

자율분산협조형 시스템에 있어서의 자율형 AGV 를 위한 경로계획에 관한응용연구 A Study on Path Planning for Autonomous AGV in an Autonomous distributed & Cooperated system

임 재국(와세다대학 대학원), 高橋 輝男(와세다대학 시스템과학연구소),
Jae-Kook LIM(Graduate School, Waseda Univ.), Teruo TAKAHASHI(System Science Institute, Waseda Univ.)

ABSTRACT : Research regarding the Autonomous Distributed & Cooperated System has not yet been defined because we need to apply the interdisciplinary approach before doing so. In this paper ,we use a clear definition, compare characteristics of the Autonomous Distributed & Cooperated System and examine the possibility of an actualization through path planning of Autonomous AGV. We propose a new algorithm about the generation method of a moving path at the first stage and a cooperative action generation for a collision avoidance. Lastly, we performed simulation analysis of these two in order to confirm efficiency.

1. 서론

점점 다양화,복잡화 되는 환경에 적응하기 위하여 자율분산협조 개념을 도입하려는 연구는 이미 여러 분야에서 활발하게 연구 되고 있다. 그러나, 아직까지도 자율분산협조형 시스템은 개념의 정의조차도 분야별,개인별로 다르며 통일되어 있지 않은것이 현실이다. 이같은 현상은 자율분산협조형 시스템을 정의하기 위해서는 지극히 학제적(interdisciplinary)인 접근이 요구되기 때문이다.

자율분산협조형 시스템에 관한 연구 방법으로서, 이미 확립되어 있는 기술을 더욱 고도화해 실현 가능성을 추구하는 방법과, “자율분산협조란 과연 무엇인가?” 하는 근본적인 개념의 추구로부터 출발해서 실현에 필요한 기능을 연구하는 두가지 접근방법을 생각할 수 있다.

본 연구는 후자측의 접근방법을 택해, 자율분산협조시스템을 명확하게 정의하고, 응용연구로서 자율분산협조형AGV의 경로계획에 관한 연구를 통해 자율분산협조형 시스템의 실현 가능성을 제시한다.

2. 자율분산협조형 시스템

본 장에서는 자율분산협조형 시스템이 출현하게된 배경, 자율분산협조형 시스템의 특성에 관해 논하기로 한다.

현재의 시스템은, 대체적으로 관리자 또는 운영자가 있고, 시스템을 지원하는 많은 구성원이 있다. 이것은 인간뿐만 아니라 기계 시스템도 마찬가지이다. 이같은 일극 집중관리

형 시스템을 통상 “집중관리형 시스템” 또는 “중앙 집권형 시스템”이라고 부른다.

종래에는 거의 이 시스템을 채용해 가동해 왔다. 확실히, 이 시스템은 의사 결정의 신속함, 지시전달의 신속함, 관리의 편리함등 많은 장점이 있으며, 고속으로 대량생산이 가능하게 됨으로서 고객의 요구에 부응할 수 있었던 원동력이었다. 그러나, 기계 기술의 발전과 함께 다양한 분야에서 기계화, 자동화가 진전 됨에따라 시스템을 관리하는 기계도 고도화, 거대화 되었다. 이같이 시스템을 둘러싸고 있는 환경이 급속하게 변화함에 따라 이 시스템이 갖고 있는 몇가지 치명적인 결점이 큰 문제점으로 부각 되고 있다.

예를 들어, 중앙 관리용 메인 컴퓨터가 고장이 나면 복구에 많은 시간이 걸리고, 복구하기 전까지는 전체 시스템이 마비 되어버린다. 이 같은 현상은 시스템이 점점 고도화, 복잡화되어감과 함께 심각도를 더해가고 있다. 또한, 시스템 전체가 거대화되어가고, 다양화함에 따라 복잡도가 증가해 관리용 메인 컴퓨터에 걸리는 부하가 종래와는 비교가 되지 않을 만큼 증가 되었다. 이 같은 결점은 종래 시스템을 단지 개량하는 것으로는 근본적인 문제점까지 해결할 수 없었다. 이러한 이유로 지금까지와는 전혀 다른 각도에서 바라볼 필요성에 의해 출현한것이 자율분산형 협조형 시스템 개념 이다.

