

## 계층적 삼각형 메쉬를 이용한 움직임 추정과 노드의 수렴 고속화

(Motion Estimation using Hierarchical Triangular Mesh and Fast Node Convergence)

이동규\* · 이두수

(Dong - Gyu Lee · Doo - Soo Lee)

### 요 약

본 논문에서는 영상의 움직임 정보를 반영한 계층적 삼각형 메쉬의 생성 방법과 이를 위한 노드의 수렴 고속화 방법을 제안한다. 영상의 차의 분산을 이용하여 세분화가 필요한 영역을 판단하고 적합한 삼각화 방법에 의해 연속적인 계층화가 가능하도록 한다. 또한 초기의 움직임 추정시 배경영역과 객체영역을 분리하고 쌍선형 보간법에 의해 메쉬 구조를 유지하도록 함으로써 노드의 수렴고속화를 위한 재정렬 방법을 사용한다. 실험을 통해 제안한 방법이 기존의 BMA이나 다른 메쉬 구조를 사용한 방법보다 높은 PSNR을 나타냄을 보이고 메쉬의 크기가 작은 구조에 적합한 재정렬 방법임을 보인다.

### Abstract

In this paper, we propose a hierarchical triangular mesh generation method based on the motion information and a fast node convergence method. From the variance of Image difference, we decide the region that subdivision is required and perform the adequate triangulation method that is possible to yield a successive hierarchical triangulation. For fast node convergence, in initial search, we use the refinement method that separate the background and object region and maintain the mesh connection by using the bilinear interpolation. The simulation result demonstrate that proposed triangulation method have better performance in PSNR than the conventional BMA or other mesh based method and refinement method is appropriate for the case of the mesh size is small.

Key Words : Motion Estimation, Triangular Mesh, Hierarchical Mesh

### 1. 서 론

대역폭이 낮은 채널을 통해서 영상신호를 전송하기 위해서는 고 압축률의 압축방법을 필요로 한다. 이를 위해서 일반적으로 영상의 시간적 용장성(redundancy)을 줄이기 위한 움직임 추정과 보상 방법을 사용한다. 최근에 사용되는 영상 압축 표준안들에서도 블록 정합 방법(BMA)을 이용한 움직임 보상방법이 사용되고 있다. 그러나 BMA이 가지는

\* 주저자 : 한양대학교 전자통신전파공학과 박사과정  
Tel : 02-2290-0358, Fax : 02-2281-9912  
E-mail : dglee@inhanyang.ac.kr  
접수일자 : 2003년 2월26일  
1차심사 : 2003년 2월28일  
심사완료 : 2003년 3월14일

구조적 한계성 때문에 평면적인 움직임만을 추정할 수 있고 회전이나 확대, 축소 등의 복잡한 움직임을 표현할 수가 없었다. 이를 해결하기 위해 공간변환에 의한 이미지 와핑(image warping)을 이용한 2차원 메쉬(mesh) 기반의 움직임 추정과 보상 방법이 연구되고 있다.

2차원 메쉬를 이용한 움직임 추정과 보상은 입력 영상에 삼각형 또는 사각형의 메쉬를 구성하고 현재의 프레임과 이전 프레임 사이에서 메쉬의 움직임을 추정한 후 이로부터 공간변환의 파라미터를 구하게 된다. 이때 각 메쉬를 이루는 기본요소의 모양에 따라 적당한 공간변환(spatial transform)을 거치게 되는데 Affine 변환(Affine transform)[1][2][3][4], 쌍 선형변환(bilinear transform)[5][6] 등이 사용된다. 메쉬의 공간변환 파라미터가 구해지면 이전 프레임을 공간변환 함수에 의해 이미지 와핑(Wrapping)을 수행함으로써 움직임 보상을 하게 된다. 입력영상을 일정한 크기의 삼각형 또는 사각형의 메쉬로 구분하는 정규화 메쉬(regular mesh)[1]를 사용하는 경우 구조가 간단하고 메쉬 구조를 기술하기 위한 추가 정보가 필요 없지만 메쉬의 구성에 입력영상의 특징을 반영할 수 없기 때문에 움직임이 적은 배경 영역과 움직임이 많은 객체영역을 같은 크기의 메쉬로 구분하게 된다. 메쉬의 구조에 객체의 특징을 반영할 수 있도록 하기 위해 객체의 움직임에 따라 사각형 메쉬를 세분해 나가는 HGI(Hierarchical Grid Interpolation)방법[2]이 개발되었고 객체의 특징점을 추출하고 이 점들을 연결하여 메쉬를 생성하는 객체 기반 메쉬(object-oriented mesh)방법[2][3][4] 등이 연구되었다.

