

論 文

이동예지와 휴리스틱 탐색을 이용한 움직이는 물체의 경계추출

正會員 金 鍾 大* 正會員 金 聖 大* 正會員 金 在 均*

Boundary Extraction of Moving Objects using Moving Edge and Heuristic Search

Jong Dae KIM*, Seong Dae KIM*, Jae-Kyoon KIM* *Regular Members*

要 約 본 논문에서는 이동예지와 휴리스틱 탐색을 이용하여 움직이는 물체의 경계를 추출하는 간단한 방법을 제안한다. 실제 연속 영상에서 효율적으로 이동예지를 검출하는 방법을 제안하였으며, 그 결과 나타난 이동예지를 따라 간단한 휴리스틱 탐색을 수행하게 된다. 이상의 과정에서 나타나지 않은 움직이는 물체의 경계를 앞서 찾아간 선들의 끝점들로부터 휴리스틱하게 추출한다. 세 종류의 실제 연속영상에 제안한 방법을 적용하여 부 결과 적은 계산량으로 움직이는 물체의 경계검출이 가능함을 보였다.

ABSTRACT We present a method of boundary extraction of moving objects. We propose four methods for detecting moving edge pixels which can be located on the boundaries of moving objects. We select the best one after we test the above four methods to real image sequences. The portion of the boundaries of moving objects which is marked as moving edge pixels is searched along the moving edge pixels with simple heuristics. And the end points of the resultant line segments are utilized as the start points of the second stage heuristic search. This second stage search is performed for the boundaries of moving objects which is not marked as moving edge pixels due to various reasons. We test our algorithm for two real sequences and we find that this simple algorithm has good performance.

I. 서 론

영상을 해석하기 위하여 일반적으로 먼저 영상을 분할하고 그 분할된 영상을 표현하고, 그 다음 인식하는 과정을 거치게 된다. 이러한 일련의 과정 중에서 영상분할이란 어떠한 공통적인 성질을 가진 영역으로 분리시키는 과정이다.

*韓國科學技術院 電氣 및 電子工學科
Dept. of Electrical Engineering Korea Advanced
Institute of Science and Technology.
論文番號 : 89-25(接受1989. 3. 14)

근래에 들어서 자동감시장치, 자동추적장치를 위하여 시변영상에서의 영상해석에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있는데, 연구의 초점은 연속영상으로부터 움직임 정보를 찾아내고, 이를 이용하여 이동물체를 추출해 내는 것이다. 연속영상으로부터 이동물체의 이동벡터를 추정하고, 그 물체를 분리해 내는 작업은 시변 영상해석의 기본단계인데, 방법에 따라 화소를 이용하는 방법과 특징을 이용하는 방법, DP(Difference Picture)를 이용하는 방법 등으로 나눌 수 있다.¹⁾

화소를 이용하는 방법에는 다시 시공간경사법과 정합법으로 나눌 수가 있는데 전자는 속도가 작다는 가정을 해야 하고 후자는 계산시간이 길다는 단점이 있다.^{2) 3) 5)} 이 방법으로 움직이는 물체를 추출하기 위해서는 비슷한 이동벡터를 가지는 화소들을 grouping하는 작업이 필요하게 된다.^(2) 15)

특징을 이용하는 방법에서는 이동물체를 특징영역에서 추출하므로 비교적 빠른 방법이 되나 각 영상에서 영역 분할과 특징추출을 해야 하는 문제가 발생한다.^{13) 6)}

DP를 이용한 대표적인 방법으로는 Aggarwal 등이 제안한 영역확장법과 Jain이 제안한, DP의 영역 경계를 해석하여 물체의 이동정보를 추출하는 방법이 있다.^{7) 8) 9)} 이 방법들은 두 영상사이의 변화가 있는, 즉 움직임이 있는 부분인 DP 영역만을 처리하기 때문에 먼저 언급한 두가지 방법들 보다는 비교적 빠른 방법이 된다.

본 논문에서는 과거영상 및 현재 영상간의 차영상과 이들 영상에서의 공간경사 값을 이용하여 이동물체의 경계를 추출해 내는 새로운 방법을 제안한다. 제안 알고리즘은 크게 두 부분으로 구성되어 있는데 과거영상, 현재영상 및 차영상으로부터 이동에지(Moving Edge)를 검출하는 부분과 검출된 이동에지에 근거하여 휴리스틱탐색(Heuristic Search)를 이용한 이동경계추적(Moving Boundary Tracing) 부분으로 구성되어 있다. Martelli 등은 이 휴리스틱탐색을 이용하여 정지화상에서 물체의 경계를 검출하는 방법을 제안한 바 있다.

(10) 11 12 13)

제 II 장에서는 이동에지 검출방법들에 대하여

살펴보고, III 장에서는 이동경계추적 방법에 대하여, IV 장에서는 제안방법의 성능을 보여주기 위한 실험결과에 대하여 기술한다. 마지막으로 V 장에서는 결론을 맺는다.

II. 이동에지(Moving Edge)의 검출

Haynes와 Jain은 이동물체의 경계를 검출하기 위한 방법으로 이동에지란 개념을 도입하였다.¹⁴⁾ 이동에지의 원래 의미는 이동물체의 경계상의 화소인데 이러한 화소들을 추출해 내는 것은 쉬운 일이 아니다. Haynes등은 이동물체의 경계상에 있는 화소에서의 공간경사 값이 크고 또한 그 화소에서의 시간경사 값이 크기 때문에 아래와 같이 연산자를 이용하여 이동물체의 경계화소를 검출하고자 하였다.

$$|G_c(i, j)| * |D(i, j)|$$

여기서 $D(i, j)$ 는 현재 영상에서 과거영상을 빼 차영상을, $G_c(i, j)$ 는 현재영상의 (i, j) 에서의 공간경사값을 의미한다. 이 방법은 물체가 느리게 움직이고 경계에서의 밝기차가 큰 경우나, 밝기차는 작지만 움직임이 큰 경우 $|G_c(i, j)|$ 혹은 $|D(i, j)|$ 가 큰 값을 가지게 되는 특성을 가지고 있지만 이동물체의 모든 경계화소를 검출할 수는 없다. Haynes등이 제안한 이동에지 검출방법은 다음과 같다.

(이동에지 검출방법 I.)

만약 $|G_c(i, j)| * |D(i, j)| > th$ 이면 화소 (i, j) 는 이동에지이다. 여기서 th 는 임계치이다.

Haynes등의 방법과는 달리 다음과 같은 이동에지 검출방법도 생각할 수 있다. 이는 이동물체의 경계화소에서의 차영상 값의 절대치와 공간경사 값의 절대치가 크다는데 근거를 둔 것이다.

(이동에지 검출방법 II.)

만약에 $|G_c(i, j)| > th_1$ 이고 $|D(i, j)| > th_2$ 이면 화소 (i, j) 는 이동에지이다. 여기서 th_1 과 th_2 는 임계치를 의미한다.

이동물체의 경계화소들은 공간경사가 클 뿐만

아니라 이동물체이기 때문에 현재 영상에서의 경계화소와 같은 좌표점에서의 과거영상 공간경사값은 작다. 이러한 사실에 기초하여 다음과 같은 이동검출 방법을 생각할 수 있다.

(이동에지 검출방법 III)

만약에 $|G_c(i, j)| > th_1$ 이고 $|G_p(i, j)| < th_2$ 이면 점 (i, j) 는 이동에지이다.

