

디지털 이동통신망에서의 초저속 영상부호화를 위한 영역단위의 계층적 분할과 경계선 단순화 기법

正會員 박 영 식*, 김 기 석**, 송 근 원*, 정 의 윤*, 하 영 호*

Regional Hierarchical Segmentation and Contour Simplification Method for Very Low Bit Rate Coding in Mobile Communication

Young Sik Park*, Gi Seok Kim**, Kun Woen Song*, Eui Yoon Chung*
and Yeong Ho Ha* *Regular Members*

※이 논문은 1995년도 한국학술진흥재단의 응모과제 연구비에 의하여 연구되었음

요 약

본 논문에서는 대역폭이 매우 제한된 이동 통신망에서 영상의 전송을 위하여 PSNR에 의한 영역단위의 계층적 분할 알고리즘과 경계선 단순화 기법을 제안하였다. 이는 영상의 전체적인 정보를 고려하여 적은 수의 영역으로 영상을 분할한다. 그때 분할된 각각의 영역은 원 영상과 비교해서 서로 다른 화질을 가진다. 따라서 화질이 저하되는 영역은 PSNR에 의하여 선택되어지고 국부적인 정보에 의한 세부적인 영역으로 나누어짐으로써 경계선 정보를 줄이고 주관적 화질도 개선한다. 또한 영역의 효과적인 무손실 체인코딩을 위하여 경계선을 단순화하는 기법을 제안하였다. 제안한 영역단위의 분할과 경계선 단순화 기법에 의하여 전송해야 할 정보량은 줄이면서 주관적인 화질을 개선하였다. 따라서 대역폭이 매우 제한된 PSTN과 이동 통신망에서 원거리 화상전화와 화상회의 같은 분야에 적용할 수 있다.

ABSTRACT

This paper presents contour simplification method and a regional hierarchical segmentation algorithm based on PSNR for the transmission of image in mobile communication, of which available bandwidth is very limited. It

*경북대학교 전자공학과

**경주대학교 컴퓨터·정보공학부

論文番號:96388-1216

接受日字:1996年 12月 16日

first takes into account the global information and produces a coarse segmentation, that is, with a small number of regions. Then, each segmented region has different quality. Thus, the region with low quality is selected by PSNR and improved by introducing regions corresponding to more local information. It is able to improve the subjective quality of image and reduce contour information. In addition, contour simplification method is proposed for the efficient lossless chain coding. The proposed method can be applied to the applications such as mobile communications and videotelephone through PSTN, of which the available transmission bandwidth is very limited.

I. 서 론

영상부호화의 발달로 이동통신이나 PSTN을 통한 영상정보의 서비스에 대한 요구가 증가되고 있다. 그리고 블록단위로 영상을 처리하지 않고 의미 있는 내용 또는 객체 단위로 처리하려는 움직임이 고조되고 있다. 낮은 비트율로써 영상을 부호화 하는 CCITT의 H.26p와 같은 블록 단위의 움직임 보상과 DCT를 이용하는 기존의 하이브리드(hybrid) 부호화 방법들을 대역폭이 매우 제한된 현존하는 디지털 이동통신 시스템에서 사용하는 것이 매우 어렵다. 그리고 이러한 방법으로 낮은 비트율에서 부호화 하는 경우 모스키토(mosquito) 현상과 블록화(blocking) 현상에 의하여 화질의 저하를 가져온다. 이러한 문제점들을 해결하기 위하여 객체기반 부호화(object-based coding), 모델기반 부호화(model-based coding), 의미론기반 부호화(semantic-based coding), 분할기반 부호화(segment-based coding) 등과 같은 새로운 부호화 방법들이 연구되어지고 있다.^{[1]-[2]}

객체기반 부호화, 모델기반 부호화 그리고 의미론기반 부호화 방법들은 입력내용에 대한 사전 지식을 가지고 객체와 배경을 분리하여 객체단위로 부호화 하려는 방법이다.^[2] 이 방법들은 고압축을 얻을 수 있지만 입력영상의 내용에 대한 사전지식에 기반한 모델설정이 필요하며 배경(background)과 전경(fore-ground)을 분리해야 한다는 어려운 문제점들이 있다.

한편 블록단위가 아니라 영역단위로 처리하는 분할기반 부호화 방법은 임의의 영상에 적용이 가능하다는 장점이 있으나 영역의 경계선(contour) 정보가 많이 발생한다는 문제점이 있다. 따라서 본 논문에서는 전송해야 할 정보량은 줄이면서 주관적인 화질을 개선하기 위하여 먼저 영상의 전체적인 정보를 고려하여 적은 수의 영역으로 영상을 거친 분할을 한다.

이때 화질이 저하되는 영역을 PSNR을 이용하여 추출하고 이 영역에 대하여 계층적인 분할 기법을 적용함으로써 주관적인 화질의 개선과 정보량의 감소를 가져올 수 있었다. 그리고 경계선을 단순화하기 위하여 다수 필터(majority filter)^[3]를 제안하였으나 이 방법은 여러 영역이 접하는 교점(vertex)은 제거하지 못한다. 체인 코딩 시에 이러한 교점으로 인해 많은 계산량과 버퍼가 필요하게 된다. 따라서 본 논문에서는 분할된 결과를 제안된 경계선 단순화 기법으로 경계선을 단순화함으로써 4방향 연결성을 가진 3방향 체인차 코드로 표현하기 불가능한 교점과 한 화소 두개의 영역을 효율적으로 제거하였고 동시에 화질의 큰 손상없이 경계선을 단순화하였다.

