

IL CONTRIBUTO DELLE OPERAZIONI DI POST PROCESSING ALL'INCERTEZZA ASSOCIATA ALLE MISURE DI SAR

A. Schiavoni, M. Francavilla

Telecom Italia Lab, Via G. Reiss Romoli 274, 10148 Torino - ITALIA. E-mail:
andrea.schiavoni@tilab.com; fax: +39 011 2285577

Abstract

The uncertainty associated with SAR compliance tests of cellular phones is enhanced by the error due to the interpolation and extrapolation methods used to determine the averaged SAR value from a grid of measured data. In this paper, starting from the procedures proposed in the CENELEC standard, we perform an error analysis of the effects of the variables involved in the problem, for example the effect of the number of interpolation points used to increase the resolution of the measured grid or the dimension of the extrapolated region. The interpolation/extrapolation procedure is applied to the reference functions given by the CENELEC EN50361.

INTRODUZIONE

Nella nuova norma CENELEC EN50361 [1] e nelle bozze delle norme IEC [2] e IEEE [3] sono definite in maniera dettagliata le procedure e le metodologie attraverso le quali sono qualificati i telefoni cellulari rispetto al SAR (Specific Absorption Rate). In queste norme viene data una maggiore importanza, rispetto a quanto fatto in precedenza, alla definizione e caratterizzazione dell'incertezza da associare al valore di SAR misurato. In particolare, deve essere considerato il contributo di incertezza generato dalle operazioni di post-processing effettuate sui dati misurati al fine di determinare i valori di SAR mediati su masse cubiche, come richiesto dagli Standards. Nelle operazioni di post-processing effettuate sui dati misurati, va posta attenzione alle operazioni d'interpolazione ed estrapolazione, necessarie per i seguenti motivi:

- necessità di aumentare la definizione della griglia utilizzata per determinare il SAR medio su un volume cubico. Il limite alle dimensioni della griglia è dato da diversi fattori quali la durata delle batterie del telefono, le dimensioni della sonda e il volume da esaminare;
- impossibilità di misurare il SAR sulla superficie interna del fantoccio a causa della struttura della sonda stessa. Il primo punto di misura si trova ad una distanza dalla superficie del fantoccio determinata da due contributi: la distanza tra la punta della sonda e la superficie del fantoccio, che dipende dal sistema di posizionamento e la distanza tra il baricentro dei dipoli che rilevano il campo e la punta della sonda. A causa della penetrazione del campo nel mezzo con perdite, che rappresenta il tessuto biologico, i valori di SAR maggiori si trovano sulla superficie del fantoccio. A questo punto risulta fondamentale avere dei metodi di estrapolazione del SAR molto efficienti, poiché saranno proprio i valori estrapolati che daranno un contributo significativo al valore del SAR mediato.

Partendo dalle linee fissate nella norma CENELEC [1], in particolare l'allegato C, la procedura proposta è stata applicata a casi reali di misure di SAR e sono state messe in evidenza le problematiche da affrontare al fine di determinare il contributo di incertezza associato al post-processing e l'influenza che ha la scelta dei parametri sull'incertezza espansa associata alla misura di SAR.

METODO

L'annex C della norma EN50361 fornisce una formula operativa per il calcolo dell'incertezza relativa (percentuale) associata alle operazioni di interpolazione/estrapolazione:

$$U_{\text{interp/estrap}}(\%) = 100 \frac{|\text{SAR}_{\text{interp/estrap}} - \text{SAR}_{\text{ref}}|}{\text{SAR}_{\text{ref}}} \quad (1.1)$$

dove $\text{SAR}_{\text{estrap/interp}}$ è il SAR medio ottenuto dopo le operazioni di interpolazione ed estrapolazione che sono state effettuate e SAR_{ref} è il SAR mediato di riferimento. Più precisamente, nella norma sono definite due funzioni analitiche che definiscono il SAR di riferimento, di seguito riportate:

$$f_1(x, y, z) = A \cdot \frac{a^2}{a^2 + x'^2} \cos^2\left(\frac{\pi y'}{6a}\right) \cdot e^{-\frac{z}{a}} \cdot \left(3 - e^{-\frac{2z}{a}}\right) \quad [\text{W/kg}] \quad (1.2)$$

$$f_2(x, y, z) = A \cdot \frac{a^2}{\frac{a^2}{4} + x'^2 + y'^2} \cdot \left(e^{-\frac{2z}{a}} + \frac{a^2}{2(a + 2z)^2}\right) \quad [\text{W/kg}] \quad (1.3)$$

dove $A=1 \text{ W/Kg}$, $a=20 \text{ mm}$, $x'=x+2\text{mm}$, $y'=y+3\text{mm}$.

