

소/중형 컴퓨터를 위한 MCSST 소프트웨어 개선에 관한 연구

심태보·장덕홍

진해기계창 P.O.Box 18, 진해 645-600

(1989년 1월 14일 받음; 1989년 2월 18일 수리)

A Study on the Improvement of the Multichannel Sea Surface Temperature(MCSST) Software for Mini-Computer System

Taebo Shim and Duck-Hong Chang

Chinhae Machine Depot, P.O.Box 18, Chinhae 645-600

(Received January 14, 1989; Accepted February 18, 1989)

Abstract

Improvement of the multichannel sea surface temperature(MCSST) software, which had been developed for the purpose of operating under mainframe computer system, was sought in order to operate effectively in a mini computer system.

CPU time and processing time, which is not a major factor under mainframe computer system, become a critical factor in real time image processing under mini computer system.

Due to fixed kernel size(3×4) of the old MCSST software, high spatial resolution characteristics of the original image received from satellites were apparently degraded when images are transformed into a cartesian coordinate system after geometrical distortions of the image due to earth curvature are removed.

CPU and processing time were reduced to 0.13 and 0.15~0.22 comparing with the old MCSST's, respectively, by applying disk block I/O and M/T queue I/O method under VAX-11/750 computer. The high resolution quality(1.1km in AVHRR) of the processed image was guaranteed using 2×2 kernel size and applying moving window techniques without sacrificing CPU and processing time much.

1. 서론

해수표면온도(SST : Sea-Surface Temperature)는 해수의 유동, 순환, 혼합 등 해양의 동력

학적 특성을 밝히는데 중요한 인자이다. 이런 이유 때문에 SST를 정확하게 측정하기 위하여 오래 전부터 해양학자들이 노력해 왔다. 기존의 조사선을 이용한 조사 방법으로도 SST 측정 정확성은 높일 수 있었으나, 시공간적으로 매우 낮은 자료분포도 때문에 효율성 있는 연구가 어려웠다. 최근 인공위성에서 전자기파를 이용하여 원격탐사방법으로 넓은 해역을 매일 관측할 수 있는 기술이 발달되어, 시공간적으로 자료분포도가 높아짐에 따라, 원격탐사에 의한 SST 측정의 정확성을 높이는 것이 주요 관심사가 되었다. 이 분야의 연구는 미 우주항공국(NASA/NOAA) 주도로 매우 많은 발전을 보아서 현재 SST는 rms 1°K의 정확도를 얻을 수 있게 되었다.

MCSST(Multi-Channel SST) 기법은 기상위성인 NOAA시리즈 인공위성의 3개 적외선 채널을 이용하여 소프트웨어적으로 정확한 SST를 얻는 기법이다. 다중 채널을 이용한 SST 분석은 초기에 Split Window기법(Prabhakara et al., 1974)이나 Ratio Method기법(McMillin, 1971)으로 불리었고 이 기법의 실효성이 검증되었다. NOAA에서 개발하여 현재 많은 국가에서 쓰고 있는 MCSST기법은 개발초기에 대형컴퓨터에서 사용되도록 개발되었다. SST의 정확도를 떨어뜨리는 대기의 흡수, 산란, 반사의 영향을 보정하고 구름에 의하여 흡수되는 에너지를 보정하여 정확한 SST를 얻는 방법은 McClain(1979), Strong and Pritchard(1980)에 의하여 발전되었다. 이들의 방법에도 정확도의 개선에는 아직도 미흡하여 주파수별로 다르게 나타나는 전자기파의 에너지 전달특성을 응용하여 다중채널 이용방법이 제안되었다. McClain et al.(1983)이 NOAA의 AVHRR(Advanced Very High Resolution Radiometer) 5개 채널 중 적외선 3개 채널을 이용하여 분석하는 MCSST방법을 제시하였다.

NOAA에서 개발되어 rms 1°K 이내의 SST분석이 가능한 기존 MCSST 알고리즘은 광해역의 종관적 SST분석을 위하여 대형컴퓨터를 이용하기 때문에 짧은 시간 내에 분석이 가능했다. 그러나 현재 많은 이용자들이 지역적 복잡한 현상의 고해상 분석을 소형컴퓨터에 의존하고 있는 실정이므로 소형컴퓨터를 이용하여 거의 실시간 처리요구가 증가하게 되었다.

따라서 본 논문에서는 이러한 요구를 만족시키기 위하여, 영상데이터를 효율적으로 입출력하는 방법을 개선함으로써 SST분석 CPU시간을 극소화하여 거의 실시간 분석처리가 가능하도록 연구하였다. 그리고 평균 SST를 분석하기 위하여 Kernel Size를 변화시키며, 같은 Kernel Size에서도 Moving Window기법을 적용함으로써 1.1km의 고해상 SST분석을 시도하였다.

제2장에서는 MCSST의 이론적 배경과 MCSST 알고리즘을 고찰하였으며, 제3장에서 MCSST 프로그램 수행을 소형컴퓨터에서 실시간으로 처리하기 위한 개선방법에 대하여 다루었다. SST 분석을 고해상으로 처리하기 위하여 가장 적합한 Kernel Size의 선택과, Moving Window기법에 의한 자료의 양질화를 연구하였으며, 양질화에 따른 CPU 및 Processing 시간의 증가관계를 연구하였다. 제4장에서는 각각의 연구에 따른 결과에 대한 토의와 SST 데이터를 분석하는 절차에 대해서 논의했다. 아울러 Kernel Size에 따른 CPU 시간과 수행시간을 비교·검토하였다. 마지막으로, 5장의 결론에서는 기존의 MCSST가 우리 실정에 맞지 않았던 문제점을 개선한 결과를 종합적으로 정리하였다.

