

# **Sistemi automatici di mappatura ultrasonora**

## **Una nuova acquisizione del laboratorio FIM MatQual dell'ENEA**

*Angelo Tati, ENEA, FIM MATQUAL  
DIPARTIMENTO TECNOLOGIE FISICHE  
AVANZATE E NUOVI MATERIALI  
Sezione MATQUAL  
CR CASACCIA*

[tatiangelo@casaccia.enea.it](mailto:tatiangelo@casaccia.enea.it)

### **Sommario**

I sistemi automatici d'ispezione rappresentano un valido supporto nelle attività di controllo non distruttivo, sia nel campo industriale che civile, in quanto forniscono una rappresentazione visiva dei risultati ottenuti sotto la forma di una serie d'immagini facilmente leggibili e confrontabili con l'oggetto esaminato.

Nel presente articolo vengono in sintesi illustrati i vari sistemi automatici, sviluppati nell'ambito della sezione FIM MATQUAL dell'ENEA, frutto della ricerca scientifica dell'ultimo decennio, la loro evoluzione nel tempo e le principali loro applicazioni. Come naturale conseguenza, si esplicita in particolare il recente sviluppo di un sistema automatico per la mappatura degli elementi / materiali strutturali, attraverso le sonde ultrasonore non a contatto.

### **Introduzione**

Nell'ambito della sezione MATQUAL del Dipartimento delle Tecnologie Fisiche Avanzate e Nuovi Materiali dell'ENEA sono stati sviluppati, per le attività diagnostiche sui nuovi materiali e sui componenti impiegati in campo industriale e civile, una serie di sistemi automatici di acquisizione ed elaborazione dati, dedicati ai controlli non distruttivi.

Nello specifico, questi automatismi sono collegati alle consuete tecnologie non distruttive, quali:

- Ultrasuoni
- Radiografia
- Eddy Current
- Esami visivi
- Termografia

e sono tutto oggi applicati a numerose attività di ricerca in diversi progetti Italiani ed Europei, tra cui si citano:

- Il progetto internazionale ITER, *International Thermonuclear Experimental Reactor*, co-finanziato dalla UE, riguardante la costruzione di un Reattore a Fusione Nucleare in cui i sistemi automatici, appositamente sviluppati, si applicano per la messa a punto e il controllo della saldo-brasatura della macchina di fusione.
- La caratterizzazione prestazionale dei materiali innovativi nel campo industriale, quali ad esempio saldature di giunzioni di materiali metallici e ceramici, per il controllo dei processi di fabbricazione.
- Progetto di ricerca europeo AWFORS, “Investigation on NDT for CDW and LCW inspection” , co-finanziato dalla EU, per la realizzazione di un disco di turbina monoblocco (*BLISK*) in Titanio e fibra di carbonio (v. fig. 1)
- Sviluppo e realizzazione di un software di acquisizione ed elaborazione dati per la mappatura ultrasonora dei componenti costituiti da materiali compositi degli elicotteri, quali pala, mozzo, longherone, riguardo la qualità e l’integrità strutturale sia di intere porzioni di materiale che di specifici incollaggi tra materiali.

