

**M. PUCCINI**

Dipartimento Tecnologie Energetiche e Fonti Rinnovabili  
Divisione per lo sviluppo di Sistemi per l'Informatica e l'ICT  
Laboratorio Infrastrutture per il Calcolo Scientifico e  
ad Alte Prestazioni  
Sede Legale, Roma

**A. MARIANO**

Dipartimento Tecnologie Energetiche e Fonti Rinnovabili  
Divisione per lo sviluppo di Sistemi per l'Informatica e l'ICT  
Bari

**G. CANNATARO, G. CARETTO**

Dipartimento Tecnologie Energetiche e Fonti Rinnovabili  
Divisione per lo sviluppo di Sistemi per l'Informatica e l'ICT  
Laboratorio Infrastrutture e Servizi di Rete  
Centro Ricerche Brindisi

# PRESTAZIONI DEL FILESYSTEM BASATO SU CEPH NELL'INFRASTRUTTURA ENEAGRID

RT/2022/1/ENEA



AGENZIA NAZIONALE PER LE NUOVE TECNOLOGIE,  
L'ENERGIA E LO SVILUPPO ECONOMICO SOSTENIBILE

**M. PUCCINI**

Dipartimento Tecnologie Energetiche e Fonti Rinnovabili  
Divisione per lo sviluppo di Sistemi per l'Informatica e l'ICT  
Laboratorio Infrastrutture per il Calcolo Scientifico e  
ad Alte Prestazioni  
Sede Legale, Roma

**A. MARIANO**

Dipartimento Tecnologie Energetiche e Fonti Rinnovabili  
Divisione per lo sviluppo di Sistemi per l'Informatica e l'ICT  
Bari

**G. CANNATARO, G. CARETTO**

Dipartimento Tecnologie Energetiche e Fonti Rinnovabili  
Divisione per lo sviluppo di Sistemi per l'Informatica e l'ICT  
Laboratorio Infrastrutture e Servizi di Rete  
Centro Ricerche Brindisi

# PRESTAZIONI DEL FILESYSTEM BASATO SU CEPH NELL'INFRASTRUTTURA ENEAGRID

RT/2022/1/ENEA



AGENZIA NAZIONALE PER LE NUOVE TECNOLOGIE,  
L'ENERGIA E LO SVILUPPO ECONOMICO SOSTENIBILE

I rapporti tecnici sono scaricabili in formato pdf dal sito web ENEA alla pagina [www.enea.it](http://www.enea.it)

I contenuti tecnico-scientifici dei rapporti tecnici dell'ENEA rispecchiano l'opinione degli autori e non necessariamente quella dell'Agenzia

The technical and scientific contents of these reports express the opinion of the authors but not necessarily the opinion of ENEA.

## PRESTAZIONI DEL FILESYSTEM BASATO SU CEPH NELL'INFRASTRUTTURA ENEAGRID

M. Puccini, A. Mariano, G. Cannataro, G. Caretto

### **Riassunto**

Il documento delinea le informazioni relative all'installazione e alla configurazione di un cluster Ceph all'interno della griglia computazionale ENEAGrid/CRESCO utilizzando commodity hardware in una infrastruttura di rete ad alte prestazioni con collegamenti a 10Gbit/s realizzata all'interno del centro di calcolo di Brindisi. Verranno illustrate le prestazioni del sistema in lettura e scrittura al fine di verificare l'usabilità per applicazioni legate ai Big Data.

**Parole chiave:** Filesystems, Big Data, storage distribuito.

### **Abstract**

*This document outlines the information relating to the installation and configuration of a Ceph cluster within the ENEAGrid / CRESCO computational grid using hardware commodities in a high-performance network infrastructure with 10Gbit/s connections built within the calculation of Brindisi. The performance of the system in reading and writing will be illustrated to verify its usability for applications related to Big Data.*

**Keywords:** Filesystems, Big Data, distributed storage.



## Indice

### Sommario

<b>Introduzione.....</b>	<b>5</b>
<b>Approfondimento su Ceph.....</b>	<b>6</b>
<b>Descrizione del cluster ENEA.....</b>	<b>7</b>
Hardware utilizzato.....	9
Nodi del Cluster.....	9
Configurazione di rete.....	11
Collegamenti di rete.....	12
<b>Performance del cluster.....</b>	<b>13</b>
Metriche di I/O.....	14
Risultati.....	15
Troughput.....	15
Random write.....	16
Random read.....	17
Latenza.....	18
Random write.....	18
Random read.....	19
<b>Conclusioni.....</b>	<b>20</b>
<b>Bibliografia.....</b>	<b>21</b>



## Introduzione

Ceph è una piattaforma di storage definita dal software progettata per soddisfare le esigenze di storage di oggetti, blocchi e file all'interno dei data center, adottando un approccio open source nelle soluzioni per lo storage a blocchi, gli archivi di oggetti e i *data lake* ad alto tasso di crescita e ad alta capacità (*Ceph*). Per queste sue caratteristiche risulta essere di sicuro interesse come soluzione per affidabili flussi di lavoro che coinvolgano i *Big Data* e che possano essere utilizzati all'interno di progetti di intelligenza artificiale e reti neurali profonde. Ceph nasce con una prima release già nel 2012 per lo storage distribuito e per la gestione di scenari data intensive, ovvero grandi flussi di dati non necessariamente strutturati, eterogenei, ad alto tasso di crescita. Si tratta di una tecnologia completamente open source, quindi esente da *vendor lock-in*. Una prima caratteristica è la possibilità di utilizzare hardware di prima necessità, consentendo così fin dall'inizio bassi investimenti. Ceph ha una comunità in crescita, con membri delle principali organizzazioni IT globali tra cui Canonical, Cisco, Fujitsu, Intel, Red Hat, SanDisk, SUSE e CERN, che lo utilizza come soluzione di archiviazione in casi d'uso ad alto rendimento come ATLAS o LHC @home che lo usano per i dati di fisica già dal 2016. Il suo punto di forza è la sua scalabilità, che può essere ottenuta semplicemente aggiungendo nodi al cluster anche con diversi tipi di unità di archiviazione, sia in termini di tipologia, dimensione e velocità. Può accettare un mix arbitrario di file in termini di dimensioni e tipo. Altra caratteristica peculiare di Ceph è la possibilità di esporre i dati attraverso 3 diverse interfacce sullo stesso cluster:

- come object storage
- come block storage
- come file system conforme a POSIX

In questo rapporto tecnico è stato svolto un lavoro di analisi delle prestazioni di questo sistema di storage ed in particolare del filesystem ottenuto a partire da un cluster Ceph realizzato a Brindisi.

