

논문 2010-05-14

# 허프변환을 이용한 직선요소 검출 기반 정지영상 인식자

(Image Identifier Based on Linear Component  
Extraction using Hough Transform)

박 제 호\*  
(Je-Ho Park)

Abstract : The easily accessible handheld devices equipped with camera are widely available as common commodities. According to this trend, utilization of images is popular among common users for various purposes resulting in huge amount of images in local or network based storage systems. In this environment, identification of an image with a solid and effective manner is demanded in behalf of safe distribution and efficient management of images. The generated identifiers can be used as a file name in file systems or an index in image databases utilizing the uniqueness of the identifiers. In this paper, we propose a method that generates image identifiers using linear components in images. Some experiments of generation of identifiers are performed, and the results evaluate that the proposed method has feasible effectiveness.

Keywords : 정지영상, 인식자, 직선요소, 데이터베이스

## 1. 서 론

휴대폰, MP3 플레이어 등의 정지영상 카메라 기능이 장착된 소형 개인단말기의 보급이 이미 성숙기 단계에 이르고, 또한 보안 및 기타 기록 관련 임베디드 기기에서 생성되는 정지영상의 응용이 빠른 속도로 늘어가고 있는 추세이다. 이와 같은 정지영상 기능을 갖춘 기기의 보급과 활용이 늘어나면서, 생성된 정지영상을 효과적으로 저장하고 검색하는 시스템에 대한 필요성도 함께 증가하고 있다. 정지영상 관리 시스템에서 정지영상을 식별하기 위해서 사용하는 방법은 사용자가 임의로 부여하거나 또는 시스템이 자동적으로 발생시키는 파일 이름을 사용하는 것이다. 하지만, 정지영상에 부여된 이러한 식별자는 정지영상 자체에서 추출된 속성값을 이용하여 생성된 식별자와 비교하였을 때, 여러 가지 단점을 가지고 있다.

## 1. 휘발성 정지영상 인식자

시스템에 의해 자동적으로 생성되거나, 사용자 임의로 부여하는 문자형 식별자는 사용자의 부주의나 시스템의 장애로 인해 식별자를 손실하였거나 변경하였을 경우, 본래 식별자의 복구가 거의 불가능하다고 할 수 있다. 또한, 동일 시스템에서는 동일한 문자형 식별자 생성 알고리즘을 적용하기 때문에, 하나 이상의 시스템에서 생성된 정지영상들을 하나의 광역 시스템에 통합하였을 때는 서로 다른 정지영상들이 동일한 문자형 식별자를 가지게 될 수 있다.

예를 들어, 특정 DSLR의 경우, 특정수의 영상을 생성한 후에는 새로운 폴더를 생성한 뒤 같은 파일 이름을 재사용한다. 이 경우, 여러 폴더를 통합할 경우, 파일이름의 충돌로 인한 문제를 초래한다. 따라서 서로 다른 정지영상들을 하나의 정지영상으로 인식하는 오류를 범하여 정지영상에서 얻을 수 있는 정보 차원의 손실을 초래하게 된다.

다른 예로, 동일 정지영상이 복사되어 다른 파일 이름으로 저장되거나, 파일경로를 데이터베이스의 검색 인덱스로 사용할 경우, 통합시스템이나 검색엔진은 동일 영상을 상이한 영상으로 간주한 후 정보

\* 교신저자 (Corresponding Author)

논문접수 : 2010. 06. 10., 수정일: 2010. 07. 09.,

채택확정 : 2010. 08. 11.

박제호 : 단국대학교 컴퓨터학과

처리를 수행하기 때문에 비용의 중복과 오류를 피할 수 없다. 이 경우 관리시스템은 중복된 정지영상을 검출하기 위해서는 별도의 프로세싱을 수행하여야 한다.

위에서 논의한 경우, 정지영상과 1-1 관계를 가지는 인식자를 사용하면, 문제에 대한 해결책을 제시할 수 있다. 또한, 정지영상에 대한 데이터베이스에서의 존재를 검사할 때, 유사성을 기본으로 하는 다중 속성 인덱스를 이용할 경우, 다수의 결과가 나올 수 있으며, 따라서 단일값을 이용한 동일성 검사가 보다 효율적이다.

