

## 초음파 B스캐너의 개발 (II)

—디지털 스캔 변환기—

김영모 · 이민화 · 김주한 · 박용헌  
신동희 · 김진하 · 박송배

= Abstract =

### Development of Ultrasound B-scanner (II)

—Digital Scan Converter—

Yeong-Mo Kim, Min-Hwa Lee, Joo-Hwan Kim, Yong-Heon Park,  
Dong-Hee Shin, Jin-Ha Kim, Song-Bae Park

A new architecture of the Digital Scan Converter (DSC) for the linear-scan ultrasound medical imaging systems is proposed and its hardware implementation is reported.

While the conventional DSC merely displays the acquired data and does not allow access to the frame memory, it is possible, in the new system, to access to the frame memory for further imaging processing so as to obtain useful information for medical diagnosis.

Image processing can be performed either by a special purpose processor, or by VAX 11/780.

The system is made to operate asynchronously to increase the frame rate with tags assigned to the data.

The proposed DSC was designed to be used without much modification for the sector scan system as well.

### 1. 서 론

초음파 B스캔 영상을 표시하기 위한 방법으로써 초기의 수동형(manual type) B스캐너에서는 주로 스캔 변환기억관(scan conversion memory tube)를 사용하였다.<sup>1)</sup> 이 스캔변환기억관은 표시할 수 있는 영상의 구동범위가 넓기때문에 수동형 B스캐너에서는 각광을 받았으나 실시간 진단이 가능한 전자식 B스캐너가 출

현함에 따라 다른 형태의 스캔변환기가 필요하게 되었다. 이는 스캔변환기억관이 움직이는 물체의 표시가 어렵고 값싼 반도체 기억소자의 출현에 기인한다.

따라서 현재의 거의 모든 스캔변환기는 디지털스캔 변환기로서 첫째, 초음파 B스캐너에서 얻어지는 영상테이타의 발생방향을 TV와 같은 라스터 스캔장치에 필요한 영상테이타의 방향으로 바꾸어 주고, 둘째, 화면의 매 초당 프레임(frame)수를 일정하게 유지시켜서 깜빡거림(flicker) 현상을 없애주며 셋째, 사용자가 영상식별이 용이하도록 여러가지 신호처리를 수행하는 역할을 한다.<sup>2)</sup>

본 논문에서는 논문 1<sup>2)</sup>에 이어 새로운 형태의 더

<1984. 6. 1 접수>

한국과학기술원 전기 및 전자공학과  
Dept. of Electric and Electronic Eng.,  
Korea Advanced Institute of Science and Technology

디지털 스캔변환기의 개발을 보고하며 초음파 B스캐너의 제어를 위한 디지털부분과 소프트웨어의 개발결과를 기술한다.

## 2. 디지털 스캔변환기의 사양

초음파진단장치에 필요되는 디지털 스캔변환기(Digital Scan Converter: DSC)의 기본적인 설계사양은 다음과 같다<sup>4)</sup>.

- (가) 관측하고자 하는 깊이 : 25cm.
- (나) 매 초당 화면수 : 20장 이상
- (다) B모드(single/dual), M모드 동시 표시 가능.
- (라) A/D 변환 : 6 bit.
- (마) CPU가 영상메모리에서 데이터의 입 출력 가능.
- (바) 영상크기를 3가지, 즉 1, 1.5, 2배로 변화시킬 수 있도록 함.
- (빠) TV신호는 NTSC방식을 사용.

화면구성 : 단층영상, 글자, 그림.

위와 같은 사양을 만족하기 위해 다음과 같이 시스템을 설계하였다. 관측하고자 하는 깊이에 따라 RP

MHz(400개), 5.04MHz(320개), 3.15MHz(200개)로 정하였다.

A/D 변환주파수는 관측하고자 하는 깊이와 초음파를 주사시키는 폭(즉 초음파소자 폭)과 관계가 있다. 초음파소자와 D/A 변환속도에 따라 A/D 변환주파수를 표 1과 같이 정하였다.

한 영상데이터의 크기가 106×480개의 화소수를 가지는 메모리를 2조 준비해 두개중 어느 하나를 나타내거나 둘다 나타낼 수 있게 하였다. 하드웨어의 설계를 간단하게 하기위해 한조의 메모리를 128×512로 하고 한 화소당 8 bit로 256가지 명암을 나타낼 수 있도록 하였다.

