

# 웨이브릿 변환 영상에서 객체 영역 인식

류권열, 강경원, 이경환  
위덕대학교 컴퓨터멀티미디어공학부

## A Object Region Recognition on the Wavelet Transform Image

Gwon-Yeol Ryu, Kyeong-Won Kang, Kyeong-Hwan Lee  
Division of Computer and Multimedia Engineering, Uiduk University

### 요 약

본 논문에서는 웨이브릿 변환 영상에서 객체 영역을 인식하는 새로운 필터링 방법을 제안하고, 제안한 방법을 이용하여 객체 기반 영상검색 방법을 비교 분석한다. 기존의 방법은 특징벡터를 웨이브릿 변환 영상의 부대역 전체에서 추출하기 때문에 불필요한 배경정보가 포함됨으로써 검색효율이 감소하였다. 그러나 제안한 방법은 객체영역에서 특징벡터를 추출하므로 더욱 정확한 정보가 추출될 뿐 아니라, 불필요한 배경정보를 제거함으로써 검색효율을 향상시키며, 객체의 위치나 크기에 상관없이 검색효율을 일정하게 유지한다.

### 1. 서 론

최근 멀티미디어의 이용이 급속하게 증가함에 따라 멀티미디어 데이터를 체계적으로 분류하고, 효율적으로 검색하는 방법이 요구되고 있으며, 특히 영상데이터의 분류 및 검색방법에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 초기의 영상검색은 텍스트 기반 검색이 연구되었으나 텍스트 기반 영상검색은 색인구축이 수동적이기 때문에 시간과 인력의 소모가 많다. 그리고 멀티미디어 데이터가 가지는 속성을 객관적으로 표현하기 힘들기 때문에 검색할 때 주관적인 입장이 개입되는 문제점이 있다. 이러한 문제점을 개선하기 위하여 영상의 내용을

기반으로 하는 검색방법이 MPEG-7을 중심으로 연구되고 있다. 내용기반 영상검색은 질의영상에 대해 시각적으로 유사한 영상을 검색하여 제시하는 방법이다. 유사도의 기준은 영상에서 추출한 특징정보, 즉 색상, 텍스처, 형태정보 등이 이용된다. 특히 많은 영상데이터들이 웨이브릿 변환을 이용한 압축 형태로 저장 또는 전송되고 있으므로, 웨이브릿 변환영상에서 영상의 특징을 추출하여 검색하는 연구가 활발히 진행되고 있다[1].

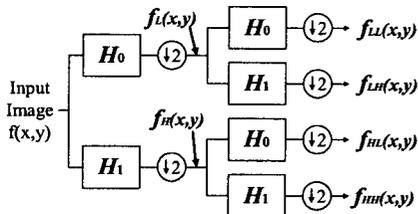
Wang은 웨이브릿 변환된 영상의 최저주파대역 전체에서 히스토그램 특징벡터를 추출하고, 고주파대역에서 텍스처 정보를 추출하는 방법을 제안하

였다[2]. 그러나 이 방법은 불필요한 배경정보가 특징벡터에 포함되어 검색효율을 떨어뜨리는 문제점이 있다. Mandal은 영상의 텍스처 특징벡터 수를 줄이기 위해 모든 부대역을 같은 크기의 영역으로 조절하여 정보를 추출하고, 이를 검색에 이용하였으나 유사도를 측정하는데 많은 시간이 소요되었다[3]. Lu는 영상을 유일한 체인코드로 나타내어 영상의 형태 특징벡터를 추출하였으나 영상의 크기에 상당한 영향을 받는 문제점이 있다[4].

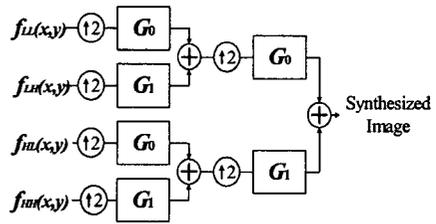
본 논문에서는 웨이브릿 변환된 영상에서 객체 영역을 추출하고, 추출된 객체 영역에 대해서만 색상 및 텍스처 특징벡터를 추출하여 영상검색에 이용하는 방법을 제안한다. 제안한 방법은 객체 영역에서만 특징벡터를 추출함으로써 영상의 위치나 크기에 상관없이 검색효율을 일정하게 유지한다. 또한 특징벡터 수를 줄이더라도 검색효율에는 영향이 없으며, 유사도 측정에 필요한 계산량이 감소되어 빠른 검색을 가능하게 한다.

