

# 산술부호화 방식의 FAX 응용을 위한 연구

正會員 趙 錫 八\* 正會員 陳 庸 玉\*\*

## A Study on the Arithmetic Coding for Applications to Fax Machines

Sok Pal CHO\* Yong Ohk CHIN\*\* *Regular Members*

**要 約** JBIG에서 추천된 QM-CODER를 G3 FAX에 적용하기 위한 방법과 실험결과를 제시한다. 실제 구현을 위하여 다음 세가지 특성을 가지도록 QM-CODER를 수정한다: 1) 전송 에러의 누적을 막기 위하여 line 마다 초기화한다. 2) 화질 수정을 위한 context를 1화소로 한다. 3) G3 기종과 같이 최소 scan line time을 10 msec로 하기 위하여 Fill Bit를 추가한다.

실험 결과 수정된 QM-CODER가 저가형 G3 FAX에 유용하다는 것을 보였다. 또한 dither된 화상에 대하여 고압축율을 얻기 위하여, QM-CODER를 적용하기 전에 rearrange process를 사용하여 기존의 QM-CODER를 사용하는 것보다 1.13~1.31배 압축율을 높였다.

**ABSTRACT** The QM-Coder based on the recommendation of the JBIG committee has been studied for applying it to G3 FAX. In the point of view of implementation, the QM-Coder is modified to have following properties: 1) initialized at each start of the new line for protecting the error propagation, 2) 1 pixel context for error estimation, fill bit insertion to meet minimum scan line time of 10 msec, and it is found that the modified QM-Coder is useful for encoding half tone images for low end G3 FAX machine. For higher compression ratio than QM-Coder in encoding the image binarized by ordered dither techniques, a rearranging process before applying the QM-Coder is used and the resultant compression ratio was increased 1.13~1.31 times than that of the conventional QM-Coder.

### I. 서 론

FACSIMILE는 1843년 ALEXANDER BA IN에 의해 처음 개발된 이래<sup>[1]</sup>, 생산 기술의 확립과 더불어 소형화, 저 가격화 되면서 폭발적 수요의 증가 시대를 맞이 하고 있으며, 현대 OA의 필수 기기로 다양한 글씨와 사진 문서의 통신에 이용되고 있다.

FAX의 화상 통신을 위해 MH, MR, 또는 MMR의 부호화 방식이 사용되어 지고 있으며, 이는 G3 FAX의 CCITT Recommendation으로 제정될 때 주로 글자 및 도면 화상에 최적화했던 관계로 사진과 같이 연속 계조 화상을 Half

Tone 방식으로 변환하여 전송할 경우 Data 압축 효율이 좋지 않아 전송 시간이 오히려 길어지는 문제점이 있다<sup>[2]</sup>. 또한 이들 방식은 200dpi로 입력된 문서와 도면의 TEST CHART들을 고려하여 설계 되어 있어 향후 G4 FAX와 같은 고해상도 FAX, 혹은 FAX와 이 기종 간의 화상 전송에 있어서는 적합하지 않은 문제점이 있다. 이들 제반 문제점 외에도 계층적 형성(Progressive Buildup)이 앞으로 Soft Copy의 통신에 필요하므로 ISO/IEC JTC1/SC2/WG8과 CCITT/SGVIII/NIC는 공동으로 JBIG(Joint Bi-level Image Group)을 형성하여 향후에 쓰일 새로운 이치 화상 압축 방식의 표준화를 추진하고 있다. 그 중 Entropy 부호화는 minmax CODER, Melcode, Q-CODER 등의 방법을 통합 발전시킨 QM-CODER를 JBIG의 산술 부호화 방식으

\* 삼성電子 情報通信研究所

\*\* 慶熙大學校 電子工學科

Dept. of Electronics Eng. Kyung Hee University

論文番號: 91-130 (論文番號1991. 8. 23)

로 결정하였다<sup>13)</sup>.

본 논문에서는 이 산술 부호화 방식을 기존의 G3 FAX에 응용할 수 있는지를 검토하고 중간조의 이치 재현 능력이 우수한 오차 확산 방식과 Dither 기법에 의해 이치화된 사진 화상의 전송시에 압축 효율을 개선시킬 수 있는 방안을 제안하고자 한다.

제 2 장에서는 JBIG의 산술 부호화 방식(QM-CODER)에 대해서 간단히 알아보고, 이를 기존의 G3 FAX에의 응용할때 필요한 고려 사항을 생각해 보았다. 즉, 1 LINE 단위로 확률 예측기(Probability Estimator)를 초기화 시키면서 Error가 발생할때 그 영향이 화면 전체에 번지는 것을 막고, 주위화소의 갯수를 1개로하여 계산의 양을 줄이는 방식을 택하여 이를 G3 FAX에 적용하기 이전에, Rearrange하여 기존에 QM-CODER 압축율을 더욱 개선하는 방법을 제안했다.

제 3 장에서는 실험을 위해 마련한 Test Chart에 대하여 종류를 나열하고, Coding을 위한 이치 Data로 변환 시킬 때 사용한 기법을 간략하게 설명하였다. 이어 제안된 방법들에 대한 실험을 수행하였고, 그 실험 결과에 대한 의미를 알아보았다. 제 4장에서는 전체 실험을 요약하고 결론지었다.

## II. 산술 부호화의 G3 FAX에의 응용

### 2.1 산술 부호화 방식의 개요

JBIG은 ISO JTC1/SC2/WG8과 CCITT SG VIII NIC group이 합동으로 1988년 5월 설립하여 각국으로 부터 이치화상 압축방식에 대한 제안을 접수하여 검토를 하였으며 그 제안된 부호화 방식의 필요 요건들을 아래와 같이 미리 정해 두었다<sup>13)</sup>.

- 정보 보존형 부호화 방식일 것
- Sequential 또는 progressive build-up이 가능할 것
- 부호화와 복호화는 real time으로 동기될 것

- MMR방식 보다 효율이 높을 것
- 동일 database로 부터 sequential build-up도 progressive build-up도 가능할 것
- 화상의 pre-scan을 금지한다.
- Dither 화상등 계조 표현된 2치 화상에도 적용되며, 높은 부호화 효율이 얻어질 것.

