

논문97-2-1-03

다해상도 EPI 방식에 의한 다시점 입체 영상 합성

장 홍 엽*, **, 이 제 호*, 권 용 무*, 김 상 국*, 박 상 희**

Multi-Viewpoint Stereo Image Synthesis Using Multi-Resolution EPI Mmethod

Heung-Yeop Jang*, **, Je-Ho Lee*, Yong-Moo Kwon*,
Sang-kuk Kim*, and Sang-Hui Park**

요 약

HDTV의 다음세대 TV로서 주목받고 있는 3D TV의 구현을 위한 주요기술중 보는이의 시점에 해당하는 영상을 보여주는 다시점 입체영상표시가 중요한 연구대상으로 대두되고 있다. 본 논문에서는 다시점 입체영상표시를 구현하기 위한 기존방법들의 문제점으로 지적되는 많은 연산량 문제를 해결할 수 있는 새로운 알고리즘을 제안한다. 다시점영상모음을 영상 공간축에서 낮로 다운 샘플링(down sampling)하여 다해상도 영상 피라미드를 만들고, 이를 바탕으로 저해상도 EPI에서부터 대응점들을 탐색하고, 그에 해당하는 상위 해상도에서는 하위 해상도에서 탐색한 결과를 확인·교정해 가는 방법을 사용하므로써, 기존의 방법보다 고속처리가 가능하며, 잡음에도 강한 기법을 제안한다.

Abstract

Among the main technologies to implement 3D TV succeeding HDTV, multi-viewpoint image display technique is rising as an important issue, which can display the viewpoint-dependent images corresponding to viewer's position. This paper presents a novel method that solves too much computational overload that is main drawback of previous methods. Using down sampling technique, multiresolution EPis are made from multi-viewpoint image set and trace lines are detected in the lowest resolution EPI. The parameters of detected trace lines are transferred to higher resolution EPis and revised by utilizing the information of the previous resolution EPI. This procedure is iterated until original resolution EPI. Using the proposed method, we have achieved the reduction of computational time and the robustness to noise in comparison to previous method.

1. 서 론

현재 3-D TV의 구현 방법으로서 양안시차를 이용한 여러 가지 방법들이 제안되고 있다. 이러한 시스템들을 통해 입체

감을 느낄 수 있는 시스템은 어느 정도 성과를 보여주고 있으나, 우리가 실생활에서 어떤 사물을 볼 때와 같은 생동감·현실감을 위해서는 보는 위치에 따라 눈을 통해 인식되는 사물도 조금씩 다르게 보이는 다시점 입체영상 표시기능이 필요하다[1].

다시점 입체영상 표시기능을 구현하기 위해서 이상적으로는 무한대 개수의 카메라를 모든 위치에 놓고 영상을 획득하여, 보는이의 위치에 해당하는 영상을 디스플레이 하면 되지만, 카메라를 무한히 많이 설치하는 문제나, 무한대수의 카메라로부터 얻은 영상을 보관 및 처리하는 문제 등, 여러 가지

*한국과학기술연구원 정보전자연구부
Division of Electronic & Information, KIST

**연세대학교 전기공학과
Dept. of Electrical Engineering, Yonsei University

현실적인 제한점들이 존재한다. 이러한 문제점을 가지고 있는 다시점 디스플레이의 실제 구현을 위해서 기존 카메라들을 일정한 위치에 규칙적으로 배열하여 다시점영상모음을 얻고, 이 영상모음을 사용하여 실제 카메라들 사이의, 카메라를 설치하지 않은 위치에 해당하는 영상들을 합성하여 디스플레이 하는 것이다.

유한개수의 카메라를 사용하고, 실제카메라들 사이에 있는 중간영상을 합성하기 위한 방법으로 EPI-자취선(trace line) 방식은[2] 3차원 상의 한 점이 EPI (Epipolar Plane Image)에서 나타나는 자취선을 찾아, 그 위에 새로운 점들을 끼워 넣음으로써 가상카메라에 해당하는 새로운 행영상(에피폴라 라인)들을 합성하고, 이들을 모아 중간영상을 만든다. 이 방법은 무한개의 중간영상을 합성할 수 있는 장점이 있으나, 자취선 탐색과정에서 주어진 범위를 모두 탐색하는 비효율적인 연산방식을 가지고 있다.

