

전자부품 조립공정의 자동화를 위한 영상인식 알고리즘의 병렬처리

유 범 재* 인 영 석* 오 상 록* 변 중 남*

*한국과학기술원 전기및전자공학과

Parallel Processing of Pattern Recognition Algorithms for an Automatic Assembly System of Electronic Components

B.J.You* Y.S.Oh* S.R.Oh* Z.Bien*

*KAIST

Abstract

Algorithms to detect in real-time both position and orientation of rectangular type electronic components are developed for industrial vision.

In order to conduct detection in real-time, parallel processing algorithm of image data which uses several central processor is proposed. Image processing area is divided into several regions which can be processed by each cpu.

As a result, processing time is improved when two central processors are used and real-time pattern recognition of not-well-aligned components is accomplished.

I. 서 론

전자부품의 자동조립장치는 크게 셋째, 조립할 부품을 연속적으로 공급해주는 피딩시스템(Feeding System), 둘째, 공급된 부품을 집어 조립작업을 수행하는 매니퓰레이터시스템(Manipulator System) 및 셋째, 이들 전체 시스템을 총괄적으로 제어하는 관리제어 시스템등의 세 부분으로 구성되는 바 이와 같은 자동조립장치는 피딩시스템의 제어정확도와 부품이 최초에 놓여지는 상태에 따라 위치오차 및 경사도 오차가 불가피하게 발생한다. 따라서 이러한 문제를 해결하고 아울러 부품의 질(Quality)을 판단하기 위하여 최근에는 상기의 자동조립장치에 시각시스템을 결합하여 시각기능을 갖는 자동조립장치가 등장하게 되었다(1,2). 이 때에 시각시스템이 갖추어야 할 기능은 위치오차 및 경사도 오차를 인식하고 부품의 질을 판정하되 생산성 향상을 위하여 수백밀리초이내의 실시간으로 판단해야 할 필요가 있다. 그러나 상용되고 있는 대부분의 시각시스템은 가격이 상당히 고가이며 또한 상기의 기능을 실시간으로 처리하기에는 부적합한 단점을 가지고 있다. 이와 같은 단점을

극복하기 위해서 (3)에서는 실시간 시각 시스템을 제안하였으며, (4)에서는 이를 이용하여 사각형모양의 부품이 비교적 잘 정돈되어 있는 경우 ($|경사도오차| < 5^\circ$)의 위치오차의 인식 및 경사도오차인식을 실시간으로 처리할 수 있는 알고리즘을 제안하였다. 그러나 부품의 초기정돈 상태가 불량하여 경사도오차가 큰 부품의 조립을 하는 경우나 반도체 조립공정과 같이 보다 빠른 처리속도를 요하는 경우에는 (4)의 방법을 그대로 적용할 수 없게된다. 즉, 경사도오차가 큰 경우에는 실시간 처리가 어렵게된다.

본 논문에서는 이와같은 문제를 해결하기 위하여 경사도오차가 비교적 큰 ($5^\circ < |경사도| < 35^\circ$) 사각형모양의 전자부품조립공정에서도 실시간으로 적용될 수 있는 영상데이터의 병렬처리 알고리즘을 제안하고자 한다. 구체적으로, 두 대이상의 프로세서가 영상 메모리를 공유하도록 시분할 공유버스(Time Shared Common Bus)구조를 이용하여 시각시스템을 구성하고 (3,5) 영상 처리 영역을 공간적으로 분할하여 각 프로세서가 분할된 영역을 담당하도록 하는 방법을 제안하고, 이를 반도체 조립공정에 응용한 실험결과를 제시하기로 한다.