메쉬의 움직임 추정은 메쉬를 구성하는 각 노드들의 움직임 벡터(motion vector)로부터 공간변환 함수의 파라미터들을 구할 수 있고 이를 이용해 메쉬 영역안의 화소값을 추정할 수 있다. 그러나 노드의 움직임 벡터는 실제로 객체의 2차원 움직임을 정확히 표현할 수 없고 패치의 크기가 작을 때는 메쉬의 연결 상태를 파괴할 수도 있기 때문에 각 노드의 움직임 벡터를 독립적으로 구하는 것은 바람직하지 않을 수 있다.

한 노드와 연결된 주변 노드의 위치를 고정시키고 탐색을 하는 방법으로 전체노드의 움직임 벡터를 반복 계산함으로써 추정에러가 국부 최소가 되도록 하

는 HMA(Hexagonal Matching Algorithm)[1]이 개발되어 좋은 결과를 얻을 수 있었다. 그러나 주변의 노드를 고정시키고 한 개의 노드 위치만을 변화시키면서 탐색하고 이 과정을 전체 노드에 대해서 반복하면서 에러가 최소가 되도록 해야 하기 때문에 수렴속도가 느리고 초기에 각 노드의 위치가 수렴속도를 좌우하게 된다.

본 논문에서는 삼각형의 메쉬를 객체의 움직임에 따라 계층적으로 세분화하여 입력영상의 특징을 메쉬 구조의 생성에 반영할 수 있는 계층적 삼각형 메쉬의 생성 방법과 이를 이용한 움직임 추정과 보상에서 노드의 초기 추정과정을 통한 수렴 가속화 방법을 제안한다.

## 2. 계층적 삼각형 메쉬의 생성

계층적 삼각화를 위해서는 입력영상에 최소크기의 메쉬를 구성하고 움직임이 적은 영역을 판단하여 노드를 제거 함으로써 영역을 합병해나가는 방법을 사용하거나 대략적으로 구분된 메쉬를 세분화를 통해서 노드를 추가하는 방법을 사용할 수 있다. 연속적인 세분화가 가능하도록 하기 위해서는 계층화의 레벨이 증가하여도 초기 연결상태가 유지되어야 추가 세분화가 가능하다. 그러므로 적당한 크기의 기본 메쉬를 형성하고 이를 분할해나가는 방법을 사용함으로써 원하는 크기의 레벨까지 세분화를 할 수가 있게 된다. 본 논문에서는 그림3의 (a)와 같은 형태의 삼각형 메쉬를 사용한다. 이 경우는 모든 삼각형 메쉬가 직각이등변삼각형의 형태를 이루고 있고 각 노드 당 4개에서 8개에 해당하는 노드들이 연결되어 있다. 계층적 삼각화를 위해서는 추가된 노드에 의해 분할된 메쉬 들이 초기 상태와 같이 직각이등변삼각형을 이루도록 해야 추가적인 세분화가 가능하므로 노드의 추가 시 생성되는 메쉬의 구조가 직각이등변삼각형을 되도록 해 주어야 한다.

