

UNA MERIDIANA VERTICALE PER ANTENNA

R. Tascone, A. Olivieri, O. A. Peverini, G. Virone, R. Orta

IEIIT-CNR, Dipartimento di Elettronica, Politecnico di Torino
Corso Duca degli Abruzzi 24, 10129 Torino (Italy)
riccardo.tascone@polito.it

Abstract

In these last years the DBS (Direct Broadcasting Satellite) systems have induced a large spreading of dish installations even in ancient cities and invaluable zones. In many cases they have compromised the beauty of the buildings and in some cities the wild installations of such antennas have been forbidden. This paper wants to be an answer to this problem by proposing a low cost solution which makes easier the antenna integration with the existing environment. In particular, an example where the proposed configuration was used to realize a vertical sundial is presented. The electrical characteristics are also reported.

INTRODUZIONE

La ricezione del segnale televisivo via satellite richiede l'installazione di antenne direttive le cui dimensioni possono essere così invasive da compromettere l'estetica degli edifici, specialmente in zone urbane di pregio e centri storici. Il problema può riguardare anche altri servizi, si pensi ai collegamenti urbani punto-punto per distribuire servizi a larga banda. In commercio si trovano diverse soluzioni che mirano a ridurre l'impatto visivo verniciando l'antenna con colori meno appariscenti o coprendo l'installazione con materiali mimetizzanti. Tali soluzioni, comunque non agiscono sullo schema elettrico, ma si limitano ad intervenire sull'esistente. Le comuni antenne paraboliche presentano un diametro di 70-80 cm e l'illuminatore è sorretto ad una distanza di circa 50 cm da un supporto collegato rigidamente al riflettore. Considerando inoltre che la direzione di puntamento ha un'elevazione di circa 35° - 38° , ne risulta un ingombro azimutale piuttosto rilevante. Antenne in microstriscia costituite da schiere di radiatori, permettono di ottenere pannelli planari che, considerando anche il supporto meccanico, possono raggiungere spessori di pochi centimetri [1]. Tuttavia, per poter installare il pannello in posizione verticale, i radiatori devono essere alimentati da una rete che garantisca il giusto sfasamento per poter puntare il fascio nella direzione del satellite. Tale schema presenta una certa complessità poiché deve operare nella banda 10.7-12.7 GHz in entrambe le polarizzazioni lineari. La complessa rete di alimentazione può essere evitata se si adotta un'altro schema dove i radiatori sono alimentati in propagazione libera. Tali antenne, note in letteratura con il termine *reflectarray* [2], modificano il fronte d'onda piano incidente in un fronte d'onda riflesso convergente. In questo caso il controllo della fase viene eseguito intervenendo sulla dimensione dei singoli radiatori e/o sulla loro disposizione. Questa soluzione sembra quindi essere più conveniente; tuttavia presenta una larghezza di banda operativa non sufficiente a garantire il servizio. Nell'ottica di adottare una soluzione a basso costo che soddisfi le specifiche in termini di larghezza di banda e doppia polarizzazione, il riflettore parabolico sembra essere ancora il più idoneo.

La configurazione proposta fa uso di un riflettore parabolico offset, la particolarità della soluzione risiede nel fatto che l'antenna è progettata sulla base della posizione di installazione prevista. In particolare, si riesce a garantire un riflettore il cui bordo giace sulla parete verticale dell'edificio e la cui profondità non supera alcune decine di millimetri. In questo lavoro si presenta una soluzione dove il riflettore è stato utilizzato come supporto per una meridiana verticale. L'illuminatore è meccanicamente svincolato dal riflettore ed viene installato in una posizione idonea da scegliere in base a esigenze di natura estetica. Per tale ragioni, l'intera antenna viene progettata "su misura" a partire dai seguenti dati: direzione del puntamento (azimut ed elevazione); azimut della parete verticale; posizione dell'illuminatore; guadagno dell'antenna.

L'ANTENNA

Un riflettore offset può essere individuato dall'intersezione di una superficie parabolica a simmetria assiale ed un cono con vertice nel fuoco del paraboloide. La curva che definisce l'intersezione è un'ellisse che proiettata nel piano focale si trasforma in un cerchio [3]. Sia \hat{z}_w la normale alla parete verticale Π_w e \hat{z}_a il versore che individua la direzione di puntamento. Questi due versori individuano il piano di simmetria Π_s della configurazione. Il bordo ellittico del riflettore ottenuto dall'intersezione con il piano verticale Π_w a distanza h dal fuoco ha diametri principali [3].:

$$D_m = \frac{4f \sin \theta_c}{\cos \theta_0 + \cos \theta_c}; \quad D_M = \frac{4f \sin \theta_c \sqrt{(\cos \theta_0 + \cos \theta_c)^2 + \sin^2 \theta_0}}{(\cos \theta_0 + \cos \theta_c)^2} \quad (1)$$

