

# Tactile 영상에서 물체 움직임 감지 기법 (Object Slippage and Rotation Sensing Method in Tactile Image)

이영재(Young Jae Lee)\*

## 요 약

택타일 영상을 사용하여 로봇 그리퍼 내부 작업 물체의 미끄럼 및 회전을 감지하는 기법을 제안해 본다. 기존에 제안된 모우멘트 불변량 사용방법의 경우 택셀 수 변화가 발생하는 경우 적용할 수 없는 단점을 가지고 있다. 에지 & 라인 불변량 특성을 이용한 경우 기본적으로 특정수 이상의 택셀을 가지고 있어야 하므로 택셀수가 적은 경우 적용할 수 없다. 이 같은 문제점을 해결하기 위하여 택셀 영상을 분석하고 적용기법 결정인자를 추출한다. 이를 이용하여 필터링 문턱값을 설정하여 택타일 영상을 필터링하고, 결정인자에 따라 모우멘트 불변량 사용방법과 에지&라인 불변량 사용 방법 중 적합한 기법을 채택하는 새로운 방법을 제안한다. 컴퓨터 모의 실험과 하드웨어 실험에 적용한 결과 개선된 이동 및 회전 등 움직임 감지가 가능하였다.

## Abstract

This paper proposes slippage and rotation sensing method in tactile image of robot gripper. To overcome the demerits of inaccurate taxel positional sensing generated by previous moment method and edge & line method according to constraints of taxel number changing or minimum taxel number, the proposed method classified the sensing method into two classes such as pixel status analysis and decision factor determination. The decision factor determines taxel threshold for filtering and sensing method choice based on moment method and edge & line method. Computer simulations and experiment result show that the proposed method enhances the slippage and rotation sensing than previous methods for tactile image.

keywords: slippage and rotation sensing method, tactile image, moment method, edge & line method

## 1. 서론

택타일 영상(tactile image)은 택타일 센서(tactile sensor)의 출력을 이용하여 물체와 센서의 접촉부위와 비접촉 부위를 흑백영상으로

나타낼 수 있으므로 로봇의 그리퍼(gripper)내부 물체 형상 특징을 추출하고 상태정보 파악을 위한 특징벡터로<sup>[1-6]</sup> 사용할 수 있다. 여기서 사용되는 특징들은 물체의 면적, 주변길이, 편심률 등이며 이들 패턴 특징을 사용하여 내

\*정회원 전주대학교 정보기술 컴퓨터 공학부  
전임강사

논문접수 : 2003. 9. 2.

심사완료 : 2003. 9. 23.

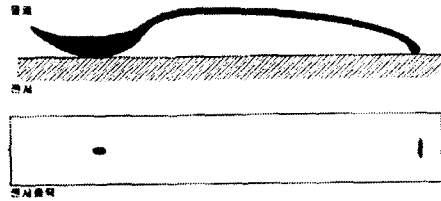
부 물체의 위치변화, 회전이동<sup>[7-12]</sup> 등을 감지할 수 있다. 그러나 특징벡터를 유도하기 위한 시간이 많이 걸리며, 어떠한 특징벡터를 선택하느냐에 따라 인식결과의 차이가 크기 때문에 인식하고자 하는 목적에 따라 많은 실험을 거친 후에야 좋은 결과를 기대 할 수 있다<sup>[3-4]</sup>. 또한 다른 센서와 달리 택타일 센서는 외부에 노출되어 있기 때문에 가압과 마찰에 잘 견딜 수 있어야 하며, 그리퍼 장착을 위해 크기, 무게 등 외관과 성능 상에서 많은 제약조건을 가지고 있다.

Railbert와 Tise가 resistive와 conductive를 사용하여 구성한 택타일 센서는 내구성과 넓은 측정 범위를 가지고 있으나, 히스테리시스가 있고, 구현 하드웨어가 복잡하며, Siegel과 Fearing은 capacitive technics을 사용하여 구성한 sensor는 직선성을 가지고 있으나 잡음과 온도에 민감하며, Russel은 linear potentiometer를 사용한 기계적인 택타일 센서는 프르브(probe) 등으로 사용하기는 용이하나 어레이(array)회로 구성이 복잡하고 3차원 물체인식은 어렵다.<sup>[1-2]</sup> 따라서 본 논문에서는 힘이 증가해감에 따라 콘덕턴스 값이 증가하는 특성을 가지고 있으며, 히스테리시스가 적고 진동이나 열에 대해 덜 예민한 특징을 갖는 폴리머 필름(Polymer thick film)을 사용한 경량의 압각 센서를 사용하였다. 이 센서를 사용해 택타일 영상에서의 물체의 움직임 감지 기법을 제안해 본다.