결국 3가지 안이 제안 되었는데 이는 AT&T의 PED-2, 일본 BIS의 PCBIS, 그리고 IBM의 PBIC이다. 이들 방식은 공히 Entropy coding으로 산술부호화 방식을 채택하고 있는데 AT&T에서 minimax coder를, IBM에서는 Q-CODER를, 그리고 BIS에서는 Melcode를 산술부호화 방식으로 채택하고 있다. 이들 산술부호화 방식들은 개념적으로 거의 동일하여 서로의 장점을 채택하여 통일화된 산술부호화방식 QM(Q-CODER Modified for IBM, Quick Minimax CODER for AT&T, Quick Melcoder for BIS)을 제정하였다.

이 산술 부호화에서는 부호화된 message는 0-1 사이의 수직선상에 한 점(A)과 그곳을 기준으로 어떠한 폭(C)을 갖는 선분으로 나타내어진다. 부호화가 진행됨에 따라 부호화된 message를 나타내는 A와 C의 표현을 위해, 필요한 bit 수는 증가하게 된다. 연속된 DATA의 입력에 대해 정해진 window의 CONTEXT에 따른 확률 값을 update하고, 특히 이치 DATA의 경우, MPS(More Probable Symbol)가 발생할 때 A는 그 값을 유지하며, C는 그 MPS의 확률값( $P_{MPS}$ )\*C으로 대치된다. 따라서 MPS가 발생할 때 LPS(Less Probable Symbol) 보다 A와 C의 값 변화량이 적으며, 따라서 부호화된 data에 보다 적은 수의 bit가 추가된다. 이 기법에서 주위화소의 값에 따른 확률 값을 예측하여 MPS와 LPS를 정하게 되며, 주위 화소의 갯수를 N이라 할 때 경우의 수,  $2^N$ 에 대한 확률값을 예측해야 한다.

### 2.2 QM-CODER의 LOW END G3 FAX 응용

앞서 이야기한 QM-CODER는 기존 FAX에서 쓰이고 있는 MMR 방식보다도 20~30% 정도

압축율이 높은 것으로 알려져있다. 이는 글자와 도면 화상의 경우를 이야기한 것이다. 그림 화상의 경우 MH, MR, MMR 방식 모두가 압축했을 때의 data 양이 압축하기 이전보다 늘어난다. 현재 A4 용지의 크기의 화상 정보분 9600 bps의 송신 속도로 보낼 경우 기존의 MH, MR 또는 MMR 부호화 방식으로 10분정도의 송신 시간이 요구되므로 이는 사용자에게 있어서 큰 문제가 아닐 수 없다. 그러나 산술 부호화 방식에서는 그 입력 화상에 알맞은 pattern으로 확률 예측을 하면서 압축해 나가므로 1보다 높은 압축율이 나온다. 따라서 QM-CODER와 같은 산술 부호화 방식이 중간조 처리한 화상에 대해 매우 강력한 압축 기법임을 알 수 있다. 그 압축 효율의 비교는 3장의 실험 결과에서 다루기로 한다.

이 QM-CODER로 압축한 data를 10 mSec의 line time을 갖는 G3 FAX에서 송신할 때 이론적 QM-CODER의 압축율 개선과는 전혀 다른 값을 갖는다. 현재의 line data 압축이 많이 되어 1-2 mSec의 동안에 송신을 마칠수 있는 양이라 하더라도, 수신측에서는 10 mSec 동안 현재 수신중인 바로 앞 line의 정보를 printing해야 하므로, printing이 끝나기를 기다려야 현재 line의 정보를 printer bufer로 옮길 수 있고, 그 이후가 되어야 수신 data를 받을 수 있다. 현재 G3 기종에서는 위와 같은 경우 fill bit라는 dummy data를 송신하면서 송 수신기 간의 연결을 유지한다<sup>19)</sup>. 이와 같은 경우 9600 bps로 data를 전송하는 mode에서 fill bit를 고려한 압축율을 생각해 보는 것이 통신 시간에 비례하므로 의미있는 일이다. MH와 MR 방식의 경우 1 LINE 단위로 부호화되기 때문에 통신 경로에서 발생할 error는 단순히 그 line 만의 error로 그쳐, error line에 대해서는 그 앞 line의 정보를 반복해서 print 해주어, 1 page의 정보를 판독하는데 큰 문제가 되지 않는다. MMR의 경우 2-D로 encoding하기 때문에 ERROR가 발생하면 그 이후의 전 화면에 영향을 미친다. 그러므로 64K이상의 메모리를 쓰면서 오류 정정 기법을 함께 쓰고 있다. low end G3 FAX에서는 오류 정정을 위한 memory

를 쓰지 않고 있으므로 QM-CODER를 사용하려면 이에 대한 대책이 마련되어야 한다. 또한 이를 실현하는데 있어 hardware의 추가를 최소화하여 기존 개발된 FAX에 손쉽게 실현 될수 있어야 한다.

이상을 종합해 보면, 본래 JBIG에서 QM-CODER를 위한 실개 조건을 제시했던 것 이외에, low end G3 FAX에 간단하게 QM-CODER를 실현하기 위해서는 다음과 같은 조건이 더해져야 한다.

- 부호화, 복호화에 필요한 buffer memory 양이 적어야 한다.
- 계산의 양을 줄여 소프트웨어적으로 또는 아주 적은 양의 하드웨어 추가로 해결해야 한다.
- error 발생시에 이를 복원 했을 경우 그 line 이외의 data에 영향을 미쳐서는 안된다.

이를 고려하여 QM CODER 기법을 MH 방식처럼 1 LINE 단위 처리로 오류의 전파가 없도록 하고, G3 FAX에서 간단히 실현하고자 다음과 같은 조건을 추가했다.

- 1) 매 line를 부호화를 시작할 때 마다 초기화 하면서 QM CODER 기법을 적용한다.
- 2) 9600 BPS로 송신 할 때 fill bit의 추가를 고려한다.
- 3) QM-CODER 기법에서 주위 화소의 수를 가능한 작게 사용한다.

