

## 초음파 영상을 위한 계층적 특징점 기반 블록 움직임 추출

신성철<sup>o</sup> 김백섭 배우호  
한림대학교

{neoring<sup>o</sup>, bskim, mhbea}@hallym.ac.kr

### Hierarchical Feature Based Block Motion Estimation for Ultrasound Image

Seongchul Shin<sup>o</sup> Baeksop Kim MooHo Bae

Division on Information Engineering and Telecommunications, Hallym University

#### 요 약

본 논문은 연속 초음파 영상으로부터 모자이크 영상을 구하기 위한 특징점 기반 블록 움직임 추출 방법에서 정확도를 높이고 계산 시간을 줄이기 위해 다해상도(multi-resolution)영상을 이용한 계층적 특징점 기반 블록 움직임 추출 방법을 제시하였다. 초음파 영상에서의 Speckle 노이즈의 영향을 줄이기 위해 저해상도의 영상에서 특징점을 추출하고, 계산 시간을 줄이기 위해 저해상도 영상의 추정된 움직임을 고해상도 영상의 움직임 추정에 적용하여 탐색 범위를 줄였다. 그 결과 계산 시간을 개선하면서 모자이크 영상의 정확도를 높일 수 있었다.

#### 1. 서 론

영상의 집합이나 동영상으로부터 모자이크 영상을 얻는 방법은 동영상 압축이나 영상 검색 등 다양한 분야에서 꾸준히 연구 되어 왔다. 한편 초음파 영상을 통한 진료분야가 확대됨에 따라 동영상으로부터 모자이크 기술을 이용하여 넓은 시야(field of view)의 영상을 구하는 기술에 대한 요구가 늘어나고 있으며, 이에 관한 연구도 계속 발표되고 있다[1-4].

모자이크 영상을 얻기 위해서는 연속적인 영상들의 정확한 움직임 예측이 중요하다. 이러한 움직임 예측을 위한 기법으로는 Gradient Techniques, Pel-recursive Techniques, Block Matching Techniques 등이 있다. 앞의 두 방법은 복잡하고 움직임 정보를 위해 너무 많은 움직임 필드를 필요로 하기 때문에 블록 정합법이 가장 많이 사용되고 있다[5].

블록 정합법으로 움직임을 예측할 때 블록 배치와 블록의 크기가 성능에 중요한 영향을 준다. 블록의 배치는 전역 움직임 요소의 예측 분산에 영향을 주며, 블록의 크기는 계산량에 많은 영향을 준다. 전역 움직임을 예측하기 위하여 움직임 영역 내에 블록을 골고루 배치하는 것이 중요한 반면, 특징이 뚜렷한 영역에서 움직임 추정이 정확하기 때문에 규칙적으로 배치할 경우 특징 영역이 포함되도록 블록을 크게 해야 하므로 계산량이 증가하게 되는 문제가 있다 [1].

한편, 초음파 영상은 찍고자 하는 부위로 초음파를 내보낸 후, 반사되는 초음파를 분석하여 얻는 영상이다. 그러나 반사되는 음파는 반사되는 매질과 기타 이유 때문에 phase 변화가 일어나며 획득한 영상은 speckle noise가 나타난다. 이 speckle noise는 영상의 화질을 떨어뜨릴 뿐 아니라, 보고자 하는 신체기관과 배경과 경계 등의 중요한 형태적 정확성을 떨어뜨린다.

본 논문에서는 이와 같은 문제를 해결하기 위해 다해상도의 영상을 이용하여 특징점 (feature point)을 추출함으로써, speckle 노이즈에 영향을 줄이고, 저해상도영상에서의 추정된 움직임을 고해상도 영상의 움직임 추정에 적용하여 탐색 범위를 줄임으로써, 계산시간도 단축하였다.

#### 2. 제안 방법

본 논문에서 제안하는 방법은 블록 정합법에서 블록을 규칙적으로 배치함으로써 특징 영역이 포함되도록 블록을 크게 하여 계산량이 증가하는 문제점을 보완하기 위해 블록을 각 영역 내 특징이 가장 강한 점을 중심으로 배치한다. 그리고 특징점을 추출할 때 초음파 영상에서의 speckle 노이즈의 영향을 줄이기 위해 다 해상도 (multi-resolution)영상을 이용한다. 전체 처리과정은 그림 1과 같다.

