

퍼지 논리를 이용한 웨이퍼의 사이즈 추정 알고리즘

권 오 진*, 최 성 주**, 조 현 찬***, 김 광 선****

* 한국생산기술연구원

** 한국기술교육대학교 기계공학부

*** 한국기술교육대학교 정보기술공학부

**** 한국기술교육대학교 메카트로닉스공학부

Abstract

This paper is concerned with the estimation of a wafer part in grasping system. The estimation of a wafer size in grasping system is very important because a wafer must be placed in accurate position. The accurate information of a wafer size should be forward to Robot in order to place a wafer in accurate position. So in this paper, we decide the size of a wafer with Fuzzy Logic and consider the possibility of this method by simulation.

1. 서론

로봇 매니퓰레이터(Robot manipulator)를 이용한 생산 자동화 시스템에서 End-Effector가 해야 할 중요한 작업의 하나는 부품의 파지(grasping)이다. 또한 로봇의 End-Effector는 사람의 손에 해당되는 부분으로서 구체적이고, 정밀한 동작을 요구한다.

이러한 동작을 구현하기 위해서는 로봇의 위치 제어 정밀도가 뒷받침되어야 한다. 그러나 로봇의 위치 제어 정밀도가 높다고 하더라도 부품의 사이즈가 변하고 작업테이블에서의 위치가 변할 경우 안정한 파지가 이루어지기 힘들다. 이로 인하여 파지 후 다음 공정의 작업 테이블로 이동 후 부품을 원하는 위치에 정확히 안착하지 못할 수도 있다. 이때 반도체 웨이퍼와 같은 민감한 부품의 경우 파손이나 굽힘을 가져와 품질저하로 인한 생산성 하락과 경제적 손실을 가져오게 된다.

이러한 부품의 사이즈 변화와 위치변동에 대응하기 위한 방법으로 시각시스템(Vision system) 혹은 근접센서 시스템(proximity sensor system)에 의해 부품의 사이즈와 위치를 인식하여 능동적으로 환경변화에 대해 대처 할 수 있는데 이렇게 인식된 데이터는 불확실성을 포함하고 있으며, 보다 정밀한 제어를 위해서는 더 많은 센서가 요구된다. 또한 시스템의 특성상 이러한 센서의 부착이 용이하지 않을 경우 안정적인 파지를 위한 적절한 제어는 더욱더 어렵게 된다.[1,2]

또한 로봇이 이러한 센서가 부착되지 않고 정해진 경로를 반복하여 움직이도록 제어가 되는 경우 정확한 위치에 부품의 안착과 탈착을 위해서는 부품의 사이즈 변화와 이로 인해서 발생하는 End-Effector에서의 부품의 파지(grasping)위치 정보가 로봇에 전달되어야 원하는 위치에 정확히 부품을 안착할 수 있다.

이렇게 부품의 크기 정보가 전달될 때 사이즈 변화와 위치 변화에 대응하는 파지력과 탈착위치의 조절이 가능하다.

따라서 본 논문에서는 기구적 제약조건으로 인하여 많은 센서의 부착이 용이하지 않고 크기가 일정치 않은 웨이퍼에 대하여, 로봇매니플레이터의 제어에 필요한 위치보상과 End-Effector의 파지력 보상에 기초 자료가 되는 웨이퍼의 크기 정보를 그리퍼(Gripper)의 이동 정보를 통하여 얻고자 한다.