정의영상을 저장하는 형태의 대표적인 JPEG에서는 효과적인 정지영상 검색을 위해 JPEG2000 표준안에 정지영상 파일에 메타데이터를 첨부하는 작업이 진행되고 있다. 이 메타데이터에는 정지영상을 인식할 수 있는 인식자를 수용할 수 있는 필드를 포함하고 있어, 효율적인 정지영상 인식자에 대한 필요성이 크게 대두되고 있다.

## 2. 관련연구

정지영상의 내부 속성을 이용해 정보를 추출하고 체계화된 방법으로 저장하여, 검색에 이용하는 방법에 대해서는 다양한 방법론이 논의되어 왔다. 정지영상에 속하는 객체를 형태요소로 모델링하여 객체에 대한 정보를 추출하고, 형태 정보를 정지영상 집합의 분류에 사용하는 방법[1], 정지영상의 다면적 속성을 병합하여 정지영상 집합을 분할하는 방법[9] 등은 정지영상에 대한 질의를 처리하기 위해 논의되었다. 하지만, 이러한 방법론은 정지영상 인식자의 생성보다는 정지영상이 표현하는 내용의 정보화에 초점을 두고 있어, 정지영상 집합의 분할 또는 내용 검색에는 사용할 수 있지만, 각각의 정지영상을 구분할 수 있는 인식자 또는 인덱스 생성에는 적합하지 않다.

정지영상의 색정보를 이용한 색분포 히스토그램 또는 부가적인 기술자(descriptor)를 이용하여 인덱스를 구성하고 정지영상 검색 도구로 사용하는 방법[2,4,10]은 인덱스 또는 인식자 생성에 필요한 정보 표현 정규화에 어려운 점이 있으며, 히스토그램을 이용한 비교 검색의 고비용은 대용량 시스템에서는 수용하기 어려운 점으로 들 수 있다. 다수의 기술자의 집합에서 정지영상 인식을 위한 최적의 기술자 선택을 위한 모델링은 정지영상 집합에서 질의 정지영상이 포함되어 있는 지에 대한 질문을 다중 기술자를 이용하여 표현한다[6].

본 논문에서는 정지영상 속성과 무관하게 부여

되는 임의적인 식별자의 단점을 해결할 수 있는 인식자 생성 방법론에 대해 제안을 한다. 제안하는 방법은 정지영상 내부 속성 중 영상의 직선요소를 응용하여 인식자를 구성하는 방법론을 제안한다. 제안하는 정지영상 인식자는 정지영상으로부터 재생이 가능하고, 동일 정지영상에 대해서는 항상 동일한 인식자를 생성할 수 있는 특징을 가지고 있다. 본 논문에서는 제안하는 방법의 유효성 검증을 위해 실시한 실험의 결과를 예시한다.

## II. 본 론

### 1. 정지영상 인식자

주어진 모든 정지영상에 대해 생성된 인식자는 특정 정지영상을 해당 정지영상 집합에서 분별할 수 있는 기본적인 요건을 만족시켜야 한다. 또한, 유일성과 안정성을 만족시킬 수 있으면서 동시에 인식자 생성에 필요한 비용이 저비용이어야 한다는 점을 고려하여야 한다. 다중 인덱스를 구성하거나 내용 기반 인덱스를 이용하는 경우, 대용량 정지영상 관리시스템에서 막대한 수의 정지영상의 처리를 필요로 하는 환경과 임베디드 시스템 같은 저용량 컴퓨팅 자원 환경에서 원활한 수행에 문제가 될 수 있다.

본 논문에서 제시하는 정지영상 인식자는 정수 형태로 식 (1)과 같은 형태로 구성된다.

$$Identifier = (F_0, F_1, \dots, F_k) \quad (1)$$

식 (1)에서  $F_i$  는 사용되는 정지영상에서 추출되는 다면적인 속성을 정수화한 것이다. 본 논문에서 제시하는 방법론에서 사용하는 속성으로는 정지영상의 크기와 같이 추출 과정이 적용되지 않는 속성과 특정한 과정을 거쳐 추출되는 속성값을 함께 사용하여 인식자가 생성되는 다차원 공간을 확장하고 이를 통해 유일성 만족을 강화하려는 것이다.

### 2. 정지영상 인식자 생성

본 논문에서 제시하는 정지영상 인식자 생성 과정은 직선요소를 추출하기 위한 준비작업, 직선요소 추출, 그리고 추출된 직선요소에 대한 정규화 과정으로 나눌 수 있다. 전체 과정은 그림 1에 예시된 바와 같다.

