

# 인덱스 이미지에서의 무손실 압축을 위한 적응적 순위 기반 재인덱싱 기법

정회원 유 강 수\*, 이 봉 주\*\*, 장 의 선\*\*\*, 곽 훈 성\*

## An Adaptive Rank-Based Reindexing Scheme for Lossless Indexed Image Compression

Kang-Soo You\*, Bong-Ju Lee\*\*, Euee S. Jang\*\*\*, Hoon-Sung Kwak\* *Regular Members*

### 요 약

인덱스 이미지를 구성하는 요소들을 재구성하는 기법을 재인덱싱이라 한다. 이는 무손실 압축의 효율을 높이기 위한 방법으로 잘 알려져 있다. 본 논문에서는 이웃하는 픽셀간의 발생빈도수에 대한 순위를 가지고 재인덱싱 기법을 보다 유연하게 처리하기 위한 적응적 방법을 소개한다. 제안한 방법을 통하여 획득한 순위로 구성된 이미지를 산술 부호화하여 무손실 압축을 행한다. 이때 발생하는 순위 정보를 송신측으로 보내지 않게 하기 위해 적응적으로 한 픽셀씩 처리한다. 순위 정보로 전환된 이미지를 순위 이미지라고 부른다. 이러한 순위 이미지는 동일한 순위에 포함되는 많은 픽셀들이 존재하게 되어 일반적인 이미지보다 데이터의 중복성을 높일 수 있고 데이터 분포가 한쪽으로 편중되어 있어 산술 부호화의 효율을 기대할 수 있다. 실험 결과, 제안한 적응적 순위 기반 재인덱싱 기법은 Zeng의 방법보다 최대 26%의 비트율 절감 효과를 보였다.

Key Words : rank based reindexing, lossless compression, index image, palette based image

### ABSTRACT

Re-assignment scheme of index in index image is called reindexing. It has been well known that index image can be reindexed without losslessness. In this paper, we introduces an adaptive rank based reindexing scheme using co-occurrence frequency between neighboring pixels. Original index image can be converted into rank image by the proposed scheme. Using the proposed scheme, a better compression efficiency can be expected because most of the reindexed values(rank) get distributed with a smaller variance than the original index image. Experimental results show that the proposed scheme achieves a much better compression performance over GIF, arithmetic coding, Zeng's algorithm and RIAC scheme.

### I. 서 론

팔레트 기반 이미지 혹은 칼라 맵 이미지라고 불리는 인덱스 이미지는 제한된 적은 수의 색상 정보만을 사용하여 표현되고 다른 이미지들보다 압축

성능이 뛰어나다. 이러한 특징과 더불어, 현재 게임 유닛(cartridge)이나 회사의 로고(logo) 등을 표현하기 위한 컴퓨터 그래픽스에서 활용되고 있다. 또한 월드 와이드 웹(WWW)과 같은 인터넷 서비스 분야에서도 널리 사용되고 있다. 특히, GIF(Graphic

\* 전북대학교 영상공학과 컴퓨터비전 및 영상처리 연구실({mickey, hskwak}@chonbuk.ac.kr)

\*\* 한국전자통신연구원 이동통신연구단(teebj@etri.re.kr)

\*\*\* 한양대학교 정보통신학부 디지털미디어 연구실(esjang@hanyang.ac.kr)

논문번호 : KICS2005-02-065, 접수일자 : 2005년 2월 13일

Interchange Format) 파일 형식도 Lempel-Ziv의 기본 압축 알고리즘을 사용하여 인덱스 이미지에 대하여 처리되고 있으며, 인터넷 온라인에서 표현되는 파일 형식으로써 다양한 응용 분야에서 손실 없이 압축된 형태로 폭넓게 이용되고 있다<sup>11</sup>.

이러한 인덱스 이미지의 색상 정보를 적절히 변화시키는 한, 인덱스 이미지의 어떠한 정보도 잃지 않으면서 그 색상 정보를 재구성할 수 있어 보다 효율적인 무손실 압축을 할 수 있다고 알려져 있다. 이때 사용된 재인덱싱 기법 중 일부는 인덱싱 기법을 사용하지 않는 다른 방식들보다 훨씬 더 압축하기에 좋은 형태로 이미지의 인덱스를 재구성하기도 한다<sup>213</sup>. 위와 같은 근거는 최적화된 색상 정보의 순열(permutation)을 찾음으로써 보다 향상된 압축 성능을 가지게 한다. 따라서 인덱스 이미지에 대한 무손실 압축의 전처리(preprocessing) 과정이 될 수 있다<sup>41</sup>.