## 3. 시스템 구성

영상메모리(frame memory: FM)에 데이터를 입출력시키는데 있어서 출력시키는데 우선권을 주어 설계하였다. FM에 데이터를 쓰는 시간은 데이터를 읽지 않는 시간 즉 모니터에 데이터를 나타내지 않는 시간이다. FM에 쓰여지는 데이터는 영상데이터일 수도 있

표 1. A/D변환 주파수

Table 1. Real ADC clock frequency

Probe Scale factor	2.25 MHz			3.5 MHz			5 MHz		
	N <sub>i</sub>	(mm) depth	(MHz) f <sub>ADC</sub>	N <sub>i</sub>	(mm) depth	(MHz) f <sub>ADC</sub>	N <sub>i</sub>	(mm) depth	(MHz) f <sub>ADC</sub>
1	15	110	3.36	12	88	4.2	10	73.3	5.04
1.6	24	176	2.1	20	146.7	2.52	15	110	3.36
2	30	220	1.68	24	176	2.1	20	146.7	2.52

(rate pulse)의 주기가 결정되므로 초음파가 깊이 25cm의 연조직을 왕복하는 시간은 325μsec이나 시스템의 동기를 위해 수평주사시간(63.5μsec)의 6배인 381μsec로 정하였다. 106개의 RP가 모여 하나의 영상을 만들어 1초에 약 25번의 영상을 얻도록 하였고, NTSC 방식에서 총 주사선수는 525개인데 보통 화면에 표시되는 수는 480개 정도여서 한 RP내에 480개의 데이터를 얻을 수 있도록 하였다.

D/A 변환주파수는 한 수평주사기간동안 정수개의 화소(pixel)가 들어가도록 되어야 하고 또한 시스템의 제일 높은 주파수(50.4MHz)에서 분주가능해야 한다. 한 영상정보만 표시할 경우 필요한 화소수는 106보다 큰 그의 역수인 128이고 두 영상정보를 표시할 경우 256개의 화소가 필요하다. 따라서 D/A 변환 주파수를 6.3

고 CPU에서도 쓸 수 있도록 하였다. 읽는 것도 CPU에서 행할 수 있고 모니터에 나타내기 위한 회로에서 행해질 수도 있도록 설계 하였다.

실시간으로 생긴 데이터를 바로 메모리에 넣고, 또 모니터에 나타내기도 해야 할 때는 처리 시간이 매우 빠른 메모리를 사용해야 한다. 쓰는 것과 읽는 것도 연속적이 아니고 어느 주기를 갖고 일시적으로 발생하고, 해야 하기 때문에(그림 1 참조) FM에 버퍼(First In-FirstOut; FIFO)를 통해 데이터를 입출력시켜서 낮은 동작주파수를 갖는 메모리를 사용하게 할 수 있다. 즉 일시적으로 생긴 데이터를 버퍼에 넣어 두었다가 데이터를 FM에서 읽어가지 않을때 FM에 쓰고, 필요한 영상데이터를 한꺼번에 읽어 버퍼에 저장해 두었다가 모니터에 표시하면 된다. 이렇게 하는 이유는 빠르

고 메모지용량이 크고 저 가격의 메모리가 없기 때문에 대용량의 메모리인 다이내믹메모리를 사용하기 위함이다. 다이내믹메모리 특유의 페이지 모드(page mode)가 있는데 이는 앞에 넣은 횡주소를 바꾸지 않고 열주소만 바꾸어 주소를 입출력하고자 할 때 열주소만 바꿔주면 그 메모리를 입출력할 수 있는 방식이다. 이 방식을 이용하여 영상메모리를 화면에 표시하기 위해 읽어낼 경우에는 페이지모드로 5.04MHz 속도로 두 바이트씩 읽어내고 영상데이터를 쓸 경우에는

DSC에서는 영상데이터의 주사방향을 바꿔주는 일 이외에 다음과 같은 각종 신호처리를 수행한다.