### 2.3. orthered dithering된 화상의 고압축 방법

4\*4 window를 사용하여 dither한 화상에서, 바로 앞의 주위화소 보다 4 pixel 앞의 화소가 현재 주목화소에 correlation이 크기 때문에 원 화상을 rearrange한 다음 부호화하는 것이 사진과 같은 특성의 화상에 대하여 매우 높은 압축율을 얻을 수 있으리라 사료된다. 실제로 MMR 부호화 방식을 rearrange 한 다음 적용한 결과가 rearrange하지 않은 경우 보다 압축율이 더욱 높아졌음이 보고되어 있다<sup>19)</sup>. 마찬가지로 bayer dither에 의해 이치화된 화상에 대해 rearrange 기법을 적용한 다음 QM-CODER를 적용해 보았

다.

rearrange 기법을 설명하기 위해 dither 기법에 대해 알아 본다. 16단조의 표현을 위한 bayer dither matrix(D<sup>4</sup>)는 식 (1)과 같이 정의된다.

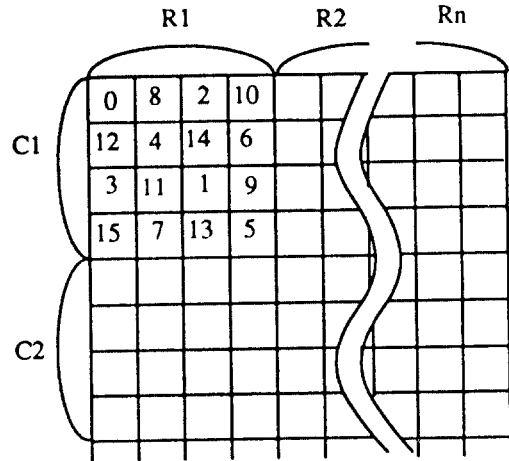
$$D^4 = \begin{bmatrix} 0 & 8 & 2 & 10 \\ 12 & 4 & 14 & 6 \\ 3 & 11 & 1 & 9 \\ 15 & 7 & 13 & 5 \end{bmatrix} \quad (1)$$

그리고 입력 화상을 I(i, j)라 할때, 다음과 같은 4 by 4의 sub block I'을 아래와 같이 정의한다.

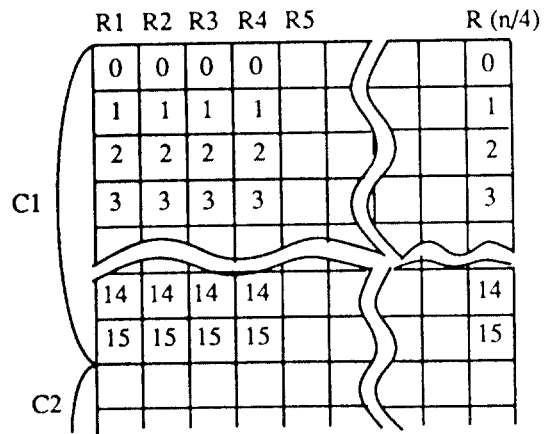
$$I'_{n,m} = \begin{bmatrix} I(4n, 4m) & I(4n+1, 4m) \\ I(4n, 4m+1) & I(4n+1, 4m+1) \\ I(4n, 4m+2) & I(4n+1, 4m+2) \\ I(4n, 4m+3) & I(4n+1, 4m+3) \\ I(4n+2, 4m) & I(4n+3, 4m) \\ I(4n+2, 4m+1) & I(4n+3, 4m+1) \\ I(4n+2, 4m+2) & I(4n+3, 4m+2) \\ I(4n+2, 4m+3) & I(4n+3, 4m+3) \end{bmatrix} \quad (2)$$

여기서 i, j, n, m은 모두 정수이다. dither 기법은 입력 화상의 크기를 만족하는 모든 n, m에 대해 I'n, m-D<sup>4</sup>의 각 요소의 값이 양이면 백 화소를 아니면 흑 화소를 출력한다.

이때 reordering 이라함은 D<sup>4</sup>의 특성을 고려하여 그림 1.과 같은 순서로 화소를 재배치한다. 전체 input 화상에 대하여 reordering하는 것이 압축 효율에 좋지만 화상 전체에 해당하는 큰 buffer가 필요하므로 4 line 단위로 reordering 한다. 참고문헌(9)에서 소개된 reordering 방법 보다 그림 1.에 보인 reordering 방법이 더 큰 압축율을 보일것으로 기대되며 큰 압축율에서 비교하는것이 보다 의미가 있기 때문에 그림 1.과 같은 reordering 방법을 채택했다.



a) Dithered Image



b) rearranged Image (reordered image)

그림 1. 4 line data의 reordering  
Reordering of data of 4 lines

### III. 실험 및 검토

#### 3.1 실험을 위한 입력 TEST CHART

QM-CODER의 성능과 MH, MR, MMR 등의 기존방식과 성능을 비교하고, 글씨, 도면, 사진 화상 전송시의 문제점과 해결 방안을 마련하기 위하여 아래 표 1.에 분류된 6종의 test chart를 사용하였으며, 그 원본으로 부터 만들어진 이치 화상을 그림 9.부터 그림 14.에 덧붙였다. 각

표 1. 입력 TEST CHART  
Input test charts

TEST CHART		특 성	이치화 방식
글씨	1	CCITT NO. 1 chart, 영문 편지, 인쇄체	적응 이치화
	2	영문 논문, 인쇄체	적응 이치화
도면	3	도면, 인쇄체	적응 이치화
사진	4	인물 사진	bayer dither
	5	인물 사진	오차 확산법
	6	인물 사진	후쇄, bayer dither

test chart는 현재의 G3 FAX에 응용을 고려하여 기존과 같이 수직 수평 방향 200 dpi로 입력하였다. 글씨와 도면으로 test chart no. 1-3의 화상을 준비 하였으며, 사진 전송시의 부호화 효율에 대한 고찰을 위해 test chart no. 4-6의 사진 화상도 추가하였다. 이 모든 TEST chart들은 FAX simulation system<sup>[4]</sup>의 SHARP JX-300 스캐너로 입력한 다음 test chart no. 1-3에 대하여는 적응 이치화기법<sup>[5]</sup>을 이용하였다. 여기서 적응 이치화 기법이라 함은 문서의 입력시에 생기는 고해 환상 소자의 MTF(Modulation Transfer Function), 문서의 종이 지질, FAX 광원의 불안정, 광학계의 focusing 오류등을 보완

주위 화소 수	각 TEMPLATE 에 대한 주목회소와 주위회소의 위치					
1						
	1	2	3	4	5	
	6	7	8	9		
2						
	10	11	12	13	14	
3						
	15	16	17			
4						
	18	19	20	21	22	
5						
	23	24	25	26		
6						
	27	28	29	30	31	32
7						
	33	34	35	36		

그림 2. template 구성도  
Structures of templates

하기 위해 개발 되었으며, 해상도를 향상 시켜주는 기법이다. test chart no. 4-6은 사진으로써 각각 bayer dithehr 방식<sup>[6]</sup>, 이치화 시에 제조 표 현력이 우수한 오차 확산법<sup>[7]</sup>, 잔이 영역 식별에 의한 혼재 mode 처리 기법( : 글씨 영역은 적응 이치화 기법, 사진 영역은 bayer dithering 기법을 사용)<sup>[8]</sup>을 이용해 만들어 이 이치화된 화상을 부호화하는 데의 입력 data로 사용하였다. 앞서 언급한 두가지의 기법은 부호화의 전처리 과정이며 화질을 크게 개선하고 있고 개선된 화질을 송신할때 압축율을 구하는 것이 바람직하므로 이를 사용하였다.

