

1. 서론

3 영상처리 기술은 차세대의 TV 기술 뿐만이 아니라 3차원 정보단말기 기술은 우리나라에서도 차세대 신기술로 지정하고 국가 연구과제로 진행 중에 있다. 이러한 기술은 통신, 교육, 의학, 상업 광고 등의 여러 분야에서 이용되기 시작했고, 무엇보다도 이들이 실용화되기 위해서 처리와 하드웨어적인 시스템이 현재의 기술로 가능해야 하며 3차원 영상을 보기에 익숙하지 않은 보통의 사용자가 보기에 편해야 한다.

3차원 영상 기술이 여러 분야에 응용되기 위해서, 하드웨어 적인 측면에서 시스템을 현실적으로 구성할 수 있어야 하는 구현성의 조건과, 인간이 영상 신호를 3차원으로 보는 데에 익숙하지 않은 불편함을 덜고 아

참고문헌(3)에서는 하나 이상의 변위 추적 데이터를 가지고 이미지 영상을 보간 하는 방법을 제안했다. 참고문헌(1)에서 Harashima는 종래의 에피플라 평면과 약간 다른 접근 방법을 시도했다. 다안 데이터의 정보 압축과 가상 시점을 합성하기 위하여 이용된다. Thoma 는 움직임 보상 보간 알고리즘으로 Occlusion 영역의 영향에 대하여 연구하였다⁽⁴⁾. 그는 변위 벡터 필드의 정확도를 높이고 이미지 시계열 내에서 두 개의 참조 프레임 사이에서 커버 혹은 커버되지 않은 Occlusions을 구별하기 위하여 변화 검출을 가진 계층적 변위 추정치를 결합하였다. 실제 중간 영상 내에 있는 모든 영역의 영상이 좌우의 어느 한 카메라로 얻은 영상 내에 그 정보를 모두 가지고 있다면, 두개의 참조 영상만으로도 관측자가 편안히 볼 수 있는 영상을 합성할 수 있다.

본 논문에서는 대응점 추출에 의한 시차를 추정하고, 대응

특집 「3차원 영상기술」

다 시점 영상을 위한 중간 영상 합성

김경태*

무런 부담 없이 편안하게 3차원의 영상을 볼 수 있도록 하는 디스플레이 기술이라는 두 가지의 조건이 만족되어야 한다. 이는 화면 사이즈를 크게 한다거나 시청 거리를 크게 한다거나, 혹은 두 카메라 사이의 임의 시점에서 본 카메라의 영상 즉, 중간 시점 화상의 생성이 가능하게 됨으로써 이루어 질 수 있다. 입체 영상을 취급하는 연구는 중간 영상을 합성하는 문제를 다루고 있으며, 이는 하나의 물체가 다른 물체에 의해서 가려서 보이지 않는 부분인 Occlusion의 영향과 좌우의 변위 추정치의 에러를 최소화 시키는 방향으로 연구가 진행되고 있다. Katayama와 Hsu는 에피플라 평면에 기반을 둔 연구를 하였으며, 보간 된 이미지 내에 있는 구멍을 이웃 픽셀 데이터를 이용하여 채우는 기법을 제안했다. 참고문헌(2)에서는 애매한 참조 이미지 영역에 대한 연구를 aspect graph를 이용하여 제안했다.

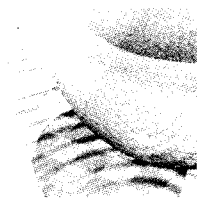
점이 없는 영역을 occlusion영역으로 정의하고 다른 쪽의 영상을 이용하여 occlusion 영역을 보간하는 방법에 대하여 기술한다. 이를 위하여 다 해상도에 의한 시차 추출과 보간, 직교 함수 전개법에 의한 중간 영상 합성, 에피플라 이미지를 이용한 중간 영상 합성, Gabor 함수를 이용한 중간 영상 합성법에 대하여 기술한다.

2. 다 해상도에 의한 시차 추정 및 중간 영상 합성

2.1. 개요

스테레오 영상 처리를 위한 필수 기술 중의 하나인

* 한남대학교 정보통신/멀티미디어 공학부, ktkim@mail.hannam.ac.kr



시차 정보를 추출해 내기 위하여 여러 가지 방법들이 제안되었다. 그 방법들을 크게 두 가지로 나누어 보면 블럭을 사용한 방법(Block-based technique)과 영상의 특징을 이용한 방법(Feature-based technique)으로 크게 나눌 수 있다. 블럭 매칭 기술은 전체 대상 영역을 모두 고려해서 시차를 찾는 Full search (or Exhaustive search) 방식과 대상 영역을 한정하여 그 속도를 높이는 두 가지 방법으로 나눌 수 있다. 시차 정보추출의 목적은 같은 3차원 영상을 표현하는 오른쪽, 왼쪽 두개의 2차원 영상에서 상호 대응된 화소 값의 위치를 찾아 그 위치의 변위량을 추출함으로써 깊이에 대한 정보를 얻어내는 데 있고, 스테레오 영상의 압축을 위한 정보로 이용된다. 또한 오른쪽, 왼쪽영상 사이의 중간영상을 만들어 내기 위해서는 필수적인 정보이다. 시차 정보를 추출해 내기 위해 제안된 방법 중 속도 면에서 다른 방법들 보다 뛰어나고 오차도 줄일 수 있는 방법으로서, 하나의 영상을 여러 종류의 해상

도를 가지는 영상들로 나누어서 시차를 추출하는 방법에 대하여 기술한다.

