

ISBN:
978-89-6211-457-7

WRF Portal 기술 분석 연구

권오경, 김상완, 함재균, 김상완, 이필우

한국과학기술정보연구원

임대용

서울대학교

차 례

1. 개요

2. 웹 사이트 내 콘텐츠 정리

2.1 요약

2.2 콘텐츠 정리

2.3 WRF Portal

2.4 WDW

2.5 Tutorial

2.6 F.A.Q & About

2.7 KISTI 슈퍼컴퓨터를 통해 실행할 경우 유의사항 정리

3. 콘텐츠별 장단점 분석

3.1 요약

3.2 총괄

3.3 WRF Portal

3.4 WDW

3.5 Tutorial

4. 콘텐츠별 적용 가능성 분석

4.1 요약

4.2 WRF Portal

4.3 WDW

4.4 Tutorial

5. 결론

첨부1: WRF modeling system flow chart & 부분별 역할에 대한 간단한 요약

첨부2: Self-made linux cluster 구성 시 콘텐츠별 적용가능성 분석

1. 개요

컴퓨팅 및 전산 환경의 개선으로 수치 모형의 수평, 연직 해상도를 비약적으로 높일 수 있었다. 그러나 단순히 해상도를 높이는 것으로 모형이 작은 규모의 현상을 잘 모의할 수 있는 것은 아니다. 수치 모형을 구성하는 여러 가지 요소들, 예를 들면 시간 적분법, 공간 적분법, 격자 체계 등에 따라 모형이 모의할 수 있는 현상이 제한되기 때문이다. 뿐만 아니라 이전까지 아격자 규모로 모수화 되어있던 여러 가지 현상들이 격자 규모로 표현되고 그에 적합한 초기 자료가 필요하게 되는 등, 해상도가 높아진다는 것은 수치 모형이 여러 가지 측면에서 그에 적합한 형태로 변화해야함을 의미한다.

현재 한국의 현업 수치예보 기관 (기상청, 공군) 에서 사용하고 있는 지역 모형은 NCEP/NCAR 에서 개발한 MM5를 기반으로 하고 있다. MM5는 수평 격자 규모가 대략 수십 km의 해상도를 가지는 모형 영역에 적합한 모형이다. 최근 수 km, 또는 그 이상의 고해상도를 가지는 격자 체계를 이용한 실험을 통해 MM5가 고해상도 수치 실험에 적합한 지, 고해상도 수치 실험에 MM5를 사용할 때 유리한 물리 과정이 무엇인지, 고해상도 모형 실험에서 MM5가 가질 수 있는 단점 등에 대한 연구가 진행되었다.

이런 시도에도 불구하고 MM5는 모형 내부에 수치적으로 삽입된 감쇠 (damping) 항과 사용하고 있는 Staggered Arakawa B-grid 특성 등으로 인해 작은 규모의 중력파와 같은 현상을 모의하기에는 적합하지 않다. 특히 중 규모 현상 중 작은 규모에 속하는 중력파의 경우 MM5에서는 생성이나 전파, 소멸 과정이 제대로 표현되지 못한다. 비록 중력파가 가지고 있는 에너지는 크지 않아 악기상과 같은 큰 규모의 기상 현상에 에너지원으로 작용하지는 못하지만 악기상을 유발하는 방아쇠가 될 수 있으며 산맥이나 도시 풍하층에서의 지역적인 강수와 같은 현상을 유발하는 등 중규모 현상에서 중요한 역할을 하고 있기 때문에 보다 높은 해상도를 가지는 모형 예측 결과를 생성하기 위해서는 이에 대한 고려가 반드시 필요하다.

이러한 필요성으로 인해 2000년부터 NCEP/NCAR에서는 고해상도 수치 모형 개발을 위해 장기 계획을 수립하고 여러 기관과 공동으로 새로운 수치 모형인 WRF (Weather Research and Forecasting) 모형을 개발하고 있다. 이 모형은 기본적으로 수 km의 해상도를 가지는 모형 영역에 적합하도록 설계되어 있으며 MM5에서 잘 표현하지 못하던 중력파와 같은 작은 규모의 대기 현상을 모형 격자 규모에서 표현할 수 있도록 설계되었다. 이를 위해 현재 WRF 모형은 사용하는 역학 구조에 따라 프로토 타입을 설정하고 개발

중이며 모형의 초기 자료를 만드는 전처리 과정으로 변분 자료 동화 기법을 개발하고 있다. 프로토 타입으로는 세 가지 다른 형태가 있다. 연속 좌표계를 다르게 사용하는 오일러리안 모형(Eulerian model) 등과 준 라그랑지안 모형(Semi-Lagrangian Model)이다. 현재는 두 개의 오일러리안 모형만 수행 가능하며 각각 질량 좌표계 (Mass coordinate)와 높이 좌표계 (Height coordinate)를 사용하여 연속 좌표계에 차이가 있다.

WRF는 1~10km 의 해상도를 가지는 모형 영역에 적합하도록 설계되었다. 이를 위해 MM5에서 사용하던 격자 체계와 시간 적분 방법을 개선하였다. 격자 체계는 MM5에서 사용하던 격자 체계와는 다른 Staggered Arakawa C-grid를 사용하였고 시간 적분 방법으로 중력과 같은 작은 규모의 현상을 보다 현실적으로 모의하기 위해 3차 Runge-Kutta 시간 적분 방법을 사용하였으며 수치 적분 시간을 효율적으로 관리하기 위해 시간 분할 방법 (Time split method)을 사용하였다. 모형에 사용되는 초기 자료는 The WRF Preprocessing System (WPS)라는 전처리 과정을 이용하며 생성하며, 각 과정은 MM5에서와 달리 하나의 프로그램으로 관리되어 보다 일관성 있는 모형 실험이 가능하도록 하였다. 또한 현재 모형 초기 자료를 생성하기 위한 입력 자료는 GRIB, BUFR 등 대부분의 자료 포맷이 가능하다. 또한 전구 자료 뿐만 아니라 중규모 자료도 함께 이용할 수 있기 때문에 다양한 모형의 조합이 가능하다. 관측 자료를 모형의 초기 자료에 입력하기 위해 4-차원 자료동화 (FDDA) 와 3-, 4-차원 변분 자료 동화 (Variational Data Assimilation) 방법 등을 개발·적용하고 있다. WRF 모형에 대한 자세한 work flow 및 부분별 설명은 [부록 I] 을 참고하라.

현재 WRF 모형은 중규모 기상현상에 뿐만 아니라 전구규모, 기후와 관련되어 최근 관심을 받고 있는 대기화학 모델링 대한 연구와 예측으로 그 분야를 확대하고 있다. 미국, 호주, 대만 등 많은 나라와 기관에서 현업 수치예보 모형으로 발전·적용하여 사용 중이며 전구 및 이상 모형, 대기화학 모형 또한 활발히 적용되고 있다. 또한 다양한 워크샵과 튜토리얼, 세미나 및 관련 자료 배포하고 있으며 다양한 가시화 기법 적용 가능, 다양한 인터페이스, 운영체제에서도 활용가능하다는 점도 WRF 모형에 큰 장점이라 할 수 있다. 특이한 점은 WRF에서는 NCEP의 현업 수치예보 모형이라 할 수 있는 WRF-NMM core를 WRF-ARW core와 함께 제공함으로써 사용자들에게 다양한 WRF 수행을 가능하게 한다.

WRF 모형이 2000년대 초반까지 많이 사용되어 왔던 MM5 의 차세대 모형임에는 분명하지만 이와 더불어 세계 각국의 사용자에게 환영받는 요인

중 하나는 개발자와 사용자간의 소통 수단을 다양하고 간단하게 체계화 시켜놓았다는 것이다. 앞서 서술한대로 다양한 목적과 환경 속에서 이용이 가능한 만큼 여러 오류 및 요구사항이 존재한다. 간단한 모형 설치 오류에서부터 설치 시 복잡한 수정이 요구되어 생기는 질문 및 오류, 수행오류, 자료처리 오류, 다양한 요구사항 리스트 등을 문답 게시판의 형태를 통해 개발자가 직접 답을 하거나, 등록된 전 세계 사용자들에게 공개 질의를 통해 해결함으로써 개발자와 사용자 간의 피드백을 원활히 함은 물론 사용자간의 정보 교류 또한 원활하게 됨으로써 생소한 모형을 사용자에게 빠르게 적응되도록 하였다.

