

깊이 영상의 부호화 효율을 높이기 위한 시간적 상관도 향상 방법

이상범, 호요성
광주과학기술원
{sblee, hoyo}@gist.ac.kr

Improvement of Temporal Consistency for Depth Video Coding

Sang-Beom Lee and Yo-Sung Ho
Gwangju Institute of Science and Technology (GIST)

요 약

본 논문에서는 깊이 영상 부호화 효율을 높이기 위한 새로운 시간적 상관도 향상 방법을 제안한다. 제안하는 방법은 기존의 깊이 영상 탐색 방법의 문제점인 시간적 상관도 저하 문제를 해결하여, 깊이 영상 부호화 과정에서 프레임 간 효율적인 예측이 가능하도록 한다. 깊이 영상의 시간적 상관도를 향상시키기 위해, 깊이값을 탐색하는 과정에서 기존의 정합함수에 이전 프레임에서 탐색한 깊이값을 고려하는 가중치 함수를 추가한다. 또한, 가중치 함수가 움직이지 않는 배경에 대해서만 유효하도록 배경 영역과 움직이는 객체 분리 과정을 수행한 다음, 배경 영역에 대해서만 시간적 상관도를 향상시킨다. 실험결과를 통해 제안하는 방법이 기존의 방법에 비해 부호화 효율을 증가시켰음을 확인하였다.

I. 서론

다시점 영상은 3차원 장면을 동시공간에 여러 시점에 위치한 다수의 카메라로 촬영한 것으로, 3차원 TV, 자유시점 TV, 감시 카메라 영상 등 다양한 영상에 응용될 수 있다 [1]. 우리는 다시점 영상을 이용하여 사용자가 원하는 시점에서의 영상을 선택적으로 재생하거나, 인접한 시점의 두 영상 혹은 다시점 영상 전체를 이용하여 3차원 입체 모니터를 통해 사용자에게 현실감 있는 3차원 영상을 제공할 수 있다. 최근, 다시점 영상을 이용한 3차원 TV(Three-dimensional Television, 3DTV)는 현실감 있는 느낌을 사용자에게 제공할 수 있기 때문에 차세대 실감 방송 기술로 주목을 받고 있다.

최근, 국제 표준화 그룹인 Moving Picture Experts Group (MPEG) 내의 3차원 비디오 부호화 그룹에서는 다시점 비디오 및 깊이 영상 부호화의 중요성을 인지하여, 깊이 영상을 추정할 수 있는 소프트웨어를 요청하였다 [2]. 이에 대한 응답으로, 나고야 대학에서는 그래픽 킷 기반의 깊이 영상 추정 소프트웨어를 구현하고 이를 배포하였다 [3]. 이 소프트웨어는 비교적 좋은 화질의 깊이 영상을 제공하지만, 경계 불일치, 단조로운 배경 영역, 폐색 영역 처리 문제 등 기존의 스테레오 정합 알고리즘에서 발견되었던 여러 문제점을 지니고 있다 [4]. 특히, 이 소프트웨어는 매 프레임마다 독립적으로 깊이 영상을 추정하기 때문에 깊이 영상의 시간적 상관도가 낮은 것을 확인할 수 있다. 시간적 상관도 저하 문제는 깊이 영상을 이용하여 중간영상을 합성했을 때, 장면이 흔들리는 갑움을 발생시켜 사용자의 시각적 피로도를 증가시킨다. 뿐만 아니라, 깊이 영상 자체의 부호화 과정에서 프레임 간 예측 효과를 저하시키기 때문에 깊이 영상의 부호화 효율을 떨어뜨린다.

따라서, 본 논문에서는 깊이 영상 추정 과정에서 발생하는 시간적 상관도 저하 문제를 해결하여 깊이

영상의 부호화 효율을 높이는 방법을 제안한다. 제안하는 방법은 깊이 영상을 탐색할 때 이전 프레임에서 탐색한 깊이값을 고려하도록 한다. 또한, 배경 영역과 움직이는 객체를 분리한 다음, 배경 영역에 대해서만 시간적 상관도를 향상시킨다.