본 실험에서 사용된 알고리즘의 순서는 스테레오 영상을 입력 받고, 이퀄라이제이션을 취한 영상을 가우시안 이미지 피라미드로 구성한다. 해상도가 가장 낮은 영상부터 블럭 매칭을 하여 각 해상도의 영상에서 시차 맵을 추출하고, 맵은 최종 해상도의 영상에 도달할 때까지 다음 해상도의 시차 맵을 구하는 데 하나의 조건으로 이용된다. 마지막으로 최종시차가 추출된 다음에는 시차에 존재하는 일대다, 다대일의 매칭이 존재하는 부분을 찾아 수정함으로써 모든 처리를 마친다^[11-14,16].

2.2. 다 해상도 영상 피라미드 형성과 시차 추정

매칭의 처리속도를 증가시키고 정확도를 높이기 위

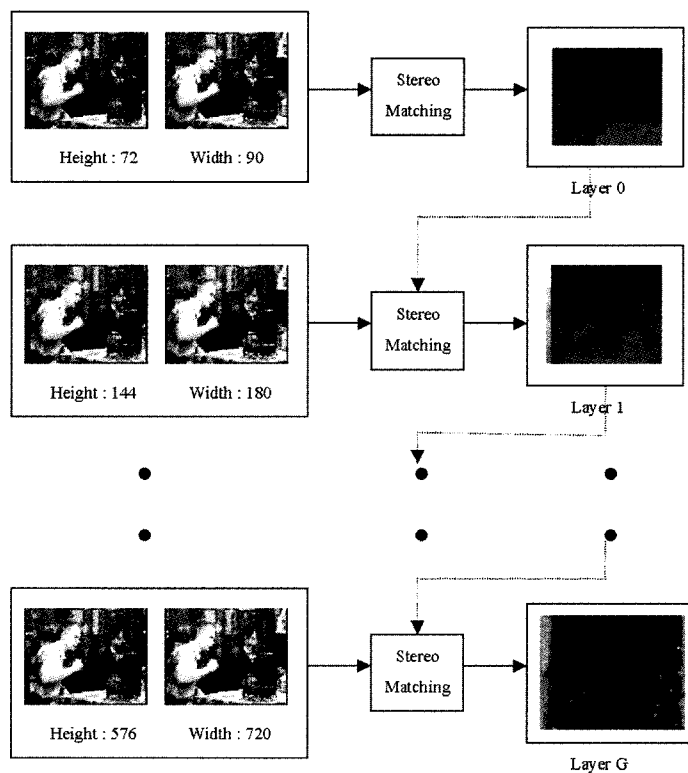


그림 1. 각 레이어 별 블럭 매칭 단계

다시점 영상을 위한 중간 영상 합성

해 다 해상도 기법을 이용해 Gaussian Image pyramid를 구성하고 각각의 레이어(Layer)에 대하여 매칭을 한다. 이러한 기법을 coarse-to-fine 기법이라 부른다. 블록 매칭할 때에 한 블록 내에서 가로, 세로 방향으로 하중을 주어 블록의 중간에 있는 픽셀은 블록의 변두리에 있는 픽셀에 비해서 하중이 걸려 상대적으로 중요시 되는 창 처리를 한다. 처리된 다 해상도 영상 피라미드의 각 레이어(Layer) 중에서 가장 낮은 해상도를 가지는 레이어부터 블록 매칭(Block matching)을 해서 나온 결과는 다음 레이어의 구축조건으로 사용된다. 전 레이어에서 추출된 시차는 다음 레이어의 비교 구간의 대략적인 위치를 정해 주는 정보로 이용된다. 레이어가 낮아 질수록 찾는 구간의 크기는 줄어들며 이는 속도 향상에 크게 기여한다. 실제로 이용된 비교 구간은 레이어 L에서는 -30부터 30으로 하였고(크기는 60), 레이어 L-1에서는 -15부터 15까지의 형식으로 그 다음 레이어에서도 검색 구간을 반으로 감소시켰다. 왜냐하면 화상의 크기가 수직 수평 방향으로 반으로 줄었기 때문이다.

그림 1에서 실선은 앞 레이어로부터 얻어진 결과 시차이고, 다음 레이어에서 블록 매칭을 위한 초기 위치의 값을 지정해주는 데 사용됨을 나타내고 있다. 본 실험에서 사용된 블록의 크기는 각각의 레이어에서 8x8로 고정되었고 레이어 j+1의 각 블록은 레이어 j의 4개의 블록에 해당된다. 레이어 j에서의 한 블록의 시차의 초기 예측 값은 레이어 j+1에서 구한 값의 두 배가된다.

2.3. Occlusion 검출과 오류 대응점의 개선

시차 매핑 알고리즘은 많은 연구자들에 의해서 개발되었으나 대부분은 대단히 복잡한 구조로 되어있다. 이 알고리즘은 시차의 특수한 경우의 하나 하나를 해결하고자 하는 매우 휴리스틱한 방법을 취하고 있다. 그러나, 여기에서는 간단하고도 빠른 알고리즘을 채택하고 있어 여러 발생 빈도가 약간 높다. 어려움은 각 블록에 대한 PSNR로서 정량화 된다. 그리고 그 값이 문턱치 이하이면 대응점이 옳은 것으로 간주하는 방법을 취한다. 이렇게 함에도 불구하고 좌영상(우영상)의 어느 한 부분이 우영상(좌영상)의 어느 한 분과 겹

쳐서 매칭되는 모순 점이 나타날 수 있다. 즉, 1 대 다 혹은 다대일의 형태로 매칭이 된다. 이를 해결하기 위하여 블록간의 신뢰도인 PSNR을 근거로 처리한다. Unoccluded 영역에 대한 실제 변위 벡터를 알기를 원하기 때문에 여러 확률이 높은 변위 벡터 추정치를 그대로 사용할 수는 없다. 예러가 많은 추정치는 예측 과정의 한계와 Occluded 영역에 대한 무의미한 변위 계산으로부터 기인한다. 따라서, 본 연구에서는 각 변위 추정치의 정확도의 척도로서 예측 블록 PSNR을 이용한다. 즉, 블록 PSNR을 계산하여 어떤 문턱치 이하이면 그 블록이 최소의 값일지라도 해당 블록 내의 픽셀의 대응점이 없는 것으로 간주하는 방법이다.