2. MCSST 알고리즘

2-1. Planck의 법칙

모든 물체는 끊임없이 전자기파의 발산과 흡수를 동시에 하고 있다. 흑체란 이상적인 물체로써, 파장에 따른 전자기 방사 특성이 흑체 표면온도에 따라 정확하게 나타난다. 고전적인 전자기 이론으로 흑체방사의 설명을 실패하면서 Max Planck가 경험식을 얻어서 설명에 성공하였다. Planck의 법칙에 의하면 단위 면적당 에너지 Flux(Watts m⁻²)는

$$M(\nu, T) d\nu = \frac{2\pi h \nu^3}{V_0^2 (e^{h\nu/kT} - 1)} d\nu \dots\dots\dots (2-1-1)$$

로 표시되며, 여기서

- T : 절대온도(°K)
- h : Planck 상수(6.625 × 10⁻³⁴ W sec²)
- σ : Boltzman 상수(1.38 × 10⁻²³ J^{K-1})
- V₀ : 진공에서의 빛의 속도(2.998 × 10⁸ m sec⁻¹)이다.

통상 흑체방사에서는 주파수보다는 파장(λ) 혹은 파동수(κ) 단위로 나타내는데, 주파수와 파동수 관계식 ν = V₀ κ를 이용하여 파장별 에너지 Flux를 계산하면

$$M(\lambda, T) d\lambda = \frac{2\pi V_0^2 h}{\lambda^5 (e^{hV_0/\lambda KT} - 1)} d\lambda \dots\dots\dots (2-1-2)$$

식을 얻게 된다.

2-2. Stephan-Boltzman의 법칙

원격탐사에서 중요하게 쓰이는 개념은 흑체에 의하여 방사되는 단위면적당 총 에너지량 M(T)이다. Stephan-Boltzman 법칙에 의해서 M(T)는 모든 파장대에 걸쳐서 적분한 값으로

$$M(T) = \int_0^\infty M(\nu, T) d\nu = \int_0^\infty \frac{2\pi h\nu^3}{V_0^2(e^{h\nu/kT} - 1)} d\nu \dots\dots\dots (2-2-1)$$

로 정의할 수 있고 이 적분을 계산하면

$$M(T) = \frac{2\pi^5 \kappa^4}{15V_0^2 h^3} T^4 = \sigma T^4 \dots\dots\dots (2-2-2)$$

으로 얻을 수 있다. 여기서

$$\sigma = \frac{2\pi^5 \kappa^4}{15V_0^2 h^3} \text{은 Stephan-Boltzman 상수이다.}$$

식 (2-2-2)의 물리적 의미는 총 방사에너지는 절대온도 4승에만 비례하며 주파수와는 독립적 관계를 보여 준다는 뜻을 나타낸다. 이 Stephan-Boltzman의 법칙은 원격탐사의 기본이론이 되며 해수면의 온도 측정이 가능하게 되었다.

2-3. Wien의 법칙

흑체 방사는 파장(주파수)과 온도의 중복함수이며 특정한 파장에서 최대치를 갖는다. 이 때 최대치를 갖는 파장(λ_{max})은 식 (2-1-2)의 미분치를 영으로 놓고 구할 수 있다. 여기에서 $2\pi V_0^2 h \equiv C_1$, $V_0 h / \kappa \equiv C_2$ 로 놓으면

$$M(\lambda, T) = \frac{C_1 \lambda^{-5}}{e^{C_2/\lambda T} - 1} \dots\dots\dots (2-3-1)$$

로 되며, 최대 파장(λ_{max})을 구하기 위해 미분하여 정리하면

$$\lambda_{max} = \frac{2898.3}{T(^{\circ}K)} [\mu m] \dots\dots\dots (2-3-2)$$

의 식을 얻게 된다. 절대온도가 높을수록 흑체방사의 최대방사를 하는 파장(λ_{max})은 짧아진다는 것을 보여 준다. 그림 (2-1)은 흑체의 표면 절대온도에 따른 파장별 방사곡선과 그에 따른 λ_{max} 의 분포를 보여 준다. 지구 및 해표면($\sim 300^{\circ}K$)에서 λ_{max} 가 $10\mu m$ 적외선지역이므로, 원격탐사를 이용한 해표면 온도 측정이 가능함을 보여 준다.

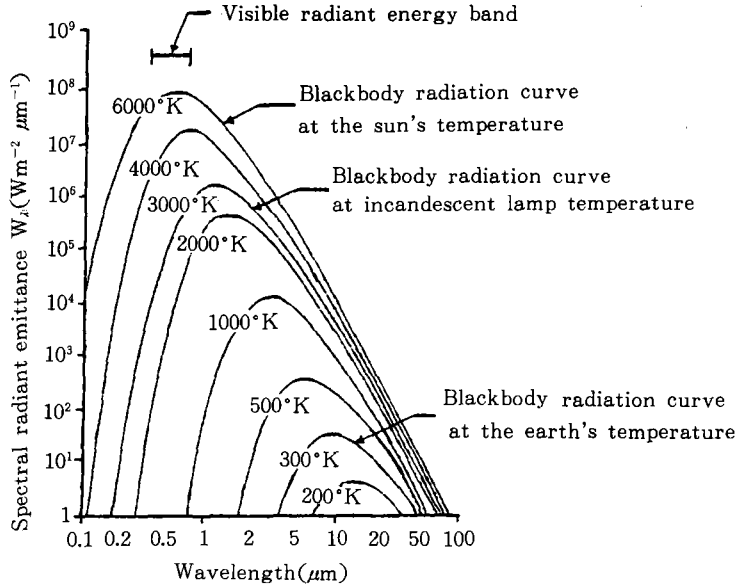


그림 2-1. Energy spectral distribution radiated by the surface temperature of blackbody.