여기서 $G_p(i, j)$ 는 과거영상의 공간경사 th_1 과 th_2 는 임계치이다.

이동물체가 이웃배경과의 밝기차이가 크 차영상의 공간에지는 이동물체의 경계화소의 위치에 대한 정보를 포함하게 된다. 이러한 관점에서 볼 때 다음과 같은 또 다른 이동에지 검출방법을 생각할 수 있다. 즉

(이동에지 검출방법 IV)

만약에 $|G_c(i, j)| > th_1$ 이고 $|G_{DP}(i, j)| > th_2$ 이면 점 (i, j) 는 이동에지이다. 여기서 $G_{DP}(i, j)$ 는 현재 영상에서 과거영상을 빼 차영상의 공간 경사값을, th_1 과 th_2 는 임계치를 뜻한다.

위와 같은 방법들로서 검출할 수 있는 이동에지는 이상적인 상황하에서는 이동물체의 경계화소가 되지만, 실제 상황에서는 그렇지 못한 경우도 발생하게 된다. 그리고 실제 이동물체와 경계화소라 할지라도 이상적인 상황에서조차도 이동에지로 검출되지 않는 경우도 존재한다. 이에 대한 원인은 사용한 방법에 따라 다소 차이가 있을 수 있지만 다음과 같이 크게 세가지로 요약될 수 있다.

- 잡음으로 인한 경우
- 복잡한 배경으로 인한 경우
- 이동물체의 경계가 이동후에 과거영상에서의 경계와 겹치는 경우

그림10에는 각 요인들에 의한 이동물체의 경계와 이동에지와와의 불일치를 보여주는 몇가지 예를 보인 것이다. 그림9의 A에 해당하는 부분을 보면 잡음에 의한 경우는 배경상에서 고립된 형태로 추출되기도 하고, 원래 잡음이 없는 경우에는 연결되어 있어야 할 이동에지들이 한두 화소 정도 떨어져는 현상이 일어나게 된다. 복잡한 배경이 존재할 때에는 이동물체의 경계와는 전혀 엉뚱한

곳에서 이동에지가 나타나기도 하고 배경내의 경계와 이동물체의 경계가 겹치는 경우이동에지가 검출되지 않기도 한다. 그림 10에서 그림9의 B에 해당하는 부분을 보면 배경의 에지가 이동에지로 나타난 것을 알 수 있다. 그리고 그림9의 C에 해당하는 부분을 보면 이동물체의 자신의 경계가 서로 겹쳐서 검출되지 않기도 하는데 물체가 자체의 경계 방향으로 이동할 경우 많은 부분의 경계가 이동에지로 검출되지 않게 된다.

위에서 관찰한 바와 같이 이동에지만으로는 이동물체의 경계를 완벽하게 추출할 수 없다. 그래서 본 논문에서는 이러한 이동에지로부터 Martelli가 정지화상에서 물체의 경계를 검출하는데 사용한 휴리스틱탐색(Heuristic Search)을 이용하여 이동물체의 경계를 검출하는 알고리즘을 제시하고자 한다.

III. 이동경계추적(Moving Bounday Tracing)

앞에서 살펴본 바와 같이 이동에지(Moving Edge)만으로 이동물체의 경계를 완전하게 검출할 수는 없지만 이동에지는 이동물체의 경계에 관한 많은 정보를 가지고 있기 때문에 이동물체의 경계를 추출할 수 있는 근거를 마련해 준다.

본 장에서는 이러한 이동에지로부터 어떻게 이동물체의 경계를 추출하느냐 하는 구체적인 알고리즘에 대하여 살펴본다.

잡음에 의한 영향은 사전에 저역여파기(Low Pass Filter)를 통과시켜서 줄일 수 있지만 복잡한 배경이나 자체 경계들끼리 겹침으로 해서 생기는 문제는 저역여파기 만으로는 해결할 수 없다. 이를 해결하기 위하여 제안된 방법은 크게 두가지 부분 즉 MBT-A(Moving Boundary Tracing-A)와 MBT-B(Moving Boundary Tracing-B)로 구성되어 있다. MBT-A는 검출된 이동에지들 중에서 이동물체의 경계와 일치하는 화소들을 추적, 검출해 내는 부분이고 MBT-B는 여러가지 요인들로 해서 이동에지로 나타나지 않은 이동물체의 경계를 찾아내는 부분이다.

MBT-A와 MBT-B는 동시에 수행할 수 있고, MBT-A를 먼저 수행한 다음 그 결과를 가지고 MBT-B를 적용할 수도 있는데 본 논문에서는 후자를 택하였다. 그 이유는 원래 영상들을 일단 저역여파(Low Pass Filtering)한다면 잡음에 의한 영향을 상당히 줄일 수 있기 때문에 MBT-A만으로도 이동물체의 경계의 대부분을 찾을 수 있기 때문이다.

이동물체 추적시에 사용되는 기본 알고리즘은 Martelli가 사용한 휴리스틱탐색과 비슷하지만 이동경계의 검출에 적합한 휴리스틱을 사용하였다. 휴리스틱탐색 방법에 관한 구체적인 설명은 참고문헌(10, 11, 12, 15, 16)를 참조하기 바란다.

III-1. 이동경계 추출을 위한 MBT-A 과정

본 과정은 움직이는 물체를 추출하기 위하여 이동에지에서 경계를 추적하는 과정으로서 휴리스틱 정보를 이용한 그래프 탐색 방법을 도입하였다. 즉 이동에지로 검출된 화소들은 node에 대응시키고, 한 node n_i 에서 인접한 node n_j 에 이르는 arc의 cost는 $c(n_i, n_j)$ 로 표시하고 다음과 같이 정의한다.

$$c(n_i, n_j) = \text{MAX} - (n_j \text{에서의 공간경사 값})$$

MAX : 공간경사의 최대값

본 과정을 수행하기 위해서는 먼저 start node를 찾아야 하는데 그림1의 (a)와 같은 3×3 mask를 이동하면서 이동에지가 3×3 mask의 중앙점을 일직선으로 존재하는지 본다. 그림1의 (b)와 같은 경우가 일어났을때 3×3 mask의 중앙에 해당하는 점이 start node가 된다.

A	B	C
H	Q	D
G	F	E

(a) 3×3 mask

1	1	
	1	
	1	1

(b) Start node

그림 1. Start node detection mask.

start node를 찾게 되면 이 node로부터 graph 탐색을 해야 하는데 이를 위하여 현재 node의 우세방향(dominant direction)을 이용하여 son node를 3개 발생시킨다. 여기서 우세방향이란 여태까지 탐색된 화소들 중에서 마지막 n개의 연쇄부호중에서 가장 빈번하게 발생되었던 부호에 대응하는 방향을 의미한다. 그림2는 n이 7일때의 한 예를 보인 것이다. 7개의 부호중에서 "7"이 두번 "0"이 다섯번 발생했으므로 화소 P에서의 우세방향은 "0"이 된다.

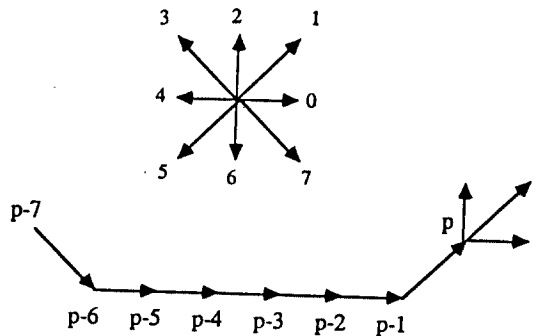


그림 2. 우세방향(Dominant Direction)의 한 예 (여기서는 "0"이 우세방향).

