

대칭적 신뢰 전파 기법 기반의 가상 시점 비디오 생성

정일룡, 정태영, 김창수

고려대학교

{illyong, lovelool17, changsukim}@korea.ac.kr

Virtual Viewpoint Video Synthesis Using Symmetric Belief Propagation

Il-Lyong Jung, Taeyoung Chung, and Chang-Su Kim

School of Electrical Engineering, Korea University, Seoul, Korea

요약

본 논문에서는 다시점 비디오(multi-view video)에서 보다 다양한 시점을 제공하기 위한 가상 시점 비디오 생성 기법을 제안한다. 제안하는 가상 시점 비디오 생성 기법은 우선적으로 대칭적 신뢰 전파 기법(symmetric belief propagation)을 기반으로, 각 시점의 깊이 정보 및 폐색 영역(occlusion region)을 추출하기 위해서 에너지를 최소화한다. 추출된 깊이 정보 및 에너지를 이용하여 참조하는 시점 간의 가중치를 적용하여, 새로운 가상 시점의 비디오를 생성하고, 추출된 폐색 영역의 값을 이용하여, 가상 시점의 비디오를 보정하는 가상 시점 비디오 생성 기법을 제안한다. 또한 제안하는 알고리즘을 한정된 중간 시점 영상에서 임의의 가상 시점으로 확장하여, 임의의 두 시점 간의 자유로운 시점(free-view point)을 제공함을 확인한다. 실험을 통하여 제안하는 기법이 다시점 비디오에서 높은 화질의 가상 시점 비디오를 제공함을 확인한다.

1. 서론

영상 통신 기술의 발전에 따라 기존의 아날로그 방송에서 디지털 방송으로 전환되었고, 이와 동시에 보다 현실감을 제공할 수 있는 고화질, 고해상도의 방송으로 점차 발전되고 있다. 이와 동시에 차세대 방송 기술로서 사용자에게 현실감, 입체감을 제공할 수 있는 실감 방송 기술이 주목을 받고 있다. 실감 방송 기술, 그 중에서도 다시점 영상 기술은 기존의 1개의 카메라를 사용하여 취득했던 모노 비디오와는 달리, 2개 이상의 카메라를 통하여 영상을 취득, 영상 간의 정합 정보를 추출하여 사물의 깊이를 표현함으로써 사용자에게 현실감 있는 영상을 제공할 수 있다. 따라서 실감 방송 실현을 위해서는 다양한 시점의 영상 취득, 전송, 처리할 수 있는 기술의 개발이 필수적이다. 그 중에서도 실감 방송의 실현을 위해서는 최우선적으로 모노 방송 기술에 비하여 2배 이상의 대역폭이 요구되는 단점을 해결해야 한다. 이를 위하여, 최근 한정된 시점의 영상만을 한정된 대역폭에서 전송하고, 이를 이용하여 다양한 시점의 영상을 제공할 수 있는 가상 시점 영상 생성 기술이 활발히 연구되고 있다.

가상 시점 영상 생성을 위해서는 각 영상 간의 정합 정보를 추출할 수 있는 깊이 정보의 추출이 필수적이다. 다시점 동영상, 그 중에서도 2대의 카메라를 사용하는 스테레오 영상을 기준으로 영상의 정합을 설명하자면, 정합 정보를 추출하는 기법으로

는 지역적 방법(local method)과 전역적 방법(global optimization)이 있다. 지역적 방법은 SAD(sum of absolute difference), SSD(sum of square difference) 등을 이용하여 두 시점 영상 간의 정합되는 지점을 찾는 기법이 있다. 하지만 지역적 방법은 깊이 정보의 노이즈로 인하여 가상 시점 영상 생성 시, 영상의 화질이 열화되는 문제점이 있다. 이와 달리, 정합되는 화소 간의 확률적인 정보를 이용하여 최적의 에너지를 찾는 전역적 방법이 널리 연구되고 있는데, 대표적인 방법으로는 그래프 컷(graph cut) [1], 신뢰 전파 기법(belief propagation) [2] 등이 있다. 전역적 방법은 지역적 방법과는 달리, 주변 화소 간의 smoothness 에너지 정보가 포함되어, 지역적 방법에 비하여 보다 효과적으로 가상 시점 합성이 가능하다.