WRF Portal 웹은 WRF 모형을 수행하는데 있어서 서버로 터미널 접속을 통해 모형을 수행하는 고전적인 방법이 아니라, Windows 와 같이 익숙한 그래픽 기반의 인터페이스 (GUI : Graphical User Interface)를 사용자에게 제공함으로써 좀 더 쉽게 사용자가 WRF 모형을 설치, 수행, 활용할 수 있도록 지원하는데 그 목적이 있다. 이를 WRF Portal 웹에서는 다음과 같이 기술하고 있다. 'WRF Portal is the graphical user interface (GUI) front end for configuring and running both WRF cores: ARW and NMM, as well as configuring and running your own programs/scripts (like post). It simplifies the selection/localization of your domain, the running and monitoring of WRF, and the visualization of your model's output. Written in Java to be portable to all platforms, WRF Portal includes WRF Domain Wizard.'

여기서는 WRF Portal 웹에서 제공되는 프로그램에 대한 기본적인 내용을 이해하고 사용법을 익히고자 한다. 또한 한국과학기술정보연구원 (이하 KISTI) 슈퍼컴퓨터를 대상으로 실제 작업환경을 설정해보고 실습하면서 생기는 유의사항을 파악하고, 이를 통해 최종적으로 각 컨텐츠별 장단점을 분석해 KISTI 슈퍼컴퓨터에 최적화되어 새롭게 개발될 WRF 웹에 지침서로 활용하고자 한다.

2. 웹 사이트 내 콘텐츠 정리

2.1 요약

- WRF Portal은 모형 설정에서부터 실행까지 WRF 모형의 일반적인 내용을 GUI 환경에서 구현될 수 있도록 하는 프로그램이다.
- WRF Domain Wizard (이하 WDW)은 WRF 모형 중 WPS 설정 및 실행을 담당한다. WRF 모형의 전체적인 설정을 담당하는 부분에서 GUI를 통해 쉽고 편하게 설정할 수 있도록 하는 프로그램이다.
- Tutorial은 WRF Portal과 WDW 사용자에게 도움을 주고자 만든 교육용 콘텐츠로 Java Web Start를 통해 구현된다.

2.2 콘텐츠 정리

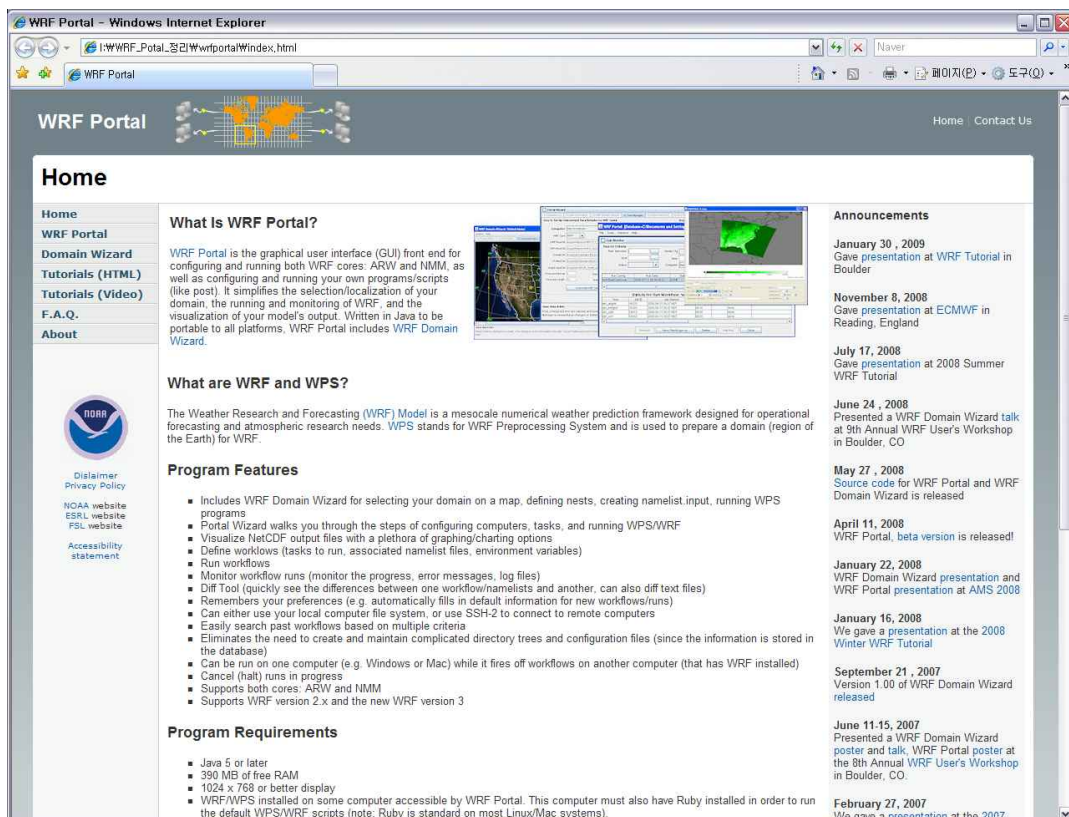


그림 1. WRF Portal 웹 페이지 첫 화면

- 사용할 지도를 선택하고 Nesting 방법 및 내용을 결정하며, namelist.input

을 생성하고 WPS 과정을 실행하는 WDW가 있다.

- WRF Portal은 사용할 컴퓨터, 태스크 (task), WPS/WRF 수행의 단계를 거쳐야 한다.
- 다양한 그림과 차트 옵션을 통해 NetCDF 결과 자료를 가시화할 수 있다.
- 모형 수행에 필요한 다양한 설정(작업 수행 시 필요한 task 수, namelist 파일과 환경변수들 등)이 가능하다.
- 모형 수행이 가능하다.
- 모형 수행의 진행 상황, 오류 메시지, 결과 log 등을 파악할 수 있다.
- 하나의 작업 설정 내용과 namelist를 동일한 역할의 다른 것들과 비교할 수 있는 Diff Tool이 있다.
- 새 작업 설정 내용과 수행을 위해 기본 정보로 자동적으로 채워지는 설정 값을 잘 유념해야 한다.
- 로컬 컴퓨터 파일 시스템뿐만 아니라 SSH-2로 연결되는 원격 컴퓨터의 파일 시스템도 사용이 가능하다.
- 다양한 작업에서 지난 작업 설정 내용을 쉽게 찾을 수 있다.
- 복잡한 디렉토리 구조와 구성된 파일들을 생성하고 유지하기 위한 노력이 요구되지 않는다.
- WRF 모형이 설치되어 있는 컴퓨터에서 작업 설정이 되지 않는 경우 Windows 혹은 Mac 등의 컴퓨터에서 실행이 가능하다.
- 진행되는 작업을 최소화할 수 있다.
- ARW 와 NMM core 모두 지원한다.
- 대부분의 WRF version을 지원한다.
- 몇 가지 프로그램이 필요하다. (Java 5 이상, 390MB 이상의 여유 메모리, 1024x768 이상의 화면해상도, WRF Portal에서 지원하는 컴퓨터에서 WPS/WRF 모형 설치, 특히 기본 WPS/WRF 스크립트를 이용해 모형을 수행하고자 할 때는 Ruby 필요)

2.3 WRF Portal (WRF Portal 내 콘텐츠를 수행하기 위한 GUI 프로그램)

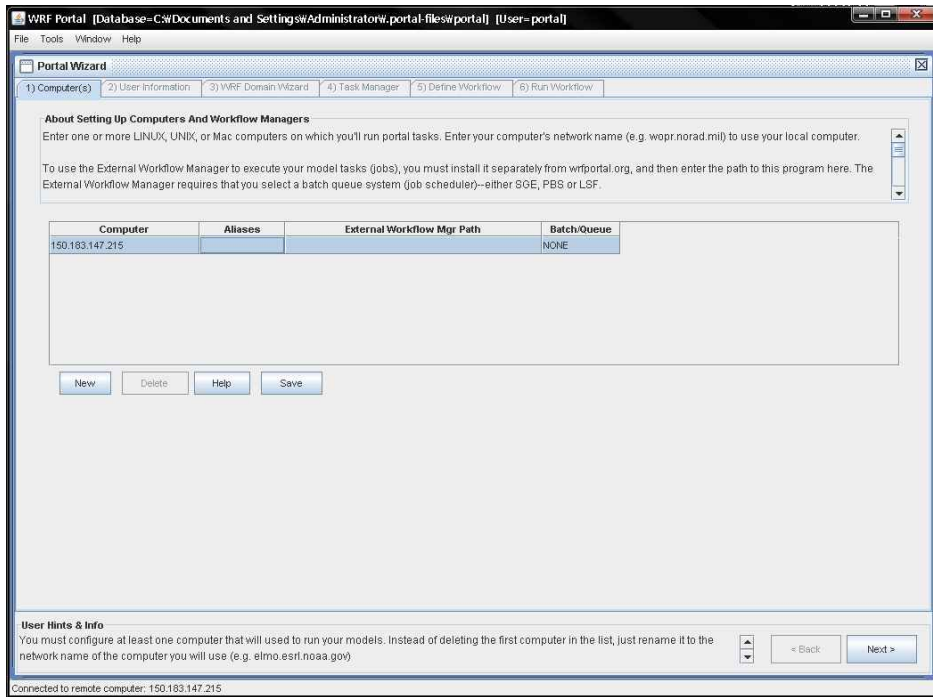


그림 2. WRF Portal GUI 첫 화면

- 최신 버전 : 1.40 (2009.03.27 개정)
- 실행 가능한 운영체제 : Linux, AIX, Mac, Windows
- 목적 : WRF 수행을 위한 전체적인 작업 관리
- 사용 : 소스 코드를 이용해 직접 설치하여 이용 & 수정 가능/Java web start 를 이용해 특별한 설치 없이 이용