Il sistema di misura fornisce un insieme di valori di SAR ottenuti da misure di campo elettrico effettuate secondo passi di campionamento spaziali definiti dall'utente. Le figure 1a e 1b mostrano l'allocatione spaziale dei punti di misura relativamente al sistema di riferimento. Sulla base di tali dati è stata svolta una prima operazione di interpolazione in 3D utilizzando funzioni del tipo Splines cubiche di tipo natural [4]. Alla fine di questa prima fase l'insieme di punti misurati viene "infittito" lungo ciascuna direzione e il numero di punti intermedi tra due punti misurati viene impostato dall'utente a seconda della risoluzione spaziale desiderata. A valle di questa prima operazione è stata effettuata l'operazione di estrapolazione, che è monodimensionale, in quanto la procedura è applicata lungo la coordinata z. L'operazione di estrapolazione viene eseguita attraverso la tecnica di regressione ai minimi quadrati su un dominio di dati di SAR trasformato [5].

RISULTATI

È stato studiato l'effetto del numero di punti di interpolazione utilizzato, sul valore dell'errore relativo percentuale. A tale scopo è stata considerata una griglia di misura (ottenuta campionando le funzioni di riferimento) costituita da 7 punti lungo ciascun asse, equispaziati di una distanza pari a 5mm.

La figura 2 mostra l'andamento dell'errore relativo in funzione del numero di punti interpolati tra due punti misurati; si può notare come il valore dell'errore dipenda

fortemente, oltre che dalla funzione di riferimento, anche dal numero di punti interpolati. La figura 3 rappresenta invece l'andamento dello stesso errore relativo nel caso venga effettuata anche l'operazione di estrapolazione, relativamente alla funzione di riferimento (1.2). Da tale andamento si deduce come tale errore può essere ridotto notevolmente, anche nel caso di considerevoli distanze di estrapolazione, a condizione di scegliere un numero adeguato di punti di interpolazione. La figura 4 è relativa invece al caso in cui si consideri la funzione di riferimento (1.3).

CONCLUSIONI

È stata svolta un'analisi dei termini d'incertezza legati alle operazioni di post – processing relative alle misure del SAR generato da telefoni cellulari.

Sulla base di quanto riportato nella norma CENELEC EN50361, è stato valutato l'errore relativo associato alle operazioni d'interpolazione ed estrapolazione sui dati misurati, al variare di parametri quali il numero di punti d'interpolazione e la distanza d'extrapolazione. In particolare è stato mostrato come il termine d'incertezza relativa a tali operazioni sia dipendente, oltre che della funzione di riferimento scelta, anche dei parametri sopra analizzati. Risulta fondamentale quindi, non solo fornire il valore assoluto del termine d'incertezza, ma anche specificare in maniera univoca tutti i valori dei parametri coinvolti in tale calcolo.

BIBLIOGRAFIA

- [1] CENELEC EN50361 “Basic standard for the measurement of Specific Absorption Rate related to human exposure to electromagnetic fields from mobile phones (300 MHz – 3 GHz)”, July 2001.
- [2] IEC 106/24/CD “Procedure to determine the Specific Absorption Rate (SAR) for hand-held telephones in the frequency range of 300 MHz to 3 GHz”, April 2002, Draft.
- [3] IEEE P1528 “Recommended Practice for Determining the Peak Spatial-Average Specific Absorption Rate (SAR) in the Human Body Due to Wireless Communications Devices: Experimental Techniques”, Draft.
- [4] W. Press, S. Teukolsky, W. Vetterling, B. Flannery: “Numerical recipes in Fortran 77”, Cambridge University Press, 1986.
- [5] S. Chapra, R. Canale: “Numerical Methods for Engineers”, Third Ed., McGraw-Hill, 1998.



Questo lavoro è stato realizzato con il supporto di **Vivere senza confini**

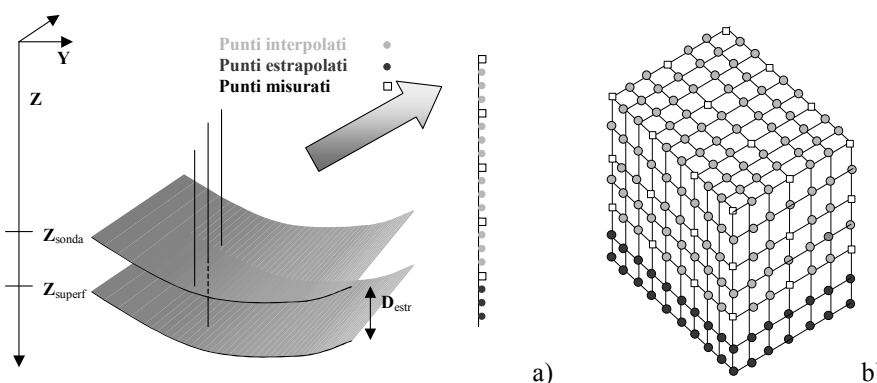


Figura 1: esemplificazione del cubo di misura, con evidenziati i punti misurati, interpolati ed estrapolati.

