

단계적 전송기능을 갖는 영상 데이터의 가역 부호화

正會員 朴 志 煥* 正會員 金 珍 洪** 正會員 金 斗 泳***

Reversible Image Coding with Progressive Build-up

Ji Hwan Park*, Jin Hong Kim**, Doo Young Kim*** *Regular Members*

要 約

본 논문에서는 차분변환에 이은 Run-length 부호화와 RDHC(Run-length Dynamic Huffman Coding)에 의한 가역 부호화 방식을 제안하였다. 단계적 전송 기능을 부가하기 위하여 비트 플랜을 사용하였으며, 시스템 구성의 간결성을 위하여 단일주사 방식의 Run-length부호에 기초한 부호화 방식을 적용하였다. 특히, 하위 비트열에 대한 압축률을 개선하기 위해 가변형의 RDHC가 유효함을 보였으며, 컴퓨터 시뮬레이션에 의해 그 성능을 비교·분석하였다.

그 결과 2차 차분변환후 VFRL(Variable to Fixed Run-Length)부호화가 무변환, 그레이변환 및 1차 차분변환 방법에 비해 평균 1.271, 0.77 및 0.629 [bit/pixel]씩 향상되었다. 또한, 2차 차분변환에 이은 RDHC의 결과는 VFRL, Dynamic Huffman, Arithmetic 및 LZW 부호화 보다 0.76, 0.37, 0.22 및 0.68 [bit/pixel]씩 향상되어 비교적 간단한 시스템의 구성으로 각종 유니버설 부호에 비해 높은 압축 효과를 얻었다.

ABSTRACT

In this paper we propose a reversible image coding methods with progressive build-up function by bit-plane of multi-level image. Firstly, the differential conversion is applied to reduce the entropy of source images. Then the bit-plane sequences of converted images are coded by means of the newly designed VFRL(Variable to Fixed Run-Llength) code and the RDHC(Run-length Dynamic Huffman Coding). We aim to the simple construction to reduce the complexity.

The computer simulated results show that the proposed methods are very effective to the multi-level digital images. For "GIRL" and "COUPLE" of IEEE monochromatic standard images, the compressibility are superior to the results obtained by the well-known universal codes.

*釜山水産大學校 電子計算學科
**釜山專門大學 電子計算機科
***東亞大學校 電子工學科
論文番號: 94-12

I. 서 론

정보통신의 급격한 발달과 함께 컴퓨터에서 취급하는 데이터의 형태도 다양하게 되어 종래의 텍스트 중심의 데이터로부터 음성 및 영상 데이터까지 포함하는 멀티 미디어의 시대를 맞이하게 되었다⁽¹⁾. 멀티 미디어중에서 영상 데이터는 인간의 시각효과를 이용할 수 있기 때문에 텍스트 데이터 부호화와는 다른 양상을 보이게 되고 또한, 압축효과가 매우 크기 때문에 널리 응용되고 있다⁽²⁾.

영상 데이터의 부호화는 주로 완전복원을 전제로 하지 않는 비가역 부호화(nonreversible coding)가 활발하게 연구되어 JPEG(Joint Photographic Coding Experts Group)와 같은 국제 표준화 규격을 완성하게 되었다⁽²⁾. 한편, 하드카피 통신에 대표되는 팩시밀리 등을 위한 부호화는 흑백의 이진 영상을 대상으로 하여 완전복원을 전제로 하는 가역 부호화(reversible coding) 기법이 적용되어 오고 있다⁽³⁾. 최근에는 흑백의 이진 영상 뿐만이 아니라 한정 계조 영상 및 컬러 영상까지도 팩시밀리에서 취급함에 따라 나치 영상(multi-level image)의 가역 부호화의 필요성이 크게 증대되고 있다. 따라서 JPEG와 JBIG(Joint Bi-level Image Experts Group)을 중심으로 활발히 연구, 개발되고 있으나 시스템의 구성이 복잡하고 고가이며 그 실현이 용이하지 않기 때문에 개인용 컴퓨터에서 일반 사용자가 손쉽게 응용할 수 없는 실정이다.

