

**PC를 이용한 GMS/WEFAX 수신 및 영상처리
시스템 개발(Ⅱ)**
— 수신 및 영상처리 소프트웨어 —

서명석 · 박경윤 · 윤기준 · 박종현
한국과학기술연구원
시스템공학연구소
(1993년 5월 10일 받음 ; 1993년 5월 18일 수리)

**Development of Receiving and Image
Processing System of GMS/WEFAX Using PC(Ⅱ)**
— Software for Receiving and Image Processing —

Myoung Seok Suh, Kyoung Yoon Park, Gi Joon Yun and Jong Hyun Park
Systems Engineering Research Institute
Korea Institute of Science and Technology
(Received May 10, 1993 ; Accepted May 18, 1993)

Abstract

In this research, the WEFAX and APT(Automatic Picture Transmission) data receiving and image processing software using PC/AT called WADIPS(WEFAX and APT Data Integrated Processing System) Software has been developed. The main functions of WADIPS software are follows : 1) Real time receiving and saving to hard disk of WEFAX and APT data 2) B/W(Black and White) and false color display 3) Image enhancement using histogram stretch and color control 4) 2-4 times zooming 5) Hard copy of data using dithering and patterning 6) Animation 7) File management 8) On line help.

WADIPS can be used in the offices or persons need real time meteorological information and education offices to teach the image processing technique and general characteristics of meteorological satellites.

1. 서론

기상위성 영상자료는 다른 자원 탐사 위성(Landsat, SPOT 등)과는 달리 자료의 수신 및 이용에 대한 로얄티가 없기 때문에 누구든지 간단한 수신 및 영상처리 장비만 갖추면 최첨단 위성자료를 쉽게 접할 수 있는 이점이 있다. 이러한 이점 때문에 미국을 비롯한 많은 선진국에서는 이미 아마추어 무선통신 애호가들까지도 간단한 기상위성자료 수신 시스템을 개발할 정도로 많은 연구 개발이 이루어진 상태이나 우리나라에서는 이 분야에 대한 연구 개발이 거의 전무한 상태이다.

현재 지구상공에는 5개의 정지기상위성(GMS, GOES-E, GOES-W, METEOSAT, INSAT)과 두 종류의 극궤도 기상위성(NOAA 계열 및 METEOR 계열)이 운용 중이며, 이 중 우리나라에서 수신 가능한 위성은 극궤도 기상위성과 GMS 등이다. 이 중 GMS는 140°E 적도 상공 35,800km에서 매 시간 지구를 관측하여 일본의 MDUS(Medium-scale Data Utilization Station)와 SDUS(Small-scale Data Utilization Station)을 통하여 S-VISSR(Stretched Visible and Infrared Spin Scan Radiometer)와 WEFAX 자료를 각각 송신하고 있다.

S-VISSR 영상 중 가시 영상은 구름이나 지표면에서 반사되는 태양광선 중 0.5~0.75 μ m의 파장역의 에너지를 측정한 영상인데, 반사가 큰 곳일수록 측정값이 커서 영상처리시 회계 나타난다. 따라서 구름, 눈 및 안개 등은 회계 나타나고 육지나 바다는 상대적으로 검게 나타난다. 적외영상은 지표면이나 구름상부에서 나오는 적외선 중 대기의 창에 해당되는 10.5~12.5 μ m 파장역의 에너지를 측정하여, 이를 흑체 복사로 가정하여 휘도온도로 나타낸다. 여기서도 구름이나 눈같이 온도가 낮은 부분은 회계 나타나고 해수면이나 육지 등과 같이 온도가 높은 곳은 검게 나타난다.

WEFAX(Weather Facsimile) 자료는 VISSR 관측자료를 일본의 기상위성센터에서 변환한 것으로 주요 특징은 간단한 수신장비로 수신이 가능하고 영상 자체에 위·경도와 해안선이 중첩되어 있어 따로 기하학적 보정이 필요치 않으며 GMS user's guide(1990)에서 제공하는 look up table을 이용하여 가시영상과 적외영상자료를 알베도와 휘도온도로 변환할 수 있는 점이다. WEFAX에는 일본을 중심으로 한 극동아시아 지역 영상(Polar stereographic projection)과 지구를 4등분한 영상의 두 종류가 있으며, 전자는 매 시간마다, 후자는 매 3시간마다 송신한다. 또한, 야간에는 가시영상자료가 없기 때문에 적외영상을 강조하여 송신한다. 이러한 WEFAX 자료는 광범위한 지역의 실시간 기상정보(구름사진)가 필요한 기관(기상청, 천문대, 원양어선 등)이나 대학의 대기과학과, 고등학교 및 과학관 등에서 첨단위성 및 기상에 대한 교육용으로도 이용이 가능할 것이다.