자기동일성 모델을 EPI에 적용하는 방식[3]은 다시점 영상들로 만든 EPI에 자기동일성 모델을 적용하여 부호화하고, 복호화하는 과정에서 자기동일성 모델의 크기 불변성(scale-invariant)을 적용하여 EPI의 세로축(카메라축)으로 N배 크게 복원함으로써 가상카메라에 해당하는 중간영상을 합성하는 방식이다. 그러나 이 방식은 EPI상에서 대응점들 간의 디스페리티가 커져 자취선이 연속하는 실선의 형태로 나타나지 않을 경우 복호화 단계에서 보간이 이루어지지 않는다는 결점을 가지고 있기 때문에, 디스페리티를 작게 만들어야하고, 따라서 다른 방식보다 상대적으로 많은 카메라를 조밀하게 설치해야 한다는 단점이 있다.

위상상관관계를 이용하는 방식[4]은 EPI-자취선방식을 기반으로 하나, 자취선 탐색과정에 앞서 EPI상에 위상상관관계(phase correlation)를 적용하여 탐색범위 축소시킴으로써 기존 방식보다 약 3배의 고속합성을 가능하게 하였으나, 여전히 많은 연산량을 필요로 한다.

기존의 방식들은 모두 EPI단위의 처리를 기본으로 하고 있기 때문에, 제안된 각 알고리즘을 EPI의 개수만큼 반복하여 적용해야 한다. 그러나 영상신호는 공간적으로 강한 중복성을 지니고 있기 때문에, 인접하는 EPI들은 강한 상관관계를 가지고 있다. 따라서 EPI단위의 처리과정은 공간적 중복성을 활용하지 못하는 한계를 가지고 있다.

본 논문에서는 EPI들간의 공간적 중복성을 활용하는 방법으로서 다해상도 EPI방식 사용한 다시점 입체영상 합성기법을 제안한다. 본 기법은 카메라로부터 입력된 다시점 입체영상으로부터 영상피라미드를 만들고, 이를 바탕으로 최저해상도 EPI에서만 대응점들의 집합인 자취선을 탐색하고, 상위해상도에서는 하위해상도에서의 탐색결과를 확인·교정해감에 의해 기존의 방식보다 연산시간의 대량감축 및 잡음에 대한 강인성에 의해 보간화질의 개선을 얻을 수 있다.

서론에서 이어지는 II장에서는 다시점 영상의 획득과정을 설명하고, EPI-자취선방식을 고찰하며, III장에서는 EPI-자취선 방식이 가지고 있는 문제에 관해 언급하고, IV장에서는 다해상도 영상에서 다시점영상을 합성하는 다해상도 EPI 방식을

제안하며, V장에서는 본 논문이 제안하는 방식과 이전 방식에 의한 실험결과를 비교 평가하며, VI장에서 결론 및 향후과제에 대해 기술한다.

II. 다시점 영상 획득과정의 기하학적 관계

1. 기하학적인 배경

그림 1은 광축이 평행한 스테레오 카메라들이 시점(viewpoint) $O_1(X_{o1}, Y_{o1}, 0)$, $O_2(X_{o2}, Y_{o2}, 0)$ 에 위치한 설정을 나타낸다. 전체 좌표축을 (X, Y, Z) 라 정의한다. 3차원 상의 한 점 $P(X_p, Y_p, Z_p)$ 가 두 카메라의 영상평면에 투영된 좌표를 $p_1(x_{p1}, y_{p1}, 0)$, $p_2(x_{p2}, y_{p2}, 0)$ 라 정의하면, 삼각형의 닮은꼴에 의해 식 (1), (2)의 관계를 가진다.

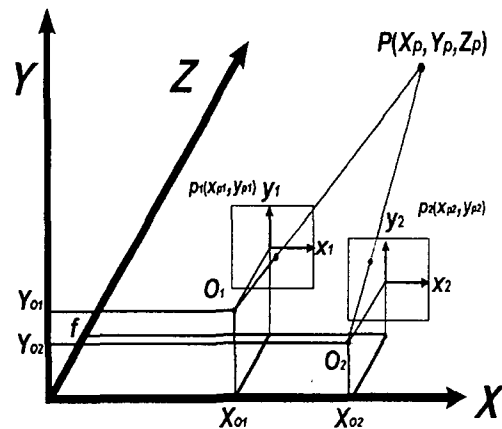


그림 1. 스테레오 비전의 기하학적 관계
Fig. 1. Geometric relation in stereo-vision

$$\frac{X_p - X_{o1}}{Z_p} = \frac{x_{p1}}{f} \tag{1}$$

$$\frac{X_p - X_{o2}}{Z_p} = \frac{y_{p2}}{f} \tag{2}$$

식(1), (2)로부터 식 (3),(4)을 유도한다.

