

Tom Rauch, W8JI

Area di Cattura (A_e) o apertura efficace

L'Area di cattura o apertura efficace, è uno dei termini più incompreso dei sistemi d'antenna. Nella teoria dell'antenna per un radioamatore o un laico, l'area di cattura o apertura efficace è spesso usata per giustificare le fantastiche antenne ingiustificabili. Guardando con attenzione troviamo l'area di cattura o l'apertura efficace utilizzata per giustificare affermazioni totalmente assurde nei sistemi che promettono grande vantaggio dove non ne esiste.

L'Area di cattura o apertura efficace ha un certo uso nella teoria delle antenne. Diamo un'occhiata a quello che significa area di cattura o apertura efficace e per cosa può essere utilizzata e dove e come è utilizzata in modo errato.

Che cos'è l'area di cattura?

L'Area di cattura, o più correttamente apertura efficace (A_e), è una funzione diretta del guadagno dell'antenna e della lunghezza d'onda di funzionamento. A_e è determinata dalla tensione disponibile su un carico adattato all'impedenza al punto d'alimentazione dell'antenna per una data densità di campo elettromagnetico. In termini semplici, se l'antenna è posta in un campo elettromagnetico di una certa intensità, una certa quantità di potenza apparirà sul carico ai terminali dell'antenna. La zona di spazio attorno all'antenna che ha fornito questa quantità di energia è l'apertura efficace.

Molta gente confonde l'area fisica, o A_p , con l'apertura efficace. Queste non sono le stesse. La dimensione fisica determina l'apertura efficace solo perché la dimensione fisica potrebbe influenzare il guadagno di un'antenna. Guadagno e lunghezza d'onda determinano l'area di cattura, ma l'area di cattura non ha niente a che fare con la dimensione fisica reale o area fisica dell'antenna.

Ad esempio, un dipolo nello spazio libero lungo $\frac{1}{2}$ onda, ha un area di cattura di circa $0,13 \lambda^2$. Ciò significa che un dipolo nello spazio libero senza perdite ha una A_e di circa 0,13 lunghezze d'onda quadrate.

Questa apertura efficace è circa 100 volte più grande dell'area fisica di un antenna a dipolo di filo sottile. L'energia viene estratta da una zona di forma ellittica di lunghezza leggermente superiore al dipolo e diametro al centro di circa $\frac{1}{4}$ d'onda. Questo è il motivo per cui aumentando il diametro del conduttore o usando una gabbia di fili non aumenterà l'apertura elettrica o area di cattura. È un dato di fatto che se abbiamo costruito un piccolo dipolo senza o con perdita molto bassa, di lunghezza forse $\lambda/20$ ($\frac{1}{20}$ di lunghezza d'onda), l'area di cattura A_e , starebbe entro una piccola percentuale rispetto ad un dipolo di dimensione intera!

Una modifica al diametro dell'elemento dell'antenna non influisce sul guadagno, salvo per quanto potrebbe leggermente ridurre le perdite di potenza nella resistenza del conduttore. Lunghezza in sé ha uno scarso effetto a meno che il cambiamento in lunghezza non influisca significativamente sul guadagno dell'antenna. Dobbiamo avere una variazione di guadagno per modificare la A_e (apertura elettrica efficace). Variazioni nell'apertura fisica (A_p) non hanno effetto sulla A_e a meno che non ci siano variazioni nel guadagno.

Dal *Antenna Engineering Handbook* del Jasik abbiamo:

2-14 FUNDAMENTALS OF ANTENNAS

The gain is related to the directivity by the relation

$$G = kD$$

where k is the efficiency factor of the antenna and is equal to 1 if the antenna has no copper, dielectric, or mismatch losses.

For many types of antenna systems, the losses are very low and the value of gain is essentially equal to the directivity. For this reason, the two terms are often used interchangeably. However, it must be remembered that the gain is the important quantity when evaluating the systems performance of an antenna and that the value of directivity may be misleading if an antenna has substantial dissipative or mismatch losses.