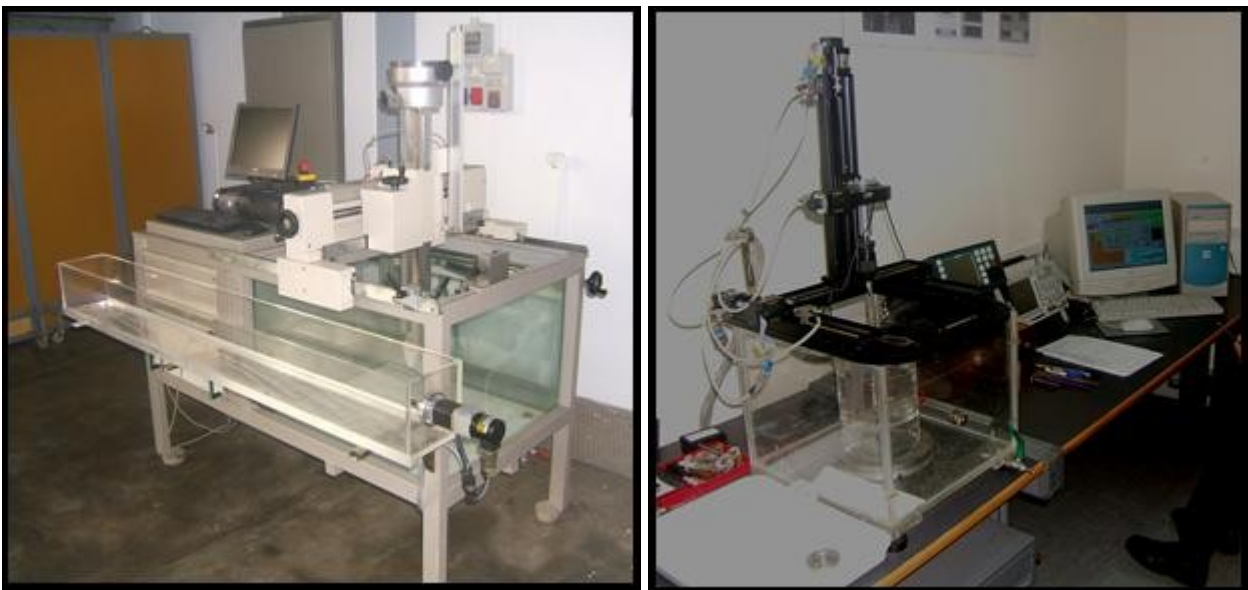


fig. 1: a sinistra Sistema Automatico ad ultrasuoni Gilardoni XYZ con asse rotativo. A destra sistema automatico *generale purpose* 4 assi (XYZ Teta) per i controlli ad Ultrasuoni ed Eddy Current

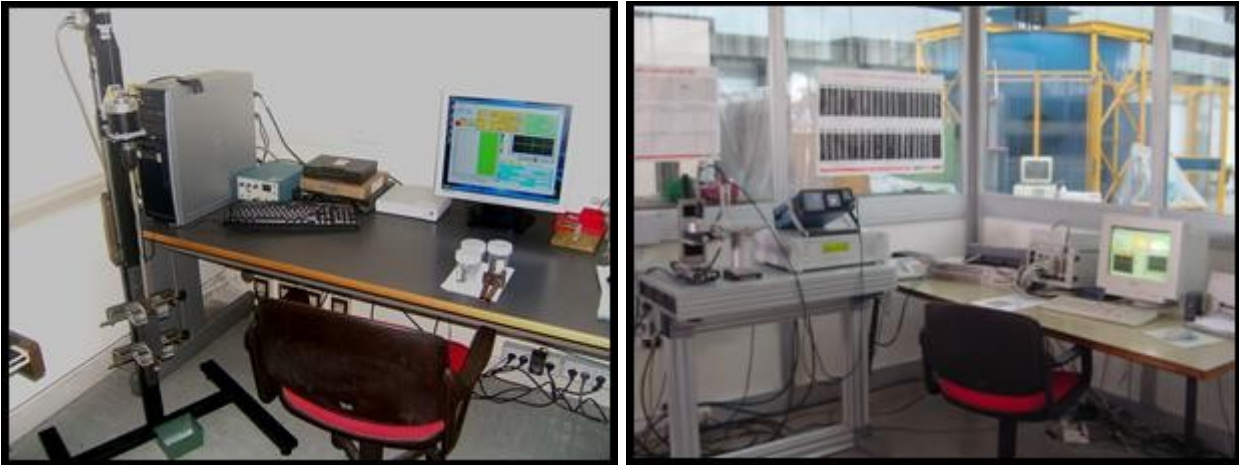


fig. 2: Sistema automatico ad ultrasuoni 2 assi - velocità 200 mm/sec per il controllo componente Divertore, Sistema automatico MicroControl - Newport 3 assi per controllo Eddy Current - Ultrasuoni - Microscopia

### **Sistemi automatici di mappatura ultrasonora con sonde non a contatto**

Diretta conseguenza dell'esperienza sopradescritta è la realizzazione di un nuovo **sistema automatico per la mappatura ultrasonora con sonde non a contatto**. La tecnologia consiste in un sistema di generatore di impulsi ultrasonoro ad alta energia, di un ricevitore a banda passante e di sonde brevettate in USA[1] che permettono la trasmissione dell'onda ultrasonora nell'aria. La tecnica, nota anche con il nome *accoppiamento in aria*[2], non necessita come mezzo di continuità meccanica alcun altro elemento di trasmissione, quale gel o altri liquidi. Questa tecnica è stata ampiamente sperimentata nel campo industriale per il controllo dell'incollaggio dei componenti *sandwich* del settore aeronautico e, nel campo civile per il controllo della qualità del calcestruzzo.