### 3.2 window template에 따른 압축 효율 조사

신술 부호화 시에, G3 기종 FAX의 급속한 저가격화의 경쟁을 고려하여 memory양을 줄이기 위해, window의 수직 방향 크기를 2 line 이내로 한정하여 template 모양을 바꾸었을 때, 그리고 주위 화소를 1개에서 7개까지 늘려 가면서, 주위 화소 배치 및 갯수가 압축율에 어떠한 영향을 주는가를 조사하였다. 왜냐하면 적은 갯수의 주위 화소만으로도 충분히 높은 압축율을 얻을 수 있다면 저가격 실계를 통하여 G3 FAX에서 사용될 수 있기 때문이다. 검토된 TEMPLATE의 모양을 그림 2.에 나타내었다. 그 그림에서 'x'는 주목 화소이며 'o'는 화율 예측을 위한 context 주위 화소이다. 그 그림 2.의 template no. 1-9는 주위 화소가 1개일때 주목 화소와의 위치에 따른 correlation의 정도를 알아보기 위해 선택 하였다. 주위화소가 2-7개 일때의 template를 그림 2.와 같이 선택하여 template에 따른 압축률을 그림 4.에 나타내었다.

그림 4.에서 알 수 있듯이 주위 화소가 1개일 때, test chart no. 1-3의 글씨와 도면 문서에 있어서 template no. 9와 같이 주목 화소 바로 위의 화소를 주위 화소로 선택해 주는 것이 가장 압축 효율이 높은 것으로 나타났다. 주목 화소 바로 앞의 화소를 주위 화소로 선택해 주는 것이 가장 압축 효율이 높은 것으로 나타났다. 주목 화소 바로 앞의 화소를 주위 화소로 선택해 주는 것도 그에 근접한 높은 압축 효율이 나타난다. test chart no. 4-6의 사진 경우도 비슷한 양상을 보인다. 그러므로 주목 화소에 가장 인접한 주위 화소를 선택하여 주는것이 바람직하다 하겠다. 그리고 주위 화소의 갯수를 2개에서 7개까지 늘리는 동안 전체적으로 조금씩 그 압축 효율이 향상됨을 볼 수 있다. 오차 확산 방식으로 전처리한 test chart no. 5의 경우 dither 중간조 기법에 의해 처리한 test chart no. 4, 6 보다 압축 효율이 떨어지며 이는 가장 random 한 방식으로 흑, 백 화소를 화면위에 피지계하는 중간조 표현 기법이므로 당연한 결과이다. 다른 방식의 경우에 비해 오차확산 방식은 주위 화소의 갯수를 늘려 나가는 동안 압축율의 증가가 별로 크지 않다.

### 3.3 QM-CODER와 기존 부호화 방식들 간의 성능비교

QM-CODER의 압축률을 기존의 압축방식인 MH, MR, MMR 방식과 비교하여 그 결과를 그림 5.에 보였다. 이 QM-CODER에서 위 그림 2.의 template no. 33을 사용하였다. 결과를 검토해보면 문자, 도면 화상에 대해서는 대개 QM-CODER가 MMR보다 압축률이 약 20-30% 좋다. 중간조 화상에 대해서는 기존 MH, MR,

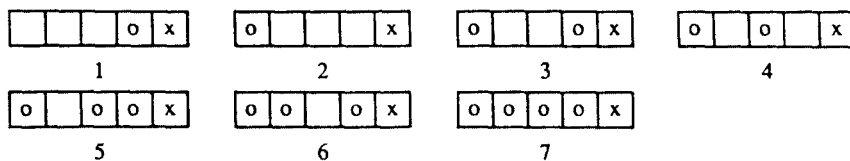
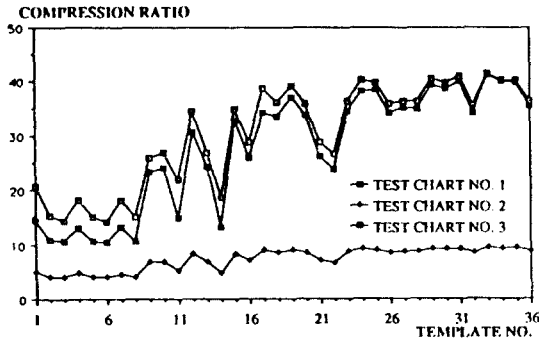
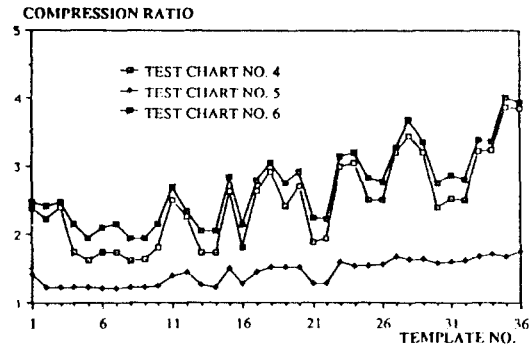


그림 3. 1-Line QM-CODER를 위한 실험 template의 구성  
Structures of templates for the test of the 1-line QM-CODER



a) Test chart no. 1,3에 대한 결과  
Results for test charts : TEST CHART NO. 1 NO.3



b) Test chart no.4,6에 대한 결과  
Results for test charts : TEST CHART NO. 4 NO.6

그림 4. Test chart no.1,6에 대한 QM coder의 압축율의 비교  
Comparison of compression ratios of the QM CODER for the test charts : NO.1 NO.6

MMR 방식 모두가 압축율이 1보다 작아 오히려 부호의 양이 많아진다. 이는 제조 보현을 위해 dither 또는 오차 확산방식을 이용하기 때문에 run length에 근거한 부호화 방법으로 압축 효율이 더 떨어진다. 이에 비해 QM CODE R의 압축율은 1.6 3.4 정도를 보이므로 기존 방식에 대한 개선율을 계산해보면 3.36 8.03배 정도에 이를을 알 수 있다.

