

논문 2010-47SC-5-4

# 초음파 영상에서의 Optical Flow 추적 성능 향상을 위한 전처리 알고리즘 개발 연구

( The Study of Pre-processing Algorithm for Improving Efficiency of Optical Flow Method on Ultrasound Image )

김 성 민\*, 이 주 환\*\*, 노 승 규\*\*\*, 박 성 윤\*\*\*\*

( Sung-Min Kim, Ju-Hwan Lee, Seung-Gyu Roh, and Sung-Yun Park )

## 요 약

본 연구에서는 Optical Flow Method의 추적 성능을 향상시키기 위한 전처리 알고리즘을 제안한다. 제안하는 알고리즘은 Median Filter, Binarization, Morphology, Canny Edge, Contour Detecting 및 Approximation Method를 기반으로 개발되었다. Optical Flow 추적 성능 향상 여부를 평가하기 위해 Lucas-Kanade Optical Flow 알고리즘에 개발된 전처리 알고리즘을 적용하고, 전처리 알고리즘이 적용되지 않은 Optical Flow 영상과 추적 결과를 비교 분석하였다. 또한, Median Filter와 Histogram Equalization으로 구성된 기존 전처리 알고리즘과의 결과 비교를 통해, 개발된 전처리 알고리즘의 추적 성능 향상 여부를 평가하였다. 실험결과, 전처리 알고리즘을 적용하지 않은 영상과 기존 전처리 알고리즘을 적용한 영상은 특정영역의 분할이 이루어지지 않아, Optical Flow의 추적 정확도가 매우 낮게 나타났다. 반면, 개발된 전처리 알고리즘을 적용한 영상에서는 외곽선이 내외부로 세분화되고, 외곽선 트리가 구성됨에 따라 Optical Flow의 추적 성능이 매우 높게 나타났다.

## Abstract

In this study, we have proposed a pre-processing algorithm newly developed for improving the tracking efficiency of the optical flow method. The developed pre-processing algorithm consists of a median filter, binarization, morphology, canny edge, contour detecting and an approximation method. In order to evaluate whether the optical flow tracking capacity increases, this study applied the pre-processing algorithm to the Lucas-Kanade(LK) optical flow algorithm, and comparatively analyzed its images and tracking results with those of optical flow without the pre-processing algorithm and with the existing pre-processing algorithm(composed of median filter and histogram equalization). As a result, it was observed that the tracking performance derived from the LK optical flow algorithm with the pre-processing algorithm, shows better tracking accuracy, compared to the one without the pre-processing algorithm and the one with the existing pre-processing algorithm. It seems to have resulted by successful segmentation for characteristic areas and subdivision into inner and outer contour lines.

**Keywords :** Optical Flow, Ultrasound Image, Pre-processing, Lucas-Kanade

\* 정희원-교신저자, \*\* 학생회원, \*\*\*\* 정희원,  
동국대학교 의생명공학과  
(Dept. of Medical Bio Engineering, Dongguk University)  
\*\*\* 정희원, 동국대학교 생명과학연구원  
(Research Institute of Biotechnology, Dongguk University)  
※ 본 연구는 지식경제부 산업원천기술개발사업  
(10033726)의 지원을 받아 수행되었음.  
접수일자: 2010년5월7일, 수정완료일: 2010년8월11일

## I. 서 론

최근, 의료영상에서의 다양한 분석 방법이 소개되면서 시공간상에서의 밝기 변화를 추적하는 Motion Analysis에 대한 관심이 높아지고 있다. Motion Analysis는 연속적인 영상 프레임을 분석하는 연구 분야로, 컴퓨터 비전과 영상분석 분야에서 가장 활발하게

연구가 이루어지고 있다. 특히, Optical Flow 알고리즘은 연속적인 영상 프레임으로부터 속도장의 변화를 도출하여, 시공간 상에서의 밝기 변화를 추적할 수 있는 가장 유용한 알고리즘으로 알려져 있다<sup>[1~4]</sup>. Optical Flow는 Horn-Schunck<sup>[5]</sup> 및 Lucas-Kanade<sup>[6]</sup> 등에 의해 처음 소개된 아래로, 의료영상을 비롯한 차량인식<sup>[7~9]</sup>, 보안 시스템<sup>[10]</sup>, 스테레오 매칭<sup>[11]</sup> 등의 광범위한 분야에서 사용되고 있다. Optical Flow는 1981년 알고리즘이 제안된 이후, 기술적으로 상당한 발전을 이룩하였다. 특히, Aperture Problem, Speckle Noise, 광범위한 움직임 측정 오류 및 비강체적 움직임<sup>[12]</sup> 등에 의해 발생하는 문제점을 해결하기 위한 여러 가지 알고리즘이 제안되었다.

