

영상의 효율적인 무손실 압축을 위한 강인한 순차적 전처리 기법

A Robust Sequential Preprocessing Scheme for Efficient Lossless Image Compression

김 남 이* 유 강 수** 곽 훈 성**

Nam Yee Kim Kang Soo You Hoon Sung Kwak

요 약

본 논문에서는 그레이레벨 (gray-level) 영상의 효율적인 엔트로피 부호화를 위한 강인한 순차적 전처리 기법을 제안한다. 이 논문의 목적은 비트스트림을 전송할 때 부가정보를 줄이는 것이다. 제안한 기법은 서로 인접한 픽셀의 그레이레벨 쌍에 대한 발생 빈도를 측정하여 원래 영상의 그레이레벨 값을 이에 대응하는 순위 값으로 변환시킨다. 이때 부가 정보가 발생하지 않도록 입력 영상의 한 픽셀씩 순차적으로 순위 변환을 한다. 시뮬레이션 결과, 제안한 기법은 엔트로피 부호화 기법과 기존 순차적 전처리 기법에 비해 압축 비트율을 각각 최대 44.1%, 37.5%까지 절감할 수 있었다. 따라서 제안한 기법은 무손실 데이터 압축을 요구하는 응용분야에 효율적으로 사용될 수 있다.

Abstract

In this paper, we propose a robust preprocessing scheme for entropy coding in gray-level image. The issue of this paper is to reduce additional information needed when bit stream is transmitted. The proposed scheme uses the preprocessing method of co-occurrence count about gray-levels in neighboring pixels. That is, gray-levels are substituted by their ranked numbers without additional information. From the results of computer simulation, it is verified that the proposed scheme could be reduced the compression bit rate by up to 44.1%, 37.5% comparing to the entropy coding and conventional preprocessing scheme respectively. So our scheme can be successfully applied to the application areas that require of losslessness and data compaction.

☞ keyword : 무손실압축, 영상 전처리, 엔트로피 부호화

1. Introduction

최근 정보통신의 발달과 저장매체의 용량량화로 인해 원래의 영상을 손실 없이 압축하여 활용하는 분야가 확장되고 있다. 특히 의료 영상, 위성 영상, 고정밀 영상 해석, 예술 작품의

보존 등과 같이 영상 내의 모든 정보가 중요한 응용분야가 그러하다[1][2][3][4][5]. 이와 같이, 어떠한 정보의 손실도 요구하지 않는 다양한 응용 분야에서 저장 및 전송을 하기 위한 무손실 압축 방법 중 영상의 통계적 특성을 이용한 엔트로피 부호화의 (Entropy Coding) 효율을 높이기 위하여 부가 정보에 강인한 순차적 순위 변환 기법을 제안하고자 한다. 지금까지 제안된 엔트로피 부호화는 이미지의 통계적 특성을 이용한 방법으로 입력 스트림의 통계적 발생 빈도에 따라 빈번하게 발생하는 데이터들에 대해

* 준 회원 : 전북대학교 영상공학과 박사과정

nykim1115@chonbuk.ac.kr

** 정 회원 : 전주대학교 교양학부 교수

gsyou@jj.ac.kr

*** 정 회원 : 전북대학교 전자정보공학부 교수

hskwak@chonbuk.ac.kr

[2008/09/18 투고 - 2008/09/23 심사 - 2008/11/06 심사완료]

서는 적은 양의 비트를 할당하고, 적게 출현하는 데이터에 대해서는 많은 양의 비트를 할당하여 압축을 행한다[6][7][8]. 엔트로피 부호화에는 허프만 부호화와 (Huffman coding) 산술 부호화 (Arithmetic coding), LZW 부호화 (Lempel-Ziv-Welch coding) 가 있으며, 이들 엔트로피 부호화의 성능을 높일 수 있도록 초기 입력 영상을 구성하는 데이터 심볼들이 더 자주 발생할 수 있게 순위를 이용한 전처리 기법이 제안되어 있다[6][8]. 이 기법은 변환된 영상을 원래의 영상으로 복원하기 위해서 압축된 데이터와 함께 보내져야 할 부가정보를 필요로 하기 때문에 부가정보의 크기가 클 경우에는 비효율적일 수 있다.

