

# 웨이브렛 변환에 기반한 밝기 변화와 회전에 적응적인 영상 검색 알고리즘

이한정\*, 박정호\*\*, 곽훈성\*

\*전북대학교 컴퓨터공학과

\*\*ETRI

e-mail : sosim@moak.chonbuk.ac.kr

## An Adaptive Image Retrieval Algorithm for Brightness Transforms and Rotational Image based on Wavelet Transform

Han-Jung Lee\*, Jeong-Ho Park\*\*, Hoon-Sung Kwak\*

\*Dept of Computer Engineering, Chon-Buk National University

\*\* ETRI

### 요 약

본 논문에서는 최근 영상 처리 및 검색 분야에서 많이 활용되고 있는 웨이브렛 변환과 원 영상의 영역 분류를 이용하여 밝기가 변화된 영상과 회전된 영상의 검색이 가능한 알고리즘을 제안하였다. 제안한 방식을 통해 영상 전체에 대해 검색이 수행되지 않고 영역 분류 결과인 블록맵과 변환 대역에서의 분산값을 이용함으로써 적은 양의 정보만을 저장하고, 이를 기반으로 영상 검색을 수행함으로써 검색 속도의 향상과 효율적인 검색이 가능함을 실험을 통해 확인하였다.

### 1. 서론

멀티미디어 정보가 대부분인 최근 정보화 사회의 빠른 발전과 컴퓨터 소프트웨어 및 하드웨어의 발전으로 인터넷상에는 많은 영상 정보가 급증하고 있다. 이러한 멀티미디어 및 영상 정보 중 사용자가 필요로 하는 영상을 검색, 저장 그리고 관리하는 것은 매우 중요한 일이다. 특히, 영상 검색의 경우 질의 영상과 같은 영상 또는 최대한 비슷한 영상을 찾아야 하는데 영상이 회전되었을 경우에는 검색에 상당한 어려움이 있다 [1-4].

이러한 회전된 영상 검색을 위하여 본 논문에서는 최근 영상처리 분야에서 많이 사용되고 있는 웨이브렛 변환(wavelet transform)과 공간 영상(spatial image)의 영역 분류 사이에 상관 관계를 이용하여 영상이 회전되었을 경우에도 검색이 가능한 알고리즘을 제안한다.

본 논문에서는 질의 영상의 블록맵(block map)과 웨이브렛 변환 후 분산값을 생성한다. 생성된 질의 영상의 블록맵을 블록맵 데이터베이스(block map database : BM DB)와 비교하여 1차 후보 영상을 추출하고, 추출된 1차 후보 영상은 WT-E(wavelet transform -energy) DB와 비교하여 최종 후보 영상을 추출하는 과정을 거쳐 영상의 내용 기반 검색과 회전된 영상의 검색을 수행하였다.

본 논문의 구성은 2장에서는 웨이브렛 변환 기법에 대하여 소개하고, 3장에서는 제안한 영상검색 시스템과

1차 후보 영상, 최종 결과 영상 선정 방법에 대하여 설명하며, 4장에서는 제안한 방법의 실험 결과를 마지막으로 5장에서 결론을 맺는다.

### 2. 웨이브렛 변환 기법과 전처리 과정

#### 2.1 웨이브렛 변환 기법

웨이브렛 변환은 최근 10여 년 간 영상 및 신호처리 분야에서 새로운 기법으로 소개되어 영상 검색, 영상 압축, 디지털 영상 워터마킹 등 많은 분야에 응용되어 활발한 연구가 진행 중인 변환 기법 중 하나이다. 웨이브렛 변환은 계산량이 적고 속도가 빠르며, 전체 영상을 한꺼번에 처리하기 때문에 블록화 현상이 발생하지 않는다. 또한 영상 신호를 변환한 후, 주파수 영역에서의 특성과 공간 영역에서의 특성을 동시에 이용할 수 있다는 장점이 있다.

