

A Robust Wearable Antenna on a Flexible Foam Substrate for Off-Body Communication

Maria Lucia Scarpello¹, Roberta Macis², Hendrik Rogier¹, Dries Vande Ginste¹

¹ Ghent University, Department of Information Technology (INTEC), Sint-Pietersnieuwstraat 41, B-9000 GENT, Belgium. e-mail: marialucia.scarpello@ugent.be

² Università degli studi di Cagliari, Dipartimento di Ingegneria Elettrica ed Elettronica, Piazza D'Armi, 09123 Cagliari, Italy.

In questo articolo si presenta una wearable patch antenna che opera all'interno della banda Industriale, Scientifica, Medica (ISM) a 2.45 GHz. Il suo substrato è una schiuma poliuretanicca, che assicura un buon comfort a chi lo indossa. Il *FlecTron*, un materiale elettrotessile, viene utilizzato per patch e ground. Si sceglie una topologia per l'antenna con patch e slot rettangolare, che ne garantisce un funzionamento stabile, sia in condizioni planari, sia quando l'antenna è soggetta a curvatura. Simulazioni e misure mostrano un buon accordo e, inoltre, le simulazioni di Specific Absorption Rate (SAR) indicano che l'antenna soddisfa le norme di sicurezza richieste.

I INTRODUZIONE

Le wearable textile antennas [1], combinando funzionalità tessili ed elettroniche, danno origine a nuove opportunità di comunicazione. Essendo integrate in indumenti, permettono di monitorare in remoto l'attività ed i biosegnali di chi le indossa e consentono la comunicazione wireless off-body tra esso e la più vicina stazione base. La ricerca descritta in questo articolo riguarda una wearable microstrip rectangular ring patch antenna, su un substrato di schiuma poliuretanicca, operante all'interno della banda Industriale, Scientifica, Medica (ISM) a 2.45 GHz (2.4-2.4835 GHz). Un return loss di -10 dB è garantito nell'intera banda ISM, sia quando l'antenna è planare, sia quando essa viene sottoposta a curvatura. Inoltre deve essere raggiunta una polarizzazione quasi circolare, dal momento che nella vita reale il soggetto si sposta e cambia continuamente la sua posizione rispetto all'antenna ricevente. Anziché un materiale tessile, una schiuma poliuretanicca flessibile è utilizzata come substrato, in quanto quest'ultima assicura la stessa comodità e le stesse caratteristiche di intensità di campo. Essa vanta infatti una shape memory, garantendo in questo modo un link di comunicazione stabile.

Nella sezione II si presenta il progetto dell'antenna. Nella sezione III sono riportati le prestazioni e i margini di sicurezza dell'antenna. È stato trovato un buon accordo tra il return loss misurato e simulato, anche quando l'antenna venga piegata o tenuta a stretto contatto col corpo. È stata inoltre simulata la distribuzione dello Specific Absorption Rate (SAR) in 1 g di tessuto, inviando in ingresso una potenza pari a 100 mW e posizionando l'antenna sulla superficie corporea.

II PROGETTO DELL'ANTENNA

L'antenna ha una struttura con slot rettangolare e singolo feed point, e le sue dimensioni sono mostrate in Figura 1. Il feed è posizionato sulla diagonale del patch, garantendo la polarizzazione quasi circolare. È adottata la tecnica multimodo [2]. Una piccola differenza tra la lunghezza dei due lati W e L del patch determina due frequenze di risonanza vicine tra loro, permettendo di ottenere una maggiore ampiezza di banda. Il materiale elettrotessile utilizzato è il *FlecTron*, un tessuto composto da

nylon rivestito da una lamina di rame altamente conduttivo, con una resistività superficiale minore di $0.1 \Omega/\text{sq}$. Il *FlecTron* é utilizzato sia per il patch che per il ground plane. Il ground plane ha lo scopo di proteggere chi indossa l'antenna e il transceiver dalle radiazioni. Il substrato dell'antenna é una schiuma poliuretanicica con permittività relativa di 1.25 e loss tangent di 0.0012. Il suo spessore é di 3.5 mm. L'alimentazione tramite cavo coassiale, che connette l'antenna al transceiver, é costituita da un connettore SMA saldato: la parte interna é collegata al patch conduttivo, mentre la parte esterna é connessa al ground plane (Figura 1).

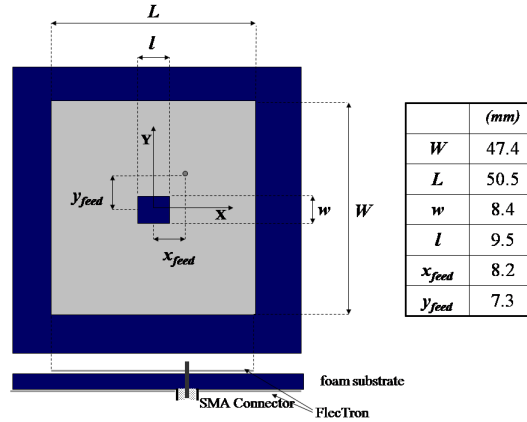


Figura 1: Dimensioni dell'antenna tessile.