본 연구에서는 PC/AT를 이용하여 WEFAX 자료의 실시간 수신 및 영상처리 소프트웨어를 개발하고자 하였다. WEFAX 자료의 실시간 수신을 위한 하드웨어 시스템은 “PC를 이용한 GMS/WEFAX 수신 및 영상처리 시스템 개발 I부”(이하 I부라 함)에서 기술하였고 여기서는 주로 소프트웨어에 대하여 기술하고자 한다. 소프트웨어의 주요 기능은 기상위성 자료의 실시간 수신 및 저장, 디스플레이, 칼라조정, 확대, 프린터를 이용한 하드카피, 영상동화 및 화일관리 등이다. 여기서 개발한 소프트웨어는 I부에서 개발한 하드웨어 시스템과 접목하여 기상위성자료 수신 및 영상처리 시스템으로 구축하였다.

2. 시스템 설계

일반적으로 위성영상 분석 시스템 설계에는 입력자료의 특성(자료의 형태, 양, 자료의 출처 등), 출력자료(종류, 형태 등), 계조수(grey level 수), 보조기억장치의 용량 및 영상 강조 등을 고려하여야 한다(Conrac Corp, 1985, 양영규, 1986). 시스템 구성시 하드웨어 고려사항은 처리속도 및 메모리 양, 주변기기와의 인터페이스 방법, 확장성 및 유지보수의 용이성 등이며, 소프트웨어 고려사항은 사용의 편리성, 호환성 및 신속성 등이다(박경윤 외, 1988).

본 소프트웨어에서 처리해야 할 입력자료는 WEFAX와 APT(Automatic Picture Transmission) 영상자료로 이들 자료의 특징은 자료의 형태가 이진형태(binary)이고, 화일의 크기는 약 1MB(1200column×800line)이며, 화소당 계조수는 256이다. 최종 출력자료는 화면에 흑백 또는 칼라 디스플레이하거나 프린터를 이용하여 하드카피하는 것이 될 것이다. 이러한 점들을 고려하여 하드웨어는 PC/AT(RAM 1MB 이상)급 이상, 그래픽 보드는 XVGA(ET4000 칩 장착, 1024×768×256 color), 칼라 모니터 및 프린터(도트 또는 레이저 프린터)로 구성하였다.

소프트웨어는 호환성 및 신속성을 위하여 MS-DOS 3.0 이상에서 사용이 가능하도록 Turbo C를 이용하여 개발하였으며 각 기능별로 모듈화하였고, 사용의 편리성을 위하여 Top-down 메뉴 방식으로 개발하였다. 소프트웨어는 주로 사용자 인터페이스 및 전체 소프트웨어의 조정 기능을 갖는 메인 및 범용 utility 부분과 각 기능별로 구성하였다. 그림 1은 본 연구에서 개발한 소프트웨어의 주요 메뉴를 나타낸 것이다. 사용자는 키보드에서 화살표키나 숫자키만으로 원하는 메뉴를 선택하여 원하는 작업을 쉽게 할 수 있다. 또한, 하부 메뉴에서 상부 메뉴로 이동하거나 작업을 중단하고자 할 때는 항상 ESC 키를 누르면 된다. 메뉴 시스템을 개발하는 과정에서 메뉴의 내용을 한글로 나타내기 위하여 그래픽모드에서 간단한 조합형 한글 automata를 개발하였다. 여기서 한글을 나타내는 방법은 일단 키보드에서 입력된 한글 코드 값에 해당되는 bitmap을 구성한 후 이를 Turbo C에서 제공하는 putpixel 함수를 이용하였다.



