ANTENNAS

الفصل الثالث/ انظمة الهوائيات

Chapter Three/ Antenna Systems

Introduction مقدمة (3-1)

دراسة الهوائيات واسعة جدا ولايمكن حصرها حيث تحتاج الى توسع كبير لتغطيتها على نحو كاف. فالهوائي هو عنصر اساسي في اي نظام لاسلكي كما مبين في الشكل (3-1) حيث تنتقل اشارة المايكروويف لمساحة حرة في الفضاء عن طريق هوائي الارسال ويستقبل جزء صغير منها عن طريق هوائي الاستقبال، بعد ذلك يتم تضخيم الاشارة ومعالجتها لاسترداد المعلومات.

FIGURE 3.1 Typical wireless system.

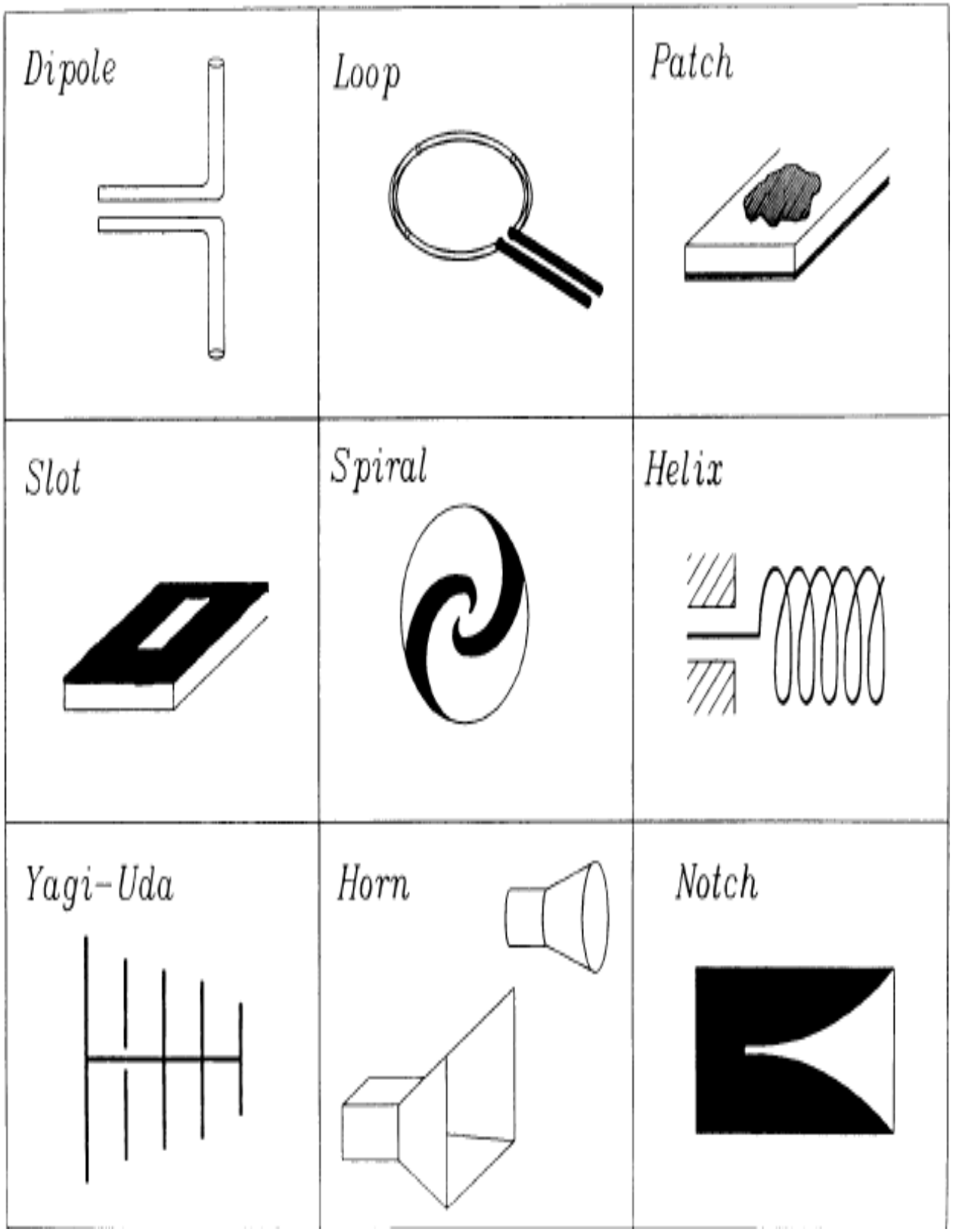
توجد انواع عديدة من الهوائيات . ولتصنيف هذه توجد طرق عديدة اهمها:

