

웨이블렛 변환을 이용한 대화형 유전자 알고리즘의 인코딩 방법

Encoding Method for Interactive Genetic Algorithm by Wavelet Transform

이 주영, 조 성배
연세대학교 컴퓨터과학과

Joo-Young Lee and Sung-Bae Cho
Computer Science Department, Yonsei University

기존의 유전자 알고리즘과는 달리 대화형 유전자 알고리즘은 평가치를 인간이 제시할 수 있기 때문에 인간의 직관이나 감성을 효과적으로 표현할 수 있다는 장점이 있다. 대화형 유전자 알고리즘을 기반으로 내용 기반 영상 검색 시스템을 구축한 바 있는데, 이 시스템은 웨이블렛 변환을 통하여 기술된 영상을 내용에 기반하여 검색할 수 있도록 한다. 본 논문에서는 이러한 웨이블렛 변환으로 얻어진 계수가 유전자 알고리즘의 염색체 표현으로 효과적인지를 실험적으로 평가하고자 한다. 소규모의 영상 데이터베이스에 대하여 실험한 결과 웨이블렛 변환으로 기술된 염색체들이 유전자 알고리즘의 교차 연산에 대하여 의미 있는 후보를 찾아낸다는 사실을 확인할 수 있었다.

1. 서론

멀티미디어 데이터베이스의 사용이 빈번해짐에 따라 내용을 기반으로 영상을 검색할 수 있도록 하는 시스템이 많이 개발되고 있다. 이전의 연구에서 영상 검색을 하는데 있어서 사용자의 직관이나 감성을 효과적으로 반영할 수 있도록 하기 위한 시스템을 유전자 알고리즘을 기반으로 하여 구현한 바 있다[5]. 시스템의 구현 시, 내용 기반 영상 검색을 하기 위해 영상을 대표하는 특징이 무엇인가, 특징 값들을 어떻게 추출하여 비교할 것인가, 그리고 검색을 하기 위한 검색 기법은 어떤 것으로 할 것인가에 대한 고려가 필요했다.

제안한 시스템에서는 우선 데이터베이스에 존재하는 영상에 대해 내용 기반 검색을 위한 특징 추출 방법으로 웨이블렛 변환을 선택하였다. 웨이블렛 변환은 변환의 결과로 얻어진 계수들을 적절히 선택함으로써 원하는 효과를 얻을 수 있다는 점에서 내용 기반 영상 검색 시스템에서 영상에 대한 특징 추출 방법으로 많이 사용하고 있는 방법 중의 하나이다.

또한 검색 방법으로는 대화형 유전자 알고리즘을 사용하였는데, 이것은 유전자 알고리즘에서 개체 선택에 반영이 되는 적합도 값을 미리 정해진 적합도 함수에 의하는 것이 아니라 사용자로부터 적합도를 제공하도록 하게 함으로 각 세대마다 사용자의 취향이 적절히 반영되도록 한다[1,2]. 이때, 교차 연산자는 염색체 교환을 통해 두 개체의 우수한 형질을 적절히 조합하여 새로운 개체를 생성하는 역할을 한다는 측면에서 유전자 알고리즘의 성능에 중요한 영향을 미친다.

이전의 연구에서는 이 시스템의 성능을 평가하기 위해 단순한 실험과 그에 대한 설문만이 실행되었다[6]. 본 논문에서는 웨이블렛 계수가 유전자 표현으로 적절한지를 알아보기 위해 유전자 알고리즘의 본질적인 조작이 되는 교차 연산자를 적용하고 그 결과에 대한 분석을 함으로 효용성을 평가하고자 한다.

2. 웨이블렛 변환과 유전자형

웨이블렛은 압축 이외에도 영상 처리에 필수적인 도구이다. 저역통과 필터, 잡음 제거, 에지 보존 평활화, 에지 탐색과 같은 문제에 적용될 수 있다. 이들은 영상의 내용은 보존하면서 요구되는 효과가 얻어지도록 웨이블렛 계수들을 적절히 선택함으로써 구현될 수 있다[3].

