

초저속 전송을 위한 영역간의 대조 차를 이용한 계층적 영상 분할

송근원, 김기석, 박영식, 하영호

경북대학교 전자전기공학부
702-701 대구광역시 북구 산격동 1370번지
Tel: +82-53-950-5535 Fax: +82-53-957-1194
E-mail:yhha@ee.kyungpook.ac.kr

Hierarchical Image Segmentation Using Contrast Difference of Neighbor Regions for Very Low Bit Rate Coding

Kun-Woen Song, Gi-Seok Kim, Young-Sik Park, and Yeong-Ho Ha

School of Electronic Electrical Engineering, Kyungpook National University
Tel: +82-53-950-5535 Fax: +82-53-957-1194
E-mail:yhha@ee.kyungpook.ac.kr
1370 Sankyuk-dong, Buk-gu, Taegu, Korea. 702-701

요약

In this paper, a new image segmentation method based on merging of two low contrast neighbor regions iteratively is proposed. It is suitable for very low bit rate coding. The proposed method reduces efficiently contour information and preserves subjective and objective image quality. It consists of image segmentation using 4-level hierarchical structure based on mathematical morphology and 1-level region merging structure using the contrast difference of two adjacent neighbor regions. For each segmented region of the third level, two adjacent neighbor regions having low contrast difference value in fourth level based on contrast difference value is merged iteratively. It preserves image quality and shows the noticeable reduction of the contour information, so that it can improve the bottleneck problem of segmentation-based coding at very low bit rate.

I. 서론

현재 초저속 전송 부호화에 관하여 활발히 연구가 진행되고 있다. 이러한 방법에는 객체기반 부호화, 프렉탈 부호화, 모델기반 부호화, 분할기반 부호화 등이 있다. 객체기반 부호화는 영상내에서의 영역을 객체로 간주하고 움직임 정보, 색 정보, 및 보상 에러 정보를 전송하는 기법으로 이는 자연 영상에는 적합하지 못하다. 프렉탈 부호화는 송신측에서 영상을 부호화 할 때 시간이 많이 걸리는 단점이 있다. 모델기반 부호화는 먼저 모델을 설정한 후 입력영상에 대한 파라미터를 추출한 후 파라미터를 전송하는 기법으로 자연 영상에는 적합하지 못하다. 분할기반 부호화는 입력 영상을 동질한 특성을 나타내는 영역으로 분할한 후 경계 정보, 움직임 정보 및 움직임 보상 에러를 전송하는 기법이다. 이 기법은 초저속 부호화시에 경계 정보가 차지하는 비트율이 전체 비트율의 60~70% 이상으로 분할 기반 초저속 부호화시에 병목 현상을 유발한다.

집합이론에 기반한 수리 형태학[1]은 영상에서 물체에 대한 형태, 크기, 대비 및 연결성 등의 다양한 특징을 추출할 수 있다. 또한 영상에서 동질성과 연속성을 만족하는 부분에 대한

