

다시점 영상의 변이 추정 및 중간 시점 영상 합성

손 광 훈 · 김 한 상 / 연세대학교 신기신사공학과

1. 서 론

현재까지 영상 기술은 CRT(Cathode-Ray Tube)를 이용한 흑백, 컬러 TV 시대를 거쳐, 평면 브라운관의 제작 및 LCD(Liquid-Crystal Displays), PDP(Plasma Display Panel) 등 디스플레이 소자 개발을 통한 현실감 증대와, MPEG(Moving Picture Experts Group), H.261/3 등 영상 압축 기술 및 통신 위성과 같은 방송 채널의 발달에 힘입어 보다 실재(實在)적인 디지털 HDTV(High Definition TV)를 등장시켰고, 이로 인해 비단 방송 분야뿐 아니라 컴퓨터 모니터, 이동 통신 단말기 등 다른 많은 분야에서도 보다 나은 영상 표시가 가능하게 되었다.

하지만 현재까지의 영상 표시 기술은 3차원 공간 내에 위치한 영상 정보를 2차원 영상 표시 장치에 옮겨 보여 주는 것으로서, 완벽한 현

실감을 얻어내기 힘든 단점을 가지고 있다. 이에 따라 최근에는 보다 완벽한 현실감을 느낄 수 있는 영상을 표현하고자, 관찰자가 실제 보는 것과 같이 공간감을 느낄 수 있는 3차원 영상 표시 방식의 연구 개발이 활발하게 이루어지고 있으며, 대표적인 예로 현재 산업자원부의 지원하에 차세대 신기술 개발 과제로서 한국과학기술연구원과 연세대학교, 한남대학교, 삼성전자, 한국전기연구원, 전자부품연구원 등이 함께 다시점 영상 표시 기술, k시점 영상 압축, 중간 시점 영상 합성, 공간 공유와 감각 수수 기술 등이 융합된 3차원 정보 단말 기술을 연구 개발중이다.

본 논문에서는 3차원 영상 표시 방식 중 현재 활발히 연구되고 있는 다시점 영상의 분석에 있어 가장 핵심적인 변이 추정(Disparity estimation) 및 중간 시점 영상 합성(IVR: Intermediate View Reconstruction) 방법에

표 1. 3차원 영상 표시 방식의 특성 비교

	특수안경을 사용하는 방식	안경을 사용하지 않는 방식	홀로그래피 방식
관찰 방향	촬영방향에 국한됨	촬영방향에 국한됨	시역이 비교적 넓음
색상	천연색 가능	천연색 가능	천연색 어려움
동화상	가능	가능	어려움
화면크기	대화면 가능	대화면화 어려움	대화면화 어려움
신호전송	기존의 TV전송기술 사용 가능	기존의 TV전송기술 사용 가능	기존 기술 사용 불가능
원리	양안 시차 이용	양안 시차 이용	3차원 공간에 입체상 구현
문제점	특수안경을 사용해야함	입체 가시영역이 한정됨	신호처리 및 전송에 필요한 정보량이 너무 많음

대해 알아본다. 2장에서는 현재 개발된 3차원 영상 표시 방식들을 소개하고, 다시점 영상에 있어서 변이 추정과 중간 시점 영상 합성의 필요성을 설명하며, 3장에서는 기존의 변이 추정 방식의 종류와 특성을 알아본다. 그리고 4장에서는 변이 추정으로 찾아내지 못한 변이들을 보정하는 방법과 가려진 영역(Occlusion)을 추출하는 방법을 소개하며 5장에서 이러한 변이 맵으로부터 중간 시점 영상을 합성하는 방법을 설명하고 6장을 통해 전체적인 내용을 정리하며 향후 연구 방향을 제시할 것이다.

2. 3차원 영상 표시 방식

3차원 영상은 양안 시차를 이용한 스테레오 영상, 다방향에서 입체시가 가능한 다시점 영상, 그리고 완전한 3차원 정보를 가지고 있는 3차원 영상으로 분류될 수 있다. 3차원 영상을 표시하는 방법으로는 스테레오 또는 다시점 영상을 보기 위한 특수 안경을 사용하는 방식, 특수안경을 사용하지 않는 방식, 그리고 3차원 영상 표시 방식인 홀로그래피 방식으로 크게 나눌 수 있다. 앞의 두 가지 방식은 양쪽 눈의 시차 원리를 이용한 것으로 기존의 2차원 영상 표시 기술을 그대로 이용할 수 있다. 그리고 홀

로그래피를 이용한 3차원 영상은 광학적 물체의 3차원적 파형을 3차원 공간에 재생시켜 입체상을 실현하는 기법으로 가장 이상적인 입체 표시 방식으로 간주되고 있지만, 이 방식이 실용화되기까지는 기술적으로 해결해야 할 많은 문제들이 남아있다. 표-1 에 이러한 방식들의 특성이 요약되어 있다.