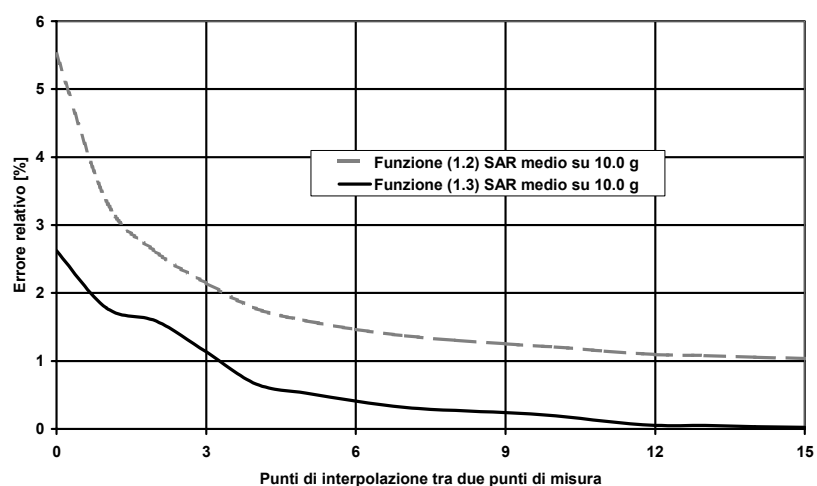


Figura 2: andamento dell'errore relativo in funzione del numero di punti di interpolazione.

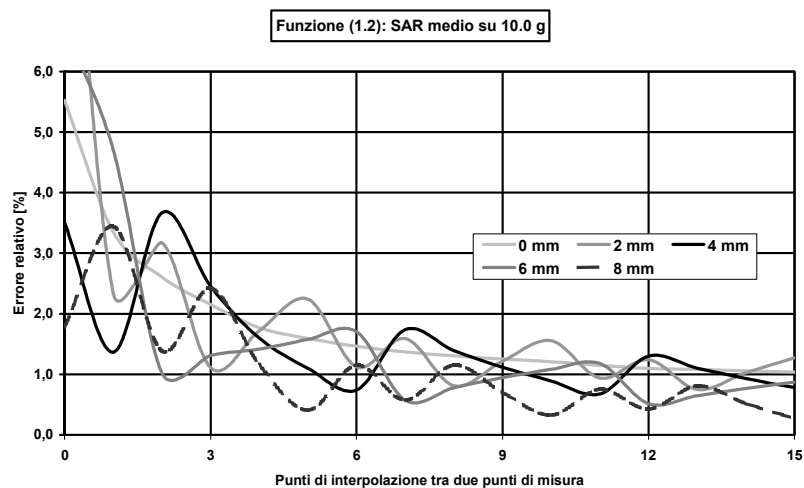


Figura 3: andamento dell'errore relativo in funzione del numero di punti di interpolazione per differenti dimensioni della regione estrapolata; funzione (1.2).

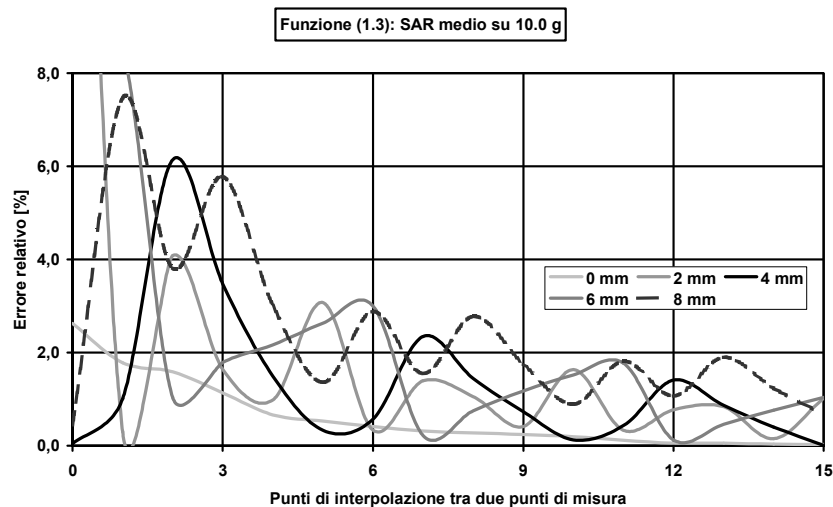


Figura 4: andamento dell'errore relativo in funzione del numero di punti di interpolazione per differenti dimensioni della regione estrapolata; funzione (1.3).