※ Java Web Start 에 대한 자세한 설명은 웹 사이트 참고하라.

※ WRF Domian Wizard 1.40 는 WRF Portal 내에 포함되어 있으며 설명은 다음 장을 참고하라.

- Java Web Start 로 WRF Domain Wizard 를 이용할 수 없는 경우 : wrf-portal.zip 통하여 command line 이용한 작업 수행을 지원
- Workflow manager : External and Internal Workflow manager, SGE 나 LSF등의 batch system 가 있는 경우 Ruby 이용, SGE 나 LSF가 있는 경우 External Workflow manager 이용 가능, batch system 이 없는 경우 Internal Workflow manager 이용 가능.

※ batch system 이 있어도 “out of the box”를 통해 Internal Workflow

manager를 이용할 수 있다.

2.4 WDW



그림 3. WRF Portal GUI 실행 시 첫 화면

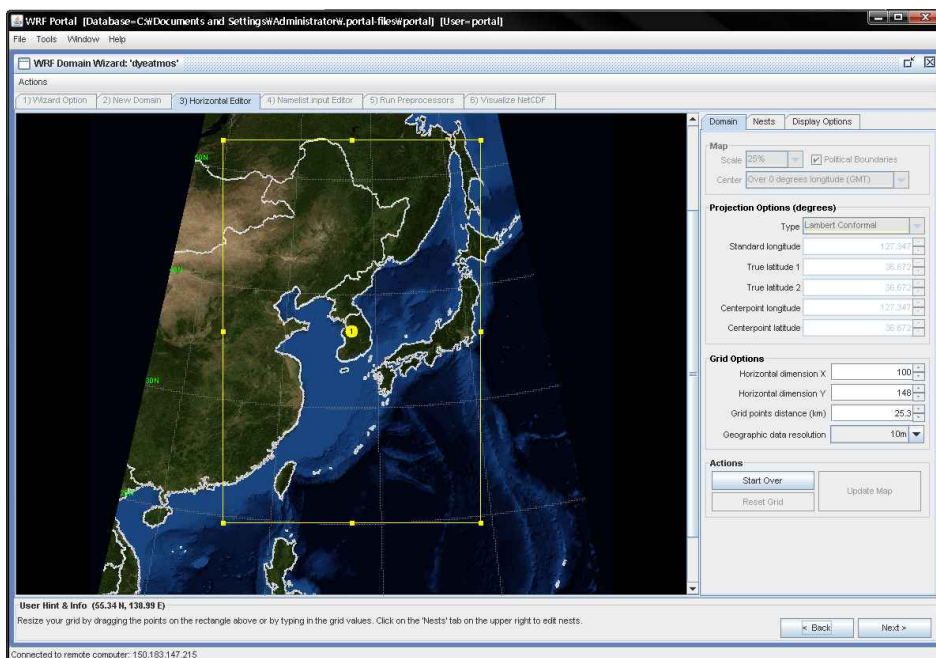


그림 4. WDW 동아시아 영역의 WRF Domain 설정

- o WRF Portal과 함께 연동되기 때문에 최신 버전 정보 및 기타 사항을 WRF Portal과 동일하다. 단지 사용 목적이 WPS 내에 전 과정만을 실행할 수 있다. 하지만 자체 분석 결과 (표 1.) 에서도 나타나듯이 WDW 사용자가 WRF Portal보다 더 많다. 이는 그만큼 WDW가 WRF 사용자

에게 크게 활용되고 있음을 의미한다.

표 1. WRF Portal 내 프로그램 이용자 예측 현황

software	Estimated Users	Countries
WRF Portal	827	64
WRF Domain Wizard	1221	67
Ext. Workflow Manager	71	18

o 1장에서 말한 대로 WPS를 실행시키기 위해서는 모형의 입력 자료가 필요하다. 일반적으로 전구 모형의 결과를 주로 이용하고 있으며, 대표적으로 NCEP GFS, KMA GDAPS 등이 있다. 아래에 사이트에서 GRIB 데이터 형태의 전구 모형 자료를 다운 받을 수 있다.