II. 영상인식 알고리즘의 병렬처리

조립공정에서 이용되는 영상처리는 그림1과 같이 이치화(Thresholding), 부품상자의 경사도 인식 및 부품의 크기인식 등의 선행작업과 부품의 위치 오차 인식 및 경사도인식 그리고 부품의 검사등의 반복작업으로 이루어진다(6). 이 때 선행작업에서는 이진영상(Binary Image)을 얻기 위하여 히스토그램(Histogram)분석을 통해서 역치(Threshold)를 결정하고, 부품상자가 있는 경우 상자의 경사도를 측정하여 부품상자를 바로 정돈시킨 후 부품의 크기를 측정한다. 반복작업에서는, 선행작업의 결과를 토대로 부품의 위치/경사도 오차 인식 및 부품의 검사등을 실시간에 처리한다. 이에 본 논문에서는

(1) 부품의 모양은 사각형이다.

(2) 부품의 크기를 s_x, s_y ,

부품의 위치오차를 dx, dy 라 할 때

$$|dx| < s_x/2$$

$$|dy| < s_y/2$$

의 관계가 성립한다.

는 가정하에 경사도오차가 비교적 큰 부품의 위치오차 및 경사도 오차의 인식알고리즘을 두 대 이상의 프로세서를 이용하여 구현함으로써 부품 오차 보정의 실시간처리가 가능함을 보이고자 한다.

2.1 위치오차인식 알고리즘의 병렬처리

그림2와 같이 N개의 프로세서를 이용하는 경우를 가정하여 구현하였다. 구체적인 알고리즘은 다음과 같다.

step 1) 이진영상을 메모리에 저장한다.

step 2) 프로세서 N개에 대하여 영상처리 영역을 분할한다.

step 3) 각 프로세서는 할당된 영역의 영상을 영상공간의 x축 또는 y축에 대해 프로젝션 (Projection)한다. 이 때 n번째 프로세서의 k번째 스캔라인의 프로젝션 값을 $P_n(k)$ 라 한다.

$$\text{단, } 1 \leq k \leq 255, 1 \leq n \leq N$$

step 4) 프로젝션 값의 차이를 구한다.

$$DP_n(k) = P_n(k+1) - P_n(k)$$

step 5) 집합 $k_{n,\min} = \{k | \min_k DP_n(k), 1 \leq n \leq N\}$ 을 구한다.

step 6) $K_{\min} = \min_{k_n} (DP_n(k_n), k_n \in k_{n,\min})$
 $N_{\min} = \min_n (DP_n(k_n), k_n \in k_{n,\min})$ 을 구한다.

step 7) 부품의 크기를 나타내는 인수를 T_p 라 할 때,

$$P_{N_{\min}}(K_{\min}) \geq T_p \text{ 이면,}$$

i) k_{\min} 을 부품의 경계로 결정하고

ii) step 8)로 간다.

$$P_{N_{\min}}(k_{\min}) < T_p \text{ 이면,}$$

i) 집합 $k_{n,\min}$ 에서 $k_{N_{\min}}$ 을 제외하고,

ii) step 5)로 간다.

step 8) $k_{N_{\min}}$ 을 이용하여 부품의 위치 오차를 결정한다.

이상의 알고리즘에서 step 3), step 4), step

5)부분을 분할된 영역에 대하여 여러대의 프로세서가 동시에 영상처리를 수행함으로써 처리시간을 줄일 수 있다.

2.2 경사도 오차 인식 알고리즘의 병렬처리

그림3 과 같이 구현하였다. 구체적인 알고리즘은 다음과 같다.

step 1) 이진영상을 메모리에 저장한다.

step 2) 프로세서 N개에 대하여 영상처리 영역을 분할한다.

step 3) Hough Method의 파라미터 공간을 분해도가 1°이하가 되도록 분할하고, 분할된 어큐뮬레이터 어레이(Accumulator array) $A(a,b)$ 를 모두 0으로 만든다.

step 4) 각 분할된 영역에서 부품의 상단 경계를 찾는다.

step 5) 인식된 상단경계 점들을 파라미터 공간으로 변환 (Transformation)시킨다.

step 6) step 5)에서 만들어지는 직선이 통과하는 $A(a,b)$ 의 값을 직선이 통과할 때마다 1씩 증가시킨다. 즉,

$$A(a,b) = A(a,b) + 1$$

step 7) $a_{\max} = \max_a A(a,b)$
 $b_{\max} = \max_b A(a,b)$ 를 구한다.

step 8) a_{\max} 를 부품의 기울기로, b_{\max} 를 부품상단경계의 y축절편으로 결정한다.

