

移動マニピュレータのための 環境埋め込み型センサネットワークの構築

Appliance of Sensory Network for a Mobile Manipulator Embedded in Environment

○ 三柳 秀人 (岡山大学) 正 永谷 圭司 (岡山大学) 正 五福 明夫 (岡山大学)

Hideto MIYANAGI, Okayama University, 3-1-1, Tsushima-naka, Okayama
Keiji NAGATANI, Okayama University Akio GOFUKU, Okayama University

In this research, we embedded a number of networked vision sensors in our target environment for assistance of intelligent motions of a mobile manipulator. A robot uses the system via the network to acquire environment information without attaching external sensors. Thereby, the robot can avoid a dead angle problem for recognition of target objects, and execute a self-localization. Using this system, we have performed a demonstration of "pick and place" for a mobile robot without mounting external sensors on it. In this article, the authors introduce an overview of above system, and show the "pick and place" demonstration.

Key Words: Embedded Sensors, Mobile Manipulator, Object Handling

1 はじめに

通常、ロボットが知的動作を行うには、ロボットの動作に必要な情報を得るため、センサフィードバックが必要となる。特に、移動マニピュレータが作業を行うためには、対象物体の位置・姿勢の認識や、ロボットの自己位置推定のためのセンサが必要となる。しかしながら、ロボット本体に搭載できるセンサ数や能力は限られるため、搭載したセンサ情報のみでロボットの知的動作の実現は困難であると考えられる。そこで本研究では、ロボットが作業を行う環境に複数の視覚センサを埋め込み、これらのセンサから得られる情報を、ネットワークを通じてロボットに送信することで、ロボットに必要な情報を補うこととした。このシステムを実現することで、ロボットに特別な外界センサを取り付けることなく、ロボットの知的動作が可能となると予測される。

これまでも特定の環境を構築し、そこから得た情報をロボットが利用するといった研究はいくつか行われてきた⁽¹⁾⁻⁽⁴⁾。しかしながら、移動マニピュレータが、センサから得た対象物の位置・姿勢などの情報を利用し、実際に実環境において知的動作を行うものは、見受けられない。本研究では、実環境に複数の視覚センサを埋め込み、その視覚センサから得た環境情報を利用することで、実環境における具体的なタスク「把持・運搬」を実現することを目指している。

本稿では、この「移動マニピュレータのための環境埋め込み型センサネットワークシステム」の概要を説明し、そのシステムの利点について述べる。また、このシステムの有効性を確かめるため、実環境における「把持・運搬」動作を実現することを、移動マニピュレータに適用したのでこれを報告する。

2 環境埋め込み型センサネットワークシステムの概要

「環境埋め込み型センサネットワークシステム」は、移動マニピュレータの知的動作の補助を行うものである。想定している環境は、オフィスや家庭などの生活環境である。このような環境内で、ロボットに要求される動作は、物体の探索・運搬などがあげられる。その動作を行うためロボットには、対象物体の位置・姿勢認識や把持、ロボットの自己位置修正などの能力が必要となり、それらの認識を行うためのセンサが必要となる。

しかしながら、このような生活環境内では、机や棚、人などが存在しており、ロボットに搭載する外界センサなどの情報のみでは、環境情報を獲得することは困難であると考えられる。その理由として、ロボットに搭載している外界センサでは、死角や認識することの困難な範囲が多数存在することがあげられる。

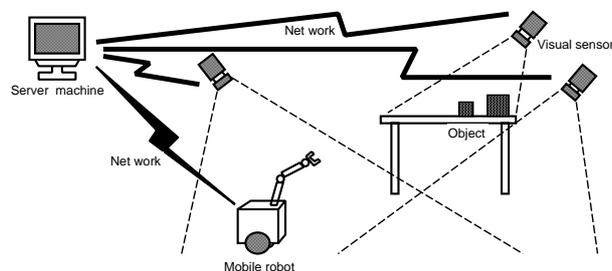


Fig. 1 Image of sensor network system

例えば、ロボット本体に搭載された視覚センサやハンドアイでは、獲得したい情報を得ることが可能となる場所まで移動しなければならない。同様に、距離センサによる障害物検知や移動物体検知なども、距離センサの動作範囲に拘束される。また、ロボットを複数台使用する場合、そのすべてに外界センサを取り付けることは、アクティブセンサの干渉問題やコストの面から望ましくない。