Sarker<sup>[13]</sup> 등은 광범위한 움직임 측정에 의한 추적 오류를 해결하기 위해 Multi-Resolution Smoothing 방법을 전처리 알고리즘에 적용하여 물체의 큰 움직임을 효율적으로 추적하는데 성공하였다. Stoitsis<sup>[14]</sup> 등은 초음파 영상에서 발생하는 Aperture Problem 및 Speckle Noise를 최소화시키고, 특징영역을 강조하기 위해 Median Filter와 Histogram Equalization 방법을 전처리 알고리즘으로 사용하였다. 조영하<sup>[15]</sup> 등은 차량 영상에서 발생하는 노이즈를 제거하기 위해 Gaussian Smoothing 및 Sobel Edge 알고리즘을 원영상에 적용하여 기존 차량 인식의 문제점을 일부 해결하였다. 또한 Macan<sup>[16]</sup> 등은 MRI 심장 영상에서의 좌심실 움직임 추적 정확도를 향상시키기 위해 Region Growing 방법을 적용하여, 좌심실을 원영상으로부터 분할 후 추적하는데 성공하였다. Chang<sup>[17]</sup>은 소동물의 심장 움직임 (Cardiac Motion)을 추적하기 위해 전처리 알고리즘으로 Segmentation 방법을 적용하여, 소동물의 심장 유동 추적에 적합한 알고리즘을 개발하였다. 반면, 정재현<sup>[18]</sup> 등은 Optical Flow 알고리즘을 통해 2-D 비디오 영상의 3-D화 연구를 진행하여, 영상의 깊이 정보를 추출하기도 하였다. 그러나 기존 연구들에서는 노이즈를 제거하기 위한 최소한의 전처리 알고리즘만을 적용하고 있어, 높은 추적 정확도를 확보하지 못하고 있다. Region Growing 등의 영역 분할 방법은 영상 내 추적 정확도는 향상시킬 수 있지만, Seed Point를 사용자가 직접 할당해야 하는 단점을 가지고 있다.

본 연구에서는 불필요한 노이즈를 최소화하고, Optical Flow 알고리즘의 추적 성능을 향상시킬 수 있는 전처리 알고리즘을 제안하고자 한다. 제안하는 알고

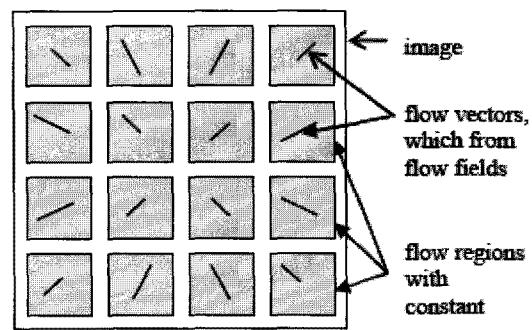


그림 1. 영상 내 Optical Flow Field와 유동영역 및 유동 벡터의 상관관계<sup>[13]</sup>

Fig. 1. Relationship between image, flow regions, flow vectors and field<sup>[13]</sup>.

리즘은 Median Filter, Binarization, Morphology, Canny Edge, Contour Detecting 및 Approximation 알고리즘을 기반으로 개발되었고, Lucas-Kanade Optical Flow 알고리즘에 적용하여 추적 정확도의 향상 여부를 평가하였다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 움직임 추적 기법, Lucas-Kanade Optical Flow 알고리즘 및 개발된 전처리 알고리즘을 제시한다. III장에서는 전처리 알고리즘의 적용 결과를 통해 추적 성능의 향상 여부를 평가하고, 마지막으로 IV장에서는 결론을 제시한다.

## II. 본 론

### 1. 움직임 추적 기법

연속적인 영상 프레임 내에서 원하는 객체의 움직임을 추적하는 기법은 크게 Optical Flow 방법과 Block Matching 방법으로 구분된다. 먼저, Optical Flow 방법은 연속 프레임 내 변위 및 속도 추출 범위에 따라 Dense Optical Flow<sup>[5]</sup>와 Sparse Optical Flow<sup>[6]</sup>으로 구분된다. Dense Optical Flow 방법은 영상 내 존재하는 모든 픽셀의 변위 및 속도변화를 계산하여 객체를 추적한다. 이에 따라 연산 처리량이 매우 많고, 큰 객체의 움직임을 추적하지 못하기 때문에, 실시간으로 구현하기 어려운 단점을 가지고 있다. 반면, Sparse Optical Flow 방법은 본질적으로 작은 지역 정보만을 이용하기 때문에, 연산 처리량이 Dense Optical Flow 방법에 비해 매우 적게 나타나고, 큰 객체의 움직임도 추적할 수 있다. Block Matching 방법은 움직임을 추적할 영상 프레임을 임의의 블록으로 구분하고, 블록에서 발생하는 움직임 벡터를 추적한다<sup>[19]</sup>. Block Matching 알고리즘

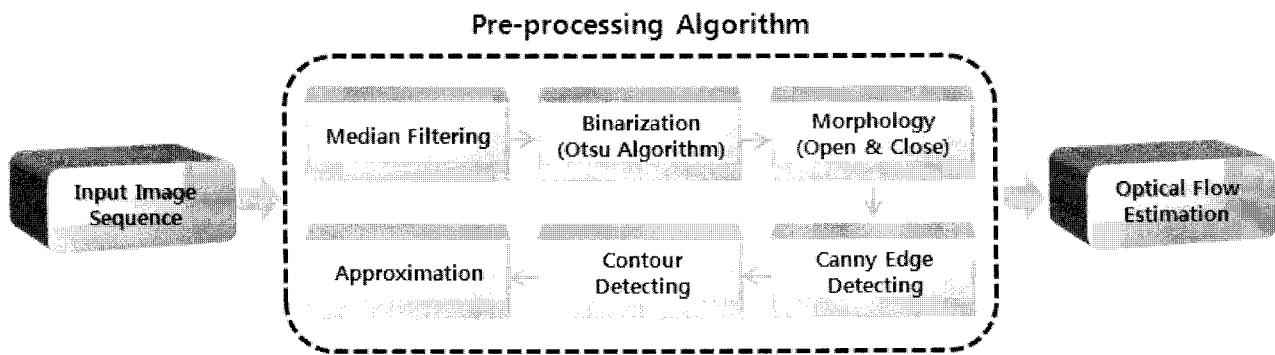


그림 2. 전처리 알고리즘의 처리 과정

Fig. 2. Procedure of Pre-processing Algorithm.

은 움직임에 대한 높은 추적 성능을 나타내지만, 추적 결과영상이 원영상에 비해 해상도가 감소하는 단점을 가지고 있다.