인식자를 생성하고자 하는 대상 정지영상은 필

터링 단계를 거치면서 직선을 포함한 직선요소 추출에 적합한 형태로 변형된다. 제안하는 프로세스에서는 정지영상의 선명도를 개선시켜 이미지에 속하는 직선요소를 증가시키는 샤프닝 필터를 적용하였다[5]. 샤프닝 필터의 효과는 그림 2에 예시하였다.

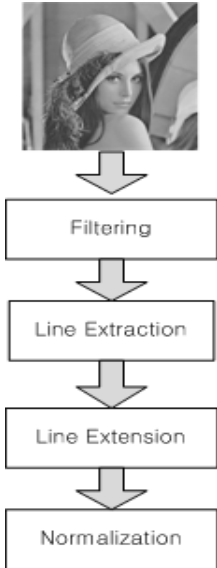


그림 1. 정지영상 인식자 생성과정  
Fig. 1. Image identifier generation process

필터링을 통해 잠재적 직선요소가 강화된 정지영상은 직선추출을 위해 에지검출 알고리즘을 적용한다. 실험결과 제안하는 방법론에서는 Canny 알고리즘을 사용한다.

직선요소 검출을 위해 사용된 방법론은 허프 변환(Hough transform) 알고리즘을 기본적으로 사용하였다. 허프 변환은 이진영상에서 모수적 묘사(parametric description) 방법을 사용하며, 직선요소 검출에 효율적으로 알려져 있다[5,7,8].



그림 2. 샤프닝 필터 효과(좌: 원본, 우: 적용 후)  
Fig. 2. Sharpening filter effect  
(Left: Original, Right: After filtering)

며, 원점으로부터 거리  $r$ 에서의 각을 가지는 직선을 표현한다. 따라서, 점  $(a, b)$ 을 통과하는 직선은 모수공간( $r, \theta$ )에서 사인과 모양으로 변하는 곡선  $r = a \cdot \cos\theta + b \cdot \sin\theta$  로 표현된다. 영상 공간에서 동일 선형성분에 속하는 점들은 모수공간에서 사인곡선의 교차점과 일치하는 특성을 가진다.

$$r = x \cos\theta + y \sin\theta \quad (2)$$

그림 3은 내부적인 과정을 통해 짧은 직선요소를 포함되는 화소의 추출은 가능하지만, 잡음요소 등으로 인해 선형 불연속성이 심한 것을 보여준다. 이러한 불연속적 직선요소를 연결하여 인식자 생성에 적합한 직선요소의 조건을 만족하려면 직선요소 확장 작업을 거쳐야 한다. 그림 4는 허프 변환을 거쳐 불연속적인 상대적으로 짧은 직선요소들을 연결하여, 목적하는 직선의 길이를 연장하고, 인식자 생성에 필요한 구성요소를 추출하기 위해 준비된 정지영상의 상태를 보여준다.



그림 3. 허프 변환의 일차효과(좌: 원본, 우: 적용 후)  
Fig. 3. Hough transform effect  
(Left: Original, Right: After applying)

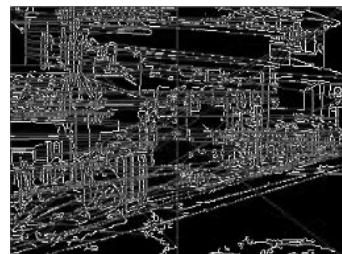


그림 4. 직선요소의 확장  
Fig. 4. Edge extension by linking

인식자 생성을 위해 전처리 과정을 거쳐 상대적으로 긴 직선요소가 검출된 정지영상은 규정화 과정을 거쳐 최종적으로 수치화된 결과를 인식자로 구성한다. 본 논문에서 제시하는 인식자 생성은 전처리 과정으로 직선요소가 추출된 정지영상의 중심에서 8개의 방향으로 가상직선을 생성한다.

식 2는 허프 변환에서 사용하는 극좌표를 보여주

정지영상 공간은  $n \times n$  의 정사각형의 형태를 정확하게 형성하지 않고 화소의 배열이 8개의 이웃 화소만을 가지므로, 가상의 직선을 완벽하게 설정할 수 없어 직선 구성 시 가상 직선에 근접한 화소를 포함시키는 방법을 사용한다. 본 논문에서는 기본적인 직선 성분을 설정하는 DDA(Digital Differential Analyzer) 알고리즘을 적용하였다[11]. 각 가상 직선은 전과정에서 검출된 선형성분과 교차하며, 교차 횟수는 정지영상의 내용에 따라 다양한 패턴으로 나타날 것이다. 이렇게 만들어진 직선요소와의 교차 수는 다면적인 측정을 거치게 되고, 최종적으로 인식자의 부분값으로 저장된다.

