

Introducción de técnicas de HPC para la predicción de la generación de energía solar

Rodrigo Bayá
UDELAR
rbaya@fing.edu.uy

Ernesto Dufrechou
UDELAR
edufrechou@fing.edu.uy

Claudio Porrini
UDELAR
cporrini@fing.edu.uy

Alejandro Gutierrez
UDELAR
aguti@fing.edu.uy

Gabriel Cazes
UDELAR
agcm@fing.edu.uy

Martín Pedemonte
UDELAR
mpedemon@fing.edu.uy

Pablo Ezzatti
UDELAR
pezzatti@fing.edu.uy

Palabras clave – Energía solar, WRF, HPC, GPU

INTRODUCCIÓN

En la última década el gobierno uruguayo ha fomentado la instalación de granjas de molinos y paneles fotovoltaicos, lo que está produciendo un cambio drástico en la matriz energética de nuestro país. En el caso de la energía solar fotovoltaica, a fines de 2013 se inauguró la primera planta denominada ASHAI (0,5MW), y actualmente están trabajando otras tres granjas: La Jacinta (50MW), Alto Cielo (20MW) y Raditon (8MW). El crecimiento en el uso de esta fuente de energía motiva el desarrollo de herramientas capaces de estimar los volúmenes de energía que se inyectarán a la red en períodos de pocos días.

Por este motivo, en la Facultad de Ingeniería (FIing) se está desarrollando una herramienta capaz de satisfacer esta necesidad. La herramienta involucra la adquisición de datos públicos de predicción meteorológica y la ejecución del modelo Weather Research and Forecasting (WRF) para generar una predicción de alta precisión de la radiación solar horizontal. Posteriormente, la predicción se ajusta según un modelo estadístico MOS y se usa como entrada de un modelo numérico de planta fotovoltaica.

La herramienta ha sido calibrada y validada utilizando datos de radiación solar adquiridos con pirómetros en diferentes zonas del país, obteniendo resultados con buenos niveles de precisión. Sin embargo, la herramienta tiene asociado un alto costo computacional que limita su uso y la inclusión de técnicas que permitan realizar los cálculos con mayor precisión.

En este contexto, el presente trabajo estudia la aplicación de diferentes técnicas de HPC a la herramienta con el objetivo de disminuir los tiempos de ejecución. En particular, se estudia el impacto en la ejecución de utilizar diferentes módulos de radiación, la cantidad de hilos de ejecución y, en forma inicial, la inclusión de arquitecturas masivamente paralelas (GPUs).

PROPUESTA

La etapa principal en lo que respecta a demanda computacional de la herramienta es la ejecución del WRF. En especial, el tiempo de ejecución asociado al cálculo de la radiación tiene un impacto directo en el tiempo total del modelo. Nuestro enfoque fue entonces, en primera instancia evaluar el tiempo de ejecución y la precisión numérica de utilizar diferentes esquemas físicos para la radiación y, luego, optimizar la ejecución de las distintas variantes. La evaluación experimental se realizó sobre un

equipo que incluye un procesador Intel Xeon E5-2620 con 12 cores y 128 GB de RAM, la Tabla 1 resume los resultados obtenidos.

Tabla 1: Tiempos de ejecución en segundos de los esquemas físicos evaluados (usando OpenMP).

Esquema	# Hilos				
	4	8	10	12	14
PS1	6208	4148	3685	3514	3875
PS2	3597	2178	1869	1796	2058
PS3	6141	3489	2966	2718	3187

Considerando las mejoras en calidad (no se profundiza en este aspecto en este trabajo, ver [1]) y los resultados de desempeño, se puede apreciar que el esquema PS2 es la mejor opción en el contexto de la herramienta desarrollada. Estudiando en mayor detalle los resultados se puede ver que las variantes alcanzan los menores tiempos de ejecución al usar 12 hilos. Este resultado indica que la paralelización de la herramienta escala hasta ocupar por completo los recursos físicos disponibles. Además, y como ocurre generalmente en computación científica, el uso de hyper-threading no produce ninguna mejora. Por otra parte, el esquema PS3 muestra una mejor escalabilidad ya que la mejora en los tiempos de ejecución es de 2.3x al pasar de 4 a 12 hilos, mientras que en el PS2 es de 2.0x. Esto puede volver atractivo al esquema PS3 en contextos en los que se dispone de hardware con una mayor cantidad de unidades de procesamiento.

En nuestro entorno se han realizado esfuerzos por incluir estrategias de HPC no tradicionales (arquitecturas masivamente paralelas) a este tipo de modelos. Por ejemplo, en Silva et al. [2] se propone la aceleración en GPUs de ciertas operaciones claves. En particular, se portó la rutina *bdy interp1*, alcanzando aceleraciones de

33x (sólo sobre la rutina) en una tarjeta NVidia GTX480. Esta mejora fue integrada en la herramienta de predicción solar fotovoltaica, así como otros módulos del WRF portados a GPU por otros autores, como el módulo *WSM5* y el *Scalar Advection* [3]. Con esta integración se alcanzaron mejoras en los tiempos de ejecución de hasta un 30% en el modelo total.

CONCLUSIONES

En este trabajo se detallan diferentes esfuerzos sobre la inclusión de técnicas de HPC para acelerar la herramienta de predicción de generación de energía solar fotovoltaica, actualmente en desarrollo en la FIng.

Se evaluaron diferentes modelos de radiación y se puso el foco en la mejora en el tiempo de ejecución y en la escalabilidad obtenible. Adicionalmente, se estudió en forma preliminar el uso de GPUs para acelerar la herramienta. Los resultados obtenidos muestran mejoras razonables al usar la arquitectura multicore completa, pero el uso de hyper-threading no ofreció beneficios. El uso de GPUs permite vislumbrar reducciones importantes del tiempo de ejecución del modelo completo.

REFERENCIAS

- [1] PORRINI, C., HERMIDA, G., PUPPO, M., OROÑO, D., CAZES, G., GUTIÉRREZ, A., Development of a Model Output Statistic and implementation of an operational solar photo voltaic energy forecast model based in WRF, IEEE ISGT-LA Congreso Latinoamericano de Redes Inteligentes (Smart Grids) Montevideo, 2015.
- [2] SILVA, J.P., HAGOPIAN, J., BURDIAT, M., DUFRECHOU, E., PEDEMONTE, M., GUTIÉRREZ, A., CAZES, G. EZZATTI, P., Another Step to the Full GPU Implementation of the Weather Research and Forecasting Model, The Journal of Supercomputing, vol. 70, no. 2, pp. 746-755, 2014.
- [3] MICHALAKES, J. VAHHARAJANI, M., GPU acceleration of numerical weather prediction, Parallel Processing Letters, vol. 18, no. 4, pp. 531-548, 2008.