현재 가장 쉽게 인간에게 입체감을 느낄 수 있게 3차원 영상을 인식시키는 방식은 인간의 시각 시스템이 물체까지의 깊이감을 인식하는데 양안 시차(Binocular disparity)에 크게 의존함을 이용하여 좌, 우 눈에서 본 것과 같은 영상을 적절한 방법으로 각 눈에 입력시켜주는 스테레오 방식이다[1]. 스테레오 방식의 경우 관찰자에게는 두 개의 평면 영상이 필요하고 따라서 이들을 처리하는데 있어서 기존의 동영상 압축 표준을 적용할 수 있는 장점이 있다. 또한 이론적으로 스테레오 영상의 전송을 위해서는 기존 영상에 비해 두 배의 대역폭이 필요하지만, 두 영상은 서로 수평으로 인간의 눈 사이 거리만큼 떨어진 곳에서 관찰된 영상이므로 상호 큰 유사성(Correlation)을 가지고 있기 때문에 이 유사성을 이용해 데이터량을 크게 줄일 수 있는 장점이 있다[2]. 그러나 스테레오 방식의 경우 시점이 단 한 곳으로 고정되어 있

으므로, 관찰자가 이 시역을 벗어나게 되거나 인체 구조상의 차이로 인해 정확한 시역에 두 눈이 고정되지 못하게 되면 입체감을 느낄 수 없거나 심한 피로감을 느끼게 되는 단점이 있다. 이러한 단점을 보완한 것이 다시점 방식으로 다시점 카메라를 사용하여 여러 위치에서 찍은 다시점 영상 중 관찰자의 위치에 따라 필요한 두 장의 영상을 제공하게 되면 시역을 좀 더 확장할 수 있고 관찰자에게 어느 정도의 자유도를 줄 수 있다[3]. 하지만 이 역시 카메라 수와 카메라 간격의 제한으로 인해 시점의 이동시 불연속이 발생하고 데이터량이 커지는 단점을 안고 있다. 이에 이러한 단점을 보완하기 위해 양쪽의 영상들로부터 중간 시점에 해당하는 영상을 인위적으로 합성해내는 중간 시점 영상 합성에 대한 연구가 많이 이루어지고 있다[4~7]. 이를 통해 좀 더 넓은 시역을 확보할 수 있고 시점간의 불연속성도 제거할 수 있으며, 나아가 중간 시점 영상의 합성은 다시점 영상의 압축에도 활용될 수 있다.

3. 변이 추정

다시점 영상의 분석 및 부호화와 중간 시점 영상의 합성에 있어서 결과에 가장 큰 영향을 미치는 것은 각 시점의 영상이 주어졌을 때 영상내에서 공간상의 동일한 점에 해당하는 정합점을 찾아내는 변이 추정이다. 변이 추정의 결과는 두 대응점간의 차벡터로 표현되며, 정확하게 추출된 변이 벡터는 다시점 영상을 효율적으로 부호화하고 중간 시점 영상을 합성하는데 이용된다. 변이 추정 방식은 그 응용분야와 추정 단위에 따라 여러 가지가 존재하는데, 블록 기반(Block-based) 방식, 특징 기반(Feature-

based) 방식, 화소 기반(Pixel-based) 방식, 객체 기반(Object-based) 방식, 메쉬 기반(Mesh-based) 방식, 변이-공간 영상(DSI : Disparity-Space Image) 방식 등으로 나눌 수 있다.