Figure 1. Main Menu of WEFAX/APT Receiving and Image Processing Software

3. 주요 기능

개발한 소프트웨어의 주요 기능은 극궤도 및 정지기상위성(NOAA 및 GMS)에서 송신하는 APT 및 WEFAX 자료의 실시간 수신, 저장, 영상처리, 영상동화, 하드카피(hard copy) 및 화일 정리 등이다. 위성자료 수신시에는 저장할 화일의 이름을 자동으로 만드는 기능이 있으며, 디스플레이나 하드카피시에는 화일 목록 제공 부분이 있어 사용자는 원하는 화일을 숫자 키나 화살표키만으로 선택할 수 있게 하였다. 영상처리에서는 흑백 디스플레이, 칼라 조절, 영상 확대, 영상 이동 및 영상 회전이 가능하며 소프트웨어의 효율적 이용을 위하여 간단한 도움말 기능을 추가하였다. 프린트를 이용한 하드카피에서는 영상의 질을 최대한 살리기 위하여 dithering과 patterning 기법을 사용하였다.

3.1 기상위성자료 수신

기상위성자료 수신 부분에는 GMS/WEFAX 및 NOAA/APT 수신에 두 개의 하부 메뉴가 있으며 하부 메뉴가 선택되면 수신한 자료를 저장할 화일의 이름이 자동으로 생성되어 화면에 나타나는데, 화일의 이름을 만드는 원리는 다음과 같다. 화일 이름의 첫자는 극궤도 기상

위성(NOAA)의 APT 자료 수신인 경우에는 NA, GMS/WEFAX인 경우에는 W로 하며 다음 6자는 수신 월 일 시(MMDDHH)를 나타내도록 하였으며 확장자는 .bin으로 하여 총 12byte로 구성하였다. 여기서 WEFAX의 경우에는 자료 종류를 나타내는 확장자(H, I 등)가 붙는다 (예 : W041215H.bin : 4월 12일 15시의 WEFAX 적외 영상).

기상위성자료를 PC로 저장하기 위한 인터페이스 보드의 I/O 주소를 0×250으로 하였고 인터럽트 컨트롤러(Interrupt Controller)로 8259A에서 IRQ 10, 11를 사용하였다(전광일, 1992). 기상위성자료의 수신은 인터럽트 백터를 할당하여 인터럽트를 발생시키고 영상자료를 수신하여 영상메모리에 임시 저장(화면에 디스플레이)한 후 수신이 끝나면 하드디스크에 저장한다(그림 2). 파일로 저장이 끝나면 소프트웨어는 다시 기상위성자료 수신 메뉴로 돌아온다. 이때 하드디스크의 사용 가능한 메모리를 검색하여 2MB 이하이면 메모리 부족 에러 메시지를 디스플레이한다.