II. 형태학적(morphological) 필터를 이용한 계층적(hierarchical) 영상분할

영상분할 기법은 단순화(simplification), 마커추출(marker extraction) 그리고 결정(decision) 단계로 구성된다.^[4] 단순화의 목적은 분할하기 쉽도록 신호를 단순화하는 것이며 이 과정에서 분할 시에 보존되는 정보의 양과 성질을 조절할 수 있다. 따라서 단순화하기 위한 형태학적(morphological) 필터의 형태소(structuring element)의 크기에 의하여 계층적인 분할이 이루어진다. 마커추출은 단순화된 영상에서 동질한(homogeneous) 부분을 정의하는 것이고 동질한 부분은 어떤 영역에 속하는지가 확실한 부분이다. 어떤 영역에 속하는지 확실하지 않는 경계 영역은 결정단계에서 어떤 영역에 속하는지 결정된다. 결정단계에서 단순화된 영상과 마크된 영상을 사용하여 분할된 영상을 얻는다.

1. 형태학적 필터에 의한 단순화

단순화는 경계선(contour)을 유지하면서 영역의 내부를 평탄화함으로써 분할이 용이하도록 한다. 따라서 어떠한 방법에 의한 단순화인가에 따라서 분할 결과가 달라지며 계층적(hierarchical) 분할은 단순화 과정에서 결정된다. 집합이론에 기반한 비선형의 수리 형태학(mathematical morphology) 필터는 영상에서 물체에 대한 형태, 크기, 대조 등의 다양한 특징을 추출할 수 있고 동질성과 연결성을 만족하는 부분에 대한 특징 추출이 효과적이기 때문에 단순화에 적합하다. 또한 형태학적 변환은 소프트웨어와 하드웨어에서 구현이 용이하다는 장점도 있다.

본 논문에서는 open_close by reconstruction에 의한 단순화 필터를 사용하여 경계선 정보를 보존하면서 영역내의 밝기 값을 평탄화한다. 이 형태학적 필터의 연산은 기본적으로

$$\begin{aligned} \text{dilation} : \delta_n(f)(x) &= \max\{f(x-y), y \in M_n\} \\ \text{erosion} : \epsilon_n(f)(x) &= \min\{f(x+y), y \in M_n\} \end{aligned} \quad (1)$$

으로 구성된다. 여기서 $f(x)$ 는 입력신호를 나타내고 M_n 는 중심화소에서 거리(distance)가 n 인 평탄한 형태소를 나타낸다. 영상을 단순화시키면서 영역의 경계 정보를 잘 유지하기 위해서는 복원성(reconstructive) 연산이 필요하다. 복원성 필터는 geodesic dilation과 geodesic erosion으로 구성된다. 거리가 1인 geodesic dilation은 3×3 형태소로 dilation을 취한 결과와 기준신호를 비교해서 작은 값을 취하는 것이고 거리가 1인 geodesic erosion은 3×3 형태소로 erosion을 취한 결과와 기준신호를 비교해서 큰 값을 취하는 것으로

$$\begin{aligned} \text{거리 1인 geodesic dilation} : \delta_1(f, r) &= \min\{\delta_1(f), r\} \\ \text{거리 1인 geodesic erosion} : \epsilon_1(f, r) &= \max\{\epsilon_1(f), r\} \end{aligned} \quad (2)$$

와 같이 표현된다.

Reconstruction by dilation과 reconstruction by erosion은 거리 1인 geodesic 연산을 반복 수행할 때 출력신호가 더 이상 변화가 없을 때까지 반복해서 수행하는 것으로

$$\begin{aligned} \text{reconstruction by dilation} : \\ \gamma^{(rec)}(f, r) &= \delta^{(\infty)}(f, r) = \dots \delta^{(1)}(\dots \delta^{(1)}(f, r)\dots, r) \end{aligned}$$

reconstruction by erosion :

$$\varphi^{(rec)}(f, r) = \epsilon^{(\infty)}(f, r) = \dots \epsilon^{(1)}(\dots \epsilon^{(1)}(f, r)\dots, r) \quad (3)$$

와 같다. Opening by reconstruction(closing by reconstruction)은 거리 n 인 평탄한 형태소로 erosion(dilation)을 취한 결과를 입력 신호로, 기준 신호(reference signal)로 원영상을 이용해서 reconstruction by dilation(reconstruction by erosion)을 취한 것으로

$$\begin{aligned} \text{opening by reconstruction} : \gamma^{(rec)}(\epsilon_n(f), f) \\ \text{closing by reconstruction} : \varphi^{(rec)}(\delta_n(f), f) \end{aligned} \quad (4)$$

이다. 위에서 설명한 연산을 이용하여 영상을 단순화하는 open_close by reconstruction은

$$\begin{aligned} \text{open_close by reconstruction} : \\ \varphi^{(rec)}(\delta_n(\gamma^{(rec)}(\epsilon_n(f), f)), \gamma^{(rec)}(\epsilon_n(f), f)) \end{aligned} \quad (5)$$

와 같이 표현된다. 여기서 $\gamma^{(rec)}(\epsilon_n(f), f)$ 을 기준신호로 $\delta_n(\gamma^{(rec)}(\epsilon_n(f), f))$ 을 입력신호로 사용하여 closing by reconstruction을 함으로써 경계선은 유지되고 내부는 평탄화되어 분할이 용이해지도록 한다.

2. 마커추출

화소의 밝기 값이 같은 동질한 영역은 평탄하게 단순화된 영상에서 영역을 결정할 때 분할될 영역의 초기 출발점이 되며 동질한 영역의 개수가 분할된 영상의 영역 개수가 된다. 따라서 식(5)의 단순화 필터의 $n \times n$ 보다 작은 화소수로서 구성된 동질한 영역과 동질하지 않은 영역은 불확실한 영역으로 정의하고 $n \times n$ 보다 큰 화소수로서 구성된 동질한 영역은 확실한 영역으로 마크된다.

3. 변형된 watershed 알고리즘에 의한 영역결정

Watershed 알고리즘이란 영상의 밝기값 분포를 지형학적인 구조로 보고 지형학적인 구조에서 영역들의 경계가 되는 분수계를 찾는 알고리즘이다. 변형된 watershed 알고리즘은 그림 1에 나타나 있으며, 이는 형태학적 기울기 영상에 적용하는 대신 단순화된 영상 자체에 적용하며 동질한 영역의 초기 라벨링 단계와 불확실한 화소들의 채우기 단계와 결정단계로 구

성된다. 이때 각 화소가 어느 영역에 속하는지를 결정하기 위하여 우선순위 큐(priority queue)를 이용하여 분할속도를 증가시킨다.