La peculiarità di questo sistema consiste nell'abbinamento tra un sistema puntuale[3], rappresentato da una sonda ultrasonora e un posizionatore di precisione, mobile su assi cartesiani, costituito guide lineari che spostano la sonda ultrasonica[4].

Nonostante le numerose applicazioni finora effettuate, questo sistema di controllo risulta spesso non amichevole per l'utente, in quanto l'interfaccia -come spesso accade per questo tipo di s/w nati per specifiche applicazioni industriali - non è diretta e necessita di una serie di procedure attraverso diverse 'finestre' da richiamare ed impostare. Queste procedure impediscono il facile accesso all'utente che non ha esplicita esperienza al s/w, anche se è pienamente accreditato in materia di qualificazione degli elementi indagati. Ciò significa che il tempo necessario per far 'girare' correttamente il s/w diventa rilevante. Altresì rilevante risulta anche il tempo di addestramento alle procedure di acquisizione e alla lettura dei risultati, che spesso è superiore 10 giorni lavorativi. Altro argomento significativo riguarda l'onere finanziario che deve essere investito per l'acquisizione del sistema che ammonta complessivamente, anche se approssimativamente a 100.000,00 euro.

Il sistema può funzionare nelle due modalità seguenti:

Nella modalità Pulse-echo la sonda ispeziona solo da un lato l'oggetto da esaminare, l'onda prodotta dalla sonda attraversa il materiale e la presenza di eventuali difetti all'interno genera delle onde di riflessione chiamate echi di difetto. La superficie opposta del pezzo genera un eco chiamato di fondo.

La sonda che ha emesso il primo impulso ( echo di superficie ) riceve tutti gli echi riflessi dai difetti e dal fondo con tempi in funzione della distanza a cui si trovavano (come l'orecchio riceve gli echi in montagna prima dalle cime vicine e poi da quelle lontane ). L'insieme degli echi si chiama segnale ultrasonoro o A-scan e contiene l'informazione dello spessore ( Z) attraversato nel punto della superficie esaminato. Inoltre dall'ampiezza dell'echo del difetto è possibile determinare la sua grandezza geometrica.

Il sistema automatico è in grado di acquisire questa informazione per ogni punto della superficie dell'oggetto. Nella maggior parte dei casi la superficie è piana ed è sufficiente muovere la sonda lungo 2 assi cartesiani per ottenere la scansione della superficie (XY) . Utilizzando la potenzialità del computer è possibile salvare per ogni punto XY l'intero segnale ultrasonoro (A-scan). L'A\_Scan contiene le informazioni del materiale attraversato e quindi dello spessore(Z) . L'insieme dei dati acquisiti è una matrice tridimensionale in cui ad ogni terna XYZ è associata l'ampiezza del segnale.

Ampiezza = F(XYZ)