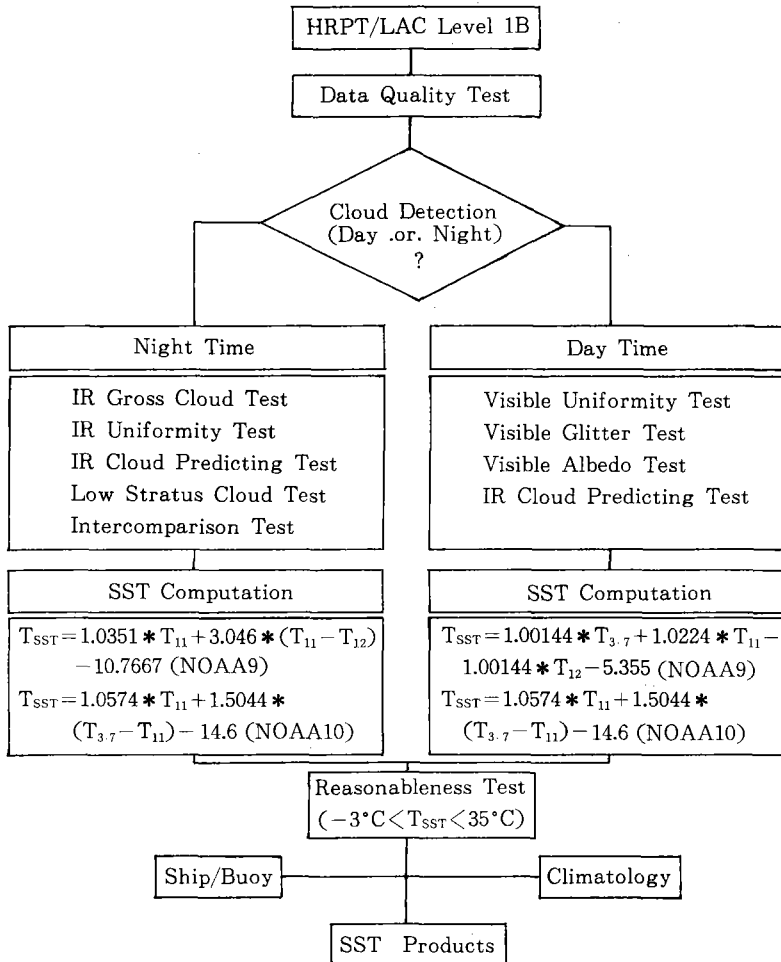
2-4. MCSST 알고리즘

NOAA 기상위성의 HRPT(High Resolution Picture Transmission) 중 AVHRR 센서는 표 (2-1)과 같이 2개의 가시광선 채널과 3개의 적외선 채널을 가지고 있다. MCSST 알고리즘은 이들 각 채널의 주파수 대역 특성에 따라 해표면의 온도 스펙트럼이 달리 나타나는 점을 이용하여, 수증기 등 대기 인자로 인한 흡수손실을 보정하고, 또한 구름으로 오염이 되었을 경우 정확한 해표면 온도 분석을 위해서 수신된 영상 데이터를 정선한다.

3개의 적외선 채널 특성이 대기의 구성인자의 영향을 가장 적게 받는 주파수 대역으로 주어졌지만, MCSST 분석의 정확도를 높이기 위해서 적절한 구름오염 판정이 이루어져야 한다. 여기에서 사용된 MCSST 알고리즘은 수신된 영상데이터의 구름오염 테스트가 낮과 밤에 따라 약간 다르며, 낮일 경우는 2개의 가시광선과 3개의 적외선 채널을 사용하고, 밤일 경우에는 3개의 적외선 채널만 이용하게 된다. MCSST의 전체 분석 알고리즘 흐름도는 그림 (2-2)와 같이 나타낼 수 있다.

표 2-1. AVHRR sensor channel characteristics

Channel	Spectral Band(μm)	용도
1	0.58 - 0.68	Cloud, Land/sea Boundary
2	0.725 - 1.10	Cloud, Land/sea Boundary
3	3.55 - 3.93	SST
4	10.3 - 11.3	SST
5	11.5 - 12.5	SST



* $T_{3.7}$: Actual Brightness Temperature for ch.3

T_{11} : Actual Brightness Temperature for ch.4

T_{12} : Actual Brightness Temperature for ch.5

그림 2-2. MCSST processing algorithm flowchart.

3. MCSST 개선

MCSST 소프트웨어에 입력되는 영상자료의 크기는 약 18만 블록(1블록=512바이트) 정도며 거의 실시간으로 SST 데이터를 분석하기 위해서는 대형 디지털 컴퓨터가 개발되면서 가능하였다. 지금까지 개발된 MCSST 소프트웨어는 넓은 해역의 대기현상이나 대양의 온도를 광해역 기준으로 분석하는 개념을 가지고 있었다.

그러나 우리와 같이 동, 서, 남해의 SST 변화가 아주 다양하고, 특정 관심 지역의 정확한 SST 변화를 분석하고자 할 때, 첫째, 광해역 SST분석에 적합한 Kernel Size(3×4)를 적용할 때 다양한 SST변화가 저분해능 때문에 분석이 어렵고, 둘째, 현재 운용 중인 NOAA 기상위성 수신 횟수가 평균 일간 6회로 1일 처리 시간이 매우 많이 소요되고 있다.

이러한 시점에서 개선하고자 하는 핵심은 우선 소형컴퓨터에서도 SST 분석 처리 시간을 줄여 거의 실시간에 가까운 처리방법을 모색함과 동시에 NOAA 기상위성에 장착된 AVHRR 센서의 1.1Km 고분해능 장점을 살리면서 MCSST의 정확성을 확보하기 위한 최적의 Kernel Size를 구하는 것이다.

3-1. CPU 및 Processing 시간 개선

영상 분석처리 분야는 입출력되는 정보량이 많기 때문에, 무엇보다도 프로그램 수행시간이 많이 소요된다. 프로그램 내에서 큰 용량의 데이터 버퍼를 사용하므로 CPU 페이지 결합이나 교환이 자주 일어나지 않도록 컴퓨터 주 기억 용량을 크게 하고, 프로그램을 수행하는 유저 프로세서 크기를 주 기억 용량 허용범위 내에서 극대화시켜야 하므로, 지금까지는 대부분 대형컴퓨터를 사용해 왔다.

