

IMPIEGO DI UN RADAR AD ALTA FREQUENZA PER INTROSPEZIONE MURARIA

Guido Luzi, Daniele Mecatti, Linhsia Noferini, Massimiliano Pieraccini e Carlo Atzeni
Laboratorio Tecnologie per Beni Culturali - Dipartimento di Elettronica e Telecomunicazioni
Università di Firenze - via Santa Marta 3, 50139 Firenze, Italy
luzi@det.unifi.it

Abstract

This paper describes the use of a Synthetic Aperture Radar based on a Continuous Wave Step Frequency (CW-SF) radar, operating at 10 GHz centre frequency with 4 GHz bandwidth, for inspecting masonry. The system is operated in a non-contact manner by mechanically moving the transmitting and receiving antennas in order to synthesize a bi-dimensional aperture up to 3 m in length and 1 m in height. In spite of the fact that penetration depth in natural media decreases dramatically with increasing frequency, a penetration depth up to several tens of centimetres in masonry, that can be satisfactory in a number of applications, was observed. The high central frequency, making available very large bandwidths, provides high resolution images of the investigated structures. Laboratory tests in order to assess the performances of the system are reported.

Key words: Surface Penetrating Radar (SPR), Intra-wall inspection, Continuous Wave Step Frequency (CW-SF), Synthetic Aperture Radar (SAR)

INTRODUZIONE

In questo lavoro vengono descritti e analizzati alcuni risultati ottenuti da un'attività sperimentale dedicata alla introspezione muraria, condotta impiegando un radar ad onda continua a larga banda, basato sulla tecnica di Sintesi di Apertura di Antenna (SAR). Il sistema Radar utilizzato opera in banda X (frequenza centrale 10 GHz) in onda continua, scandendo a passi discreti di frequenza una banda di 4 GHz. L'apparato effettua misure non a contatto muovendosi linearmente per consentire la focalizzazione dei dati SAR. Grazie all'alta frequenza impiegata è possibile disporre di una banda frazionale ampia e quindi di un'elevata risoluzione in *range*. Si è potuta constatare la possibilità di ottenere una buona penetrazione. Da misure effettuate in un mezzo costituito da una struttura artificiale composta da due muri di mattoni si è ottenuta una risoluzione superiore a quella ottenibile con apparati GPR (*Ground Penetrating Radar*) standard.

STRUMENTAZIONE E SPERIMENTAZIONE

L'apparato utilizzato per effettuare le misure descritte in questa pubblicazione, realizzato presso il Laboratorio Tecnologie per i Beni Culturali del Dipartimento di Elettronica e Telecomunicazione, è costituito da un radar in banda X ad onda continua (CW) a passi discreti in frequenza. Le caratteristiche RF dell'apparato e la sua semplice architettura sono riportate rispettivamente in tabella 1 ed in fig.1. La fig 2 mostra invece uno schema della geometria della misura effettuata.