3.1 블록 기반 변이 추정 방식

블록 기반 방식은 MPEG-1/2, H.261/3 등의 영상 압축 표준에서 영상 부호화에 이용되는 방식으로, 영상을 일정 크기의 블록으로 나누어 블록 단위로 변이를 추정하는 방식이다[8]. 다시점 영상 중 기준 영상을 블록 단위로 나누어 다른 영상에서 정합되는 위치를 찾아 이 차이를 변이 값으로 결정하며, 전송시 기준 영상과 변이 벡터만을 전송하면 수신단에서는 이 변이 벡터를 참조하여 다른 한쪽 영상을 복원하게 되므로 전송해야 할 데이터의 양이 크게 줄어든다. 현재 가장 많이 쓰이는 방식은 블록 정합 방식(BMA : Block Matching Algorithm)으로 일반적으로 블록 내의 화소값의 비용 함수를 비교하여 비용 함수를 최소로 하는 위치까지의 변이를 찾는 방식이다. 식 (1)은 비용 함수로 MAE(Mean Absolute Error)를 사용했을 때 변이 벡터를 추정하는 식이다.

$$d(i, j) = \min_{d_x} \left\{ \sum_{(x, y) \in \text{block}(i, j)} |I_L(I_L(x, y)) - I_R(x - d_x, y)| \right\} \quad (1)$$

여기서 $I_L(\cdot)$, $I_R(\cdot)$ 은 각각 좌영상과 우영상에서의 화소값을 말하며, d_x 는 탐색 범위 내의 변이값들이다. 그러나 블록 단위로 변이를 추정하면 블록화 현상(Blocking artifact)이 발생할 수 있고 단순히 오차가 작은 영역만을 찾게 되므로 잘못된 변이를 추정할 가능성이 커지며 이는 압축에는 큰 영향을 미치지 않지

만 중간 영상 합성에서는 치명적인 결과를 가져온다.

이를 개선한 것으로 가변 블록을 이용하거나 중첩된 블록을 이용한 변이 추정 방법[9], 생성된 변이에 대해 평활화(Regularization)과정을 수행하는 방법[10] 등이 있다.

3. 2 특징 기반 변이 추정 방식

특징 기반 방식은 좌우 영상의 특징을 비교해서 정합점을 찾는 방식으로[11][12], 영점 교차(zero-crossing), 경도(gradient), 영역(region), 선(line), 경계(edge) 등을 이용하여 정합점의 기준점을 설정하거나 변이의 탐색 영역을 제한함으로써 보다 정확한 변이 추정이 가능하게 된다. 특징 기반 방식은 정합 과정이 간단해지고, 카메라에 따라 달라질 수 있는 좌우 영상의 밝기를 비롯한 광학적 특성차에 덜 민감한 장점이 있으나 정확한 특징점을 잡는 과정이 어렵고, 잘못된 특징점이 추출되었을 경우에는 그 오류의 수정이 어려울 뿐 아니라, 이것이 다음 과정에 있어 연속적인 오류를 발생시킨다는 단점을 가지고 있다.

3. 3 화소 기반 변이 추정 방식

화소 기반 방식은 각 화소 단위로 주변 영역의 화소값들을 비교하여 정합점을 찾는 방식으로[13], 일반적으로 비교되는 주변 영역은 정사각형을 이루며 이를 정합창(Measurement window)이라 한다. 정합 과정은 탐색 범위 내에서 이 정합창 내의 화소들간의 적절한 비용값으로 최소값을 갖는 점을 찾아내는 과정이며 비용 함수로는 일반적으로 MAE나 MSE (Mean Square Error)등이 쓰인다. 이 방식은 정합창의 크기에 따라 그 성능이 달라지는데,

정합창이 커지면 변이의 신뢰도는 높아지나 계산상의 부하가 커진다. 그리고 특징 기반과는 달리 화소값을 비교하므로 좌우 영상의 광학적 특성차에 매우 민감하여 때로는 이를 보정해주는 과정이 필요하기도 하다.

화소 기반 방식은 영상의 모든 화소가 변이를 갖기 때문에 다른 방식들보다 더 정밀하고 오차가 적은 변이 분포를 갖는 반면 변이 벡터 수가 크게 증가하므로 부호화율은 떨어지게 된다. 따라서 이는 다시점 영상으로부터 세밀한 깊이감 정보를 추출하거나 중간 영상을 합성하기에 적절한 변이 추정 방식이다.

3. 4 객체 기반 변이 추정 방식

객체 기반 방식은 영상이 독립적인 객체의 조합으로 이루어져있다고 가정하고 영상을 영역 분할하여 분할된 영역에 대하여 변이를 찾고 물체의 윤곽선 정보를 함께 전송하는 방식이다[14][15]. 이는 영상 회의나 게임 등의 응용에 3차원 개념을 도입하는데 많이 이용되는 방식으로, 블록화 현상이 발생하지 않고 추출된 객체에 대해 여러 가지 공간 변환이 가능하며, 물체의 공간적 이동을 고려해 물체의 합성이나 3차원 그래픽의 모델링(Modeling) 등과도 많은 호환관계를 가진다는 장점이 있으나, 일반 영상에 있어서 객체 분할이 어렵고, 객체에 대한 부가 정보가 많이 필요하게 되어 전체적으로 시스템 구조가 복잡해진다는 단점을 가지고 있다.