2.4. 실험 및 결과

2.4.1 Cost 함수 이용방법에 따른 실험

블록매칭을 위하여 Cost함수를 이용하는 방법에 따른 실험을 한다. 각 블록 간의 비교를 위해서 MAE (Mean Absolute Error)를 사용함에 있어서 휘도의 신호인 Y신호와 색 신호인 Cb, Cr 신호를 가지고 있기 때문에 색 신호도 함께 이용하는 방법을 생각한다. 따라서, matching cost function인 J를 다음 식으로 계산한다.

$$J = w_1 J_Y + w_2 J_{Cb} + w_3 J_{Cr}$$

여기서, J_Y , J_{Cb} , J_{Cr} 은 각각 휘도, Cb, Cr 신호에 대한 원 영상과 생성된 영상 간의 차이의 평균을 나타내고, w_1 , w_2 , w_3 는 각각의 하중을 나타낸다. 따라서 다음의 표 1과 같이 하중 값에 따라서 화질을 평가하여 최종의 matching cost function을 정한다.

평가의 방법은 좌영상으로 우영상에 대한 시차를 계산하고, 추정된 시차와 좌영상을 이용하여 우영상을 생성하여 그 화질을 PSNR로 평가한다. 그 결과는 표

표 1. Cost함수 계산을 위한 J_Y , J_{Cb} , J_{Cr} 의 하중값에 따른 실험 결과

	w_1	w_2	w_3	PPSNR (dB)
실험 1	1	0	0	19.93
실험 2	0.8	0.1	0.1	19.24
실험 3	0.75	0.125	0.125	19.20
실험 4	0.5	0.25	0.25	17.12

1과 같다.

2.4.2. 시차 맵의 이용 방법에 따른 실험

영상 합성 실험은 시차 맵을 이용하는 방법에 따라서 다음의 네가지 실험으로 나뉜다.

- 실험 1: 한쪽 방향의 시차 지도 (Left-to-Right Disparity map: D_{LR})를 이용하여 중간 영상을 구한다.
- 실험 2: 한쪽 방향의 시차 지도 (Right-to-Left Disparity map: D_{RL})를 이용하여 중간 영상을 구한다.
- 실험 3: 양쪽 방향의 시차 맵인 D_{LR} 과 D_{RL} 을 이용하여 중간 영상 생성하는데, 시점 β 가 $0 < \beta < 0.5$ 일 경우에는 D_{LR} 을 이용하고, $0.5 < \beta < 1.0$ 일 경우는 D_{RL} 을 각각 이용한다. $\beta = 0.5$ 일 경우는 D_{LR} 과 D_{RL} 을 이용하여 평균을 취한다.
- 실험 4: 양쪽 방향의 시차 맵인 D_{LR} 과 D_{RL} 을 이용하여, 임의의 중간 시점에서의 중간 영상은 D_{LR} 과 D_{RL} 을 동시에 이용한다.

실험 1의 결과는 좌에서 우로의 시차를 이용했기 때문에 좌에서 치우쳐져 있는 영상 즉, $\beta = 0.25$ 의 시점에서의 영상의 화질은 좋다. 그러나 중앙 시점인 $\beta = 0.5$ 이상의 점에서는 화질이 상당히 떨어짐을 알 수 있다. 실험 2의 결과는 우에서 좌로의 시차를 이용했기 때문에 생성하고자 하는 영상의 시점이 우에 치우쳐져 있으면 ($\beta = 0.5$ 이상의 시점) 화질이 좋지만 좌로 치우친 시점에서의 생성된 화질은 그다지 좋지 않다.

실험 3의 결과는 위의 두 결과를 종합하여 좌로 치우친 시점에서의 ($\beta = 0.5$ 이하) 영상은 좌에서 우로의 시차를 적용하고 있음으로 화질이 좋고, 우로 치우친 시점 ($\beta = 0.5$ 이상)에서의 영상 생성은 우에서 좌로의 시차를 적용한다. 중앙의 시점 ($\beta = 0.5$)에서는 양방향의 시차를 모두 이용한다. 일반적으로 좋은 화질을 얻을 수 있지만 양방향의 시차를 사용해야 한다는 단점이 있다. 실험 4의 결과는 양 방향의 시차를 사용하되 시점에 따라서 해당되는 시차에 비중을 주는 방법이다. $\beta = 0.25$, $\beta = 0.75$ 에서는 비교적 좋은 화질을 얻었으나 중앙 시점 $\beta = 0.5$ 에서는 양쪽 시차 추정치의 부정확성으로 영상의 양측에 좌영상과 우영상이

중복되어 나타남을 알 수 있다.

3. 직교 함수 전개법에 의한 대응점 추출

3.1. 개요

동영상의 변위량(일반적으로 통용되는 optical flow를 본 논문에서는 변위량이라 칭한다.)을 추정하여 영상 쌍의 대응점 추출에 관한 연구는 많은 연구자에 의해 제안되었으나, 물체의 이동량이 크거나 회전이 있는 영상에서의 변위량 추정은 앞으로 해결해야 할 큰 과제이다. 종래부터 제안된 대표적인 변위량 추정수법은 구배법^[5]과 상관법^[6]으로 분류할 수 있다. 먼저, 구배법은 피사체의 이동 후와 이동 전의 대응점의 명도가 바뀌지 않는다는 가정하에 명도 구배의 방향에 작은 변위를 계산하는 미분 연속식을 이용하고 있으며, 변위량의 미 확정부는 스무딩 구속을 이용하는 정식화에 의해 결정된다. 그러나 구배법에서의 변위는 영상 중의 명도 구배의 스케일 길이에 비해 작아야 한다는 조건이 내포되어 있기 때문에 변위가 큰 변위량의 추정에서는 오차가 커지는 문제를 발생시킨다.