현재 반도체 산업은 수익성 향상과 경쟁력 강화를 위하여 300mm 웨이퍼 도입의 필요성이 강화되고 있다. 즉 점차 Chip Size가 증가하기 때문에 현재 200mm 웨이퍼에서는 얻을 수 있는 칩의 수가 너무 적어 생산성이 크게 악화되기 때문에 웨이퍼의 면적을 키울 필요가 있다는 것이다. 300mm 웨이퍼가 200mm 웨이퍼에 비해 면적비는 2.25배인 반면 생산칩수는 2.6배 정도가 되는데 이는 웨이퍼 가장 자리의 활용도가 증가 하기 때문이다. 그러나 웨이퍼의 사이즈가 커짐과 동시에 그동안 문제시 되지 않았던 수준의 공정관리가 요구된다. 장비적인 측면에서 취성에 약한 웨이퍼의 반송을 위해서는 파손을 방지하는 안정적인 파지와 정확한 위치에 웨이퍼를 안착 할 필요가 있다. 또한 공정의 단순화와 장비 size를 감소를 통한 경제적인 절감이 요구된다.[5]

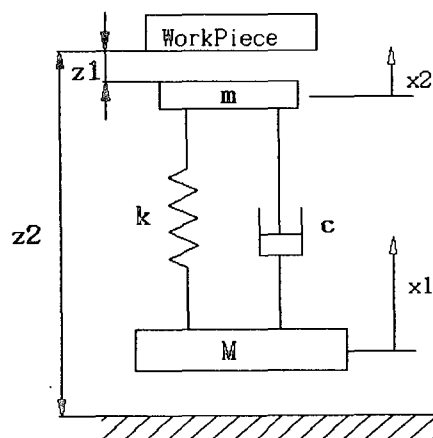
이러한 장비의 요구에 부응하기 위해서는 기존의 웨이퍼 반송용 End-Effector로서는 능률이 떨어진다.

따라서 본 논문에서는 이러한 요구에 부응하는 새로운 파지방식의 End-Effector를 제안한다.

또한 작업환경의 특수성과 기구적 제약으로 인하여 End-Effector 그리퍼의 동작이 선형적이지 않고 센서의 부착이 불가능한 환경 하에서 비선형적인 특성은 부품 크기를 판단하는데 어려움을 가져오는데 이러한 작업 환경 하에서 시스템에 유연하게 적용할 수 있고 구현이 간단한 퍼지논리를 적용하여 웨이퍼의 사이즈를 판단한다.

이를 통하여 로봇 매니플레이터에 필요한 위치보상과 End-Effector의 파지력 보상에 기초가 되는 웨이퍼의 크기 정보를 퍼지로지(Fuzzy Logic)에 의해 얻고 실제부품의 크기와 동일한 결과를 얻고자 한다.