추출된 정합 정보를 이용하여, 가상 시점을 합성하는 기술로는 다음과 같은 기술이 있다. 우선 [3]에서는 2D 메쉬 기법을 이용하여, 메쉬의 각 노드에 정합되는 지점을 찾아 가상 시점을 생성하는 기술을 제안했다. [4]에서는 영상에서 각 객체를 분할하고, 분할된 각 객체에 가장 유사한 정합 지점을 추출하여 이를 이용하여 가상 시점 영상을 생성하는 기법을 제안하였다.

본 논문에서는 대칭적인 신뢰 전파 기법 [5]을 기반으로 하는 가상시점 생성 기법을 제안한다. 우선 정밀한 깊이 정보를 추출하고, 이 때 추출된 디스퍼티 값을 이용하여, 왼쪽 시점에서 정방향 와핑(forward warping)을 수행하고, 오른쪽 시점

에서 역방향 와핑(backward warping)을 수행한다. 앞서 디스페리티 값과 폐색 영역을 추출을 위하여 수행된 대칭적인 신뢰 전파 기법에서 계산된 에너지 값을 이용하여, 와핑된 두 영상을 합성하여 가상 시점 영상을 생성한다. 최종적으로 와핑된 두 영상에서 채워지지 않는 영역에 대하여 Hole Filling을 수행하고, 폐색 영역의 경계에서 평균 필터링을 통하여 경계영역에서의 향상된 가상 시점 영상을 얻는다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제 2장에서는 정합 정보 추출의 기반 기술인 대칭적 신뢰 전파 기법에 대하여 설명한다. 제 3장에서는 가상 시점 합성에 대하여 설명한다. 제 4장에서는 본 논문에서 제안하는 가상 시점 영상 기법에 대하여 실험을 통하여 성능을 확인한다. 최종적으로 제 5장에서는 본 논문의 결론을 맺는다.

2. 대칭적 신뢰 전파 기법 (Symmetric Belief Propagation)

본 논문에서는 정합 정보를 추출하기 위하여, 대칭적 신뢰 전파 기법[4]을 기반으로 스테레오 정합을 수행하였다. 대칭적 신뢰 전파 기법은 기존의 신뢰 전파 기법과는 달리 폐색 영역의 에너지 항을 추가함으로써, 기존의 신뢰 전파 기법에 비하여 보다 정확한 정합 정보를 추출할 수 있다.

본 논문에서는 다시점 영상 중 가장 간단한 형태인 스테레오 영상을 기준으로 설명한다. 주어진 스테레오 영상을 각각 L, R 이라 할 때, 대칭적인 스테레오 모델은 주어진 영상을 이용하여 폐색 영역과 정합 정보를 추출한다. 대칭적 신뢰 전파 기법은 다음과 같은 순서로 수행된다.

- 1) BP를 통하여 초기 디스페리티 값 추출
- 2) 추출된 BP를 이용하여, 폐색 영역 추출
- 3) 추출된 폐색 영역을 이용하여, 디스페리티 값을 추출
- 4) 2)~3)을 반복적으로 수행하여, 최종적으로 디스페리티 값을 추출

2)의 폐색 영역 추출을 위해서, 폐색 영역에 대한 정의가 필요하다. [4]에서는 가시적 제약조건(visibility constraint)를 사용하여 폐색 영역을 추출한다. 가시적 제약조건은 폐색 영역이 아닌 한 시점 영상의 화소가 다른 시점 영상에 최소 하나 이상의 화소와 대응되어야 하는 것, 폐색 영역에서는 대응되는 화소가 없다는 조건이다. 이러한 가시적 제약조건은 순서 제약조건(ordering constraint)의 단점을 보완하여 보다 정확히 폐색 영역을 추출할 수 있다. 이렇게 추출된 폐색 영역을 각각 O_L 과 O_R 이라고 하면, 대칭적 신뢰 전파 기법의 에너지 항은 다음과 같다.

$$E(D, O) = E_d(D, O) + E_s(D, O) + E_v(D, O)$$

이 때, 기존의 $E(D, O)$ 에서 $E_d(D, O)$ 와 $E_s(D, O)$ $E_v(D, O)$ 는 다음과 같이 정의 된다.