## Approfondimento su Ceph

Di seguito è riportata una rapida panoramica dell'architettura software di Ceph che determina le sue caratteristiche sopra menzionate. Ceph è un sistema distribuito e decentralizzato, che gli consente di non avere un *single point of failure*. Ogni nodo del cluster ha tutta l'intelligenza per autogestirsi e comunicare con gli altri nodi. Questo grazie ad alcuni demoni che sono incaricati di eseguire diversi compiti. In particolare, questi sono:

- **mon** il monitor: raccoglie lo stato del nodo, i log e le metriche
- **mgr** il manager: raccoglie tutte le informazioni dai monitor, ne tiene un archivio e le espone in una dashboard
- **msd** il server dei metadati: gestisce le informazioni sui dati memorizzati nel cluster
- **osd** l'object storage device: gestisce i dati sotto forma di oggetti che possono essere frammentati e distribuiti in tutto il cluster per garantire la replica e l'accessibilità.

Fondamentalmente Ceph, attraverso gli OSD, gestisce dati e file come *object storage* grazie al sistema RADOS (reliable autonomic distributed object store). Può interfacciarsi direttamente con diversi linguaggi di programmazione, o come gateway compatibile con S3 (*Amazon S3*) e Swift (*Openstack Swift*) grazie a RADOSGW (RADOS gateway), oppure come *block device* attraverso un client del kernel linux o un driver QEMU (*QEMU*) o KVM (*KVM*), e infine come file system distribuito grazie a un client del kernel linux e con supporto FUSE (*FUSE*), come illustrato in Figura 1.

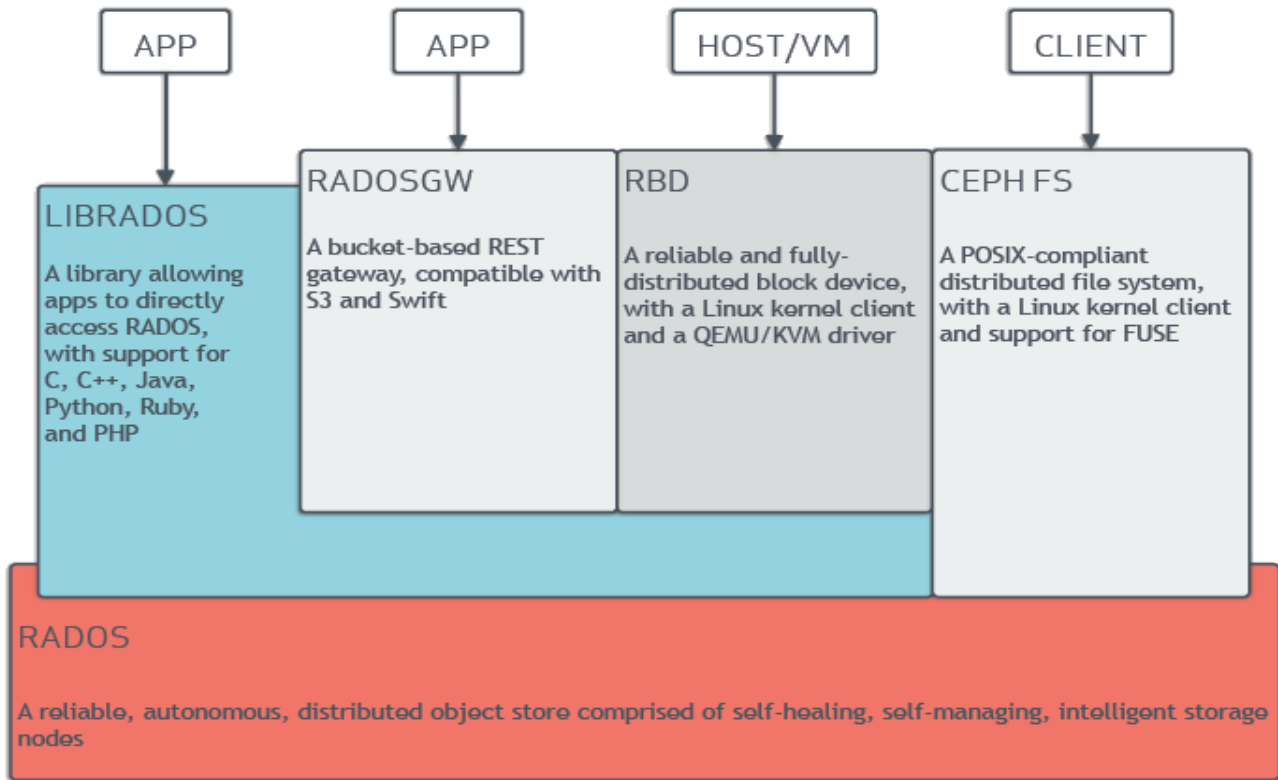


Figura 1: Panoramica dell'architettura di Ceph RADOS

### Descrizione del cluster ENEA

Il sistema preso in esame è costituito dal cluster Ceph e da un singolo nodo del cluster Cresco collocati nel centro di ricerche ENEA di Brindisi. In particolare le macchine coinvolte sono riassunte nella seguente tabella secondo i loro hostname:

Tabella 1: Hostname utilizzati per la sperimentazione.

hostname	Cluster	OS
ainsteinx09.brindisi.enea.it	Ceph	Ubuntu 20.04 LTS
ainsteinx10.brindisi.enea.it		
ainsteinx11.brindisi.enea.it		
ainsteinx12.brindisi.enea.it		
crescob-nvi1.brindisi.enea.it	Cresco	CentOS 7.8

I test riguardano le prestazioni di scrittura/lettura su dischi in rete, dunque, le caratteristiche hardware di questi componenti sono riassunti di seguito. Sia tra i nodi del cluster Ceph che tra questi ed il nodo Cresco, le connessioni sono ethernet a 10 GBit/s. Per quanto riguarda i dischi invece, quelli presi in esame sono:

- quello locale sul nodo Cresco, ovvero la partizione root di sistema / su un disco SATA Intel,
- 1 disco SSD Quantum QSX montato via iSCSI con multipath su 4 interfacce di rete sul nodo Cresco `/iscsi-disk`,
- il file system di Ceph, montato sempre sul nodo Cresco `/mnt/cephfs` servito dai 4 nodi del cluster Ceph, ognuno dei quali monta sempre via iSCSI 1 disco Quantum QXS, sempre con multipath su 4 interfacce di rete, per un totale di 4 dischi.

## Hardware utilizzato

### Nodi del Cluster

Il Lenovo NeXtScale System è una soluzione open, flessibile e semplice per data center ampiamente utilizzato per soluzioni di High Performance Computing, adatta a implementazioni quali griglie computazionali, workload e analisi di dati, infrastrutture cloud e di virtualizzazione su larga scala. In particolare, l'enclosure NeXtScale n1200 e il server NeXtScale nx360 M5 sono progettati per ottimizzare la densità e le prestazioni entro i limiti tipici dell'infrastruttura del data center. I server NeXtScale nx360 M5 sono equipaggiati con processori Intel Xeon v4 e supportano memoria DDR4 con velocità fino a 2400 MHz. Il numero di core supportati per processore è di 22, rispetto ai 18 core dei processori v3. Il cablaggio ad accesso frontale consente di apportare rapidamente e facilmente modifiche alla rete, alle connessioni di alimentazione e allo storage. Per le Caratteristiche hardware e network degli host del cluster AINSTEIN vedi la Tabella 2

CESTELLO 1  
 NeXtScale nx360 M5 compute node  
 192.168.175.55

CESTELLO 2  
 NeXtScale n1200 Enclosure Type 5456  
 192.168.175.56

host1	AC:1F:6B:36:9E:C8 06DHFTD	AC:1F:6B:36:9E:28 06DHFVX	host7
centos 7.9	192.168.175.43	192.168.175.49	centos 7.9
host2	06DHFZR	06DHFMR	host8
centos 7.9	192.168.175.44	192.168.175.50	centos 7.9
host3	AC:1F:6B:36:9F:98 06DHFVF	ainsteinx09 06DHFNR 192.107.88.109 3C:EC:EF:80:72:3E 192.168.175.189 3C:EC:EF:80:72:3F	host9 Ip pubblico
centos 7.9	192.168.175.45	192.168.175.51	ubuntu
host4	06DHFWR	ainsteinx10 06DHFVR 192.107.88.110 3C:EC:EF:80:63:3E 192.168.175.190 3c:ec:ef:80:63:3f	host10 Ip pubblico
centos 7.9	192.168.175.46	192.168.175.52	ubuntu
host5	06DHFWX	ainsteinx11 06DHFXA 192.107.88.111 AC:1F:6B:36:9D:E8 192.168.175.191 ac:1f:6b:36:9d:e9	host11 Ip pubblico
centos 7.9	192.168.175.47	192.168.175.53	ubuntu
host6	3C:EC:EF:80:63:6E 06DHFVA	ainsteinx12 06DHFVW 192.107.88.112 AC:1F:6B:36:9B:78 192.168.175.192 ac:1f:6b:36:9b:79	host12 Ip pubblico
centos 7.9	192.168.175.48	192.168.175.54	ubuntu

Tabella 2: Caratteristiche hardware e network degli host del cluster AINSTEIN

## Configurazione di rete

Lo schema logico di rete è una astrazione dal livello fisico della rete e permette al gestore di implementarla secondo una sua idea di sicurezza, affidabilità, resilienza e accessibilità. La buona riuscita della implementazione di una rete necessita dello studio e realizzazione di un buon schema logico della stessa. Una rete organizzata in un certo modo e con una certa resilienza e affidabilità a livello logico, non può prescindere dall'utilizzo di determinate applicazioni e metodologie di implementazione, senza le quali, altrimenti, la rete non avrebbe le suddette caratteristiche.

Nella Figura 2 è possibile visualizzare lo schema logico della rete del Centro di Brindisi, che mira a distinguere in maniera opportuna tramite VLAN differenti, funzioni di rete differenti.