Nagel은 occlusion과 불연속성에 대처하기 위해 명도구배의 법선방향으로 스무딩 구속을 이용하는 수법을 제안하였다^[7]. 다중 해상도법^[8]은 이 문제를 해결하기 위한 유력한 수법이다.

S. Ghosal은 불연속성이 큰 속도장 추정에 구배법과 계산 속도의 관점에서 다중 해상도법을 병행하는 수법을 제안했다. 다중 해상도법 가운데 대표적인 방법중의 하나인 균일법은 저해상도에서 고해상도의 변위량을 변환할 때 단층간에서는 고정된 균일한 계수를 사용하여 변위량을 추정한다. 또한, 스케일 최적화 다중 해상도법은 추정된 변위량을 사용하여 영상을 생성하고, 원영상과의 차인 최소2승 오차평가에 의해 계층간 계수를 결정한다. 이에 의해 이동량이 큰 변위량의 검출이 가능하게 된다. 그러나, 이동량이 매우 큰 경우와 회전을 동반하는 경우는 정밀도가 낮아지는 경향이 있다. 상관법은 기본적으로는 큰 변위의 추정도 가능하지만 영상 계열에 의해 패턴의 동정을 필요로 한다. 또한, 회전 및 변형이 있는 경우는 적용이 곤란하며 대

다시점 영상을 위한 중간 영상 합성

처가 복잡하게 된다. 변위 영상 간의 대응 문제와 양안 스테레오 영상의 대응 문제를 에너지 최소화 문제로서 정식화하는 수법이 제안되었으나, 영상간의 큰 변위량 및 회전을 동반하는 경우에는 해결해야 할 과제가 남아 있다.

이와 같은 문제를 해결하기 위해 종래의 변위량 추정 수법과는 전혀 다른 직교 함수 전개법을 제안한다. 직교함수 전개법은 영상전체의 움직임을 저차 주파수로부터 순차 전개하여 가는 top-down 수법으로서 종래의 bottom-up 수법인 구배법과는 다르고, 큰 변위에 대해서도 적용 가능하며, 가중치를 이용하여 움직임 자체를 다중 스케일로 처리하는 점이 특징이다. 구속 조건으로는 선형 적분 변환식을 이용하고, 변위량은凸집합상의 투영법(projection of convex set: pocs)으로 구한다.

물체의 이동이 큰 경우에 종래의 Horn & Schunck 법, 다중 해상도법 및 스케일 최적화 다중 해상도법과 본 연구에서 제안하는 직교함수 전개법을 비교하여 그 신뢰성 및 유효성을 나타낸다^[15,17].

3.2. 실험 및 결과

직교 함수의 종류는 sine 함수, 지수 함수 등 많이 있다. 이들 중에서 어떤 직교 함수가 적당한지를 알아보기 위하여 예비실험을 하였다^[9]. 첫째, 직교 함수로서 삼각 함수를 이용 하였을 경우에는 cos 항의 양단에 불연속성이 발생하고, 이것을 전개할 때에 큰 오차가 발생 되었다. 둘째, Walsh를 이용하였을 경우에는 미분 가능하게 하기 위해 삼각 함수를 이용했지만, 근사 오차가 컸다. 셋째, Hermite 함수를 이용하였을 경우에는 각각의 중앙부분에 대해서는 미분연산의 정밀도는 좋지만 양단은 0에 가까운 값이 많았다. 함수 전개 의 잇점이 적었다. 네번째, $\cos(kx)\cos(qx)$ 를 이용하였을 경우에는 위의 결점이 수정되어, 본 실험에서는 네번째의 직교 함수를 이용하기로 한다. 실험은 평행 이동 (Turtle)과 공간적으로 시차가 있는 스테레오 영상(Cat)에 대하여 실험을 하였다^[15]. 이들 영상을 이용한 계산 방법은 차수 128, 반복 횟수 10회로 하였다. 직교함수 전개법의 비교대상으로서 기본적인 Horn & Schunck법과 다중 해상도법의 기본이 되는 표준

다중 해상도법, 및 다중 해상도법의 대표인 스케일 최적화 다중 해상도법을 이용했다. 종래의 세가지 수법과 본 제안 수법에 의해 각각 얻은 변위량과 제1원영상을 이용하여 생성한 제2추정 영상과 제2 원영상과의 닮은 정도를 비교하기 위하여 NRMS 오차 및 상관값을 이용하여 평가한다. 표 2는 제2 원영상과 제1영상과 변위량을 이용하여 추정된 제2 추정 영상과의 NRMS오차 및 상관값을 보인다. 종래의 세가지 수법 중에 가장 개량되었다고 알려진 스케일 최적화 다중 해상도법과의 수치적 비교에서도 알 수 있듯이 본 수법이 NRMS오차가 향상되었음을 알 수 있다. 종래의 변위량 추정수법인 구배법에서는 큰 변위 및 회전의 경우에는 그 변위량을 구할 수가 없었다. 이 문제의 해결을 위해 본 수법인 직교 함수 전개법에서는 명도 적분치가 일정하다는 구속조건을 기본으로 pocs법에 의한 영상전체의 움직임을 저차 주파수로부터 순차 전개하여 가는 top-down 수법을 이용하여 변위량을 구할 수 있었다. 특히, 시차에 의해 생성 된 변위량이 큰 스테레오 영상에서의 대응점 추출에 대해서도 그 유효성을 확인하였다.

