

論文94-31B-4-4

# 차세대 팩스 영상처리를 위한 1-Chip Application-Specific DSP 개발

## (Development of a 1-Chip Application-Specific DSP for the Next Generation FAX Image Processing)

金在浩\*, 姜龜守\*\*, 金瑞圭\*\*, 李眞雨\*\*, 李旁遠\*\*, 金潤秀\*\*, 趙錫八\*\*, 河聖漢\*\*

(Jae Ho Kim, Goo Soo Kang, Seo Kyu Kim, Jin Woo Lee, Bang Won Lee, Yoon Soo Kim, Seuk Pal Cho and Sung Han Ha)

### 要約

고 화질 G3 팩스를 위해 40000 게이트 급의 이진화 화상 처리기를 10 MIPS 의 처리 속도를 가진 16 비트 DSP(SSP-1600)를 근간으로하여 8 비트 DAC, 6 비트 flash ADC, 15K standard cell, 1K word의 ROM 을 가진 1 칩 VLSI로 구현하였다. 이 화상처리기(image processor, IP)는 화상 전처리, 송신 또는 복사시의 화질 개선, 퍼지 이론에 근거한 혼재화상 처리를 행한다. 그리고 수신시에 보통 방식(normal mode)의 부주사 방향을 평활(smoothing)처리하여 상세 방식(fine mode)처럼 개선한다. 각 알고리즘들을 동일한 형태의 영상처리 윈도우내에서 처리하도록 하였고, 한 줄의 버퍼(line buffer)로 2 차원의 화상처리가 가능하도록 실현하였다. 완성된 칩을 이용하여 팩스에 실장하고 화질이 개선됨을 확인하였다.

### Abstract

A 1-chip high quality binarizing VLSI image processor (which has 8 bit ADC, 6 bit flash ADC, 15K standard cell, and 1K word ROM) based on 10 MIPS 16 bit DSP is implemented for FAX. This image processor(IP) performs image pre-processing, image quality improvement in copying and sending mode, and mixed image processing based on the fuzzy theory. And smoothing in sub-scan direction is applied for normal receiving mode data so the received data is enhanced like fine mode data. Each algorithm is processed with the same type of image processing window and 2-D image processing is implemented with a 1-D line buffer. The fabricated chip is applied to a FAX machine and image quality improvement is verified.

### 1. 서론

\* 正會員, 釜山大學校 電子工學科  
(Dept. of Elec. Eng., Pusan Nat'l Univ.)

\*\* 正會員, 三星電子(株)  
(Samsung Elec. Co.)

接受日字 : 1993年 5月 8日

소형화 및 저가격화로 인하여 폭발적인 수요를 맞이하고 있는 팩스는 반도체 기술의 발달과 더불어 고 품질화 저 가격화의 경쟁이 치열해지고 있다. 현재 팩스의 구성요소 중 핵심을 차지하는 모뎀에 DSP 가

쓰이고 있으나, 음성의 압축 복원 등 다양한 서버비스를 위하여 점차 DSP의 사용되는 범위가 넓어지고 있다. 근래에 와서는 인간의 시각적인 측면에서 우수한 화질을 갖는 이진문서의 취득이 화상처리 기술과 반도체 기술의 발달에 힘입어 13 팩스에 까지 쓰일 수 있게 되었다. 이러한 상황에서 볼때 향후 고화질 저가형 팩스의 개발은 필수적인 일이며 화상처리 알고리즘을 DSP로 구현하여 다양한 화상처리를 가능하게 하고, 향후 한 칩으로 모뎀, 음성 복부호기, 영상 처리기 기능을 모두 수용할 수 있게 하는 것이 필요하다. 이에 본 연구팀은 기존 화상 처리 알고리즘들을 분석하고 또한 개선된 알고리즘들을 제안하기 위해 팩스 시뮬레이션 시스템을 개발하였고<sup>1)</sup>, 그 결과 제안된 알고리즘<sup>2)</sup>들을 10 MIPS의 연산속도를 가진 SSP-1600 DSP(8)를 근간으로 하여 8 비트 DAC, 6 비트 flash ADC, 15K standard cell, 1K word의 ROM을 가진 1 칩 VLSI인 영상처리기(IP)를 개발하였다. 반도체 제작에는 1.2 mm의 double metal CMOS 공정을 사용하였으며, 40000 게이트 급의 집적도를 가지며, 이를 80 mm<sup>2</sup>의 die로 제작하였다.<sup>3)</sup> 이 영상처리기는 여러가지의 감지기와 열전사 인쇄 헤드(thermal printing head)를 구동할 수 있게 되어 있으며, 영상처리 기법에 의한 화질 개선, 외부 RAM 인터페이스, 호스트와의 DMA 및 PIO가 가능하도록 설계 되었다.

IP의 주요 영상처리 기능을 살펴 보면 송신 또는 복사 시의 화상처리의 전처리 과정, 즉 CCD에 광량의 변화에 대비한 자동이득조정(AGC), 광학계의 구조와 특성의 보정을 위한 그림자 왜곡 보정, 감마 보정 기능이 있다.<sup>4)</sup> 그리고 화질 개선을 위해 입력 문서들을

- 1) 불연속 계조특성을 갖는 문자(text)와 도면(drawing)으로 구성된 문서 (이하 문자 문서),
- 2) 연속 계조특성을 갖는 인물이나 그림 등으로 이루어진 문서 (이하 사진 문서), 그리고
- 3) 문자와 사진 등이 혼재하는 문서 (이하 혼재 문서)로 나누고, 문자문서에는 국부 적응 역치화법(local adaptive thresholding method)<sup>5)</sup>, 사진 문서에 대해서는 오차 확산법(error diffusion method)<sup>6)</sup><sup>7)</sup>, 그리고 혼재 문서에 대해서는 퍼지 기반(based on fuzzy theory) 이진화법<sup>8)</sup>을 적용한다. 혼재 문서의 처리에 있어서 필수적으로 이해해야 할 것은 CCITT에서 제안한 MH 부호화의 코드북을 글씨나 도면을 위주로 하여 전송시간 단축을 할 수 있도록 설계되어 있다는 것이다. 그러나, 요즘은 상품의 카타로그나 사진 등도 많이 전송을 하고 있다. 이러한

원고의 경우 보통 Bayer 진동을 이용한 halftone을 행하게 되는 데 여기에는 CCITT에서 길이 부호화(run-length coding)할 당시에 고려하지 않았던 패턴이 많이 발생하고 이로 인해 부호화하고 나면 원데이터의 양보다 오히려 늘어나는 현상까지 있다.<sup>9)</sup> 이에 대한 대책을 퍼지 이론 기반 이진화에서 제시하였다. 여기서 처리되어진 이진화된 영상은 CPU와 별도의 부호화기에 의해 다른 팩스로 전송되게 된다.