### 2.1 메쉬의 세분화

세분화를 위한 노드는 입력영상의 움직임을 측정하여 해당하는 메쉬의 각 변에 추가한다. 메쉬를 구성하는 영역에 대해서 움직임의 양을 구하기 위해 다음 식[1]과 같이 프레임 간 차의 분산을 이용하여 임

계층적 삼각형 메쉬를 이용한 움직임 추정과 노드의 수렴 고속화

계치 이상일 경우 삼각형 메쉬의 세 변에 노드(세분화 노드)를 추가한다.

$$Mo(P) = \frac{1}{N_P} \sum_{(x,y) \in P} (D_{FD}(x,y) - \overline{D_{FD}(x,y)})^2 \quad (1)$$

$$D_{FD}(x,y) = I(x,y,n) - I(x,y,n-1)$$

여기서  $P$ 는 메쉬를 구성하는 삼각형 영역을 나타내고  $N_P$ 는 이 영역에 포함된 화소의 개수,  $D_{FD}(x,y)$ 는  $(x,y)$ 에서의 이전 프레임과 현재 프레임간의 화소 차이값,  $\overline{D_{FD}(x,y)}$ 는 화소 차이값의 평균을 의미한다.

2.2 직각 이등변 삼각화물 의한 노드의 추가

세분화 과정에서 노드의 추가에 의해 각 메쉬의 세 변에는 1개 또는 2, 3개의 노드가 존재할 수 있다. 이 노드를 연결하여 새로운 삼각형 메쉬를 구성해야 하는데 초기 삼각형들은 직각 이등변 삼각형을 이루고 있으므로 세분화로 생성된 삼각형들도 같은 형태를 유지하여야 추가적인 세분화가 가능하게 된다. 이를 위해서 세변에 존재하는 노드의 개수와 위치에 따라 연결된 메쉬의 구조가 이등변삼각형이 되도록 하기위해 새로운 노드를 추가하여야 한다.

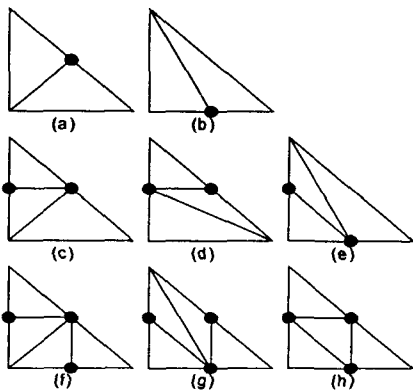
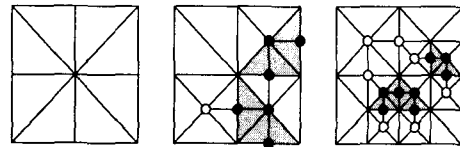


그림 1. 노드의 개수와 삼각화.

- (a)(b) 노드가 1개인 경우
- (c)(d)(e) 노드가 2개인 경우
- (f)(g)(h) 노드가 3개인 경우

Fig. 1. The Number of nodes and Triangulation  
(a)(b)case 1 (c)(d)(e)case 2  
(f)(g)(h)case 3

그림 1의 (a),(c),(f),(e)과 같이 변의 노드가 직각의 대변에 있을 경우 연결된 삼각형들은 직각 이등변삼각형을 이루도록 연결 상태를 유일하게 결정할 수 있으나 그림1의 (b),(e)과 같이 등변에만 존재할 경우는 일반적인 삼각형의 모양을 가지게 된다.



- ▲ : 움직임에의한 노드 추가 영역
- : 세분화 노드
- : 삼각화 노드

그림 2. 메쉬의 생성과정.

(a) 레벨0 (b) 레벨1 (c) 레벨2

Fig. 2. The procedure of mesh generation.

(a) level0 (b) level1 (c)level2

그러므로 연속적인 세분화를 통해 계층적 삼각화를 이루기 위해서 각 메쉬의 세변 중에서 직각의 대변에 노드가 존재하도록 해주어야 한다. 직각의 대변에 추가한 노드(삼각화 노드)는 이 역시 다른 메쉬에 영향을 미치지므로 이 과정을 반복하여 더 이상 추가할 노드가 없을 때까지 반복한다. 노드의 연결은 변에 존재하는 노드의 개수에 따라 그림 1의 (a),(c),(f)와 같이 삼각화를 수행하여 얻어진 모든 메쉬들이 직각 이등변삼각형을 이루도록 한다. 계층적 삼각화를 위한 전체 과정은 다음과 같다.

