

광센서를 이용한 적응형 보울 피이더의 개발

박인오, 조형석, 권대갑
과학기술원 생산공학과, 과학기술원 산업기계실

Development of Flexible Bowl Feeder Using Optical Sensor

In Oh Park, Hyung Suck Cho, Dae Gab Gwon
Dept. of Production Eng., KAIST, Industrial Mech. Proc. Eng. Lab., KAIST

ABSTRACT

This paper presents a development of flexible bowl feeder without mechanical tooling for each specific part to be fed. This flexible bowl feeder is capable of recognising different orientations of components using optical fiber sensors and can be adjusted to feed different components by way of a simple programming method. The system would be suitable for feeding and sorting small components prior to automated small batch assembly.

1. 서론

진동 보울 피이더 (Vibratory bowl feeder) 는 조립기계에 부품을 안정되게 공급하기 위한 주요 수단으로 저장, 수송, 정렬의 세가지 기능을 한 개의 장치에 내장하는 장점이 있고 각종 자동 공급에 가장 많이 이용되고 있다. 진동 보울 피이더에서 부품의 자동 정렬은 보통 보울을 교묘하게 기계적으로 툴링(tooling)함에 의해 이루어지고 있다. 그러나 툴링 기법이 다분히 경험의 의존적이고 일품 일작적인 판금 가공을 하고 있어 유연성 (flexibility) 이 없다. 공정의 변화가 쉬운 시스템이나 다품종 소량생산의 자동 조립과 같은 플렉서블(flexible) 한 자동 조립 시스템의 개발이 요구됨에 따라 기존 시스템에 유연성 (flexibility) 을 부여하기 위해 센서를 이용하여 부품의 형상 및 자세를 판별하고 별도의 기구에 의해 자세를 정렬하거나 선별하는 방법에 대한 연구가 필요하게 되었다.

센서를 이용하여 부품의 형상 및 자세를 판별하는 방법은 크게 비전 시스템(Vision system)에 의한 영상정보 처리(image processing)에 의한 것 [1]-[4] 과 부품의 종류와 자세의 수가 유한하며 동시 에 이미 알고 있다는 가정하에 몇 개의 검출점의 신호의 조합이 다르게 되는 점들을 이용하여 부품의 특징위치의 정보만을 검출하는 방법 [5]-[8] 으로 나뉘어진다. 전자의 방법은 처리 속도가 떨어지고 복잡하고 고가이며 처리 속도가 떨어지는 경향이 있고 후자의 방법은 다소 유연성과 신뢰성이 떨어지거나 염가이고 고속인 장점이 있다.

본 논문에서는 기존의 진동 보울 피이더 (Vibratory bowl feeder) 에 기계적 가공을 최소한으로 줄이고 광센서에 의한 자세 정보로부터 부품을 정렬 공급할 수 있는 보울 피이더 및

기술을 개발하였다.

