

중간조 화상에 대한 산술 코딩에 관한 연구

박종하\*

이윤현\*\*

\*,\*\* 한국 항공대학 전자공학과

A Study on the Arithmetic Coding for Multi-Level Image

Chong Ha PARK\*

Yun Hyun LEE\*\*

\*,\*\* Dept. of Avionics, HanKuk Aviation College

ABSTRACT : Arithmetic coding is a kind of nonblock code which differs from run length codes such as MR or MH. In this coding scheme, code words are generated recursively by the arithmetic operation and no alphabet extension is needed to attain near optimum compression. This paper describes an extension of the arithmetic coding to multi-level facsimile image.

1. 서 론

종래의 흑백 화상을 대상으로한 팩시밀리에 있어서는 마르코프 모델 엔트로피에 의한 부호화를 행하기도 발생된 상태수를 적게하기 위해 상태의 통합을 행하는 것이 용이하였고, 이론적 한계로 근접한 압축율을 실현하는 것이 가능하였다.

한편 팩시밀리의 적용분야가 확대되어 갑에따라 문자 또는 선화와 같이 흑백 화상만을 취급해 오던 팩시밀러도 사진과 같이 멀티 레벨 화상까지도 취급할 필요가 생기기 된다.

그러나 마르코프 모델에 의한 부호화는 식별해야할 상태수가 매우 많기 때문에 실현 불가능하였으며, 이와같은 화상에 대한 부호화는 다른 방향으로 접근하고 있다.

현재까지 제안된 멀티 레벨 팩시밀러 신호의 부호화법으로는 주로 흑백의 팩시밀러 경우에 국제 표준 방식인 MR 부호 혹은 MH 부호를 멀티 레벨의 팩시밀러 신호로 확장하여 적용시키는 CCITT 표준 컨버터블을 꾀했던 것과 이것과는 전혀 달리 모양좌를 꾀했던 것으로 크게 나눌 수 있다. 특히 후자에 있어서는 화상 정보원을 다중 마르

코프 정보원이라 관주하여 상태마다 분리로 무거운 정보원으로 몇개로 부호화하여 마르코프 모델에 기초한 부호화법이 압축율의 면에서 우수한 방식이라고 판단된다.

한편 Elias coding 등에 의해 제안된 산술 부호는 Elias coding의 개념을 기본으로한 비블의 부호이며, 무거운 정보원에 대한 효율성의 실현 가능한 부호화법으로서 주목되고 있다 [1,2,3].

이 부호를 흑백 화상의 마르코프 모델 부호화에 적용함으로써 정보원을 줄이지 않고 효율성의 부호화가 실현 가능하게 되었다. 예를들면 이차원의 흑백 팩시밀러 텍스트 도류문자를 대상으로 마르코프 부호화에 적용했을 경우 10개의 화소를 관주하여 그에 대해 압축률 10%의 향상을 얻어진다는 것이 보고되었다 [4,5].

본 논문에서는 이 산술 부호를 확장하여 멀티 레벨 화상의 마르코프 부호화에 적용하는 방법을 보이고 시뮬레이션 실험 결과, 흑백의 경우와 마찬가지로 정보원을 줄이지 않고 효율성의 부호화가 실현 가능하다는 것을 알 수가 하는데 있다.

3. 멀티 레벨 산술 부호

3.1 부호화의 원리

산술 부호화에 있어서는 어떤 임의의 출력 심볼 계열에 대한 부호 계열을 최적으로 소수점이 위치한 이진 소수라고 간주한다. 즉 출력 심볼 계열중 제 1번째의 심볼을 1과 제 0, 제 1번째까지의 출력 심볼 계열을 1과 0으로 나타내며, 이로부터  $s_n$ 에 대한 출력 부호 계열  $C_1(s_n)$ 을 추적할 때,  $s_n$ 의 심볼로 이루어진  $j_1$ 의 정보원을 결정하여 이 발생 확률을 각각  $P(j_1=0), P(j_1=1)$ 으로 나타낸다. 예외 발생되어진 심볼 계열로 출현 확률이 높게서부터 심볼 값이 1, 0, 1, 0, 1, 0으로 이루어져 있다고 가정한다.