이상의 알고리즘에서 step 4), step 5), step 6)부분을 분할된 영역에 대하여 여러대의 프로세서가 동시에 영상 처리를 수행함으로써 처리시간을 줄일 수 있다.

III. 시각장치의 구조

제안된 병렬처리 알고리즘의 실험을 위하여 [3]에서 제작한 시각장치를 이용하였는데, 그 구조는 그림4 와 같다. 영상 신호를 디지털화하고 디지털영상을 아날로그 영상 신호로 변환해주는 디지털처 모듈(Digitizer Module), 디지털화된 영상을 저장하는 영상 메모리(Image Memory), 부품의 검사를 목적으로 설계된 온라인 프로세서(Online Processor), 영상처리를 담당하는 마이크로프로세서 모듈(CPU) 및 카메라, 마이크로스코프(Mikeroscope)와 모니터등으로 구성되어 있다.

IV. 실험결과 및 검토

앞절에서 제안된 알고리즘을 반도체 조립공정에서 이용되는 웨이퍼(Wafer)영상을 이용하고, 그림5와 같이 두 대의 프로세서를 사용하여 실험하였다. 조명은 Fiber Optic Light Source를 이용하여 3000룩스이상의 밝기를 갖도록 하였다.

부품의 위치오차인식의 경우에는 부품의 크기를 변환시키면서 한대의 프로세서를 인식하는 경우의 처리시간과 두 대의 프로세서로 인식하는 경우의 처리시간을 측정하여 그림 6의 실험결과를 얻었다. 두대의 프로세서를 이용하는 경우 소비시간의 단축을 잘 보여주고있다.

부품의 경사도 오차인식에서는, 경사도인식의 범위를 변환시키면서 한대의 프로세서로 인식하는 경우의 처리시간과 두대의 프로세서를 사용하는 경우의 처리시간을 측정하여 그림7의 실험결과를 볼 수 있었다. 앞의 경우와 마찬가지로 소비시간이 단축되었음을 알 수 있다.

마지막으로 그림 5의 알고리즘을 구현하여 그림 8의 처리시간을 측정하였는데, 이는 한대의 프로세서를 이용하여 위치오차/경사도오차 인식 알고리즘을 각각 수행하는 시간과 거의 차이가 없음을 알 수 있다.

인식결과는 위치오차 인식의 경우는 사진 1, 경사도오차 인식의 경우에는 사진 2와 같다.

V. 결론

본 연구에서는 경사도 오차가 큰 ($5^\circ < |경사도| < 35^\circ$) 사각형모양을 갖는 전자부품의 자동조립공정에서 발생할 수 있는 부품의 위치 오차 및 경사도 오차인식에 소비되는 시간을 두대의 프로세서를 이용, 병렬처리함으로써 잘 정돈되어있지 않은 부품의 조립공정이나 반도체 조립공정과 같이 조립속도가 빠른 공정에서도 응용 가능한 400 msec이내의 실시간 오차보정이 가능하도록 하였다. 방대한 영상데이터의 처리를 위하여 영상처리영역을 각 프로세서별로 분할하여 분할된 영역의 영상처리를 각 프로세서가 독립적으로 동시에 수행함으로써 전체시스템의 처리 속도를 개선하였다.

참 고 문 헌

[1] 과학기술처, "최종연구보고서 - 시각장치 와 로봇 매니플레이터를 이용한 자동 조립시스템에 관한 연구", 과학기술처 시행특정연구개발 사업보고서, 1986

[2] R.C.Smith, D. Nitzan, "Modular Programmable Assembly Research", Handbook of Industrial Robotics, 1985.