3. 5 메쉬 기반 변이 추정 방식

메쉬 기반 방식은 영상을 여러 다각형 조각으로 나누어 다각형의 꼭지점을 중심으로 변이를 추정하는 방식이다[16][17]. 메쉬는 각 절점의 연결 방식에 따라 규칙적 메쉬와 불규칙 메

쉬로 분류되며 다각형의 모양에 따라 삼각망과 사각망으로 나누기도 한다. 각 절점의 변이 추정 후 다각형 내의 정보들은 절점의 이동 위치에 따라 Affine 변환이나 Perspective 변환 등에 의해 보상된다[18]. 일반적으로 델로니 삼각망이 많이 사용되며 메쉬 기반 방식은 블록화 현상이 없이 효율적인 부호화가 가능하나 잘못된 절점의 변이 추정에 의해 영상에 심한 왜곡이 생길 수 있다.

3. 6 변이-공간 영상 변이 추정 방식

변이-공간 영상 방식은 좌우 영상의 같은 행의 화소값들로부터 DSI 값을 구해 DSI 맵을 만든 후 비용 행렬(Cost matrix)을 만들어 DP(Dynamic Programming)에 의해 최소 비용을 갖는 경로(Path)를 찾아나감으로써 좌우 영상의 행을 정합시키는 방식이다[19][20]. 변이에 따른 DSI 값들은 다음 식 (2)와 같이 나타내어진다.

$$DSI_i^{Left}(x, d, W) = \frac{\sum_{x \in W} \sum_{y \in W} (I_l(x, y) - I_r(x + d, y))}{N_x N_y} \quad (2)$$

여기서 N_x 와 N_y 는 윈도우의 크기를 의미하며 $I(\cdot)$ 는 좌영상과 우영상의 화소값을 의미한다. 변이-공간 영상 방식은 화소 단위로 변이를 찾을 수 있으며 좌우 영상에서 한쪽에만 보이는 영역, 즉 가려진 영역을 찾는 과정이 추정 과정 안에 포함되어 있는 것이 장점이다. 그러나 각 행마다 DSI 맵을 만들고 최소 비용의 경로를 찾아야하는 계산 과정의 부하가 큰 것과 잘못된 경로로 들어섰을 경우 잘못된 변이가 전파되는 단점이 있다.

4. 변이 보정 및 가려진 영역 추출

한 영상에 대한 변이 정보를 나타내는 변이 맵(Disparity map)을 가지고 중간 영상을 생성하는 과정에서는 가려진 영역의 판별이 선행되어야 한다. 가려진 영역이란 그림 1의 스테레오 영상을 예로 들었을 때 한 쪽 영상에서는 존재하지만 다른 쪽 영상에서는 존재하지 않는 부분을 나타내는 것으로서, 변이 정보가 존재하지 않는 부분을 말하며, 좌 영상에서 보이지만 우 영상에서 보이지 않을 경우를 좌측 가려진 영역(Left occlusion), 반대의 경우를 우측 가려진 영역(Right occlusion)이라 구분한다. 일반적으로 가려진 영역 추출을 위해서는 기준 좌 영상에서 우 영상으로 정합점을 찾아 이루어진 변이 맵(L-R disparity map)과 반대 방향으로 정합점을 찾아 이루어진 변이 맵(R-L disparity map)을 비교하여 일대일 대응이 되지 않는 점을 가려진 영역이라고 판별한다.

