

# 웨이브릿 기반 투영을 이용한 움직임 추적

이형석, 장재건  
한신대학교 컴퓨터정보학과

e-mail:{nescafe, jchang}@hanshin.ac.kr

## Motion Tracking using Wavelet-based Projection

Hyoung-Suk Lee, Jae-Khun Chang  
Dept of Computer and Information Science, HanShin University

### 요약

본 논문은 연속적인 영상에서 움직임을 추적하는데 있어서 웨이브릿(Wavelets)과 투영(Projection)을 사용하여 물체의 움직임을 추적하는 기법을 제안한다. 움직임을 추적하는 방법중 웨이브릿을 이용한 방법으로는 하나의 영상에서 물체의 특징을 찾는데 2차 웨이브릿 변환이 사용되고 있으며 연속적인 영상에 대한 분석에서 시간에 대한 또 하나의 변환을 해 줌으로써 움직이는 물체의 정보를 얻어낼 수 있다. 3차 웨이브릿에서 유도된 데이터를 가지고 수평에 민감한 데이터는 X축으로 투영을, 수직에 민감한 데이터는 Y축으로 투영을 하여 물체를 영역화한 후 추적함으로써 실시간으로 물체를 추적한다. 특히 서로 다른 방향으로 민감성을 보여주는 웨이브릿 계수들은 움직이는 물체를 더욱 정확하게 영역화 하는데 많은 도움을 준다. 물체가 깊이 방향으로 움직여도 투영된 데이터로 영역화(Segmentation)한 데이터의 크기를 가지고 쉽게 분석된다. 본 논문에서 제시한 3차 웨이브릿과 투영 기법을 이용한 조합으로 분석된 실험 결과와 앞으로의 과제가 마지막 부분에 서술되었다.

### 1. 서론

인간의 시각 구조는 움직임에 매우 민감하여, 움직임이 있는 곳에 초점을 맞추게 되며, 움직임이 있는 물체는 쉽게 감지할 수 있다. 움직임 추적을 위해 연속적으로 입력되는 동영상을 분석하여 실세계에 대한 정보를 추론하는 작업은 하드웨어 기술의 급속한 발전과 더불어 그 중요성이 강조되고 있다.

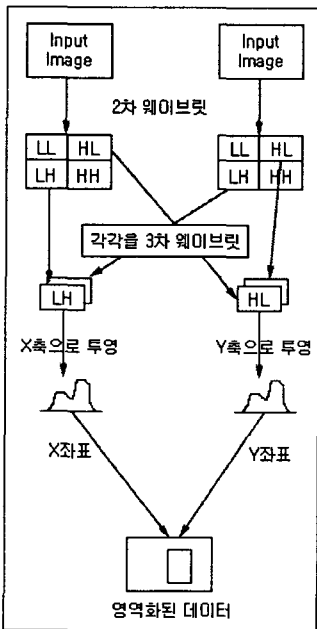
연속적으로 입력되는 영상에서 구해지는 이동 물체에 대한 특징을 이용하여 이동하는 물체의 움직임 부분을 영역화할 수 있고, 물체의 인식, 움직임 분석 등을 수행할 수 있으며, 순차적인 영상에서 동일한 데이터 영역인 움직이지 않는 배경 부분을 고려하여 동영상 전송 분야에서는 데이터 압축의 근거로 사용되고 있다. 특히 이동 물체를 탐지하고 탐지된 이동 물체의 동작 정보를 추출하는 작업은 군사 및 산업 분야에 적용될 수 있는 매우 흥미 있고 유용한 연구

분야로서, 이를 위한 많은 기법들이 알려져 있다.

일반적으로 연속적인 영상에서 움직이는 물체의 광류(optical flow) 예측 혹은 움직임 분석(motion analysis)은 다음의 세 가지 방법으로 나누어질 수 있다. 첫 번째 방법은 Gradient 방법으로 영상에서의 공간적, 시간적 변화를 계산함으로써 광류를 예측하는 방법이다[1,2,4]. 이 방법은 Gradient들에 있는 잡음(noise)에 대하여 매우 민감한 단점이 있다. 두 번째 방법은 Correspondence 방법으로 첫 번째 영상에서 물체의 점들, 선들, 혹은 지역들을 연속된 영상의 비슷한 부분과 대응을 시키는 방법이다 [1,2,4]. 이 방법은 매핑되는 후보들 중에서 가장 잘 매핑되는 것을 찾는 것이다. 그러나 물체의 움직임이 빠르거나 occlusion이 생기는 경우 매핑에 어려움이 있다. 마지막 방법은 3차원 Spatiotemporal 영상에서의 분석 방법이다[2,3,4,7]. 이 방법은 Hough

변환시 많은 계산 시간을 필요로 한다.