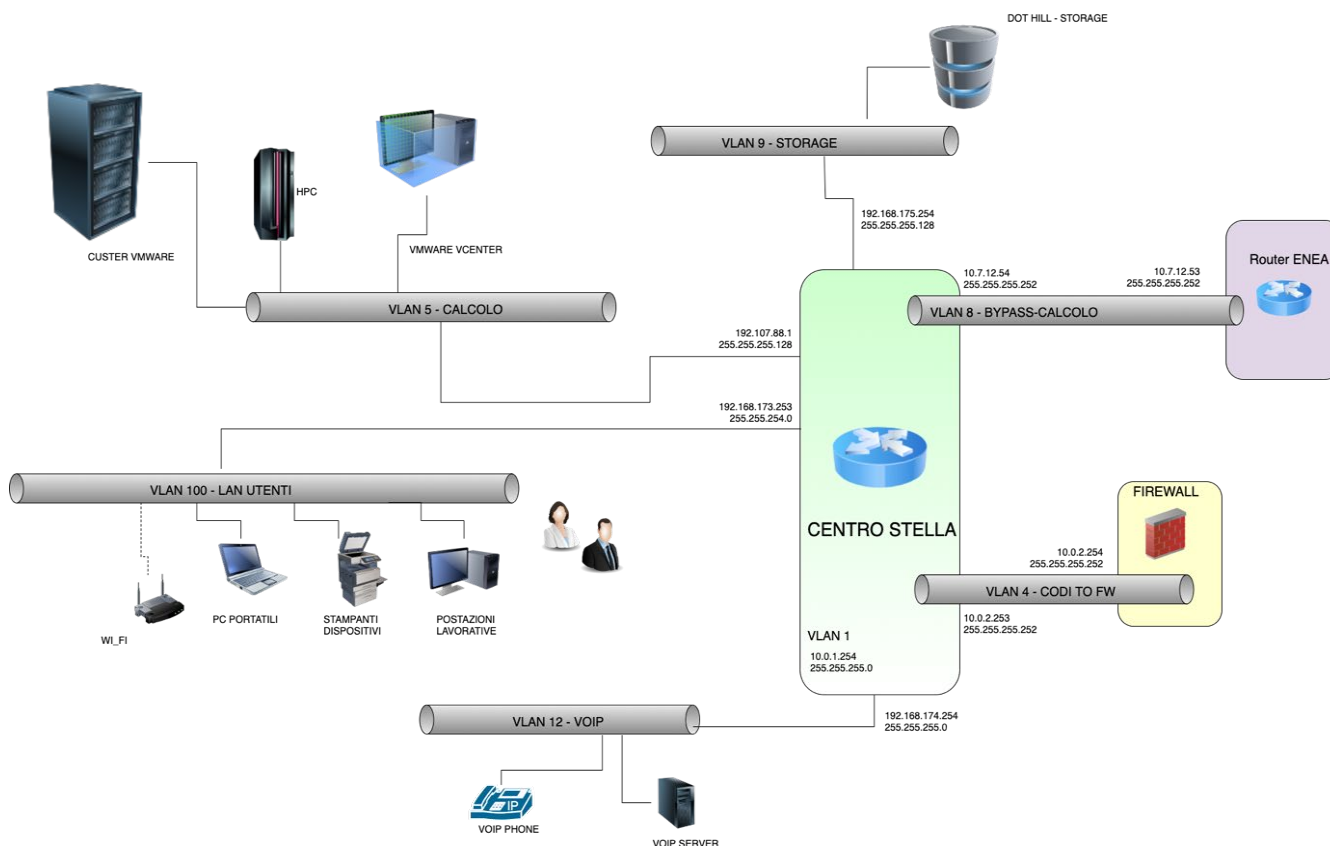


Figura 2: Schema Logico di Rete del centro di calcolo di Brindisi

## Collegamenti di rete

L'infrastruttura di rete del centro ricerche ENEA di Brindisi è concepita e strutturata affinché il suo funzionamento sia quanto più sicuro, tanto più coerente con gli standard di sicurezza imposti. Uno degli obiettivi perseguiti è quello di utilizzare dove possibile indirizzamento privato affinché le macchine e la rete in generale sia il più possibile protetta da intrusioni malevoli. La sede di Brindisi dispone di un totale di 16 reti di classe C private per gestire tutte le varie configurazioni e necessità ed ulteriori reti private utilizzabili a piacere. Inoltre, detiene l'utilizzo di due reti pubbliche di classe C con indirizzamento 192.107.62.0/24 e 192.107.88.0/24 opportunamente subnettate per soddisfare le esigenze del centro. L'utilizzo di IP pubblici è consentito per l'indirizzamento delle DMZ dei servizi di Centro e di Calcolo, per gli uplink di tunneling tra le sedi, per il collegamento tra Router e Firewall e per il NAT. In linea generale sono utilizzati solo ed esclusivamente dove necessitano strettamente. Nella Figura 3 è possibile visualizzare lo schema fisico della rete di storage in uso per la realizzazione del cluster Ceph.

