ANTENNAS

الفصل الثالث/ انظمة الهوائيات

Chapter Three/ Antenna Systems

The Radar (radio detection and ranging) الرادار (3-3)

يعتبر الرادار من اهم انظمة الهوائيات ذات التطبيقات والاستخدامات الواسعة سواء كانت منها المدنية او العسكرية .

هناك مصطلحان شائعا الاستخدام مع القياسات الرادرية يمكن من خلالها تصنيف الرادار وهما:

1- Monostatic Radar (الرادار الاحادي): يعزى هذا المصطلح الى القياسات التي يكون فيها الرادار والهدف في نفس الزاوية (اي زاوية البث والاستلام واحدة) كما في الشكل (3-5)

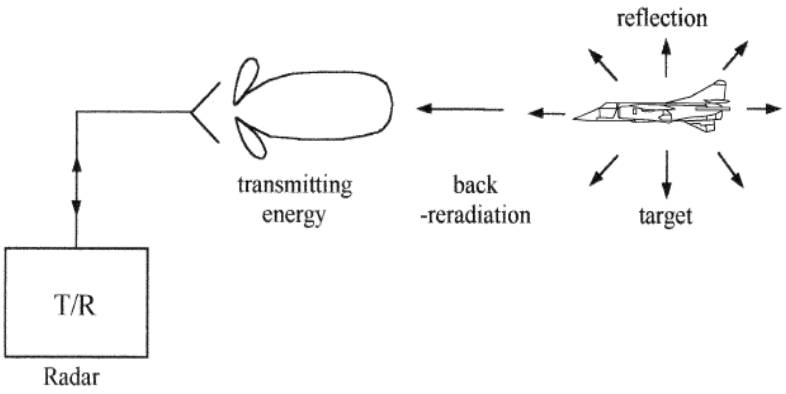

FIGURE 3.5 Radar and back-radiation: T=R is a transmitting and receiving module.

2- Bistatic radar (الرادار الثنائي): يعزى هذا المصطلح الى القياسات التي يكون فيها مرسلة ومستلمة الرادار بزاوية مختلفة.

RADAR EQUATION معادلة الرادار (3-3-1)

معادلة الرادار تعطي المدى بدلالة خصائص المرسل، المستقبل، الهوائي، الهدف، والبيئة. ولاستخراج القانون الاساسي للرادار (radar equation) نفرض ان رادارا يرسل موجات من نقطة (T) كما في الشكل (3-6)

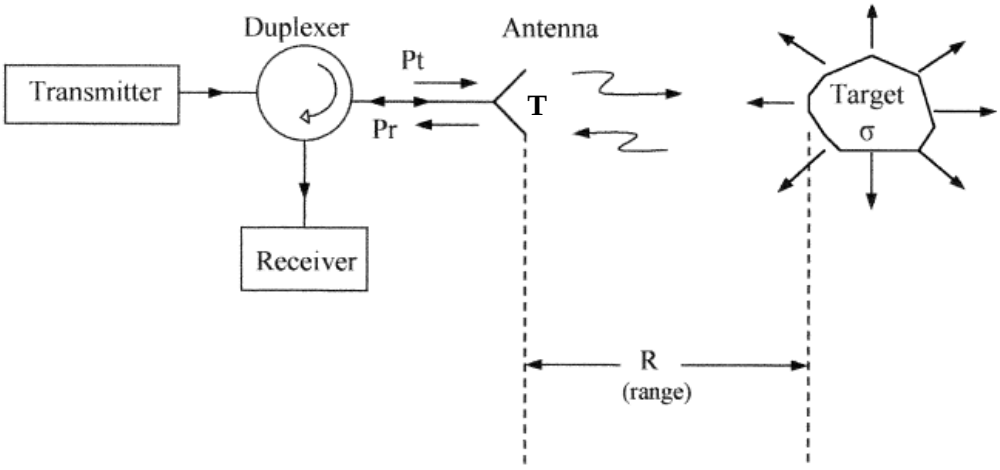

FIGURE 3.6 Basic radar system.

اذا كان تحصيل الهوائي المرسل G_t والقدرة المرسلة P_t فان كثافة القدرة P_d عند هدف معين يقع على مسافة R هي:

$$P_d = \frac{P_t G_t}{4\pi R^2} \qquad (3\text{-}14)$$

ان مقياس كمية الطاقة المعترضة والساقطة على الهدف واعادتها باتجاه الرادار تعرف بمساحة المقطع الراداري σ (m^2) وتعرف بالعلاقة التالية:

σ = power backscattered to radar / power density at target

وعليه تكون القدرة المنعكسة = $P_d\,\sigma$

$$P_d = \frac{P_t G_t}{4\pi R^2}\sigma \quad \text{watt} \qquad (3\text{-}15)$$

كثافة القدرة المنعكسة بواسطة الهدف والعائدة الى الرادار هي:

$$\acute{P}_d = \frac{P_t G_t}{4\pi R^2}\frac{\sigma}{4\pi R^2} \ \text{watt/m}^2 \qquad (3\text{-}16)$$

اذا كان تحصيل الهوائي المستلم G_r وكانت المساحة المؤثرة A_{er} حيث ان $A_{er} = \frac{G_r \lambda^2}{4\pi}$ ، فان القدرة المستلمة تساوي:

$$P_r = \acute{P}_d . A_{er}$$

$$\mathbf{P_r = \frac{P_t G_t}{4\pi R^2}\frac{\sigma}{4\pi R^2}\frac{G_r \lambda^2}{4\pi}} \qquad \mathbf{(3\text{-}17)}$$