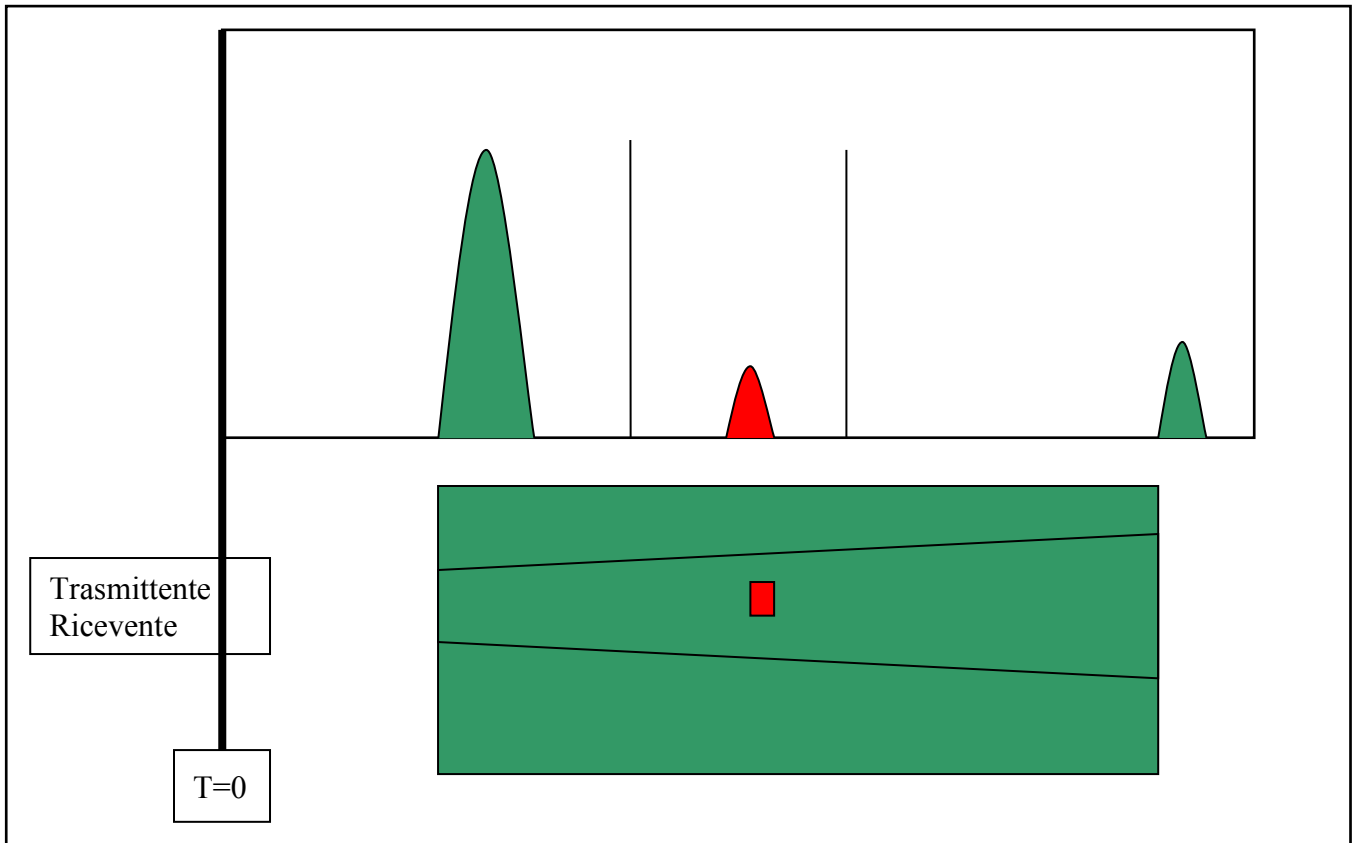
L'ampiezza del segnale viene valutata nella seguente modalità:

