
Realizzazione di un sensore a microonde per imaging biomedico

Antonella De Ninno; ENEA-Frascati

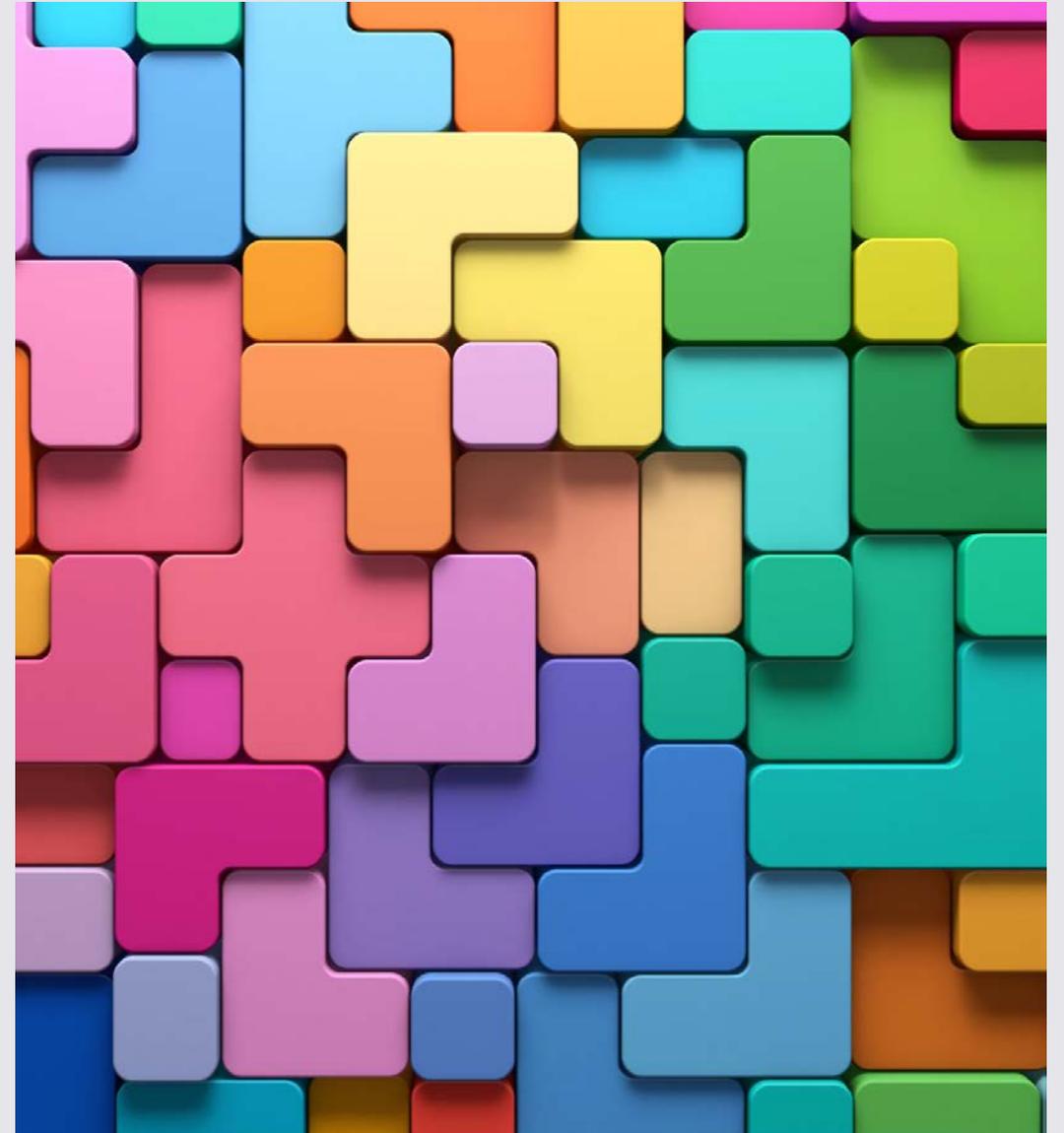
Fabrizio Frezza; Sapienza - DIET

Simone Mannori; ENEA-Frascati

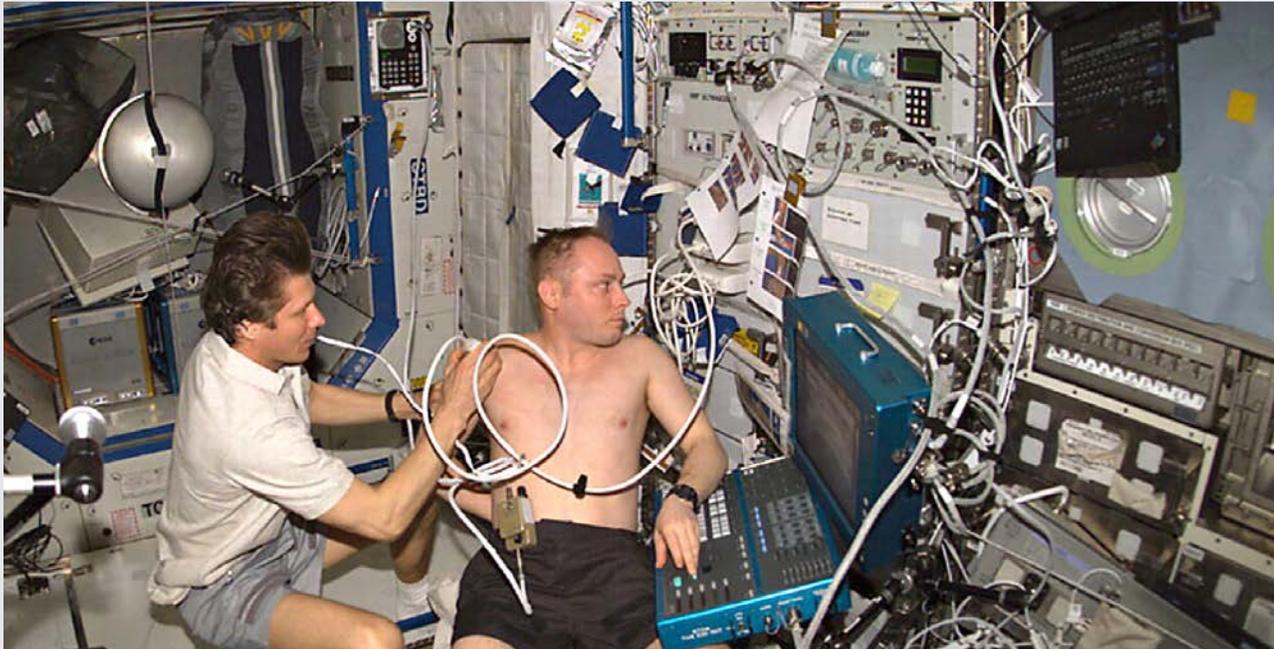
Marco Mastrogiuseppe; Sapienza-DIET

Fabio Mangini; Sapienza-DIET

Ermal Nikollari; Sapienza-DIET

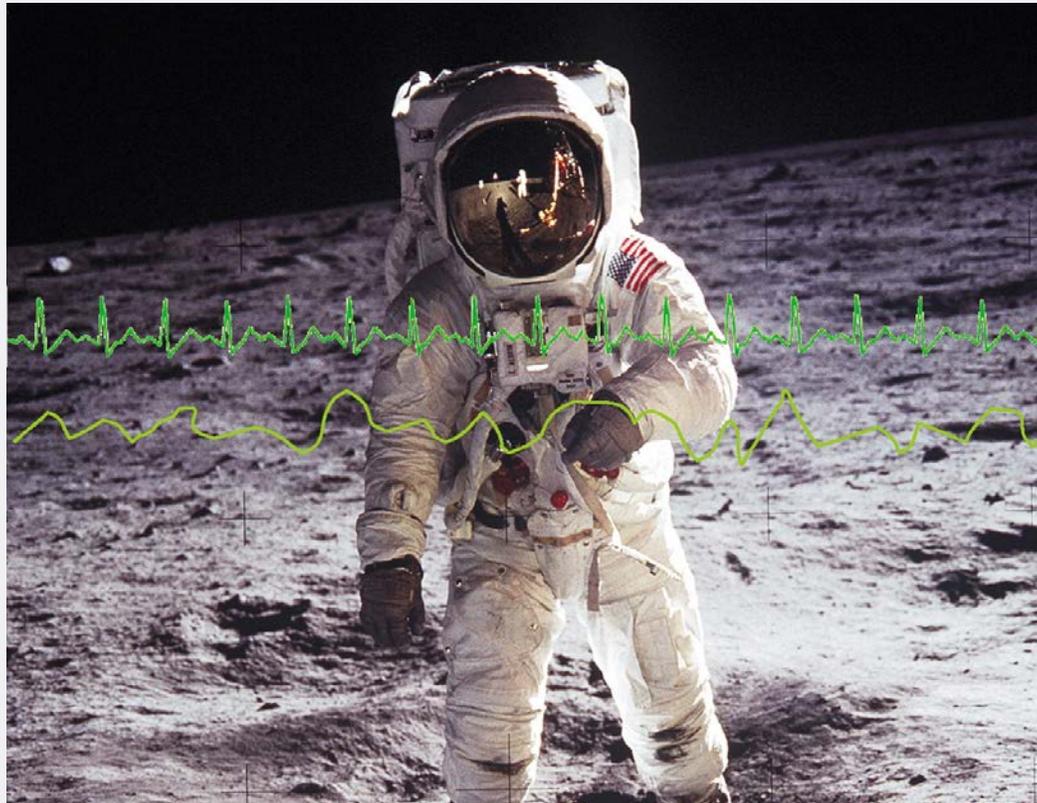


Tecnologie innovative per sistemi autonomi di monitoraggio, diagnostica, intervento e prevenzione.