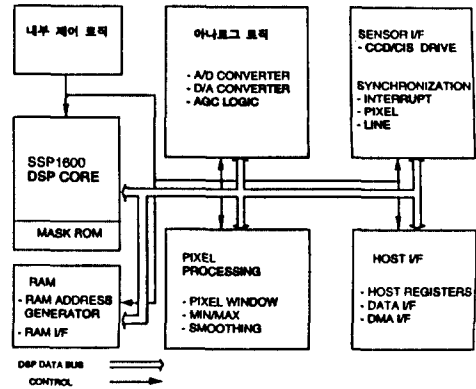


그림 1. IP의 블록도. 16비트 DSP를 사용하였고 외부 RAM을 이용한다. 외부의 CCD와 TPH를 구동할 수 있으며 화소창의 영상 처리 연산에 필요한 부분을 하드웨어로 구성하였다. 자동이득조종을 위해 A/D, D/A변환기를 구성하였으며 모든 화질 개선을 호스트(HOST)로부터 명령을 받을 수 있게 설계하였다.

수신시에는 송신시 이용했던 선 버퍼(line buffer)를 그대로 이용하여, 상대측이 문서의 수직 방향으로 해상도가 100 dpi인 보통 방식(normal mode)으로 보낼때 인쇄 해상도는 상세 방식(fine mode)인 200 dpi가 가능하므로 평활 알고리즘<sup>7)</sup>을 개발 적용한 결과 사선방향의 계단형태를 매끄럽게 개선하였다. 이로써 흡사 상대 기종이 상세 방식으로 송신 했을 때와 비슷한 문서의 수신이 가능하다.

## II. 화상 처리기의 구조

화상처리기(IP)는 앞서 언급한 여러가지 화상처리 기능을 가지며, 이들을 10 MIPS의 DSP 코어와 외부 하드웨어 로직을 이용하여 구현하고 있다. 먼저 사

용된 DSP 코어의 사양을 살펴보면 다음과 같다.

- 1) 100 nsec/cycle 16 비트 고정 소숫점 연산
- 2)  $ACC + A * B \Rightarrow ACC$  계산 시간이 100 nsec
- 3)  $16 * 16$  비트 곱셈, 24 비트 결과
- 4) 24 비트 ALU/accumulator
- 5) 2 개의 256 내부 16 비트 데이터 RAM
- 6) 64K ROM 어드레스 공간
- 7) easy loop RAM pointer
- 8) 1.2 Micron double metal CMOS technology

10 MIPS 의 처리 속도로 1 줄의 정보, 즉 1728 화소, 를 팩스에서 선 스캔 최소 시간(minimum scan line time), 10 msec, 내에 처리하기에는 성능이 부족하므로 DSP 소프트웨어와 하드웨어를 최적 설계하였다. 여기서, 화상처리 회로는 그림 1과 같은 블록도로 표현되며, 센서부와 아날로그 로직으로 센서를 구성하고, 자동이득조정(AGC)에 의한 A/D 변환이 이루어진다. 이후 그림자, 감마 보정 등의 화상 전처리를 테이블 참조 방식으로 DSP 가 수행하고, 각각 설정된 화상처리 모드에 따라 화소처리로직(pixel processing logic)과 DSP 의 긴밀한 협조로 입력된 화상을 처리한다. 또한 팩스의 입력부인 CCD/CIS 스캐너부와 출력부인 열인쇄헤드(TPH)부를 제어하는 로직을 함께 설계하였다. RAM 부분은  $1728 * 6$  비트 크기의 그림자 보정용과  $1728 * 4$  비트 크기의 화상처리 영역이 있으며 현재는 외부에 있도록 설계하였으나 0.8 mm 공정을 사용할 경우 1 칩화가 가능하므로 이를 최소화하기 위해 2차원 화상처리를 한 줄의 버퍼만으로도 가능하도록 각 알고리즘들을 최적화 하였다. 호스트와의 접속은 handshake 방식으로 PIO 와 DMA 방식을 모두 실현하였다.

### III. 화상 전처리

#### 1. 팩스에서 광량 변화에 따른 자동 이득 보상

형광 램프를 켜는 경우 입력 광량이 전원을 켜 이후 수분내에 급격하게 변화하므로<sup>11)</sup> 이를 위하여 자동 이득 조정(AGC)이 필요하다. 이를 디지털 방식으로 실현하기 위해 8 비트 D/A 변환기를 두어 그림 2와 같이 구조를 정하였다. 광량의 변화를 고려하여 이 자동 이득 조종기가 가져야할 특성은:

- 1) 광량의 증가에는 적응 시간이 짧고, 광량의 감소에는 늦게 응답하여야 한다.
- 2) 노이즈성 입력광량 변화에는 둔감하게 동작하여야 한다.

- 3) 이진화시에는 자동 이득 조종 켜기(ON), 중간 조에는 이것의 끄기(OFF)가 가능하여야 한다.

