

수리형태학적 Laplacian 연산을 이용한 새로운 동영상 Detail 추출 기법

김희준, 이진우
단국대학교 전자공학과

Tel. 02-709-2593, Fax. 02-709-2590, E-mail halen@shinbiro.com

A New Details Extraction Technique for Video Sequence Using Morphological Laplacian

Kim Hui Jun and Eo Jin Woo

Dept. of Electronic Engineering in Dankook University
Tel. 02-709-2593, Fax. 02-709-2590, E-mail halen@shinbiro.com

Abstract - In this paper, the importance of including small image features at the initial levels of a progressive second generation video coding scheme is presented. It is shown that a number of meaningful small features called details should be coded in order to match their perceptual significance to the human visual system. We propose a method for extracting, perceptually selecting and coding of visual details in a video sequence using morphological techniques. Detail extraction using morphological laplacian operator and modified post-it transform is very efficient for improving quality of the reconstructed images.

1. 서론

초저비트율하에서 동영상을 전송하기 위한 분할 기반 부호화 방법은 화면 내에서 비슷한 성질을 갖는 부분을 동일한 영역으로 분리하여 표현함으로써 압축률과 시각적인 품질을 동시에 향상시킬 수 있다. 특히 이런 영역들은 윤곽선에 의해 분리되므로 윤곽선 정보는 기본적인 영상 모델로 다룬다. 따라서 부호화와 추출에 있어서 많은 효과가 윤곽선에 의해 결정된다. 윤곽선에 의해 분할된 후 남아있는 형태는 texture이며 비슷한 값의 그레이레벨로 거칠게 부호화된다. 이러한 영상 모델의 시각적인 효과로 보다 향상된 화질-압축률 균형이 이루어진다.

시각적인 부호화를 적용하기 위해 새로운 개념인 detail을 도입하여 복원영상의 시각적인 품질을 향상시킨다. 고효율로 압축하기 위한 방법으로서 수리형태학 필터를 사용하여 영상내의 자세한 부분인

details를 추출하고, 추출된 details는 세밀하게 부호화하여 거칠게 부호화된 분할영상과 함께 사용하여 종합적인 압축효율을 높일 수 있다. 특히 분할영상의 경우 작고 세밀한 부분이 제거되고 영역에 따라 단순화됨으로서 원영상 자체를 압축하는 것보다 훨씬 압축 효율이 높아진다. 또한 수리형태학 인산 자체만으로 압축을 실시하는 것보다 기존의 다른 압축 방법과 병행하여 압축효율을 증가시키는 방법이 주로 사용되며 post-it 변환 또한 이러한 방식으로 압축효율을 개선한다.^[1]

본 논문에서는 분할 기반 부호화와 더불어 detail 추출을 위한 방법으로 사용되는 기존의 top-hat 변환을 이용한 방법과 수리형태학적 Laplacian을 이용한 방법을 동시에 사용함으로써 추출된 details의 수를 줄이면서 화질을 향상시킬 수 있는 방법을 제안한다. 수리형태학적 Laplacian은 수리형태학적 보간법에 적합한 영역의 경계부분을 추출하는데 효과적이다.^[2] 수리형태학적 Laplacian의 이와 같은 성질을 본 논문에서는 분할 기반 부호화 과정에서 부적절하게 부호화된 영역의 경계부분을 효과적으로 추출하는 방법에 적용한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2절에는 분할기반 영상 부호화에 관해 간단히 설명하고 3절에서는 detail을 추출하기 위한 수리형태학적 인산들과 post-it 변환에 관해 설명한다. 4절에서는 본 논문에서 제안한 detail 추출 방법을 설명하고 실험영상에 적용한 결과를 5절에서 비교하며 마지막으로 6절에서 결론과 발전방향에 관해 기술한다.

2. 수리형태학적 분할 기반 영상 부호화

본 논문에서 사용된 동영상 부호화는 첫단계에서 소수 영역만으로 분할된 영상을 생성하며 다음 단계에서 보다 정교하게 분할된 영상을 추출하는 계층적인 분할 기반 부호화 방법이다. 세부 단계에서는 수리형태학 연산이 주로 사용되며, 분할된 영상에 contour-texture 부호화 방법을 적용한다.