웨이브렛 이론은 응용 수학에서 처음 소개된 후, 최근 컴퓨터 비전 분야에서 연구되어 온 다해상도 표현과 연관성이 있음이 밝혀졌으며 이산(discrete) 웨이브렛 이론은 이산 신호의 부대역 분해 방법과 연관성이 존재한다[2].

웨이브렛 변환의 기본 개념은 임의의 함수를 시간-주파수 영역에서 동시에 극부성을 갖는 웨이브렛 기저함수의 선형 결합(super position)으로 표현하는 것이며, 임의의 기저함수(basis function)  $\psi(x)$ 의 확장

(dilating)과 천이(translation)에 의해 생성되며, 아래 수식 (1)과 같이 표현된다.

$$\psi_{a,b}(x) = \frac{1}{\sqrt{a}} \psi\left(\frac{x-b}{a}\right) \quad (1)$$

여기서  $a$ 는 스케일 변수이고  $b$ 는 천이 변수이다.  $\psi(x)$ 는  $a < 1$ 이면 폭이 작은 고주파 웨이브렛으로 신호의 고주파 성분 분해에 이용되고,  $a > 1$ 이면 폭이 넓은 저주파 성분 분해에 이용된다[5-8].

본 논문에서는 영상을 3단계 웨이브렛 변환을 수행한 후 LL3 대역 영상을 가지고 실험을 수행하였다. 웨이브렛 변환 후 LL3 대역 영상은 원 영상의 1/64 크기이지만 원 영상 정보의 대부분을 포함하고 있기 때문에 영상 검색 분야에서는 저장 공간의 효율성과 검색 시간의 단축 등 여러 가지 장점을 가지고 있다. 이러한 장점으로 웨이브렛 변환은 영상 검색, 영상 데이터베이스 등 많은 응용분야에 활용할 수 있다.

다음 Fig 1 은 3단계 웨이브렛 변환의 형태를 보여 주고 있다.

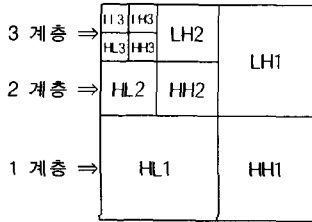
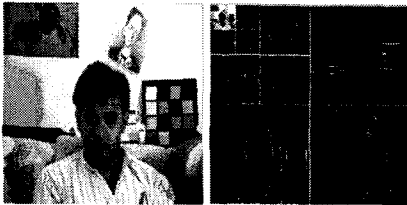


Fig 1. 3 layer decomposed wavelet transforms

아래 Fig 2 는 본 논문의 질의에 사용된 원 영상과 3계층 웨이브렛 변환 후 영상을 보여 주고 있다. Fig 2 에서 보는 것과 같이 3단계 저주파 대역(LL3)에는 원 영상 정보의 대부분이 모여 있음을 알 수 있으며, 나머지 다른 대역의 경우 윤곽선 정보가 나타남을 알 수 있다.



(a) 원 영상 (b) 웨이브렛 변환된 영상  
Fig 2. Decomposed image by wavelet

## 2.2 전처리 과정

본 논문에서 전처리 과정은 두 과정으로 다시 세분하여 생각할 수 있다. 먼저 검색 대상이 되는 데이터베이스에 저장되어있는 영상의 블록맵의 개수 비교를 위한 과정과 웨이브렛 변환을 위한 과정으로 나누어 볼 수 있다.

첫 번째 과정은 검색 대상 영상에 대하여 각 영상을 일정한 크기의 블록으로 분할한 후 각 블록별 표준

편차를 구한 후 문턱치 값을 사용하여 두 개의 영역 즉, 에지 영역과 배경 영역으로 분류하고 각 영상에 대한 블록맵의 에지 개수와 전체 영역에서 에지 영역이 차지하는 비율을 블록 맵 데이터 베이스(BM DB)에 저장하여 놓는다.

두 번째 과정을 검색 대상 영상에 대하여 각 영상을 3단계 웨이브렛 변환 후 각 부대역별 에너지 값을 각 대역별 웨이브렛 에너지 데이터 베이스(WT-E DB)에 저장하여 놓는다.