많은 양의 입출력 정보를 요구하는 MCSST 분석처리는 실지 알고리즘 수치 계산보다 SST 데이터를 읽고 쓰는데 대부분의 CPU 시간을 소비한다. 대형컴퓨터에서는 전혀 문제점이 아닌 프로그램 수행시간의 증가는, 소형 컴퓨터에서는 심각한 문제점으로 대두된다. 기존 MCSST 소프트웨어는 프로그램 수행시간보다는 정확도를 높이는데 중점을 두어 개발되었다.

MCSST 프로그램의 입력 데이터는 NOAA에서 지정한 HRPT/LAC(High Resolution Picture Transmission/Local Area Coverage) Level 1B 데이터 형태로 구성되어 M/T에 보관되며 HRPT/LAC 데이터 크기는 표 (3-1)과 같다.

NOAA 궤도기상위성의 1회 통과시 수신되는 영상 데이터 주사선수는 3000~4000 정도로 약 92MB가 된다. 이와 같이 방대한 정보의 처리는 기존의 순차적 입출력 방식을 지양하여 순차적 데이터에서 순방향, 또는 역방향으로 레코드 단위로 이동이 원활한 방법이나 프로그램 내에서 직접 보조기억 장치와 데이터 버퍼 사이에 입출력 처리가 가능한 방법을 사용하여 입출력에 소

표 3-1. HRPT/LAC level 1B data volume characteristics

○ Number of Channels Selected	: 5 Ch. (Full Copy)
○ Documentation Spares (Bytes/Scan)	: 1144
○ Data (Bytes/Scan)	: 13656
○ Total data (Bytes/Scan)	: 14800
○ Record Needed	: 2
○ Record Length (Bytes)	: 7400
○ Physical Record Length (Inches)	: 4.62, 1600 BPI
○ Number of Scan (Scans/Min)	: 360

요되는 CPU/Processing 시간을 줄이는 것이 좋은 방법이다.

본 연구에서는 주 기억 용량이 4MB인 VAX-11/750 컴퓨터를 사용하였다. VAX 컴퓨터의 경우 블럭 단위로 역·순방향의 이동이 가능한 RMS(Record Management Service) Block I/O와 프로그램 내에서 직접 보조기억 장치와 데이터 버퍼 사이에 입출력이 가능한 시스템 Queue I/O 기능이 제공된다. 따라서 기존 MCSST 분석시에 적용된 RMS Record I/O 방법으로 많은 양의 정보를 분석하는데 소요되는 입출력 시간을 줄이기 위해서, HRPT/LAC Level 1B 데이터를 M/T 자료 입력형태로 하는 경우는 시스템 Queue I/O 기능으로 제어할 수 있도록 하는 부프로그램과 디스크 자료 입력형태를 요구한 경우에는 RMS Block I/O 기능으로 입출력을 제어하는 부프로그램을 표 (3-2)와 같이 만들었다.

표 3-2. Modified input/output method characteristics and subprogram

RMS Block I/O		System Queue I/O	
· Sequential Data		· Sequential Data	
· Block I/O		· Direct I/O	
· RMS Direct Control		· RMS Neglect	
· Level 1B Type : Disk		· Level 1B Type : M/T	
BLOPS	Synchronous File Open	MTINIT	M/T Drive Setup
BLKRD	Data Read	MTREWD	Tape Rewind
BLKWT	Data Write	MTREAD	Data Read
BLKSP	Record Skip	MTWRIT	Data Write
BLKND	File Size Read	MTSKRF	Forward Record Skip
		MTSKRB	Backward Record Skip
		MTWEOF	'End of File' Mark

입력 방법에 따른 CPU 소요시간과 프로그램 수행시간을 비교해 보기 위하여 순차적 데이터 화일을 각 블럭 크기별로 1000번 보조기억 장치인 디스크나 M/T에 입력하는 두 경우를 택하였다. 그림 (3-1)은 한 번에 입력되는 1레코드 블럭 크기를 변환시키면서 1000번 순차적 데이

타를 프로그램 버퍼로 읽었을 때 소요되는 CPU 시간을 보여 준다. 디스크를 보조 기억장치로 이용한 RMS Block I/O방식과 M/T를 사용한 시스템 Queue I/O방식은 거의 비슷한 양상을 보이나, 시스템 Queue I/O방식이 CPU 시간을 약간 덜 소모한다. 그러나 기존의 MCSST의 데이터 입력 방법으로 적용된 RMS Record I/O방식은 다른 I/O방법에 비해 블럭 수가 커질수록 큰 차를 보인다. 이는 방대한 순차적 데이터를 입력하는 프로그램에서 프로그램 CPU 시간 절약이 중요할 때에는 입출력 방법을 고려해야 한다는 점을 보여 준다.

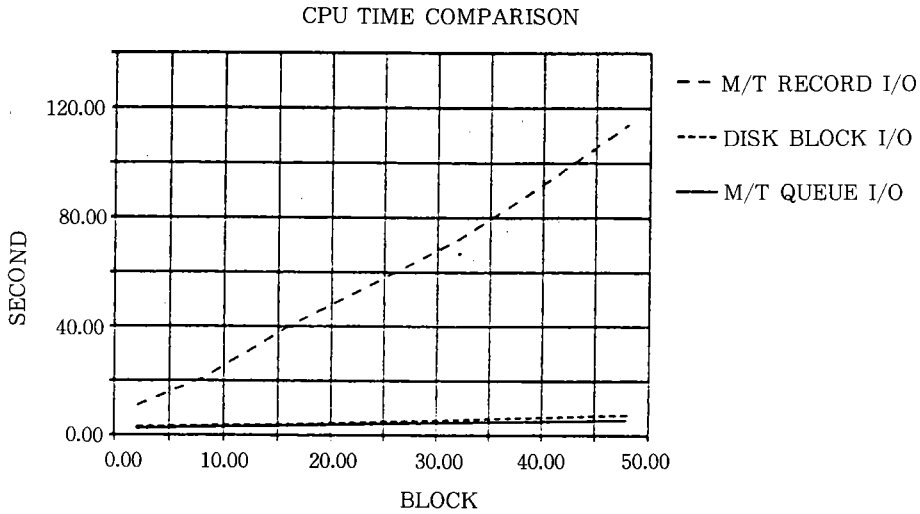


그림 3-1. CPU time comparison according to each input method.