- (1) 레벨 0일때 초기 메쉬의 구조가 직각이등변 삼각형이되도록 정규화 메쉬생성
- (2)  $Mo(P) > th$  일때 세분화 노드생성
- (3) 모든 메쉬에 대해 직각의 대변에 노드가 존재하도록 삼각화 노드생성
- (4) 노드의 개수에 따라 삼각화
- (5) 레벨을 한 단계 증가시키고 (2)의 과정을 반복

다음 그림 2에 계층적 삼각형 메쉬의 생성 과정과 그림 3에 생성된 메쉬의 예를 보인다.

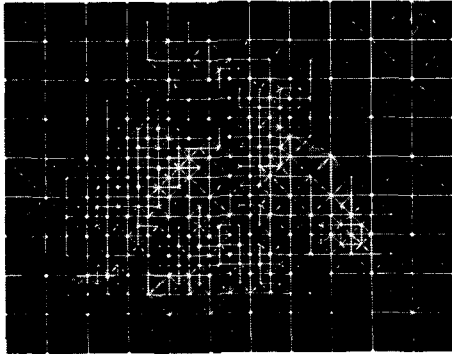


그림 3. 계층적 삼각형 메쉬.  
(SalesMan-4번프레임)

Fig. 3. Hierarchical triangular mesh.  
(SalesMan-Frame No.4)

### 3. 움직임 벡터의 추정과 고속화

메쉬의 움직임 추정은 메쉬를 구성하는 세 노드의 움직임 벡터로부터 구할 수 있다. 구해진 세 노드의 움직임 벡터로부터 Affine 변환의 6개의 변수에 대한 방정식을 구하고 이 방정식의 해로부터 Affine 변환식을 구한다. 움직임 보상을 위해 구하려는 현재 프레임의 화소 좌표를 Affine 변환식에 입력하여 대응하는 이전 프레임에서의 좌표값을 구하여 화소 값을 추정해 나간다.

#### 3.1 노드의 움직임 벡터 추정

노드의 움직임 벡터는 현재 프레임에서 각 노드의 위치에 대응하는 이전 프레임에서의 위치를 구함으로써 두 위치의 차이가 움직임 벡터로 결정된다. 이때 노드의 움직임 벡터는 이 노드와 연결된 주변 노드의 위치를 고정 시키고 해당 노드의 위치를 이동 시키면서 복원된 영상과 원영상 사이의 차가 최소인 위치로 결정하게 된다.

$$LocalPSNR = 10 \log_{10} \frac{255^2}{MSE_{Local}} \text{ dB} \quad (2)$$

$$MSE_{Local} = \frac{1}{N_L} \sum_{(x,y) \in L} (I(x,y) - \widetilde{I(x,y)})^2$$

여기서 L은 현재 노드와 연결된 모든 노드들로 구

성되는 다각형 영역을 나타내고  $N_L$ 은 이 영역에 포함된 화소수,  $I(x,y)$ ,  $\widetilde{I(x,y)}$ 는  $(x,y)$ 에서 원영상의 화소 값과 복원된 화소 값을 나타낸다.

이때 주변의 노드들은 위치가 고정되어 있고 한 노드의 위치만을 변화시켜 나가기 때문에 움직임이 많은 영역이나 메쉬의 크기가 작을 경우 최소위치로 수렴하지 않을 수도 있다. 일반적으로 노드의 초기 검색 시 노드를 중심으로 하는 BMA를 사용하여 초기 위치를 결정하고 이로부터 재정렬(refinement)과정을 통해 국부 최소 위치로 수렴하도록 한다[1][5]. 재정렬 시에는 한 노드와 연결된 주변 노드의 위치를 고정시키고 중심노드의 위치를 검색 영역 안에서 이동시킬 때 Affine 변환에 의해 복원된 영상의 PSNR이 최소인 위치를 움직임 벡터로 결정한다. 전체 노드에 순차적으로 검색을 행하고 이 과정을 반복하면서 노드의 위치가 변하지 않고 이와 연결된 다른 노드도 위치가 변하지 않았을 때 완전 수렴한 것으로 판단한다.

