

중요도 확산을 이용한 영상 리타겟팅

조성현^{1,0} Yasuyuki Matsushita² 이승용¹

¹포항공과대학교 ²MSR Asia

{sodomau, leesy}@postech.ac.kr yasumat@microsoft.com

Image Retargeting with Importance Diffusion

Sunghyun Cho^{1,0} Yasuyuki Matsushita² Seungyong Lee¹

¹POSTECH ²MSR Asia

요 약

본 논문에서는 영상의 중요한 정보를 유지하는 동시에 영상의 왜곡을 막으며, 영상의 크기를 줄이는 방법을 제시한다. 영상의 각 픽셀의 중요도를 측정 후, 가장 중요하지 않은 픽셀들을 제거하는데, 이 때 단순히 중요하지 않은 픽셀들을 제거하면, 이로 인해 영상의 왜곡이 생길 뿐 아니라 중요하지 않은 픽셀들이 가지고 있던 정황에 대한 정보도 잃게 된다. 이를 막기 위해 제시된 방법은 중요하지 않은 픽셀들을 제거한 후에, 그 픽셀들의 중요도를 주변으로 확산시키는 방법을 이용하여 영상의 왜곡을 막고, 영상의 정황을 보다 효과적으로 전달하며 영상 리타겟팅을 수행한다. 실험 결과는 제시된 방법의 효율성을 보여 준다.

1. 서 론

영상은 이미 중요한 정보매체의 하나이다. 이 영상을 다양한 크기로 보다 효과적으로 사용하기 위해 영상의 크기를 변경하는 작업은 중요한 일이다. 또한 많은 수의 영상들을 보다 효과적으로 검색하기 위해 영상의 사이즈를 작게 만들어 보는 썸네일 기술 또한 없어서는 안 될 기술이 되었다. 그러나 기존의 단순한 크기 변경 기법은 영상의 중요한 정보나 중요하지 않은 정보에 대한 고려가 없이, 영상의 모든 부분을 동일하게 줄이기 때문에, 중요한 정보를 보존하지 못하고, 종종 잃어버리게 된다. 따라서 효과적으로 영상의 크기를 줄이기 위해서는 영상의 정보를 보존하면서 영상을 줄이는 방법이 필요하다.

영상의 크기를 줄일 때, 영상의 중요한 정보를 가장 많이 보존하기 위해서는 영상의 각 픽셀에 지정된 중요도에 따라 중요하지 않은 픽셀들을 제거하여, 남은 픽셀들의 중요도를 최대가 되도록 하는 방법이 있을 수 있다. 그러나 이런 방법의 경우, Avidan과 Shamir[1]가 언급한 바와 같이, 영상의 왜곡을 피할 수 없고, 심할 경우, 전혀 알아 볼 수 없는 영상을 얻게 된다. 따라서 이를 피하기 위해 단순히 중요도가 가장 낮은 픽셀이 아닌, 중요도가 낮으면서 동시에 영상의 왜곡을 방지하는 픽셀들을 없애야 한다. 또한, 중요도가 낮은 픽셀들의 경우에도, 영상의 정황에 대한 정보를 담고 있기 때문에, 단순히 반복적으로 중요도가 낮은 픽셀들을 제거하는 것은 이러한 정보를 잃어버릴 가능성이 있다.

제시된 방법은 영상의 크기를 보다 효과적으로 줄이기 위해 중요한 픽셀들을 보존하면서, 동시에 왜곡을 줄이고, 정황 정보를 보존한다. 이는 중요도 확산을 통해 이루어진다. 중요도 확산은 영상의 크기를 줄이면서 삭제된 픽셀들의 중요도를 주변 픽셀들로 확산시키는 방법이다. 이를 통해

삭제된 픽셀들의 중요도를 영상 리타겟팅 과정에서 계속 고려하게 된다.