[3] 오영석, 서일용, 변중남, "이중입출력 메모리를 이용한 새로운 영상입력장치의 설계 및 제작에 관한 연구", 전기학회지, Vol.36, No. 3, pp. 38-52, March, 1987

[4] 유범재, 오상복, 변중남, "전자부품조립공정의 자동화를 위한 실시간 영상처리 알고리즘", 대한전기학회.대한전자공학회 제어계측연구회 합동학술 연구발표회 논문집, pp. 3-6, May, 1987

[5] 이연정, "자동 반도체 조립시스템의 관리 제어기 개발에 관한 연구", 한국과학기술원 석사학위논문, 1986

[6] 유수근, "반도체 다이브딩장치에 응용가능한 산업용 비전시스템 개발에 관한 연구", 한국과학기술원 석사학위논문, 1986.

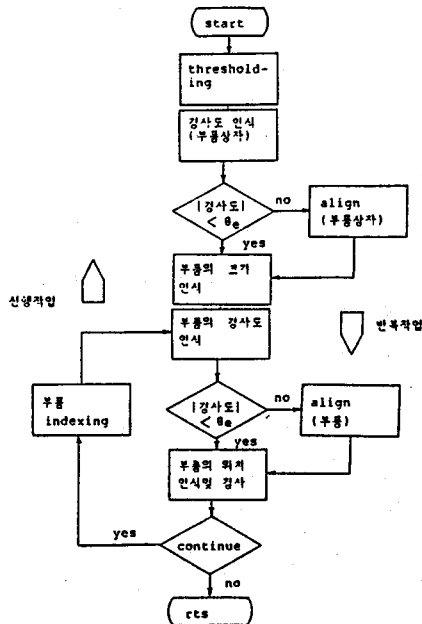


그림1. 전자부품 조립공정의 영상처리

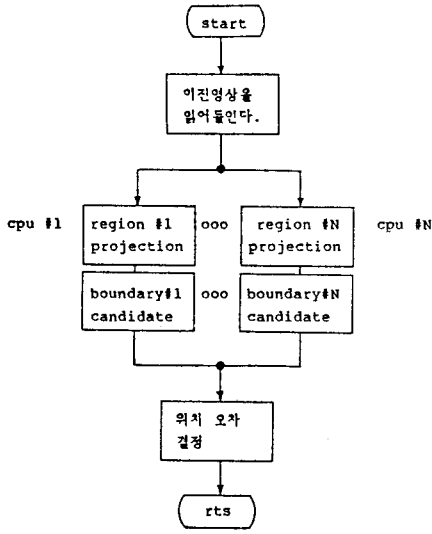


그림2. 위치오차인식 알고리즘의 병렬처리

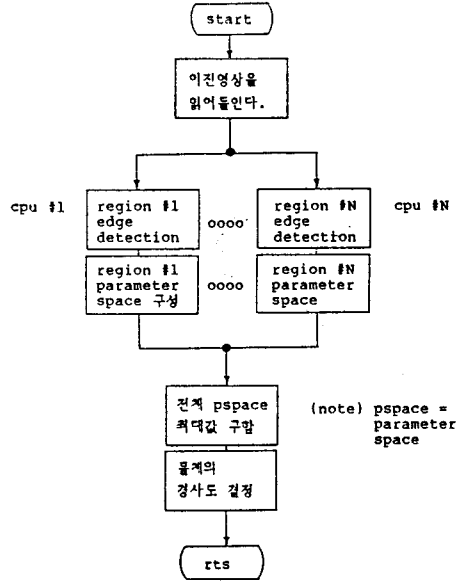


그림3. 경사도오차인식 알고리즘의 병렬처리

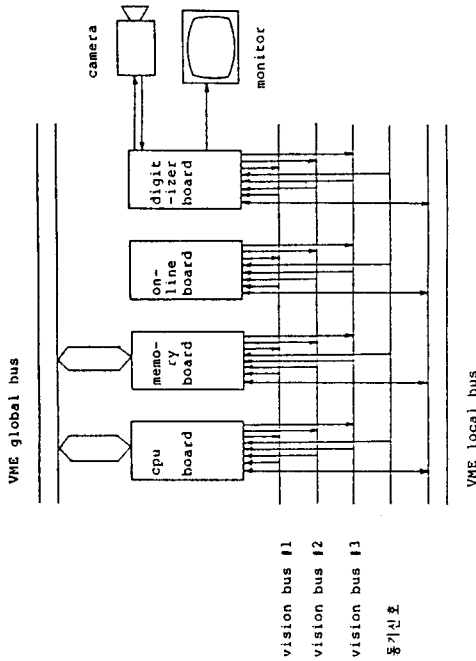


그림4. 시각장치의 구조

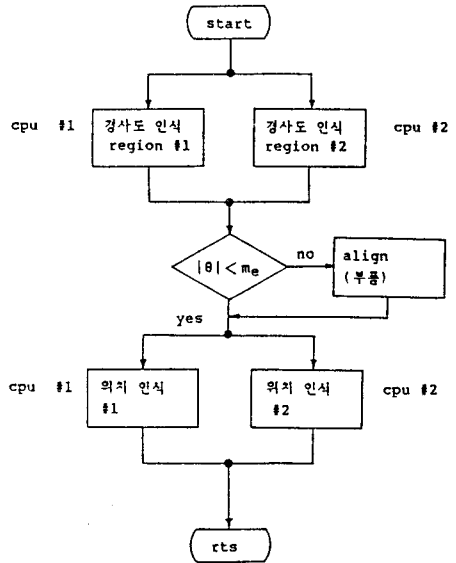


그림5. 위치/경사도오차인식 알고리즘의 병렬처리

전자부품 조립공정의 자동화를 위한 형상인식 알고리즘의 병렬처리