본 연구에서는 원영상의 해상도 감소를 방지하면서, 특정영역에 대한 높은 추적 성능을 나타내는 Sparse Optical Flow 방법을 추적 기법으로 선정하고, 개발된 전처리 알고리즘을 적용하였다.

## 2. Optical Flow Method

Optical Flow는 영상 내에서 관측자(눈 또는 카메라)와 관측대상 간의 상대운동에 의해 발생하는 물체, 표면, 가장자리의 움직임 패턴을 의미한다. Optical Flow Method는 영상 내에서 발생하는 Optical Flow를 이용하여 관심영역을 추적 또는 분할할 수 있다. 영상 내에서 나타나는 Optical Flow Field와 Flow Vector, Flow Region 등의 상관관계를 그림 1에 나타내었다.

본 연구에서는 개발된 전처리 알고리즘의 성능을 평가하기 위해, Sparse Optical Flow 방법 중 가장 널리 사용되고 있는 Lucas-Kanade 알고리즘을 적용하였다. Lucas-Kanade 알고리즘은 밝기 항상성(Brightness Constancy), 시간 지속성(Temporal Persistence), 공간 일관성(Spatial Coherence)의 3가지 가정을 기반으로 특정영역을 추적한다. 밝기 항상성은 영상 프레임이 바뀌어도 픽셀의 밝기는 변하지 않는다고 가정하고, 시간 지속성은 영상에서 객체의 움직임에 비해 시간의 변화가 더 빠르게 진행된다고 가정한다. 즉, 영상 내에서 발생하는 움직임은 빠르지 않다고 가정한다. 마지막으로 공간 일관성은 공간적으로 인접하는 점들은 동일한 객체에 포함될 가능성이 높고, 동일한 움직임을 나타낸다고 가정한다.

밝기 항상성의 가정은 특정 영역 내 픽셀들은 밝기의

변화가 없다는 것을 의미하기 때문에, 시간  $t$ 와  $t + \Delta t$  사이에 발생하는 광류(Optical Flow)를 식 (1)과 같이 표현할 수 있다.

$$f(x, t) \equiv I(x(t), t) = I(x(t + dt), t + dt) \quad (1)$$

식 (1)은 편미분 연쇄법칙(Chain Rule)과 x축 및 y축의 속도성분을 추가로 적용하여 식 (2)와 같이 다시 표현할 수 있다.

$$\begin{aligned} I_{x_1} V_x + I_{y_1} V_y &= -I_{t_1} \\ I_{x_2} V_x + I_{y_2} V_y &= -I_{t_2} \\ &\vdots \\ I_{x_n} V_x + I_{y_n} V_y &= -I_{t_n} \end{aligned} \quad (2)$$

식 (2)의  $V_x$ 와  $V_y$ 는 각 축에 대한 속도성분을 나타내고,  $I$ 는 각 픽셀에 대한 밝기 강도를 나타낸다. 식 (2)는 공간 일관성의 가정을 기반으로 식 (3)과 같이 전환될 수 있다.

$$\begin{bmatrix} I_{x_1} & I_{y_1} \\ I_{x_2} & I_{y_2} \\ \vdots & \vdots \\ I_{x_n} & I_{y_n} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_x \\ V_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -I_{t_1} \\ -I_{t_2} \\ \vdots \\ -I_{t_n} \end{bmatrix} \quad (3)$$

식 (3)은 하나의 Edge로부터 풀이가 가능한 과제약 시스템(Overconstrained System)으로, 최소자승법의 적용을 통해 식 (4)의 형태로 도출할 수 있다.

$$\begin{bmatrix} \sum I_{x_i}^2 & \sum I_{x_i} I_{y_i} \\ \sum I_{x_i} I_{y_i} & \sum I_{y_i}^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_x \\ V_y \end{bmatrix} = -\begin{bmatrix} \sum I_{x_i} I_{t_i} \\ \sum I_{y_i} I_{t_i} \end{bmatrix} \quad (4)$$

위 수식으로부터 식 (5)와 같이 각 축에 대한 속도 성분을 나타내는  $V_x$ 와  $V_y$ 를 도출할 수 있다.

$$\begin{bmatrix} V_x \\ V_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum I_{x_i}^2 & \sum I_{x_i} I_{y_i} \\ \sum I_{x_i} I_{y_i} & \sum I_{y_i}^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \sum I_{x_i} I_{t_i} \\ \sum I_{y_i} I_{t_i} \end{bmatrix} \quad (5)$$

위와 같이, Lucas-Kanade 알고리즘은 밝기 항상성, 시간 지속성, 공간 일관성의 3가지 가정을 기반으로 영상 내 Optical Flow를 추적한다<sup>[6]</sup>.

### 3. Pre-processing Algorithm

본 연구에서는 초음파 영상으로부터 획득된 연속 프레임 영상 내에 존재하는 노이즈를 제거하고, 특징영역을 효율적으로 추적하기 위한 전처리 알고리즘을 개발하였다. 개발된 알고리즘은 Median Filter, Binarization, Morphology, Canny Edge, Contour Detecting, Approximation의 6가지 세부 알고리즘으로 구성되어 있다. 연속 프레임 영상에 대한 세부 알고리즘의 적용 순서는 그림 2에 나타난 바와 같다.

