

## 파티클 필터를 이용한 실시간 인물추적 알고리즘 구현

\*박 정훈, \*박 진배, \*\*윤 태성  
\*연세대학교 전기전자공학과, \*\*창원대학교 전기공학과

### An Realtime People Tracking Algorithm using Particle Filter

\*Jung Hoon Park, \*Jin Bae Park, \*\*Tae Sung Yoon  
\*Dept. of Electrical & Electronic Engineering, Yonsei Univ.  
\*\*Dept. of Electrical Engineering, Changwon Univ.

**Abstract** - 컴퓨터 비전은 지난 30년간 빠른 속도로 발전해왔다. 1970년대 초에는 인공지능분야가 굉장히 다양하게 연구되었는데, 그중 Condensation 알고리즘으로 알려진 블레이크 교수의 연구를 시작으로 많은 연구자들이 이 알고리즘을 연구하기 시작했다. 초기 단계에서 이 알고리즘은 파티클 필터라고 알려져 있고, 근래 신호처리 분야에서 두각을 나타내고 있다. 하지만 파티클 필터는 내부적인 계산과정 때문에 FrameGrabber가 필요하게 되어 하드웨어 없이는 실시간 처리가 힘들고, 1분에 30프레임의 동영상 규격보다 훨씬 더 많은 50프레임을 사용하고 있다. 이에 본 논문에서는 동영상처리기법에 있어서 DirectX기반의 제안된 프레임 컨트롤이라는 기법을 사용하여, 변화하는 동영상에 능동적으로 반응하는 하드웨어 없는 프레임 레이트(Framerate) 컨트롤 엔진을 사용하여, 실시간 인물 추적 알고리즘을 구현하려 한다.

## 1. 서 론

먼저, 구현하려 하는 시스템은 고화질 카메라에 연결된 아날로그 동영상을 컴퓨터로 입력하여 전처리 과정을 거친다. 실험카메라는 케논사의 VC-C4이고, 아날로그 영상을 디지털 비디오(DV)포맷으로 변환 후 DV포맷영상을 처리하게 된다. 영상은 다양한 단계를 거쳐 Clutter 내의 형상모델을 형상화 하는데, 향후 이 형상모델을 기본으로 본 영상 내에서 움직이는 물체를 추적하게 된다. 본영상은 알려져 있지 않은 곡선이나 직선으로 이루어져 있기 때문에, 알려진 영상을 추적하는 다양한 알고리즘과는 달리 본 논문에서 제안한 알고리즘은 모르는 물체에 대해서도 추적을 할 수 있다는 장점이 있다. 곡선을 형상화하는 데는 B-spline Framework을 사용하고, 이를 6방향으로 변화할 수 있는 자유도를 가지게 한 뒤, 이를 바탕으로 다양한 변화를 추적할 수 있다.

## 2. 본 론

### 2.1 구현시스템 구성도

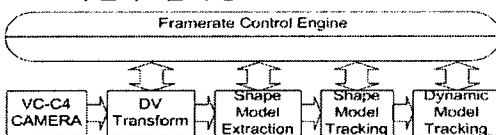


그림 1 구현시스템 구성도

### 2.1.1 Snake 알고리즘

Image Segmentation(이미지분할)은 Computer vision분야에 있어서 항상 존재하는 문제로, 이미지에 존재하는 여러 물체를 명확히 하는 방법이다. 그 중 이미지를 전 배경(foreground)과 뒤 배경(background)으로 나누는 방법은 여러 중요한 응용분야에 이용될 수 있다. 첫 번째 응용분야는 자동 침입자 감시 시스템으로 모르는 물체나 사람의 침입 화면을 녹화하거나, 알람을 울려 침입을 방지하는 시스템이 있고, 두 번째는 고속도로에서의 속도감지 카메라 같은 과속차량 인식기술로 이용 가능하다. 근래에는 카메라를 운전자 옆에 장치, 도로정보와 융합하여 운전표지판을 읽거나, 속도제한 표시판을 읽어 정보를 제공하는 응용시스템분야도 있다. 이와 같이 이미지분할은 컴퓨터 비전 분야에 많이 쓰이고 있으며, 비전 분야에서의 이미지 분할방법은 없어서는 안 될 중요한 요소이다. 하지만, 이미지 분할분야는 복잡한 과정으로, 보통 pixel을 array형태로 저장하여, 여러 가지 처리 과정을 수행하는데, 이 과정에서 저장된 형태의 pixel값들을 순수하게 알아볼 수 있는 방법은 없다. 우리가 알아야 할 물체의 형태에 대한 정보도 없는 상태에서 하나 이상의 물체를 인식해야 할 경우는 이미지 분할 분야는 더더욱 어려운 상황이다. 이미지 분할 문제에 사용되는 많은 시도들로는 prewitt과 Sobel operator를 이용한 edge detection방법, 분리 가능한 template를 사용하는 방법, Kass와 그의 연구진들이 개발한 Snake방법, Williams와 Shah의 minimization 방법, 그리고 GVF Snake의 방법을 대표적으로 들 수 있다. 이중 Prewitt과 Sobel operator를 이용한 edge detection방법은 이미지 윤곽선의 다른 정보를 제공하는 데는 역부족이다. 다른 시도 방법으로는 분리 가능한 템플릿(template)을 사용하는 방법으로써, 주어진 이미지를 원본으로 삼고 템플릿을 비교하는 방법을 사용하여, 움직이는 물체를 가지고 있는 템플릿과 원본이미지의 템플릿을 비교하여 에너지의 움직임을 최소화하는 방법인데, 이 방법은 특정한 형태나 그림을 찾을 때만 유용하다는 단점이 있다. 또 다른 시도로는 Region growing방법이 있는데, 비스한 성향을 가진 pixel을 그룹화하여 개개의 픽셀을 grey level로 만드는 것처럼 동종의 pixel들을 같이 뭉쳐버리는 방법으로, 각 픽셀을 이웃픽셀과 비교하여 동종의 성질 픽셀은 같은 그룹에 속하게 하여 전체 영역이 매번 바뀌게 한 뒤, 매회 그룹을 업데이트하는 방법이다.