II. 시간적 상관도 향상 방법

2.1 시간적 상관도 함수

제안하는 방법은 현재 프레임의 깊이 영상을 탐색할 때, 이전 프레임의 깊이값을 참조하는 새로운 정합 함수를 사용하여 깊이 영상의 시간적 상관도를 향상시킨다. 새로운 정합함수에는 이전 프레임에서의 깊이값을 고려하는 가중치 함수가 추가된다. 시간적 상관도를 고려한 새로운 정합 함수는 다음과 같아 나타낼 수 있다.

$$E_{new}(x, y, d) = E_{sim}(x, y, d) + E_{temp}(x, y, d) \quad (1)$$

$$E_{temp}(x, y, d) = \lambda |d - D_{prev}(x, y)| \quad (2)$$

여기서 $E_{sim}(x, y, d)$ 은 기존의 정합 함수, λ 는 가중치 함수의 기울기, $D_{prev}(x, y)$ 는 이전 프레임에서의 깊이값을 나타낸다.

2.2 객체 분리 과정

앞서 언급한 가중치 함수는 이전 프레임의 정확히 같은 위치에서의 깊이값을 참조하기 때문에 움직이지 않는 영역에 대해서만 유효하다. 따라서, 제안하는 방법은 움직이는 객체를 탐색한 다음, 이를 제외하

깊이 영상의 부호화 효율을 높이기 위한 시간적 상관도 향상 방법

이상범, 호요성
광주과학기술원
{sblee, hoyo}@gist.ac.kr

Improvement of Temporal Consistency for Depth Video Coding

Sang-Beom Lee and Yo-Sung Ho
Gwangju Institute of Science and Technology (GIST)

요 약

본 논문에서는 깊이 영상 부호화 효율을 높이기 위한 새로운 시간적 상관도 향상 방법을 제안한다. 제안하는 방법은 기존의 깊이 영상 탐색 방법의 문제점인 시간적 상관도 저하 문제를 해결하여, 깊이 영상 부호화 과정에서 프레임 간 효율적인 예측이 가능하도록 한다. 깊이 영상의 시간적 상관도를 향상시키기 위해, 깊이값을 탐색하는 과정에서 기존의 정합함수에 이전 프레임에서 탐색한 깊이값을 고려하는 가중치 함수를 추가한다. 또한, 가중치 함수가 움직이지 않는 배경에 대해서만 유효하도록 배경 영역과 움직이는 객체 분리 과정을 수행한 다음, 배경 영역에 대해서만 시간적 상관도를 향상시킨다. 실험결과를 통해 제안하는 방법이 기존의 방법에 비해 부호화 효율을 증가시켰음을 확인하였다.

I. 서론

다시점 영상은 3차원 장면을 동시시간에 여러 시점에 위치한 다수의 카메라로 촬영한 것으로, 3차원 TV, 자유 시점 TV, 감시 카메라 영상 등 다양한 영상에 응용될 수 있다 [1]. 우리는 다시점 영상을 이용하여 사용자가 원하는 시점에서의 영상을 선택적으로 재생하거나, 인접한 시점의 두 영상 혹은 다시점 영상 전체를 이용하여 3차원 입체 모니터를 통해 사용자에게 현실감 있는 3차원 영상을 제공할 수 있다. 최근, 다시점 영상을 이용한 3차원 TV(Three-dimensional Television, 3DTV)는 현실감 있는 느낌을 사용자에게 제공할 수 있기 때문에 차세대 실감 방송 기술로 주목을 받고 있다.

최근, 국제 표준화 그룹인 Moving Picture Experts Group (MPEG) 내의 3차원 비디오 부호화 그룹에서는 다시점 비디오 및 깊이 영상 부호화의 중요성을 인지하여, 깊이 영상을 추정할 수 있는 소프트웨어를 요청하였다 [2]. 이에 대한 응답으로, 나고야 대학에서는 그래프 컷 기반의 깊이 영상 추정 소프트웨어를 구현하고 이를 배포하였다 [3]. 이 소프트웨어는 비교적 좋은 화질의 깊이 영상을 제공하지만, 경계 불일치, 단조로운 배경 영역, 폐색 영역 처리 문제 등 기존의 스테레오 정합 알고리즘에서 발견되었던 여러 문제점을 지니고 있다 [4]. 특히, 이 소프트웨어는 매 프레임마다 독립적으로 깊이 영상을 추정하기 때문에 깊이 영상의 시간적 상관도가 낮은 것을 확인할 수 있다. 시간적 상관도 저하 문제는 깊이 영상을 이용하여 중간영상을 합성했을 때, 장면이 흔들리는 잡음을 발생시켜 사용자의 시각적 피로도를 증가시킨다. 뿐만 아니라, 깊이 영상 자체의 부호화 과정에서 프레임 간 예측 효과를 저하시키기 때문에 깊이 영상의 부호화 효율을 떨어뜨린다.