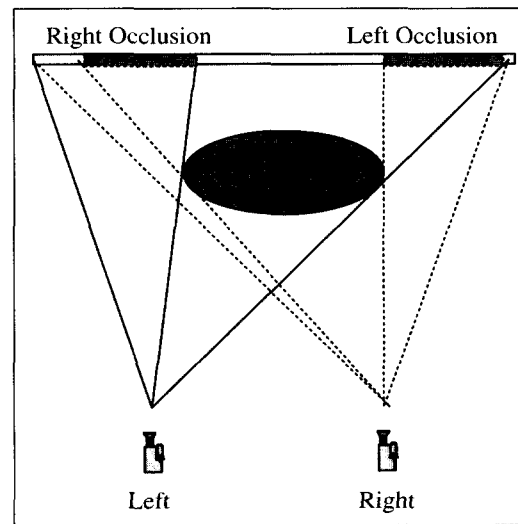


그림 1. 가려진 영역

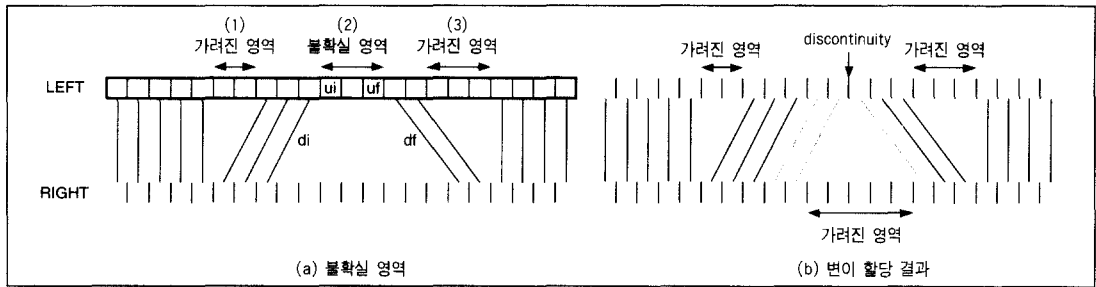


그림-2. 불확실 영역 변이 보정

그러나 변이 추정 결과에는 그림 2(a)에서와 같이 불확실 영역이 나타난다. 불확실 영역이란 변이가 할당되어야함에도 불구하고 변이가 할당되지 못하고 가려진 영역으로 판별된 영역을 말한다.

가려진 영역은 반드시 스테레오 영상의 한쪽에는 보여야하며 양쪽에서 모두 보이지 않는 영역이란 있을 수 없다. 그림 2(a)를 보면 좌영상에 대해 영역 (2)는 우영상의 해당 영역에 더 넓은 비정합 영역이 존재하므로 실제로는 어떠한 변이가 할당되어야하는 영역임을 알 수 있다. 따라서 이 영역은 좌우 변이들을 참조하여 임의로 변이를 할당해 주어야 하며 이는 곧 불확실 영역 내에서 변이가 달라지는 부분, 곧 불연속점을 찾는 과정을 의미한다.

불연속점을 찾는 과정으로 먼저 불연속점의 후보들을 기준으로 좌우의 변이를 분할 할당하고 각 할당된 변이에 따라 비용 함수를 계산한다. 그리고 이 때 비용 함수의 합이 가장 적은 점을 불연속점으로 선택하고 그 점을 기준으로 변이를 할당하게 된다. 이 과정을 수식으로 나타내면 식 (3)과 (4)와 같다.

$$D_{ss}(L) = \sum_{z=ui}^{L-1} MAE(z, d_l) + \sum_{z=L}^{uf} MAE(z, d_r) \quad (3)$$

$$L_{opt} = \min_{L \in R} \{D_{ss}(L)\} \quad (4)$$

이 식에서 $MAE(z, d_i)$ 는 불확실 영역 내 z 위치에 변이 d_i 를 할당했을 때의 MAE 값을 의미하며 이들의 합이 최소가 되는 L_{opt} 불연속점으로 결정된다. 이 불연속점을 경계로 변이를 할당한 결과가 그림 2(b)이다.

5. 중간 시점 영상 합성

이미 앞에서 언급했듯이 스테레오 영상은 그 시점이 고정되어 있으므로 안경식의 화면 표시기에서는 여러 방향에서 관찰할 수 있는 자유도가 존재하지 않고, 무안경식의 경우에는 단 한사람의 관찰자가 고정된 위치에서만 관찰 가능한 단점이 있으며, 다시점 영상이라 하더라도 데이터량의 증가를 감수해야 하고 시점간의 불연속성이 존재하는 단점이 있다. 이를 해결할 수 있는 방법이 바로 존재하는 영상들 사이의 시점 영상을 좌우 영상들로부터 합성해 내는 중간 시점 영상 합성이다.

중간 영상 생성에는 어떤 방식의 보간법(Interpolation)을 사용하는가 하는 것이 초점이 된다. 보간 방법에는 물체의 원형성을 고려

한 비선형 보간법이나 객체 기반의 보간 방식에서 워핑(Warping)등을 사용할 수 있으나 [21], 일반적으로 계산량과 효율성의 관계를 고려하여 선형(Linear) 양방향 보간법을 주로 사용한다[22][23].