(가) 감마보상—사람눈의 빛밝기에 대한 비선형 성질을 보상하기 위한 것으로 밝기가 지수적으로 변화할때 사람눈에는 선형으로 보이는 점을 보상한다. (그림 3)

(나) 윈도우잉(windowing)

어느 특정한 밝기의 데이터가 의학적으로 어떤 의미를 가질때 그 밝기의 데이터를 더욱 더 밝게 강조하거나(그림 4-a), 어느 특정한 밝기이하의 것은 불필요한

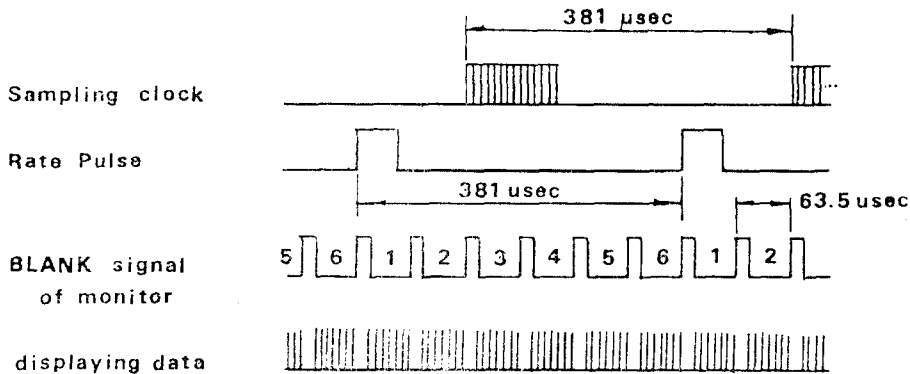


그림 1. 시스템의 입출력신호

Fig. 1. Input/Output signal of system

보통방식의 2.52MHz 속도로 한 바이트씩 행하는 구조로 설계하였다. 영상메모리의 타이밍을 제어 해주는 CRT로 종속동작을 할 수 있는 NEC사 제품인 GDC  $\mu$ PD 7220-2를 이용한다. 영상메모리 주위의 데이터 흐름에서 그 발생시기와 입출력 시기가 다를 뿐만 아니라 비동기적으로 동작하므로 발생된 데이터가 영상메모리의 어디에 입력되어야 할지 불확실하다. 따라서 데이터에 꼬리표를 붙여 그 데이터의 처리기준을 마련하였다. 한 RP기간내에 생기는 480개의 영상데이터 앞에 480개에 대한 명세서를 가지는 꼬리표를 끼워 넣는다. RP가 "1"일때, 즉 입력 영상데이터가 발생하지 않을때 꼬리표의 D<sub>7</sub>을 "1"로한 것을 FIFO에 쓴다. 그 꼬리표의 형식은 그림 2와 같다. D<sub>7</sub>의 내용이 "0"이면 D<sub>6</sub>~D<sub>5</sub>의 6비트를 유효한 데이터로 인식하고 D<sub>7</sub>이 "1"이면 RP가 H(high)로 된 때임을 인식한 후 D<sub>6</sub>~D<sub>7</sub>을 해석하여 480개의 데이터에 일률 적용한다. D<sub>6</sub>는 OF(one frame) 깃발(flag)로서 "1"이면 한 화상의 첫째 열 데이터임을 나타낸다. 그리고 D<sub>7</sub>은 B/M모드를 나타내는 데이터로써 다음 데이터들이 B모드데이터이면 "0"로 M모드데이터이면 "1"로 표시되어 영상메모리에 데이터를 입력시킬때 그 위치를 결정하게 된다.

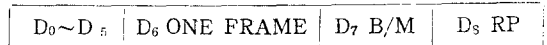


그림 2. 꼬리표 형식

Fig. 2. Tag format

성분으로 간주하여 제거시킨다(그림 4-b). 또는 전체의 밝기를 같이 감소시키거나 증가시킬 수 있도록 한다(그림 4-c).

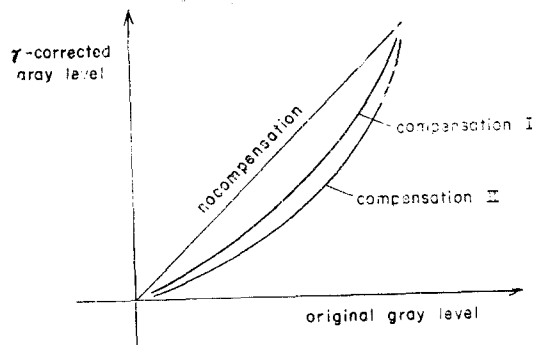


그림 3. 감마보상

Fig. 3. Gamma correction

(대) 평탄처리 (smoothing)

바로 이전의 데이터와 현재 데이터와의 평균을 현재 출력력으로 하는 기능과 각 데이터 사이에 전후 데이터의 평균값을 삽입하여 주사선배중(raster doubling)을 할 수 있는 기능이 가능하도록 한다.