먼저, 원영상 내 비정상적 밝기 특성을 나타내는 픽셀을 제거하여 이상치(Outlier)를 무시하기 위해 Median Filter를 적용하였다. Median Filter는 비선형(Nonlinear) 노이즈 제거 필터로, 영상의 특정 좌표값을 주변 픽셀들의 산술 평균값으로 설정한다. 즉, Median Filter는 이웃 화소를 정렬한 후 중간에 위치한 값을 사용하기 때문에, 홀로 득립되어 나타나는 Shot Noise를 효과적으로 제거할 수 있다. Binarization은 영상의 픽셀을 Threshold 값을 기준으로 분할하는 알고리즘으로, 영상 내 배경영역과 특징영역을 분할하기 위해 적용하였다. 특히, 본 논문에서는 영상 내 화소 분포를 통해 자동으로 Threshold 값을 계산하는 가장 유용한 알고리즘으로 알려진 Otsu 알고리즘<sup>[20]</sup>을 사용하였다. 다음으로, 영상에서 특징영역의 경계를 추출하기 위해 Morphology 알고리즘을 적용하였다. Morphology 알고리즘은 Erosion, Dilation, Opening, Closing의 4가지 연산으로 구분된다. 특히, Opening 연산과 Closing 연산은 일반적인 Erosion 및 Dilation 연산과 달리 연결 영역을 보존할 수 있다. 또한 Closing 연산은 주변 픽셀보다 어두운 노이즈를 제거하고, Opening 연산은 주변보다 밝은 노이즈를 제거한다. 이에 본 연구에서는 원영상의 데이터 손상을 최소화하면서 불필요한 노이즈를 제거하기 위해 Opening과 Closing 연산을 원영상에 연속적으로 적용하였다. 적용된 연산의 커널은 중앙에 고정점이 있는 3x3 크기의 사각형 형태로 지정하였다. Canny Edge 알고리즘은 픽셀의 밝기 차이를 기준으로 외곽선

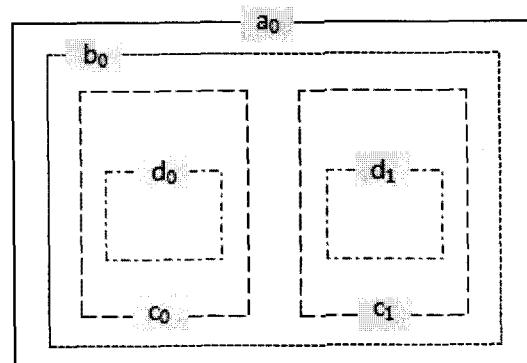


그림 3. Contour Detecting 알고리즘의 외곽선 트리 구조

Fig. 3. Tree Diagram of Contour Detecting Algorithm.

을 검출하는 가장 최적화된 방법으로<sup>[21]</sup>, 영상 내 특징 영역의 외곽선을 검출하기 위해 사용되었다. 다음으로, Canny Edge 알고리즘을 통해 검출된 외곽선을 내부 및 외부 경계선으로 세분화하고, 포함관계에 따른 외곽선 트리를 구성하기 위해 Contour Detecting 알고리즘을 적용하였다. 그림 3은 외곽선을 내·외부 경계선으로 구분하는 동작 방식을 나타낸다.  $a_0$ 은 전체 영역에 대한 외부 경계선을 나타내고,  $b_0$ 은  $a_0$ 에 대한 내부 경계선과  $c_0, c_1$ 에 대한 외부 경계선을 나타낸다. 또한  $d_0$ 과  $d_1$ 은 각각  $c_0, c_1$ 에 대한 내부 경계선을 나타낸다. 즉, Contour Detecting 알고리즘은 원영상의 외곽선을 그림 3과 같이 종속관계를 나타내는 트리구조로 재구성한다<sup>[22]</sup>. 마지막으로 외곽선을 소수의 점들로 구성된 다각형 형태로 근사화하여 외곽선 검출 성능을 최적화하기 위해 Approximation 알고리즘을 적용하였다<sup>[23]</sup>. Approximation 알고리즘은 영상의 외곽선에서 가장 멀리 떨어진 두 점을 검색하여 직선으로 연결하고, 생성된 직선에서 가장 멀리 떨어진 점을 다시 검색하여 근사화 점으로 지정한다. 이러한 과정을 반복 수행하여 외곽선의 근사화 점들을 도출하고, 결과적으로 외곽선 입력 영상은 근사화 점들의 집합 형태인 다각형 형태로 변환된다.

### III. 실험 결과

개발된 알고리즘의 성능을 평가하기 위해, Lucas-Kanade Optical Flow 알고리즘을 기반으로 전처리 알고리즘의 적용 여부에 따른 특징영역에 대한 추적 성능을 비교하였다. 또한 Median Filter와 Histogram Equalization 알고리즘을 전처리 과정으로 사용한 결과

영상과의 비교 분석을 통해 제안된 알고리즘의 추적 성능을 평가하였다.

### 1. Pre-processing 알고리즘 적용결과

Pre-processing 알고리즘의 성능 향상 여부를 평가하기 위해 그림 4-(a)와 그림 5-(a)의 초음파 영상에 대하여 개발된 전처리 알고리즘을 적용하고, 각 처리단계에 따른 결과영상을 비교하였다. 먼저, 그림 4-(a)의 원영상에 Median Filter를 적용한 결과, 그림 4-(b)와 같이 영상 내 Brightness의 급격한 편차가 감소하였고, 이에 따라 영상 내 경계선의 Contrast가 감소하는 것을 확인하였다. 또한 영상의 전반적인 Contrast가 감소함에 따라 원영상에 존재하는 Speckle Noise도 감소하는 것을 확인하였다. 다음으로, Median Filter의 결과 영상에 Binarization 알고리즘을 적용한 결과, 그림 4-(c)와 같이 특징영역이 배경영상으로부터 분할되었다. 그러나 결과 영상의 중앙영역에 점 형태의 노이즈가 일부 존재하는 것을 확인하였다. 이진화 영상에서 나타난 점 형