본 논문에서는 움직임을 추적하는데 있어서 3차 웨이브릿 변환과 그 결과로 유도되는 웨이브릿 계수로부터 투영을 이용한 방법을 제안한다. 연속된 영상들에서 각 프레임의 2차 웨이브릿에서 유도되는 데이터는 물체 이외에 많은 잡음을 갖는다. 시간에 대해 웨이브릿을 한 번 더 해 줌으로써 잡음을 없앨 뿐 아니라 계산되는 데이터의 양도 많이 줄일 수 있다. 또한 웨이브릿에서 유도된 투영으로부터 얻어지는 영역화된 데이터는 물체의 X, Y, Z 축으로의 모든 움직임을 측정하는데 사용된다. 전체 단계에 대한 구성은 [그림1]과 같다.



[그림1] 구성도

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 물체 추적에 사용되는 기본적인 웨이브릿 분석을 설명하고, 3장에서는 투영을 이용한 물체의 영역화 기법에 대하여 설명한다. 4장에서는 웨이브릿과 투영을 이용한 물체 추적을 실험하고 결과를 분석한다. 마지막 장은 논문에 대한 결론과 앞으로의 연구 방향을 제시한다.

## 2. 웨이브릿 분석

$L^2(\mathbf{R})$  공간의 함수  $f$  에 대한 웨이브릿 분해 (decomposition)는 단순 함수  $\phi$ 의 평행 이동된 확

장들의 1차적 조합으로 표시할 수 있다. 즉,  $f \in L^2(\mathbf{R})$ 는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

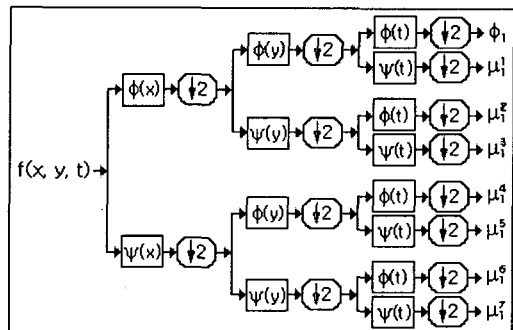
$$f(x) = \sum_{j,k=-\infty}^{\infty} c_{j,k} \phi_{j,k}(x)$$

여기서  $c_j, k$ 는 정수  $j$ 와  $k$ 에 대한 웨이브릿 계수이며,  $\phi_{j,k}(x) = 2^{j/2} \phi(2^j x - k)$ 이다. 웨이브릿을 구성하기 위해서는 실제값의 scaling 함수  $\phi(x)$ 가 필요하다. 하나의 벡터 공간  $V_0$ 에서 다른 해상도에서의 함수  $f(x)$ 에 대한 근사값을 알기 위해서 정수  $j, k$ 에 대하여 다음의 함수가 사용된다.

$$\phi_{j,k}(x) = 2^{j/2} \phi(2^j x - k).$$

다해상도 분해에서 초기 신호는 첫 단계에서 1차 필터로 분해된다. 그런 다음 신호는 근사 (approximation) 영상과 세부 (detail) 영상으로 나누어진다. 두 번째 단계에서는 다시 웨이브릿 분해가 첫 단계에서 얻어진 근사 영상에서 이루어진다. 이러한 단계에서 scaling 함수  $\phi(x)$ 는 low pass 필터이고, 웨이브릿 함수  $\psi(x)$ 는 high pass 필터이다.

3차 웨이브릿에 대한 표현은 연속적인 영상을 사용하므로 시간  $t$ 에 대한 또 하나의 방향을 생각한다. 또한 scaling 함수 이외에 웨이브릿 함수와 관련된 일곱 개의 웨이브릿 계수,  $\mu^1 - \mu^7$ 가 유도된다. [그림2]에서 볼 수 있듯이 각 웨이브릿 계수는 서로 다른 방향에 대해 높은 민감성을 나타낸다.