$$x_{p1} - x_{p2} = \frac{X_{o2} - X_{o1}}{Z_p} f \tag{3}$$

$$y_{p1} - y_{p2} = \frac{Y_{o2} - Y_{o1}}{Z_p} f \tag{4}$$

P점에 대해 식 (5)를 유도한다.

$$\begin{bmatrix} X_p \\ Y_p \\ Z_p \end{bmatrix} = \frac{X_{o2} - X_{o1}}{x_{p1} - x_{p2}} \begin{bmatrix} x_{p1} \\ y_{p1} \\ f \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} X_{o1} \\ Y_{o1} \\ 0 \end{bmatrix} \tag{5}$$

식 (5)는 시점 O_1, O_2 에 위치한 카메라의 영상평면에 맺힌 좌표 p_1, p_2 간의 차이인 디스페리티를 사용하여 P 점의 3차원 정보를 알 수 있으며, 그 디스페리티로부터 임의시점 O_3 에 위치한 카메라에 해당하는 영상평면에 점 P 가 맺힐 좌표를 얻을 수 있다는 것을 나타낸다. 이러한 관계를 이용하여 가상카메라에 해당하는 영상을 합성한다. 따라서 디스페리티를 얻기 위한 스테레오영상의 대응점 결정 과정이 필수이다.

식 (4)는 광축이 평행한 스테레오 카메라들을 동일 수평선 상에 설치하면, 3차원 상의 한 점이 스테레오 영상평면의 동일 세로위치에 맺힌다는 에피폴라 구속조건(epipolar constraint)[10]을 나타낸다. 에피폴라 구속조건을 통해 2차원신호와 2차원신호의 대응점 정합과정을 1차원 신호간의 대응점의 탐색문제로 축소시킬 수 있다.

2. 다시점 영상획득 과정에서의 구속조건

스테레오 카메라를 통한 3차원 정보처리에는 에피폴라 구속조건에 의해 정합영역을 축소시킬 수 있지만 정확한 정합에는 많은 한계가 있기 때문에 다수의 카메라를 사용하여 다시점 영상들의 정보를 통해 접근해간다.

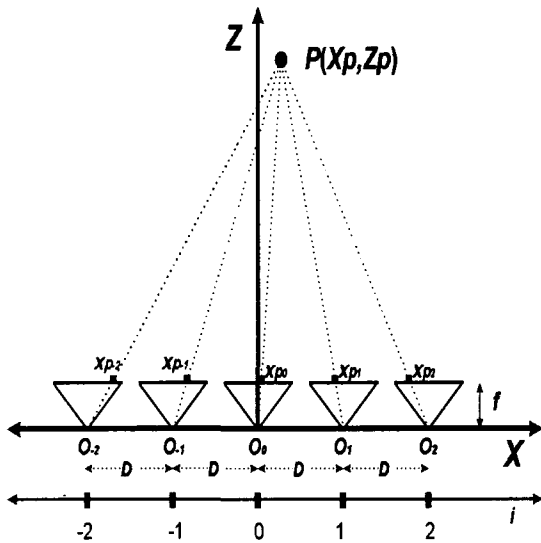


그림 2. 다시점 카메라 영상 평면의 기하학적 관계
Fig. 2. Geometric relation in multi-viewpoint camera configuration

그림 2는 다시점영상획득을 위한 평행광축 카메라들을 동일 수평선 상에 설치한 카메라의 설정을 나타낸다. 카메라간의 간격(D, base line)을 동일하게 설정하면 식 (5)을 통해 식 (6)을 얻을 수 있다.

$$x_{pi} = -d_p(i - \frac{X_p}{D}) \tag{6}$$

식 (6)에서 d_p 는 3차원 상의 점 P 의 디스페리티로서 인접하는 영상평면간에 점 P 가 맺히는 x좌표의 차이이다. i 는 원점을 중심으로 카메라의 위치를, D 는 각 카메라간의 간격을 의미하며, 광축이 평행한 다시점 카메라 설정에 있어서 카메라간의 간격이 일정하면, 3차원 상의 임의의 점이 각 영상에 맺히는 좌표가 카메라 순서에 선형적인 값을 가진다는 것을 나타낸다.