2.2 절에서 설명한 것처럼 실제로 MSLT (Minimum Scan Line Time) 10 msec를 만족하기 위하여 fill bit를 추가해야한다. 이 경우 그림 6.에서 보인것 처럼 QM CODER의 효율이, fill

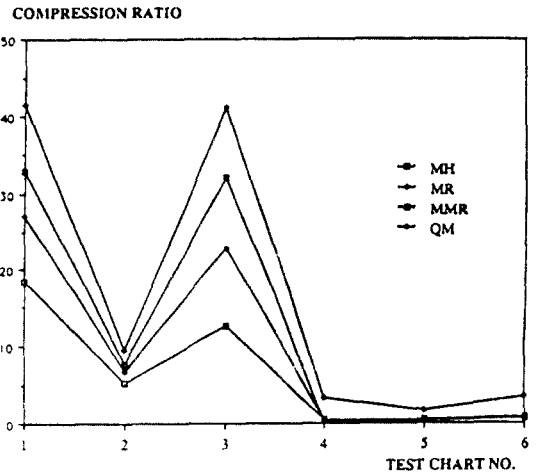


그림 5. 각 부호화 방식에 대한 압축율 비교  
(1) MR에서 단위 블럭의 line 수(k)를 4로 가정하였음.  
(2) QM coder는 그림 2.의 template no.33을 사용.  
Compression ratio of each coding method  
(1) For MR CODER, the line number(k) is 4.  
(2) For QM CODER, the template NO.33 shown in fig.2 is used.

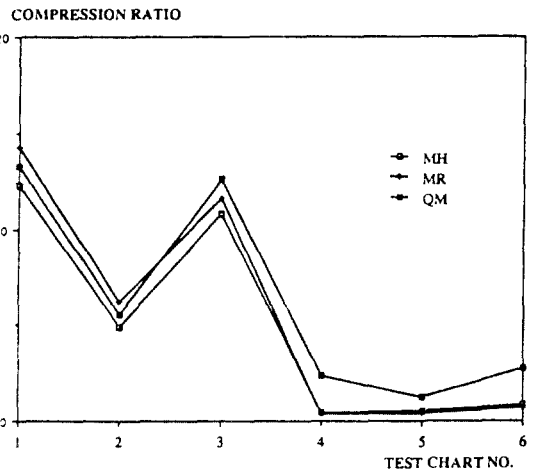
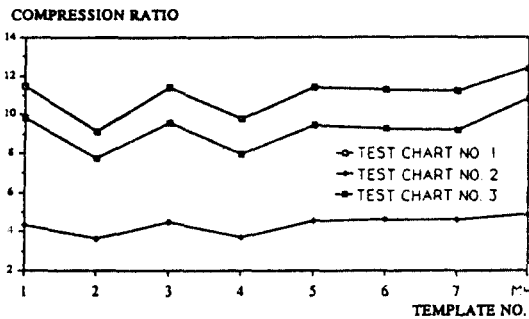
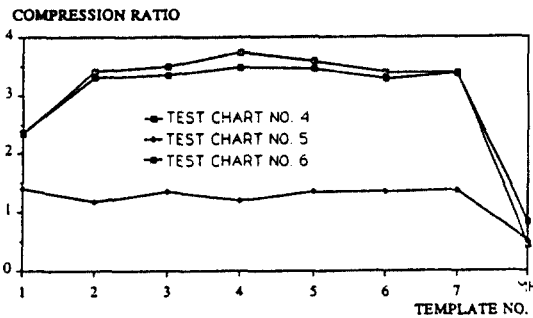


그림 6. Fill bit를 고려한 각 부호화 방식에 대한 압축율 비교  
(1) 9600 bps의 전송속도 기준.  
(2) MR에서 단위 블럭의 line 수(k)를 4로 가정했음.  
(3) QM coder는 그림 2.의 TEMPLATE NO.33을 사용.  
Compression ratio of each coding method considering fill bits  
(1) tested in transmission speed of 9600 bps  
(2) for MR CODER, the line number(k) is 4.  
(3) for QM CODER, the template NO.33 shown in fig.2 is used.



a) Test chart no.1-no.3에 대한 결과  
Results for test charts : TEST CHART NO. 1-NO.3



b) Test chart no.4-no.6에 대한 결과  
Results for test charts : TEST CHART NO. 4-NO.6

그림 7. Fill bit를 고려하고, 1line 단위로 QM-CODER를 적용했을때의 그림 3.의 TEMPLATE에 따른 압축율 (비교를 위하여 MH coder의 평균압축율도 표시함)  
Compression ratio of the 1-line QM-CODER with each template shown in fig. 3 considering fill-bits (for comparison purpose, the mean compression ratio of the MH CODER is shown.)

bit의 추가로 말미암아, 글씨와 도면의 test chart no. 1-3의 경우 MH 방식에 비하여 개선율이 다소 감소했으나 충분히 활용할 가치가 있는 수준이다. 한편, test chart no. 4-6의 사진 일 경우에는, fill bit의 추가가 적어, 그 효율이 1.27-2.73배이어서 MH, MR보다 2.54-5.67배에 달함을 알 수 있다.

한편 2-2 절에서 설명한 1-line QM-coder에 대한 실험결과는 그림 7.과 같다. 그림 7.의 a)는 test chart no. 1-3에 대하여 그림 3.의 1-line template에 따른 압축율을 보인다. 그림 7.의 b)는 test chart no. 4-6에 대한 압축율이다. 그림

7.에서 보는 바와 같이 글씨나 도면의 test chart 에서 1 line QM-CODER의 효율성은 MH방식에 비해 오히려 떨어진다. 그러나 사진 test chart 들에 대한 것은 그 효율성을 인정 할 수 있다. 이때 template no. 4사용했을 때가 test chart no. 4, 6에 대해 가장 좋은 것으로 나타났다. 주위화소 1개로 구성된 template no. 1의 경우도 MH의 경우 보다는 압축율이 2.8-5.3배 좋아졌으므로 계산의 양이 매우 간단한 것에 비하면 아주 의미 있는 결과이다. test chart no. 5에 대해서는 주위 화소 갯수가 1개인 template no. 1의 경우보다 4개를 사용하는 것이 오히려 압축율이 조금 떨어진다. 이는 주어진 test chart가 QM-CODER의 화율 예측 경우의 수를 2개 나누어 사용하는 것보다 주목 화소 바로 앞의 1개 주위 화소에 근거한 화율 예측이 효율적이라는 의미가 된다.