MBT-A를 수행하다가 더 이상의 son node가 존재하지 않으면 그점의 좌표를 저장한 다음 다시 start node로 가서 다른 방향에 대해서도 마찬가지로 수행한다. 그 결과 검출된 path의 전체 길이를 측정하여 그 길이가 주어진 문턱값보다 작다면 잡음에 의한 것이라 판단하여 그 start node로부터 추출한 path를 제거한다.

한 start node에 대한 MBT-A가 끝나면 또 새로운 start node를 찾아서 마찬가지로 과정을 수행한다. 그림3는 MBT-A의 흐름도를 나타낸 것이다.

III-2. MBT-B

MBT-A가 끝나면 이 과정에서 저장한 끝점 리스트(list)들로부터 MBT-B 과정을 수행한다. MBT-B에서는 MBT-A에서와는 달리 이동에지

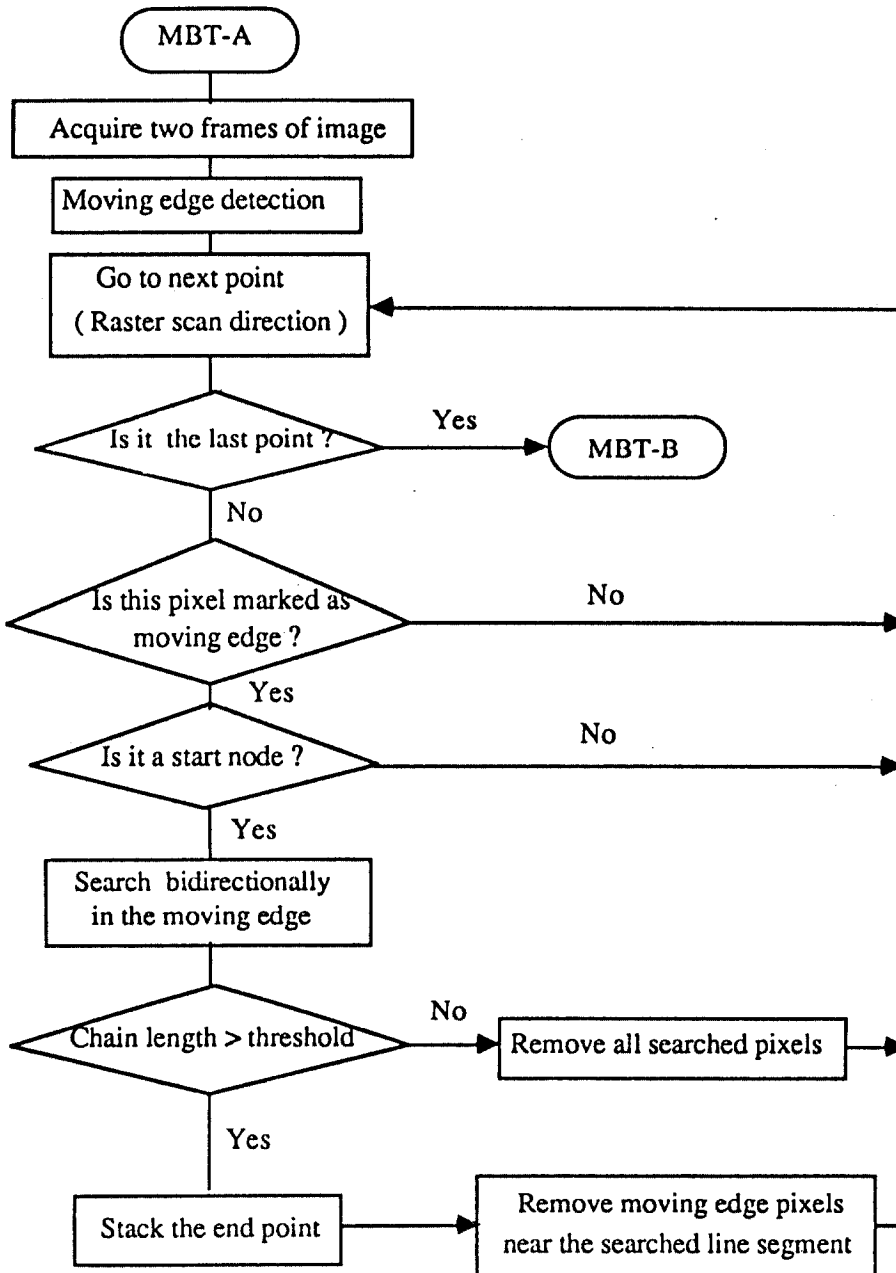


그림 3. MBT-A의 흐름도

가 없는 부분에서 움직이는 물체를 찾게 되는데 MBT-A에서 구한 끝점들이 start node가 되며, MBT-A에서 구한 line segment의 임의의 점이

goal node가 된다.

MBT-B에서는 참고문헌⁽⁴⁵⁾에서 제안한 휴리스틱 방법에다 다음과 같은 휴리스틱 정보(heuristic

information)를 사용하였다.

a. 가지치기 휴리스틱(Pruning Heuristic)

Open된 node의 depth가 현재 expand할 node의 depth에서 주어진 임계치(Pth)를 뺀 것보다 작으면서도 그 node까지의 전체 cost는 현재 expand 할 node보다 크다면 이 node로부터 더 이상 탐색할 필요가 적어진다. 이때 open된 node들 중에서 이러한 node들을 전부 제거한다면 우리가 탐색할 영역이 많이 감소된다.⁽⁴⁶⁾ 즉 탐색속도(search speed)가 빨라진다.

그림4는 이 휴리스틱의 예를 보였다. 흰 원은 open node를 가리키고 검은색 원은 closed node를 말하며 expand된 node들을 다. 화살표는 expand 되었을때 son들의 방향을 가리키고 각 원들은 실제 영상에서 화소 위치와 일치한다.

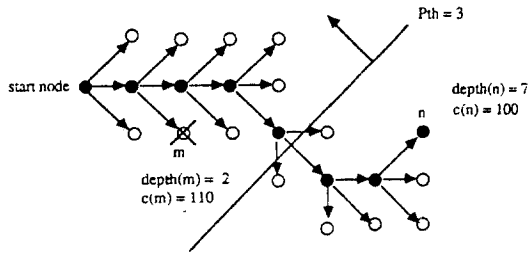


그림 4. 가지치기 휴리스틱(Pruning Heuristic)

현재 expand할 node가 n이라고 하고 n의 cost $c(n)$ 이 '100'이라고 하자. $depth(x)$ 는 node x의 father node를 따라서 start node까지 지나서 father node의 갯수를 말하며 그림과 같은 경우 $depth(n)$ 은 '7'이 된다. 이같은 경우 만일 가지치기 임계치 P_{th} 가 '3'이라고 하면 그림의 사선을 경계로 화살표 방향의 모든 open node들은 가지치기의 대상이 된다. 예를 들어 node m의 cost $c(m)$ 이 '110'이라고 하면 node m은 open node 리스트에서 제거한다.

b. 우세방향 휴리스틱(Dominant Direction Heuristic)

node을 expand할 때 son의 방향이 우세방향의 반대방향과 $\pm 45^\circ$ 이하이면 그 son은 open 하지 않는다. 물체경계가 급격히 변화하지 않는다는

것을 가정하면이 휴리스틱을 사용할 수 있다. 공간에지 성분이 강해서 넓게 퍼져 있다면 작은 원을 그리며 탐색과정중에 지나온 길과 마주치게 되는데 이 휴리스틱을 사용해서 방지할 수 있다.