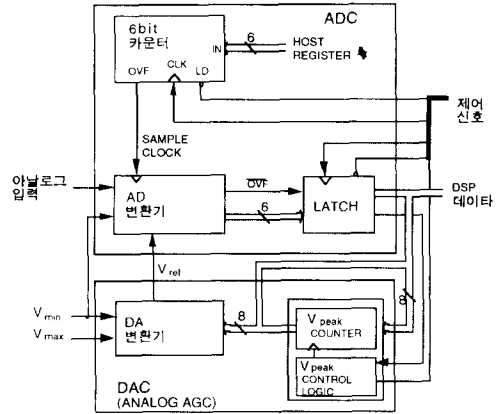


그림 2. 자동 이득 조종을 위한 하드웨어 구조. 자동이득조종을 위해 A/D 변환기에 D/A 변환기와 6 비트 카운터, 레지스터들로 구성하였다. D/A 변환기에 의해 A/D 변환의 범위가 정해지며, 그 보다 큰 입력값이 들어오면  $V_{peak}$  값을 증가 시키며 D/A 변환기의 입력을 정한다. 이때 6 비트 카운터는  $V_{ref}$  의 증가 속도를 결정한다. 호스트에 의해  $V_{peak}$ 의 초기, 최대, 최소값을 정할수 있게 하였다.

- 4) 다양한 표본화(sampling) 시간에 따라 조정될 수 있어야 한다.

이 조건에 모두 맞게끔 설계하였으며 자세한 동작 원리는 이미 발표되어 있다.<sup>10)</sup>

#### 2. 그림자 왜곡 보상(Shading distortion correction)

팩시밀리에서 문서를 읽는데 있어서 광학계의 물리적 특성(가장자리는 중간 부분보다 광량이 적음)으로 인하여 CCD 로 부터 읽어 들인 데이터에는 그림자 왜곡이 발생하게 된다. 이 원인은 문서위치로 부터 나오는 광신호가 그 위치에 따라 렌즈와 이루는 고체각(solid angle)에 차이가 생기기 때문이며<sup>1)</sup>, 이 현상 이외에도 광원의 불균일성, 광학계 주변 기구적 구조물에 의한 반사, 광센서의 불균일 응답 특성 등의 원인으로 그림자 왜곡은 더욱 찌그러진 모양을 갖는다. 이렇게 그림자 왜곡이 생긴 화상으로는 화질이 떨어지므로, 이를 개선하기 위해 그림자 보상을 하게 되는데 기존에는 아날로그 방식으로 해결하여 왔다.

" 이에 반하여, 근자에 이의 실현에 있어 비용이 저렴하고 고집적화에 용이한 디지털 처리 방식으로 해결하는 것이 유리하다고 생각되어 몇가지 방식이 제안되고 실현되었다.<sup>11</sup> 그러나, 그 또한 양자화 오차를 무시하였기 때문에 고화질을 위한 방식에는 적합하지 않다."<sup>12</sup> 본 연구에서는 DSP의 하드웨어 16 비트 곱셈기를 이용할 수 있으므로 양자화 오차가 무시할수 있을만큼 작아진다. 이 그림자 보정방법의 첫 단계로 참조 흰 판별을 두고 이를 스캔하여 입력된 데이터, S(x), 를 메모리에 저장한다. 이후 들어오는 문서의 신호를 I'(x,y)라 할때,

$$I(x,y) = S^1(x) * I'(x,y) \quad (1)$$

의 연산으로 보정을 행하게 된다. 이때 y 는 부 주사 방향이며, I(x,y)는 보정된 화상으로 이 방향의 그림자 왜곡이 보정된 상태의 신호이다.

#### IV. 송신 또는 복사 시의 화질 개선

송신과 복사 시에는 문서로 부터 입력된 CCD 또는 CIS 로 부터의 신호를 처리하여 화질을 개선하게 된다. 문서의 특성에 따라 1) 글씨나 그래프를 위해서는 국부 적응 역치화법을, 2) 그림 문서를 위해서는 오차확산 방식을, 3) 흔재 문서는 송신시간의 개선을 위해 퍼지 이론을 적용하여 글씨와 그림영역을 구분한 다음 글씨영역에는 앞의 국부적응 역치화 방식을 적용하고 그림영역에는 부호화 효율이 좋은 선진동(line dither)<sup>13,14</sup>의 변형으로 파진동(wave dither)<sup>15</sup>를 제안 사용하였다. 특히 이 방법은 흔재 방식에서는 글씨의 해상도를 살려 주면서 고속 송신이 가능하므로 원거리 통신에 매우 유용한 방식이다. 팩스에 있어서 그림 문서의 복사시에는 자동적으로 오차 확산 방식을 선택하게 하여 가장 좋은 화질을 얻을 수 있게 하였다. 위 3가지 방식을 실현하기 위하여 그림 3와 같은 하드웨어를 구성하였다. 그림자 보정된 화상 I(x,y)를 표본화된 디지털 영역에서의 값을 I(m,n)이라 하고 이것을 주목화소 I(m,n)이라 한다. 여기에 인접해 있는 4개의 화소 I(m-1,n-1), I(m,n-1), I(m+1,n-1), I(m-1,n) 들을 각각 Upper Left (UL), Upper (U), Upper Right(UR), Left(L) 레지스터로 된 화소창(pixel window)를 구성하여 주었다. 새로운 화소를 처리하려고 할 경우 DSP는 현재의 데이터 I(m,n)을 화소창내의 SI 레지스터에 기록한다. 이때 C2 콘트롤 신호에 의하여 전 화소는 자동적으로 L 레지스터로 이동한다.

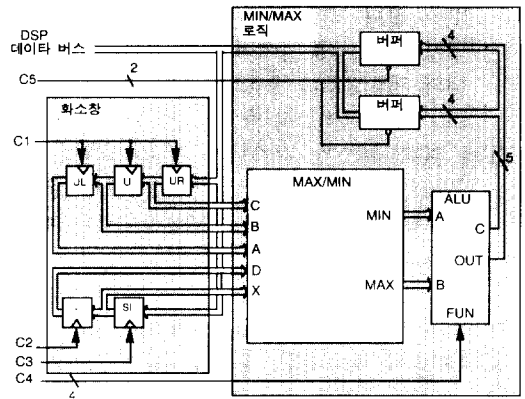


그림 3. 화소 처리 회로 블록도. 입력되는 화소의 값을 자동적으로 MIN/MAX 회로로 들어갈 수 있도록 구성하였다. DSP는 2개의 포트 값을 읽어 줌으로써 MIN과 MAX를 알 수 있다. 10 MIPS의 DSP 처리 속도로 영상처리를 제대로 하기에 늦기 때문에 위와 같은 하드웨어를 추가하였다.

