

# 기상청의 웹기반 기상위성자료 분석시스템 구축



박 종 서 >>  
기상청 예보국 기상위성과



박 정 현 >>  
기상청 예보국 기상위성과



홍 성 은 >>  
(주)지아이소프트



서 애 숙 >>  
기상청 예보국 기상위성과

## 1. 서론

황사나 안개, 태풍, 대설 등 자연재해를 유발할 수 있는 기상현상 분석하는 데 있어서 가시적인 이미지를 함께 제공하여, 다른 관측자료에 비해 배가의 효과를 나타내는 위성자료는 점차 그 활용도와 중요성이 증가되고 있다. 그러나 위성자료는 3차원 공간정보를 함께 포함하



는 대용량이라는 특수성 때문에 분석, 표출하는데 있어서 제한적인경우가 많아서 사용자가 쉽게 접근하여 활용할 수 있는 사용자인터페이스와 자료 공유의 필요성이 점차 대두되기 시작하였다.

기상청은 2003년부터 “위성자료를 이용한 대기환경정보시스템 구축”의 중장기 사업을 통해 Aqua/Terra, MTSAT-1R, FY-2C 등 차세대 위성자료 독자 수신처리시스템을 구축하여, 기존 시스템에서 수신되는 NOAA-12, 15, 16, 17호 및 FY-1D, Quik SCAT, OrbView-2 위성 분석자료와 함께 해수면온도, 해상풍, 태풍분석정보 등을 제공하고 있다. 그러나, 다양한 위성자료 수신 및 자료분석시스템이 독립적으로 운영되고 있어서 위성별로 자료수신여부 와 오류에 대한 신속한 확인과 대처에 어려움이 있고, 보다 정확한 기상정보 제공을 위하여 체계적인 통합 관리가 요구된다. 또한, 2008년 통신해양기상위성 (COMS) 발사를 앞두고 해외 의존도가 높은 위성자료처리 기술에 대하여 단계적인 국산화가 필요하다. 기상청은 2006년 제 4차년도 정보화사업으로 웹기반 위성자료처리시스템 개발을 통해, 기존 위성수신 시스템의 통합관리 및 웹기반 분석시스템을 구축하고자 하였다.

위성에서 수신한 자료에 대한 처리과정을 단계별

로 모니터링하고, 신속한 장애처리를 하여 수신위성의 안정적인이며 통합 감시하는 시스템을 구축하고, 위성자료를 이용한 영상 사칙연산, 보정, 통계 등 영상 분석 툴 및 분석 알고리즘을 모듈화하며, 다중영상의 합성과 중첩 기술을 개발하여 독자 기술개발 기반을 마련하였다. 또한 UW/CIMSS(University of Wisconsin-Madison/Cooperative Institute for Meteorological Satellite Studies)의 AODT (Advanced Objective Dvorak Technique) 알고리즘을 이식하여, RSMC(Regional Specialized Meteorological Center), JTWC(Joint Typhoon Warning Center), 위성전문(SAREP) 자료 및 기타 위성자료를 비교분석하여 웹상에서 태풍중심 위치 및 강도 정보를 분석가능하게 하였다.

## 2. 통합관리시스템

웹기반 시스템을 구축하여 사용자 접근성이 편리한 서비스를 확보하고, 최신 정보기술을 전략적으로 활용하여 기상위성자료 관련 콘텐츠 공유의 기반을 확보하였다. 액티브엑스(ActiveX) 기술을 사용하여 웹기반의 대용량 위성자료의 빠른 처리 속도를 보장하였으며, 복잡한 구조의 응용 프로그램을 웹기반으로 처리할 수 있도록 하여 컴포넌트 기반의 객체지향

