

自律移動ロボット利用のためのヒューマン-ロボットインタフェース

川杉 憲二 岡田 豊史 中内 靖 安西 祐一郎
 慶應義塾大学理工学部

6K-6

1 はじめに

オフィスや研究機関などの組織は基本的に、複数のワーカーによる協調作業から構成されている。近年、このような組織における協調作業を支援するシステム(グループウェア)の研究・開発が活発に行なわれている。

このような協調作業では一般に、コミュニケーションの媒介として電子的な情報だけでなく物理的な情報も受け渡される。電子的な情報とはLANによって接続されたワークステーション上で通信される電子メールのような情報である。また物理的な情報とは、例えば商品のサンプルのような物理的な物によって表現される情報である。物理的な情報を取り扱うために自律移動ロボットを利用することができる。そこで、物理情報をも扱う協調作業支援システムを提供するためには、自律移動ロボットを利用するためのインタフェースが必要となる。

本稿では自律移動ロボットを人間と同様に協調作業の相手として捉えた、マルチエージェントモデルに基づくインタフェースを提案する。以下にまず、人間とロボットとのインタラクションについて考察を行う。そして、人間と自律移動ロボットのインタラクションを考慮した、協調作業支援のためのインタフェースの設計並び実装について説明する。

2 ヒューマン-ロボット

インタラクション

近年のロボット開発の発展には目覚ましいものがある。各々のシステムでは、テレオペレーションや自然言語による対話などを用いた独自のヒューマン-ロボットインタフェースが作成されている。

しかし物理的な情報を扱うためには、自律移動ロボットと人間が協調して作業を行なう必要がある。人間と自律移動ロボットのインタフェースは、使用される通信が同期型か非同期型であるか、また情報が電子的であるか物理的であるかによって表1のように分類される。

物の移動を伴う協調作業の例として、承認印を必要とする紙の書類を受渡しすることを考える。この作業に必要な手続きの流れを図1に示す。この例では表1に示したインタラクションのうち、3種類のインタラクションが必要である。

3 マルチエージェントモデル

我々の研究室では非同期型通信に基づくグループウェア構築ツール Michele[1]を開発してきた。Michele ではマ

- ワーカー A がオフィス内でロボットを呼び出す。(非同期/電子)
- ワーカー A は近くに来たロボットに書類を渡す。(同期/物理)
- ワーカー A はロボットに書類にワーカー B の承認印をもらってくることを依頼する。(同期/電子)
- ロボットはワーカー B のところへ移動する。
- ロボットは書類をワーカー B に渡す。(同期/物理)
- ロボットはワーカー B から処理済みの書類を受けとる。(同期/物理)
- ロボットはワーカー A のところへ移動する。
- ロボットはワーカー A に書類を渡す。(同期/物理)

図 1: オフィスワークの例

ルチエージェントモデルに基づくインタフェースアーキテクチャを提供する。我々は Michele のマルチエージェントモデルを拡張することにより、人間とロボットの協調作業を支援するインタフェースを構築する。

ここでエージェントとは、固有の内部状態とそのエージェントに関する手続きをメソッドとして持ち、自律的に振舞うことのできるものである。各ユーザは個々にユーザ環境を持ち、MI (Message Interpreter) と呼ばれるインタフェースを介して、ユーザ環境内に存在するエージェントと同期型の通信をすることができる。一方、異なるユーザ環境間での通信は非同期型で、エージェントが通信相手の

	Type of Information	
	Physical	Electrical
Sync	Industrial Robots with interactive communication	Teleoperation without communication delay
Async	Industrial Robots with one directional communication	Teleoperation with communication delay