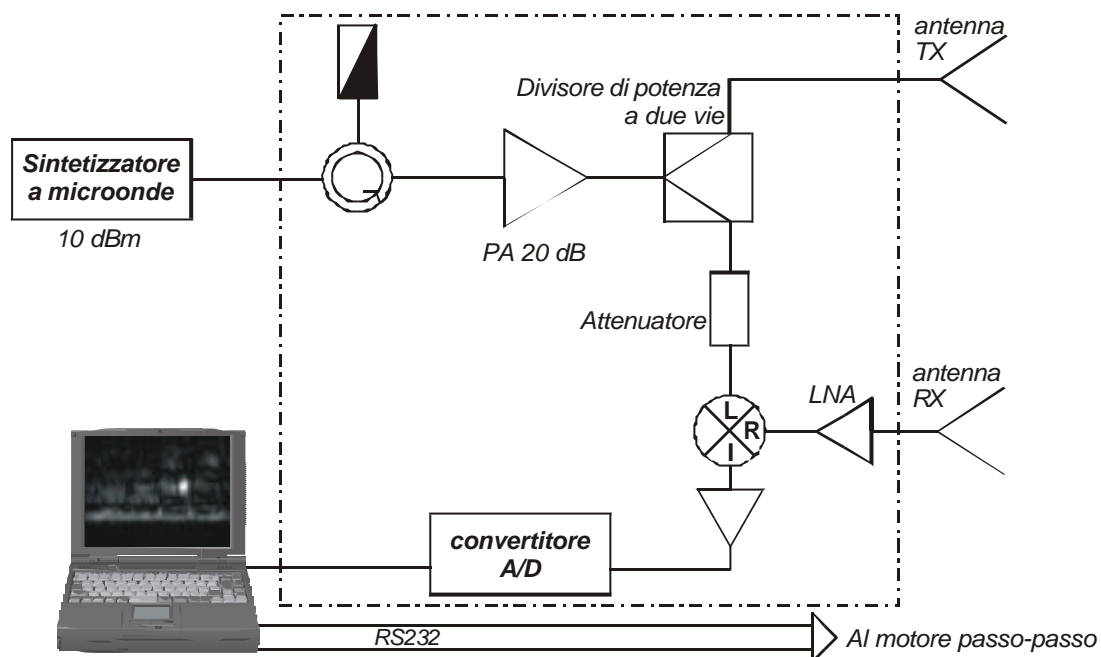


Figura 1: Schema del sistema di misura

<i>Frequenza centrale(GHz)</i>	10
<i>Banda RF(GHz)</i>	4
<i>Potenza trasmessa(dBm)</i>	10
<i>Guadagno Antenne (@10GHz)</i>	16.5
<i>Polarizzazione(non simultanea)</i>	VV ,HH, HV
<i>Risoluzione in range(cm)</i>	3.75
<i>Risoluzione in cross- range(cm)</i>	2
<i>Risoluzione in elevazione(cm)</i>	2.7
<i>Range non ambiguo (m)</i>	15

Tabella 1: caratteristiche del sistema radar e relative risoluzioni spaziali

Attualmente la sorgente RF è costituita da un sintetizzatore esterno (HP8672A) pilotato dal software di acquisizione affinché generi le frequenze necessarie. Antenna trasmittente e ricevente sono collocate ad una distanza fissa di 35cm e costituiscono con il sistema ricetrasmittente un unico blocco .

La sintesi di apertura radar (SAR) è effettuata muovendo linearmente l'apparato su un binario per un lunghezza complessiva $L_x=1.2$ m, direzione x parallela al binario; inoltre è disponibile un secondo binario a questo perpendicolare, direzione y, che ha un'estensione massima $L_y=.85$ m, con il quale è possibile effettuare scansioni orizzontali a diverse altezze. Il movimento lungo x consente di ottenere alla distanza R, una risoluzione nella

direzione perpendicolare a quella di propagazione (cross-range) di $\Delta R = R\lambda/(2L_x)$, effettuando passi inferiori a $\lambda/2$ per non incorrere in ambiguità dovute al campionamento.

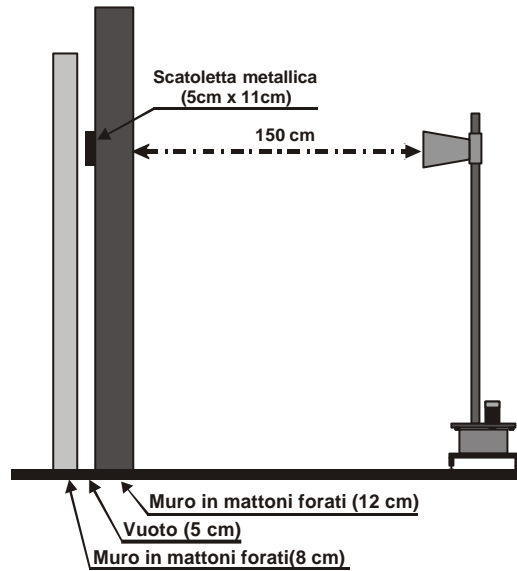
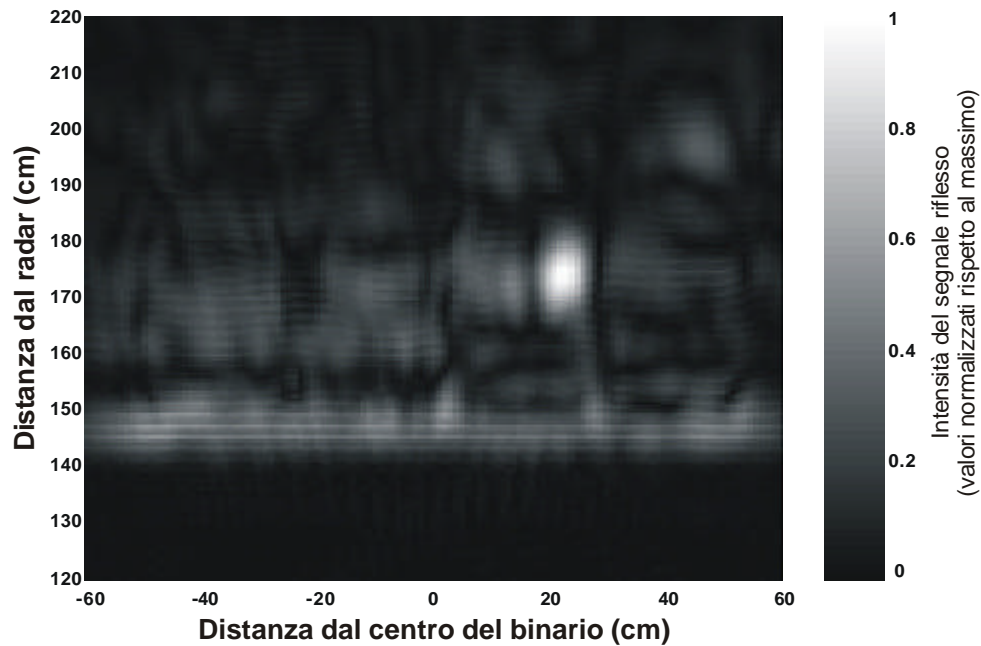


Fig. 2: Geometria della misura

Utilizzando la scansione in frequenza a passi fissi δF (CWSF) viene campionata una banda RF, B , di 4 GHz, consentendo nella direzione di propagazione una risoluzione $\Delta z = c/2B$. La distanza massima di misura non ambigua R_u è garantita dalla scelta di un opportuno valore di δf .



