

# TRACKING SATELLITARE E BEAMFORMING IN PHASED ARRAY ANTENNA PER APPLICAZIONI SOTM IN BANDA KA

*S. Coco<sup>1</sup>, G. Chisari<sup>1</sup>, P. Di Falco<sup>1</sup>, E. Iraci<sup>1</sup>, A. Laudani<sup>2</sup>, S. Militello<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Dipartimento di Ingegneria Elettrica Elettronica ed Informatica, Università di Catania, Viale A. Doria 6, Catania

<sup>2</sup>Dipartimento di Ingegneria, Università di Roma Tre, Via Vito Volterra 6, Roma

e-mail [coco@dieei.unict.it](mailto:coco@dieei.unict.it)

***Parole chiave: SOTM, phased array antenna, algoritmi di beamforming, algoritmi di puntamento***

SOTM (Satcom on-the-Move) è un acronimo utilizzato nel contesto delle comunicazioni mobili satellitari: il principio alla base del SOTM consiste in un veicolo (terrestre, acquatico o aereo) dotato di una antenna satellitare ed in grado di stabilire e mantenere la comunicazione con il satellite mentre il veicolo è in movimento. Il concetto di SOTM non è certo nuovo nel contesto militare, ed, anzi, ha costituito una componente centrale delle comunicazioni marittime delle navi guerra già da parecchi anni, sia per trasmissioni in banda stretta (Inmarsat e UHF) sia a banda larga (Bande X, Ku e Ka). In tempi recenti, i sistemi SOTM hanno trovato applicazione negli aeromobili per l'implementazione su larga scala di sistemi di comunicazione ad alta connettività ed a banda larga, nell'ambito di un'utenza sia commerciale che strettamente legata ad enti governativi. I progressi nell'antenne per comunicazioni satellitari hanno spinto l'uso potenziale di questa tecnologia anche sulla terraferma. Anche in questo caso, ovviamente, le prime applicazioni sono state di carattere militare, ma nell'arco di poco tempo si sono parallelamente sviluppate applicazioni per comunicazioni a banda larga per utenze commerciali (tra cui internet o TV on the move). Dall'altro canto, l'uso di sistemi SOTM per il controllo del territorio, la gestione dei rischi e l'intervento in caso di calamità rappresenta un'applicazione di estremo interesse per gli enti governativi che si occupano di protezione civile. Infatti la possibilità di intervenire con un veicolo terrestre in territori sconvolti da calamità e stabilire le connessioni e la gestione delle telecomunicazioni ha sicuramente un interesse strategico di valenza nazionale ed internazionale. Da qui, il conseguente sviluppo di queste applicazioni SOTM in ambito terrestre ha portato, da una parte ad una maggiore richiesta di banda di comunicazione e quindi la necessità di utilizzare bande a frequenza più elevata (come la banda Ka), e, dall'altra, a dover considerare tutta una serie di problematiche specifiche dei sistemi SOTM per la terraferma, che non si incontrano invece nelle applicazioni aeronautiche. Tra l'altro, l'uso della banda Ka si rivela critico: infatti in questa banda si soffrono in maniera più marcata tutte le problematiche, legate agli effetti del movimento del veicolo su cui il sistema SOTM è posto, sul sistema di comunicazione e sulla propagazione RF, nonché si è soggetti a vincoli normativi più stringenti riguardo la dimensione del fascio ed il puntamento satellitare. Per mitigare questi aspetti è necessaria una corretta progettazione del sistema di telecomunicazione in generale e della parte più specificatamente legata al sistema antenna in particolare. Gli aspetti critici della tecnologia usata per le antenne SOTM si possono riassumere nei seguenti 4 punti: dimensioni apertura, altezza del sistema, precisione di puntamento, e controllo di trasmissione. Se da una parte l'uso di antenne a phased array e del digital beam forming permette di ottenere sistemi con dimensioni ridotte con buone prestazioni in termini di apertura, dall'altro soffre di maggiori problematiche riguardo la precisione ed il controllo del puntamento (ossia la ricerca, la scansione, l'acquisizione, la stabilizzazione ed il tracking del satellite): queste richiedono lo studio e lo sviluppo di tecniche ed algoritmi ad hoc.

