

JBIG 부호화 방식의 팩시밀리에의 적용을 위한 알고리즘

正會員 池昌宇* 正會員 朴成漢**

A JBIG Coding Algorithm for Facsimile Communication Applications

Chang Woo Jee*, Sung Han Park** *Regular Members*

요약

본 논문에서는 국제 표준 JBIG 이진영상 부호화방식의 팩시밀리에의 적용 방법을 제안하였다.

제안된 방법은 세부분 - JBIG 이진영상헤더 (Bi-level Image Header, BIH)의 재규정, 영상의 전체라인수 지시방법, 그리고 JBIG 부호와 모드의 사용제한 - 으로 구성된다. BIH는 팩시밀리 통신 프로토콜에 적합하도록 재규정하였으며 특히, 사용된 영상의 전체라인수 지시를 위한 종결 표시기와 팩시밀리 문서 부호화 시간의 절약을 위해 AT 화소이동 여부를 결정하는 새로운 파라메타를 재규정하였다. 영상의 전체라인수 지시를 위해 부(복)호기에 계수기를 두어 매 라인마다 라인수를 계수해야하는 일본의 제안과는 다르게 새로운 페이지 종결표시기를 마지막 스트립 데이터끝에 사용하여 한 페이지의 복호화를 종결하도록 하였다. 그리고 JBIG 부호화방식의 3가지 부호화 모드를 팩시밀리 영상부호화 방식으로 사용하는것보다는 기존의 팩시밀리 통신 프로토콜을 적용할 수 있고 또한 고압축 효율을 갖는 순차적 부호화 모드(Sequential coding mode) 하나만을 팩시밀리 부호와 방식으로 사용하도록 제시하였다. 제시된 부호화 모드는 ITU-T 표준 시험영상에 적용해본 결과 효율적임을 알 수 있었다. 부호화 실험결과로 영상압축 효율이 팩시밀리 부호화 방식인 MMR보다 20%정도, JBIG 점진적 부호화 모드나 점진-호환 순차적 부호화 모드의 팩시밀리 적용시보다는 8%정도까지 향상됨을 알 수 있었다.

ABSTRACT

In this paper, we propose some modification in the international standard JBIG coding scheme for applying it to the facsimile communication application.

The proposed modifications consist of three parts; the respecifications of BIH (Bi-level Image Header) of the JBIG, the insertion of a new marker code for detecting of the end of a page, and the restriction of the usage of coding mode in JBIG. The respecifications of BIH are performed in order to follow the current FAX communication protocol specification. Particularly, the respecifications include a new marker

* : 한양대학교 전자공학과
Dept. of Electronic Eng., Hanyang University
** : 한양대학교 전자계산학과
Dept. of Computer Sci. & Eng., Hanyang University
論文番號 : 93215
接受日字 : 1994年 3月 5日

code indicating the number of total document lines and an AT pixel movement-decision parameter to reduce the coding complexity. For detection of the page end, a new terminating marker code in the last stripe data entity(SDE) is used instead of the vertical line length counter in JBIG. Finally, only the sequential coding mode is adopted instead of using three coding modes in JBIG. The coding efficiency of the proposed coding mode is simulated via ITU-T standard test charts. The simulation results show that the compression efficiency is about 20% higher than that of the MMR facsimile coding scheme and about 8% higher than those of the progressive coding mode, and progressive-compatible sequential coding mode in JBIG.

I. 서론

고품질 통신 서비스를 보장하는 통신기술의 발전과 고도의 정보 부호화 기술의 개발로 통신분야에서의 영상 정보 서비스 기술 개발의 노력이 전세계적으로 활발해지고 있으며, 이러한 흐름에 맞추어 국제표준화 기구인 ISO(International Organization for Standardization)와 ITU-TSS(Telecommunication Standardization Sector)는 JPEG(Joining Photographic Experts Group)[1], JBIG(Joining Bi-level Image Experts Group)[2] 및 MPEG(Moving Picture Experts Group)[3]을 조직하여 영상정보의 압축 부호화 기술을 국제적으로 표준화하였다. JPEG은 연속조(continuous-tone) 정지영상의 디지털 압축 부호화 기법의 표준화 작업을 완료하였으며(ITU-T에서는 권고 T.81, ISO에서는 IS 10918-1), 현재는 이의 적합성 시험방법을 표준화하는 작업을 하고 있다.(ISO CD 10918-2). 또한, 차세대 압축기법으로 사용될 부호화 기법의 연구도 병행하고 있다[4-7]. JBIG에서는 이진 영상을 고도로 무손실 압축할 수 있는 부호화 기법(ITU-T에서는 권고 T.82, ISO에서는 DIS 11544)을 표준화하였으며, 이 부호화 기법을 의료영상, 팩시밀리 문서 및 색의 수를 제한하여 사용하는 칼라 팩시밀리 문서 등의 압축기술로 사용하는 방법을 연구하고 있다[8]. 한편, MPEG에서는 고품질 텔레비전(HDTV)나 화상전화회의(teleconferencing)를 위한 동영상 정보의 압축기술을 국제적으로 표준화하였다.

팩시밀리는 먼저 문서를 디지털 이진정보로 변환한후 이에 적절한 무손실 압출 부호화 방식을 적용한 후 전송한다. 팩시밀리에서 사용되는 압축기술은

1968년 ITU-T(CCITT의 개정된 명칭)에서 공중전화망(PSTN)상에서의 압축없이 사용한 6분대의 G(roup)1 팩시밀리로부터, 1972년 MH 부호화 방식[9]을 사용한 3분대의 G(roup)2 팩시밀리, 1980년 MR 부호화 방식[9]을 사용한 1분대의 G(roup)3 팩시밀리, 그리고 1984년 종합정보통신망(ISDN)에서의 MMR 부호화 방식[10]을 사용한 수초대 문서 전송장치인 G(roup)4 팩시밀리까지 팩시밀리를 위한 압축 부호화 기술이 계속 발전되어왔으며[9-11], 최근 디지털 통신망의 구축에 따라 고품질 문서를 보다 빠르게 전송할 수 있는 고압축 부호화 기법이 필연적으로 요구되게 되었다.

본 논문에서는 국제적으로 표준화된 이진영상의 고압축 기법인 JBIG 부호화방식을 팩시밀리 문서의 부호화 방식에 적용하기 위한 방법을 제안한다. JBIG 부호화방식을 팩시밀리 문서 압축에 적용하기 위해 검토해야할 항목은 3가지로 나뉜다. 첫째, 기존의 JBIG 이진영상헤더(Bi-level Image Header; BIH)를 팩시밀리 통신 프로토콜에 맞도록 명확히 재규정해야하며 필요하다면 팩시밀리 문서의 부호화 시간을 절약하기 위한 새로운 제어정보의 규정이 포함될 수 있어야 한다. 둘째, 팩시밀리 문서의 정확한 복호화 종료를 위해 문서의 전체라인수를 지시하는 방법이 지원되어야한다. 셋째, JBIG 부호화방식에서 규정된 세가지 부호화 모드에서 팩시밀리 부호화 방식으로 어떤 부호화 모드를 사용할 것인지를 선택해야 한다.

본 논문은 이러한 세가지 검토항목을 기반으로한 팩시밀리 적용방법이 제시되었으며 논문의 구성은 먼저 2장에서 JBIG 부호화방식을 분화층 부호기(differential layer encoder)와 최하위 해상도층 부

호기(lowest-resolution layer encoder)로 나누어 각각을 블록 다이어그램을 사용하여 개괄적으로 기술하였고, 3장에서는 JBIG 부호화방식의 팩시밀리 문서 압축 적용시의 문제점들에 대한 해결 방안을 구체적으로 기술하고 있으며 관련된 일본의 제안[12]과도 비교 분석하였다. 4장에서는 제안된 방법을 사용한 팩시밀리 문서의 부호화 실험 및 성능 고찰을 하였다. 마지막으로 결론은 5장에 기술하였다.