이와같은 배경에서 본 논문에서는 표준화 규격과는 별도의 나치 영상 데이터의 단계적 부호화를 위한 가역 압축방식에 대하여 검토한다. 제안하는 방식은 영상 데이터를 전송할때 초기에 그 내용을 파악할 수 있는 progressive build-up 기능을 가지면서 실시간 처리를 위해 단일주사(one pass) 방법을 취하고 있고, 최종적으로 정보의 손실없이 완전복원이 가능한 가역 부호화의 특징을 갖는다. 또한 개인용 컴퓨터에서도 손쉽게 구현할 수 있는 간단한 방식을 지향하고 있다.

먼저 2장에서는 비트 플랜을 이용한 단계적 부호화 방식의 개요를 나타내며, 원 영상(original image)을 이진 영상(binary image)으로 분해할 때 긴 런(run)을 형성하도록 차분변환을 실시한다. 나치 영상 데이터는 팩시밀리 데이터에 비하여 비교적 짧은 런을 이루기 때문에 Run-length부호에 기초한 고정형(Variable to Fixed)의 Run-length부호(이하 VFRL부호라 한다)와 각 런의 값을 Dynamic Huffman Coding

하는 방식(이하 RDHC라 한다)을 3장에서 기술한다. 제안방식의 성능을 소프트웨어 시뮬레이션에 의해 4장에서 비교·평가한다.

II. 단계적 부호화를 위한 모델링

부호화를 수행하기 전에 영상의 특성을 고려한 모델을 구축하기 위하여 인접 화소간의 서로 유사한 값을 갖도록 변환하는 방법과 단계적 전송을 위하여 비트 플랜화에 이은 해당 부호화 방식의 전체적인 개요를 그림1에 나타낸다.

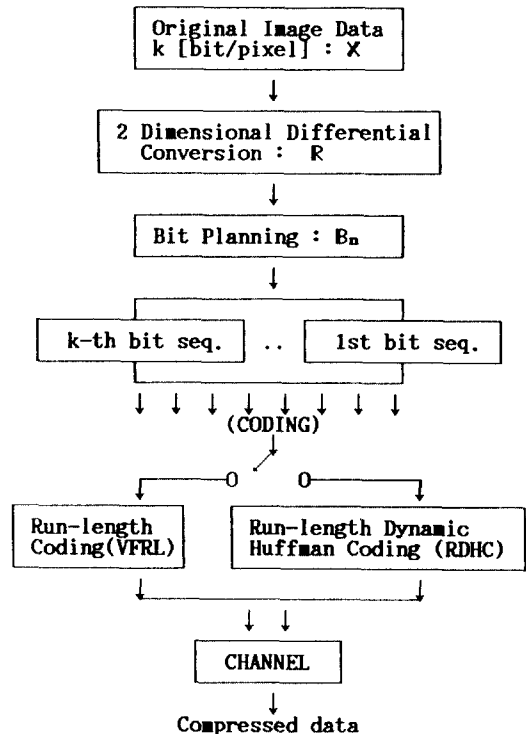


그림 1. 제안 방식의 개요
Fig 1. overview of proposed method

k [bit/pixel]로 양자화된 원 영상 데이터는 각종 주사법에 의해 1차원 데이터 계열로 변환된다. 이때, 엔트로피를 감소시키기 위하여 인접 화소간의 상관성을 이용한 m 차 차분변환을 수행하고, 단계적 전송을 위하여 비트 플랜화에 의해 k 개의 이진계열(binary sequence)로 분해한다. 분해된 각 비트열 $B_k(1 \leq n$

≤ k)은 상위 비트열부터 하위 비트열 순서로 단계적으로 VFRL 부호화 또는 연속되는 "0"의 런(zero's run)값을 Dynamic Huffman Coding에 의해 압축되어 수신측에 전송된다. 단계적 전송의 특징에 의해 각 비트열의 전송은 송수신자간에 대화적(interactive)으로 이루어지며, 전송도중에 수신측의 요구에 의해 중지할 수 있으므로 화상 데이터베이스 검색등에 유효한 방식이다.

1. 차분 변환(Differential Conversion)

영상 데이터의 인접 화소간의 차분값은 일반적으로 0부근에 집중하는 라플라스 분포를 가지는 것으로 알려져 있다. 현재화소 $X_{ij} \in A = \{0, \dots, 2^k - 1\}$ 와 참조화소간의 위치관계가 그림2와 같이 주어질때, 차분값 $d_{ij}(m) \in A' = \{-2^k + 1, \dots, 0, \dots, 2^k - 1\}$, $m = 1, 2, \dots$ 은 식(1), (2)에 의해 구해진다.