#### 3.2 Affine 변환을 이용한 영상복원

메쉬를 구성하는 세 노드의 움직임 벡터로부터 Affine 변환에 의한 변환식을 구한다. 이동 전의 좌표를  $(x, y)$ , 이동 후의 좌표를  $(x', y')$  라고하면 다음 식 3과 같은 Affine 변환식을 사용한다[4].

$$u(x, y) = (x - x') = a_1 + a_2x + a_3y \quad (3)$$

$$v(x, y) = (y - y') = a_4 + a_5x + a_6y$$

여기서  $u(x, y)$ ,  $v(x, y)$ 는 각각 x 방향과 y방향의 움직임 벡터이다. 구해진 세 노드의 움직임 벡터를 식 3에 대입하면 6개의 방정식이 구해지고 이 방정식의 해를 구하여  $a_1 \dots a_6$ 의 변수를 결정한다. 구해진 변수를 식에 대입하면 이동전과 이동후의 위치 좌표에 관한 관계식이 구해지고 이 식에 구하려는 화소의 위치를 대입하면 대응하는 좌표값을 구할 수가 있게 된다. 일반적으로 Affine 변화의 파라미터는 실수의 형태이므로 구해진 위치좌표도 실수 값을 가지게 된다. 그러므로 원하는 위치의 화소 값은 쌍

선형변환(bilinear transform)에 의해 주변 화소로부터 상대적인 거리를 이용하여 계산해 주어야 한다. 그림 4와 같이 화소값은 정수좌표의 위치에만 존재하고 화소사이의 간격은 1로 고정되어 있으므로 구해진 좌표값이 실수인 경우 소수점이하의 값이  $\Delta x$ ,  $\Delta y$ 가 되므로 식 4와 같이 상대적인 거리로부터 화소값을 구한다.

$$\widetilde{I}(x, y) = (1 - \Delta x)(1 - \Delta y) \cdot I_{lt} + (1 - \Delta x)\Delta y \cdot I_{lb} + \Delta x(1 - \Delta y) \cdot I_{rt} + \Delta x\Delta y \cdot I_{rb} \quad (4)$$

여기서  $I_{lt}, I_{rt}, I_{lb}, I_{rb}$  은 각 위치의 화소값을 나타낸다.

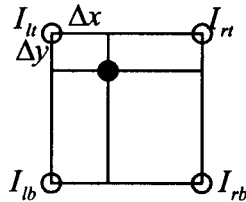


그림 4. 화소값 추정을 위한 쌍선형보간  
Fig. 4. Bilinear Interpolation for pixel estimation

### 3.3 노드의 수렴 고속화

생성된 메쉬에서 노드의 움직임 추정을 위해 초기의 해당 노드를 중심으로 하는 BMA를 사용한다. 그러나 메쉬의 크기가 작을 경우 BMA를 적용하면서 메쉬의 연결 상태가 파괴될 수도 있고 최소값을 구하는데 포함되는 화소의 수가 작아져 화소값의 작은 차이가 최소값을 구하는데 큰 영향을 미쳐 수렴 속도가 느려지거나 발산하는 경우도 있게 된다. 그러므로 본 논문에서 제안한 HTM의 초기 탐색시 일부 노드에만 BMA를 적용하여 움직임 벡터를 구한 후 이 노드로부터 일정한 영역 안에 있는 중간 노드는 동일한 움직임을 가졌다는 가정 하에 노드사이의 상대적인 위치로부터 움직임을 추정한다. 본 논문에서는 레벨 0에 해당하는 노드에 대해서만 BMA를 적

용하고 4개의 레벨 0 노드 사이에 존재하는 레벨 1과 레벨 2에 해당하는 노드들은 구해진 주변 노드의 움직임 벡터로부터 쌍선형 보간법에 다음 식 5로부터 초기 위치를 추정한다.