II. JBIG 부호화 방식

이진 영상의 고압축을 위한 JBIG 부호화 방식의 부호기는 그림 1과 같이 구성된다. JBIG 부호기는 현단계의 해상도 영상과 한 단계 감소된 해상도의 영상을 통해 점진적으로 예측 부호화하는 분화층 부호기와 가장 낮은 해상도층 영상을 순차적으로 부호화

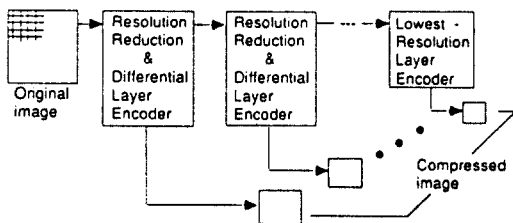
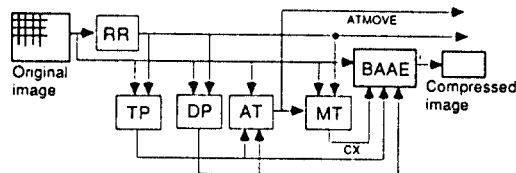


그림 1. JBIG 부호기 블록다이어그램
Figure 1. The JBIG encoder block diagram.

하는 부호기로 나뉜다. JBIG 부호화 방식은 점진적(progressive) 부호화 모드와 순차적(sequential) 모드로 구분되며 점진적 부호화 모드인 경우 품질이 좋지않은 하위 해상도층 영상으로부터 품질이 좋아지는 상위 해상도층 영상으로 영상 품질이 개선되며 최종 단계에서 원영상과 동일한 영상이 구성된다.

JBIG의 장점은 해상도가 점진적으로 향상 되도록 하는 알고리즘을 통해 낮은 해상도층에서도 전체 영상 윤곽을 빠르게 파악할 수 있으며, 다양한 해상도와 영상을 출력하기 위한 점진적 영상품질 개선기능이 지원된다. 반면에 JBIG 부호화방식 자체가 이진 영상의 고압축을 목적으로하는 한 비트공간 단위에서 예측 및 산술부호화를 하기 때문에 다중 비트 공

간을 갖는 연속조 정지영상이나 칼라영상의 부호화에는 적합하지 않다.



약어	의미
RR	Resolution Reduction
TP	Typical prediction
DP	Deterministic Prediction
AT	Adaptive Template
MT	Model Template
CX	Context
BAAE	Binary Adaptive Arithmetic Encoder

그림 2. 단순화된 분화층 부호기 블록다이어그램
Figure 2. The simplified differential layer encoder diagram

1. 분화층 부호기

그림 1의 분화층 부호기 블록은 그림 2와 같은 부분적으로 세분화된다. 본 부호기는 점진적 부호화 모드이며 입력된 영상과 해상도 감소(Resolution Reduction; RR) 알고리즘으로부터 얻은 감소된 해상도의 영상을 가지고 부호화될 화소를 전형예측(Typical Prediction; TP)을 한다. 이때 예측이 되면 부호기는 다음 화소를 받아들이고 예측되지 않은 경우에는 결정예측(Deterministic Prediction; DP)을 한다. 결정예측으로 예측이 되면 다음 화소로 넘어간다. 그러나 두 예측방법으로도 예측이 되지 않으면 현재의 화소는 모델 템플릿(Model Template; MT)의 조합인 컨텍스트(context)하에서의 무손실 산술 부호화한다. 그림 2에서 ATMOVE는 적응 템플릿(Adaptive Template; AT)의 수평화소 이동 조건이 만족되면 모델 템플릿의 한 비트위치를 바꾸어주기 위한 파라미터이다. 또한, 그림 2에서 각 서브블록의 의미도 나타내었다. 분화층 부호기는 그림 1에서처럼 해상도층을 몇개로 나누는지에 따라 그 수만큼 영상을 순환적으로 부호화하며 이 부호기를 통하여 점진적 영상 품질 개선효과를 얻는다.

해상도 감소(RR). 상위 해상도층 영상의 왼쪽에서 오른쪽, 위에서 아래쪽 방향으로 각각 2:1 서브 샘플

링하는 방법으로 JBIG 부호화방식은 현재의 화소가 속하는 상위 해상도층 화소들과 한단계 하위 해상도층 화소들사이의 가중화된 상대 화소값 차이를 이용하여 서브 샘플링하는 RR 알고리즘을 권고하였다. JBIG에는 RR 알고리즘으로 구현된 RR 룩업(look-up)표가 규정되어있다.[참고문헌 2의 6.3절, 부록 B 참조]

전형예측(TP). TP는 압축효과에 조금 영향을 주기는 하나 TP를 하는 주목적은 문서 부호화 속도를 높이기 위해서이다. TP는 현재 예측하려는 화소와 같은 해상도층의 주위 8개의 이웃 화소와 같이 예측하려는 화소가 속하는 상위 해상도층의 4개의 화소와 같게되면 예측이 된다. 예를들어, 같은 패턴이 반복되는 라인아트(line-art)나 연속적인 흑 또는 백이 있는 팩시밀리 문서는 TP로 예측될 가능성이 높다. TP로 예측되면 어떠한 부호화 과정도 수행하지 않아 부호화 시간이 절약된다[참고문헌 2의 6.4절 참조]

결정예측(DP). 실질적인 이진 영상의 고압축 효과는 DP 예측으로 이루어진다. 현재 예측하려는 값과 같은 해상도층에 있는 상관성이 높은 참조 화소들과 RR 알고리즘에 의해 감소된 하위 해상도층의 참조 화소들로부터 현재의 예측값과의 상관성이 높은 경우 예측이 결정적으로 이루어진다. JBIG은 DP를 위해서 4개의 DP 화소 위상에 따라 4개의 DP 룩업표가 규정되어있다[참고문헌 2의 6.6절 참조].

모델 템플릿(MT). MT는 현재 부호화되는 화소에 이웃하는 기하학적인 패턴을 의미하며 산술 부호화를 위한 현재의 화소가 나올 예측정보인 컨텍스트를 정의한다. MT는 부호화되는 영상과 같은 해상도층의 화소와 하위 해상도층 영상의 화소들을 참조하여 만들어진다. 특히, 부호화중에 MT는 영상의 주기성을 반영하도록 적응 템플릿(AT)를 사용해서 MT의 한비트 위치를 바꿀 수 있다.

좋은 MT는 부호화되는 값을 잘 예측할 수 있는 빈번히 나오는 컨텍스트이므로 좋은 압축효과가 얻어진다[참고문헌 2의 6.7절 참조].

이진 적응 산술 부호기(BAAE). BAAE는 입력화소를 0과 1사이의 실수로 매핑하는 순환적인 확률구간

부분할(subdivision) 과정에 기반을 둔다. 발생하는 화소에 비례하는 확률구간이 0과 1사이에 설정되고 부호화되는 화소와 이 화소가 나타날 확률정보인 컨텍스트를 통해 자주 발생하는 화소의 확률구간은 아주 조금씩 구간이 감소되게 함으로써 높은 부호화 효과를 넘는다. 반면에 자주 발생되지 않은 화소는 작은 확률구간에서 구간이 감소되므로 수시로 구간을 재조정하는 절차가 요구된다[참고문헌 2의 6.8절 참조].

2. 최하위 해상도층 부호기

본 부호기는 순차적 부호화 모드이며 RR과 DP를 하지 않는다. AT는 분화층 부호기와 동일하게 적용되며 TP는 예측하려는 화소와 같은 해상도층의 영상만을 참조한다. 현재의 화소는 TP로 예측이 되면 다음 화소로 넘어가고 그러지 않은 경우에 화소는 현재 부호화하려는 화소의 좌측과 바로 위쪽에 있는 화소들로부터 만들어진 컨텍스트하에서 BAAE로 무손실 산술 부호화한다[참고문헌 2의 6장 참조]. 본 논문의 IV.1절에 설명된 순차 부호화 모드는 바로 이 부호기를 사용한다.

