

프레임을 상향 변환에 부적합한 프레임들에 대한 밝기값 히스토그램과 모션 벡터 상관성 분석

김상철 김혜린 낭종호

서강대학교 컴퓨터공학과

sckim@sogang.ac.kr hyerin16@gmail.com jhnang@sogang.ac.kr

An Analysis of Luminance Histogram and Correlation of Motion Vector for Unsuitable Frames for Frame Rate Up Conversion

Department of Computer Science and Engineering
Sogang University

요 약

프레임을 상향 변환은 프레임 사이의 시간적 연속성을 고려하여 객체의 움직임을 예측, 이 정보를 토대로 가상의 프레임을 생성하는 기술이다. 프레임율 상향 변환은 양쪽 프레임의 평균값을 취하는 블렌딩 기반의 보간 방법을 사용하기 때문에 오추정된 모션 벡터는 품질이 낮은 보간 프레임들이 생성시킨다. 따라서, 전처리 혹은 후처리를 통해 품질을 높일 수 있게 하기 위해서, 품질이 낮은 보간 프레임들의 특성을 분석하여야 한다. 본 논문에서는 이런 특성을 파악하기 위해서 밝기값 히스토그램과 모션벡터의 상관성을 분석하였고, 이 피쳐들이 품질이 낮은 보간 프레임을 판단하는 근거가 될 수 있음을 실험 및 분석을 통해 파악하였다.

1. 서 론

프레임을 상향 변환, Frame Rate Up Conversion(FRUC), 은 영상의 프레임 사이의 연속성을 이용하여 가상의 프레임을 삽입하여 원본의 프레임율을 높여주는 기술이다. FRUC는 가상의 프레임을 생성할 때 인접한 두 프레임을 평균화 시키는 blending-based interpolation 방식[1-2]과 한 프레임에서 한 프레임의 이동 경로대로 국소영역을 그대로 옮겨오는 path-based interpolation 방식[3-4]으로 나뉜다. 두 방법 모두 블록 기반의 움직임 추정(motion estimation)과 보간(interpolation)을 수행하게 되는데, 이 블록 기반의 방법들은 객체의 평행이동을 추정하고 보간할 때 적합하지만 zoom, pitch, rotation 현상이 나타날 때 화질저하가 심하게 나타나는 문제가 있다. 블록 기반의 보간 방법으로는 이런 문제를 다루는 것이 불가능하기 때문에 QoS(Quality of Service)가 굉장히 저하된다. 이러한 프레임들의 특성을 분석하여, 이런 프레임들이 나올 경우에 보간을 사용하지 않고 프레임 평균화(frame averaging) 혹은 프레임 복사(frame copy)를 적용한다면 FRUC의 결과물의 QoS를 높일 수 있을 것이다. 본 논문에서는 이런 프레임들의 특성을 분석하기 위해서 밝기값 히스토그램 그리고 모션 벡터(motion vector) 의 상관성들을 분석하여 어떤

특징들이 나타나는지 기술하였다. 2장에서는 관련 연구에 대한 소개를 하고, 3장에서는 FRUC의 QoS를 떨어뜨리는 프레임들의 특성을 분석한 후 4장에서 실험 결과를 기술하였고 마지막으로 5장에서 결론 및 향후 연구에 대해 소개하였다.

2. 관련 연구

2.1. 프레임율 상향 변환(Frame Rate Up Conversion)

프레임을 상향 변환은 프레임 보간을 위해서 FRUC에서는 비디오 압축과 유사한 컨셉인 오브젝트의 움직임을 예측하여, 예측된 이동 경로에 그 오브젝트를 옮겨 프레임을 생성하는 방법을 적용한다. 그림-1 은 FRUC에서 전통적으로 쓰이는 두가지 방법을 나타낸다.

Unilateral-FRUC는 한 방향에 대한 모션 벡터를 찾고, 이를 양쪽 프레임에서 양방향에 흘 현상과 겹침 문제등이 발생하지만 Bilateral-FRUC보다 정확한 모션벡터를 찾을 수 있다는 장점이 있다[5]. Bilateral-FRUC는 흘현상과 겹침현상을 근본적으로 제거하기 위해서 보간될 블록을 기준으로 양방향에 대해서 모션벡터를 추정한다. 흘 현상과 겹침 현상은 발생하지 않지만 모션벡터가 Unilateral-FRUC에 비해 부정확하고, 이로 인해 블로킹 현상이 나타나는 단점이 있다.