태의 노이즈를 제거하기 위해 Morphology 알고리즘을 적용하였고, 그림 4-(d)의 결과영상을 통해 그림 4-(c)에서 나타난 점 형태의 노이즈가 최소화되는 것을 확인하였다. 즉, Morphology 알고리즘의 적용을 통해 원영상의 데이터 손상을 최소화하면서 노이즈를 제거하는 결과를 나타내었다. Canny Edge 알고리즘은 특정영역에 대한 외곽선을 추출하는 알고리즘으로 그림 4-(d)에 나타난 특정영역의 외곽선을 추출하기 위해 적용하였다. Canny Edge 알고리즘의 적용결과를 통해, 그림 4-(e)와 같이 Morphology 결과영상의 외곽선 정보가 추출되는 것을 확인하였다. 마지막으로 Contour Detecting 알고리즘의 적용을 통해 그림 4-(e)의 외곽선이 내외부로 세분화되고, Approximation 알고리즘을 통해 외곽선 정보가 다각형 형태로 근사화되는 것을 확인하였다(그림 4-(f)). 위와 같은 전처리 알고리즘은 그림 5-(a)의 원영상에 대해서도 그림 4와 동일한 영상결과를 나타내었다(그림 5).

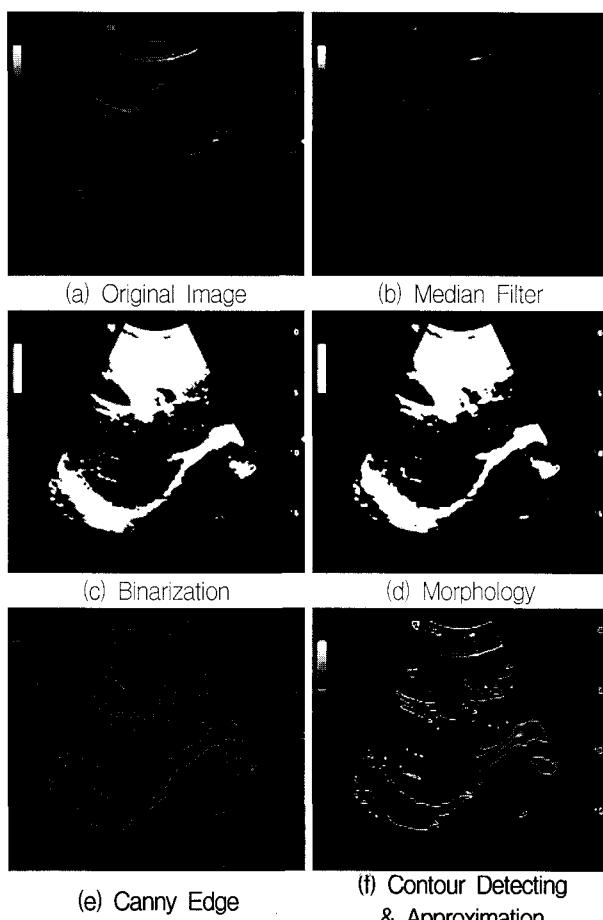


그림 4. 전처리 알고리즘의 적용결과(1)

Fig. 4. The Result of Pre-processing Algorithm(1).

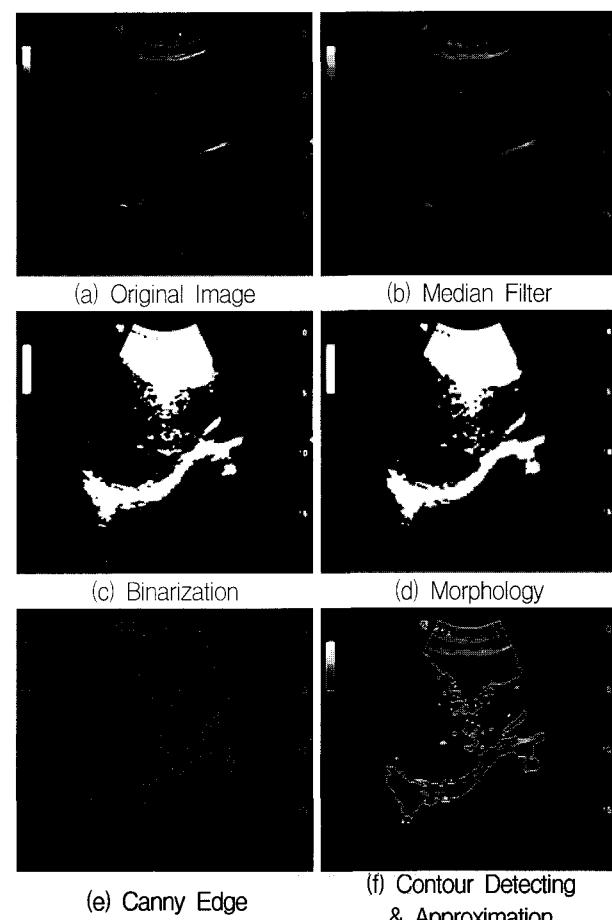


그림 5. 전처리 알고리즘의 적용결과(2)

Fig. 5. The Result of Pre-processing Algorithm(2).

