

Gestione distribuita dei dati sperimentali da prove su tavola vibrante per la protezione sismica di murature storiche

Irene Bellagamba¹, Francesco Iannone², Marialuisa Mongelli², Silvio Migliori², Giovanni Bracco²

¹ Consortium GARR, ²Centro Ricerche ENEA.

Abstract. Allo scopo di rafforzare la collaborazione tra esperti della comunità scientifica che operano nel settore della protezione sismica del costruito storico, l'ENEA ha recentemente sviluppato, nell'ambito del progetto C.O.B.R.A., un'architettura denominata ENEA Staging Storage Sharing (E3S), per l'archiviazione, la condivisione e l'analisi dei dati sperimentali prodotti da differenti laboratori di ricerca dell'ENEA distribuiti geograficamente. In tale architettura, sono stati sviluppati tool di visualizzazione grafica dei dati, servizi web e infrastrutture cloud storage, per la condivisione e l'analisi in tempo reale dei dati sperimentali acquisiti durante prove su tavola vibrante condotte presso il laboratorio SITEC (Sustainable Innovation TEChnologies) dell'ENEA. Il presente lavoro intende mostrare l'architettura applicata nell'ambito di una campagna sperimentale su tavola vibrante per l'analisi del comportamento sismico di una muratura tipicamente usata nei borghi storici del centro Italia.

Keywords. real time data streaming; scientific data sharing; distributed data management; seismic protection; shaking table tests.

Introduzione

L'architettura E3S è stata sviluppata ed integrata, nell'ambito del progetto COBRA (Sviluppo e diffusione di metodi, tecnologie e strumenti avanzati per la CONservazione dei Beni culturali, basati sull'applicazione di Radiazioni e di tecnologie Abilitanti) e supporta l'intero processo di gestione dei dati, sia acquisiti sperimentalmente che post-elaborati e prodotti da analisi strutturali ad elementi finiti (FE).

I dati sperimentali sono acquisiti da un sistema optoelettronico, 3DVision, che utilizza una costellazione di telecamere NIR (Near Infra Red) per la misura nel tempo delle posizioni di numerosi marcatori retroriflettenti disposti sulle strutture in prova.

Per ogni step di prova i dati vengono scritti all'interno di un file in formato standard C3D temporaneamente memorizzato in un'area del disco locale del sistema di acquisizione e successivamente sincronizzati con le aree di storage dipartimentali dell'infrastruttura ENEA. Quest'ultime sono basate sul filesystem AFS distribuito geograficamente su tutti i centri di ricerca ENEA, utilizzato per la condivisione dei dati su WAN e sul filesystem parallelo GPFS utilizzato dai sistemi di calcolo ad alte prestazioni (HPC).

Un servizio web, denominato "DySCo Logbook", è stato sviluppato per gestire sia l'inserimento dei metadati in database relazionale, sia il processo di streaming dei dati sperimentali acquisiti durante le prove. Gli utenti autorizzati possono così accedere di-

rettamente ai dati per la calibrazione da remoto di modelli FE delle strutture in prova, sfruttando le potenzialità dei codici di calcolo disponibili sull'infrastruttura HPC CRESCO (Computational Research Centre for Complex Systems), al fine di migliorare le simulazioni successive e l'affidabilità dei modelli per futuri test sperimentali.

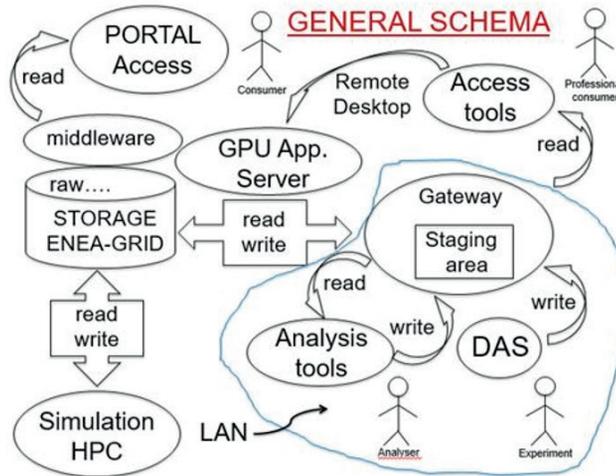
L'efficacia dell'architettura viene mostrata nell'ambito di una campagna di test sismici eseguiti all'interno di un progetto di cooperazione e trasferimento scientifico-tecnologico Italia-USA, finalizzati alla valutazione del comportamento dinamico di strutture murarie e alla verifica dell'efficacia di sistemi di rinforzo innovativi.