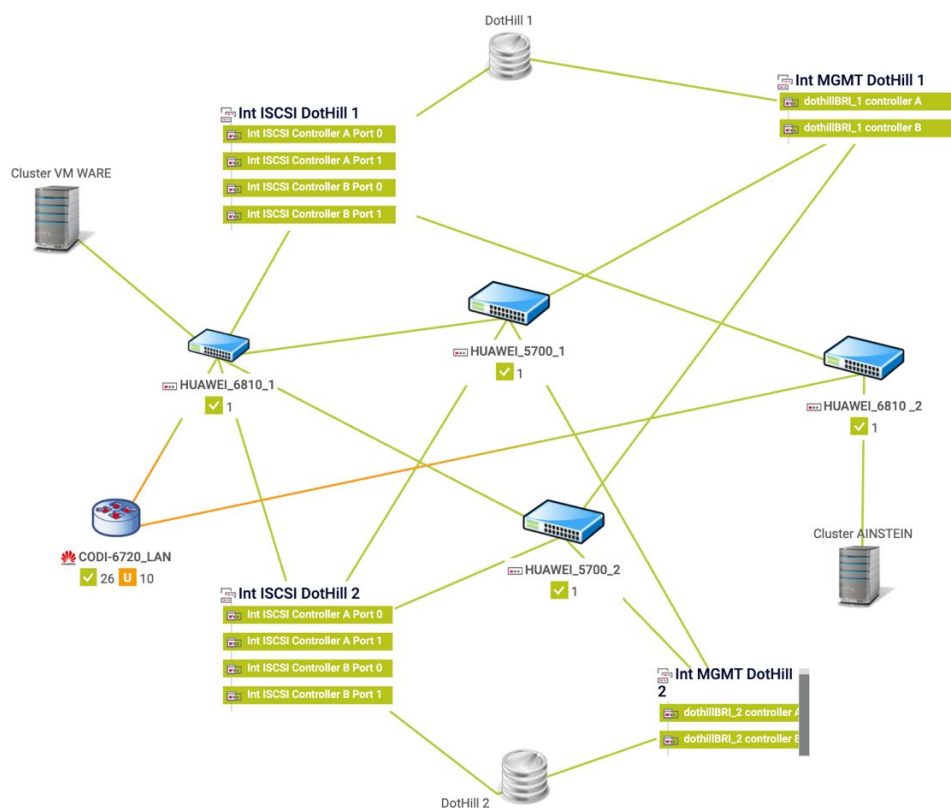


Figura 3: Schema fisico dello Storage Network

## Performance del cluster

Sono state testate le prestazioni di rete sia tra i nodi del cluster Ceph che tra questi ed il nodo crescob-nvi1 al fine di avere una panoramica completa relativamente e a tutte le comunicazioni. In particolare con iperf (iPerf) sono state testate le bandwidth relative, mentre con ping le latenze. Di seguito sono riportati i risultati nelle tabelle, rispettivamente la 3 per le larghezze di banda espresse in Gbit/s e la 4 per le latenze espresse in millisecondi.

Tabella 3: Larghezza di banda (Gbit/s) tra i nodi del cluster Ceph ed il nodo Cresco con GPU

	<b>x12</b>	<b>x11</b>	<b>x10</b>	<b>x09</b>	<b>nvi1</b>
<b>ainsteinx12</b>	X	9.41	9.40	9.40	8.21
<b>ainsteinx11</b>	9.41	X	9.41	9.40	8.65
<b>ainsteinx10</b>	9.40	9.41	X	9.41	8.81
<b>ainsteinx09</b>	9.40	9.40	9.41	X	8.22
<b>crescob-nvi1</b>	8.21	8.65	8.81	8.2	X

Tabella 4: Latenza (ms) tra i nodi del cluster Ceph ed il nodo Cresco con GPU

	<b>x12</b>	<b>x11</b>	<b>x10</b>	<b>x09</b>	<b>nvi1</b>
<b>ainsteinx12</b>	X	0.147	0.136	0.122	0.164
<b>ainsteinx11</b>	0.147	X	0.154	0.128	0.179
<b>ainsteinx10</b>	0.136	0.154	X	0.143	0.157
<b>ainsteinx09</b>	0.122	0.128	0.143	X	0.157
<b>crescob-nvi1</b>	0.164	0.179	0.157	0.157	X

## Metriche di I/O

Seguendo un approccio agnostico del pattern di I/O da implementare nell'uso dei *filesystems*, è stato condotto un *benchmark* ad ampio spettro, per coprire diversi *use case*. La seguente analisi è da considerarsi un punto di partenza per affinare eventuali ulteriori indagini. Il test è stato condotto mediante il tool FIO (Flexibile I/O tester) (*FIO*), uno strumento ampiamente diffuso che consente di definire dettagliatamente il tipo di test da condurre. Per poter esplorare diversi *use case* sono stati condotti test multipli differenziati per alcuni parametri che descrivono differenti tipi di lettura e scrittura. In particolare sono stati effettuati test relativamente a:

- letture e scritture random (`randread` e `randwrite`)
- numero crescente di job (`njobs`)
- numero crescente della profondità delle code in job asincroni (`iodepth`)
- numero crescente di pacchetto trasmesso (`block size`)

Il test prevede la creazione e relative interazioni di un file di dimensioni definite che può rappresentare un ulteriore parametro di differenziazione. In questo caso, le dimensioni sono state fissate a 1GB, considerandola come dimensione massima dei dati che possono interessare, in prima approssimazione, questo file system. Il test è stato inoltre condotto su un disco locale sul nodo `crescob-nv11` e su un disco montato via iSCSI sempre sullo stesso nodo per poter fare un confronto.

Di seguito sono riportati i grafici per differente numero di job che riportano l'andamento del *Throughput* in funzione del *blocksize* per differenti *iodepth*. Il throughput  $T$  è stato calcolato a partire dal block size  $b$  e dal *iops* misurate con il test secondo la relazione:

$$T = b \cdot iops$$

Riassumendo, in Tabella 5 sono riassunti i valori con i quali sono stati condotti i test.

Tabella 5: Specifiche dei test di benchmark

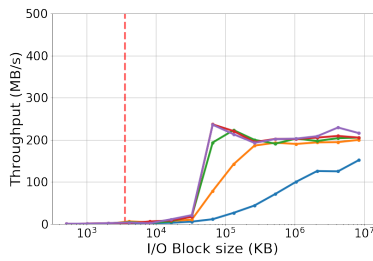
<b>variable</b>	<b>value(s)</b>
<b>job</b> (type)	randread e randwrite
<b>njobs</b>	1, 32, 64
<b>blocksize</b> (bytes)	512, 1k, 2k, 4k, 8k, 16k, 32k, 64k, 128k,256k, 512k, 1024k, 2048k, 4096k, 8192k
<b>iodepth</b> (number of queued jobs)	1, 8, 32, 64, 128

## Risultati

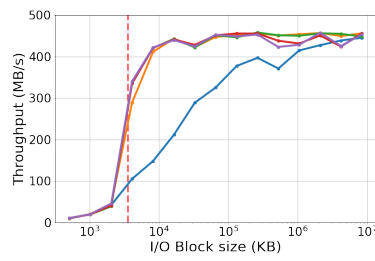
### Troughput

Di seguito i risultati del test effettuato sul file system CephFS montato su crescob-nvi1 come /mnt/cephfs, il disco locale di root / ed un disco esterno montato tramite iSCSI /iscsi-disk. Nei grafici seguenti, con una linea tratteggiata in rosso, viene indicata la dimensione media delle immagini scaricate da Instagram (3-4 MB) come termine di confronto. I colori delle linee si riferiscono ai diversi iodepth del test. Sono sostanzialmente equivalenti, a parte alcuni casi nei quali il job con iodepth = 1 in blu, si distingue dagli altri. Data dunque la sostanziale sovrapposizione, non è stata esplicitata alcuna legenda.