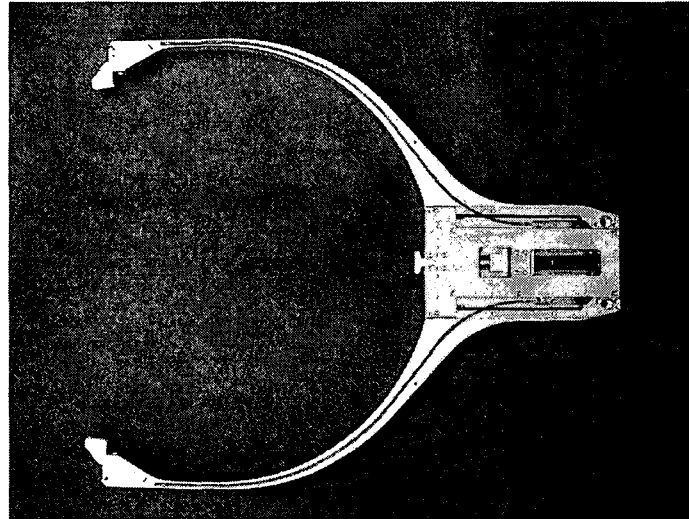
2. 3점 지지구조 End Effector



< 그림1 > End-Effector 모델링

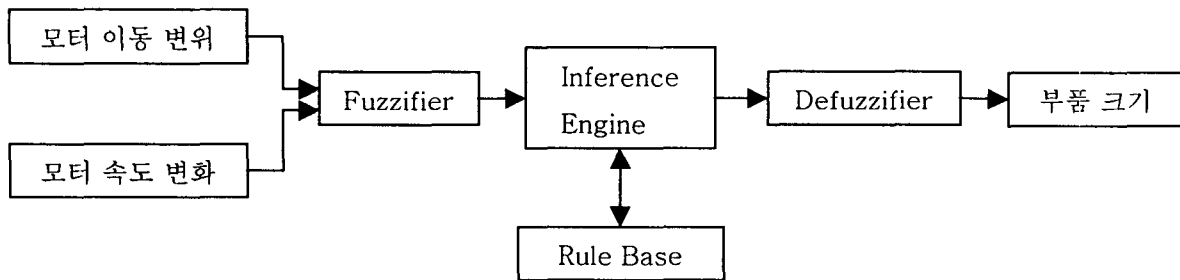
원형 부품의 경우 2점 지지구조 보다는 3점 지지구조가 부품의 파지에 보다 안정적이다. 따라서 위 <그림1>과 같은 모델의 특성을 나타내는 3개의 그리퍼(Gripper)를 가진 End Effector를 모델링하여 제작하였다.<그림2>

위 <그림1>에서 웨이퍼의 크기 변화에 따라 z_1 , z_2 의 거리는 변화하게 된다. 각각의 그리퍼(Gripper)는 모터의 구동을 통하여 변위를 하게 되고 일정 시간이 지나면 부품과 접촉하게 된다. 그리퍼가 웨이퍼와 접촉시 가속도는 급격히 감소한다.



<그림 2> 3 점 지지구조 End-Effector

3. 퍼지 사이즈 추정 알고리즘



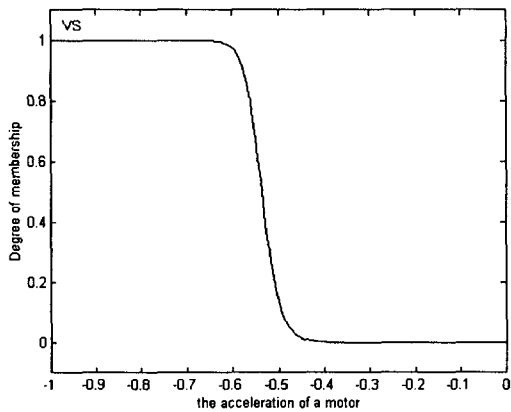
<그림 3> 퍼지 추정 알고리즘을 위한 블록도

위 <그림 3>은 퍼지로그직을 이용하여 부품의 사이즈를 판단하는 퍼지 시스템의 구성을 보여주고 있다. 이때 입력 변수로서 모터의 이동변위와 모터의 속도 변화량(가속도)을 이용하게 된다. 모터의 엔코더로부터 출력되는 모터의 이동정보는 그리퍼의 현위치를 알려주며 또한 가속도 변화량과 더불어 웨이퍼 사이즈 측정에 필요한 입력 변수이다. 다른 센서의 부착이 용이하지 않았기 때문에 사이즈를 판단할 수 있는 유일한 센서 신호는 모터의 엔코더로부터 출력되는 모터의 회전 정보이다. 그리퍼가 웨이퍼를 완전히 파지 후 가속도의 최소값 일때와 이때의 그리퍼의 이동정보를 퍼지로그직에 입력함으로서 기준 웨이퍼 사이즈로부터 크기 차이를 출력하게된다.

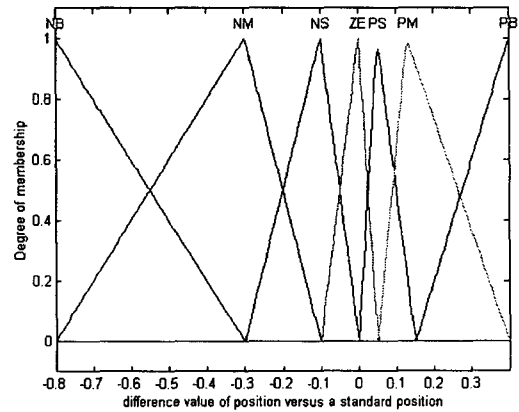
3.1 모터의 이동변위와 속도 변화량에 의한 전건부 구성

그리퍼의 zero point 로부터 웨이퍼와 접촉시점까지 그리퍼가 이동한 거리는 End Effector의 위치를 알고 있으므로 웨이퍼 사이즈 판단을 위한 중요한 변수이다. 이때 모터가 이동한 변위는 모터의 가속도 변화량과 비교대상이 된다.