◇1차 차분(1DD :: 1 Dimensional Difference)

$$d_{ij}(1) = X_{ij} - X_{ij-1} \tag{1}$$

◇2차 차분(2DD :: 2 Dimensional Difference)

$$d_{ij}(2) = X_{ij} - [(X_{ij-1} + X_{i-1j})/2] \tag{2}$$

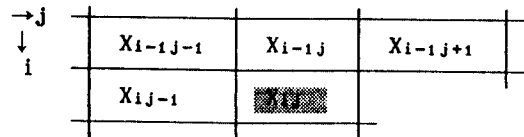


그림 2. 현재 화소 X_{ij} 와 참조 화소의 위치 관계
Fig 2. Relationship between current (X_{ij}) and reference pixels

여기서, [x]는 x보다 작은 최대정수를 나타낸다. 1차 차분값 $d_{ij}(1)$ 은 현재 화소 X_{ij} 와 직전화소 X_{ij-1} 와의 차며, 2차 차분값 $d_{ij}(2)$ 은 직전화소 X_{ij-1} 와 바로 위 화소 X_{i-1j} 의 평균값과의 차이이다. 따라서, 차분 데이터 레벨의 크기 |A'|은 원 데이터의 레벨수 |A|보다 약 2배로 증가되므로 식(3)에 의해 원 데이터의 레벨수로 조정이 필요하게 된다⁽⁴⁾. 즉,

$$d_{ij}(m)' = \begin{cases} d_{ij}(m), & d_{ij}(m) \geq 0 \\ d_{ij}(m) + K, & d_{ij}(m) < 0. \end{cases} \tag{3}$$

여기서, K는 2^k 으로 원 영상 데이터의 전체 레벨수를 나타낸다. 차분값 $d_{ij}(m)$ 의 분포는 인접 화소간의 상관성이 클수록 0부근에 집중하는 라플라스 분포를 보이게 되나, 레벨수가 조정된 $d_{ij}(m)' \in A = \{0, \dots, 2^k - 1\}$ 는 0과 $2^k - 1$ 의 양끝으로 집중되게 된다. 따라서, 3장의 VFRL부호화때 보다 긴 런을 형성하도록 하기 위하여 아래와 같이 재배열 알고리즘을 적용한다.

<재배열 알고리즘>

$$\begin{aligned} \diamond d_{ij}(m) < K/2 \text{ 이면,} \\ r_{ij}(m) &\leftarrow 2 \times d_{ij}(m)' \\ \diamond d_{ij}(m)' \geq K/2 \text{ 이면,} \\ r_{ij}(m) &\leftarrow 2 \times (K - d_{ij}(m)') - 1 \end{aligned}$$

즉, $r_{ij}(m) \in A$ 는 0을 기점으로 $d_{ij}(m)'$ 가 0 ~ K/2 - 1 이면 짝수, K/2 ~ (K - 1) 이면 홀수번째에 교대로 정렬됨을 의미한다. 그러나, $d_{ij}(m)'$ 와 $r_{ij}(m)$ 은 1:1 치환에 의해 위치만이 변경되므로 엔트로피의 증감은 일어나지 않으며, $r_{ij}(m)$ 은 인접화소간이 연속된 값을 취할 확률이 높아지므로 비트 플랜에 의한 값 $b_{ij}(m) \in \{0, 2^n\}$ 은 보다 긴 런을 형성하게 된다.

한편, 원 화소 X_{ij} 는 차분변환과 재배열에 의해 $r_{ij}(m)$ 로 변환된 후, progressive build-up을 위하여 비트 플랜화 되어 각 비트열 B_n 별로 상위 비트열부터 하위 비트열의 순서로 가역부호화 된다. 비트 플랜에 의한 B_n 은 {0, 1}의 값으로 가역 부호화의 이루어지게 되나, {0, 2ⁿ}로 간주하면 식 (1), (2), (3) 및 재배열 알고리즘이 적용 가능하게 되어 $b_{ij}(m)$ 로 부터 $r_{ij}(m)$ 및 $X_{ij}(m)$ 를 일의적으로 복원할 수 있다.

