

ユーザ識別システムのロボットへの実装

平松 薫[†]山本 吉伸^{††}安西 祐一郎[†][†] 慶應義塾大学 計算機科学専攻 ^{††} 電子技術総合研究所

E-mail: hiramatu@aa.cs.keio.ac.jp, yoshinov@etl.go.jp, anzai@aa.cs.keio.ac.jp

パーソナルロボットがそのユーザを識別するための *Identification Pendant* システムの設計および実装を行った。まず、パーソナルロボット上にヒューマンインタフェースを構成する際に生じる問題点について検討した。本稿で実装したユーザ識別システムは、個人を識別するためにユーザコードを発信する *Identification Pendant* と、*Identification Pendant* が発信するユーザコードを受信するパーソナルロボット上の受信モジュールで構成した。*Identification Pendant* はユーザごとに異なるユーザコードを赤外線にて発信する。そのコードをロボット上のモジュールが受信し、ユーザの識別とその方向の同定に利用する。最後に本稿で実装したユーザ識別システムの特長について検討した。

User Identification on Human Robot Interaction

Kaoru Hiramatsu[†] Yoshinobu Yamamoto^{††} Yuichiro Anzai[†][†] Department of Computer Science, Keio University^{††} Electrotechnical Laboratory

In this paper, we propose a user identification system. We designed it for Human-Robot-Communication. The user identification system consists of *Identification Pendants* and Receiver modules. The *Identification Pendant* is a small box that is capable of sending infrared signals to a personal robots. A robot user puts on it. Receiver modules which are on a personal robot get user signals. Signals include user codes for identification so the robot can understand who is near here. Still more, this system can work without a computer terminal and without any contact with it. Then, we estimated the system performance.

1 はじめに

パーソナルロボット [1] とは、工場などの限定された空間内で効率的に作業を行う産業用ロボットとは違い、より人間の生活に近い環境での使用を目指したロボットである。現在広く普及しているパーソナルコンピュータと同様に、オフィスや個人で使用する事が目標である。我々の研究室では、パーソナルロボット向けアーキテクチャ *ASPIRE* の開発およびその周辺環境 [2][3] の整備を行っている。

パーソナルロボットを考えた時、現在のロボットインタフェースとは異なるインタフェースシステムが必要になると予想される。本稿では、パーソナルロボット (以下、ロボットとする) 上にすべてが搭載でき、機構が簡単なインタフェースシステムの必要性を検討する。そして、ロボットに搭載可能なユーザ識別システム、*Identification Pendant* システムの設計を行う。このシステムはユーザコードを発信する *Identification Pendant* とそのユーザコードを受信するロボット上の受信モジュールにより構成される。以下、ユーザ識別システムの実装について報告する。

2 ロボットとのコミュニケーション

現在、人間とロボットのコミュニケーションに関する研究は非常に数が少なく、発展の望まれる分野の一つである [4]。

我々の研究室で開発しているパーソナルロボット用のアプリケーションは、ネットワークを利用する物が多い [5]。また、ロボット上に搭載できるアクティブインタフェース [2] や内部状態表出機構 [3] も提案している。これらユーザとロボットがコミュニケーションを行う方法は、次の 2 つに分類できる。

- 間接入力
ホストコンピュータからネットワークを利用して操作する場合に、コンピュータの仲介を経て間接的にロボットを操作する方法
- 直接入力
ロボットとユーザの間に他のシステムを含むことなく、直接音声や画像を利用してロボットの操作を行う方法

前者の間接入力では、ユーザが利用する計算機端末からネットワークを介してロボットの操作を行うこと

が基本となる。計算機ネットワークを利用してロボットの操作を行う場合は、高速なネットワークにより複雑な操作列を送信し、ロボットに複雑な作業を行わせることができる。しかし、ネットワークの遅延によりユーザがロボットの移動に同期した逐次操作を行うことは難しいとされる。また、ユーザがロボットの状態を知るためには、画像を転送する必要があるなどいくつか問題点がある。

また後者の直接入力方法は、音声入力、画像入力やロボット上の各種センサを利用して、ロボットの操作を行うことになる。前者とは異なり、直接ロボットとユーザがコミュニケーションを行うことができる。しかし、ロボット上に搭載した入力デバイスを利用してコミュニケーションを行うため、デバイスに関して様々な制約が発生する (3.2にて検討する)。