이와 관련하여 지난 2000년에 Zeng은 팔레트 기반 이미지의 인덱스 재구성을 위한 특별한 기법을 제안하였다<sup>51</sup>. 알고리즘 성능 평가에서  $M$ 개의 서로 다른 색상을 가지는 인덱스 이미지에서, 압축에 최적화된 인덱스 배열을 찾는 방법은  $M!$ 의 시간 복잡도(time complexity)를 가지는 문제(N-P complete problem)로 알려져 있다. 이에 Zeng은 실제 응용에 맞게 복잡도를 개선한 특별한 접근법(one-step look ahead greedy approach)을 소개하였다. 무손실 압축의 효율을 향상시키기 위한 이 기법은 한 번에 한 심볼씩 재인덱싱하는 기법이다. 초기 인덱스 이미지와 이전 단계에서 재조정된 결과들로부터 수집된 통계자료를 기반으로 심볼들을 반복적인(iterate) 알고리즘 단계에 의해 재인덱싱을 행한다. 일반적으로 인접 픽셀간 인덱스 값의 차이가 클수록 압축에 드는 비용이 더 크기 때문에, Zeng에 의해 제안된 이 기법은 인접 픽셀간 인덱스 값의 전반적인 차이를 줄이는 것을 목표로 한다. 이 기법에 의해 재조정된 인덱스 이미지는 초기 이미지보다 더욱 부드러운 특징을 가지기 때문에 압축 성능의 향상을 기대할 수 있는 형태가 된다<sup>516</sup>.

본 논문에서는 인덱스 이미지에 대한 무손실 압축 효율을 높이기 위한 새로운 기법을 소개한다. 제안한 기법은 모든 인덱스 값들에 대해 그 인덱스 값이 위치한 픽셀의 이웃하는 인덱스 값과의 발생 빈도수를 조사하고, 그 발생 빈도수의 순위를 이용하여 초기 인덱스 이미지의 색상 정보를 순위로 재구성하는 기법이다. 2005년 You<sup>61</sup>에 의해 제안된

RIAC(Ranked Reindexing with Arithmetic Coding)이라 불리는 순위 기반의 재인덱싱 기법은 초기 인덱스 이미지를 순위 이미지로 전환시켜 데이터의 중복성을 높일 수 있게 하였다. 이로써 인덱스 이미지에 대해 보다 효율적인 압축이 가능하다. 비록 순위 이미지 생성시 부가적으로 발생하는 순위 정보를 고려해야하기 때문에 크기가 작은 이미지에서는 비효율적이지만 일반적인 이미지에서는 무손실 압축 효율을 개선하였다.

따라서 이러한 단점을 보완하기 위한 방법으로 본 논문에서는 이미 제안된 RIAC을 적응적인 방법으로 개선한 ARIAC(Adaptive Ranked reIndexing with Arithmetic Coding) 기법을 제안한다. 이 기법은 압축을 행하기 전에 한 픽셀씩 순위를 매기고 갱신하는 방법을 취하기 때문에 순위 정보를 따로 저장하거나 전송할 필요가 없게 한다. 한편, 디코더(decoder)에서는 마찬가지로 적응적인 알고리즘을 사용하여 원래 이미지의 인덱스 배열을 복원할 수 있도록 인덱스를 재구성하기 때문에, 인코더(encoder)가 압축된 데이터 이외의 부가 정보들을 포함하여 전송할 필요가 없게 된다. 따라서 RIAC 기법과는 다르게 이미지의 크기에 관계없이 효율적인 압축이 가능하다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. 먼저 II장에서는 인덱스 이미지의 무손실 압축 효율 향상을 위해 순위를 사용하여 인덱스를 재조정하는 RIAC 기법에 대해 서술하고, III장에서 RIAC을 개선한 ARIAC 기법을 제안한다. 제안한 ARIAC 기법은 인코더 측면에서 생성되는 부가적인 순위 정보를 따로 저장하거나 전송하지 않고도 초기 인덱스 이미지로의 복원이 가능하다. 제안한 ARIAC 기법을 자세히 설명한다. 다음으로 IV장에서는 제안한 RIAC과 ARIAC 기법을 GIF 및 Zeng<sup>61</sup>에 의해 제안된 알고리즘과 비교하는 성능 평가를 수행하고, 마지막으로 V장에서는 본 논문의 전체적인 결론을 맺는다.

## II. 순위 기반 재인덱싱 기법

순위 기반 재인덱싱 기법(RIAC; Ranked reIndexing with Arithmetic Coding)은 팔레트 기반 이미지의 무손실 압축 성능을 개선하기 위해 인덱스를 적절히 재배열하는 알고리즘으로서, 다음과 같이 간단한 몇몇 절차에 의해 이루어진다.