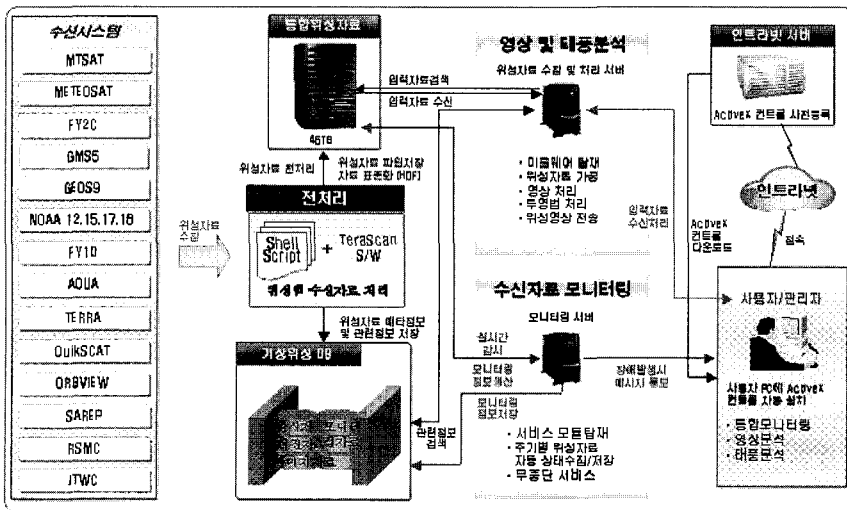


그림 1. 통합관리시스템

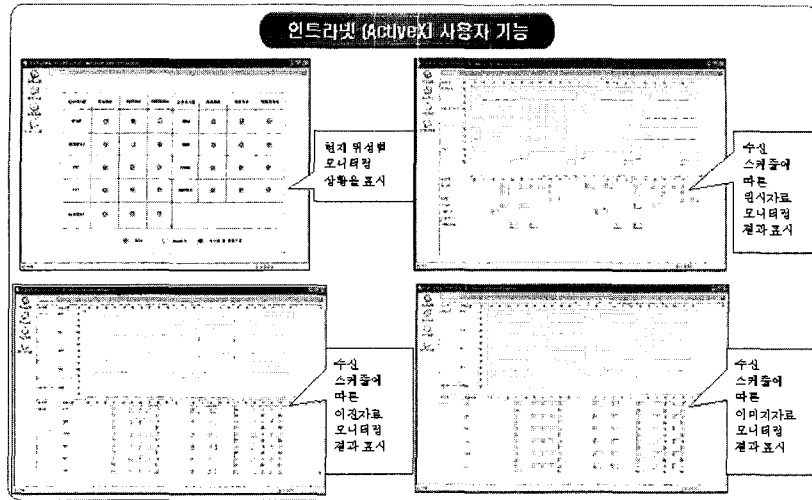


그림 2. 원격모니터링 화면

프로그램을 지원하였다. 클라이언트와 서버 중간에 미들웨어(Middleware)를 사용함으로써 양측의 데이터 처리 부하를 줄여주고, 분산처리 특성에 의해 실행 중인 서버 부하 조정(Load Balancing)을 가능하게 했다(그림 1).

모니터링 시스템은 수신위성인 정지기상위성(MTSAT-1R, Meteosat-5, FY-2C)과 극궤도위성(NOAA-12, 15, 17, 18, FY-1D), 지구관측위성(Aqua/Terra, QuickSCAT, SeaWiFS) 수신시스템에 FTP로 접속하여 수신된 위성자료 상태 값을 수집하고, 처리시스템에서 단계별 상태 값을 수집 생산하여 수신시스템별 위성자료 모니터링 정보를 데이터베이스에 저장하고, 사용자에게 수집된 모니터링 정보 상태 값을 웹기반으로 표출하여 보여주며, 수신 시스템 장애 및 위성자료 오류 발생시 관리자에게 통보 메시지를 전송하여 신속히 장애복구 및 대처를 할 수 있다.

그림 2는 수신시스템 및 처리 단계별의 현재 상태를 나타낸다. 녹색은 정상가동 상태이며, 장애 발생 시 적색으로 표현된다. 노란색은 아직 처리 단계로 넘어오지 않은 상태이다. 화면과 같이 MTSAT-1R 수신시스템에서 원시자료를 정상적으로 수신했으나 영상자료 추출 시스템에서 오류가 발행한 경우 적색

버튼을 클릭하면 오류에 대한 상세정보를 검색할 수 있다.

수신시스템별 모니터링 정보를 실시간 수집 생산하여 데이터베이스화하며, 장애 발생 시 관리자에게 통보메시지를 전송한다.

모니터링 시스템은 원시·이진·분석 자료를 모니터링하며, 정지기상·극궤도·지구관측 위성자료의 장애여부를 실시간 감시한다. 모니터링 시 장애가 발생하면 긴급 복구를 위해 관리자에게 메시지를 통보한다.