본 시스템에서는 Haar 웨이블렛 변환을 사용하는데 이는 Mallat의 알고리즘[3]을 사용하여 구현될 수 있다. 영상에 대한 2 차원 웨이블렛 변환은 원 영상을 4 개의 부 영상으로 분할한다. 이 분할은 다음의 식(1)-(4)에 의해 이루어진다. 이 식에 의해 얻어지는 부 영상은 원 영상이 갖는 계수의 반만으로 이루어

진, 즉 해상도가 낮아진 영상이며, 이 부 영상에 대해 같은 분해를 반복하는 과정에서 원하는 계수를 취사선택함으로써 원하는 효과를 얻을 수 있다[8].

$$c_{j-1, m_1, m_2} = \frac{1}{4} \sum_{k_1, k_2=0}^1 h_{k_1} h_{k_2} c_{j, k_1+2m_1, k_2+2m_2} \quad (1)$$

$$d_{j-1, m_1, m_2}^1 = \frac{1}{4} \sum_{k_1, k_2=0}^1 h_{k_1} g_{k_2} c_{j, k_1+2m_1, k_2+2m_2} \quad (2)$$

$$d_{j-1, m_1, m_2}^2 = \frac{1}{4} \sum_{k_1, k_2=0}^1 g_{k_1} k_{k_2} c_{j, k_1+2m_1, k_2+2m_2} \quad (3)$$

$$d_{j-1, m_1, m_2}^3 = \frac{1}{4} \sum_{k_1, k_2=0}^1 g_{k_1} g_{k_2} c_{j, k_1+2m_1, k_2+2m_2} \quad (4)$$

유전자 알고리즘에서 표현형에 의해서 규정되는 실행 가능한 해의 후보들이 모여서 이루어진 공간을 문제 공간이라 하고, 유전자형에 의해서 규정되는 공간을 GA 공간이라고 한다[7]. 이 시스템에서는 영상들로 구성된 데이터베이스를 문제 공간으로 하고, 문제 공간의 영상 특징을 GA 공간에서 염색체의 표현으로 사용하기 위해서 각 영상들을 대상으로 웨이블릿 변환을 수행한다. 그 결과로 얻어진 계수들(3 × 50 배열)은 각 영상에 대한 특징을 나타내며 GA 에서 유전자형으로 사용된다[5]. 본 시스템의 검색에서는 영상에 대한 상세한 사항들은 필요가 없으므로 위에서 언급한 바와 같은 웨이블릿 변환의 특성에 근거하여 계수 값 중 의미 있는 일부만을 선택하여 영상에 대한 특징으로 사용한다. 여기서는 절대값이 큰 계수들을 특징으로 추출한다. 또한 선택된 계수들의 값이 아니라 그 부호 정보만을 저장함으로써 영상에 대한 저장 공간의 절약과 더불어 탐색 속도를 개선시킨다.

3. 대화형 유전자 알고리즘

대화형 유전자 알고리즘은 사용자로 하여금 제시된 각 영상에 대한 적합도를 결정할 수 있게 하여 영상 검색시 사용자의 주관적인 기호가 반영될 수 있는 방법이다. 이것이 기존의 내용 기반 영상 검색 시스템과의 중요한 차이점이라고 할 수 있다.

유전자 알고리즘은 확률적인 탐색 기법의 하나로 선택, 교차 그리고 돌연변이 연산자에 의해 수행된다. 선택은 집단에 있어서 적응도의 분포에 따라 다음 세대에 생존하는 개체군을 확률적으로 결정한다. 그러나 개체의 취사선택만으로 새로운 개체의 생성이 수행되는 것은 아니다. 새로운 개체의 생성은 교차와 돌연변이에 의해 이루어진다. 교차는 두 개체 사이의 염색체 교환을 통하여 새로운 개체를 생성하는 것인데 양쪽 부모의 우수한 부분 형질이 적절히 자식에게 전송된다면 탐색에 있어서 비약적인 발전을 가져온다. 돌연변이는 어떤 염색체 상의 어떤 유전자 좌의 값을 다른 대립 유전자와 바꾸어 넣는 것으로 치사 유전자를 만들어 낼 수도 있고, 대립 유전자 회복에 기여할 수도 있는 양면성을 지니고 있다.

따라서 유전자 알고리즘에 있어서 본질적인 조작은 교차이며, 교차를 유용하게 기능시키기 위해서는 표현형에 의해서 규정되는 문제 공간과 유전자형에 의해 규정되는 GA 공간 사이의 사상 및 역사상을 다루는 코드화 문제에 대해 논의하는 것이 필요하다[7]. 코드화와 교차의 방법은 문제 영역에 의존적으로 정의되지만 보편적으로는 부모가 지니고 있는 우수한 형질을 유전시킬 수 있는 방법을 필요로 한다. 따라서 각 문제에 정의된 코드화와 교차가 형질 유전성을 만족시키는지를 평가함으로써 더 나은 성능을 발휘하는 방법을 고안해 낼 수 있을 것이다.