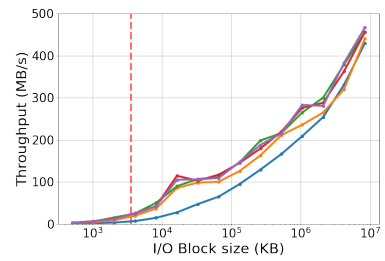
Random write



(a)

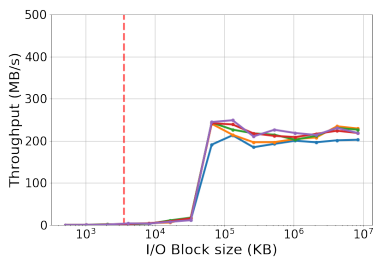


(b)

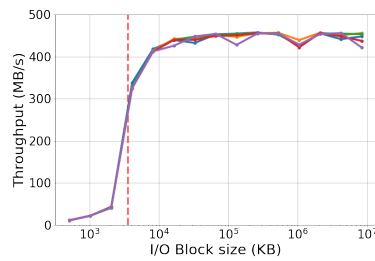


(c)

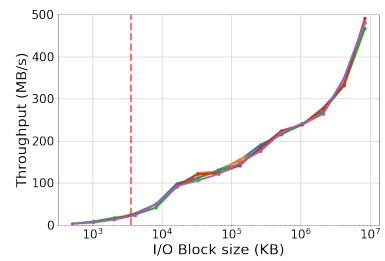
Figura 4: Throughput per random write con  $njobs= 1$ , per iodepth differenti, su: (a) /mnt/cephfs, (b) /, (c) /iscsi-disk



(a)

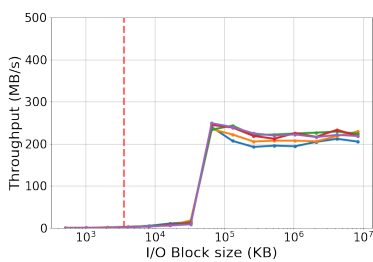


(b)

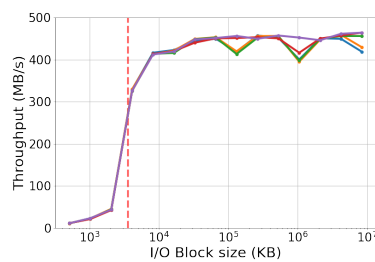


(c)

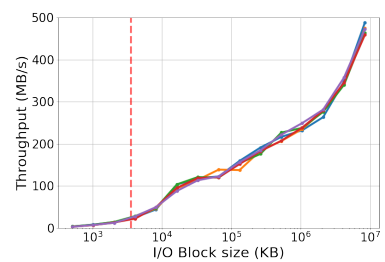
Figura 5: Throughput per random write con  $njobs= 32$ , per iodepth differenti, su: (a) /mnt/cephfs, (b) /, (c) /iscsi-disk



(a)



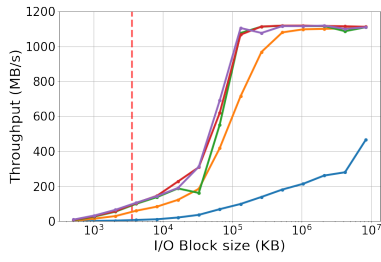
(b)



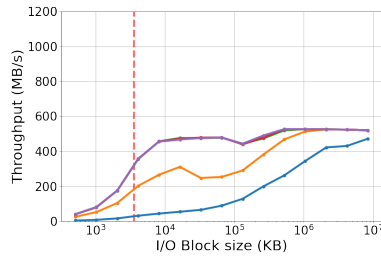
(c)

Figura 6: Throughput per random write con  $njobs= 64$ , per iodepth differenti, su: (a) /mnt/cephfs, (b) /, (c) /iscsi-disk

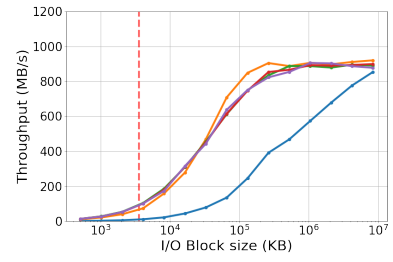
Random read



(a)

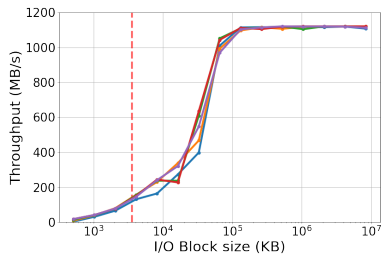


(b)

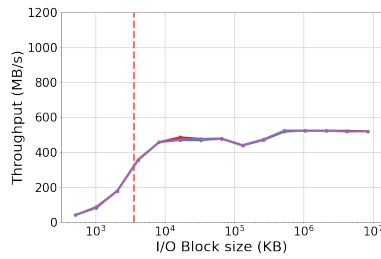


(c)