관리자는 모니터링 서버에서 실시간으로 수집·저장한 로그 정보를 검색하고, 관리자 정보를 검색·등록·수정·삭제 할 수 있으며, 사용자의 로그정보를 검색할 수 있다.

### 3. 웹기반 위성영상분석 틀

위성영상 분석 틀은 영상 사칙연산 및 합성, 적외, 가시, 강조 영상을 한 화면에 표출하여 동시에 동일 위성자료에 서로 다른 처리방법을 적용하여 최대 4개의 영상을 비교 분석할 수 있다. 기상분석자료를 생성할 수 있으며 그 종류는 MTSAT-1R 분석자료(합성영상, 강조영상, 황사분석, 안개분석), NOAA 분석

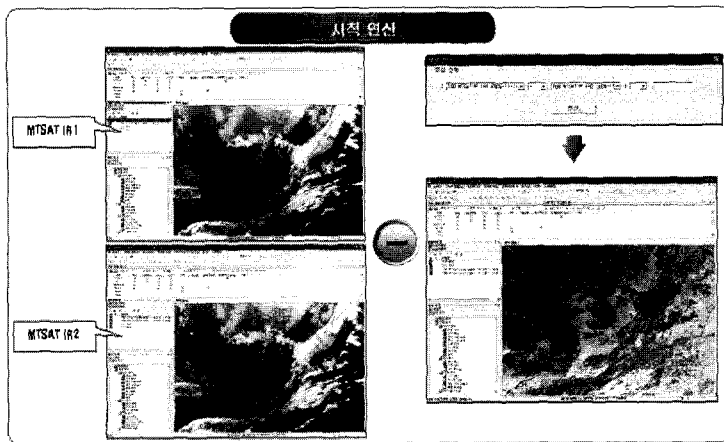


그림 3. MTSAT-1R 적외채널 사적연산 예시화면