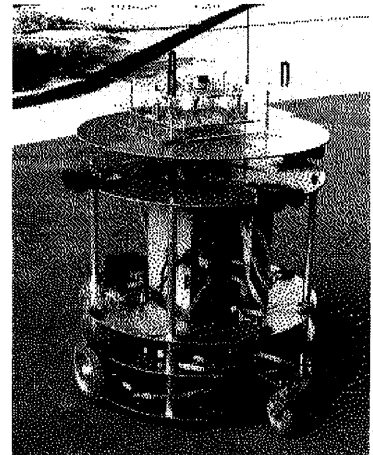


図 1: パーソナルロボット *ASPIRE II*

ロボットを計算機環境の一部としてとらえ、計算機ネットワーク上から使用するシステムは複数存在する。システムの実装形態の性格上、ユーザの位置情報は計算機ネットワーク上から提供されることが基本となる。しかし、この情報提供の形態を使用する場合、ユーザは計算機端末の前から離れてしまうとユーザの位置を特定することができなくなってしまう。パーソナルロボットに行わせる仕事としては物の運搬などがあるが、仕事を達成するためには、ユーザ個人の認識は必要不可欠であると考えられる。人間の位置同定に関しては、超音波センサと熱源センサを組み合わせる位置同定を

行うアクティブインタフェース [2] などがある。また、複数センサを統合して高度な情報処理を行うというセンサフュージョン [6] などの試みがある。

3 ユーザ識別システム

パーソナルロボットは自由に移動が可能である。そのためロボット単体での計算能力や物体の搭載能力など、様々な制約が発生する。以下、これらの制約や問題点について検討を行う。

3.1 ユーザ情報の取得

多数の人が存在するオフィスにおけるユーザ所在位置に関する問題はすでに取り上げられており、Hooperらは ORL¹ において Active Badge Location System を作成している。建物内にいる各ユーザは、それぞれの個人コードを赤外線で発信する Active Badge を身につける。建物内にそのコードを受信するセンサが多数配置されており、ネットワークを通じて Location System が集中的に位置情報の管理を行う。その位置情報を利用して、構内電話をユーザのいる部屋へ転送を可能にしている [7]。また、その個人情報をワークステーションのユーザ認証に利用するなど、アプリケーションも多数開発されている [8]。

計算機ネットワークの整備された環境では、ネットワーク上のサービスを利用することで、計算機を利用しているユーザの位置の同定をすることができる。例えば、UNIX 系の OS を利用した計算機ネットワークでは、finger コマンドなどユーザ情報を取得するコマンドが存在する。しかしこの場合、ホスト計算機にログインしていないユーザは、計算機の前にいても、このサービスではユーザの位置は同定できない。

ロボットにおいてもネットワークの情報を利用する試みはあるが、ロボット自体の自律性やネットワークによる接続を確保する必要があるなど、独立したロボットのインタフェースとしては問題がある。

3.2 ロボットインタフェースの制約

個人の確認が自動化されている代表的な例は、銀行の ATM システムである。ATM では個人の識別をカードとユーザの暗証番号によって、個人の認証を行う。ATM

システムのように、ロボット上でユーザ識別のためにタッチパネルを設置して、ユーザに暗証番号を入力させ認証を行う方法も考えられる。しかし、入力を受動的にしか受け付けられないこと、移動するロボットに直接触れなくてはならないことから、ロボットのインタフェースとしてはふさわしくないと考える。

現在ロボット上に搭載するユーザインタフェースの条件として次の項目を考えている。今回はユーザからの入力とロボットの外界からの入力についてのみ取り上げるが、ロボットの出力においてもこの条件は成り立つと考える。

1. ロボット上へ搭載することから発生する入力デバイスの大きさの制約
2. ロボットが移動中でも入力可能なこと
3. 入力デバイスから得られる取得情報が簡単であること

デバイスの大きさに関する制約は、ロボットの大きさ、運動能力から発生する。また、大きさだけでなく、デバイスの形、デザインに関しても様々な要因があると考えられる。ユーザにとって、センサがセンサとして分かる形であることが使用する上で便利である場合もあるし、反対にそのデザインがユーザを圧迫する場合もある [9]。例えば、ロボット上に搭載される超音波センサや画像を取り込むカメラの形状は、そのデバイスの動作が簡単に予想できる例であろう。また、ユーザの便をはかるために、センサを分かりやすく示す方法、センサを見えないように隠す方法の両方が存在し、その間にはある種のトレードオフが発生すると考えられる。

