

“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

¹Consortium GARR, Italia

²Centro Ricerche ENEA, Italia

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

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.

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 direttamente 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. 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 (Fig. 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. 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 (Fig. 2). 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 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 (Fig. 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 (Fig. 4 e Fig. 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 "OwnCloud", che ha come *back-end 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 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.

IMMAGINI

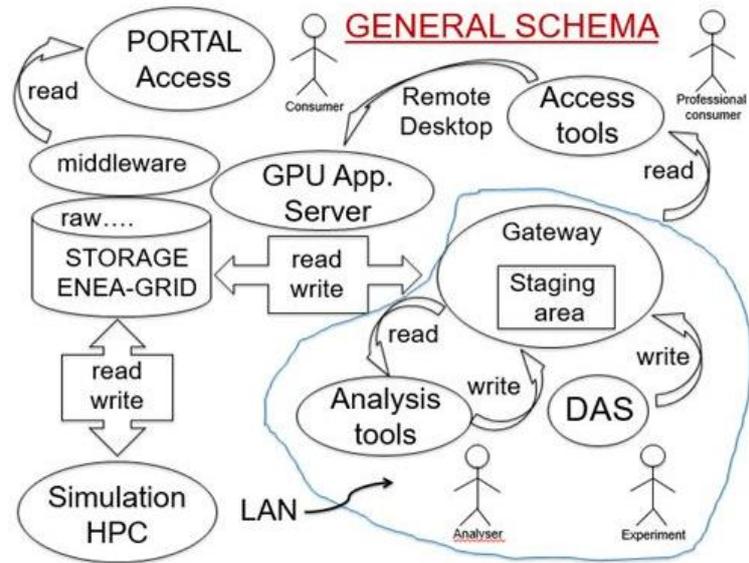


Fig. 1: Architettura E3S (ENEA Staging Storage Sharing)