그림 (3-2)는 그림 (3-1)과 같이 동일조건에서 각 입력 방법이 완료되는데 소요되는 수행시간을 나타낸다. M/T 입력방법이 디스크방법보다 M/T의 데이터를 읽는데 회전속도가 늦기 때문에 프로그램 수행시간이 전체적으로 많이 소요되며, 입력 데이터의 블럭 수가 커지면서 프로그램 수행시간은 M/T RMS Record I/O, M/T 시스템 Queue I/O, 그리고 디스크 RMS Block I/O순으로 아주 적어진다.

각각 다른 데이터 입출력 방법을 기존의 Kernel Size가 3×4인 MCSST 알고리즘에 채택하여, 표 (3-3)의 HRPT/LAC Level 1B 데이터를 입력하는 SST를 분석하였다. 그리고 입력된 Level 1B 데이터의 구름분포는 그림 (3-3)과 같다.

그림 (3-4)에서 CPU 시간은 M/T 데이터를 이용하는 시스템 Queue I/O와 디스크 RMS Block I/O는 거의 같은 10분대에서 분석처리가 되었고, M/T 데이터를 입력으로 하는 시스템 Queue I/O가 디스크 데이터를 입력으로 하는 RMS Block I/O보다 7분 정도 프로그램 수행시간을 더 필요로 한다.

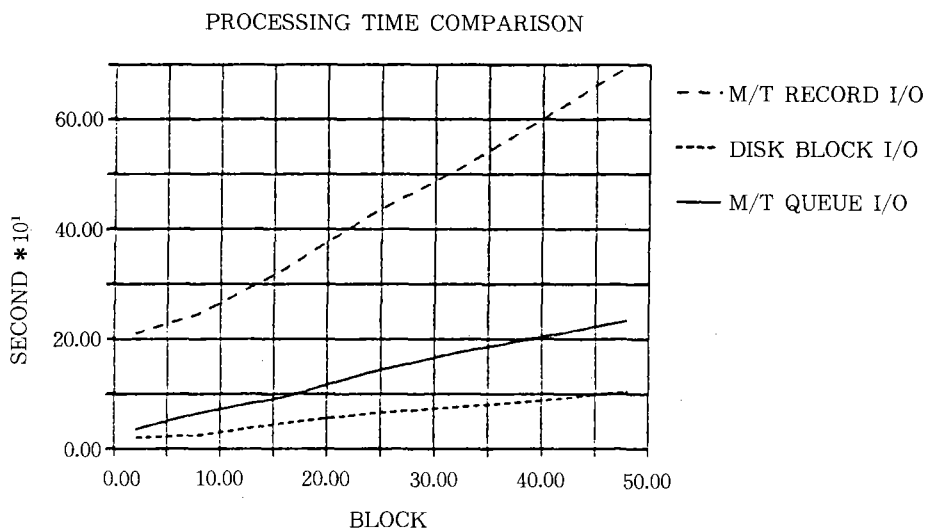


그림 3-2. Processing time comparison according to each input method.

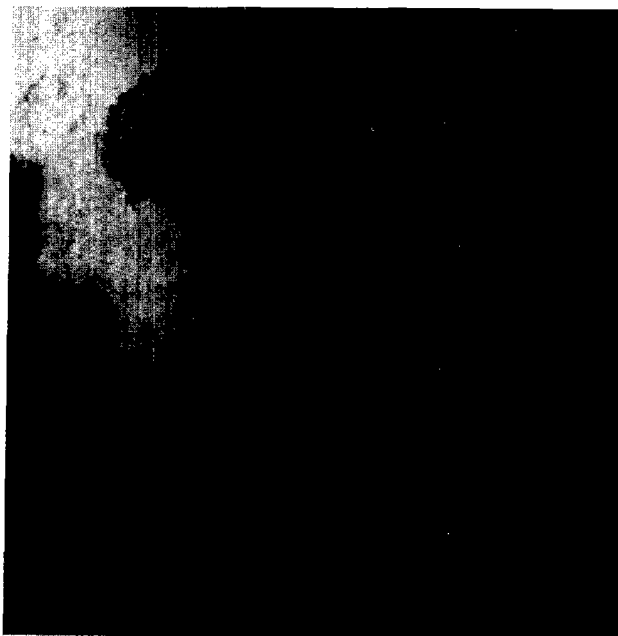


그림 3-3. Cloud distribution of HRPT/LAC level 1B Ch.2 input data for the test.