Ⅲ. JBIG의 팩시밀리에의 적용

1. 이진영상헤더(BIH)의 재규정

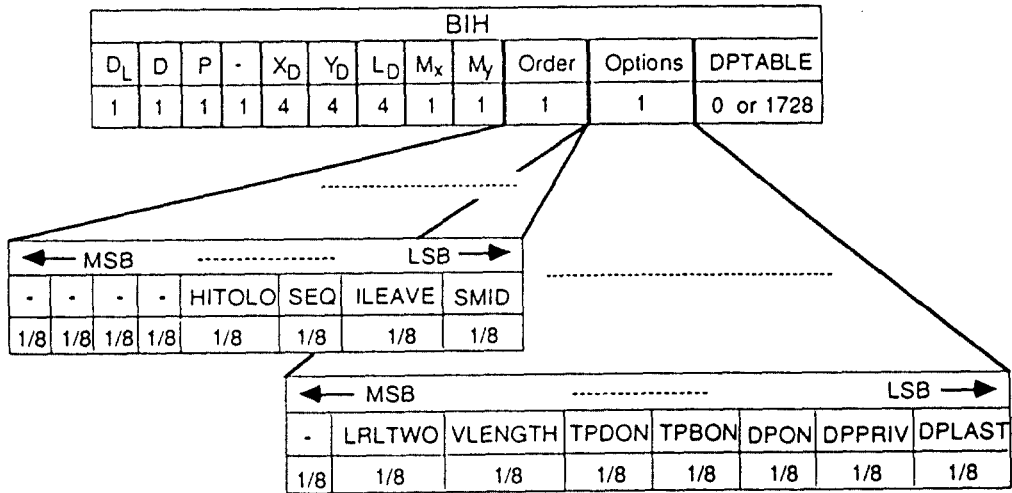
JBIG 부호화 방식의 부호화 된 데이터는 이진영상헤더(BIH)와 이진영상데이터(Bi-level Image Data ; BID)로 나뉘어지며 이중 JBIG 이진영상헤더의 성분과 그 의미는 그림 3과 같다.

JBIG 이진영상헤더(BIH)의 각 항목들은 팩시밀리 통신 프로토콜에 따라 명확하게 재규정된다.

파라메타 D와 D_L. 팩시밀리 부호화 방식으로 본 논문의 Ⅲ.3절에서 설명된 JBIG의 순차적 부호화 모드만 사용할 것을 제시하였기 때문에 분화층 부호기가 사용되지 않는다. 따라서 이 값들은 0으로 고정된다.

규정된 포맷 :

D _L	D
0×00	0×00



Parameter	Size (byte)	Meaning	Variable	Size (bit)	Meaning
D _L	1	Initial layer to be transmitted	-	1	Fill bit
D	1	Number of differential layers	HITOLO	1	High to low
P	1	Number of bit-planes	SEQ	1	Sequential
-	1	Fill byte	ILEAVE	1	Interleave multiple bit-planes
X _D	4	Horizontal image size at layer D	SMID	1	Index over stripe is in middle
Y _D	4	Vertical image size at layer D	LRLTWO	1	Lowest-resolution-layer two-line template
L _D	4	Number of lines per stripe at layer D	VLENGTH	1	Variable length
M _x	1	Maximum horizontal offset allowed for AT pixel	TPDON	1	Differential - layer TP enabled
M _y	1	Maximum vertical offset allowed for AT pixel	TPBON	1	Lowest-resolution layer TP enabled
Order	1	Order of stripe data entity(SDE)	DPON	1	DP enabled
Options	1	Specify options	DPPRIV	1	DP private
DPTABLE	0 or 1728 byte	DP table	DPLAST	1	DP table

그림 3. BIH의 성분과 의미

Figure 3. The decomposition and meaning of the BIH

파라메타 P. 팩시밀리에는 흑(값 0)과 백(값 1)의 이진 영상만을 부호화하므로 단지 한 비트 공간(one-bit plane)만이 요구된다. 따라서 이 값은 1로 고정된다.

규정된 포맷:

P
0x01

-. 채움(fill)바이트로 항상 0값이다.

파라메타 X₀와 Y₀. 팩시밀리 문서의 부(복)호화 종료를 위한 파라메타로 문서의 수평 화소수(X₀)와 전체라인수(Y₀)를 표시한다. X₀는 문서를 주사하지 않더라도 팩시밀리 통신 프로토콜[9-10]에 따라 부호화 시 미리 결정되지만 문서의 전체라인수는 미리 알 수 없기때문에 다른 메카니즘을 사용해서 복호기에 알려 주어야한다.

본 논문의 III.2절에서는 이를 위해 제안된 메카니즘이 설명되어있고 그중 팩시밀리 통신 프로토콜에서 규정된문서의 표준 수직 해상도(ITU-T 권고 T.6)[11]를 그대로 적용하는 경우에만 BIH의 Y_b 가 사용된다. 표 1은 권고 T.6에 규정되어 있는 ISO 표준 문서 크기에 따른 문서의 해상도, 전체라인수 및

16 진수로 표시된 4바이트 Y_b 값을 표시한다. 본 메카니즘을 사용하기 위해서는 BIH의 바이트중 변수 VLENGTH 비트를 0으로 규정시켜야 한다. 문서의 전체라인수 지시를 위한 새로운 메카니즘이 사용된다면 Y_b 는 사용되지 않는다.

표 1. ITU T.6에 권고된 ISO 문서크기에 따른 Y_b 값
Table 1. The values of Y_b specified in the ITU-T Rec. T.6 for various vertical ISO document sizes.

V L E N G T H 0	해상도 (dpi)	ISO A4		ISO B4		ISO A3	
		ITU-T	Hexadecimal (4 byte)	ITU-T	Hexadecimal (4 byte)	ITU-T	Hexadecimal (4 byte)
		200	2339	0×0000923	2780	0×0000adc	3307
240	2806	0×0000af6	3335	0×0000d07	3969	0×0000f81	
300	3508	0×0000db4	4169	0×00001049	4961	0×00001361	
400	4677	0×00001245	5559	0×000015b7	6614	0×000019d6	

파라메타 L_b . 영상의 한 스트립(stripe)의 크기는 JBIG 부호화방식에서 디폴드로 정한 128 라인으로 고정된다.

규정된 포맷 :

L_b
0×80

파라메타 M_x 와 M_y . 팩시밀리 문서 부호화중 산술 부호화에서 사용되는 MT의 한 비트 위치(이것을 AT화소라고 칭함)가 바뀔 수 있도록 AT 화소이동을 위한 최대 수평, 수직 오프셋(offset)을 규정해놓은 파라메타이다. AT 화소이동을 위한 수평 및 수직 오프셋은 문서의 특성에 따라 다르다는 것을 파악하기 위해 ITU-T에서 규정한 팩시밀리 시험용 표준 영상인 문서번호 1, 4, 5 및 7번과 JBIG 부호화방식의 압축 실험을 위한 표준 "Stockholm" 영상 8개를

사용하여 AT 화소 이동 실험을 하였다(표 2). 실험에서 AT 화소의 수직이동은 JBIG에서 규정된것처럼 없도록 하였다(ITU-T 권고안 T.82 부록 A참조). JBIG에서는 AT 화소의 수직이동을 지원하기 위한 하드웨어 비용이 크고, 일반적인 팩시밀리 영상에서 수직이동은 거의 나타나지 않기 때문에 M_y 를 0으로 규정해 놓고 있다. 표 2에서 알 수 있듯이 모든 ITU-T 시험 영상과 "Stockholm" 영상중 텍스트류에 속하는 영상에 대해서는 어떠한 수평 AT 화소 이동도 발생하지 않았음을 알 수 있었다.

ITU-T 시험영상들은 모든 유형의 이진 팩시밀리 영상을 국제적으로 권고한 것이기 때문에 일반적인 팩시밀리 영상에 대해서는 수평 AT 화소이동을 허용하지 않도록 선택 바이트의 ATMON 비트를 0으로 고정하여 M_x , M_y 를 0으로 규정시켰다. 한편,

표 2. 수평 AT 화소이동 실험
Table 2. The horizontal AT pixel movement experiments.