そこで、本研究で提案する「環境埋め込み型センサネットワークシステム」では、ロボットの動作に必要な情報を得るため、作業を行う環境内に複数の視覚センサを埋め込み、これらのセンサから得られる情報を、ネットワークを通じてロボットに送信することとした。これにより、ロボットに特別な外界センサを取り付けることなく動作を行うことが可能である。これらの視覚センサは、ロボットの動作により、あらかじめ必要と考えられる位置に埋め込む。そのため、ロボットはその場所に移動することなく、環境内の探索物体の有無や位置、移動物体や障害物などの環境情報を獲得することができ、またそれらの情報を利用することで、知的動作が可能となる。一方でロボット自身も、視覚センサから自身の位置を得ることで、自己位置を獲得することが可能となる。このシステムのイメージを Fig.1 に示す。

3 移動マニピュレータへの適応

3.1 目標動作の設定

前章で説明した「環境埋め込み型センサネットワークシステム」の有効性を確かめるため、目標動作を設定し、移動マニピュレータに適用することとした。ここで、適応する目標動作は、移動マニピュレータによる「机上の対象物の把持・運搬」とした。

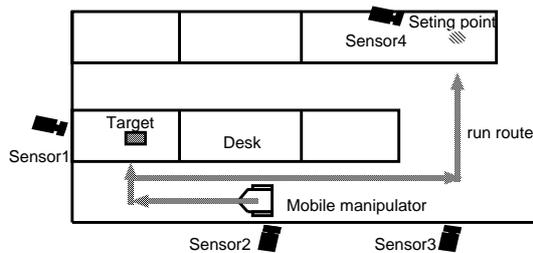


Fig. 3 Environment of operation

3.2 移動マニピュレータ

本実験で対象としたロボットは、Fig.2 に示す本研究室で所有する移動マニピュレータである。ロボットの左上部には本研究室で製作したPUMA型の軸配置を有する小型マニピュレータを搭載している。また、マニピュレータの手先に2指ハンドを取り付けており、比較的軽量で小型の物体を把持することが可能である。

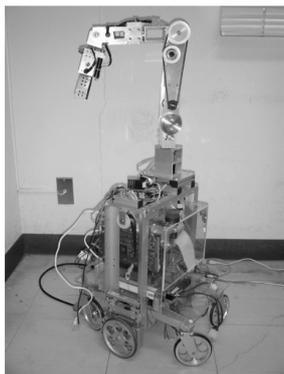


Fig. 2 Target robot

3.3 システムの構築

3.3.1 通信システム

このシステムを構築するにあたり、複数の視覚センサとロボットがデータの通信を行うことは重要である。本研究では、この通信システムをTCP/IP通信を利用したサーバ&クライアント構造で構築することとした。ロボットは、目標動作を行うために必要となるデータをサーバに要求する。環境に埋め込まれた各視覚センサはそれぞれPCに接続されており、サーバからの要求に応じて画像処理を行い、データをロボットに送信することが可能である。ロボットは、これらの環境情報を利用することで、目標動作を行う。

3.3.2 視覚センサの設置と動作設計

このシステムでは、あらかじめ視覚センサを、目標動作に必要なと考えられる場所に埋め込んでおく。そのため、目標動作である、移動マニピュレータによる「机上の対象物の把持・運搬」を実現するために、ロボットに必要な情報と動作を以下に示す。