표 3-3. HRPT/LAC level 1B input data for the test

○ Satellite Type	: NOAA 10
○ Orbit Number	: 1170
○ Orbit Mode	: Descend
○ Date	: 16/DEC/86
○ Elevation Angle	: 68°
○ Latitude	: 33° ~ 38°N
○ Longitude	: 128° ~ 133°E
○ Data Quality	: Good
○ Total Scan Line	: 1659

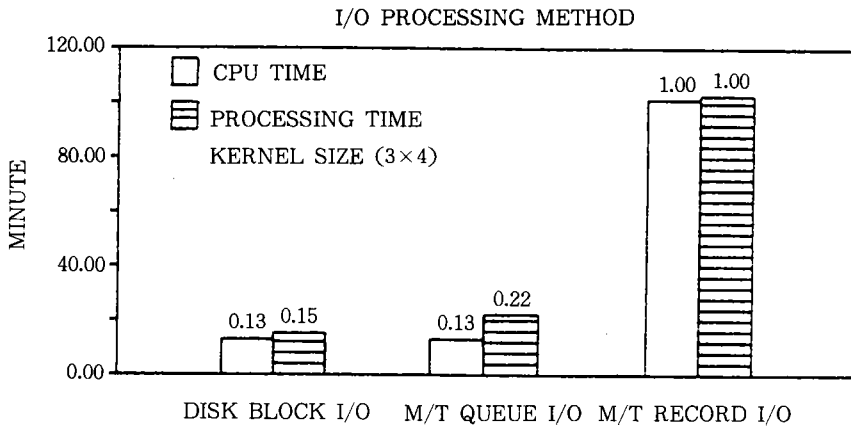


그림 3-4. MCSST processing time comparison according to each input/output method.

시스템 Queue I/O나 RMS Block I/O로 수정된 MCSST 분석 프로그램이 더 짧은 시간 내에 분석이 가능한 이유는, 입출력 방법개선으로 CPU시간이나 프로그램 수행시간을 단축시켰을 뿐만 아니라, 개선된 MCSST에는 순차적으로 데이터 화일 내에서 순방향 또는 역방향으로 관심 있는 SST 분석지점으로 신속하게 찾아가는 알고리즘을 포함시켰기 때문이다. 반면 RMS Record I/O 입출력 방법으로 된 기존의 NOAA MCSST는 순차적으로 데이터 화일을 처음부터 하나하나씩 읽으면서 찾아가기 때문에 수행시간이 그 만큼 길어졌다.

3-2. MCSST Kernel Size의 최적화

데이터는 매 주사선당 2048개 데이터로 구성된다. 각 주사선의 끝쪽 24개 데이터는 정확한 위치 데이터를 가지고 있지 않으므로 제외되고 실제 SST분석 알고리즘상에서는 매 주사선당

2000개 데이터가 분석·처리된다.

표 (3-4)는 주사선당 분석되는 자료수를 나타낸다. SST분석 Kernel Size가 1×1 , 2×2 MW, 3×2 MW일 경우 SST분석 데이터 수는 2000개로 1.1Km의 SST 고분해능 분석이 가능하다. 이때 1×1 Kernel Size는 한 개의 데이터 분석으로 MCSST기법을 적용하기 전에 데이터의 구름 오염 판정에서 대부분 테스트를 거치지 않게 된다. 2×2 , 3×2 경우 데이터 분석 윈도우는 1000개의 SST 데이터가 분석되고, 분석된 데이터 분해능은 각각 25, 16.7%가 된다. 3×4 Kernel Size는 기존 MCSST 알고리즘 분석 윈도우로 500개가 분석되고, 분석 데이터 분해능은 8.3%로 떨어진다. 개선된 MCSST 소프트웨어에서는 사용자가 원하는 Kernel 크기를 자유로 바꿀 수 있도록 하였다.

표 3-4. MCSST window characteristics according to kernel size

Kernel Size (Line \times Element)	1×1	2×2	2×2 MW	3×2	3×2 MW	3×4
Max. Point	2000	1000	2000	1000	2000	500

MW : Moving Window

4. SST 비교 분석 및 토의

SST를 분석할 Level 1B 데이터를 분석방법에 따라 비교하기 위해서 RMS Block I/O로 된 MCSST 프로그램의 입력 데이터는 디스크에 저장하고, 시스템 Queue I/O나 기존의 RMS Record I/O로 된 MCSST 프로그램의 입력 데이터는 M/T에다 저장하였다. 이 때 만들어진 Level 1B 데이터 화일은 Kernel Size별로 프로그램화된 MCSST 소프트웨어로 SST를 분석하게 되고 SST 분석과정은 그림 (4-1)과 같다.

분석된 SST는 구름오염으로 인하여 데이터가 분석되지 않고 빠지거나, 지구 구배 영향으로 직각 좌표계 SST 출력으로 펼쳤을 때 데이터가 없는 부분이 생기게 된다. 이 때 빠진 부분의 SST 데이터는 인접해 있는 분석된 SST 데이터를 이용하여 채우게 된다. SST 출력 중에서 빠진 부분의 SST 데이터를 채우기 위해 사용된 방법(그림 4-2)은 빠진 Pixel로부터 5개 Pixel 범위 이내에서 가장 가까이 분석된 SST 데이터를 찾아내고, 찾아낸 3개 SST 데이터는 상대거리에 반비례하는 중량함수 평균치 값으로 계산하였다. 그리고 빠진 부분의 계산된 SST 데이터는 다음 빠진 SST 데이터 계산에는 제외시켰다.

다음 단계는 육지와 바다의 경계선을 명확히 나타내기 위해서 1 Pixel당 1.1Km의 분해능을 가지는 Land/Sea 지도 데이터를 만들어 이를 분석된 SST 데이터에 중첩시킨다. 마지막으로 Land/Sea 지도 데이터를 중첩시킨 SST 데이터는 등수온선 분석이나 칼라로 코드된 직각 좌표 출력을 위한 입력 자료가 된다.

SST분석 분해능을 향상시키면서 얼마나 빠른 시간 내에 분석이 가능한지를 비교하기 위해서,

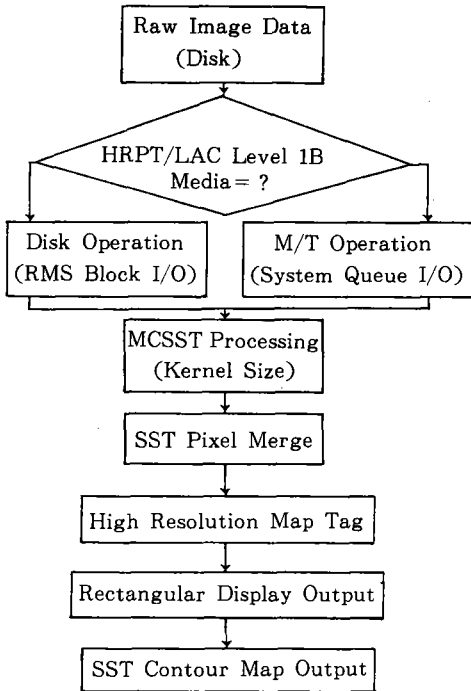


그림 4-1. MCSST analysis flowchart.