가. 계층적 분할

분할 과정의 계층에서 각 단계는 네 가지의 동일한 기본단계들로 구성된다. simplification, marker extraction, decision, 그리고 coding의 각 단계는 수리형태학 연산을 기초로 하여 구성된다.

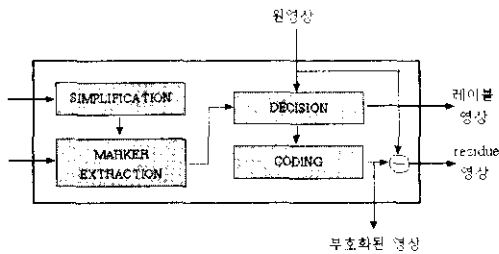


그림 1. 수리형태학적 영역분할 기반 부호화의 기본 단계

simplification 단계는 영역의 크기를 기준으로 수행되며 decision 단계에서는 contour 정보를 정확히 표현하는 watershed 알고리즘이 사용된다. 각 계층 단계에서는 이전 단계에서 부호화된 영상과 원영상과의 차분인 residue 영상이 계산되며 이로부터 새로운 영역을 추출하게 된다. 분할된 영상은 수신측에 전송하고 다음 단계에서 사용될 residue 영상을 계산하기 위하여 contour-texture 부호화 방법으로 부호화된다.

나. Contour-Texture 부호화

분할된 영상을 부호화할 때 두 가지의 다른 성질을 가지는 정보를 더한다. 부호화의 대상이 되는 두 가지 정보는 분할된 영상의 partition과 영역 내부이다. 분할된 영상의 partition을 부호화하기 위하여 contour 부호화 기법이 사용되며 contour 정보만으로 partition을 재생할 수 있다. 분할된 영역 내부의 부호화에는 texture 부호화 기법이 사용된다. 조저비트를 부호화를 위하여 영역의 내부를 화소의 평균값으로 근사화하는 방법이 사용된다.

3. Detail 추출

Texture 부호화 단계에서 각 영역의 내부에 포함

되는 화소의 평균값을 취함으로써 영역내부의 작지만 시각적으로 중요한 부분을 제대로 표현하지 못하게 된다. 이렇게 시칠계 부호화된 영상에 시각적으로 중요한 detail 성분을 추가함으로써 부호화된 영상의 품질을 향상시킬 수 있다. Details의 추출은 texture 부호화된 영상과 원영상과의 차분인 residue 영상으로부터 추출한다.

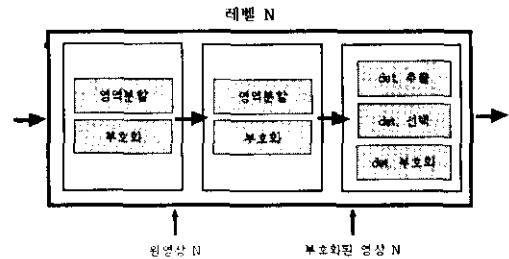


그림 2. 수리형태학적 영역분할 기반 부호화의 계층적 구조

가. 기본적인 수리형태학 필터

수리형태학 연산의 기본연산은 erosion $\epsilon_n(f)$ 과 dilation $\delta_n(f)$ 이며 영상을 수축, 팽창시키는 성질을 갖는다. 'n'은 구조요소의 크기를 나타내며 일반적으로 단위크기가 3×3 인 대칭윈도우의 형태이다.

opening과 closing은 dilation과 erosion을 연속적으로 수행하여 구조요소보다 작은 밝거나 어두운 부분을 제거한다. 다음과 같이 정의된다.

$$\text{opening} : \gamma_n(f) = \delta_n(\epsilon_n(f))$$

$$\text{closing} : \varphi_n(f) = \epsilon_n(\delta_n(f))$$

재생에 의한 opening(closing)은 다음과 같다.

$$\text{재생에 의한 opening} : \gamma^{(rec)}(f, r) = \delta^{(n)}(f, r)$$

$$\text{재생에 의한 closing} : \varphi^{(rec)}(f, r) = \epsilon^{(n)}(f, r)$$

재생에 의한 opening(closing)은 완전히 제거되지 않은 매우 밝은(반대로 어두운) 물체로부터 단위크기 구조요소로 팽창(수축)과정을 반복하여 원래의 모양을 재구성하므로 일반 opening(closing)과 달리 외곽선이 정확히 보존되는 성질을 갖는다.