※ <http://www.nco.ncep.noaa.gov/pmb/docs/on388/tableb.html>

※ <ftp://ftpprd.ncep.noaa.gov/pub/data/nccf/com/>

2.5 Tutorial

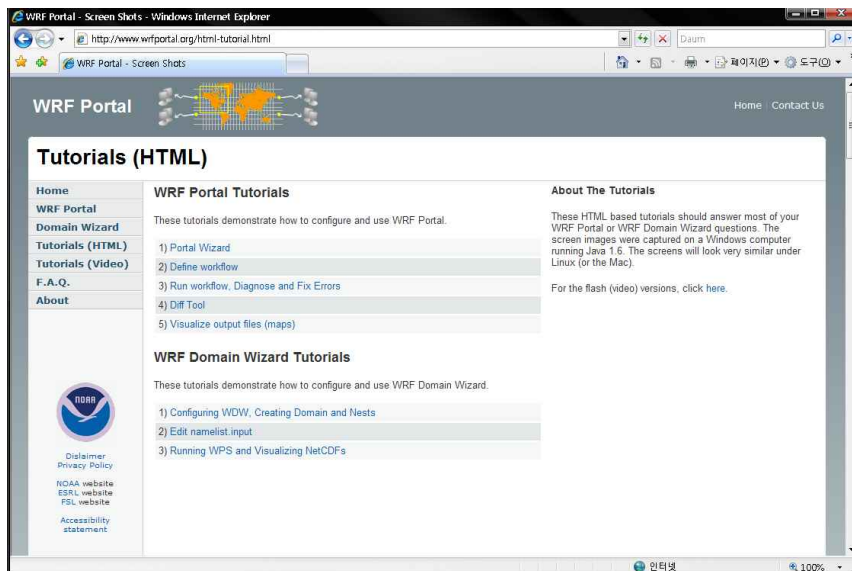


그림 5. WRF Portal 홈페이지 내에 HTML로 작성된 Tutorial의 첫 화면

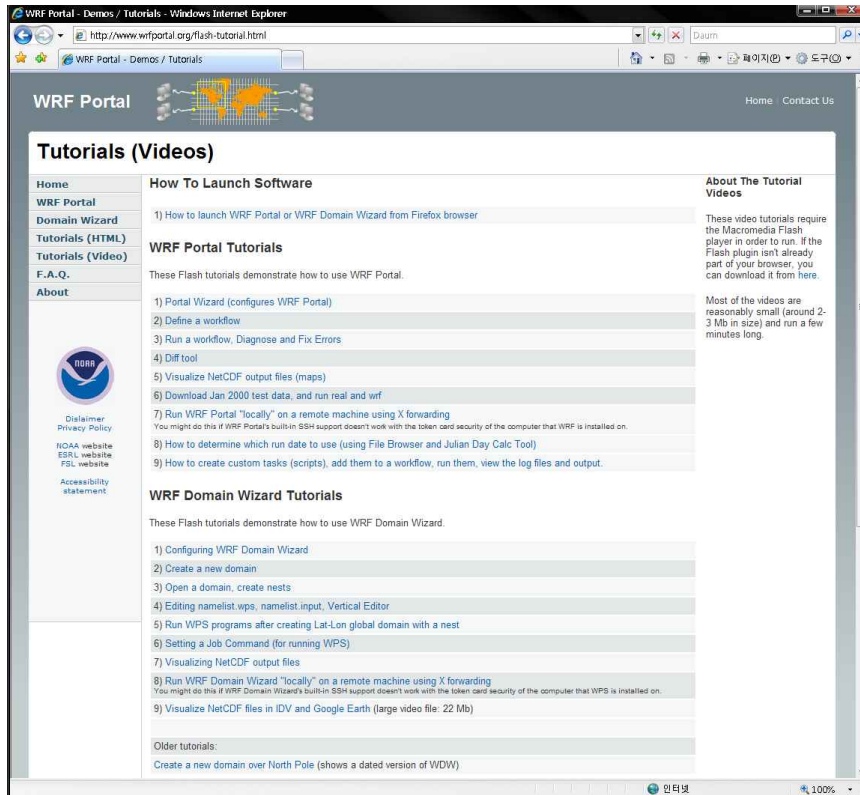


그림 6. WRF Portal 홈페이지 내에 비디오로 작성된 Tutorial의 첫 화면

- HTML 과 비디오 2가지 버전으로 작성하여 제공한다.
- WRF Portal와 WRF Domain Wizard Tutorial를 제공한다.
- html 기반의 Tutorials에서 WRF Portal Tutorial는 사용할 시스템과 로컬 디렉토리 등의 설정하고 WRF Portal을 사용하는데 대한 기본적인 지침을 제공한다. Portal Wizard, Define Workflow, Run Workflow & Diagnose and Fix Errors, Diff Tool, Visualize output files (maps)에 대한 세부 정보가 있다.
- WRF Domain Wizard Tutorials는 사용할 도메인을 설정하고 WRF Domain Wizard를 사용하는데 대한 지침을 제공한다. Configuring WDW & Creating Domain and Nests, Edit namelist.input, Running WPS and Visualizing NetCDFs에 대한 세부 정보가 있다.
- 비디오 기반의 Tutorials에서 html 기반에서보다 더 자세한 정보를 담고 있다. WRF Portal Tutorials는 앞서 설명한 wrf-Portal.zip 통하여 command line 이용한 작업 수행을 지원하는 내용을 포함하여 Julian 계산을 활용한 batch 작업 수행, 셸 스크립트 작성 및 실행 등에 대한

내용이 추가되어 있다.

- WRF Domain Wizard에서는 Lat-Lon 기반의 전구 도메인 설정 방법과 IDV (Integrated Data Viewer), Google Earth와 연동된 NetCDF 가시화 방법 등에 대한 내용이 추가되어 있어 관련 프로그램들을 보다 효과적으로 활용하는데 도움을 준다.

2.6 F.A.Q & About

- F.A.Q. 및 기타 개발자 그룹에 대한 소개와 본 콘텐츠의 사용률 등을 자체적으로 판단해 보여준다.

2.7 KISTI 슈퍼컴퓨터를 통해 실행할 경우 유의사항 정리

- WRF Portal 및 WDW를 실행하기 위해서는 WRF, WPS 미리 설치해 두어야 한다. KISTI GAIA 및 TACHYON 모두 사용자 계정에서 필요한 NCARG graphics, NetCDF 등 환경설정만 완료하면 모형 설치에는 문제가 없다.
- WDW를 실행하기 위해 geogrid에서 사용될 지형 자료가 필요하다. WDW 실행 전에 다운로드 해서 압축을 풀어두자.
- serial 로 Workflow 구성은 KISTI 슈퍼컴퓨터에서 불가능하다. 단, 각 디버깅노드에서는 serial 수행이 가능하나 고려사항이 아니다.
- GAIA 의 loadleveler 나 TACHYON 의 PBS의 경우 Internal Workflow Manager를 이용해 병렬처리 가능하나 command line에서 처리하는 것 보다 더 복잡하고 WRF Portal을 계속 실행시킨 상태이어야 함으로 Job scheduler로서의 의미가 없다고 볼 수 있다.
- 현재 WRF Portal 및 WDW 버전 1.40 버전에서 결과자료를 그림으로 표출할 때는 IDV 와 Google Earth를 이용한다. Tutorial 에 나와 있는 방법과는 다소 차이가 있기 때문에 Figure 6 를 참고하여 IDV 와 Google Earth를 설치 후 실행하여야 한다.