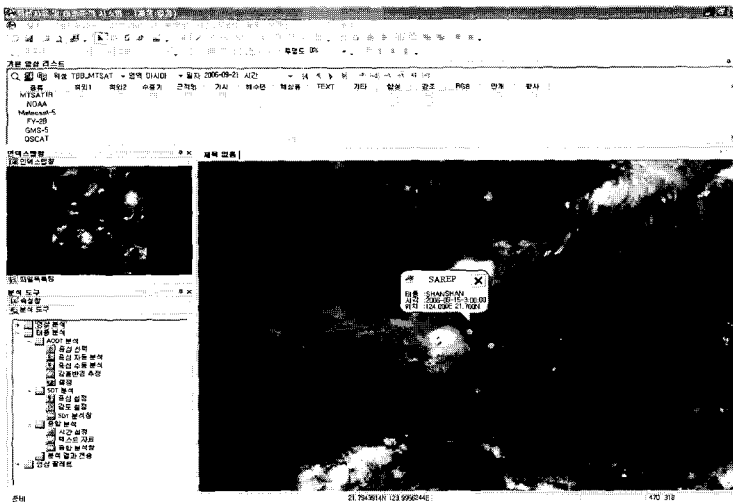


그림 4. 위성영상분석 툴 화면

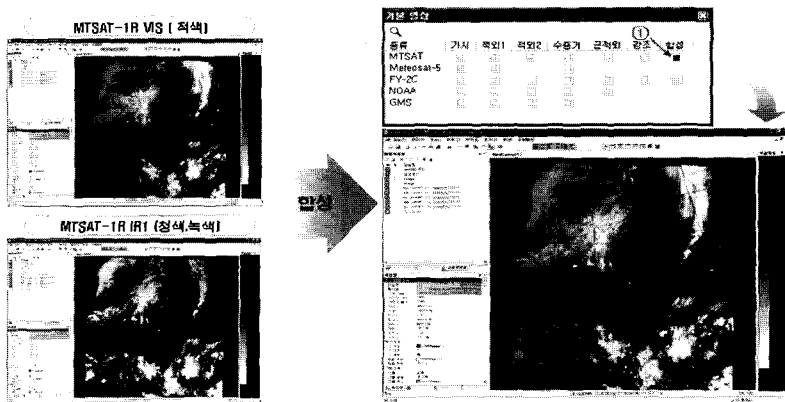


그림 5. 영상합성 화면

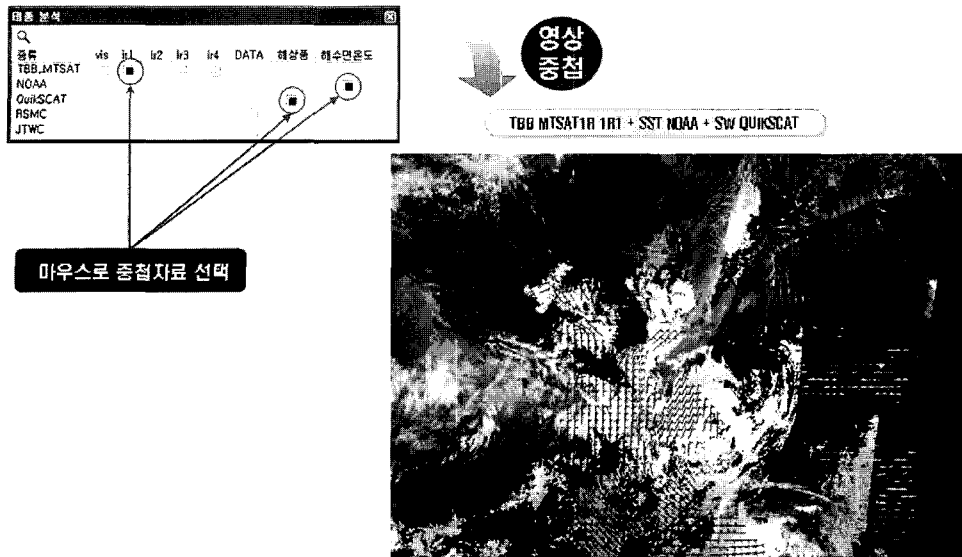


그림 6. 영상중첩 화면

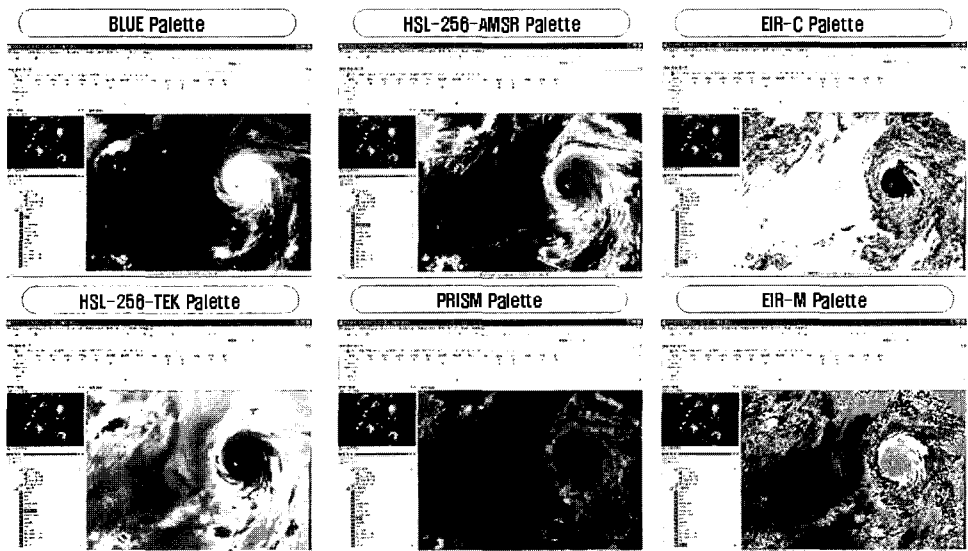


그림 7. 영상팔레트 적용 화면

자료 (RGB 합성영상, 황사분석, 안개분석), Aqua/Terra MODIS 센서관측자료(RGB 합성영상)이다. 그림 3은 아시아 기본영상에 MTSAT-1R 적외1과 적외2 영상을 사칙연산한 화면이다.

