

スマートフォンと光センサを利用した オフィスでの状況推定

鈴木雄介[†] 金丸利文[†]

近年、スマートフォンが一般ユーザにも普及している。従来の携帯電話より高度な情報処理や通信能力を持つことから、通話や WEB の閲覧などの通常のアプリケーション以外の活用も期待されている。活用の一例として、スマートフォンをセンサ処理端末として利用して、状況推定システムを構築するというものがある。ここで状況推定とは、ユーザの文脈の中での状態を推定して、システム of 処理を自動的に変更したりするなど、ユーザの利便性を高める処理を行う技術の総称である。今回、市販のスマートフォンに外付けの光センサモジュールを追加して、オフィスでのユーザの状況を推定するシステムを試作したので報告する。

Light Sensor and SmartPhone Context-Aware Application in Office

Yusuke SUZUKI[†] and Toshifumi KANAMARU[†]

Recently, increasing number of people has been using SmartPhones; They have advanced information processing capability and communication function compared with usual mobile phones, so new applications are expected adding to conventional applications such as a telephone and a web browsing. One of the possible usages is a context-aware system that uses the SmartPhone as a sensor processing device. The “context-aware” means a technology that estimates user situation and automatically changes system process for a convenience of the user. In this paper we reported our developing context-aware application that uses the SmartPhone and a light sensor module attachment to estimate user situation in an office environment.

1. はじめに

ユーザの状況を推定し、システムの挙動をその状況に合わせて、自動的あるいは半

自動的に変更しようという、状況推定システムの研究の歴史は長い[1]-[4]。最も初期の例を挙げれば Olivetti Research による Active Badge システム[3]は、プロセッサと赤外線入出力装置をもつ小型の名札を利用したシステムで、名札と各部屋に備えつけられた赤外線装置とが通信することにより、バッジをつけた人がどこにいるかが常に分かるようになっている。論文に拠れば、こうした場所情報を利用して電話交換機の転送、保留等の変更を自動的に行う用途などに利用されることが想定されている。

最近の例では、無線 LAN の電波強度を利用して、たとえば三角測量の原理などを用いて、無線 LAN アンテナからの距離、方向を推定して、室内での位置を検出することができるシステムも提案されている[4]。ユーザに小型のデバイスを持たせて、そのデバイスの位置を検出することで、ユーザの位置を検出、検出された位置からユーザの状態を推定するという点で Active Badge と共通する。

このように小型で豊富なコンピュータ資源を利用して、ユーザをシステムに適応させるのではなく、システムの側がユーザに適応するという考え方は、ユビキタスコンピューティング[5]のアプリケーションの例として考えられる。ユビキタスコンピューティングによる状況推定も、さまざまな機関から研究結果が報告されているが、その多くは特殊な機材の設置や、環境の変更を必要とするなどの問題があることから、現在でも一般的に普及しているとは言いがたい。

しかしながら、近年は高度な情報処理能力、通信能力を持つスマートフォンが一般ユーザに普及するようになり、スマートフォンを利用してこうしたアプリケーションシステムを構築することで、システムの実現可能性が増していると考えられる。

我々はスマートフォンをセンサ情報処理、通信端末として利用して、ユーザの位置情報を推定し、推定結果をオフィスシステムの動作の変更利用するシステムを作成したので本論で報告する。

2. オフィス内での状況推定

我々は状況推定技術[1]の適用先として、オフィスでの利用を想定した。前節の Active Badge の例でも見たように、オフィス内での状況推定は、長く研究されてきた基本的な課題である。これは利用者であるオフィスワークが勤務中であるため、業務に関するコミュニケーションのために、利用者のオフィス内での位置を推定、取得することにより、ある程度の合理性があり、比較的用户からの合意が得やすいことも影響しているであろう。すなわち、一般的な家庭環境や、その他のプライベートな環境では、プライバシー等に関する問題やユーザの抵抗感があるが、オフィスで勤務中という状況においては、こうした問題が多少緩和されていると考えることができる。

本研究ではスマートフォンを携帯したユーザがオフィス内のどこにいるのかを、スマートフォンに外付けした光センサの出力値から推定、出力し、出力結果を利用して

[†] 沖電気工業株式会社 研究開発センタ
Ok Electric Industry Co.,Ltd. Corporate Research and Development Center

オフィスでのアプリケーションの処理を変更するシステムを扱う。システムは実際にはスマートフォンの置かれた位置を推定し、その位置から間接的にユーザの状況を推定することになる。