1. Shapes or geometries: الشكل او التركيب الهندسي
a. Wire antennas: dipole, loop, helix هوائيات السلك : ثنائي القطب ، الحلقي ، الحلزوني
b. Aperture antennas: horn, slot هوائيات الفتحة : القمعي، الشق
c. Printed antennas: patch, printed dipole, spiral هوائيات الطبع: رقعة، ثنائي القطب المطبوع

2. Gain: التحصيل
a. High gain: dish تحصيل عالي: الطبق
b. Medium gain: horn تحصيل متوسط: القمع
c. Low gain: dipole, loop, slot, patch تحصيل منخفض: ثنائي قطب، حلقة ، شق، رقعة

3. Beam shapes: اشكال الحزمة (شكل الشعاع)
a. Omnidirectional: dipole غير موجه للطاقة: ثنائي القطب
b. Pencil beam: dish حزمة قلمية: الطبق
c. Fan beam: array حزمة مروحية: التجمع

4. Bandwidth: عرض النطاق الترددي
a. Wide band: log, spiral, helix نطاق عريض:حلزوني ،حلزون
b. Narrow band: patch, slot نطاق ضيق: رقعة ، شق



شكل 2-3 بعض اشكال الهوائيات

(3-2) المصدر النقطي المشع والموجات المستوية ISOTROPIC RADIATOR AND PLANE WAVES

المشع المتناظر هو هوائي افتراضي ولا يمكن ان يكون حقيقيا في الحالة العملية.

مميزات هذا الهوائي انه يبث القدرة بصورة متساوية وفي جميع الاتجاهات، وعليه فان هيكل اشعاعه في جميع المستويات يكون على شكل كرة.

اذا كان المصدر يرسل قدرة P_t ، فان كثافة القدرة P_d على مسافة R من المصدر والمنتشرة خلال سطح كروي S عند نقطة Q الموضحة بالشكل (3-3) تحسب بالعلاقة التالية:

$$P_d = \frac{P_t}{4\pi R^2} \quad \text{watt/m}^2 \qquad (3\text{-}1)$$

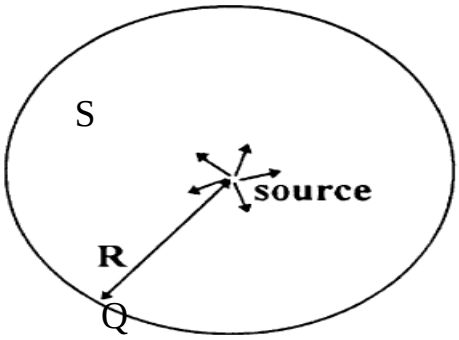


FIGURE 3.3 Isotropic radiator.

عندما تكون المسافة R كبيرة فان الموجة ممكن ان تقرب بواسطة موجة مستوية منتظمة.

المجالات الكهربائي E والمغناطيسي H للموجات المستوية في الفراغ يمكن ايجادها بحل معادلة هيلم هولتز Helmholts equation

$$\nabla^2 \bar{E} + k_\circ^2 \bar{E} = 0 \qquad (3\text{-}2)$$

$$k_\circ = 2\pi/\lambda$$

$k_\circ$: ثابت الانتشار في الفراغ.

$\lambda_\circ$: الطول الموجي في الفراغ

حل المعادلة (3-2) هو

$$\bar{E} = \bar{E}_\circ e^{-j\bar{k}_\circ \cdot \bar{r}} \qquad (3\text{-}3)$$

المجال المغناطيسي يمكن ايجاده من المجال الكهربائي باستعمال معادلات ماكسويل

$$\bar{H} = -\frac{1}{j\omega\mu_o}\nabla \times \bar{E} = \sqrt{\frac{\epsilon_\circ}{\mu_\circ}}\,\hat{n} \times \bar{E} \qquad (3\text{-}4)$$

ϵ_o و μ_o تمثلان نفاذية وسماحية الفراغ على التوالي. $\hat{n}$ متجه الوحدة باتجاه انتشار الموجة.

