6 ANTENAS

6.3 ECUACION DE FRIIS

La ecuación de transmisión de Friis relaciona la potencia recibida con la potencia transmitida para dos antenas separadas por una distancia $R > 2D^2/\lambda$, donde D es la mayor dimensión de cualquiera de las dos antenas.

Para una antena transmisora isotrópica podemos plantear la densidad de potencia isotrópica como:

$$W_0 = e_t \cdot \frac{P_t}{4\pi R^2} \qquad (6.3.1)$$

Donde P_t es la potencia de entrada en los terminales de la antena transmisora y e_t es la eficiencia de radiación de la antena transmisora. R es la distancia (de la antena transmisora) a la que se está evaluando la densidad de potencia isotrópica (W_0).

Si ahora analizamos un caso más general donde la antena transmisora no es isotrópica, la densidad de potencia en la dirección θ_t y ϕ_t se podrá escribir como:

$$W_t = G_t(\theta_t, \phi_t) \cdot \frac{P_t}{4\pi R^2} = e_t \cdot D_t(\theta_t, \phi_t) \cdot \frac{P_t}{4\pi R^2} \qquad (6.3.2)$$

Donde $G_t(\theta_t, \phi_t)$ es la ganancia de la antena transmisora en la dirección θ_t, ϕ_t y $D_t(\theta_t, \phi_t)$ es la directividad de la antena transmisora en esa dirección.

Observar que $G_t(\theta_t, \phi_t)$ se puede escribir como: $G_t(\theta_t, \phi_t) = e_t \cdot D_t(\theta_t, \phi_t)$.

El área efectiva de una antena se define como:

$$A_r = e_r \cdot D_r(\theta_r, \phi_r) \cdot \left(\frac{\lambda^2}{4\pi}\right) \qquad (6.3.3)$$

Usando esta definición la potencia recibida por la antena receptora (P_r) se podrá escribir como:

$$P_r = W_t . A_r = W_t . e_r . D_r(\theta_r, \phi_r) . (\frac{\lambda^2}{4\pi}) = \tag{6.3.2}$$

$$e_t . e_r . \frac{\lambda^2 . D_t(\theta_t, \phi_t) . D_r(\theta_r, \phi_r) . P_t}{(4\pi R)^2} \tag{6.3.4}$$

De este modo se podrá expresar la relación entre la potencia recibida por la antena receptora y la potencia de entrada de la antena transmisora como:

$$\frac{P_r}{P_t} = e_t . e_r . \frac{\lambda^2 . D_t(\theta_t, \phi_t) . D_r(\theta_r, \phi_r)}{(4\pi R)^2} \tag{6.3.5}$$

En (6.3.5) se supuso que:

1) Las antenas tanto de transmisión como de recepción están perfectamente acopladas a sus respectivas líneas de transmisión o cargas (no hay en ninguno de los dos casos potencias reflejadas).

2) La polarización de la antena receptora coincide exactamente con la de la antena transmisora (el factor de pérdida de polarización al igual que el factor de eficiencia de polarización valen 1).

Si ahora quiero obtener una expresión más general para (6.3.5), que tenga en cuenta la influencia de los dos factores antes mencionados para cuando estos no tienen sus valores óptimos –desde el punto de vista de la transferencia de energía-, puedo expresar la relación $\frac{P_r}{P_t}$ como:

Relación entre la potencia recibida por el receptor ("en la carga del receptor") y la potencia de entrada a los terminales de la antena transmisora.

$$\boxed{\frac{P_r}{P_t} = e_{cdt}.e_{cdr}.(1-|\Gamma_t|^2).(1-|\Gamma_r|^2).(\frac{\lambda}{4\pi R})^2.D_t(\theta_t,\phi_t).D_r(\theta_r,\phi_r).|\hat{\rho}_t.\hat{\rho}_r|^2}$$

<u>Ecuación de transmisión de Friis.</u> (6.3.6)

Descuenta la potencia reflejada de la incidente -en la recepción-.

Descuenta la potencia reflejada de la incidente -en la transmisión-.

Γ_t y Γ_r son los coeficientes de reflexión del sistema transmisor y del sistema receptor respectivamente.

$(1-|\Gamma_t|^2)$ representa la razón de potencia que la antena transmisora puede radiar debido a los desacoples existentes en el sistema transmisor (reflexiones) y $(1-|\Gamma_r|^2)$ representa la razón de potencia que el circuito receptor puede realmente tomar debido a los desacoples existentes en el sistema receptor.

$(e_{cdt}.e_{cdr})$ estos dos factores tienen en cuenta las pérdidas de conducción y dieléctrica en transmisión y en recepción respectivamente.

$|\hat{\rho}_t.\hat{\rho}_r|^2$ este factor tiene en cuenta las pérdidas por desadaptaciones en la polarización.

$(\frac{\lambda}{4\pi R})^2$ se lo conoce como "free-space loss factor" (factor de pérdida de espacio libre).

Observar que (6.3.6) para el caso de sistemas perfectamente acoplados en impedancias y polarizaciones, que se encuentran alineados en sus direcciones de máxima ganancia, se puede expresar como:

$$\frac{P_r}{P_t} = \left(\frac{\lambda}{4\pi R}\right)^2 . G_{0t} . G_{0r}$$

Ganancia en la dirección de máxima ganancia.
$\left(G_{0t} = e_t . D_{0t}\right)$ análogo para G_{0r}.

RESUMEN:

$$\frac{P_r}{P_t} = e_{cdt} . e_{cdr} . (1 - |\Gamma_t|^2) . (1 - |\Gamma_r|^2) . \left(\frac{\lambda}{4\pi R}\right)^2 . D_t(\theta_t, \phi_t) . D_r(\theta_r, \phi_r) . |\hat{\rho}_t . \hat{\rho}_r|^2$$