## 3. 영상 검색 시스템

본 논문에서 제안한 시스템에서의 영상 검색 절차는 다음과 같다. 질의 영상이 입력되면 질의 영상에 대한 영역분류를 먼저 수행한 후, 블록맵을 생성하게 되며 이를 통해 블록맵 데이터베이스와 비교하여 1차 후보 영상을 선정한다. 선정된 후보 영상에 대하여 웨이브렛 변환 후 각 대역별 WT-E DB와 질의 영상의 웨이브렛 변환 후 각 대역별 에너지와의 정합을 이용하여 최종 영상을 얻을 수 있다.

Fig 3은 본 논문에서 제안한 영상검색시스템의 블록도를 나타낸 것이다. 블록맵(block map: BM) 데이터베이스와 웨이브렛 변환 후 각 대역별 에너지(Wavelet Transformed Energy: WT-E)데이터베이스는 전처리 과정에서 구축되어 있다.

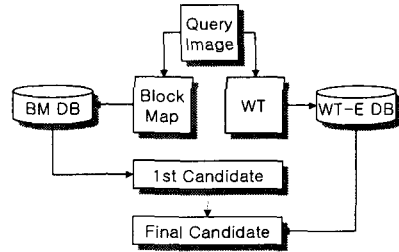


Fig 3. 제안한 시스템 구조도

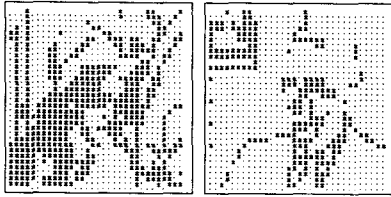
각 단계별 처리 과정에 대해서 살펴보기로 한다.

### 3.1 영역 분류를 통한 1차 후보 영상 검색

영상 검색을 위해서는 먼저 영상을 인식하는 과정이 필요하다. 영상의 인식을 위해서는 크게 2개의 영역 즉, 배경 영역과 에지 영역으로 구분하는 것이 필요하다. 배경 영역 적고 에지 영역이 많은 영상일수록 복잡한 형태를 가진 영상이 될 것이다. 이러한 에지 영역은 영상 검색 시 사용되는 기본적인 영역이 된다. 본 논문에서 제안한 영상 검색은 이러한 사실에 기반을 두고 가장 먼저 영상을 2개의 영역으로 분류하는 과정을 수행하였다. 이를 위해 원 영상을 일정 크기(2<sup>n</sup> × 2<sup>n</sup>)의 블록으로 분해하고, 각 블록의 표준편차를 구한다. 구해진 표준편차를 주어진 문턱치 값을 기준으로 2개의 그룹으로 분류하였다. 본 논문에서 사용된 문턱치 값은 15가 주어졌으며 이는 문헌 [2]에 의거하였다.

Fig 4는 Lenna와 Cronkite 영상에 대해 본 논문에서 제안한 알고리즘을 통해 구해진 블록맵을 나타낸 것이다. 영상 내에서 변화가 있는 영역과 그렇지 않은 영역을 잘 구분하는 것을 알 수 있다. 이러한 블록맵은 영상 검색 시 1차 후보 영상을 검색하는데 이용될 수

있다. 즉, 질의 영상과 데이터베이스에 저장된 이들 블록맵의 정합을 통해 일정 수준 이상 정합도가 일치한다면 질의 영상과 유사한 영상으로 판정할 수 있게 된다. 이러한 정합도를 구하기 위해 일대일 정합과 전체 영역에서 에지 영역이 차지하는 비율 두 가지 모두를 이용하였다.



