WORKSHOP GARR 2026

NET MAKERS

# Esperienza con il cluster HPC TeRABIT al CNAF

**Alessandro Pascolini**

INFN - CNAF

# Overview

- HPC bubbles
- Fine tuning e Top500
- Cluster TeRABIT CNAF
- Utilizzo attuale e sviluppi futuri

# HPC Bubbles

- Le HPC “bubbles” nascono con il Progetto TeRABIT
- Distribuire sul territorio Italiano dei piccoli cluster HPC (bolle)

| | Nodo CPU | Nodo GPU | Nodo FPGA Xilinx | Nodo FPGA Terasic | Nodo storage |
|---|---|---|---|---|---|
| BA | 0 | 4 | 0 | 0 | 18 |
| CNAF | 16 | 21 | 2 | 2 | 36 |
| MIB | 0 | 0 | 2 | 2 | 0 |
| NA | 10 | 0 | 2 | 0 | 0 |
| PD | 6 | 6 | 0 | 0 | 0 |
| PI | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| RM1 | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| TO | 6 | 6 | 0 | 0 | 0 |
| TOTALE | 54 | 37 | 6 | 4 | 54 |

# HPC Bubbles

- Le HPC “bubbles” nascono con il Progetto TeRABIT
- Distribuire sul territorio Italiano dei piccoli cluster HPC (bolle)

| | Nodo CPU | Nodo GPU | Nodo FPGA Xilinx | Nodo FPGA Terasic | Nodo storage |
|---|---|---|---|---|---|
| BA | 0 | 4 | 0 | 0 | 18 |
| CNAF | 16 | 21 | 2 | 2 | 36 |
| MIB | 0 | 0 | 2 | 2 | 0 |
| NA | 10 | 0 | 2 | 0 | 0 |
| PD | 6 | 6 | 0 | 0 | 0 |
| PI | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| RM1 | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| TO | 6 | 6 | 0 | 0 | 0 |
| TOTALE | 54 | 37 | 6 | 4 | 54 |

Nodi HPC

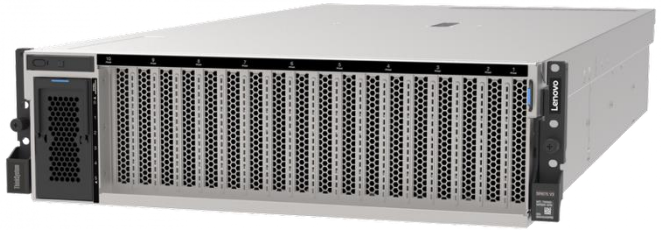
Storage Backend CEPHFS

# Risorse hardware

- **Nodo CPU**: Lenovo SR665 V3
  - 192 core, 1.5TB RAM, 2x25Gb/s net, 400Gb/s IB
  - 2x1TB nvme + 3x7TB nvme



- **Nodo GPU**: Lenovo SR675 V3
  - Uguale al nodo CPU, 2x14TB nvme
  - Board HGX con 4 x H100 SXM5 80GB, nvlink v4



- **Switch Infiniband**: qm9700
  - 32 porte NDR 800Gb/s divise in 2 da NDR 400Gb/s



# Abbiamo imparato la sistemistica HPC

- **Ottimizzazione BIOS/UEFI**
  - CPU, Numa, Memory tuning, IOMMU
- **Connessione InfiniBand**
  - Subnet manager su switch
  - Driver DOCA-ofed sui nodi
  - Sui nodi GPU scheda IB «montata male»
- **Driver NVIDIA per GPU**
  - **Utilizzato quelli proprietari**
  - Open-source consigliati ma non funzionano
  - **GDRCopy**: GPU Direct RDMA Copy **velocizza trasferimenti CPU-GPU**
- **Sottosistema MPI HPC-X**
  - MPI proprietario NVIDIA che **ottimizza uso di Infiniband**