1987년에 Kass와 그의 동료들은 이미지분할에 Active Contour라고 하는 새로운 방식을 제안했다. 이 방식은 주로 "Snake"라고 불리는, 곡선의 에너지를 줄이는 노력을 하는 자유로운 곡선(Spline)을 포함하고 있다. 작동 형식은 사용자가 추적하고자 하는 곡선주위에 초기 제어 점을 설정하면 이 Contour는 내부적 에너지와 외부적 에너지의 영향으로 물체의 경계점으로 서서히 다가 가게 된다. 이 Contour는 정사각형, 직사각형과 같은 정해진 다각형 외의 곡선을 가지는 물체까지도 이미지분할을 할 수 있는 장점을 가지고 있다. 모양을 가리지 않는다는 것은 이미지분할에 있어서 중요한 이점으로 작용하여, medical visualization, object tracking, feature extraction, animation 등 여러 응용분야에 사용되고 있다.

### 2.1.1.1. Snake의 정의

스네이크는 이미지 힘(image force)의 영향아래 움직이는 평면분리곡선(planar deformable contour)으로 적당한 변형에너지  $E_{snake}^*(\nu)$ 를 부여해 줌으로써 정의된다. contour는 스네이크의 형태를 표현하는 스플라인 곡선에 해당되며, 일반적으로는 스플라인 곡선 위의 점들 또는 스플라인 곡선의 제어점(control point)들로 표현된다. contour는 아래와 같이 정의된다.

$$\Omega = [0,1] \Rightarrow R^2 \dots\dots\dots (1)$$

$$s \mapsto \nu(s) = (x(s), y(s)) \dots\dots\dots (2)$$

식(1)에서 codomain  $R^2$ 은 contour가 맵핑되는 2D 영상평면에 해당된다. 이 영상 평면은 image intensity function이나 edge function으로 생각할 수 있다. 식(2)는 contour의 파라미터, s에서 영상 평면 상의 좌표  $(x(s), y(s))$ 로의 일대일 맵핑을 나타낸다. 스네이크를 스플라인에 의해서 표현하는 이유는 화면영상으로부터 인식된 형태를 화면에 다시 그럴 때 자연스러운 연결성을 주기 위해서이고, 다시 말하면, 영상분석에서 사용된 스플라인 곡선은 인식된 형태를 화면에 표현하는 데에 있어서 다른 처리 없이 그대로 사용할 수가 있다. 스네이크는 자신에게 작용하는 총 에너지를 최소화하는 법선 방향으로 움직이는데, 작용하는 총에너지  $E_{snake}^*(\nu)$ 는 내부 에너지와 외부에너지로 구성이 된다. 내부에너지는 스네이크의 형태에 영향을 미치는 에너지로서 스네이크의 elasticity와 stiffness를 제어하고, 외부 에너지는 영상에서 수렴시키고자 하는 대상의 영상이 갖고 있는 특징들, 즉, 에지, 라인으로 스네이크 곡선을 끌어당기는 힘이다.