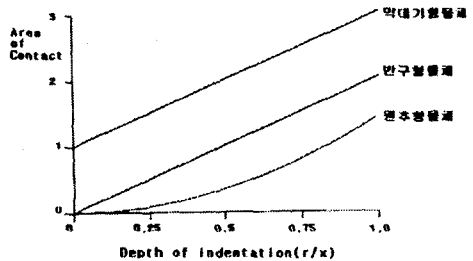
본 논문의 구성은 다음과 같다. 먼저 2장에서는 센서 접촉면에 따른 택타일 영상, 3장에서는 미끄럼과 회전 감지 기법, 4장에서는 제안한 기법, 5장에서는 모의 실험, 6장에서는 드웨어 실험과 결과를 고찰하고, 제 7장에서 결론을 맺는다.

## 2. 센서 접촉면에 따른 택타일 영상

택타일 센서와 접촉하는 물체 면의 특성에 따라서 점, 선, 평면, 곡면 등으로 구분된다.



[그림 1] 물체와 센서 출력



[그림 2]. 형상과 접촉면의 변화

$$a_{\text{반구형}} = 2 \cdot \pi \cdot r \cdot x$$

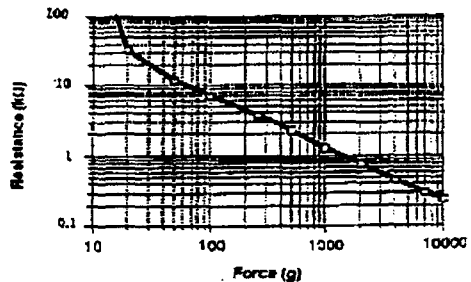
$$a_{\text{원추형}} = \sqrt{2} \cdot \pi \cdot x^2$$

$$a_{\text{막대기형}} = \pi \cdot r^2 + 2 \cdot \pi \cdot r \cdot x$$

(1)

(r : 접촉면 깊이, x : 압력에 따른 센서 변위)

그림 1은 티스푼(tea spoon)을 사용하여 센서 위에 올려놓은 경우로 택타일 센서를 사용하여 두 곳의 접촉점 부위를 나타낸 것이다. 식(1)과 그림 2는 센서와 접촉하는 물체의 형상에 따라 나타나는 접촉면 깊이에 따른 접촉면의 변화를 낸 것이다.<sup>[1]</sup>



[그림 3.] 택타일 센서의 전기적 특성 예

센서의 구조는 어레이 타입으로 컬럼과 로우의 2차원 배열로 구성되어 있기 때문에 각각 행과 열에 입력값과 출력 값을 스캐닝하여 해당되는 택셀(taxel : tactile sensor의 압각이나 촉각을 인지하는 최소단위: 이하 taxel)별 압력 정도를 확인할 수 있는 장점을 가지고 있다. 어떤 형상을 가지고 있는가에 따라서 택타일 센서의 출력영상이 달라지며, 어느 정도의 파지력을 사용하는가에 따라서도 출력 영상이 달라질 수 있다. 또한 센서의 출력이 힘에 대하여 비선형 특성을 가지고 있으므로 설계시 가압하는 범위와 물체의 형상, 표면상태 등 다양한 요소가 고려되어야 한다.

3. 미끄럼 및 회전 감지 기법

기존의 감지기법으로는 모멘트 불변량(Moment invariant)<sup>[1-2]</sup>을 이용한 기법으로 센서 데이터를 0과 1로 2분화하고, 이를 사용해 모멘트, 접촉면적, 중심(center of area)을 구하고 최소 관성 모멘트(minimum moment of inertia)를 구하여 미끄럼 양과 회전량을 구하는 방법이다.

3.1 모우멘트 불변량 사용기법(Moment method)

- $t_{ij}$  : i번째 열, j번째 행의 taxel 출력
- $m_{pq}$  : 면적 모멘트(moment of area)
- $m_{10}$  : j(행)에 대한 면적A의 모멘트(1차 모멘트)
- $m_{01}$  : i(열)에 대한 면적A의 모멘트(1차 모멘트)
- $m_{11}$  : i(열), j(행)에 대한 면적A의 관성적(product of inertia)
- $m_{20}$  : j(행)에 대한 면적A의 관성 모멘트(2차 모멘트)
- $m_{02}$  : i(열)에 대한 면적A의 관성 모멘트

(2차 모멘트)