또한 앞 줄의 정보는 선 메모리(line memory)에 기록되어 있는데 이를 읽어와서 UR 레지스터에 넣으면 C1 콘트롤 신호에 의해 U, UR 레지스터에 들어 있던 정보는 UL, U 레지스터로 각각 이동된다. 화소창의 레지스터 값이 1(set)로 정해지면 MAX/MIN 논리회로가 그 최대 최소치를 찾아주며, 이를 이용하여 DSP 소프트웨어에서 각각 원하는 알고리즘에 따라 동작한다. 이렇게 외부 하드웨어 회로를 이용한 이유는 10 MIPS의 DSP로 영상처리를 하기에는 처리능력이 모자라기 때문이다. 현재 0.8 mm CMOS 공정으로 33 MIPS의 DSP로 만들기 위해 처리 속도 개선을 진행 중이며 완성되면 그림의 하드웨어는 모두 DSP 소프트웨어로 처리가 가능하게 된다. 각각의 알고리즘은 논문으로 발표되었으므로<sup>16</sup> 간단하게 그 동작만을 설명하기로 한다.

1. 글씨나 도면의 입력을 위한 국부적응 이치화 창 내의 화소 최대(max), 최소(min)를 하드웨어에 의해 계산하고 이로부터 DSP 내부에 미리 정해준 두 역치 값  $T_{min}, T_{max}$  와 비교하여
  - i) 최소 값이  $T_{max}$  보다 클 경우 창은 하얀배경에 속해 있는 것으로 생각되어 백화소를 출력한다.
  - ii) 최대 값이  $T_{min}$  보다 작은 경우에는 창은 검은 배경에 속해 있는 것으로 생각되어 흑화소를 출력한다.
  - iii) 최대 최소의 값차이가 미리 정해둔 역치,

$T_{diff}$ . 보다 크면 창 내 값들의 변화가 크므로 가장자리(edge)를 강조해야 할 것이다. 이때는 창 내의 평균값보다 주목화소값이 클 경우 백화소로 아니면 흑화소로 출력한다.

- iv) 최대 최소의 값차이가 미리 정해진 역치,  $T_{diff}$ . 보다 작으면 회색의 배경으로 생각되므로 백화소로 판정한다. 특히 신문지와 같은 용지의 원고를 처리할때 유용하다.

2. 오차 확산법(Error diffusion method)<sup>12</sup>

G3 팩스에서는 16계조를 일반적으로 실현하고 있으며, 이진화 직전의 값이  $15 \geq I(x,y) \geq 0$  이라 할때, 역치에 의해 이진화 되고난 후의 값은 흑(0)과 백(15)만을 갖게 된다. 이때 0 또는 15의 출력값과 입력값,  $I(x,y)$ .의 오차를 선 버퍼에 보관하여 인접한 다른 화소의 이진화시에 반영하여 준다면 보다 개선된 중간조 화상을 얻을 수 있다. 이렇게 할 경우 진동 매트릭스(dither matrix)의 형태에 따라, 주기적인 형태가 발생하는 조직적 진동법과는 달리 공간적으로 흑백의 분포를 자연스럽게 표현함으로써 우수한 화질의 중간조 영상을 얻을 수 있다. 이렇게 얻어진 영상은 방사상으로 대칭이며, 방사성 방향으로 저역통과의 특성을 갖는 청색 노이즈가 첨가된 출력이 얻어지므로 중간조 사진의 경우 화질이 크게 개선된다.<sup>12</sup>

이진화 오차값은 선 버퍼에 보관하여 두는데, 앞서 언급한 화소창 로직을 그대로 이용하여 그 주위화소 계산시 발생한 오차값  $E(m-1, n-1)$ ,  $E(m, n-1)$ ,  $E(m+1, n-1)$ ,  $E(m-1, n)$  값을 UL, U, UR, L 레지스터에 넣어둘 수 있다. 여러가지 제안된 가중치가 있으나<sup>12,18)</sup>, 각각 실험적으로 3/16, 5/16, 11/16, 7/16 로 하였을때 좋은 결과를 얻을 수 있었다. 최근 오차확산의 계산에 있어 가장자리 강조를 하려는 시도<sup>19)</sup>가 있으며 여기에 대한 연구가 본 연구팀에서 진행중이다.

3. 퍼지 기반(Based on fuzzy theory) 혼재 영상의 이진화<sup>2)</sup>

문자와 도면 그리고 사진 등이 혼재하는 문서의 경우 각각의 영역에 알맞는 처리를 해줄 경우에 화질을 각각에 최적화 할 수도 있고 또한 전송시간의 단축에도 이용될 수 있다. 국부적용 이진화에서 사용되는 최대, 최소값에 의해 윈도우내의 가장자리 세기가 크다(large), 중간이다(medium), 작다(small)고 할 확률값을 각각  $P_l$ ,  $P_m$ ,  $P_s$  로 할당한다. 그리고 주목화소의 밝기를 밝다(bright), 회색이다(grey), 어둡다(dark)고 할 확률값을 각각  $P_b$ ,  $P_g$ ,  $P_d$  로 할당한다.

다. 이를 이용하여 가장자리 세기와 주목화소 밝기에 대한 확률값을 곱할경우 9 가지의 확률곱이 생기며 그중 어느것이 최대인가에 따라 처리 방식을 달리해 주어야 한다. 즉

- i)  $P_b P_l$  또는  $P_b P_s$  가 가장 크다면 각각 주목화소가 글씨에 인접한 하얀 배경 혹은 바깥부분 혹은 넓은 하얀 배경에 속하므로 백화소로 처리한다.
- ii)  $P_d P_l$  또는  $P_d P_s$  가 가장 크다면 각각 주목화소가 흰 배경에 인접한 글씨내부 혹은 넓은 글씨 속에 속하므로 흑화소로 처리한다.
- iii)  $P_g P_l$  가 가장 크다면 주목화소가 문자의 경계에 해당되므로 국부 적용 이진화시와 같이 가장자리 강조처리를 하게된다.
- iv) 위 5 가지의 경우를 제외한 나머지는 모두 사진 영역으로 판단하여 고정진동(fixed dither) 혹은 오차확산 방식을 적용하여 이진화를 한다.