### 2.1.1.2. Snake에 작용하는 힘들

Energy minimizing contour인 스네이크의 동작은 거기에 작용하는 내부 에너지와 외부에너지에 의해 결정된다. 스네이크에 작용하는 총 에너지는 아래와 같이 정의된다.

$$E_{snake}^* = \int_0^1 E_{snake}(\nu(s)) ds = \int_0^1 (E_{int}(\nu(s)) + E_{image}(\nu(s)) + E_{ext}(\nu(s))) ds \quad (3)$$

식(3)에서  $E_{int}(\nu(s))$ 는 contour에 작용하는 내부에너지이고,  $E_{image}(\nu(s))$ 와  $E_{ext}(\nu(s))$ 는 contour에 작용하는 외

부 에너지에 해당한다. 그리고  $(s) = (x(s), y(s))$ 는 스네이크의 파라미터 표현이다. Kass의 알고리즘은 경계점 추출을 위해 다음과 같은 네 단계의 스텝을 거친다.

단계 1 :연속 평면에 대해 변분 적분(variational integral)을 정의한다.

단계 2 :한 쌍의 Euler-Lagrange 방정식을 유도한다.

단계 3 :유도된 Euler-Lagrange 방정식을 이산화 한다.

단계 4 :수렴 조건을 만족할 때까지 이산 방정식을 반복적으로 푼다.

다음 그림은 물체 영역 추출과 스네이크를 이용한 예를 보여준다.

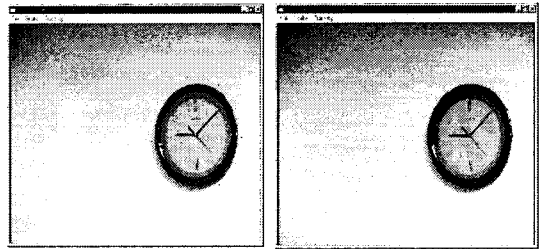


그림 2 스네이크를 이용한 물체 추출 예

## 2.1.2 DirectShow

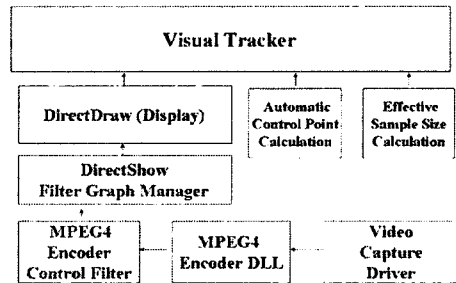


그림 3 Visual Tracker의 구성도

고화질 비디오에서 시작한 데이터 흐름은 위 그림과 같다. 비디오 캡처 카드를 통해 캡처되어 들어온 비디오 데이터는 MPEG4로 압축하여 데이터양을 감소시켜 데이터를 다룬다. 비디오 캡처는 Microsoft사의 DV 캡처 필터를 사용하였고, 압축 방법은 MPEG4를 사용하였다. MPEG4는 저 대역폭에서도 고해상도의 동영상을 제공할 수 있다. 고화질 비디오 모듈을 구성하는 각각의 부분은 DirectShow에서 정의하는 필터에 의해 구성되었다. 비디오 캡처, 압축, 제어점 입력, 유효샘플수 계산, 디스플레이의 5단계로 구분되는 모듈은 각 단계별로 1~2개의 필터로 구성되어 주어진 역할을 담당하게 된다. 비디오 캡처부는 MS제공 DV 표준 캡처 필터를 사용하였고, MPEG4 압축 필터는 Microsoft사에서 제공하는 MPEG4 필터를 사용하였다. 복원부는 MPEG4에 해당되는 복원 필터를 사용하였다.

### 2.1.3 자동 제어점 입력

condensation tracker의 단점은 초기 제어점을 일일이 짚어줘야 한다는 것이다. 이에 본 논문에서는 known object와 unknown object에 대하여 초기 제어점의 자동 설정하는 방법과 효과적인 제어점 개수를 설정하는 방법을 제안하려 한다. 빠른 속도로 움직이는 멀티미디어 스트림에 대해서 초기제어 점을 수동으로 설정하는 방법은 불가능할 뿐만 아니라, 적절한 N수를 계산하는 방법은 영상화면에서 목적하는 목표물을 추적하기 위해서, 자동 설정에 관한 복수의 물체 혹은 특징점 들을 포함하는 두개 이상의 영상으로부터 동일한 물체 또는 특징점(feature)을 판정하는(identify) 과정, 즉 대응 문제(correspondence problem)가 고려되어야 한다. 이러한 문제를 해결하기 위한 방법으로 사용되는 방법들은 cross-correlation 방법 또는 푸리에 영역 해석이나, 이러한 방법들의 제약점은 이전의 영상에서의 위치로부터 새로운 위치를 예측함으로써 가능한 매칭을 하는 제약을 가지고 있다. 그림 4는 초기 제어점을 직선들의 만나는 교합점을 가정화하여 움직이는 물체의 초기 제어점을 잡는 방법이고, 그림 5는 다양한 방향으로 변화하는 영상을 버퍼링하여 움직이는 물체의 다음 위치를 추정해내기 위한 버퍼링 작업을 나타낸 것이다.

