대기-해양-천문 수치모델 결과의 3차원 과학적 가시화 도구 개발

Development of 3-D Scientific Visualization Tool of Atmospheric-Ocean-Astronomical Numerical Model Results

육 진 희, 강 지 순, 조 민 수
한국과학기술정보연구원 재난대응HPC연구센터

Yuk Jin-Hee, Kang Ji-Sun, Joh Minsu
Disaster Management HPC Technology Research Center,
Korea Institute of Science and Technology Information

요약

대기-해양-천문 수치 모델은 주로 3차원 모델이고, 3차원적 해석을 위해서는 사용자가 쉽게 접근하고 사용할 수 있는 3차원 과학적 가시화 도구가 필요하다. 이러한 요구에 대응하기 위하여 무료/오픈소스 기반의 3차원 과학적 가시화 도구인 VAPOR가 사용자 친화적인 방향으로 개발되고 있다. VAPOR는 대기모델 WRF, CAM, GRIMs, 해양모델 MOM4, POP, ROMS의 직접 가시화가 가능하며, VAPOR 자료 형식 변환 과정을 통하여 천문 분야 모델(RAMSES) 가시화도 가능하다. 매년 개발을 통하여, VAPOR는 사용자가 많이 사용하는 일반적인 2, 3차원 표출 기능과 단순 통계 기능을 제공하게 되었으며, 향후 다중 모델 동시 표출 기능도 제공할 계획이다.

I. 서론

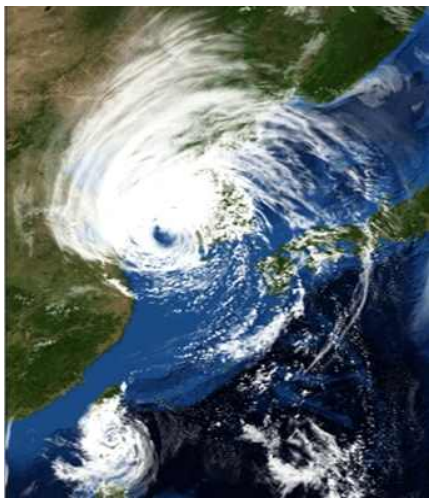
대기-해양 모델은 주로 3차원 모델이며 모델에서 생산되는 자료를 올바로 분석하기 위해서는 3차원 가시화/분석 도구가 필요하지만, 사용할 수 있는 도구가 상용이거나 사용하기 어렵기 때문에, 쉽게 접근해서 사용할 수 있는 가시화/분석 도구에 대한 요구가 증가하고 있다. 이에, 한국과학기술정보연구원(KISTI)은 미국 국립기상연구센터(NCAR)와 국제공동연구를 통하여, 무료/오픈소스 기반의 대기-해양 모델 결과 3차원 과학적 가시화/분석 도구, VAPOR(Visualization and Analysis Platform for Ocean, Atmosphere, and Solar Researchers)를 개발하고 있다. 또한 VAPOR는 대기-해양 모델 결과뿐만 아니라 천문분야 모델 결과도 표출할 수 있으므로, 본 논문에서는 대기-해양-천문 분야 수치모델 파일의 표출 결과를 제시함으로써 VAPOR가 제공하는 다양한 기능과 개발 내용을 소개하고자 한다.

Ⅱ. 3차원 과학적 가시화 도구 VAPOR

VAPOR는 NCAR 계산정보시스템연구실(Computational and Information Systems Laboratory, CISL)에서 개발된 대기-해양-천문 분야 대용량 수치 모델 자료의 3차원 과학적 가시화 도구이다[1]. VAPOR는 2011년부터 매년 KISTI-NCAR 국제공동연구를 통하여 기존 기능을 강화하거나 새로운 기능을 추가하여 새 버전을 배포하고 있는데, 매년 배포되는 버전에 대한 설명으로 VAPOR로 가시화 가능한 모델/자료, 다양한 가시화 기능에 대해서 소개하고자 한다.

VAPOR는 대기 모델, WRF(Weather Research and Forecasting Model) 결과 가시화에 특화되어 있었으나, 해양 분야 사용자의 요구에 부응하여, 버전 2.2부터 해양 모델(Modular Ocean Model4: MOM; Parallel Ocean Program: POP; Regional Ocean Modeling System: ROMS) 결과 자료를 직접 가시화할 수 있게 되었다(그림 1).

2013년에 배포된 버전 2.3에서는 VAPOR 자료 형식(VAPOR Data Collection: VDC)으로 쉽게 변환할 수 있는 GUI 환경이 제공되었고, 변수의 해상도를 조절할 수 있는 Refinement와 Level-of-Detail(LOD)를 개별적으로 설정할 수 있는 기능이 추가되었다.



▶▶ 그림 1. VAPOR를 이용한 대기 모델 WRF 결과 가시화 (2012년 태풍 볼라벤 사례)

2014년에 배포된 버전 2.4에서는 GRIMs (Global/ Regional Integrated Model Systems), CAM (Community Atmospheric Model)과 같은 대기모델 결과 자료의 직접 가시화가 가능하게 되었는데, GRIMs 가시화는 GRIB(GRIdded Binary or General Regularly- distributed Information in Binary form) 형식 자료의 가시화를 의미하므로, 취급할 수 있는 자료 형식이 확장된 것이라고 볼 수 있다. 또한 기존의 Barb(Vector), 2D(2차원 평면도), Isosurface(등가면), DVR(Direct Volume Rendering) 표출 기능에 Contour(2차원 등치선) 표출 기능이 추가되었다(그림 2)[2].