## 2. 웨이브릿 변환 계수의 특성

영상에 웨이브릿 변환을 적용하면 중요한 정보를 포함하는 저주파대역과 에지 성분을 갖는 고주파대역으로 분할되며, 고주파대역은 수직성분, 수평성분, 대각성분으로 구분된다. 웨이브릿 변환의 분해과정은 그림 1(a)에 나타나는 바와 같이 영상  $f(x, y)$ 에 수평방향으로 저주파 분해필터인  $H_0$ 와 고주파 분해필터인  $H_1$ 를 적용하여 저주파 성분인  $f_L(x, y)$ 와 고주파 성분인  $f_H(x, y)$ 로 분할한 후, 다운샘플링(down sampling)을 한다.



(a) 분해과정



(b) 합성과정

그림 1. 웨이브릿 변환

그리고  $f_L(x, y)$ 와  $f_H(x, y)$ 에 수직방향으로 저주파 및 고주파 분해필터와 다운샘플링을 적용하여 저주파 성분인  $f_{LL}$ , 수평성분이 강조된  $f_{HL}$ , 수직성분이 강조된  $f_{LH}$  및 대각성분이 강조된  $f_{HH}$ 의 부대역 영상을 얻는다. 웨이브릿 변환의 합성과정은 그림 1(b)와 같이 분해영상을 업샘플링(up sampling) 후, 저주파 합성필터인  $G_0$ 와 고주파 합성필터인  $G_1$ 를 적용하여 원 영상을 복원한다.

이러한 웨이브릿 계수는 계수들간의 지역적인 특성과 부대역간의 상호의존 특성을 갖는다. 계수들간의 지역적인 특성은 중요한 정보를 갖는 유효 계수는 다른 유효계수들과 공간적으로 인접한 위치에 존재 할 확률이 높다는 것을 의미한다. 즉 고주파대역에서 유효계수들은 원 영상의 에지 부근에 집중적으로 분포하는 특성이 있다. 또한 계수 값이 작은 무효계수의 경우도 이와 같은 통계적 특성을 갖는다[5,6].

그림 2에서와 같이 부대역간 의존 특성은 상위 레벨 대역의 계수 값이 크면 하위레벨 대역의 상대적으로 위치의 계수 값도 크게 나타날 확률이 높다는 것을 의미한다. 이러한 특성을 이용하여 색상 특징벡터는 최저주파대역에서 추출하고, 텍스처 특징벡터는 고주파대역에서 추출함으로써 유사도 비교에 필요한 특징벡터의 수를 줄일 수 있다. 특징벡터의 수가 감소하여도 웨이브릿 계수의 특성에 따라 검색효율에는 영향을 미치지 않는다.

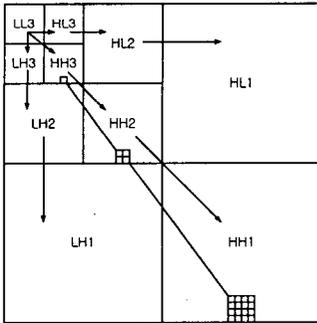


그림 2. 웨이브릿 계수의 특성

### 3. 특징벡터 추출 및 유사도 측정

#### 3.1 색상 특징벡터 추출

대부분 영상들은 RGB 모델의 색상정보를 가지고 있으나, HSI 모델은 근접한 색상에 대한 처리가 용이하고 RGB 모델보다 색상 지각력이 우수하기 때문에 색상 특징벡터 추출에 HSI 모델을 이용한다. 색상 특징벡터 추출은 HSI 영상을 3레벨로 웨이브릿 변환한 후, 최저주파대역에 대해 색상, 채도, 명도를 구분하여 양자화 한다. 그리고 2단계 유사도 측정을 위해 거친(coarse)레벨 양자화와 미세한(fine)레벨 양자화를 적용하여 특징벡터를 추출한다. 특징벡터 수가 적은 거친 레벨 양자화는 색상을 8개 영역, 채도와 명도는 각각 2개 영역으로 양자화 하여 전체 32개 영역으로 나누어 특징벡터를 추출한다. 미세한 레벨 양자화는 색상을 18개 영역, 채도와 명도를 각각 3개 영역으로 양자화하여 전체 162개의 특징벡터를 추출한다. 따라서 색상 히스토그램 bin의 최대 수  $K$ 는 162개이며, 색상 특징벡터의 추출은 식 (1)와 같다.