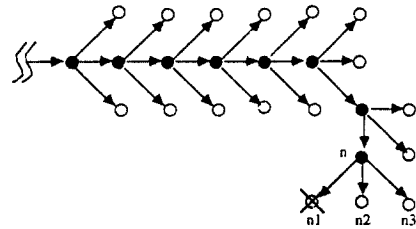


그림 5. 우세방향 휴리스틱(Dominant Direction Heuristic)

예를 들어 그림5를 살펴보면 node n에서 우세방향은 그림2와 마찬가지로 '0'이 된다. node n을 expand하면 node n_1, n_2, n_3 3개의 son이 생기는데 그중 n_1 은 방향이 '5'가 되어 우세방향 반대방향인 '4'와 45° 차이이다. 그래서 node n_1 은 open 하지 않고 n_2 와 n_3 만을 open 한다. 참고문헌⁽⁴⁷⁾에서 node의 cost로써 공간에지의 크기외에 지나온 길의 구부러진 정도를 추가했는데 본 논문에서 사용한 우세방향 휴리스틱은 전술한 cost의 아주 간단한 형태로 볼 수 있다. 이와같이 간단하게 휴리스틱을 사용해도 되는 이유는 MBT-B에서 찾아야 할 길(path)이 아주 짧거나 길다면 직선이기 때문이다.

c. Depth 휴리스틱

Open 되는 node의 depth가 충분히 크지만 goal node를 구할 수 없을때 이 node는 제거한다. 탐색과정에서 배경의 공간에지에 들어서면 cost가 작아서 계속 찾게 된다. 이동에지로 나타나지 않는 공간에지 부분은 길이가 작기 때문에 depth가 충분히 큰데도 goal이 나타나지 않는다면 전술한 상황이 발생했다는 것을 알 수 있다. 그래서 depth 임계치 D_{th} 를 두어 D_{th} 보다 큰 node는 open 하지 않는다.

d. Cost 휴리스틱

MBT-A와 마찬가지로 cost를 구성하지만 MAX 값을 전체 공간에지의 최대값을 취하는

것이 아니라 끝점에서부터 MBT-A에서 구한 line segment를 따라 주어진 화소만큼 공간에지를 평균한 LED(local edgeness)를 사용하였다. 만일 현재 node의 공간에지가 LED 보다 크면 cost는 '0'로 하고 작다면 LED에서 공간에지를 뺀값을 cost로 사용했다.

$$c(n, n_1) = \begin{cases} 0 & \text{LED} < G(n_1) \\ \text{LED} - G(n_w) & \text{otherwise} \end{cases}$$

여기서 $G(n_1)$ 는 n_1 에서의 공간에지값이다.

이상과 같은 휴리스틱을 사용하여 탐색하다가 goal node를 찾거나, 더 이상 open된 node가 없으면 주어진 끝점에서의 탐색을 끝낸다. 탐색이 끝나면 이 끝점을 끝점 리스트에서 제거하고 다른 끝점에서 위와 같은 과정을 반복한다. (그림6, 7, 8)은 MBT-B의 흐름도를 나타낸다.