III SIMULAZIONI E MISURE

Il return loss dell'antenna é misurato prima in stato planare, e confrontato con quello ottenuto dalle simulazioni in ADS, poi con antenna piegata. Per entrambe le misure é stato utilizzato un HP 8510C Vector Network Analyzer. Per riprodurre la curvatura a cui l'antenna é sottoposta durante il suo utilizzo, essa é stata avvolta attorno ad un cilindro di plastica con diametro di 8 cm, che simula il diametro di un braccio umano. I risultati sono riportati in Figura 2.

L'ampiezza di banda richiesta per l'antenna é di 83.5 MHz nella ISM a 2.45 GHz. L'ampiezza di banda misurata, sia con antenna piana che piegata, risulta di 230 MHz, ovvero piú del doppio di quella richiesta. L'andamento oscillante dei due return losses misurati é dovuto ai problemi di avvitemento del cavo dell'analizzatore di reti al connettore dell'antenna. Infatti, avvitando strettamente il cavo al connettore, si rischia la rottura del SMA e dunque dell'antenna. I return losses misurati sono inferiori rispetto a quelli simulati. Ció é dovuto alle perdite nel substrato, che sono piú alte nella realtà del tangent loss usato nelle simulazioni. L'efficienza di radiazione misurata é dell'83.5 %, ottenuta attraverso una scansione completa del diagramma di radiazione lungo tutti gli angoli di azimuth e elevazione. Il guadagno dell'antenna é di 5 dBi (Figura 3).

Per studiare l'effetto del corpo umano sul return loss, l'antenna in Figura 1 é simulata con CST Microwave Studio, includendo anche l'effetto del corpo umano, modellato da tre strati addizionali

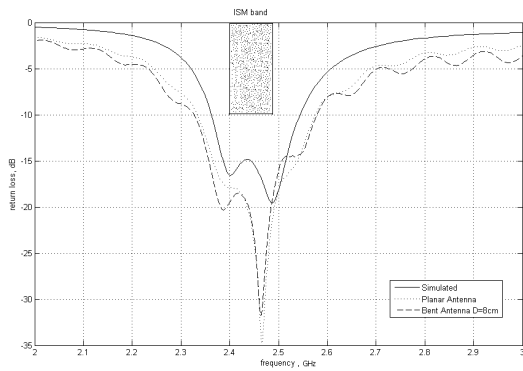


Figura 2: Return loss simulato e misurato.

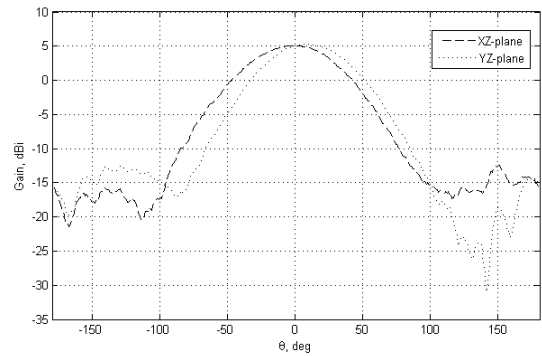


Figura 3: Guadagno misurato a 2.45 GHz.

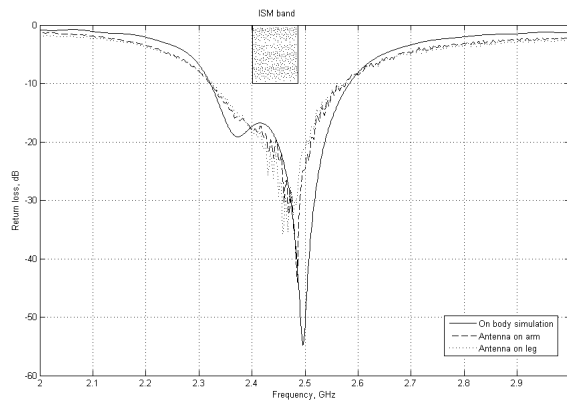


Figura 4: Return loss nelle vicinanze del corpo.

Modello di corpo umano

Strato	Spessore	ϵ_r	σ	ρ
Pelle	1 mm	55.2	2.32 S/m	1010 kg/m ³
Grasso	3 mm	4.39	0.08 S/m	920 kg/m ³
Muscolo	20 mm	37.6	1.31 S/m	1040 kg/m ³

Tabella 1: Proprietá del modello di corpo umano.