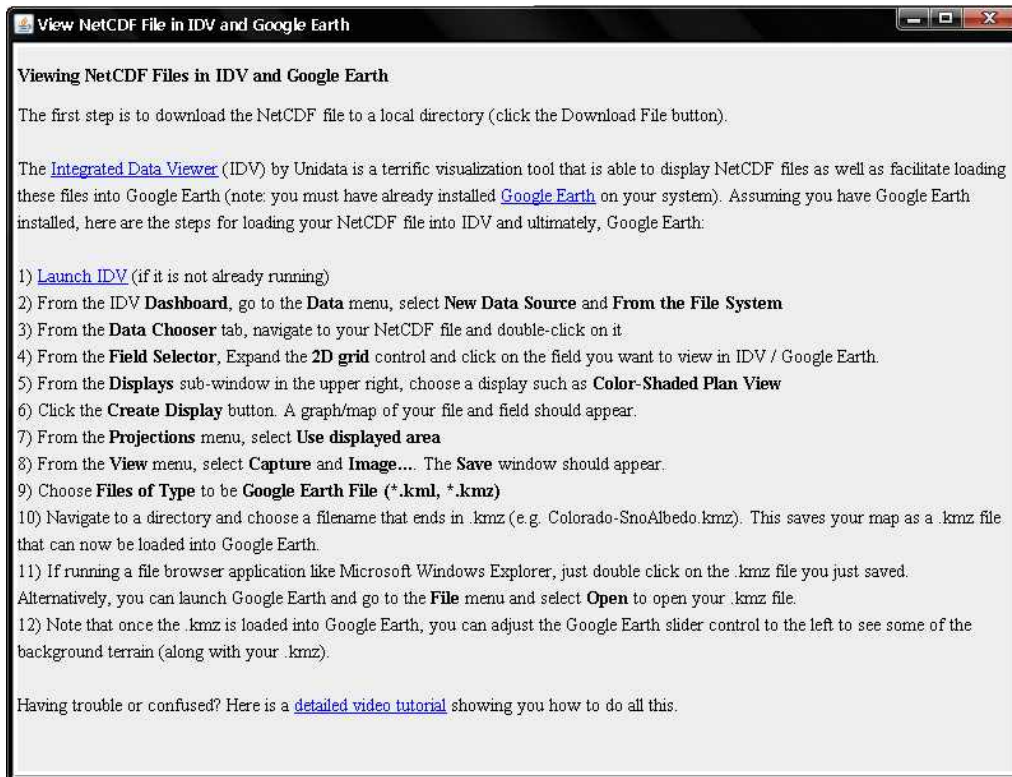


그림 7. IDV 와 Google Earth 에서 NetCDF 파일 보기

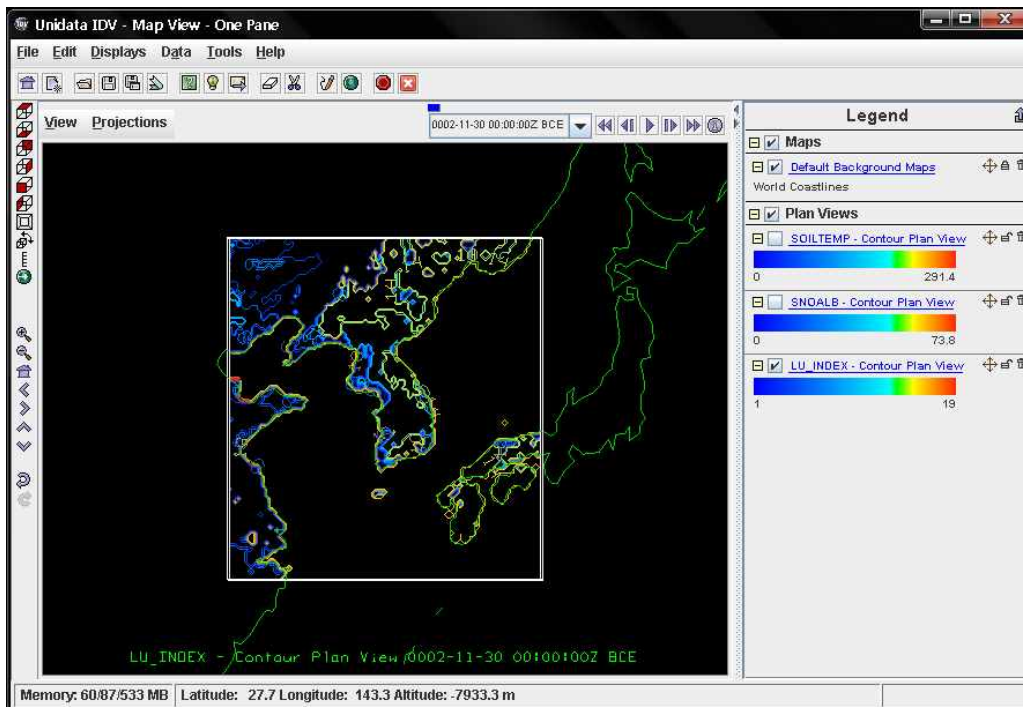


그림 8. IDV 를 이용한 이미지 처리

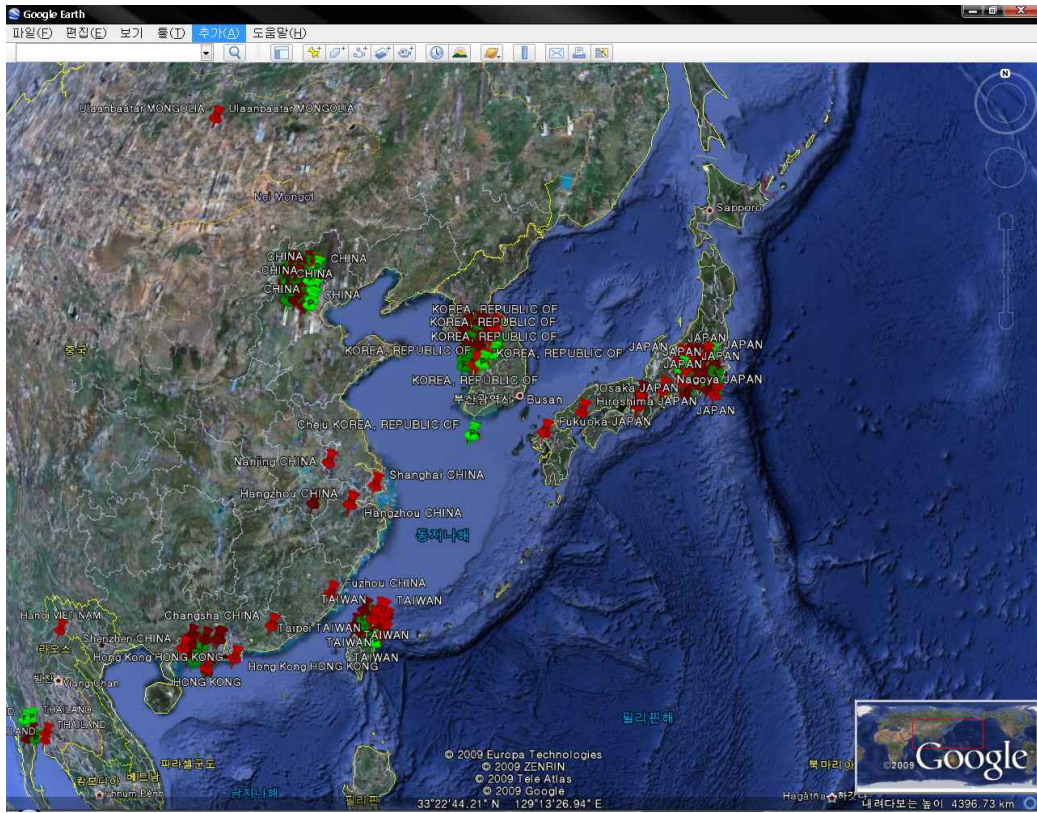


그림 9. Google Earth 를 이용한 이미지 처리

3. 컨텐츠별 장단점 분석

3.1 요약

- 개발 목적과 완성도, 범용성 모두 뛰어나다.
- 다양한 레벨의 WRF 모형 사용자가 다양한 형태와 이용 목적을 두고 활용할 수 있다.
- WDW 는 WRF Portal에서 가장 활용도가 높은 컨텐츠라 할 수 있으나 KISTI 슈퍼컴퓨터에서 직접 사용하기에는 실행 방법 문제로 제약이 있다.
- WRF Portal은 WDW를 포함한 WRF 모형 전반을 제어할 수 있지만 다소 복잡한 구조와 각 과정의 설명 부재로 인해 활용도가 다소 떨어진다.
- Tutorial 은 명시적이고 간결하게 표현되어 있어 단점을 찾기 힘들다. 다만 지속적으로 개발 중인 WRF 모형 개발 속도에 따라 업데이트가 빠르게 되지 못하고 있다.

3.2 총괄

WRF Portal에서 제공되는 다양한 컨텐츠들은 개발 목적이 뚜렷하며 완성도 및 범용성 모두 뛰어나다고 판단된다. 소모적이며 반복적인 모형 수행 작업을 자동으로 저장해 언제든지 필요한 부분을 불러올 수 있기 때문에 시간 소모를 크게 줄일 수 있다는 것이 큰 장점 중 하나이다. 또한 사용자에게 컴퓨팅 시스템, 모형 수행 설정에 대한 단계별 지침을 제공함으로써 WRF 모형에 익숙한 사용자뿐만 아니라 미숙한 사용자에게도 쉽게 모형에 접근할 수 있도록 배려하고 있다. 특히 WPS/WRF 과정을 수행하는 것 이외에 각 항목과 관련되나 WRF 모형에서는 제공하지 않는 다양한 유틸리티를 제공하고 쉽게 사용할 수 있도록 함으로써 WRF Portal의 컨텐츠 활용도를 높이고 있다.

사용자 대상으로 볼 때 WRF Portal의 개발 목적을 크게 둘로 나눌 수 있다. 첫 번째는 WRF 모형을 처음 사용하거나 사용해 본 적은 있으나 익숙지 않고 Unix/Linux 기반의 컴퓨팅 환경에 대한 경험이 적은 사용자이다. 이런 사용자들에게 WRF Portal에서 제공하는 HTML과 비디오 Tutorial 은 WRF 모형 자체를 익숙하게 하는데 도움을 줄 수 있을 뿐만 아니라, 모형 수행에

필요한 기본 지식들을 익숙한 윈도우 기반으로 옮겨서 활용할 수 있다는데 그 의미가 있다고 하겠다. 두 번째는 WRF 모형 및 컴퓨팅 환경에 이 익숙한 사용자이다. 이런 사용자들 중 대부분은 모형을 자주 수행해야할 필요가 있다. 대표적으로 실시간 WRF 모형 기반의 예측 시스템을 운영하거나 WRF 모형 개발자들이 그 예라 하겠다. 이 경우 비슷한 설정을 반복적으로 수행해야 할 때가 많다. 이런 반복 설정을 각 과정별로 재 수행하는 일은 꼭 필요하지만 상당히 번거롭다. 하지만 WRF Portal을 통해 이러한 소모적인 작업을 크게 줄일 수 있다. 또한 다양한 유틸리티를 목적에 맞게 손쉽게 사용할 수 있다는데 큰 장점이 있다.

하지만 몇 가지 눈에 띄는 단점 및 개선점도 없지 않다. 대표적으로 Tutorial에서도 볼 수 있듯이 WRF Portal 내의 과정별 자체에 입력해야할 내용이 많아 사용자에게 따라 다소 복잡하게 느껴질 수가 있다. Portal 이라는 사이트 목적에 부합하게끔 사용자의 다양한 요구를 포괄하려는 노력이 진행되었고 구현되었지만, 자칫 프로그램의 범용성 때문에 효율성을 떨어뜨리는 부정적인 영향을 줄 수도 있다. 또한 WRF 모형이 계속 개선됨에 따라 모형을 수행하는 방법 자체가 변형이 있을 경우 현 체계에서는 바로 대응하기가 쉽지 않다. 이는 절대적으로 개발자에게 부여되는 내용이기 때문에 사용자가 사용자의 요구에 따라 다양한 변형할 수 없다. 즉, 정형화된 WRF 모형의 수행이 아닌 연구 등의 목적으로 다양하게 변형되어 WRF 모형을 수행하고자 할 때는 본 프로그램의 역할이 크게 약화된다는 것은 어쩔 수 없는 사실이다.

따라서 여기서는 각 콘텐츠별 장단점을 분석해 다음 장에서 언급될 KISTI 슈퍼컴퓨터에서의 적용 가능성 분석에 밑바탕 자료로 활용할 것이다.