팔레트 기반 이미지가 생성되는 방법을 보면 알

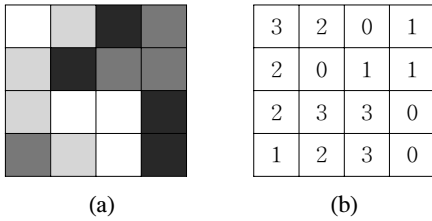


그림 1. (a) 4개의 색상으로 구성된 4×4 크기의 인덱스 이미지, (b) 색상에 대응되는 인덱스로 표현된 이미지  
Fig. 1. (a) An index image sized 4×4 with 4 colors, (b) Index valued image corresponding to colors

수 있듯이,  $n \times m$ 의 크기를 갖는 이미지에 사용된 모든 인덱스 집합  $I = \{I_1, I_2, \dots, I_M\}$ 의 각 원소들은 실제로 이미지를 표현하기 위한 색상 정보 집합  $S = \{S_1, S_2, \dots, S_M\}$ 의 각 원소들에 일대일로 대응된다. 여기에서 이미지를 표현하는데 사용되는 색상 혹은 인덱스 값의 개수를 나타내는 상수  $M$ 은 일반적으로 16, 64 또는 256 등의 값을 가진다. 그림 1은 상수  $M$ 이 4인 경우, 즉 사용된 인덱스들의 개수가 4(0~3)인 경우로 4×4 크기를 가지는 인덱스 이미지의 한 예를 보여주고 있다. 보다 용이한 설명을 위해, 명암도 등급이 4인 경우의 그레이 스케일 이미지와 유사하게, 그림 1의 인덱스 이미지는 팔레트의 각 색상에 대응되는 인덱스 값을 그레이 레벨 값과 동일하다고 가정하였다.

팔레트 기반 이미지에서 각 픽셀의 실제 인덱스 값들의 일차원적인 순열을 아래와 같이 표현한다.

$$P = (P_0, P_1, \dots, P_{n \times m})$$

이때, 첫 번째 원소인  $P_0$ 를 색상 팔레트에 정의된 첫 번째 인덱스 값으로 정의한다. 다음으로 각 원소  $P_i$ 는 이미지의 인덱스 값들을 첫 행부터 왼쪽에서부터 순차적으로 읽어가는 경우  $i$ 번째 ( $1 < i < n \times m$ )에 위치한 인덱스 값을 나타낸다. 그림 1의 샘플 이미지로 예를 들어 설명하면, 제시된 인덱스 이미지에서 팔레트의 첫 번째 인덱스 값이 0이므로 앞에서의 정의에 의해  $P_0 = 0$ 이 되고, 각 픽셀의 인덱스 값들( $P_i$ )을 일차원으로 나열하면 순열  $P$ 는 다음과 같다.

$$P = (0, 3, 2, 0, 1, 2, 0, 1, 1, 2, 3, 3, 0, 1, 2, 3, 0)$$

제안한 RIAC 기법은 순열  $P$ 의 각 원소들과 그 원소의 오른쪽에 위치한 원소들의 쌍이 그 집합 내

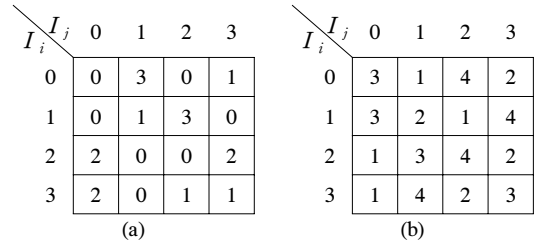


그림 2. 그림 1의 이미지로부터 RIAC 기법에 의해 생성된, (a) 발생빈도행렬 CCM, (b) 순위행렬 CRM  
Fig. 2. Related matrices from figure 1; (a) CCM, (b) CRM

에서 발견되는 빈도수를 각각 계산하는 것으로 시작한다. 각각의 인덱스 값들에 대해 계산된 발생 빈도수(co-occurrence frequency)들은 각 행과 열의 크기가  $M$ 인 발생빈도행렬  $C$ 에 저장되고, 이 행렬을 CCM (Co-occurrence Count Matrix)이라 한다. 즉, 이렇게 생성된 행렬  $C$ 의 각 원소  $c(i, j)$ 는 순열  $P$ 에서 인덱스 값의 순서쌍인  $(I_i, I_j)$ 가 발견된 횟수를 나타낸다. 그림 2(a)는 그림 1의 이미지로부터 생성된 순열  $P$ 에 대해 이와 같은 방법으로 계산되어진 행렬 CCM을 보여주고 있다.

각 인덱스 쌍의 발생 빈도수를 나타내는 행렬  $C$ 를 생성한 후, 제안한 RIAC 기법은 행렬  $C$ 의 원소들에 대해 각 행별로 즉, 각각의 인덱스에 관련된 발생 빈도수에 대한 적절한 순위를 매긴다. 이렇게 계산된 순위들은 유일하며 CRM(Co-occurrence count Rank Matrix)이라 불리는 새로운 순위행렬  $R$ 에 저장된다. 즉, 순위 행렬  $R$ 의 각 원소  $r(i, j)$ 는 각각의  $i$ 에 대한 발생빈도수의 순서열  $c(i, j)$ 을 내림차순으로 정렬했을 때, 각각의 순서열  $c(i, j)$ 에 대한 순위를 나타낸다. 이때 순서열  $c(i, j)$ 은 다음과 같은 조건을 만족한다.