① 동질한 영역의 초기 라벨링 단계

마커추출 단계에서 동질한 영역으로 어떤 영역에 속할지 확실한 모든 화소의 좌표값을 가장 높은 우선순위의 큐(queue)에 삽입한다. 그리고 큐에서 한 화소씩 추출하면서 주위의 4방향으로 이웃한 라벨링된 화소와 밝기 값이 동일한지를 검사한다. 동일한 화소가 하나라도 있으면 동일한 라벨링을 부여하고 그렇지 않으면 다른 값으로 라벨링한다.

② 불확실한 화소들의 채우기 단계

동질한 영역의 초기 라벨링 단계에서 라벨링된 영역에 인접한 모든 불확실한 화소들을 우선순위에 따라 큐에 삽입한다. 이때 우선순위는 큐에 삽입되는 화소의 밝기 값과 인접영역의 평균 밝기값의 차의 절대값에 반비례 한다.

가장 높은 우선순위의 큐에서 한 화소를 추출한다. 이 화소가 아직 라벨링이 되지 않은 화소이면 이 화소의 밝기값과 인접영역의 평균 밝기값과의 차가 가장 작은 영역의 라벨을 추출한 화소의 위치에 부여한다. 그리고 인접한 화소에서 라벨링이 되지 않은 화소는 우선순위를 계산하여 큐에 삽입한다. 이때 인접화소들이 이미 큐에 삽입되어 있는 경우에는 우선순위가 높은 경우에만 다시 큐에 삽입한다. 추출된 화소가

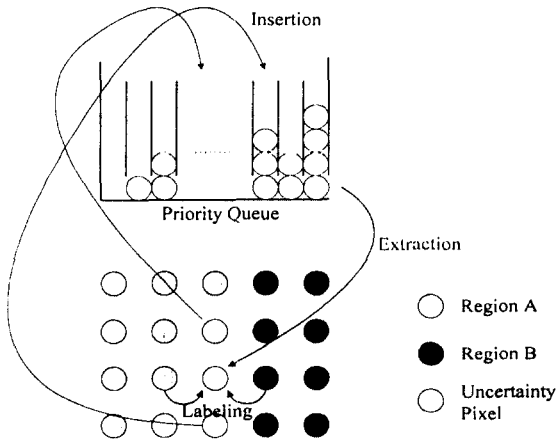


그림 1. 우선순위 큐에 의한 변형된 watershed 알고리즘
Fig. 1. Modified watershed algorithm by the priority queue

이미 라벨링된 화소라면 인접화소들 중에서 아직 라벨링이 되지 않은 화소들을 우선순위에 의해 큐에 삽입한다.

추출된 화소에 대하여 새롭게 라벨링이 되면 그 라벨에 대한 영역의 평균 밝기값을 갱신한다. 이같은 과정을 큐가 빌 때까지 되풀이 하게 되면 모든 화소가 어떤 영역에 속하게 되는지가 결정되며 분할을 마치게 된다.

그림 2에서는 계층별로 단순화, 마커추출, 분할과

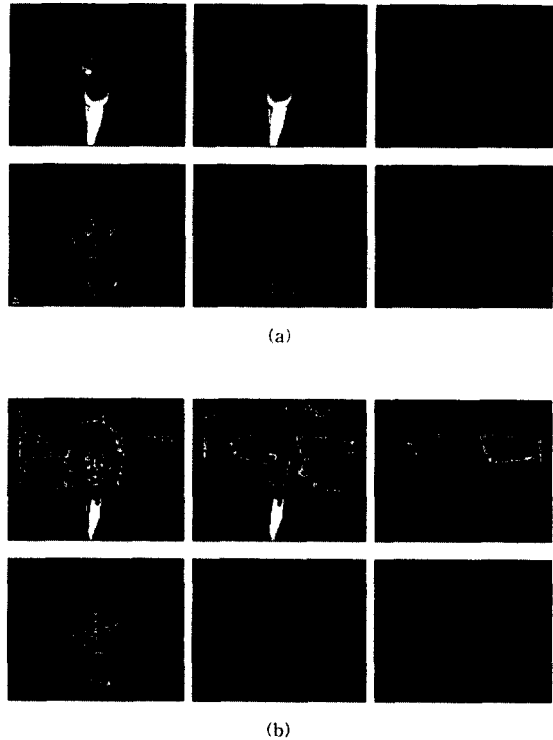
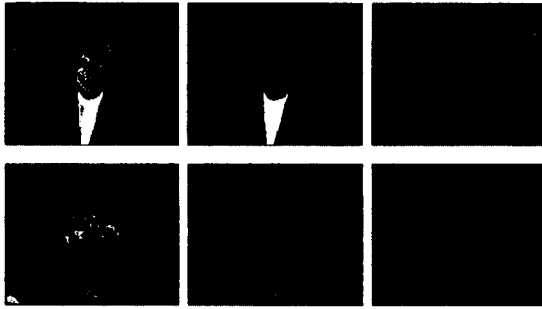
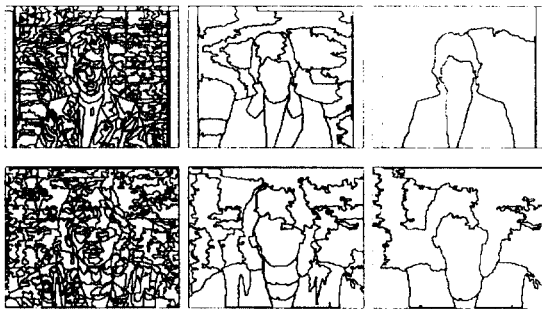