Ampiezza bassa nessun difetto

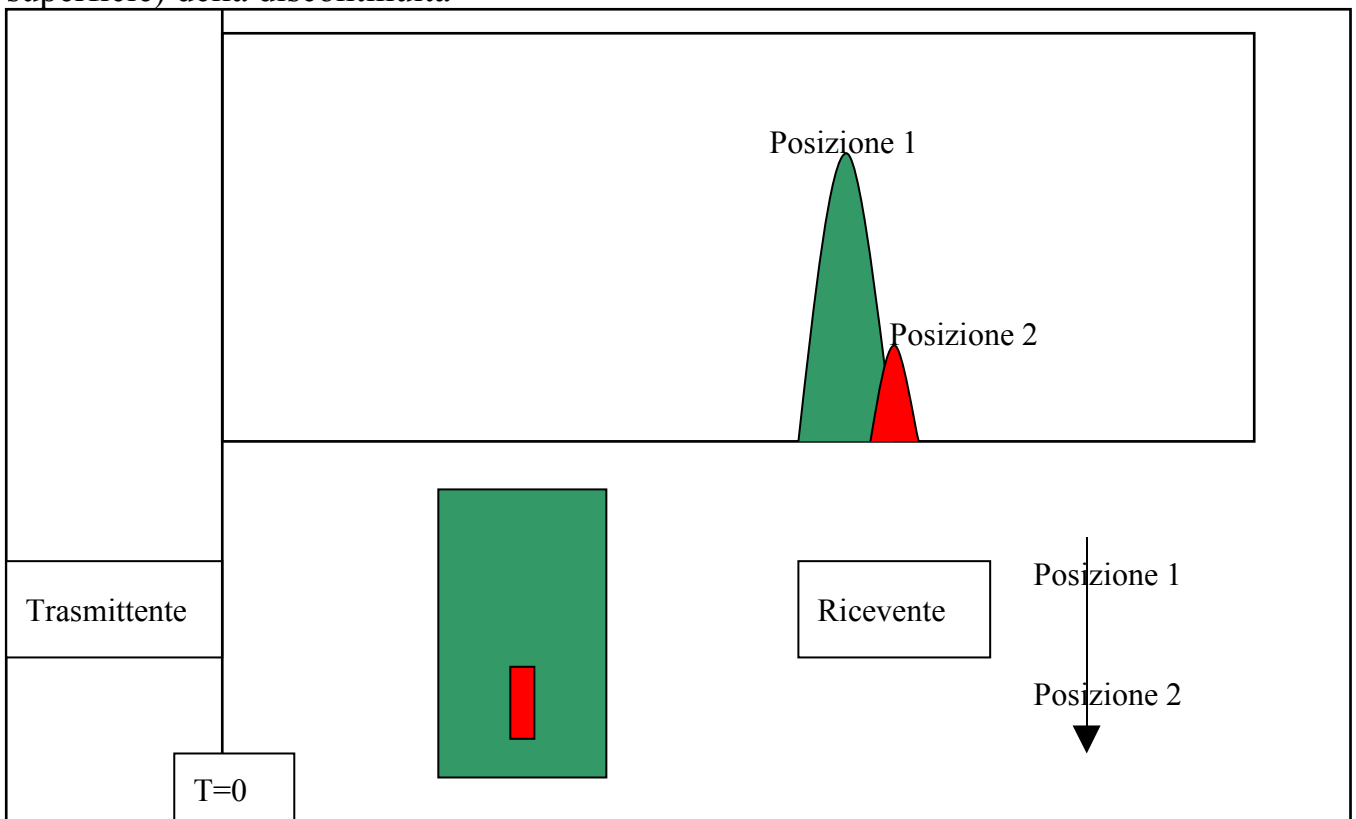
Ampiezza Alta difetto grande ( non accettabile)

Ampiezza media difetto piccolo (accettabile)

Nella modalità ultrasonora definita trasmissione (True-Trasmissione=TT) consiste in due sonde una trasmittente ed una ricevente, il componente da controllare è posto tra le due sonde. L'onda ultrasonora, trasmessa dalla prima sonda attraversa il componente ed è ricevuta dalla sonda ricevente, la presenza di una discontinuità è indicata in base al valore di attenuazione del segnale elettrico.



Schema 1 PE - il segnale rosso indica l'ampiezza e il tempo di volo ( distanza dalla superficie) della discontinuità



Schema 2. TT - Il segnale da indicazione dell'attenuazione della discontinuità

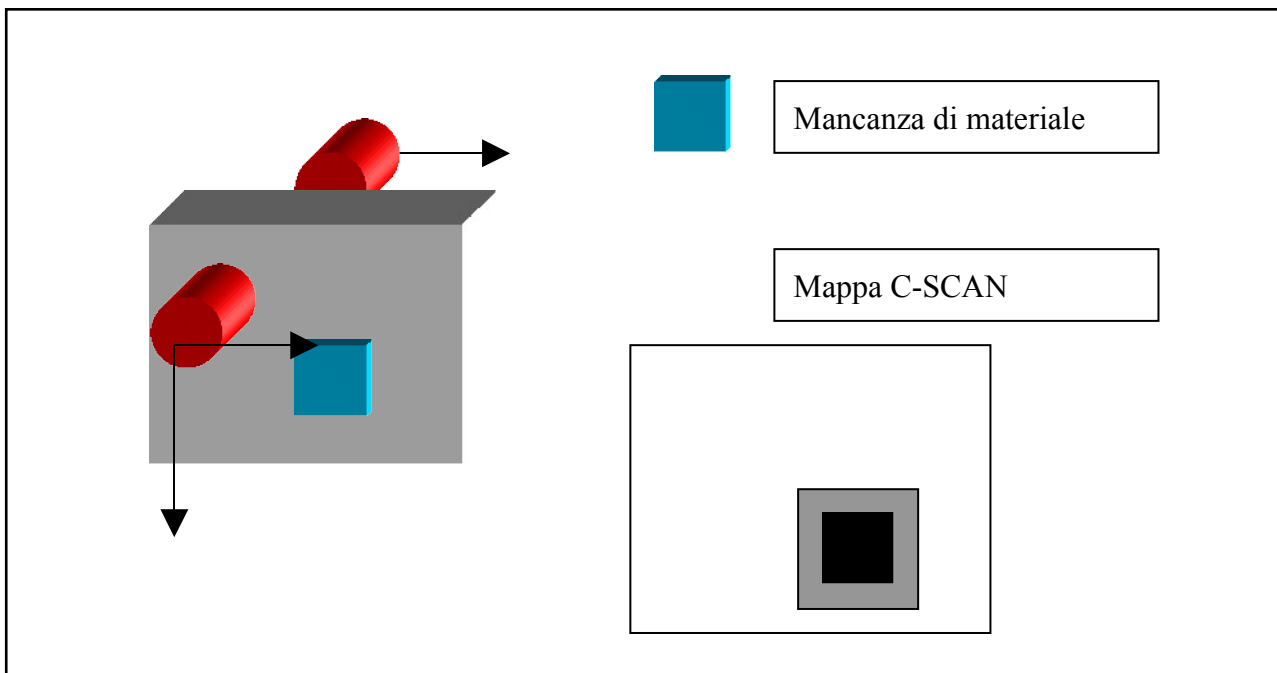
Le sonde utilizzate sono sonde in grado di trasmettere e ricevere il segnale senza necessità di accoppiante. La frequenza utilizzata è 100 KHz. Il sistema controlla la posizione delle due sonde opposte con una coppia di assi sincronizzata in modo tale che le sonde siano sempre collimate tra di loro. E' possibile collimare le sonde in automatico tramite lo spostamento XY e la misura in ampiezza del segnale ultrasonoro.