$$c(i, j) = \{c(i, k) | 0 \leq k \leq M\}$$

그림 2(b)는 이와 같은 방법을 통하여 그림 2(a)에 나타난 발생빈도행렬 CCM을 토대로 생성된 순위행렬 CRM을 보여주고 있다. 이때, 행렬  $C$ 의 각 행에서 동일한 빈도수 값이 두 개 이상 나타나는 경우 우선순위를 정하는 규칙은 i) 행렬의 각 행에서 처음 나오는 열에 위치한 인덱스  $I_j$ 가 우선순위가 높다; ii) 행렬  $C$ 의 대각선 방향을 기준으로 인덱스 값  $I_i$ 로부터 가장 가까운  $I_j$ 가 우선순위가 높다; 등과 같을 수 있다. 여기에서는 i)의 규칙을 선택하였다.

위의 과정을 통해 생성된 행렬  $R$ 을 참고로 하여, 각 행렬의 순위 값들로 원래 이미지의 인덱스 순열  $P$ 의 각 인덱스 값을 대체한 순위 이미지  $P'$ 를 생성한다. 즉, 제안한 알고리즘은 원래의 인덱스 이미지의 모든 픽셀의 인덱스 값들( $P_i$ )에 대한 식 (1)과 같은 매핑을 통하여 새로운 순위 이미지를 생성한다.

$$P'_i \mapsto r(P_{i-1}, P_i) \quad (1)$$

여기에서  $P'_i$ 는 순위 이미지를 구성하는  $i$ 번째의 순위를 표현한 것이고  $r(P_{i-1}, P_i)$ 는 초기 이미지에서의  $i-1$ 번째의 인덱스와  $i$ 번째의 인덱스에 대한 발생빈도에 따른 순위를 의미한다. 그림 3은 그림 1의 샘플 이미지에 대한 인덱스 배열을 이와 같은 방법을 통해 재구성한 순위 이미지를 보여준다.

이와 같은 과정을 거쳐서 생성된 순위 이미지  $P'$ 는 산술부호화를 통하여 최종적으로 무손실 압축되어진다. 제안한 알고리즘에서 산술부호화를 사용하는 이유는 이와 같은 인덱스 재구성 기법을 통해 얻어진 압축될 데이터가 치우침이 심한 확률 분포를 가지고 또한 각 순위 값이 가질 수 있는 경우의 수가 적어 허프만부호화나 Lempel-Ziv 등의 부호화보다 더 좋은 압축률을 보일 수 있기 때문이다. 이처럼 산술부호화는 이미지의 전역적인 영역 특성에 잘 적용할 뿐만 아니라, 이미지의 국부적인 영역 특성에도 빠르게 적응하여 압축 효율이 10~15%가

2	2	1	1
1	1	1	2
1	2	3	1
1	1	2	1

그림 3. RIAC 기법에 의해 생성된 순위 이미지  
Fig. 3. Rank image produced by RIAC algorithm

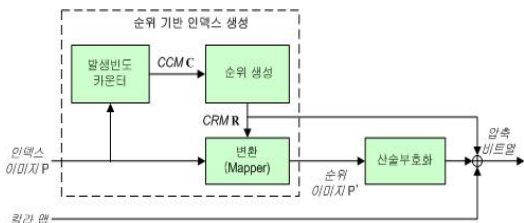


그림 4. RIAC 기법의 인코더  
Fig. 4. Encoder of RIAC system

지 향상될 수 있기 때문에 순위 이미지에 대한 무손실 압축 기법으로 산술부호화를 채택하였다<sup>7)</sup>.

그림 4는 RIAC 기법에서의 인코더(encoder)를 표현하고 있다. 제안한 시스템은 입력되는 팔레트 기반 이미지의 인덱스 순열을 토대로 앞서 기술한 발생빈도행렬 CCM과 순위행렬 CRM을 생성한 후, 이들 계산되어진 정보들을 토대로 재인덱싱된 새로운 순위 이미지를 생성한다. 다음으로 생성된 순위 이미지를 산술부호화를 통해 무손실 압축하여 전송하는데, 이때 이미지의 완전한 복원을 위해 이미지의 팔레트와 압축 시 생성된 부가정보인 CRM을 함께 전송한다. 이때, 인덱스 이미지들에서 사용되는 색상의 개수  $M$ 이 각각 다르기 때문에 전송되는 순위행렬 CRM의 크기( $M \times M$ )는 이들 인덱스 이미지의 색상 수에 의존한다.

그림 5는 디코더 과정을 표현한 것이다. 복원 과정은 인코더에서의 각 단계들을 역으로 수행하여 이루어진다. 우선 산술복호화를 통해 순위 이미지를 복원하고 전송된 CRM을 참조하여 순위 이미지를 초기의 인덱스 이미지로 복원한다. 그리고 최종적으로 팔레트를 참조하여 복원된 이미지를 출력하게 된다. 이때, 복원된 이미지는 제안한 기법의 무손실 특성 때문에 압축 전의 원래의 이미지와 동일한 크기와 해상도를 가진다.