물체 크기 (pixel 수)		위치오차인식 시간 1 프로세서 (msec)	위치오차인식 시간 2 프로세서 (msec)
가로	세로		
47	38	244.9	159.9
55	43	280.6	181.4
58	48	334.7	220.5
65	53	370.5	239.0
73	59	424.4	267.6
78	63	478.0	299.8
85	68	531.9	326.8

그림6. 위치오차 측정시간

경사도의 범위 $ \theta $ (deg)	경사도인식 시간 1 프로세서 (msec)	경사도인식 시간 2 프로세서 (msec)
10	120.6	87.4
15	149.6	110.7
20	189.0	134.0
25	243.1	160.9
30	315.5	204.2
35	402.1	256.2
40	551.0	340.1
45	701.0	435.6

그림7. 경사도오차 측정시간

경사도의 범위 $|\theta| \leq 25^\circ$

물체 크기 (pixel 수)		처리시간 1 프로세서 (msec)	처리시간 2 프로세서 (msec)
가로	세로		
47	38	488.0	320.8
55	43	523.7	342.3
58	48	577.8	381.4
65	53	613.6	397.6
73	59	667.5	428.5
78	63	721.1	460.7
85	68	775.0	487.7

그림8. 그림5 알고리즘 처리시간

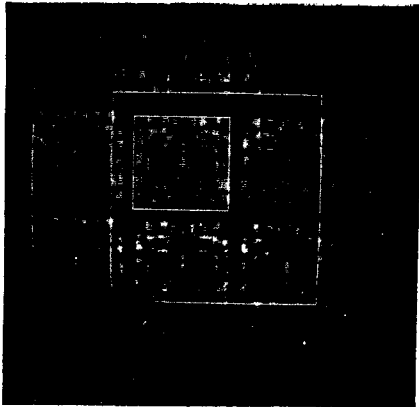


사진1. 부품의 위치오차인식

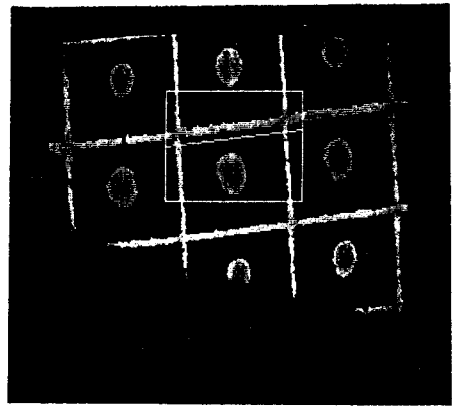


사진2. 부품의 경사도오차인식