表 1: ヒューマン-ロボットインタラクションの分類

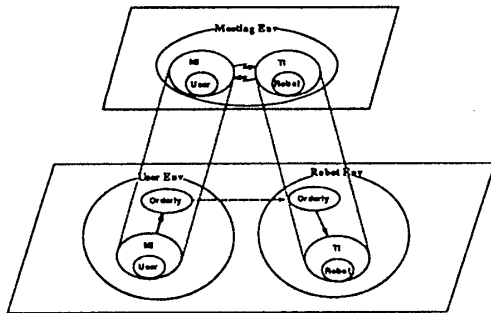


図 2: ヒューマン-ロボットインタフェースのためのモデル

存在するユーザ環境に移動してから通信することができる。

本研究では、自律移動ロボットもエージェントとして扱えるようにロボットに TI (Task Interpreter) と呼ばれるインタフェースをかぶせることによりロボットもエージェントとして扱う。図 2 に示すようにロボットエージェントにロボット環境を持たせることにより、人間とロボットの通信では非同期型通信ができるようになる。また、同期型の通信のためにミーティング環境と呼ばれる概念を導入する。以下に図 1 に示した例で用いられる通信がこのマルチエージェントモデルでどのように表されるかについて説明する。

(非同期/電子) 通信されるメッセージとしてエージェントを生成する。そしてそのエージェントを、通信相手の存在するユーザ環境またはロボット環境に移動させ、それから通信相手と通信させる。

(同期/電子) ユーザまたはロボットは同期型の通信をする場としてミーティング環境を生成し、そのミーティング環境に入る。そして、通信相手に対してミーティング環境に入るように依頼する。両者が同じミーティング環境に入ることによって同期型の通信をすることができる。この場合、人間とロボットは物理的に近くにいる必要はない。

(同期/物理) ユーザまたはロボットは(同期/電子)の場合と同様の手続きにより同じミーティング環境に入る。そして、両者が同じミーティング環境に入ることにより同期型の通信をすることができる。ここで、人間とロボットは物の受渡しが可能に近さがいなくてはならない。

4 実装

本研究の実装では、我々の研究室で作成された自律移動ロボット Einstein を利用した。Einstein は 2 つの駆動輪と 2 つの補助輪を持ち、四方向に超音波センサーを持つ。また半二重の無線通信を用いてワークステーションと通信できる。

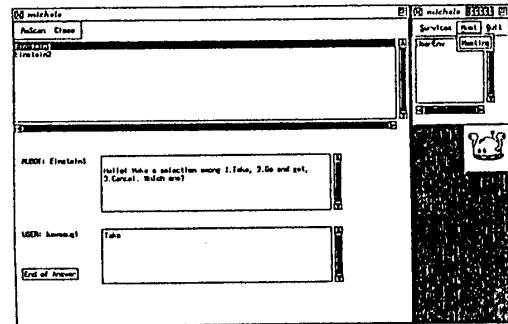


図 3: ロボットとのインタラクションのためのウィンドウインタフェース

エージェントの内部状態はファイルとして、またエージェントのメソッドの実行は C++ の関数呼び出しとして実装される。また、エージェントの移動はメールシステムによるファイルの転送で実現される。以下に表 1 に述べたオフィスワークの実装について説明する。

(非同期/電子) ワーカーがロボットを呼び出す場合、エージェント Orderly を作成し、これを対応するロボット環境に移動させることにより非同期型の通信を行なう。また TI は、ロボットに到着するメッセージを保持するためにメッセージキューを持つ。

(同期/電子) 人間とロボットの同期型の通信では、人間-ワークステーション間では図 2 に示すようなウィンドウインタフェースを介して、またワークステーション-ロボット間では無線を用いた通信によってそれぞれ同期型の通信が行われる。

(同期/物理) 人間-ロボット間で書類を手渡す場合、書類の移動と共に「書類に承認印が押されているかどうか」という属性を管理するエージェントが生成される。

5 おわりに

電子的な情報だけでなく物理的な情報を利用した協調作業を支援するために、自律移動ロボットを協調作業の相手として捉えた、マルチエージェントモデルに基づくインタフェースを提案した。簡単な例を実装したが、人間とロボットとのインタラクションは複雑で、我々のモデルでは扱えていないことがまだ多くある。さらに研究を続けていく所存である。

参考文献

- [1] Nakauchi, Y., Itoh, Y., Sato, M. and Anzai, Y. Michele: A Multi-Agent Interface Architecture for Distributed Open Environments. In Proceedings of TOOLS'91, 1991, pp.61-69.