부호 부호 계열이 최적인 방법  $C_1(s_n)$ 의 크기를 소수점 이하 10비트의 정밀도로 나타내므로 다음 식과 같이 근사한다

$$A(\text{NULL}) = .11 \dots 1 \quad (1)$$

q bit

다음으로는  $s_n$ 에 대한 심볼의 발생 확률에 따라서 다음 식과 같이  $A(s_n)$ 을  $A(s_{n-1})$ 의 k개의 범위로 분할한다

$$A(j_1) = A(\text{NULL}) \times P(j_1) \quad (j_1 = 0, 1, \dots, k) \quad (2)$$

그래서 최후에 부호화할 심볼  $s_n$ 에 대한 부호 계열을 다음 식으로 결정한다

$$\begin{aligned} C_1(s_1) &= \sum_{j_1=0}^{k-1} A(j_1) & (j_1 \neq 0) \\ C_1(s_1) &= 0 & (j_1 = 0) \end{aligned} \quad (3)$$

일반적으로 제 1번째까지의 심볼 계열  $s_n$ 에 대한 부호 계열  $C_1(s_n)$ 은  $n$  이전까지의 심볼 계열  $s_{n-1}$ 에 대한  $C_1(s_{n-1})$ 을 이용하여

$$A(s_n) = A(s_{n-1} \cdot j_n) = A(s_{n-1}) \times P(j_n) \quad (4)$$

즉  $C_1(s_n)$ 은  $C_1(s_{n-1})$ 을 심볼의 출현 확률에 따라 분할한 것이 된다.  $s_n$ 에 대한 부호 계열  $C_1(s_n)$ 은

$$\begin{aligned} C_1(s_n) &= C_1(s_{n-1}) + \sum_{j_n=0}^{k-1} A(s_{n-1} \cdot j_n) & (j_n \neq 0) \\ C_1(s_n) &= C_1(s_{n-1}) & (j_n = 0) \end{aligned} \quad (5)$$

에 의해 결정한다.

(a) 복호화의 원리

한편 복호는 심볼 값이 작은 것에 대응하는 것에서부터 순차적으로 더해가서 수신 부호 계열  $C_1(s_n)$ 을 넘기 직전에 심볼 값을 그때의 복호 값으로 한다.

첫번째 심볼  $s_1$ 은

$$C_1(s_n) > \sum_{i=0}^i A(i) \quad (6)$$

을 만족하는 최대  $i$ 를  $j_1$ 라 하면

$$j_1 = i_{\max} \quad (7)$$

로 복호된다.

또한 두번째의 심볼  $s_2$ 의 부호를 위하여 나머지 부호 계열  $C_2(s_n)$ 은

$$C_2(s_n) = C_1(s_n) - \sum_{i=0}^{j_1} A(i) \quad (8)$$

일반적으로  $n$ 번째의 심볼  $s_n$ 은 이미 결정된 잔차 부호 계열

$$C_m(s_n) = C_{m-1}(s_n) - \sum_{i=0}^{j_{m-1}} A(s_{m-1} \cdot i) \quad (9)$$

을 이용하여

$$C_m(s_n) > \sum_{i=0}^i A(s_{m-1} \cdot i) \quad (10)$$

을 만족하는 최대  $i$ 의 값으로 복호한다.

(b) 멀티 레벨 마르코프 모델 부호화의 실현 방법

일반적으로 화상 정보원은 이미 출력되어진 화소 신호 값에 의해 상태가 정해지는 마르코프 정보원이라 볼 수가 있고, 이 조건부 엔트로피(마르코프 모델 엔트로피)는 화상 신호에 대한 압축 한계를 나타낸다고 말할 수 있다. 산술 부호에 있어서는 부호화할 심볼이 출현했을 시점에서 그 상태의 심볼의 출현 확률을 이용하여 queue를 작성할 수 있으므로 출현 심볼 순으로 부호를 출력할 수 있다. 즉  $A(s_{n-1})$ 로서 심볼 1의 잔존 화소 패턴  $s_{n-1}$ 에 있어서의 심볼 1의 조건부 확률  $P(1|s_{n-1})$ 을 분할하면 된다.

그런데 식 (2) 및 (4)의 연산은 이진 소수 승산이므로, 계산 복잡도가 증가한다. 그래서 여기서는 Landon 등이 우백의 경우에 행했듯이 각 심볼의 출현 확률을 2의  $-k$  배승으로 근사시키기로 한다. 즉 식 (2) 및 (4)에 있어서의  $P(j_n)$ 은  $P(L_j)$ 이 되고 이것을

$$P'(1/r) = 2^{-Q1/r} \quad (11)$$

으로 근사 시킬 수 있다면, 심볼당 평균 부호 길이  $B_M$ 는

$$B_M = \sum_{r=1}^{k-1} P(r) \left[ \sum_{i=1}^{r-1} P(1/r) \times Q1/r - P(0/r) \right. \\ \left. \times \log_2 \left( 1 - \frac{1}{r} 2^{-Q1/r} \right) \right] \quad (12)$$

이 된다.

그런데 실제의 부호화에 있어서는 부호를 작성하는 시점에서 생기는 자릿수 올림에 의한 부호 반전의 파급을 막을 필요가 있다. 그래서 줄터 부호 계열 중에 1이 연속되어 어느 비트수 이상 계속될 경우는 다음에 강제적으로 0을 삽입하는 비트 stuffing을 행한다.