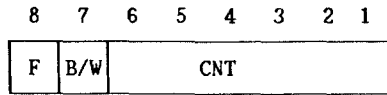
Ⅲ. 가역 부호화

차분변환에 이은 비트 플랜화를 수행하게 되면 0과 2^{n-1} 만의 이진값을 취하게 되므로 효과적인 이진 부호화가 필요하다. 이를 위한 방법으로 고정형의 VFRL 부호 및 Run-length 값에 대해 Dynamic Huffman Code를 적용 시키는 방법을 제시한다.

1. VFRL(Variable to Fixed Run-length)부호

k비트로 양자화된 디지털 영상에 대해 비트 플랜화된 각 비트열 B_n 은 원영상 데이터의 1/k로 감축되지만, 그대로 전송하게 되면 아직 많은 중복성(redundancy)을 포함하므로 높은 압축효과를 기대할 수 없다. 이진화된 각 비트열 B_n 은 같은 값(0 또는

2⁽ⁱ⁻¹⁾이 연속적으로 이어지는 분포를 갖게 된다. 따라서, 이에 적합한 압축을 위해 제안하는 부호화 방식은 Run-length 부호에 기본을 두고 있으나, 모든 부호어(codeword)의 길이가 일정한 고정형의 VFRL 부호이다⁽⁵⁾. 그림3에 VFRL부호의 부호화 형식(coding format)을 나타낸다.



F : 압축 유무 표시(Flag)
 B/W : 런의 종류(Black/White)
 CNT : 런의 길이

그림 3. VFRL 부호화 형식
 Fig 3. VFRL coding format

최상위 비트 F는 압축을 수행할 것인지 아닌지를 결정하는 플래그의 역할을 하고, 그 다음 비트 B/W는 반복되는 런의 종류(Black 또는 White)를 나타낸다. 나머지 여섯 비트로 나타내는 CNT는 연속되는 런의 길이로써 $8 \leq CNT < 72$ 의 값을 갖게 된다. 만일, 연속되는 런의 길이가 7이하이면 순서대로 7비트씩 잘라서 압축되지 않은 상태로 전송한다. 그림3의 VFRL 부호화에서 나타낼 수 있는 런의 길이는 8에서 71로 제한되므로 그 이상의 런에 대해서는 두 부분으로 분할되어 처리되므로 약간의 손실이 발생한다. 따라서 이에 대응하는 변형이 여러가지 있을 수 있으며, 그 효율은 런의 발생 분포에 의존하는 데이터 압축의 기본적인 문제에 귀착된다. 한편, 그림3의 VFRL 부호화에서는 연속된 0 또는 1의 런을 다음에 오는 1 또는 0에 의해 분리되므로 실제로는 런의 길이보다 한 비트 더 긴 입력이 처리된다. 제안방식의 부호화 효율은 간이적으로 식(4), (5)와 같이 계산된다.

$$\diamond \text{Gain} = \sum_{i=1}^7 C(i)(i-7) \text{ [bit]} \quad (4)$$

$$\diamond \text{Loss} = (\sum_{i=1}^7 C(i) \cdot i) / 7 \text{ [bit]} \quad (5)$$

여기서, C(i)는 길이 i인 런의 발생 회수이다. 제안 방식은 시스템의 구성이 매우 간단하며 고정형이므로 통신로상에서 발생하는 오류에 대하여 오류 전파(error propagation)를 억제하는 효과도 갖게 된다.

2. RDHC(Run-length Dynamic Huffman Coding)

VFRL방식의 결점은 시스템 구성을 간단히 하기 위해 출력 부호어(codeword)를 k비트로 고정시켰기 때문에 런의 길이가 k비트 이상되지 않으면 오히려 출력계열의 길이가 팽창하는 역효과를 낳는다. 일반적으로 비트 플래화된 하위 비트열에 있어서 런은 짧기 때문에 압축을 기대할 수 없게 된다. 이와같은 문제점을 해결하기 위하여 여기서는 Run-length Dynamic Huffman Coding(RDHC)⁽⁶⁾을 적용시킨다.

i.i.d.(independently and identically distribution) 이진 정보원S에 대하여, 1과 0의 발생확률을 p, q = 1-p로 하고 p < q를 가정한다. 이때, 길이 N-1까지의 0의 Run-length를 부호화하는 것은 그림4와 같이 N개의 정보원 기호를 부호화하는 것과 동일하다. 따라서, 기호의 평균길이 \bar{n} 는 식(6)과 같다.

