全方向移動車と RFID を用いた 作業による環境変化を考慮した経路計画

Path-Planning applied Omni-Directional Vehicle and Radio Frequency Identification to Consider Environmental Change

学 高原 裕充 (東理大院) ○学 神戸 努 (東理大院)
学 大山 謙人 (東理大) 正 稲垣 詠一 (東理大)

Hiromitsu TAKAHARA, Tsutomu KANBE, Kento OYAMA, Eiichi INAGAKI,
Faculty of Science and Technology, Tokyo University of Science

For transportation in warehouse, an environment changes by placement and removal of a load. A working area of placed the load becomes a new obstacle for a carrier. And a working area of removed the load becomes a removable area again. By considering the changing environment, it is thought that a path planning more efficient is possible. In this paper, transport system is suggested by managing this changing environment with RFID which is stuck on a load. There are data of size and position of the load in RFID. When the load is placed or removed, the environment is updated by using the map management server which gets data of RFID through reader of the carrier. In addition, Three Omni-Directional Vehicle is used as a carrier in order to carry out the effective transportation.

Key Words: omni-directional vehicle, RFID, configuration space

1. 緒言

近年、工場や倉庫内で作業する搬送車は、作業の効率化や人件費の削減に伴い自動化の要求が高まってきている。しかし、多くの場合、搬送車は決められた経路上でしか動けず、新たに経路を生成する場合、インフラの変更を要する。また一方で切り返しをせずに任意の方向・姿勢で移動できる全方向移動車を利用することで効率的な搬送が出来る。

著者らは倉庫内搬送の 1 つのアプローチとして全方向移動車を用いた搬送に RFID と併せた荷物搬送方法を提案してきた[1]。しかし、この提案は搬送の経路計画については考慮されていない。搬送の経路計画についての研究は複数の移動ロボットで 3 次元の静的な環境での荷物搬送シミュレーションの研究[2]など様々な想定を考慮した多くの研究がある。

本研究では RFID の荷物位置情報から荷物の配置撤去による環境の変化を考慮した経路計画を行い、改良した全方向移動車で確認した。

2. Three Omni-Disc Vehicle (3ODV)

本研究の実験にて Omni-Disc を 3 個装備した全方向移動車を用いた。Omni-Disc 3 個以上を互いに異なる方向に装備した車両は Holonomic な移動を実現できる[1]、また Omni-Disc を 3 個のみ用いることでコストの削減を図っている。各 Omni-Disc は重心から接地点が互いに角度 120°になるように配置する。

Fig. 1 Internal structure of 3ODV (Top View without plate)

3ODV には制御用マイコン、無線 LAN、RFID リーダが搭載されている。RFID リーダにより荷物に貼られた RFID のデータを読み込む。またそのデータは無線 LAN を介し地図管理サーバへと送信される。地図管理サーバはそのデータを元に経路の探索を行い、その結果を 3ODV へと送る。受信データを元に制御用マイコンにより Omni-Disc の回転数の制御を行い、追従を行う。

3. 経路追従制御

3.1 3ODV の経路追従制御

3ODV の操舵制御に関して 3 個の Omni-Disc への接線方向速度を V_i ($i=1,2,3$)、移動体座標系のそれぞれの方向を (x, y) 速度指令値を (v_x, v_y) 原点回りの旋回角速度指令値を Ψ とする (Fig. 2)。

Fig. 2 Local Coordinates

Fig. 3 Proportional Control

3ODV の経路追従について比例制御を適用する。Fig. 3 に示すように目標経路から dL だけ離れたとき、本来の目的角の経路になるように、 dL に比例した量 $d\phi$ だけ加算してやる(式(2))。そうすることで常に目標経路に近づくことができ目標経路の

追従を図ることができる。

$$d\phi = K_{dl} \cdot dL \quad (1)$$

K_{dl} : 比例ゲイン

$$\begin{cases} V_1 = \frac{1}{2}V \cos(\psi + d\phi) + \frac{\sqrt{3}}{2}V \sin(\psi + d\phi) \\ V_2 = -V \cos(\psi + d\phi) \\ V_3 = \frac{1}{2}V \cos(\psi + d\phi) - \frac{\sqrt{3}}{2}V \sin(\psi + d\phi) \end{cases} \quad (2)$$

3.2 経路追従実験

全方向移動車の経路追従性を調べるために、式(2)に従い比例制御を行ったものと行わなかったものを1mの正方形の辺上の経路を1周させ比較する。3ODVの移動速度は120mm/secとした。姿勢は常に一定方向を向くようにした。(Fig. 4)

Fig. 4 Square Path

Fig. 5 Effect of Proportional Control

実験の結果、正方形の各頂点付近で目標経路からの誤差が大きくなる傾向にあり、最大誤差は19.6mmとなった。平均誤差では比例制御を行ったものが1.8mm、比例制御を行わないものが9.0mm差をとると比例制御を行ったものの方が平均誤差で7.2mm小さく、比例制御の効果を確かめた。以下、3ODVの制御にはこの比例制御を用いることにした。

4. RFIDを利用したマップの管理

3ODVの行う作業を、荷物を搬入口から配置場所に搬送する配置タスクと荷物を配置場所から搬入口まで搬送する撤去タスク、そして荷物を載せていないときの移動を移動タスクと呼ぶことにする。