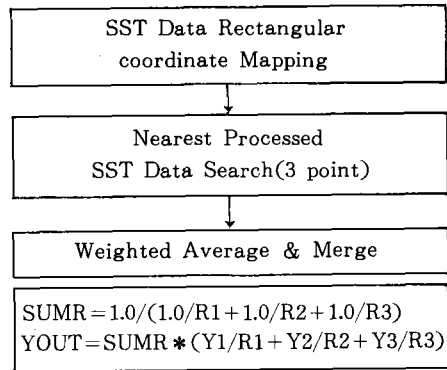


그림 4-2. SST pixel merge block-diagram.

표 (3-3)의 HRPT/LAC Level 1B 데이터를 Kernel Size별로 기존의 M/T 시스템 Queue I/O 방식을 채택한 M/T MCSST 분석방법과 디스크 RMS Block I/O MCSST 분석방법을 이용하여 각각 프로그램이 완료될 때의 CPU 시간과 Processing 시간을 비교하였다. 분석된 결과는, 표 (4-1)에 Kernel Size별로 각 MCSST 프로그램의 분석시간을 나타내었다.

표 (4-1)에서 보듯이 각 Kernel Size별로 MCSST를 분석할 때 소요되는 CPU와 Processing 시간은, 일반적으로 HRPT/LAC Level 1B 데이터를 M/T 시스템 Queue I/O방식으로 적용할 때는 M/T 구동기 회전속도가 늦기 때문에 데이터를 입출력할 때 프로그램 수행시간이 많이 소요되며, 디스크 방식 MCSST 분석보다 프로그램 수행시간이 5-7분 정도 더 소요된다. 그러나 CPU 시간이 Kernel Size가 고분해능을 가지는 1×1, 2×2 MW, 3×2 MW일 경우에는 프로그램 버퍼 내로 데이터를 직접 입출력하는 M/T 시스템 Queue I/O방식이 더 빠르게 나타난다.

CPU 시간이나 프로그램 수행시간은 HRPT/LAC Level 1B 데이터 형태(M/T, 디스크)에 관계 없이 SST 분석 윈도우의 Kernel Size가 고분해능을 가질수록 더 많이 경과되며, Kernel Size가 3×4, 3×2, 2×2, 1×1, 2×2 MW, 3×2 MW순으로 SST분석 소요시간이 더 걸림을 표 (4-1)에서 알 수 있다.

표 4-1. Each MCSST processing time comparison according to kernel size

Time		Kernel Size	1×1	2×2	2×2MW	3×2	3×2MW	3×4
		Level 1B Type						
CPU	Disk		18 : 08. 10	13 : 03. 84	31 : 03. 39	12 : 59. 79	31 : 08. 09	12 : 55. 91
	M/T		17 : 52. 99	13 : 45. 01	29 : 01. 87	13 : 24. 69	29 : 38. 16	13 : 03. 31
Processing	Disk		22 : 07. 52	15 : 48. 18	35 : 03. 66	15 : 17. 98	35 : 09. 84	15 : 14. 31
	M/T		29 : 04. 22	23 : 09. 45	40 : 25. 45	22 : 28. 53	40 : 44. 00	22 : 13. 95

단위 : [분 : 초]

분석된 결과를 출력영상 사진으로 살펴보면, 그림 (4-3)은 Kernel Size가 3×4로 고해상도 표현 온도분석시에 분석된 SST 데이터가 충분하지 못하여 전체 SST 출력에서는 빠진 부분이 많이 나타난다. 특히 빠진 부분의 SST 데이터 형태가 전반적으로 빗살모양으로 나타나는 것은 NOAA 10 기상위성의 적외선 채널 3가 결함을 가지고 있기 때문이다. 그림 (4-4)는 2×2 Kernel Size에 Moving Window 기법을 이용하여 분석했으며, 그림 (3-3)의 구름 분포 지역을 제외하고는 아주 양호한 분석상태를 보여 준다.

5. 결론

대형 컴퓨터에서 운용목적으로 개발된 MCSST 분석 알고리즘을 이용하여 정확도와 고해상도, 그리고 거의 실시간에 가까운 SST 분석처리를 위하여 MCSST 분석 프로그램의 수행시간을 줄이는 개선방법과 1.1Km의 고해상도 분석이 가능한 SST 분석기법을 연구하였다.

대형 컴퓨터 시스템에서 전혀 고려하지 않아도 되는 CPU 시간과 Processing 시간은 소·중형 컴퓨터 시스템에서는 매우 중요한 인자로 대두되었으며, 기존 알고리즘은 광해역의 종관적 SST 분석을 위하여 3×4 Kernel Size로 고정하여 평균 SST를 계산하였기 때문에 고해상의 질이 매우 떨어지는 결점이 발견되었다.

따라서 이런 문제점들을 해결하기 위해서 영상자료를 효율적으로 입출력하는 방법을 개선함으로써 SST 분석 CPU 시간을 극소화하여 거의 실시간 분석처리가 가능하도록 연구하였다. 그리고 평균 SST를 분석하기 위하여 Kernel Size를 변화시키며 같은 Kernel Size에서도 Moving Window 기법을 적용하여 1.1Km의 고해상도 SST분석을 시도하였다.