$$h_c[k] = \sum_{x=0}^{K-1} \sum_{y=0}^{K-1} \begin{cases} 1 & \text{if } Q_c(T_c[x, y]) = k \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (1)$$

식 (1)에서  $T_c[x, y]$ 는 HSI모델의 웨이브릿 변환영상에서 최저주파대역의 좌표를 나타내고,  $Q_c$ 는 양자화된 특징벡터를 나타내며,  $k$ 는  $1 < k < K$ 이다.

#### 3.2 텍스처 특징벡터 추출

텍스처 특징벡터는 웨이브릿 변환 영역에서 각 부 대역 계수 값의 평균  $\mu_m$ 과 표준편차  $\sigma_m$ 을 이용한다. 텍스처 특징벡터는 3 레벨로 분해된 웨이

브릿 변환영상의 부대역 10개, 각 부대역별 평균 및 표준편차 2개, HSI 모델 특징 3개로 구성된다. 즉, 텍스처 특징벡터의 최대 수는  $10 \times 2 \times 3 = 60$ 개이다. 텍스처 특징벡터의 각 부대역별 평균 및 표준편차는 식 (2) 및 식 (3)과 같다.

$$\mu_m^i = \int \int |W_m^i(x, y)| dx dy \quad (2)$$

$$\sigma_m^i = [ \int \int (|W_m^i(x, y)| dx dy - \mu_m^i)^2 dx dy ]^{1/2} \quad (3)$$

식 (2) 및 (3)에서  $W_m^i(x, y)$ 는 부대역의 픽셀 위치를 나타내며,  $i$ 는 색상 모델인  $h, s, i$ 를 나타내고,  $1 \leq m \leq M$ ,  $M = 10$ 이다. 따라서 텍스처 특징벡터는 식 (4)과 같이 구성된다.

$$f = [ \mu_0^h, \sigma_0^h, \dots, \mu_M^i, \sigma_M^i ] \quad (4)$$

#### 3.3 유사도 측정

내용기반 영상검색에서 유사도는 질의영상과 저장영상간의 특징벡터 차이 값을 의미한다. 일반적으로  $L^p$ 공간의 특징벡터  $q, r$ 의 유사도는 식 (5)와 같이 나타낸다.

$$d_L(q, r) = \sum |q - r|^p \quad (5)$$

본 논문에서는 거친 레벨 특징벡터와 미세한 레벨 특징벡터를 이용하여 2단계 유사도 측정을 한다. 유사도 측정방법은 거친 레벨 특징벡터를 이용하여 유사도가 임계값 보다 작은 영상은 선택을 하고 초과하는 영상은 선택하지 않는다. 그리고 선택된 영상에 한정하여 미세한 레벨 특징벡터를 이용한 유사도 측정을 하므로 유사도 측정에 적용되는 비교영상의 수와 계산량을 감소시킨다. 거친 레벨 특징벡터에 대한 유사도 측정은 식 (6)과 같고, 미세한 레벨 특징벡터에 대한 유사도 측정은 식 (7)과 같다.

$$d_c(q, r) = w_0 \sum_{i=0}^{N_c-1} |h_{qi}^c - h_{ri}^c| + w_1 \sum_{i=0}^{N_c-1} |t_{qi}^c - t_{ri}^c| \quad (6)$$

$$d_f(q, r) = w_0 \sum_{i=0}^{N_f-1} |h_{qi}^f - h_{ri}^f|^{0.5} + w_1 \sum_{i=0}^{N_f-1} |t_{qi}^f - t_{ri}^f|^{0.5} \quad (7)$$

식 (6) 및 (7)에서  $q$ 는 질의영상을,  $r$ 는 저장영상을 나타내고,  $w_0, w_1$ 은 색상 히스토그램과 텍스처 특징벡터의 가중치를 나타내며,  $c$ 는 거친 레벨 유사도 측정,  $f$ 는 미세한 레벨 유사도 측정을 나타낸다. 그리고  $h_{qi}^c$ 는 질의영상의 거친 레벨 특징벡터,  $h_{ri}^c$ 는 저장영상의 거친 레벨 특징벡터,

$h_{q_i}^f$ 는 질의영상의 미세한 레벨 특징벡터,  $h_{r_i}^f$ 는 저장영상의 미세한 레벨 특징벡터를 나타낸다.  $M_c$  및  $M_f$ 는 색상 특징벡터 수를 나타내고,  $N_c$  및  $N_f$ 는 텍스처 특징벡터를 나타낸다.