The directivity figure can be evaluated theoretically from the computed radiation patterns of an antenna or evaluated experimentally by graphical integration of the measured radiation patterns. The gain figure can frequently be determined from the directivity by estimating the losses in an antenna system, but is usually measured experimentally by direct-comparison methods. The subject is treated in some detail in Chap. 34, and the only additional comment the writer can add is that the measurement of absolute gain is probably the most difficult type of antenna measurement to be made and should accordingly be approached with considerable caution.

It is occasionally of interest to obtain an approximate value for the gain when the only data available are the principal plane radiation patterns. Assuming the antenna is relatively lossless, the gain may be estimated from

$$G \approx \frac{27,000}{\theta_E \theta_H}$$

where θ_E and θ_H are the beamwidths in degrees between half-power points in the E and H planes, respectively. The value obtained in this fashion will generally be accurate to within 25 per cent, particularly for high-gain antennas.

2.7. THE RECEIVING ANTENNA AND EFFECTIVE APERTURE

Although much of the discussion up to now has treated the antenna for use in transmitting, it is a consequence of the reciprocity theorem¹² that the properties of a receiving antenna are identical with the properties of the same antenna when used for transmitting.

Thus the radiation patterns of an antenna will be the same whether an antenna is used for transmitting or receiving, as will be its gain and impedance. This reciprocal property of antennas is of considerable use in making antenna measurements and in making an analysis of antenna properties.

Effective Area. In considering an antenna as a receiving device, it is useful to employ the concept of effective area. If a receiving antenna is placed in the field of a linearly polarized electromagnetic wave, the received power available at the terminals of the antenna is equal to the effective area times the power per unit area carried by the wave.

$$W = PA \quad \text{or} \quad A = \frac{W}{P}$$

where W = available power, watts

P = power density of wave, watts/square meter

A = effective area, square meters

The power density is simply related to the rms value of the electric field by

$$P = \frac{E^2}{120\pi}$$

PATTERNS FROM ARRAYS OF DISCRETE ELEMENTS 2-15

It should be noted that all the available power will be transferred to the receiving load only when the load impedance presents a conjugate match to the antenna impedance. For any other match condition, the transferred power will be smaller by the mismatch loss factor. However, the above definition does include the effect of dissipative losses in the antenna, so that these need not be accounted for separately.

A very useful relation exists between the effective area of an antenna and its power gain as follows:

$$A = \frac{\lambda^2 G}{4\pi}$$

The effective area of a number of simple antennas is given in Table 2-2.

Antenna	Effective area
Isotropic radiator.....	$\lambda^2/4\pi$
Very short dipole.....	$3\lambda^2/8\pi$
Half-wave dipole.....	$1.64\lambda^2/4\pi$

The effective area of large-aperture antennas is of the same order as the physical area. For pyramidal horns, the effective area will be approximately 50 per cent of the physical area for an optimum horn and can be as high as 80 per cent of the physical area for a horn with a very long flare length. For parabolic-reflector antennas, the effective area is generally between 50 and 65 per cent of the physical area. For the case of a large mattress-type multielement dipole-reflector array, the effective area can actually be equal to, or in some cases slightly greater than, the physical area.

Vediamo, dall'inizio del testo qui sopra, che il guadagno, in assenza di perdite significative nell'antenna, equivale alla direttività dell'antenna stessa. Questo è un altro modo per dire qualcosa che tutti dovrebbero sapere e ricordare: *È impossibile avere guadagno d'antenna senza avere un diagramma di radiazione più direttivo.*

Al fine di aumentare il guadagno, un'antenna deve focalizzare sempre più energia in certe direzioni ed irradiarne meno in altre. Sempre. L'unica eccezione è quando una antenna di riferimento con perdita è confrontata con un'antenna con una perdita molto minore. Virtualmente tutti i dipoli sono ad un livello di efficienza superiore al 90%. Dei dipoli correttamente installati costituiscono un'eccellente antenna di riferimento.