$m_{00}$  : 총면적 (total area of contact)

$$m_{10} = \sum_{i=0}^{n-1} \sum_{j=0}^{m-1} i \cdot t_{ij}$$

$$m_{01} = \sum_{i=0}^{n-1} \sum_{j=0}^{m-1} j \cdot t_{ij}$$

$$m_{11} = \sum_{i=0}^{n-1} \sum_{j=0}^{m-1} i \cdot j \cdot t_{ij}$$

$$m_{20} = \sum_{i=0}^{n-1} \sum_{j=0}^{m-1} i^2 \cdot t_{ij}$$

$$m_{02} = \sum_{i=0}^{n-1} \sum_{j=0}^{m-1} j^2 \cdot t_{ij}$$

$$m_{00} = \sum_{i=0}^{n-1} \sum_{j=0}^{m-1} t_{ij}$$

① 센서 데이터를 0, 1로 2분화한다.

$$t_{ij} = 0; \text{ if } t_{\min} \leq t < t_{\text{threshold}}$$

$$t_{ij} = 1; \text{ if } t_{\text{threshold}} \leq t < t_{\max}$$

② 모멘트와 총 접촉 면적 (A)을 구한다.

$$m_{pq} = \sum_i \sum_j i^p j^q t_{ij}$$

$$A = m_{00} = \sum_{i=0}^{n-1} \sum_{j=0}^{m-1} t_{ij}$$

③ 중심점을 구한다 (2)

$$i_0 = \frac{m_{10}}{m_{00}} \sum_{i=0}^{n-1} \sum_{j=0}^{m-1} i * t_{ij}$$

$$j_0 = \frac{m_{01}}{m_{00}} \frac{1}{A} \sum_{i=0}^{n-1} \sum_{j=0}^{m-1} j * t_{ij}$$

④ 최소 관성 모멘트를 구한다.

$$\theta_0 = \frac{1}{2} \tan^{-1} \left[ \frac{2(m_{00} \cdot m_{11} - m_{10} \cdot m_{01})}{(m_{00} m_{20} - m_{10}^2) - (m_{00} m_{02} - m_{01}^2)} \right] \tag{3}$$

⑤ 다음 입력된 데이터 값에서 상기와 같은 순서로 중심과 최소 관성 모멘트를 구한 후에 이들의 차로 변동량을 구한다.

$$C_d = C(i_1, j_1) - C(i_0, j_0)$$

$$\theta_d = \theta_1 - \theta_0$$

### 3.2 모우멘트 불변량 기법의 문제점

미끄럼과 같은 위치에서 발생으로 픽셀 수가 변화가 생긴 경우 식(2),(3) 면적 모우멘트와 관성 모우멘트에서 에러가 발생한다.

### 3.3 에지 & 라인 불변량 사용기법(Edge & Line Method)<sup>[3]</sup>

에지(edge)와 라인(line)의 형태학적 불변 특성을 이용한 것이다. 영상에서 에지는 상대적으로 영상 픽셀 값 차이가 큰 영역간의 경계를 의미한다. 이 경계는 회전이나 이동과 같은 움직임에 대하여 어느 정도의 변화가 있지만 형태학적인 특성을 유지되므로 인식을 위한 불변량으로 사용 될 수 있다. 또한 물체의 직선성분(라인)은 이동이나 회전에 대하여 그 특성이 크게 변하지 않으면서 쉽게 추출 할 수 있는 장점을 가지고 있다.

#### 3.3.1 에지 검출

에지는 영상에 포함된 윤곽선이 급격히 변화하는 부분으로 에지 검출(Edge detection) 기법으로는 Sobel, Laplace, Kirsh, Roberts 기법 등 다양한 방법이 있다.<sup>[10-12]</sup> 그러나 텍타일 영상은 일반 영상과 다르게 픽셀 수가 작으므로(본 논문에서는 22\*22) 이용할 수 있는 정보량이 한정되어 있고 빠른 감지를 위하여 계산량이 최소이어야 하므로 이 같은 방법들을 적용하기엔 부적절하다. 따라서 8방향 체인코드를 사용하여 에지를 검출하고 이를 사용하여 에지 데이터 베이스를 구축하였다. 그림 4는 직사각형 물체의 회전에 따른 에지 형상을 체인코드를 사용하여 기울기 정보로 표현한 것이다.

Edge Shape						
Slope	0-20	0-1-10	0-10-10	020	0110	01010

[그림 4.] 에지 검출

#### 3.3.2 라인(Line) 검출

직선은 기울기와 같은 유사성을 갖는 연속적인 데이터로 구성되어 있다. 이들의 이산적인 분포를 이용하여 직선과 기울기를 구할 수 있으며 이를 이용하여 물체의 회전량을 구할 수 있다. 텍타일 영상에서 나타나는 직선을 구하기 위해서는 픽셀 수 감지 시간 등의 용인이 고려되어야 하며 이를 위하여 계산량이 작고 정확한 데이터 이분평균법을 사용한다.