자율분산협조 시스템에 관한 정의에 있어서는 분야별, 개인별로 다르며 아직 통일되어 있지 않은것이 현실이다. 본 연구에서는 자율

분산협조 시스템을 “지능을 갖고있는 시스템의 구성원이, 시스템 전체의 목적, 시스템 환경과 자신 이외의 에이전트(agent)를 인식하고 상호 의사소통에 의해 행동을 한다. 그리고, 시스템의 신뢰성 향상을 목적으로한 부하의 분산, 기능면과 재구축성에 있어서의 유연성, 에이전트의 성장, 협력(협조)체제의 구축이라는 특징을 기능으로 갖고 있는 시스템”이라고 정의한다.

여기서 핵심이 되는것은

- 부하분산(위험의 배분에 의한 신뢰성의 향상)
- 유연성의 향상
- 에이전트(agent)의 성장
- 협력체제의 구축

등을 들 수 있다. 또한, 중앙 집중형과 자율 분산협조형은 상대적인 개념이 아니고 포함관계이며, 자율분산협조형은 때에 따라서는 중앙집중형으로도 변형이 가능하다.

3. 응용연구—자율분산협조형 AGV를 위한 경로계획

자율분산협조형 AGV는 자신의 환경을 인식하고, 주어진 작업에 맞춰, 자신이 계획한 최적의 동작을 할 수 있는 기능이 요구된다. 또한 작업 환경에 존재하는 장애물과 간섭하지 않는 경로를 자율적으로 생성할 수 있어야 한다. 본 연구에서는 이 같은 요구에 대응할수 있는 효율적인 경로의 생성과 선택, 장애물 충돌회피 동작의 생성, 협조 동작의 생성에 관한 새로운 알고리즘을 제안한다. 그 방법으로서, 실용이동 경로 생성 시뮬레이터에 의한 경로의 생성, 임기 응변식 판단처리 알고리즘에 의한 충돌회피 동작의 생성과 협조동작 생성을 제시한다.

3.1 실용이동 경로 생성 시뮬레이터의 개발

본 시뮬레이터는 Fig. 1에 설명하고 있는 것과 같이 4개의 부분으로 구성되어 있다¹⁾. 첫 번째는 AGV의 작업장 정보 및 초기 고장장애물 정보의 인식을 수행하는 “환경 정보입력 및 장애물 인식부”이다. 두 번째는 AGV가 실제 이동하는 경로를 생성하는 “실용 이동경로 생성부”이다. 이곳에서는 장애물의 간격을 측정해 그 통로를 AGV가 통과할수 있는가를 판단하고, 또한 지역내에 정체요인에 대한 정보를 분석 판단한다. 세 번째 “최단경로 산출부”는 선정되어진 경로후보군으로부터 경로의 형상을 인식해 필요한 계측모듈을 합성하는 것에 의해 이동경로의

거리를 정확하게 측정한다. 그 중에서 거리가 가장 짧은 경로를 초기 이동경로 후보로 선정한다. 최후의 네 번째는 새물레이션의 결과를 출력하는 “결과출력부”로 구성되어 있다.

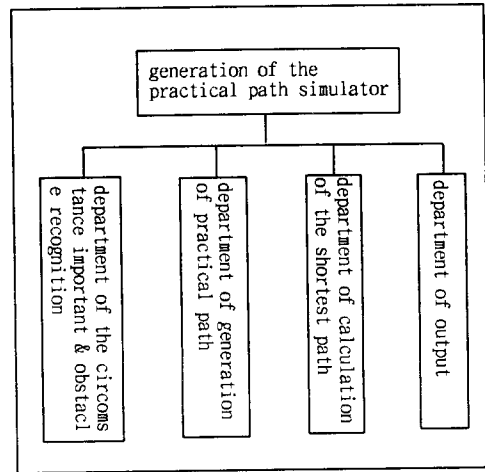


Fig. 1 Composition of simulator

3.1.2 계측모듈의 구성

그림 Fig. 2에 설명하고 있는 것과 같이 계측모듈은 5가지 형태로 구성되어 있다.