Il software sviluppato è in grado ispezionare diversi componenti con superficie piana (2 assi )



Schema 3. Scansione XZ

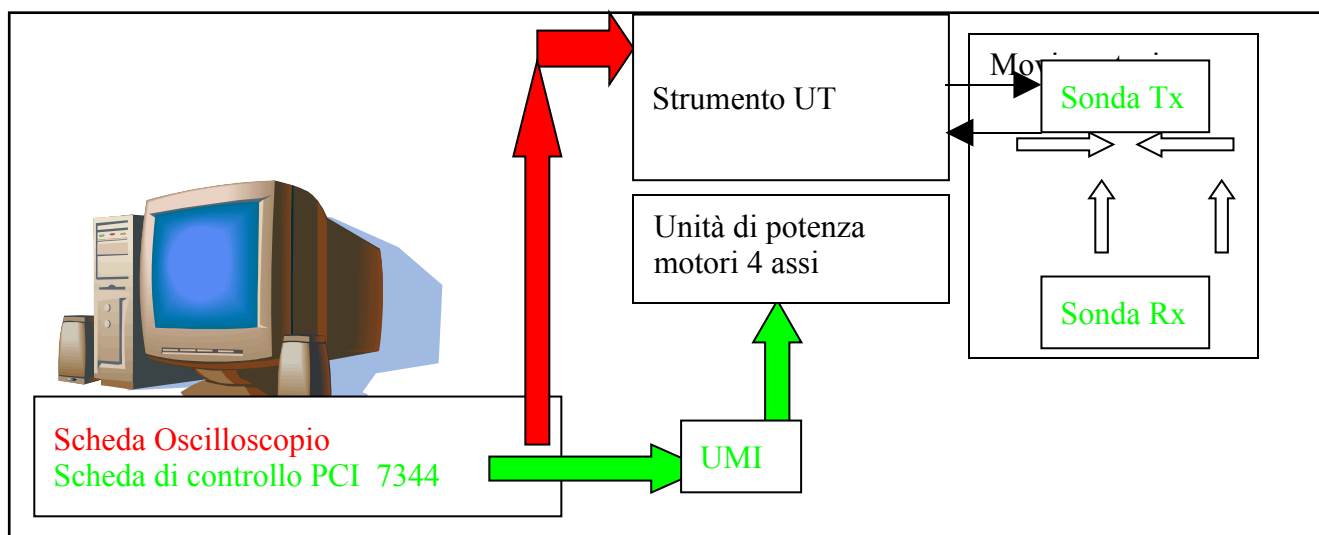
Il programma esegue una scansione sul pezzo in esame ed acquisisce il segnale in Radiofrequenza a circa 100 Megasample al sec. Il segnale raddrizzato viene elaborato all'interno di una finestra temporale (Gate) e soltanto il valore in ampiezza maggiore viene memorizzato. L'insieme dei valori per ogni posizione X e Y prende il nome di mappa ultrasonora. I difetti saranno visibili come zone scure su un fondo bianco



Schema 4. Scansione sul campione

L'utilizzo di queste sonde permette l'applicazione sui beni culturali in quanto non è necessario l'utilizzo di liquidi o di gel per garantire la continuità sonda-superficie da controllare. Inoltre è possibile muovere la sonda ad una certa distanza dal pezzo senza scalfire la superficie.