Dal testo nel paragrafo 2.7 nella foto sopra (*The receiving antenna and effective aperture*) apprendiamo che l'apertura efficace è direttamente correlata alla lunghezza d'onda di funzionamento ed al guadagno del sistema. Null'altro. Le dimensioni fisiche non entrano nell'equazione, né l'area della superficie del conduttore. Mentre alcune antenne molto grandi con bassissime perdite possono avere una relazione approssimativa tra area fisica ed apertura efficace, con le tipiche antenne che usiamo, questa relazione è più una coincidenza che una regola. Solo alcune strutture, come le antenne paraboliche, antenne a tromba, e le schiere di dipoli, si avvicinano ad un rapporto 1:1 tra l'apertura efficace e l'apertura fisica.

Utilizzando le equazioni derivate da, o riportate nel testo di ingegneria di cui sopra, troviamo le seguenti aperture effettive o aree di cattura:

Tipo d'antenna	Formula	L'Apertura efficace è:	L'Apertura Fisica è tipicamente:
Isotropica	$\lambda^2/4\pi$	0,0796 λ quadrate	0
dipolo corto, qualsiasi lunghezza inferiore a $0,1\lambda$	$1,5\lambda^2/4\pi$	0,12 λ quadrate	$\ll 0,001 \lambda$ quadrate
dipolo corto, qualsiasi lunghezza inferiore a $0,1\lambda$	$3\lambda^2/8\pi$	0,12 λ quadrate	$\ll 0,001 \lambda$ quadrate
dipolo a $\frac{1}{2} \lambda$	$1,64\lambda^2/4\pi$	0,13 λ quadrate	$< 0,001 \lambda$ quadrate
quadrangolare ad onda intera, lati $\frac{1}{4} \lambda$	$2,1\lambda^2/4\pi$	0,167 λ quadrate	0,0625 λ quadrate

Oppure usando $A_e = \lambda^2 G/4\pi$ dove G è un "moltiplicatore" (non in dB) si ha $\lambda 0,13^2$ per un dipolo.

Sentiamo spesso affermare che l'antenna quadrangolare (*quad* o *cubical quad*) "riceve i segnali deboli meglio" di una Yagi o di un dipolo perché questa "ha più area di cattura". Tuttavia, l'elemento base di una quadrangolare, nonostante sia propagandata per essere un'antenna con una area di cattura gigantesca, ha area di cattura maggiore di un dipolo solo di circa il 28%. Questo perché l'elemento quadrangolare nello **spazio libero** in condizioni ideali ha un guadagno di circa il 28% maggiore di un dipolo! Questo aumento di ~28% vale solo in condizioni ideali per un singolo elemento quadrangolare nello spazio libero rispetto ad un dipolo nello spazio libero.

Quando vengono aggiunti elementi in più (per fare un antenna cubica o Yagi), o anche quando gli elementi di un'antenna a dipolo e quadrangolare sono disposti sopra il terreno, quella differenza del 28% nell'area di cattura, diminuisce significativamente! In molti casi il dipolo o la Yagi ottengono un aumento dell'area di cattura più di una antenna quadrangolare in simile posizione, ma per la maggior parte dei casi di antenne ben costruite con simili lunghezze del boma, la quadrangolare e la Yagi sono **uguali** in guadagno ed area di cattura.

L'aumento dell'area di cattura di un singolo elemento quadrangolare rispetto ad un dipolo non ha nulla a che fare con l'aumento di 600 volte dello spazio racchiuso all'interno dell'area dell'antenna. L'aumento dell'area di cattura è funzione diretta della variazione del guadagno, e l'antenna quadrangolare ha circa 1,1 dB di guadagno sul dipolo in condizioni ideali. Il valore di 2 dB di guadagno di una quadrangolare in realtà è un errore.

La cifra di 2 dB è il risultato di misure errate effettuate in UHF risalenti al 1950. Allora, le attrezzature UHF e le tecniche di misura in UHF erano di bassa qualità. Ciò ha provocato un errore di misura che è stato pubblicato più volte ed inizialmente accettato come un dato di fatto. Una volta

pubblicata (anche se corretta più tardi), l'errata informazione continua a riapparire. Nonostante sia stato corretto, è probabile che continueremo a vedere quei 2 dB per il resto della nostra vita, anche se la cifra esatta è di 1,1 dBd per un'antenna quadrangolare a singolo elemento nello **spazio libero** e ancora meno per una quadrangolare sul terreno o una *cubical quad* multi-elementi.-