그림 3에 나타난 바와 같이 중간 시점 영상을 얻기 위해서는 기준이 되는 좌우 영상과 이에 대응하는 변이 맵이 있어야 한다. 이 변이 맵은 앞장에서 설명하였듯이 양방향 정합과 보정 과정을 통해 정합 영역의 각 화소마다 하나의 대응점을 가지고 있다. 이러한 이유로 하나의 변이에 해당하는 중간 시점 영상의 화소 값은 단순히 기준 영상으로부터 해당하는 변이를 고려하여 보간한다. 식 (5)는 변이의 정합점이 있는 중간 영상 시점의 보간법을 나타낸다.

$$I_{\alpha}(i, j + \alpha) = \alpha * I_L(i, j) + (1 - \alpha) * I_R(i, j + d_{L-R}(i, j)) \quad (5)$$

이때 α 는 그림에 나타나 있듯이, 좌우 영상의 거리를 1이라 했을 때, 생성하고자 하는 중간 시점이 좌 영상을 기준으로 얼마만큼 떨어져 있는 가를 나타내는 것으로서, 화소 값을 할당할 때에 가중치의 역할을 한다. 이러한 가중치의 결과로 영상이 흐릿해지는 경우도 있으나, 대부분 오차를 줄이며 전체적으로 기준 영상간의 밝기에 차이가 있을 때에도 적절한 중간 시점 영상을 생성할 수 있는 결과를 나타낸다.

변이의 정합점이 있는 중간 시점 영상의 생성이 끝나면, 좌우 영상의 가려진 영역에 대해 다음 식 (6)의 보간법으로 빈 공간을 채워 넣는다.

$$I_{\alpha}(i, j + \alpha * d_{L-R}(i, j)) = \begin{cases} I_R(i, j + d_{L-R}(i, j)) & \text{if } d_{L-R_{front}} < d_{L-R_{back}} \\ I_L(i, j) & \text{if } d_{L-R_{front}} \geq d_{L-R_{back}} \end{cases} \quad (6)$$

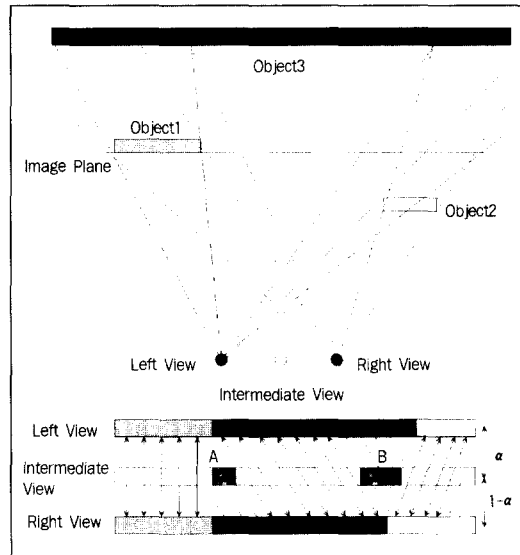


그림 3. 선형 양방향 보간 방식의 원리

즉, 그림 3에서 빈 공간 A, B 점의 화소 값을 보간할 때에는, 점선으로 나타낸 것과 같이 양쪽의 인접한 화소 중에 이미 정합되어 보간된 화소의 변이를 비교하여, 스캔라인을 기준으로 이전의 L-R 변이가 이후의 L-R 변이보다 작은 것은 우 영상에서, 그렇지 않은 것은 좌 영상에서 화소 값을 참조하여 보간한다. 이는 그림에서 보듯이 각 변이의 분포에 따라 좌우 영상의 가려진 영역을 판별할 수 있으며, 각각 대응하는 변이와 기준 영상을 가지고 보간하는 것이 적절하다는 이론에 기인한다.