3. システム構成

スマートフォンが置かれている机や床などの物体を、光センサを用いて識別し、これらの物体、すなわち場所から間接的にユーザの状況を推定するシステムを、Harrisonらによる先行研究[6]を参考に試作した。

図1にシステムの構成を示す。システムはユーザが利用するセンサモジュールとスマートフォン、さらにサーバ側の通信機と識別器から構成されている。図2に示すようにスマートフォンの背面に、センサモジュールを固定する構成になっている。

センサモジュールは可視外光を含む五種類のLEDと、対象物に照射されたLEDの反射光の強度を計測する光センサ、LEDの照明を変化させ、またセンサの出力値を処理するマイコンモジュール、マイコンとスマートフォンなどとの通信用のBluetoothモジュールから構成される。

反射光のパターンは対象物体により異なるため、パターンと物体との対応を事前に学習しておけば、センサ入力値から物体を識別できる。

センサモジュールをスマートフォンに外付けし、光センサの出力結果を、スマートフォンの通信機能を用いてサーバに送り、サーバ側の識別器で識別結果に基づいてシステムの処理を変更する。

3.1 センサモジュール

スマートフォンに取り付けるセンサモジュールはスマートフォンとは独立した電源で稼動する。Bluetoothのシリアル通信プロファイル(SPP)を利用して、スマートフォン上で動作するAndroidアプリケーションと通信する。Androidアプリケーションから無線LANによる接続を行い、サーバ側にセンサの出力データを一定時間ごとに送信する。識別結果をAndroidソフトウェアの画面上に表示することもできる。

外部光を受動的に受けて動作するのではなく、LEDを光らせてその反射光量を計測する構成にしたこと、また図2の見られるような物理的な配置によってセンサに直接外部光が当たらないようにしたこと、センサモジュール単体では外部光による影響を受けづらくなっている。

その反面、スマートフォンがどのように置かれるか、具体的にはセンサモジュールが外部床面など物質と接触しているかが識別の精度に影響することになり、スマートフォンの配置の方法には制限が生ずるようになった。この問題の解決は今後の課題となる。

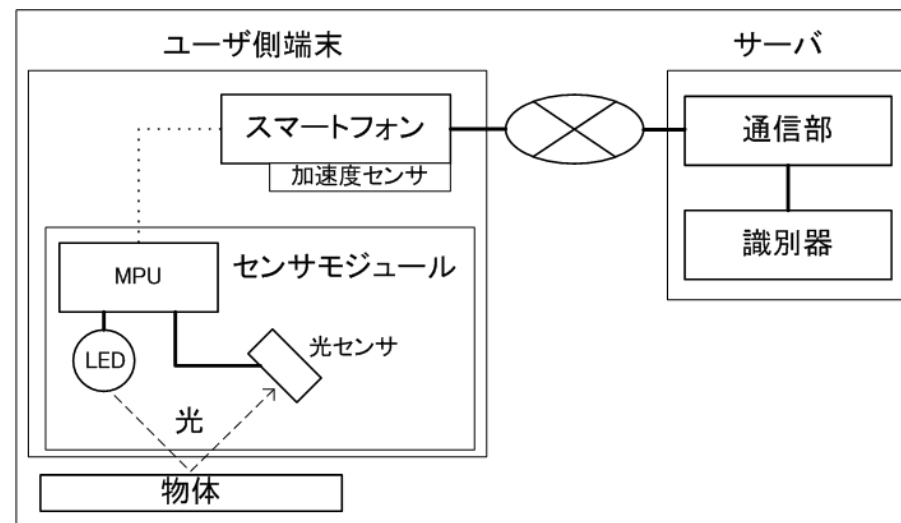


図1 システム構成
Figure 1 System Overview

LEDは赤外線、R,G,B、紫外線を照射する5種類を光センサから離して配置した。RGB出力するLEDは一つのパッケージとなっているものを利用したため、実際には3個のLEDがセンサ周辺に配置される構成になっている(図2参照)。各LEDの中心波長はそれぞれ875nm,635nm,525nm,470nm,375nmである。

受光センサ素子としてはTexas Advance Optical System社製の光周波数コンバータであるTSL230を用いた、この素子は反射光強度をパルス幅に変換するため、マイコンでの出力データの取り扱いが容易である。