## 2. Histogram Equalization 알고리즘 적용결과

개발된 알고리즘의 추적 성능을 평가하기 위해, 기존 연구에서 전처리 방법으로 사용한 Median Filter와 Histogram Equalization 알고리즘을 원영상에 동일하게 적용하고, Optical Flow의 추적 성능을 비교하였다<sup>[14]</sup>. 전처리 알고리즘을 원영상에 적용한 결과, 그림 6-(a)와 같이 특징영역이 배경영역으로부터 추출되는 것을 확인하였다. 그러나 추출된 특징영역은 영상의 중앙부분에 집중적으로 분포하고 있고, 원영상의 Brightness 특성과는 관계없이 불규칙적으로 나타나고 있다. 이에 따라 Optical Flow도 그림 6-(c)와 같이 영상의 중앙부분에 밀집되어 나타났고, 특징영역에 대한 추적 정확도도 매우 낮게 나타났다. 즉, Median Filter와 Histogram Equalization으로 구성된 전처리 알고리즘은 그림 7-(a)에 나타난 전처리 알고리즘 미적용 영상 결과와 비교하면 최소한의 영역 분할 효과는 나타내고 있다. 그러나 특징영역의 분포에 대한 일관성이 전혀 나타나지 않고, 매우 불규칙적으로 영역 분할이 이루어지는 것을 확인하였다.

## 3. Optical Flow 추적 성능 비교

먼저, 전처리 알고리즘을 적용하지 않은 영상에 Optical Flow 알고리즘을 적용하고, 특징영역에 대한 추적 정확도를 분석하였다. 분석결과, 전처리 알고리즘이 적용되지 않은 영상은 그림 7-(a)와 같이 배경영역과 객체영역에 대한 분할이 전혀 이루어지지 않았다. 따라서 영상 내 특징영역의 추출이 주로 영상의 최외곽선에 대해서만 이루어졌고, 우측 하단의 일부분에서도 불규칙적으로 추출되었다. 특징영역의 추출이 정확하게 이루어지지 않아, Optical Flow도 그림 7-(c)에 나타난 바와 같이 주로 영상 상단 부분에 밀집되어 나타났고, 추적 정확도 또한 매우 낮게 나타났다. 반면, 전처리 알고리즘이 적용된 영상에서는 그림 8-(a)과 같이 배경 및 객체영역이 Brightness를 기반으로 분할되는 것을 확인하였다. 이에 따라, 영상 내 특징영역의 분포도 일정하게 나타났고, 특징영역에 대한 Optical Flow의 추적 정확도 또한 전처리 알고리즘이 적용되지 않은 영상과 비교하여 월등하게 향상되는 것을 확인하였다(그림 8-(c)). 즉, 전처리 알고리즘이 적용되지 않은 영상은

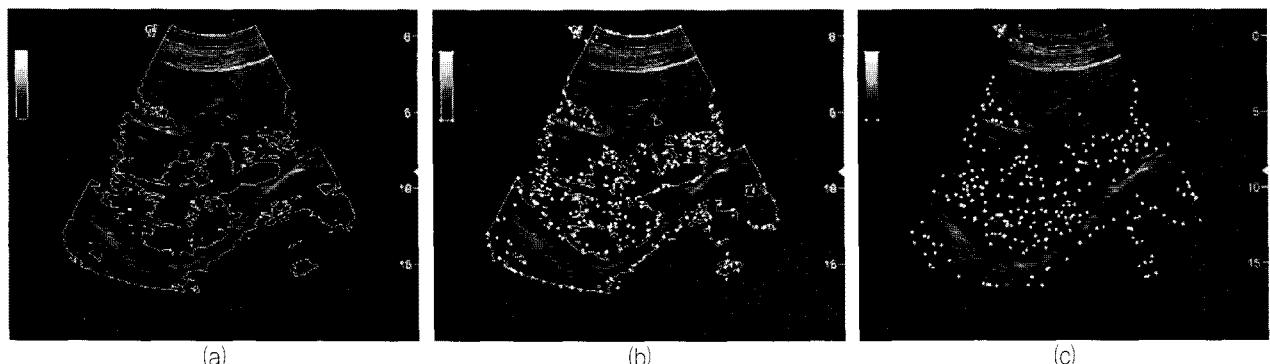


그림 6. Optical Flow 알고리즘 적용결과(Median Filter 및 Histogram Equalization 적용)

Fig. 6. The Result of Optical Flow Algorithm with Median Filter and Histogram Equalization Algorithm.

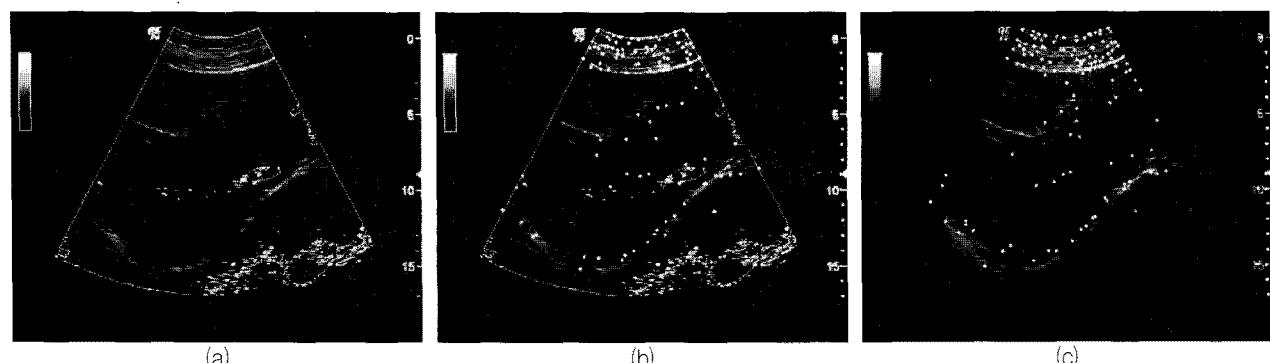


그림 7. Optical Flow 알고리즘 적용결과(전처리 알고리즘 미적용)

Fig. 7. The Result of Optical Flow Algorithm without Pre-processing Algorithm.