본 논문에서는 중요도 확산을 단순한 행/열 삭제 기법과 기존의 영상 리타겟팅 방법인 심 카빙 (seam carving)[1] 기법에 적용하여 왜곡을 줄이면서도 중요한 부분을 유지하는 방법을 제시한다. 단순히 가장 중요하지 않은 행과 열을 삭제하는 행/열 삭제 기법은 중요도 확산 없이는 중요한 행과 열만 남겨 사용하기 힘든 영상을 만들어 내지만, 중요도 확산을 이용하면 아주 효과적으로 영상 리타겟팅을 수행할 수 있다. 심 카빙 기법의 결과 또한 왜곡을 줄이며 개선될 수 있음을 실험 결과를 통해 보여준다.

2. 관련 연구

영상의 크기를 효율적으로 줄이는 연구에 대해서는 이미 몇몇 연구가 진행되었다. 이런 연구 중 많은 연구는 영상에서 중요한 영역을 찾아, 그 영역을 제외한 주변 부분을 잘라 버리는 방법이다. Suh *et al.*[2] 은 자동으로 영상들의 썸네일을 만들기 위해, 영상의 중요한 영역을 파악하는 방법을 제시했으며, 이를 위해 다양한 특징들을 사용했다. Chen *et al.*[3] 도 중요한 영역을 찾기 위해 보다 복잡한 특징들을 사용하여 중요한 영역을 잘라내는 방법을 제시하였다. 이 방법들은 단순한 영상 스케일링보다 더 뛰어난 더 뛰어난 결과를 보여주었다.

Liu와 Gleicher[4]는 중요한 영역의 주변 영역이 가지고 있는 정황 정보에 대한 중요성을 지적했다. 그들은 피쉬아이-뷰 와핑 (fisheye-view warping) 방법을 사용하여 중요한 영역을 확대하고, 중요하지 않은 주변 영역을 삭제하지 않고, 축소해서 보여주는 방법을 제시하였다.

세그멘테이션에 기반한 방법도 소개되었는데, Setlur *et al.*[5]



그림 1 중요도 확산을 이용한 행/열 삭제 기법. 원본 영상의 가로, 세로 모두 이분의 일로 축소. 왼쪽에서 오른쪽으로: 각각 확산 함수 $p(v) = 0$ (중요도 확산을 사용하지 않음), $p(v) = v/4$, $p(v) = v/2$, $p(v) = v$ 를 사용한 결과. 가장 오른쪽: 균일 샘플링 결과.

는 영상에서 전경 물체를 잘라낸 다음, 배경 영상을 축소한 후, 다시 전경을 합치는 방법으로 영상의 크기를 효과적으로 줄이는 방법을 제시하였다.

최근에는 Avidan과 Shamir[1] 는 영상을 가로로, 또는 세로로 가로지르는 심(seam) 중 가장 중요하지 않은 심을 찾는 심 연산자를 소개하고, 가장 중요하지 않은 심을 반복하여 빼거나 더함으로써 중요한 부분은 건드리지 않은 채, 영상의 크기를 변경하는 방법을 제시하였다.

본 논문에서 제시하는 방법은 중요한 영역을 잘라내지 않고, 피쉬아이-뷰 와핑과 같이 중요한 영역을 확대하고, 중요하지 않은 영역을 축소해서 보여주므로, 전체 영상에 대한 정보를 보다 효과적으로 전달할 수 있다. 또한 피쉬아이-뷰 와핑은 영상에서 하나의 중요한 영역만을 확대해서 보여주는 것에 반해, 본 논문에서 제시하는 방법은 픽셀 단위의 중요도를 바탕으로 부분 영역들을 축소하거나 확대하기 때문에, 보다 다양한 영상에서 적용할 수 있다. 또한 본 논문에서 제시하는 중요도 확산 기법은 심 카빙 기법에도 그대로 적용되어 보다 효과적인 영상 리타겟팅을 가능하게 한다.

3. 알고리즘

3.1. 영상 리타겟팅 과정

제시된 방법은 영상의 크기를 효과적으로 줄이기 위해 영상에서 각 픽셀들의 중요도를 계산한다. 계산된 중요도를 바탕으로, 중요하지 않은 픽셀들을 반복적으로 제거한다. 또한 제거된 픽셀들의 중요도를 주변 픽셀들로 확산시켜 주변 픽셀들의 중요도를 갱신한다.