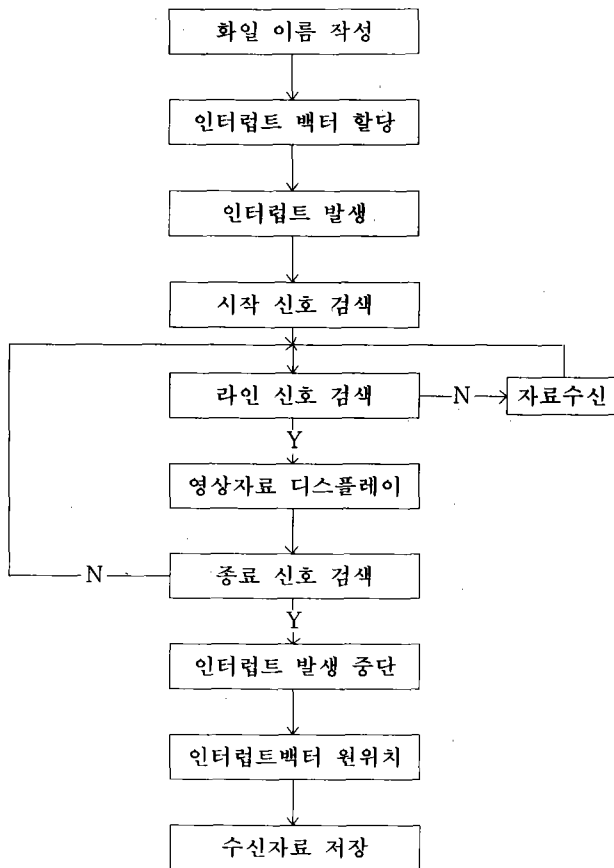


Figure 2. Main Process of WEFAX Data Receiving

3.2 디스플레이

수신된 기상위성 자료를 디스플레이하고자 할 때는 주 메뉴에서 2번 메뉴를 선택하면 위성의 종류(NOAA/GMS)에 대한 2차 메뉴가 나오고 여기서 원하는 위성을 선택하면 그 동안 수신된 자료의 이름들이 화면상에 나타난다. 이들 이름 중에 원하는 화일을 화살표 키나 숫자로 선택하면 흑백모드로 화일의 내용이 디스플레이된다(그림 3).

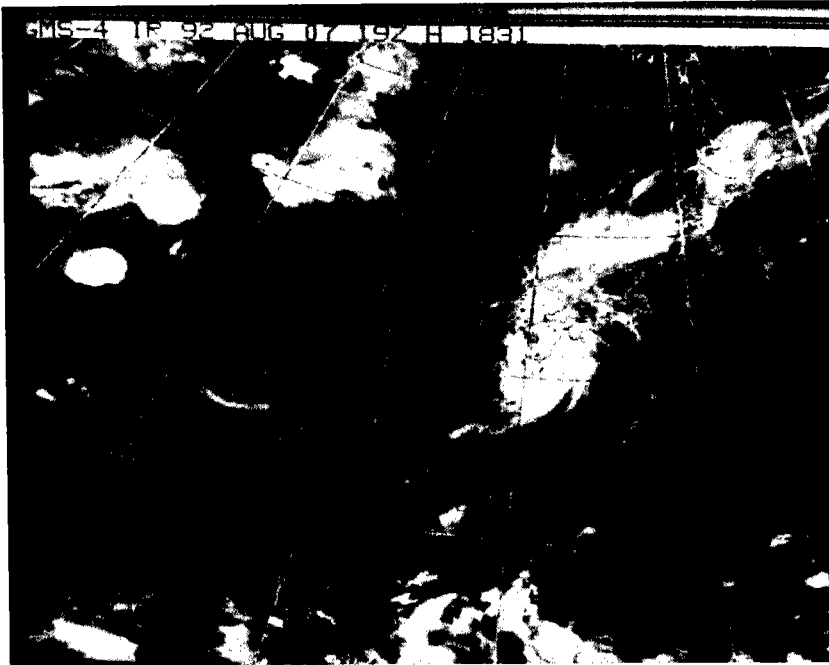


Figure 3. Black-and-white Display of the WEFAX Image

위성영상을 화면에 디스플레이하기 전에 영상강조를 위하여 히스토그램 분포를 분석하고 최소·최대값을 찾아낸다. 분석된 초기 히스토그램 분포와 최소·최대값을 토대로 히스토그램의 분포가 0~255 사이에 동등하게 분포하도록 선형 확장(stretch)을 하여 칼라 인덱스표(look up table) 작성에 이용한다.

기상위성 영상 자료의 디스플레이 방법은 위성자료를 영상메모리(video memory)에 읽어 저장하는 방식인데, 이때 매 64kbytes마다 bank number를 증가시키는 방식을 이용하였다(XVGA의 ET4000 chip의 고유 기능). 이러한 방법을 이용함으로써 디스플레이 속도를 빠르

게 할 수 있었다. 위성자료의 한 라인당 화소수는 1200개이고 XVGA 보드의 수평해상도는 1024개여서, 약 176개의 화소가 화면에 나타낼 수 없기 때문에 이들 자료는 buffer에 저장하여 좌우 이동에 의하여 볼 수 있게 하였다. 또한, APT 영상의 경우 위성이 남에서 북으로 공전하면서 자료를 송신할 경우 영상이 거꾸로 나타나는데, 이를 보정하기 위하여 180도 회전을 할 수 있게 하였다.