이상에서 설명한 DSC의 기능상 제동도는 그림 5와 같다.

4. 하드웨어의 구성

전해 DSC의 기관은 다음의 5장으로 되어 있다.

ECL회로로 발진시켜 2분주 또는 5분주 하여 25.2MHz와 10.08MHz를 전 DSC회로에 공급한다.

(대) CPU회로

CPU로는 Intel사의 8085를 사용했고 RAM은 4K바이트, 프로그램이 들어있는 ROM은 용량이 64K비트인 2764를 3개 이용하여 24K바이트까지 사용할 수 있으며 시계 IC인 RP5C61을 이용하여 화면에 시간도 표시 되도록 하였다. 그리고 중형 컴퓨터인 VAX11/780과 RS-232C선으로 데이터를 주고 받을 수 있도록 설계하였다.

가로제기(interrupt)로써 1/60초의 주기를 갖는 수

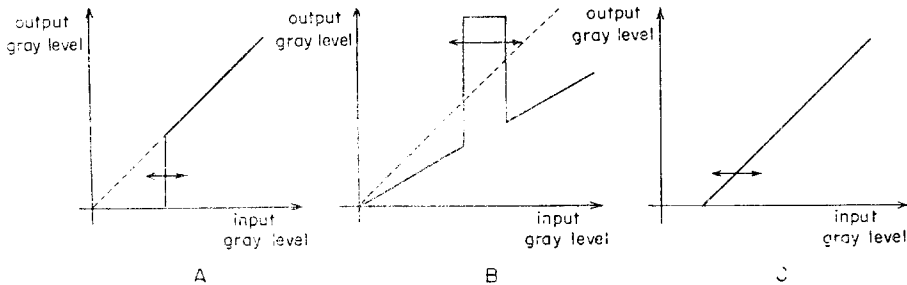


그림 4. 윈도잉  
Fig. 4. Widening

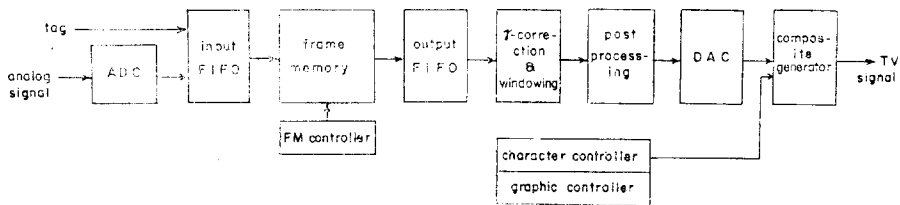


그림 5. DSC의 기능별 제동도  
Fig. 5. Functional block-diagram of DSC

1. CPU회로와 기본 클럭발생회로 기관
2. 글자와 그림 발생회로 기관
3. 입출력 처리회로 기관
4. 영상메모리회로 기관
5. 키보드

이들의 개략적인 회로도에는 그림 6과 같고 상세한 설명은 다음과 같다.

(가) 발진회로

본 시스템에서 제일 높은 주파수가 50.04MHz이므로

직동기신호에 의해 RST7.5가 걸려 영상메모리에서 마지막 출력단까지의 제어신호와 데이터를 보낸다. 또 약 40msec의 주기를 갖는 OF신호에 의해 DSC 입력단에서 영상메모리까지의 제어신호와 데이터를 내보내기 위해 RST6.5를 이용한다. 그리고 RS-232C의 제어장치(Programmable Communication Interface: 8251)에서 VAX와 통신을 위해 RST5.5의 가로제기를 이용한다.