표 2. Turtle, Cat 영상의 원 영상과 추정 영상의 NRMS 오차 및 상관값.

평가 기준	샘플 영상의 종류	Turtle	
		Turtle	Cat
Horn & Schunck법	NRMS오차	33.778	42.007
	상관값	0.660	0.561
표준 다중 해상도법	NRMS오차	23.874	43.354
	상관값	0.793	0.571
스케일 최적화 다중 해상도법	NRMS오차	22.538	41.735
	상관값	0.806	0.582
직교 함수 전개법 (본 수법)	NRMS오차	14.594	15.159
	상관값	0.909	0.968

4. 에피폴라 평면 영상을 이용한 중간 영상 합성

4.1. 에피폴라 평면 영상 (Epipolar Plane Image: EPI)

복수 개의 카메라가 있을 때에 이들 카메라 사이의



상대적인 위치와 자세의 정보를 나타내는 영상 특유의 기하를 에피폴라 기하라고 한다. 에피폴라 기하는 원래는 스테레오 영상의 대응 문제를 구하기 위한 방법이었지만 점차 복수 영상의 기하로 일반화되었다. 광선 공간을 공간축과 시차축의 두축으로 자름으로서 에피폴라 평면 영상을 얻을 수 있다. 따라서, 2차원 EPI에는 공간축과 시차축 방향의 성질이 들어 있다. EPI를 얻기 위한 다안 카메라는 카메라의 직선 상에 등간격으로 배치하고 영상 면과는 모두 평행하게 한다. 또, 영상의 원점이 물체 상의 한 점과 시점을 잇는 직선과 영상면과의 교점을 영상좌표로 한다. 이러한 영상은 카메라의 광축을 평행으로 하여 촬영하고 기준면 상의 한 점이 시차가 0가 되도록 각 시차 영상을 평행 이동 시킴을 얻을 수 있다. EPI는 다음과 같은 특징이 있다.

- 수직 방향으로 좌우로 경사를 가진 직선군으로 구성되어 있다.
- 수평방향으로 2차원 영상과 같이 저주파수 성분을 가진다.

시차를 보간의 관점으로는 첫번째의 특징을 이용한다. 즉, EPI를 구성하는 직선을 추출하여 그 위치, 경사의 정도, 휘도로 분리함으로써 시차 축 방향의 데이터를 보간할 수 있다.

4.2. Gabor 함수를 이용한 중간 영상 합성 [10]

4.2.1. EPI를 생성하는 기저 함수

EPI의 국소 패턴을 생성하는 기저함수에 대하여 기술한다. 시간, 주파수 해석에서 주파수 폭과 시간 폭을 곱하여 최소가 되는 함수로서 Gabor 함수가 있다. 이 Gabor 함수를 확장하여 EPI를 생성하는 기저함수로 한다. 이 기저함수는 수평방향으로 진동하는 2차원의 파에 수평방향의 가우스 창을 곱하여 원점을 중심으로 θ 만큼 회전시켜 수평방향으로 이동시켜 나가면서 적합한 기저가 되는 Gabor 함수를 선정하는 방식이다. 여기서, EPI는 시차 축 방향으로 연속인 직선군이라는 성질을 고려한다.

수평방향으로 가우스 창을 인가한 2차원 파를

$$g(x, u) = \left(-\frac{x^2}{2\sigma^2} \right) \cos(2\pi f_x x + \varphi) \text{라 한다.}$$

함수를 나타 내는 파라미터는 $f_x, \sigma, \varphi, \theta, dx$ 로 자유도 5인 함수가 된다.

다음으로 5개의 파라미터에 대하여 각각을 이산화하여 얻은 함수 G_n ($N \geq n \geq 1$)이라고 한다. 함수가 정의되는 영역에 포함되어 있는 화소수 M 이 G_n 의 차원이 된다. 즉, G_n 은 M 차원 공간에 있는 N 개의 벡터로 되어 있다. 특히, $N = M$ 으로 하여 G_n 이 서로 독립이면 G_n 이 EPI의 국소패턴의 기저로 구성하여 국소 패턴 G_n 은 선형함으로서 분해될 수 있다.

EPI의 국소 패턴을 $I(i, j)$ 로 하면 내적을 다음과 같이 정의한다.

$$kn = \sum_{i, j \in B} G_n(i, j) I(i, j)$$

$|G_n|^2 = 1$ 이기 때문에 kn 은 G_n 으로 전개했을 때의 전개 계수가 된다. 따라서, $I(i, j)$ 를 기저함수로 전개하면 다음과 같다.

$$I(i, j) = \sum_{n=1}^N kn G_n(i, j)$$

파라미터가 변하는 범위와 이산화의 간격은 임의로 설정할 수 있다. N 의 크기도 임의로 설정할 수 있다. $N \geq M$ 으로 하면 원 신호를 재생할 수 있고, 이를 위하여 사용되는 M 개의 기저는 적절히 선택해야 한다. 실제로는 $N \gg M$ 으로 하여 많은 수의 기저를 미리 준비해 두고 주어진 EPI에 적당한 기저 함수의 후보를 찾는 방법을 취한다.

4.2.2. 전개 및 영상 합성

EPI의 블록을 기저의 선형 합으로 전개하는 방법에 대하여 기술한다. 가장 큰 계수를 가지는 기저로부터 순서대로 구해 나간다. 우선, 대상으로 하는 국소 EPI에서 평균값을 빼고 직류 성분은 0으로 만들고, 계수의 값이 최대인 기저를 구한다. 다시 이 성분을 빼면서 잔차가 어떤 임계치 T 이하가 될 때까지 반복한다. EPI 블록의 재 구성은 기저의 인덱스와 전개 계수의 조합을 이용하여 선형함으로 구할 수 있는데, 이산화 이전의 기저 함수는 연속이어서 샘플링 간격을 적게

다시점 영상을 위한 중간 영상 합성

함으로서 고 해상도화를 할 수 있다. 이러한 고 해상도가 임의 시점에서의 영상합성이 된다.