COMPRESSION RATIO

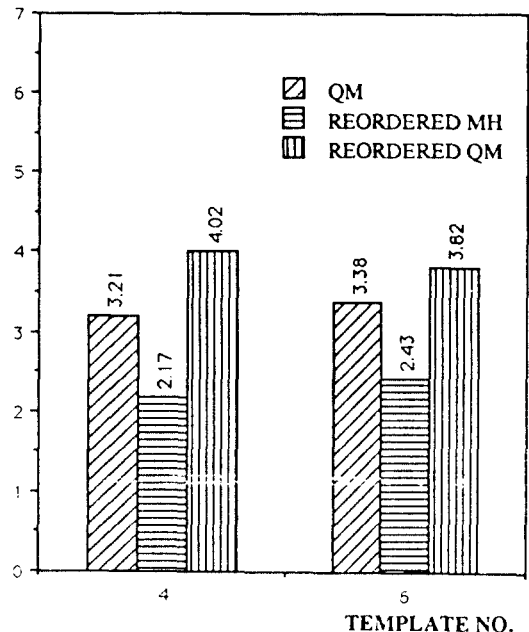


그림 8. BAYER DITHER한 화상을 REORDERING 했을 때 MH 및 QM CODER의 압축율 (그림 2.의 TEMPLATE NO.33 사용)  
Compression ratios of MH CODER and QM-CODER when the Bayer-dithered image is reordered. (The template NO.33 shown in fig.2 is used).



이상을 종합해 볼때, 저가격형 G3 기종 FAX에서 간단하게 문서나 도면을 보낼 경우 기존 MH, MR부호화 방식을 그대로 사용하고, 사진의 경우 주위화소가 1개인 그림 3의 template no. 1을 사용한 QM-CODER를 매 line마다 초기화 하면서 구현하는 것이 실현 비용도 적고 개선 효과도 크므로 바람직하다.

### 3.4 reordering된 dither 화상에서의 QM-CODER 성능

2.3 절에서 설명된 것처럼 dither된 화상을 재배열한 data에 MH, QM-CODER를 적용하여 압축율 결과를 그림 8.에 보였다. 그림 8.에서 보인 것처럼 bayer dither 방식의 중간조 화상의 경우 재 배열후 QM-CODER를 적용하는 것이 가장 높은 압축율을 보여준다.

## IV. 결 론

본 논문에서는 QM-CODER를 G3 FAX에 적용할 수 있는 방법을 제시하였다. 먼저 주위화소를 1-7개를 갖는 template에 대하여 QM CODER의 성능을 비교하여 가장좋은 성능을 갖는 template를 선정하였다. 선정된 template를 갖는 QM-CODER가 기존의 MH, MR, MMR CODING 방식에 비하여 우수한 성능을 가진다는 것을 보였다.

또한 dither된 화상의 경우, 바로 이전 화소 한 개로 구성된 template를 갖는 간단한 QM CODER를 매 line마다 초기화 하면서도 기존 방식보다 큰 압축율을 갖는다는 것을 보였다.

마지막으로 reordering 한후 QM CODER를

적용하면 가장 높은 압축율을 갖는다는 것을 보였다. 그러나 시각적으로 계조 표현력이 가장 우수한 오차확산법으로 dither된 화상에 대하여는 개선의 여지가 있다고 생각된다.

## References

1. K. R. McConnell, D. Bodson, and R. Schaphorst, FAX(Digital Facsimile Technology & Applications ), Artech House Inc., 1989
2. 김 재호, 강 구수, "FUZZY 이론을 이용한 문자와 그림의 영역 구분과 FAX 송신 시간 절약에의 응용," 삼성 전자社内 논문, 1991
3. 이 광진, 이 문호 "이진 화상 통신의 국제 표준화 동향," 전자공학회지, 제 18 권, 5호, p.49, 1991년 5월
4. 조 식관, 김 재호, 이 수연, 강 구수, 김 서규, "FAX simulation system의 기술 개발 완료 보고서," 삼성 전자 정보통신 연구소, 1991년 5월
5. P. A. Dondes and A. Rosenfeld, "Pixel classification based on grey level and local 'BUSYNESS'," trans. on pattern analysis and machine intelligence, IEEE, Vol. PAMI 4, NO.1, P.70, JAN. 1982
6. J.F. Jarvis, C.N. Judice, and W.H. Ninke, "A survey of techniques for display of continuous tone pictures on bilevel displays," computer graphics and image processing 5, pp.13-4, 1976
7. Robert A. Ulichney, "Dithering with blue noise," proc. of the IEEE, Vol.76, NO.1, p.56, JAN. 1988
8. N. Tetsutani and H. OCHI, "2 値 畫像 濃淡 畫像 混在 原稿 2 値化 處理法," 電子 通信 學會論文誌, Vol. J67 B, NO.7, P.781, JUN. 1984
9. Y. Yasuda, Y. Yamajaki, T. Kamae, and K. Kobayashi, "Advances in FAX," proc. of the IEEE, Vol.73, NO.4, P.706, APR. 1985
10. Reordered MH, MR



## THE SLEREXE COMPANY LIMITED

SAPORS LANE · BOOLE · DORSET · BH25 8ER

TELEPHONE BOOLE (945 13) 51617 · TELEX 123456

Our Ref. 350/PJC/EAC

18th January, 1972.

Dr. P.N. Cundall,  
Mining Surveys Ltd.,  
Holroyd Road,  
Reading,  
Berks.

Dear Pete,

Permit me to introduce you to the facility of facsimile transmission.

In facsimile a photocell is caused to perform a raster scan over the subject copy. The variations of print density on the document cause the photocell to generate an analogous electrical video signal. This signal is used to modulate a carrier, which is transmitted to a remote destination over a radio or cable communications link.