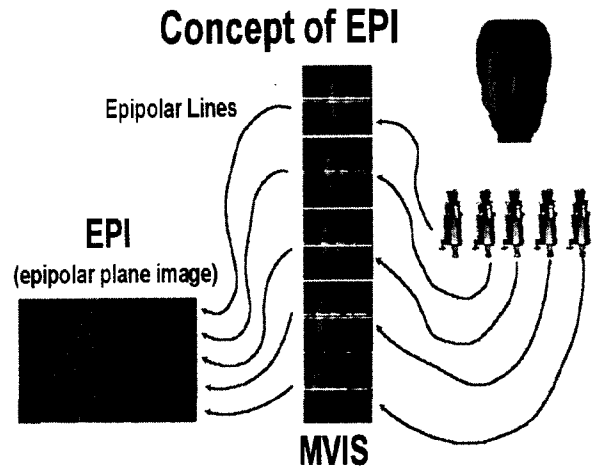


그림 3. EPI의 개념
Fig. 3. The concept of EPI

그림 3은 EPI(Epipolar Plane Image)의 개념을 나타낸다. EPI의 가로축은 영상평면의 x축을 나타내며, 세로축은 카메라의 위치를 나타낸다. 평행광축을 갖고, 동일 수평선상에 위치한 다시점 카메라들에 찍힌 3차원 상의 한 점은 에피폴라 구속조건에 의해 다시점 영상들 내에서 동일한 세로 위치에 나타난다. 다시점영상들의 동일한 위치의 행영상(row image)들을 카메라의 위치에 따라 쌓아서 만든 영상을 EPI라 한다.

식 (6)이 의미하는 바와 같이 3차원 상의 한 점은 EPI상에서 직선형태의 자취선(trace line)으로 나타나며, 그 기울기는 대상과 카메라와의 거리에 비례한다. EPI의 세로축은 카메라들의 위치를 의미하며, 자취선은 그에 해당하는 3차원상의 점이 카메라의 위치에 따라, 각 영상평면에서 어떻게 이동하는가를 나타낸다.

3. EPI-자취선 방식[2]

그림 4는 EPI-자취선 방식의 보간 개념을 설명한다. 3차원 상의 한점은 EPI상에서 직선의 형태로 나타나게 되며, EPI의 세로축은 카메라의 위치를 의미한다. 따라서 EPI상에서 자취선을 찾아 그 직선의 위에 새로운 점을 끼워넣음으로써 실제 카메라들 사이의 가상카메라에 해당하는 영상 평면위에 3차원 상의 점이 나타날 화소를 합성한다. 자취선들이 찾아지면 카메라가 설치되지 않은 어떤 위치든 그 위치에 해당하

는 화소를 합성할 수 있으므로, 무한개수의 합성영상을 보간할 수 있다는 장점을 가지고 있다.

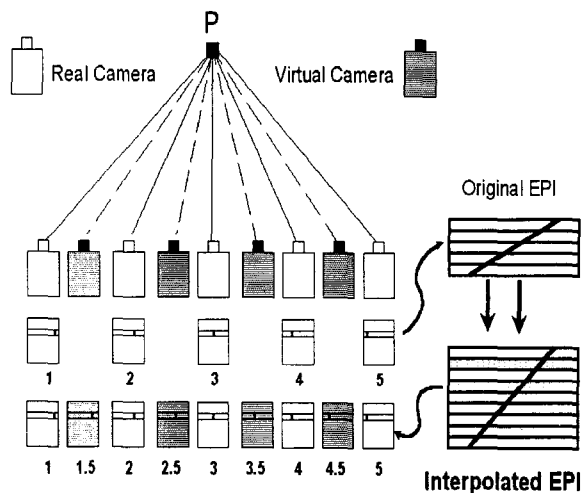


그림 4. EPI-자취선 방식의 기본 보간 개념
Fig. 4. The concept of interpolation in the EPI-traceline method

Ⅲ. EPI-자취선 방식의 문제점

1. 탐색과정의 많은 연산량

하나의 영상을 구성하는 모든 점에 대해 자취선을 찾아야 하고, 하나의 자취선을 찾는 과정 또한 최대 디스페리티와 최소 디스페리티 사이의 범위내를 모두 찾아야 하기 때문에 엄청난 연산량을 요구한다. 그림 5는 3차원 상의 한 점에 해당하는 자취선을 찾기 위해 자취선이 존재할 수 있는 주어진 범위를 모두 탐색해야 하는 비효율성을 나타낸다.