나. Detail 추출을 위한 수리형태학 필터

동영상 시퀀스에 적용하는 detail 추출과정을 단순성을 위해 정지영상을 기초로 기술한다. details의 추출을 위한 기본적인 수리형태학적 연산은 top-hat 변환으로서 원영상과 opening과의 차분으로 정의되거나 closing과 원영상의 차분으로 정의된다. top-hat 변환은 원영상으로부터 구조요소보다 작은 상분의 밝은 부분 또는 어두운 부분을 추출하지만 밝은(반대로 어두운)부분 뿐만 아니라 opening 또는

closing에 의해 수정된 물체의 윤곽선에 의해 오인 식된 부분도 같이 추출한다. 따라서 이러한 잘못 추출된 부분을 감소시키기 위해 재생에 의한 opening 혹은 재생에 의한 closing을 사용한다. 정확한 detail을 추출하기 위해 새로운 수리형태학 필터인 post-it 변환을 적용하기로 한다. 이것은 재생 top-hat으로부터 의미 있는 details를 선택하는 것에 기반을 두고 있으며 top-hat 변환으로부터 선택된 details에 대해 그레이레벨 값을 계산한다. 이러한 연산자를 'tht'과 'tht^(rec)'로 표시한다. 상대적인 연산자인 closing은 어두운 detail을 일는데 사용된다.

수리형태학적 top-hat : $tht(f) = f - \gamma_n(f)$

재생 top-hat : $tht^{(rec)}(f) = f - \gamma^{(rec)}(\varepsilon_n(f), f)$

밝은 detail의 영상 'det_w'은 top-hat 변환을 통하여 얻어진 marker 영상의 최단반복 재생을 통해 얻는다. marker 영상 'mrk_w'는 추출해야하는 details의 위치를 가리킨다. 그것은 재생 top-hat 변환 결과내의 점들 중에 주어진 색차 문턱값 'λ'를 넘는 것들이다. marker를 얻기 위해 일반 top-hat 변환이 아닌 재생 top-hat 변환을 사용하면 물체의 윤곽선이 부드러워지는 현상은 나타나지 않으며 그것은 나중에 재생되지 않는다. 이때 기준이 되는 문턱값을 정의하는 방법에 따라 details의 수가 결정되는데 이것을 조정변수로 사용한다.

detail 견정을 위한 marker :

$$mrk = \begin{cases} 255 & , tht^{(rec)}(f) > \lambda \\ 0 & , \text{그외} \end{cases}$$

밝은 detail :

$$det_w = \gamma^{(rec)}(mrk_w, tht^{(rec)}(f))$$

어두운 detail :

$$det_d = \varphi^{(rec)}(mrk_d, tht^{(rec)}(f))$$

detail의 추출 과정에서 참조영상을 일반 top-hat 변환 결과가 아닌 재생 top-hat 변환 결과를 사용함으로써 원영상에 근접한 opening 및 closing 결과물 얻게 되므로 일반 top-hat 변환 결과 보다 재생 top-hat 결과에 나타난 details의 정보량이 적으며 해당 그레이레벨 값이 작으므로 수렴하기 위한 최단 연산의 반복횟수가 감소한다.

Texture 부호화를 이용하여 부호화된 영상에 추가할 details를 추출하기 위하여 post-it 변환은 residue 영상을 참조하도록 수정해야한다.