특징의 추출이 효과적이므로 영상 분할이 용이하여 현재 초저속 동영상 부호화 방법을 위한 영역 분할 기법으로 활발히 연구되어지고 있다 [2-5]. 현재 많이 연구되고 있는 수리 형태학을 이용한 계층적 영상 분할은 4개의 계층으로 구성되며 각 계층은 단순화, 마커 추출, 영역결정의 3단계로 구성되어 있다. 단순화 단계는 분할을 용이하게 하기 위하여 영상을 단순화하는 단계이다. 마커 추출 단계는 단순화 과정으로 생성된 평탄한 영역을 라벨링하여 동질 영역을 찾아 이를 마커로 삼는다. 영역결정 단계는 추출된 마커로부터 각 영역의 경계를 결정하며 화질추정단계는 결정되어진 각각의 영역의 화질을 구한다. 각 계층의 단순화 연산에서 형태소(structuring element)의 크기를 변화함으로써 계층적인 영상 분할을 한다. 즉 상위 계층에 큰 형태소를 할당하여 전체적인 영역 정보를 구하고, 이후 하위 계층은 점차 형태소의 크기를 줄여 세밀하게 분할한다. 마지막 계층의 단순화 단계에서 사용하는 형태소의 크기는 주로 5x5이다. 3x3 형태소로써 단순화하고 영상분할 하면 더욱 세밀한 분할 결과를 얻을 수 있으나 초저속 전송시 전송해야할 경계 정보가 너무 많아 초저속 전송에 적합하지 못하다. 본 연구에서는 이를 개선하고자 4번째 계층에서의 분할 결과로부터 영역간의 대조 차를 이용하여 영역을 결합하는 새로운 알고리즘을 제안하였다. 이때 3번째 계층의 각 영역에 포함된 4번째 계층에서 생성된 영역에 대하여 반복적으로 영역 결합을 수행한다. 제안한 알고리즘과 영역 결합을 하지 않은 기존의 방법과 비교하였을 때 주관적 화질 및 객관적 화질은 유사하나 영역의 갯수를 줄여 초저속 전송시에 분할 기반 부호화시 병목현상인 과도한 경계 정보에 대한 비트율을 줄일 수 있다.

II. 제안한 대조 차를 이용한 영역 결합

제안한 영역간의 대조를 이용한 영상 분할 알고리즘의 전체 블록도는 그림 1과 같다. 본 논문에서 제안한 알고리즘은 5계층으로 구성되어 있다. 원영상을 입력 받아 1번째 계층에서는 크기가 큰 형태소를 사용하여 계략적으로 영상을 분할 한다. 그리고 원영상과 1번째 계층 분할 결과와의 차를 2번째 계층에 전송한다.

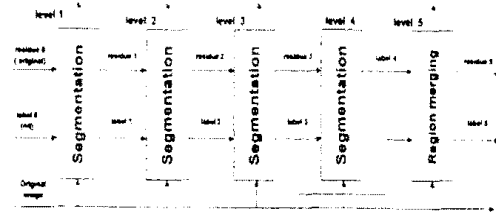


그림 1. 제안한 전체 영상 분할 블록도.

2번째 계층에서는 1번째 계층의 잔여 영상과 분할된 영역 라벨링 정보를 이용하여 좀더 세밀하게 영상분할 한다. 3번째 계층과 4번째 계층에서도 2번째 계층과 동일하게 보다 작은 형태소를 사용하여 단순화 한 다음 이전 계층에서의 분할된 영역 라벨링 정보를 이용하여 세밀하게 영역을 분할 한다. 4번째 계층에서 분할 된 영역의 갯수는 너무 많아 경계선 정보가 생성되므로 초저속 부호화에 적합하지 않다. 본 논문에서는 이를 개선하고자 5번째 계층에서 이웃 영역간의 대조 차를 이용하여 인간시각에 민감하지 않는 이웃 영역들을 반복적으로 결합하는 효과적인 영역 결합 알고리즘을 제안하였다. 이때 3번째 계층에서의 영역 정보를 이용하여 4번째 계층에서 생성된 영역들을 결합한다. 제안한 5번째 계층에서의 영역 결합에 대한 블록도는 그림 2와 같다.

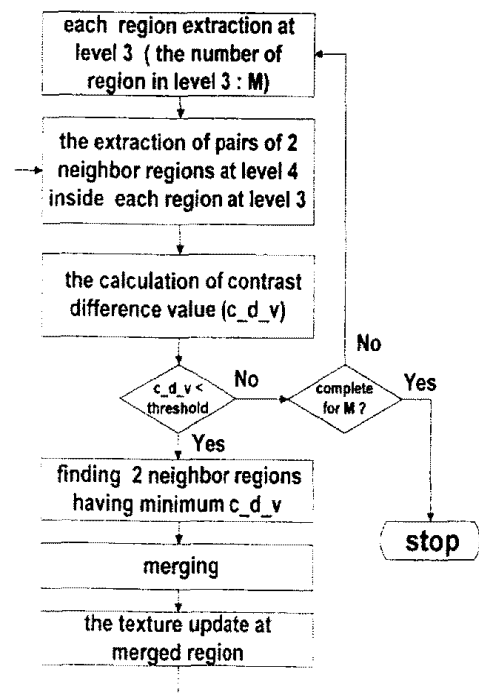


그림 2. 제안한 영역 결합 알고리즘.