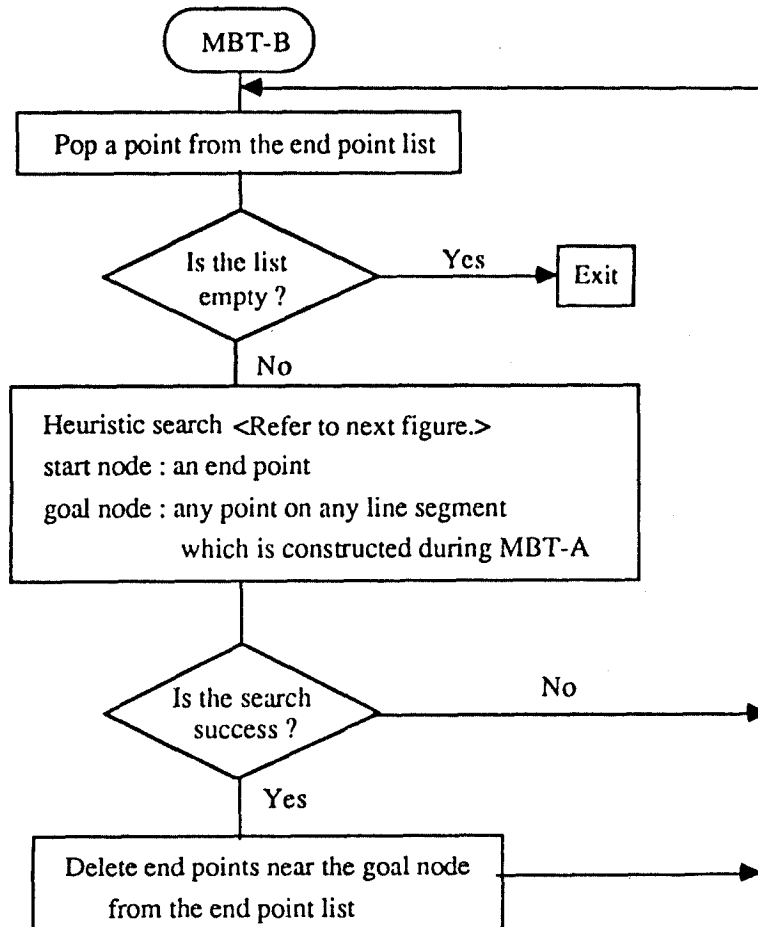


그림 6. MBT-B 흐름도

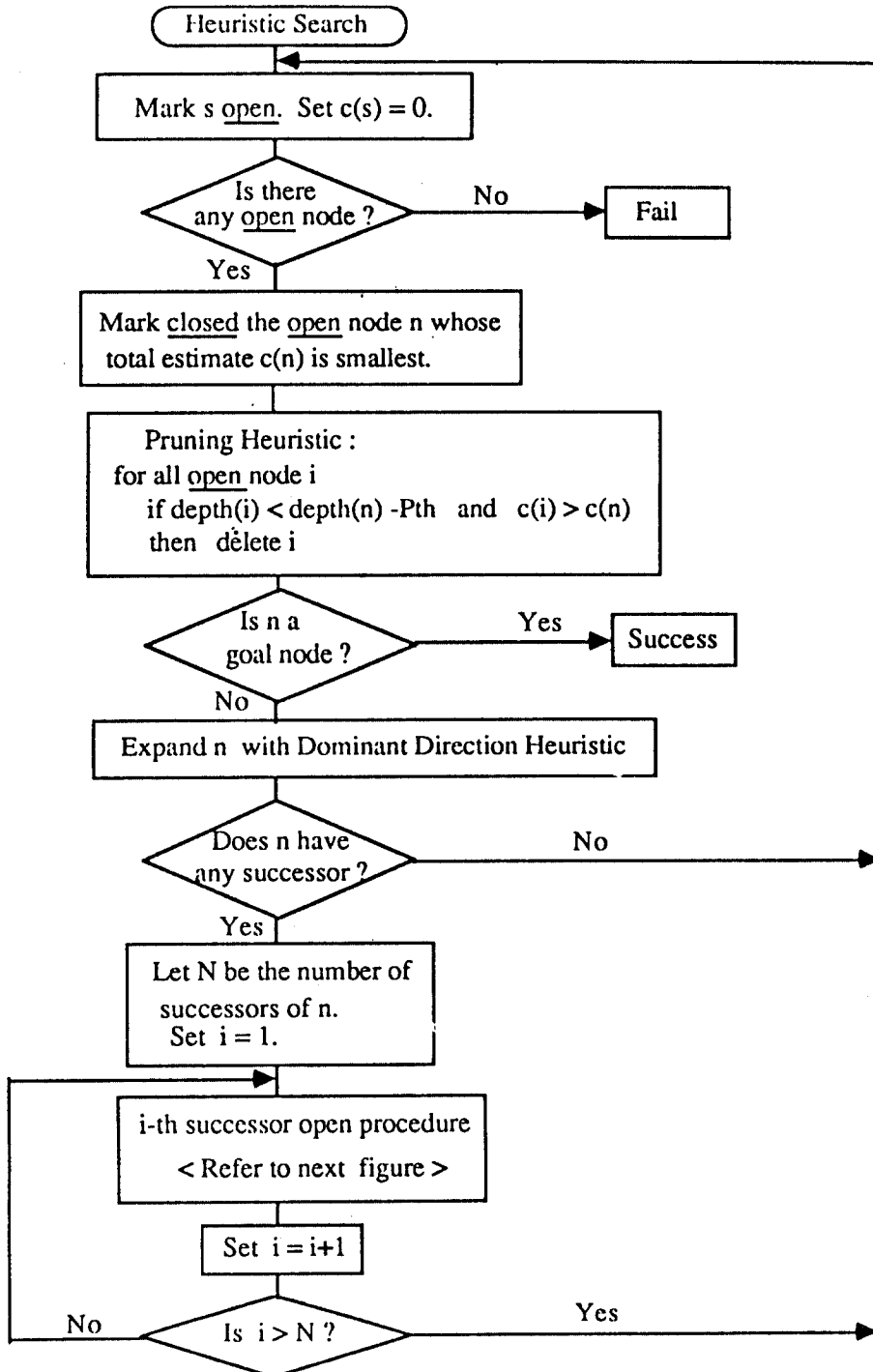


그림 7. 휴리스틱 탐색(Heuristic Search)

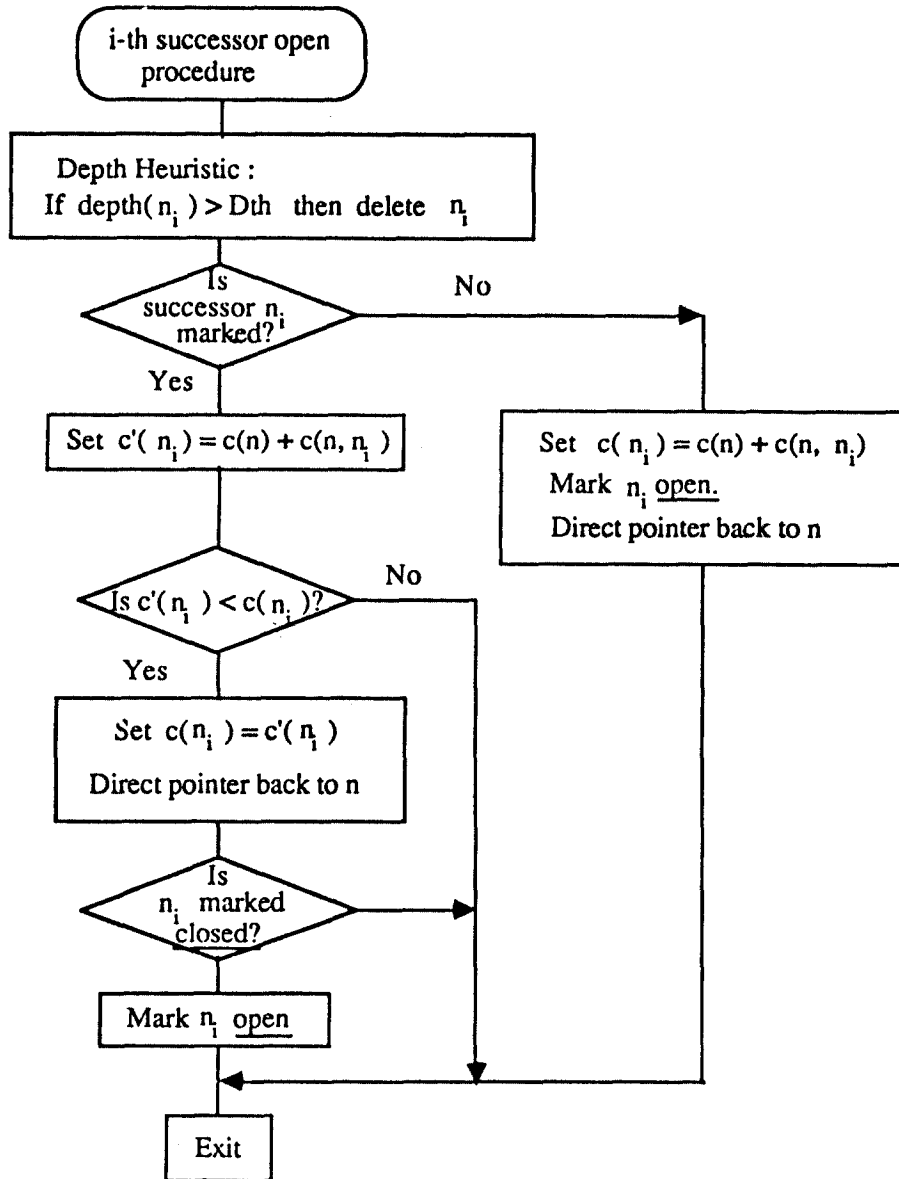
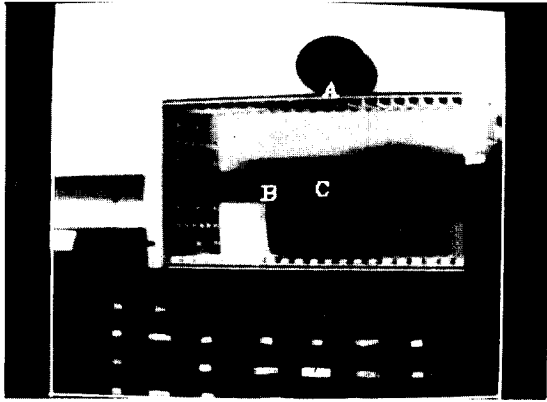


그림 8. i-th successor open procedure.