3.3 색상 조절

본 연구에서 사용한 XVGA의 그래픽 성능은 해상도가 $1024 \times 768 \times 256$ color이고 흑백영상 디스플레이는 64계조이다. 화면에 표출된 기상위성 영상의 강조 및 이해를 증진시키기 위하여 7개의 칼라 look up table을 만들었다. 컴퓨터 그래픽에서 칼라의 조절은 주로 3원색 (Red, Green, Blue : RGB)의 조합 비율을 조절함으로써 이루어진다. 즉, 0~255 사이의 위성자료값에 각각 RGB 값의 크기를 다르게 조합하여 줌으로써 사용자가 원하는 칼라 영상을 디스플레이할 수가 있다. WEFAX 자료는 채널이 1개 또는 2개이기 때문에 RGB의 조합에 의한 칼라 영상 디스플레이가 불가능하여 주로 위색상(false color)으로 나타낸다. 위색상으로

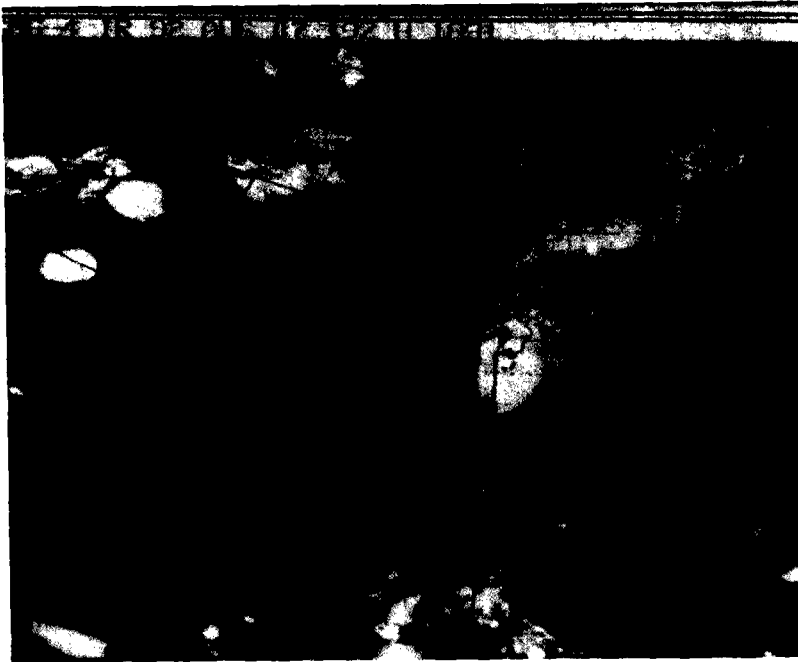


Figure 4. False Color Display of WEFAX Image

디스플레이하기 위해서는 각각의 영상자료값에 특정한 칼라를 임의로 지정할 필요가 있다. 본 연구에서는 이를 위하여 7개의 위색상표를 작성하였는데 3개는 구름 영상강조, 3개는 해수면온도 강조, 1개는 흑백영상표이다. 위색상표를 작성하는 과정에서 구름은 주로 흰색, 온도가 높은 곳은 붉은색, 온도가 낮은 곳은 푸른색이 되도록 하였다(그림 4).

3.4 영상 확대

사용자가 영상의 특정부분을 확대(zooming)하여 보고 싶을 때 사용하는 것으로 2, 3 및 4배의 확대가 가능하다. 확대 방법은 해당 배율 만큼 같은 화소(pixel)를 반복하여 디스플레이 하는 것이며 소프트웨어 이용시 확대 방법은 일단 위성 영상을 화면에 디스플레이 한 후 Alt+z 키를 누르면 화면에 box가 나타나고 화살표 키를 이용하여 이 box를 원하는 위치에 이동시킨다. 원하는 영역이 선택한 후 F2, F3키나 F4키를 누르면 각각 2, 3 및 4배의 확대가 되며 다시 초기의 영상을 보고 싶으면 ESC 키를 누르면 된다. 그림 5는 한반도를 중심으로 하여 2배 확대한 영상을 나타낸 것이다.



