인간의 지각적인 시스템을 기반으로 한 연속된 영상 내에서의 움직임 영역 결정 및 추적

정 미 영, 최 석 림
세종대학교 전자공학과 영상통신연구실
전화 : 02-3408-3828 / 핸드폰 : 011-9857-3141

Object Motion Detection and Tracking Based on Human Perception System

Mi-Young Jung, Seokrim Choi
Dept. of Electrical Engineering, Sejong University
E-mail : arysoo@sju.ac.kr

요 약

This paper presents the moving object detection and tracking algorithm using edge information base on human perceptual system The human visual system recognizes shapes and objects easily and rapidly. It's believed that perceptual organization plays on important role in human perception. It presents edge model(GCS) base on extracted feature by perceptual organization principal and extract edge information by definition of the edge model. Through such human perception system I have introduced the technique in which the computers would recognize the moving object from the edge infomation just like humans would recognize the moving object precisely.

I. 서론

동영상에서의 움직임 영역을 검출하고 추적하는 기법은 현재까지 활발히 연구가 진행되어 오고 있다. 그러나 사람의 시각을 대신하여 컴퓨터가 움직임 영역을 결정하고 추적하는 데는 많은 한계가 따른다. 한계를 극복하기 위해선 우선 사람의 시각 시스템의 연구가 필요함과 동시에 입력된 영상 내에 어떠한 영상처리 알고리즘을 적용하여 특징적인 정보를 추출할 것인가가 중요한 사항이 된다. 이 입력 영상의 특징을 추출하기 위한 분석 과정은 컴퓨터 비젼 분야에서 기본이 되고, 가장 핵심이 되는 중요한 단계이기도 하다. 기존의 움직임 물체 결정 및 추적기법들은 연속된 영상의 차를 통한 차 영상의 통계적인 분포[4]로 움직임 물체를 결정하고 추적하였다. 이 기법은 복잡한 배경에서도 움직임 물체를 쉽게 분리해 낼 수 있는 장점이 있지만, 영상마다 잡음의 분포도가 달라지기 때문에 통계적인 분포를 통한 방법에는 많은 문제점들이 있다. 또한, 움직임이 없는 영상에 대해서 움직임이 있다고 판단하는 오류가 발생하는 단점을 갖고 있었다. 본 논문에서는 영상 내의 특징적인 정보를 추출하기 위한 분석 단계로 2.1장에서 에지 검출 기법인 1차 미분과, 2차 방향 미분 및 Zero-Crossing 기법을 소개한다. 실제 인간의 시각 시스템은 물체나 형태 등을 인식하는데 있어서 매우 빠른 속도록 손쉽게 이루어진다. 이것은 지각 체계화(Perceptual Organization)가 인간의 지각에 중요한 역할을 한다고 믿기 때문이다. 2.2장에서는 인간의 시각 시스템에 대한 설명과 더불어, 이 특성을 기반으로 한 에지 모델[1][2]을 제시한다.2.3장에서는 2.2장에서 제시한 에지 모델을 통해 에지 기법을 적용하여 에지 정보를 결정한다. 2.4장에서는 이전 영상과 현재 영상의 에지 정보를 통해 움직임 영역을 결정하고 추적하는 기법을 제시한다. 3장에서는 위에서 소개한 기법을 적용한 실험 영상을 보여주며, 마지막으로 4장에서 본 논문에 대한 결론을 언급한다.

III. 에지 영상을 기반으로 한 움직임 영역 결정 및 추적

2.1 1차 미분, 2차 방향 미분 및 Zero-Crossing 기법

본 논문에서는 입력된 영상의 에지 검출을 위해 1차 미분, 2차 방향 미분 및 Zero-Crossing기법을 사용하였다. 1차 미분 식은 다음과 같다. f_x 는 x 방향에 대한 1차 미분을 f_y 는 y 방향에 대한 미분을 나타낸다.

$$f_x = f(x+1, y) - f(x, y) \quad \cdots\cdots(1)$$

$$f_y = f(x, y+1) - f(x, y) \quad \cdots\cdots(2)$$

또한, 1차 미분은 식(1)(2)를 통해 에지에 대한 방향과 크기를 결정할 수 있다. 에지의 크기(Magnitude)는

$$f(x, y) = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} \quad \cdots\cdots(3)$$

이고, 에지의 방향(Direction)은

$$\theta = \tan^{-1}\frac{f_y}{f_x} \quad \cdots\cdots(4)$$

와 같다.