3.3 WRF Portal

Portal Wizard의 대표적인 기능은 Workflow이다. WPS뿐만 아니라 WRF 수행 전 과정을 자동화시켜 한번에 수행할 수 있다는 것이 가장 큰 장점이다. 물론 자세한 설정과정에서 필요한 과정들이 다소 많지만 한번 설정해 두면 언제든지 재 사용이 가능하고 여러 개의 다른 설정 값들을 가진 Workflow 들을 저장해서 언제든지 불러올 수 있다. 특히 WRF 모형의 초기 사용자 들은 Workflow를 통해 각 과정별 역할을 이해하고 각 과정별 수행에 필요한 자료가 무엇이 있는지를 결과 디렉토리에서 확인이 가능하다.

Workflow는 command 상에서 쉘 스크립트를 작성하는 일과 동일하다. Linux/Unix 에 생소한 사용자는 Portal Wizard를 통한 Workflow가 유리할 수 있으나, Linux/Unix 에 익숙한 사용자이거나 WRF를 많이 사용해본 경험이 있는 사용자에게는 여러모로 귀찮은 작업들이 많으며 따라서 활용도 또한 크게 떨어진다고 판단된다.

기타 유틸리티 및 job scheduler 에 대한 활용 역시 Linux/Unix 초기 사용자에게는 편리하게 다가갈 수 있으나, 익숙한 사용자에게는 큰 장점이 보이지 않는다. 예를 들어 job scheduler를 사용하기 위한 job command 는 쉘 스크립트 상 10 줄 내외의 분량을 입력하면 되지만 WRF Portal에서는 Task Manager 에서부터 Run Workflow까지 세부적인 사항들까지 설정해야하기 때문에 상당히 복잡하다. 물론 세부적인 설정들까지 지원하기 위한 다양한 단계를 통해 전체가 구성할 수 밖에 없음을 충분히 이해가 가는 부분이지만, 앞서 말한 대로 범용성을 위해 효율성이 크게 떨어지기 때문에 효율성을 원하는 사용자에게는 적합하지 못하다고 판단된다.

WRF Portal에서 또 다른 장점 중 하나는 가시화 부분이다. 실제로 기존 사용자들도 각 과정에서 생성된 결과 자료를 확인하기 위해 가시화 작업을 하는데, 각 과정별로 포맷도 다르고 보고자 하는 내용이 다양하기 때문에 선택 작업하기 힘들 부분이다. 따라서 여기서 제공하는 NetCDF 결과 자료의 가시화 유틸리티는 단순한 설정을 통해 결과 자료를 값으로 바로 확인 가능함은 물론 바로 가시화가 가능하고 또한 다양한 형태로 표출할 수 있기 때문에 활용도가 높다고 할 수 있다. 작성자 역시 모델 수행 후 WRF Portal 프로그램을 이용해 결과 자료를 가시화 하여 확인하고 있다.

마지막으로 WRF Portal을 사용하면서 가장 아쉬운 점은 각 과정이 WRF 전체의 어떤 부분에 해당하고 왜 이 부분에 대한 설정이 필요한지에 대한 설명이 부족하다는 것이다. 특히 각 항목에 대한 설명이 전혀 없기 때문에 초기 사용자들에게는 command를 통한 모델 수행 때보다 더 어렵게 느껴질 수 있다. 또한 WRF 모형에 필요한 WRF Portal 설정이 되는 부분은 더욱 더 설명이 요구된다.

3.4 WDW

WPS 과정 중 도메인 설정에서 WDW는 사용자에게 직관적으로 필요한 내용을 설정할 수 있도록 되어있다. NCAR에서 WRF 이전의 MM5를 제공한 이후부터 WDW가 개발되기 이전까지 모형에서 도메인 설정은 상당히 복잡

한 문제 중 하나였다. 보통 중규모 모형은 모형의 초기·경계 조건 (initial·boundary condition)의 질이 모형의 예측성을 결정한다고 봐도 무방할 정도로 중요하다. 특히 이 조건은 예측하고자하는 지역의 지형 및 지표특성, 기후적 특징에 따라 민감하기 때문에 도메인 정보를 설정함에 있어서 상당한 사전 조사 및 연구가 요구된다. WDW가 개발되기 이전에는 사용자가 예측하고자 하는 지역을 설정하고 영역의 중심을 고려하는 등의 모든 작업을 사용자가 해야 하는 반면에 WDW에서는 이러한 수고를 크게 덜어준다. 또한 설정한 모형 영역에 대한 namelist.input를 자동으로 생성해 주기 때문에 모형의 세부적인 정보들도 손쉽게 확인하고 저장할 수 있다. 이러한 장점들 때문에 WRF 사용자에게 크게 활용되고 있는 프로그램이다.

WDW에서는 텍스트 형식으로 입력창도 지원하기 때문에 지형 정보 설정 후 세부적인 조정이 가능하다. 하지만 이런 세부적인 조정은 사용자를 통해서 이루어지며 약간의 계산이 요구될 수도 있다. 또한 WDW에서는 WPS 전체 과정을 실행할 수 있도록 지원하기 때문에 지형 정보 설정 후 바로 모형을 수행해 볼 수 있다. 단 모형을 수행하고자 하는 시스템에 WPS가 컴파일되어 있다는 가정하에서다. 기타 표출 등과 관련해서도 사용자에게 큰 도움을 준다.

도메인 설정이라는 면에서 WDW는 범용성 및 효율성에서 완벽에 가까운 완성도를 보여준다고 생각한다. 하지만 WDW를 통한 모형 수행에서는 그 아쉬운 점이 눈에 띈다. 간단히 말해서 command를 통해 모든 설정을 시스템에 미리 해두어야 한다는 것이다. 현업 및 연구용 수치 모형의 설정이 수행하려는 날짜나 역학과정에 대한 정보는 바뀔지언정 지형 정보에 대한 사항이 바뀔 일이 크게 없다는 점에서 초기 사용 시에는 큰 도움을 주지만 모형 수행을 위해 WDW를 사용할지는 의문이다. 어차피 command를 활용할 것이라면 모형 수행에는 WDW가 command를 통한 모형 수행보다 효율이 떨어진다고 판단된다.(물론 Linux/Unix 운영체제를 전혀 모르는 사람이 수행한다는 경우는 제외한다.)

3.5 Tutorial

Tutorial 부분의 완성도는 여타 다른 사이트에 비해 훌륭하다고 판단된다. WRF 정식 홈페이지 (<http://wrf-model.org>) 에 수록된 Tutorial 보다 더 우수하다. 물론 개발 목적이 다르기 때문이라고 할 수 있으나, 웹 Tutorial에서 가장 효과적인 방법은 그림은 통한 페이지의 구축이기 때문에, 이러한 내용

을 충실히 따르고 있는 WRF Portal의 Tutorial은 그 활용도를 크게 높일 수 있다. Tutorial을 위해 설치해야하는 프로그램들도 Java와 같이 일반적인 웹 프로그램이기 때문에 큰 무리가 없다. 다만, 현재 WRF 모형 체계의 큰 틀은 변하지 않지만, 수행 방법에서 세부적인 변동이 있고 앞으로도 있을 수 있다. 또한 WRF Portal 프로그램이 업데이트 되고 있다. 여기서 Tutorial이 이런 사항을 반영하지 못한 부분이 생기고 있으며 앞으로도 생길 가능성이 높다.

4. 콘텐츠별 적용 가능성 분석

4.1 요약

- o WRF Portal과 WDW를 KISTI 슈퍼컴퓨터에 바로 적용하기에는 적합하지 않다.
- o WRF Portal 중 전체 구성 체계와 가시화 부분에 대한 내용은 받아들이고 Workflow 사용과 WRF 유틸리티, KISTI 슈퍼컴퓨터에 포함된 소프트웨어 적용에 대한 내용을 개선해야 한다.
- o WDW 중 WPS 수행 부분을 제외하고 모든 부분은 그대로 사용해도 무방하다. 단순히 모형을 설정하고 설정된 값에 대한 namelist 만을 원하는 사용자에게는 큰 도움을 준다. 하지만 모형을 실행하는 단계에서는 KISTI 슈퍼컴퓨터 환경과는 다소 차이가 있기 때문에 개선이 불가피하다.
- o KISTI 슈퍼컴퓨터에 최적화된 프로그램을 개발한다면, 최소한 Tutorials의 html 버전 정도의 수준과 더불어 [KISTI 슈퍼컴퓨터 사용자 지침서] 수준의 문서화된 자료가 필요하다.

※ 일반적인 self-made linux cluster를 구성한다고 가정할 경우는 [부록II]를 참고하라.