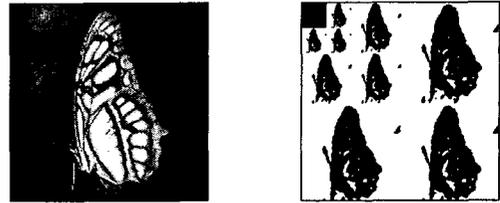
#### 4. 객체영역 인식방법

##### 4.1 중앙영역 선택 방법

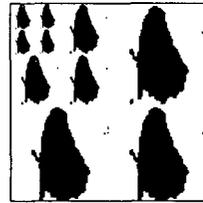
대부분의 영상에서 객체는 영상의 중심에 위치할 확률이 높다. 이러한 특징을 이용하여 웨이브릿 변환영상에서 최저주파대역의 중앙을 기준으로 1/2 크기를 객체 인식영역으로 선택하고, 선택된 객체 인식영역에 대해서만 특징벡터를 추출한다. 이 방법은 단순한 알고리즘을 가지면서 영상의 배경정보를 최소화함으로 검색효율이 기존의 방법보다 뛰어나고, 특징벡터를 추출하는 시간이 짧은 이점이 있다. 그러나 객체가 영상의 중앙에 위치하지 않는 경우는 검색효율이 떨어진다.

##### 4.2 메디안 필터를 이용한 객체영역 인식

메디안 필터를 이용한 객체영역 인식방법은 웨이브릿 변환영상에서 메디안 필터를 이용하여 객체 영역을 설정하고, 설정된 객체영역에서 특징벡터를 추출함으로써 검색효율을 향상시킨다. 제안한 방법은 웨이브릿 변환영상의 고주파대역을 이진화하고, 3개의 고주파대역에 대해 논리합(Logic OR)을 구한 후 메디안 필터를 적용하여 객체영역을 설정한다. 그리고 설정된 객체영역을 이용하여 최저주파대역에서 색상 특징벡터를 추출하고, 고주파대역에서 텍스처 특징벡터를 추출한다. 메디안 필터를 이용하여 추출한 객체 인식영역은 그림 3(b)에서와 같다. 메디안 필터를 이용한 객체영역 추출방법은 영상검색에 불필요한 배경정보를 제거함으로써 검색효율을 향상시키고, 객체의 위치에 무관하게 검색효율을 일정하게 유지하므로 중앙영역 선택 방법의 단점을 보완 할 수 있다. 그러나 메디안 필터를 이용하여 추출한 객체 인식영역은 그림 3(b)에 나타나는 바와 같이 객체의 내부영역에 대해서 효과적이지 못하다.



(a) (b)



(c)

그림 3 (a)원 영상 (b) 메디안 필터를 이용한 객체 영역 (c) 제안한 필터를 이용한 객체 영역

##### 4.3 제안한 필터를 이용한 객체영역 인식

메디안 필터를 이용한 객체 인식영역 추출방법은 객체의 내부영역에서 특징벡터의 추출이 효과적이지 못하다. 따라서 객체의 내부영역에서 효율적인 특징벡터 추출이 가능한 새로운 객체영역 인식 방법을 제안한다. 제안한 방법은 3레벨로 분해된 웨이브릿 영상을 2진 영상으로 변환 한 후, 레벨 1의 고주파대역인 HL1, LH1, HH1 영역에 대한 논리합을 적용한다. 그리고 논리합 영역에 대해 제안한 필터를 적용하여 객체 인식영역을 추출한다. 필터링은 순방향 필터링과 역방향 필터링의 2단계로 적용하며, 3×3 필터를 이용하여 필터 안의 1의 수가 5이상이면 적용된 영역에 모두 1을 할당하고, 필터 안의 1의 수가 5 미만이면 적용된 영역에 모두 0의 값을 할당한다. 필터의 이동은 수평방향과 수직방향으로 2픽셀 씩 이동하면서 적용한다. 순방향 필터링의 결과영상은 아래와 대각선 방향으로 영역이 채워지는 특징이 있으므로, 영상의 마지막 픽셀부터 반대로 수행하는 역방향 필터링의 결과영상과 논리곱(Logic AND)을 적용함으로써 원 영상에 가장 근접하는 객체영역을 얻는다. 그림 3(c)에 나타나는 바와 같이 제안한 필터를 이용하여 추출한 객체영역은 객체내부의 특징벡터를 효과적으로 추출할 수 있음을 알 수 있으며, 제안한 방법에 대한 흐름도는 그림 4와 같다.