이렇게 할 경우 혼재 화상의 경우 글씨의 가독성이 개선되며, 이때 그림의 화질에도 영향이 적어 실용적이고 사용자가 문서를 보고 기능 선택을 해야하는 불편도 없앨 수 있게 되었다. 또한 진동 처리 방식 중 기존에는 Bayer 진동 매트릭스를 많이 사용하였으나 전송 효율 면에서 선진동(line dither) 매트릭스 형식으로 바꾸는 것이, MH 또는 MR 방식의 부호화 기법을 팩스에서 사용하고 있으므로, 매우 유리하다.

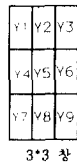
<sup>15)</sup> 혼재 문서에서 위와 같이 문서와 그림영역으로 나누어 두었기때문에 그림 부분만을 선진동 처리하는 것이 가능한 것이다. 만일 글씨 부분도 그림과 함께 선진동 처리를 한다면 가독성이 매우 떨어진다. 실험을 해본 결과 글씨가 그림 속에 위치해 있을 때, 글씨 인접한 곳에 선진동 형태가 나타나 글씨의 판독성을 떨어 뜨리므로 이를 개선하기 위해 파진동(wave dither)를 제안 실현 하였다.<sup>17)</sup> 실제 전송시 A4 크기의 혼재 문서에 적용해본 결과 약 3 배의 속도 개선을 이룰 수가 있었다. 이 속도 개선은 별도의 부호화 기법을 적용한 것이 아니라 부호화를 미리 고려하여 이진화한 것이기 때문에 상대 기종의 종류에 관계 없는 것이 그 특징이다. 이러한 방식은 아직까지 시도된 바가 없으므로 특허를 이미 출원해 놓았다.<sup>17)</sup>

이 방식을 하드웨어로 실현하려면 매우 계산량이 많아지게 되는데 이를 DSP 내부의 256 개의 RAM 영역에 표로 만들어 미리 CPU 로 부터 다운로드 받을 수 있게 하였다. 주목화소의 밝기 값이 0-15 의 범위를 가지며, 가장자리의 세기 또한 0-15 의 값을 가질 수 있으므로 이 곱은 256 개의 경우의 수를 가진다. 퍼지 이론 기반 혼재 이진화에서 필요한 가장자리 세기 및 주목화소의 밝기에 대한 각각의 확률값

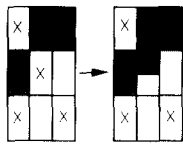
계산. 9 가지의 확률 곱. 그중 최대치를 찾는 비교. 최종적으로 처리해야할 방식을 결정하는 모든 단계를 계산하여야 하는 데 실제 데이터가 스캐너로부터 들어올때 처리하기에는 계산량이 너무 많다. 그러나 256 가지의 경우의 수에 대한 퍼지 이론에 의한 처리 결과를 표에 0(백화소로 처리), 1(흑 화소로 처리), 2(중간조처리)의 세 가지 값을 넣어 두면 실시간 처리가 가능해 진다.

V. 수신시의 화질 개선

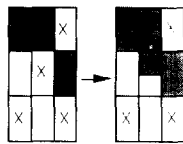
팩스의 송신에 있어서 화질을 결정하는 요소는 스캐너로부터의 받은 아나로그 신호를 어떻게 이진화하는가의 방법에 있다. 수신시에는 이진화된 신호를 받아 인쇄를 하게 되므로 앞서 언급한 정도의 화질을 개선하지는 못한다. G3 팩시밀리는 보통 모드와 상세 방식의 두 해상도를 가진다. 이를 비교해 보면, 주주사(수평) 방향으로서는 보통, 상세 방식 모두 200



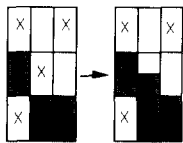
(a)



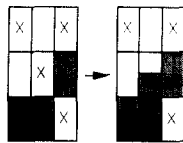
(b)



(c)



(d)



(e)

그림 4. 평활 처리 알고리즘. (a) 의 Y5 를 수직 해상도 100 dpi 에서 200 dpi 로 개선하기 위해 (b)-(e) 의 각각의 경우처럼 계단형 패턴을 제거하였다. 여기서 빗금친 영역은 흑화소, 흰 영역은 백화소. X 로 표시한 영역은 don't care 를 나타낸다.

dpi로 동일하지만, 부주사(수직) 방향으로서는 보통 방식의 해상도가 상세 방식의 절반인 100 dpi이다.

따라서 전송시간과 요금을 줄이기 위해서는 데이터량이 적은 보통 방식으로 전송하는 것이 바람직하지만, 수신시 상세 방식에 비해 질이 떨어지는 화질의 문서를 취득하게 된다. 특히 일반 문서에서 흔히 사선방향과 원형의 모양이 많은데, 이때 저해상도의 수신문서에서는 계단 모양의 형태가 나타나게 된다. 이는 수직방향의 해상도가 떨어지기 때문에 생기는 현상이다. 이 문제에 착안하여 인간의 시각에 거슬리는 계단형 패턴을 효과적으로 제거할 수 있으며 간단한 조합회로를 이용함으로써 하드웨어적으로 구현이 용이한 평활 알고리즘(smoothing algorithm)을 제안하였다.

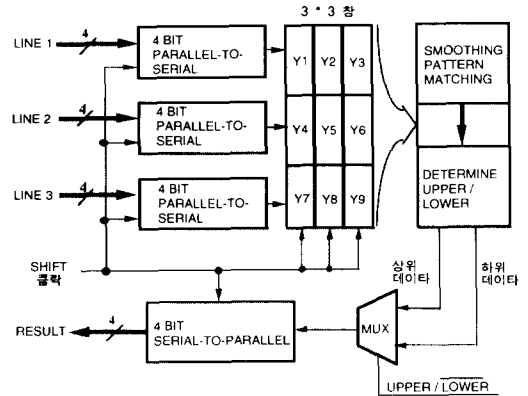


그림 5. 평활(smoothing)을 위한 하드웨어 구조. 4 비트 쉬프트 레지스터에서 전송되는 3 화소의 값을 포함 9 개화소의 값으로 그림 4 와 같은 알고리즘으로 Y5 를 2 개의 값 상위/하위 데이터로 만들어 낸다. DSP 의 액세스 시간을 최소화 하기 위해 4 비트씩 묶어서 DSP 로 전달되게 하였다.