(a) Lenna (b) Cronkite

Fig 4. 영역 분류를 통해 얻어진 블록 맵

일대일 정합은 주어진 블록맵과의 유사성을 얻기 위해 사용되지만 영상이 이동하거나 변화가 있을 경우 정확성을 기하지 못한다는 문제점이 있다. 이를 보완하기 위해 에지 영역이 전체에서 차지하는 비율을 추가로 적용하게 된다. 이와 같이 에지 영역이 차지하는 비율을 추가하여 적용함으로써 영상이 약간 이동한 경우 또는 밝기 변화 등 변화에 관계없이 주어진 영상의 복잡도를 구할 수 있기 때문에 질의 영상과 유사한 복잡도를 갖는 영상을 검색할 수 있다.

### 3.2 웨이브렛 변환 대역 에너지를 이용한 최종 후보 영상 검색

3.1 절에서 제안한 방법을 사용함으로써 질의 영상과 유사한 1차 후보 영상을 얻을 수 있다. 물론 질의 영상에서의 이동이나 변화가 없다고 가정하면 1차 후보 영상만으로 만족할 만한 결과를 얻을 수 있지만, 영상의 밝기가 변화하거나 영상이 회전 혹은 이동할 경우 좋은 결과를 얻을 수 없게 된다. 웨이브렛 변환은 영상의 시공간 주파수를 분석하는데 매우 유용한 도구이기 때문에 1차 후보 영상에서 질의 영상과 밀접한 영상을 검색하는데 효율적으로 사용될 수 있다.

웨이브렛 변환 후, 각 대역은 원 영상에서의 에지 변화를 잘 표현하게 된다. 따라서 각 대역에서의 분산값을 조사함으로써 밝기 변화와 회전에 적응적인 결과를 나타내는 시스템을 구현할 수 있다. 이를 위해 질의 영상의 웨이브렛 변환 대역의 분산값을 구한 다음, 검색 대상 영상의 각 대역별 분산값을 구하여 저장되어 있는 웨이브렛 에너지 데이터베이스(WT-E DB)와 같은 대역간 분산값을 비교하여 주어진 오차 범위 내에 위치한 영상을 선택하게 된다. 실제로 같은 영상이지만 밝기가 다른 영상과 180도 회전된 영상은 제안된 방식으로 검색이 가능하며 이는 웨이브렛 변환의 특성을 이용한 것이다.

### 4. 실험 결과 및 고찰

본 논문에서는 제안한 방식의 효율성을 입증하기 위하여 얼굴과 관련된 많은 영상을 본 논문에서 제안한 방식으로 처리한 후, 질의 영상을 입력하여 블록맵과 웨이브렛 변환 영역의 분산값이 저장되어 있는 데이터 베이스와 비교하여 질의 영상과 동일한 영상, 유

사한 영상 그리고 회전된 영상을 찾는 방식으로 시물 레이션을 수행하였다.

실험을 위해 사용된 사진 입력 값 가운데, 1차 후보 검색 시 1대 1 매핑에 사용된 값은 85% 이상이 같은 블록맵을 형성하고 있을 경우, 그리고 영상에 포함된 에지 영역이 질의 영상과 85% 이상이 유사할 때 후보 영상으로 선정하였다. 2차 검색 시에는 변환 대역에서 분산값의 오차가  $\pm 15\%$  이내인 대역이 5대역 이상인 경우에 한정하여, 최종 후보 영상으로 판정하였다.

다음 Fig 5 는 실험에 사용된 영상 중 일부를 나타낸 것이다. 실험에서는 Fig 5 에 나오는 영상들의 밝기가 변환된 영상, 180도 회전된 영상과 약간 회전된 영상이 전부 사용되었다.



Fig 5. 실험에 사용된 영상 중 일부



Fig 6. 질의 영상

Fig 6 은 본 실험에 사용된 영상 중에서 질의 영상으로 사용된 영상이다. 비교적 밝은 배경을 포함하고 있으며 약간 복잡한 배경의 영상에 해당한다. 이때 질의 영상의 에지 블록수는 461개이다.