2.2. 블록 기반 움직임 추정 및 프레임 보간

FRUC에서 오브젝트의 움직임을 예측하기 위해서 블록 단위의 움직임 예측(motion estimation)을 한다. 이 때 블록의 움직임의 경로를 계산할 때 탐색 범위 내에서 블록의 Sum of Absolute Difference(BSAD)를 계산하여 값이 가장 적은 곳을 최종 움직임의 예측 경로로

본 연구는 미래창조과학부 및 정보통신기술진흥센터의 ICT/SW 창의과정(SW중심대학) 지원사업의 연구결과로 수행되었음. (R2215-15-1003)

결정한다. 하지만 BSAD의 특성상 블록 패치 영역이 평행한 이동 경로가 아니라, rotation, pitch, zoom등의 특수한 움직임이 나타날 때 예측이 부정확한 문제점이 존재한다.

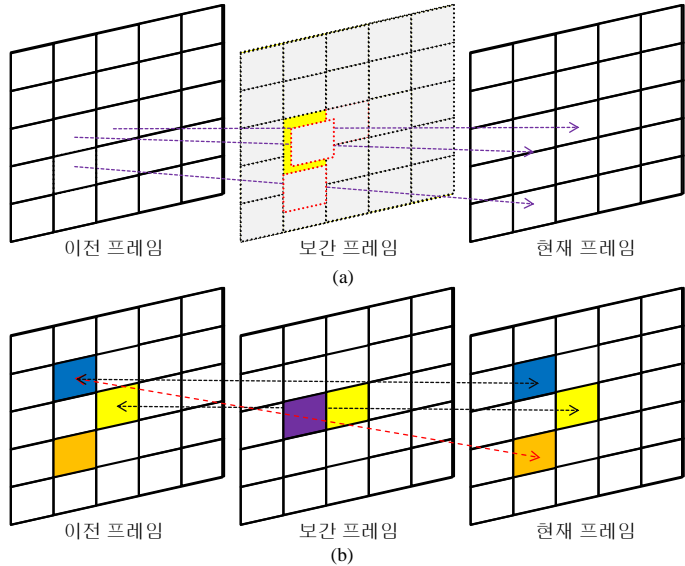


그림 1. (a) 단방향 프레임울 상향 방법, 노란 영역은 Hole 영역, (b) 양방향 프레임울 상향 방법, 보라색 영역은 오추정된 모션벡터로 발생한 어색한 보간 블록

2.3. 합성 기반 프레임 보간

[3-4]은 오브젝트의 이동경로를 판단하여 픽셀을 이동하여 프레임을 보간하는 방법이다. Ghosting 현상을 억제하는 장점이 있지만 부정확한 모션벡터로 인한 문제점과, 이를 해결하기 위해서 고안한 알고리즘인 path detection을 기존 FRUC에 적용하는 것은 어려운 문제이기 때문에 적합하지 않다. 따라서 현재 진행중인 대다수의 연구들은 인접한 두 프레임에서 블록의 모션벡터를 따라와서 해당 블록들의 평균값을 취하는 합성 기반 프레임 보간(Blending-based Interpolation)을 적용하고 있다.

3. 분석

합성 기반의 프레임 보간을 할 경우에 추정된 모션 벡터와 이 블록들을 평균화하기 때문에 그림- 과 같이 QoS가 낮게 생성된 보간 프레임은 인접 프레임과는 다른 밝기값과 색상값을 가지는 픽셀들이 많이 나타나게 되는 특징이 있다. 또한, zoom, pitch, rotation이 나타날 때 양방향(forward, backward motion vector)의 방향과 크기가 제각각인 특성이 나타난다. 이런 특성이 실제 어떻게 나는지 본장에서 분석해본다.