$$\bar{n} = \sum_{i=0}^{N-1} (i+1)p_i + (N-1)p_{N-1} \\ = \frac{1-q^{N-1}}{p} \quad (6)$$

한편, 그림4에 의해 생성된 Run-length에 대해 Huffman Coding을 했을때의 평균 부호 길이 L_N 는

$$L_N < - \sum_{i=0}^{N-1} p_i \log p_i + 1 = H(S)\bar{n} + 1 \quad (7)$$

의 부호화 기본정리를 만족한다. 여기서 H(S)는 이진 정보원의 엔트로피이며 P_i 는 i번째 기호의 발생확률을 나타낸다. 따라서, 1정보원 기호당의 평균 부호길이 L_{RDHC} 는

$$L_{RDHC} = \frac{L_N}{\bar{n}} < H(S) + \frac{1}{\bar{n}} \quad (8)$$

로 되며, Block Huffman Coding의 1정보원 기호당의 평균 부호길이의 상한 L_{BH} 는

$$L_{BH} < H(S) + \frac{1}{n} \quad (9)$$

로 된다. 여기서 n은 정보원 기호의 길이로써 정보원 기호의 수 N에 대해, $n = \log_2 N$ 을 만족한다. 그러므로, \bar{n} 와 n을 비교하면 1의 발생확률 p가 작을때 Run length Huffman Coding이 유리함을 알 수 있다.

그러나, 위에서 언급한 Huffman Coding은 각 기호의 출력확률을 계산하기 위한 첫 단계와 Huffman

Tree의 구성 및 부호화를 위한 2단계 패스가 필요하게 되어 제안 방식에서 지향하는 단일주사에 의한 실시간 처리에 장애요인이 된다. 따라서, 여기서는 Static Huffman Coding에 비해 손실이 거의 무시되는 Dynamic Huffman Coding을 적용시킨다.

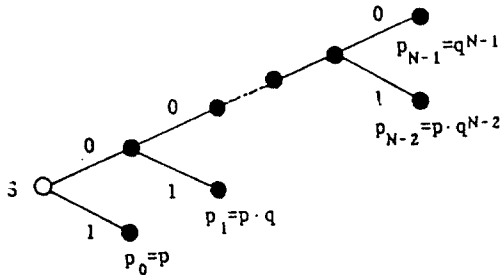


그림 4. 런랭스 허프만 트리
Fig 4. Run-length Huffman Tree

Dynamic Huffman Code는 1970년대에 Faller와 Gallager에 의해 제시된 후, 1985년에 Knuth에 의해 FGK알고리즘으로 개발되었다. 그 후, 1987년에 Vitter는 FGK알고리즘을 개량한 V알고리즘을 개발하여 널리 이용되기에 이르렀다⁷⁾. FGK 및 V알고리즘에 의해 얻어지는 평균 부호길이를 각각 L_{FGK} 및 L_V 라 하면

$$L_H - \frac{M-1}{n} \leq L_{FGK} \leq L_H + 1 - \frac{2(2M-1)}{n} \quad (10)$$

$$L_H - \frac{M-1}{n} \leq L_V \leq L_H + 1 - \frac{2M-1}{n} \quad (11)$$

이 성립되는 성능을 보이고 있다⁸⁾. 여기서, L_H 는 Static Huffman Code에 의한 평균 부호의 길이이며, M 은 정보원 기호의 수 및 n 은 입력계열의 길이를 나타낸다. 따라서, Static Huffman Code에 비해 FGK는 2배 정도, V알고리즘은 1부호어당 1비트 정도 증가하나, Static Huffman Code가 Tree구성을 위한 추가 데이터가 필요함을 고려하면 Dynamic Huffman Code가 Static Huffman Code이상의 압축효과를 실현할 수 있음을 알 수 있다.

VI. 컴퓨터 시뮬레이션 및 성능 평가

차분변환에 이은 비트 플랜화, VFRL 및 RDHC에

의한 영상 데이터의 단계적 부호화 방식의 성능을 소프트웨어 시뮬레이션을 통해 비교·평가하였다. 시뮬레이션은 IBM-PC/386SX에서 Turbo C. Version 2.0으로 구현하였다. 시험용 데이터는 8 [bit/pixel]로 양자화된 256×256 표준영상 데이터 GIRL과 COUPLE을 사용하였다. 8 [bit/pixel]의 65,536 바이트와 상하위 4 [bit/pixel]의 32,768 바이트에 대한 압축효과를 SNR과 bpp[bit per pixel]로 비교하였다.