4. 실험

본 실험은 펜티엄 PC 에서 마이크로소프트 Visual C++을 사용하여 구현된 시스템에서 영상 데이터베이스 170 개를 대상으로 실행되었다. 실험의 목적은 소규모의 데이터베이스에 존재하는 영상을 대상으로

웨이블렛 변환을 실행한 후 생성된 웨이블렛 계수를 유전자 알고리즘의 염색체 표현으로 사용하였을 때 효과적인지를 테스트 하기 위한 것이다. 실험은 다음과 같은 방법으로 진행되었다. 우선 데이터베이스에 존재하는 두 개의 영상을 선택한 후 그 영상에 대해 웨이블렛 변환을 하였다. 다음 단계로 변환 후 얻어진 웨이블렛 계수를 염색체 표현으로 하여 교차 연산자를 적용하여 새로운 개체를 생성하였다. 이렇게 생성된 개체와 가장 가까운 웨이블렛 계수를 갖는 영상을 데이터베이스에서 찾아내어 이를 결과로 제시한다. 이때, 유사도는 각 개체의 염색체에서 같은 유전자 좌를 갖는 웨이블렛 계수들간의 차에 의해 결정되었다.

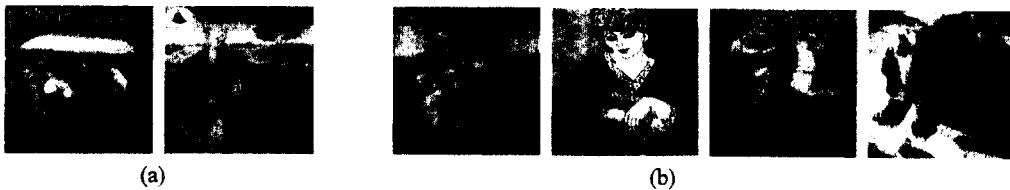


그림 1. 영상 예 1. (a) 부모로 선택된 우울한 느낌의 영상 (b) 교차의 결과로 선택된 영상들

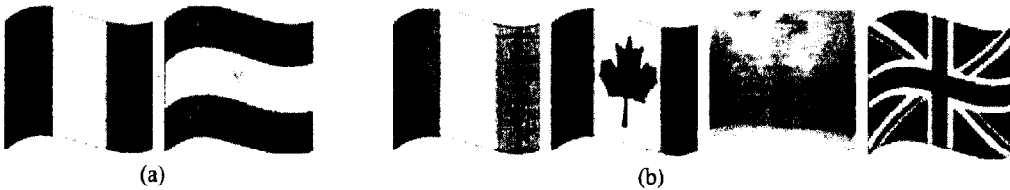


그림 2. 영상 예 2. (a) 부모로 선택된 영상 (b) 교차의 결과로 선택된 영상들

첫번째 실험은 우울한 느낌을 주는 두 개의 영상이 교차되었을 때 그 결과로 제시된 영상 또한 우울한 느낌을 주고 있는가를 살펴보기 위한 것이었다. 일반적으로 색상이나 명도, 채도와 같은 요소가 그림의 분위기를 많이 좌우한다고 생각할 때, 앞서 설명한 방법에 의한 실험 결과인 그림 1을 살펴보면 부모 영상이 가지고 있는 우울한 분위기를 나타내는 형질들이 자식 객체에 잘 전달되고 있다고 생각된다.

지금까지는 영상의 분위기를 나타내는 요소로 색상 관련 정보에 치중해서 부모의 색상 형질이 자식에게 잘 전달되고 있는지를 살펴보았다. 그러나 색상 뿐 아니라 영상을 구성하는 객체의 형태 또한 분위기 형성에 영향을 미친다. 따라서 웨이블렛 계수로 이루어진 염색체 표현이 교차 연산자에 의해 영상의 형태 정보를 잘 전달하고 있는지를 파악하기 위해 두 번째 실험이 실행되었다. 부모로 제시된 그림 2의 (a)에 대한 실험 결과가 (b)에 나타나 있다. 이 결과를 살펴보면 자식의 영상 결정이 부모의 색상 관련 형질에 의해서라기 보다 형태 정보를 나타내는 형질에 의해서 더욱 큰 영향을 받고 있는 것을 알 수 있다.

마지막으로 이 시스템의 유용성을 객관적으로 평가하기 위해 10 명의 대학원생(남:5 명, 여:5 명)에게 밝은 느낌의 그림, 우울한 느낌의 그림, 시원한 느낌의 그림을 찾도록 하고 검색된 영상이 자신이 원하는 바와 어느 정도 일치 하는가에 대한 설문을 하였다. 그 결과는 표 1 과 같다.