본 논문에서 제안한 영역 결합 알고리즘은 다음과 같다. 먼저 3번째 계층의 분할 결과로부터 각 라벨링 된 영역을 구한다. 그리고 3번째 계층의 각 영역에 포함되는 4번째 단계에서 생성된 영역을 추출한다. 추출된 영역에서 이웃하는 두 영역의 대조 차가 문턱값 이하인 영역들을 구한 다음 이중 대조 차가 가장 낮은 두 영역을 먼저 영역 결합한다. 그리고 결합된 영역의 질감 정보를 갱신한다. 만약 갱신된 영역과 이웃 영역 간의 대조 차가 문턱값 이하인 이웃 영역이 발생하면 이중 가장 낮은 대조 차를 나타내는 두 영역을 결합한다. 이를 3번째 계층의 모든 영역에 대해서 반복적으로 수행한다. 4번째 계층에서의 이웃하는 영역 간의 대조 차는 질감 정보의 차를 이용하였다.

두 이웃 영역 간의 대조 차:

$$|texture_i - texture_j| \quad i, j \quad (1)$$

III. 실험 및 고찰

제안한 알고리즘과 기존의 알고리즘의 성능 평가를 하기 위하여 본 논문에서는 QCIF claire 영상, foreman 영상 및 carphone 영상에 대하여 성능평가를 하였다. 제안한 알고리즘과 기존의 알고리즘 모두 첫 번째 계층의 단순화 단계에서는 23x23 크기의 형태소를 사용하여 open_close by partial filter를 하였다. 그리고 2번째 계층에서는 15x15 크기의 형태소를 사용하였다. 3번째 계층에서는 9x9 형태소를 사용하여 단순화 하였으며, 4번째 단계에서는 5x5를 사용하여 기존의 알고리즘과 성능평가를 하였다. 그림 3은 본 실험에서 사용한 3종류의 영상이다.



(a) (b) (c)

그림 3. 실험에 사용된 영상 (a) Claire. (b) Carphone. (c) Foreman.

그림 4는 claire 영상에 대한 기존의 방법에 의한 실험 결과이다. (a),(b),(c)는 각각 단순화

단계에서 형태소의 크기를 23x23, 15x15, 9x9를 사용하여 계층적으로 영상분할 한 결과이다. 이때 마커 추출 후 소영역 제거에서 사용된 문턱값은 각 계층의 단순화 단계에서 사용한 형태소의 면적으로 하였다. (d)는 4번째 계층에서 형태소의 크기를 5x5로 하여 분할한 결과이며 (e)는 4번째 단계에서 3x3 형태소를 사용하고 식(5)에 의한 대비를 이용하여 마커 추출하였다. 소영역 제거시 형태소의 면적이 아닌 형태소의 크기로 하였다. 일반적으로 고해상도인 상위계층으로 갈수록 영역의 면적은 작아지므로 인간 시각은 영역의 대조에 민감하다. 그러므로 마지막 계층에서 대조를 이용하는 영상 분할 알고리즘이 제안되었으나 대조를 이용한 영상 분할은 입력 영상에 의존성이 높으므로 소영역 제거시 일률적인 문턱 값을 구할 수 없는 단점을 가진다.

