

MODULO B

Memoria distribuita (MPI) e introduzione alle GPU (40h)

Prerequisiti

Contenuti del Modulo A o competenze equivalenti (paradigma a memoria condivisa, ottimizzazione del codice seriale, nozioni di architettura del nodo).

Contenuti didattici

- Architetture dei cluster: interconnessioni ad alte prestazioni (InfiniBand, Omni-Path, Ethernet HPC), topologie di rete (fat-tree, dragonfly, torus), modello a memoria distribuita e gerarchia nodo/rack/cluster con implicazioni sulla località delle comunicazioni. MPI – base: comunicazioni point-to-point, collettive, non-blocking; derived datatypes.
- MPI - base: modello a processi e comunicatori; comunicazioni point-to-point bloccanti; comunicazioni collettive (broadcast, scatter/gather, reduce); comunicazioni non-blocking; derived datatypes.
- MPI - intermedio: gestione avanzata di comunicatori e gruppi; sovrapposizione calcolo-comunicazione con pattern non bloccanti in casi reali; topologie virtuali (cartesiane e a grafo) e mapping dei processi.
- MPI - avanzato: comunicazioni collettive non bloccanti e persistenti; one-sided communication (RMA, put/get) e relativi modelli di sincronizzazione; MPI-IO e I/O parallelo su file system distribuiti; pattern di comunicazione complessi per applicazioni a larga scala; cenni al modello ibrido MPI+OpenMP.
- Debugging & Profiling II (parallelo): gdb con processi MPI e thread (the hard way); strumentazione e tracing con lo stack Score-P (ed Extrae); analisi di scalabilità e individuazione dei colli di bottiglia di comunicazione.
- Containerizzazione per HPC: uso di container con Apptainer/Singularity; esecuzione di applicazioni MPI e GPU-aware all'interno dei container; riproducibilità, portabilità e preservazione del codice e dell'esperimento.

Durata

40h – Cluster + MPI base/intermedio ~16h - MPI avanzato + I/O parallelo ~12h - Debug/Profiling II ~6h - Containers per HPC ~6h.

Obiettivi formativi specifici

Comprendere il modello a memoria distribuita e le architetture dei cluster di calcolo; saper scrivere applicazioni MPI corrette ed efficienti fino al livello intermedio; padroneggiare le tecniche MPI avanzate per pattern di comunicazione complessi, comunicazione one-sided e I/O parallelo; saper fare debugging e profiling di applicazioni parallele multi-processo; saper rendere riproducibile e portabile l'esecuzione tramite containerizzazione.

Competenze specifiche in uscita

Il partecipante sa parallelizzare un'applicazione su più nodi con MPI e sa progettare e ottimizzare applicazioni parallele complete su sistemi HPC eterogenei e su larga scala, scegliendo pattern algoritmici e di comunicazione adeguati e gestendo correttamente l'I/O parallelo. Sa profilare e debuggare i propri codici su piattaforme parallele e sa renderne riproducibile l'esecuzione tramite container.