시험문서 AT offset range (MIN-MAX)	ITU-T test charts #1, #4, #5, #7	"Stockholm" images					
		English Letter	Japanese News	Test file 1	Sailboat	Magazine	Test
		Equations	Engineering Drawing			Page	file 2
$M_x=(0\sim16)$ $M_y=(0\sim0)$	수평 AT 화소 이동이 발생하지 않았음	수평 AT 화소 이동이 발생하지 않았음			스트립당 한두번의 수평 AT 화소 이동 발생 (첫번째 스트립의 $M_x=4$ 와 $M_x=3$ 에서)		

디더링 영상들(표 2의 “sailboat”와 “디더링이 포함된 magazine page”)이나 라인아트 영상(표 2의 random한 사선 패턴이 반복되는 “test file 2”)에 대

해서는 실험 결과 1-2회 정도 수평 AT 화소의 이동이 있었기 때문에 부호화 시간을 고려한 최대 8개의 화소영역까지 수평으로 AT 화소를 옮길 수 있도록 Mx를 규정하였다.

규정된 포맷 :

parameters	Mx	M _y	parameters	Mx	M _y
ATMON 비트			ATMON 비트		
0	0×00	0×00	0	0×08	0×00
(일반적인 팩시밀리 문서의 부호화시)			(디더링/불규칙 패턴 문서의 부호화시)		

파라메타 순서(order). III.2절의 그림 4에 있는 이진영상데이터(BID)의 SDE(stripe data entity) 전송순서를 명시하며 팩시밀리 통신을 위해 재규정된다. 순차적 부호화 모드만이 사용되므로 분화층 부호기에서 사용되는 ILEAVE와 SMID 비트는 사용되지 않는다. 따라서 HITOLO와 SEQ 비트만이 사용되며 순차적으로 영상을 부호화 하고 전송하기 때문에 두 비트값은 다음과 같이 0으로 고정된다.

규정된 포맷 :

Order(1 byte)
××××00××

파라메타 선택(option). 다음의 비트들은 팩시밀리 문서 부호화에 필요한 변수들을 재규정한다.

1. 채움 비트로 항상 0값을 갖는다.

LRL TWO 비트. JBIG 부호화방식은 세라인을 참조하는 모델 템플리트에서 부호화하는 경우가 압축률이 좋기 때문에 비트값은 1로 고정된다.

규정된 포맷 :

Options(1 byte)
01××××××

VLENGTH 비트. 영상의 부(복)호화 종료를 지시하는 방법을 규정한 변수로 비트값이 0이면 팩시밀리 통신 프로토콜에 규정된 표준 수평, 수직 해상도(표 1)를 사용함을 의미한다. 이 비트값이 1이면 영상의 전체라인수 지시를 위한 새로운 메카니즘이 사용됨을 의미한다.

규정된 포맷 :

Options
0×0×××××

or

Options
0×1×××××

TPBON 비트. 순차 부호화 방식은 가장 낮은 해상도층의 전형예측(TP)를 사용하기 때문에 비트값은 1이다.

규정된 포맷 :

Options
0×××1×××

ATMON 비트. 분화층은 사용되지 않기때문에 BIH의 TPDON 비트는 수평 AT 화소이동 여부를 판단하기 위한 ATMON 비트로 새롭게 대처하였다. 이 비트값이 0이라면 수평 AT 화소이동이 없기 때문에 스트립당 수평 AT 화소이동에 필요한 위치 정보를 담고 있는 ATMOVE 표시기(marker)[2][13]들이 부호화된 BID에서 제거된다. 따라서 BID의 크기가 감소될 뿐만아니라 부호화시 스트립당 수평 AT 화소이동을 위한 조건 판단시간이 절약되어 영상 부호화시간을 줄일 수 있다. 그러나 비트값이 1이라면 ATMOVE 표시기들이 AT 화소 이동을 위해 BID에 포함되어야 한다. 앞서의 실험에서 알 수 있듯이 ITU-T 영상류의 일반적인 팩시밀리 영상의 부호화의 경우에는 ATMON 비트를 0으로 세트하고 규칙적으로 반복되는 패턴을 가진 영상, 디더링(dithering) 영상 또는 헬프토닝(halftoning) 영상 등에 대해서는 ATMON 비트를 1로 세트한다. 팩시밀리 문서가 ITU-T 영상류에 속하더라도 ATMON 비트를 0으로 고정시킬 필요는 없다.

규정된 포맷 :

Options
(TPDON → ATMON)
0××0××××

or

Options
(TPDON → ATMON)
0××1××××

DPON, DPPRIV 및 DPLAST 비트. 분화층 부호기가 사용되지 않으므로 이 비트들은 사용되지 않는다.

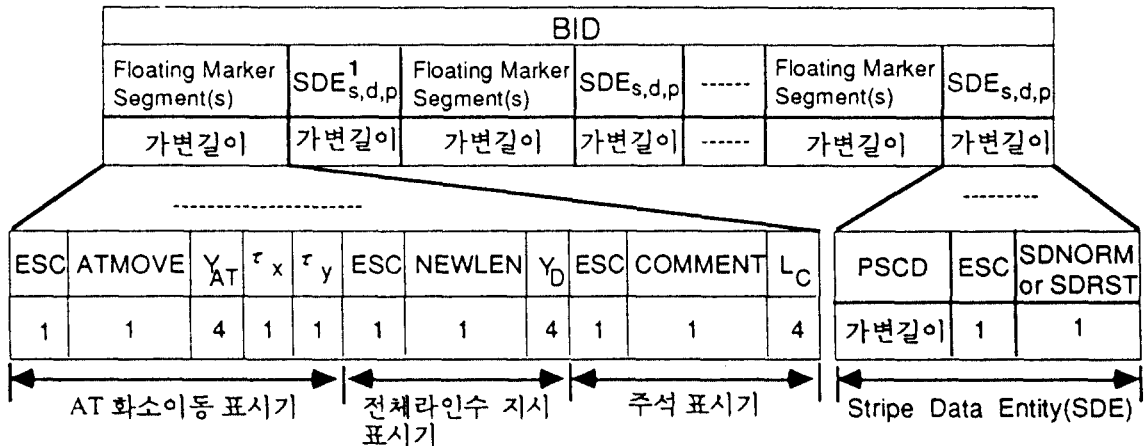
또 한가지 JBIG 부호화방식의 팩시밀리 통신 적용시에 고려해야 할 중요한 문제는 BIH와 BID의 전송비트 순서를 결정하는 것이다. 팩시밀리 단말기의 통신 모뎀 LSI가 대부분 LSB 우선 보냄을 채택하고 있기 때문에 BIH와 BID는 LSB 우선으로 전송되도록 구현되어야 한다.

2. 영상의 전체라인수 지시방법

JBIG에서의 영상의 전체 화소수는 통신을 고려하지 않기 때문에 부호화전 BIH에 미리 규정된다. 따라서 복호기에 의해 복호화되는 화소수가 BIH에 규정된 영상의 전체 화소수와 같을때에만 복호기는 복

호화를 종료한다. 그러나 JBIG 부호화방식을 팩시밀리 통신에 적용할 경우 영상의 수평 화소수는 앞서 설명된 것처럼 미리 알 수 있지만 영상의 전체라인수는 부호화하는중에 미리 알 수 없기 때문에 복호기가 영상자체만 가지고 정확히 복호화 과정을 종결할 수 없다. 따라서 영상의 부(복)호화 종결을 위하여 전체라인수를 지시하는 방법이 지원되어야 한다. 본 논문에서는 팩시밀리 문서의 전체라인수 지시방법으로 JBIG 부호화방식을 수정없이 그대로 사용하는 방법과 JBIG 부호화방식을 수정한 새로운 응용규칙을 정의해서 사용하는 방법으로 나누어 제안하였다.

JBIG 이진영상데이터(BID)의 성분과 그 의미는 그림 4와 같으며 각 표시기가 BID내에 규정된다.



Constant	Size	Meaning	Hexadecimal value	Notation	Meaning
ATMOVE	1 byte	AT movement	0x06	Y _{AT}	Line in which an AT switch is to be made
ESC	1 byte	Escape	0xff		
COMMEN	1 byte	Private comment	0x07	r _x	Horizontal offset of the AT pixel
NEWLEN	1 byte	New length	0x05	r _y	Vertical offset of the AT pixel
SDNORM	4 byte	Normal stripe data	0x02	Y _D	Vertical image size at layer D
SDRST	4 byte	Reset at stripe data end	0x03	L _C	Length in bytes of private comment
Variable	Meaning		X		
PSCD	Protected stripe coded data				

주) 1 : 해상도가 d이고, 비트공간이 P인 S번째 스트립 데이터 개체

그림 4. BID 성분과 의미

Figure 4. The decomposition and meaning of the BID.