-
- ➔ 1. Identificazione precoce e valutazione dei rischi medici associati alla permanenza nello spazio (micro-gravità, esposizione alle radiazioni).
 - ➔ 2. Rapidità di indagine, leggerezza e maneggevolezza della strumentazione per intervenire in scenari difficili dal punto di vista della logistica.
 - ➔ 3. Diagnostica di bassa potenza (no-ionizzazione) e basso consumo.

L'idratazione come marker per diagnosi precoci



L'idratazione è considerata un parametro di grande interesse per la valutazione del metabolismo cellulare.



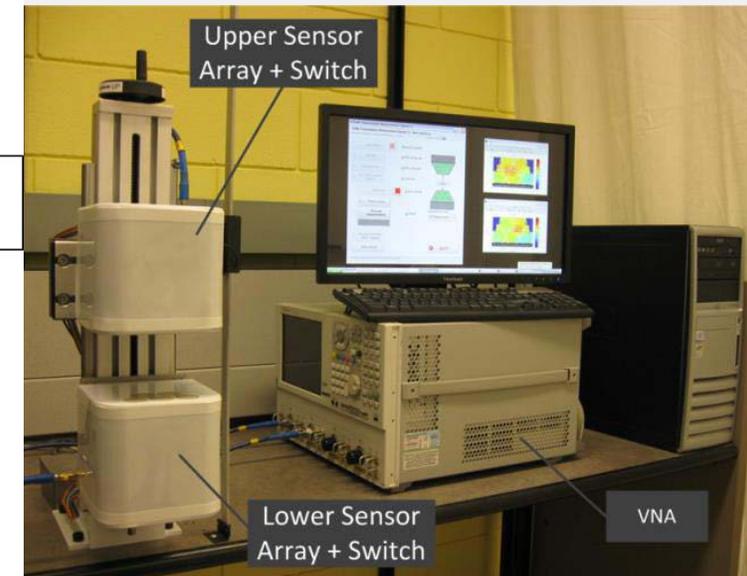
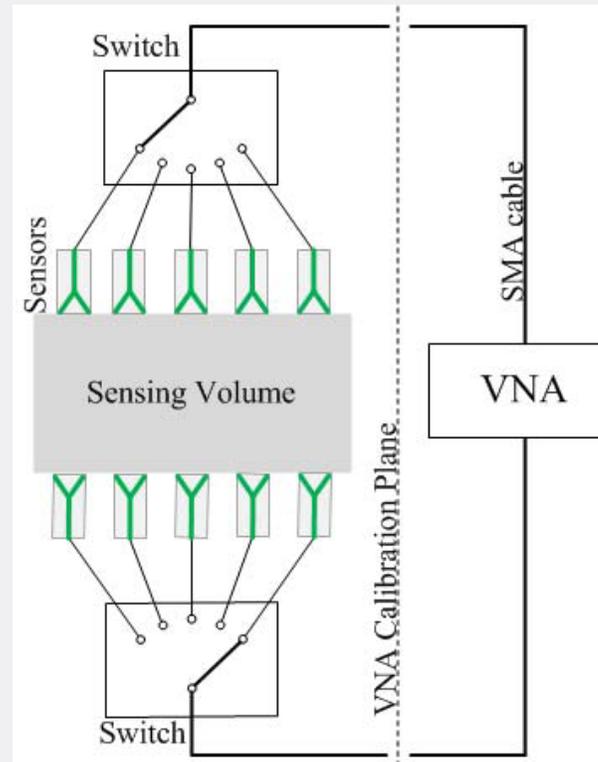
Informazioni sulla distribuzione dell'idratazione possono permettere uno screening molto precoce di modifiche tissutali



I metodi attualmente in uso a tale scopo fanno uso di elettrodi (o mini-elettrodi) che, messi a contatto con il campione, ne misurano la resistenza che, a sua volta, può essere messa in relazione con l'idratazione.