2차 방향 미분은 아래와 같다. f_{xx} 는 x 방향에 대한 2차 미분을 나타내고, f_{yy} 는 y방향에 대한 2차 미분을 나타낸다. f_{xy} 는 대각선 방향에 대한 2차 미분을 타나낸다.

$$f_{xx} = f(x-1, y) - 2f(x, y) + f(x+1, y) \quad \cdots\cdots(5)$$

$$f_{yy} = f(x, y-1) - 2f(x, y) + f(x, y+1) \quad \cdots\cdots(6)$$

$$f_{xy} = f(x-1, y-1) - f(x+1, y-1) - f(x-1, y+1) + f(x+1, y+1) \quad \cdots\cdots(7)$$

위 와 같은 미분 값 들을 이용하여 아래의 식으로 2차 방향 미분 값을 결정한다.

2차 방향 미분 값 =

$$\frac{f_x^2 \times f_{xx} + 2 \times f_x \times f_{xy} \times f_y + f_y^2 \times f_{yy}}{\sqrt{f_x^2 + f_y^2}} \quad \cdots\cdots(8)$$

2차 방향 미분을 통한 결과 영상은 에지 화소 부근에서 부호가 바뀌는 Zero-Crossing현상이 나타난다. 그래서 이 Zero-Crossing화소를 찾는 처리 과정이 필요하다. 먼저 Zero-Crossing현상이 일어나는 화소인지를 판단한 후, 맞을 경우 그 화소를 중심으로 3×3윈도우를 통과시켜 1차 미분을 통해 결정된 크기의 평균값과 임계 값을 통하여 그 이상일 경우 에지라 결정 한다. 이 방법은2.3장 에지 자취를 추적하는 과정에서 초기 에지 화소를 결정하는데 사용된다. 초기 에지 화소를 시작으로 에지 자취를 추적하기 위해서 본 논문에서는 1차 미분의 크기 값과 방향 값에 대한 정보를 사용한다.

2.2 인간의 시각 시스템 및 에지 모델(Edge Model)

인간의 시각 시스템은 매우 쉽고 빠르게 형태를 인식하고, 움직임 물체를 추적하는 능력이 있다. 이런 능력은 대상물체를 의심 없이 지각하는 어떤 심리적 메커니즘이 인간 내부에 존재하기 때문이다. 이러한 심리적 메커니즘은 인간의 지각 과정에서 지각 체계화(Perceptual Organization)라는 것이 중요한 역할을 한다고 믿고 있기 때문이다. 지각 체계화라는 것은 예를 들어, 어떠한 장면을 구성하고 있는 성분들을 같은 의미(Meaningful) 있는 대상으로 묶거나 더 큰 단위로의 그룹화를 통해 대상을 지각하는 과정을 말한다. 이런 의미 있는 성분들을 분할하거나 큰 단위로 그룹화 되는 데는 지각 체계화의 원리 즉 게슈탈트 요인이라는 근접성(Proximity), 유사성(Similarity), 연속성(Continuation), 폐쇄성(Closure)등에 따른다. 그림 1은 위와 같은 지각 체계화의 원리와 형태(Shape)의 불변함(Constancy)을 통해 인간의 시각적인 지각 조직도를 나타내고 있다. 이러한 원리를 통해 결국에 최하위 레벨인 에지 조각(Edge Segments, ES)에 의하여 구성되어지고 그룹화 되어 대상 물체를 인식할 수 있다는 것을 알 수 있다.

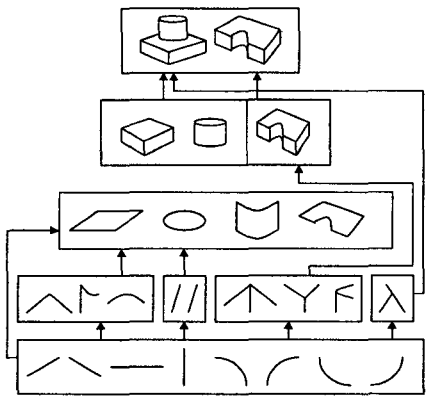


그림 1. 인간의 시각적인 지각 조직도

심리학적인 시험을 통하여 Rock과 Fischler[3]는 2차원적인 에지 곡선들을 분할하기 위한 세 가지 기준을 제시하였다.

1. 불 연속적인 위치
2. 분할된 에지 조각(ES)으로 형태를 재구성 했을 때 원래의 모양과 동일하다고 판단되어지는 위치
3. 분할 된 에지 조각들 사이에서 각기 다른 특징의 성질로 설명되어질 수 있는 위치

그림 2는 위에서 제시한 분할 조건과 인간의 지각 체계화 원리를 바탕으로 분할한 예를 보여주고 있다.