2. 시스템 구성

본 연구에서 개발된 시스템은 부품 간에 겹침이 없고 일렬로 공급하기 위해 최소한의 툴링만을 한 보울 피이더, 부품의 형상 및 자세를 인식하기 위한 센서부, 형상 및 자세 정보 처리 알고리즘 (algorithm) 과 작업의 흐름을 감독하여 명령, 지시하는 관리 제어용 컴퓨터로 구성된다. 시스템 블록도 (System block diagram) 은 Fig. 1 에 나타내었다. 부품의 형상 및 자세 처리 시스템의 동작은 다음과 같다. 센서부를 지나가는 부품이 수직으로 빛을 비추어 트랙면에 부품의 그림자가 생기도록 한다. 광섬유는 부품이 진행하는 방향과 직각으로 트랙상에 여러개가 한줄이 되어 6mm의 거리를 두고 설치되어 있다. Fig. 2 에 보울 피이더의 트랙과 광섬유의 설치 방법을 나타내었다. 광섬유는 부품의 그림자의 일부를 순차적으로 포토 트랜지스터 (photo transistor) 에 전송하고 포토 트랜지스터의 출력은 문턱값 (threshold value) 과 비교되어 2 치화된 형상 정보가 얻어지게 된다. 진동 보울은 피이더에 의해 공급되는 부품의 이송 속도를 일정하지 않으므로 각각의 부품의 이송 속도를 측정하여 부품의 형상 및 자세 정보 처리에 응용해야 한다. 부품의 이송 속도는 부품이 일정한 거리를 두고 설치된 광섬유를 통과하는 시간을 측정함으로써 계산되어진다. 부품이 이송 속도를 측정하기 위해 16진 다윈 카운터인 8253을 이용한 카운터 회로가 구성 되어 있다. 부품이 광센서 A 위를 통과하는 순간 카운터의 데이터를 읽고 광센서 B 위를 통과하는 순간 카운터의 데이터를 읽어 두 데이터의 차와 광센서 A 와 광센서 B 사이의 거리를 이용하여 부품의 이송 속도를 계산한다. 컴퓨터는 전체 시스템을 관장하며 부품의 형상 및 자세 정보 처리하고 카운터 회로로부터 전송되는 데이터의 속도로 환산하는 기능을 담당하며 IBM-XT (4.77MHz) 가 사용되었다.

컴퓨터와 광센서와의 인터페이스 (interface) 는 24 비트 (bit) 의 Programmable peripheral interface (PPI) 8255A-5 에 의해 이루어지며 어드레스 (Address) I/O 방식인 IBM-XT의 기본 주소를 디코드 (decode) 하고 8255A-5 의 콘트롤 레지스터에 입출력 포트를 선정하는 데이터 입력함으로써 그 기능을 발휘하게 된다.

3. 동작 원리

본 시스템은 피이드 트랙상에 2열로 설치된 광센서로부터 2D binary image 와 측정된 공부품의 이송속도를 이용하여 부품을 정렬공급한다. 본 시스템의 동작원리는 다음과 같다.

- i) 부품을 센서부로부터 트랙을 따라 이송된다.
- ii) 부품을 센서부를 통과하는 순간의 이송속도를 측정한다.
- iii) 광센서에 의해 부품의 2 치화된 영상론 추출한다.
- iv) 컴퓨터에 의해 부품의 형상 및 자세를 분석하고 미리 저장된 모델 부품의 정보와 비교하여 부품의 자세를 결정한다.
- v) 원하는 자세가 아닌 부품은 공기압에 의해 보울로 되돌리고 바라는 자세의 부품은 다음 단으로 공급한다.

4. 부품의 자세 인식

2 치화된 화상 데이터는 구체적인 형상으로 나타나나 이것이 어떤 형상과 자세인가를 판단하기 위해서는 이들의 형상을 표현하는 파라미터(parameter)가 필요하다. 그런데 어떤 파라미터를 선택하는가는 시스템의 판단 능력이야 저리 속도에 큰 영향을 주므로 신중을 기해야 한다. 부품의 형상과 자세를 특징지워 주는 파라미터들은 다음과 같은 조건을 충족시켜야 한다.

- i) 산출이 용이하고 처리속도가 빠를것
- ii) 물체의 위치나 방향에 따라 다른 물체와 혼동하여 인식하는 일이 없도록 할 것
- iii) 물체의 특징을 효과적으로 표현하되 파라미터의 종류를 되도록 적게 할 것

그런데 보울 피이더로 공급하는 부품의 수는 제한하고 그 형상을 이미 알고 있으므로 공급할 부품의 극부적 특징을 이용하여 부품의 자세를 인식할 수 있다. 이러한 점을 고려하여 부품의 형상과 자세를 특징지워 주는 파라미터로 격자형상(Grid Pattern)과 8 x 1 으로 설치되어 있는 각각의 광섬유에 의해 점유되는 부품의 면적과 크기의 순서를 이용한다.