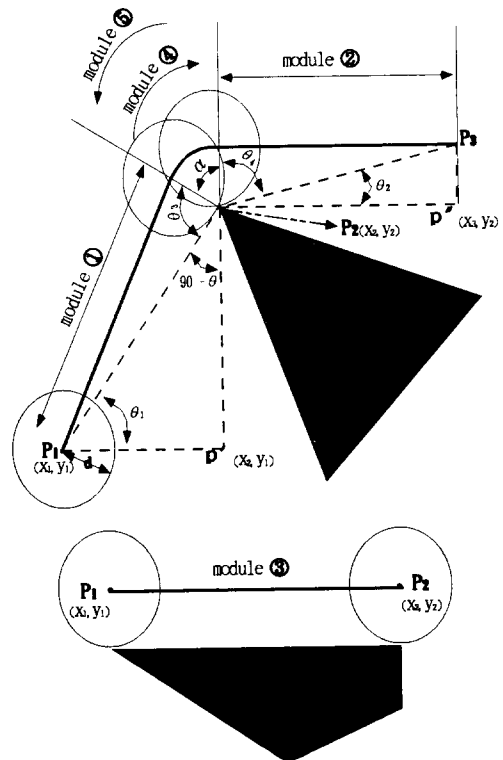


Fig. 2 Composition of measurement module

그리고, 각각의 계측모들 들은 다음과 같은 계산식에 의 해 계산 되어진다.

$$\theta_1 = \tan^{-1} \frac{p_1' p_2''}{p_1 p_2'} \quad \theta_2 = \tan^{-1} \frac{p_3 p_4''}{p_2 p_3'}$$

$$\theta_3 = \cos^{-1} \frac{d}{p_1 p_2} \quad \theta_4 = \cos^{-1} \frac{d}{p_2 p_3}$$

$$\alpha = 360^\circ - (90 - \theta_1) - \theta_2 - \theta_3 - \theta_4 - 90^\circ$$

$$\alpha' = 180^\circ - \theta_1 + \theta_2 - \theta_3 - \theta_4$$

$= 180 + \theta_1 - \theta_2 - \theta_3 - \theta_4$
 (start → objection の場合)
 (objection → goal の場合)

$$\bar{d} = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}$$

$$D 2 = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2}$$

$$D X 1 = D 2 \times \sin\left(\cos^{-1}\left(\frac{d}{D 2}\right)\right) \quad \text{--- (1)}$$

$$D 2 = \sqrt{(x_2 - x_3)^2 + (y_2 - y_3)^2}$$

$$D X 2 = D 2 \times \cos\left(\sin^{-1}\left(\frac{d}{D 2}\right)\right) \quad \text{--- (2)}$$

$$D X 3 = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2} \quad \text{--- (3)}$$

$$D 2 = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2} \quad D 4 = |x_2 - x_1|$$

$$D 6 = \sqrt{(x_2 - x_3)^2 + (y_2 - y_3)^2}$$

$$D 8 = |x_3 - x_2|$$

$$\alpha = \left\{ 180 + \cos^{-1}\left(\frac{D4}{D2}\right) - \cos^{-1}\left(\frac{D8}{D6}\right) - \cos^{-1}\left(\frac{d}{D2}\right) - \cos^{-1}\left(\frac{d}{D6}\right) \right\} \times \frac{314}{180}$$

$$D X 4 = d \times \alpha \quad \text{--- (4)}$$

$$D 2 = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2} \quad D 4 = |x_2 - x_1|$$

$$D 6 = \sqrt{(x_2 - x_3)^2 + (y_2 - y_3)^2}$$

$$D 8 = |x_3 - x_2|$$

$$\alpha = \left\{ 180 - \cos^{-1}\left(\frac{D4}{D2}\right) + \cos^{-1}\left(\frac{D8}{D6}\right) - \cos^{-1}\left(\frac{d}{D2}\right) - \cos^{-1}\left(\frac{d}{D6}\right) \right\} \times \frac{314}{180}$$

$$D X 5 = d \times \alpha \quad \text{--- (5)}$$

3.2 경로의 생성예

Fig. 3 은 시물레이션에 의해 생성된 이동경로를 나타 내고 있다.