LEDの照射パターン生成、受光センサ素子のデータ処理、通信を行うためのコントローラ用マイコンとしてはArduino Pro Miniを利用した。Arduinoはオープンソースエレクトロニクス開発ツールであり、AVRマイコンと汎用入出力ポートを用い、C言語に類似した言語で組み込みソフトウェア開発が容易に行える[7]。

Arduinoにより、LEDの点灯パターンを制御する。50ms点灯、50ms消灯のパターンを5種類のLEDごとに繰り返す。結果として、500msごとに各LEDに対する反射光の強度をデータとして取得できるが、通信時間も含めて約1Hzの光センサデータが5次元のベクトルとして得られる。

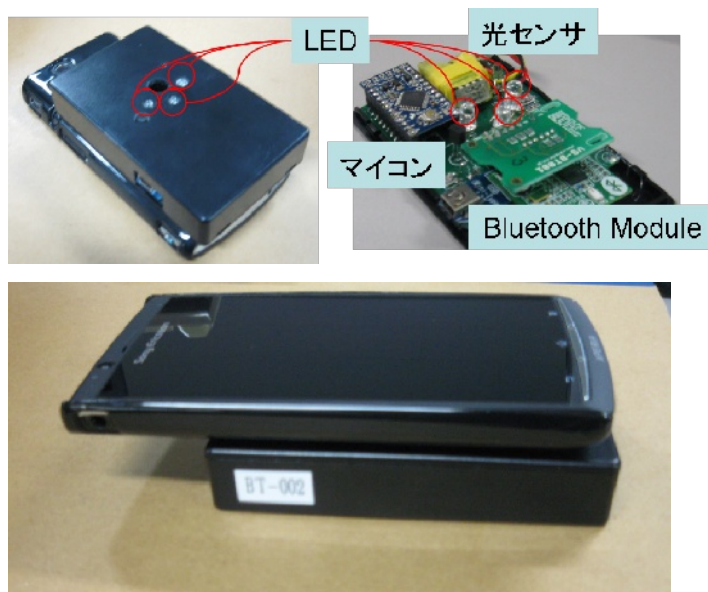


図2 センサモジュールの外観とスマートフォンとの接続形態
Figure 2 Appearance of Sensor Module and its attachment with SmartPhone

3.2 識別器

センサから得られたデータベクトルがどの物体によって得られたものであるのかを識別器によって識別して、物体を特定する。

事前に複数の場所（自席の机、会議卓など）の物体によるパターンを学習させた二つの識別器を用意した。Harrison らによる研究と同様のナイーブベイズ識別器（Naïve Bayes Classifier）と Support Vector Machine（SVM）である。どちらもパターン認識の識別器としては一般的でよく利用されるものである。これらの識別器に5次元のベクトルデータを入力して、スマートフォンが置かれている場所を出力させる。

今回採用した識別器、特に SVM の処理は軽量のため、識別処理をスマートフォン上で実装する構成も可能であるが、今回の実装では図1に示したように、識別器をサーバ側において処理させることとした。この構成によりシステムを利用している端末からデータを集めて、追加された未知の物体のデータを、別の端末の識別結果として利用することも可能となる。本研究ではシステムの簡便さよりも、こうした将来の拡張性を重視し、前述の構成を採用した。

ナイーブベイズ識別器[8]は識別クラスごとのセンサデータの分布の独立性、正規性、単峰性を仮定したモデルを利用し、python 言語を用いて実装した。センサデータがクラス内に含まれる可能性が最も高いとされたクラスを識別結果として出力する。

SVM の実現には libSVM[9]を利用した。カーネルとして RBF（Radial Basis function）カーネルを選択した。識別すべきクラス、すなわち場所の種類は複数であるため、1対多の2値識別するクラスを複数用意し、識別結果が1つに定まった場合のみを識別結果として扱った。複数の識別器が矛盾する識別結果を出力した場合、また全クラスがデータをクラス内に含まないという出力をした場合を、識別失敗と定めた。

3.3 想定するアプリケーションのイメージ

本システムを利用して、オフィス内のシステムに場所を識別する、状況識別機能を導入することができる。一つの例として、ソフトフォン網への導入が考えられる。現在、以下のような処理を行うソフトフォンシステムを開発中である。

- ・ システムによって識別した場所をプレゼンス情報として、ソフトフォンのプレゼンス情報に表示する。
- ・ 識別位置が会議室である場合に、ユーザが会議中で、電話への応答ができないと判断し、そのユーザ宛の電話を自動的にボイスメールに転送する。