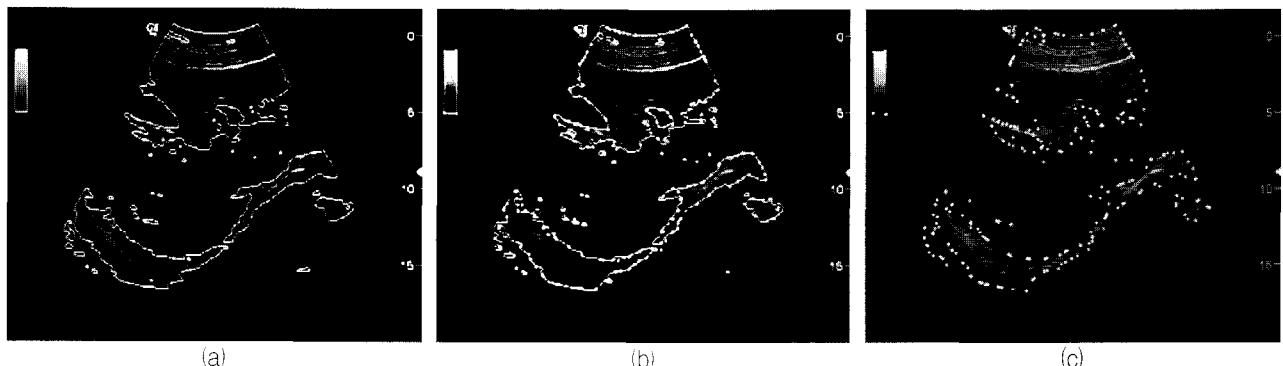


그림 8. Optical Flow 알고리즘 적용결과(전처리 알고리즘 적용)

Fig. 8. The Result of Optical Flow Algorithm with Pre-processing Algorithm.

배경영역과 객체영역에 대한 영역 분할이 이루어지지 않아, 특징영역에 대한 외곽선 추출이 정확하게 이루어지지 않았다. 그러나 전처리 알고리즘이 적용된 영상은 영역 분할이 정확하게 이루어져, 특징영역에 대한 외곽선 추출 정확도가 전처리 알고리즘의 미적용 영상에 비해 매우 높게 나타났다.

#### IV. 결 론

본 연구에서는 Optical Flow Method의 추적 성능을 향상시키기 위한 전처리 알고리즘을 개발하였다. 개발된 알고리즘은 Median Filter, Binarization, Morphology, Canny Edge, Contour Detecting 및 Approximation의 총 6개 세부 알고리즘으로 구분되고, 영상 내 추적 정확도를 향상시키기 위해 연속 프레임 영상에 순차적으로 적용하였다. 전처리 알고리즘을 원 영상에 적용한 결과, 외곽선 추출 및 특징영역 추적의 정확도가 전처리 알고리즘을 적용하지 않은 영상과 비교하여 월등하게 향상되는 것을 확인하였다. 또한 Median Filter와 Histogram Equalization으로 구성된 기존 전처리 방법과의 결과비교 통해, 개발된 알고리즘의 추적 성능 향상 여부를 확인하였다. 이는 본 연구를 통해 개발된 전처리 알고리즘이 실제 초음파 영상에 적용되어 인체 장기 및 혈관 등의 내부 조직 뿐 아니라, 조영제 등과 같은 외부 물질의 유동을 추적할 수 있음을 의미한다. 그러나 개발된 알고리즘은 많은 연산처리량에 의해 원영상의 Frame Rate를 완벽하게 복원하지 못하고 있고, 이는 특징영역에 대한 실시간 추적 성능을 저하시키는 주원인이 된다. 이와 같은 문제점을 해결하기 위해 기존 연구에서는 전처리 알고리즘을 극단

적으로 단순화하여 연산처리속도를 향상시켰으나, 추적 정확도가 저하되는 결과를 나타내었다. 또한 Region Growing 알고리즘과 같은 영역 분할 알고리즘을 적용하여 추적 정확도는 향상시켰으나, 사용자가 직접 관심 영역을 지정해야 하는 한계점을 가지고 있어, 실시간 추적 결과를 나타내지 못하고 있다.

이에 따라, 추후 연구에서는 원영상의 Frame Rate를 보존하면서, 추적 정확도를 최적화할 수 있는 알고리즘에 대한 개발 연구가 이루어져야 할 것이다. 그리고 개발된 알고리즘의 적용에 의한 추적 성능 향상 여부를 정량적으로 평가하기 위해, Axial/Radial Displacement 및 Axial/Radial Velocity 등과 같은 정량적 평가지표에 대한 연구도 이루어져야 할 것이다. 또한 알고리즘의 실제 임상적용을 위해 현재 복부 초음파에 국한된 연구에서 나아가 마모그래피를 이용한 유방 영상 및 심초음파 영상 등에 대한 적용 연구도 이루어져야 할 것으로 판단된다. 이를 통해 개발된 알고리즘은 현재 임상에서 사용되고 있는 초음파 영상 시스템에 조영제 유동 실시간 추적 기능과 같은 부가적인 진단 기능을 제공할 수 있을 것이라 판단된다.