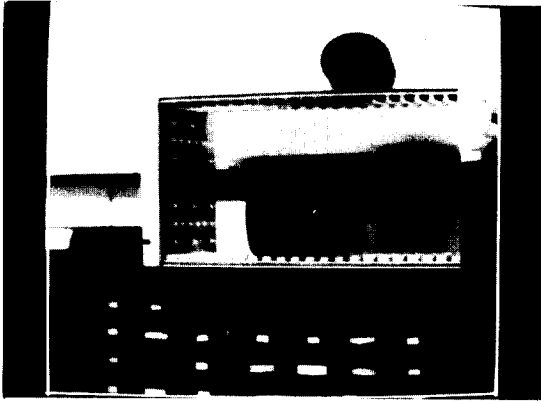
IV. 실험 및 결과

본 논문에서는 여러가지 연속영상(Image Sequence)에 대하여 실험하고 그중에서 두개의

연속영상에 대해서 결과를 보였다. 두개의 연속 영상에 대하여 각각 IS_1 , IS_2 라고 명명했다. IS_1 은 그림9에서 보듯이 위 부분의 둥근 물체가 왼쪽으로 움직였고 아래의 사각물체는 오른쪽으로 움직



(a) IS₁의 현재 Frame



(b) IS₁의 과거 Frame

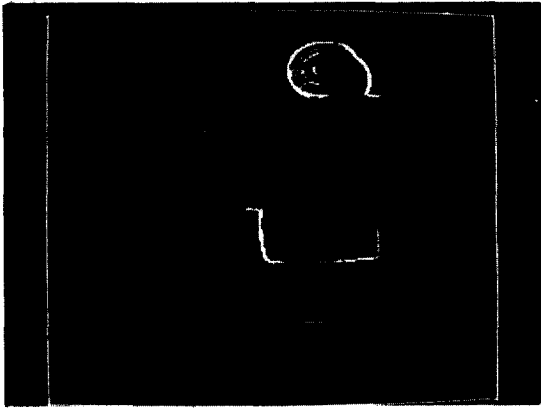
그림 9. 실험 연속영상 IS₁의 현재 Frame과 과거 Frame 위의 둥근 물체는 왼쪽으로 아래의 사각물체는 오른쪽으로 움직였음.

인 연속영상이다. 그림10은 네가지 이동에지 검출 방법으로 이동에지를 검출한 결과를 보인 것이다. 이동에지 검출방법 I에 의하면 그림10의 (a)에서 보듯이 작은 contrast의 공간에지도 frame difference가 크며 이동에지로 검출되는 것을 알 수 있다.(위의 둥근물체 내부에 나타난 이동에지들) 반면에 이동에지의 크기가 차이가 많이 나서 global thresholding을 할 경우 contrast가 작은 부분은 약하게 나타난다.(아래 사각물체의 우측 윗 부분) 그러나 이동에지 검출방법 II, III, IV는 이동에지의 크기를 정의하지 않고 공간에지 혹은 frame difference를 각각 thresholding

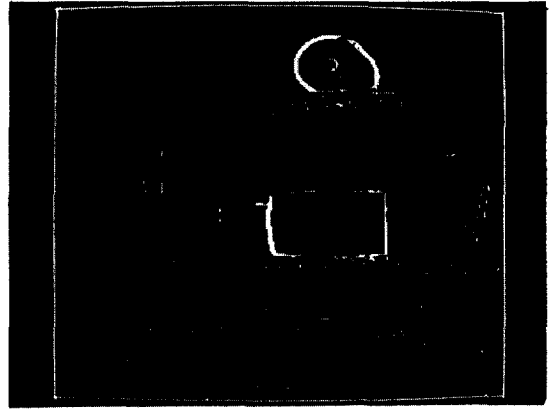
하기 때문에 위에서 말한 경향이 심하지 않다. 네가지 방법 모두에게 공통적으로 움직이는 물체의 공간에지가 겹쳐지는 경우에 이동에지가 나타나지 않지만 이동에지 검출방법 IV만은 직선성이 강한 공간에지가 겹쳐지지만 않으면 즉각을 가지고 교차하면 그 교차점이 검출되는 것을 알 수 있다.(위의 둥근 물체의 꼭대기 부분).

각 이동에지 검출 방법의 임계치를 얻기 위하여 여러가지 방법을 사용할 수 있겠지만 본 논문에서는 임계치를 변화해가면서 주관적인 평가(subjective test)를 행하였다. 이동에지 검출 방법 I은 한개의 임계치만 있으므로 그것을 변화시켜가면서 이동에지가 어떤 형태로 나타나는가를 조사하였다. 그림10의 (a)에서 아래 사각 물체의 우측 윗부분이 나타나게 하려면 임계치를 낮춰야 하는데 그럴 경우 위 둥근 물체 내부(frame difference가 크고 공간에지가 작은 부분)가 점점 많이 나타난다. 이것은 전술한 대로 이동에지가 크기차가 많이 나타나는 때문이다. 따라서 단순히 global thresholding으로 이동에지를 구하는 본 논문의 목적에는 타당치가 않다.

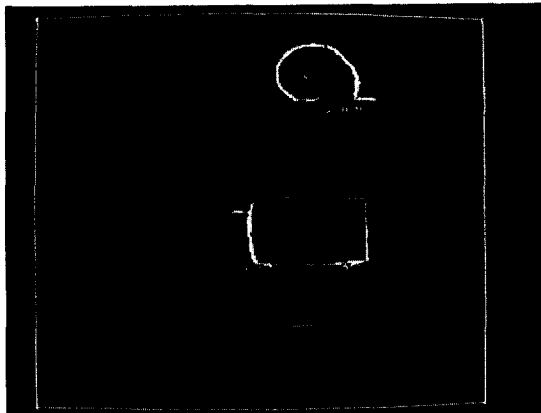
이동에지 검출방법 II, III, IV는 공통적으로 현재 영상의 공간에지를 먼저 구한 다음에 그중 움직였다고 생각되는 공간에지 부분을 찾기 위한 mask로서 어떤 것을 사용할 것인가 하는 문제로 바뀌 생각할 수 있다. 그러므로 현재 영상의 공간에지를 먼저 구해놓고 생각할 수 있다. 이때도 여러가지로 임계치를 구하는 방법을 생각할 수 있지만 주관적인 평가로 임계치를 구해 3가지 방법 모두에 적용하였다. 다음에 mask를 위한 임계치(th_2)를 고려해 보자. 먼저 이동에지 검출방법 II에서는 mask로서 frame difference가 th_2 보다 큰 것을 택하는데 역시 현재 영상의 공간에지에서 움직인 물체의 공간에지를 가장 많이 포함하는 임계치를 주관적 평가로 구하였다. 움직인 물체의 공간에지를 많이 포함하기 위해서는 임계치를 낮춰야 하는데 너무 낮추면 잡음에 의해 생긴 frame difference가 움직이지 않은 배경의 공간에지를 추려내게 된다. 이동에지 검출방법 III은 과거영상에서 공간에지가 임계치 th_2 보다 작은 영역을 찾아내서 mask로 사용한다. 그러므로



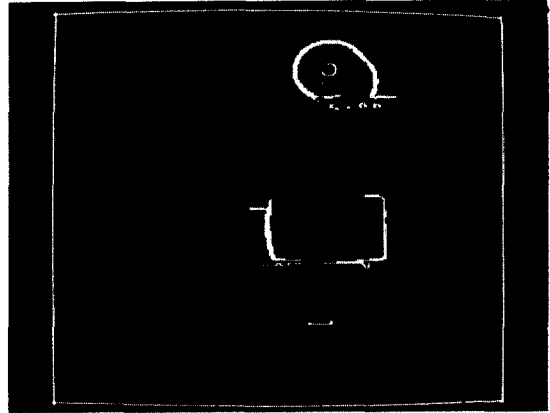
(a) 이동에지 검출방법 I에 의한 IS₁의 이동에지



(c) 이동에지 검출방법 III에 의한 IS₁의 이동에지



(b) 이동에지 검출방법 II에 의한 IS₁의 이동에지



(d) 이동에지 검출 방법 IV에 의한 IS₁의 이동에지

그림 10. 실험 연속 영상 IS₁의 이동에지

현재 영상의 공간에지를 위한 임계치 th_1 보다 조금 작게 잡아서 배경의 공간에지를 충분히 걸러내야 한다. 이때는 너무작게 잡으면 현재 영상의 움직인 물체의 공간에지 부분에 과거영상의 공간에지 때문에 이동에지가 끊어지거나 없어지게 된다. 이동에지 검출방법 IV는 frame difference의 공간에지를 thresholding한 영상을 mask로 사용한다. 이것은 전술한 방법 II와 마찬가지로 임계치를 낮추면 배경의 공간에지가 이동에지로 나타난다.