dove f è la lunghezza focale, θ_0 l'angolo tra dal l'asse del cono e l'asse focale, e θ_c la semi apertura angolare del cono. Si noti che il valore di D_m coincide con quello del diametro D_p della proiezione circolare del bordo ellittico sul piano focale. Dalla (1) appare evidente che i tre parametri f , θ_0 e θ_c determinano univocamente la geometria dell'antenna. Tuttavia, i tre parametri che permettono di definire la geometria secondo la configurazione descritta nell'introduzione sono: l'angolo α definito dai due versori \hat{z}_w e \hat{z}_a ($\cos \alpha = \hat{z}_w \cdot \hat{z}_a$); la distanza h tra la parete verticale Π_w ed il punto focale, e il diametro D_p della proiezione circolare del riflettore sul piano focale, il cui valore viene fissato sulla base del guadagno richiesto. Con semplici considerazioni di carattere geometrico e successive manipolazioni algebriche si ha:

$$\tan \theta_c = \frac{D_p \cos \alpha}{2h}; \quad \cos \theta_0 = \frac{-\tan^2 \alpha + \sqrt{\tan^2 \alpha \sin^2 \theta_c + 1}}{1 + \tan^2 \alpha}; \quad f = \frac{D_p (\cos \theta_0 + \cos \theta_c)}{4 \sin \theta_c} \quad (2)$$

Si noti che il piano di simmetria Π_s è individuato dalla direzione $\hat{z}_w \times \hat{z}_a$ e quindi può non risultare verticale. La configurazione descritta tende a presentare valori elevati del rapporto f/D e dell'angolo di offset θ_0 , il che riduce considerevolmente la profondità del riflettore facilitandone l'installazione sulla parete verticale.

LA REALIZZAZIONE

Il caso descritto in questa sezione riguarda un'installazione su di un terrazzo: latitudine 45.05° N e longitudine 7.63° E, il satellite (Hot Bird 13° E) è visto lungo la direzione 37.86° di elevazione e 172.44° di azimut. L'azimut della parete verticale è stato scelto pari a quello della direzione di puntamento ottenendo un valore di α pari a 52.14° . Per quanto riguarda la posizione dell'illuminatore è stata scelta una fioriera agganciata sul lato esterno del parapetto del terrazzo che dista dalla parete verticale 147 cm (h). Il diametro della proiezione circolare (D_p) è stato scelto pari a 70 cm, valore sufficiente a garantire una buona ricezione. Dalle equazioni precedenti, si ha: $D_M = 887$ mm e $D_m = 700$ mm, con un rapporto assiale di 1.26; $f = 1177$ mm; $\theta_0 = 74.95^\circ$; e $\theta_c = 10.65^\circ$. L'elevata lunghezza focale ($f/D = 1.68$) conduce ad una profondità del riflettore di appena 20.5 mm, cosa che rende il riflettore facilmente integrabile in un pannello piano. Per ragioni di costo si è scelto come illuminatore una tromba circolare liscia con un diametro di 132 mm ed un angolo di apertura di 16.89° per garantire un'illuminazione del bordo a -7 dB. Come ben noto, nel caso di polarizzazione lineare, una geometria offset produce una polarizzazione incrociata che cresce con l'angolo di offset θ_0 ; essa presenta il suo massimo nel taglio perpendicolare al piano di simmetria. In questo caso tale valore è dell'ordine di -27 dB, valore notevolmente mitigato dall'elevata lunghezza focale. Per quanto riguarda l'analisi, si è usato il codice di calcolo *CST microwave studio* per valutare il campo di apertura della tromba circolare ed un approccio di ottica fisica per valutare le caratteristiche radiative dell'intera antenna. Nella banda di frequenza 10.7 – 12.7 GHz e per entrambe le polarizzazioni lineari, il guadagno varia da 35 a 36 dBi, con un FHPBW da 2.2° a 2.5° , i livelli dei lobi secondari e della polarizzazione incrociata non superano rispettivamente -20 dB e -22 dB. Per quanto riguarda la realizzazione, il riflettore è stato ricavato fresando un pannello di polistirene ad alta densità di dimensioni 800 mm x 1000 mm e di spessore 40 mm sul quale è stato posto un film adesivo di alluminio. Il pannello è stato successivamente ricoperto da un foglio di PVC di spessore 0.1 mm, si noti che tale spessore non è in grado di influenzare sensibilmente il comportamento dell'antenna. Su detto foglio è stata stampata una meridiana verticale, ovviamente, poteva essere scelto anche un "trompe l'oeil" o un altro soggetto in accordo a considerazioni di natura puramente estetica. È interessante notare che la scelta della meridiana verticale ha permesso di effettuare il puntamento del riflettore senza far ricorso al livello del segnale ricevuto, cosa peraltro non facilmente praticabile poiché la tromba non è rigidamente connessa al riflettore. Le linee orarie della meridiana, distanziate di 30 minuti, sono state calcolate per segnare il tempo medio CET (Central European Time) e non quello solare. Esse infatti sono lemniscate (analemme) che tengono conto dell'equazione del tempo ed del ritardo tra il tempo medio locale e quello del fuso (Tempo Medio Etneo, GMT+1) [4]. In questo modo la corretta posizione azimutale è stata raggiunta sincronizzando l'ombra dello gnomone con l'ora corrente. Per quanto riguarda l'elevazione è stato sufficiente un filo a piombo, poiché il riflettore è stato progettato per offrire un profilo verticale. La Fig. 1 mostra l'installazione dell'antenna vista dal piano strada. Si noti la fioriera a sbalzo nella quale è stata posizionata la tromba, la sua giusta posizione è stata individuata per triangolazione da tre punti scelti sul pannello. Infine, si noti che sulla meridiana sono anche riportate le linee calendariali che, con una indeterminazione di sei mesi, permettono di leggere la data.