픽셀의 중요도를 지정하기 위해 컬러 영상의 밝기 값을 계산해 그레이스케일 (gray scale) 영상으로 변환한다. 밝기 값은 각각의 컬러 채널을 (R,G,B) 로 나타냈을 때, $0.3R + 0.6G + 0.1B$ 로 계산한다. 영상에서 계산된 각 픽셀들의 그레디언트 (gradient)의 크기를 이용한다. 중요도는 [0,1] 영역의 값으로 정규화된 값을 이용한다.

이렇게 계산된 중요도를 바탕으로, 영상의 크기를 줄이기 위해 영상에서 가장 중요하지 않은 픽셀들을 차례로 제거한다. 가로 세로의 길이가 각각 w, h 인 영상이 있다고 할 때, 가로 길이를 한 픽셀 줄이기 위해서는 영상의 각각의 열에서 한

픽셀씩, 총 h 개의 픽셀을 제거한다. 가로 길이를 더 많이 줄이고 싶은 경우에는 한 픽셀씩 줄이는 작업을 반복적으로 한다. 세로의 경우도 이와 마찬가지로 하면 된다.

다만 이렇게 각각의 행에서 가장 덜 중요한 픽셀들을 찾아 줄일 경우, 영상의 행들이 서로 어긋나 왜곡이 심해지기 때문에, 이를 막기 위해 서로 인접한 픽셀들을 제거한다. 어떤 픽셀들을 없앨 지에 관한 것은 이어지는 3.3절과 3.4절에서 좀 더 자세히 설명한다.

3.2. 중요도 확산

영상 리타겟팅 과정에서 영상의 왜곡을 줄이고, 영상의 정확 정보를 좀 더 잘 보전하기 위해 제거된 픽셀의 중요도를 주변 픽셀에 확산한다. 예를 들어, 영상을 가로로 한 픽셀을 줄인다면, 제거할 픽셀을 찾은 다음, 제거할 픽셀의 중요도가 다음과 같은 확산식을 통해 주변 픽셀로 확산되게 된다.

$$v(x',y) \leftarrow v(x',y) + w(x,x')p(v(x,y)) \quad (1)$$

여기서 (x,y) 는 제거된 픽셀의 좌표이고, v 는 각 픽셀에 해당하는 중요도이다. (x',y) 는 (x,y) 의 이웃 좌표이다. w 는 이웃 픽셀에 중요도를 얼마나 확산시킬지를 결정하는 가중치 함수이다. 본 연구에서는 가중치 함수로 $x' = x + 1$ 이거나 $x' = x - 1$ 일 때 $w(x,x') = 1$ 이고 그 외의 경우는 $w(x,x') = 0$ 인 함수를 사용하였다. p 는 확산 함수이다. 이 확산 함수는 어떤 형태의 단조 증가 함수든 사용할 수 있다.

중요도 확산은 왜곡을 줄이고 정확 정보를 보전해 줄 뿐만 아니라, 다운 샘플링 (down sampling)을 균등한 샘플링 (uniform sampling)과 비균등한 샘플링 (nonuniform sampling) 사이에서 조절하는 것을 가능하게 해 준다. (그림 1)

3.3. 행/열 삭제

중요도 확산 기법은 영상에서 가장 중요하지 않은 행이나 열을 반복적으로 없애는 방법과 같은 단순한 기법에서도 사용될 수 있다. 중요도 확산을 이용하지 않고, 단순히 가장 중요하지 않은 행이나 열을 반복적으로 없앨 경우, 영상에서



그림 2 자유도 확산을 이용한 심 카빙 기법 결과. 원본 영상의 가로, 세로 모두 이분의 일로 축소. 왼쪽에서 오른쪽으로: 각각 확산 함수 $p(v) = 0$ (본래의 심 카빙 결과), $p(v) = v/2$, $p(v) = v$, $p(v) = 1.0$ 를 사용한 결과. 가장 오른쪽: 균일 샘플링 결과