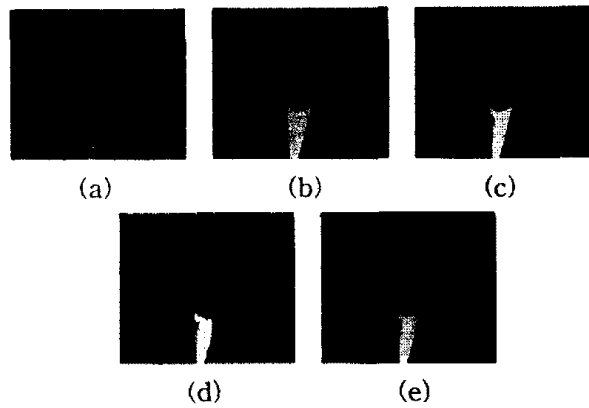


그림 4. 수리 형태학에 기반한 기존의 계층적 영상 분할. (a) 1번째 계층분할 결과. (b) 2번째 계층 분할 결과. (c) 3번째 계층 분할 결과. (d) 4번째 계층 분할 결과(사용한 형태소의 크기는 5x5). (e) 4번째 계층분할 결과(마커 추출시 대비를 이용하였으며, 사용한 형태소의 크기는 3x3).

그림 5는 그림 4의 각 영상에 대한 경계 영상에 해당한다.

그림 6은 그림 4의 (d)와 (e)에 대해서 제안한 영역 결합 알고리즘을 이용하여 실험한 결과이다. 주관적인 화질 면에서는 거의 차이가 없음을 알 수 있었다. 그러나 그림 5의 (d)와 그림 6의(c) 그리고 그림 5의 (e)와 그림 6의(d)를 비교하였을 때 상당히 많은 경계 정보가 줄어들었음을 알 수 있다.

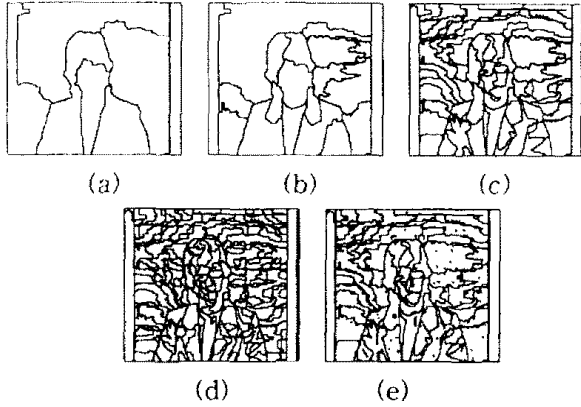


그림 5. 그림 4의 각 부분에 해당되는 경계선 영상. (a) 그림 4의 (a)의 경계선 영상. (b) 그림 4의 (b)의 경계선 영상. (c) 그림 4의 (c)의 경계선 영상. (d) 그림 4의 (d)의 경계선 영상. (e) 그림 4의 (e)의 경계선 영상.

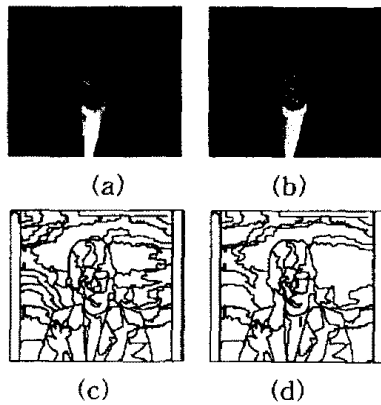


그림 6. 제안한 영역 결합 알고리즘에 의한 분할 결과 영상과 각 경계선 영상. (a) 그림 4의 (d)에 제안한 알고리즘을 적용한 결과. (b) 그림 4의 (e)에 제안한 알고리즘을 적용한 결과. (c) 그림 6의 (a)의 경계선 영상. (d) 그림 6의 (b)의 경계선 영상.

Table 1은 제안한 알고리즘과 기존의 알고리즘에 대한 객관적인 화질 비교 및 영역의 개수를 나타내고 있다. 객관적인 화질의 척도로서 본 논문에서는 PSNR을 사용하였다.

$$PSNR = 10 \log_{10} \frac{(255)^2}{\frac{1}{MN} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (f_1(i,j) - f_2(i,j))^2} \quad [dB] \quad (2)$$

여기서 $f_1(i,j)$ 는 원영상이며, $f_2(i,j)$ 는 분할된

영상을 나타낸다. 그리고 M 은 영상의 행의 크기이며, N 은 열의 크기이다. 그림 4의 (d)와 그림 5의 (a)를 비교하면 PSNR은 0.3dB 낮으나 주관적인 화질은 거의 같으며, 특히 영역의 갯수가 183개에서 70개로 낮아져 초저속 전송에 효과적임을 알 수 있다. 그림 4의 (e)와 그림 5의 (b)를 비교했을 때 주관적 화질은 차이가 없으며, PSNR은 0.1dB 낮으나 영역의 갯수가 274개에서 63개로 현저히 줄었음을 알 수 있다.