- 対象物の位置情報による、対象物把持動作
- 実際の走行経路情報による、走行経路の修正動作
- 目的地の位置情報による、対象物の目的地への設置動作

各動作については、3.4節で説明する。これらの各動作に必要な情報をロボットに送信するため、視覚センサを必要と考えられる位置に埋め込むこととした。具体的に視覚センサを埋め込んだ位置は、対象物が設置されている机の上、走行経路が認識できる天井、目的地の机の上である。構築した環境の概略とおおよその走行経路を Fig.3 に示す。

移動マニピュレータは、Sensor1の情報から把持対象物の位置を獲得し、その場所へ走行する。次に、対象物を把持し、目的地に設置可能な位置まで走行する。走行中、移動マニピュレータはSensor2・Sensor3の情報を利用し、走行経路の修正を行う。最後に、Sensor4の情報から、目的地に把持対象物の設置を行う。なお、各視覚センサの位置や姿勢は既知であるため、画像中の位置から実空間位置へのマッピングは、Tsaiのカメラキャリブレーション手法⁽⁵⁾を用いて行うこととした。

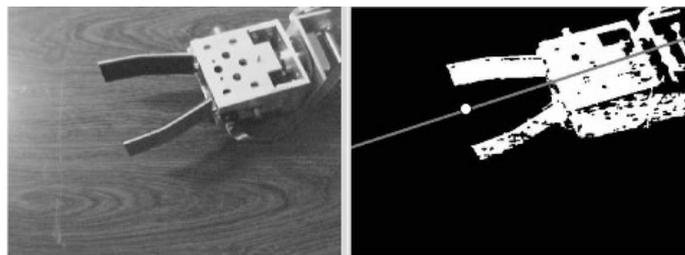


Fig. 4 Recognition of a manipulator's position

3.4 目標動作実現のための動作

3.4.1 対象物把持動作

把持対象物の認識方法は、把持対象物の色によって認識を行うこととした。具体的には、対象物体の色情報を利用し、特定の色領域を画像中から抽出することで、把持対象物の位置の認識を行う。

ロボットは、把持対象物の位置情報を視覚センサに要求し、その情報から対象物の近くまで走行する。その位置から、マニピュレータを用いて対象物へのアプローチを行う。次に、対象物の把持を行うため、マニピュレータの姿勢と先端の位置情報を要求する。ここで、画像中のマニピュレータ領域は、背景差分法を用いて行うこととした。しかしながら、背景差分法では、移動物体の影も変化領域としてしまうため、正確に変化領域を抽出することはできない。そのため、輝度信号と色信号の変化により、マニピュレータの影の領域の除去を行っている。次に、得られたマニピュレータ領域から慣性等価楕円を求め、その傾きをマニピュレータのカメラに対する姿勢とした。マニピュレータの手先位置を検出した結果を Fig.4 に示す。ロボットは、視覚センサから得た対象物の位置情報とマニピュレータの姿勢・先端の位置情報の差分から、対象物の把持を行う。

なお、対象物の目的地への設置動作についても、目的地とマニピュレータの先端位置の差分から、同様の方法を用いて行うこととした。

3.4.2 走行経路の修正動作

本研究では、走行中におけるロボットの自己推定の精度を上げるため、ロボットの走行経路に設置した視覚センサを用いて、自己位置の修正を行うこととした。

画像中のロボットが有する領域は、背景差分法を用いることで認識することとした。走行経路に設置した視覚センサは、ロボットを認識している間、画像中のロボットが有する領域を記憶する。この領域が画像中からなくなった時点で、その経路と位置をロボットに送信する。ここで、データ転送時間による位置誤差を修正するため、タイムスタンプを同時に送信することとした。ロボットは、実際の走行経路を獲得すると、その情報を利用することで自己位置の誤差の修正が可能となる。

3.5 動作実験・結果

構築した「環境埋め込み型センサネットワークシステム」を用いて「移動マニピュレータによる机上の対象物の把持・運搬」動作を実環境で行った。動作の様子を Fig.5 に示す。