그림 2. 변형된 watershed 알고리즘에 의한 계층적 영상분할; 단순화 필터의 형태소의 크기는 왼쪽 칼럼 3×3, 가운데 칼럼 11×11 그리고 오른쪽 칼럼 19×19 (a) 단순화된 영상 (b) 마커추출 (c) 분할결과 (d) 분할결과와 경계선 정보

Fig. 2. Hierarchical segmentation by modified watershed algorithm; the size of structuring element for simplification filter is 3×3 in the left column, 11×11 in the middle column and 19×19 in the right column (a) simplified images (b) marker extracted images (c) segmented images (d) contours of segmented images



(c)



(d)

그림 2. 계속
Fig. 2. continued

경계선 영상을 보여준다. 계층적인 분할결과에서 단순화 필터의 형태소 크기가 커지면 영역의 수가 줄어들면서 경계선 정보량은 줄지만 화질은 나빠진다. 그리고 단순화 필터의 형태소의 크기가 작아지면 영역의 수가 증가하고 화질은 개선되지만 경계선 정보가 많이 발생한다는 것을 알 수 있다. 따라서 정보량을 줄이면서 주관적 화질을 개선하는 것이 초저속 영상 압축에서는 필요하다. 배경(background), 화자(speaker)의 몸(body) 그리고 화자의 눈, 입과 같은 영역이 인간시각에 미치는 정도는 다르기 때문에 영역 단위로 계층적인 분할이 필요하다.

III. 영역단위의 계층적 분할 기법

단순화 필터의 형태소 크기가 크면 발생하는 영역의 개수는 적어지고 경계선 정보는 줄어들지만 단순화 정도가 심하여 화질은 떨어진다. 이때 영역별로

원영상과의 화질을 비교하면 배경부분과 같이 인간시각에 덜 민감한 평탄한 부분보다 인간시각에 민감한 화자의 눈과 입을 포함한 영역에서 화질의 저하가 더욱 심하다. 그림 3에서는 그림 2의 오른쪽 칼럼의 분할된 결과영상에서 영역별 마스크를 보여주며 그에 대한 각각의 PSNR은 표 1과 2에서 보여준다. 영역별로 PSNR이 많은 차이가 있음을 알 수 있다. 따라서 형태학적 필터를 이용한 계층적 영상분할 기법을 PSNR이 낮은 영역에만 적용함으로써 경계선 정보를 줄이면서 인간시각에 민감한 영역의 주관적 화질을 개선할 수 있다. 제안된 영역단위의 계층적 분할기법의 알고리즘은 그림 4와 같다.

먼저 형태소의 크기가 큰 형태학 필터에 의한 단순화된 영상을 분할하면 적은 개수의 영역으로 나뉘어진다. 이때 단순화된 정도와 인간시각에 미치는 정도가 영역별로 다르다. 따라서 영역별로 PSNR을 구하여 문턱치보다 낮은 PSNR을 가지는 영역의 마스크(mask)를 구한다. 구해진 마스크 내에서 원영상을 식(5)에서 거리가 1만큼 더 작은 형태소를 가진 단순화 필터로 단순화하고 동일한 영역을 찾아서 단순화 필터의 형태소 면적보다 작은 동일한 영역은 제거하고 큰 영역만 마커로 추출한다. 추출된 마커로부터 우선순위를 가진 계층적인 큐를 이용한 watershed 기법을 주어진 마스크내의 화소에 적용하여 분할하게 된다. 마스크 영역의 PSNR을 계산하고 문턱치를 만족하면 그 영역에 대한 계층적인 분할을 중단한다. 주어진 문턱치를 만족하지 않으면 거리가 1만큼 더 작은 형태소를 가진 단순화 필터를 이용하여 분할과정을 반복한다. 주어진 PSNR 문턱치 값을 매우 크게 설정하여 단순화 필터의 형태소 크기가 가장 작은 3×3을 적용하여 단순화하여 분할하더라도 PSNR을 만족하지 못하는 경우에도 분할을 중단한다.

제안된 영역별 계층적 분할기법에 의하여 원거리 화상전화기(videotelephone)용 영상에 적용하게 되면 인간시각에 민감한 화자의 입과 눈이 포함된 영역은 세밀하게 분할되고 덜 민감한 배경과 화자의 몸이 포함된 영역들은 거칠게 분할된다. 제안된 알고리즘에 의하여 주관적인 화질에서 우수하며 경계선 정보도 줄어든 영상을 얻을 수 있다.



그림 3. 형태소 크기가 19×19 인 단순화 필터를 이용한 분할 결과의 영역 마스크

Fig. 3. Region mask for the segmentation result by simplification filter with the 19×19 structuring element

표 1. Claire 영상에 형태소 크기가 19×19 인 단순화 필터를 이용한 분할 결과의 영역별 PSNR

Table 1. Regional PSNR for the segmentation result by simplification filter with the 19×19 structuring element(Claire)

영역	1	2	3	4	5	6	7
PSNR(dB)	21.54	28.71	36.62	31.30	22.02	9.79	24.86

표 2. Miss America 영상에 형태소 크기가 19×19 인 단순화 필터를 이용한 분할 결과의 영역별 PSNR

Table 2. Regional PSNR for the segmentation result by simplification filter with the 19×19 structuring element(Miss America)

영역	1	2	3	4	5	6	7	8	9
PSNR(dB)	34.53	30.73	21.20	48.47	43.28	16.89	30.41	31.81	23.96

IV. 체인코딩을 위한 경계선 단순화(simplification)기법

1. 경계선 추적

체인코딩 기법⁵⁻⁷⁾은 영역의 가장자리를 그림 5와 같이 4방향 연결성의 3가지 체인코드 차와 8방향 연결성의 7가지 체인코드 차를 이용하여 표현하는 기법으로 크게 나눌 수 있다. 이때 굵은 화살표는 이전의 진행방향을 나타내며 가는 화살표는 현재의 진행방향을 나타낸다. 숫자는 진행방향에 따른 체인코드 차를 나타낸다. 8방향 연결성을 이용한 체인코드 기법은 4방향 연결성의 체인코드보다 경계선의 화소가 줄어들지만 체인코드 차의 가지수가 많아지기 때문에 부호화 할 때 많은 비트를 할당해야 한다는 단점이 있다. 그리고 스파크(spark)같은 한 화소 두께의 노이