허프변환을 이용하여 추출된 영상 내부의 직선 요소들과 가상적인 직선들과의 교차점 측정하여 인식자를 생성하는 방법은 정지영상의 다중 속성을 이용하는 방법보다 절차적으로 단순하며, 영상이 표현하는 여러 객체를 인식하여 이를 검색에 사용하는 방법과 비교할 때 비용 측면에서 상대적으로 저비용을 필요로 한다.

- 직선허용각도(LA): 선형성분 규정 각도.
- 직선판단임계값(TH): 축적평면에서 직선성분의 여부를 판단하기 위한 임계값.
- 직선최소한계(ML): 직선의 최소길이.
- 직선연장한계(EL): 일직선상 2 개의 직선성분을 하나의 직선성분으로 확장하기 위한 최대거리.



그림 5. 실험에 사용된 정지영상 예

Fig. 5. Image examples used in experiment

### III. 실험 및 분석

#### 1. 실험환경

실험을 위해 사용된 정지영상은 DSLR 카메라를 이용해 제작한 영상을 사용하였다. 사용된 정지영상은 다양한 범주를 포함하여 인식자의 생성이 다양한 정지영상 내용에 적용이 가능한 지를 실험할 수 있도록 하였다. 또한, 동영상을 이용하여 프레임별로 정지영상을 생성하여 민감도 검증에 사용하였다. 사용된 정지영상 중 몇 개의 예시를 그림 5에 보였다.

직선요소 또는 선형요소 검출을 위해 본 논문에서 이용한 허프변환 뿐 아니라 Canny, Sobel, Prewitt 에지 검출 알고리즘을 이용하여 인식자 생성의 정확성과 비용을 비교하였다. 예시한 실험 결과는 2.93 GHz CPU 를 사용하여 실험하였다.

#### 2. 전처리과정 패러미터 최적화

인식자 생성을 위한 정지영상의 전처리는 위에서 설명한 것과 같이 선명도 개선, 허프변환의 적용, 직선요소의 확장 과정을 포함하고 있다. 이 과정에 사용된 5가지 패러미터는 다음과 같다.

위의 6가지 패러미터가 인식자 생성에 미치는 영향을 실험하기 위해 실제로 인식자 생성 시스템을 구현하였다. 시스템은 OpenCV[3] 라이브러리를 이용하여, JPEG 형태로 저장된 이미지 1600개를 이용하여 최적값 분석을 실시하였다. 그림 6-8은 각각 화소간격, 직선허용각도, 직선판단임계값, 직선최소한계의 변화에 따른 분석결과이다. 그림에서 횡축은 변이량을, 종축은 인식자의 중복률을 수집하여 분석하였다. 패러미터의 조합에 따라 기대하는 인식자 생성을 할 수 있기에, 분석 대상 외의 패러미터는 최적값을 선택하여 설정하였다.

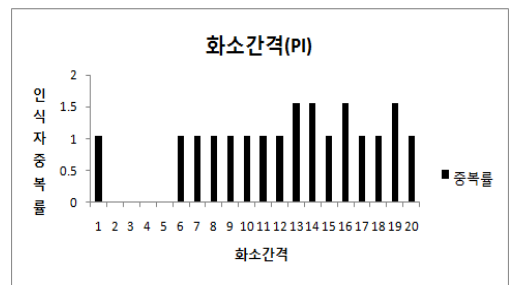


그림 6. 화소간격 최적성 분석

Fig. 6. Pixel interval optimality analysis

- 화소간격(PI): 연속적인 화소의 간격.