Gli aspetti relativi al puntamento/tracking di un satellite in applicazioni SOTM terrestri sono estremamente critici: infatti a differenza di sistemi SOTM aeronautici, quelli terrestri risentono in maniera maggiore delle condizioni del canale di trasmissione (LOS o NLOS) nonché delle interferenze ambientali.

Generalmente, la maggior parte dei metodi di tracking sono basati su misure di potenza di segnale relativi a piccoli spostamenti angolari dell'antenna ricevente, ossia sono basati su un processo di lieve depuntamento in modo da individuare la direzione a potenza maggiore. Del resto nell'ambito SOTM vi è anche la problematica del line of sight (LOS) o di forti interferenze dovute alle caratteristiche dell'ambiente circostante il veicolo. La condizione LOS non è sempre garantita durante il normale funzionamento a causa del blocco da edifici, alberi, ponti, gallerie e stazioni e ciò interferisce notevolmente sulle prestazioni. Tra l'altro il verificarsi di condizioni no LOS, determina l'immediato fallimento di un sistema di tracking esclusivamente basato su misure di potenza del segnale ricevuto. Per superare tale inconveniente solitamente il sistema di puntamento consiste di un blocco a catena aperta che dà indicazioni, seppur non esatte, sulla posizione del satellite in ragione dei movimenti del veicolo registrati attraverso sistemi giroscopici e di localizzazione spaziale e di un sistema di correzione retroazionato (a catena chiusa) che fa uso dell'indicazioni dell'intensità del segnale. Purtroppo questo secondo aspetto è estremamente critico nei sistemi SOTM in banda Ka a causa delle normative molto stringenti a riguardo. Non è infatti consentito un errore di puntamento maggiore di qualche decimo di grado e ciò determina l'impossibilità di usare tecniche di depuntamento senza una perfetta conoscenza del diagramma di radiazione dell'antenna a phased array e del suo comportamento al variare degli angoli di azimut ed elevazione di puntamento. Dall'altro canto se la sensoristica giroscopica e di posizionamento relativo del veicolo fosse esatta, l'intervento della retroazione sarebbe abbastanza limitato, ma sfortunatamente l'elevato costo dei sensori e le loro derivate fanno sì che il blocco a catena chiusa svolga ancora un ruolo fondamentale. Per migliorare le prestazioni del blocco a catena aperta si sono sviluppati algoritmi ad hoc che fondono le informazioni provenienti dal sistema IMU, dai sensori giroscopici e dai GPS. In particolare si sta testando la combinazione di banchi di filtri digitali sulle uscite dei sensori e di un sistema di predizione basato sulle tecniche di soft-computing, che permettendo di ridurre/correggere l'errore della sensoristica, migliora le prestazioni del tracking open loop, e consentirà quindi di utilizzare un processo di correzione in close loop, che richiede minori depuntamenti. Tali attività rientrano nell'ambito del progetto PON 2007-2013 denominato "Sistema Integrato di sensori in ambiente cloud per la Gestione Multirischio Avanzata (SIGMA)".

## BIBLIOGRAFIA

- [1] S. Coco et al. "Stato dell'arte sulle antenne Phased Array per applicazioni SOTM", Report UNICT - Progetto SIGMA, ottobre 2013.
- [2] Zongwei Wu; Minli Yao; Hongguang Ma; Weimin Jia; Fanghao Tian, "Low-Cost Antenna Attitude Estimation by Fusing Inertial Sensing and Two-Antenna GPS for Vehicle-Mounted Satcom-on-the-Move," *Vehicular Technology, IEEE Transactions on* , vol.62, no.3, pp.1084,1096, March 2013.
- [3] Guimin Xu; Huachun Xu; Huihua Chen, "Study on gyro error correcting for SOTM," *Electronic Measurement & Instruments, 2009. ICEMI '09. 9th International Conference on* , vol., no., pp.1-245,1-249, 16-19 Aug. 2009
- [4] Weimin Jia; Luyao Hao; Kai Du, "Step tracking algorithm based on finite difference stochastic approximation for SATCOM on-the-move," *Electric Information and Control Engineering (ICEICE), 2011 International Conference on* , vol., no., pp.2632,2635, 15-17 April 2011