2 番目の入力方法は、ロボットへの命令の入力方法に関係する。確かに、計算機や銀行の ATM のようにロボット上にもキーパッドを搭載すれば、複雑な命令を入力することも可能である。しかし、ロボット上にキーパッドを固定した場合、そのキーパッドをユーザが安定して使用できるのはロボットが停止している時だけであり、ロボットの移動中にキーパッドを使用するのは非常に難しいと予想される。従ってロボットが移動することを考えると、音声入力などロボットからはなれて入力できる方法 [10] などが有効であると考えられる。

3 番目の計算量の問題は、ロボット単体の計算能力とその扱う情報の複雑さに関係する。複雑な処理を行うためには多くの計算時間が必要であることは当然で

¹Olivetti Research Ltd., England

ある。処理の複雑さから発生する時間制約は、広く一般的な問題であり特にロボットのリアルタイム動作に関係する。例えばロボットの前方に障害物があった場合、センサからの情報の処理にかかる時間が衝突するまでの時間よりも長い場合には、ロボットは障害物に衝突してしまうことになる。

3.3 利用するユーザの負担

計算機の世界においては Macintosh を始め、簡単な操作、統一された操作を目指したユーザインタフェースのガイドラインが作成されている [11]。一方、ロボットの操作に関してこのような統一な規格として普及している物は現在のところ存在せず、操作方法はロボットによって様々な形態をとっているのが現状である。

例えば、ロボットにメールの配達を依頼する場合、その依頼方法は様々な形態をとることになる。計算機ネットワークに接続されている場合にはアプリケーションに依存するし、直接ロボットに音声で依頼するためには当然音声入力デバイスが必要になる。また、現在の段階では「〇〇さんに届けて」と言うだけで相手に正確に配達させることは非常に難しい。ロボットが部屋の中の物を避け、迷わずに配達するためには多くの情報を収集する必要がある。また、このメールの配達をする仕事ではロボットの近くにいる人間が誰なのか識別する必要がある。

本稿ではロボットの近くにいる人が誰なのか識別するためのデバイスとして、これまで検討した制約を考慮に入れデバイスを提案する。

4 ユーザ識別システムの設計

本稿では計算機ネットワークから独立したユーザ識別システムとして、*Identification Pendant* とその受信モジュールの設計を行う。*Identification Pendant* はロボットを利用する各ユーザが身につける。この *Identification Pendant* は、常にユーザコードを赤外線で発信する。*Identification Pendant* が発信したユーザコードは、ロボット上に搭載された受信モジュールによって受信される。その受信コードは、ロボット内で処理され、ユーザの認識を行う仕組みになっている。さらに、ユーザコードから得られる情報とロボット上の複数のセンサからの情報とを統合して利用することにより、ユーザ個人の識別とその方向同定が可能である。将

来ユーザの方向情報、位置情報を用いたロボット上のアプリケーションの設計、実装を行う予定である。

本章では、このユーザ識別システムの構成要素である、*Identification Pendant*、受信モジュール、ユーザコードを処理するロボット上のソフトウェアおよび実装対象である *ASPIRE* アーキテクチャについて順に説明する。

4.1 *Identification Pendant*

Identification Pendant は、各ユーザが外部から見るところに着用する。これはユーザが常に身に着けている必要があるため、邪魔にならない程度の大きさである必要がある。現在の *Identification Pendant* ではユーザコードの生成のために、赤外線リモートコントロール送信用 CMOS IC TC9128P [12] を利用し、現在のバージョンで 8 種類のユーザコードを発信可能にした。また、その大きさは $74 \times 50 \times 20$ (mm) である (図 2)。

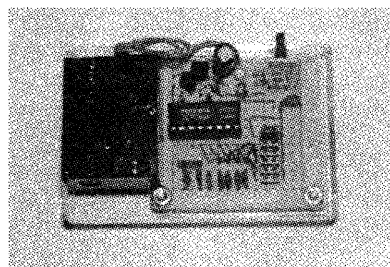


図 2: *Identification Pendant*

Identification Pendant の内部構成は、図 4.1 に示す。まず、Clock Generator が赤外線コードを発信するためのタイミングパルスを作成する。このタイミングの生成にはタイマ用 IC555 とサーミスタを利用する。現在の設定では、約 0.1 秒の長さのユーザコードを約 1 秒につき 1 回発信するようになっている。この *Identification Pendant* の発信周期は、周囲の温度によって抵抗値が変化するサーミスタによって変化するようにになっている。今回利用したサーミスタでは、室温における温度係数が約 $-1\%/^{\circ}\text{C}$ であり、温度が 1°C 変化するとユーザコード発信周期は約 0.02 秒変化する。この温度センサ機構により、微妙な被服上の表面温度変化でユーザコードの発信周期が変化する仕組みになってい