본 논문에서 제안된 영상의 전체라인수 지시방법을 일본에서 제시한 방법과 비교하여 표 3과 4에 수록하였다. 표 3은 JBIG 부호화방식을 수정하지 않

면서 BID 구조내에 팩시밀리 문서의 전체라인수를 지시하는 방법이며, 일본에서 제시된 방법과 비교하였다.

표 3. 팩시밀리 문서의 전체라인수를 지시하기 위한 첫번째 방법

Table 3. The 1st mechanism to indicate number of total lines of facsimile documents.

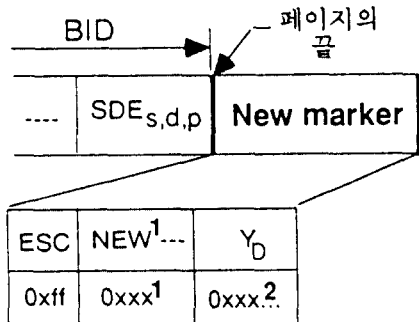
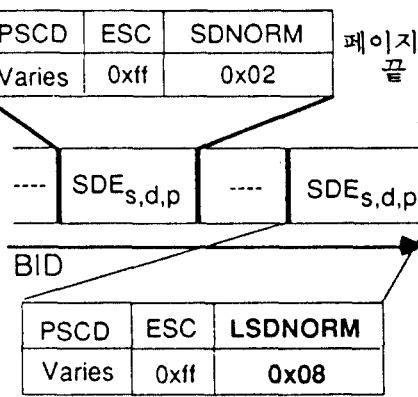
항목 \ 방법	일본에서 제시된 방법	본 논문에서 제안된 방법											
메카니즘 및 BIH / BID 규정	<p>부호화된 데이터는 스트림 단위로 먼저 메모리에 저장된다. 한 페이지의 끝이 스트림 SDE_{s,d,p}에서 검지 되었을때 그때까지 부호화하는 중에 계수된 페이지의 전체라인수를 NEWLEN 표시기에 넣고 SDE_{s,d,p}의 앞에 붙인다.</p> <p style="text-align: center;">페이지의 끝</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td>ESC</td> <td>NEWLEN</td> <td>Y_D</td> </tr> <tr> <td>0xff</td> <td>0x05</td> <td>0xxx!..</td> </tr> </table> <p>주) 1:16진수로 표시된 문서의 전체라인수 복호기는 복호화하는 중에 계수된 라인수가 NEWLEN의 Y_D와 같으면 복호화를 종료</p>	ESC	NEWLEN	Y _D	0xff	0x05	0xxx!..	<p>현재 사용중인 팩시밀리 통신 프로토콜에 규정된 문서의 수직해상도를 그대로 한 페이지의 전체라인수로 사용한다.</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td>X_D</td> <td>Y_D¹</td> <td rowspan="2">Floating Marker Segment(s)</td> </tr> <tr> <td>프로토콜에 규정</td> <td>표 1</td> </tr> </table> <p>주) 1:본 논문의 III.1절에 수록된 16진수 전체라인수 부호기가 문서를 부호화하기전에 문서의 전체라인수를 알고 있으며, 복호기는 복호화하는 중에 계수된 라인수가 규정된 팩시밀리의 수직 해상도와 같으면 복호화를 종료</p>	X _D	Y _D ¹	Floating Marker Segment(s)	프로토콜에 규정	표 1
ESC	NEWLEN	Y _D											
0xff	0x05	0xxx!..											
X _D	Y _D ¹	Floating Marker Segment(s)											
프로토콜에 규정	표 1												
장점	가장 간단한 전체라인수 지시 방법이며 기존의 JBIG 부호화 방식(T.82)을 수정하지 않아도 된다.	하나의 SDE 저장을 위한 팩시밀리 메모리가 필요하지않다. 가장 간단한 전체라인수 지시방법이며 기존의 JBIG 부호화 방식을 수정하지 않아도 된다. 또한 NEWLEN이 사용될 필요가 없다.											
단점	영상을 복호화하거나 복호화할때 마다 라인수를 계수해야한다. 또한 최소한 하나의 SDE를 저장하기 위한 팩시밀리 메모리 비용이 든다.	영상을 부호화하거나 복호화할때 라인마다 매번 라인수를 계수해야한다. 또한 문서의 라인수가 규정된 전체라인수보다 작거나 크다면 부호화되는 문서는 채움비트로 채워지거나 밑 부분의 문서내용이 잘릴 수 있다.											
고려사항	SDE의 저장을 위한 메모리가 요구된다. 또한 부호기와 복호기에 라인수 계수를 위한 계수기(counter)가 필요하다.	채움 비트는 가변적인 0열임 형식:가변길이의 0열 부호기와 복호기에 계수기 요구											

표 4는 JBIG 부호화방식을 수정하여 BID 구조내에 팩시밀리 문서의 전체라인수를 지시하는 방

법이며, 일본에서 제시된 방법과 서로 비교하였다.

표 4. 팩시밀리 문서의 전체라인수를 지시하기 위한 두번째 방법

Table 4. The 2nd mechanism to indicate number of total lines of facsimile documents.

항목 \ 방법	일본에서 제시된 방법	본 논문에서 제안된 방법
<p>메카니즘 및 BIH/BID 규정</p>	<p>스트립 데이터 메모리를 가지고 있지 않은 팩시밀리의 경우 부호기가 페이지의 끝을 감지하였을때 그때 까지 계수된 한 페이지의 전체라인수를 새롭게 만든 표시기에 넣고 이 표시기를 맨 마지막 SDE_{s,d,p} 다음에 붙인다.</p>  <p>주) 1: 어떤 표시기와 표시기 부호를 사용할 것인지 구체적으로 규정되어 있지 않음 2: 16진수를 표시된 전체라인수</p> <p>부호기는 영상을 부호화하면서 계수된 라인수가 마지막 SDE_{s,d,p} 다음에 붙은 새로운 표시기의 Y_D와 같다면 부호화를 종료</p>	<p>전체 라인수를 사용하는 것 대신에 영상의 종료 지점을 알리는 특별한 표시기를 SDE_{s,d,p}에 포함시키는 방법이다. 즉, LSDNORM(normal last stripe data end code)라는 표시기를 새롭게 만든후 SDE_{s,d,p}의 SDNORM(normal stripe data end) 영역에 사용할 수 있도록 한다. 부호기는 페이지의 끝이 감지되기 전까지는 SDNORM을 사용하고 페이지의 끝이 감지되었을때 LSDNORM을 사용한다.</p>  <p>부호기는 영상을 부호화하면서 SDE_{s,d,p}의 LSDNORM 표시기를 감지하게될때에만 부호화를 종료</p>
장점	스트립 데이터 개체의 저장을 위한 팩시밀리 메모리가 필요하지 않다.	SDE의 저장을 위한 팩시밀리 메모리가 필요하지 않다. 또한 부호기와 복호기에 계수기가 필요하지 않다.
단점	영상을 부호화하거나 복호화시 영상의 전체 라인수를 라인마다 매번 계수해야한다.	없음
고려사항	JBIG 부호화 방식에서 사용되지 않은 새로운 표시기의 값과 바이트 크기를 규정해야하며 이에 따른 JBIG의 수정이 요구된다. 또한 부호기와 복호기에 계수기가 필요하다.	부(복)호화 종결을 위해 제안된 새로운 표시기 값 (0xff08) 및 크기 (2byte)에 따른 JBIG 부호화 방식의 수정이 필요하다.

3. JBIG 부호화 모드의 사용제한

팩시밀리 영상의 부호화에 적용할 수 있는 JBIG의 부호화 모드는 점진적 부호화 모드(progressive coding mode), 점진-호환 순차 부호화 모드(progressive-compatible sequential coding mode) 및

순차 부호화 모드(sequential coding mode)의 세가지이며 팩시밀리 문서의 압축 부호화 방식으로 각각의 부호화 모드를 적용할 경우 장점 및 고려사항을 서로 비교하여 표 5에 수록하였다.