1) 격자 형상(Grid pattern)

격자형상을 이용하는 목적은 이송되는 부품에 해당하는 가능성 있는 자세에 대한 초기의 정보를 제공하기 위한 것이다. 이미 저장되어 있는 부품의 자세와 비교하는 동안 부품의 자세에 대한 후보를 결정하는 초기 분류 작업의 역할에 담당하게 된다. 모델 부품을 원하는 자세로 공급할 때 얻어진 형상 정보를 모니터에 나타내므로 부품의 특징을 나타내는 위치를 격자의 위치로 입력시킨다. 그러면 컴퓨터는 격자 위치와 부품의 형상 정보 중 해당하는 정보를 메모리에 저장한다. 그 후 여러 부품이 공급될 때 부품의 이송속도가 변화하므로 각각의 이송되는 부품의 속도와 모델 부품의 이송속도와 비교하여 격자 위치를 보상하고 보상된 위치의 부품의 정보와 저장된 모델 부품의 정보와 비교한다. 즉 모델 부품의 이송속도를 V_m 격자의 위치를 X_m 이라 하면 공급되는 부품의 속도가 V 일때 격자 위치 X 는 다음과 같이 구해진다.

$$X = INT \left(\frac{V}{V_m} \times X_m + 0.5 \right)$$

함수 INT는 소수점 이하의 값을 무시하여 실수 값을 정수 값으로 바꾸는 함수이다. 공급하는 부품이 바뀌면 작업자가 격자의 갯수와 그 위치만을 바꾸어 주기만 하면 된다.

2) 면적

전송한 격자 형상(Grid pattern) 은 부품의 이송속도의 변화에 영향을 받아 부품의 자세에 대한 충분한 정보를 주지 못한다. 이를 보완하기 위해 8 x 1 으로 설치된 각각의 광섬유에 의해 점유되는 부품의 면적과 크기를 비교하면 속도의 변동에 무관한 자세 정보를 얻을 수 있다. 즉 i 번째 광섬유에 의해 j 번째에 샘플링(Sampling)된 부품의 형상에 대한 2 치화된 정보를 $f(i, j)$ 라고 하면

$$f(i, j) = \begin{cases} 0 & , g(i, j) < T \\ 1 & , g(i, j) > T \end{cases}$$

g : 포토 트랜지스터의 출력
 T : 문턱값(Threshold value)

이 된다. 그러면 각각의 광섬유에 의해 점유되는 부품의 면적 $A(i)$ 는 다음과 같이 구해진다.

$$A(i) = \sum_j f(i, j)$$

$i=1, \dots, 8$

부품의 이송속도가 변화하더라도 $A(i)$ 의 크기의 순서는 일정하다. 그러므로 모델 부품에 대한 $A(i)$ 의 크기 순서를 메모리에 저장하고 그 후 공급되어 지는 부품의 $A(i)$ 의 크기 순서를 비교하면 각각의 자세에 대해 정확히 구별할 수가 있다.

5. 실험

본 연구에서 개발된 적응형 보울 피이더의 동작을 확인하기 위해 피아노를 구성하는 부품중에 하나를 선택하였다(Fig.3 참고). 이 부품은 한개의 구멍이 있고 복잡한 모양을 한 파저이다. 이 부품은 기존의 기계적으로 가공된 정밀기구에 의해 정밀 가공하기 매우 까다로운 형상을 하고 있어 센서에 의한 정밀방법의 효율성을 잘 나타준다. 이 부품을 보울 피이더에 의해 공급할 때, 네 종류의 안성한 자세를 보인다. 그중 한가지 자세만이 선택되고 나머지 자세를 한 경우는 보울로 되돌려 보내게 된다. 보울의 트랙은 부품의 이송속도를 높이면서 부품과 트랙과의 충돌에 의한 부품의 손상과 소음을 줄이기 위해 우레탄 코팅이 되어 있고 부품의 폭에 대응할 수 있도록 가변할 수 있는 부착물(attachment)이 부착되어 있다. 시스템의 동작은 모델부품을 바라는 자세로 공급하여 얻어진 2치화된 영상론으로부터 부품의 특징과 자세에 대한 정보를 추출하여 컴퓨터의 메모리(memory)에 저장하는 훈련 모드(training mode) 와 부품을 여러가지 자세로 공급하면서 검출된 자세 정보를 저장되어 있는 모델 부품의 정보와 비교하여 정렬 공급하는 비교 모드(comparison mode)로 실행된다. 만일 공급할 부품이 바뀌면 훈련모드에서 모델부품을 한번 공급하고 격자형상 정보로 선택할 위치만을 입력시키면 된다.