あらかじめ荷物に貼り付けたRFIDに荷物配置位置情報と荷物形状を書き込んでおく。荷物を3ODVに載せるとRFIDリーダライタで荷物に貼り付けられたRFIDのデータを読み込む。地図管理サーバには配置された荷物リストが構築されており、環境中のどこに、どのような大きさの荷物が配置しているかを知ることができる。読み込んだ荷物データがリスト

中になれば、荷物配置タスクと判断し、荷物配置位置情報から目的配置位置までの経路計画をし、結果を3ODVに返す。荷物データがすでにリストにある場合、荷物撤去タスクと判断し、撤去後の環境から目的地である搬送口までの経路計画を行い、その経路データを3ODVに送る。(Fig. 6)

Fig. 6 Data stream System

このように、RFIDの荷物データが読み込まれるたびに、3ODVは地図管理サーバにデータを送信する。そして、地図管理サーバは荷物リストを検索し、配置タスクか撤去タスクかを判断し経路計画をして3ODVに結果を送信するという手順で作業を行っていく。

5. 実機による荷物搬送実験

5.1 実験環境

前述したマップ管理の有用性を確認するために荷物の搬送実験を行った。搬送実験は2m×2mの室内環境で行い、四方は壁で囲まれている。カメラの斜め撮影により、3ODVの天井に取り付けられた3個のLEDにより自己位置推定を行う。位置情報を計測し、地図管理サーバにデータを送信している(Fig. 7)。外部カメラは地面より3mの高さにあり地面となす角は39°とした。

Fig. 7 Experimental environment

荷物は縦80mm横200mm高さ100mm、重さ30gの発泡スチロールブロックを2個使用した。実験環境と3ODVの大きさ、および、経路追従精度を考慮し、3ODVに返す階層的近似セル分割法のレイヤ数は5とし、最小セルサイズは、62.5mm、3ODVのとれる姿勢を10°ごとに0~360°まで取れるものとした。荷物配置撤去のたびに变化する環境を考慮していることを示すために、荷物は経路の途中に配置し、配置した荷物が障害物になるようにした。

Table1 Coordinates of putting load and Target

	Putting load(x,y)[m]	Target for 3ODV(x,y)[m]
Load1	(1.2, 0.2)	(0.8, 0.44)
Load2	(1.5, 0.2)	(1.5, 0.44)

荷物配置位置座標とその際の 3ODV の目的地座標を Table1 に示す。なお、3ODV の姿勢は全方向移動車の利点を示すため、常に一定の姿勢 0° をとるようにした。

5.2 実験結果

Fig. 8, Fig. 9 に 3ODV の搬送軌跡を示す。Fig. 8 は配置タスクの軌跡であり Fig. 9 は撤去タスクの軌跡である。図中において六角形は 3ODV、四角形は配置した荷物を表す。Fig. 8(a) は荷物①の配置位置座標までの移動、Fig. 8(b) は荷物①配置後の出発座標までの移動、Fig. 8(c) は荷物②の配置座標位置までの移動、Fig. 8(d) は荷物②配置後の出発座標までの移動をそれぞれ表している。同様に Fig. 9(a) は荷物①、②が配置された状態での荷物①の撤去位置座標までの移動、Fig. 9(b) は荷物①を撤去後の出発座標までの移動、Fig. 9(c) は荷物①が撤去された状態での荷物②の撤去位置座標までの移動、Fig. 9(d) は荷物②の撤去後の出発位置までの移動を表している。

Fig. 8 Trace of Placement Task

Fig. 8(c), Fig. 8(d)において、受信した RFID データより、配置した荷物①を障害物と認識し、それを避ける経路を通っている。この時の経路追従誤差は平均で 5mm 最大で 22mm となっている。これは階層的近似セル分割法の最小セル 63mm よりも小さく、安全な経路を通ることができたといえる。Fig. 9(c)では、受信した RFID データより、すでに荷物①は撤去されているので、荷物①が配置してあった領域を自由空間と判断し、経路が生成されている。環境変化を考慮したことにより経路の長さを 0.81m 短縮することができた。よって、 $2m \times 2m$ の実験環

境において、作業による環境変化を考慮した荷物搬送システムの有用性が示せた。

Table2 Error in followed the path and Shortened Path

Max.[mm]	Min.[mm]	shortened path[m]
22	5	0.81

Fig. 9 Trace of Removable Task

6. 結言

本研究では全方向移動車を利用して工場や倉庫内での搬送車自身による荷物の配置や撤去で変化する環境を RFID で管理し外部カメラによる自己位置推定手法により荷物を搬送するシステムを提案した。 $2m \times 2m$ の実験環境で経路を計画し荷物を搬送する実験を行い、荷物の配置撤去により変化する環境を考慮した経路計画が可能であることを確認した。

参考文献

- [1] 稲垣詠一, 山口純平, 高原裕充, 浅賀慎次郎, 栗野将行, “RFID を利用した全方向移動車の制御”, ロボメカ講演会論文集, 2005
- [2] 山下, 福地, 太田, 新井, 浅間: “移動ロボット群による大型物体搬送計画”, 日本機械学会論文集 C 編, 68, 665, 165/172 2002
- [3] 稲垣詠一, 山口純平, 高原裕充, 浅賀慎次郎, 栗野将行, “RFID を利用した全方向移動車の制御”, ロボメカ講演会論文集, 2005
- [4] 太田, 倉林, 新井: “知能ロボット入門 - 動作計画問題の解法 -”, コロナ社, 2001