폐색 영역의 페널티를 χ 로 정의한다면 데이터 항 $E_d(D, O)$ 는 아래와 같다.

$$E_d(D, O) = \sum_{p \in O} D_p(f_p) + \sum_{p \in O} \chi$$

이 때, $D_p(f_p)$ 는 대응되는 화소 간의 화소값의 차를 의미한다.

주변 화소와의 관계를 κ 로 정의한다면 smoothness 항 $E_s(D, O)$ 는 아래와 같다.

$$E_s(D, O) = \sum_{p, q \in N/B} \kappa V(f_p - f_q)$$

이 때, $V(f_p - f_q)$ 는 주변 화소와의 차이를 의미하며, N 은 주변의 화소, B 는 경계를 의미한다.

위에서 설명한 에너지 항을 이용하여, 2)와 3)을 수행한다. 우선적으로 2)에서는 초기 디스페리티 값을 이용하여, 아래와 같이 폐색 영역을 추출한다.

$$E_{O_L} = E_d(D_L, O_L) + E_v(D_L, O_R)$$

$$E_{O_R} = E_d(D_R, O_R) + E_v(D_R, O_L)$$

이 때, 추출된 폐색 영역을 이용하여, 3)에서는 아래의 식을 이용하여 디스페리티 값을 추출한다.

$$E_{D_L} = E_d(D_L, O_L) + E_s(D_L, O_L) + E_v(O_R, D_L)$$

$$E_{D_R} = E_d(D_R, O_R) + E_s(D_R, O_R) + E_v(O_L, D_R)$$

최종적으로 2)~3)을 반복적으로 수행하여, 높은 정확도를 가지는 정합 정보를 추출할 수 있다.

3. 가상 시점 생성 기법

본 논문에서 제안하는 가상 시점 기법은 가상 시점 합성을 위하여 앞선 제 2장에서 추출된 정합 정보와 폐색 영역 정보뿐만 아니라 정합 정보와 폐색 영역 추출을 위해 계산된 에너지 정보를 사용한다. 대칭적 신뢰 전파 기법을 이용하여 추출된 정보를 이용하여, 우선적으로 원하는 가상 시점으로 정방향 와핑과 역방향 와핑을 수행한다. 두 시점의 영상 간의 거리를 1로 환산하고, 그 사이의 지점을 T 라고 가정했을 때, 정방향 와핑과 역방향 와핑은 다음과 같다.