그림 5. EPI-자취선 방식에서 탐색과정의 비효율성
Fig. 5. Inefficiency of searching a traceline in EPI-traceline method

2. 공간적 중복성의 비활용

또한 영상신호는 일반적으로 강한 공간적 상관관계를 가지고 있으므로, EPI간에도 그림 6이 보여주는 바와 같이 강한 중

복성이 존재한다. 그러나 중간영상을 합성하기 위한 기존의 방식[2][3][4]들은 EPI를 대상으로 가상카메라에 해당하는 새로운 행영상의 합성과정을 EPI의 개수(영상의 Y축 해상도 크기)만큼 반복하여 처리하기 때문에 EPI간의 강한 상관관계를 사용하지 못하는 비효율성을 지니고 있다.



a) KID 영상의 200번째 EPI



b) KID 영상의 210번째 EPI



c) KID 영상의 200-210번째의 평균 EPI

그림 6. 인접하는 EPI간의 강한 상관관계
Fig. 6. Correlation among the neighboring EPIs

Ⅳ. 다해상도 EPI 방식

인간이 정보를 얻는 영상은 일반적으로 강한 공간적 중복성(redundancy)·평활성(smoothness)을 가진다. 이러한 특성은 인간이 눈을 통해 어떤 사물을 볼 때 대강의 구조를 인식하고, 그에 기반하여 세부정보를 인식해 가는 과정을 거쳐 시각정보를 받아들인다는 것과 연관된다[5]. 다시점 영상들간의 정합에 이러한 인식 과정을 적용하여 영상내의 공간적 중복성을 적절히 이용함으로써, 정합을 효과적이고 효율적으로 수행하는 알고리즘을 제안한다.

그림 7은 에피플라 구속 조건에 의거하여 1차원 신호간의 정합에 앞서 다해상도 분석을 적용하기 위해 분해하는 과정을 나타낸다. 표본의 수(또는 표본화주기, sampling rate)를 줄이는 과정에서 aliasing 잡음의 영향을 최소화하기 위해 저역 통과 필터를 사용한다[9].

본 논문에서는 Canonical Signed Digit Filter[8]를 사용한다. 1차원의 다해상도 분해의 결과에서, 하나의 해상도내의 한 화소는 상위해상도의 두 화소에 해당한다. 따라서 좌표값은 상

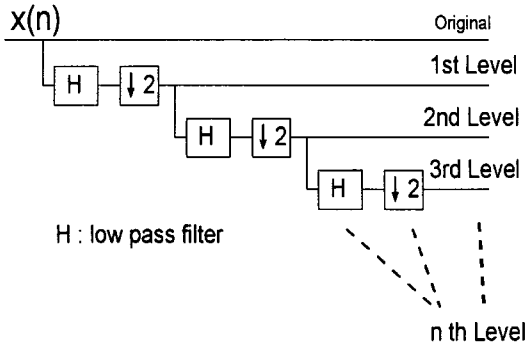


그림 7. 다해상도 분해 과정
Fig. 7. Multiresolution decomposition

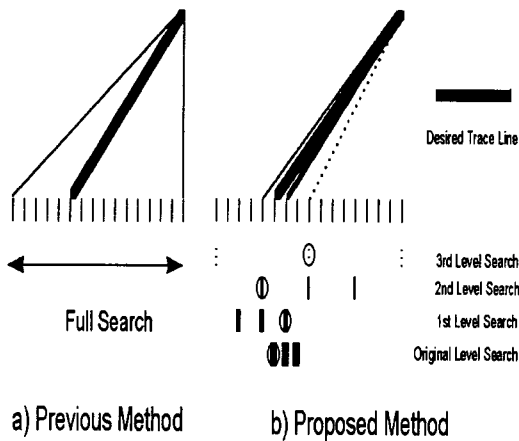


그림 8. 자취선 탐색과정의 비교
Fig. 8. The comparison of searching traseline

위해상도와 $\frac{1}{2}$ 의 관계를 가진다. 가장 낮은 해상도의 EPI에서 자취선을 찾고, 이 정보를 상위 해상도에서 교정해 가는 방식을 반복하여 원 해상도의 EPI의 자취선 정보를 찾는다. 그림 8은 자취선을 찾는 기존의 방식과 제안하는 방식의 비교를 나타낸다. 각 레벨의 후보자취선 찾는 과정을 예로 들었으며, 각 레벨에서 구해지는 후보자취선들의 구별은 선의 굵기를 다르게 하여 나타내었다.

