Proceedings of the 11th
KACC, October 1996

구동 WHEEL이 대각선상에 위치한 4륜 무인차의 조향제어

Navigation Control of An Autonomous Guided Vehicle with 2-Diagonal Driving Wheels

ㅇ성 학경 *, 김 인철 *

* 삼성전자 생산기술센타 자동화연구소
(Tel:0331-200-2387; Fax:0331-200-2420, E-mail: hksung@srtf.sec.samsung.co.kr)

Abstracts: We describe an algorithm to control an autonomous guided vehicle with 2-diagonal driving wheels, which navigates in the clean room.

Keywords: AGV, Mobile Robot, Wall-following

1. 서론

최근 제조설비의 자동화뿐 아니라 설비 및 공정간의 반송 자동화에의 요구가 증가하고있다. 소량다품종생산의 추세에 따라 다양한 반송대상물을 여러 공정에 적기에 반송시켜주는 자동반송 시스템의 요구도 최근 급증하는 추세이다. 이런 요구를 충족시키기 위한 수단으로서 무인차 및 MOBILE ROBOT을 이용한 자동 반송시스템이 각광을 받고 있다. 이들의 주행 방식에는 자기테이프 및 광테이프등을 사용하는 궤도방식과 무궤도방식이 있으며 궤도방식은 이미 여러 공정에서 구현, 적용되고 있다. [1], [3] 최근 무궤도방식에도 많은 투자와 연구가 진행되어 최근에는 국내에서도 실용화의 단계에 와있다. [2]

본 논문에서는 대각선에 위치한 2개의 구동륜과 2개의 CASTER를 가진 4륜 무인차의 벽면추종주행 알고리즘의 개발 및 이적재용 무인차에의 적용효과에 대하여 기술한다. 특히 제어대상인 무인차는 주행로의 폭이 제한되어 무인차 몸체의 회전없이 좌우로 이동하도록 대각선 WHEEL 구조로 고안되었다.

2. 시스템 구성

적용시스템은 2개의 구동바퀴와 2개의 CASTER로 구성된 이적재용 무인차로서 바퀴와 벽면과의 거리측정용인 초음파센서의 위치 및 구성은 그림 1과 같다. 바퀴는 구동륜과 조향모터로 이루어져 있으며 조향모터는 감속기를 통하여 구동륜을 좌우로 제어한다. 구동륜이 대각선방향에 위치하므로 주행방향에 따라서 조향모터에의 제어입력값이 다르다는 점에 주의한다.

벽면과의 거리를 측정하는 초음파센서는 무인차측면의 전후에 각각 1개씩 부착되어 있으며 측정주기는 48 msec이다.

대각선 위치에 구동륜을 위치한 이유는 주행로 폭이 제한되어 있는 공정에서 무인차가 주행로 좌우에 위치한 설비에 이적재하기위해 무인차자체의 회전없이 구동륜의 방향만을 회전하여 전후좌우로 이동하여야하기 때문이다.

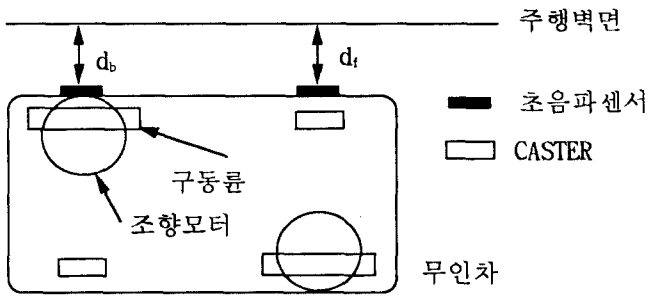


그림 1. 구동륜 및 센서의 위치
Fig. 1. Structure of wheel and sensor

작업공정이 내부에 먼지가 없는 클린룸에 설치되어 있어 바닥면과 바퀴사이의 마찰이 일반환경보다 커서 제어입력을 결정하는 중요한 요소가 된다.

3. 제어계의 구성

제어계는 그림 2와 같이 구성된다.

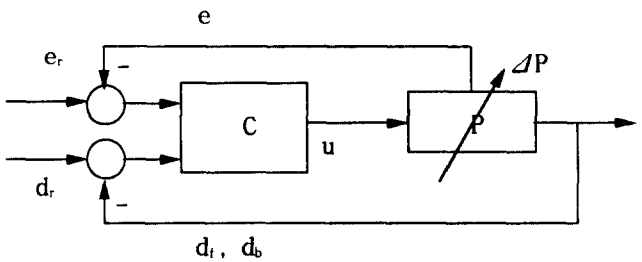


그림 2. 제어계의 구성
Fig. 2. Contol system

제어대상 P는 2개의 구동륜(조향모터가 일체형으로 부착되어있는)과 2개의 CASTER로 이루어진 무인차이며 ΔP는 마찰에 의한 변동이다. 제어기 C는 제어주기 16 msec의 I960 RISC CPU를 사용하였다. 검출량은 (1)주행 벽면과 무인차의 측면의 전후에 부착되어있는 초음파센서와의 거리값 d_f, d_b 와 (2)조향모터의 ENCODER 값 e이다. 제어량은 벽면과 초음파센서사이의 거리값 d_f, d_b이다. d_r은 기준 벽면과의 거리이고 e_r은 벽면과 평행하게 바퀴가 정렬하였을 경우의 기준ENCODER값이다. 조향제어는 주행반대방향의 구동륜은 평행정렬시키고 주행방향의 구동륜을 제어한다.