Figure 5. 2-time Zoomed WEFAX Image

3.5 하드카피

컴퓨터 영상을 하드카피(hard copy)하고자 할 때 가장 값싸고 질이 좋은 것은 사진일 것이다. 사진은 화면에 디스플레이된 영상의 사진을 찍어서 인화를 하면 되기 때문에 가격도 저렴하고 자료 취득도 간편하며 영상의 질을 최대한 유지할 수가 있다. 사진을 찍는 과정에서 중요한 것은 화면의 밝기, 사진기와 화면과의 거리(초점 맞추기), 노출 및 shutter 속도 등이다. 일반적으로 화면의 대부분이 영상인 경우에는 사진을 찍기가 쉬우나 화면의 아주 작은 부분만이 영상이거나 영상에서 밝기차가 큰 경우에는 특히 노출정도와 shutter 속도에 세심한 배려를 하여야 한다. 또한, 모니터가 인터레이스 방식인 경우에는 노출시간을 적어도 1/8 초 이상 주어야 한다.

다음으로 컴퓨터 영상을 하드카피할 수 있는 방법은 프린터를 이용하는 것이다. 프린터와 그래픽 모니터와의 근본적인 차이점 때문에 컴퓨터에 나타난 영상의 질을 낮추지 않고 하드카피하는 것은 고가의 프린터를 구입하지 않는 한 현재의 기술로는 거의 불가능한 일이다. 컴퓨터 영상을 프린터로 하드카피하는 과정에서 영상의 질을 최대한 보존하기 위한 방법은 크게 thresholding, patterning 및 dithering 등이 있다. 이들 방법은 각각 장단점이 있으나 현재 많이 이용되고 있는 방법은 patterning과 dithering이다(C. A. Lindley, 1991).

3.5.1 Patterning 기법

낮은 해상도를 갖지만 영상자료의 강도값(intensity value)들을 잘 나타내기 위한 기법으로써, 인쇄에서 사용되는 'halftoning' 기법을 모방한 것이다. 즉, 입력 영상의 한 점(pixel)을 하드카피 출력(output)에서는 $n \times n$ 점들의 집합으로 나타낸다. 이 때 프린터와 같이 두 레벨(0, 1)만 가능한 출력기기인 경우에는 (n^2+1) 개의 계조 표현이 가능하게 된다. 입력 영상자료에 대한 값들의 계조를 (n^2+1) 로 정규화한 후 그림 6의 행렬값과 비교하여 행렬원소의 값보다 작은 경우의 점은 검게 칠한다. 본 연구에서는 Rylander 4×4 patterning 행렬을 이용하였다. 이 방법을 이용하면 17개의 계조 표현이 가능하며 하드카피 출력의 해상도는 입력영상 해상도의 4배가 된다. 따라서, 자료가 큰 경우에는 사용하기가 곤란하다.

3.5.2 Dithering 기법

높은 해상도를 유지하고자 할 때 사용되는 기법으로써 입력영상의 한 점(pixel)은 하드카피 출력에서도 한 점으로 나타난다. 계조 표현법은 집합적 표현법을 쓰는데, 이 방법의 원리는 입력 영상에서 아주 어두운 한 점이 있다면 그 주위의 점도 역시 어두울 것이므로(연속성에 의하여) 하드카피 출력에서 각점에 대응되는 점들을 검게 나타내는 것으로 이 점들이 집합적으로 어두운 영역을 나타내게 되는 것이다. 따라서 입력 영상의 어두운 영역은 그 해상

도를 유지하면서 하드카피에서 어둡게 나타나고, 입력영상의 밝은 부분은 밝게 나타난다. 여기에서도 한 점을 검게 할 것인지 밝게 할 것인지를 판정하는 방법은 patterning에서와 비슷한 $n \times n$ 행렬을 이용하여 결정하게 된다. 즉, 입력 영상을 $n \times n$ 개의 화소로 이루어진 영역들로 구분하고, 각 화소의 강도 값을 행렬의 대응되는 원소 값과 비교하여 검게 또는 희게 나타낸다. 이 방법은 입력영상의 사이즈가 매우 큰 경우에 이용하기에 적합하며 본 연구에서 사용한 Bayer ordered dither matrix는 그림 6과 같다.