또한 Ausend가 분할되는데 따라 선행하던가, 증가하기 때문에 선행하는 0의 수 만큼 Ausend 및 Orsend을 좌로 shift하는 Shiftas등의 기법을 이용한다 [5]. 0의 값으로서의 가장 좋은 확률이 낮은 심볼의 분사 정도에 의해 결정되는데  $2^{-15} \approx 3 \times 10^{-5}$ 인 것으로 부터 최대  $Q_{max}=15$  정도면 충분하다. 따라서 Ausend로서  $q=16$  비트이면 좋다. 그림 1은 이를 선택하는 방법을 나타낸다.

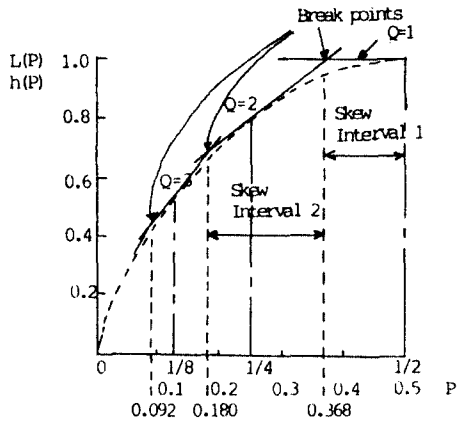


그림 1. 확률 P에 대한 심볼당 코드 길이와 엔트로피 Per symbol code length L(P) and entropy h(P) versus probability P.

따리온 본 방식 실현을 위해 필요한 메모리 용량으로는

•  $2^{16}$ 를 저장해 두기 위한 메모리

• 참조 화소 패턴을 구하기 위한 라인 메모리

• 예외 변환 테이블 등이다

$2^{16}$  메모리로서 필요 용량은 참조 화소 패턴 수 k

의 최대값  $Q_{max}$ 라 할때

$$F = k^{n+1} \times [\log_2(Q_{max}+1)] \text{ bit} \quad (13)$$

가 된다. F의 값은 표 1에 나타내었다.

표 1.  $Q1/r$ 용 메모리 용량 Memory size for  $Q1/r$ .

레벨수 및 참조화소수	기억 용량
16치 2화소	2 Kbyte
16치 3화소	32 Kbyte
16치 4화소	524Kbyte

중래의 마르코프 부호화에 있어서는 참조 화소 패턴의 각 상태마다 부호 테이블이 필요했던대 반해 산술 부호화에 있어서는  $2^{16}$ 이 부호 테이블에 대응 하고 있다고 생각할 수 있는데  $2^{16}$ 이라면 한 상태당 36864비트 비트로 꼽낼 수 있다.

#### 3. 시퀀스레이션 및 고찰

시퀀스레이션 원리로 15비트 이상을 사용하여 이것을 2비트 화소 의 것을 빛자리의 4비트를 위하여 16 레벨 화상으로 했다. 또한 마르코프 부호화에 있어서의 참조 화소수는 3 화소를 사용하였다

표 2에 3 레벨 원 화상에 조건부 엔트로피의 값 및 멀티 레벨 마르코프 산술 부호화를 행했을 경우 3화소당 평균 부호 길이 및 부호 효율을 나타낸다.

표 2. 다치 마르코프 산술부호에 의한 평균부호 길이 및 부호효율

Code string lengths and coding efficient with multi-level arithmetic coding based on a Markov model.

	조건부 엔트로피	평균부호길이	효율
GIRL	1.008	1.078	93.5%
CRO	1.456	1.617	90.0%
HOUSE	0.872	0.914	95.4%

$$\text{효율} = \text{조건부 엔트로피} / \text{평균부호길이}$$



그림 2. (a) 원 화 (b) 복호된 화상

Fig 2. (a) Original Image

(b) Decoded Image

#### 4. 결 론

이장 산술부호를 멀티레벨 화상의 마르코프 부호화에 적용하는 것에 관해서 검토하였고, 16 레벨 회상에 대하여 16비트, 1.6 비트/화소로 부호화가 실현 가능한 것을 보였다.

#### 참 고 문 헌

- [1] 加藤 浩大, 中田 精彦, "算術符号化による中位調画像の高効率符号化," 画像電子学会誌, 第12巻, 第3号, pp. 219-226, 1983.
- [2] Glen G.Langdon, Jr, "An Introduction to Arithmetic Coding," IBM J.Res.Develop.Vol28.No.2. pp.135-149, Mar.1984.

- [3] C.B.Jones, "An Efficient Coding System for Long Source Sequences," IEEE Trans.Info. Theory IT-27, pp.280-291, May, 1981.
- [4] Glen G.Langdon, Jr. and Jorma Rissanen, "Compression of Black-White Image with Arithmetic Coding," IEEE Trans.Commun, COM-29, pp.858-867, Jun.1981.
- [5] Frank Rubin, "Arithmetic Stream Coding Using Fixed Precision Registers," IEEE Trans.info. Theory IT-25, pp.672-675, Nov.1979.