혼련 모드에서 부품을 오리끼기로 공급할 자세로 공급하여 광센서로 검출한 영상정보는 Fig.4 에 나타내었다. 이때 부품의 이송속도는 54 mm/sec 였고 8 x 31 의 영상 정보가 검출되었다. 비교 모드에서 여러자세로 공급된 부품의 영상정보와 자세를 판별한 결과는 Fig.5 에 나타내었다. 부품의 이송속도의 변화로 검출된 정보의 수가 변했음에도 불구하고 자세판별이 정확하였다. Fig.5 에서 나타낸 것과 같이 부품이 진동하면서 공급되기 때문에 발생 하는 노이즈는 부품의 자세 판별에 영향이 없는 것은 각각의 광섬유가 점유하는 부품의 면적의 크기는 변하여도 크기의 감소에는 영향이 적기 때문이다. 또한 실험결과 부품의 자세 판별은 이송속도의 변동에도 불구하고 거의 100% 에 가까운 신뢰성을 보였고 부품 한개당 약 1 초의 속도로 자세가 판별되었다. 컴퓨터의 클럭수가 4.77MHz 인 경우 감안할때 비교적 빠른 속도로 수행되었다.

6. 결 론

광센서를 이용하여 부품의 자세를 판별하여 정렬 공급하는 진동 보울 피더는 다음과 같은 장점이 있다. 첫째, 부품의 변동에 쉽게 대응할 수 있어 다품종 소량 생산의 요구를 만족시킬 수 있고 둘째, 기계적 가공을 최소로 줄이므로 새재, 기계적인 재밍(jamming)을 방지할 수 있으며 셋째, 기계적으로 정렬이 곤란한 부품을 공급할 수 있다. 그러나 부품들이 붙어서 연이어 센서부를 통과할 경우 항상 정보로부터 두 부품을 분리할 수 없으므로 하드웨어(hardware) 적으로 부품간에 일정 거리를 두고 센서부를 통과하도록 하는 장치 내지는 소프트웨어(Software)적인 방법에 의해 두 부품을 분리할 수 있는 기능이 보완되어야 하며 바라지 않는 자세의 부품을 보울로 되돌리지 않고 능동적으로 자세를 변환시키고 자세를 유지하여 부품 공급 효율을 높이는 방법에 대한 연구가 진행되어야 한다.

7. 참고 문헌

1. Pugh, A., Heginbotham, W.B. and Waddon, "Versatile Parts Feeding Package Incorporating Sensory Feedback" Proc. of the 8th Int. Symposium on Industrial Robots, Stuttgart, West Germany (1978)
2. Cronshaw, A.J., Heginbotham, W.B. and Pugh, A. "A Practical Vision System for use with Bowl Feeders", Proc. of the 1st International Conference on Assembly Automation, pp.265-274, March, 1980
3. Heginbotham, W.B., Barnes, D.F., Purdue, D.R. and Law, D.J. "Flexible Assembly Module with Vision Controlled Placement Device", Proc. of the 11th Int. Symposium on Industrial Robots, Tokyo, Japan (1981)
4. Hill, J. W., " Programmable Bowl Feeder Design Based on Computer Vision" Assembly Automation, Vol.1 No.1, pp.21- 25, November, 1980
5. Swift, K.G., Dewhurst, R.J., " A flexible System Handles Engineering Components", Assemble Automation, May, 1983