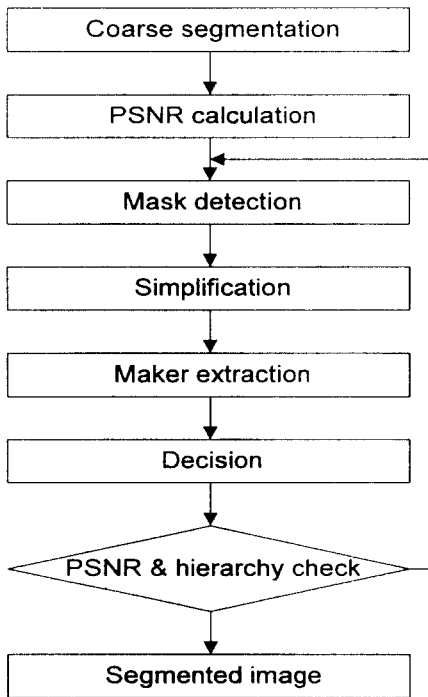


그림 4. 제안된 영역단위의 계층적 분할 알고리즘
 Fig. 4. The proposed regional hierarchical segmentation algorithm

스 영역은 체인코드 차를 이용하여 부호화할 수 없고 3영역 이상이 접하는 교점에서는 많은 계산량과 버퍼가 필요하게 된다. 따라서 본 논문에서는 4방향 연결성의 3가지 체인코드 차를 이용하여 부호화하기 전에

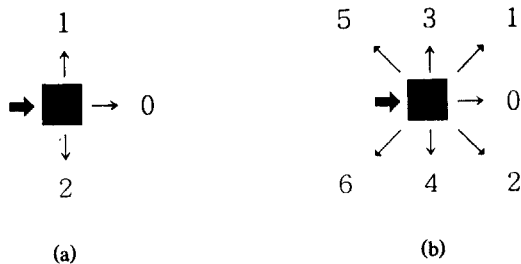


그림 5. 진행 방향에 따른 체인 코드차 (a)4방향 연결성 (b)8방향 연결성
 Fig. 5. Chain code difference for the marching direction (a) 4 neighbor connectivity (b) 8 neighbor connectivity

제안한 경계선 단순화 기법을 전처리 단계로써 적용하여 한 화소 두개의 영역과 교점을 제거하여 화질의 저하는 거의 없으면서 경계선 정보를 줄이는 기법을 제안하였다.

2. 경계선 단순화(simplification)

분할된 영역의 경계선을 4방향 연결성을 이용한 3방향 체인코드차를 이용하여 부호화할때 체인코드로 표현할 수 있는 영역의 최소 단위는 2x2로 구성된 동일한 레이블의 4개 화소의 그룹이다. 이는 4개의 화소가 4방향 이웃화소에서 최소한 2방향으로 같은 레이블이 존재하는 경우이다. 한 화소 두개의 영역은 체인코드를 이용하여 경계선 정보를 표현할 수 없다. 즉 모든 화소가 4방향 이웃화소에서 최소한 2방향으로는 레이블이 같은 값으로 연결되어 있어야 한다. 그러나 분할된 결과영상에서는 스파크(spark)와 같은 화소에서의 레이블과 여러 영역이 접하는 교점에서의 레이블은 위의 조건을 만족하지 않아 단순화 기법을 적용하는 새로운 방법을 제안하였다. 경계선 단순화 기법은 4개 화소의 그룹화 필터, 한방향 연결성 화소 제거 필터, 그리고 4개 화소의 그룹화를 위한 영역 확장 필터로 구성되어 있다.

① 4개 화소의 그룹화 필터

체인코드로 표현할 수 있는 영역의 최소의 단위는 2x2로 구성된 4개 화소의 그룹이다. 이는 4개의 화소가 4방향 이웃화소에서 최소한 2방향으로 같은 레

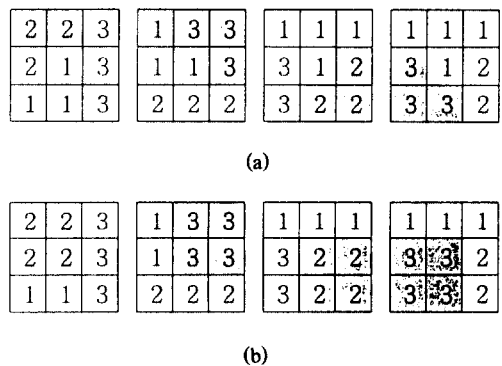


그림 6. 4개 화소의 그룹화 예 (a)실행전 (b)실행후
 Fig. 6. The example of 4 pixel grouping (a) before processing (b) after processing

이블이 존재한다. 이와 같은 조건을 만족시키지 못하는 화소의 예들이 그림 6에 나타나 있다. 어느 방향으로든 4개 화소의 그룹화를 이루지 못하는 중심 화소에 대하여 (a)와 같이 이웃한 동일한 3개의 레이블이 존재한다면 중심화소의 레이블을 (b)와 같이 바꾸어 준다. 이와 같은 작업을 더 이상의 변화가 없을 때까지 반복해서 적용한다.