0	8	2	10
4	12	6	14
3	11	1	9
7	15	5	13

0	8	2	10
12	4	14	6
3	11	1	9
15	7	13	5

Figure 6. Notation of Rylander Recursive Matrix(Left) and Bayer Ordered Dither Matrix(Right)

본 소프트웨어에서 기상위성자료의 하드카피는 메뉴에서 원하는 위성, 프린터 및 하드카피 방법을 선택하면 된다. 원하는 위성 및 화일을 선택하면 최적의 하드카피를 위하여 디스플레이에서와 같이 히스토그램을 분석하여 선형확장 후 256 계조를 16계조로 낮추어서 프린트한다. 그림 7은 전구를 4등분한 영상 자료 중 1사분면에 해당하는 WEFAX 자료를 레이저 프린터를 이용하여 dithering 기법으로 하드카피한 것이다. 그림 7에서 볼 수 있는 바와 같이

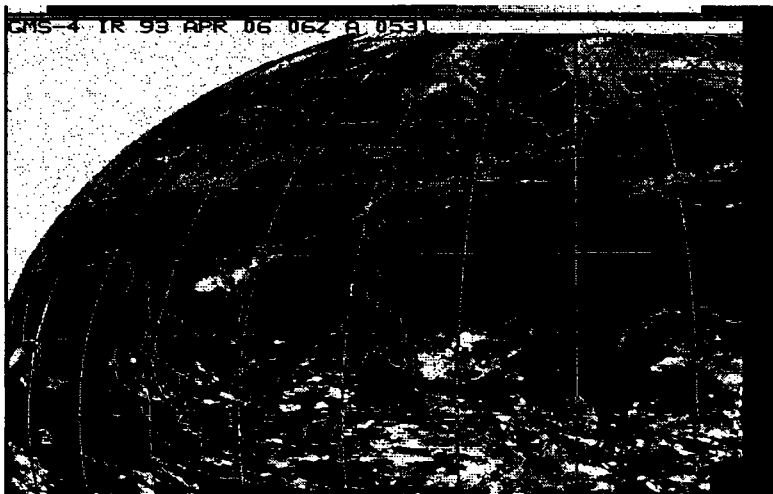


Figure 7. Example of Hard Copy of the WEFAX Image

해수면 온도의 차나 구름의 세부적인 특징은 잘 나타내지 못하고 있으나 적도 부근의 ITCZ (Inter Tropical Convergence Zone)의 강한 대류운이나 한반도 북쪽의 구름대와 같은 큰 규모의 구름은 잘 나타내고 있다.

3.6 영상동화

영상자료의 동화(animation)는 종관기상 시스템의 시간적 변화양태를 관측하는 데 매우 유용하다. 특히 정지기상위성에서 관측한 자료와 같이 관측범위가 광범위하고 시간적으로 연속적인 자료는 매일 매일의 구름분포나 태풍과 같은 악기상의 발달 및 진로를 분석하는 데 매우 유용하게 사용될 수가 있다. 컴퓨터 그래픽에서 영상자료의 동화방법으로는 여러 가지가 있는데, 그 중 하나는 그래픽 메모리에 여러 개의 영상을 저장 시킨 후 연속적으로 비디오 어드레스를 변경시켜 디스플레이하는 것이고 다른 하나는 초기 영상자료를 각각의 그래픽보드에 맞는 휘멧(또는 특수한 휘멧 예 : GIF, TIFF 등)으로 변환한 후 빠른 I/O를 이용하여 연속적으로 디스플레이하는 방법이 있다. 다른 방법으로는 확장 메모리(extended memory)를 이용하는 방법으로 두 개의 영상버퍼를 이용하여 하나의 버퍼가 디스플레이 중일 때 다른 버퍼는 확장 메모리에서 영상자료를 읽어드리는 작업을 교대로 하는 방법이 있다. 확장메모리에서 영상자료를 읽는 시간이 하드디스크에서 영상자료를 읽어서 디스플레이하는 경우보다 훨씬 빠르기 때문에 I/O 시간은 단축시킬 수가 있다.

본 연구에서는 수신된 기상위성자료를 VGA 휘멧에 맞게 변환한 후 buffer를 이용하여 연속적으로 디스플레이하는 기법으로 영상동화 소프트웨어를 개발하였다. PC에서의 I/O 속도와 buffer 크기의 한계로 매끄러운 동화는 이루어지지 않았지만 구름의 이동상태는 볼 수가 있다. 본 소프트웨어에서 영상동화 방법은 메뉴에서 원하는 화일들을 VGA 휘멧으로 변환한 후 영상동화 메뉴를 선택하면 되는데, 영상동화시 화일 이름을 근거로 하여 자동으로 시간순서에 맞게 순차정렬(sorting)을 한다.