[그림2] 3차 웨이브릿 분해 구성도

위의 웨이브릿 계수들 중에서 물체의 움직임을 분석하기 위해서 본 연구에서는 수평 방향에 높은 반응을 갖는 웨이브릿 계수  $\mu^3$ 과 수직 방향에 높은 반응을 갖는 웨이브릿 계수  $\mu^5$  사용한다. 이러한 웨이

브릿 계수들을 사용하면 다음 투영 단계에서 물체를 추적하는데 있어서 처리 시간을 절약할 수 있다.

### 3. 투영을 이용한 물체의 영역화

투영된 모션 기법은 가로 및 세로의 밝기 값을 1차원 신호로 투영하여 개략적인 움직임을 감지한다. 이 기법의 경우 상당히 빠른 시간에 물체의 움직임 위치를 찾아낼 수 있으며, 템플릿 마스크를 적용하여 히스토그램을 비교하면 에러를 보정할 수 있다. 객체인식의 경우 컬러특징 값을 이용한 방법, 모양특징 값을 이용한 방법, 컬러와 텍스처 특징 값을 혼용하는 방법 등이 있다.

물체의 에지는 크게 수평과 수직 성분으로 분류할 수 있다. 여기서는 수평 방향에 민감한 반응을 보이는 부분( $\mu^x$ )은 X축으로, 수직 방향에 민감한 반응을 보이는 부분( $\mu^y$ )은 Y축으로 투영하여 각각의 축에 따라 Pixel값의 합을 갖는 데이터를 만든다. 입력 영상 I에 대하여 X축으로 투영된 H와 Y축으로 투영된 V를 수식으로 표현하면 다음과 같다.

$$H[i] = \sum_{j=1}^m I[i, j]$$

$$V[i] = \sum_{j=1}^m I[i, j]$$

각각의 방향으로 투영된 값 H, V를 가지고 임계치(Threshold)를 적용하여 물체를 영역화 할 수 있다.

### 4. 실험 결과

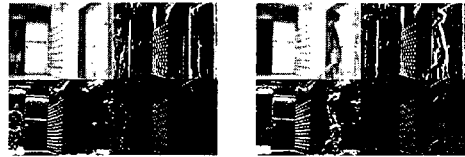
실험에서 사용된 연속 영상은 실세계에서 CCD 카메라로 찍은 고정된 배경에서 사람이 움직이는 영상이다. 전체 영상은 100 프레임(2 프레임 / 초)으로 실험되었으며 각 영상의 크기는 320 × 240의 크기이고, 각 화소는 8 bit의 gray scale이다. [그림3]은 연속 영상의 5번째와 20번째 영상을 보여준다.



(a) 5번째 영상 (b) 20번째 영상

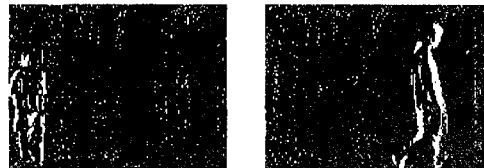
[그림3] 실험용 영상

CCD 카메라로부터 들어오는 2차원 영상에 대하여 Harr 웨이브릿을 사용하여 X축과 Y축에 대한 2차 웨이브릿 변환을 하였고, 같은 웨이브릿 basis를 사용하여 시간 방향으로 수평 부분에 민감한 부분과 수직 부분에 민감한 부분을 따로 1차 웨이브릿을 적용시켰다. 이렇게 하여 나온 수평 부분에 민감한 반응을 보이는  $\mu^x$ , 수직 부분에 민감한 반응을 보이는  $\mu^y$ 를 각각 수평 방향과 수직 방향으로 투영시키는데 사용하였다. [그림4]는 2차 웨이브릿에 의한 결과의 예를 보여주며, [그림5]와 [그림6]은 3차 웨이브릿에서 유도된  $\mu^x$ 와  $\mu^y$ 를 각각 보여준다.