At the remote terminal, demodulation reconstructs the video signal, which is used to modulate the density of print produced by a printing device. This device is scanning in a raster scan synchronised with that at the transmitting terminal. As a result, a facsimile copy of the subject document is produced.

Probably you have uses for this facility in your organisation.

Yours sincerely,

P.J. CROSS  
Group Leader - Facsimile Research

Registered in England: No. 2038  
Registered Office: 60 Vicars Lane, Ilford, Essex.

그림 9. TEST CHART No.1

- *Architectural issues.* The bits saved in the register field of the instruction may be used to add more op-codes or address modes, or to decrease the code size of an application.

- *Software issues.* As registers become a scarcer resource, we become more constrained as to their uses.

- *Performance issues.* Fewer registers lead to slower code within a function, with intermediate results "spilled" to memory more often. But fewer registers can also mean lower overhead for function calls and interrupts.

To evaluate proposed changes in an architecture from a systems perspective is difficult. The effect of the change must be reflected in the chip, board, hardware system, compiler, and software system models to understand the impact on the end user. Because designers find this perspective so hard to achieve, we don't see traditional systems that are very well tuned. Even systems that are tuned at one moment in time quickly become suboptimal when we add new chips, memory, and software.

As one simple example, think of the many recent attempts to add X Windows and/or Unix to hardware systems that were not designed for them. In most cases, these attempts went through a period of performing very badly—in some cases, three to 10 times worse than comparably priced systems running the same application. Often, designers needed significant hardware or software tuning to raise performance to competitive levels.

## Trends

In addition to the already discussed decreasing cost of cycles, a couple of other trends will affect the optimum design points for future systems.

As chips become faster and more powerful, data movement increases in importance as a critical system bottleneck. Older systems' performance was sensitive to CPU parameters such as the time needed to process an add or multiply operation. For newer systems, performance may be more sensitive to such parameters as cache size and structure, memory and bus speeds, and the quality of register allocation done by the compiler. Data movement instructions often make up nearly 50 percent of all the instructions that a compiler emits.

Traditional compilers pretty much ignore the data movement issue. The programming language conventions establish data layout, and the compiler doesn't mess with it. The studies that accompanied the early RISC machines made it clear that intelligent compiler control of data layout and register allocation could lead to significantly faster programs. Compilers in the 1980s have increasingly produced optimizations that bring data into registers, use it, and put it back only when other parts of the computation need to find it. The 1990s

will accentuate this trend. Sophisticated new tools such as dependency analysis allow data references within loops to be analyzed, leading to much better register allocation, cache utilization, and use of special-purpose instructions such as vector operations.

Another trend that is developing rapidly is parallelism. We see not only a rapid growth in multiprocessor systems but also a lot more use of independent coprocessors for floating-point operations and I/O. The Intel i860, for example, contains vectorlike instructions that let it execute integer and floating-point instructions at the same time and process three bus transactions in parallel. Very long instruction word (VLIW) machines gain their power by controlling several independent execution units simultaneously.

Once again, traditional compilers do not address parallelism. To schedule several operations concurrently, compilers must ensure that the data needed by each operation not be changed by the concurrent operations. Dependency analysis develops this information, and a new generation of compilers uses it to produce impressive parallel performance on traditional applications.

These trends relate to each other, not only by impacting each other but also by affecting, and being affected by, the decreasing cost of CPU cycles. At certain price points and for certain applications, the optimal system may have a great deal of parallelism. The data movement between independent elements, and the resulting need for synchronization, may drive a lot of the hardware cost, and may prove to be a major bottleneck unless carefully designed. Unfortunately, even many of the newer chips do not provide multiprocessor support, or their support services only a very narrow range of potential applications. In some cases, designers attempt to retrofit multiprocessor support into existing systems, with indifferent results. Some real opportunities exist for new designs that incorporate system-level multiprocessing support into chips from the beginning stages of design, including not just cache coherency and synchronization but also operating system, interrupt, and context-switching support.

## Drying out soggy software

Software productivity has been increasing very slowly over the last decade. In fact, software development techniques could hardly keep up with the historic 15-percent improvement in price/performance per year. Also, software has been left in the dust by the 50-percent-per-year improvements that have characterized hardware in the last few years.

System developers have watched software become a larger and larger part of the development budget, the development time line, and the maintenance work load. The situation reached crisis proportions in 1989, with virtually every major software vendor announcing