る。しかし、ユーザが同じ方向に複数いる場合には、ユーザコードが衝突する可能性がある。従って、この発信周期に関する設定は認識する必要のあるユーザ数やロボットの移動する空間の広さなど、使用状況によって調整する必要がある。

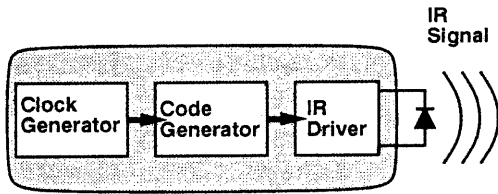


図 3: Identification Pendant の構成

Clock Generator が発生するタイミングパルスによって、Code Generator がユーザコードを生成する。コード生成を行う TC9148P は赤外線コード送信用の CMOS IC であり、63 種類のコードの生成が可能である。現在はそのうち 8 種類のコードのみを利用して

いる。また、IR Driver は Code Generator で生成されたユーザコードを実際に赤外線発光ダイオードを利用して外部に発信する。

ユーザコード数はコードを生成する CMOS IC に依存する。この試作バージョンより多くのユーザコードを発信するという要求には、コード生成用に他の IC を利用することにより簡単に対応できる。現在、さらに多くのユーザコードを発信できる次バージョンを設計中である。また、大きさ、その製作コストは実装方法により大きく異なるので、現在、小型化および低コスト化の実現を目指している。

4.2 受信モジュール

Identification Pendant から発信されるユーザコードを受信するための受信モジュールは、ロボット上に搭載される。受信モジュールは、IR Receiver、Decoder、ロボットとのインタフェースから構成される。

IR Receiver のユーザコード受信には、赤外線リモコン受光モジュール SPS-408-1-G (三洋製) を利用した。受光モジュールを単体で用いるとその指向性により、ユーザコードの受光可能な角度が限られてしまう (図 5)。この指向性を解消するために受光モジュールを 90

°ごとに計 4 つ配置し、各方向からのユーザコードの受信を実現した。

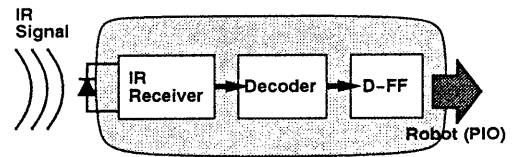


図 4: 受信モジュールの構成

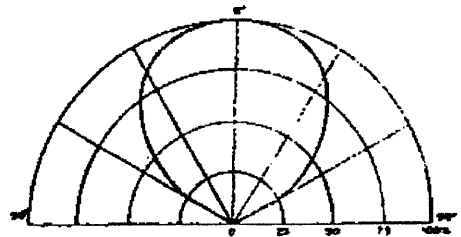


図 5: 受光モジュールの指向性

Decoder は各受光モジュールと組で配置し、ユーザコードのデコードを行う。デコーダには、ユーザコード生成に使用した TC9148P と組で使用される赤外線リモートコントロール受信用 CMOS IC TC9150P [13] を使用した。受光モジュールで受信したユーザのコードを内部のシフトレジスタ、コードチェッカによりデコードする。

ロボットとのインタフェース部では、4 方向の受光モジュールでデコードしたユーザコードの保持とロボット本体との通信を行う。受光モジュールは、ロボット上のパラレルポートと接続する。ロボット側からは受信方向の指定を、受信モジュールからは指定された方向の受信情報を伝達する。

4.3 ロボットの構成

受信モジュールで得られたユーザ情報は、ロボットのメインボードにあるパラレルポートから入力される。パーソナルロボット用アーキテクチャである ASPIRE はメインモジュール、モータボード、センサボードなどの機能別モジュールから構成される。図 6 は本稿で実装した Identification Pendant をロボットに接続し