##### 3.3.2.1 데이터 이분 평균법

① 입력 data에 문턱값(Threshold)을 정해 0, 1로 data를 구분한다.

$$t_{ij} = 0; \text{ if } t_{\min} \leq t < t_{\text{threshold}}$$

$$t_{ij} = 1; \text{ if } t_{\text{threshold}} \leq t < t_{\max}$$

② 데이터를 두개의 그룹으로 대분하고 이들의 평균점 좌표값( $p_1(x_1, y_1)$ ,  $p_2(x_2, y_2)$ )를 구하고 기울기를 구한다.

③ 에지 데이터베이스에서 구한 에지점을 사용하여 직선을 구한다.

##### 2.2.1.1 데이터 이분 평균법 특성

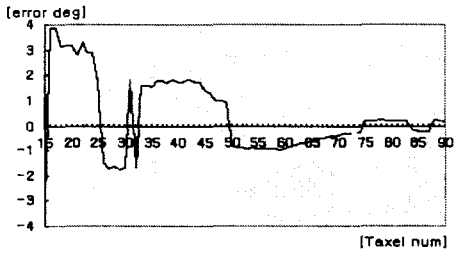


그림 (a)

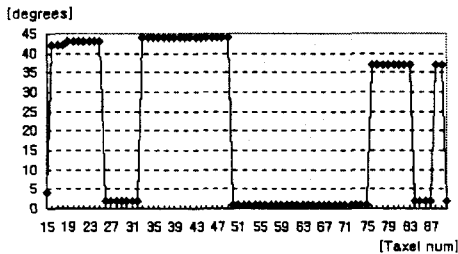


그림 (b)

[그림 5.] 데이터 이분 평균법의 특성 곡선

그림 5는 택셀의 개수를 5개에서 30개, 회전각도는 1도에서 45도 까지 1도씩 증가해 가면서 데이터 이분평균법의 특성을 분석한 것으로 그림(a)는 택셀 수에 따른 최대 에러값(도)을 그림 (b)는 각 택셀에서의 최대에러가 발생하는 각도 값을 나타낸다. 예를 들어 15 택셀을 사용해 직선을 추출한 경우 4도에서 -3.00654 도의 최대 에러량을 가지고 있으며 택셀의 수가 50개가 넘으면서 에러량은 1도 이하로 70개인 경우엔 0.5도 이하로 줄어드는 특성을 가지고 있다. 이 그래프를 이용하여 택셀수를 기준으로 허용되는 오차 범위를 갖는 감지 시스템을 구성 할 수 있다.

3.3.2.2 에지 & 라인 불변량 사용기법(Edge & Line Method)<sup>[3]</sup>

- ① 입력된 택타일 영상 분석하여 외곽선 데이터를 검출하고 에지 데이터베이스를 검색하

여 가장 유사한 에지점 P1, P2를 찾는다.

- ② 에지점 P1, P2을 기준으로 외곽 데이터를 나누고 데이터 이분평균법을 사용하여 윤곽선 R1, R2, R3을 구한다.
- ③ 입력데이터를 사용하여 중심점 C1(x1, y1)을 구한다.
- ④ 중심점에서 윤곽선 R11, R22, R33까지의 수직거리 d11,d12,d13을 구한다.
- ⑤ 다음 데이터가 입력되면 ①-④까지의 작업을 반복하여 C2(x2,y2),R21,R22,R23,d21,d22, d23을 구한다.
- ⑥ 이들 중 장축을 선택하여 내적을 구하여 회전량을 구하고, 중심점과의 차를 구하여 이량을 구한다.

$$R_{11} * R_{21} = |R_{11}| |R_{21}| \cos \theta$$

$$\cos \theta = \frac{|R_{11}| |R_{21}|}{R_{11} * R_{21}}$$

$$dist = C_2(x_2, y_2) - C_1(x_1, y_1)$$

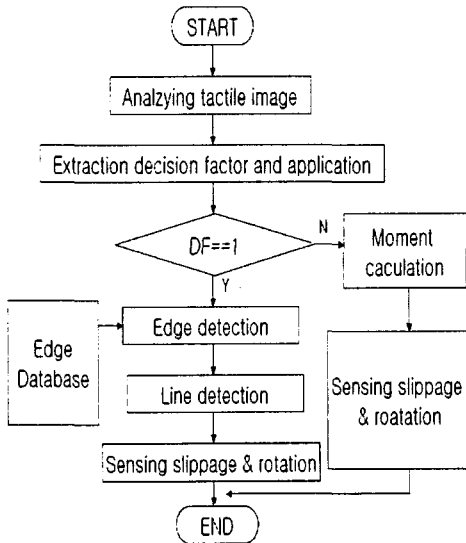
3.3.3 에지 & 라인 불변량 사용기법(Edge & Line Method)의 문제점

택셀의 갯수가 작은 경우 정확한 직선과 에지 추출이 어렵다. 따라서 보통 15택셀 이상의 크기를 가지고 있어야 이동과 회전 감지결과 가능하다.