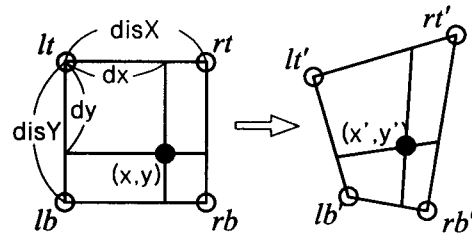


그림 5. 레벨0의 노드에 의한 초기 위치 추정  
Fig. 5. Initial estimation with node of level0

$$\Delta x = \frac{disX}{dx}, \quad \Delta y = \frac{disY}{dy}$$

$$x' = \Delta x\Delta y \cdot rb'_x + (1 - \Delta x)\Delta y \cdot lb'_x + \Delta x(1 - \Delta y) \cdot rt'_x + (1 - \Delta x)(1 - \Delta y) \cdot lt'_x \quad (5)$$

$$y' = \Delta x\Delta y \cdot rb'_y + (1 - \Delta x)\Delta y \cdot lb'_y + \Delta x(1 - \Delta y) \cdot rt'_y + (1 - \Delta x)(1 - \Delta y) \cdot lt'_y$$

여기서  $lt, rt, lb, rb$ 는 레벨 0의 노드에 대한 이동전의 좌표,  $lt', rt', lb', rb'$ 는 이동후의 좌표이다.

이때 최소값의 위치로 움직임 벡터를 결정하기 때문에 배경 영역처럼 화소의 차이는 거의 없지만 조명이나 잡음의 영향으로 실제 움직임과 다른 영역으로 수렴하는 경우도 있게 된다. 그러므로 메쉬 영역안의 평균 화소의 차이값(MAD)이 임계치( $G_{th}$ ) 이상일 때만 BMA를 적용하도록 움직임벡터  $\vec{V}_e$ 에 식 6과 같은 조건을 사용한다.

$$MAD(x, y) = \frac{1}{N_B} \sum_{(x, y) \in B} |I(x, y, n) - I(x, y, n-1)| \quad (6)$$

$$\begin{cases} MAD > G_{th} & \vec{V}_e = \vec{V}_e \\ else & \vec{V}_e = (0, 0) \end{cases}$$

여기서  $B$ 는 BMA의 블록 영역,  $N_B$ 는 블록 영역 안의 화소수,  $\hat{V}_e$ 는 MAD가 최소가 되는 위치에서 추정된 움직임 벡터이다.

또한 재정렬 과정에서 노드의 검색순서를 위에서 아래로 순차적으로 하지 않고 상위레벨에 해당하는 노드를 재정렬하고 하위레벨에 해당하는 노드의 순서로 재정렬하도록 선택한다. 이와 같이 함으로써 서로 연결되지 않은 노드의 재정렬을 먼저 행하고 하위레벨의 노드를 재정렬하면서 상위 노드의 움직임을 반영한 재정렬을 할 수 있다.

#### 4. 실험결과

메쉬의 구조에 따른 움직임 추정 방법의 성능을 비교하기 위해 BMA과 정규화 메쉬인 헥사 메쉬(HMA)를 본 논문에서 제안한 방법(HTM)과 비교하였다. 또한 노드의 수렴 속도를 비교하기 위해 HTM에서 모든 노드에 대해서 BMA을 적용하고 순차적인 재정렬 과정을 거친 경우와 수렴 속도의 고속화를 위한 방법들(fHTM)을 적용했을 경우를 비교하였다. 실험에 사용한 영상은 352×288 크기의 "Clair" 영상과 "SalesMan" 영상에서 휘도 신호만을 사용하였고, 1번 화면에서 100번째 화면까지에 대해서 3 프레임 간격으로 여러 가지 방법들을 적용해 보았다.