위성영상 분석 툴은 영상을 처리할 때 사용하는 이동, 확대, 축소, 회전, 히스토그램, 영상효과, 필터, 그리고 다양한 팔레트를 지원한다. 또한, 영상을 사용자 요구에 맞게 문자를 삽입할 수 있고, 그러기 도

편집 도구	설명
↖ 화살표	영상에 레이어 형태로 화살표 생성
↗ 직선	영상에 레이어 형태로 직선 생성
~ 곡선	영상에 레이어 형태로 곡선 생성
~ 직선형	영상에 레이어 형태로 직선형 생성
□ 사각형	영상에 레이어 형태로 사각형 생성
○ 원형	영상에 레이어 형태로 원형 생성
○ 다각형	영상에 레이어 형태로 다각형 생성
⊖ 폐곡선	영상에 레이어 형태로 폐곡선 생성
가 문자	영상에 레이어 형태로 문자 생성
✂ 자르기	영상 또는 레이어 자르기
□ 복사	영상 또는 레이어 복사
📄 붙여넣기	영상 또는 레이어 붙여넣기
✂ 삭제	레이어 삭제
☑ 영역선택	영상의 임의영역 선택
☑ 영역선택	영상의 고정영역 선택
☑ 영상자르기	선택 영상 자르기
☑ 순서위로	선택 레이어 위로 순서 바꿈
☑ 순서아래로	선택 레이어 아래로 순서 바꿈

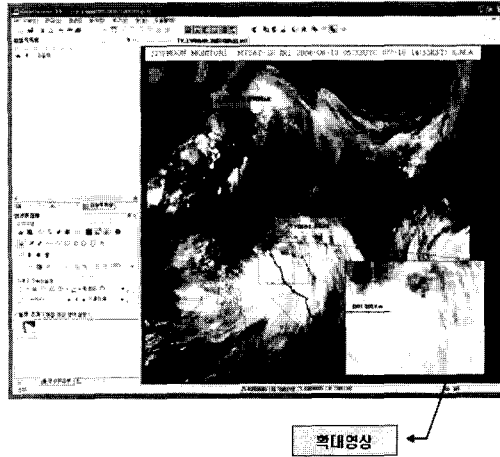


그림 8. 그래픽 편집도구 적용 화면

구를 사용하여 영상에 분석자가 임의로 편집할 수 있도록 하는 다양한 그래픽 편집도구를 지원한다. 그림 8이 MTSAT-1R 적외영상 화면에 그래픽 편집도구를 사용하여 적용한 화면을 보여준다. 또한 그림 5는 MTSAT-1R 가시 채널 영상과 적외 채널 영상을 RGB 합성한 화면으로서 예전 시스템에서는 전용 시스템에서만 채널 영상 합성 및 사적연산이 가능하지만 본 시스템에서는 웹상에서 자유롭게 일반 사용자도 적용이 가능하게 되었다.

그림 6은 TBB MTSAT-1R IR1 영상과 SST NOAA 영상, QuickSCAT 영상을 중첩한 화면이며, 그림 7은 다양한 영상 팔레트를 태풍영상에 적용한 화면 표출 예이다.

#### 4. 웹기반 태풍분석시스템

기상청에서 사용하고 있던 위성자료를 이용한 태풍 분석 소프트웨어 및 관련 자료는, 2001년 일본으로부터 도입한 SDT(Subjctive Dovorak Technique)와 위성자료처리 전용 소프트웨어(테라스켄)에서 접속해서 쓸 수 있는 AODT, 정지 및 극궤도위성자료를 이

용한 태풍트랙영상, 중첩영상 등 다양하다.

기상위성과는 그동안 SDT와 AODT를 이용해서 매 3시간에서 24시간 간격으로 태풍이 진행함에 따라 적절한 태풍정보를 생산하는 데 필요한 태풍강도와 중심위치를 생산해서 예보관에게 제공하고 있다. 하지만 태풍정보 생산주기가 짧아지면, 분산된 태풍 분석 모듈 및 정보는 신속 정확하게 종합적인 결과를 얻는데 한계가 있었고, 업무 효율성도 떨어지는 결과를 낳았다. 따라서 기상청은 주어진 소프트웨어와 하드웨어 환경에서 좀더 효과적으로 정확한 정보를 얻기 위해서 분산된 분석 모듈을 통합하고, 위성자료 또한 집중관리하고, 공유할 필요가 있어서 웹기반 태풍분석시스템을 구축하게 되었다.