② 한방향 연결성 화소 제거 필터

4개 화소의 그룹화를 더 이상의 변화가 없을 때까지

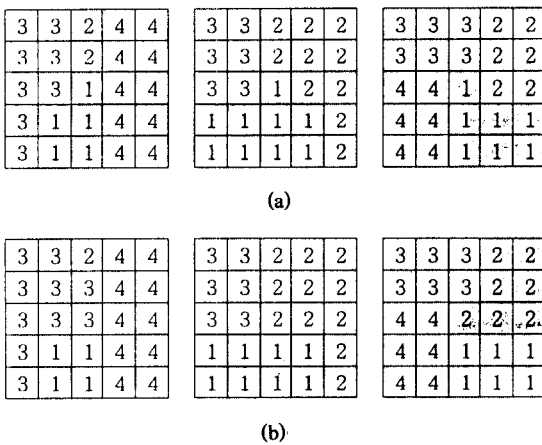


그림 7. 한 방향 연결성 화소의 제거 예와 반례 (a)실행전 (b)실행후

Fig. 7. The example and contrary example for the removal of pixel with one connectivity (a)before processing (b)after processing

지 반복하더라도 2방향 연결성을 만족하지 않는 화소들이 존재한다. 이는 여러 영역이 인접해 있거나 또는 스파크 같은 영역에서 존재한다. 그림 7은 한방향 연결성 화소를 제거한 예와 그렇지 못한 예를 보여준다. 왼쪽 예에서는 중심의 1번 레이블이 한방향 연결성을 가진다. 따라서 이웃의 화소중 밝기 값의 차가 가장 적은 영역의 레이블로 대치한다. 이때 대치하는 레이블의 화소는 2방향 연결성을 가지는 화소이어야 한다. 따라서 레이블 2가 레이블 3보다 레이블 1과의 밝기 값의 차가 작지만 두방향 연결성을 가지지 못하므로 중심화소는 레이블 3으로 대치한다. 만약 중심화소를 레이블 2로 대치하면 중심화소의 레이블 2 또한 한방향 연결성을 가진다. 따라서 레이블 1과 2를 반복하게 되어 수렴하지 않게 된다. 오른쪽 예의 중심화소 역시 한방향 연결성을 가진다. 따라서 인접한 화소 중에서 밝기값의 차가 가장 작고 동일한 레이블이 2개 이상 연결된 화소의 레이블을 대치한다. 그러나 (b)의 결과를 보면 중심화소는 역시 한방향 연결성을 가지게 된다. 따라서 이러한 화소를 아래에 설명할 4개 화소의 그룹화를 위한 영역확장이 필요하다. 한방향 연결성 화소를 제거하는 것은 반복해서 적용하는 것이 아니라 한 번만 스캔(scan)하면서 제거를 한다.

③ 영역확장 필터

한 방향 연결성 화소의 제거 필터에 의해서도 제거되지 않는 그림 7의 오른쪽 예와 같은 인접한 영역이 4개인 중심화소에 대해서는 그림 8과 같이 영역을 확

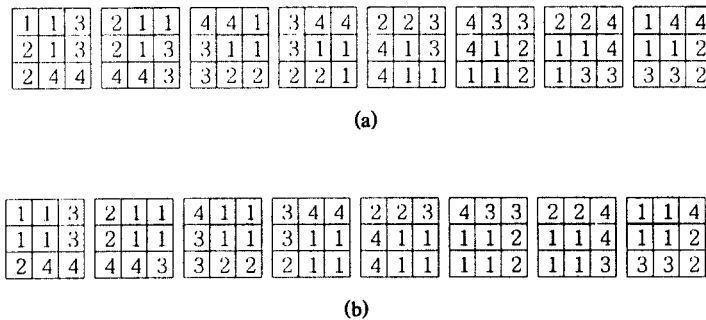


그림 8. 4개 화소의 그룹화를 위한 영역확장 (a)실행전 (b)실행후

Fig. 8. Region growing for the 4 pixel grouping (a)before processing (b)after processing

장한다. 실행전의 (a)와 같은 예들이 (b)와 같이 변하게 된다. 여기서 한 번 확장된 화소의 레이블은 그 후에는 어떠한 필터에 의해서도 변하지 않게 된다. 이는 정돈 필터에 의하여 수렴된 결과를 얻기 위한 것이다. 영역확장 필터는 한 번 스캔하면서 적용한다.

위에서 설명한 3가지 필터를 차례대로 적용하여 3가지 필터 모두에서 화소의 변화가 없을 때까지 반복 수행한다. 이때 세밀하게 분할된 영상이더라도 반복할 때마다 변화되는 화소의 갯수는 급격히 줄어 빨리 수렴한다. Claire 영상에 대하여 그림 9(a)는 식 (5)의 11×11 형태학적 필터를 이용한 단순화한 영상을 분할한 결과이고 (b)는 경계선을 단순화한 후의 결과이다. 스파크 같은 노이즈 성분과 여러 영역이 접하는 교점이 제거된 것을 볼 수 있다. 그림 9의 (a)와 (b)의 PSNR 차이는 0.3dB이며 화질열화는 거의 느끼지 못한다.

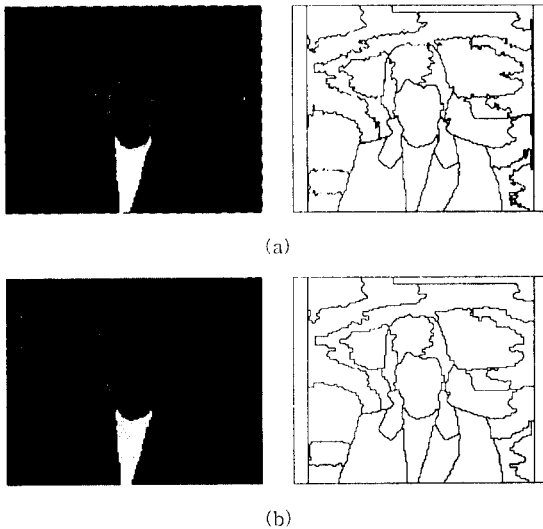


그림 9. 경계선 단순화 기법을 적용한 결과 (a)실행전 (b) 실행후

Fig. 9. The result by contour simplification (a)before processing (b)after processing

V. 실험결과

본 논문에서는 영역단위의 계층적 분할 알고리즘

과 체인코딩을 위한 경계선 단순화 기법을 제안하였다. 제안한 방법의 성능을 평가하기 위하여 watershed 알고리즘을 이용한 계층적 분할기법의 결과와 비교하였다. 실험에 사용된 영상은 그림 10에 있는 전형적인 비디오폰(videophone) 영상인 Claire와 Miss America (QCIF: 176×144)이다.