4. 제안 기법

모멘트 불변량 사용기법은 택셀 수 변화에, 에지 & 라인 불변량 사용기법은 최소 택셀 수 유지 등의 단점을 가지고 있다. 따라서 환경에 따라 다양하게 변화하는 택셀 영상에 효과적으로 대응하기 위한 기법이 필요하다. 이를 위하여 필터링 문턱값과 변화량 변수로 구성된 적용기법 결정인자(decision factor: 이하 DF)를 설정하고 이를 적용하여 필터링하고 모우멘트 불변량 기법 이나 에지&라인 불변량 기법을

특성에 따라 선택적으로 적용한다. 택타일 영상은 가압과 이동으로 인한 잡음이 항상 발생한다. 플렉서블(flexible)센서 특성상 압각에 의한 몇개의 픽셀이 에지 주변과 라인에 추가적으로 산발 발생하므로 행과 열로 연속적인 픽셀수를 기준으로 DF의 필터링 문턱값( $P_{th}$ ) 설정한다. 또한 입력영상과 다음 입력영상의 변화량의 기준값( $P_{ref}$ )을 설정한다. 이는 변화량이 기준값( $P_{ref}$ )이하로 변하는 경우(DF=2) 모우먼트 불변량 사용기법을, 그 이상인 경우(DF=1) 에지 & 라인 불변량 사용기법 사용한다. 이때 적용되는 필터 문턱값과( $P_{th}$ ) 영상변화량 기준값( $P_{ref}$ )은 같은 물체의 반복적인 작업을 통한 실험영상을 통하여 얻어질 수 있다.



[그림 6.] 제안한 기법 흐름도

입력 택타일 영상 분석하여 DF의 필터링 문턱값( $P_{th}$ )을 사용하여 필터링을 행한다. 이렇게 만든 영상의 픽셀 수( $P_{n1}$ )를 확인하고 다음 영상 데이터가 입력되었을 때 DF 필터링

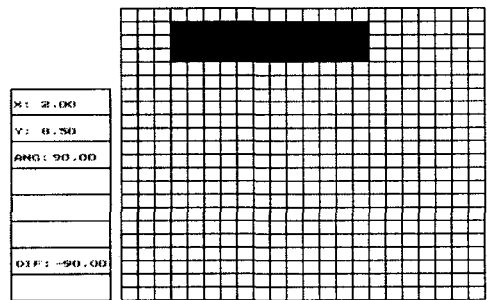
문턱값을 사용하여 필터링하고 영상의 픽셀 수( $P_{n2}$ )를 확인한다. 이들의 차( $P_{diff}$ )를 구한다.

DF의 변화량의 기준값( $P_{ref}$ )과 이들의 차( $P_{diff}$ )를 비교하여 어느 기법을 사용할지 결정하고 미끄럼량과 회전량을 구한다.

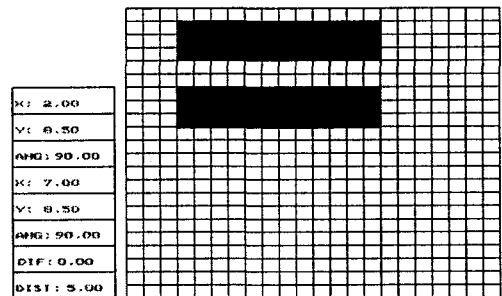
## 5. 모의 실험(Simulation)

### 5.1 모의실험 I

모의실험 I은 택타일센서 위에서 물체의 미끄럼이 발생한 경우로 픽셀 변화가 없는 경우다. 이 경우 DF의 적용기준  $P_{ref} < P_{vm}$  ( $P_{vm}$ : 변화 픽셀량)이므로 모우먼트 불변량 기법을 사용한다.



[그림 7.] 모의실험 I 초기 택타일 영상



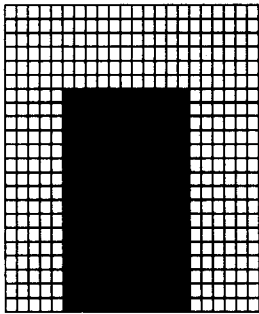
[그림 8.] 모의 실험 I 미끄럼 발생 영상

그림 7은 3×15 픽셀의 크기를 갖고 직사각형 물체형상의 접촉면을 감지한 초기 영상이며 그림 8은 미끄럼이 발생한 영상으로 경우로 모우멘트 불변량 기법을 적용하여 5 픽셀만큼의 미끄럼이 발생한 것을 감지하였다.(회전은 0)

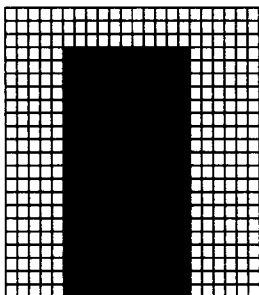
### 5.2 모의실험 II

모의실험 II는 텍타일센서 위에서 물체의 미끄럼, 회전이 발생한 경우로 이 경우 DF 적용기준  $P_{ref} > P_{vm}$  ( $P_{vm}$ : 변화 픽셀량)이므로 예지&라인 불변량 기법을 사용한다.