# Abbiamo tentato la «scalata» alla top500

- Tutte le ottimizzazioni sono state «messe a terra» usando HPL, il benchmark ufficiale top500
  - HPL è **CPU-only**, basato su BLAS
  - Per sfruttare le GPU serve qualcosa di diverso
  - **NVIDIA hpc-benchmarks** container rilasciato su repo NVIDIA
- Benchmark lanciato in parallelo come «job slurm»
  - container convertito in .sif per uso con apptainer
  - Il Segreto è il file **hpl.dat**, che va adattato al sistema da misurare
  - Nel nostro caso 20 nodi risultavano più veloci dei 21 massimi a disposizione
    - Per come funziona top500 i nodi del cluster CPU non possono concorrere al punteggio finale, quindi non li abbiamo usati

# Siamo entrati!

- A novembre 2025 il cluster Terabit si è classificato 437^ nella top500
  - Abbiamo mantenuto un piazzamento anche a maggio 2026
- L'esercizio è sicuramente stato utile per approfondire i temi legati all'ottimizzazione di cluster complessi come questo, hardware a cui non siamo abituati

RANKING

| List | Rank | System | Vendor | Total Cores | Rmax (PFlop/s) | Rpeak (PFlop/s) | Power (kW) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 06/2026 | 462 | ThinkSystem SR675 V3, AMD EPYC 9654 96C 2.4GHz, NVIDIA H100 80GB HBM3, NVIDIA Infiniband NDR, AlmaLinux 9 | Lenovo | 14,400 | 2.91 | 5.36 | |
| 11/2025 | 437 | ThinkSystem SR675 V3, AMD EPYC 9654 96C 2.4GHz, NVIDIA H100 80GB HBM3, NVIDIA Infiniband NDR, AlmaLinux 9 | Lenovo | 14,400 | 2.91 | 5.36 | |

# Gestione Risorse

- Macchine distribuite in 3 rack
  - **2 rack** bare-metal
  - **1 rack** su **OpenStack**
- Utilizzo
  - Accesso principale tramite batch-system **SLURM**
  - Nodi su OpenStack
    - By default:
      VM whole-node nel cluster SLURM
    - Quando richiesto:
      VM dedicate a uso interattivo

→ Garantisce una buona flessibilità
→ soprattutto per **allocazione GPU**

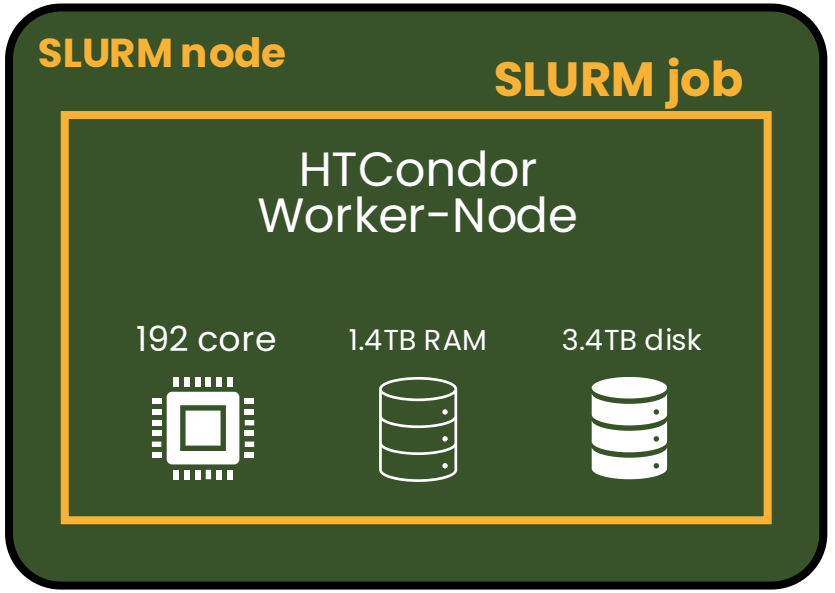
# Utilizzo in produzione

- Il cluster SLURM è **dedicato a workload HPC**
  - Multi nodo
  - Multi GPU
- Backend storage per dati e home su **CEPHFS**
- Allocazioni
  - ICSC: 6 progetti
    - Utilizzo batch system
    - Alcuni progetti hanno richiesto VM dedicate
  - Esperimenti INFN:
    - DUNE
    - JLAB12
  - Progetti interni
    - Test integrazione opportunistica LHCb HLT2[1]
    - Utilizzo temporaneo per scuola ESC26