그림 11은 watershed 알고리즘을 이용한 계층적 분할기법과 정돈 필터를 적용한 결과이며 제안한 방법에 의한 결과와 비교하기 위하여 단순화 필터의 형태소 크기는 제안된 방법에 의한 결과와 비슷한 수준의 PSNR을 얻기 위하여 각각 7×7 , 5×5 로 결정하였다.

그림 12와 13은 제안한 영역단위의 계층적 분할기법과 정돈필터를 적용한 결과로써 Claire 영상에 대해서는 21dB, 23dB, Miss America 영상에 대해서는 29dB, 31dB 보다 낮은 영역에 대하여 계층적으로 분할하였다.

표 3에서 제안한 방법의 결과는 음영이 있는 부분으로 비슷한 객관적 화질(PSNR)에서 주관적 화질이 우수함을 볼 수 있다. 또한 영역의 개수와 경계선 화소수의 감소를 볼 수 있다. 기존의 분할 결과의 화소수를 100%로 볼 때 제안한 방법의 화소수는 Claire에 대해서는 41, 43%로 감소하였고, Miss America에 대해서는 60, 71%로 감소함을 볼 수 있다. 이는 제안한 영역단위의 계층적 분할 방법에 의한 성능개선이다. 그리고 기존의 방법과 제안한 방법에 의하여 분할된 영상에 경계선 단순화 기법을 적용하고 각각에 대하여 경계선 화소당 평균 비트율을 나타내었다. 분할하는데 걸리는 계산시간은 Pentium 90MHz CPU의 PC에서 QCIF 영상에 대하여 20~33초 소요되었다. 대부분은 단순화하는 과정에서 형태학 필터를 적용하는데 걸리는 시간이 대부분을 차지하고 그 외의 과정에서는 큐를 이용하여 영상을 스캔 하는 과정을 한번만 적용하기 때문에 빨리 분할을 할 수 있었다. 그리고 PSNR의 문턱치값과 단순화하는 형태소의 크기에 따라서 소요되는 시간이 달라지게 된다. 경계선을 단순화하는 과정에서 소요되는 계산시간은 스파크 같은 노이즈 성분의 유무에 따라 조금 다르며 빨리 수렴하는 것을 볼 수 있었다. 실험에서 경계선을 단순화하는데는 약 2초 정도 소요되었다.



그림 10. 원 영상 (a) Claire (b) Miss America
Fig. 10. Original image (a) Claire (b) Miss America

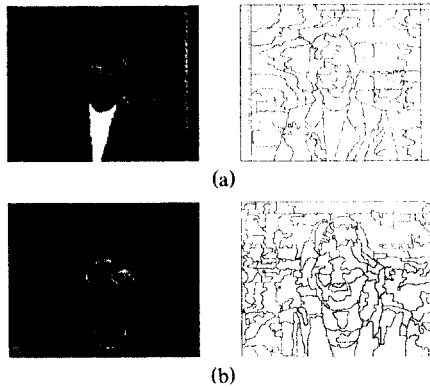


그림 11. 기존의 계층적 분할기법과 정돈 필터를 적용하여 분할된 영상 (a) 단순화 필터의 형태소: 7×7 (b) 단순화 필터의 형태소: 5×5

Fig. 11. The segmented images by the conventional hierarchical segmentation algorithm and contour simplification (a) 7×7 structure element (b) 5×5 structure element

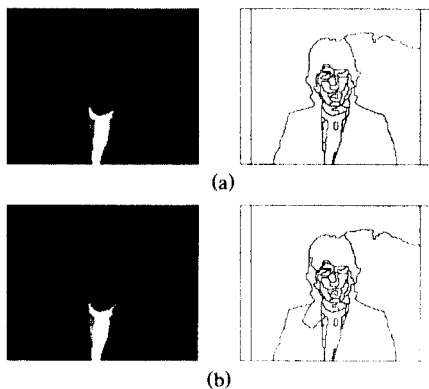


그림 12. 제안한 영역단위의 분할기법과 정돈 필터를 적용하여 분할된 결과영상 (a) 문턱치 21dB (b) 문턱치 23dB

Fig. 12. The segmented images by the proposed regional hierarchical segmentation algorithm and contour simplification (a) threshold 21dB (b) threshold 23dB

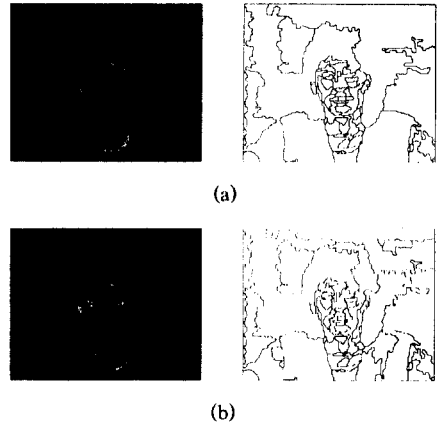


그림 13. 제안한 영역단위의 분할기법과 정돈 필터를 적용하여 분할된 결과영상 (a) 문턱치 29dB (b) 문턱치 31dB

Fig. 13. The segmented images by the proposed regional hierarchical segmentation algorithm and contour simplification (a) threshold 29dB (b) threshold 31dB

표 3. 제안한 영역단위의 계층적 분할 기법과 기존의 계층적 분할 기법의 성능 비교

Table 3. The performance comparison with the proposed regional hierarchical segmentation algorithm and conventional hierarchical segmentation algorithm

	Claire			Miss America		
	그림 11(a)	그림 12(a)	그림 12(b)	그림 11(b)	그림 13(a)	그림 13(b)
PSNR(dB)	27.89	25.35	26.21	30.30	29.95	30.47
영역 개수	73	35	37	112	69	76
경계선 화소	100%	41.93%	43.55%	100%	60.85%	71.84%
경계선 화소당 평균 비트율	1.37	1.30	1.32	1.39	1.40	1.40