## Descrizione hardware



Schema 5 Collegamenti del sistema



fig. 3: Sistema automatico con sonde non a contatto

Il sistema di controllo basato su sistema operativo Windows XP è sviluppato in ambiente Labview. Il software gestisce sia il servozionamento sia la digitalizzazione del segnale UT tramite interfacce su bus PCI:

1. Scheda controllo assi (4)
2. Scheda per acquisizione segnali UT (100MHz con ETS 800 MHz)

Il software di gestione svolge le attività di acquisizione dei segnali correlandola con la posizione degli assi motorizzati nelle seguenti modalità:

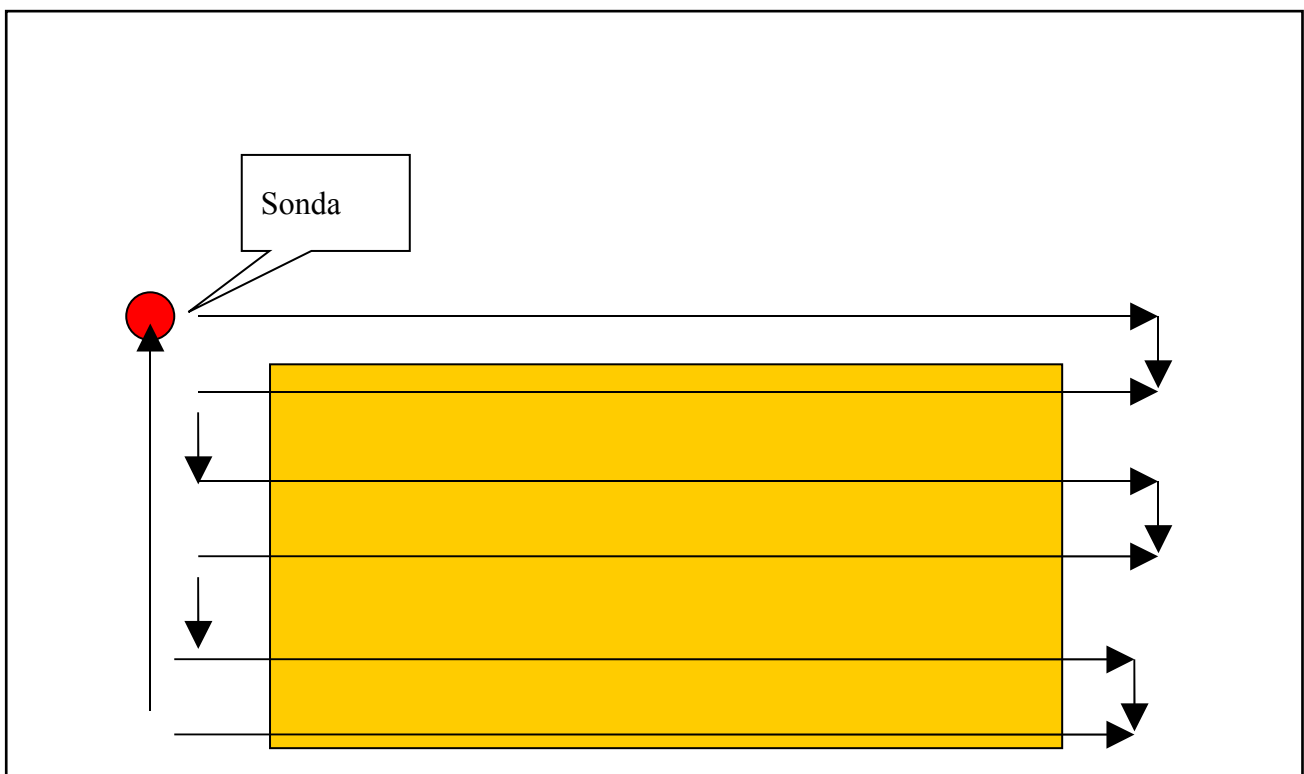
**radiofrequenza:** il segnale ultrasonoro viene acquisito e memorizzato

**Ampiezza:** solo il picco massimo del segnale viene memorizzato.

Il software inoltre gestisce l'elaborazione dei segnali UT e la visualizzazione Mappa C-SCAN e A-SCAN in tempo reale.