1. SNR 및 시각효과에 의한 평가

원 영상과 비트 플랜에 의해 단계적으로 재생되는 영상의 평균자승오차에 의한 SNR(Signal to Noise Ratio)을 아래와 같이 계산한다.

$$SNR = 20 \log_{10} \frac{255}{\sqrt{D/MN}}, \quad D = \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (X_{ij} - X'_{ij})^2$$

여기서, MN 은 256×256 의 데이터 총길이를 나타내며 X_{ij} 와 X'_{ij} 는 i, j 위치의 원 영상의 화소값과 재생 영상의 화소값이다. GIRL 데이터에 대한 SNR과 각 비트열의 단계적 전송에 따른 재생 영상을 그림5에 나타내었다.

그 결과 원 영상 데이터의 MSB만을 전송했을 때(그림 5.a) 약 12 dB의 높은 SNR을 얻게 되며, 재생된 영상은 시각적으로 윤곽을 파악하기에 충분한 상태였다. 점차적으로 하위 비트열이 전송되어 8.5번째 비트까지의 절반의 데이터를 재생한 단계에서(그림 5.c) 약 30 dB에 달하는 양호한 SNR를 얻게 되며, 원 영상(그림 5.d)과 시각적으로 구별되지 않는 재생 영상을



(a) [256, 2] bpp=0.117 SNR=11.64



(b) [256,4] bpp=0.263 SNR=16.58



(c) [256,16] bpp=1.252 SNR=29.24



(d) [256,256] bpp=5.660

그림 5. 부호화 결과
Fig. 5. Coding results

복원하게 되었다. 여기서 bpp는 2차 차분변환에 이은 VFRL부호화 하였을때의 [bit/pixel]의 값이고 [a, b]는 영상의 가로, 세로의 크기와 계조수를 각각 나타낸다.

2. VFRL의 압축효과

각종 변환에 이은 고정형 Run-length의 압축효과를 평가하기 위하여 엔트로피와 부호화 결과를 표1, 2에 나타낸다. 표1의 엔트로피는 1중 마르코프 모델(1st order Markov Model)하에서 측정된 값으로 평균부호길이의 이론적 한계를 나타낸다. 그 결과, 2차 차분변환에 의한 엔트로피는 부변환에 비해 평균 1.58[bit/pixel] 줄어들음을 알 수 있다. 그러나, 하위 4비트에 대한 엔트로피는 대부분 최대 엔트로피 1에 가깝기 때문에 화질분직 부호화 방식으로는 큰 압축을 기대할 수 없음을 알 수 있다.

표 1. 1중 마르코프 엔트로피의 비교

Table 1. Comparisons of 1st order Markov entropy

[bit/pixel]

conv/plane	8th	7th	6th	5th	5 8th	4th	3rd	2nd	1st	Total
no conv.	.186	.417	.652	.899	2.154	.987	.997	.998	.989	6.125
Gray conv.	.186	.299	.447	.744	1.676	.894	.983	.998	.998	5.549
1DD conv.	.023	.110	.357	.703	1.193	.916	.986	.986	.988	5.069
2DD conv.	.008	.055	.245	.598	0.906	.882	.975	.993	.985	4.741

(a) GIRL Image Data

[bit/pixel]

conv/plane	8th	7th	6th	5th	5 8th	4th	3rd	2nd	1st	Total
no conv.	.066	.361	.584	.796	2.401	.905	.972	.991	.980	6.249
Gray conv.	.066	.336	.458	.654	1.514	.818	.948	.977	.988	5.245
1DD conv.	.039	.167	.366	.621	1.193	.817	.924	.971	.956	4.861
2DD conv.	.005	.067	.265	.544	0.881	.788	.914	.976	.914	4.473

(b) COUPLE Image Data

표2의 결과는 VFRL에 의한 평균부호길이를 bpp로 나타낸 것이다. 상위 4비트에 대해서는 88%~32%만큼 압축이 되었으나 하위 비트로 갈수록 엔트로피 측면에서 인접한 바와 같이 압축이 이루어지지 않음을 알 수 있다. 그 이유는 하위 비트열일수록 잡음성분을 많이 포함하고 있으므로 엔트로피가 최대 엔트로피에 가까운 점과 알고리즘의 간단성을 지향한 고정형 부호의 손실 때문으로 해석된다. 이 문제점은

궁극적으로는 각 련의 분포에 최적이 되는 가변부호를 구성하면 어느 정도 개선할 수 있으나 알고리즘의 복잡성에 비해 큰 효과는 기대되지 않는다.