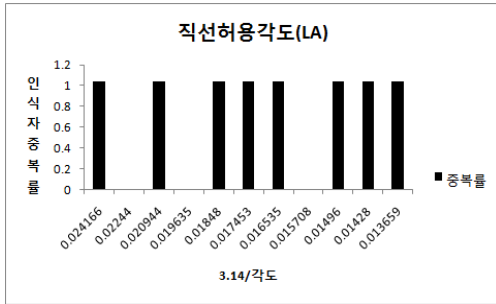


그림 7. 직선허용각도 최적성 분석  
Fig. 7. Angle for line optimality analysis

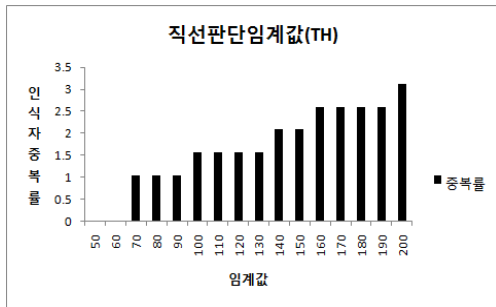


그림 8. 직선판단임계값 최적성 분석  
Fig. 8. Line threshold optimality analysis

화소간격의 경우, 6 이상인 경우에는 인식자의 중복률이 지속적으로 나타나는 것을 볼 수 있다. 따라서, 유일성 만족을 위해서는 2와 5 사이의 화소간격이 최적인 것으로 보인다. 직선허용각도 분석에서는 180도 인 경우가 최적일 것일 것으로 예측하였으나, 완전한 직선을 유지하는 선형성분이 없는 것으로 분석되었다. 직선판단임계값은 클수록 직선이 더 적게 검출되고, 적을 경우 너무 많은 직선이 검출이 되기 때문에 분석 결과에 60이 최적인 것으로 나타났다. 직선최소한계의 경우, 10에서 60까지의 결과가 거의 비슷하게 나타나고 있어, 이 범위에서 최적값이 형성되는 것으로 분석되었다.

다면적인 분석을 통하여, 인식자 생성에 적합한 패러미터를 최적화하였으며, 또한 인식자 생성에 최하위 결과를 보이는 패러미터도 파악할 수 있었다. 그 결과는 표 1에 보여진다.

### 3. 정지영상 인식자 민감도 및 효율성

위의 실험에서 최고 성능을 보이는 설정값들을 적용하여, 정지영상의 크기를 10% 간격으로 감소시켜 실험한 결과 크기 감소에 상관없이 서로 다른

인식자를 생성할 수 있었다. 이는 제안하는 방법론이 같은 정지영상으로부터 크기가 변형된 정지영상에도 다른 인식자를 부여할 수 있다는 것을 증명한다.

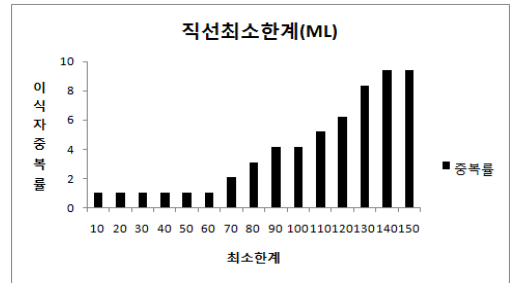


그림 9. 직선최소한계 최적성 분석  
Fig. 9. Minimal line limit optimality analysis

표 1. 전처리 패러미터 분석결과  
Table 1. Preprocessing parameter analysis

패러미터 종류	최상위설정	최하위설정
화소간격	17	2
직선허용각도	130	190
직선판단임계값	170	50
직선최소한계	130	30
직선연장한계	140	10

또한 제안하는 방법론의 민감도를 검사하기 위하여, 동영상 10초에 속하는 프레임을 개별적으로 JPEG로 저장하여, 각 프레임별 인식자의 생성을 실험한 결과, 각 프레임마다 상이한 인식자를 생성하여 정지영상의 차이가 미미한 경우에도 목적하는 인식자를 생성하는 것을 알 수 있었다.

제안하는 인식자 생성 방법론의 실질적인 효율성을 분석하고자, 11379 개의 JPEG 정지영상을 실험대상으로 하여 유일한 인식자의 생성을 검사해본 결과는 최상위설정을 이용한 경우는 99.24%, 최하위설정을 이용한 경우는 98.26%의 전체 정지영상 중 유일한 인식자 생성 백분율을 보였다.

인식자를 생성하는 데 필요한 소요시간은 사용하는 시스템에 따라 다르기 때문에 정확한 시간적 측면에서의 결과를 얻기는 힘들다. 최상위 설정을 이용하여 인식자를 생성하였을 때, 정지영상 1MB 당 소요시간은 207.15 msec 이었다. 임베디드 시스템에서 생성되는 정지영상은 대체로 1MB 보다 작은 크기이기 때문에 결과값으로 얻은 소요시간은 용량이 작은 컴퓨팅 환경에서도 충분히 활용가능하다고 할 수 있다.