본 논문에서는 이동에지 내부에서만 물체의 경계를 추적해도(MBT-A), 많은 부분을 추출해 낼 수 있는 이동에지 검출방법 IV를 사용하였다.

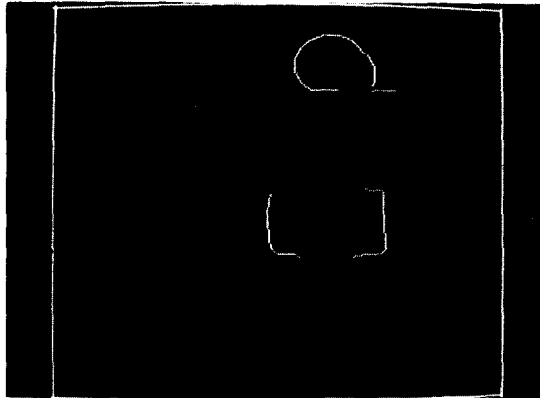
그렇게 함으로써 MBT-A의 결과로 생기는 line segment 수를 줄이고 cost가 많이 드는 MBT-B를 간단하게 할 수 있다.

MBT-B에서는 세계의 임계치가 사용되는데 이들의 값은 우리가 다루고자 하는 영상에 관계가 깊다고 할 수 있다. 모양에 따른 이동(shape dependent motion)은 대개의 경우 없다고 볼 수 있기 때문에 depth 휴리스틱의 depth 임계치 D_{th} 는 크지 않다고 볼 수 있다. IS₁의 사각물체나 IS₂의 우측의 사각물체 등과 같은 직선이 많은 물체가 움직일 때는 그 물체의 긴 쪽의 길이를 임계치 D_{th} 로 책정하는 것이 타당할 것이다. 그것은 긴

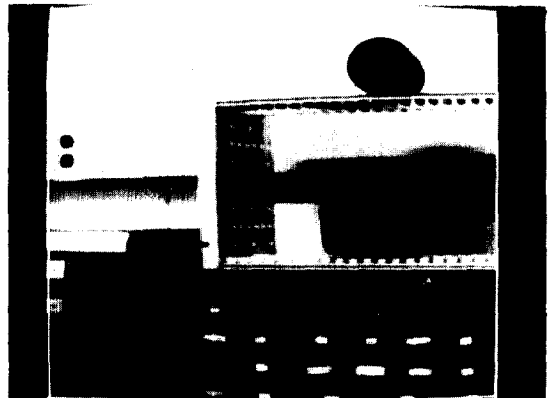
쪽을 따라 모양에 따른 이동을 할 경우를 대비하기 위한 것이다.

다음에 가지치기 휴리스틱의 임계치 P_{th} 는 작은 것이 좋다. 왜냐하면 공간에지가 이동에지로 나타나지 않는 구간은 짧거나 길다면 모양에 따른 이동으로 인한 직선일 가능성이 높기 때문이다. 특히 공간에지가 작은 부분에서는 탐색되는 범위 즉 open되는 node의 범위가 넓어지는데 이런 부분에서는 P_{th} 를 작게 두어서 (예를 들면 '3') 좁은 쪽으로 탐색해 나가는 것이 주변의 배경 공간에지로 탐색이 흐르는 것을 막을 수 있다.

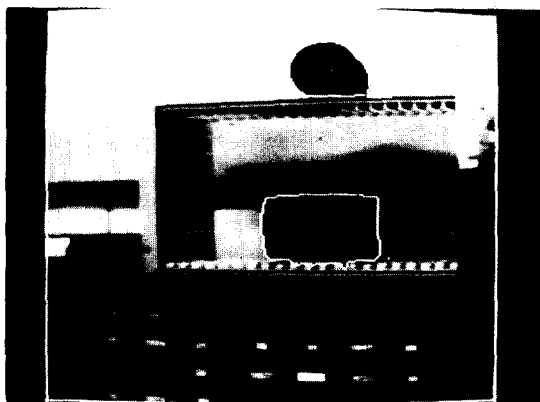
그림11은 IS_1 에 MBT-A와 MBT-B를 수행한 결과들이다. 그림11의 (a)는 boundary tracing 결과만을 나타내고, (b)는 IS_1 의 현재 frame에 겹쳐서 보인 것이다. (a)에서 흐린선은 MBT-B의 수행결과이다. 위의 둥근 물체 아래쪽에 나타난 잘못된 boundary는 둥근물체의 그림자가 가렸던 배경의 경계로 이후의 처리과정(인식, feature 추출) 등에서 처리될 수 있을 것이다. 이 line segment의 끊어진 끝점에서도 MBT-B가 수행되지만 III-2절의 depth 휴리스틱에 의해 선이 연장되지는 않는다.



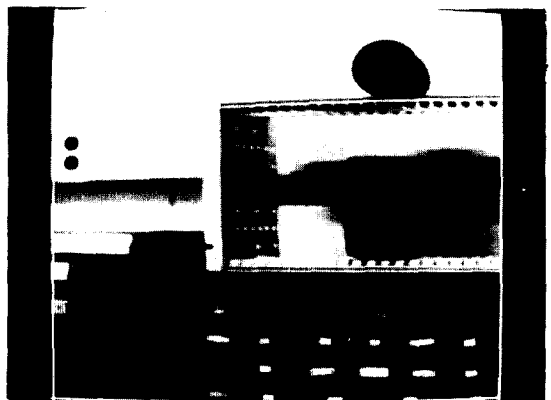
(a) IS_1 에 대하여 MBT를 수행한 결과
(진한선은 MBT-A의 결과이고
흐린선은 MBT-B의 결과이다).



(a) IS_2 의 현재 Frame



(b) IS_1 의 현재 Frame에 Boundary Tracing
결과를 겹친 그림



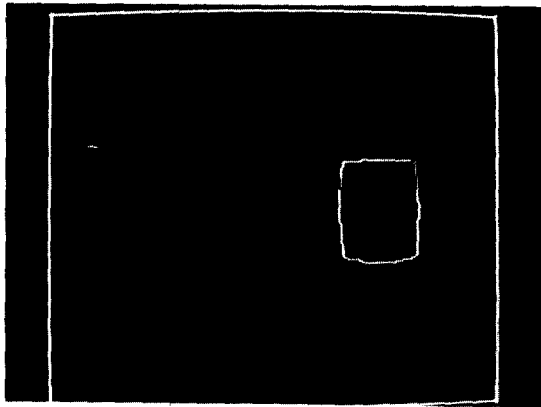
(b) IS_2 의 과거 Frame

그림 11. 실험 연속 영상 IS_1 에 대한 결과

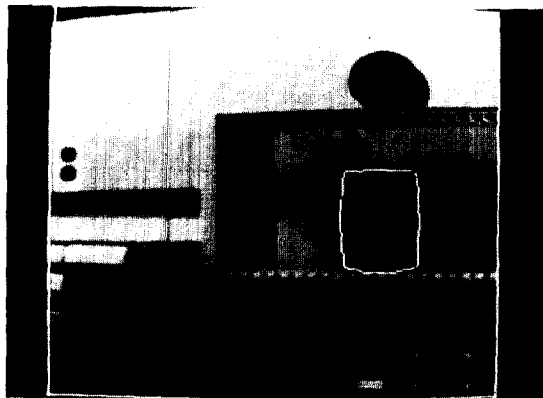
그림 12. 실험연속영상 IS_2 의 현재 Frame과 과거 Frame
아래의 사각 물체가 90° 회전했음.