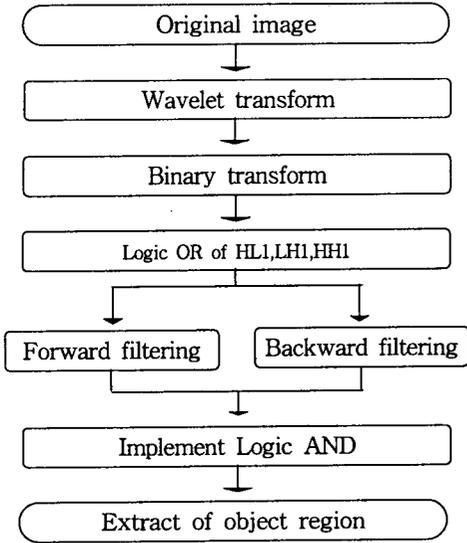


그림 4. 제안한 필터를 이용한 객체 영역 인식 흐름도

### 5. 실험결과 및 고찰

본 논문의 실험에서는 웹에서 얻은 1000개의 영상을 23개의 유형으로 분류하여 적용하였으며, 웨이브릿 변환 필터는 9x7 쌍직교 필터를 사용하였다. 웨이브릿 변환영상의 최고주파 대역에서 제안한 필터를 적용하여 객체영역을 추출한 후, 1/4로 다운샘플링 하여 최저주파대역인 LL3영역과 동일한 크기로 재구성하고, 객체영역이 1로 설정된 위치의 LL3영역 픽셀에 대해 색상 특징벡터를 추출한다. 이때 색상 히스토그램은 스케일링을 하여 객체의 크기에 상관없이 일정한 특징벡터가 되도록 한다. 제안한 방법에 대한 실험결과는 그림5와 같다. 그림5에서 거친 레벨은 색상 특징벡터를 32, 텍스처 특징벡터를 18로 추출한 경우이고, 미세한 레벨은 색상 특징벡터를 162, 텍스처 벡터를 60으로 추출한 경우이다. 검색효율은 결과영상과 분류된 그룹과의 일치도를 계산하였다. 그림5에 나타난 바와 같이 제안한 방법은 객체 인식영역을 설정하여 배경정보를 제거하고, 객체의 위치와 무관하게 특징벡터를 일정하게 추출함으로써 기존의 방법에 비해 검색효율이 우수하다. 또한 새로운 필터 방법은 객체내부의 특징벡터를 효율적으로 추출함으로써 메디안 필터 방법에 비해 검색효율이 향상됨을 알 수 있다.

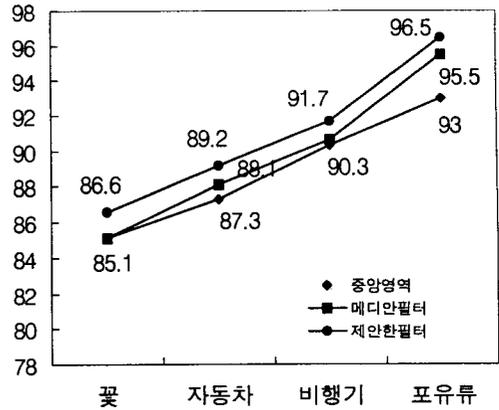


그림 5. 실험결과 1  
(거친 레벨:50, 미세한 레벨:222)

특징벡터 수의 감소에 따른 검색효율의 변화를 나타내기 위해 거친 레벨 특징벡터를 38, 미세한 레벨 특징벡터를 150으로 하여 실험한 결과는 표2에서와 같다. 표 2에 나타난 바와 같이 특징벡터의 수가 감소하여도 검색효율은 일정하게 유지되며, 기존의 방법에 비해 검색효율이 우수함을 알 수 있다.