3.1. 밝기값 히스토그램

잘못 매칭된 모션 벡터와 이로 인해서 서로 다른 밝기값들의 평균으로 생성된 보간 프레임은 그림 2와

같이 인접 프레임들과 비교해서 밝기값들의 분포도가 상이할 것이다. 밝기값의 히스토그램은 식(1)과 같이 결정한다. 히스토그램의 각 bin은 YUV 색공간에서 밝기값 Y의 전체적인 비율을 나타내며, 히스토그램의 유사성을 판단하기 위해서 식(2)의 Xi-제곱 검정 방법을 이용했다, 최종 밝기값 히스토그램의 분포도의 유사성은 식(3)과 같이 이전 프레임과 이후 프레임 중 더 차이가 작은 프레임의 유사성(P-value)으로 최종 유사성을 결정한다.



그림 2. 보간 프레임에서 나타나는 색상, 밝기 차 예시

$$h_{frame}(l) = n(A(l)) / (width * height), A(l) = \{z/z \in L(x,y) = l\} \quad (1)$$

$$\chi^2(g, h) = \frac{1}{2} \sum_i \frac{(g(i) - h(i))^2}{g(i) + h(i)} \quad (2)$$

$$sim_l = \min(\chi^2(h_{frame_b}, h_{frame_i}), \chi^2(h_{frame_f}, h_{frame_i})) \quad (3)$$

3.2. 모션 벡터 일관성

만약 zoom, pitch, rotation이 많이 나타날 경우에, Unilateral FRUC에서 양쪽의 모션벡터의 방향과 크기는 상이하게 나타나는 경향이 있다. 따라서 품질을 저하시키는 요인이 되는 프레임들은 양쪽의 모션벡터의 방향과 크기의 일관성을 비교하면 될 것이다. 이 벡터들의 방향과 크기의 일관성을 비교하기 위해서 식 (4)는 양쪽 방향에 대한 모션벡터의 공분산 차이의 절대값을 이용했다.

$$consist_i = |Cov(f_i.mv.x, f_i.mv.y) - Cov(b_i.mv.x, b_i.mv.y)| \quad (4)$$

4. 실험 결과

4.1. 실험 환경

FRUC는 오픈소스인 mvtools 2.0[6]을 사용하였고, 오브젝트의 zoom, pitch, rotation이 심하게 나타나는 프레임들을 직접 선별하여 ground truth를 선별했다. 본 논문에서는 이런 ground truth들에 대해 각각의 방법

대한 분석을 진행했다. 각각 적합/부적합 프레임들에 대해 80프레임씩 임의로 선택하여 결정하였다. 모션 벡터 추정에는 [6]에서 사용하는 X264기반의 8 by 8 full search 방법을 이용하였다.

4.2. 밝기 히스토그램 분석

표 1은 모든 테스트 셋에 대한 식(3)의 평균과 분산을 나타낸다. 일반적으로 p-value값이 0.05 이하일 때 영가설을 기각하게 되는데, 적합 프레임들의 P-Value 평균은 0.0332, 분산은 0.0001로 대부분 이 조건을 만족하여 색상의 유사성이 판단된다 할 수 있다. 하지만 부적합 프레임들에 대해서는 p-value값의 평균이 3.0744이고 분산도 1.1189로 대부분 0.05를 넘기는 것으로 보여지므로 FRUC의 적합성을 판단하는데 한가지 메저로 사용될 수 있음을 보였다.

표 1. 카이자승검정으로 구한 데이터들의 수치,

| | sim_i 의 평균 | sim_i 의 분산 |
|--------|--------------|--------------|
| 적합프레임 | 0.0332 | 0.0001 |
| 부적합프레임 | 3.0744 | 1.1189 |