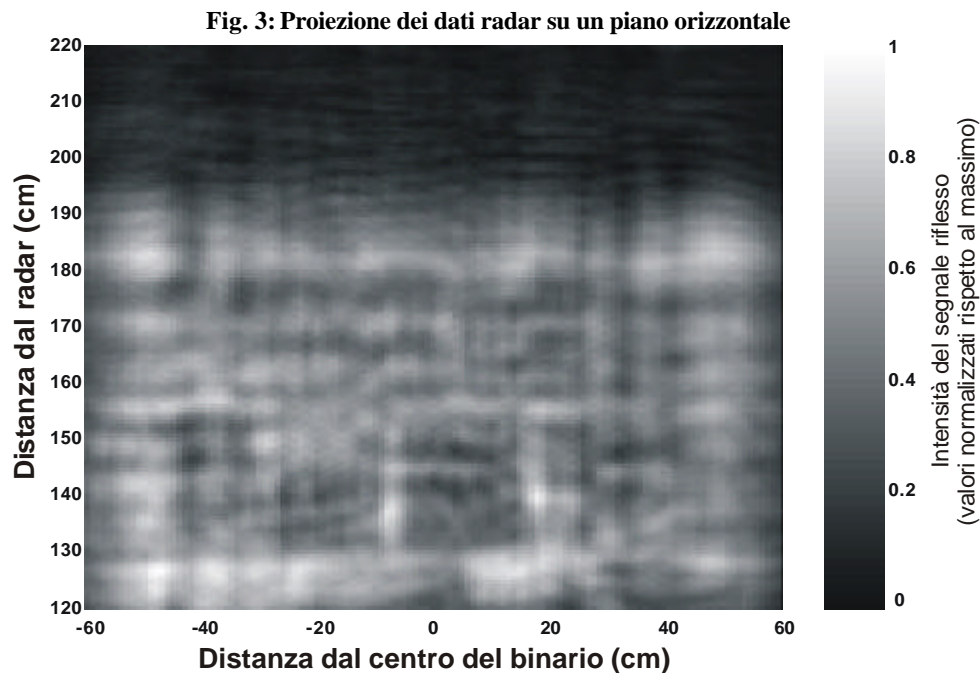


Fig. 3: Proiezione dei dati radar su di un piano verticale

In fig.3 è mostrato un tipico risultato ottenuto con misure sul muro campione, focalizzando i dati radar su di un piano orizzontale rispetto alla parete del muro ad una profondità corrispondente a quella in cui è stata collocata una scatola di metallo di dimensioni (7cm x 4cm x 2cm). L'asse verticale corrisponde alla profondità e quello orizzontale alla direzione ortogonale alla parete del muro. Oltre alla elevata riflessione dovuta alla discontinuità aria-muro l'eco dovuta alla scatola di metallo è ben visibile. Proiezioni analoghe su piani non corrispondenti alla posizione della scatola mostrano solo l'eco della prima interfaccia aria muro. Sfruttando la scansione nelle due direzioni è possibile restituire la struttura tridimensionale dell'osservato. La fig. 4 mostra come proiettando i dati su di un piano verticale corrispondente alla parete esterna del muro, si possa evidenziare un diverso grado di retrodiffusione fra mattoni e materiale di coesione (cemento) grazie alla elevata sensibilità alle variazioni di proprietà dielettriche della tecnica impiegata.

CONCLUSIONI

Utilizzando un sistema radar in banda X ad onda continua a passi discreti di frequenza sono state ottenute immagini di un muro di prova mostrando una buona capacità di penetrazione delle strutture murarie a frequenze dell'ordine dei 10 GHz. L'utilizzo sui dati Radar ottenuti in laboratorio di algoritmi di focalizzazione SAR tramite la sintesi in frequenza ed il movimento su due direzioni ortogonali, hanno fornito immagini di sezioni del mezzo indagato con ottimo rapporto segnale/rumore su muri di spessore di decine di centimetri. I test eseguiti con oggetti ad alta riflettività hanno mostrato la possibilità di ottenere capacità di penetrazione dell'ordine di diversi centimetri, adeguate alle indagini di introspezione in diversi campi applicativi come il monitoraggio e la salvaguardia dei Beni Culturali.