3.7 화일 정리 및 도움말

소프트웨어를 사용하는 과정에서 위성자료의 수신시 메모리 부족 에러 발생이나 필요 없는 화일을 지우고자 할 때 원하는 위성을 선택하면 해당되는 화일목록을 제공하고 원하는 화일을 선택하여 지울 수 있다.

도움말의 주요 목적은 기상위성자료 수신 및 영상처리 소프트웨어의 사용을 효율적으로 할 수 있도록 하는 데 있다. 따라서, 도움말에는 주로 소프트웨어의 사용법에 대하여 소개하였다. 주요 내용은 메뉴 선택법, 기상위성자료 수신법, 화일 선택법, 칼라컨트롤 방법, 확대 방법, 영상 이동법 및 작업 종료 방법 등이다. 또한, 영상동화를 위하여 미리 취해야 할 작업

내용, 동화방법 및 소프트웨어의 사용 중단 등에 대해서도 간단히 소개하였다.

4. 결 론

본 연구에서는 PC 환경하에서 정지기상위성자료 WEFAX의 수신 및 영상처리 소프트웨어를 개발하였다. 본 소프트웨어의 개발로 PC와 I부에서 설명한 하드웨어만 갖추면 실시간으로 WEFAX 자료의 수신, 영상처리 및 프린터를 이용한 하드카피가 가능하게 되었다. I부와 본 연구에서 개발한 기상위성자료 수신 및 영상처리 시스템은 광범위한 지역의 기상정보가 실시간으로 필요한 곳이나 교육기관에서 첨단위성에 대한 교육용으로 활용될 수 있을 것이다. 또한, 소프트웨어는 PC를 이용한 영상처리에도 활용될 수 있을 것이다.

WEFAX나 APT 자료는 초기 자료를 가공하여 송신하는 자료이기 때문에 자료의 질이 초기의 자료에 비하여 떨어지므로 S-VISSR이나 HRPT(High Resolution Picture Transmission) 자료의 수신 및 영상처리 시스템의 개발이 필요하다. 또한, 기상상태를 분석하는 데 위성영상만으로는 부족하므로 다른 기상자료와의 접목이 시도되어야 할 것으로 보인다.

감사의 글

본 연구는 상공부의 공업기반 기술과제의 연구비 지원으로 (주)성미전자와 공동으로 수행되었으며, 이 연구가 추진되도록 도움을 주신 봉종현 기상청장, 이영웅 연구사, (주)양재시스템의 성기철 사장과 미국의 조용민 박사께 감사드립니다. 또한, 소프트웨어를 개발하는 과정에서 도움을 준 한국과학기술원의 김경철, 김용준 학생에게 감사드립니다.

참고 문헌

- 민승현 외 9인, 1991 : NOAA 위성의 APT 수신 시스템 개발과 구름사진 재현에 관한 연구, *J. Korea Soc, R. S*, Vol. 7, No. 2, pp. 113~130.
- 박경윤, 1988 : 기상위성자료 응용기술 연구.
- 양영규, 1986 : 마이크로 컴퓨터를 이용한 image processing system 개발 연구.
- 전광일 역, 1992 : 80286 마이크로 프로세서 하드웨어 소프트웨어 인터페이스.
- Conrac Corp, 1985 : *Raster graphics handbook*(second ed.), Van Nostrand Reinhold Co., New York, NY, U.S.A., 345p.

Craig A. Lindley, 1991 : *Practical image processing in C*. Willey Professional Computing.

Richard F. Ferraro, 1989 : *Programmer's guide to the EGA and VGA cards*.

Lewts C. Eggebrcht, 1990 : *Interfacing to the IBM PC*.

George Stutty and Steve Blair, 1990 : *Advanced programmer's guide to super VGA*.

NOAA Polar orbiter data user's guide, 1991, NOAA.

GMS user's guide, 1990, 일본 기상위성센터.

IBM DOS Technical Manual, 1985.

Turbo C++ reference guide, 1985, Borland.

Turbo C++ programmer's guide, 1985, Borland.

ET-4000 programming consideration, 개인 서신.