$$W_F(x + (D_L * T), y) = L(x, y)$$

$$W_B(x - (D_R * (1 - T)), y) = R(x, y)$$

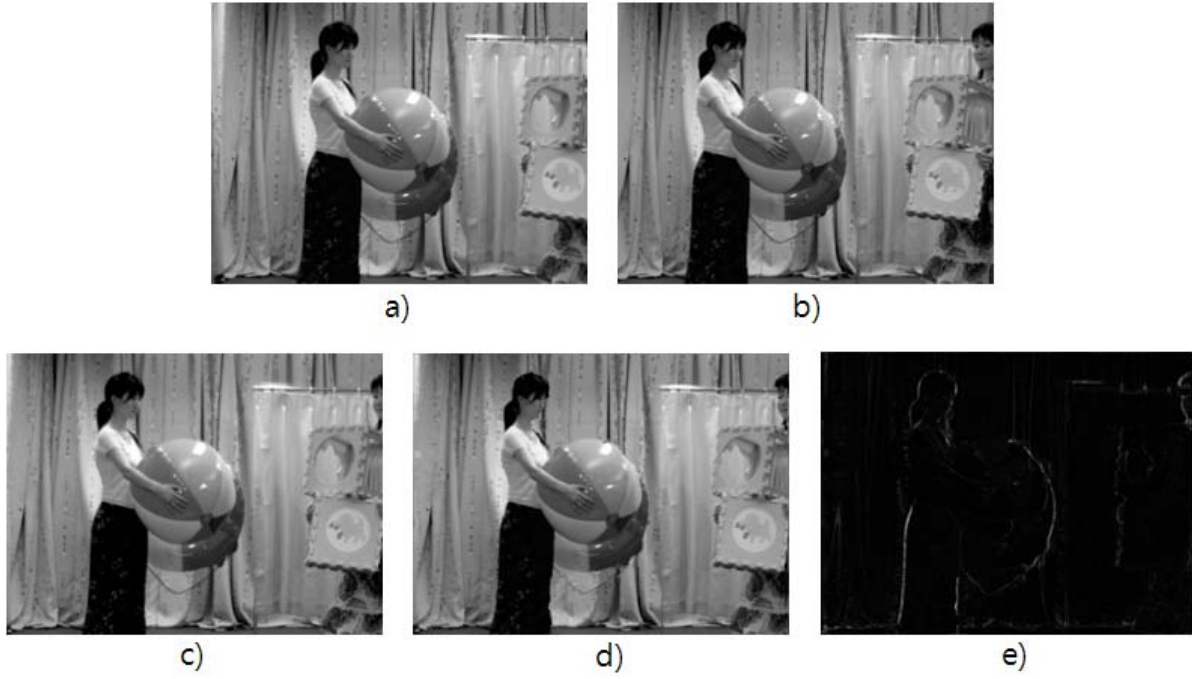


그림 1. 가상 중간 시점 영상 생성 : a) 46번 영상, b) 48번 영상, c) 47번 영상, d) 제안하는 기법으로 생성된 47번 영상, e) c)와 d)의 차이

이 때, $W_F(x, y)$, $W_B(x, y)$ 는 각각 정방향 가상 시점 영상과 역방향 가상 시점 영상을 의미하며, $L(x, y)$ 와 $R(x, y)$ 는 각각 두 시점 영상의 화소를 의미한다. 이렇게 추출된 정방향 와핑 영상과 역방향 와핑 영상을 이용하여 아래와 같이 가상 시점 영상을 합성한다. 가상 시점 영상을 $I(x, y)$ 라고 하면,

$$I(x, y) = \begin{cases} (1 - \alpha)W_F(D_L) + \alpha W_B(D_R) \\ W_F(D_L) \\ W_B(D_R) \\ 0 \end{cases}$$

이다. 첫 번째 경우는 정방향 와핑 영상과 역방향 와핑 영상이 모두 존재할 경우, 두 번째 경우는 정방향 와핑 영상만이 존재할 경우, 세 번째 경우는 역방향 와핑 영상이 존재할 경우, 마지막 경우는 둘 다 존재하지 않을 경우이다. 첫 번째 경우, 각각의 와핑 영상에 대하여 α 를 이용하여 가중치를 적용한다. 이 때, α 는 앞서 2장에서 정합 정보를 추출하기 위하여 계산된 E_{D_L} 과 E_{D_R} 을 이용하여 다음과 같이 정의한다.

$$\alpha = \frac{E_{D_L}}{E_{D_L} + E_{D_R}}$$

이는 에너지 최적화 기법을 이용한 정합에서는 최소의 에너지를 가지는 정합이 보다 정확한 정합 정보를 제공하기 때문이다. 따라서 왼쪽의 정합 정보의 에너지 값과 오른쪽의 정합 정보의

에너지 값을 이용하여 가중치를 준다면 보다 효과적으로 가상 시점 영상을 합성할 수 있다.

앞서 취득된 가상 시점 영상에서 양방향 와핑을 통하여 채워지지 않는 영역 (Hole)이 발생된다. 이러한 영역에 대하여 후처리가 반드시 필요하다. 본 논문에서는 홀 영역을 채워 넣는 알고리즘을 수행한다. 우선적으로 홀 영역의 경계 지역을 계산하고, 각각의 경계 지역의 인근 영상 정보를 통하여 해당 지역을 채운다.