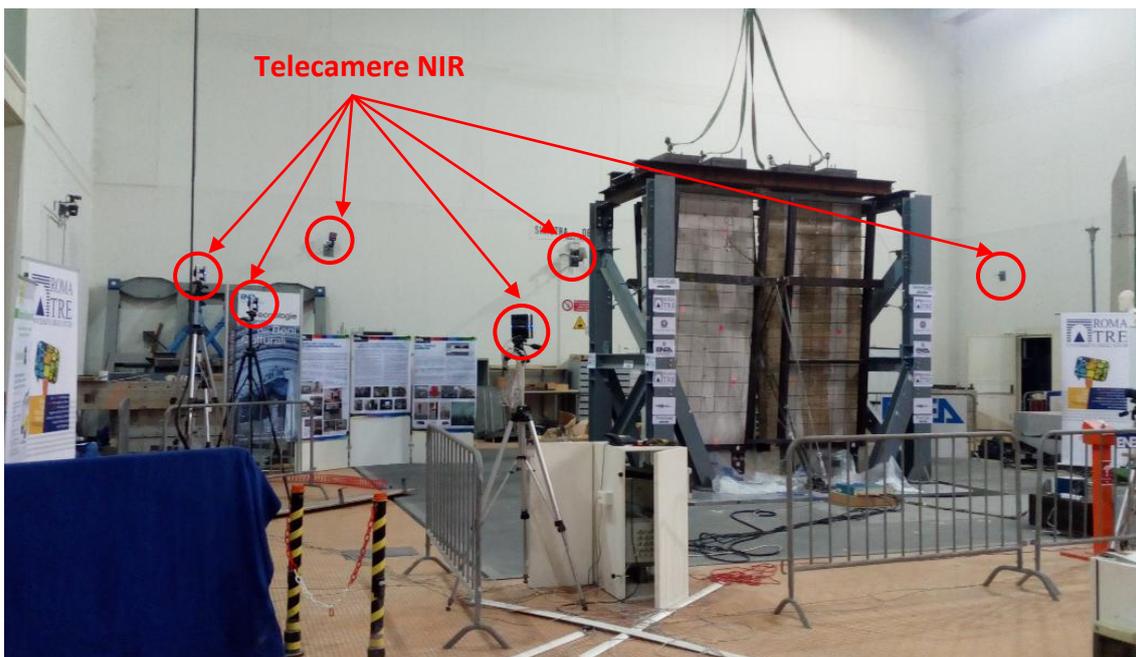


Fig. 2: Sistema di acquisizione 3DVision

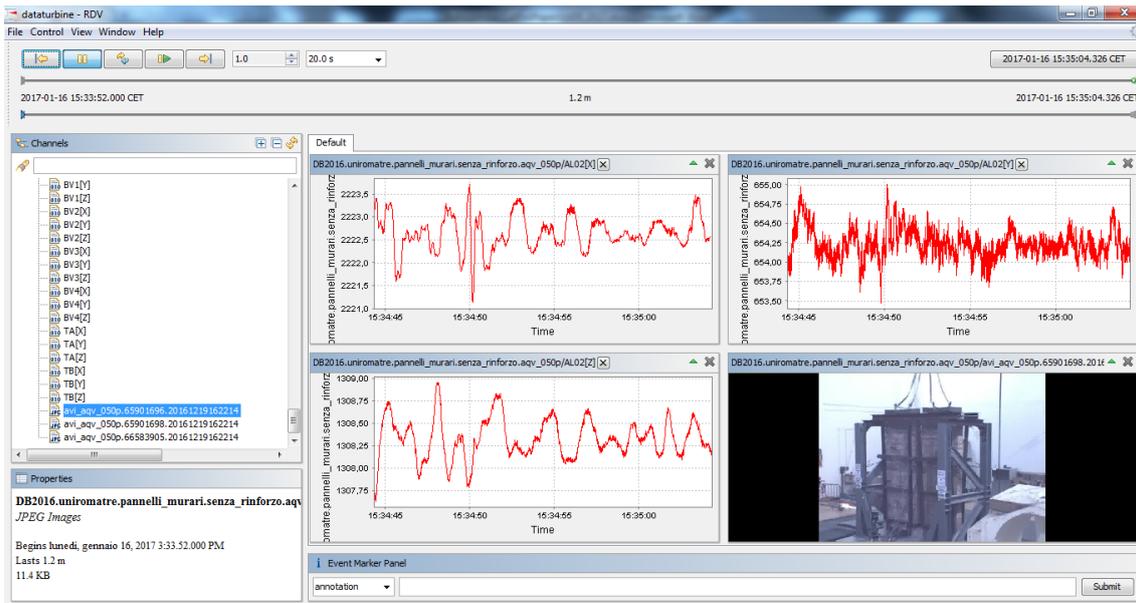


Fig. 3: RDV DataTurbine