그림-4(b) 는 256×256 “Man” 스테레오 영상

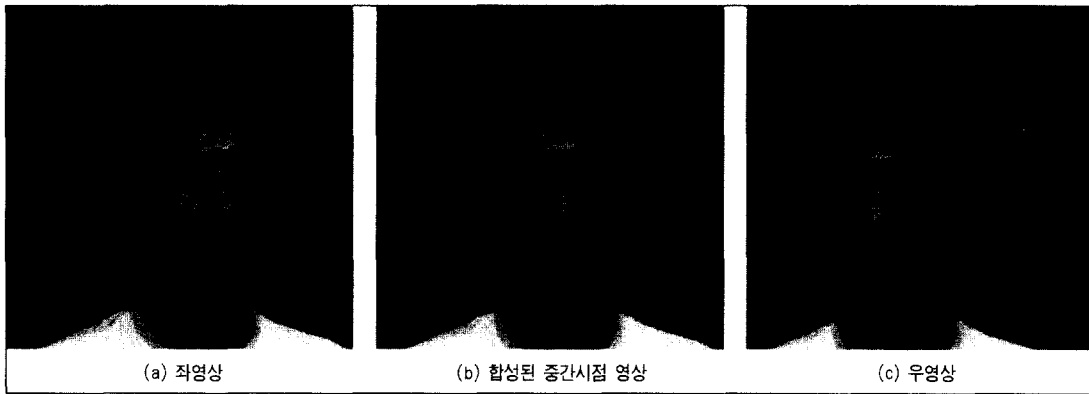


그림-4. 중간 시점 영상 합성 결과

에 대해 중간 시점 영상을 합성한 결과이다. 변이는 좌영상과 우영상으로부터 화소기반 방식과 특징 기반 방식을 결합한 영역분할 양방향 변이 추정을 사용하였으며[24], 불확실 영역에 대한 변이 보정과 선형 양방향 보간법을 사용하여 중간 시점 영상을 합성하였다.

6. 결 론

다시점 영상 시스템의 가장 큰 단점인 많은 데이터량과 시점간의 불연속성 문제를 해결하기 위해 중간 시점 영상 합성 알고리즘은 매우 중요한 역할을 하며, 일반적으로 이러한 중간 시점 영상을 재생해 내는 알고리즘은 기준 영상에 대한 정합점들의 차이를 나타내는 변이 추정 과정과 좌우 영상에 대한 가려진 영역 추출 과정, 그리고 이러한 과정의 결과로 나타나는 변이 맵을 가지고 전송되지 않은 중간 시점 영상을 합성하는 세 가지 과정으로 이루어진다.

이 중 중간 시점 영상 합성에 가장 큰 영향을 미치는 부분이 변이 추정 과정이다. 이론적

으로 기준이 되는 좌우 영상의 가려진 영역을 정확히 추출해 내고, 이를 기반으로 정확한 중간 시점 영상을 합성해 내기 위해서는, 한 화소의 오류도 허용하지 않는 정확한 변이 추정이 선행되어야 하기 때문이다. 이에 다시점 영상의 변이를 추정하는 많은 방법들이 제안되었으나 정확도에 한계가 있으며 또한 수행시간이 너무 길어 실시간으로 변이를 추정하지 못하는 단점이 있다. 또한 변이 맵으로부터 중간 시점 영상을 합성하는데 있어서도 가려진 영역의 합성에 대해서는 아직 만족할만한 결과를 보이고있지 않다.

따라서 좀 더 효율적으로 빠른 시간에 정확하게 변이를 추정하고 중간 시점 영상을 합성해내는 알고리즘의 개발이 요구된다.

