

Evaluación de un paradigma asincrónico de cómputo para el WRF

Rodrigo Bayá
UDELAR
rbaya@fing.edu.uy

Claudio Porrini
UDELAR
cporrini@fing.edu.uy

Martín Pedemonte
UDELAR
mpedemon@fing.edu.uy

Pablo Ezzatti
UDELAR
pezzatti@fing.edu.uy

Palabras clave – WRF, arquitecturas masivamente paralelas, HPC

INTRODUCCIÓN

Uruguay se encuentra en un proceso de modificación de su matriz de generación de energía eléctrica. En particular, en los últimos años se ha dado un importante impulso a la generación de energía eólica y de origen solar. Apoyando esta política, investigadores del IMFIA de la Facultad de Ingeniería (FING) desarrollaron una herramienta para la predicción de la energía de origen eólico en el territorio nacional. La herramienta se basa en la ejecución de un modelo numérico de circulación regional de la atmósfera y su post-procesamiento estadístico, así como en la asimilación en tiempo real de la potencia generada por los parques eólicos en la última hora, y produce como salida la potencia generada por los parques eólicos. Para el modelo del tiempo, la etapa más costosa en tiempo de cómputo, se usa el WRF [1] (del inglés Weather Research and Forecasting), uno de los modelos numéricos más populares a nivel mundial para dicho fin.

En la misma línea de trabajo, se ha comenzado a desarrollar una herramienta de predicción de energía solar fotovoltaica sobre el territorio del país en forma conjunta entre investigadores del IMFIA, del INCO y del IIE de la FING. Esta herramienta también se basa en el WRF, pero buscando potenciar los cálculos referidos a la radiación solar. Ambas herramientas demandan importantes volúmenes de cálculos, lo que

motiva estudiar la aceleración del WRF para disminuir su tiempo de ejecución (y/o mejorar la precisión numérica de los resultados).

Por otro lado, en los últimos años el área de HPC ha cambiado radicalmente. Además de las grandes plataformas de hardware reservadas para centros de cómputo con acceso a grandes fuentes de financiamiento, ha florecido el uso de plataformas de hardware de bajo costo. En especial, aquellas que incluyen procesadores multi-core y aceleradores de hardware (como las GPUs y los procesadores Intel Xeon-Phi). Este tipo de hardware ofrece capacidades de cómputo importantes con costos económicos y niveles de consumo energéticos razonables [2]. Pero, como contrapartida, estas plataformas que son especialmente aptas para el paralelismo de datos, exigen enfoques donde se puedan abatir, o al menos acotar de manera importante, las dependencias entre datos.

Considerando lo expuesto en los párrafos anteriores, nuestra propuesta se basa en el desarrollo de una variante del WRF capaz de ejecutar varios módulos concurrentemente, logrando así paralelismo de datos y de tareas al mismo tiempo. Los resultados preliminares alcanzados muestran reducciones en los tiempos de ejecución mayores a un 20% utilizando los mismos recursos de hardware.

PROPUESTA

La propuesta se basa en cambiar la arquitectura de cómputo del modelo WRF por una con un

paradigma de cómputo asincrónico, que permita desacoplar los cálculos para poder ejecutar cálculos en forma solapada. Este cambio en el modelo WRF permite hacer un uso eficiente de plataformas de hardware multi-core y many-core, aún con dominios de dimensiones modestas, como las discretizaciones usadas para representar nuestro país en los modelos numéricos implicados. En particular, se aborda el manejador de radiación del modelo. Este módulo, en el modelo original, se ejecuta de manera sincrónica respecto al resto del modelo, lo que obliga al sistema a detener su ejecución cada cierta cantidad de pasos de tiempo (configurable en el modelo) y esperar por los resultados del cálculo de radiación. Bajo el nuevo paradigma propuesto en este trabajo, el manejador de radiación se computa al mismo tiempo que otros módulos, disminuyendo e incluso evitando las esperas mencionadas.

El cambio propuesto implica usar una estrategia de tipo pipeline para hacer los cálculos, diseñar un mecanismo que garantice el acceso correcto a los datos (mutuo-exclusión de ciertos accesos) y modificar la utilización de diversos datos para que se mantenga la coherencia y la precisión en los resultados numéricos.

La metodología usada para desarrollar la propuesta está basada en la prototipación incremental. Es decir, se repite un proceso de diseño del prototipo, implementación de la variante, evaluación experimental e identificación de posibles mejoras.

EVALUACIÓN EXPERIMENTAL

Para la evaluación experimental se usó como caso de estudio un dominio que comprende la zona sur y sur-este de Uruguay, discretizado en 243.756 puntos (74 en el eje este-oeste, 61 en el norte-sur y 54 en el vertical). Se utilizan como datos de entrada los registros ofrecidos por la NOAA para el día 15/07/2012, haciendo una simulación total de 3 horas a partir de las 9 de la mañana de esa fecha, con un paso temporal de

15 segundos. El caso usado es representativo, en cuanto a exigencias computacionales, del tipo de simulación realizada para la predicción de la generación de energía solar.

Los resultados obtenidos, en lo que respecta al desempeño computacional, por la herramienta original y la variante propuesta se resumen en la Tabla 1. Las ejecuciones se realizaron sobre un equipo que incluye un procesador AMD Opteron 6272 de 64 núcleos a 2.09GHz y con 48GB de RAM. El sistema operativo es CentOS 6 y el compilador GNU C/FORTRAN v4.4.7.

Versión	# Hilos	# Radiac.	Tiempo	Speedup
Original	32	240	671	-
Propuesta	30 + 30	244	531	1,28x

En ambas versiones se identificó primero la mejor configuración en cuanto a tiempos de ejecución, siendo así el uso de 32 hilos para el caso original y para el caso asincrónico 30 hilos para el núcleo del WRF y 30 hilos para el cálculo de la radiación. Como se puede observar, el cálculo asincrónico de la radiación permite aprovechar de mejor manera el procesador de la plataforma, lo que lleva a una mejora cercana a 1,3x sobre la versión original.

CONCLUSIONES

En el trabajo se presenta un primer esfuerzo para desarrollar una variante asincrónica del WRF. Este avance se centró en modificar el paradigma de cálculo de los módulos de radiación. Los resultados obtenidos, si bien son preliminares, permiten vislumbrar que esta estrategia permitirá explotar de mejor manera las plataformas masivamente paralelas.

REFERENCIAS

- [1] SKAMAROCK, W.; KLEMP, J.; DUDHIA, J. Prototypes for the WRF (Weather Research and Forecasting) model. *Ninth Conf. Mesoscale Processes, J11–J15, Amer. Meteorol. Soc., Fort Lauderdale, 2001.*
- [2] KIRK, D.; WEN-MEI, W. *Programming massively parallel processors: a hands-on approach.* 2nd Edition, Morgan Kaufmann, 2012.