#### 5.2.1 미끄럼



(a)



(b)

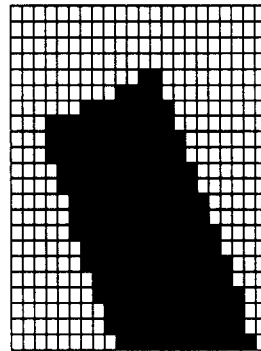
[그림 9.] 모의 실험II 초기영상과 미끄럼 영상

<표 2.> 미끄럼 모의실험 II 결과

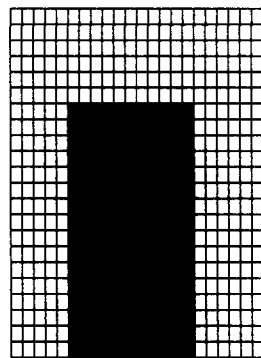
<Table 2.> Result of Slippage Simulation

상태	모의실험 결과 예지 & 라인 불변량 기법	
	미끄럼	회전
미끄럼:3픽셀 회전:0[도]	3	0
결과(오차)	0	0

#### 5.2.2 미끄럼 및 회전



(a)

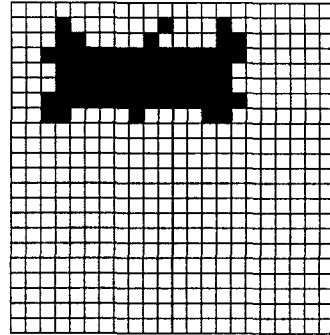


(b)

[그림 10.] 미끄럼 및 회전 시뮬레이션

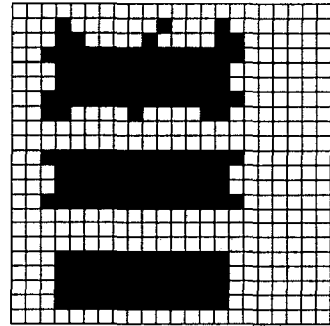
<표 3.> 미끄럼 및 회전 시뮬레이션 결과  
 <Table 3.> Simulation Result of slippage and rotation

상대	미끄럼 및 회전	
대상	에지 & 라인 불변량 기법	
미끄럼 : 2 [택셀]	미끄럼	회전
회전 : 24 [도]	2	24.4
결과(오차)	0	0.4



그림(b)

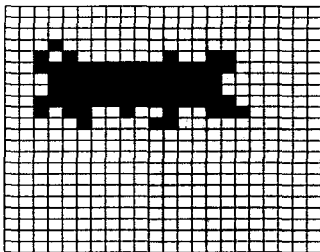
그림 9는 11×16 택셀의 크기를 갖고 직사각형 물체형상의 접촉면을 감지한 초기 영상이며 그림 9는 미끄럼이, 그림10은 미끄럼과 회전이 동시에 발생한 영상으로 에지&라인 불변량 기법을 적용하여 2 택셀 만큼의 미끄럼과 24.4도 만큼의 회전이 발생한 것을 감지하였다. 이는 무시할 만한 회전 오차로 이동량 감지와 더불어 정확한 움직임량을 감지하였다.



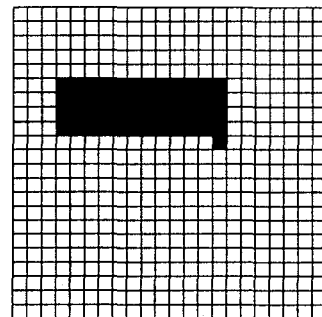
그림(c)

## 6. 실험6. 실험 및 결과

### 6.1 실험 I 및 결과 및 결과



그림(a)



그림(d)