본 논문에서는 엔트로피 부호화의 특징을 이용함과 동시에 기존의 전처리 기법[6][8]에서의 부가정보를 따로 저장하거나 전송하지 않도록 하기 위하여 한 픽셀씩 순차적인 대응 방법을 통하여 지정한 순서대로 순위로 변환시킨다. 다음으로, 변환된 순위 영상을 입력 영상처럼 산술 부호화시킨다.

이러한 전처리를 행하면 영상 데이터의 중복성이 커질 수 있어 엔트로피 부호화기를 통한 그레이레벨 영상의 효율적인 압축을 기대할 수 있다.

비트 깊이가 8인 그레이레벨 영상과 제안한 방법을 통하여 변환된 영상을 가지고 산술 부호화한 결과, 제안한 방법을 이용한 엔트로피 부호화의 성능이 현저히 개선됨을 알 수 있다.

2. 관련 연구

2.1 엔트로피 부호화

엔트로피는 데이터 입력 심볼이나 정보원의 정보량을 나타내는 용어로서 정보원의 데이터가 얼마만큼 한쪽에 집중되어 있는가를 의미하

며 비트 단위를 사용한다. 심볼의 종류가 n 일 경우, P_n 이라고 할 때, 엔트로피는 다음과 같이 구한다.

$$\text{Entropy} = - \sum_n P_n \log_2 P_n \quad (1)$$

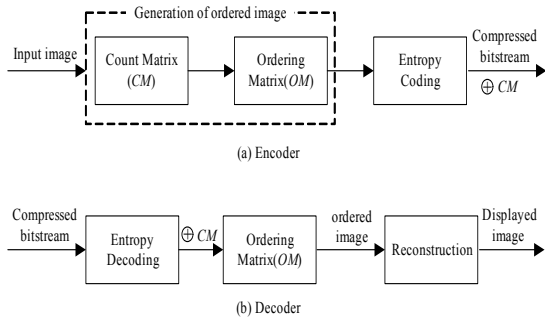
예를 들면, 8 비트 영상에서의 $n = 256$ 이고 모든 픽셀 값의 확률이 모두 같으면 $P_n = 1/256$ 이다. 이때의 엔트로피는 식 (1)에 의해 8 비트가 된다. 여기에서 알 수 있듯이, 엔트로피가 클수록 발생 분포가 퍼져있고 엔트로피가 작을수록 발생 분포가 한쪽으로 집중되어있다. 영상에서의 엔트로피 부호화는 엔트로피가 큰 픽셀 값의 데이터를 가능하면 엔트로피가 적게 하여 압축 효율을 증대시킬 수 있다. 대표적인 엔트로피 부호화에는 LZW 부호화와 산술 부호화가 있다.

특히 산술 부호화가 영상 압축 표준에 채택 사용되고 있으며, 이 부호화는 여러 심볼들을 묶은 가변길이 심볼열을 고정길이 부호로 표현하는 방법인데, 심볼열의 발생확률이 거의 일정하게 유지되도록 묶는다. 산술 부호화는 두 단계의 과정을 거치는 알고리즘이다. 첫 번째 단계에서는 심볼의 빈도수를 계산하고 확률 테이블을 생성한다. 그리고 두 번째 단계에서 실제적인 압축을 수행하게 되는 것이다. 심볼의 빈도수가 큰 것에는 적은 비트를 할당하고, 빈도수가 작은 것에는 많은 비트를 할당하는 이상적인 엔트로피 부호화가 가능하다[9]. 따라서 본 논문에서 제안한 알고리즘은 이미지 특성에 잘 적응되는, 산술 부호화 기법을 사용한다.

2.2 기존 순차적 전처리 기법

기존 순차적 전처리 기법[6][8]은 그레이레벨 영상의 효율적인 엔트로피 부호화를 위해 제안되었다. 연속적인 밝기 값을 가지는 자연 영상

에서의 통계적인 특성을 강화함으로써 엔트로피 부호화기에 의한 무손실 압축 성능을 효율적으로 개선시키기 위한 기법을 소개하였다. 이 기법은 입력 영상의 그레이레벨 값을 보다 효율적으로 압축할 수 있는 형태로 변환하기 위해 원래 영상에서 나타나는 모든 그레이레벨 쌍에 대한 발생 빈도수를 조사하고, 조사된 발생 빈도수를 토대로 순차적으로 분류하여 원래 영상의 픽셀 값들을 순위로 변환하는 방법이다. 그림 1은 순차적 전처리 기법[6][8]의 부호화와 복호화를 나타내는 블록 다이어그램이다.