중요한 부분들만이 블록 단위로 남아 영상이 심하게 왜곡될 수 있다. (그림 1의 가장 오른쪽) 그러나 중요도 확산을 이용하면 보다 자연스러운 결과를 얻을 수 있다. (그림 1)

구체적인 방법은 다음과 같다. 영상의 가로 길이를 줄일 경우, 영상의 각 픽셀마다 중요도를 계산한다. 그리고 그 중요도를 바탕으로 각 행들의 중요도를 계산하여, 중요도의 일차 배열을 얻는다. 이 중 가장 중요도가 작은 행을 없애고, 그 행의 중요도를 식 (1)을 이용하여 주변 행으로 확산시킨다. 픽셀의 삭제가 행 단위로 이루어지므로, 식 (1)의 y 좌표는 필요 없게 된다.

이 방법은 자료 구조 중 힙 구조를 이용하여 구현할 경우, $O(m \ln n)$ 의 시간 복잡도를 갖게 된다. m 은 제거할 행의 개수이고, n 은 입력 영상의 행의 개수이다.

행/열 삭제 기법은 단순한 기법이지만, 중요도 확산 기법과 함께 사용될 경우, 매우 효과적인 결과를 보여준다. 영상이 복잡할 경우, 심 카빙 기법이 왜곡이 심한 결과를 만드는데 비해, 왜곡이 적으면서도 보다 효과적인 결과를 얻을 수 있다.

3.4. 심 카빙 (Seam-Carving)

중요도 확산은 가장 효과적인 영상 리타겟팅 방법 중 하나인 심 카빙 기법에도 자연스럽게 적용되어 왜곡을 막아주고, 정확 정보를 보전할 수 있다. 심(seam)이란 영상을 가로나 세로로 가로지르는 픽셀들의 집합으로, 수직 방향의 심은 다음과 같이 정의된다.

$$S = \{(s_y, y)\} \tag{2}$$

이 때, $y = \{1, \dots, H\}$, $s_y = \{1, \dots, W\}$ 이고, s_y 는 $|s_y - s_{y+1}| \leq 1$ 을 만족한다. 수평 방향의 심 또한 비슷한 방식으로 정의된다. 수직 방향의 심 S 의 중요도 f 는 다음과 같이 정의된다.

$$f(S) = \sum_y v(s_y, y) \tag{3}$$

심 카빙 기법은 다이나믹 프로그래밍 (dynamic programming) 기법 기반의 최적화 방법을 이용하여 중요도가 가장 작은 심을 찾아 없애주는 작업을 반복적으로

수행함으로써 영상의 크기를 줄인다.

심 카빙 기법은 매우 효과적인 영상 리타겟팅 방법이지만, 중요하지 않은 부분을 지나치게 없애줌으로써 결과적으로 원치 않는 왜곡이 생길 수 있다. 중요도 확산 기법을 적용하여 이러한 심 카빙 기법의 왜곡을 줄일 수 있다. 예를 들어, 영상을 가로로 줄인다면, 수직 방향의 심을 찾은 후, 이 심에 해당하는 픽셀들의 중요도를 식 (1)을 이용하여 주변 픽셀들로 확산시킨다.

그림 2의 가장 왼쪽 그림은 중요도 확산 기법을 이용하지 않은 본래의 심 카빙 기법의 결과이다. 영상은 원래 크기의 사분의 일로 줄어든 상태이다. 그림 2에서 보는 것과 같이, 중요도 확산을 이용해 지나친 왜곡을 막을 수 있으며, 또한 샘플링의 비균일한 정도를 조절할 수 있다.

본 연구에서는 가로와 세로를 모두 줄이는 경우에 Avidan과 Shamir[1]가 제시한 최적의 심 카빙 순서를 결정하는 방법을 사용하지 않고, 너비를 줄인 후, 높이를 줄이는 방식을 사용하였다.

4. 결과

이 절에서는 중요도를 이용한 영상 리타겟팅 결과를 보여준다.