표2의 결과 그레이 변환⁽⁶⁾은 무변환에 비해 상위 4비트에서 평균 0.365, 전 비트에 걸쳐 0.5[bit/pixel] 향상되었다. 한편 그레이 변환에 비해 1차 차분변환은 상위 4비트에서 0.238, 전 비트에서 0.141, 2차 차분변환은 상위 4비트에서 0.725, 전 비트에서 0.77[bit/pixel]씩 각각 향상된 압축 효과를 얻을 수 있었다.

3. RDHC의 압축효과

VFRL에 있어서 하위 비트열에 대한 압축률을 높이기 위한 가변형 부호화의 한 방식으로 제안한 RDHC의 결과를 표3에 나타내었다. 비교를 위하여 기존의 여러가지 유니버샬부호에 의한 결과도 함께 실었다. 그 결과, RDHC는 전체적으로 가장 높은 압축효과를 얻을 수 있었으며, Arithmetic⁽⁹⁾, Dynamic Huffman, 및 LZW⁽¹⁰⁾ 방식에 비해 하위 4비트에 대해서 0.213, 0.280 및 0.176[bit/pixel]씩, 전 비트에 대해 0.244, 0.361

표 2. 각종 변환에 의한 VFRL부호화
Table 2. VFRL coding results

[bit/pixel]										
conv\plane	8th	7th	6th	5th	5-8th	4th	3rd	2nd	1st	TOTAL
no-conv.	.259	.577	.748	1.011	2.524	1.114	1.136	1.138	1.126	7.039
Gray conv.	.259	.365	.541	0.886	2.053	0.989	1.114	1.136	1.137	6.432
1DD conv.	.135	.230	.505	0.850	1.721	1.091	1.135	1.139	1.132	6.220
2DD conv.	.117	.146	.306	0.681	1.252	1.040	1.125	1.135	1.105	5.660

(a) GIRL Image Data

[bit/pixel]										
conv\plane	8th	7th	6th	5th	5-8th	4th	3rd	2nd	1st	TOTAL
no-conv.	.167	.434	.654	.861	2.117	0.972	1.083	1.110	1.103	6.388
Gray conv.	.167	.414	.535	.741	1.858	0.894	1.064	1.074	1.099	5.992
1DD conv.	.150	.295	.495	.772	1.714	0.944	1.040	1.113	1.108	5.922
2DD conv.	.115	.153	.322	.616	1.209	0.872	1.010	1.108	1.024	5.225

(b) COUPLE Image Data

표 3. RDHC와 기존방식과의 비교

Table 3. Comparison with other methods

Coding methods	GIRL			COUPLE		
	High_4	Low_4	Total_8	High_4	Low_4	Total_8
2DD + VFRL	1.252	4.405	5.660	1.209	4.015	5.225
2DD + LZW Coding	1.062	4.250	5.312	1.060	3.954	5.014
2DD + Dynamic Huffman Coding	1.180	3.970	5.151	1.150	3.692	4.843
2DD + Arithmetic Coding	1.095	3.897	4.992	1.102	3.666	4.769
2DD + RDHC	0.891	3.894	4.786	0.880	3.485	4.489
G2DDM			4.859			4.468
RPC			4.642			4.232

G2DDM(Groaping 2 Dimension Differential Model)⁽¹¹⁾

RPC(Reversible Predictive Coding)⁽¹²⁾

및 0.527[bit/pixel]씩 향상되었다.

한편, 제안한 RDHC는 G2DDM⁽¹¹⁾에 비해 적은 계산량으로 동등 이상의 압축효과를 얻을 수 있었으며, RPC⁽¹²⁾방식에 비해 약 0.2[bit/pixel] 떨어진다. 그러나, RDHC방식은 상위 비트의 전송만으로 수신 영상의 개략이 파악 가능하며 필요에 따라 하위 비트의 전송을 요구하는 progressive build up기능을 가지게 되어 실제의 전송에 있어서는 더 적은 비트량으로 부호화가 가능하기 때문에 RPC방식보다 효과적으로 평가된다.