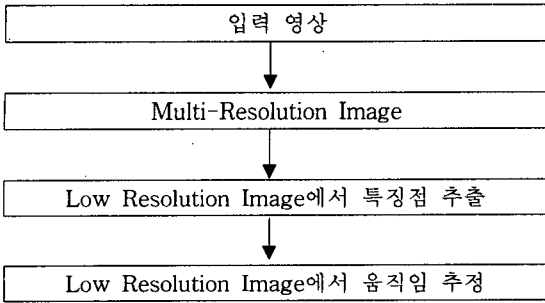


그림 1. 전체 처리 과정 흐름도

다음 식(2)을 만족시킨다.

$$X = AU + T \tag{2}$$

여기서,  $X = \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}$ ,  $U = \begin{pmatrix} u \\ v \end{pmatrix}$ .

$$A = \begin{pmatrix} \cos\theta & \sin\theta \\ -\sin\theta & \cos\theta \end{pmatrix} \quad : \text{회전 매트릭스}$$

$$T = \begin{pmatrix} t_x \\ t_y \end{pmatrix} \quad : \text{이동벡터}$$

회전 매트릭스와 이동벡터를 구하기 위하여 움직임 추출 영역의 최소 3군데 이상에서 국소 이동 벡터를 얻은 다음 최소자승오차법을 사용하면 다음과 같이 구해진다.

$$\theta = \tan^{-1} \frac{C_{xv} - C_{yu}}{C_{xu} + C_{yv}} \tag{3}$$

$$t_x = \bar{x} - \bar{u}\cos\theta - \bar{v}\sin\theta, \quad t_y = \bar{y} - \bar{u}\sin\theta - \bar{v}\cos\theta.$$

여기서  $C_{ab} = \sum_i (a^i - \bar{a})(b^i - \bar{b})$ ,  $\bar{a} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n a^i$  로서 각각 공분산과 평균을 말한다.

최소자승오차를 줄이기 위하여 국소움직임 추정점을 골고루 분산 시키는 것이 바람직하므로 움직임 추출 영역 전체를 규칙적인 구간으로 나누어 각 구간의 중심에 블록을 배치하여 블록의 움직임을 구하는 것이 보편적이다[1]. 그러나 특징이 강한 부분에서의 움직임 추정이 정확하다는 점과 추정점이 골고루 분산 되어야 한다는 점을 동시에 만족시키기 위하여 각 구간에서 특징이 가장 강한 곳을 찾아내어 블록을 배치함으로써 블록 크기가 상당히 줄어들어도 안정되게 모자이크를 구할 수 있었다. 또한 다해상도 영상에서 특징점을 추출함으로써 speckle 노이즈의 영향을 줄이고, 처리 시간을 단축할 수 있었다.

### 2.1 Multi-Resolution Image

다해상도(multi-resolution)는 서로 다른 해상도의 영상을 구성하는 것으로 영상 분할, 에지 검출, correlation matching과 같이 여러 영상 분석 응용에 매우 효율적으로 적용된다[6]. 다해상도 영상은  $2^k \times 2^k$  ( $k = 0, \dots, n$ ) 크기의 영상 시리즈로 최하위 영상은  $2^n \times 2^n$  크기의 영상이고, 중간 레벨의 영상은  $2^k \times 2^k$  ( $k = 0, \dots, n-1$ ) 크기의 영상으로 bottom-up 방식으로 생성된다. 다해상도 영상의 상위 레벨에서 다음 레벨로의 mapping 함수는 low-pass 연산이기 때문에 high frequency는 억제된다. 그러므로 초음파 영상에서 특징점을 저해상도 영상에서 추출함으로써 speckle 노이즈의 영향을 적게 받게 된다.

### 2.2 특징점 추출

특징점 추출 방법은  $9 \times 9$ 의 에지연산자를 이용하여 각 에지들의 크기를 구한 후, 가로 방향의 에지크기와 세로 방향의 에지크기가 모두 큰 코너(corner)를 추출하기 위해 다음과 같이 구해진다[7].

$$G(i, j) = |N(x, y)| - \kappa \text{Trace}^2 N(x, y) \tag{1}$$

여기서  $N(x, y)$ 는  $\begin{bmatrix} I_x^2 & I_x I_y \\ I_x I_y & I_y^2 \end{bmatrix}$  이고,  $\kappa$ 는 일반적으로

0.04 값을 적용한다.

### 2.3 움직임 추정

초음파의 모자이크를 위하여 각 영상의 중앙부분에서 움직임을 추정하여 이 움직임을 전역 움직임이라고 가정하였다. 전역 움직임은 회전과 이동만 있어서 현재 영상의 한 화소  $(x, y)$ 는 과거 영상의  $(u, v)$ 와 일치 한다고 가정하면

### 3. 실험 및 결과

실험은 특징점 기반 블록 움직임 추출 방법과 다해상도 영상을 적용한 계층적 특징점 기반 블록 움직임 추출 방법을 비교하였다. 객관적인 척도로 정합 영상차를 사용하였고, 주관적 판단을 위하여 모자이크 영상들을 비교하였다. 정합 영상차는 각 영상에서 모자이크에 붙일 영역을 구한 전역 움직임으로 변형 시켜서 전 영상과의 최소 자승오차를 구한 후 전체 영상에 대하여 평균하였다. 표 1.은 각 동영상에 대한 영상 정합차를 보인다. 다해상도 영상을 적용했을 경우 그렇지 않은 방법보다 더 좋은 성능을 보인다는 것을 알 수 있다. 표 2.는 두 방법에 대한 처리 시간 비교로