평활 효과를 도식적으로 설명하기 위하여 그림 4에 제시하였다. 그림 4(a)에서 Y1 ~ Y9는 3 x 3 창의 각 cell의 화소값들을 의미하며, 평활 후 Y5가 upper와 lower의 두 화소로 세분화 되어 인접화소의 형태에 따라 결정된다. (b)~(e) 그림의 왼편은 평활 처리를 해야할 원화상을, 오른편은 평활을 적용한 결과로서 계단형 패턴을 제거한다.

이 로직을 그림 5과 같은 하드웨어로 실현하였다. 평활시 필요한 선 버퍼는 1 칩화에 용이하도록 송신시 사용했던 선 버퍼를 그대로 이용하였다. 선 버퍼의 데이터는 한 화소에 4 비트가 있으므로 수신 데이

타 1 비트를 4 화소씩 모아서 처리하였다. 3 줄의 정보가 모이면 line 2를 upper, lower의 상세 방식 데이터로 내삽(interpolation)하여 두개의 선(line)을 생성한다. 이후 새로운 한개의 선 정보가 들어 올때마다 두개의 선을 생성하므로 계단 형태가 개선되어 이러한 부분에 대해서는 흡사 상세 방식으로 데이터를 받은 것과 같이 화질개선이 이루어 진다.

Ⅶ. 실험결과 및 검토

40000 게이트 급의 이진 화상 처리기를 10 MIPS의 처리 속도의 16 비트 DSP (SSP-1600) 를 근간으로하여 8 비트 DAC, 6 비트 flash ADC, 15K standard cell, 1K word 의 ROM을 가진 1 칩 VLSI로 구현 하였으며 그 layout 을 그림 6에 보였다. 자동 이득 조종기(AGC)는 일반적인 아날로그

실험방식에서, 1 칩화 설계가 용이한 디지털 실험방식으로 바꾸었다. 디지털 AGC 실험결과는 일반 아날로그 방식과 같으므로 본 논문에서 언급하지 않겠다. 본 논문에서는 국부 적응 역치화, 오차 확산, 그리고 펄지 기반 이진화 알고리즘의 동작을 검토하기 위해서 이들 알고리즘을 하드웨어로 구현한 IP 를 팩시밀리에 연결하여 실험을 행하였다. 실험 문서로는 문자 문서, 사진 문서, 혼재 문서를 사용하였다. 먼저 문자 문서에 대한 IP의 처리 방법인 국부 적응 역치화 방법의 효율성을 검토하고자 일반적인 이진화 방법을 그림 7의 (a)에, 국부 적응 역치화 방법의 결과를 (b)에 재식하였다. 여기서, (a)는 정해진 역치 이하를 검게 만들어 버렸으므로 얼굴 전체가 검게 나타났다. 또한 "아름다운..." 으로 나타나있는 원본에서 색깔있는 글씨가 선명하게 표현되지 않기도 한다. 그러나 (b)에서는 밝기의 변화량에 적응적으로

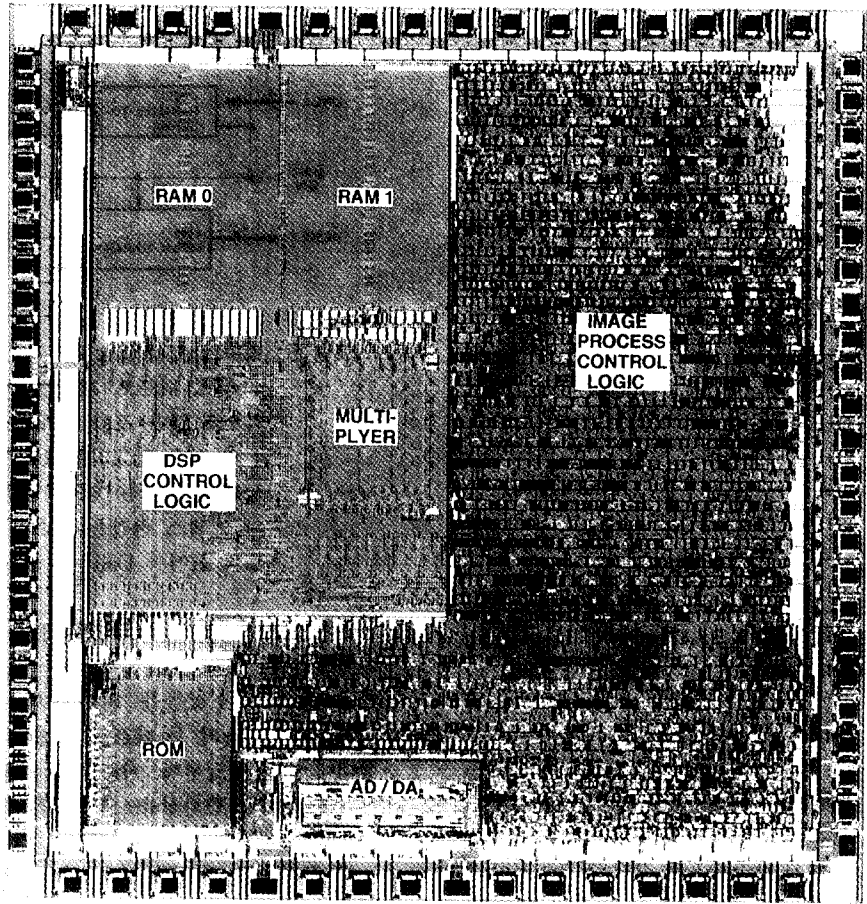


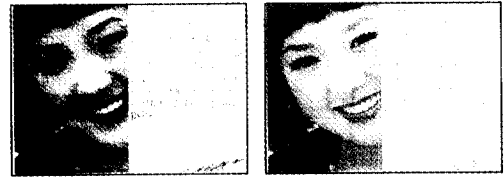
그림 6. 영상 처리기의 사진(IP layout)



(a) 일반 이진화 (b) 국부적응 이진화

그림 7. 국부적응 이진화 방식의 화질 개선. 색배경과 작은글씨 등에서 화질 개선이 눈에 띈다.