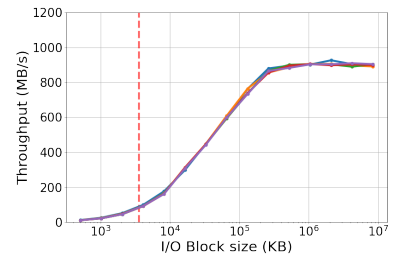
Figura 7: Throughput per random read con  $njobs= 1$ , per iodepth differenti, su: (a) /mnt/cephfs, (b) /, (c) /iscsi-disk



(a)

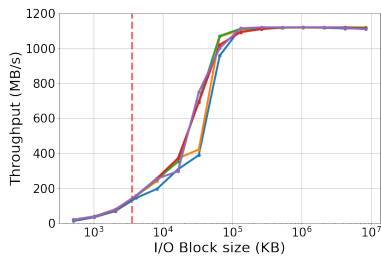


(b)

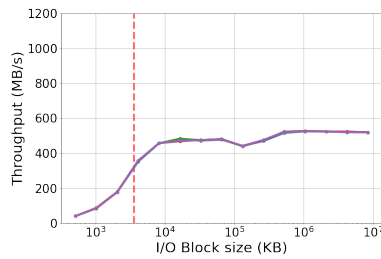


(c)

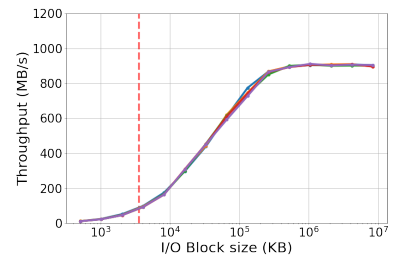
Figura 8: Throughput per random read con  $njobs= 32$ , per iodepth differenti, su: (a) /mnt/cephfs, (b) /, (c) /iscsi-disk



(a)



(b)



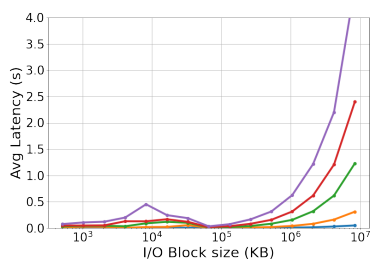
(c)

Figura 9: Throughput per random read con  $njobs= 64$ , per iodepth differenti, su: (a) /mnt/cephfs, (b) /, (c) /iscsi-disk

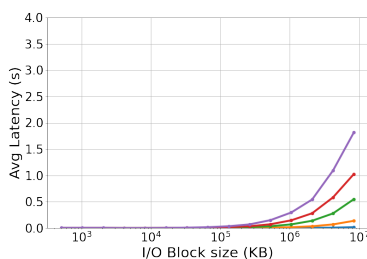
## Latenza

In questo caso, senza esplicitare la legenda, a latenze crescenti corrisponde un valore crescente di iodepth, che ricordiamo essere di 1,8, 32, 64 e 128.

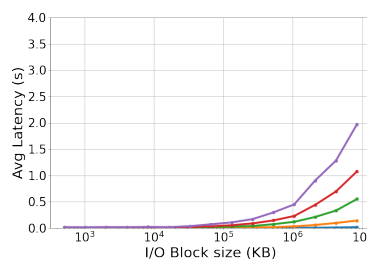
### Random write



(a)

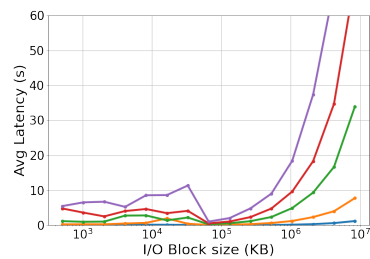


(b)

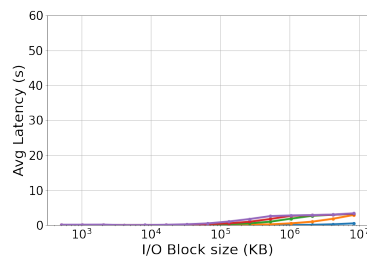


(c)

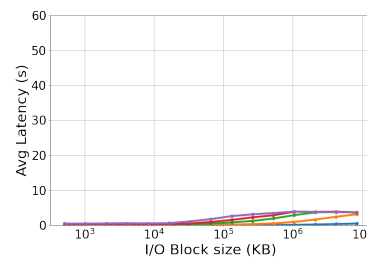
Figura 10: Latenza per random write con  $njobs=1$ , per iodepth differenti, su: (a) /mnt/cephfs, (b) /, (c) /iscsi-disk



(a)

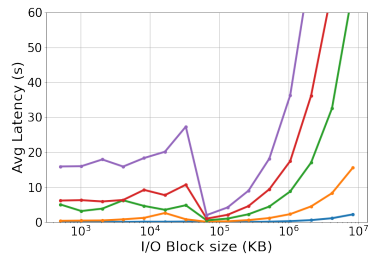


(b)

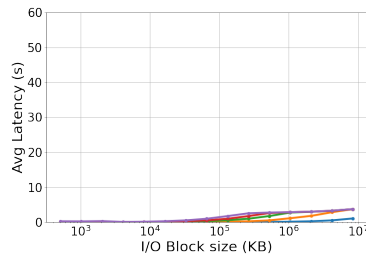


(c)

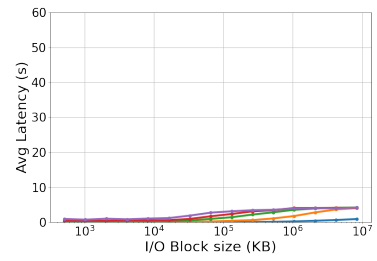
Figura 11: Latenza per random write con  $njobs=32$ , per iodepth differenti, su: (a) /mnt/cephfs, (b) /, (c) /iscsi-disk



(a)



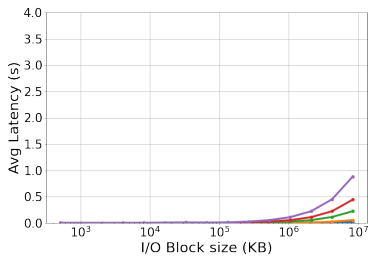
(b)