표 5. 세가지의 JBIG 부호화 모드의 팩시밀리 부호화 적용시 장점 및 고려사항

Table 5. The considerations and advantages regarding the adoption of operation of three coding mode in the JBIG for the facsimile coding.

JPEG 부호화 모드	장 점	고려사항																								
<p>점진적 부호화 모드</p> <p>문서전송 예)</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td>s=0</td><td>0</td> <td>s=0</td><td>3</td> <td>s=0</td><td>6</td> </tr> <tr> <td>s=1</td><td>1</td> <td>s=1</td><td>4</td> <td>s=1</td><td>7</td> </tr> <tr> <td>s=2</td><td>2</td> <td>s=2</td><td>5</td> <td>s=2</td><td>8</td> </tr> <tr> <td></td><td>25dpi d=0</td> <td></td><td>50dpi d=1</td> <td></td><td>100dpi d=2</td> </tr> </table> <p>(S:stripe, d:resduton layer) 전송 순서:0,3,6,1,4,7,2,5,8</p>	s=0	0	s=0	3	s=0	6	s=1	1	s=1	4	s=1	7	s=2	2	s=2	5	s=2	8		25dpi d=0		50dpi d=1		100dpi d=2	<p>분화층 전송에 따라 수신측에서 점진적인 영상 품질 개선이 실현된다. 이 모드는 중간단계에서는 전체 영상의 윤곽을 알 수 없다.</p>	<p>기존의 팩시밀리는 문서를 순차적으로 부호화하고 전송하기때문에 문서의 점진적 전송을 위한 팩시밀리 S/W 및 H/W가 요구된다.</p> <p>점진적 부호화 모드를 지원하기 위한 JBIG 규정 및 팩시밀리 통신 프로토콜이 요구된다.</p>
s=0	0	s=0	3	s=0	6																					
s=1	1	s=1	4	s=1	7																					
s=2	2	s=2	5	s=2	8																					
	25dpi d=0		50dpi d=1		100dpi d=2																					
<p>점진-호환 순차적 부호화 모드</p> <p>문서전송 예)</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td>s=0</td><td>0</td> <td>s=0</td><td>3</td> <td>s=0</td><td>6</td> </tr> <tr> <td>s=1</td><td>1</td> <td>s=1</td><td>4</td> <td>s=1</td><td>7</td> </tr> <tr> <td>s=2</td><td>2</td> <td>s=2</td><td>5</td> <td>s=2</td><td>8</td> </tr> <tr> <td></td><td>25dpi d=0</td> <td></td><td>50dpi d=1</td> <td></td><td>100dpi d=2</td> </tr> </table> <p>전송 순서:0,1,2,3,4,5,6,7,8</p>	s=0	0	s=0	3	s=0	6	s=1	1	s=1	4	s=1	7	s=2	2	s=2	5	s=2	8		25dpi d=0		50dpi d=1		100dpi d=2	<p>점진적 모드와 순차적 모드를 결합한 형태로 수신측에서 점진적 영상 품질 개선이 실현되며 중간단계에서도 전체 영상의 윤곽을 알 수 있다.</p>	<p>점진-호환 순차적 부호화 모드를 지원하기 위한 JBIG 규정, 팩시밀리 S/W, H/W 및 통신 프로토콜이 요구된다.</p>
s=0	0	s=0	3	s=0	6																					
s=1	1	s=1	4	s=1	7																					
s=2	2	s=2	5	s=2	8																					
	25dpi d=0		50dpi d=1		100dpi d=2																					
<p>순차적 부호화 모드</p> <p>문서전송 예)</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td>s=0</td><td>0</td> </tr> <tr> <td>s=1</td><td>1</td> </tr> <tr> <td>s=2</td><td>2</td> </tr> <tr> <td></td><td>100dpi d=0</td> </tr> </table> <p>(d : lowest-resolution layer) 전송 순서:0,1,2</p>	s=0	0	s=1	1	s=2	2		100dpi d=0	<p>본 모드는 순차적으로 부호화 및 전송되며 기존의 팩시밀리 단말기 전송에서 사용되는 방식과 같다.</p> <p>단순하고 빠른 문서 전송을 할 수 있다.</p>	<p>순차적 부호화 모드를 위한 JBIG 재규정이 요구된다.</p>																
s=0	0																									
s=1	1																									
s=2	2																									
	100dpi d=0																									

일본에서 JBIG의 팩시밀리 부호화 적용시 3가지 부호화 모드의 사용을 모두 고려할것을 제시[12]하였지만 본 논문에서는 표 5에서 볼 수 있듯이 순차적

부호화 모드만을 사용할 것을 제시하였다. 점진적 부호화 모드나 점진-호환 순차적 부호화 모드를 팩시밀리 부호화 방식으로 채택하게되면 팩시밀리

단말기 H/W가 점진적 부호화 및 점진적 전송방식을 지원해야하며, 이에 따른 팩시밀리 통신 프로토콜의 수정이 요구된다. 또한 점진적 부호화 방식에 따른 RR표나 DP표를 위한 다수의 ROM이 필요하다. 그러나 순차적 부호화 모드는 기존 팩시밀리 단말기의 순차적 부호화 방식과 같은 방식으로 영상을 부호화하고 RR과 DP표 ROM을 요구하지 않는다. 또한 4장의 팩시밀리 문서 압축 부호화 실험에서 분수 있듯이 영상압축 효과가 제일 좋으므로 단순하고 빠른 영상전송이 가능하다. 이러한 점들을 고려해볼때 순차적 부호화 모드만을 팩시밀리 부호화 방식에 적용하는 것이 적합함을 알 수 있다.

IV. 팩시밀리 부호화 실험 및 고찰

1. 순차적 부호화 모드

그림 5는 팩시밀리 문서의 부호화방식으로 제안된 JBIG 순차적 부호화 모드를 위한 개괄적인 부호기 블럭다이어그램을 나타낸다. 원영상은 먼저 고정된 크기의 스트립으로 분할되고 분할된 스트립은 순차적으로 부호화된다. 본 부호기는 JBIG 부호화방식의 가장 낮은 해상도층 부호기와 동일하다. 점진적 부호화 모드나 점진-호환 순차 부호화 모드와의 차이점은 RR과 DP를 하지않는다는 점이며 두 방식의 TP이 부호화 속도 향상을 위하여 상/하위해상도를 참조하는 반면 순차 부호화 모드에서의 TP는 현재의 해상도만 참조하여 부호화 속도보다는 영상 압축 효과에 더 역점을 둔다.

s번째 스트립 영상(Is)의 각 화소는 TP-VALUE가 0이나 1인 경우 먼저 전형예측(TP)을 한다. TP로 예측이 되면 다음 화소로 넘어가고(그림 5에서 이때 SLNTP=0) 그렇지 않은 경우(SLNTP=1)에는 BAAE로 무손실 산술 부호화한다. 한편 TPVALUE가 2라면 화소는 TP를 하지않고 바로 산술 부호화를 한다. ATMON 비트가 1인 경우 부호화하는 과정에서 적응 템플릿(AT)를 통한 AT 화소의 수평 이동조건이 만족되면 MT의 한 비트 위치를 바꾸어주고 이를 복호기에 알려주기 위해 부호화된 BID의 ATMOVE 표시기부분에 AT 화소 이동 위치를 기록한다. 스트립당 한번의 AT 화소 이동만이 허용된다. 복호기는 부호기의 역과정을 일대일로 수행한다.

2. 부호화 성능 실험 및 고찰

제안된 방법의 팩시밀리 문서 부호화 실험을 위해 사용된 영상은 두종류이다. 하나는 팩시밀리 부호화 방식을 실험하기 위해 ITU-T에서 규정한 표준 테스트 시험문서 8개중 일반적인 업무편지(문서번호 1), 일본어로된 텍스트문서(문서번호 4), 밀도가 높은 프랑스로된 텍스트 문서(문서번호 5), 수학식, 기호 및 도안으로 이루어진 시험문서(문서번호 7)로 모두 200dpi의 해상도를 갖는다. 두번째 종류는 JBIG 부호화방식의 실험을 위한 표준 "Stockholm" 영상으로 400dpi를 갖는 영문편지, 일본신문, 회로도, 잡지페이지와 200dpi의 라인아트 영상, 요트등 모두 8개이다.