4.2 WRF Portal

WRF Portal을 KISTI 슈퍼컴퓨터에 바로 적용하기에는 적합하지 않다고 판단된다. 앞서 설명한 것처럼 WRF Portal의 장점 중 가장 대표적인 것은 Workflow를 구성해 간단하게 설정된 내용을 수정하고 실행시킬 수 있다는 것이다. 하지만 Workflow를 구성하기 위해 command line 기반의 작업이 불가피하기 때문에 WRF Portal 취지는 반감된다. 게다가 KISTI 슈퍼컴퓨터에서 사용하고 있는 Job scheduler 로 Internal work manager 을 수행은 불가능하고 External를 수행하기 위해서는 각 슈퍼컴퓨터에 맞게 Job command 를 설정해둔 개별의 스크립트 파일들이 필요하기 때문에 command line 에서 수행할 때보다 더 복잡하다 (물론 이 부분은 다른 방법으로 해결할 수도 있겠지만 그 역시 복잡하게 만든다는 결과에는 변함이 없다).

WRF Portal 과 같은 목적을 가지고 KISTI 슈퍼컴퓨터에 적합한 프로그램을 개발하려면 WRF Portal 에서 어떤 점을 받아들이고 개선해야 할까? 또 개선은 한다면 어떻게 개선할 수 있을까? 우선 받아들여야 할 점은 크게 두 가지이다. 첫째 WRF Portal 의 탭으로 구성되어 있는 1) Computer 에서부터 6) Run Workflow까지의 체계이다. Java 기반으로 개발을 하던지, 웹 브라우저 기반으로 개발을 하던지 관계없이 WRF Portal에서 제시하는 체계가 사용자에게 가장 최적화된 체계라 판단된다. WRF Portal에 포함되지 않는 WRF-DVAR와 같은 자료동화 과정을 추가하여 구성한다면 약간의 차이가 있을 수는 있겠지만 전체적인 체계는 이와 유사해야 할 것이다. 둘째, 각 부분별 자료의 이미지화이다. 모형 결과자료에 대한 이미지화의 중요성은 앞서 말한바 있다. 특히 WRF 각 부분에서 생성되는 결과자료의 대부분은 NetCDF 형태이기 때문에 다양한 그래픽 유틸리티들을 활용할 수 있는데, WRF Portal에서는 IDV와 Google Earth라는 사용자가 많이 알고는 있지만 막상 이미지화 하려면 부담을 가질 수 있는 유틸리티를 지원해 줌으로써 프로그램으로써의 가치를 더욱 높이고 있다. 따라서 이 부분을 효율적으로 사용자에게 제공한다면 프로그램의 활용도는 물론이고 KISTI 슈퍼컴퓨터의 활용도 또한 크게 높아질 것이다. WRF Portal에서 제공하는 유틸리티들 (예. Diff Tool)도 이와 같은 의미이다.

다음으로 개선점은 무엇이고 어떻게 개선하여 적용할 수 있을지를 생각해 보자. 첫째, WRF Portal 에서 가장 아쉬운 점은 Workflow의 복잡함이다. 물론 WRF라는 모형이 다양한 사용자를 목적으로 하기 때문에 WRF Portal 역시 범용성이라는 점을 빼 놓을 수 없다는 점을 고려하면 다소 복잡함은 감안해야 한다. 하지만 KISTI 슈퍼컴퓨터만 적용한다면 다르다. 따라서 WRF Portal에서 제공하는 것을 그대로 이용하기 보다는 KISTI 슈퍼컴퓨터에 맞게 수정하는 것이 바람직해 보인다. Workflow를 구성함에 있어서 전체적인 WRF 과정의 통합은 물론이고 모형 수행에 중요한 역할을 담당할 Job Scheduler 활용 역시 보다 간편하게 할 수 있는 방향으로 이끌어가야 할 것이다. 둘째, WRF에서 제공하는 다양한 유틸리티들을 활용할 수 있도록 구성해야 한다. WRF userguide를 보면 다양한 유틸리티들이 있다. WRF Portal 이 WRF 이용을 돕는다는 목적에 견주어 볼 때 WRF 내에서 제공하는 유틸리티들은 최소한 사용할 수 있도록 구성해야 하는 것이 타당하다고 생각한다. 셋째, KISTI 슈퍼컴퓨터에서 제공하는 다양한 유틸리티들을 통합하는 노력이 필요하다. KISTI 슈퍼컴퓨터는 많은 소프트웨어를 제공하기 때문에 컴퓨팅 자원만큼이나 그 효용성이 높다. 물론 많은 소프트웨어를 WRF Portal과

같은 형태로 통합하기란 현실적으로 어렵지만, 관련 분야 연구원들의 다양한 의견 수렴을 통해 가장 필요하다고 판단되는 소프트웨어를 통합함으로써 KISTI 슈퍼컴퓨터 내에서 WRF 모형 수행에서 뿐만 아니라 다양한 목적으로 활용될 수 있도록 해야 한다. 예를 들면, KISTI 슈퍼컴퓨터는 다양한 프로파일링 소프트웨어를 가지고 있다. 이들의 역할 중 하나는 모형의 병렬화/최적화를 수행할 때 어떤 부분이 가장 많은 자원을 차지하고 있는지를 판단해 줌으로써 사용자에게 관련된 정보를 제공한다. 이런 내용들은 관련분야의 연구원들은 잘 알고 있지만 다른 사용자에게는 쉽게 접근하기 어려운 부분이다. 이런 부분들에 대한 정보 및 사용률을 높임으로써 전체적인 KISTI 슈퍼컴퓨터 활용을 향상시킬 수 있다.

4.3 WDW

WDW 역시 KISTI 슈퍼컴퓨터에서 바로 사용하기는 적합하지 않다. 그 이유는 기본적인 단일 프로세서의 작업이 가능해야 하는데, KISTI 슈퍼컴퓨터에서는 단일 작업이 10분 내로 제한되기 때문이다. 물론 10분 이내에 수행될 수 있는 모형 설정이라면 문제없다. 이런 상황이라면 WRF Portal 과 마찬가지로 Job Scheduler를 이용한 수행에는 한계가 있다. 이 부분은 앞선 WRF Portal 부분에서 설명한대로 KISTI 슈퍼컴퓨터 적합하게 수정·적용되어야 한다 (아래의 ※ 참고). 이를 제외한 다른 사항에 대해서는 WDW의 내용 그대로를 사용해도 좋다고 판단된다.

※ Job scheduler 수정 시 참고 사항

- 1) 병렬화 방법 결정
- 2) CPU, Memory 사용 개수 및 용량 결정
- 3) Wall clock time 등 기타 Job command 에 대한 내용 결정
- 4) WRF 수행에 필요한 환경 설정

4.4 Tutorial

WRF Portal 및 WDW의 사용률을 극대화 시키는 이유는 바로 Tutorial 때문이다. Html 및 Video 버전을 제공함으로써 사용자들이 손쉽게 거부감 없이 프로그램을 사용할 수 있게 해준다. KISTI 슈퍼컴퓨터에 최적화된 프

로그랩이 나온다고 하더라도 Tutorial이나 사용자 지침서 수준의 내용을 반드시 필요하다. 그럼 그 수준은 어느 정도가 되어야 할까? 사용자가 원하는 최소한의 수준은 Tutorials 의 Html 버전 정도라 판단된다. 여기에서 [KISTI 슈퍼컴퓨터사용자지침서] 수준의 문서화된 자료도 필요하다고 여겨진다.

5. 결론

WRF Portal 웹 페이지는 WRF 관련 웹사이트 중에서도 사용자들에게 꾸준히 관심을 받고 있다. WRF를 좀 더 쉽고 편하게 활용할 수 있다는 측면과 다양한 운영체제에 모두 호환이 가능하다는 점이 높은 활용도를 짐작케 한다. 또한 WRF Portal에서 지원하는 다양한 콘텐츠들을 사용자가 효과적으로 사용할 수 있도록 Tutorials 을 지원함으로써 사용자가 프로그램에 쉽게 다가갈 수 있도록 하였다. WRF Portal에서 제공되는 다양한 콘텐츠의 활용방법은 대부분을 크게 복잡하지 않다. WRF를 처음 사용하는 사람에게 그 활용법이 맞춰져 있기 때문에 조금만 다루어 본다면 아주 간단히 응용할 수 있다.