(대) 기본 클럭(clock)회로

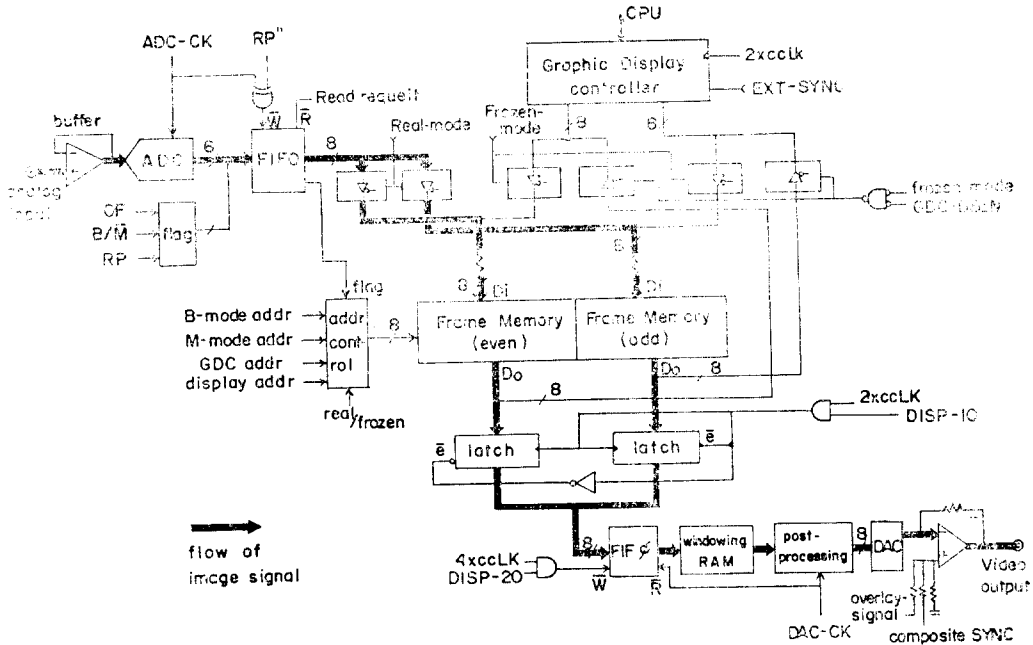


그림 6. LSC의 하드웨어 계통도

Fig. 6. Hardware Blockdiagram of LSC

PIT(Programmable Interval Timer) 8255을 이용하여 RP, OF신호를 만든다. 이들의 시경수는 모두 프로그램에서 가변가능하다.

(예) 글자발생회로

모니터에 여러가지 문자들을 나타내게 하기위해 CR TC로서 signetics사 제품인 PVTC (Programmable Video Timing Controlle) 2672를 이용하였다. 이 IC의 여러가지 사용방법중 독립방식(independent mode)를 이용하였고 비디오 RAM은 2k바이트를 사용하였다. 시경수는 NTSC 방식에 맞게 프로그래밍 하였고 TV화면에 8×21개의 점으로 된 글자를 가로로 40글자 세로로 23글자를 볼 수 있도록 하였다.

(바) 그림발생회로

모니터상에 나타나는 영상들을 사용자가 좀더 쉽게 이해하기 위해 글자와 그림들을 영상과 함께 중첩시켜 표시하도록 하였다. 그림을 그리는데 필요한 제어기로 그래픽 디스플레이 제어기(GDC)인  $\mu$ PC7220-2를 사용하였다. 이 IC의 사용방법 중 “완전 그림 방식(full graphic mode)”을 이용하였고 화면에 나타내는 점의 갯수는 가로로 640개, 세로로 480개로서 128k바이트의 메모리를 사용하였다. 여기에서 만든 그림신호와 글자

신호를 배타적(exclusive) OR를 시켜 영상메모리에서 나온 영상신호와 더해 TV신호를 만들었다.

(배) A/D변환 회로

단층 영상에서 원하는 깊이의 영상을 원하는 폭으로 얻을 수 있도록 아날로그 신호를 디지털신호로 변환한다. 원하는 깊이에 대한 제어는 RP가 H에서 L(low)로 될때 계수기로 어느 일정량만큼 계수한뒤 A/L변환 출력신호를 만들어 얻도록 하고 원하는 폭은 샘플링갯수 480개에 대해 샘플링 주기를 바꾸어 얻도록 하였다.

(세) 입력 FIFO

발생되는 데이터의 시기와 영상메모리에 데이터가 입력되는 시기가 다른 문제점에 대한 해결책으로 비퍼인 FIFO를 이용한다. FIFO는 MOSTEK사 제품인 512×9비트의 MK46501-12를 이용한다. 이 비퍼에 대한 출력클럭은 A/D변환 클럭과 같고 RP가 L에서 H로 될때 피리표를 비퍼에 쓴다. 그 명세서의 데이터는 CFU 회로에서 받는다. 입력클럭은 한 RP기간동안 6번의 수평주사기간이 있으므로 영상메모리를 읽지 않을 때에 이 비퍼에서 2.52MHZ의 속도로 읽어내어 피리표에 따라 영상메모리의 제어위치에 입력 시킨다.