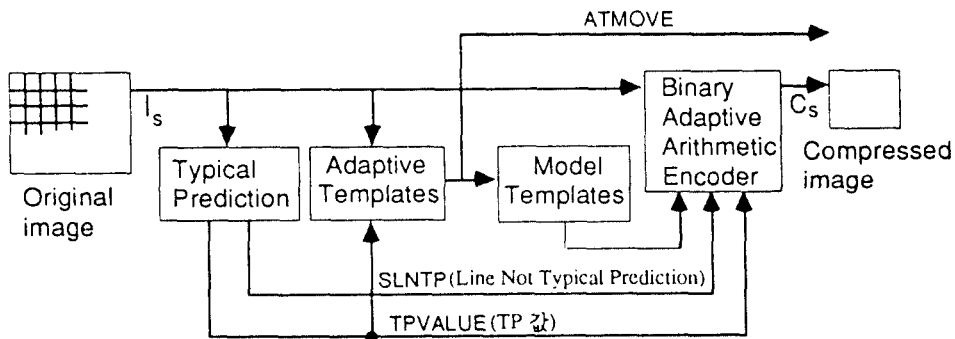


그림 5. 순차 부호기 블럭다이어그램
Figure 5. The sequential encoder block diagram.

팩시밀리 문서 부호화 실험에서 부(복)호화 종료
를 위한 문서의 전체라인수 지시는 일본에서 제시된
Y_D 인지를 위한 NEWLEN 표시기(부호값 0xff05
...) 와 본 논문에서 제안된 LSDNORM 표시기(부
호값 0xff08)을 사용하였다. 그리고 문서 부호화 모
드는 현재 팩시밀리 부호화방식인 MMR, 일본에서

제시된 5개의 분화층을 갖는 점진적 부호화 모드, 점
진-호환 순차적 부호화 모드 및 본 논문에서 제시된
JBIG 순차적 부호화 모드를 적용하였다. 또한
ITU-T 시험문서의 부호화경우 ATMON 비트를 0
으로하여 수평 AT 화소 이동이 없도록 최대 수평,
수직 AT 화소 오프셋을 0으로 하였다.

표 6. ITU-T 시험문서의 부호화 실험 결과
Table 6. The coding results of the ITU-T test charts.

ITU-TS test images & requirement Descriptions		Chart #1	Chart #4	Chart #5	Chart #7	요구사항
Image Size(line×pixel)		2368×1728	2368×1728	2368×1728	2368×1728	
Uncompressed bytes		511488	511488	511488	511488	
전체 라인	NEWLEN 표시기 사용 ¹	표시기 부호 : 0xff050000940 크기 : 6바이트 (표시기 검지시 복호화 종료)				스트림 메모리 및 계수기 가정
수 지시	SDNORM영역에서의 LSDNORM표시기 사용 ²	표시기 부호 : 0xff08 크기 : 2바이트 (표시기 검지시 복호화 종료)				없음
선택된 부호화 모드	ITU-T T.6(MMR) ⁴	18,100	69,270	69,276	32,857	없음
사용시 압축된 바이트	점진적 부호화 모드 ¹	16,555	60,425	58,337	27,857	점진적 모드지원 프로토콜 가정
	점진-호환 순차적 부호화 모드 ¹	16,555	60,425	58,337	27,857	점진적 모드지원 프로토콜 가정
	순차적 부호화 모드 ²	14,708	55,961	54,105	25,702	없음
AT 화소 오프셋	M _x =(0-16), M _y =0 ³	AT 화소 이동 없음				
	M _x =0, M _y =0 ² (ATMON=0)	AT 화소 이동 없음(부호화 시간절약)				

주) 1 : 일본에서 제시된 방법 2 : 본 논문에서 제시한 방법
3 : JBIG 규정 4 : 기존 팩시밀리 부호화 방식

한편 “Stockholm” 시험 영상중 디터링이 포함된 영
상과 불규칙 패턴이 포함된 영상의 경우에는
ATMON 비트를 1로하여 현재의 화소를 기준으로
수평으로 최대 8개의 왼쪽 이웃 화소영역까지 AT
화소를 옮길 수 있도록 하였다.

두 종류 영상에 대한 제안된 팩시밀리 적용방법의
부호화 실험결과 표 6과 7에 수록되어있다. 실험결과
에서 알 수 있듯이 제안된 방법의 유효함은 복호기가
복호화중 전체라인수 지시를 위한 표시기 검지시 문
서의 정확한 복호화 종료 및 고압축 부호화 효율로
 입증되었으며, MMR, 점진적 부호화 모드, 점진-호
환 순차적 부호화 모드를 팩시밀리 문서 부호화에

적용한 경우와 비교해 볼때 MMR 기법보다는 평균
20% 이상, 점진 부호화 모드 및 점진-호화 순차적 부
호화 모드보다는 평균 8% 정도의 영상압축 효율이
향상되었음을 볼 수 있었고 “Stockholm” 영상에 대
해서도 각각 평균 84%, 3% 정도의 압축효과가 향상
되었다. 그림 6은 두 종류 영상에 대한 각 부호화 방
식간의 평균 압축률(Compression Ratio ; CR)를 나
타낸다. 여기서 CR은 식 1과 같이 구해진다.

$$CR = \frac{\text{문서의 전체라인수}}{\text{압축된 문서의 화소수}} \quad (1)$$

표 7. "Stockholm" 시험 영상의 부호화 실험 결과

Table 7. The coding results of the "stockholm" test images.

ITU-TS test images & requirement	English Letter	Equation	Japanese news	Eng. Circuit	Line-art test file 1	Magazine Page ³	Sailboat Sailboat	Line-art test file 2	요구사항	
Descriptions										
Image size (line×pixel)	4352×3456	4352×3456	4352×3456	4352×3456	2048×2048	4352×3456	2048×2048	2048×2048		
Uncompressed bytes	1880064	1880064	1880064	1880064	524288	1880064	524288	524288		
전체 라인 수	NEWLEN 표시기 사용 ¹	표시기 부호 : 0xff0500001100 크기 : 6바이트			표시기 부호 : 0xff0500008000 크기 : 6바이트				스트립 메모리 및 계수기 가정	
지시	SDNORM 영역에서의 LSDNORM 표시기 사용 ²	표시기(검지시 복호화 종료)			표시기 부호 : 0xff08 크기 : 2 바이트 (표시기 검지시 복호화 종료)				없음	
선택된 부호화 모드	ITU-TS T.6(MMR) ⁴	17,664	20,736	186,240	36,096	55,808	1,522,525	1,085,568	48,384	없음
사용시 압축된 바이트	점진적 부호화 모드 ¹	14,116	16,346	150,912	25,359	8,467	224,692	79,403	21,113	점진적 모드 지원 프로토콜 가정
	점진-호환 순차적 부호화 모드 ¹	14,116	16,346	150,912	25,359	8,467	224,692	79,403	21,113	점진적 모드 지원 프로토콜 가정
	순차적 부호화 모드 ²	13,714	15,372	145,916	23,851	11,039	219,336	84,996	9,375	없음
AT 화소 오프셋	$M_x=(0-16)^3$ $M_y=0$	AT 화소 이동 없음				2회 AT화소 이동 발생 ($M_x=4$)	1회 AT화소 이동 발생 ($M_x=4$)	1회 AT화소 이동 발생 ($M_x=3$)		
	$M_x=0^2$ $M_y=0$ (ATMON=0)	AT 화소 이동 없음(부호화시간 절약)								
	$M_x=8^2$ $M_y=0$ (ATMON=1)					2회 AT화소 이동 발생 ($M_x=4$)	1회 AT화소 이동 발생 ($M_x=4$)	1회 AT화소 이동 발생 ($M_x=3$)		