4.3. 모션벡터 일관성 분석

그림 3은 실험데이터에 대해 식(6)의 결과를 그래프로 나타낸 것이다. 부적합 프레임들은 공분산 차이가 크지만 적합 프레임들의 경우 대체적으로 1을 넘는 경우가 크지 않다. 이러한 이유는 적합프레임들은 찾아진 모션벡터들의 방향의 대칭성이 잘 나타나기 때문에 각 절대 공분산의 차가 대부분 0에 가까운 것으로 볼 수 있다. 따라서 모션벡터의 일관성은 FRUC의 적합성을 판단하는데 한가지 메저로 사용될 수 있음을 보였다. 하지만, 부적합 프레임에서 절대 공분산 차가 0.1 미만의 작은 수도 있는데, 이는 밝기가 매우 밝은 영상이라서 모션 벡터 추정에서 정확한 모션벡터를 찾지 못할 때 (0,0)으로 결정하는 알고리즘 때문에 나타나는 것으로 판단된다. 또한 적합 영상에서 1에 근사할 정도로 차이가 높게 나타나는 경우도 나타나는데, 이는 부정확한 모션벡터로 인해 모션벡터의 일관성이 무너지기 때문이다.

5. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 블록 기반 FRUC가 갖는 한계점 때문에 발생하는 QoS저하 문제를 회피하고자, 품질을 떨어뜨리게 하는 요인인 zoom, pitch, rotation이 나타나는 경우에 보간 프레임의 특성이 어떤지 분석하였다. 보간 영상과 원본 영상의 특성을 비교하여 색상, 밝기, 움직임 벡터의 특징들이 품질 저하 없는 보간 프레임에 비해 유사도, 분산, 일관성에 대해 분석을 통해 알아보았으며, 추후에 품질 저하 이슈를 회피하기 위해서 각 특징들의 임계치를 적응적으로

설정할 수 있는 방안에 대해서 연구할 것이다.

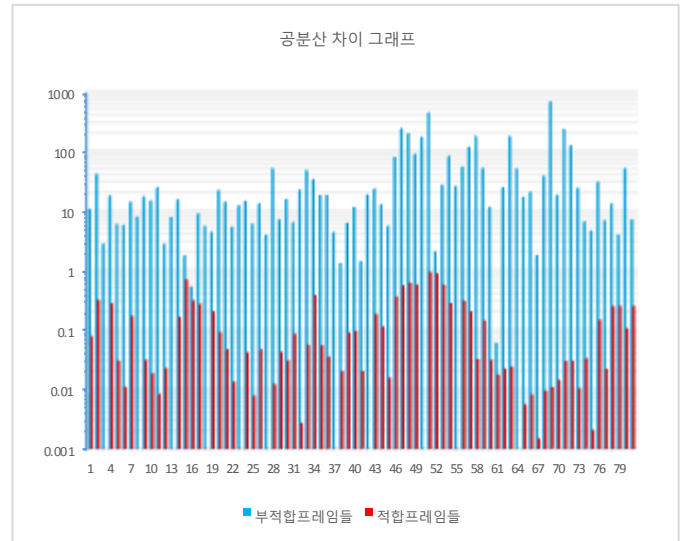


그림 3. 실험 데이터의 절대 공분산 차에 대한 그래프

6. 참고 문헌

[1] J. Nang, S. Kim, and H. Lee, "Classifying Useful Motion Vectors for Efficient Frame Rate Up Conversion of MC-DCT Encoded Video Streams," Journal of Information Science and Engineering, vol. 30, no.06, 2014, pp.1755-1771.

[2] D. Wang, A. Vincent, P. Blanchfield, and R. Klepko, "Motion Compensated Frame Rate Up-Conversion-Part II: New Algorithms for Frame Interpolation," IEEE Transactions on Broadcasting, vol.56, no.02, 2010, pp.142-149.

[3] D. Mahajan, F.C. Huang, W. Matusik, and R. Ramamoorthi, "Moving Gradients: a Path-based for Plausible Image Interpolation," ACM Transactions on Graphics, vol.28, no.03, 2009, Article 42.

[4] S. Kim, D. Oh and J. Nang, "A New Path Based Interpolation using Object Motion for Frame Rate Up Conversion," Proceeding on International Conference on Consumer Electronics-Berlin 2015, pp.108-112, 2015.

[5] U. Kim and M. Sunwoo, "New Frame Rate Up-Conversion Algorithm with Low Computational Complexity," IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, vol. 24, no. 3, pp.384-393, 2014.

[6] M. Balakhnin, "MVTools2," Internet: <http://avisynth.org.ru/mvtools/mvtools2.html>