

## Curso Avanzado de Programación Paralela

Dr. Sergio Nesmachnow (Profesor Invitado). Profesor Titular Universidad de la República, Uruguay y Esteban Mocskos. Profesor Adjunto, FCEN-UBA

### Programa:

Esta materia ofrece un amplio panorama de las herramientas y conceptos necesarios para poder programar y aprovechar recursos de cómputo paralelos. En particular se busca que el alumno tenga un panorama por distintas metodologías y puedan entender las ventajas y limitaciones de cada uno así como discriminar las circunstancias y ambientes en las que conviene usar cada una.

Se presentarán los fundamentos del paradigma de programación paralela de memoria distribuida utilizando la biblioteca de pasaje de mensajes MPI. Se buscará que el participante adquiera conocimientos básicos sobre la arquitectura de las tarjetas gráficas, su evolución histórica y los fundamentos de la programación en CUDA. Finalmente se tratarán distintas técnicas de programación orientada al paralelismo de tareas.

Este curso intensivo se separa en tres módulos: Fundamentos de computación paralela, Cómputo con GPU y Paralelismo de tareas.

### Temario

#### Fundamentos de computación paralela

- Introducción a la programación paralela y al paradigma de pasaje de mensajes.
- La biblioteca MPI: conceptos, API, funciones de comunicación y sincronización.
- Operaciones colectivas, grupos de procesos, tipos de datos derivados.
- Funcionalidades avanzadas (MPI-2 y MPI-3): entrada y salida paralela, acceso a memoria remota,
- operaciones colectivas avanzadas, procesos dinámicos.
- Casos de estudio y ejercicios.

#### Cómputo con GPU

- Motivación
- Evolución histórica de las tarjetas gráficas
- Aspectos de arquitectura de las GPUs
- CUDA Introducción
- Conceptos básicos de paralelismo
- Programación CUDA básico
- Actividades prácticas relacionadas:
- Desarrollo de códigos para resolver problemas sencillos en GPU

#### Paralelismo de tareas

- Introducción
  - Sistemas de supercómputo
  - Arquitectura de una computadora
  - Simulación científicas
  - Modelos de programación paralela
  - Definición
  - Características
  - Taxonomía

- Paralelismo basado en tareas
  - Conceptos básicos
  - Características
  - Taxonomía
  - Ejercicio: Tareas en OpenMP
  - Modelo de objetos paralelos
  - Filosofía
  - Diseño de objetos
  - Modelo de ejecución
  - El lenguaje de programación Charm++
  - Introducción
  - Ejercicio: "Hello World"
  - Composability & Modularity
  - Migración
  - Colecciones de objetos
  - Ejercicio: Cómputo basado en "stencils"
  - Análisis de desempeño
  - Projections Tool
  - Ejercicio: Finding Performance Bottlenecks
  - Charm++ Avanzado
  - Balanceo de carga
  - Estrategias y algoritmos
  - Ejercicio: Jugando con el balanceo de carga
  - Especificación de programas de alto nivel
  - Structured Dagger
  - Ejercicio: Escribir el primer programa paralelo

## **Bibliografía**

- "Introduction to Parallel Computing" by A. Grama, et al. (2003).
- "Programming Massively Parallel Processors: A Hands-on Approach" by D. B. Kirk and W. W. Hwu (2012).
- "Parallel Programming in C with MPI and OpenMP" by M. J. Quinn (2003).
- "Parallel and Distributed Computation: Numerical Methods" by D. E. Keyes, et al. (2015).
- "Parallel Programming: Concepts and Practice" by B. H. C. Cheng (2010).
- "Parallel Programming with OpenACC" by R. Farber. Morgan Kaufmann (2016).
- "Programming Models for Parallel Computing" by P. M. Kogge (2011).
- "Parallel Computing: From Multicores and GPU's to Petascale" by T. Sterling, et al. (2010).
- "CUDA Handbook: A Comprehensive Guide to GPU Programming" by N. Wilt (2013).
- "Parallel Algorithms" by H. Casanova, et al. (2011).
- "Task-Based Parallelism in Heterogeneous Systems". Mattson, T., Sanders, J., & Massicotte, S. Morgan Kaufmann. (2019).
- "Evaluation of task-based parallel programming models for multi-core architectures". Rountree, B., Ayguadé, E., Duran, A., & Labarta, J. Journal of Parallel and Distributed Computing, 73(11), 1504-1518. (2013).
- "Task-based parallelism in parallel simulation". Tsai, H. Y., & Lin, Y. C. (2018). Concurrency and Computation: Practice and Experience, 30(2), e4328.