VI. 결 론

본 논문에서는 대역폭이 매우 제한된 이동통신 망에서 영상의 전송을 위하여 초저속 영상부호화 기법을 제안하였다. 전송해야 할 정보량은 줄이면서 주관적인 화질을 개선하기 위하여 먼저 영상의 전체적인 정보를 고려하여 적은 수의 영역으로 영상을 거친 분할을 한다. 그때 분할된 각각의 영역은 원영상과 비교해서 서로 다른 화질을 가진다. 배경부분과 같은

평탄한 영역은 인간시각에 민감한 화자가 위치한 영역보다 화질이 상대적으로 좋다. 따라서 화질이 저하되는 영역을 PSNR을 이용하여 선택하고 국부적인 정보에 의한 세부적인 영역으로 나눔으로써 경계선 정보를 줄이면서 주관적 화질을 개선하는 영역단위의 분할기법을 제안하였다. 이는 영상의 전체적인 정보를 고려하여 적은 수의 영역으로 영상을 분할한다. 또한 영역의 효과적인 무손실 체인코딩을 위하여 경계선을 단순화하는 기법을 제안하였다. 이는 교점을 제거하여 체인코딩시에 소요되는 많은 계산량과 버퍼를 줄일 수가 있으며 체인코딩으로 표현할 수 없는 한 화소 두개의 스파크(spark) 같은 영역을 제거한다. 그리고 분할과정에서 큐(queue)를 사용하여 영상에서 스캔(scan)하는 연산을 줄임으로써 계산속도를 개선하였다. 그리고 대역폭이 매우 제한되어 주어지는 이동 통신망에서 분할되는 계층을 결정함으로써 발생하는 비트량을 조절할 수 있다. 또한 블록기반의 움직임 보상기법과 DCT를 사용하는 기존의 부호화 방법은 낮은 전송율에서는 구역화 현상(blocking effect)과 모스키토 현상(mosquito effect)이 발생하여 주관적인 화질의 저하가 많으나 본 논문에서 제안한 방법은 주관적인 화질의 개선을 가져올 수 있었다. 시간축을 고려한 효율적인 3D 분할기법과 영역의 움직임 정보를 이용하여 시간축 잉여(redundancy) 성분을 줄여주는 것에 대한 연구가 계속 되어야 하겠다.

참 고 문 헌

1. G. Musmann, "A layered coding system for very low bit rate video coding," *Signal Processing: Image Communication*, vol. 7, no. 4, pp. 267-278, Nov. 1995.
2. M. Menezes de Sequeira and F. Pereira, "Knowledge-based videotelephone sequence segmentation," *Visual Communications and Image Processing'93*, vol. 2094, Part 2, Nov. 1993.
3. P. Salembier and M. Pardas, "Hierarchical morphological segmentation for image sequence coding," *IEEE Trans. on Image Processing*, vol. 3, no. 5, pp. 639-651, Sep. 1994.
4. C. Gu and M. Kunt, "Contour simplification and

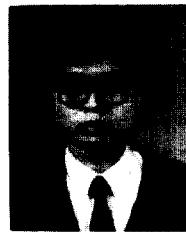
motion compensation coding," *Signal Processing: Image Communication*, vol. 7, no. 4, pp. 279-296, Nov. 1995.

5. 심재창, 조석제, 하영호, "이진 경계코드를 이용한 새로운 영역채움 알고리즘", *대한전자공학회 논문지*, 제26권 제11호, 238-242쪽, 1989.
6. S. M. Ali and R. E. Burge, "A new algorithm for extracting the interior of bounded regions based on chain coding," *Comput. Vision Graphics Image Process.*, 43, pp. 254-264, 1988.
7. L. W. Chang and K. L. Leu, "A fast algorithm for the restoration of images based on chain codes description and its applications," *Comput. Vision Graphics Image Process.*, 50, pp. 296-307, 1990.



박 영 식(Young Sik Park) 정회원
 1969년 4월 18일생
 1992년 2월:경북대학교 공과대학 전자공학과 졸업(공학사)
 1994년 2월:경북대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)

1996년 2월:경북대학교 대학원 전자공학과(박사과정 수료)
 1994년 3월~현재:경북대학교 대학원 전자공학과 박사과정
 ※주관심분야: 영상부호화, 영상통신, 신호처리, 컴퓨터 비전등



김 기 석(Gi Seok Kim) 정회원
 1967년 11월 18일생
 1992년 2월:경북대학교 공과대학 전자공학과 졸업(공학사)
 1994년 2월:경북대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)

1996년 2월:경북대학교 대학원 전자공학과(박사과정 수료)
 1994년 3월~현재:경북대학교 대학원 전자공학과 박사과정
 1997년 3월~현재:경주대학교 컴퓨터·정보공학부 전임강사
 ※주관심분야: 영상처리, 형태 인식, 수리 형태학 등



송근원(Kun Woen Song) 정회원
1968년 7월 1일생
1993년 2월:경북대학교 공과대
학 전자공학과 졸업
(공학사)
1995년 2월:경북대학교 대학원
전자공학과 졸업(공
학석사)

1997년 2월:경북대학교 대학원 전자공학과(박사과정
수료)

1995년 3월~현재:경북대학교 대학원 전자공학과 박
사과정

※주관심분야:영상 압축, 신호처리, 컴퓨터 비전, 수
리형태학을 이용한 영상 처리등임



정의윤(Eui Yoon Chung) 정회원
1969년 6월 16일생
1992년 2월:경북대학교 공과대
학 전자공학과 졸업
(공학사)
1997년 2월:경북대학교 대학원
전자공학과 졸업(공
학석사)

1997년 3월~현재:경북대학교 대학원 전자공학과 박
사과정

※주관심분야:영상 압축, 신호처리, 컴퓨터 비전등

하영호(Yeong Ho Ha) 정회원
한국통신학회 논문지 제20권 4호 참조
현재:경북대학교 전자전기공학부 교수