이진화하므로 얼굴에 있어 표현이 섬세해지고 색글씨도 그에 따라 가장자리쪽이 강조된 글씨로 표현되며 글씨아래 사각형의 색배경도 있음을 보여준다. 또한 아래쪽의 작은 글씨도 (a)에 비해 많이 개선되었음을 알 수 있다. 다음, 사진 영역에 대한 오차 확산법의 효율성을 실험하고자 사진과 문자가 혼재된 문서에 대하여 Bayer 진동법으로 처리한 결과를 그림 8의 (a)에, 오차 확산법으로 처리한 결과를 (b)에 제시하였다. 여기서, 얼굴 부분에서 Bayer 진동법으로 처리한 (a)의 결과는 주기적인 형태가 나타날뿐 아니라 계조 변화가 부자연스러운 것을 볼 수 있다. 상대적으로 오차 확산법의 결과인 (b)는 각 계조의 표현시 공간적으로 흑점과 백점들을 거의 무작위적으로 분포시킴으로써 훨씬 부드러운 중간조 영상을 표현하면서, 문자 부분에서도 (a)에 비하여 우수한 판독성을 가진다. 마지막으로, 퍼지 기반 혼재 방식 처리법의 효율성을 실험하고자 동일한 혼재 문서에 대하여 적용한 결과를 그림 8의 (c)에 제시하였다. 사진 부분에서 오차 확산법의 보다는 다소 떨어지는 화질을 가지면서 Bayer 진동법의 결과에 비해 크게 문자의 판독성을 향상시킨다. 또한, 사진 영역으로 판정되는 화소들에 대해서는 퍼진동 매트릭스를 적용함으로써 그림 8의 (a)와 (b)의 결과에 비해 약 3배 정도 전송 시간을 단축하는 것이 가능하며 팩스의 주사방향을 세로방향으로 생각할때 MM 부호화에서 압축의 효율이 (a), (b)에 비해 높은 것을 쉽게 알 수 있다. 영상 처리의 가능성이 송신단에 있기 때문에 수신시의 화질에 있어 큰 개선의 여지가 없지만, 상대가 보통 방식으로 전송해 올때 계단형태의 불연속이 눈에 거슬리게 된다. 이를 앞서 언급한 평활 방식으로 개선한 결과를 그림 9에 보였다. 이 그림의 (a)에서는 알고리즘 적용 이전의 상태를, (b)에서는 적용한 결과를 나타내었다. 특히 그림 (a), (b)의 "物" 부분에서 크

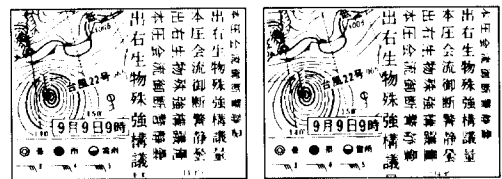


(a) Bayer Dither방식 (b) 오차확산 방식



(c) 퍼지 이론 기반 혼재처리 방식

그림 8. 혼재 화상에 대한 각 알고리즘의 화질 비교. Bayer 방식에서 보다 오차 확산 방식에서 화질이 우수하다. (c)의 퍼지 혼재처리에서 그림부분의 화질은 크게 향상되지 않았으나 글씨의 특성을 찾아 처리하였으므로 글씨 부분은 우수하다. 이를 이용시 상대 기중에 관계없이 송신시간을 3배 정도 단축 가능한 것이 장점이다.



(a) 매크럽 적용 전 (b) 매크럽 적용 후

그림 9. 평활 처리의 화질 개선. "物"자 부분과 왼쪽 아래 기호의 꼬리 부분을 보면 사진 형태가 개선 되었음을 알 수 있다.

게 개선되었고, 사선형태의 부분에서 매크러워졌음을 볼 수 있다. 이는 동일한 전송시간에 수신되어진 것을 화질 개선한 것이므로 매우 유용한 결과로 생각된다.



## VII. 결론

본 논문에서는 제안된 문자 문서, 사진 문서, 그리고 문자와 사진이 혼재하는 문서에 대하여 각각 효과적으로 이진화하는 방법들을 16 비트 DSP 를 근간으로하여 40000 게이트 급의 1 칩 이진 화상 처리용 칩인 IP 를 구현하였을 뿐 아니라 실제 팩스에 실현하여 그 효율성을 입증하였다. 실험 결과에서 보듯이 제시한 화상처리 기법들은 각 문서들에 대해 종래의 방식들에 비해 문자의 판독성이나 입력 화상의 가장자리 재현성 등에서 우수한 결과를 얻을 수 있었으며, 특히 혼재 문서인 경우에는, 고속 전송을 위하여 사진 영역에 속하는 화소들을 퍼지 이론으로 식별하여 파진동법(wave dither matrix)<sup>[1]</sup>을 적용함으로써 문자의 판독성을 희생하지 않으면서 팩시밀리의 송신 시간을 기존에 비하여 약 1/3배 정도로 단축시키는 것이 가능하였다. 또한 이를 구현하는 데 있어서 DSP 내부의 256 words 의 RAM 을 사용하여 처리함으로써 부가적 하드웨어 없이 실시간으로 되게 하였다. 이러한 화상처리 방법들은 가격적 측면을 고려하여 1 선 버퍼(1728 x 4 비트) 크기의 메모리만을 이용하여 2 차원의 화상처리가 가능하도록 구현하였다. 수신시의 화질개선은 송신을 위한 화상처리 로직을 대부분 그대로 사용하여 최소 하드웨어의 첨가만으로 구현하였다. 이를 탑재한 국산 팩시밀리가 국제 시장에서 크게 경쟁력 있는 제품이 될 수 있리라 기대된다. 또한 앞으로 DSP 코어를 33 MHz 로 개선하여 모뎀까지 1 칩화하면 그 경쟁력은 더욱 커지리라 생각된다.