앞에서 언급한 것과 같이 제안한 RIAC 기법에서는 순위 이미지의 생성과 관련된 부가 정보인 순위행렬 CRM을 인덱스 이미지의 완전한 복원을 위해 반드시 압축된 데이터들과 함께 전송해야만 한다. 이러한 추가적인 정보들은 입력 이미지의 크기나 사용된 색상의 수에 영향을 받는데, 특히 작은 크기의 이미지들에 대해서는 이와 같은 특징이 압축에 비효율적인 영향을 끼치게 된다. 따라서 다음 장에서는 CRM과 같은 부가 정보를 전송할 필요가 없도록 팔레트 기반 이미지를 압축하고, 또한 압축된 데이터를 완벽하게 복원할 수 있는 적응적인 기법에 대해서 알아본다.

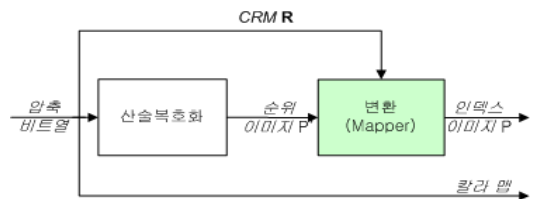


그림 5. RIAC 기법의 디코더  
Fig. 5. Decoder of RIAC system

III. 적응적 순위 기반 재인덱싱 기법

본 장에서는 디코더에서 별도의 부가 정보 없이 재인덱싱된 순위 이미지를 원래의 인덱스 이미지로 변환하기 위하여 RIAC 기법과는 다른 새로운 접근 방법(greedy approach)을 가지는 적응적 순위 기반 재인덱싱 즉, ARIAC(Adaptive Ranked reIndexing with Arithmetic Coding) 기법에 대해 소개한다. 이 개선된 기법에서는 최종적으로 인덱스가 재구성된 순위 이미지를 생성하기 위하여 각 단계마다 한 픽셀에 대한 순위를 반복적으로 계산해낸다. 즉, 이 과정에서는 발생빈도행렬 CCM이나 순위행렬 CRM을 한 번에 계산하여 참조하는 RIAC 기법과는 달리, 초기 이미지의 인덱스 값들과 이전 단계에서 산출된 결과들로부터 수집된 통계들을 기반으로 각 단계에서 한 심볼씩 인덱스를 예측적인 기법을 통하여 재구성한다.

제안한 기법에서 발생빈도행렬 CCM의 일부인 어떤 행 전체를  $C^i$ 라고 하면, 행렬  $C^i$ 의 임의의 원소  $c^i(j, k)$ 는 입력 이미지 인덱스의 순서열  $P^i$ 에서 인덱스 값의 순서쌍  $(I_j, I_k)$ 가 발견되는 횟수를 나타낸다. 이때  $P^i$ 는 입력 이미지의 인덱스들의 일차원적인 순열  $P$ 의 첫 번째 원소인  $P_0$ 부터  $P_i$ 까지의 원소들을 포함하는 순열  $P$ 의 부분집합으로 다음과 같이 정의된다.

$$P^i = \{P_j | P_j \in P, j \leq i\} \tag{2}$$

제안한 알고리즘은 그림 6(a)와 같이 발생빈도행렬 CCM의 모든 원소들인  $c^0(i, j)$ 의 값을 0으로 초기화하는 것으로 시작하는데, 이 초기 단계의 CCM을  $C^0$ 라고 한다. 이와 같이 행렬  $C^0$ 의 원소들을 0으로 초기화하는 이유는 첫 번째 단계에서의  $P^0$ 가 오직 한 개의 원소인  $P_0=0$ 만을 가지므로 인접 픽셀간 인덱스의 순서쌍이 발생하는 빈도수가 모두 0이기 때문이다.

발생빈도행렬 CCM의 첫 번째 초기 행렬  $C^0$ 를 생성한 후, 제안한 알고리즘은  $C^0$  각각의 원소들에 대해 각 행별로 순위를 구한다. 이렇게 계산되어진 값들은 순위행렬 CRM의 첫 번째 단계에서의 행렬  $R^0$ 에 저장되어진다. 즉,  $R^0$ 의 각 원소인  $r^0 = (i, j)$ 는 행렬  $C^0$ 의 각 행에 해당하는 순서열을 내림차순으로 정렬 했을 때의 각  $C^0(i, j)$ 에 대한 순위를 나타낸다. 이때 순서열  $c^0$ 는 다음을 만족한다.