4. 実験

システムによる物体の識別性能を確認するため、オフィスの利用で想定される可能性が高いと考えられる条件を含んだ、合計10種類の条件での識別能力を確認する実験を行った。参考データとして3種類のプラスチック素材を検討したが、これはオフィス内家具として、類似の素材が利用される可能性が高いと考えられることから検討したものである。

4.1 実験方法

各条件の下でセンサ端末の配置条件を変化させつつ、約120秒間で120個の5次元ベクトルデータを取得した。このデータの順序をランダムに変更し、先頭から100個のデータを識別器の訓練データとして利用して、ナイーブベイズ識別器と、SVMを訓練した。

残り20個のデータを試験用のデータとして用い、識別器による識別結果とその正解率を求めた。

4.2 実験結果と議論

表1に実験結果を示す。正解率は20個のデータベクトル入力で何回正解が得られ

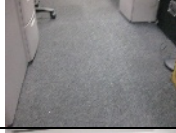
たかの割合を示す。また、誤識別があった場合に、その誤識別結果も表中に示した。ナイーブベイズ識別器, SVM とともに全クラスに対して 75%以上の正解率を得ることができた。パラメータチューニングをより詳細に行うことで、さらに精度を高めることができると考えられる。

両識別器で共通して、「バッグの中」の識別率が低くなっているが、これは他の条件では、センサモジュールと物体の接触面の位置関係が比較的安定しているのに対し、バッグの中ではそれが安定せず、センサの入力に乱れが生じたため、と考えられる。

3 節で短く論じたが、センサモジュールを外付けしたことで、スマートフォンの配置方法に制限が生ずることは本システムの問題点である。この解決には加速度センサや外部の追加センサを利用して、システムがセンサ入力进行处理するのにふさわしい姿勢、状態になっていること、を検出してからデータ取得するなどの処理を行うことが考えられる。

表 1 識別実験結果
Table 1 Experiment Result

状態名	写真	NB 正解率	NB 誤識別の理由	SVM 正解率	SVM 誤識別の理由
バッグの中		85%	ソファと誤認	75%	識別失敗
スーツのポケット		100%		95%	バッグの中と誤認
個人机		100%		100%	
会議卓		100%		100%	

休憩スペース机		100%		95%	識別失敗
ソファ		100%		95%	バッグの中と誤認
フロア		100%		100%	
黒 プラ板		100%		100%	
白 プラ板		95%	休憩スペースの机と誤認	100%	
透明 プラ板		100%		100%	

5. 今後の展開

識別すべき物体の種類、すなわち識別クラスが増えた場合の対処方法、長期の利用を可能にするためのセンサモジュールの低消費電力化など、実用化に向けて必要になる課題の抽出と、システムの挙動の安定性のバランスを検討したい。また実際に状況認識システムをユーザが利用した場合に、システムの変化によってユーザの挙動がどのように変化するかなども今後の課題として検討予定である。

参考文献

- 1) Dey, A. K. and Abowd, G. D. , "Toward a Better Understanding of Context and Context-Awareness", In Proc. of CHI2000 Workshop on The What, Who, Where, and How of Context-Awareness, 2000.
- 2) A. Hapter and A. Hopper, "A New Location Technique for the Active Office," IEEE Personal Communications, vol.4, no.5, pp.43-47, 1997.
- 3) R. Want, A. Hopper, V. Falcao, and J. Gibbons. "The Active Badge Location System," in ACM Transactions on Information Systems, pp.91-102, 1992.
- 4) Wang, Y., Jia, X., and Lee, H. K.: An indoors wireless positioning system based on wireless local area network infrastructure. In Proceedings of SatNav'03, July 2003.
- 5) M. Weiser, "The Computer for the Twenty-First Century," Scientific American, pp. 94-10, September 1991.
- 6) Harrison, C. and Hudson, S. E. , "Lightweight Material Detection for Placement-Aware Mobile Computing" In Proc. of the 21st Annual ACM Symposium on User interface Software and Technology. UIST '08. , 279-282, 2008.
- 7) Arduino HomePage <http://www.arduino.cc/>
- 8) C.M.Bishop, Pattern Recognition And Machine Learning, Springer-Verlag, 2006.
- 9) C.-C. Chang and C.-J. Lin. LIBSVM : a library for support vector machines. ACM Transactions on Intelligent Systems and Technology, 2:27:1--27:27, 2011.