V. 결 론

급증하는 영상통신의 수요에 따라 대용량의 영상 데이터를 효과적으로 다루는 다양한 부호화 기법이 요구되고 있다. 이 논문에서는 사용자의 요구에 따라 영상 데이터를 고속으로 검색 및 전송할 수 있는 기법의 일환인 단계적 부호화를 위한 가역 부호화에 대하여 검토하였다.

비트 플랜에 의한 긴 런을 발생시키기 위하여 차분변환이 유효함을 보였고, 제안한 고정형식의 Run length 부호화는 그 구성이 간단하면서도 압축성능이 우수한 효과를 얻을 수 있었다. 또한, 하위 비트에 대한 효과적인 압축을 위해 2차 차분변환후, 비트 플랜에 의해 분해된 각 비트열에 대해 "0"의 런을 Dynamic Huffman 부호화하는 방법을 제시하여 기존의 이라가지 유니버설 부호에 의한 구성보다 압축성능이 향상됨을 보였다.

參 考 文 獻

1. "멀티미디어 특집," 한국정보과학회지, 9, 3, (1991)
2. C. K. Wallace, "The JPEG Still Picture Compression Stanard," CACM, 34, 4, pp.30-44, (1991)
3. 이광재, 이문호, "2진 화상통신의 국제표준화 동향," 대한전자공학회지, 18, 5, pp.49-55, (1991)
4. 김진홍, 박지환, 김두영, "차분변환과 런랜스 부호에 의한 가역압축," 대한전자공학회 하계종합학술대회 논문집, 15, 1, pp.69-72, (1992)
5. 박지환, 조승희, 김진홍, "단계적 전송을 위한 영상 데이터의 가역부호화," JCCI'92 학술논문집, 2, pp.288-292, (1992)
6. N. S. Jayant, P.Noll, "Digital Coding of waveforms," Prentice-Hall, pp.688, (1984)
7. D.A.Lelewer and D.S.Hirschberg, "Data Compression," ACM Computing surveys, 19, 3, pp. 261-296, (Sept.1987)
8. J.S.Vitter, "Design and Analysis of Dynamic Huffman coding," J.of ACM, 34, 4, pp.825-845, (Oct.1987)
9. I.E.Witten et al, "Arithmetic Coding for Data Compression," CACM, 30, 6, pp.520-540, (1987)
10. T.A.Welch, "A Technique for High Performance Data Compression," IEEE computer magazine, 17, 6, pp.8-19, (1984)
11. 박지환, "적응 모델링과 산술부호에 의한 제조영상 데이터 압축법," 한국통신학회논문지, 17, 12, pp.1494-1502, (1992)
12. T.Saito et al, "Reversible Predictive Coding of Continuous tone Picture Signal using Block Adaptive Variable-length Codes," IEICE Trans, J66 B(in Japanese) 11, pp.1347-1354, (1983)



朴志煥(Ji Hwan Park) 正會員
1984년 2월 : 慶熙大學校 電子工學科(工學士)
1987년 3월 : 日本 國立電氣通信大學 大學院 情報工學科(工學修士)
1990년 3월 : 日本 橫濱國立大學 大學院 電子情報工學科(工學博士)

1990년 ~ 현재 : 釜山水產大學校 電子計算學科 助教授
※ 主關心分野 : 情報理論, 데이터 壓縮, 데이터 通信, 映像處理 등



金珍洪(Jin Hong Kim) 正會員
1983년 2월 : 東亞大學校 電子工學科(工學士)
1986년 2월 : 東亞大學校 大學院 電子工學科(工學碩士)
1992년 2월 : 東亞大學校 大學院 電子工學科 博士課程 修了

1986년 12월 ~ 현재 : 釜山專門大學 電子計算機科 助教授
※ 主關心分野 : 映像處理, 信號處理 등

金斗泳(Doo Young Kim) 正會員
1972년 2월 : 釜山大學校 電子工學科(工學士)
1975년 2월 : 釜山大學校 大學院 電子工學科(工學碩士)
1983년 9월 : 慶北大學校 大學院 電子工學科 博士課程 修了
1977년 3월 ~ 현재 : 東亞大學校 電子工學科 教授
※ 主關心分野 : 映像處理 및 컴퓨터비전, 디지털信號處理 등
(1992년 1월호 참조)