(그림 1) 기존 기법의 부호화와 복호화

위와 같은 방법은 다음과 같이 단순한 몇 단계를 통해 이루어진다.

첫째, 입력 영상의 첫 픽셀부터 마지막 픽셀까지 차례로 인접한 그레이레벨의 순서쌍에 의해 발생 빈도수를 계산한다. 둘째, 누적 계산된 결과를 임의의 2차원 배열을 가지는 빈도수 행렬에 저장한다. 이 빈도수 행렬은 입력 영상에서의 그레이레벨의 수와 같은 길이의 가로와 세로의 크기이다. 셋째, 빈도수 행렬의 각 행에 대해 내림차순 정렬을 한 후, 순위로 분류하여 순위 행렬에 저장한다. 순위 행렬의 크기 또한 빈도수 행렬의 크기와 같다. 이때, 순위 ‘1’은 가장 많은 빈도수를 나타낸다. 넷째, 원래 영상의 그레이레벨 값을 순위 행렬에 있는 순위로 변환시켜 새로운 행렬을 얻는다.

3. 강인한 순차적 전처리 기법

제안한 강인한 순차적 전처리 기법은 초기 입력 영상을 구성하고 있는 픽셀의 그레이레벨 값들에 대하여 왼쪽에서 오른쪽으로 방향으로 빈도수에 따른 순위 변환을 행하여, 카운트 행렬 (Count Matrix) 과 순위 행렬 (Ordering Matrix) 을 각각 갱신하는 과정을 반복적으로 수행함으로써 부가 정보의 전송이나 저장할 필요가 없게 할 수 있다. 여기에서 CM과 OM의 행과 열은 그레이레벨 값을 나타낸다. 제안한 기법의 부호화 방법과 복원 방법을 과정별로 살펴본다.

3.1 부호화 방법

강인한 순차적 전처리 방법을 이용한 원 영상의 순위 영상 변환은 기존 전처리에서 사용한 순위 변환과 마찬가지로 카운트 행렬 CM을 이용한다. 다만 이 행렬을 모두 ‘0’으로 초기화하여 그에 따른 순위 행렬 OM을 생성하는 점이 다를 뿐이다. 먼저, 원 영상의 크기가 $m \times n$ 인 그레이레벨 값들을 첫 행의 왼쪽부터 오른쪽으로 순차적으로 읽어 들여 1차원으로 표시한다. 단, 과정 2에서 첫 번째 원소를 처리하기 위하여 가상의 0 번째 원소를 ‘0’이라고 가정한다. 그림 2(a)는 2-bits 그레이레벨 영상의 샘플이고 그림 2(b)는 원 영상의 그레이레벨 값들을 1차원적으로 표시한 것이다. 강인한 순차적 전처리 기법의 부호화 과정은 다음과 같다.

과정 1. 그림 3(a)와 같이 카운트 행렬 CM의 모든 원소를 ‘0’으로 초기화한다. 그림 3(b)처럼 카운트 행렬의 한 행씩 카운트 수에 따라 순위를 정하여 순위 행렬 OM을 생성한다. 이때 같은 행에 동일한 값들이 존재하는 경우가 발생하기도 하는데, CM의 왼쪽에 있는 원소가 높은 순위를 가진다고 가정한다.

1	0	3	1
0	3	2	2
2	3	1	0
3	1	0	2

(a) 그레이레벨 영상

2			

(그림 4) 과정 1에 의해 전처리된 영상

0	1	0	3	1	0	3	2	2	2	3	1	0	3	1	0	2
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

(b) 가상 원소와 1차원 표현

(그림 2) 그레이레벨 영상과 1차원 표현

이제 그레이레벨 영상의 첫 번째 그레이레벨 값, 즉 (0, 0)에 해당하는 원소 '1'을, 순위 행렬 OM의 첫 번째 원소 (0,1)을 바탕으로 순위 값 '2'를 할당한다(그림 4). 이때, 첫 그레이레벨 값 '1'의 발생 빈도를 구하기 위해 '0'이라는 버추얼 값을 설정한다. 이 값은 어떤 값을 설정해도 최종 결과는 유사하다.

과정 2. 그레이레벨 영상의 (0, 0)의 발생 빈도를 카운트한 값을 CM에 저장하고 그에 따른 OM을 갱신한다. 그레이레벨 영상의 두 번째 그레이레벨 값, 즉 (0, 1)에 해당하는 원소 '0'을, OM (2, 0)을 바탕으로 순위 값 '1'을 할당한다.