그림 9는 영상의 공간적 중복성을 이용하기 위한 영상 피라미드[7][11]를 나타낸다. 제안하는 방식은 그림 7이 나타내는 방법을 통해 영상을 세로축으로도 분해하여 Y축상의 중복성, 즉 EPI간의 상관관계를 이용한다.

그림 10은 영상의 공간적 중복성을 사용하여 다시점 영상 모음의 보간하는 방식을 나타낸다. 영상모음내 각 영상들의 최하위 해상도에서 EPI를 만들어 자취선을 탐색하고, 상위해상도에서 사용하기 위해 자취선의 기울기 정보를 2배 하여 상위해상도 EPI에 해당하는 위치에 전달한다. 상위해상도에서는 전달된 자취선정보를 자신의 영상정보에 적용하여 교정한다. 이 과정을 원해상도까지 반복하여 자취선 정보를 교정한 후

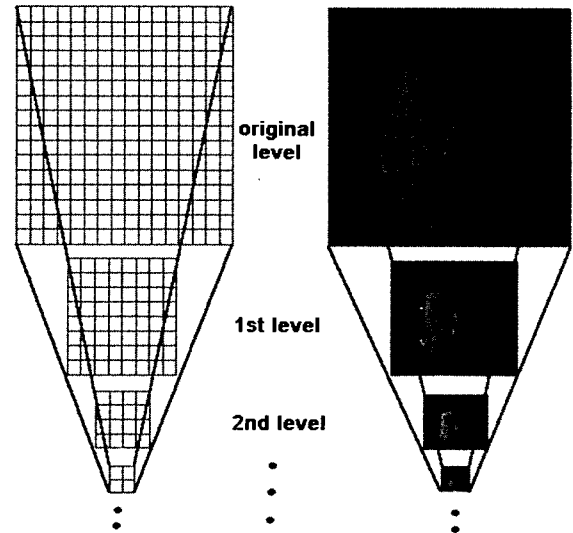


그림 9. 영상의 다해상도 피라미드
Fig. 9. Multiresolution image pyramid

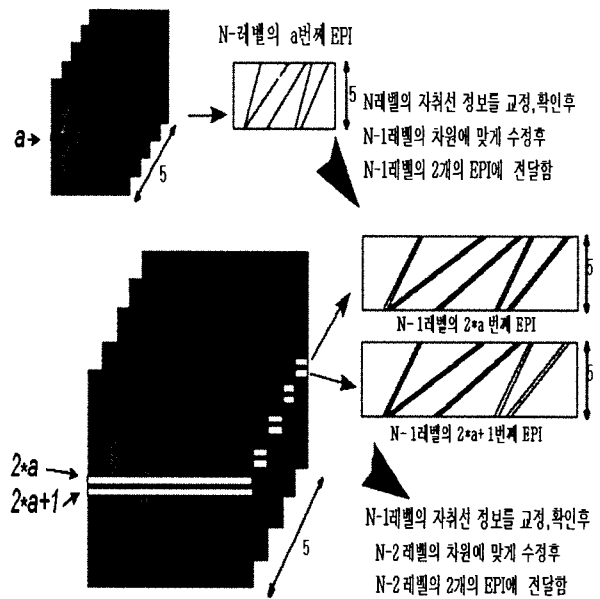


그림 10. 다해상도 EPI 방식을 통한 자취선 탐색과정
Fig. 10. The scheme to search traseline in multiresolution EPI method

중간영상을 복원한다.

그림 11은 주어진 다시점영상에 다해상도분해를 적용하여 중간영상을 합성하는 제안방식과 기존의 EPI-자취선 방식의 연산부담을 비교하고 있다. X축은 다해상도 분해의 단계를, 세로축은 EPI-자취선 방식이 자취선 탐색과정에서 검사해야 하는 자취선후보의 수를 기준으로 하여, 제안하는 방식의 탐색·