제어시스템은 16 msec의 제어주기와 48 msec마다 벽면과의 거리를 검출 제어하는 다주기(Multi-rate Sampled) 제어시스템으로 제어주기의 3배의 주기로 센서입력을 받아 주행제어를 한다.

제어계는 마찰계수, 주행속도에 의하여 변동을 갖는 제어대상에서 (d_r-d_f)과 (d_r-d_b)를 동시에 0으로 수렴시켜야 하는 REGULATION 문제로 귀착된다.

4. 제어 알고리즘

무인차가 전진할 경우에 전진방향의 제어입력 u는 다음과 같이 결정된다.

$$u = f(d_r-d_f,\ e_r-e_f,\ g(\Delta P)) \qquad (1)$$

e_f는 전방조향모터의 ENCODER 값이다. $g(\Delta P)$는 구동륜과 바닥면사이의 마찰항으로서 주행속도 및 바닥면의 상태에 좌우되는 항으로 P 의 변동분을 고려한 항이다. 특히 클린룸 환경은 일반환경과는 달리 바닥면과 구동륜사이에 먼지가 없으므로 마찰에 의한 영향이 조향시에 (특히 저속에서의) 중요한 제어요소로서 작용한다.

첫째로, 벽면과의 거리 검출값을 제어하기 위하여 주행기준선으로부터의 무인차의 위치 및 기준 ENCODER 값과 현 ENCODER 값과의 편차에 따른 비례제어(Proportional control)을 사용하였다. 비례제어에 의한 제어입력은 u_1는

$$u_1 = P_d * (d_r-d_f) - P_e * (e_r-e_f) \qquad (2)$$

로 결정된다. 단, P_d, $P_e > 0$ 이며 CW가 + 방향이다. P_d, P_e 는 실험에 의해 결정되며 주행방향에 따라 벽면으로부터의 바퀴의 위치가 다르므로 주행방행에 따라 결정된다.

둘째로 속도의 변동에 따른 제어입력은 (3) 과 같은 WEIGHTING 함수을 사용하여 제어입력을 보정하였다.

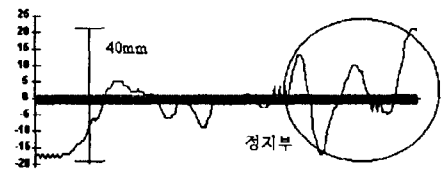
$$w(e) = A \cos(e*\pi/e_1) + 1 \qquad \text{for } |e| < e_1$$
$$= 1 \qquad \text{for } |e| > e_1 \qquad (3)$$

단, $A > 1$ 이다. 따라서 전체 제어입력 u는

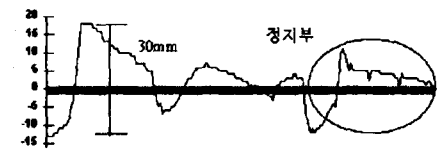
$$u = w(e_r) * (P_d * (d_r-d_f) + P_e * (e_r-e_f)) \qquad (4)$$

로 결정된다.

그림 3은 고속주행 (1 m/sec)을 한후 감속하여 정지할 경우에 (a) WEIGHTING 함수를 사용하지 않았을 경우와 (b)사용하였을 경우의 주행편차를 나타낸다. 타원부분은 고속(1 m/sec)에서 감속 후 저속(80mm/sec)주행하여 정지한다. 고속에서는 (a), (b) 모두 주행편차가 10mm 이하이지만 가속 및 감속시의 경우 WEIGHTING 함수를 적용하였을 때가 편차가 적음을 알 수있다. 실제로 사용되는 무인차는 300 kg 이상의 중량을 가지고 있으므로 저속에서 마찰에 의한 영향은 일반 주행환경과는 큰 차이를 보인다. 실제 정지위치에서 조향모터를 사용하여 구동륜을 회전시킬 경우 클린룸 환경은 마찰에 의해 구동륜의 회전시 발생하는 소음이 일반환경에서보다 크고 조행에 필요한 토크도 크다.



(a) WEIGHTING 함수를 사용하지않았을 경우



(b) WEIGHTING 함수를 사용하였을 경우

그림 3. 실험결과: 주행편차

Fig. 3. Results

5. 결론

본 연구에서는 바닥과의 마찰이 큰 경우 무인차의 벽면추종주행 알고리즘을 바닥면의 마찰을 고려한 WEIGHTING 함수를 도입하여 제어하는 방법을 제안하였다. 클린룸내의 경우 바닥과의 마찰이 특히 큰 경우이므로 저속의 경우 주행편차를 전 속도구간내에서 감소시킬 수 있었다.

참고문헌

[1] 성학경, 김동일, 김성권, "반도체 Wafer Cassette Handling용 Mobile Robot System", *'94 Korean Automatic Control Conference*, pp. 1-7, 1994

[2] D.I.Kim, J.K.Kim, H.K.Sung and S.Kim, "Sensor-Based Navigation Control And Calibration of A Wafer-Handling Mobile Robot", *30th IAS (Industry Applications Society) Annual Meeting*, Florida, pp. 1922-1927, 1995

[3] 성학경, 김진오, 김성권, "공장자동화를 위한 지능 로봇 시스템", 제어자동화시스템 공학학회지 제2권, 제3호, pp. 16-24, 1996