움직임 보상에 의해 복원된 영상의 화질평가를 위하여 입력 영상과 복원 영상 사이의 PSNR을 사용하였다.

$$PSNR = 10 \log_{10} \frac{255^2}{MSE} \text{ dB} \quad (7)$$

$$MSE = \frac{1}{N} \sum (I(x, y) - \widehat{I(x, y)})^2$$

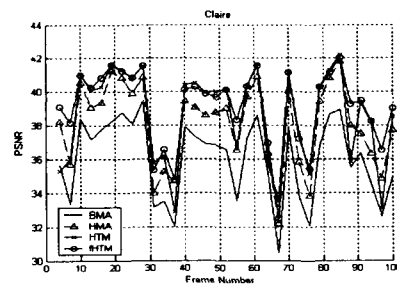
BMA에서의 블록의 크기는 16×16, 탐색 영역은 가로, 세로 「-8, +7」의 영역에서 전역탐색(full search) 방법을 사용하였고 HMA에서 노드의 배치 거리는 16×16, 초기에 BMA을 사용한 검색시에는 노드를 중심으로 하는 16×16 영역을 사용하였고 탐색영역은 BMA과 같이 「-8, +7」을 사용하였다. 노드의 재정렬시 탐색영역은 「-3, +3」로 설정하였다.

계층적 삼각형 메쉬(HTM)는 레벨 0에서 노드의

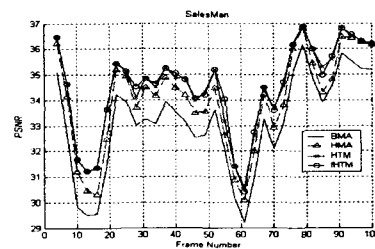
표 1. 평균 PSNR (dB)  
Table 1. Average PSNR (dB)

| 입력영상     | 알고리즘 | 완전수렴시   | 3회반복    |
|----------|------|---------|---------|
| Claire   | BMA  | 36.0098 |         |
|          | HMA  | 38.0738 | 37.9504 |
|          | HTM  | 38.6346 | 38.5710 |
|          | fHTM | 39.1232 | 38.9597 |
| SalesMan | BMA  | 33.0909 |         |
|          | HMA  | 33.9832 | 33.9394 |
|          | HTM  | 34.4781 | 34.4248 |
|          | fHTM | 34.5162 | 34.4574 |

간격은 32×32, 레벨1에서는 16×16, 레벨2에서는 8×8로 설정하여 3단계의 계층구조를 사용하였다. 초기 검색시 모든 노드에 대해서 BMA을 적용하고 재정렬시 좌상에서 우하 방향으로 순차적으로 재정렬을 행한다. fHTM에서는 배경영역을 판별하기 위한 임계치  $G_{th}$ 를 2로 설정하였고 BMA을 사용한 초기 검색시 레벨 0에 해당하는 노드만 사용하고 레벨1과 레벨2의 노드는 쌍선형변환에 의해 초기값을 추정한다. 재정렬시 노드의 재정렬 순서는 가장 낮은 레벨에 해당하는 노드로부터 상위 레벨로 정렬되도록 하였다.



(a)



(b)

그림 6. 복원된 영상의 PSNR  
Fig. 6. The PSNR of reconstructed image

계층적 삼각형 메쉬를 이용한 움직임 추정과 노드의 수렴 고속화

표 1은 완전 수렴시켰을때와 재정렬과정을 3회 반복했을때의 결과를 나타낸다. 본 논문에서 제안한 HIM이 HMA에 비해 높은 PSNR을 얻을 수 있었고 수렴 고속화를 위한 fHIM은 배경 부분의 특징에 따라 HIM 보다 평균 0.5[dB]우수하거나 비슷한 성능을 나타냈다. 그림 6은 완전수렴시 PSNR을 나타낸다.