た場合のロボットの構成である。ユーザコードは、他の複数のセンサ情報と統合して扱われる。

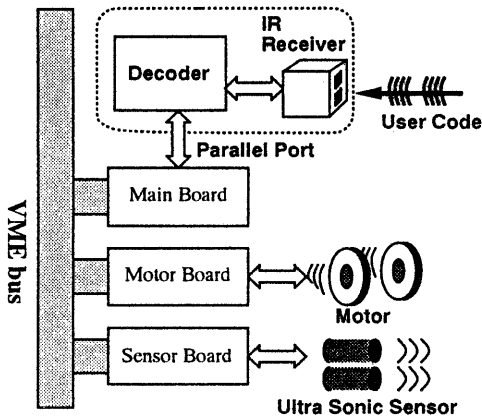


図 6: ASPIRE 上での受信モジュールの構成

ロボット内部ではリアクティブ性を考慮したロボット用リアルタイムオペレーティングシステム μ -PULSER[14][15] が動作している。この μ -PULSER は、マルチタスク・マルチスレッド計算モデルを採用している。Identification Pendant からの情報は、 μ -PULSER 上で動作するユーザコード取得スレッドが管理する。具体的には、100ms ごとに 4 方向の受信モジュールのポーリングを行い、ロボット上で動作するアプリケーションにユーザ識別情報としてユーザコードとその方向を提供する。

5 今後の課題

本稿では、ロボット上への実装を前提としたユーザ識別システムの実装を行った。今後、このシステムを利用したアプリケーションを作成する予定である。

謝辞

本システムの実装にあたり様々なアイデアの提供して下さった慶応大学安西研究室の澤村氏、また実装の手伝いをして下さった安西研の皆様へ感謝します。

参考文献

- [1] 山崎信行, 安西祐一郎. パーソナルロボットのためのアーキテクチャの提案. 日本機械学会 (No.920-33) ロボティクス・メカトロニクス講演会 '92 講演論文集 (VOL.A), pp. 51-56, 6 1992.
- [2] 岡田孝文, 山本吉伸, 安西祐一郎. “アクティブインタフェースの研究”. 情報処理学会ヒューマンインタフェース研究会報告, pp. 1-8, 1 1992.
- [3] C. Ono, Y. Yamamoto, and Y. Anzai. A Model of Expressive Machine and Its Application to Human-Robot Interaction. In *Proc. of the 5th International Conference on Human-Computer Interaction*, pp. 19A-231-236, 1993.
- [4] Y. Anzai. “Human-robot-computer interaction: a new paradigm of research in robotics”. *Advanced Robotics*, Vol. 8, No. 4, pp. 357-369, 1994.
- [5] Y. Nakauchi, K. Kawasaki, T. Okada, N. Yamasaki, and Y. Anzai. Human-Robot Interface Architecture for Distributed Environments. In *RO-MAN'92*, pp. 413-418. IEEE, 1992.
- [6] 山崎弘郎, 石川正俊. “センサフュージョン”. コロナ社, 1992.
- [7] R. Want, A. Hopper, V. Falcao, and J. Gibbons. “The Active Badge Location System”. *ACM Transactions on Information Systems*, Vol. 10, No. 1, pp. 91-102, January 1992.
- [8] T. Richardson, F. Bennett, G. Mapp, and A. Hopper. “Teleporting in an X Window System Environment”. *IEEE Personal Communications*, pp. 6-12, 1994.
- [9] B. Miller. “Vital signs of identity”. *IEEE SPECTRUM*, pp. 22-30, February 1994.
- [10] 今井倫太, 開一夫, 安西祐一郎. “注意機構を利用したヒューマンロボットインタフェース”. 電子情報通信学会論文誌, Vol. J-77-D-II, No. 8, pp. 1447-1456, 1994.
- [11] Apple Computer Inc. “Macintosh Human Interface Guideline”. Addison Wesley, 1992.
- [12] 東芝. “集積回路技術資料”. TC9148P.
- [13] 東芝. “集積回路技術資料”. TC9150P.
- [14] T. Yakoh, T. Sugawara, T. Akiba, T. Iwasawa, and Y. Anzai. “PULSER: A Sensitive Operating System for Open and Distributed Human-Robot-Computer Interactive Systems”. In *Proc. IEEE Int. Workshop on Robot and Human Communication*, pp. 404-409. Tokyo, 9 1992.
- [15] 矢向高弘, 菅原智義, 安西祐一郎. μ -PULSER: パーソナルロボットを構築するためのオペレーティングシステム. 電子情報通信学会論文誌, Vol. J77-D-I, No. 1, pp. 207-214, February 1994.