4. 임기응변식 판단 처리 알고리즘

본 장에서는, 자율식AGV가 자신이 갖고 있는 정보에 포함되어 있지 않는 장애물(이동 장애물도 포함)과 돌발적으로 만났을 경우 통상

행하여지는 협조 동작의 생성등, 여러 경우에 행하여지는 동작 생성 알고리즘을 제안한다. 본 논문에서는 이 알고리즘을 “임기응변식 동작 생성 알고리즘”이라고 부르고 있다⁽²⁾. 임기응변식 판단처리 알고리즘은, 경로의 최적성을 생각하지 않고, 충돌회피를 방지하기 위한 동작을 우선한다. 특히 돌발적인 상황에서는 어떠한 형태이든 회피 동작을 행하고, 회피 동작이 끝나면 새로운 이동경로를 재구축한다. 그 처리의 결과는 자신의 데이터 베이스에 기록하되 그 데이터는 위험도 생성의 기초자료가 된다. 또한 똑같은 경로의 처리인데도 서로 다른 동작을 행한 경우, 어느쪽이 효율적인가를 판단해 그 다음 행동의 기초자료로 이용한다.

```

----> ROUTE and STATUS <-----
Route flag DOOR
1 0 1-9-10-8-3-4-2-11-12-1000
2 1 1-9-10-8-13-5-6-1000
3 1 1-9-10-8-16-7-15-14-1000
4 0 1-18-17-7-16-13-4-2-11-12-1000
5 1 1-18-17-7-16-13-5-6-1000
6 1 1-18-17-15-14-1000
----> ROUTE and STATUS <-----
Route flag DOOR
2 1 1-9-10-8-13-5-6-1000
3 1 1-9-10-8-16-7-15-14-1000
5 1 1-18-17-7-16-13-5-6-1000
6 1 1-18-17-15-14-1000

----> The result of searching process. <----
-> Route 2 : distance is 1108.59
-> Route 3 : distance is 1401.35
-> Route 5 : distance is 585.88
-> Route 6 : distance is 493.36

-> The Shortest Route is Route-NUM 6.

----> End of Program <-----

```

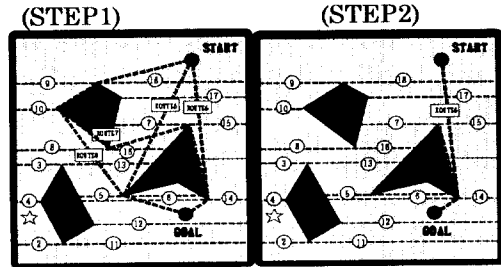


Fig. 3 Example of first stage the shortest path be generated

임기응변식 동작생성 알고리즘은 다음과 같은 순서에 의해 생성되어진다.

- STBP1: 복수의 AGV 가 동일한 경로를 이동 중, 만났을 경우와 같이 충돌의 위험성이 있을 경우에는 우선도에 의한 교섭으로 회피 협조 동작을 생성한다.
- STBP2: 우선도에 의한 교섭이 불가능한 경우, 교섭이 결렬되었을 경우 등은, 위험도를 통한 교섭으로 회피 협조 동작을 생성한다.
- STBP3: 우선도와 위험도에 의한 교섭이 불가능한 경우에는 임기응변식 행동에 의한 회피 동작을 생성한다.

이상 Fig. 4 의 flow-chart 와 같이 본 알고리

좁은 3 단계로 나뉘어 처리가 행하여 진다.

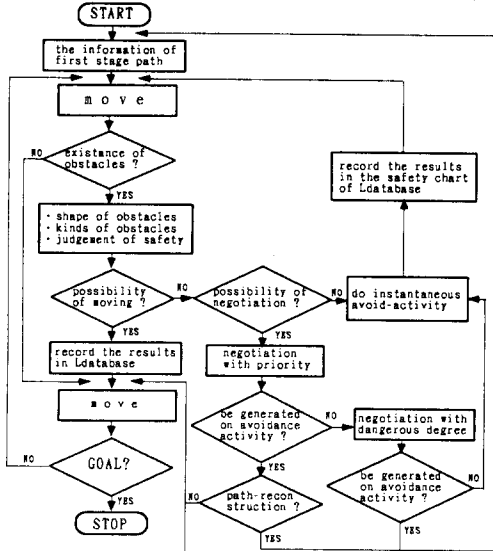


Fig. 4 The flow-chart

4.1 회피 행동의 판단을 위한 우선도의 생성
여기에서는 각각의 자율형AGV가 내부로 부터 우선도를 생성해 그것을 가지고 타 AGV 와의 교섭을 통해 시스템 전체의 우선도를 생성하는 알고리즘을 설명한다.