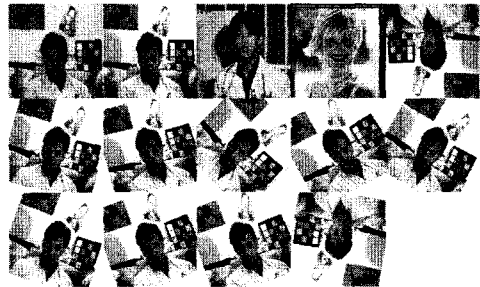


Fig 7. 1차 후보 영상

Fig 7 은 1차 검색에서 선정된 후보 영상 중 질의 영상과 관련된 영상을 나타낸 것이다. 전체적으로 밝기와 형태 면에서 유사성이 있는 반면 중간 2개는 배경 및 밝기에서 차이를 보이고 있다. 그러나 에지의 블록

수가 오차 범위 이내이므로 1차 후보로 선정 되었다. 또한 회전된 영상과 180도 회전된 영상도 검색됨을 확인할 수 있다. 각 영상의 에지 블록수는 좌측부터 382, 461, 398, 518, 461, 456, 464, 430, 439, 440, 452, 432, 459, 460 개이다.

그러나 1대 1 매핑에서의 매핑 확률은 대부분 60% 이하로서 주어진 조건을 만족하지 못하고 있다. 따라서 1대 1 매핑은 질의 영상과 거의 유사한 영상이 아닐 경우 조건으로서 큰 작용은 하지 못하는 것으로 판정된다. 하지만 이러한 조건이 빠질 경우 같은 영상이라 할지라도 밝기의 변화나 약간의 잡음이 첨가된 영상을 검색할 수 없는 오류가 발생할 수 있기 때문에 결코 무시할 수 없는 조건이라 말할 수 있다. 최종 검색 결과로 찾아진 영상은 Fig 8 과 같다.

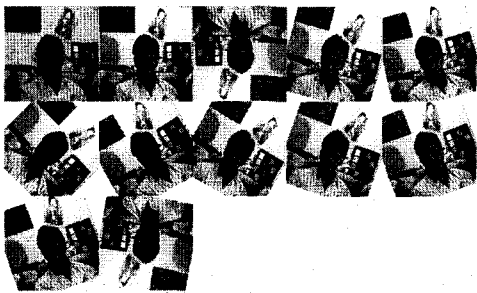


FIG 8. 최종 검색 결과 영상

Table 1. 각 영상별 웨이브렛 변환 대역에서의 분산 값

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
가	9.6	3.9	10.0	6.9	2.5	8.0	3.7	1.0	4.4
나	11.4	4.9	13.4	7.9	2.9	9.0	4.3	1.1	5.4
다	11.1	4.7	11.9	7.7	2.9	8.9	4.6	1.1	5.2
라	10.5	5.1	12.3	7.7	3.4	9.2	4.2	1.2	5.3
마	11.3	5.4	12.4	8.2	3.5	8.8	4.7	1.2	5.2
바	10.1	7.9	10.3	7.2	5.1	7.9	3.9	1.8	4.4
사	10.4	7.1	10.3	7.7	4.6	7.7	4.3	1.7	4.6
아	10.2	6.6	11.3	7.3	4.4	8.4	3.9	1.7	4.8
자	11.3	5.6	11.8	8.1	3.8	8.5	4.5	1.4	5.0
차	10.6	5.5	12.1	7.5	3.6	8.9	4.1	1.3	5.2
카	11.5	5.0	12.2	8.7	3.1	9.3	4.9	1.1	5.3
타	10.3	4.8	12.6	8.0	3.1	9.4	4.4	1.1	5.5

질의 영상과 밝기 및 형태에서 가장 유사한 영상, 질의 영상이 약간 회전된 경우와 180도 회전된 영상의 검색도 수행함을 확인할 수 있다. 이들 영상에 대한 웨이브렛 변환 대역에서의 분산 값은 Table 1과 같다. 영상의 대역 분산의 오차 적어 거의 같은 형태임을 확인할 수 있다. 이는 두 영상의 밝기 그리고 에지의 변화도 또한 매우 유사한 영상임을 말해주는 것이다.