이때 웨이퍼의 사이즈는 기준 사이즈로부터 커짐에 따라 기구적으로 그리퍼와 접촉 시점이 사이즈가 작을때와 비교했을 때 큰변화가 있었다. 또한 사이즈가 작을때는 접촉시점이 기준 웨이퍼 사이즈의 접촉시점에서 차이가 많이 나지 않았다. 따라서 기준 웨이퍼와 접촉위치에서 세분화하고 사이즈가 커질때는 간격을 넓게 하였으며 사이즈가 작을시에는 기구적으로 큰변위가 발생하지 않았으므로 간격을 좁게하여 아래의 <그림 4>과 같이 사이즈 판단을 위한 분별력을 높였다. 그리퍼가 웨이퍼와 접촉하는 시점은 웨이퍼 사이즈에 따라 각각 다르다. 이때 웨이퍼 사이즈 판단의 시점은 모터의 가속도가 최소 일 때이다. 따라서 가속도에 의한 전건부는 아래 <그림 5>과 같이 된다.



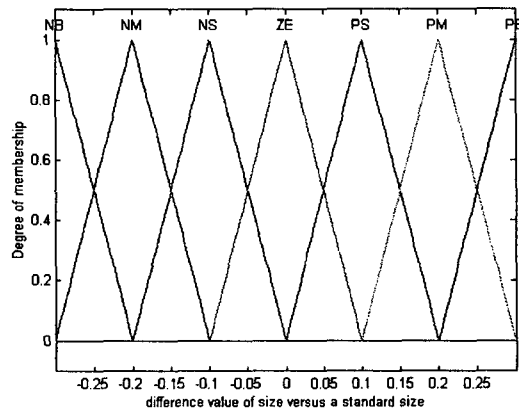
<그림 4> 모터의 이동변위에 의한 전건부



<그림 5> 모터의 가속도에 의한 전건부

3.2 크기 차이량에 의한 후건부 구성

후건부는 모터의 가속도와 이동변위를 통해 얻어진 기준 웨이퍼 사이즈와의 차이량이다. 웨이퍼의 사이즈의 오차가 0.2mm 이나 변수의 범위에 여유를 주어 0.3mm 로 하였다.<그림 6>



<그림 6> 크기 차이량에 의한 후건부

3.3 Fuzzy Rule

전건부 입력변수는 모터의 이동변위(x)와 속도의 변화율(Δx)가 되며 후건부는 부품 크기의 차이량(Δs)으로 하였다. 따라서 Rule은 다음과 같은 If ~then 형태로서 <표1>와 같다.

If x is A1 and Δx is B1 , then Δs is C1.