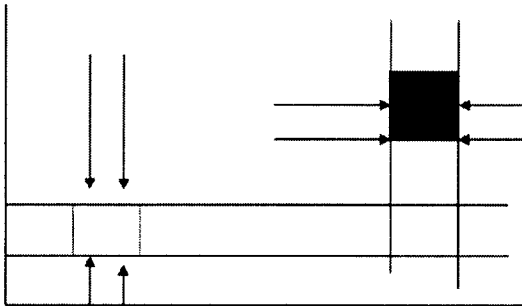


그림 4 초기 제어점 윤곽 설정

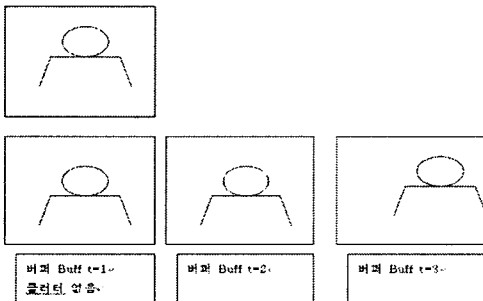


그림 5 다양한 방향으로 변화하는 인물의 추적

## 2.2 실험 및 결과

그림6 화면은 움직이는 물체에 대해 자동으로 물체를 잡아주는 알고리즘이다. Gradient가 급격하게 변하는 물체를 인지하여 자동으로 제어 점을 설정한 후 그 제어 점을 Condensation알고리즘에 따라 수렴시키고, 설정된 제어 점은 그림 5에서 보는 바와 같이 Affine Transformation에 의해 6방향으로 변화하는 물체를, 전처리과정



그림 6 Visual Tracker 동작화면

을 통하여 변화된 물체를 인지하여, 초기 설정된 제어 점을 이동, 수렴과정을 통해 계속 추적하게 된다. 그림 6의 왼쪽은 초기 제어점 수렴화면이고, 가운데와 오른쪽 화면은 움직이는 물체의 수렴 과정을 나타낸 것이다.

## 3. 결 론

이상으로 파티클 필터를 이용하여 인물추적 알고리즘을 구현하였다. 기존의 여러 가지 알고리즘이 갖는 복잡성과 알려진 다각형을 인식하여 추적하는 알고리즘과는 달리 본 논문에서는 snake 곡선을 이용하여 알려지지 않은 추적 물체의 형상을 추적할 수 있도록 하였고, 변화하는 물체에 대한 기존 알고리즘이 가지는 복잡성을 간단화 하여, 계산의 복잡도도 줄였다. 향후의 심도 있게 연구되어야 할 부분은 실외환경에서 좀 더 정확한 Effective Sample Size 초기 제어 점 개수의 계산과 인물이 아닌 좀 더 속도가 알려지지 않은 빠른 물체에 대한 추적 알고리즘의 보완과 연구가 진행되어야 할 것이다.

본 연구는 산학협동재단 프로젝트(2004.5-2005.4)에 의해 지원 받았습니다.

## [참 고 문 헌]

- [1] Andrew Blake and Michael Isard. "Active Contours: The Application of Techniques from Graphics, Vision, Control Theory and Statistics to Visual Tracking of Shapes in Motion", Dept. of Eng. Science, University of Oxford. 2000.
- [2] Hammadi Nait-Charif & Stephen J. McKenna, "Head Tracking and Action Recognition in a Smart Meeting Room ", Division of Applied Computing, University of Dundee, Scotland, U.K. 2003.
- [3] Joachim Denzler, Matthias Zobel, Heinrich Niemann, "On Optimal Camera Parameter Selection in Kalman Filter Based Object Tracking," Pattern Recognition , 24th DAGM Symposium, Zurich, Switzerland. pp.17-25. 2002.
- [4] Bogdan Kwolek, "Color vision based person following with a mobile robot." Third Int'l Workshop on Robot Motion and Control, Nov. 9-11, 2002.
- [5] Peihua Li, Tianwen Zhang "Visual Controur Tracking Based on Sequential Importance Sampling/Resampling Algorithm", Dept. of CS and Eng. 360, Harbin Institute of Technology, Harbin, Hei Long Jiang Province, P.R. China, 150001. 2002. 90(430):567 576, June 1995.
- [6] J.S.Liu and R. Chen. Sequential Monte Carlo methods for dynamic systems. Journal of the American Statistical Association, 93(443), Sep 1998.
- [7] Bar shalom Y. Fortmann T.E. Tracking and Data Association. Academic Press. 1998.