$$c^0(i, j) = \{c^0(i, k) | 0 \leq k \leq M\} \tag{3}$$

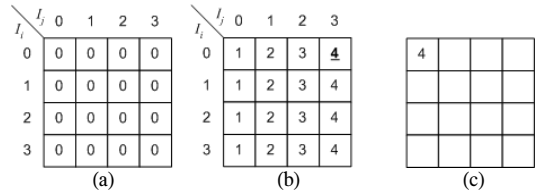


그림 6. 그림 1의 샘플 이미지를 순위 이미지로 변환하기 위한 첫 번째 단계; (a) 발생빈도행렬  $C^0$ , (b) 순위행렬  $R^0$ , (c) 첫 픽셀의 순위 생성  
Fig. 6. Related matrices for the generation of the first pixel in the rank image from index image in figure 1.; (a) co-occurrence count matrix( $C^0$ ) of  $P^0$ , (b) co-occurrence count rank matrix( $R^0$ ) of (a), (c) the first value rank

그림 6(b)는 이와 같은 방법으로 생성된 순위행렬 CRM의 초기 단계인  $R^0$ 를 나타낸다. 이제 행렬  $R^0$ 를 참조하여, 제안한 ARIAC 기법은 초기 입력 이미지의 일차원적인 배열  $P$ 의 첫 번째 순서쌍인  $(P_0, P_1) = (0, 3)$ 에 해당하는 값인 '4'를 재구성될 순위 이미지인  $P'$ 의 첫 번째 순위 인덱스로 한다. 그림 6(c)는 ARIAC 기법의 초기 단계에서 결정된 순위 이미지  $P'$ 의 첫 번째 값인  $P'_1$ 을 보여준다.

제안한 알고리즘은 원래의 인덱스 이미지의 일차원적인 순서열  $P$ 의 다음 원소인  $P_1$ 을 추가하여 초기 단계의 부분집합  $P^0$ 를  $P^1$ 으로 갱신시킨다. 또한 추가된 원소를 가지는 부분집합  $P^1$ 을 참조하여 발생빈도수 초기행렬  $C^0$ 를 두 번째 단계의  $C^1$ 으로 갱신하고, 마찬가지로 발생빈도수 순위행렬  $R^0$  역시 이렇게 생성된 행렬  $C^1$ 에 의해  $R^1$ 으로 갱신된다. 이제  $R^1$ 에서  $P$ 의 두 번째 순서쌍인  $(P_1, P_2) = (3, 2)$ 에 해당하는 값인 '3'을 재구성될 순위 이미지  $P'$ 의 두 번째 순위 값  $P'_2$ 로 한다.

이처럼 RIAC 기법을 개선한 ARIAC 기법은 압축을 행하기 전에 이와 같은 각 단계들을 반복적으로 수행하여 그림 7과 같이 최종적으로 재인덱싱된 순위 이미지를 생성한다. 제안된 기법을 통해 재구성된 순위 이미지는 디코더 측면에서 볼 때, 위의 과정을 역으로 수행하여 초기 입력 이미지를 손실 없이 복원한다.

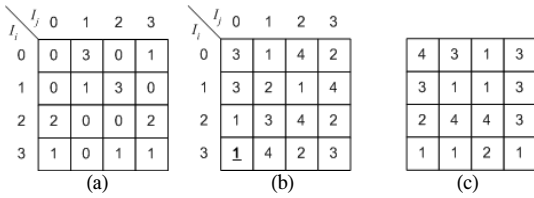


그림 7. 그림 1의 샘플 이미지를 순위 이미지로 변환하기 위한 마지막 단계; (a) 발생빈도행렬  $C^{15}$ , (b) 순위행렬  $R^{15}$ , (c) 마지막 픽셀의 순위 생성  
 Fig. 7. Related matrices for the generation of the last pixel in the rank image from index image in figure 1.; (a) co-occurrence count matrix( $C^{15}$ ) of  $p^{15}$ , (b) co-occurrence count rank matrix( $R^{15}$ ) of (a), (c) the last value of rank

그림 3과 그림 7(c)에서처럼 RIAC 기법과 개선된 ARIAC 기법은 동일한 팔레트 기반 이미지에 대해서 생성되는 순위 이미지의 인덱스 값이 다르다. 그러나 제안한 두 가지 기법 모두 인덱스의 재구성을 통해 이미지 데이터에 대한 중복성을 높여 보다 효율적인 압축을 기대할 수 있다. 특히 ARIAC 기법에서는 위와 같은 방법을 통해 재인덱싱함으로써, 부가적인 정보를 참조하지 않고도 순위 이미지를 초기 인덱스 이미지로 복원할 수 있기에 압축된 정보를 전송하는데 있어서 보다 효율적이다.