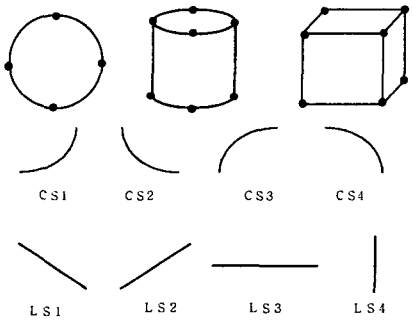


그림 2. 분할의 예 및 분할된 에지 모델

그림 2에서 제시한 분할 에지 모델은 그림1의 하위 레벨과 일치됨을 알 수 있다. 또한 이 에지 모델은 곡선을 인식하는데 있어서 매우 효과적인 모델로 제시된다. 본 논문에서는 에지 모델을 'Generic Curve Segments'라 하여 GCS라 명칭 한다. GCS란 그림 2에서 나타낸 8개의 에지 모델로 구성되며 이는 아래의 수식으로 표현될 수 있다.

$$GCS = \{x \mid P(x)\} \quad \text{.....(9)}$$

$P(x)$는 GCS를 정의한 특성을 의미하고 x는 영상의 화소를 말한다. 즉, GCS는 특성 $P(x)$를 공유하고 있는 화소들의 집합을 의미한다. 표1은 GCS의 특성 $P(x)$에 대한 정의를 나타내고 있다.

GCS	$f(x)$	θ의 증/감	θ의 부호
CS1	M+	M+	-
CS2	M-	M-	-
CS3	M+	M-	+
CS4	M-	M+	+
LS1	M-	일정	-
LS2	M+	일정	+
LS3	y축 변화	일정	+
LS4	x축 변화	일정	+

표1. GCS에 대한 정의(M+/M- 증가 감소, θ 방향 값)

2.3 에지 추적(Edge Tracking)

본 장에서는 에지 모델을 기반으로 영상의 에지 자취를 추적하는 방법을 소개한다. 먼저 에지 자취(Trace)에 대한 방향을 결정하기 전 2.1장에서 설명한 기법을 통하여 초기 에지 화소를 결정짓는다. 그 후에 1차 미분을 통해 얻은 방향 값의 정보를 통해 초기 에지 화소의 방향을 결정한다. 방향은 그림 3에 정의 되어 있는 방향 $d0 \sim d7$중에 해당하는 방향을 결정 하게 된다. 초기 에지 화소에 대한 방향이 결정 되었을 때, 초기 에지 화소를 시작으로 에지 자취를 추적하기 위해 3×3화소 단위의 추적 방법을 사용한다. 3×3 화소 단위의 추적 방법은 예를 들어, (i, j) 좌표를 지

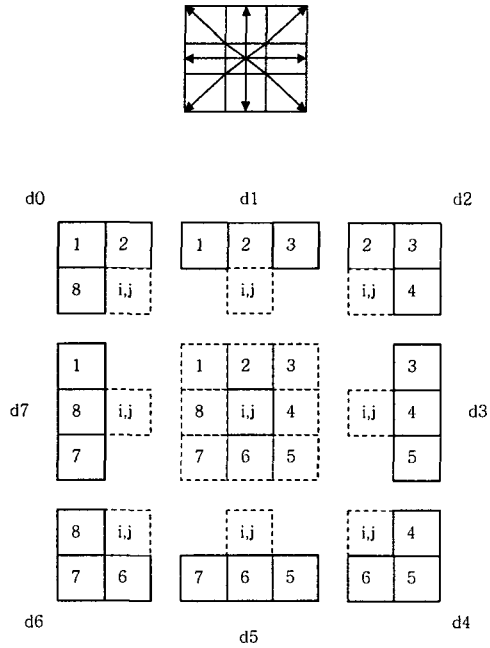


그림 3. 3×3 화소(Pixel)단위의 추적 방법

나는 에지의 방향이 그림 3에서 보여주는 것처럼 d6의 방향이라면, 화소 6, 7, 8 위치에 존재하는 화소의 크기(Magnitude) 값들과 (i, j) 좌표의 크기 값과의 절대값의 차를 통해 다음 에지 화소를 결정 한다. 또한 에지를 추적하는 과정에서 결정된 에지 화소가 표1에서 정의한 특성 $P(x)$에 속하는 에지 화소인지, GCS 중 어느 에지 조각(ES)에 속하는지 결정한다. 그래서 각 에지 조각별로 에지 정보를 저장하게 된다.

또한, 본 논문에서는 전체 영상의 크기가 아닌 분할 영상에 대해서 에지 추적이 이루어졌다. 전체 영상의 에지 정보를 매칭(Matching) 시켜서 움직임 영역을 결정짓는 것보다 이전 영상과 현재 영상의 분할 영역에 대해서 매칭 시키는 것이 복잡성 면에서 더 효과적이기 때문이다.

2.4 움직임 영역 결정 및 추적

본 논문은 이전 영상과 현재 영상의 에지 조각 정보를(GCS) 매칭(Matching)시키므로써 배경으로부터 움직임 영역을 결정한다.

