤差が生じ認識率が低下してしまう。そのため本提案では MAC アドレスを短時間で送信し、高い認識率を保つために複数の LED マーカ用いた手法を検討する。それと共に複数のマーカを使う利点として、LED の配置をあらかじめ決めておけば検出した点からマーカまでの距離と方向を幾何学的に求められることも利用し、単一 LED では不可能だったマーカまでの距離と方向の検知を行う。

#### 3.2 複数 LED の配置

本提案では、3 つの可変色 LED を正三角形の頂点に配置する図 1 の形を採用した。それぞれの LED の点灯によって送信ビットを表し、キャプチャした画像から検出される LED のカメラ座標からマーカまでの位置と方向を特定する。まず得られた LED の座標デー

Recognition of Home Appliances Using plural LED Markers

<sup>†</sup> Tepei UMENO

<sup>††</sup> Yoshiatsu SAKABE, Kenya SATO

<sup>‡</sup> Hideki SHIMADA

Department of Information Systems Design, Doshisha University (<sup>†</sup>)

Graduate School of Science and Engineering, Doshisha University (<sup>††</sup>)

Organization for Research Initiatives and Development, Doshisha University (<sup>‡</sup>)

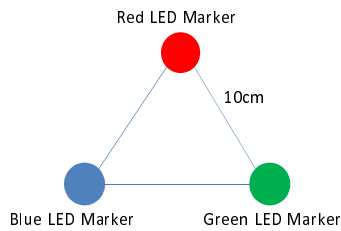


図 1: 複数 LED マーカの配置

タ  $a_i$  について

$$a_i = \begin{pmatrix} x_i \\ y_i \\ z_i \end{pmatrix} \quad (1)$$

として未知数  $z_i$  を仮定する．本案では 3 点は正三角形の頂点であるため

$$|a_i - a_j| = |a_i - a_k| \quad (2)$$

$$(\forall i, j, k | i \neq j, i \neq k, j \neq k, i, j, k = 1, 2, 3)$$

が成立し，ここから得られる  $z_i$  の連立方程式を解くことでそれぞれの 3 次元座標を得る．また，それぞれの色が担当する頂点座標を決めておき，そのための条件を与えることで解を一意に決定する．この空間におけるカメラ画像面と正三角形の底辺のベクトルとの内積を求めることにより方向を得る．また，得られた正三角形の面積比によって距離を算出する．

### 3.3 LED 点滅パターン

本提案システムは機器の識別にあたって LED の点滅パターンで MAC アドレスを表現する必要がある．それぞれの LED は別々の色で表されており，あらかじめどの色がどのビットを担当するかを決めておき，それによって表される 3 ビットの信号を一つとして画像をキャプチャし MAC アドレスを形成する．本システムが送信を開始した事を知らせるために，送信する信号の最初にはスタートシグナルとして 12 ビット，信号の終了を知らせるために終了時にはエンドビットを 12 ビットを付加し，計 72 ビットのデータを送信する．

### 3.4 LED 検出方法

本システムでは，キャプチャしたカメラ画像から LED を検出することでパターン認識を行う．LED の検出は，画像フレームの RGB 成分より得られる YCbCr 成分を抽出することによって行う．YCbCr 成分とは，カラー画像において色を表現する色空間の一種で，Y は輝度，Cb 及び Cr は色差を表す．LED 検出では，各色毎にあらかじめ決まった閾値以上の箇所を検出できた場合に LED が点灯していると認識する．この閾値は各 LED の色の特徴に合わせて設定する．

## 4 評価方法

複数 LED マーカの有用性を示すために，LED マーカが点滅パターンを送り始めてから受信側が機器を認識するまでの時間を比較し，複数 LED の方が時間的に優位性があることを示す．さらに，LED マーカが送信した点滅パターンがどれだけの認識率で認識できているかを導出し，単数 LED と比較し複数 LED の有用性を評価する．ここにおいて認識率は送信された MAC アドレス信号中で，同じ値を受信側が認識できた回数の割合のことを示す．マーカの方向と距離について，定点から計測した時の数値と実際の距離とを比較することにより，画像から得た推測値が信用に足るものであることを示す．

## 5 考察

本論文で提案したシステムでは，まず LED マーカの検討によって環境によらず高い認識率での認識が可能であり，従来の画像マーカでは難しかった ID の変更なども根本から変える必要がなくなり，柔軟性が増している．複数 LED マーカによって機器の認識を素早く正確に行うことができる．またマーカまでの位置を取得できることにより，インターフェイスを考えた際に有用である．本システムでは認識した後の機器へのインタラクションは実装しておらず，例えば eposn の moverio 等のメガネ型デバイスに実装することで AR 技術を用いた機器制御システム等にも活用できる．

## 6 まとめ

本文冒頭にて AR 技術を用いる際に画像マーカを用いた認識方法では，環境によって認識率が落ちてしまう点，見栄えの悪さや動的指向性に欠ける点などを挙げて，LED マーカを用いた手法の提案を行った．また，この提案においても，MAC アドレスを用いた点滅パターンにおいては時間がかかってしまい，正常に機器の認識を行うことが困難である点を述べ，それを解決するための複数 LED マーカの検討を行った．複数 LED マーカでは，多色 LED を用いて送信時間を短縮し，先の問題を解決するとともに，機器までの位置を把握することができ，今後発展するデバイスのインターフェース面での有用性，拡張性を示した．

### 参考文献

- [1] Shinya Mihara, Kohei Kawai, Hideki Shimada, and Kenya Sato, EVANS3: Home Appliance Control System with LED Markers Using Augmented Reality Technology, Proceeding of The 10th IEEE Consumer Communications and Networking Conference, pp.842-843, (January 2013).