표 2. 에지검출 알고리즘과 비교분석결과

Table 2. Analysis with edge detection algorithms

알고리즘	인식률 (%)	시간 (msec/M B)
Hough Transform	99.24	207
Canny	51.66	64
Sobel	0.2	52
Prewitt	86.7	45

#### 4. 에지검출 알고리즘과 비교 및 분석

허프변환을 사용하는 방법론과 다른 에지검출 알고리즘을 이용하여 검출된 에지를 이용하여 유사한 과정을 통해 인식자를 생성할 경우들의 비교 분석을 위하여, Canny, Sobel, 그리고 Prewitt 알고리즘을 사용하였다. 결과는 표2에 보였다.

에지검출 알고리즘을 이용하여 인식자를 생성하는 경우, 성능도 떨어질 뿐 아니라, 노이즈 및 이진화 임계값에도 민감하게 결과가 변하게 된다. 이를 통해 허프변환을 인식자 생성에 사용하는 것이 에지검출 알고리즘을 사용하는 것 보다 안정성에서 우수하다는 것을 검증하였다.

### IV. 결 론

본 논문에서는 정지영상 내부 속성을 이용하여 각각의 정지영상에 고유한 값을 가지는 인식자를 생성하는 방법론에 대해 제안을 하였다. 제안하는 방법을 실제로 구현하여 유효성 검증을 실시하였다. 허프변환을 이용하여 생성한 인식자는 충분한 효과와 특성을 보여 주었다. 제안한 방법은 정지영상과 인식자 사이에 1-1 관계 성립을 목적으로 한다. 여러 가지 속성을 이용하여 정지영상을 검색 또는 인식하는 경우나 정지영상 내부의 다양한 표현을 검출하고 인식하여 이를 이용하는 방법론보다는 저비용 방법론이라고 할 수 있다. 향후 다른 형태의 인식자의 가능성에 대해서도 지속적인 연구가 필요할 것으로 사려된다.

### 참고문헌

- [1] M.G. Bantum, US Patent 5,887,081, 1999.
- [2] J. Berens, G.D. Finlayson and G. Qiu, "Image indexing using compressed colour histograms", IEE Proc. of Vision, Image and Signal Processing, Vol.147, No.4, pp. 349-355, 2000.
- [3] G. Bradski and A. Kaehler, "Learning OpenCV", O'Reilly Media, 2008.
- [4] Y. Gong, C.H. Chuan and G. Xiaoyi, "Image indexing and retrieval based on color histograms", Multimedia Tools and Applications, Vol.2, No.2, pp. 133-156, 1996.
- [5] R.C. Gonzalez, "Digital image processing(3rd Ed.)", Prentice Hall, 2007.
- [6] M. Haseyama and I. Kondo, "2-D functional AR model for image identification", Proceedings of the 2003 International Conference on Multimedia and Expo, pp. 377-380, 2003.
- [7] J. Illingworth and J. Kittler, "A survey of efficient hough transform methods", Computer Vision, Graphics, and Image Processing, Vol.44, No.1, pp. 87-116, 1988.
- [8] S.K. Naik and C.A. Murthy, "Hough transform for region extraction in color images", Proc. of the Fourth Indian Conference on Computer Vision, Graphics and Image Processing, pp. 252-257, Kolkata, India, 2004.
- [9] S. Pabboju and A. Reddy, "A noble approach for content-based image indexing retrieval system using global and reagon features", IJCSNS, Vol.9, No.2, 2009.
- [10] 송치일, 낭종호, "MPEG-7 시각 정보 기술자의 인덱싱 및 결합 알고리즘", 정보과학회논문지: 소프트웨어 및 응용, 제34권, 제1호, 1-10쪽, 2007.
- [11] <http://www.netgraphics.sk>

**저 자 소 개**

**박재호**



1985년 2월 : 서강대 전  
자계산학과 학사.

1983년 : Polytechnic  
Institute of NYU  
Computer Sci. 석사.

2001년 : 동일학과 박사.

현재, 단국대 컴퓨터과학과 교수.

관심분야 : 데이터베이스 체제, 정지영상  
데이터베이스, 클라우드컴퓨팅, 저장시스템.

Email : dk\_jhpark@dankook.ac.kr