4. 제안한 Detail 추출 방법

영역내부분 부호화하는 단계에서 각 영역의 내부

에 포함되는 화소의 평균값을 취함으로써 영역내부의 각지만 시각적으로 중요한 부분을 제대로 표현하지 못하게 된다. 영역분할 과정에서 정확히 표현되지 못한 contour 및 detail 정보는 residue 영상에 나타나게 되며 이를 기반으로 details를 추출하게 된다. details를 추출하기 위해 post-it 변환을 사용하게 되면 고립되어 있는 시각적으로 중요한 details가 효과적으로 추출되지만 부적절한 contour 정보를 제대로 추출하지 못하는 단점이 있다. 제대로 부호화되지 못한 contour는 복원영상의 화질을 감소시키는 중요한 요인으로 작용된다. 따라서 복원영상의 화질을 향상시키기 위해서 contour 정보를 보다 정확히 추출하기 위한 방법이 요구된다. 이 문제를 해결하기 위하여 post-it 변환에서 사용될 marker 영상을 수리형태학적 Laplacian 연산으로 구한다. 수리형태학적 Laplacian은 dilation에 의한 gradient와 erosion에 의한 gradient의 차분으로 정의되며 다음과 같다.

수리형태학적 Laplacian L(f) :

$$L(f) = g^+(f) - g^-(f)$$

여기서, $g^+(f) = \delta(f) - f$: dilation에 의한 gradient
 $g^-(f) = f - \varepsilon(f)$: erosion에 의한 gradient

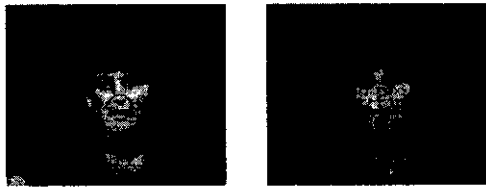
dilation(erosion)에 의한 gradient는 밝은(어두운) 영역의 경계부분에서 큰 값을 갖게 되어 영역의 contour 위치를 추출하는데 사용된다. 수리형태학적 Laplacian 연산의 결과는 두 gradient의 결과를 모두 포함하므로 물체의 양쪽 경계에서 큰 양 혹은 음의 값을 갖고 평활하거나 큰 굴곡이 없는 비스듬한 표면에서는 아주 작은 값을 갖는다. 수리형태학적 Laplacian 연산의 이러한 성질은 residue 영상에서 제대로 부호화되지 못한 영역 특히 정확하지 않은 contour 정보를 추출하는데 매우 효과적이다. 또한 marker 영상을 생성하는 과정에서 단순히 문턱값을 조절함으로써 불필요한 details의 추출을 효율적으로 억제할 수 있다. 그러나 수리형태학적 Laplacian 연산은 주로 contour 정보만을 추출하므로 고립되어 있는 작은 details의 추출에서는 top-hat 변환을 이용하는 것보다 불리하다.

정확한 contour 정보뿐만 아니라 고립되어 있는 시각적으로 중요한 details를 추출하기 위해서 top-hat 변환과 수리형태학적 Laplacian 연산을 동시에 사용할 수 있다.

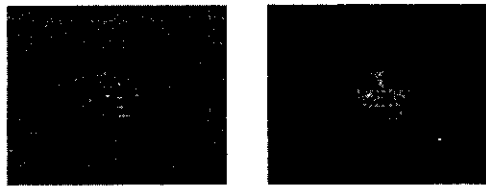
5. 실험결과

Detail 추출을 위한 post-it 변환과 본 논문에서 제안한 방법을 Miss America 영상에 적용한 결과를 그림3에 보였다. 여기서 분할영상은 두 단계의 분할

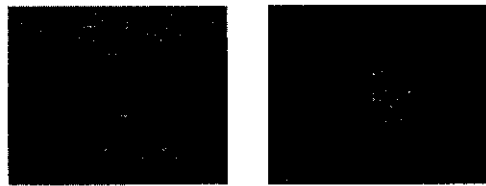
과정 후에 각 영역을 평균값으로 부호화하였으며 모두 43개의 영역으로 분할되었다.