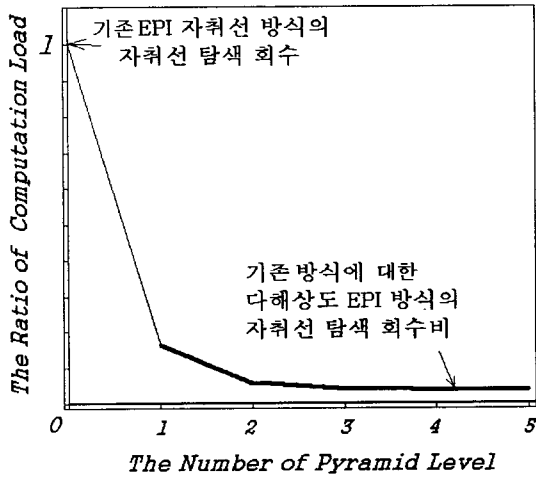


그림 11. 다해상도 분해 단계에 따른 연산량의 비율
Fig. 11. The ratio of computation load versus the number of pyramid level

118	120	125	126
115	a	b	129
c	d	125	130
129	126	129	135

a, b : 합성되지 않은 화소들

$$a = \frac{118+120+125+115+125}{5}$$

$$b = \frac{120+125+126+129+130+125}{6}$$

그림 12. 합성하지 못한 점에 대한 후처리
Fig. 12. Postprocessing of unsynthesized pixels.

교정 과정에 검사하는 자취선 후보 개수의 비를 나타낸다. 이러한 과정을 통해서도 합성하지 못한 화소에 대한 후처리과정은 그림 12와 같은 예를 사용하여 설명한다. 합성영상내의 합성하지 못한 화소를 기준으로 8개의 이웃 화소중에 합성된 점들의 화소값을 평균하여 대치하는 후처리를 사용한다. 그림에서 a, b에 대한 예를 들었으며, a, b, 각각 5개, 6개의 주변화소에 의해 구해진다.

V. 실험결과 및 평가

다시점영상 DB[12]에 기존의 EPI-자취선 방식과 제안하는 방식을 적용하였다. 그림 13은 본 논문이 제안하는 방식으로

중간영상을 합성한 결과를 나타낸다. 홀수 번째 영상은 실험에 사용된 영상모음의 카메라위치에 따른 영상이며, 짝수 번째 영상은 제안한 방식으로 합성해낸, 실제영상들 사이의 위치에 해당하는 영상들이다.

합성화질은 기존의 방식과 제안하는 방식으로 합성한 영상들과 그 영상들에 해당하는 위치의 실제 영상간의 PSNR을 계산하여 평가하였다. 그 결과, 제안한 다해상도 EPI 방식이 기존의 EPI-자취선 방식에 비해 약 1-3 dB정도 PSNR이 증가됨을 확인하였다. 이는 원영상에 존재하는 여러 가지 잡음성분들이 다해상도 분석을 통해 사라져, 저해상도 영상일수록 잡음의 영향을 받지 않아 기존의 방식보다 더 나은 화질의 영상을 합성할 수 있는 것이다.

표 1은 본 논문이 제안하는 방식과 기존의 방식의 결과 비교를 나타낸다. 연산시간은 자취선탐색, 합성에 소요된 모든 시간을 의미하며, IBM-PC Pentium 150 시스템에서 실험하였다. 실험 대상영상은 512x480의 해상도를 가지며, 5장의 다시점영상을 사용하여 그 중간영상들을 합성한 결과이다.

표 1. 기존의 방법과 제안한 방법의 연산시간 비교

Table 1. The comparison of computation time

	기존의 EPI 자취선 방식	다해상도 EPI 방식
다해상도 분해	분해안함	6단계
연산시간 (평균)	1,800여초	70여초

VI. 결론 및 향후과제

인간의 시각인식 체계에 따른 다해상도 영상을 계층적으로 처리함으로써, 연산시간의 대량감축 및 화질개선을 확인하였다. 다시점 영상모음으로 다해상도 영상 피라미드를 만들고, 최하위해상도에서부터 자취선 정보를 탐색, 상위해상도에서는 이전 하위해상도의 자취선 결과를 교정해가는 방식을 통해 연산시간의 대량감축을 수행하였으며, 영상을 얻는 여러 과정에서 유입되는 잡음성분들의 영향이 다해상도 분해들 통한 저해상도일수록 그 영향이 크게 감소하여, 잡음에 강인하게 처리함으로써 기존의 방식보다 합성영상의 화질이 다소 향상됨을 확인하였다.