2015년에 나온 버전 2.5에서는 고해상도 지도(그림 3)가 지원되며 입체디스플레이 기능이 추가되어 3D 안경을 이용하여 실감나게 결과를 확인 가능하게 되었다. 또한 2차원 변수의 고차 보간 기능이 추가되어 대기 모델 결과의 정확한 표출이 가능해졌으며, 2차원 등치선 표출 방식이 다양해지고 바람 벡터에 색상 효과를 줄 수 있게 되어 바람 강도를 직관적으로 확인할 수 있게 되었다. 컴퓨터 성능이 향상됨에 따라 수치 모델도 시공간적으로 고해상도화되고 있고, 그 결과 대기 혹은 해양 모델 결과도 대용량화되고 있어 이를 처리하는 데 많은 시간이 소요되고 있다. 버전 2.5에서는 이 문제를 해결하기 위하여 자료를 병렬 처리할 수 있는 기능(파이썬 스크립트 및 명령어)이 제공되어 대용량 자료 처리가 신속하게 되었다[3].

2016년 11월에 배포된 가장 최신 버전인 VAPOR 2.6에서는 모델 결과 변수를 시계열로 표출하거나, 단순통계해석(최소/최대/평균/편차 등)할 수 있는 툴을 추가하였으며(그림 3), VAPOR로 표출된 각 타임스텝 이미지를 동영상 파일로 저장(SeedME)하는 기능이 제공된다.

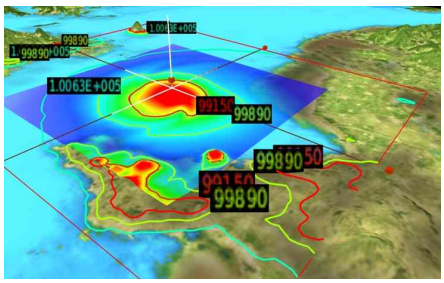
VAPOR가 천문 분야 수치 모델 결과의 가시화 기능은 추가/강화하고 있지 않지만, 균일격자(uniform grid) 기반의 일반 자료의 표출이 가능하므로 이 기능을 이용하여 천문 분야 수치모델 결과를 표출할 수 있다. 천문 분야에서 Adaptive Mesh Refinement(AMR) 기반의 RAMSES 모델 결과 자료는, 균일격자 자료로 변환하는 과정을 통해 VAPOR에서 모델결과 가시화가 가능하다.

주요 기능을 요약하면, VAPOR는 대기모델에서는 WRF, GRIMs, CAM, 해양모델에서는 MOM4, POP, ROMS가 직접 가시화가 가능하며, 비록 천문 분야 모델 결과의 직접 가시화는 불가능하지만, 균일격자 변환을 통한 VAPOR 자료 형식 변환 과정을 거치면 천문 분야 자료 표출도 가능하다. 그리고 3차원 표출 기능인 등가면, Volume rendering, 벡터뿐만 아니라, 일반적인 2차원 표출 기능인 평면도, 등치선도 사용 가능하며, 간단 통계 해석도 할 수 있다.

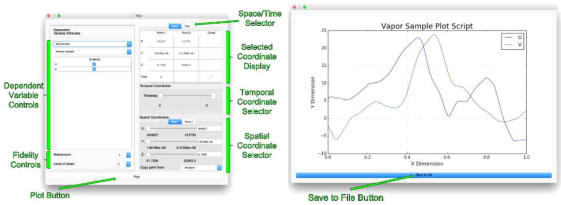
Ⅲ. 향후 계획

VAPOR는 현재 단일 모델 결과만 표출이 가능하지만, 올해 말에 배포예정인 새 버전은 2개 이상의 다른 종류의 모델(예, WRF-ROMS) 결과를 동시 표출할 수 있는 기능을 제공한다. 아울러 가변-비구조(variable- unstructured) 격자 기반의 Model for Prediction Across Scales - Atmosphere(MPAS-A) 결과도 표출할 수 있는 기능을 제공할 계획이다.

KISTI 재난대응HPC연구센터에서는 매년 정기/비정기 VAPOR 교육과 3차원 과학적 가시화 경진대회(http://blog.naver.com/chaos_kisti)를 통하여 사용자를 확대, 가시화 기술을 보급하고, 사용자 요구 사항을 조사하고 있다. VAPOR는 사용자 요구 사항을 적극 반영하여 가시화 콘텐츠를 발굴하고 기능을 강화하고 있으며, 앞으로도 상기 활동에 더하여 다양한 루트에 기반한 사용자 요구사항을 수렴하여 VAPOR 개발에 반영할 계획이다.



▶▶ 그림 2. 고해상도 지도 및 등치선 표현
(등치선 수치표현에 원근법 적용)



▶▶ 그림 3. VAPOR를 이용한 모델 결과 시계열 표출

사 사

이 연구는 한국과학기술정보연구원 재난대응HPC연구센터가 수행하는 주요사업 '초고성능컴퓨팅기반 국가현안 대응체계 구축' 의 지원을 받아 수행되었습니다.

■ 참 고 문 헌 ■

[1] Clyne, J., Mininni, P., Norton, A., and Rast, M., "Interactive desktop analysis of high resolution simulations: application to turbulent plume dynamics and current sheet formation," New Journal of Physics, 9, 301, 2007.

[2] 이범용, 육진희, 장동민, 신호정, 이지우, 조민수, 안준언, "대기-해양 수치모형 결과 표출 및 분석 서비스 제공을 위한 3차원 과학적 가시화 도구 개발", 슈퍼컴퓨팅정보지, 제3권, 제2호, pp.16-22, 2015.

[3] 박진영, 박정현, 장동민, 육진희, 조민수, 안준언, "대기 및 해양 수치모형을 이용한 대규모 수치모의 결과 표출을 위한 3차원 과학적 가시화 및 분석 플랫폼 VAPOR의 기능 강화 전략", 슈퍼컴퓨팅정보지, 제4권, 제2호, pp.5-13, 2016.