웹기반태풍분석시스템은 기본적으로 위성영상 분석 툴의 기능을 모두 포함하고 있으며, AODT 알고리즘을 이용하여 중심위치 및 강도를 분석하여, 그 결과를 실시간 표출하고 전송할 수 있도록 구성되어 있다. 또한 아태지역 태풍센터인 RSMC, 미합동태풍센터인 JTWC, 그리고 일본위성센터로부터 수신하는 태풍전문인 SAREP자료를 함께 실시간 분석할 수 있는 기능이 포함되어 있으며, (그림 9) 다른 나라의 태풍정보와 비교해볼 수 있도록 하였다. 또한 수신영상

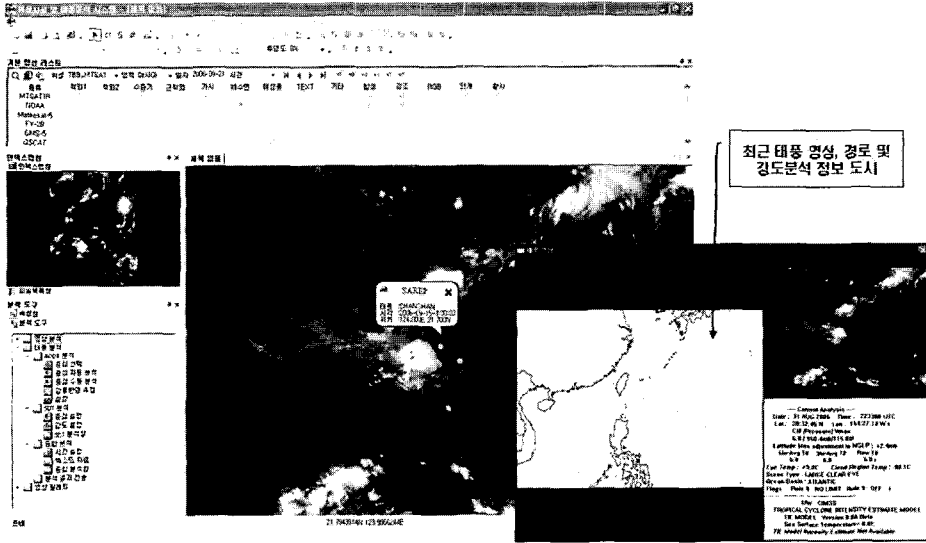


그림 9. 태풍강도분석 화면

자료를 이용하여 폭풍영역(30kts) 및 강풍영역(50kts)을 결정하는 사용자 분석기능을 제공한다(그림 11).

위성자료처리 소프트웨어는 대부분 해외 의존도가 높아서 우리 실정에 맞게 변환하고, 유지보수하기가 어려운 점이 많았다. 기상청에서는 이것을 탈피하기 위해서, 위성자료처리기술을 단계적으로 국산화하려는 노력을 하고 있다.

기상청은 그 첫 단계로서, SSEC 알고리즘 및 소스 코드를 분석하여 본 시스템에 독자적으로 이식하는데 성공하였다. AODT 알고리즘은 SSEC사의 XAODT Ver. 6.3 리눅스 버전으로서, 이것을 사용자의 편의성을 위하여, 인터페이스를 웹기반으로 바꾸고, AODT 알고리즘 부분만을 뽑아내서 태풍분석 시스템에 설치하였다.

SSEC AODT 소스코드 입력자료는 미국 위성센터에서 개발한 자료처리시스템인 McIDAS 시스템의 고유의 위성자료 입력 포맷인 Area 포맷으로 되어 있어서, AODT 알고리즘을 본 시스템에 이식하기 위

해서는 입력자료로 사용하려는 MTSAT-1R 위성자료 입력포맷을 Area 포맷으로 바꾸거나, 직접 소스 코드에 맞도록 처리해야한다. 기상청에서는 향후 확장성과 표준적인 프로그램 구현을 위해서 후자를 선택해서 이식작업을 성공적으로 완료하였다.

웹기반 태풍분석시스템의 또 하나의 중요한 기능 중의 하나는 그래픽 편집도구를 이용한 위성영상의 자유로운 편집이 가능해졌다는 것이다. 기상위성영상 자료 역시 다른 영상처리 및 판독기술과 같이 전문가의 해석이 필요하다. 그래픽 편집 툴은 전문가 또는 분석자가 태풍 영상을 해석할 때 중요한 도구로서 사용될 수 있고, 위성분석자료를 필요로하는 예보관 등 사용자들에게 분석결과를 전달하고, 설명할 때 중요한 도구로서도 사용될 수 있는 장점이 있다(그림 8).