VAX-11/750 소형 컴퓨터에서 기존의 MCSST 알고리즘을 이용하여 분석했을 때 영상 자료 입출력 방법을 디스크 형태 RMS Block I/O 방법으로 개선하면 SST분석 CPU 시간을 기존대비 0.13, 프로그램 수행시간을 0.15로 단축할 수 있었다. 또한, 영상자료 입출력 방법을 M/T형태 시스템 Queue I/O 방법을 적용했을 경우는 CPU 시간을 0.13, 프로그램 수행시간을 0.22로 줄일 수 있었다. 그리고 고해상도 SST 분석을 위해서 평균 SST값을 계산하는 Kernel Size를

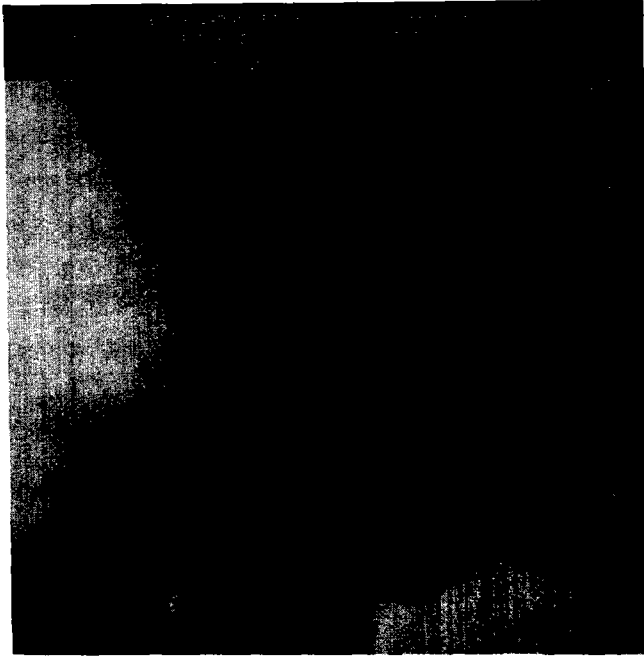


그림 4-3. Multichannel SST picture processed by 3×4 kernel size method for the input data.

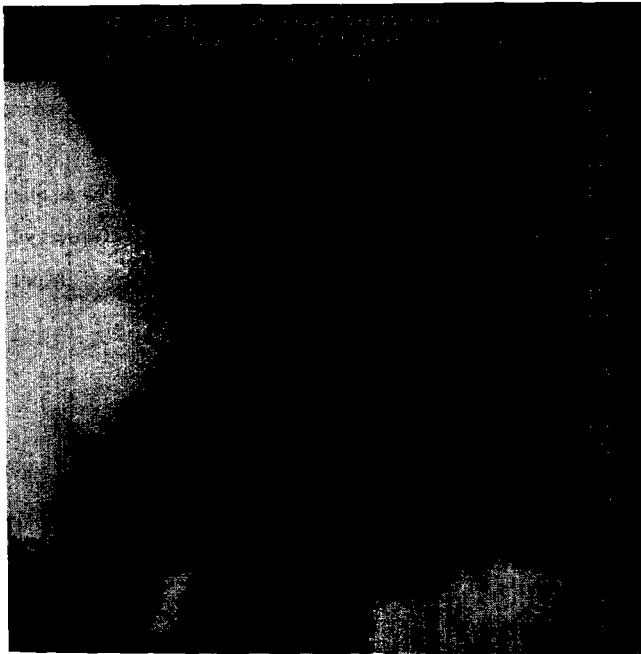


그림 4-4. Multichannel SST picture processed by 2×2 moving window method for the input data.

Moving Window 기법을 적용하여 분석하면 1.1Km의 고해상 분석이 가능했고, 특히 2×2 MW Kernel Size를 적용했을 때가 최적의 SST 분석결과를 얻을 수가 있다.

분석된 SST 영상자료에서 육지와 바다의 경계선을 명확히 나타내기 위해서 1 Pixel당 1.1Km의 분해능을 가지는 Land/Sea 지도 데이터를 만들었고, 분석된 SST 자료의 위치 계산으로 SST 결과를 직각 좌표계로 나타냈기 때문에 시간적 차이를 가지고 동일해역에서 분석된 SST 자료를 상호 비교할 수 있어 SST 변화 양상을 쉽게 알 수 있게 되었다. 결론적으로, 연구결과를 종합해 보면 MCSST 분석에서 개선된 알고리즘을 적용하면 프로그램 수행 완료 시간을 줄여 거의 실시간에 가까운 SST 분석처리가 가능하였고, Kernel Size를 2×2 로 하고 Moving Window 기법을 씌으로써 기상위성 NOAA 9, 10 AVHRR의 1.1Km 해상력을 유지하면서 MCSST 소프트웨어의 성능을 현저히 향상시킬 수 있었다.

참고문헌

- McClain, E. P., 1979 : Satellite Derived Earth Surface Temperature in Quantitative Meteorological Data from Satellites. *World Meteor. Organiz.*, WHO 531. Geneva, 60-86.
- McClain, E. P., W. G. Pichel, C. C. Walton, Z. Ahmad, and J. Sutton, 1983 : Multi-channel Improvements to Satellite-derived Global Sea Surface Temperatures. *Adv. Space Res.*, 2(6), 43-47.
- McMillin, L. M., 1971 : *A Method of Determining Surface Temperatures from Measurements of Spectral Radiance at Two Wavelengths*. Ph. D. dissertation, Iowa State University, Iowa City, Iowa.
- Prabhakara, C., G. Dalu, and V. G. Kunde, 1974 : Estimation of Sea Surface Temperature from Remote Sensing in the 11 to $13\mu\text{m}$ Window Region, *J. Geophys. Res.*, 5039-5044.
- Strong, A. E., and J. A. Pritchard, 1980 : Regular Monthly Mean Temperatures of Earth's Oceans for Satellite. *Bull. Amer. Meteorol.*, 61, 553-559.