과정 3. 그레이레벨 영상의 마지막 원소인 (m, n)까지 과정 2를 반복한다.

과정 4. 과정 3에서 얻어진 순위 영상을 가지고 산술 부호화를 수행한다.

$G_i \backslash G_j$	0	1	2	3
0	0	0	0	0
1	0	0	0	0
2	0	0	0	0
3	0	0	0	2

(a) 초기 CM

(b) OM

(그림 5) 복원을 위한 카운트 및 순위 행렬

1			

(그림 6) 복원 과정 1의 그레이레벨 영상

이와 같은 과정을 거치면 원 영상에 대한 강인한 순차적 전처리가 수행되어지고 결국, 순위 영상이 부호화 된다.

3.2 복호화 방법

강인한 순차적 전처리 기법의 완전한 복원 과정은 부호화 과정을 역으로 수행하여 처리함으로써 이루어진다. 우선 압축된 영상을 산술 복호화를 통해 순위로 구성된 영상으로 복원한다. 이제 순위로 구성된 영상을 원래의 그레이레벨 값을 가지는 영상으로 복원하기 위하여 다음의 과정을 수행하면 된다.

과정 1. 먼저, 카운트 행렬 CM을 초기화하고

$G_i \backslash G_j$	0	1	2	3
0	0	0	0	0
1	0	0	0	0
2	0	0	0	0
3	0	0	0	2

(a) 초기 CM

(b) OM

(그림 3) 초기 카운트 행렬과 순위 행렬

CM을 토대로 순위 행렬 OM을 생성한다. 순위 영상의 첫 번째 원소 (0, 1), 즉 '2'에 대한 그레이레벨 값을 찾기 위하여 OM의 첫 행에서 일치하는 순위 값 '2'에 해당하는 열의 위치 '1'을 구한다. 이 값이 그레이레벨 값이 된다. 그림 5는 과정 1을 설명한다.

과정 2. 순위 영상의 첫 번째 원소 (0, 1)에 대한 그레이레벨의 변화를 카운트하여 CM에 저장한다. 이에 따라 순위 행렬 OM을 갱신하고 순위 영상의 두 번째 원소 (0, 2), 즉 '2'에 대한 그레이레벨 값을 갱신된 순위 행렬 OM에서 찾는다. 순위 '2'는 바로 앞의 그레이레벨 값이 '1'이므로 순위 행렬 OM의 두 번째 행에서 구한다.

과정 3. 순위 영상의 마지막 바로 전의 원소 (m, n-1)까지 과정 2를 반복하여 순위 영상의 마지막 원소 (m, n)의 그레이레벨 값을 찾음으로써 그림 2(a)와 같은 원래의 그레이레벨 영상을 획득한다.

이와 같은 과정을 수행하여 압축된 영상을 부가 정보 없이 원래의 그레이레벨 영상으로 복원할 수 있다.

4. 성능 평가

제안한 강인한 순차적 전처리 기법의 실제적인 압축 성능을 평가하기 위해서, 0~255 범위의 그레이레벨 값을 갖는 8-bits 그레이레벨 영상 10개를 가지고 산술 부호화를 통하여 실험을 하였다. 실험에서 사용된 8-bits 그레이레벨 영상들은 잡도 측면에서 서로 다른 특성을 가지고 있으며, 크기가 111×111, 320×200, 256×256, 512×512, 720×576, 768×512, 2048×2560으로 다양하다. 표 1은 실험 영상의 이름과 크기를 나타낸 것이며, 그림 7은 실험에서 사용된 그레이레벨 영상을 나타낸다.

(표 1) 실험 영상

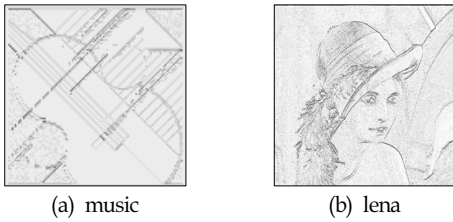
Image	Size	Image	Size
descent	320×200	monarch	768×512
girl	512×512	music	111×111
goldhill	720×576	peppers	512×512
house	256×256	tulips	768×512
lena	512×512	woman	2048×2560

성능 평가를 위한 측도 (measure) 로써 영상의 압축에 필요한 심볼당 비트의 수를 나타내는 bpp 값을 선택하였고, 8-bits의 그레이레벨 영상을 다루므로 $bpp = 8/CR$ 에 의해 측정된다.