$\Delta x \backslash x$	NB	NM	NS	ZE	PS	PM	PB
VS	PB	PM	PS	ZE	NS	NM	NB

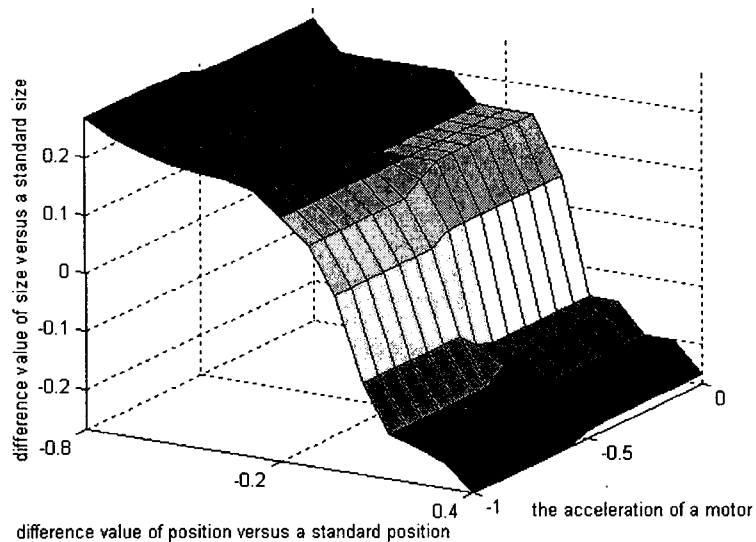
<표 1> Rule Base

여기서,

- NB : NEGATIVE BIG
- NM : NEGATIVE MEDIUM
- NS : NEGATIVE SMALL
- ZE : ZERO
- PS : POSITIVE SMALL
- PM : POSITIVE MEDIUM
- PB : POSITIVE BIG

3.4 추론 및 비퍼지화

Inference 는 Mamdani 법을 사용하였고 비퍼지화는 무게 중심법을 사용하였다.



<그림 7>퍼지 로직에 의한 웨이퍼 사이즈 추정

위 <그림7>은 임의의 부품에 대한 모터의 변위량과 가속도량에 의해 구해진 크기차를 나타내는 것으로 상용Matlab 프로그램을 이용하였다.

이때 X축은 그리퍼가 웨이퍼와 접촉시 기준웨이퍼의 위치와의 차이를 나타내며 Y축은 모터의 가속도 변화량을 나타내고 Z축은 이때 기준웨이퍼의 사이즈와의 차이량을 나타내고 있다. 실제 실험결과와 퍼지에 의한 결과가 다를시 퍼지 함수의 수정은 후건부나 전건부의 함수를 적절히 고침으로서 위 그림에서 나타나는 해의 형태를 결과에 근접하도록 할 수 있다.

4. 결론

모터의 회전에 의한 변위량과 속도 변화량을 이용하여 퍼지논리에 의한 부품의 미세한 크기차이를 시뮬레이션을 통해서 알 수 있었다. 앞으로 실험을 통하여 시뮬레이션된 결과와 비교를 통하여 퍼지함수의 적절성을 검토하며 이 결과를 바탕으로 실제 시스템에 적용하여 로봇 매니플레이터의 제어와 End Effector에 파지력을 위한 기초정보가 될 것이다.

앞으로의 과제는 실험을 통하여 속도 변화량을 정밀히 측정할 수 있어야 하고 또한 결과에 따라 입력 변수에 대한 퍼지룰의 수정이 요구된다. 퍼지 로직은 결과에 따른 퍼지 함수의 수정이 용이한 장점이 있다. 이러한 수정은 또한 뉴럴 네트워크에 의한 방법으로 최적화 될 수 있다.

5. 참고문헌

- [1] 심귀보, "학습 알고리즘을 이용한 로봇 매니플레이터의 위치/힘 제어", 중앙대학교 생산공학연구소 논문집 Vol. 4 No. 1 pp : 69-85
- [2] 윤지호, 우동민, " 퍼지제어를 이용한 매니플레이터의 파지기법에 관한 연구", 명지대학교 산업기술연구소 논문집 Vol. 14 No.1 pp : 153-160
- [3] 정종대, 이성준, 류길하, "반도체 제조장비용 로봇 제어 시스템의 성능평가 및 개선", 반도체 장비기술 논문집 Vol. 2000 No. 1 pp : 61-65
- [4] 서화일, "300mm웨이퍼 관련 장비 기술", 반도체 장비 학술심포지엄 Vol.1998 No.1 pp :53-67
- [5] 권오진, 최성주, 조현찬, "퍼지 논리를 이용한 드릴의 마모 상태 진단", 퍼지 및 지능시스템 학회 논문집 Vol.11, No. 9, pp833-836, (2001)
- [6] 변증남, " 퍼지 논리 제어", 홍릉출판사 pp : 91-108 (1997)