Richiesta: diagnostiche avanzate in campo medico e biologico

C'è un crescente interesse per ottenere immagini dei tessuti biologici basate sull'utilizzo di frequenze nelle microonde (1-10 GHz). Si tratta a tutti gli effetti di una tecnica radar a bassissima potenza (microW, mW) e di potenzialmente basso costo.



Problemi da risolvere

Alta impedenza intrinseca tra aria e pelle umana

Forte attenuazione del segnale RF nei tessuti che porta a segnali molto piccoli e difficili da estrapolare dal rumore

Ricostruzione corretta dell'immagine radar basata sul modello utilizzato del tessuto e del suo contenuto di acqua

L'antenna



Si tratta di utilizzare dei sensori (antenne), o un array di sensori, di dimensioni centimetriche operanti nel range 1-18 GHz circa e studiarne il segnale trasmesso e ricevuto attraverso il bersaglio. Le caratteristiche di risoluzione spaziale sul piano e in profondità sono definite dalle caratteristiche delle antenne.

La richiesta di un buon accoppiamento di impedenza tra l'aria, in cui opera l'antenna, e la pelle umana, restringe le caratteristiche che deve avere il sistema radiante.

Studi già effettuati (J. Bourqui and M. Okoniewski, 2010) hanno portato ad identificare una geometria di antenna consistente in un radiatore UWB (Ultra Wide Band) Balanced Antipodal Vivaldi Antenna (BAVA).

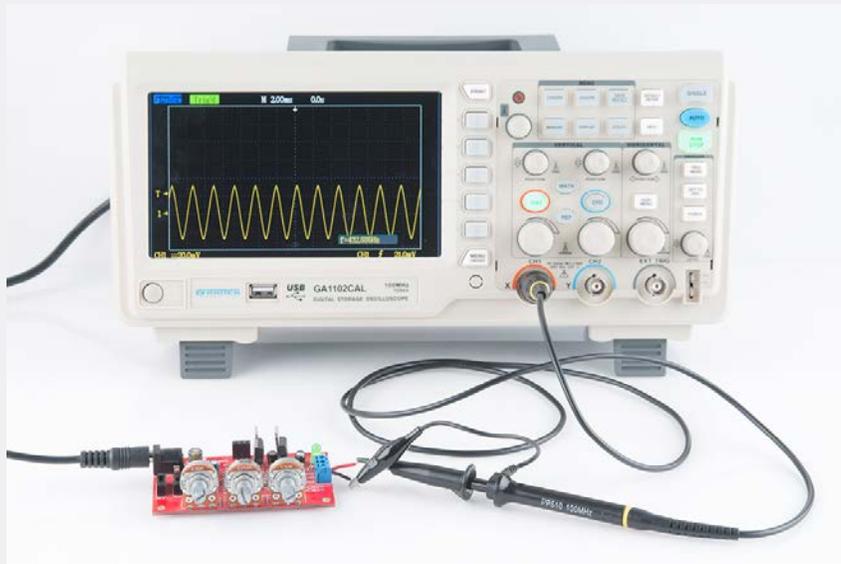
La trasmissione del segnale

Le applicazioni in vivo di questa tecnica sono limitate dalla lunghezza di penetrazione delle microonde a causa dell'elevato contenuto di acqua dei campioni.

Tuttavia la profondità di penetrazione varia in relazione del contenuto di acqua e della sua purezza per cui differenti tessuti mostrano differenti assorbimenti.

Tipicamente i sensori ed il campione sono immersi in un liquido di accoppiamento e poi la trasmissione del segnale tra 1 e 10 GHz è ripetuta a diverse distanze di separazione. Questa procedura consente di ottimizzare il segnale anche con potenze estremamente piccole con buona affidabilità.

Per stimare la distribuzione di permittività si utilizza la tecnica di **Spettroscopia Time Domain (TDS)**.