사각물체의 아래 부분은 배경이 occlude되어 움직인 물체에 합쳐진 것을 보인다.(rack의 홈이 물체인 것처럼 segmentation 되었다).

그림12는 물체가 돌아갈 때도(Rotation) 제안한 알고리즘이 성립한다는 것을 보인다. 그림13의 (a)에서 보듯이 배경이 어느위 이동에지가 나타나지 않지만 III.2절의 우세방향 휴리스틱과 가지치기 휴리스틱에 의하여 에지를 검출한 것을 알 수 있다. 특히 만일 region growing 방법을 사용한다면 이 부분에서 배경을 흡수하게 되는데 본 알고리즘에 의하여 극복할 수 있다.



(a) IS₂에 대하여 MBT를 수행한 결과



(b) IS₂의 현재 Frame에 Boundary Tracing 결과를 겹친 그림

그림 13. 실험 연속 영상 IS₂에 의한 결과

V. 결 론

본 논문에서는 이동에지와 휴리스틱 탐색을 이용하여 이동물체를 분리해 내는 알고리즘을 제안하고 두가지 실험 연속 영상에 대하여 실험했다. 이동에지만으로 움직이는 물체에 대하여 많은 정보를 얻을 수 있지만 최종적인 인식을 위하여는 끊어진 이동에지의 연결이 필요하다. 이동에지가 끊어지는 이유를 이용하여 휴리스틱 탐색을 하면 끊어진 이동에지를 연결할 수 있으며 실험영상들과 같은 비교적 간단한 영상에서는 물체를 간단히 분리해 낼 수 있다. 특히 이동에지가 끊어지는 구간은 짧거나 길다면 직선이기 때문에 강한 휴리스틱을 사용할 수 있다는 장점이 있다.

영상을 처리하는데 frame grabber만을 가지고 있는 간단한 image processing system을 사용한다고 하면 본 논문에서 제안한 알고리즘은 영상을 access하는 양이 작기 때문에 참고문헌^{7, 8, 9}에서 제안한 region growing 방법보다 훨씬 유리할 것이다. 특히 부분적으로 배경이 occlude된 것은 휴리스틱 탐색에 의하여 극복할 수 있는 장점이 있다.

본 연구는 한국과학재단의 차관연구비의 지원으로 수행되었음.

參 考 文 獻

1. W.N. Martin and J.K. Aggarwal, "Dynamic scene analysis: A survey.", Computer Graphics and Image Processing 7, 1978, 356-374.
2. W.B. Thompson, "Combining Motion and Contrast for Segmentation", IEEE Trans. on Pattern Anal. and Machine Intel., Vol. PAMI-2, No. 6, 1980, 543-549.
3. J.L. Potter, "Scene Segmentation Using Motion Information", Computer Graphics and Image Processing, Vol. 6, 1977, 558-581.
4. W.N. Martin and J.K. Aggarwal, "Computer Analysis of Dynamic Scenes Containing Curvilinear Figures", Pattern Recognition, Vol. 11, 1979, 169-178.

5. C.L. Fennema and W.B. Tompson, "Velocity Determination in Scenes Containing Several Moving Objects", Comput. Graphics and Image Process., Vol. 9, 1979, 301-315.
6. S.T. Barnard and W.B. Tompson, "Disparity Analysis of Images", IEEE Trans. Pattern Anal. and Machine Intel., Vol. PAMI-2, 1980, 333-340.
7. R. Jain, W.N. Martin and J.K. Aggarwal, "Segmentation through the detection of changes due to motion", Computer Graphics and Image Processing 11, 1979, 13-34.
8. R. Jain, "Extraction of Motion Information from Peripheral Processes", IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell. PAMI-3, 1981, 489-503.
9. S. Yalamanchili, W.N. Martin, and J.K. Aggarwal, "Extraction of Moving Object Descriptions via Differencing", Computer Graphics and Image Processing 18, 1982, 188-201.
10. A. Martelli, "Edge Detection Using Heuristic Search Methods", CGIP 1, Aug. 1972, 169-182.
11. A. Martelli, "An Application of Heuristic Search Method to Edge and Contour Detection", Comm. ACM 19, Feb. 1976, pp. 73-83.
12. U. Montanari, "On the Optimal Detection of Curves in Noisy Pictures", Commun. ACM 14, No. 5, May, 1971, 335-345.
13. M. Yachida, M Ikeda, and S. Tsuji, "A Plan-Guided Analysis of Cineangiograms for Measurement of Dynamic Behaviour of Heart Wall", IEEE Trans. PAMI-2, 537-543.
14. S.M. Hayns and R. Jain, "Detection of Moving Edges", Comput. Vision, Graphics, Image Process. 21, 1983, 345-368.
15. N. J. Nilsson, "Principles of Artificial Intelligence," Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1982.
16. J. Pearl, "Heuristics," Addison-Wesley Publishing Company, 1984.



金鍾大(Jong Dae KIM) 正會員
 1959年12月17日生
 1982年2月: 서울大學校 電子工學科 工學士.
 1984年2月: 韓國科學技術院 電氣 및 電子工學科 碩士學位 取得.
 現在: 韓國科學技術院 電氣 및 電子工學科 博士課程 在學中, 主關心分野는 영상처리 및 Computer Vision 등임.



金聖大(Seong Dae KIM) 正會員
 1953年12月26日生
 1977年2月: 서울大學校 電子工學科 學士學位 取得.
 1979年2月: 韓國科學技術院 電氣 및 電子工學科 碩士學位 取得.
 1983年12月: E. N. S. E. E. I. H. T 博士學位取得
 1984年9月~現在: 韓國科學技術院 電氣 및 電子工學科 助教授. 主關心分野는 영상인식, 영상부호화 및 영상처리 3 차원물체인식, 이동물체추적 등임.



金在均(Jae Kyoon KIM) 正會員
 1938年9月17日生
 1958. 4~1962. 2: 韓國航空大學 應用電子科(工學士)
 1962. 3~1967. 2: 서울大學校 大學院 電子工學科(工學碩士)
 1967. 9~1971. 8: 美國 남가주大學校 大學院 電氣工學科(工學博士)

1962. 4~1966. 7: 空軍服務 中尉
 1967. 9~1972. 3: 美國 남가주 大學校(研究院)
 1972. 4~1973. 3: 美國 NASA GSFC(研究院)
 1973. 4~現在: 韓國科學技術院 教授
 1984. 1~1985. 6: 科學技術處 電氣·電子조영관