그림 8(a)는 크기의 'music'과 'lena'영상을 제안한 기법으로 처리한 전처리된 결과의 영상이다.



(그림 7) 실험 영상



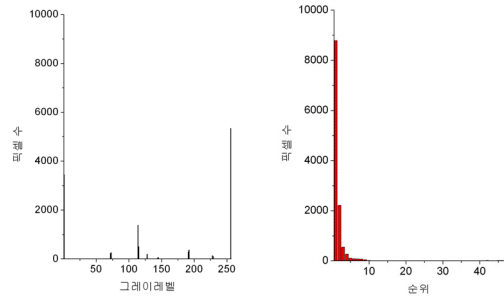
(그림 8) 전처리된 영상

그림 9(a)와 그림 9(b)는 원래 영상의 히스토그램과 제안한 기법을 적용하여 전처리된 영상의 히스토그램을 각각 나타낸다. 그림 9로부터 순위 영상의 히스토그램 분포가 한쪽으로 치우쳐 있고 특정 순위 값에 더 많은 픽셀들이 중복되어 있는 것을 알 수 있다. 이는 앞에서 언급한 것처럼, 엔트로피 부호화의 효율을 높이는 근거가 된다.

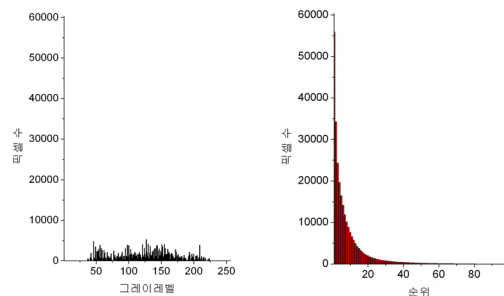
표 2와 표 3은 본 논문에서 제안한 기법을 통한 순위 영상과 원래의 그레이레벨 영상들에 대한 산술 부호화 및 기존의 순차적 전처리 기법[6][8]과 비교하여 실험 결과를 비트율 (bpp)로 나타낸 것이다. 표 1과 표 2에서 알 수 있듯이 순위 영상의 데이터가 중복성이 강한 통계적 특성 때문에 압축률에 있어서 보다 향상된 성능을 보이고 있다.

5. 결론

제안한 기법은 입력 영상 데이터의 통계적인 특성을 보다 강화시키기 위하여 원래 영상에 나타나는 모든 그레이레벨 쌍에 대한 발생 빈도수를 조사하여 빈도수에 따른 순위로 분류하고, 순위 값을 사용하여 입력 영상을 엔트로피 부호화기에 의해 보다 효율적으로 압축할 수 있는 형태로 변환하였다. 이와 같은 전처리 과정을 통하여 얻은 새로운 영상 데이터는 산술 부호화와 같은 엔트로피 부호화기에 의해서 보다 효율적으로 압축되었다.



(a) music



(b) lena

(그림 9) 그레이레벨(왼쪽)과 전처리된(오른쪽) 영상에서의 히스토그램

표 2의 결과에서 보듯이 ‘music’ 영상은 37.2%, ‘lena’영상은 39.6%의 하나의 픽셀 당 소요되는 비트를 감소시킴을 알 수 있다. 또한 표 3에서 알 수 있듯이, 기존 순차적 전처리 기법[6]과 제안한 기법을 비교한 결과 강인한 순차적 전처리 기법에서는 최대 37.5%까지 비트 절감 효율을 보이고 있다. 이는 순위 영상의 분포가 한쪽으로 치우치면서 더 많은 픽셀이 특정 순위 값으로 중복되는 특성 때문이다.

실험 결과의 bpp는 발생 빈도수를 측정한 정보를 포함한 것이다. 따라서 제안한 전처리 기법은 영상의 손실을 허용하지 않는 의학 분야 뿐만 아니라 특정 영상의 빠른 전송이 필요한 분야들 그리고 저주파 대역을 사용하는 통신 매체 등과 같은 다양한 분야에 응용되어질 수 있을 것이다.