그림 3은 자유도 확산을 사용한 영상 리타겟팅의 결과를 보여준다. 심카빙은 매우 효과적인 리타겟팅 도구이지만, 영상에 정보가 너무 많을 경우, 지나친 왜곡이 생기기 쉽다. 그림 3의 가장 왼쪽 열의 경우, 영상에 상당한 왜곡이 생긴 것을 확인할 수 있다. 첫 번째 행의 심 카빙 기법 결과에서는 검은 옷을 입고 지나가는 사람의 팔이 조각조각 분리되어 있는 것을 볼 수 있으며, 두 번째 행의 경우에는 건물의 일부분과 기둥들이 심하게 왜곡된 것을 볼 수 있다. 세 번째 행의 경우는 벽에 걸린 그림 사이의 간격이 거의 모두 사라졌을 뿐만 아니라, 왼쪽 아래의 커튼도 일그러져 나온다.

그림 3의 두 번째 열은 중요도 확산을 심 카빙 기법에 적용한 결과로, 여전히 중요한 부분을 확대를 하면서, 원래의 결과보다 왜곡이 많이 줄어든 것을 볼 수 있다. 특히 첫 번째 행의 검은 옷의 사람의 경우, 조각으로 분리되어 있던 팔의 왜곡이 많이 없어졌으며, 두 번째 행의 건물과 기둥에 있던 왜곡과 세 번째 행의 커튼에 있던 왜곡 또한 많이 줄어든 것을 확인할 수 있다.