따라서, 본 논문에서는 깊이 영상 추정 과정에서 발생하는 시간적 상관도 저하 문제를 해결하여 깊이

영상의 부호화 효율을 높이는 방법을 제안한다. 제안하는 방법은 깊이 영상을 탐색할 때 이전 프레임에서 탐색한 깊이값을 고려하도록 한다. 또한, 배경 영역과 움직이는 객체를 분리한 다음, 배경 영역에 대해서만 시간적 상관도를 향상시킨다.

II. 시간적 상관도 향상 방법

2.1 시간적 상관도 함수

제안하는 방법은 현재 프레임의 깊이 영상을 탐색할 때, 이전 프레임의 깊이값을 참조하는 새로운 정합 함수를 사용하여 깊이 영상의 시간적 상관도를 향상시킨다. 새로운 정합함수에는 이전 프레임에서의 깊이값을 고려하는 가중치 함수가 추가된다. 시간적 상관도를 고려한 새로운 정합 함수는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$E_{new}(x, y, d) = E_{sim}(x, y, d) + E_{temp}(x, y, d) \quad (1)$$

$$E_{temp}(x, y, d) = \lambda |d - D_{prev}(x, y)| \quad (2)$$

여기서 $E_{sim}(x, y, d)$ 은 기존의 정합 함수, λ 는 가중치 함수의 기울기, $D_{prev}(x, y)$ 는 이전 프레임에서의 깊이값을 나타낸다.

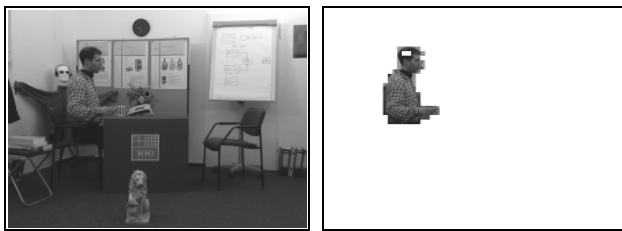
2.2 객체 분리 과정

앞서 언급한 가중치 함수는 이전 프레임의 정확히 같은 위치에서의 깊이값을 참조하기 때문에 움직임이 없는 영역에 대해서만 유효하다. 따라서, 제안하는 방법은 움직이는 객체를 탐색한 다음, 이를 제외한

영역에 대해서 가중치 함수를 적용한다. 대부분의 사용자들은 움직임이 있는 영역에서는 떨림 현상을 쉽게 느끼지 않고 배경 영역에 대해서 이를 느낄 수 있기 때문에, 배경 영역에 대해서만 가중치 함수를 추가하여도 무방하다. 제안하는 방법은 움직이는 객체 분리를 위해서 영상 내의 16x16 크기의 블록에 대해서 평균 절대차 (mean absolute difference, MAD)를 계산한 다음, 임계치를 이용하여 해당 블록이 움직임이 있는지 없는지 여부를 판단한다. 그러므로 앞서 언급한 가중치 함수의 기울기 λ 는 다음과 같이 정의될 수 있다.

$$\lambda = \begin{cases} 1 & \text{if } MAD_k < Th \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (3)$$

여기서 MAD_k 는 좌표 (x,y) 를 포함하는 k번째 블록의 MAD를 나타내고 Th 는 임계치를 나타낸다. 그림 1은 움직이는 객체 탐색 결과를 나타낸다.



(a) 원영상 (b) 객체 분리
그림 1. "Book Arrival"의 객체 분리 과정

III. 실험 결과 및 분석

제안하는 방법의 성능을 평가하기 위해, MPEG의 3차원 비디오 부호화 그룹에서 테스트 영상으로 사용 중인 "Book Arrival", "Door Flower", "Leaving Laptop" 영상을 사용하였다.