움직임 영역 = 이전 영상의 GCS
- 현재 영상의 GCS.....(9)

위의 수식에서 '-'란 의미는 이전 영상과 현재 영상 각각의 에지 자취가 입력 영상의 몇 번째 블록(분할된 영상)에 위치하는지에 대한 블록의 인덱스와 블록에 위치한 에지 조각의 좌표를 매칭 시킨다는 의미이다.

본 논문의 실험 환경은 고정된 카메라를 통해 입력된

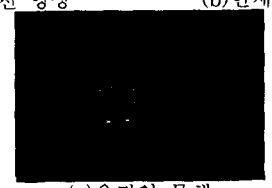
영상에 대해 움직임 물체 결정 및 추적 기법을 제시하기 때문에, 이전 영상과 현재 영상의 배경 영상에 대한 에지 정보의 매칭 결과는 0이라고 가정한다. 또한, 이전 영상의 GCS에서 존재하지 않는 에지 조각이 현재 영상의 GCS에 존재한다면 이 에지 조각은 잡음으로 판단하고 제거 한다. 위와 같은 과정을 통해 움직임 물체가 결정 되었다면 현재 영상에 대한 움직임 물체가 이전 영상에 대한 움직임 물체와 동일한지에 대해 판단한다. 이전 영상과 현재 영상의 움직임 물체의 에지가 어떤 GCS의 성분으로 구성되어 있는지 따져보고 일치하는 GCS의 성분의 확률을 따져서 최종 움직임 물체를 결정한다. 그림 4는 이 과정을 그림으로 보여준다.

그림 4. 이전영상과 현재영상에 대한 GCS성분의 일치

III. 실험 결과

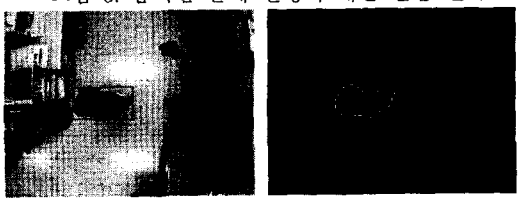
그림 5. 입력 영상에 대한 에지 추적 결과 영상

(a)이전 영상 (b)현재 영상



(c)움직임 물체

그림 6. 움직임 물체 결정에 대한 실험 결과



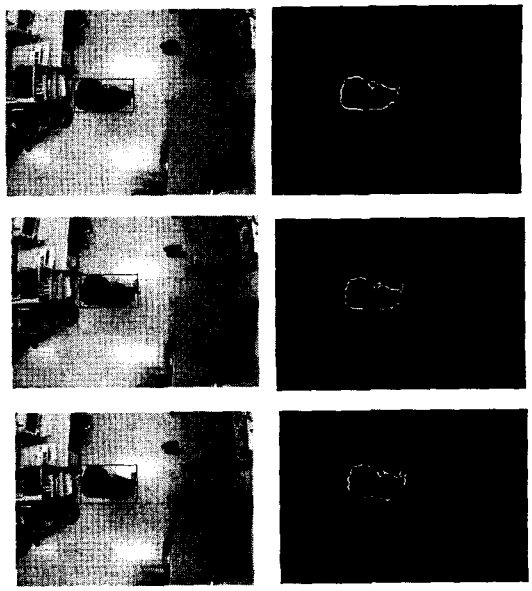


그림 7. 움직임 물체 추적에 대한 실험 결과

IV. 결론

본 논문에서는 인간의 지각적인 원리를 바탕으로 에지 특징 정보를 이용하여 움직임 물체를 검출하고 추적하는 기법을 제시하였다. 지각 체계화라는 기본 원리를 기반으로 대상을 빠르고 정확하게 인식하는 인간의 시각 시스템을 통해 대상의 특징을 가장 많이 내포하고 있는 에지 모델을 제시했으며, 이 에지 모델을 기반으로 영상에 대한 에지 정보를 추출하여 움직임 물체를 결정하고 추적하였다. 단순히 이전 영상과 현재 영상과의 화소차이를 통해 움직임 물체를 결정한 것이 아니라 에지 모델에 따라 추적된 에지 조각(ES)의 매칭을 통해 움직임 물체를 결정하였다.

참고문헌

[1]Gao.Q.G., "Object Motion Detection Based on Perceptual Edge Tracking", IEEE Computer Vision and Pattern Recognition, 2001

[2]Gao.Q.G, "Perceptual Tracking of Edge Features", IEEE Computer Vision and Pattern Recognition, 2001

[3]Fischler.M.A. and Bolles, R.C.,"Perceptual Organization and Curve Partitioning", IEEE Computer Vision and Pattern Recognition, pp.38-46,1983

[4]이진성, 이훈철, 김성대, "적외선 영상에서 움직임 영역 검출을 이용한 목표물 검출 및 추적 기법", 제12회 신호처리 합동 학술대회 논문집, pp,211-214, 1999