하지만 이 프로그램들이 범용성 및 호환성에 상당히 중점을 두었음에도 불구하고 KISTI 슈퍼컴퓨터와 같이 특별한 설정이 되어 있는 시스템에서는 모형 수행과 관련된 중요한 몇 가지 기능들을 활용할 수 없다. 따라서 KISTI 슈퍼컴퓨터에서 이를 활용하기 위해서는 시스템 상황에 맞게 개선시킬 필요가 있다. 여기서 고려해 볼 문제는 그림 개선되어야 할 부분만 새롭게 구성하느냐 아니면 전체를 다시 구성하느냐라는 문제가 있다. 여기서는 뭐가 좋다 나쁘다는 판단하기에는 적절하지 않다고 생각된다.

결과적으로 KISTI 슈퍼컴퓨터에 최적화된 프로그램이 개발되어 사용자가 활용할 수 있도록 된다면, 많은 국내 WRF 사용자들이 이를 활용할 것으로 판단된다. 특히 NCAR-서울대-연세대 공동협력센터에서 시행하고 있는 [East Asia WRF Workshop and Tutorial]과 연계하여 활발한 홍보와 활동을 기대할 수도 있다. 또한 이와 더불어 KISTI 슈퍼컴퓨터 활용을 WRF Portal에서와 같이 사용 가능하게끔 만들려고 시도하는 것은 대단히 고무적인 일이다. KISTI 슈퍼컴퓨터의 활용을 단순히 행정적으로나 단편적으로 높이려 하는 것보다 지금 시행하고 있는 다양한 교육 및 사용자 중심의 하드웨어, 소프트웨어 지원을 확대할 뿐만 아니라 실 사용자에게 직접적인 도움을 주는 프로그램 및 어플리케이션의 개발을 슈퍼컴퓨터 활용과 연계하여 개발하는데 중점을 두는 것이 무엇보다도 중요하다고 판단된다.

첨부1: WRF modeling system flow chart & 부분별 역할에 대한 간단한 요약

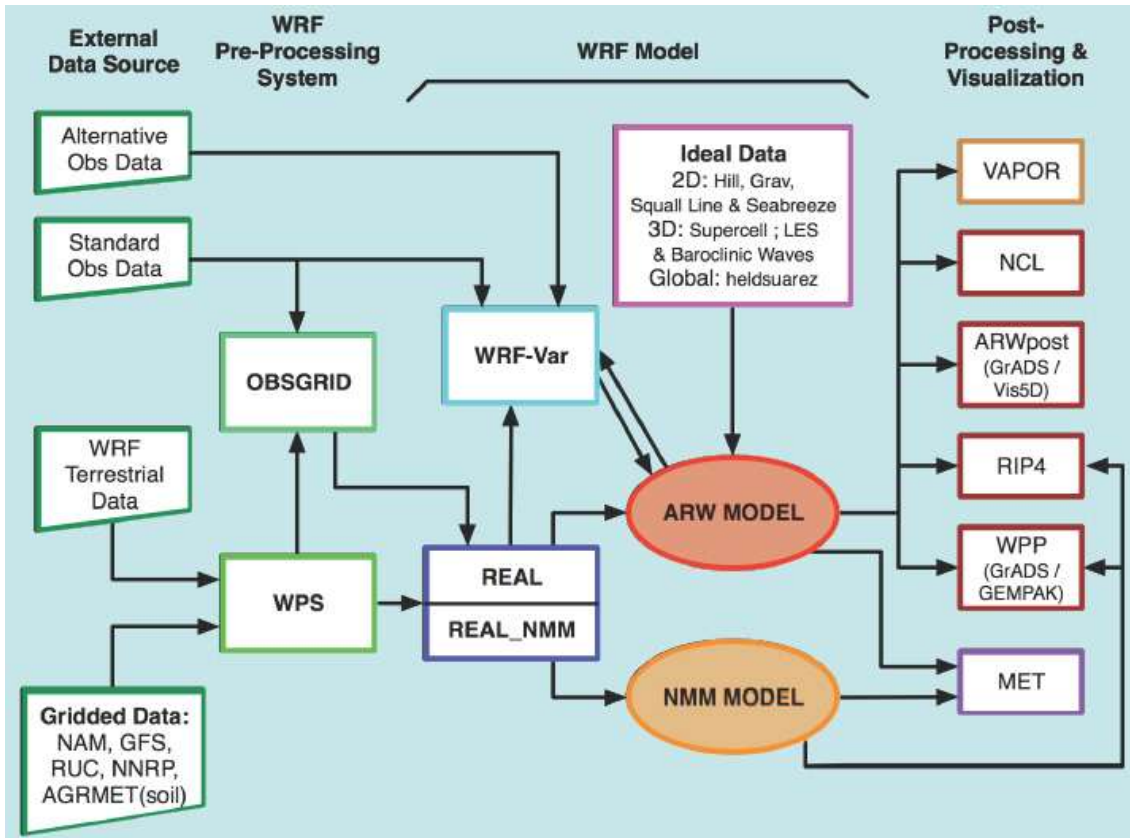


그림 10. WRF modeling system flow chart

- o External Data Source : 모형의 초기 입력 자료뿐만 아니라 WRF 지형을 설정하기 위한 자료, 다양한 관측 자료를 의미한다.
- o WRF Pre-processing System : 모형의 전처리 과정을 의미한다. WPS는 세가지 세분화된 과정으로 구성되어 있다. 먼저 모형 격자 체계와 모형에서 정적으로 주어지는 변수들을 결정하는 모형 영역 결정 과정 (geogrid) 이 있고, 모형의 초기 조건과 모형 수행 시간 동안 모형 영역의 경계 조건을 제공하는 전구 모형 결과를 WPS 과정에서 사용할 수 있도록 준비하는 과정 (ungrid) 이 있으며, 준비된 전구 모형 자료와 모형 격자를 이용하여 모형 격자에서의 값을 결정하는 수평, 연직 내삽 과정 (metgrid) 이 있다. 각각의 과정은 프로그램과 입력 변수를 저장한 네임리스트 (namelist.wps) 파일로 구성되어 있다. WPS 와는 별도로 제공되는 OBSGRID 과정을 비격자화된 관측 자료를 격자화 시켜줌으로써 WRF 과정 내 포함되어 있는 자료동화 중 몇 가지 방법에서 사용된다.

- o WRF model : WPS 과정이 끝난 자료를 WRF 모형 본체에 입력 자료로 변환해야한다. 그 과정이 REAL 이다. 여기서 유의점은 WRF core 는 2가지로 구분된다. ARW 와 NMM core 가 그것이다. ARW 는 NCAR에서 NMM 은 NCEP에서 주로 개발을 담당하고 있으며 NMM core 는 현재 NCEP 현업 모형이다. REAL_NMM 은 NMM core 에 해당되는 과정이다. 또한 WRF 모형은 다양한 Ideal 모형도 함께 제공하기 때문에 사용자의 목적에 맞게 다양한 연구 모형으로 활용이 가능하다. WRF-Var 는 자료동화 방법 중 변분자료동화 방법을 의미하며 가장 많이 사용되는 모형의 자료동화 방법 중 하나이다.
- o Post-processing & Visualization : WRF 모형은 다양한 형태로 후처리와 이미지 처리가 가능하다.

첨부2: Self-made linux cluster 구성 시 컨텐츠별 적용가능성 분석

- KISTI 슈퍼컴퓨터 중 TACHYON 시스템이 linux cluster 임으로 특별한 차이점은 없다.
- WRF Portal 컨텐츠 중 workflow 구동을 위해 자유롭게 설정할 수 있기 때문에 적합한 소프트웨어(SEG, LSF) 및 라이브러리(Java 관련)를 설치한 후에 WRF Portal 그대로 활용이 가능하다.
- WDW 역시 그대로 활용이 가능하다. Serial, OpenMP, MPI 대한 내용을 잘 숙지한 후 Tutorial 내용대로 따라가면 큰 어려움 없이 수행 가능하다.
- 현재 개발된 MM5 웹처럼 이용하고자 할 경우 WRF Portal 프로그램을 웹에서도 이용가능하게 수정해야한다. 만약 이렇게 적용하는 일이 라이선스나 기타 여러 문제로 인해 어려울 경우 기 개발된 내용을 WRF 맞게끔 새롭게 개발하는 것이 더 유리하다고 판단된다.
- 계정 발급 문제 또한 문제이다. self-made linux cluster 특성상 안정성 확보는 물론 관리에 어려움이 많다. 따라서 특정 사용자에게만 국한하여 시스템 자원을 허락할 수밖에 없다. 이 부분은 차후 지속적인 유지·발전을 통해 KISTI 슈퍼컴퓨터로의 이전이 불가피한 부분이라 생각한다.