깊이 정보의 정확도 평가를 위해서, 각 영상의 5번, 9번 시점을 이용하여 7번 시점에 대한 깊이 영상을 탐색하였고, 이를 이용하여 영상을 합성한 후, 원본 영상과 비교하였다. 프레임 수는 100프레임으로 정하였다. 표 1은 합성 영상의 PSNR을 나타낸다. 표 1을 통해 제안하는 시간적 상관도 향상 방법이 깊이 영상의 정확도를 그대로 유지시켰다는 것을 확인하였다.

표 1. 합성 영상의 PSNR

테스트 영상	시점	기존의 방법 (dB)	제안하는 방법 (dB)	Δ dB
Book Arrival	8	34.40	34.48	+ 0.08
Door Flower	8	36.16	36.20	+ 0.04
Leaving Laptop	8	36.07	35.98	-0.09

제안하는 방법이 깊이 영상의 부호화에 미치는 영향을 평가하기 위해서, 나고야 대학에서 배포한 깊이 영상 추정 소프트웨어로 얻은 깊이 영상과 제안하는 방법을 통해 얻은 깊이 영상 각각을 H.264 부호화기를 이용하여 부호화하고 이를 비교하였다. 프레임 수는 100 프레임으로 정하였고, GOP 구조는 IPPP... 구조를 이용하였다. 표 2와 그림 2는 "Book Arrival" 7번 시점 각각에 대한 깊이 영상을 부호화 한 결과를 나타낸다.

부호화 결과를 통해 제안하는 방법이 평균 약 2.85dB의 화질 향상 혹은 52.81%의 비트율 감소 효과를 가져온다는 것을 확인하였다 [5].

표 2. "Book Arrival" 7번 시점의 부호화 결과

7번 시점	PSNR (dB)		비트율 (kbit/s)	
	기존의 방법	제안한 방법	기존의 방법	제안한 방법
22	48.83	48.11	1573.54	651.82
25	47.13	46.64	1032.20	436.31
28	45.48	45.14	677.70	287.84
31	43.86	43.60	456.22	193.62

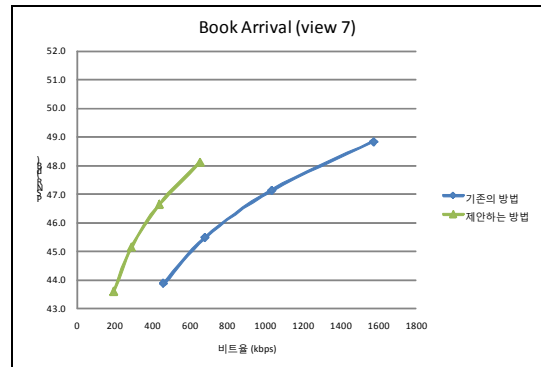


그림 2. "Book Arrival" 7번 시점의 비트율-왜곡 곡선

IV. 결론

본 논문에서는 깊이 영상의 탐색 과정에서 시간적 상관도를 고려하여 깊이 영상의 부호화 효율을 높이는 방법을 제안하였다. 제안하는 방법은 기존의 정합함수에 가중치 함수를 추가하였고 가중치 함수가 효과를 볼 수 있는 배경 영역에 대해서만 시간적 상관도를 높였다. 제안하는 방법은 기존의 방법에 비해 평균 약 2.85dB의 화질을 향상시켰으며, 52.81%의 비트율을 감소시켰다. 결과적으로 제안하는 방법이 깊이 영상의 화질을 그대로 유지하면서도 깊이 영상의 부호화 효율을 높였음을 알 수 있었다.

참고문헌

- [1] A. Smolic, K. Müller, P. Merkle, C. Fehn, P. Kauff, P. Eisert, T. Wiegand, "3D Video and Free Viewpoint Video - Technologies, Applications and MPEG Standards," IEEE International Conference on Multimedia and Expo, pp. 2161-2164, July 2006.
- [2] ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 "Call for Contributions on 3D Video Test Material," N9595, Jan. 2008.
- [3] ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 "Reference Software of Depth Estimation and View Synthesis for FTV/3DV," M15836, Oct. 2008.
- [4] D. Sharstein and R. Szeliski, "A Taxonomy and Evaluation of Dense Two-frame Stereo Correspondence Algorithms," Proc. of IEEE Workshop on Stereo and Multi-Baseline Vision, pp. 131-140, Dec. 2001.
- [5] ITU-T SG16 Q.6, "An Excel Add-in for Computing Bjontegaard Metric and Its Evolution," VCEG-AE07, Marrakech, MA, Jan. 2007.