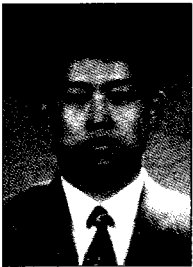
본 논문은 영상을 분해하는 과정에서 저역 통과대(low pass band)의 정보만을 사용하였다. 따라서 자취선 교정과정에서 모든 자취선을 교정·확인해야 하는 비효율성이 존재한다. 향후 wavelet 분해를 사용하여 다시점영상을 분해하고, 상위해상도에서 교정과정의 필요성 여부를 하위해상도의 고역 통과대(high pass band)의 정보를 사용하여 결정함으로써, 교정 시간의 단축을 기대할 수 있으리라 예상한다. 또한 인간의 눈은 보는 사물을 중심으로 두 눈의 광축이 모이게 되나 본 방식의

접근 방식은 분석과정의 단순화를 위해 평행광축을 전제로 하였다. 이를 보완하기 위한 수렴광축 설정에 대한 연구가 필요하며, 이후 알고리즘 최적화를 통해 고속 다시점 영상 표시 시스템 구현이 요구된다.

참 고 문 헌

- [1] D. B. Diner and D. H. Fender, "Human engineering in stereoscopic viewing devices," *Plenum Press*, 1993.
- [2] A. Katayama, et al. "A viewpoint dependent stereoscopic display using interpolation of multi-viewpoint images," *Proc. SPIE*, vol. 2409, *Stereoscopic Display and Virtual Reality Systems II*, pp. 11-20, 1995.
- [3] T. Naemura and H. Harashima, "Self-similarity modeling for interpolation and extrapolation of multiview image sets," *IEEE ICASSP' 94*, pp. 369-372, 1994.
- [4] Heung-Yeop Jang, et al., "Fast interpolation using," *Proc. IEEE ISCAS '97* vol. II, pp. 1425-1428, June 1997.
- [5] S. Mallat, "Wavelets for a vision," *Proc. IEEE*, vol. 84, no. 4, pp. 604-614, Apr. 1996.
- [6] T. Motoki, et al., "Present status of three-dimensional television research," *Proc. IEEE*, vol. 83, no. 7, pp. 1009-1021, July 1995.
- [7] P. J. BURT et al., "The Laplacian Pyramid as Compact Image Code," *IEEE Tran. Communication* vol. COM-3, no. 4, pp. 532-540, Apr. 1983.
- [8] 조남익, "영상포맷변환 및 잡음제거필터링", 제25회 영상처리 연구발표회 발표자료집, pp. 59-83, Oct. 1996.
- [9] N.J. Fliege, *Multirate Digital Signal Processing*, John Wiley & Sons, 1994.
- [10] Y. Young, *Handbook of Pattern Recognition and Image Processing: Computer Vision*, Academic Press, 1993.
- [11] R. Jain, *M. Vision* and McGraw-Hill, 1995.
- [12] Y. Ohta, et al., "Multiview Image Database for Computer Vision Research : CD-ROM," Feb. 1995.

저 자 소 개



장 홍 엽

1971년 8월생
1995년 연세대학교 공과대학 전기공학과 졸업
현 재 연세대학교 대학원 전기공학과 석사과정
주관심분야 : Image Processing, Computer Vision, ASIC,
Real-Time Signal Processing System



이 제 호

1967년 6월생
1990년 한양대학교 전자공학과 졸업
1992년 미국 펜실베니아 주립 대학원 공학 석사
현 재 한국과학기술연구원 정보전자연구부 연구원
주관심분야 : Computer Vision, Pattern Recognition,
3D Imaging, Real-Time Processing



권 용 무

1980년 한양대학교 전자공학과 졸업
1983년 한양대학교 전자공학 석사
1992년 한양대학교 전자공학 박사
현 재 한국과학기술연구원 정보전자연구부 책임연구원
주관심분야 : 멀티미디어 정보시스템, Immersive Telepresence



김 상 국

1952년 12월생
1975년 서울대학교 공과대학 응용물리학과 졸업
1985년 미국 University of Southern California 대학원 석사
1987년 미국 University of Southern California 대학원 박사
현 재 한국과학기술연구원 연구원
주관심분야 : 광통신기술, 입체영상기술, 응용과학기술 등



박 상 희

1939년 8월생
1962년 연세대학교 전기공학과 졸업
1964년 연세대학원 공학석사
1971년 연세대학원 공박박사 및 동 대학 전기공학과 조교수
1982년 미국 위싱턴대 교환교수.
현 재 연세대 공대 전기공학과 교수
1994년~1995년 전기학회 부회장