ممانعة الفضاء المميزة ممكن ان تحسب بواسطة المجالين E و H

$$Z_\circ = \frac{E}{H} = \sqrt{\frac{\mu_\circ}{\epsilon_\circ}} = 120\pi \; or \; 377\Omega \qquad (3\text{-}5)$$

المعدل الزمني لكثافة القرة P_d يمكن التعبير عنه باستخدام نظرية بوينتنك (كثافة القدرة تعود الى الطاقة المخزونة في المجالين الكهربائي والمغناطيسي) كما يلي:

$$P_d = \left|\frac{1}{2}\bar{E}\times\bar{H}^*\right| = \frac{1}{2}\frac{E^2}{Z_\circ} \quad \text{watt/m}^2 \qquad (3\text{-}6)$$

H^* : المرافق العقدي للمجال المغناطيسي.

من مساواة المعادلة (3-1) مع (3-6) نحصل على المجال الكهربائي على مسافة R من المصدر النقطي.

$$E = \frac{\sqrt{60\,P_t}}{R} = \sqrt{2}E_{rms} \qquad (3\text{-}7)$$

يمكن اعتبار المصدر النقطي بانه هوائي مرجع قياسي تحصيله G=1 ، فاذا وضع هوائي آخر تحصيله G في نفس نقطة المصدر فان

$$E = \frac{\sqrt{60G\,P_t}}{R} \qquad (3\text{-}8)$$

(3-2-1) منطقة المجال البعيد FAR-FIELD REGION

في الحالة الاعتيادية نفرض ان الهوائي يعمل في منطقة المجال البعيد، حيث ان الموجة تكون موجة مستوية منتظمة. لاشتقاق مقياس مسافة المجال البعيد R ، نفرض البعد الاكبر للهوائي هو D كما موضح بالشكل (3-4).

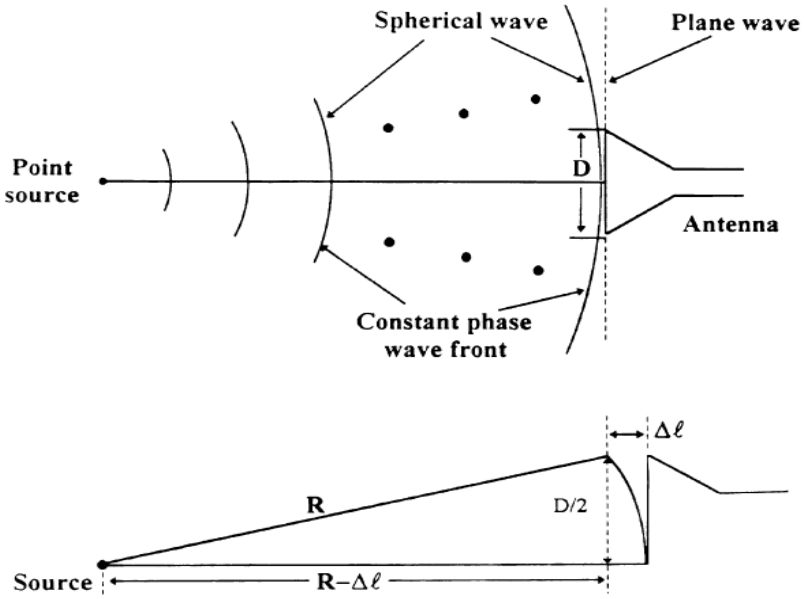


FIGURE 3.4 Configuration used for calculation of far-field region criterion.

$$R^2 = (R - \Delta\ell)^2 + (\frac{1}{2}D)^2 \qquad (3\text{-}9)$$

$$= R^2 - 2R\Delta\ell + (\Delta\ell)^2 + (\frac{1}{2}D)^2$$

عندما $R >> \Delta\ell$

$$\Longrightarrow 2R\Delta\ell \approx (\frac{1}{2}D)^2 \qquad (3\text{-}10)$$

لذلك

$$R = \frac{D^2}{8\Delta\ell} \qquad (3\text{-}11)$$

اذا اعتبرنا $\Delta\ell = \frac{1}{16}\lambda_o$ ،اي ان نسبة الخطا في الطور 22.5^0 ، نحصل على

$$R_{far-field} = \frac{2D^2}{\lambda_\circ} \qquad (3\text{-}12)$$

λ_0 هو الطول الموجي في الفراغ.

اذن شرط المجال البعيد يعطى بالعلاقة التالية:

$$R \geq \frac{2D^2}{\lambda_\circ} \qquad (3\text{-}13)$$