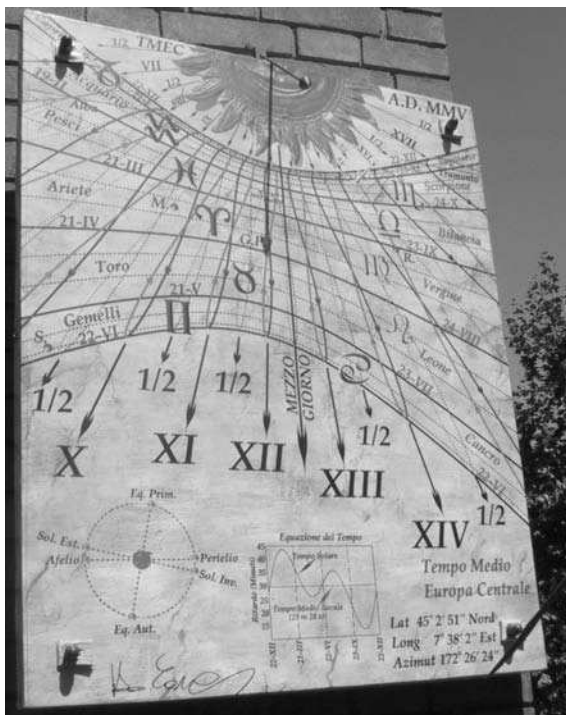


Fig. 1. fotografie dell'antenna descritta nel testo. Si notino le analemme (le linee orarie a forma di 8) che hanno permesso di effettuare il puntamento sincronizzando la meridiana. A destra, la fioriera a sbalzo contenente le trombe nascoste dalle piante.

CONCLUSIONI

In questo contributo è stata presentata una soluzione a basso costo e a basso impatto ambientale per un'antenna direttiva usata per la ricezione del segnale TV-Sat. La struttura è costituita da un pannello verticale che può essere fissato sulla parete esterna dell'edificio o inserito in una rientranza opportunamente ricavata sulla parete stessa. La peculiarità della soluzione è il progetto su misura che viene effettuato a partire dalle rilevazioni sul luogo di installazione; questo garantisce la verticalità del pannello con azimut scelto sulla base di considerazioni di carattere estetico e il posizionamento dell'illuminatore in un luogo adatto al suo mascheramento e svincolato meccanicamente dal pannello. Nella soluzione presentata, il pannello è stato ricoperto da una meridiana verticale che ha permesso anche il puntamento del riflettore. Con una degradazione del guadagno di 0.28 dB, la stessa installazione è stata utilizzata per ricevere anche il segnale di un secondo satellite (Astra 19° E), inserendo nella stessa fioriera un'altra tromba disposta fuori asse.

BIBLIOGRAFIA

- [1] J. Granholm, and K. Woelders, "Dual Polarization Stacked Microstrip Patch antenna Array with very Low Cross-Polarization", *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, vol.49, pp.1393-1402, Oct. 2001.
- [2] D. M. Pozar, S. D. Targoski, and H. D. Syrigos, "Design of Millimeter Wave Microstrip Reflectarrays", *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, vol.45, pp.287-296, Feb. 1997.
- [3] V. Jamnejad-Dailami, and Y. Rahmat-Samii, "Some Important Geometrical Features of Conic-section-Generated Offset Reflector Antennas", *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, vol.28, pp.952-957, Nov. 1980.
- [4] G. Jenkins, and M. Bear, *Sundials & Timedials*, Tarquin Publications, Stradroke, Diss, Norfolk IP21 5JP, England.