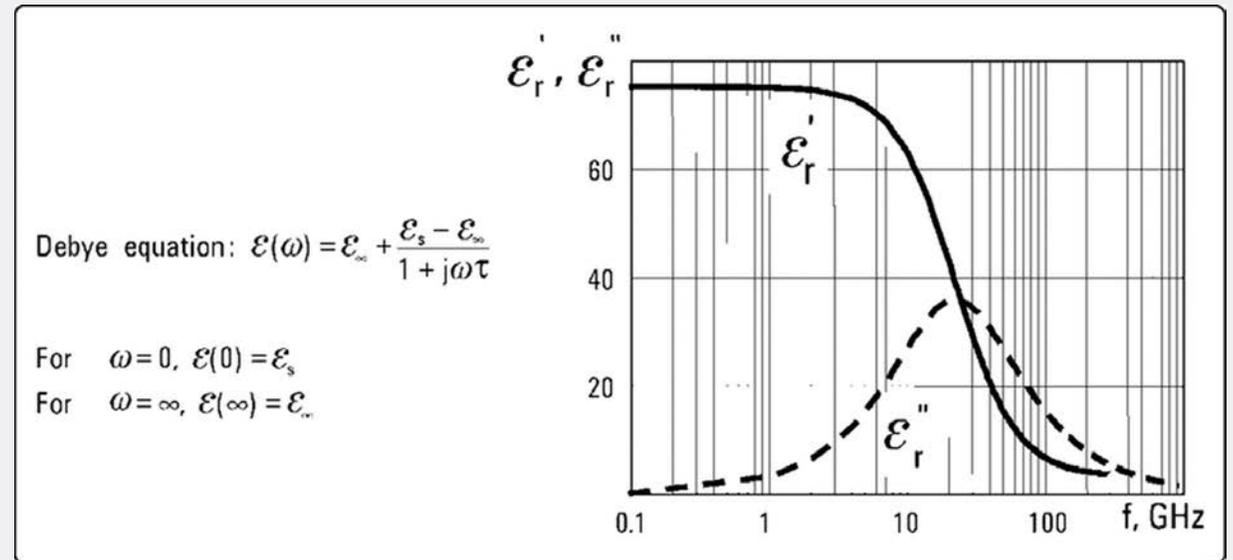
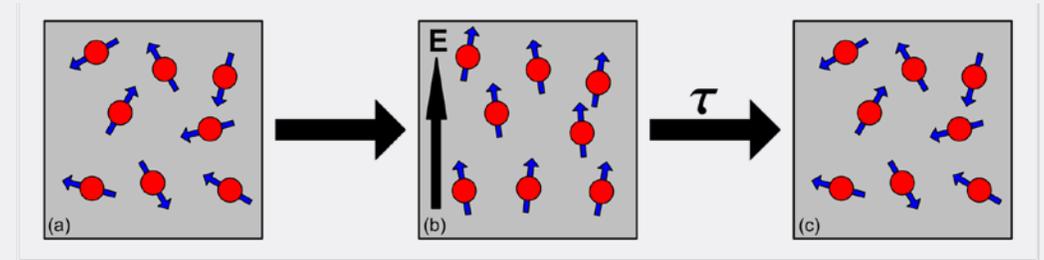


**Esempio di un lock-in
amplifier per la riduzione
del rumore realizzato in
ENEA**

il lock-in è stato realizzato interamente in hardware analogico presentando frequenze operative fino a 1 GHz e bande passanti programmabili da 1 Hz a 100 kHz. E' stato sviluppato anche un lock-in completamente digitale realizzato su FPGA (Field Programmable Gate Array) impiegando la scheda Red Pitaya.

Il modello di permittività dell'acqua

L'acqua è un fluido a due componenti la cui distribuzione è funzione delle caratteristiche fisiologiche dei tessuti ed ha un impatto misurabile sulle proprietà dielettriche



$$\varepsilon(\omega) = N \left[\varepsilon_{\infty 1} + \frac{(\varepsilon_{01} - \varepsilon_{\infty 1})}{1 + i\omega\tau_1} \right] + (1 - N) \left[\varepsilon_{\infty 2} + \frac{(\varepsilon_{02} - \varepsilon_{\infty 2})}{1 + i\omega\tau_2} \right]$$

Abilità del team di ricerca

- Competenze nel disegno, test e realizzazione delle antenne (Sapienza DIET)
- Competenza nello studio dei segnali e delle reti (Sapienza DIET)
- Esperienza nella realizzazione di strumentazione analogica e digitale compatta per l'estrazione di segnali deboli dal rumore (ENEA-Frascati)
- Esperienza nella spettroscopia THz Time Domain e nei modelli interpretativi della permittività dei tessuti (Sapienza DIET ed ENEA –Frascati)