#### 참 고 문 헌

- [1] J. L. Barron, D. J. Fleet, S. S. Beauchemin, "Performance of Optical Flow Techniques", International Journal of Computer Vision, Vol. 12, no. 1, pp. 43-77, 1994.
- [2] J. K. Kearney, W. B. Thompson, D. L. Boley, "Optical Flow Estimation : An Error Analysis of Gradient-based Methods with Local Optimization", IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 9, no. 2,

- pp. 229-244, 1987.
- [3] J. W. Lee, S. You, U. Neumann, "Large Motion Estimation for Omnidirectional Vision", Proceedings of the IEEE Workshop on Omnidirectional Vision, pp. 161-168, 2000.
- [4] M. George, T. Tjahjadi, "Multi-resolution Optical Flow Estimation using Adaptive Shifting", Proceedings of 1999 International Conference on Image Processing, Vol. 3, pp. 717-721, 1999.
- [5] B. K. P. Horn, B. G. Schunck, "Determining Optical Flow", Artificial Intelligence, Vol. 17, pp. 185-203, 1983.
- [6] B. D. Lucas, T. Kanade, "An Iterative Image Registration Technique with an Application to Stereo Vision", Proceedings of the 1981 DARPA Imaging Understanding Workshop, pp. 121-130, 1981.
- [7] 장민혁, 박종안, "Edge 검출과 Optical Flow 기반 이동물체의 정보 추출", 한국통신학회논문지, Vol. 27, no. 8, pp. 822-828, 2002.
- [8] 성준용, 이경복, 한민홍, "Optical Flow를 이용한 충후방 차량인식 시스템 개발", 한국자동차공학회 2006년도 춘계학술대회논문집, pp. 1680-1684, 2006
- [9] 이원주, 윤창용, 이희진, 김은태, 박민용, "순차적인 사후 추정에 의한 다중 차량 추적", 대한전자공학회논문지, Vol. 44, no. 1, pp. 40-49, 2007.
- [10] 임혜연, 김대일, 강대성, "출입 통제 시스템 개발을 위한 Optical Flow와 해마 신경망 알고리즘에 관한 연구", 한국정보기술학회논문지, Vol. 6, no. 6, pp. 174-179, 2008.
- [11] X. Yongquan, Z. Jun, H. Min, L. Weili, M. Rui, "A Stereo Matching Approach to Detect Obstacle in ALV System", Proceedings of the 2008 International Conference on Computer Science and Software Engineering, Vol. 1, pp. 1103-1106, 2008.
- [12] S. Loncaric, Z. Majcenic, "Optical Flow Algorithm for Cardiac Motion Estimation", Proceedings of the 22nd Annual EMBS International Conference, pp. 415-417, 2000.
- [13] M. H. Sarker, K. Bechkoum, "Gradient-based Optical Flow for Large Motion using Multi-resolution Smoothing Operation Pre-processing Technique", Malaysian Journal of Computer Science, Vol. 19, no. 2, pp. 141-149, 2006.
- [14] J. Stoitsis, S. Golemati, K. S. Nikita, "A Modular Software System to Assist Interpretation of Medical Images-Application to Vascular Ultrasound Images", IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, Vol. 55, no. 6, pp. 1944-1952, 2006.
- [15] 조영하, 정호기, 윤필주, "Connected Component를 이용한 Implicit Optical Flow 기반 Blind Spot Detection 개선", 한국자동차공학회 2006년도 추계 학술대회논문집, pp. 1555-1562, 2006.
- [16] T. Macan, S. Loncaric, "Hybrid Optical Flow and Segmentation Technique for LV Motion Detection", Proceedings of SPIE Medical Imaging, 2001.
- [17] H. H. Chang, "Variational Approach to Cardiac Motion Estimation for Small Animals in Tagged Magnetic Resonance Imaging", Lecture Notes in Computer Science, Vol. 4319, pp. 363-372, 2006.
- [18] 정재현, 박길배, 김주환, 강진모, 이병호, "Optical Flow와 Normalized Cut을 이용한 2차원 동영상의 3차원 동영상 변환", 한국광학회지, Vol. 20, no. 1, pp. 16-22, 2009.
- [19] 손영욱, 강문기, "비정형성 등속운동 객체의 움직임 추정을 위한 블록기반 움직임 평활화", 대한전자공학회논문지, Vol. 44, no. 6, pp. 47-53, 2007.
- [20] N. Otsu, "A Threshold Selection Method from Gray-level Histogram", IEEE Transactions on System Man Cybernetic, Vol. SMC-9, no. 1, pp. 62-66, 1979.
- [21] J. Canny, "A Computational Approach to Edge Detection", IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 8, no. 6, pp. 679-698, 1986.
- [22] H. Carr, J. Snoeyink, M. V. D. Panne, "Simplifying Flexible Isosurfaces Using Local Geometric Measures", IEEE Visualization, pp. 497-504, 2004.
- [23] D. H. Douglas, T. K. Peucker, "Algorithms for the Reduction of the Number of Points Required to Represent a Digitized Line or Its Caricature", The Canadian Cartographer, Vol. 10, no. 2, pp. 112-122, 1973.

---

저자 소개

---



**김 성 민(정회원)-교신저자**  
 1985년 연세대학교 전자공학과  
 학사 졸업.  
 1987년 연세대학교 전자공학과  
 석사 졸업.  
 1995년 아이오와대학교  
 의용공학과 석박사 졸업.  
 2010년 현재 동국대학교 의생명공학과 부교수.

<주관심분야 : 의공학, 생체역학, 영상처리, 재활  
 공학>



**이 주 환(학생회원)**  
 2009년 건국대학교 의학공학부  
 학사 졸업.  
 2010년 현재 동국대학교 의생명  
 공학과 석박사 통합과정.

<주관심분야 : 의공학, 영상처리, 신호처리>



**노 승 규(정회원)**  
 2008년 건국대학교 의학공학부  
 학사 졸업.  
 2010년 건국대학교 전자공학과  
 석사 졸업.  
 2010년 현재 동국대학교  
 생명과학연구원.

<주관심분야 : 의공학, 영상처리, 신호처리>



**박 성 윤(정회원)**  
 2005년 건국대학교 의학공학부  
 학사 졸업.  
 2007년 건국대학교 의학공학부  
 석사 졸업.  
 2010년 현재 동국대학교  
 의생명공학과 박사과정.

<주관심분야 : Neural Network >