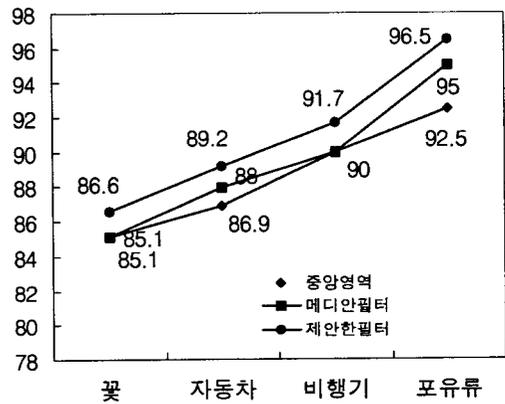


그림 6. 실험결과 2  
(거친 레벨:38, 미세한 레벨:150)

따라서 제안한 객체영역 인식을 이용한 영상 검색방법은 색인에 필요한 특징벡터의 수를 감소시키고, 배경정보를 효과적으로 제거함으로써 검색효율을 향상시킬 뿐만 아니라 검색에 소요되는 계산량을 줄임으로써 빠른 검색을 가능하게 한다.

## 6. 결 론

본 논문에서는 웨이브릿 변환영상에서 객체 영역을 추출하는 새로운 필터링 방법을 제안하고, 중앙영역 선택 및 메디안 필터를 이용한 방법과 비교 분석하였다. 중앙영역 선택 방법은 단순한 알고리즘을 가지면서 영상의 배경정보를 최소화함으로써 검색효율이 일반적인 방법보다 뛰어나고, 특징 벡터를 추출하는 시간이 짧은 이점이 있으나, 객체가 영상의 중앙에 위치하지 않는 경우는 검색효율이 떨어진다. 메디안 필터를 이용한 객체영역 추출 방법은 배경정보를 제거함으로써 검색효율을 향상시키고, 객체의 위치에 무관하게 검색효율을 일정하게 유지하므로 중앙영역 선택 방법의 단점을 보완 할 수 있으나, 객체의 내부영역에서 특징벡터의 추출이 효과적이지 못하다. 따라서 객체의 내부영역에서 효율적인 특징벡터 추출이 가능한 새로운 방법을 제안하였다. 제안한 방법은 객체의 크기나 위치에 상관없이 배경정보를 효과적으로 제거함으로써 검색성능을 향상시킨다. 그리고 객체 인식영역에서만 특징벡터를 추출하기 때문에 특징벡터 수를 어느 정도 줄이더라도 일정한 검색효율을 나타내며, 빠른 검색을 가능하게 한다. 실험결과 제안한 방법은 객체의 유형에 따라 차이는 있으나 1.4% ~ 4%의 개선 효과가 있음을 알 수 있었다. 제안한 방법은 완전한 객체 인식영역을 추출하므로 영상검색뿐 아니라 영상의 부분 압축이나 객체 기반 압축 분야 등에 이용이 가능할 것으로 생각된다.

## 참고문헌

- [1] J. R. Smith and S. F. Chang, "Automated binary texture feature sets for image retrieval," Acoustics, Speech, and Signal Processing. ICASSP-96. Conference Proceedings. 1996., IEEE International Conference on, vol. 4, pp. 2239-2242, Apr. 1996.
- [2] Changliang Wang, Kap Luk Chan, and Stan Z Li, "Spatial-Frequency Analysis for Color Image Indexing and Retrieval" The Fifth ICARCV, pp. 1461-1465, Dec, 1998.
- [3]. K. Mandal and T. Aboulnasr "Fast Wavelet Histogram Techniques for Image Indexing,"

Computer Vision and Image Understanding, Vol. 75, pp. 99-110, Jul. 1999.

- [4] Guojun Lu, "An approach to image retrieval based on shape," Journal of Information Science, vol. 23(2), pp. 119-127, Nov. 1995.
- [5] M. K. Mandal, T. Aboulnasr, "IMAGE INDEXING USING MOMENTS AND WAVELETS," IEEE Trans. on Consumer Electronics 42(3), pp. 557-565, Jun. 1996.
- [6] J. Shapiro, "Embedded Image Coding Using Zerotree of Wavelet Coefficients," IEEE Transactions on Signal Processing, vol. 41, no. 1, pp. 3445-3462, Dec. 1993.