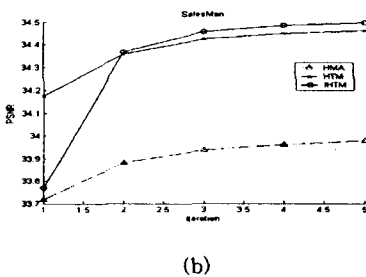
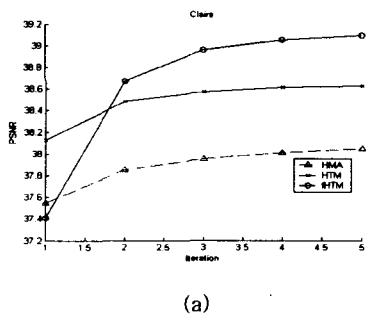


그림 7. 반복횟수와 평균 PSNR  
Fig. 7. Average PSNR and Iteration

그림 7은 재정렬 횟수에 따른 평균 PSNR을 나타내며 여기서 fHIM이 BMA를 사용한 초기 검색시 노드의 중복이나 연결 상태가 파괴되는 것을 방지하기 때문에 HIM에 비해 반복횟수가 1일때는 PSNR이 낮게 나오지만 재정렬 과정을 거치면서 노드의 수렴위치를 빨리 찾을 수 있고 노드사이의 간격이 가까울 때 적합한 방법임을 보이고 있다.

5. 결론

본 논문에서는 영상의 움직임 정보를 반영한 계층적 삼각형 메쉬의 생성 방법을 제안하고 이를 위한 노드의 수렴 고속화 방법을 설명하였다. 움직임의

양을 측정하여 이로부터 세분화가 필요한 영역을 판단하고 세분화가 이루어지면서 생성된 삼각형 메쉬의 모양도 초기상태와 같이 직각이등변삼각형이 되도록 함으로서 연속적인 세분화를 통해 계층적 삼각화가 가능하도록 하였다. 또한 이와 같이 메쉬의 크기가 작은 구조에 적합한 수렴 과정을 통해 노드의 수렴 고속화가 가능하도록 하였다. 실험을 통해 움직임이 많은 영상에서도 메쉬의 구조를 파괴하지 않으면서 더 높은 PSNR을 얻을 수 있었다.

Reference

- [1] Y. Nakaya and H. Harashima, "Motion Compensation Based on Spatial Transformations," IEEE Trans. on Circuits and Systems for Video Technology, vol. 4, no. 3, pp. 339-356, June 1994.
- [2] Y. Altunbasak and A. Murat Tekalp, "Occlusion-Adaptive, Content-Based Mesh Design and Forward Tracking", IEEE Trans. on Image Processing, vol. 6, no. 9, pp. 1270-1280, September 1997.
- [3] Peter van Beek, A. Murat Tekalp, Ning Zhuang, Isil Celasun, and Minghui Xia, "Hierarchical 2-D Mesh Representation, Tracking, and Compression for Object-Based Video", IEEE Trans. on Circuits and Systems for Video Technology, vol 9, no. 2, pp. 353-369, March 1999.
- [4] M. Dundon, O. Avaro, C. Roux, "Triangular active mesh for motion estimation," Signal Processing:Image Communication, vol. 10, Elsevier, pp. 21-41, 1997.
- [5] C-L Hung and C-Y Hsu, "A New Motion Compensation Method for Image Sequence Coding Using Hierarchical Grid Interpolation," IEEE Trans. on Circuits and Systems for Video Technology, vol. 4, no.1, Feb. 1994.
- [6] G.-J. Sullivan and R.-L. Baker, "Motion compensation for video compression using control grid interpolation," Proc. of ICASSP 91, vol. 4, pp. 2713 - 2716, Toronto, My. 1991.

◇ 저자소개 ◇

이 동 규 (李東奎)

1968년 11월 21생. 1991년 2월 한양대학교 전자공학과 졸업(학사). 1993년 2월 한양대학교 대학원 전자공학과 졸업(석사). 1993년 3월~현재 한양대학교 대학원 전자통신전공공학과 박사과정.

이 두 수 (李斗秀)

1946년 7월3일생. 1968 2월 전북대학교 전자공학과 졸업(학사). 1970년 2월 전북대학교 대학원 전자공학과 졸업(석사). 1973년 2월 전북대학교 대학원 전자공학과 졸업(박사). 1973년 2월~1979년 2월 전북대학교 전자공학과 조교수. 1979년 3월~현재 한양대학교 전자전기컴퓨터 공학부 교수.