(아) 영상메모리회로

신호주사방향술 바꾸기 위해 영상데이터를 일시적으로 보관하는 버퍼이다. 이 버퍼의 제어를위해 그림 발생회로의 제어기로 사용하였던  $\mu$ PD 7220-2의 기능 일부를 이용하였다.

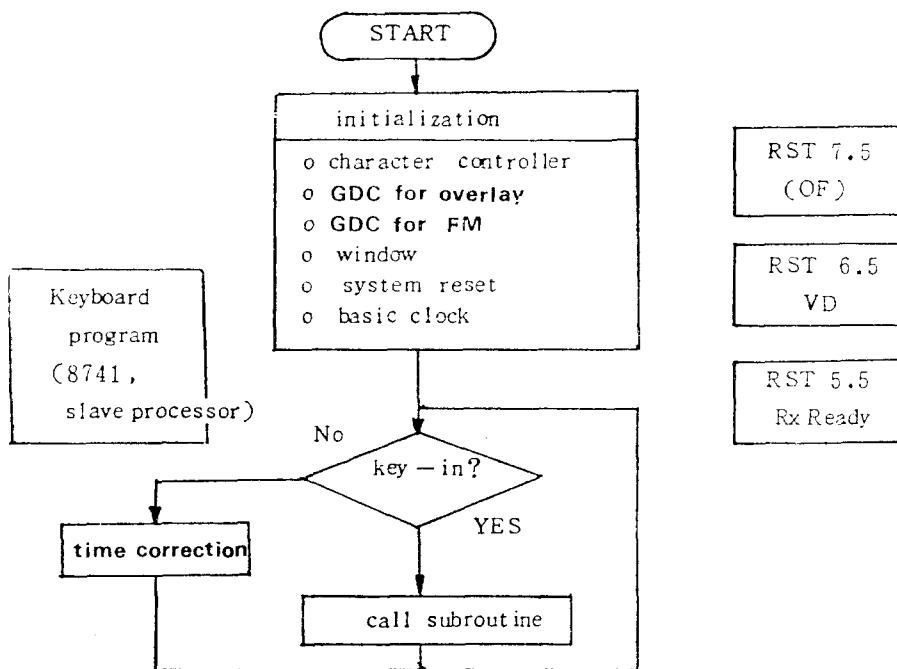
영상메모리는 128k 바이트로서 64k DRAM을 16개 사용하여 영상데이터를 입력시킬 경우에는 8bit씩, 출력시킬 경우에는 16비트씩 처리하는 구조로 되어 있다. 영상데이터를 읽어내어 모니터에 표시할때 데이터의 흐름은 5.04MHz의 속도이고 쓸 때는 2.52MHz이다. 그러나 GDC 7220의 속도는 이 보다 저속이므로 입 출

력의 주소나 기타 제어신호를 별도로 만들었다. 여기서 GDC가 행하는 일은 영상메모리회로의 전체의 타이밍을 제공해주고 CPU에서 데이터를 영상메모리에 입 출력시키는 일이다.

본 DSC에는 여러가지 CRTC를 사용하므로 모두 등기를 맞추어 주기 위해서 글자용 CRTC를 기준으로 나머지 두 CRTC (그림용과 영상메모리용)는 종속동작 (slave mode)을 하게 한다.

(사) 윈도우링

A/D변환한 데이터의 밝기를 여러가지 윈도우 함수



- Subroutine
- frozen/real mode control subroutine
  - scale factor control subroutine
  - graphic control subroutine
  - B/M mode control subroutine
  - windowing data control subroutine
  - alpha numeric character display control subroutine
  - gamma correction
  - post-processing control
  - help mode
  - online subroutine
  - histogram equalization subroutine

그림 7. DSC 제어 프로그램의 흐름도

Fig. 7. Flow chart of DSC control program

(window function)에 의해 다른 밝기로 바꾸어 주는 기능으로써 이 회로에 감당오상도 함께 해주도록 되어 있다.

(재) 평탄처리

현재의 데이터와 한 주기 앞의 데이터를 평균하여 현재의 데이터로 하되 각각의 레치타이밍을 같은 주파수로 하여 평균기능이 되도록 한다. 또한 뒷레지스터의 레치주파수를 앞의 것보다 배의 주파수로 레치하여 앞의 것의 데이터로 하여 주사선 배증기능이 이루어지도록 했다.