다해상도 영상을 구성하는 시간은 제안한 방법에서만 요구되는 시간이고, 특징점 추출 시간은 제안한 방법인 경우 저해상도의 영상에서 특징점 추출을 하기 때문에 기존 방법보다 적은 시간이 소요된다. 움직임 추출 시간 역시 제안한 방법은 저해상도 영상에서 추정된 움직임을 통해 탐색 영역을 추정함으로써, 계산 시간이 더욱 줄어들게 된다.

그림 2에 주관적 판단을 위하여 동영상에 대한 모자이크 영상의 예를 보였다. 기존의 방법과 제안한 방법의 주관적 분석을 위해 현재 영상에서의 움직임 추출 영역을 과거 영상에서 full search를 통해 움직임을 추출하여 실제 움직임과 가장 유사하다고 가정하였다. 이와 같은 직접적인 전역 움직임 추정 방법을 reference estimator(REF)로 명명하였다. 모자이크 영상비교에서 제안한 방법의 모자이크 영상이 기존 방법의 모자이크 영상보다 더욱 안정되게 모자이크를 구성할 수 있다는 것을 알 수 있다.

4. 결론

초음파 동영상으로부터 모자이크 영상을 얻기 위하여 국소 움직임을 거쳐 전역 움직임을 추정하는 방법에 있어서, 다해상도 영상을 통해 저해상도 영상에서 고해상도 영상으로 특징점 추출과 움직임 탐색 영역을 추정하는 방법을 제안하였다. 제안한 방법은 기존의 단일 해상도 영상을 적용한 방법에 비해, 안정된 성능과 계산시간을 단축할 수 있었다.

초음파 영상을 모자이크 할 때 본 논문에서 조사되지 않은 여러 가지 요소들이 있을 수 있다. 예를 들면 본 논문과 같이 블록 정합법을 사용하지 않고 광학 흐름(optical flow)법을 사용할 수 있다. 그리고 전역 움직임 추정의 오차를 줄이기 위하여 시간적으로 필터를 적용할 수 있으며, 전역 움직임 추정 오차의 누적을 방지하기 위하여 전 영상과의 움직임 추정이 아닌 모자이크 영상과의 움직임을 추정할 수 있다. 그러나 제안한 움직임 추정 방법은 이들과 독립적으로 함께 적용될 수 있다.

5. 참고문헌

[1] L. Weng, A.P. Tirumalai and L. Nock, "Method and apparatus for generating and displaying panoramic ultrasound images," *U.S. Patent* 5782766, July 1998.  
 [2] T.S. Sumanaweera, L. Pang and S.S. Bolorforosh,

"Medical diagnostic ultrasound system and method for multiple image registration," *U.S. Patent* 6159152, Dec. 2000.

[3] A.L. Robinson, R.R. Entekin, and J.R. Jago, "Ultrasonic diagnostic imaging system with variable spatial compound," *U.S. Patent* 6210328 B1, Apr. 2001.  
 [4] J.R. Jago, "Ultrasonic diagnostic systems with spatial compounded panoramic imaging," *U.S. Patent* 6416477 B1, July 2002.  
 [5] Frederic Dufaux, and Fabrice Moscheni, "Motion Estimation Techniques for Digital TV: A Review and a New Contribution," *Proceedings of the IEEE*, vol. 83, no 6, pp.858-876, June 1995.  
 [6] I. Pitas, *Digital image processing algorithms and applications*, John Wiley & Sons, ch 7, 2000  
 [7] C. Harris and M. Stephens. A combined corner and edge detector. In *Proc. Alvey Conf.*, pages 189-192, 1987.

표 1. 평균 영상 정합차

	기존 방법	제안 방법
Fast Thyroid	353.7138	348.4449
Thyroid3	59.1418	56.93089

표 2. 계산 시간 비교(단위 : ms)

	기존 방법	제안 방법
Multi-Resolution	0	2
특징점 추출	100	22
움직임 추출	28	20

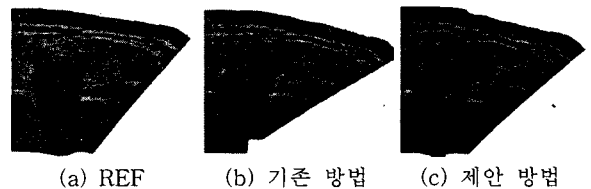


그림 2. Linear\_thyroid3 영상에 대한 모자이크 영상