#### IV. 성능 평가

제안한 기법의 압축 성능을 평가하기 위해서, 컴퓨터 그래픽스에 의해 생성된 7 종류의 인공적인 팔레트 기반 이미지와 3 종류의 자연 칼라 이미지를 인덱스 모드로 변환하여 실험한다. 이들 입력 이미지는 12~256 사이의 색상과 그에 대응하는 인덱스를 사용한다. 이처럼 다양한 팔레트 기반 이미지에 대해서, 본 논문에서 제안한 기법들을 통해 실험한 결과를 LZW 알고리즘을 사용하는 GIF 그리고 Zeng이 제안한 알고리즘의 결과와 비교 분석하였다. 표 1은 본 논문에서 제안한 기법인 RIAC과 ARIAC 그리고 위의 두 가지 알고리즘에 대한 실험 결과를 비트율(bpp; bits per pixel)로 보여 주고 있다. 이때, 실험에 사용된 모든 이미지는 팔레트 기반 이미지이므로 비트율을 계산할 때, 압축된 인덱스 이미지뿐만 아니라 압축되지 않은 팔레트 정보까지 포함하여야 한다. 특히, ARIAC 기법과는 달리 RIAC 기법에서의 압축률은 압축 할 때 생성된 부가정보인 순위행렬 CRM까지 고려하여 계산한 결과이다.

표 1에서 보면 알 수 있는 것처럼, 제안한 ARIAC 알고리즘은 다른 압축 기법인 GIF, Zeng이 제안한

표 1. 비트율 비교 결과(단위: bpp)  
 Table 1. Comparison of bpp in each algorithm

Images	GIF	Zeng	RIAC	ARIAC
party8	0.43	0.32	0.36	0.29
netscape	2.13	1.80	2.25	2.02
benjerry	1.26	1.16	1.70	1.21
ghouse	5.00	4.85	4.76	4.16
clegg	5.70	5.84	4.63	4.18
cwheel	2.77	3.06	3.08	2.86
serrano	2.90	3.40	2.64	2.38
monarch	4.95	4.33	3.71	3.24
girl	6.56	5.73	5.17	4.41
lena	6.54	5.72	4.78	4.06



그림 8. (a) “party8” 초기 인덱스 이미지, (b) ARIAC 기법에 의해 변환된 순위 이미지  
 Fig. 8. (a) Original “party8” index image, (b) Rank image by ARIAC algorithm

알고리즘과 비교할 때, 비트율을 각각 15%, 54%, 16%까지 감소시켰고, RIAC 기법과 비교했을 때에는 12%까지 감소시켰다. 또한 “monarch”, “girl” 그리고 “lena”와 같이 256개의 색상 값으로 구성된 팔레트를 사용하는 자연 칼라 이미지에 대해서도 제안한 기법을 통해 비트율을 보다 감소시켜 압축 성능이 우수함을 보였다.

그림 8은 12가지의 색상 값을 사용하는 526×526 크기의 팔레트 기반 이미지인 “party8”에 대해 제안한 기법을 적용하여 인덱스를 재구성한 결과이다. 그림 8(a)는 초기의 입력 이미지이고, 그림 8(b)는 그림 8(a)의 인덱스 이미지를 제안한 ARIAC 기법을 사용하여 재인덱싱한 순위 이미지이다.

그림 9는 인덱스 값에 대한 히스토그램을 보여 주고 있는데, “인덱스 이미지”는 초기 입력 이미지에서의 인덱스 값에 대한 히스토그램이고, “순위 이미지”는 재구성된 순위 이미지에서의 순위에 대한 히스토그램이다.

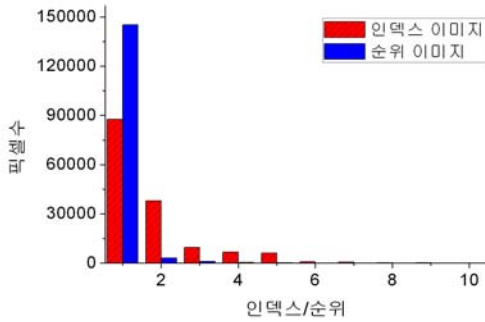


그림 9. “party8”의 히스토그램 비교  
 Fig. 9. Histogram comparison between original index image and rank image in “party8”

위의 그림에서 알 수 있듯이, 순위 이미지에서의 히스토그램이 초기의 이미지에 대한 히스토그램에서 보다 높은 순위 쪽으로 치우쳐있기 때문에 압축 성능에 있어서 효율성을 기대할 수 있다.

V. 결론

본 논문에서는 인덱스 이미지에 대한 무손실 압축 효율의 향상을 위하여 새로이 제안한 RIAC 및 ARIAC 기법에 대해서 알아보았다. 이들 제안한 기법들은 이미지 데이터의 중복성을 높이기 위하여 인덱스 이미지에서의 인접한 인덱스 쌍의 발생 빈도수를 계산하여 그 순위를 구하고, 그 순위를 이용하여 초기의 이미지를 순위 이미지로 바꾸었다. 이렇게 변환된 순위 이미지는 산술부호화를 적용하여 효율적으로 무손실 압축하였다.