(표 2) 산술 부호화와 제안한 기법의 비트율 비교

Image	산술 부호화 (bpp)	제안한 기법 (bpp)	Saved bits(%)
descent	5.07	3.48	31.36
girl	6.46	4.34	32.82
goldhill	7.47	5.16	30.92
house	6.18	4.21	31.88
lena	7.08	4.27	39.69
monarch	6.78	3.90	42.48
music	2.15	1.35	37.21
peppers	7.20	4.51	37.36
tulips	7.14	3.99	44.12
woman	7.25	4.87	32.83

(표 3) 기존 기법과 제안한 기법의 비트율 비교

Image	기존 기법 (bpp)	제안한 기법 (bpp)	Saved bits(%)
descent	4.11	3.48	15.33
girl	4.58	4.34	5.24
goldhill	5.32	5.16	3.01
house	5.16	4.21	18.41
lena	4.57	4.27	6.56
monarch	4.20	3.90	7.14
music	2.16	1.35	37.50
peppers	4.88	4.51	7.58
tulips	4.27	3.99	6.56
woman	4.90	4.87	0.61

참 고 문 헌

- [1] W. Philips, S.V. Assche, D.D. Rycke and K. Dencecker, "State-of-the-art Techniques for Lossless Compression of 3D Medical Image Sets", Computerized Medical Imaging and Graphics, vol. 25, no. 2, pp. 173-185, 2001.
- [2] S. Marusic and G. Deng, "Adaptive Prediction for Lossless Image compression", Signal Processing: Image Communication, vol. 17, no. 5, pp. 363-372, 2002.
- [3] 윤정오, 고승진, 성우석, 황찬식, "대역분할과 GAP를 이용한 BWT 기반의 무손실 영상 압축", 한국통신학회논문지, vol. 26, no. 9B, pp. 1259-1266, 2001
- [4] M. Klima and K. Fliegel. "Image Compression Techniques in the Field of Security Technology: Examples and Discussion", Proc. of IEEE int Security Technology, pp. 278-284, Oct. 2004.
- [5] K. Sayood, "Introduction to Data Compression", 2nd Ed., Morgan Kaufmann, 2000.
- [6] S.J. Kim, "A Preprocessing Scheme using Statistical Characteristics of Image for Efficient Lossless Compression," Chonbuk National Univ. A Master's Thesis, 2005.
- [7] Adam Drozdek, "Elements of Data Compression", 1st Ed., Course Technology, 2001.
- [8] K.S. You, C.B. Sim, "A Ranking Method for Improving Performance of Entropy Coding in Gray-Level Images", The Korea Institute of Maritime Information & Communication Sciences, vol.12, no. 4, pp. 707-715, 2008.
- [9] R.C. Gonzalez and R.E. Woods, "Digital Image Processing, 2nd Ed, Prentice Hall, New Jersey, 2002.

● 저 자 소 개 ●



김 남 이(Nam Yee Kim)

2003년 한국방송통신대학교 컴퓨터 과학과 졸업(학사)
2006년 전북대학교 산업기술대학원 정보기술학과 졸업(석사)
2007년~현재 전북대학교 대학원 영상공학과 박사과정
관심분야 : 영상압축, 멀티미디어, 컴퓨터비전, etc.
E-mail : ynk1115@chonbuk.ac.kr



유 강 수(Kang Soo You)

1991년 전북대학교 컴퓨터공학과 졸업(학사)
1994년 전북대학교 대학원 컴퓨터공학과 졸업(석사)
2005년 전북대학교 대학원 영상공학과 졸업(박사)
2006~현재 전주대학교 교양학부 교수
관심분야 : 영상처리, 멀티미디어, 컴퓨터비전, etc.
E-mail : gsyoun@jj.ac.kr



곽 훈 성(Hoon Sung Kwak)

1970년 전북대학교 전기공학과 졸업(학사)
1979년 전북대학교 대학원 전자공학과 졸업(박사)
1981년~1982년 미국 텍사스(UTA) 주립대학 연구교수
1994년~1995년 국가교육연구전산망 추진위원
1997년~1998년 전주영상축전 조직위원장 및 전북대학교 영상산업특성화사업 단장
1998년 과학기술법령정비 정책위원
1979년~현재 IEEE Loyal Communication Society Member
1997년~현재 (사)영상산업연구센터 대표이사
1999년~현재 조달청우수제품(정보통신) 심사위원
2001년~현재 한국게임학회 이사 및 (재)전주정보영상진흥원 이사
1984년~현재 전북대학교 전자정보공학부 컴퓨터공학 교수 및 영상공학과(대학원) 주임교수
관심분야 : 영상처리 및 방송공학, 모바일, 멀티미디어 콘텐츠, etc.
E-mail : hskwak@chonbuk.ac.kr