この動作を複数回行ったが「把持・運搬」動作は比較的成功した。これにより、特別な外界センサを持たない移動マニピュレータが、視覚センサからの情報を利用し、目標動作を実現することが可能となった。これにより「環境埋め込み型センサネットワークシステム」が、移動マニピュレータの知的動作の補助的な役割を果たすということがいえる。

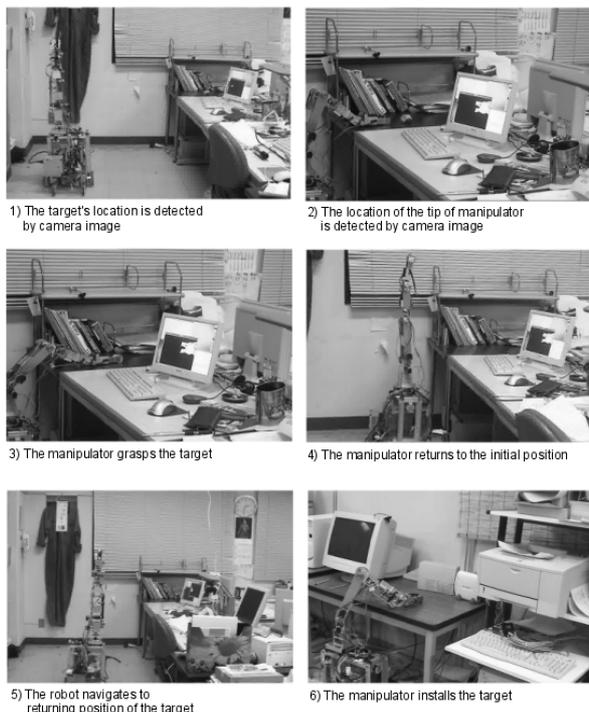


Fig. 5 Motion of the target task

4 おわりに

本稿では、「移動マニピュレータのための環境埋め込み型センサネットワークシステム」の有効性を確かめるため「移動マニピュレータによる机上の対象物の把持・運搬」と目標動作を設定し、実環境で動作の実験を行った。実験の結果、このシステムが、移動マニピュレータの知的動作の補助的な役割を果たすということがいえた。今後は、このシステムを用いて、人や複数台のロボットの経路を考慮した、ロボットの動作計画を行うことを予定している。一方、カメラによる人の経路認識については、固定された一方向の視野では比較的困難である。そのため、環境の中心にパン・チルトカメラを設置し、その情報を利用することで認識を行う予定である。これらの様々な環境情報を統合した動作の実現が今後の目標である。

【謝辞】

研究の一部は、財団法人 大川情報通信基金 2002 年度の研究助成により実施された。ここに感謝の意を表す。

【参考文献】

- (1) 十河卓司, 木元克美, 石黒浩, 石田亨: “分散視覚システムによる移動ロボットの誘導” 日本ロボット学会誌, vol.17, no.7, pp.1009-1018, 1999.
- (2) 太田順, 山本正和, 池田和生, 相山康道, 新井民夫: “記憶機能付き画像マークによる作業移動ロボットのための環境整備” 日本ロボット学会誌, vol.17, no.5, pp.66-72, 1999.
- (3) 森武俊, 岩村泰彦, 原田達也, 佐藤知正: “居住センサ空間から得られる長期行動情報に基づく生活要約システム”, ロボティクスメカトロニクス講演論文集, No.03-4, 1A1-1F-A3, 2003
- (4) 森岡一幸, 李周浩, 橋本秀紀: “知能化空間における移動ロボットの人間追従制御”, 日本ロボット学会誌, vol.22, no.1, pp.103-111, 2004.
- (5) R.Y.Tsai: “A versatile camera calibration technique for high-accuracy 3D machine vision metrology using off-the-shelf TV cameras and lenses”, IEEE J. Robotics and Automation, vol.3, no.4, pp. 323-344, 1987.