6. 신동전기(주), "전자식 자동 부품공급기, Work Reader", 기계철계, pp 20 23, 8월, 1977
7. 신흥기술연구소, "Opto-Checker", 자동화 기술, pp 21-23, 7월, 1980
8. Yasuo, Y. : " 마이콤에 의한 부품 영상 판별알고리즘", 자동화 기술, pp. 23-27, 7월, 1980

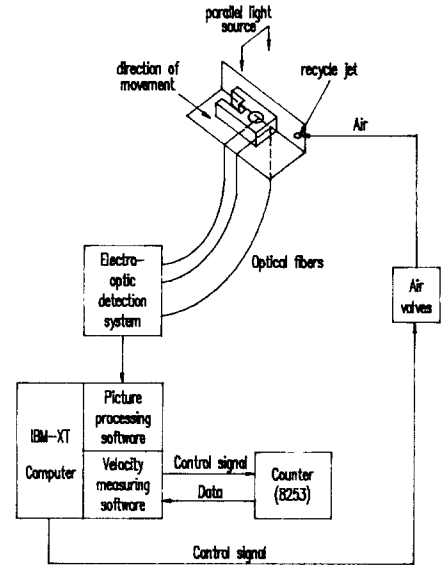


Fig.1 System block diagram

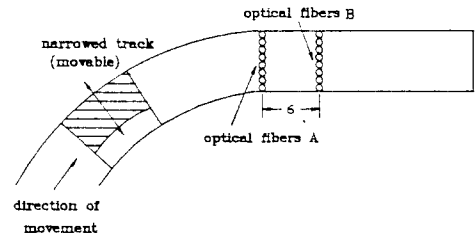


Fig.2 Feed track and optical fibers

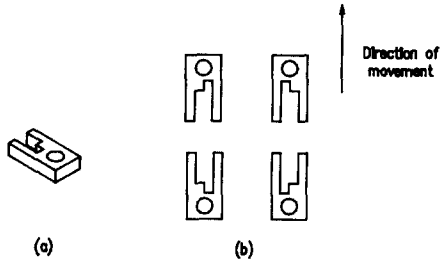


Fig.3 (a) An example part (b) The four different stable positions

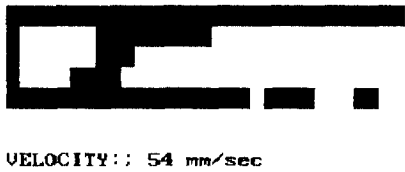


Fig.4 Image data arising for the "TEACH" mode

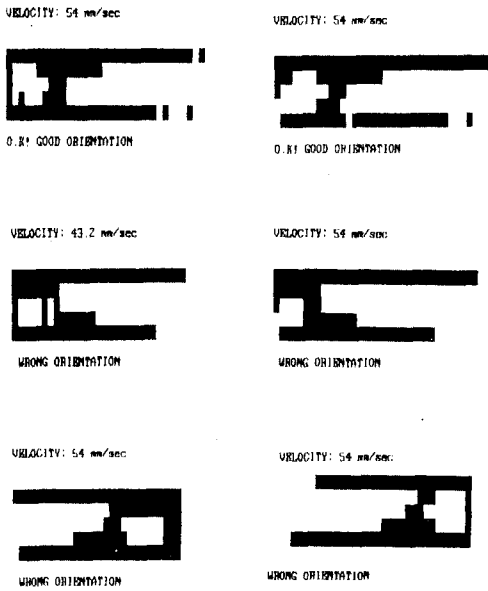


Fig.5 Image data arising during the comparison of candidate component with master together with the decision of the operating system