4.3. EPI 이용한 중간 영상 합성

4.3.1. 개요

다시점 영상의 입체 시역의 확장을 위하여 중간 영상을 생성해야 하는데, 데이터는 참조할 수 있는 영상을 두 개의 영상으로 한정하는 것이 아니라 여러 장의 영상인 경우의 중간 영상 합성이 방법에 대하여 기술한다. 중간 영상 생성 과정을 보면 먼저 다시점 영상을 입력 받아 대응하는 에피폴라 라인끼리 묶어 하나의 에피폴라 영상을 생성한다. 이 때 생성되는 에피폴라 영상의 수는 하나의 영상에서 나오는 에피폴라 라인의 수와 같다. 다음에 영상의 확장을 위한 라인과 라인 사이를 보간하기 위해 블록 매칭을 해야 하는데 블록의 사이즈는 고정되는 것이 아니라 영상의 패턴을 고려하여 적응적으로 정하게 된다. 여기서는 차분을 이용하여 화소값이 급격히 변하는 부분을 기준으로 블록을

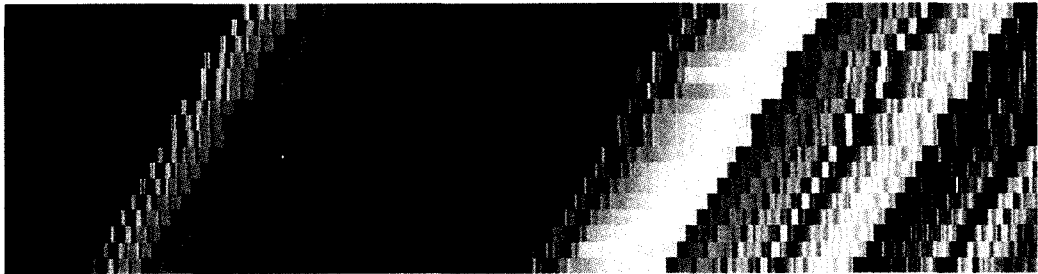
나누고 있다. 나누어진 블록은 블록 매칭을 통해 시차를 결정하여 시차맵을 생성하고 이를 이용하여 데이터를 이동시켜 중간라인의 영상을 생성하게 된다. 이 과정을 생성된 모든 에피폴라 영상에 대하여 실행한다. 에피폴라 영상이 모두 생성되었으면 각 에피폴라 영상에서 생성한 라인을 분리하여 다시 결합시킴으로 하나의 실 영상을 생성하게 되며 이것이 중간 영상이다.

4.3.2. 에피폴라(Epipolar) 영상과 블록 나누기

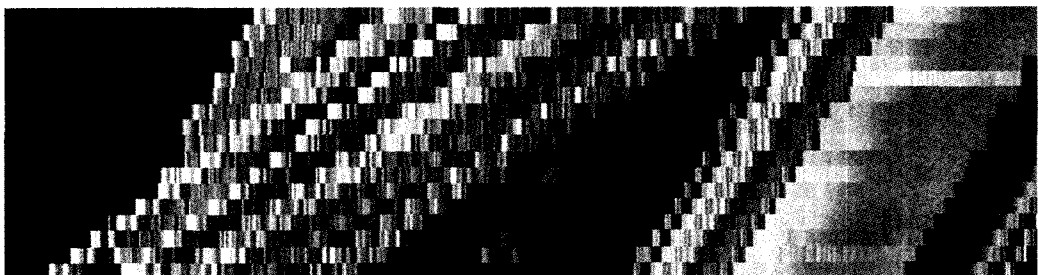
그림 2는 실제 에피폴라 영상으로서 17개의 영상의 육안으로 확인하기 쉽도록 에피폴라 라인을 10개씩 짤은 것이다.

데이터로 사용된 영상은 하나의 카메라를 이용하여 수평으로 이동하며 parallel로 연구실에서 찍은 영상으로 수동 이동으로 인한 수직편차가 존재하는 영상이다.

그림 2에서 1번째 영상의 에피폴라 라인과 3번째 영상의 에피폴라 라인을 이용하여 2번째 영상의 에피폴라



(a)



(b)