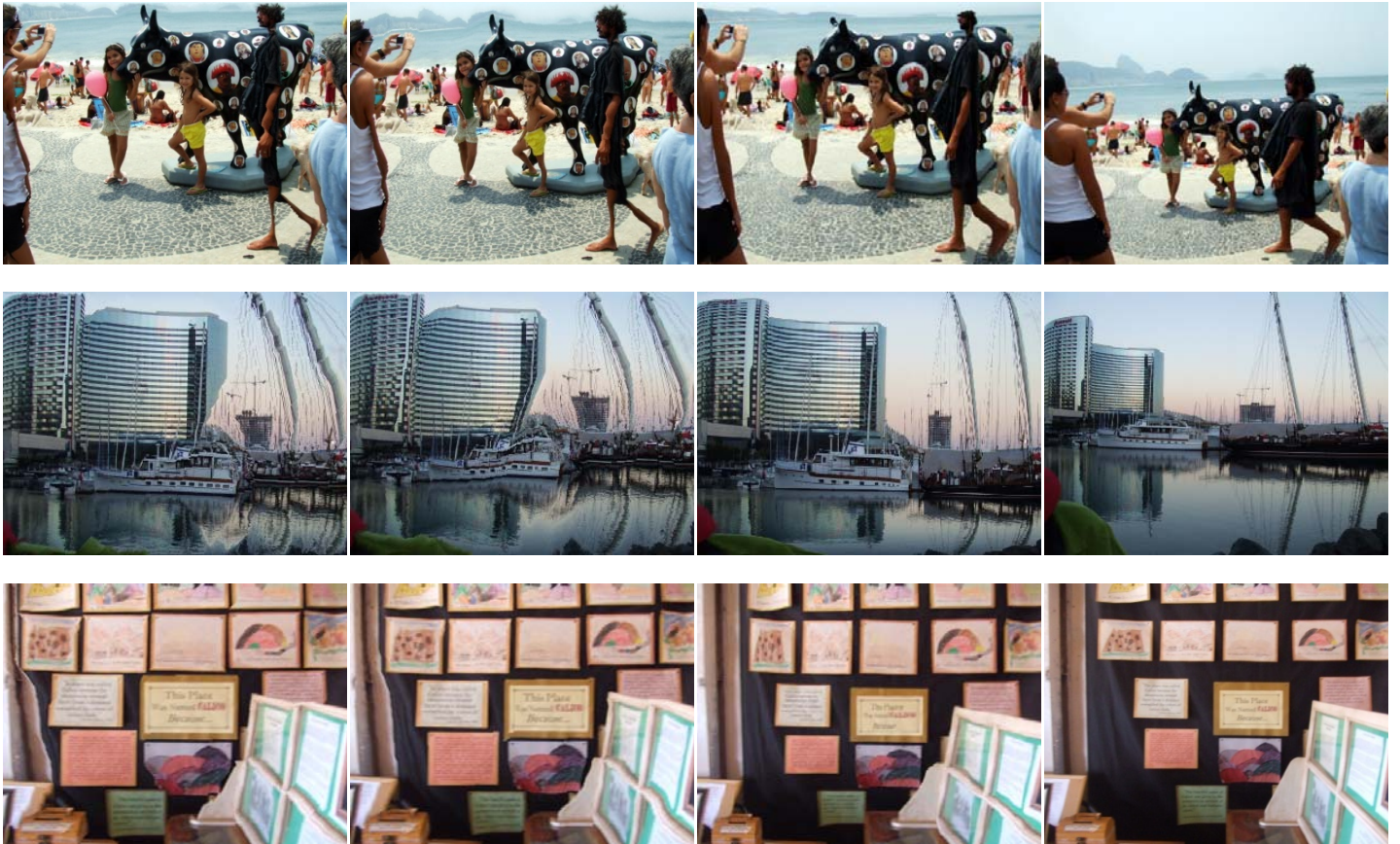


그림 3 자유도 확산을 이용한 영상 리타겟팅 결과. 왼쪽부터 자유도확산 없는 심카빙 결과, $p(v)=v/2$ 를 이용한 심카빙 결과, $p(v)=v/2$ 를 이용한 행/열 삭제 결과, 균일 샘플링 결과

그림 3의 세 번째 열은 중요도 확산을 행/열 삭제 기법에 적용한 결과로, 중요한 영역이 확대되는 정도는 심 카빙 기법보다 덜 하지만, 여전히 중요한 영역들을 잘 보전하고 있으며, 전체적인 왜곡은 훨씬 줄어든 것을 볼 수 있다. 일반적으로, 영상이 복잡한 경우에 대해 행/열 삭제 기법은 왜곡이 심하지 않으며 오히려 심 카빙 기법보다 상당히 만족스러운 결과를 만들어 내는 것을 볼 수 있다.

5. 결론 및 향후 연구

본 논문은 영상의 왜곡을 방지하고, 정황 정보를 보전하는 동시에 중요한 픽셀을 보전하며 영상의 크기를 줄이는 기법인 중요도 확산 기법을 소개하였다. 또한 중요도 확산 기법을 행/열 단위의 삭제 기법과 심 카빙 기법에 각각 적용하였다.

제시된 방법은 몇 가지의 개선 가능성을 가지고 있는데, 우선은 픽셀의 중요도 측정에 대한 것으로, 단순한 영상의 그레디언트로는 픽셀의 중요도를 정확히 파악하기 힘들다. 보다 뛰어난 방법의 중요도 측정으로 이 문제가 해결될 것으로 기대된다. 또한 자유도 확산 함수와 가중치 함수에 대해 앞으로의 추가 실험을 통해 보다 최적의 함수를 찾아낸다면 보다 좋은 결과를 낼 수 있을 것으로 기대된다.

또한 중요도 확산 기법을 이용해 비디오 리타겟팅을 하는 것도 앞으로 기대되는 연구 방향 중 하나이다.

참고문헌

- [1] S. Avidan and A. Shamir, Seam carving for content-aware image resizing, In *Proc. of ACM SIGGRAPH 2007*, 2007.
- [2] B. Suh, H. Ling, B. B. Bederson, and D. W. Jacobs, Automatic thumbnail cropping and its effectiveness, In *Proc. Of UIST*, pages 95-104, 2003.
- [3] L.-Q. Chen, X. Xie, X. Fan, W.-Y. Ma, H.-J. Zhang, and H.-Q. Zhou, A visual attention model for adapting images on small displays, *ACM Multimedia Systems Journal*, pages 353-364, 2003.
- [4] F. Liu and M. Gleicher, Automatic image retargeting with fisheye-view warping, In *Proc. of ACM Multimedia*, pages 153-162, 2005.