(vedi Tabella 1) al di sotto del ground plane. I risultati delle simulazioni e delle misure dell'antenna su gamba e braccio sono mostrati in Figura 4. Un buon accordo è stato nuovamente riscontrato. Per soddisfare i limiti dell'EIRP di 15 dBm di potenza, dal momento che il guadagno dell'antenna è di 5 dBi, l'antenna è stata alimentata con 100 mW di potenza per simulare la condizione peggiore. L'antenna è posta sulla superficie corporea con un piano di massa quadrato di dimensioni 100 mm×100 mm, ed è stata simulata la distribuzione 3-D 1-g averaged SAR. Il risultato è riportato in Figura 5. I limiti di SAR decretati dalla Direttiva 189/391/EEC del Parlamento e del Consiglio Europeo sono di 0.4 W/kg e vengono rispettati [3].

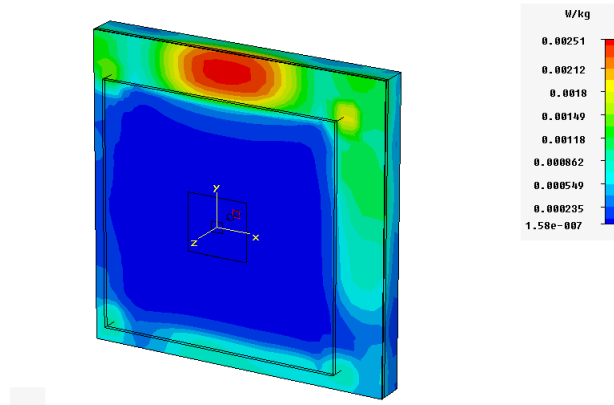


Figura 5: Distribuzione 1-g SAR.

IV CONCLUSIONI

In questo articolo viene presentata una wearable antenna su un substrato di schiuma poliuretanicca flessibile per comunicazioni off-body. L'antenna copre completamente la banda 2.45 GHz ISM, sia in condizioni planari sia soggetta a curvatura, e la polarizzazione quasi circolare è garantita. Si riscontra un buon accordo tra simulazioni e misurazioni. Attraverso accurate simulazioni 3-D è stato verificato che le limitazioni sul SAR sono rispettate.

Riferimenti bibliografici

- [1] C. Hertleer, H. Rogier, L. Van Langenhove, "A Textile Antenna for Protective Clothing", *2007 IET Seminar on Antennas and Propagation for Body-Centric Wireless Communications*, April 2007, pp.44-46.
- [2] C. Hertleer, A. Tronquo, H. Rogier, "Aperture-Coupled Patch Antenna for Integration Into Wearable Textile Systems", *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, 2007, vol.6, pp.392-395.
- [3] J. Kim, Y. Rahmat-Samii, "Implanted Antennas Inside a Human Body: Simulations, Designs, and Characterization", *IEEE Transactionson Microwave Theory and Techniques*, August 2004, vol.52, n.8, pp.1934-1943.



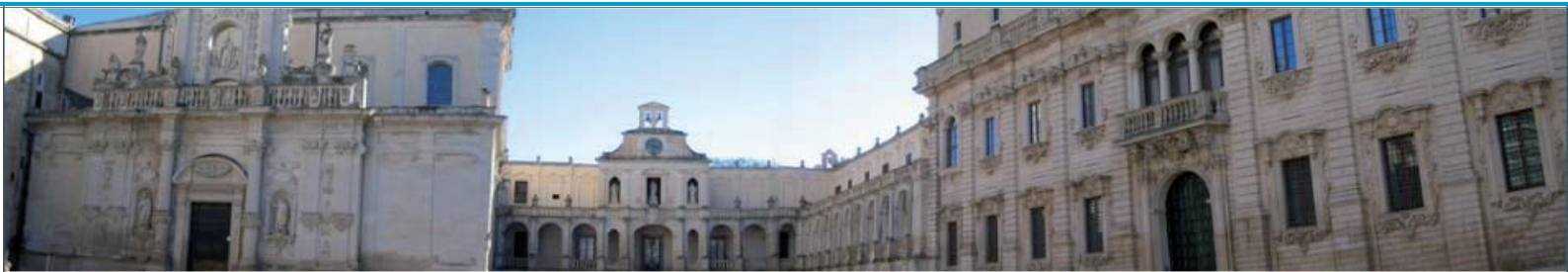
UNIVERSITÀ DEL SALENTO

EMLE
ELECTROMAGNETIC LAB LECCE



RiNEm 2008

XVII Riunione Nazionale di Elettromagnetismo



Lecce, 15-18 Settembre 2008

Grand Hotel Tiziano e dei Congressi