(a) 5번째 영상 (b) 20번째 영상

[그림4] 2차 웨이브릿 결과



(a) 프레임 4와 5 (b) 프레임 20과 21

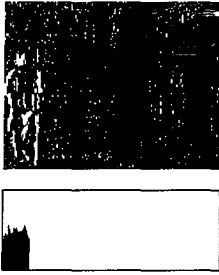
[그림5] 웨이브릿 계수  $\mu^x$ 를 3차 웨이브릿 결과



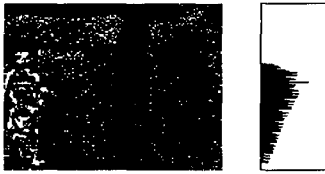
(a) 프레임 4와 5 (b) 프레임 20과 21

[그림6] 웨이브릿 계수  $\mu^y$ 를 3차 웨이브릿 결과

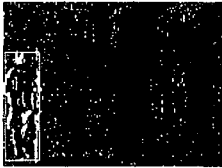
X축과 Y축으로 각각 투영한 데이터가 [그림7]이고, 영역화된 데이터로부터 만들어진 영상이 [그림8]이다.



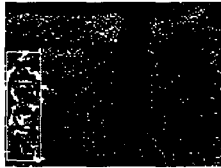
(a) X축으로 투영한 데이터



(b) Y축으로 투영한 데이터  
[그림7] 투영한 데이터



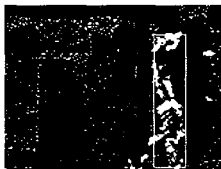
(a) 5번째 영상( $\mu^3$ )



(b) 5번째 영상( $\mu^5$ )



(a) 20번째 영상( $\mu^3$ )



(b) 20번째 영상( $\mu^5$ )

[그림8] 영역화된 영상

영역화된 데이터로 물체의 수직 또는 수평 방향뿐 아니라 크기로써 물체가 깊이 방향으로도 움직였는 지도 알아낼 수 있다.

## 6. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 연속된 영상에서 물체의 움직임을 추적하는데 있어서 3차 웨이브릿과 투영에 의한 영역화를 조합한 방법을 제안한다. 물체의 움직임을 추적하는데 있어서 문제점이 되고 있는 분석 계산 시간을 웨이브릿의 특성인 수평 부분에 민감한 반응

을 보이는 부분과 수직 부분에 민감한 반응을 보이는 부분 각각을 시간적 변화에 민감한 3차 웨이브릿을 통하여 데이터를 구했으며, X좌표는 수평 부분에 민감한 3차 웨이브릿 결과( $\mu^3$ )를 투영하여 사용하였고, Y좌표는 수직 부분에 민감한 3차 웨이브릿 결과( $\mu^5$ )를 투영하여 사용하였으므로 데이터가 정확하고, 시간을 단축시킬 수 있었다.

앞으로의 연구할 분야는 물체가 회전하는 경우, 회전과 이동을 같이하는 경우, occlusion/disocclusion 경우에 대한 동적 영상 분석과 여러 물체가 같은 시간에 움직이는 경우에 각각의 움직임을 추적하는 연구가 필요하다.

## 참고 문헌

- [1] 김형재, 남양일, 이문희, 이도엽, 차의영, "신경 회로망을 이용한 실시간 표적의 추출", 99춘계 학술발표논문집, 한국정보과학회 1999, pp 469-471.
- [2] 김철기, 강이철, 차의영, "횡단보도 신호제어를 위한 보행자 추적", 한국멀티미디어학회, 1999. 5/28-5/29. 부경대학교 해양과학공동연구소.
- [3] 김계영, 이은주, 최형일, "차영상 분석에 의한 동작 정보의 추출", 94춘계학술 발표논문집, 한국정보과학회, 1994. 8 제 21권 8호, pp 1480-1489.
- [4] 장재건, 이형석, 박지훈 "웨이브릿 기반의 에피플라 평면 영상에서의 움직임 분석" 99추계학술발표논문집, 한국정보과학회 1999. 10/22-10/23 광운대, pp 374-376.
- [5] S. G. Mallat, "A Theory for Multiresolution Signal Decomposition: The Wavelet representation ", IEEE Trans. PAMI Vol. 11, No. 7, July, 1989, pp 674-693.
- [6] Jae-Khun Chang and T. L. Huntsberger, "Dynamic motion analysis using wavelet flow surface images", Pattern Recognition Letters, Vol. 20, No. 4, 1998, pp 383-393.
- [7] J. K. Aggarwal, N.Nandhakumar, "On the computation of motion from sequence of image", IEEE, Vol. 76, No. 8, Aug. 1988. pp 917-935.