그림 6의 (a),(b)는 각각 그림 4의 (d),(e)영상에 제안한 알고리즘을 적용한 결과이며 (d),(e)는 각각 (a),(b)에 대한 경계선 영상을 나타낸다. 그림 5의 (d),(e)와 비교했을 때 영역의 갯수가 현저히 줄어들었음을 알 수 있다. Table 1은 그림 4의 영상들에 대하여 기존의 방식으로 영상분할했을 경우의 PSNR과 영역의 갯수를 나타낸다. Table 2는 그림 4의 (d),(e)영상에 대해 각각 제안한 알고리즘을 이용하여 영상분할했을 때 PSNR과 영역의 갯수를 나타낸다. Table 1의 그림 4의 (d),(e)와 비교했을 경우 PSNR 평균 0.2dB 낮으나 영역의 갯수를 현저히 줄어들어 초저속 부호화시 경계 정보를 현저히 줄일 수 있어 효과적임을 알 수 있다.

Table 1. claire 영상에 기존의 방법을 적용했을 때 PSNR과 영역의 개수.

	Fig.4 (a)	Fig.4 (b)	Fig.4 (c)	Fig.4 (d)	Fig.4 (e)
PSNR[dB]	20	24.4	26.2	27.6	28.2
영역의 개수	7	19	65	183	274

Table 2. claire 영상에 제안한 방법을 적용했을 때 PSNR과 영역의 개수.

	Fig. 4(d)에 적용	Fig. 4(e)에 적용
PSNR[dB]	27.3	28.1
영역의 개수	70	63

그림 7은 carphone 영상에 대해 4번째 계층에 대해서 기존의 방식과 제안한 방식의 실험 결과를 나타낸다. (a)단순화 단계에서 5x5 형태소를 사용하여 단순화하였으며, 마커 추출후 형태소 면적인 25보다 작은 영역은 제거하였다.

(b)는 3x3 형태소를 사용하여 단순화하였으며, 식(9)을 이용하여 대비 추출을 하여 이를 마커로 하였다. 4번째 계층에서 추출된 대비 마커는 면적이 작은 것이 많으므로 소영역 제거 문턱값을 3으로 하였다. (d)는 (a)영상에 대해 제안한 알고리즘을 적용한 결과이며, (e)는 (b)영상에 대해 적용한 결과영상이다. 실험 결과로부터 주관적 화질의 차이는 거의 없으며 초저속 전송시 보내야 할 경계선 정보가 현저히 줄어들었음을 알 수 있다.

그림 8은 기존의 방법과 제안한 방법에 의해 분할된 영상에 경계 영상이다. (a),(b),(c),(d)는 각각 그림 9의 (a),(b),(c),(d)의 경계 영상이다.

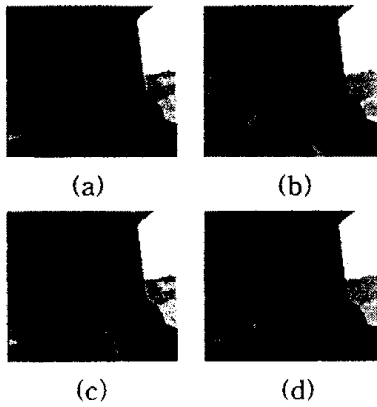


그림 7. carphone영상에 제안한 알고리즘의 적용결과. (a) 4 번째 단계에서 구해진 계층 분할 결과 영상. (b) 4 번째 단계에서 대비를 이용한 마커추출을 한 경우. (c) (a)에 대해 제안한 알고리즘을 이용하여 영역 결합을 수행한 경우. (d) (b)에 대해 제안한 알고리즘을 이용하여 영역 결합을 수행한 경우.