홀을 채운 후, 폐색 영역과 폐색 영역이 아닌 영역의 경계 부분에 대한 처리가 반드시 필요하다. 이는 경계 부분에서는 와핑에 의하여, 다른 영역의 값이 바로 연결이 되어 일종의 영상 잡음이 뚜렷이 보이는 현상이 발생하기 때문이다. 따라서 본 논문에서는 이러한 문제를 해결하기 위하여, 평균 필터링을 수행하여 경계 부분의 영상 잡음 문제를 해결하였다.

4. 실험 결과

본 논문에서는 5x20의 시점을 가지는 2D 다시점 영상인 Akko & Kayo 영상을 사용하여 제안하는 가상 시점 영상 생성 기술의 성능을 확인한다. Akko & Kayo 영상의 크기는 640x480이며, 중간 시점 영상 생성에는 46과 48번, 자유 가상 시점 영상에는 27번, 46번, 48번, 67번 시점의 영상을 이용하여, 자유로운 시점 영상을 생성하였다. 대칭적 신뢰 전파 기법은 [7]에서 제안한 BP를 기반으로 구현되었다.

그림 1은 46번 시점의 영상과 48번 시점의 영상을 사용하여 제안하는 가상 시점 영상으로 47번 영상을 생성한 결과이다. 그림 1의 e)와 같이 기존의 47번 영상과 큰 차이가 없이 높은 가



그림 2 . 제안하는 기법을 이용한 자유 시점 영상 생성

상 시점 영상 생성 결과를 보여준다.

그림 2는 제안하는 알고리즘을 두 시점 사이의 자유로운 시점 생성을 통하여 얻은 결과를 보여준다. 본 결과에서 볼 수 있듯이, 본 논문에서 제안하는 기법은 중간 시점 영상 생성뿐만 아니라 두 시점간의 자유로운 가상 시점 생성 시, 효과적임을 확인할 수 있다.

5. 결론

본 논문에서는 사용자에게 실감적인 방송을 제공할 수 있는 다시점 동영상을 위한 효율적인 가상 시점 영상 생성 기법을 제안하였다. 제안하는 가상 시점 영상 생성 기술은 대칭적인 신뢰 전파 기법을 기반으로 정합 정보와 폐색 정보를 추출하여 양방향 외평 및 후처리를 통하여 높은 화질의 가상 시점 영상을 생성한다. 뿐만 아니라 높은 화질의 임의의 가상 시점을 생성함을 확인할 수 있다. 실험 결과를 통하여 제안하는 기법이 높은 화질의 가상 시점 영상을 획득할 수 있음을 확인하였다.

6. 참고문헌

- [1] V. Kolmogorov and R. Zabih, "Visual correspondence with occlusions using graph cuts," in Proc. Int'l Conf. Computer Vision, Jul. 2001.
- [2] J. Sun, N.-N. Zheng, and H.-Y. Shum, "Stereo matching using belief propagation," IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell., vol. 25, no. 7, Jul. 2003.
- [3] R.-S. Wang and Y. Wang, "Multiview video sequence analysis, compression, and virtual viewpoint synthesis,"

IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol., vol. 10, pp. 397-410, Apr. 2000.

[4] L. Zhang, D. Wang, and A. Vincent, "Adaptive reconstruction of intermediate views from stereoscopic images," IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol., vol.16, no.1, pp.102-113, Jan.2006.

[5] J. Sun, Y. Li, S.B. Kang, and H.-Y. Shum, "Symmetric stereo matching for occlusion handling," in Proc. IEEE Conf. Computer Vision and Pattern Recognition, vol. 2, pp. 399-406, 2005.

[6] P. F. Felzenszwalb and D. P. Huttenlocher, "Efficient belief propagation for early vision," International Journal of Computer Vision, vol. 70, no. 1, pp. 41-54, Oct. 2006.