(가) D/A변환과 동기 발생기

8비트 신호를 한 화소의 아날로그신호로 바꾸고, 동기 발생기에서 만든 복합동기신호와 그림, 글자정보신호를 더해 NTSC 방식의 비디오 신호를 만든다. 동기 발생기는 MM5321을 사용하고 PVTC 2672의 수직, 수평동기신호와 동기시켜 사용한다.

5. 소프트웨어

전체 DSC를 제어하는 프로그램의 흐름도는 그림 10과 같다.<sup>5)</sup>

전체 프로그램길이는 약 20k 바이트정도이고 가로채기를 3개 이용했다. 스위치를 켤때 제일 먼저 하는 일은 시스템의 초기화로서 각 CRT가 제 임무에 따라 프로그램을 수행하고 여러가지 제어부분에 초기값을 준다. 이 초기화가 끝나면 키가 눌러 졌는가를 키보드 제어기인 8741에게 문의한다(상태조사). 키가 눌러지지 않았으면 시계 IC에서 현 시각을 읽어 화면에 표시한 후 다시 키가 눌러 졌는가를 조사한다. 키가 눌러지면 그 키에 대한 일을 해당하는 서브루틴으로 가서 일을 마치고 다시 키가 눌러 졌는가를 조사한다. 각 서브루틴에서 만들어진 제어용 데이터중 A/D변환기에서 영상메모리까지의 하드웨어를 제어하기위한 데이터는 OF에 의해 걸리는 RST 6.5의 가로채기때 출력된다. 이 방식을 사용하는 이유는 데이터를 열고 있는 도중에 그 제어신호를 내보내면 영상데이터가 도중에 변화되기 때문이다. 영상메모리에서 D/A변환 단까지 필요한 제어신호는 수직동기신호에 의해 RST 7.5의 가로채기가 걸릴때 내보내어 진다. 이 방식도 RST 6.5를 사용하는 같은 이유에서 사용한다. RST 5.5의 가로채기는 VAX에 데이터를 송수신할때 사용한다.

6. 결 과

5장으로 이루어진 보드로써 앞에서 언급된 디지털 스캔변환기를 제작하였다. 그림 8에는 제작된 디지털 스캔변환기를 사용하여 인체간 부위의 영상이 나타나 있다. 화면의 왼쪽에 영상의 밝기정도를 알수 있는 밝기등급(Grey Scale)이 나타나 있다. 윈도우링처리를 하게되면 그 효과가 그림 9과 같이 밝기등급표시부분에 나타난다. 오른쪽 위부분에 나타나는 숫자는 촬영시의 시각을 나타내는 것으로 년, 월, 일, 시, 분, 초로 표시된다. 그 옆의 숫자(그림 10에서는  $\phi$ )는 촬영된 영상의 맨 윗부분에 대한 포피에서의 깊이를 나타낸다. 시각표시 아래의 3.5MHz는 사용된 초음파소자의 주파