제안한 방법에 의해 생성된 경계정보는 기존의 방법보다 경계정보의 상당한 감소를 가져와 초저속 부호화시 효율적임을 알 수 있다.

Table 3은 그림 7의 영상들에 대하여 PSNR과 영역의 갯수를 나타낸다. (a),(b)는 각각 기존의 방식의 한 결과이며 (c),(d)는 각각 (a),(b)에 대하여 제안한 영역 결합 알고리즘을 적용한 것이다.

기존의 방법과 제안한 방법을 비교했을 때 PSNR은 제안한 방법이 평균 0.65dB 낮았으며, 영역의 갯수는 제안한 방법이 현저히 작아 초저속 부호화 기법에 효과적임을 알 수 있다.

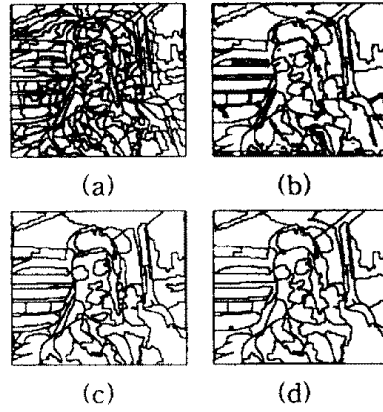


그림 8. 기존의 방법과 제안한 방법에 분할된 영상의 경계 영상. (a) 그림 7의 (a)의 경계 영상. (b) 그림 7의 (b)의 경계 영상. (c) 그림 7의 (c)의 경계 영상. (d) 그림 7의 (d)의 경계 영상.

Table 3 carphone 영상에 기존의 방법과 제안한 방법을 적용했을 때 PSNR과 영역의 갯수.

	Fig.7(a)	Fig.7(b)	Fig.7(c)	Fig.7(d)
PSNR[dB]	25.9	23.5	25.3	22.8
영역의 갯수	229	113	73	63

그림 9는 foreman 영상에 대해 4번째 계층에 대해서 기존의 방식과 제안한 방식의 실험결과를 나타낸다. (a) 단순화 단계에서 5x5 형태소를 사용하여 단순화하였으며, 마커 추출후 형태소 면적인 25보다 작은 영역은 제거하였다. (b)는 3x3 형태소를 사용하여 단순화하였으며, 식(9)을 이용하여 대비 추출을 하여 이를 마커로 하였다. 4번째 계층에서 추출된 대비 마커는 면적이 작은 것이 많으므로 소영역 제거 문턱값을 3으로 하였다. (d)는 (a)영상에 대해 제안한 알고리즘을 적용한 결과이며, (e)는 (b)영상에 대해 적용한 결과영상이다. 실험 결과로부터 주관적 화질의 차이는 거의 없으며 초저속 전송시 보내야 할 경계선 정보가 현저히 줄어들었음을 알 수 있다.

그림 10은 기존의 방법과 제안한 방법에 의해 분할된 영상에 경계 영상이다. (a),(b),(c),(d)는 각각 그림 9의 (a),(b),(c),(d)의 경계 영상이다. 제안한 방법에 의해 생성된 경계 정보는 기존의 방법보다 상당한 감소를 가져와 초저속 부호화시 효율적임을 알 수 있다.

Table 4는 그림 9의 영상들에 대하여 PSNR

과 영역의 갯수를 나타낸다. (a),(b)는 각각 기존의 방식에 의한 결과이며 (c),(d)는 각각 (a),(b)에 대하여 제안한 영역 결합 알고리즘을 적용한 것이다.

기존의 방법과 제안한 방법을 비교했을 때 PSNR은 제안한 방법이 평균 0.35dB 낮았으며, 영역의 갯수는 제안한 방법이 현저히 작아 초저속 부호화 기법에 효과적임을 알 수 있다.