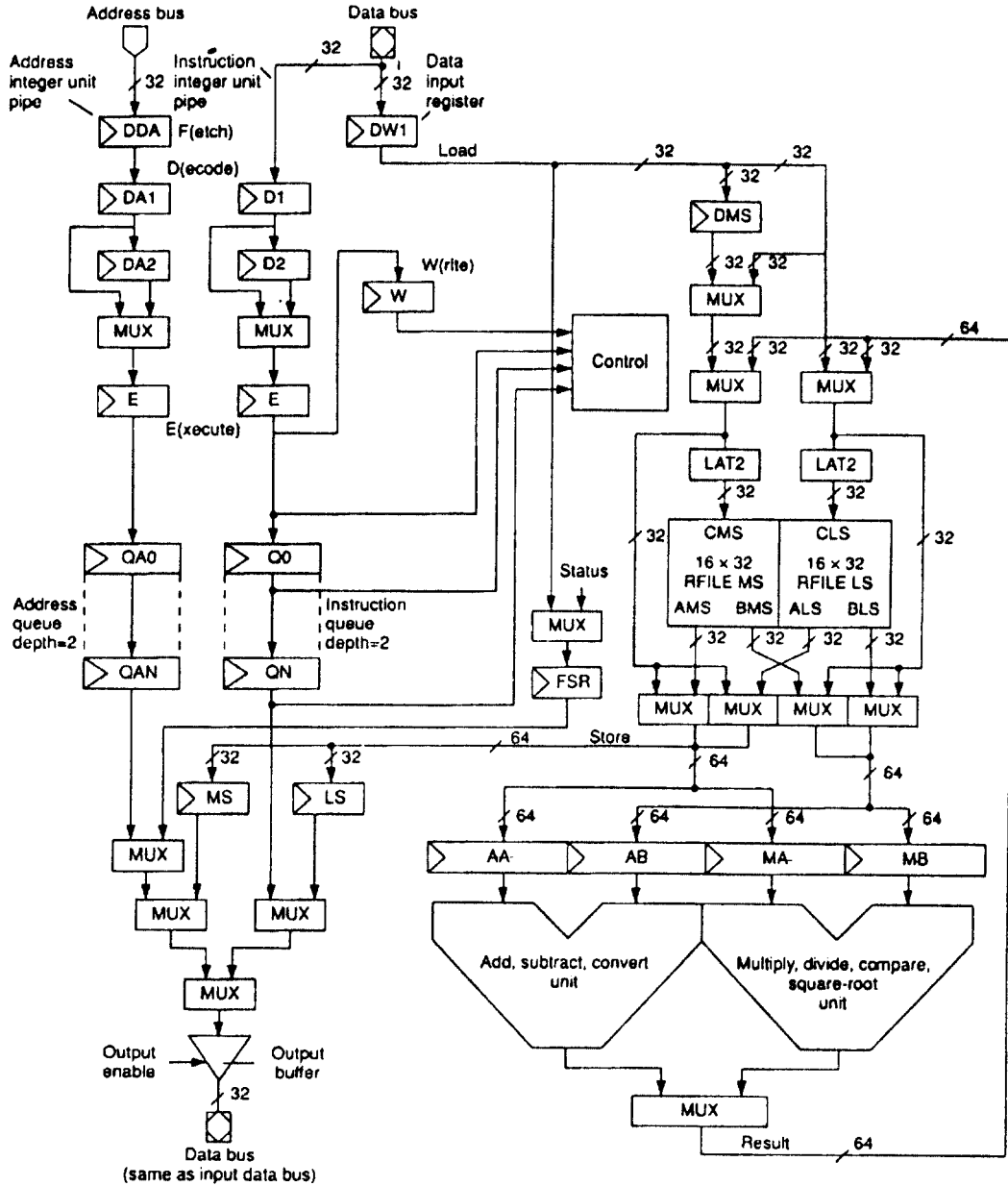


그림 11. TEST CHART No.3



그림 12. TEST CHART No.1



그림 13. TEST CHART No.5



Canon  
FAX Test Sheet

**UHQ**  
IMAGE PROCESSING SYSTEM

ENTER A NEW DIMENSION  
CANON'S ULTRA  
HIGH QUALITY IMAGE  
PROCESSING SYSTEM —  
THE SHARPEST, CLEAR-  
EST REPRODUCTION OF YOUR  
DOCUMENTS, OF ART.

1. 本圖為 Canon 公司所製之 FAX 測試用圖。  
 2. 圖中人物之面部係由 Canon 公司所製之 FAX 機所傳真而來。  
 3. 圖中人物之面部係由 Canon 公司所製之 FAX 機所傳真而來。  
 4. 圖中人物之面部係由 Canon 公司所製之 FAX 機所傳真而來。

Discouvrez une nouvelle dimension de communication perfectionnée par le système Ultra High Quality de Canon, le système de formation d'image par support aux systèmes classiques de formation d'image par traitement par un LSI de conception nouvelle. Avec UHQ, même les documents comportant des lignes extrêmement fines et des photographies en couleur sont reproduits de façon remarquable, avec des contrastes et des nuances que vous n'avez jamais cru possibles auparavant.

Se abre una nueva dimensión en el campo de la comunicación avanzada por facsimil. Entra la UHQ de Canon, un sistema de procesamiento de imágenes de última calidad para reproducir sus documentos o copias de forma nítida y clara. La UHQ se destaca considerablemente de los sistemas de formación de imágenes por facsimil convencionales gracias a su nuevo LSI. Con la UHQ, incluso los documentos de líneas muy finas y las fotografías y gradaciones se reproducen perfectamente con una claridad y gradaciones que nunca pudo imaginar.

Enter a new dimension of facsimile communication. Enter the advanced world of UHQ Processing System — for the sharpest, clearest reproduction of your documents or art. UHQ represents a dramatic improvement over conventional facsimile imaging systems, thanks to a newly developed LSI. With UHQ, even extremely fine-line documents and color photographs reproduce beautifully — with a crispness and gradations you never thought possible before.

In der Kommunikation mit Fax eröffnet sich eine ganz neue Dimension. Mit dem UHQ-System (Ultra high Quality) von Canon, ein neues, noch besseres Bildübertragungssystem — für die schärfste Reproduktion jeglichen Schrift- oder Bildmaterials. UHQ stellt eine erstaunliche Verbesserung gegenüber konventionellen Fax-Systemen dar. Dies wird durch den neu entwickelten LSI-Chip erreicht. So sind feinste Schriftbilder und auch noch Farbabbildungen lassen sich demt wunderbarlich reproduzieren, mit einer fast unglaublichen Schärfe und Gradation.

隨著現代科技之發展，在科學研究上首屈一指的佳能公司首次創造出了採用UHQ的LSI大規模集成電路。UHQ超高分量圖像處理系統不但能復原通常的文字及圖像，而且還能突破傳統了粗劣或漸進色彩的壞境，呈現出令人驚嘆的清晰生動的圖案。倘若您至今仍未找到令您滿意的傳真圖案，請去，這UHQ將帶給您前所未有的新技術，帶給您帶來全新、更完美的傳真通信。

그림 14. TEST CHART No.3



趙 錫 八(Sok Pal CHO) 正會員  
1948년 10월 6일생  
1969년 3월~1976년 2월 : 광운대학 전  
자동신과(공학사)  
1985년 3월~1987년 7월 : 한양대학교  
산업대학원 전자통신과(공  
학석사)  
1988년 3월 : 성희대학교 대학원 전자공

학과 석사과정  
1975년 9월 : CDC(Control Data Corp.) 근무 S.E.  
1978년 3월 : 대한전자 중앙연구소 연구원  
1984년 6월 ~ 現在 : 삼성전자 정보통신연구소 화상연구실 실  
장



陳 鷹 玉(Yong Ohk CHIN) 正會員  
1943년 3월 21일생  
1968년 2월 : 연세대학교 공과대학 전기  
공학과 졸업  
1975년 2월 : 연세대학교 대학원 전자공  
학과(공학석사)  
1981년 8월 : 연세대학교 전자공학과(공  
학박사)

1980년 : 통신기술사  
1976년 ~ 현재 : 성희대학교 공과대학 전자공학과 교수