[1] Opportunistic usage of the LHCb Trigger Farm (A. Falabella - WS CCR 2026)

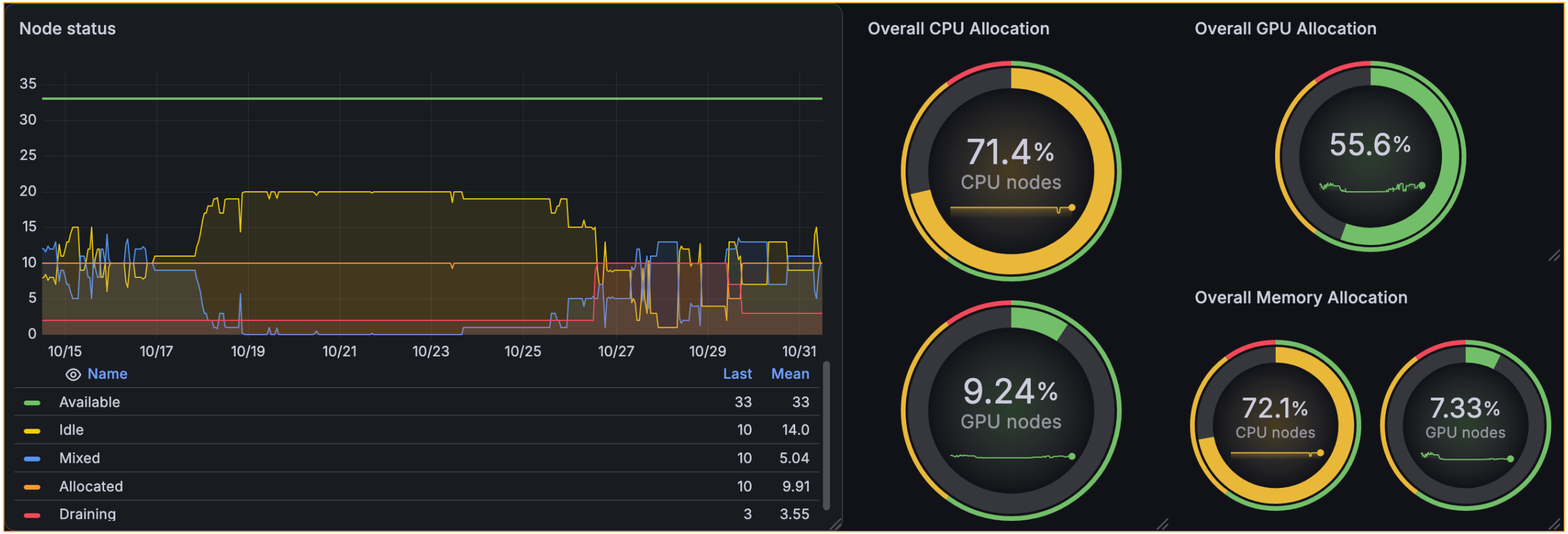
# Utilizzo Opportunistico HTC

- L'utilizzo principale del cluster negli ultimi mesi è stato su **GPU**
  - I nodi CPU-only, poco utilizzati possono essere aggiunti alla farm HTC?
- Esperienza maturata nell'integrazione dei nodi Leonardo[2]
  - Conoscevamo il lavoro «lato utente»
  - Nuova **sfida lato configurazione SLURM**
- Al momento solo sui due rack «bare-metal»
  - 10 VM nel cluster HTC
  - +50k HS23
    ~5% della potenza della farm HTC