La scansione avviene nel modo seguente :

1. Spostamento asse X con corsa impostata
2. Acquisizione durante la corsa con passo nX impostato del segnale RF
3. Ricerca massimo e aggiornamto mappa
4. Spostamento asse Y con passo nY
5. Spostamento asse X con corsa impostata direzione opposta
6. Acquisizione durante la corsa con passo nX impostato del segnale RF
7. Si ripete fino a coprire l'intera superficie del campione da esaminare
8. Ritorna al punto d'inizio





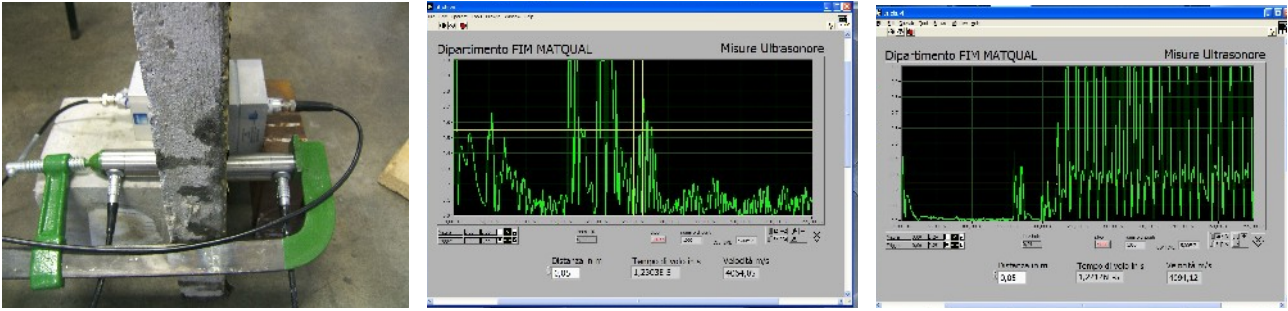


fig. 4: Confronto tra le sonde convenzionali e sonde non a contatto. Presentazione ASCAN al centro è visualizzato il segnale relativo alle sonde non a contatto e a dx il segnale relativo a sonde convenzionali a contatto.



fig. 6: Sonde non a contatto utilizzate

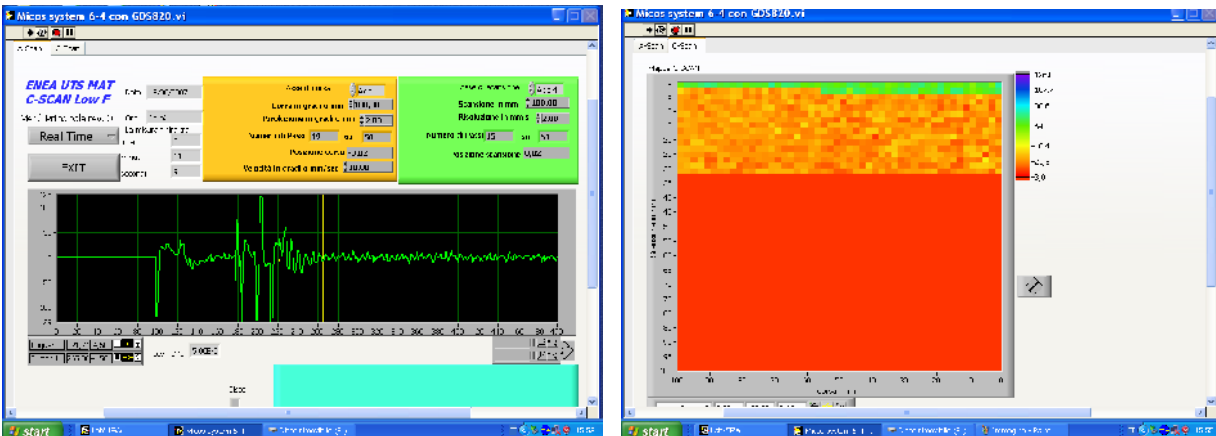


Fig. 7: Finestra interfaccia utente per l'inserimento dei dati e a visualizzazione del segnale. Mappa dei risultati