

Maestría en Computación Aplicada

Protocolo de Tesis.

Omar Rodríguez López

Asesor:
Dr. Horacio Tapia McClung

Evaluación de procesadores masivamente paralelos aplicados al problema de la difusión.

14 de octubre de 2014

1. Introduction

En el presente trabajo de investigación se pretende implementar soluciones al problema de la difusión con la intención de evaluar el desempeño de procesadores masivamente paralelos, a partir de las cuales se desea realizar comparaciones entre hardware con diferentes especificaciones y procesadores CPU, en aplicaciones de la difusión que requieran un procesamiento constante de grandes conjuntos de datos. Una evaluación de este tipo permitirá establecer la aplicabilidad del cómputo intensivo y por tanto de los procesadores masivamente paralelos, a la solución cuantitativa de problemas científicos.

La ecuación de difusión expresa matemáticamente el movimiento de un fluido o sustancia en diferentes tipos de medios; por ejemplo: gas moviéndose a través de un tubo uniforme [1] o calor fluyendo a través de una lámina de acero. Recientemente se han desarrollado modelos, basados en los principios de la difusión, para el estudio de la propagación de células cancerígenas [5], análisis de sistemas biológicos [6] o para el estudio de la contaminación en medios acuíferos [3].

Sin embargo, el procesamiento de los datos en el modelo de difusión se ve afectado en velocidad y eficiencia por distintos factores, tales como memoria, disipación de calor y la arquitectura misma del procesador. El enfoque de programación paralela puede ser de utilidad para acelerar la obtención de información y soluciones en el procesamiento de estas cantidades de datos.

Recientemente, el Laboratorio Nacional de Informática Avanzada (LANIA), ha iniciado una línea de investigación de carácter aplicado con la finalidad de implementar cómputo intensivo en la solución de problemas de diversa índole, interés y relevancia científica.

2. Planteamiento del problema

En la actualidad se requiere analizar una gran cantidad de datos. En el Laboratorio Nacional de Informática Avanzada (LANIA), se propone implementar cómputo intensivo para resolver problemas científicos, utilizando procesadores

masivamente paralelos. Este proyecto de investigación plantea evaluar el desempeño de la infraestructura con la que actualmente cuenta el laboratorio, para resolver problemas que involucren el análisis y procesamiento de una gran cantidad de datos.

Con el fin de evaluar el desempeño de los procesadores masivamente paralelos y compararlo con el de los procesadores CPU, se ha elegido el problema de la difusión que tiene aplicación en diversas áreas, caracterizándose por requerir de un procesamiento masivo. Este problema se usará como ejemplo de evaluación del desempeño de los procesadores masivamente paralelos con los que cuenta LANIA, de modo que al final de este trabajo se tenga una referencia precisa.

3. Objetivo general

- Implementar soluciones al problema de la difusión para evaluar el desempeño de procesadores masivamente paralelos, por medio de aplicaciones que requieren un poder de cómputo elevado debido al gran volumen de datos que involucren y comparar este desempeño con las soluciones implementadas en los procesadores tradicionales CPU, teniendo en cuenta los siguientes objetivos específicos.

4. Objetivos específicos

- Conocer el modelo de programación CUDA, utilizando el lenguaje de programación Python.
- Implementar tres métodos de solución distintos a la ecuación de difusión en procesadores masivamente paralelos: diferencias finitas, método matricial y método espectral.
- Evaluar la capacidad de cómputo masivo paralelo, existente en LANIA.

5. Hipótesis

Es posible acelerar la obtención de soluciones numéricas en problemas que se caracterizan por requerir un procesamiento de grandes cantidades de información, como la ecuación de difusión en dos dimensiones, mediante el uso de procesadores masivamente paralelos, programados bajo el modelo de programación CUDA.

6. Justificación

La búsqueda de soluciones numéricas de la ecuación de difusión convierte a este problema en el prototipo ideal para la evaluación de rutinas y algoritmos numéricos. Por esta razón y debido a la reciente línea de investigación en LANIA para aplicar procesadores masivamente paralelos a la solución de problemas que requieren un gran procesamiento de datos, el presente trabajo se propone desarrollar una metodología de evaluación de la infraestructura de cómputo paralelo

presente actualmente en el laboratorio, que permita comparar el desempeño entre procesadores, paralelos y seriales, y entre los lenguajes de programación CUDA y Python, los cuales han sido elegidos debido a ciertas características que los convierten en buenas opciones para la implementación.

Los procesadores masivamente paralelos que se utilizarán son tarjetas gráficas que se comunican mediante el modelo de programación CUDA, desarrollado por NVIDIA explícitamente para este fin [2] o por medio de extensiones en lenguajes de programación más sencillos y con capacidades de cómputo serial [4], en este caso, Python.

Se eligieron estos lenguajes de programación debido a las facilidades que ofrecen para la resolución de problemas científicos utilizando procesadores masivamente paralelos. Cabe mencionar que existen otras alternativas para cumplir el propósito de este trabajo, pero que no son objeto de estudio en el presente.