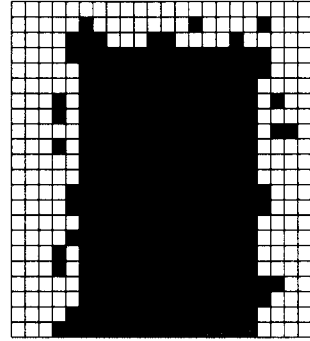
[그림 11.] 실험 I tactile 영상

실험I의 택타일 영상(그림(11)의 (a))을 살펴

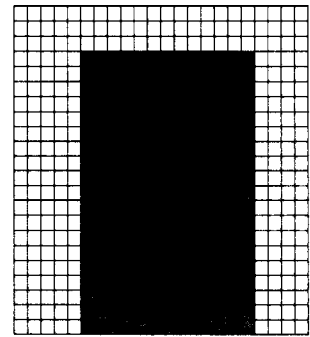


보면 직사각형 물체를 인식한 것으로 원래의 모양에 비하여 많은 택셀을 포함하고 있다. DF의 적용기준  $P_{th} = 2$ ,  $P_{ref} = 8$ 로 설정하여 필터링 하였다. 두 번째 미끄럼이 발생한 영상(그림(b))의 경우를 살펴보면 이동하면서 에러를 더 많이 출력된 것을 확인할 수 있다. 이는 미끄럼으로 인한 잡음이 추가 된 것으로 미끄럼 속도, 물체의 표면 상태, 그리퍼의 파지력(grasping force) 등 다양한 요인이 작용될 수 있다. 따라서 반복에 의한 일반적인 택타일 영상이 나오기까지 많은 시행착오가 따르는 작업이기도 하다. 이 경우 필터링을 적용하면 그림(d)와 같은 결과를 얻을 수 있다. 그림(c)는 입력영상을 행,열로 필터링된 결과를 나타낸 것으로 최종결과는 그림(11) 그림(c)의 세 번째 그림으로 입력영상과 동일한 영상을 얻을 수 있었다. 따라서 입력영상과 이동에 따른 택셀 수 변화가 DF의 적용기준  $P_{ref} > P_{diff}$  이므로 ( $P_{ref}=8, P_{diff}=4$ ) 모우멘트 불변량을 사용하여 이동량을 구할 수 있다. 입력영상의 중심점 C1(4.5,8.5) 이동영상 중심점 C2(6.66,8.61)로 이동량 2.1택셀, 회전량 1.4로 각각 0.1, 1.4의 무시할 정도의 오차를 보였다. 그 결과는 (표1)에 나타나 있다.

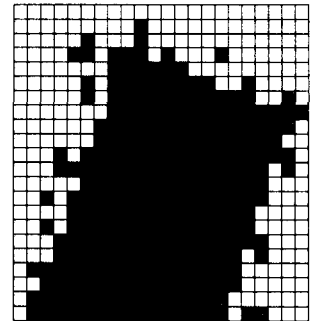
6.2 실험 II 및 결과



그림(a)



그림(b)



그림(c)

< 표 1 > 실험I 결과

원래 영상	이동 영상	이동 잡음	이동 방향
택셀 수	65	69	
필터링 후	48	49	1택셀
잡음 제거율	26%	29%	

이동 잡음 발생  
 • 모우멘트 불변량 방법 사용  
 •  $P_{th}=2, P_{ref}=8$   
 $P_{diff}=4$   
 • C1(4.5,8.5), C2(6.66,8.61)  
 • 이동 : 2.1 택셀(0.1 오차)  
 • 회전 : 1.4 degree(1.4 오차)

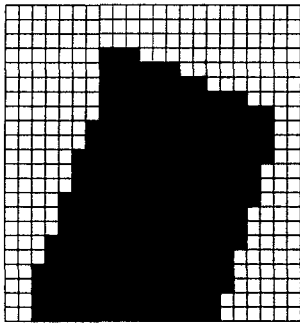


그림 (d)

[그림 12]. 실험 II tactile 영상

실험II는 미끄럼 2 택셀 회전 20도가 발생한 경우로 택셀의 변화가 크다. 우선 DF의 적용기준  $P_{th} = 2$ ,  $P_{ref} = 10$ 으로 설정하였다. 회전의 경우엔 미끄럼보다 더 많은 움직임에러가 발생하는데 이는 물체 표면상태, 파지력, 회전력 등 다양한 요소가 가미되어 많은 잡음을 발생시킨다. 특히 센서가 휘기쉬운(flexible) 특성을 가지고 있기 때문에 파지력에 따라서 센서가 틀어지는 등 변형이 일어날 수 있으므로 주의가 필요하다. 특히 회전의 경우 일반적인 출력특성이 나오기 어렵고 실험할 때마다 다양한 출력영상을 보이는 경우도 발생하였다. 이 경우 파지력과 필터링 변수 값을 적절하게 처리과정이 필요하다.

입력영상(a)와 결과 영상(c)를 DF의 적용기준  $P_{th} = 2$  택셀로 설정해 필터링하면 그림 (b)와 (d)를 얻을 수 있다. 움직임에 따른  $P_{diff}=12$ 로  $P_{ref} < P_{diff}$  이므로( $P_{ref}=10$ ,  $P_{diff}=12$ ) 에지 & 라인 불변량 방법을 사용하여 이동량을 구할 수 있다.