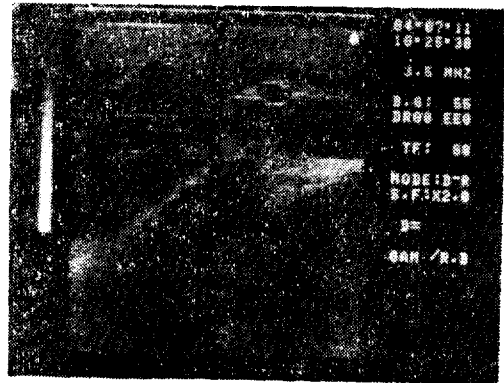


그림 8. 인체간의 초음파 B스캔영상

Fig. 8. Standard ultrasonic B-scan image of human liver

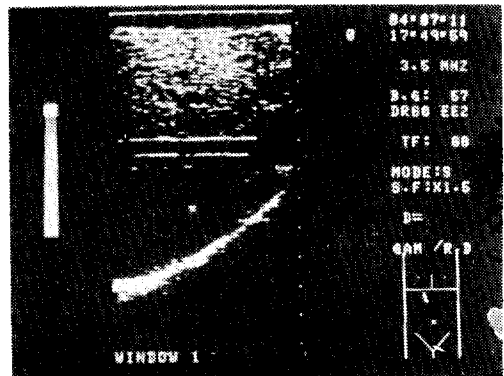


그림 9. 윈도우링의 예

Fig. 9. An example of windowing

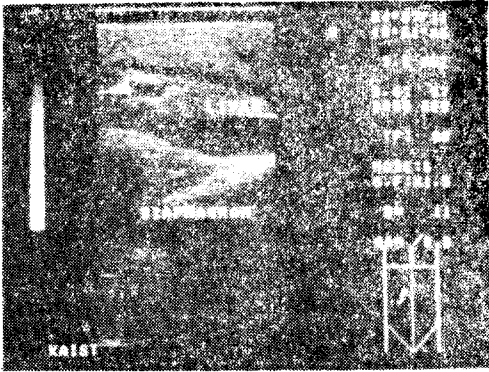


그림 10. 글자와 그림의 중첩표시  
Fig. 10. Character and graphic overlay display

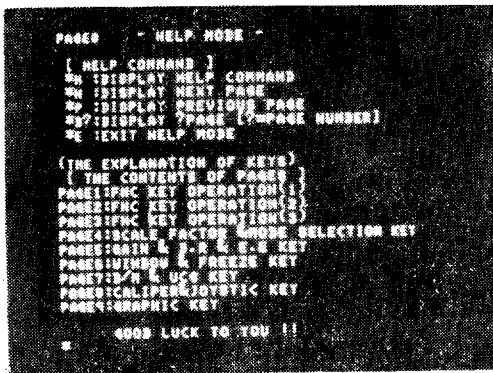


그림 11. 사용자를 위한 사용설명서  
Fig. 11. Help mode for user

수를 나타내는 것으로서 이 정보는 각 초음파소자의 접속단자에서 제공된다. 그 아래의 B·G, M·G는 각각 B-모드이득, M모드이득을 나타내고 D·R은 표시되는 영상의 구동범위를 나타낸다. 이들의 단위는 모두 데시벨(decibel)이다. 또 EE는 반사도 강조등급(echo-enhancement level)을 나타내고 TF는 송신시의 초점위치를 나타낸다. MOLE는 화면에 나타나는 영상의 형태를 구분하는 표시로써 Singl, Dual-Right, Dual-left, B/M모드등이 있고, S·F는 배율로써 1, 1.5, 2가 있

다. 그 아래의 "D="는 거리측정시 두 점사이의 거리를 나타내는 수치로써 그림 10에 그 예가 나타나 있다. GAM은 감마보상의 종류를 나타내고 R·D는 주사선배율을 나타낸다. 맨 아래부분의 인체그림은 환자진단시 진단부위를 표시한다. 사용자가 인체영상에 메모(memo)를 할 수 있도록 그림 10에서와 같이 문자표시가 가능하다. 키조작에 도움이 되는 각종 자료가 컴퓨터에 내장되어 있으므로 필요시 HELP MODE에서 이들을 그림 11와 같이 열람할 수 있다.

## 7. 결 론

본 연구에서 개발된 디지털 스캔변환기는 상용화되어 있는 것과는 달리 영상메모리를 CPU에서 입출력시킬 수 있도록 되어 있어 앞으로의 온라인 영상처리 가능하게 되었다. 또한 환형 스캔 시스템에도 사용할 수 있도록 설계되어 선형 스캔방식과 환형 스캔방식을 한개의 디지털 스캔변환기로 가능하게 되어 있다.

이 밖에도 사용자에게 편리한 다양한 기능을 보유하고 있다. 최근에 개발된 5개의 대용도 적접회로 IC의 채택으로 시스템을 대폭 간략화하여 5장의 기판으로 이루어진 효과적인 디지털 스캔변환기를 개발하였다.

## 참 고 문 헌

- 1) P.N.T. Wells, : *Biomedical Ultrasonics*, Academic Press, NY, 1977.
- 2) 김진하·신동희·이민화·김영모·김주한·박송배 "초음파 B 스캐너의 개발 I—시스템 및 아나로그 부분", 대한의용생체 공학회, 동호, 1984.
- 3) Jonathan Ophir, Nabil F. Makad: "Digital scan converter in diagnostic ultrasound imaging" *Proceeding of the IEEE Vol. 69 No. 4 p 654~ p 663 April 1979.*
- 4) 김영모 : "초음파진단장치에 사용되는 디지털스캐논 버퍼에 관한 연구" KAIST 석사논문 1984.
- 5) 박용현 : "초음파 진단장치에 대한 시스템 소프트웨어" KAIST 석사논문 1984.
- 6) 정용훈 : "초음파색터 스캐너에서의 새로운 샘플링 및 표시방법" KAIST 석사논문 1984.