단위 : 명

	밝은 느낌의 그림	우울한 느낌의 그림	시원한 느낌의 그림
아주 좋음	2	1	3
좋음	3	0	4
보통	2	3	0
나쁨	0	2	2
아주 나쁨	3	4	1
총계	10	10	10

(표 1) 검색 결과 그림에 대한 만족도

이 설문에서 밝은 느낌과 시원한 느낌의 그림을 찾는 경우에는 실험자의 70%정도가 찾아낸 그림에 대해 대체로 만족하는 평가를 내린 반면 우울한 느낌의 그림을 찾는 경우는 대부분이 찾아낸 그림에 대한 불만족을 표시했다. 이는 데이터베이스의 크기가 170개여서 실험자들의 욕구를 충족시킬 충분한 양의 그림들이 존재하지 못하는데 원인이 있다. 그러나 시원한 느낌의 그림을 찾는 경우에서(매우 좋음:3 좋음:4) 볼 수 있듯이 충분한 양의 데이터베이스가 주어진다면 본 논문에서 제시한 방법은 직관이나 감성에 의한 영상의 검색에 더 좋은 성능을 발휘할 수 있을 것으로 생각된다.

5. 결론

지금까지 영상들의 집합인 문제 공간과 각 영상에 대해 웨이블릿 변환을 한 결과들의 집합인 GA 공간을 대상으로 문제 공간과 GA 공간간의 관계를 간략하게 살펴 보았다. 이때 제거된 문제는 문제 공간에 존재하는 영상이 GA 공간에 대응될 때 같은 위상을 유지할 수 있는가에 의해 웨이블릿의 계수가 GA의 검색체 표현으로 적절한가를 평가하는 것이었다. 이에 대한 평가를 위해 교차될 영상을 선택한 후 세 번의 실험을 하였다. 이 실험에서는 사용된 데이터베이스의 크기가 170 개 정도로, 탐색 공간이 상당히 제한된다는 점 때문에 위의 결과를 알아보기 위한 실험을 분리해서 했다는 문제점이 있다.

실험 결과를 종합해보면 웨이블릿 변환에 의해 생성된 계수들을 검색체의 표현으로 사용했을 때, 부모 유전자가 가지고 있는 색상 관련 정보나 형태 관련 정보가 교차 연산자 적용 시에 생성된 자식 검색체에게 적절히 형질 유전을 하고 있는 것을 발견할 수 있었다. 따라서 충분한 데이터베이스의 확보 시, 부모의 유전자를 적절히 전달 받아 생성된 자식에 거의 일치하는 웨이블릿 계수를 지닌 영상을 찾아낼 수 있을 것이다.

결론적으로 이 실험에서 영상에 대한 웨이블릿 계수들을 유전자 알고리즘의 검색체 표현으로 사용하는 인코딩은 인간의 직관에 기반한 내용기반 영상 검색을 효율적으로 하기 위한 방법을 제공한다.

참고문헌

- [1] K. Aoki, H. Takagi, and N. Fujimura, "Interactive GA-based design support system for lighting design in computer graphics," *Proceedings of IIZUKA '96*, pp.533-536, 1996.
- [2] H. Takagi and K. Ohya, "Discrete fitness values for improving the human interface in an interactive GA," *IEEE Computer Magazine* Vol.28 No.9, pp109-112, 1996.
- [3] T. Edwards, "Discrete Wavelet Transforms : Theory and Implementation," Stanford University, pp.1-9, September 1991.
- [4] C. E. Jacobs, A. Findkelstein, and D. H. Salesin, "Fast Multiresolution Image Querying," *Proceedings of SIGGRAPH 95*, 1995.
- [5] 이진호, 조성배, 최윤철, "대화형 유전자 알고리즘을 이용한 내용기반 화상 검색 시스템의 설계 및 구현," 한국정보과학회 봄 학술 발표 논문집, Vol.24, No. 1, pp341-344, 1997.
- [6] 이주영, 조성배, "인간의 직관에 기반한 내용 기반 영상 검색," 인지과학회 춘계 학술 발표 논문집, pp97-104, 1997.
- [7] 기타노 히로아키 편, 조성배 역, 유전자 알고리즘, 대청정보시스템, 1996
- [8] S. W. Lee, C. H. Kim and Y. Y. Tang, "Multiresolution Recognition of Unconstrained Handwritten numbers with wavelet transform and multilayer cluster neural network," *Pattern Recognition*, vol. 29, no. 12, pp1953-1961, 1996.