## 參 考 文 獻

- [ 1 ] 김재호, 이수열, 양승범, 강구수, 김서규, "FAX 화질개선을 위한 Simulation System 의 개발," PROJECT 결과 보고서, 삼성전자 정보통신연구소, 1991.
- [ 2 ] 김재호, 강구수, "Fuzzy 이론을 적용한 문자, 화상 정보의 구분과 FAX 송신 시간 절약에의 응용," 삼성전자 정보통신연구소 사내기술논문, 1991.
- [ 3 ] 강구수, 이수열, 김서규, 김재호, 조석팔, "문자와 영상이 혼재된 문서에서 개선된 이진화 방법," 한국통신 학회추계학술대회논문집, vol.9, no.3 1990.
- [ 4 ] 신성규, 강구수, "문자의 판독성 개선을 위한 국부 적응이치화 방법," 삼성전자 정보통신 연

구소 사내기술논문, 1990.

- [ 5 ] 조석팔, 진용욱, "1 칩 이진 영상 처리기를 위한 알고리즘," 한국통신학회지, 제17권, 제3호, pp.297, 1992, 3.
- [ 6 ] 강구수, 김재호, "An efficient arithmetic coding method for high-speed transmission in facsimile equipment," SAITE vol.4, no.4, pp.154-188, Oct. 1991.
- [ 7 ] 이진우, 강구수, 이관중, 김재호, "팩시밀리 수신시의 화질 개선을 위한 Smoothing 처리 방법," 삼성전자 사내기술논문, 1990.
- [ 8 ] 삼성전자, SSP-1600 User's Manual, 삼성 전자, 1991.
- [ 9 ] 삼성전자 정보통신, Thinking Image Processor User's Manual- Preliminary Version, 삼성전자 정보통신, 1992.
- [ 10 ] B.W. Lee, J.H. Kim, et.al, "An Application-Specific Digital Signal Processor for New Generation FAX Image Processing," Int. Conf. DSPAT 92, pp498-502, no.1, IC DSPAT, 1992.
- [ 11 ] Hitachi Co., "DIPP(HD63084) User's Manual," Hitachi Co. Sept. 1986.
- [ 12 ] R. A. Ulichney, "Dithering With Blue Noise," *IEEE Proc.*, vol.76, no. 1, Jan. 1988.
- [ 13 ] Hitachi Co., "DIPP-A User's Manual," Hitachi Co., 1992.
- [ 14 ] 김재호, "Shading Correction 에 있어서의 양자화 오차와 그 대책," 삼성전자 정보통신 사내 논문, 1991.
- [ 15 ] N. Tetsutani and H. Ochi, "A Quasi Tone Reproduction Method Without Reproducing Character Image Quality," IECE, Japan, Image Eng. Group, IE81-57, Sept. 1981.
- [ 16 ] H. Ochi and N. Tetsutani, "A New Half-Tone Reproduction and Transmission Method Using Standard Black and White Facsimile Code," *IEEE Trans. Com.*, vol. Com-35, no. 4, Apr. 1987.
- [ 17 ] 강구수, 중간조 화상 표현 방법, 특허출원, 출원번호 pp91-8598
- [ 18 ] J.F. Jarvis and C.S. Roberts, "A New

Technique for Displaying Continuous Tone Image on a Bilevel Display. " *IEEE Trans. Comm. Com-24*, no.8, pp. 891-898, Aug. 1976.

[19] R. Eschbach and K. Knox. "Error-diffusion algorithm with edge enhancement". *J. Opt. Sot. Am. A*, vol. 8, no. 12, pp1844-1850, 1991.

著 者 紹 介



金在浩(正會員)

1957年 3月 23日生. 1980年 2月 부산대학교 전기기계공학과 공학사. 1982年 2月 한국과학기술원 산업전자공학과 공학석사. 1990年 2月 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 공학박사. 1988年 8月 ~ 1992年 2月 삼성전자 기술총괄 통신연구소 화상통신 연구실 수석연구원. 1992年 3月 ~ 1993年 1月 삼성전자 자문교수. 1992年 3月 ~ 현재 부산대학교 전자공학과 조교수. 주관심 분야는 영상처리, 디지털 신호처리 VLSI 설계, 문자인식 등임.



姜龜守(正會員)

1988年 2月 경북대학교 전자공학과 공학사. 1990年 2月 경북대학교 전자공학과 공학석사. 1994年 1月 ~ 현재 삼성전자 기술총괄 통신연구소 화상통신연구실 주임 연구원.

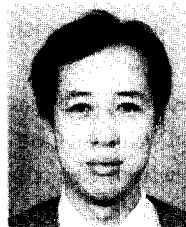
李眞雨(正會員)

1991年 2月 서울대학교 전자공학과 공학사. 1994年 1月 ~ 현재 삼성전자 기술총괄 통신연구소 화상통신 연구소 연구원.



金瑞圭(正會員)

1990年 2月 서울대학교 제어계측공학과 공학사. 1994年 1月 ~ 현재 삼성전자 기술총괄 통신연구소 화상통신 연구소 연구원.



金潤秀(正會員)

1979年 2月 서울대학교 전자공학과 공학사. 1981年 2月 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 공학석사. 1988年 2月 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 공학박사. 1994年 1月 ~ 현재 삼성전자 기술총괄 통신연구소 화상통신 연구실 수석 연구원.



李旁遠(正會員)

1979年 2月 서울대학교 전자공학과 공학사. 1981年 2月 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 공학석사. 1991年 2月 미국 남가주대 전자공학과 공학박사. 1994年 1月 ~ 현재 삼성전자 반도체본부 마이크로 사업부 DSP 기술센터 수석연구원.

河聖漢(正會員)

1961年 2月 서울대학교 전자공학과 공학사. 1993年 11月 ~ 현재 삼성종합기술원 부원장.

趙錫八(正會員) 현재 삼성전자 근무