그림 2. 에피폴라 평면 영상의 예

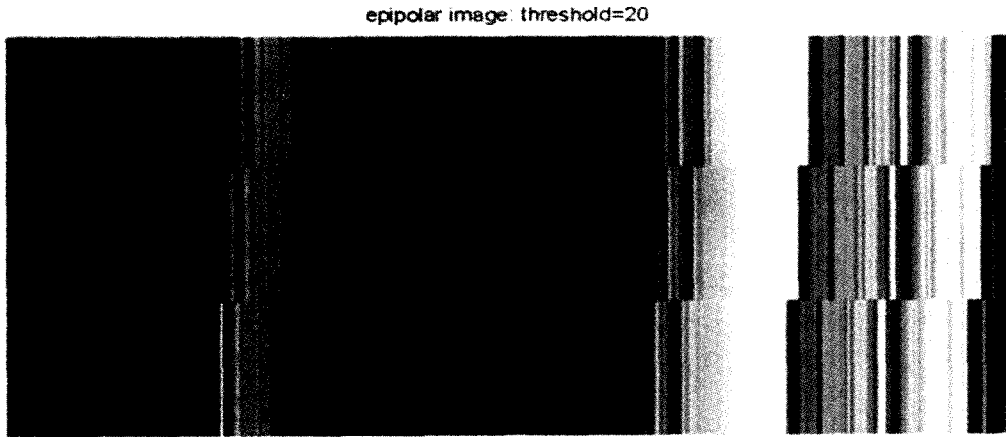


그림 3. 상하 라인을 이용하여 중간 라인을 생성한 예

라 라인을 생성하므로 중간 라인 생성을 실험한다. 첫 번째 영상의 에피폴라 라인은 'reference_line1'으로, 그리고 두 번째, 세 번째 영상의 에피폴라 라인은 각각 'reference_line2', 'reference_line3'로 나타내도록 한다. 먼저 매칭을 위해 블록을 나누는 방법은 매칭을 할 때 블록을 고정 블록으로 하지 않고 참조 영상의 패턴을 고려하여 블록을 정한다. 여기서는 우선 reference_line3을 다음 식에 따라 차분을 구하는 데 이는 영상이 갑자기 변화하는 부분을 찾아 영상의 에지를 파악하기 위함이다.

$$\text{Self_diff}(i,j) = | \text{reference_line3}(i,j+1) - \text{reference_line3}(i,j) |$$

차분값은 문턱치를 두어 문턱치 이상이 되면 '1'로 하고, 이하가 되면 '0'으로 하여 블록을 정한다.

4.3.3. 블록 매칭에 의한 시차 생성과 중간 라인 생성

위의 과정에서 형성한 차분 맵을 이용하여 블록을 정하게 된다. 블록을 정할 때 고려해야 하는 사항은, 패턴이 복잡한 영상의 경우 블록이 여러 개 생성될 수 있는데 이는 많은 계산량과 에러의 요인이 될 수 있다. 하나의 블록을 형성하는 화소수가 일정 수보다 작으면 블록으로 인정하지 않고 어느 정도 이상의 크기가 될 경우에 하나의 블록으로 인정하여 매칭을 시도한다. 여기서는 reference_line3에서 블록을 형성하므로 해당 블록의 화소와 reference_line1과 매칭한다. 이 때

구간을 정하게 되는데 이는 영상에 따라 임의로 정하도록 했다. Reference_line3블록과 reference_line1구간을 돌려 유사도를 측정하여 가장 유사한 블록을 검색한 후 가장 유사하다고 판단된 블록과의 시차를 계산하여 시차맵을 생성한다. 형성된 시차맵을 이용하여 중간 라인인reference_line2를 생성한다. 시차에 따라 reference_line3을 이동하여 reference_line2를 생성한다. 다음의 그림 3은 중간 라인을 생성한 예이다.

4.3.4. 결과

본 방법은 첫째로 방대한 계산량이다. 하나의 영상에서 나올 수 있는 에피폴라 라인은 적어도 row수 만큼은 된다. 640*480의 영상을 예로 들면 480개의 에피폴라 영상을 생성한다는 의미이다. 그리고 각 에피폴라 영상들 마다 보간을 하고, 에피폴라 영상으로부터 생성한 라인들을 분리하여 하나의 중간영상을 생성하므로 방대한 계산량을 가지고 있다. 둘째로 각 영상마다 대응되는 에피폴라 라인을 찾기 위해서는 평행화의 전처리 과정이 필요하다.

여기에서는 중간영상을 생성하기 위하여 두 가지의 방법으로 접근했다. 첫째는 에피폴라 영상으로부터 시차측 방향의 해상도를 증가시켜 중간 영상을 생성하는 방법을 제안한다. 이를 위하여 광선 공간의 데이터의 국소 패턴을 생성하기 위한 기저 함수를 제안하고 아울러 보간하는 방법을 제안한다. 또한 기저 함수를 적당히 선택함으로써 적은 수의 기저함수로 영상을 재

다시점 영상을 위한 중간 영상 합성

구성할 수 있고 시차축 방향의 해상도를 쉽게 증가시킬 수 있음을 확인한다.

둘째는 다시점 영상을 입력받아 에피폴라 영상을 생성하여 에피폴라 라인 상에서 블록 매칭을 이용하여 시차를 구하고 중간 영상을 생성하는 방법에 대하여 검토했다.

5. 결론

3차원 영상을 표시하기 위한 기술은 입장감, 현실감이 있는 통신분야 뿐만이 아니라 교육, 의학, 게임, 광고, 원자력 등의 위험한 환경 하에서의 정밀한 작업을 위해서 필요한 분야이다. 그런데 3차원 영상 기술이 여러 분야에 응용되기 위해서는 하드웨어 측면에서 시스템을 현실적으로 구성할 수 있어야 하고, 사람이 영상을 관찰할 때 불편함이 없이 편안하게 볼 수 있어야 한다. 이를 위해서는 화면 사이즈를 크게 한다거나, 영상을 볼 수 있는 시역을 넓혀야 하는데 시역을 넓히기 위해서는 많은 수의 영상이 필요하고 이는 많은 수의 카메라를 필요로 하게 된다.

본 논문에서는 많은 수의 카메라 대신에 임의의 시점에서의 영상을 합성함으로써 마치 카메라가 많은 것처럼 보이게 한다. 이것이 중간 영상 합성인데 이를 위하여 다 해상도에 의한 시차 추출과 중간 영상 합성, 직교함수 전개법에 의한 중간 영상 합성, 에피폴라 평면 이미지를 이용한 방법과 Gabor 함수에 의한 방법에 대한 예비 실험을 하였다. 다 해상도에 의한 중간 영상 합성은 대응점의 정확도에 의해서 성능이 좌우되며 코스트 함수의 적용 방법, 윈도우 사이즈, 검색 구간, 해상도의 레이어 구성, 시차맵을 이용하는 방법에 대하여 검토하였다. 직교함수 전개법에 의한 대응점 추출 방법으로는 시차가 적은 경우에는 미분에 근거를 둔 종래의 수법인 Horn & Shunk 방법이 유용하지만, 시차가 크면 종래의 방법으로는 오차가 너무 많다. 따라서, 이를 해결하기 위하여 직교함수의 적분으로 변환하여 실험을 하였다. 결과로 평행 이동과 스테레오 영상인 경우에 좋은 결과를 얻었으며 현재로서는 시간이 상당히 많이 걸리는 단점이 있다.