참고문헌

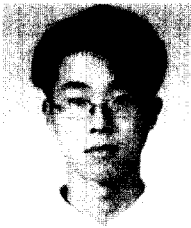
- [1] J. E. W. Mayhew and J. P. Fisby, "Psychophysical and computational studies toward depth perception," *Artificial Intelligence*, vol.17, pp.349-385, 1981.
- [3] MPEG-2 multiview profile, ISO/IEC 13818-2, AMD 3, Sept. 1996.
- [4] J. R. Ohm and K. Muler, "Incomplete 3-D multiview representation of video objects," *IEEE Trans. on Circuits and Systems for Video Tech.*, vol.9, no.2, pp.389-400, March 1999.
- [5] M. H. Kim, K. H. Sohn and S. H. Park, "Intermediate view reconstruction using interpolation and extrapolation techniques in stereoscopic imaging system," *Proc. 3-D Image Conference 98*, pp.187-192, June 1998.
- [6] J. Liu and R. Skerjanc, "Construction of intermediate pictures for a multiview 3D system," *Stereoscopic Displays and Applications III*, SPIE, vol.1669, pp.10-19, 1992.
- [7] J. R. Ohm and E. Izquierdo, "An object-based system for stereoscopic viewpoint synthesis," *IEEE Trans. on Circuits and Systems for Video Tech.*, vol.7, no.6, pp.801-811, Dec. 1997.
- [8] Puri, R. V. Kollarits, B. G. Haskell, "Basics of stereoscopic video, new compression results with MPEG-2 and a proposal for MPEG-4," *Signal Processing : Image Comm.* 10, pp.201-234, 1997.
- [9] J. R. Ohm and E. Izquierdo, "An object-based system for stereoscopic viewpoint synthesis," *IEEE Trans. on Circuits and Systems for Video Tech.*, vol.7, no.6, pp.801-811, Dec. 1997.
- [10] M. H. Kim and K. Sohn, "Edge-preserving directional regularization technique for disparity estimation of stereoscopic images," *IEEE Trans. on Consumer Electronics*, vol. 45, no. 3, pp 804-811, Aug. 1999.
- [11] W. E. L. Grimson, "Computational experiments with a feature based stereo algorithm," *IEEE Trans. on Pattern Anal. Machine Intell.*, vol.7, pp.17-34, 1985.
- [12] W. Hoff, N. Ahuja, "Surfaces from stereo : Integrating feature matching, disparity estimation and contour detection," *IEEE Trans. on Pattern Anal. Machine Intell.*, vol.11, no.2, pp.121-136, Feb. 1989.
- [13] M. E. Izquierdo, "Stereo image analysis for multi-viewpoint telepresence applications," *Signal Processing : Image Comm.* 11, pp.231-254, 1998.
- [14] A. Kaup, "Object-based texture coding of moving video in MPEG-4," *IEEE Trans. on Circuits and Systems for Video Tech.*, vol.9, no.1, pp.5-15, Feb. 1999.
- [15] Dimitrios Tzovaras, Nikos Grammalidis, and Michael G. Strintzis, "Object-based coding of stereo image sequences using joint 3D motion/disparity compensation," *IEEE Trans. on Circuits and Systems for Video Tech.*, Vol. 7, No. 2, Apr. 1997.
- [16] Y. Wang, O. Lee, "Use of 2-D deformable mesh structures for video coding, Part II-The analysis problem and a region based coder employing an active mesh representation," *IEEE Trans. on Circuits and Systems for Video Tech.*, vol.6, no.6, pp.647-659, Dec. 1996.
- [17] S. Kim, M. Kim, J. Lim, J. Son and K. Sohn, "Forward disparity estimation and intermediate video reconstruction of 3D images using irregular triangle mesh," *Proc. 3D Image Conf.*, pp 51-54, July 2000.
- [18] M. Dudon, O. Avaro, C. Roux, "Triangular active mesh for motion estimation," *Signal Processing : Image Comm.* 10, pp.21-41, 1997.
- [19] Y. Ohta and T. Kanade, "Stereo by Intra- and Inter- and inter-scanline search using dynamic programming," *IEEE Trans. on Pattern Anal. Machine Intell.*, vol.7, March 1985.
- [20] 배진환, 김성식, 손정영, 손광훈, "양방향 다이내믹 프로그래밍 기반 변이 추정을 이용한 3차원 영상의 중간 시점 영상 합성," *한국통신학회 논문지 (제출중)*
- [21] Ho-Chao Huang, Ching-Che Kao, and Yi-Ping Hung, "Generation of Multiviewpoint Video From Stereoscopic Video," *IEEE Trans. on Consumer Electronics*, Vol. 45, No. 1, Feb. 1999.
- [22] M. E. Izquierdo, "Stereo image analysis for multi-viewpoint telepresence applications," *Signal Processing : Image Comm.* 11, pp.231-254, 1998.
- [23] J. S. McVeigh, "Efficient compression of arbitrary multi-view video signals," *Ph.D. Thesis, Carnegie Mellon Univ.*, June 1996.
- [24] 김한성, 김성식, 손정영, 손광훈, "3차원 영상의 특징 기반 변이 추정 및 중간 시점 영상 합성," *전자공학회 논문지 (제출중)*

필자 소개



손 광 훈

- 1983년 연세대학교 전자공학과, 공학사
- 1985년 University of Minnesota, MSEE
- 1991년 North Carolina State University, Ph. D
- 1993년 한국전자통신연구원 선임연구원
- 1994년 Georgetown University, Post-doctoral fellow
- 현재 한국방송공학회 편집위원
- 현재 한국통신학회 편집위원
- 현재 3차원 방송영상학회 상임이사
- 현재 연세대학교 전기전자공학과 부교수
- 주관심분야 : 3차원 영상처리, 영상 통신



김 한 성

- 1998년 연세대학교 전파공학과, 공학사
- 1999년 한국과학기술연구원 위촉 연구원
- 2001년 연세대학교 전기전자공학과 석사
- 현재 한국과학기술연구원 학생연구원
- 현재 연세대학교 전파통신연구소 연구원
- 주관심분야 : 3차원 영상처리, 영상 압축, 영상 통신