1. L'architettura E3S

L'architettura E3S consente l'archiviazione fisica dei dati scientifici sull'infrastruttura ENEA garantendone l'integrità e la sicurezza nonché la condivisione su area geografica. Essa è basata su tre componenti funzionali principali (Figura 1): il "Gateway Node" (GWN), il "Middleware Node" (MWN) e il "GPU Application Server" (GAS).

E3S consente principalmente di archiviare temporaneamente i dati acquisiti in aree di staging locali sincronizzate con aree di storage, fornendo un servizio denominato sync-storage. Le aree di staging vengono gestite da un componente funzionale denominato Gateway. Grazie all'utilizzo di tecnologie basate su cloud storage i dati vengono archiviati in sicurezza anche quando il link di rete risulta non essere disponibile.

Fig. 1
Schema E3S



L'accesso ai dati archiviati nelle aree di staging è reso possibile grazie all'utilizzo di strumenti di analisi e visualizzazione che sfruttano il modello client/server per il servizio di accesso remoto ai dati. Oltre alla funzionalità di staging, il GWN gestisce la sincronizzazione delle suddette aree con le aree di storage del filesystem della cella AFS: enea.it, utilizzato per la condivisione dei dati su rete geografica, o in alternativa con le aree di storage del filesystem parallelo GPFS per l'accesso dei sistemi HPC.

Sia AFS che GPFS permettono a tutti i sistemi computazionali di ENEA di condividere i

filesystem fornendo servizi di accesso alle aree di storage. Tali servizi vengono gestiti dal secondo componente funzionale dell'architettura, denominato Middleware che consente inoltre di effettuare il data-sharing. Il componente funzionale denominato GPU-Application Server fornisce un ambiente grafico integrato per l'esecuzione di applicazioni su piattaforme hardware basate su GPU accessibili remotamente. L'accesso al GAS da parte di un'utenza specializzata permette l'elaborazione dei dati condivisi nelle aree di storage con specifici criteri di autorizzazione attivabili da sistemi sicuri di autenticazione.

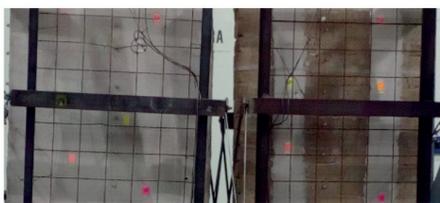
2. Condivisione delle prove sperimentali su tavola vibrante

La campagna di prove sperimentali su tavola vibrante è stata eseguita su due paramenti murari, uno in blocchi di tufo e l'altro in pietra, rappresentativi dei materiali degli edifici storici tipici del centro Italia.

Le murature sono state sottoposte a 5 input sismici ad intensità crescente, imposti mediante una tavola vibrante a 6 gradi di libertà, e i dati sperimentali sono stati acquisiti dal sistema 3DVision, costituito da una costellazione di 4 videocamere e 10 telecamere NIR ad alta risoluzione, con frequenza di campionamento di 200 Hz. Esso è in grado di acquisire le traiettorie di numerosi marcatori disposti sulla superficie dei provini in corrispondenza delle aree critiche, individuate mediante l'esecuzione di un'analisi FE preliminare (Figura 2).



Fig. 2
Setup di prova e sistema 3DVision



Le prove sperimentali sono state condivise in tempo reale con i partner del progetto (UniRoma3 e Università di Miami), ed esperti che operano nel settore della protezione sismica. Il processo di condivisione parte dall'acquisizione del dato sperimentale e dalla sua immediata memorizzazione in un file C3D. Mediante l'interfaccia browser "Insert/modify" dell'applicazione web "DySCo Logbook", basata su piattaforma LAMP, l'addetto all'esecuzione della prova lancia un applicativo sviluppato in Java che esegue la lettura dei