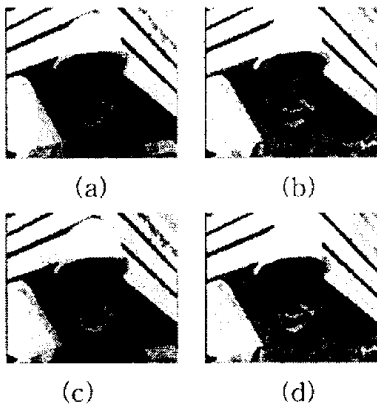


그림 9. foreman영상에 제안한 알고리즘의 적용결과. (a) 4 번째 단계에서 구해진 계층 분할 결과 영상. (b) 4 번째 단계에서 대비를 이용한 마커추출을 한 경우. (c) (a)에 대해 제안한 알고리즘을 이용하여 영역 결합을 수행한 경우. (d) (b)에 대해 제안한 알고리즘을 이용하여 영역 결합을 수행한 경우.

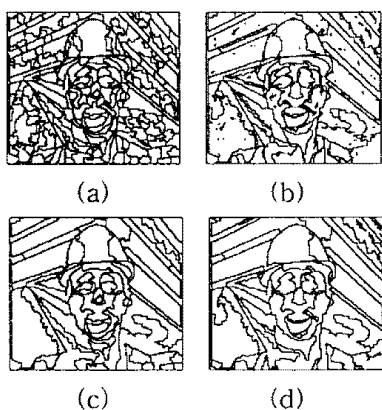


그림 10. 기존의 방법과 제안한 방법에 분할된 영상의 경계 영상. (a) 그림 9의 (a)의 경계 영상. (b) 그림 9의 (b)의 경계 영상. (c) 그림 9의 (c)의 경계 영상. (d) 그림 9의 (d)의 경계 영상.

Table. 4 foreman 영상에 기존의 방법과 제안한 방법을 적용했을 때 PSNR과 영역의 갯수.

	Fig.9 (a)	Fig.9 (b)	Fig.9 (c)	Fig.9 (d)
PSNR[dB]	25.7	25	25.2	24.8
영역의 갯수	224	145	63	66

IV. 결 론

본 논문에서는 영역 기반 초저속 부호화기법의 병목현상인 많은 경계선 정보를 영역간의 대조 차를 이용하여 효과적으로 영역 결합하는 알고리즘을 제안하였다. 제안한 방법은 계층구조로 이루어져 있어 상위계층의 영역 정보를 하위계층의 영상 분할 시 이용한다. 제안한 방법과 기존의 방법을 비교할 때 PSNR은 평균 0.4dB정도 낮으나 주관적인 화질은 차이가 없다. 이는 인간시각에 민감한 대조 차가 큰 영역은 결합하지 않고 대조 차가 문턱 값이하인 이웃영역들중 최소의 대조 차가 나는 영역을 우선 영역 결합하고 이를 반복적으로 수행함으로써 인간 시각에 민감하지 않은 영역들은 동일한 영역으로 결합하였기 때문이다. 따라서 제안한 방법은 영역기반 초저속 부호화의 병목 현상을 개선 할 수 있어 초저속 부호화에 적합함을 알 수 있다.

참 고 문 헌

- [1] P. Salembier, "Hierarchical Morphological Segmentation for Image Sequence Coding," *IEEE Trans. Image Processing* vol. 3, No.5 pp. 639-651, Sep. 1994.
- [2] P. Salembier, "Morphological Multiscale segmentation for image coding," *Signal Processing* 38(1994), pp. 359-386
- [3] M. Pardas and P. Salembier, "3D morphological segmentation and motion estimation for image sequence," *Signal Processing* 38(1994), pp. 31-43.
- [4] C. Gu and M. Kunt, "Contour simplification and motion compensated coding," *Signal Processing: Image Communication* 7(1995), pp. 279-296.
- [5] L. Vincent and P. Soille, "Watersheds in digital space," *IEEE Trans. PAMI*, vol. 13, no. 6, pp. 583-598, Jun.