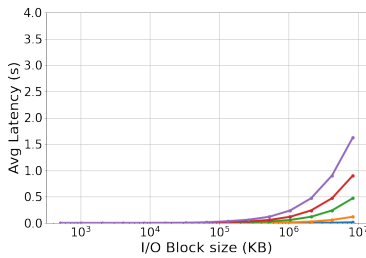
(c)

Figura 12: Latenza per random write con  $njobs=64$ , per iodepth differenti, su: (a) /mnt/cephfs, (b) /iscsi-disk

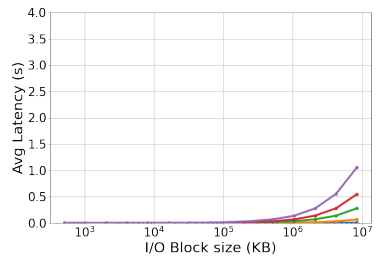
Random read



(a)

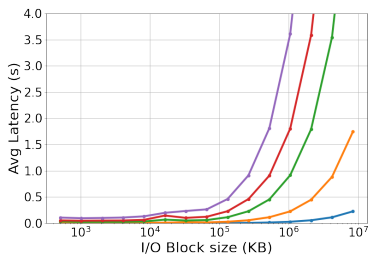


(b)

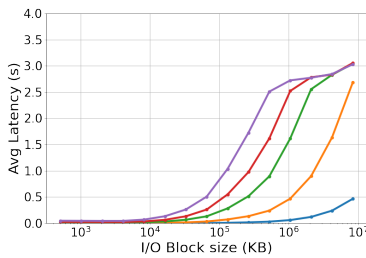


(c)

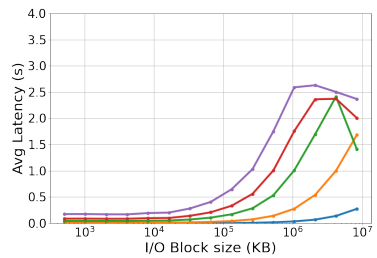
Figura 13: Latenza per random read con  $njobs=1$ , per iodepth differenti, su: (a) /mnt/cephfs, (b) /iscsi-disk



(a)

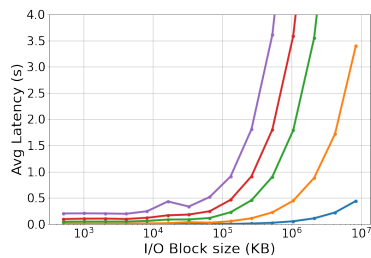


(b)

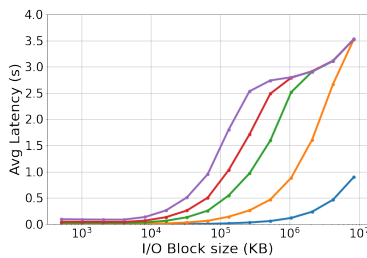


(c)

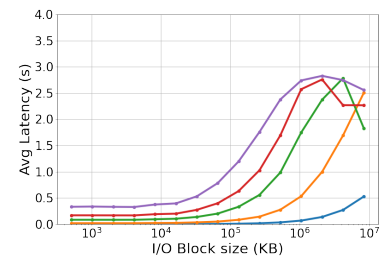
Figura 14: Latenza per random read con  $njobs=32$ , per iodepth differenti, su: (a) /mnt/cephfs, (b) /iscsi-disk



(a)



(b)



(c)

Figura 15: Latenza per random read con  $njobs=64$ , per iodepth differenti, su: (a) /mnt/cephfs, (b) /, (c) /iscsi-disk

## Conclusioni

Da questi test preliminari il filesystem basato su tecnologia Ceph risulta avere prestazioni inferiori in scrittura ma nettamente superiori in lettura. Inoltre, in termini di latenza, risulta di notevole stabilità anche in job multipli e code profonde, scalando in prestazioni nelle letture meglio del disco locale (SATA) ed in modo confrontabile ai dischi iSCSI montati in locale. Le latenze in scrittura rimangono invece un *bottleneck* del sistema, dovuto alla necessità di allocare il dato su più block device in base all'algoritmo CRUSH che è alla base di Ceph.

Ai risultati riportati bisogna aggiungere la capacità, unica rispetto ai suoi competitor per questo test, di replicare i dati ed assicurarne l'accessibilità in caso di fallimenti di porzioni del cluster essendo un sistema distribuito ad alta affidabilità.

Una sostanziale ottimizzazione verrebbe sostituendo i dischi degli OSD con dischi SSD locali sui rispettivi nodi, con un miglioramento netto nelle prestazioni in scrittura che ci aspettiamo di approfondire nei prossimi rapporti tecnici sull'argomento.

## Bibliografia

*Amazon S3*. <https://aws.amazon.com/it/s3/>.

*Ceph*. <https://ceph.io/en/>, <https://ceph.com/>.

*FIO*. <https://github.com/axboe/fio>.

*FUSE*. <https://github.com/libfuse/libfuse>.

*iPerf*. <https://iperf.fr/>.

*KVM*. [https://www.linux-kvm.org/page/Main\\_Page](https://www.linux-kvm.org/page/Main_Page).

*Openstack Swift*. <https://wiki.openstack.org/wiki/Swift>.

*QEMU*. <https://www.qemu.org/>.

*NeXtScale System*. <https://lenovopress.com/lp0094-nextscale-nx360-m5-e5-2600-v4>

*CRESCO System*. <https://www.eneagrid.enea.it>.

ENEA  
Servizio Promozione e Comunicazione  
[www.enea.it](http://www.enea.it)

Stampa: Laboratorio Tecnografico ENEA - C.R. Frascati  
marzo 2022