주) 1 : 일본에서 제시된 방법 2 : 본 논문에서 제시한 방법 3 : JBIG 규정
 4 : 팩시밀리 부호화 방식 5 : 앞선 4개의 영상과 같은 표시기 부호 및 크기 사용

Input : ITU-T test charts and "Stockholm" images

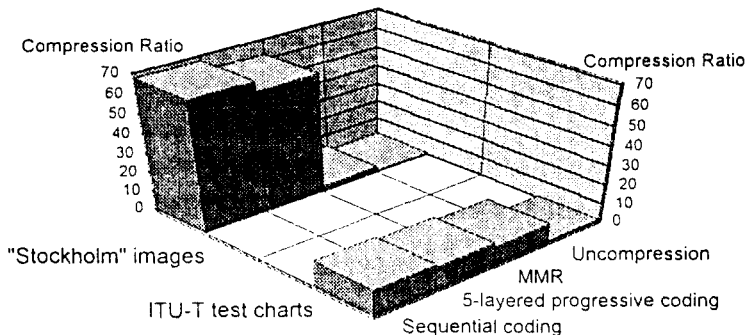


그림 6. 3개의 부호화드를 사용한 ITU-T 시험영상과 "Stockholm" 영상의 평균 압축률

Figure 6. The average compression ratios of the ITU T test charts and "stockholm" images using three coding mode.

표 6,7에서 점진적 부호와 모드와 점진-호환 순차적 부호화 모드를 사용한 경우 문서의 부호와 실험 결과가 같은 이유는 두가지 모드가 같은 분화층 부호기를 사용하기 때문이다. 참고로 두 모드간의 차이는 스트리핑당 데이터 전송 순서가 다르다는것 뿐이다. 한가지 주목할것은 "Stockholm" 시험 영상중 디터링 영상(파일명 "sailboat")나 라인아트 영상(화일명 "test file 2")에 대해서는 5개의 분화층을 갖는 JBIG 점진-호환 순차적 부호화 모드가 JBIG 순차적 부호화모드보다 압축률이 조금 높다는 것을 알 수 있다. 이것은 불규칙적으로 반복되는 패턴을 가진 영상은 점진적 부호화 모드의 결정예측 (DP)으로 어느정도 예측이 가능하여 향상된 압축효과를 기대할 수 있으나 순차적 부호화 모드의 경우 DP가 사용되지 않기때문에 압축률이 다소 떨어진 것이다.

V. 결 론

본 논문에서는 고속의 팩시밀리 문서전송을 위해 국제적으로 표준화된 이진영상의 무손실 고압축 방식인 JBIG 부호화방식을 팩시밀리 통신에 적용하기 위한 방법이 제시되었다.

JBIG 부호화방식의 팩시밀리 통신에 적용을 위해 검토되어야할 부분들은 팩시밀리 통신 프로토콜 규정에 따르는 JBIG 이진영상헤더(BIH)의 재규정, 부호화시간 절약을 위한 AT 화소이동 영역의 ON/OFF, 팩시밀리 부호화방식으로 사용하기 위한 JBIG 부호화 모드의 결정, 팩시밀리 문서의 부(복)호화 종료를 위한 문서의 전체라인수 지시방법이며 각각에 대한 해결방안이 제시되었고 관련된 일본의 제안과도 비교 및 분석하였다. 제안된 방법의 팩시밀리 문서 압축 부호화 실험결과는 제안된 방법이 유효하다는것을 보여주었다. 실험을 통해 팩시밀리 문서의 부호화 시간절약, 문서의 정확한 복호화 종료 및 고압축 부호화 효율을 얻을 수 있었다.

JBIG 부호화방식을 선택적인 팩시밀리 문서 통신 부호화에 적용하기 위해 제시된 방법들은 앞으로 ITU-T SG 8에 기고안(Contributon)으로 제출할 예정이다. 이와 병행하여 실제 팩시밀리상에서의 문서의 부호화 구현 방법에 대한 지침도 연구되어야 할 것이다.

VI. 참고문헌

1. International Organization for Standardization, ISO/IEC JTC1/SC29/WG 10 and ITU-T SG 8 JPEG international Standard(IS) 10918-1, Recommendation T.81, "Information Technology-Digital Compression and Coding of Continuous-tone Still Images-Part I: Requirements and Guidelines", 1992.
2. International Organization for Standardization, ISO/IEC JTC1/SC29/WG 9 and ITU-T SG 8 JBIG Distribution of International Standard(DIS) 11544, Recommendation T.82, "Information Technology-Coded Representation of Picture and Audio Information-Progressive Bi-level Image Compression", 1992.
3. International Organization for Standardization, ISO/IEC JTC1/SC29/WG 11 MPEG CD 11172, "Coding of Moving Pictures and Associated Audio", 1992.
4. International Organization for Standardization, ISO/IEC JTC1/SC29, "Proposal for New Work Item:Next Generation Lossless Compression of Continuous-tone Still Pictures", Document No. 2395, March 1993.
5. International Organization for Standardization, ISO/IEC JTC1/SC29, "Proposal for a New Work Item:Image Compression Across Multiple Components", Document No. 2392, March 1993.
6. International Organization for Standardization, ISO/IEC JTC1/SC29, "Proposal for a New Work Item: Hierarchical Compression of 5-D images with 1-16 bpp", Document No. 2394, March 1993.
7. International Organization for Standardization, ISO/IEC JTC1/SC29, "Proposal for a New Work Item:Lossy Compression of Bi-level Images", Document No.2393, March 1993.

8. Japan, "Study Items for Applying the JBIG Coding to the Color Facsimile Standardization", ITU-T Delayed Contribution D11, Geneva, 27 April-6 May 1993.
9. ITU-T Recommendation T.4, "Standardization of Group 3 Facsimile Apparatus for Document Transmission", Blue book, Melbourne, 14-25, November 1988.
10. ITU-T Recommendation T.6, "Facsimile Coding Schemes and Coding Control Functions for Group 4 Facsimile Apparatus", Blue book, Melbourne, 14-25, November 1988.
11. ITU-T Recommendation T.30, "Procedures for Document Facsimile Transmission in the Public Switched Telephone Network (PSTN)", Blue book, Melbourne, 14-25, November 1988.
12. JAPAN, "Study Items for applying T.82 Bi-level Image Compression Scheme to Facsimile Communication", ITU-T Delayed Contribution D15, Geneva, 27 April-6 May 1993.
13. ITU-T Recommendation T.80, "Common Components for Image Compression and Communication Basic Principles", 1992.
14. G. Langdon, "An Introduction to Arithmetic Coding", IBM Journal of Research and Development, vol. 28, pp. 135-149, March 1984.



지창우(池昌宇)

- 1965년 8월 29일생
- 1989년 2월 : 한양대학교 전자계산학과(공학사)
- 1991년 2월 : 한양대학교 대학원 전자계산학과(공학석사)
- 1991년 3월~1994년 8월 : 한양대학교 대학원 전자공학과 박사과정 수료
- 1991년 3월~1994년 9월 : 생산기술연구원 전자정보시스템센터 연구원
- 1994년 10월~현재 : 전자부품종합기술연구소 정보기기 연구실 전임연구원
- ※ 주관심분야 : 영상 부호화 및 영상 압축, 신경회로망(연상메모리) 이론, Video-On-Demand 서버등



박성한(朴成漢)

- 1970년 : 한양대학교 전자공학과 졸업(B.S.)
- 1973년 : 서울대학교 전자공학과 졸업(M.S.)
- 1984년 : 텍사스 주립대학교 전기 및 컴퓨터 공학과 졸업(Ph.D)
- 1974년 3월~1978년 8월 : 경북대학교 전자공학과 전임강사
- 1984년 5월~1984년 8월 : 텍사스 주립대학교 Instructor
- 1984년 3월~1986년 2월 : 금성사 중앙연구소 수석연구원
- 1986년 3월 현재 : 한양대학교 전자계산학과 교수
- 1989년 8월~1990년 7월 : 텍사스 주립대학교 Visiting Researcher
- ※ 주관심분야 : 신경회로망 이론, Computer Vision, Multimedia 및 B-ISDN 등