태풍은 해상에서 발달해서 육상 또는 해상에서 소멸하는 경우가 많아서, 태풍 일생을 대부분 해상에서 보낸다고 할 수 있다. 하지만 기상관측은 대부분 육상에 집중되어 있고, 해상 관측은 관측요소도 제한적이고, 집중적으로 관측하기에는 기술적인 면이나 경

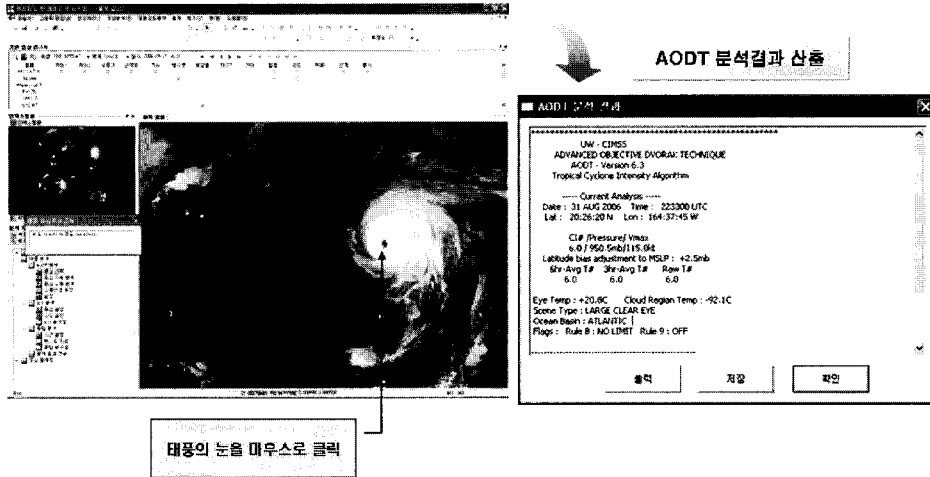


그림 10. 태풍 강도 분석(AODT) 화면

제적인 면에서도 어려움이 많다. 특히 해상에서의 태풍관측은 더욱 일반적인 관측장비로는 관측이 거의 불가능하기 때문에 직접 관측을 위해서는 비행기 관측을 들 수 있지만, 비용 면에서 상시 관측에 현실적인 어려움이 있다. 따라서 전 세계적으로 태풍관측 및 분석은 위성에 의존적일 수밖에 없다.

위성영상을 이용한 분석은 태풍의 중심이 뚜렷하고, 강한 태풍일 때는 중심위치와 강도분석오차가 작지만, 태풍이 쇠퇴기에 접어들면 주변 하층운의 유입으로 중심이 뚜렷하지 않고, 강도분석 결과 또한 오차가 크게 된다. Sheets and Grieman(1975) 의하면, 베스트 트랙자료와의 비교에서 평균오차는 57km(DMSP위성)~76km(ESSA)라고 한다. 따라서 이러한 분석의 한계 때문에 태풍분석을 할 때는 위성 이외의 자료도 여러 가지를 함께 사용하여, 보완할 필요가 있다. 특히 태풍이 약화되는 시점에는 더욱 그렇다. 본 시스템에서는 이를 위해서 선박 관측자료(SHIP 전문)와 위성영상을 중첩해서 볼 수 있도록 구성하여, 약화 시에 태풍 중심을 찾는 데 도움을 줄 수 있게 하였다.

그림 10은 사용자가 태풍의 눈을 마우스로 선택한

후 태풍강도분석(AODT) 결과가 산출되는 화면이다. AODT 분석결과에는 현재 강도값, 3시간전, 6시간전의 강도분석결과도 함께 출력되며, 열대저기압 구름 패턴, 현재 태풍이 약화되고 있는지 또는 강화되고 있는지에 대한 상태정보도 함께 보여준다. 출력된 AODT분석 결과와 이 시간에 해당하는 태풍영상은 함께 통합DB에 실시간 저장되어 사후 분석에도 활용할 수 있도록 하였다.

그림 11은 AODT내의 강풍추정 알고리즘을 구현해본 것이다. 이 알고리즘은 태풍구름역의 운정온도와 경험식을 바탕으로 만들어진 것으로 아직은 시험단계이며, 지속적인 검증이 필요하다. 태풍구름역의 운정온도가  $-40^{\circ}\text{C}$  이하인 곳에 경험식에서 얻은 회귀 계수를 적용한 것으로 그림 11과 같이 강풍영역과 반경을 동시에 얻을 수 있고, 본시스템에서는 강풍역의 장반경과 단반경도 함께 표출될 수 있도록 구현하였다.