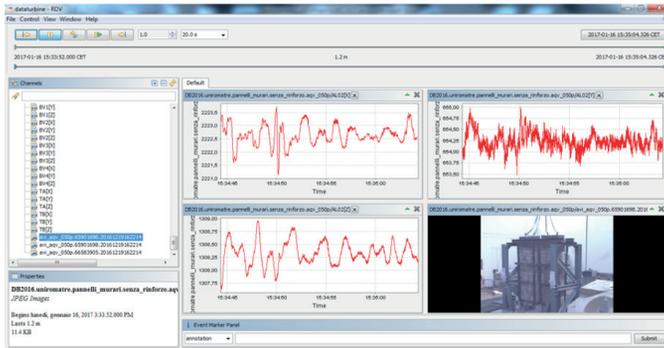


Fig. 3
RDV DataTurbine

C3D e inserisce sia i segnali che i video della prova nel motore per lo streaming real time denominato DataTurbine (DT). L'utente remoto, mediante la relativa interfaccia grafica RDV (Real Time Data Viewer) di DT (Figura 3), può visualizzare in near real-time le traiettorie dei marcatori disposti sulle strutture e i video della prova.

L'interfaccia "Insert/modify" è accessibile solo all'interno della LAN del laboratorio al fine di garantire la sicurezza e l'integrità del dato sperimentale, mentre l'interfaccia "View" del Logbook è accessibile anche su WAN e consente di visualizzare e trasferire remotamente le traiettorie dei marcatori anche successivamente all'esecuzione dei test sperimentali. Tramite la stessa interfaccia è possibile visualizzare tutte le informazioni relative al singolo step di acquisizione, inoltre grazie alle WebGL API in javascript:Three.js disponibili in rete, è possibile visualizzare la posizione all'interno di una geometria 3D dei marcatori, affiancati dalla relativa label, per permettere all'utente remoto di selezionare in completa autonomia il marcatore di suo interesse e visualizzarne le traiettorie sia nel dominio del tempo che in quello delle frequenze (Figura 4 e Figura 5). I dati acquisiti vengono archiviati nelle aree di storage mediante un processo batch di sincronizzazione con le aree di staging e condivisi attraverso il MWN tramite un server "Own-Cloud", che ha come backend storage le aree dipartimentali in condivisione.

3. Conclusioni

Il sistema E3S, replicabile e adattabile ad ogni altro tipo di strumentazione e laboratorio, è completamente integrato nelle procedure preesistenti di acquisizione, visualizzazione e

Fig. 4
Logbook Dysco

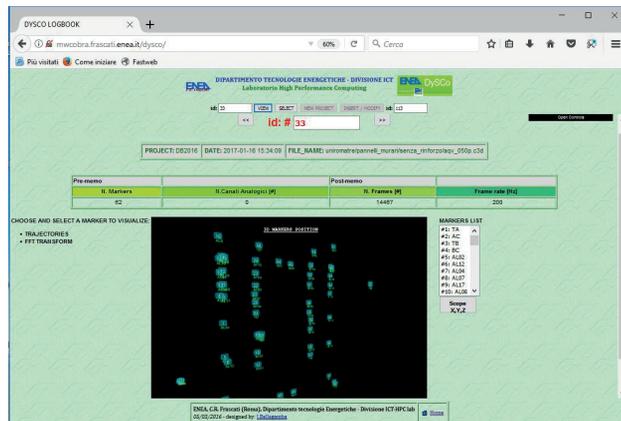
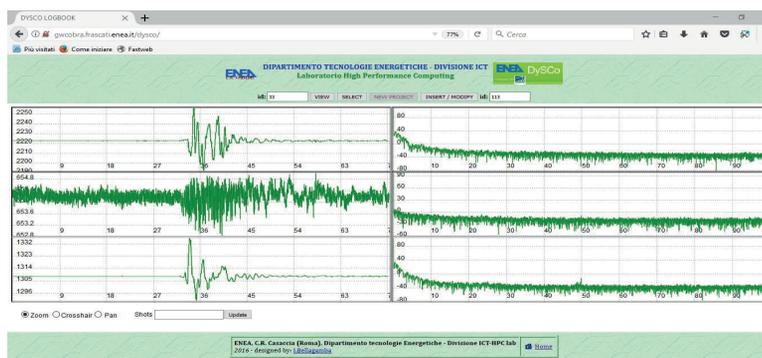