통상, 시스템내에서 움직이고 있는 자율형 AGV 는 Fig. 5 에 나타내고 있는 것과 같이 다음과 같은 3가지의 목적을 가지고 이동한다고 전제한다.

-운반 작업중

-작업의 요구에 의해 작업장에 이동중

-작업을 끝내고 복귀중

이상과 같은 이동 목적에 의해 어느 한쪽이 경로를 양보해야 할 경우 우선도가 높은쪽이 경로를 사용하게 된다.

Fig. 5 는 우선도의 순서를 나타내고 있다.

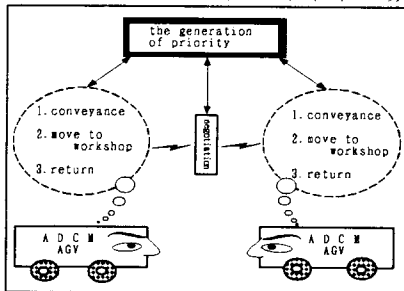


Fig. 5 Generation of priority

4.2 위험도의 생성방법에 있어서

앞에서 논한것과 같이 통상 자율식 AGV 가 회피행동으로의 교섭을 행할 경우에는 우선도를 기준으로 한다. 그러나 우선도가 서로 똑같은 경우, 우선도의 생성이 불가능할 경우에는 위

험도에 의한 교섭으로 전환한다. 위험도의 의한 교섭은 자율형 AGV 가 갖고 있는 위험도에 의해 위험도가 낮은 쪽이 경로를 사용하는 것이다. 위험도의 생성은 다음과 같은 단계에 의해 생성된다.

<위험도 산출 알고리즘>

단계 1:이동중에 행한 체험을 기초로 자신의 데이터 베이스의 안전 차트에 위험 포인트를 기록한다.

-자신의 정보에 없는 장애물과 만나서 교섭에 의해 회피 행동을 했다;1포인트

-자신의 정보에 없는 장애물과 만나서 교섭을 했지만 실패해 임기응변식 회피 행동을 했다; 2 포인트

-충돌을 했다;3 포인트

단계 2;자신의 위험 포인트를 환산한다. 위험 포인트는 가동 시간을 기준으로 24 시간 유효한 것으로 한다.

단계 3;위험포인트를 가지고 있지 않는 경우에는 경로사용 선언 시간을 기준으로 교섭에 임한다.

이 같은 단계에 의해 안전도를 생성하며 앞에서 설명한 우선도와 함께 교섭에 필요한 기본 룰 (rule)을 생성한다.

이 알고리즘에 의한 시뮬레이션의 결과는 지면상 당일 발표하기로 한다.

6. 결론 및 금후의 과제

이상, 자율 분산협조형 시스템이 출현 하게 된 배경, 시스템의 특징을 분석하고, 분산협조형 시스템에 관해 정의했다. 또한, 응용 연구인 자율 분산협조형 AGV 를 위한 경로계획에 관한 연구를 통해 복수의 자율 분산협조형 AGV 가 존재하는 환경하에서의 효율적인 경로의 생성, 협조를 동작의 생성, 장애물 충돌회피 동작 생성 알고리즘을 제안 했고, 시뮬레이션을 통해 효율성을 확인 했다.

추후의 과제로서는 이동에 관련된 보다 현실적인 제약의 도입과 이동 장애물의 예측기능, 고도의 학습에 의한 경로 계획의 부하를 감소시키는것 등을 들 수 있다.

참고문헌

- (1) JK.Lim and T.Takahashi, *An Approach to Dynamic Path Generation on Cell-decomposition*, The Japan Society of Mechanical Engineers National Conference, 1995
- (2) JK.Lim and T.Takahashi, *An approach to algorithm of instantaneous avoidance-activity generation based on priority & dangerous degree*, The Japan Society of Mechanical Engineers National Conference, 1996