العلاقة اعلاه تمثل القانون الاساسي للرادار لارسال واستقبال القدرة في حالة Bistatic radar .
اما في حالة Monostatic radar فان $G_t = G_r$ وعليه فان المعادلة الاخيرة تصبح

$$P_r = \frac{P_t G^2 \sigma \lambda^2}{(4\pi)^3 R^4} \qquad (3\text{-}18)$$

اذا كانت اقل اشارة قدرة متاحة هي S_{min} ، هذا يعني ان اعظم مدى متاح يكون عندما تكون الاشارة المستلمة هي $S_{i,min}$: لتكن $P_r=S_{i,min}$ (هذا يعني اقل قدرة مستلمة تساوي اقل اشارة)

$$R = R_{max} = \left(\frac{P_t G^2 \sigma \lambda_\circ^2}{(4\pi)^3 S_{i,min}}\right)^{1/4} \qquad (3\text{-}19)$$

وهذا شكل اخر لمعادلة الرادار. حيث ان :

where P_t= transmitting power (Watt)
G = antenna gain (linear ratio, unitless)
σ = radar cross section (m^2)
λ= free-space wavelength (m)
$S_{i,min}$= minimum receiving signal(Watt)
R_{max}= maximum range (m)

اعظم مدى للرادار (R_{max}): هي ابعد مسافة والتي عندها تكون الاشارة المطلوبة صغيرة جدا نسبة لنظام العمل الراداري .
$S_{i,min}$: اصغر مستوى اشارة ادخال للرادار المستلم.
* عامل الضوضاء لنظام الرادار يمكن تعريفه بالشكل التالي:

$$F = \frac{S_i/N_i}{S_\circ/N_\circ} \qquad (3\text{-}20)$$

S_i و N_i : اشارة ومستويات الضوضاء للادخال.
S_0 و N_0 : اشارة ومستويات الضوضاء للاخراج.

$$\because \; N_i = KTB$$

$$\therefore \; S_i = KTBF\frac{S_\circ}{N_\circ} \qquad (3\text{-}21)$$

K: ثابت بولتزمان = $1.38x10^{-23}$J/K
T: درجة الحرارة المطلقة , K
B: عرض حزمة النظام , H_z
F: عامل الضوضاء , بدون وحدات.

عندما $S_i=S_{i,min}$ هذا يعني ان $S_\circ/N_\circ = \left(S_\circ/N_\circ\right)_{min}$ (نسبة الاشارة المكتشفة الى الضوضاء)
اذن اقل اشارة مستلمة تعطى بالعلاقة التالية:

$$S_{i,min} = KTBF\left(\frac{S_\circ}{N_\circ}\right)_{min} \qquad (3\text{-}22)$$

بتعويض المعادلة (3-22) في المعادلة (3-19) نحصل على :

$$R_{max} = \left(\frac{P_t G^2 \sigma \lambda_o^2}{(4\pi)^3 KTBF \left(\frac{S_o}{N_o}\right)_{min}} \right)^{1/4} \qquad (3\text{-}23)$$

وهذا يعني ان المدى يعتمد على الجذر الرباعي للقدرة المرسلة.

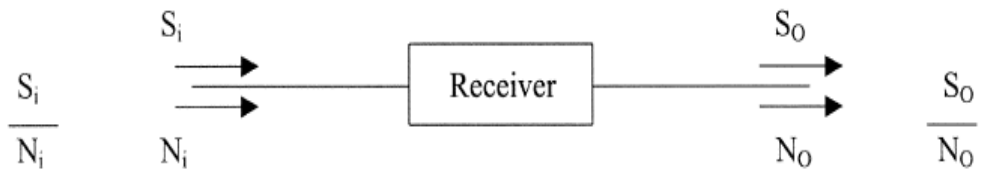

FIGURE 3.7 The SNR ratio of a receiver.

مثال / استخدم رادار نبضي بتردد 35GHz للكشف وتعقب حطام بالفضاء بقطر 1cm (مساحة المقطع الراداري = 4.4×10^{-5} m^2)، احسب اعظم مدى للرادار مستخدما المعلومات التالية:

P_t= 2000 kW(peaks) T = 290 K
G = 66 dB $(S_o/N_o)_{min}$= 10 dB
B = 250 MHz F = 5 dB

Solution/ Substitute the following values into Eq. (3-23):

P_t= 2000 kW = 2×10^6 W k = 1.38×10^{-23} J/K
G = 66 dB = 3.98×10^6 T = 290 K
B = 250 MHz = 2.5×10^8 Hz $\sigma = 4.45 \times 10^{-5}$ m^2
F = 5 dB = 3.16 $\lambda_0 = C / f_0$= 0.00857 m
$(S_o = N_o)_{min}$= 10 dB = 10

Hint: (66dB= $10^{66/10}$=3.98×10^6)

Then we have

$$R_{max} = \left(\frac{P_t G^2 \sigma \lambda_o^2}{(4\pi)^3 KTBF \left(\frac{S_o}{N_o}\right)_{min}} \right)^{1/4}$$

$$= \left(\frac{2 \times 10^6 \text{ W} \times (3.98 \times 10^6)^2 \times 4.45 \times 10^{-5} m^2 \times (0.00857 \text{ m})^2}{(4\pi)^3 \times 1.38 \times 10^{-23} \frac{J}{K} \times 290 \text{ K} \times 2.5 \times 10^8 \text{ /sec} \times 3.16 \times 10} \right)^{1/4}$$

= m

H.W/ احسب اقل قيمة للقدرة المرسلة لاشارة رادار لكي تكشف هدف مساحته $10\ m^2$ واقع على مسافة 120Km اذا علمت ان التردد المستعمل هو 34GHz وحساسية المستقبل $P_r=10^{-13.5}$ watt او $-105\ dB=$ ، وتحصيل الهوائي 34dB ، و قيمة عامل الضوضاء لنظام الرادار تساوي 10.