에피폴라 평면 영상을 이용하여 중간 영상을 합성하

는 경우에는 두 가지의 방법으로 접근했다. 하나는 Gabor 함수를 이용하는 것인데, 에피폴라 영상으로부터 시차축 방향의 해상도를 증가시켜 가면서 중간 영상을 생성하는 방법이다. 이를 위하여 광선 공간의 데이터의 패턴을 생성하기 위하여 기저 함수로 Gabor 함수를 이용하고 보간하는 방법을 제안했다. 적절한 기저 함수를 선택함으로써 적은 수의 기저함수로 영상을 재구성할 수 있고 시차축 방향의 해상도를 증가시키며, 중간 합성이 가능해진다. 다른 한 가지 방법은 다시점 영상을 받아 에피폴라 영상을 생성하여 에피폴라 라인 상에서 블록 매칭을 이용하여 시차를 구하고 중간 영상을 생성하는 방법에 대하여 검토했다. 이러한 두 가지의 접근 방법에 대하여는 연구가 진행되고 있으며 결과가 나오는 대로 보고하기로 한다.

[감사의 글]

본 연구의 기틀을 만들어 준 김병우 군, 김철수 군, 김진우 박사, 박지현 양에게 감사를 드린다. 아울러, 본 논문은 산업자원부가 지원하는 산업기반기술개발 사업내의 차세대 신기술 개발사업으로 수행되었다.

참고 문헌

- (1) T. Fujii and H. Harashima, Data compression of an autostereoscopic 3D image, University of Tokyo Tech. Rep., 1994
- (2) R. Hsu and K. Kodama and H. Harashima, View interpolation using epipolar plane image, in Proc. IEEE Int. Conf. Image Processing, vol. 2, pp. 745-749, 1994.
- (3) A. Katayama, K. Tanaka, T. Oshino and H. Tamura, A viewpoint dependent stereoscopic display using interpolation of multi-viewpoint images, in Proc. Stereoscopic Display and Virtual Reality System II, SPIE, vol. 2409, pp. 11-20, 1995.
- (4) R. Thoma and M. Bierling, motion compensating interpolation considering covered and uncovered background, Signal Processing : Image Communications, vol. 1, no. 2, pp. 191-212, Oct. 1989
- (5) E. C. Hildreth, "Computations underlying the measurement of visual motion", Artificial Intelligence, 23, pp. 309-354, 1984
- (6) H. H. Nagel and W. Enkelmann : "An investigation of smoothness constraints for the estimation of displacement vector fields from image sequences", IEEE Trans. Patt. Anal. Mach. Intell. 8, pp. 565-593, 1986
- (7) H. H. Nagel, "On the estimation of optical flow: Relations between different approaches and some new results", Artificial Intelligence, 33, pp. 299-324, 1987
- (8) W. Enkelmann, "Investigation of multigrid algorithms for the estimation of optical flow fields in image sequences", Computer Vision, Graph. Image Process, 43, pp. 150-177, 1988



- [9] 池田浩, "합수 전개법을 이용한 optical flow에 의한 동화상 해석-직교 합수에 의한 flow의 검출-, (일)Fukui대학 학사 논문, 1996
- [10] Toshidaki Fujii et al, "Compression and interpolation of ray-space data based on nonorthogonal expansion of local EPI pattern", 3D Image Conference 2000, July 2000
- [11] Kyung-tae Kim, Jung-yong Son, Mel Siegel, Synthesis of a 3D stereoscopic image pair from a high-resolution monoscopic image and a low-resolution depth map, Journal of electrical engineering and information science, Vol.4, No.3, June 1999.
- [12] K.T.Kim, J.Y.Son, Mel Siegel, 'View synthesis of outrigger images and intermediate images for 3 dimensional display', 3D image conference 99, July 1999.
- [13] Kyung-tae Kim, Mel Siegel, J.Y.Son, Synthesis of a high-resolution 3D stereoscopic image pair from a high-resolution monoscopic image and a low resolution depth map, Proceedings of SPIE stereoscopic displays and virtual reality system V, Jan. 1998
- [14] 김경태 외, "컬러 이미지와 저해상도의 깊이감 지도를 이용한 스테레오 이미지 영상", 제3회 광정보처리 학회 학술 발표회, 3권 1호 11-26~35, 1998
- [15] Jin-Woo Kim, K.T.Kim, et al, "Estimation of motion from stereo images using integral constraints", The 6th International Workshop on 3D Imaging media technology, 2000
- [16] Jin Zhe Zhu, K.T.Kim, et al, "Synthesizing intermediate images by using multi-resolution images", 3D image conference 2000, July 2000.
- [17] 김진우, 김경태, "직교합수 전개법에 의한 동영상의 대응점 추출", 한국멀티미디어학회 3권 4호, 2000

약 력

김경태

1972년: 경북대학교 전자공학과 졸업(공학사)
1980년: 연세대학교 전자공학과 졸업(공학석사)
1985년: Tohoku 대학 전기 및 통신공학과 졸업 (공학박사)
1985년 ~ 1991년 : 한국전자통신연구원 신호처리 연구실
1991년 ~ 현 재 : 한남대학교 정보통신/멀티미디어학부 교수
관심분야: 디지털 신호처리, 음성정보처리, 3차원 영상처리