특히, ARIAC 기법에서는 RIAC 기법과 달리 부가정보인 순위행렬 CRM을 전송하지 않도록 하기 위해서 첫 번째 인덱스로부터 순위를 결정하고 발생빈도행렬 CCM 및 순위행렬 CRM을 갱신한 후, 다음 인덱스의 순위를 찾는 반복적인 과정을 통해 적응적으로 처리하였다. 또한 디코더에서도 순위로 구성된 이미지를 가지고 초기 이미지의 인덱스 값을 찾아 완전한 복원을 하였다. 이로써 압축된 이미지 데이터가 팔레트 정보이외의 부가정보를 포함할 필요가 없게 하여 압축 효율을 향상시켰다.

실험 결과, GIF 및 Zeng이 제안한 알고리즘과 비교했을 때, 압축률이 0.94bpp, 3.06bpp, 0.74bpp 까지 각각 개선되었고, 특히 ARIAC 기법을 사용하여 압축했을 때는 RIAC 기법으로 압축했을 때보다 비트율이 약13%나 감소되어 압축 성능이 효율적으로 개선되었음을 확인하였다.

제안한 적응적 순위 기반 재인덱싱 기법은 이미지의 손실을 허용하지 않는 의학 분야, 특정 이미지의 빠른 전송이 필요한 분야 그리고 저주파 대역을 사용하는 통신 매체 등과 같은 다양한 분야에 응용되어질 수 있을 것이다.

참고 문헌

- [1] J. Miano, *Compressed Image File Formats*, Addison-Wesley, 2003.
- [2] A. Zaccarin, B. Liu, “A novel approach for coding color quantized images”, *IEEE Trans. on Image Proc.*, 2(4), pp. 442-453, 1993.
- [3] N. Memon, A. Venkateswaran, “On ordering color maps for lossless predictive coding”, *IEEE Trans. on Image Proc.*, 5(11), pp. 1522-1527, 1996.
- [4] 유강수, 이한정, 장의선, 곽훈성, “산술부호화를 이용한 인덱스 색상 이미지에서의 효율적인 무손실 압축 방법”, *한국통신학회 논문지*, 30(1C), pp. 35-43, January 2005.
- [5] W. Zeng, J. Li and S. Lei, “An efficient color re-indexing scheme for palette-based compression,” *Proc. of IEEE Int. Image Processing*, pp. 476-479, September 2000.
- [6] A.J. Pinho, A.J.R. Neves, “A Note on Zeng’s Technique for Color Reindexing of Palette-Based Images”, *IEEE Trans. on Image Processing*, 13(11), pp. 1411-1418, 2004.
- [7] R. Crane, *A Simplified Approach to Image Processing*, Prentice Hall, 1997.

유 강 수 (Kang-Soo You)

정희원



1991년 2월 전북대학교 컴퓨터 공학과(공학사)  
 1994년 2월 전북대학교 컴퓨터 공학과(공학석사)  
 2000년 3월~현재 전북대학교 영상공학과 박사과정  
 <관심분야> 영상처리, JPEG,

MPEG, 영상검색, 멀티미디어

이 봉 주 (Bong-Ju Lee)

정회원



1995년 8월 전북대학교 물리학  
과(학사)  
1998년 2월 전북대학교 영상정  
보공학과(공학석사)  
2004년 2월 전북대학교 영상공  
학과(공학박사)  
2004년~현재 한국전자통신연구

원 이동통신연구단

<관심분야> 이동통신, 위성통신, 영상처리, 보안

곽 훈 성 (Hoon-Sung Kwak)

정회원



1970년 전북대학교 전기공학과  
(공학사)  
1979년 전북대학교 전자공학(박  
사)  
1981년~1982년 미국 텍사스 주  
립대학 연구교수  
1994년~1995년 국가교육연구전

산망 추진위원

1997년~1998년 전주영상축전조직 위원장 및 전북  
대학교 영상산업특성화사업단장

1998년 과학기술법령정비정책위원

1999년~현재 조달청우수제품(정보통신)심사위원

1997년~현재 (사)영상산업연구센터대표

현재 전북대학교 전자정보공학부 컴퓨터공학 교수  
및 영상공학과(대학원) 주임교수

<관심분야> 영상신호처리, 인공지능, 컴퓨터비전, 멀  
티미디어 등

장 의 선 (Euce S. Jang)

정회원



1991년 2월 전북대학교 컴퓨  
터 공학과(공학사)  
1994년 6월 미국 버팔로 뉴욕  
주립대학(공학석사)  
1996년 2월 미국 버팔로 뉴욕  
주립대학(공학박사)  
1996년~2002년 MPEG SNHC

Chair, 삼성종합기술원 책임연구원

1997년~2000년 MPEG-4 Project Editor

2000년~현재 IEEE ICME member, MPEG Forum  
전문위원, 한국방송공학회 편집위원, 한양대학교  
정보통신대학 부교수

<관심분야> 컴퓨터 그래픽스, 고화질 미디어, 3DAV,  
무손실 영상 압축, MPEG/JPEG