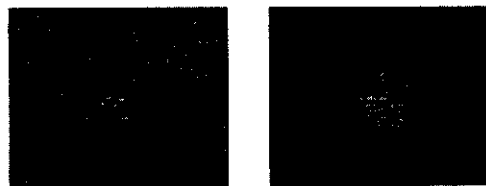
(가)원영상 (나)분할영상



(다)detail 영상(top-hat) (라)복원영상(top hat)



(마)detail 영상(Laplacian) (바)복원영상(Laplacian)



(사)detail 영상 (top-hat + Laplacian) (아)복원영상 (top-hat + Laplacian)

그림3. top-hat 과 제안한 방법을 이용한 detail 추출

위 실험에서 각 방법으로 추출한 details 수와 복원영상의 PSNR을 표1에 나타내었다. 본 논문에서 제안한 방법이 top-hat 변환을 이용하였을 때보다 복원영상이 비슷한 화질을 유지할 때 details 수는 감소하고 비슷한 details 수를 가질 때 복원영상의 화질이 향상됨을 알 수 있다.

표1.Top-hat과 제안한 방법의 추출된 details 수와 PSNR 비교

실험영상 (QCIF)	Top-hat		Laplacian		Top-hat + Laplacian	
	details 수	PSNR	details 수	PSNR	details 수	PSNR
Miss America 영상	538	29.15	444	29.26	540	29.33
Foreman 영상	692	27.96	601	28.00	473	28.84

6.결론

본 논문에서는 영역분할 기반 부호화 방법에서 효율적으로 details을 추출하는 기법에 대해 다루고 있다. 영역분할 기반의 부호화 과정에서 사용되는 기존의 detail 추출의 방법은 복원영상의 시각적인 효과를 향상시키는데 매우 효과적이다. 그러나 부적절하게 부호화된 영역의 경계부분은 여전히 복원영상의 화질에 영향을 미치게 된다. 이러한 문제점은 본 논문에서 제안한 수리형태학적 Laplacian 연산에 의한 detail 추출 방법으로 해결할 수 있다. 따라서 기존의 방법과 수리형태학적 Laplacian을 이용한 방법을 동시에 적용함으로써 복원영상의 시각적인 효과와 화질을 동시에 향상시킬 수 있다. 또한 조적바트론을 실현하기 위해서는 복원영상의 화질뿐만 아니라 압출율을 향상시키기 위한 detail의 추출뿐만 아니라 부호화 방법의 개선에 관한 연구가 필요할 것이다.

참고문헌

- [1] Josep R. Casas and Luis Torres, "Coding of Details in Very Low Bit rate Video Systems," IEEE Trans. CSVT, vol. 4, pp. 317-327, June, 1994.
- [2] P. Salembier and M. Pardas, "Hierarchical Morphological Segmentation for Image Sequence Coding," IEEE Trans. Image Processing, vol. 3, pp. 639-651, Sep., 1994.
- [3] Lus Vincent, "Morphological Grayscale Reconstruction in Image Analysis: Application and Efficient Algorithms," Proc. IEEE, vol. 2, no. 2, pp. 176-201, April, 1993.
- [4] P. Salembier, L. Torres, F. Meyer, and C. Gu, "Region-based video coding using mathematical morphology," Proc. IEEE, vol. 83, no. 6, pp. 843-857, June, 1995.
- [5] J. Serra, Image Analysis and Mathematical Morphology, Academic Press, New York, 1982.
- [6] P. Salembier, P. Brigger, J. R. Casas, and M. Pardas, "Morphological Operators for Image and Video Compression," IEEE Trans. Image Processing, vol. 5, pp. 881-898, June, 1996.
- [7] F. Meyer, "Morphological image segmentation for coding," Int. Workshop on Mathematical Morphology and its Applications to Signal Processing, pp. 46-51, Barcelona, May, 1993.
- [8] J.R. Casas, L.Torres, "Strong Edge Features for Image Coding," International Symposium on Mathematical Morphology and its Applications to Image and Signal Processing III, Atlanta, USA, May 11 - 13, 1996.