Se espera que con la metodología de evaluación planteada, se pueda determinar cuantitativamente el beneficio que ofrece la aplicación del cómputo con procesadores masivamente paralelos a problemas que requieren del procesamiento de una gran cantidad de datos, y que pueda usarse como referencia para caracterizar el hardware que LANIA posee actualmente.

7. Alcances y limitaciones

7.1. Alcances

1. Evaluación del desempeño de procesadores masivamente paralelos en LANIA y comparación con procesadores seriales CPU.
2. Implementación de tres algoritmos para la búsqueda de soluciones numéricas a la ecuación de difusión en dos dimensiones, de forma paralela y serial, de tal modo que las implementaciones de las soluciones obtenidas sean independientes de la plataforma en las que sean probadas.

7.2. Limitaciones

1. El presente trabajo se restringe al modelo de programación CUDA en conjunto con Python.
2. Se considera solo un problema de evaluación: la difusión.
3. Sólo se consideran los procesadores masivos con los que cuenta LANIA.
4. Los resultados obtenidos al final del trabajo serán concluyentes únicamente bajo las condiciones descritas y para obtener una generalización sobre el desempeño de los GPU respecto a más algoritmos y problemas, se deberá realizar un estudio más profundo.

8. Metodología

- Revisión del estado del arte en programación en paralelo y GPUs.
- Instalación y configuración del ambiente de programación: CUDA y Python.
- Identificar los factores a considerar para la evaluación.
- Determinación de las aplicaciones del problema de la difusión a resolver, de acuerdo al punto anterior.
- Selección de los métodos a utilizar.
- Solución general analítica a la ecuación de difusión en dos dimensiones.
- Implementación de algoritmos numéricos en procesadores seriales, usando Python, para la obtención de la solución a la ecuación de difusión.
- Implementación de algoritmos numéricos en procesadores masivamente paralelos, usando CUDA y Python, para la obtención de la solución a la ecuación de difusión.
- Mediciones de tiempo y memoria consumida, y otros parámetros a especificar.
- Análisis y discusión de los resultados obtenidos en cada procesador, mediante comparación.

9. Índice tentativo

1. Introducción.
2. Procesamiento y el modelo de programación CUDA.
3. La ecuación de difusión en dos dimensiones.
 - a) Introducción.
 - b) Soluciones analíticas.
 - c) Diferencias finitas.
 - d) Métodos matriciales y espectrales.
 - e) Implementaciones numéricas.
4. Pruebas de ejecución.
 - a) Infraestructura actual.
 - b) Mediciones de parámetros.
5. Resultados de evaluación.
 - a) Comparaciones entre CPU y GPUs.
 - b) Comparación entre GPUs.
 - c) Comparación entre lenguajes de programación.

6. Conclusiones.

7. Bibliografía.

8. Anexos

10. Cronograma de actividades

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES														
ACTIVIDADES	FECHA INICIO	FECHA FIN	2014				2015							
			SEPT	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO
INVESTIGACIÓN SOBRE DIFUSIÓN Y PROCESAMIENTO	1/SEP/2014	15/DIC/2014												
CONOCER EL MODELO DE PROGRAMACIÓN CUDA	30/SEP/2014	15/DIC/2014												
IDENTIFICAR LOS FACTORES A PARA REALIZARLA EVALUACIÓN	3/NOV/2014													
SOLUCIÓN ANALÍTICA A LOS PROBLEMAS PLANTEADOS	1/SEP/2014	30/ENE/2014												
EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE CÓMPUTO MASIVO E IMPLEMENTACIÓN DE SOLUCIONES	3/ENE/2014	30/ABR/2015												
ANÁLISIS DE RESULTADOS	1/MAY/2015	15/AGO/2015												
ESCRITURA DEL TRABAJO	3/ENE/2014	30/AGO/2015												

Referencias

- [1] J David Logan. *Applied partial differential equations*. Springer, 2004.
- [2] CUDA Nvidia. Programming guide, 2008.
- [3] Rosa M Mendez Parra, Dumar A Villa Zapata, and Facultad de Ciencias Básicas. Extensión de un modelo de difusión de partículas contaminantes en medios acuíferos planos a la superficie esférica. *IMECC-UNICAMP*, page 157.
- [4] Tijmen Tieleman. Gnumpy: an easy way to use gpu boards in python. *Department of Computer Science, University of Toronto*, 2010.
- [5] Hebert Alberto Vargas, Oguz Akin, Tobias Franiel, Yousef Mazaheri, Junting Zheng, Chaya Moskowitz, Kazuma Udo, James Eastham, and Hedvig Hricak. Diffusion-weighted endorectal mr imaging at 3 t for prostate cancer: tumor detection and assessment of aggressiveness. *Radiology*, 259(3):775–784, 2011.
- [6] Marco-Vinicio Vázquez, Leonardo Dagdug, and Depto de Física UAM-Iztapalapa. Estudio y aplicaciones de la difusión en nanoestructuras y sistemas biológicos.