Fig. 5
Traiettorie nel dominio
del tempo (sx) e
delle frequenze (dx)



archiviazione dati, sfruttando le potenzialità dei filesystems dell'ENEA. Questo nuovo approccio di "sperimentazione condivisa" consente di rafforzare la cooperazione scientifica nel campo della protezione sismica, riducendo i tempi necessari all'esecuzione delle prove e all'elaborazione dei risultati da parte di utenti remoti, in completa autonomia e indipendentemente dalla propria posizione geografica. Inoltre facilita il processo di calibrazione a seguito di ciascuno step di prova dei modelli FE, in quanto i risultati sperimentali disponibili in near real-time, grazie alle funzionalità di streaming distribuito via DataTurbine, possono essere utilizzati per analizzare più velocemente il livello di danno subito dalle strutture e calibrare automaticamente i modelli FE tenendo conto della loro reale risposta sismica.

Riferimenti bibliografici

Abate D., Ambrosino F. et al. (2010-2011), "ENEA-GRID Infrastructure". Proceedings of High performance computing on CRESCO Infrastructure: research activities and results.

Iannone F., Bellagamba I., Bracco G., Calosso B., Giovanetti G., Migliori S., Mongelli M., Perozziello A., Pierattini S., Quintiliani A., Ambrosino F., Di Mattia D., Funel A., Guarnieri G., Ponti G., Simoni F., Steffé M. (2017), "A Staging Storage Sharing System for Data Handling in a Multisite Scientific Organization". Proceedings of the 3th CS3 Workshop on Cloud Services for File Synchronisation and Sharing SurfSARA, Amsterdam.

Mongelli M., De Canio G., Roselli I., Baldini M., Colucci A., Di Biagio F., Picca A., Tati A., Cancelliere N., Coniglio L. and Ghersi A. (2011), "Experimental tests of reinforced concrete buildings and ENEA DySCo Virtual Laboratory", Proceedings of the 5th International Conference on Structural Health Monitoring of Intelligent Infrastructure (SHMII-5), (11-15/12), Cancún, México.

Mongelli M., Roselli I., De Canio G., Ambrosino F. (2016), "Quasi real-time FEM calibration by 3D displacement measurements of large shaking table tests using HPC resources", Advances in Engineering Software.

DOI: 10.1016/j.advengsoft.2016.07.005 30.

G. Ponti et al. (2014), "The role of medium size facilities in the HPC ecosystem: the case of the new CRESCO4 cluster integrated in the ENEAGRID infrastructure", Proceedings of the 2014 International Conference on High Performance Computing and Simulation, HPCS 2014, art. no. 6903807, pp. 1030-1033.

Autori



Irene Bellagamba irene.bellagamba@enea.it

Ing. Civile. Nel 2016 ha ottenuto una borsa di studio GARR "Orio Carlini", durante la quale si sta occupando dello sviluppo di una piattaforma web per lo streaming, lo storage e la gestione distribuita dei dati scientifici prodotti durante prove sperimentali su tavola vibrante per la protezione sismica, condotte presso il laboratorio SITEC dell'ENEA Casaccia.

Marialuisa Mongelli marialuisa.mongelli@enea.it

Ing. Chimico, PhD in metallurgia. Dal 2004, ricercatore ENEA, ha maturato la sua esperienza nel campo della protezione, conservazione e tutela del patrimonio culturale. Nel laboratorio HPC si occupa della definizione di modelli numerici, dalla ricostruzione 3D fotogrammetrica all'analisi agli elementi finiti per lo studio del comportamento dinamico di macroelementi strutturali o singole opere d'arte.



Francesco Iannone francesco.iannone@enea.it

Fisico. Dal 1993, ricercatore ENEA nel settore delle energie rinnovabili, in organico presso il laboratorio HPC, si occupa dello sviluppo di sistemi di acquisizione e gestione dati di impianti per la fusione nucleare.

Silvio Migliori silvio.migliori@enea.it

Ing. Nucleare. Direttore della divisione ICT dell'ENEA. Ha maturato una forte esperienza nello sviluppo di nuove tecnologie nel campo del supercalcolo scientifico e nella messa a punto di sistemi avanzati per la realizzazione di infrastrutture ICT (calcolo scientifico, ambienti virtuali).



Giovanni Bracco giovanni.bracco@enea.it

Fisico. Dal 1981 ricercatore ENEA, attualmente responsabile del laboratorio HPC. Si occupa dello sviluppo e della gestione del Cluster CRESCO e dell'infrastruttura di calcolo ENEAGRID.