## 5. 결론 및 제언

본 시스템의 구축이 완료되면, 위성자료 처리단계



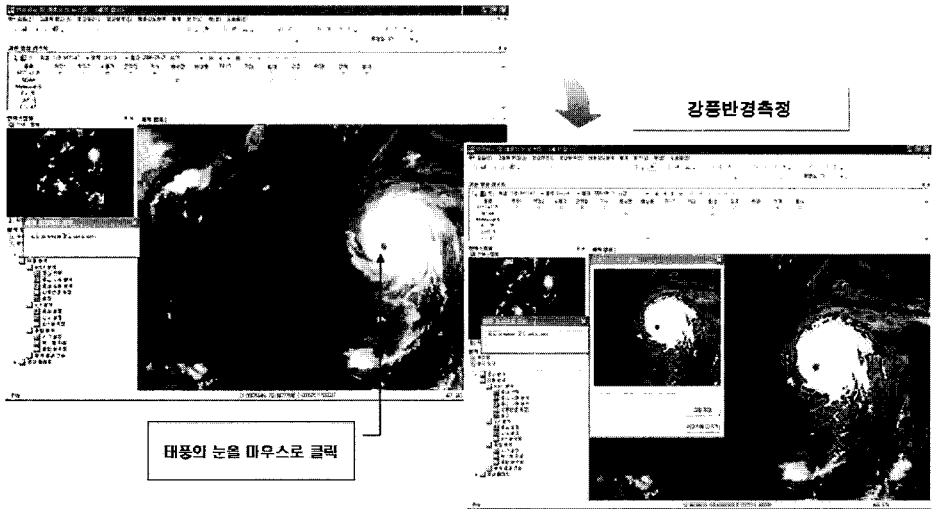


그림 11. 강풍반경 측정 화면

를 실시간 통합감시하고 장애가 발생했을 때 신속하게 응급 복구를 할 수 있는 대처능력을 강화하게 되었다. 또한 최신의 액티브엑스 기술도입으로 웹기반의 획기적인 위성정보 서비스를 구현하여 적시적소에 인터넷에 접속하여 업무에 활용할 수 있게되어 사용자 접근성과 편리성이 증대된다.

이밖에 기상위성영상 편집 및 처리기술의 독자화를 통한 관련기술 국산화를 이뤄 대용량 위성자료의 분석 능력 강화 및 태풍, 황사 등 위성분석자료 생산 및 제공에 획기적인 위성정보 서비스 구현이 가능하다. 특히 웹기반 태풍분석시스템은 분산된 모든 정보와 소프트웨어를 통합하고, 또한 사용자가 접근이 편하도록 웹환경에서 구현하여, 관측자료와 관련 분석 가능한 정보가 다른 기상 현상에 비해서 턱없이 부족한 실정에서 앞으로의 태풍분석 및 정보생산에 많이 기여할 것으로 생각된다.

AODT 알고리즘을 이식하여, 알고리즘의 독자적인 개선이 가능해졌지만 이를 위해서는 지속적인

AODT분석자료의 축적과 이를 이용한 분석이 먼저 이루어져야 할 것이다.

### 참고문헌

박정현, 박종서, 김백민, 이희훈, 적외영상기반의 태풍 중심 강도분석 객관화 및 검증, 기상기술지, 2, pp. 33-43.

서애숙, 박종서, 장은미, 기상위성정보 아카이빙과 서비스시스템 구축, 한국방재학회지, 6, pp. 126-133.

Velden, Christopher S., Timothy L. Olander, and Raymond M. Zehr, 1998: Development of an objective scheme to estimate tropical cyclone intensity from digital geostationary satellite infrared imagery. Wea. Forecasting, 13, 172-186.

Dvorak, V. F., 1975: Tropical cyclone intensity analysis and forecasting from satellite imagery. *Mon. Wea. Rev.* 103, pp. 420-430.

Dvorak, V. F., 1984: Tropical cyclone intensity analysis using satellite data. NOAA Tech. Rep. NESDIS 11, National Oceanic and Atmospheric Administration, Washington,

D. C., pp. 47.

Sheets, R.C. and P.G. Grieman, 1975: An evaluation of the accuracy of tropical cyclone intensities and locations determined from satellite pictures. NOAA Tech. Memo. ERL. WMOP 20, pp. 33.