### 5. 결 론

본 논문에서는 동일한 영상, 유사한 영상, 약간 회전된 동일 영상 그리고 180도 회전된 영상을 검색하기 위하여 영상의 특징을 나타내어주는 블록맵 추출과 웨이브렛 변환을 이용하여 영상을 검색하고자 하였다.

영상 검색은 공간 영역에서 영상의 특징을 검출하기 위해 영역분류를 수행한 후 그 특징점인 블록맵을

데이터베이스에 저장하여 이를 1차 검색 요소로 사용하였고, 영상에서의 밝기 변화가 변환 대역에서는 영향을 미치지 않는다는 특성을 이용하여 이를 2차 검색을 위한 기준으로 사용하였다. 실험 결과 같은 영상인 경우 영상의 밝기 변화에 관계없이 적용적으로 동작하여 좋은 결과를 얻을 수 있음을 확인하였다. 영상의 밝기가 변환되어 회전된 경우라 할지라도 영상의 전체적인 에너지 값(또는 엔트로피)은 변하지 않기 때문에, 회전전의 영상과 회전 후의 활성 블록의 수는 변함이 없게 된다. 따라서 본 논문에서 제안한 방식처럼 1차 후보 영상 선택 시에 영상의 밝기 변화와 회전에 관계없이 (회전 각도에 불변) 질의 영상에 가장 가까운 영상을 검색할 수 있게 된다.

만일 영상이 180도 회전된 경우라면 웨이브렛의 특성을 이용 에지의 기술기에는 변함이 없어 질의 영상에 가장 밀접한 영상을 찾을 수 가 있다. 그러나 90도 정도 회전된 경우라면 에지의 기술기가 반대로 되기 때문에 1차 후보 영상에 대하여 같은 대역이 아닌 반대 대역에 대해서도 비교를 해야 하는 상황도 고려를 해야 한다. 본 논문에서는 90도 회전된 영상에 대한 검색은 향후 연구방향으로 남기고, 180도 회전 영상과 한정된 회전 영상만을 고려한 실험을 수행하였다.

제안한 시스템에서는 적은 값으로 영상 검색을 수행 할 수 있으므로 수행시간의 단축과 회전된 영상의 경우에도 검색이 가능함을 알 수 있었다. 마지막으로 잡음이 첨가된 영상 그리고 다양한 각도로 회전된 영상 등 변화에 적응적인 연구가 진행되어야 할 것으로 생각된다.

### 참고문헌

1. 이동호, 송용준, 김형주 SCARLET : 웨이브릿 변환을 이용한 내용기반 이미지 검색 시스템의 설계 및 구현, 정보과학회 논문지(c) 제 3권 제 4호, pp 353-364, 1997. 8
2. 박정호, 영역 분류와 웨이브렛 변환을 이용한 영상 부호화, Ph.D Thesis, 전북대학교, 2001. 8.
3. 박효서, 박상주 웨이브릿 기반 대역별 독립 공간 부호화에 의한 영상 압축, 정보처리학회 논문지 제 8-B 권 제 2호, pp 208-214, 2001. 4
4. 김정일, 김재철, 강경인, 박경배, 이광배, 김현욱 웨이브렛 변환을 이용한 영상압축에 관한 연구, Journal of the Research Institute of Industrial Technology, Myongji University, pp 56-63, Volume 16, 1997.
5. 김상연, 윤정모 Wavelet 변환을 이용한 영상 압축 및 검색 시스템의 구현, 서울산업대학교 논문집 제50호, pp 269-277, 1999. 12
6. J.M. Shapiro, "Embedded Image coding Using Zerotree of Wavelets Coefficients," IEEE Tran. on Signal Processing, vol.41, no.12, pp.3445-3462, Dec., 1993.
7. Martin Vetterli and Jolena Kovacevic, "Wavelets and Subband Coding", Prentice-Hall, 1995.
8. Gonzalez & Woods, "Digital Image Processing", Addison Wesley, 1992.
9. 강현배, 김대성, 서진근, "웨이브릿 이론과 응용", 아카넷, 2001.