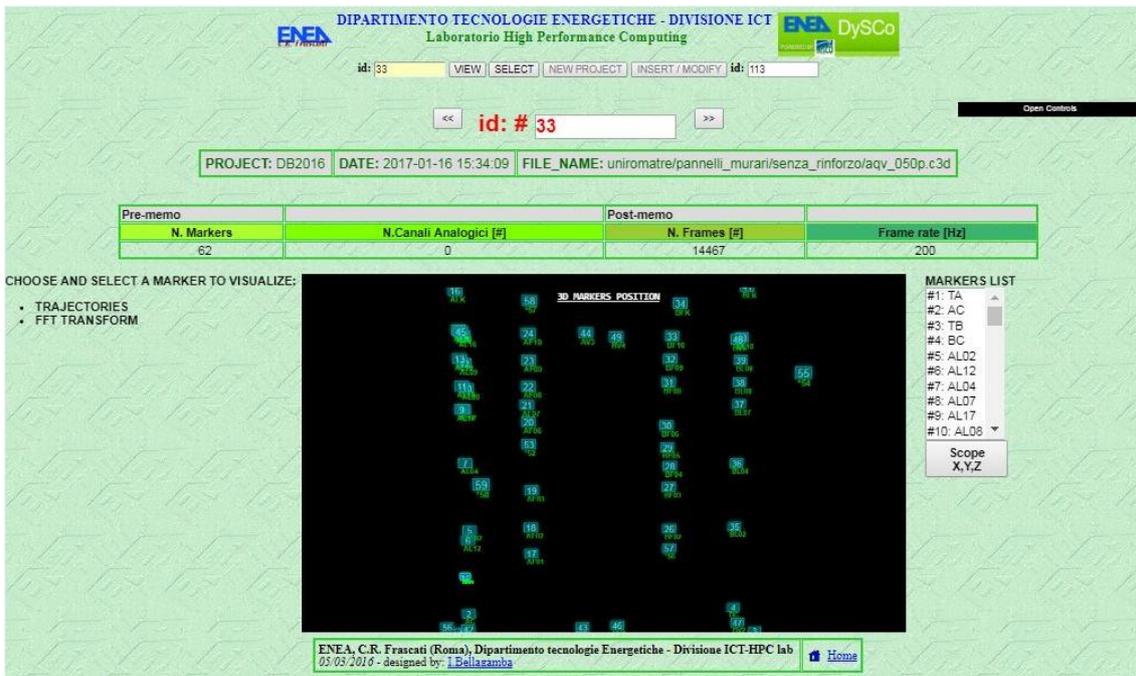


Fig. 4: Logbook DySCO

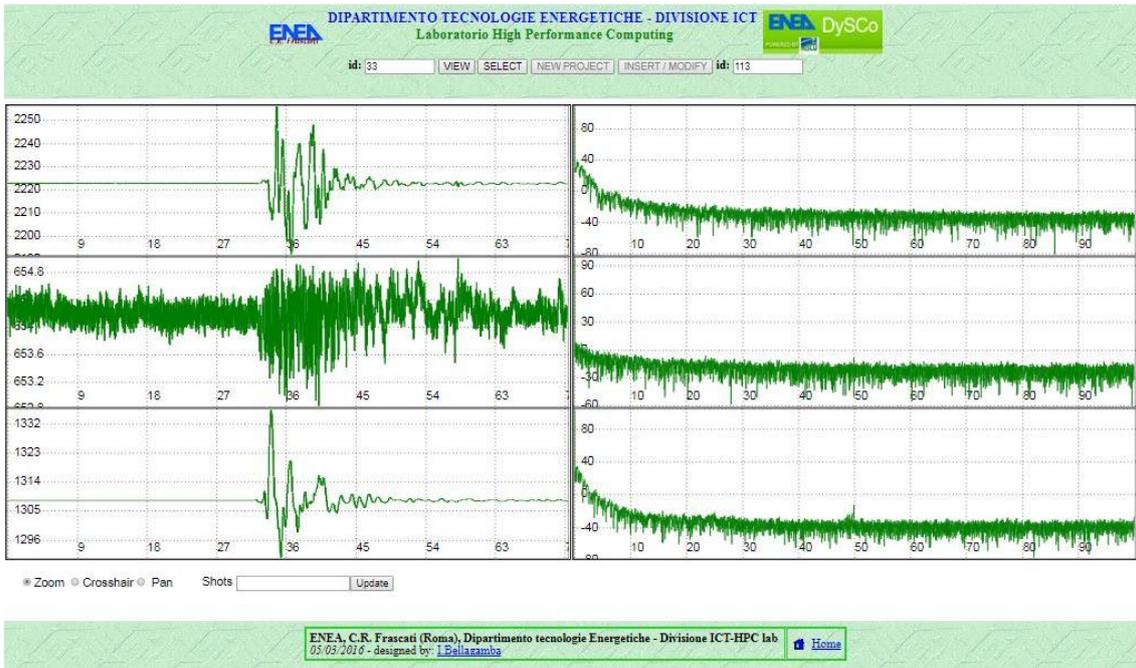


Fig. 5: Traiettorie nel dominio del tempo (sx) e nel dominio delle frequenze (dx)