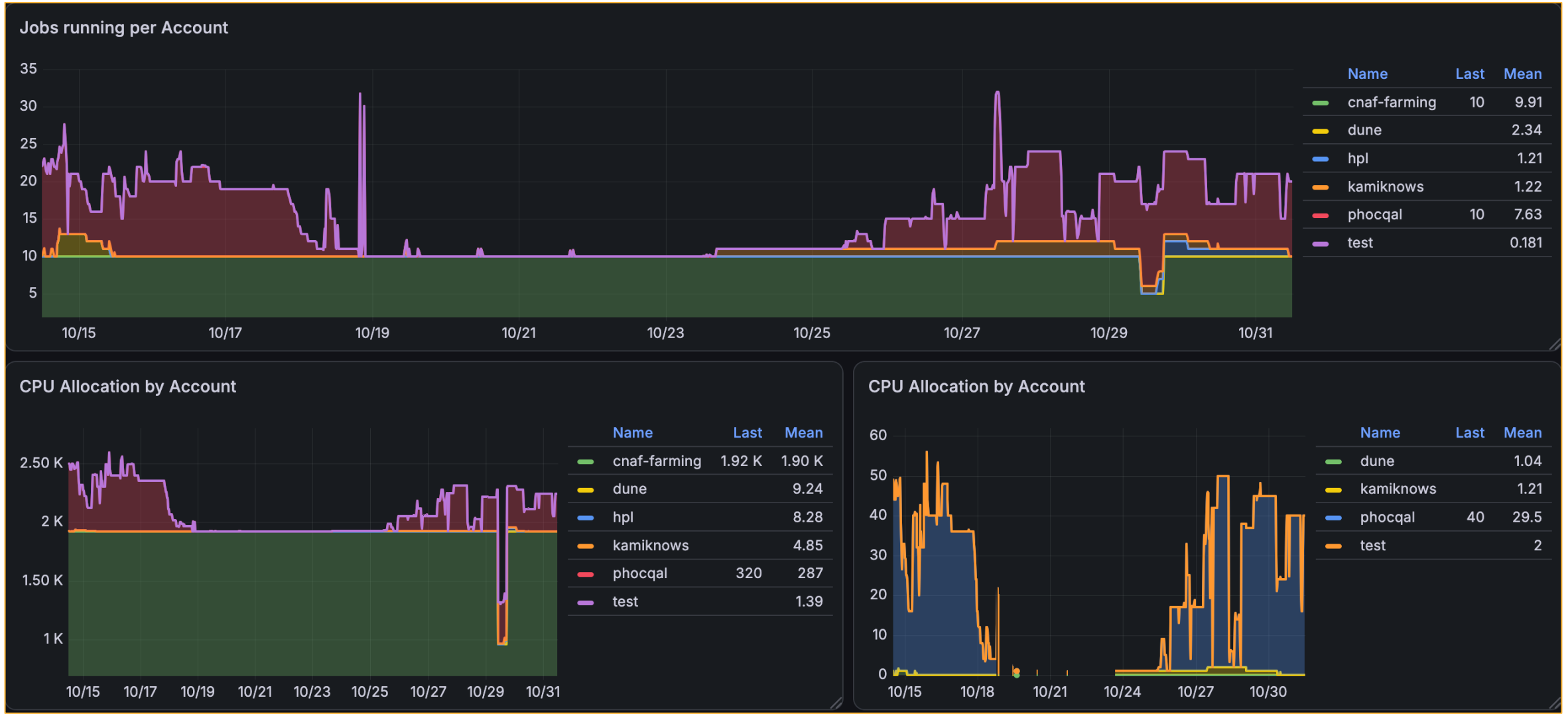



[2] Estensione della farm HTC del CNAF su Leonardo HPC (D. Michelotto - WS GARR 2024)

# Utilizzo attuale HPC
## Cluster



# Utilizzo attuale HPC
## Accounts



# Futuro del cluster

## Nel 2027

- Diversi progetti hanno già fatto richiesta per uso HPC
- Prevediamo un **uso molto più intenso** delle risorse
- Richieste di accesso interattivo
  - OpenOnDemand ?
  - Jupyter-notebooks ?

→ **Molto altro da imparare  del mondo HPC**

# Grazie per l’attenzione!

WORKSHOP GARR 2026

NET MAKERS