제안한 기법을 사용하면 미끄럼 2.5 택셀, 회전 23.96도의 이동 변동량을 구할 수 있다. 이는 실험 I보다 복합적인 에러로 인하여 특히 회전량에서 많은 에러가 발생했음을 알 수 있

다.

<표 2 > 실험 II 결과

입력 영상	결과 영상	이동	회전
택셀 수 288	276	잡음 발생	1택셀
필터링 후 247	242		
잡음 제거율 14.2%	12.3%		

• 에지&라인 불변량 방법 사용
• $P_{th} = 2$ 택셀
• C1(12,11),C2(14.5, 11.5)
• 이동 : 2.6
• 택셀(0.6 오차)
• 회전 : 24 degree(4 오차)

## 7. 결론

택타일 영상 분석을 통한 미끄럼 및 회전 감지 기능은 로봇이 작업중 물체와 그리퍼 사이의 정확한 위치정보를 제공해 줄 수 있다. 따라서 작업 대상체의 미끄럼이나 회전 등의 감지를 통해 위급한 상황에서 물체와 로봇을 보호 할 수 있으며 움직임량에 따른 보상도 가능한 중요한 정보로 사용될 수 있다. 그러나 적은 수의 택셀 영상을 사용해 정확한 움직임량을 감지는 매우 어려운 작업이다. 특히 동일한 물체의 일반적인 택타일 영상이 나오기까지 많은 반복적인 작업과 시행착오가 따르는 일이기도 하다. 따라서 적용기법 결정인자(Decision Factor)를 사용하여 보다 효과적인 택타일 영상처리 방법을 제안하였고 이를 모의실험과 센서를 사용한 실험을 통하여 미끄럼과 회전등의 물체 움직임에 대하여 보다 개선된 결과를 얻을 수 있었다.

## 참고 문헌

[1] R. Andrew Russel, Robot tactile sensing, Prentice Hall, 1990  
 [2] Howard R Nicholls, Advanced tactile

- sensing for robotics, World Scientific Series Vol. 5, 1992
- [3] Young-jae Lee, Chol Kwon, Jong-ho Park, Mingon Park, "A Tactile sensing algorithm in an adaptive Task Execution for an Intelligent Manipulator" ,SICE International session, Japan 1994, pp 867 ~ pp870
- [4] Russel,R.A.,"Tactile sensing and grasp security", Proceedings of IEEE International Workshop on Emerging Technologies and Factory Automation August 11-14, 1992 Melbourne, pp. 458-462
- [5] R.Andrew Russel an Simon Parkinson "Sensing surface shape by touch", Proceedings of the IEEE International Conference On Robotics And Automation, May 2-7, 1993, Atlanta, pp 423-428.
- [6] D.J. O'Brien and D.M. Lane, "Force and Slip Sensing for Dextrous Underwater Gripper", IEEE Int. Conf. Robotics and Autoamtin Belgium 1998 pp. 1052-1057
- [7] 이동과 축적과 회전에 불변인 실용적인 패턴시스템 전자공학회 1994. 10. 제 21권 10호 김희을 pp.1021-1028
- [8] 강성대, "불변 패턴인식 알고리즘의 비교 연구", 전자공학회, 1996. 8. 제33권 B편 제 8호 pp.30-41
- [9] Yunde Jiar, Kenjie Lee, Genchen Shi, "A High Resolution and High Compliance Tactile Sensing System for Robotic Manipulations", Proceedings of the 1993 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robotics and System, 1993 July pp. 1005-1009.
- [10] Rafael C. Gonzales Richard E. Woods, Digital Image Processing, Addison Welsley Publishing Company,1993
- [11] Scott E Umbaugh, Computer Vision and Image Processing, Prentice Hall, 1998
- [12] J.R.Parker, Algorithms for image processing and computer vision, Wiley computer publishing, 1997

이 영 재



1984년 충남대학교 전자 교육  
공학과 졸업(공학사)

1994년 연세대학교 전자공학과  
졸업(공학석사)

2000년 경희대학교 전자공학과  
졸업(공학박사)

1986년 1월~1995년 12월 LG이노텍  
(주)연구소(선임연구원)

1996년 3월~2000년 8월 신성대학 전자과  
조교수

2000년 9월~2002년 2월 혜천대학 컴퓨터게임  
전공 조교수

2002년 3월 ~ 현재 전주대학교 정보기술  
컴퓨터 공학부 전임강사

관심분야 : 컴퓨터 비전, 패턴인식, 컴퓨터게임,  
멀티미디어응용