

## التوصية ITU-R P.525-2\*

## حساب التوهين في الفضاء الحر

(1994-1982-1978)

إن جمعية الاتصالات الراديوية للاتحاد الدولي للاتصالات،

إذ تضع في الاعتبار

أ) أن الانتشار في الفضاء الحر هو مرجع أساسي في هندسة الاتصالات الراديوية،

توصي

1 باستخدام الطرائق المذكورة في الملحق 1 لحساب التوهين في الفضاء الحر.

## الملحق 1

## 1 مقدمة

حيث إن الانتشار في الفضاء الحر يستخدم في كثير من الأحوال كمرجع في نصوص أخرى، فقد أعد هذا الملحق لتقديم الصيغ ذات العلاقة.

## 2 الصيغ الأساسية لوصلات الاتصالات

من الممكن حساب الانتشار في الفضاء الحر بطريقتين مختلفتين، تلائم كل منهما نمطاً من الخدمات.

## 1.2 الوصلات من نقطة إلى منطقة

إذا استُخدم مرسل لخدمة عدد من أجهزة الاستقبال الموزعة عشوائياً (إذاعة وخدمة متنقلة) فإنه من الممكن حساب المجال عند نقطة على مسافة مناسبة من المرسل باستخدام التعبير التالي:

$$(1) \quad e = \frac{\sqrt{30p}}{d}$$

حيث:

$e$ : جذر متوسط التربيع لشدة المجال (V/m) (انظر الملاحظة 1)

$p$ : القدرة المشعة المكافئة المتناحية للمرسل في اتجاه النقطة المذكورة (W) (انظر الملاحظة 2)

$d$ : المسافة من المرسل إلى النقطة المذكورة (m).

\* أدخلت لجنة الدراسات 3 لقطاع الاتصالات الراديوية في عام 2000 تعديلات صياغية على هذه التوصية وفقاً للقرار ITU-R 44.

وغالباً ما يستعاض عن المعادلة (1) بالمعادلة (2) التي تستخدم وحدات عملية:

$$(2) \quad e_{\text{mV/m}} = 173 \frac{\sqrt{PkW}}{d_{\text{km}}}$$

ويمكن الحصول على القوة المحركة للموجية للهوائيات التي تعمل في ظروف الانتشار في الفضاء الحر بضرب  $e$  في  $d$  في المعادلة (1)، وتكون وحدتها بالفولط.

الملاحظة 1 - إذا كان استقطاب الموجة إهليلجياً، وليس خطياً، وإذا كانت مركبتا المجال الكهربائي على المحورين المتعامدين هما  $e_x$  و  $e_y$  فإنه ينبغي الاستعاضة عن الطرف الأيسر من المعادلة (1) بالمقدار  $\sqrt{e_x^2 + e_y^2}$ . ويمكن استنتاج قيمتي  $e_x$  و  $e_y$  فقط إذا عرفت النسبة المحورية. وفي حالة الاستقطاب الدائري ينبغي أن تحل  $e\sqrt{2}$  محل  $e$ .

الملاحظة 2 - في حالة الهوائيات المثبتة عند مستوى سطح الأرض والتي تعمل عند ترددات منخفضة نسبياً وباستقطاب رأسي، فإن الإشعاع يؤخذ في الاعتبار بصورة عامة في النصف العلوي فقط. وينبغي أخذ ذلك في الحسبان عند تحديد قيمة القدرة المشعة المكافئة المتناحية (انظر التوصية ITU-R P.368).

## 2.2 الوصلات من نقطة إلى نقطة

في الوصلات من نقطة إلى نقطة يفضل حساب التوهين في الفضاء الحر بين هوائيين متناحيين ويسمى هذا التوهين كذلك بالخسارة الأساسية للإرسال في الفضاء الحر (الرمزان:  $L_{bf}$  أو  $A_0$ ) كما يلي:

$$(3) \quad L_{bf} = 20 \log \left( \frac{4\pi d}{\lambda} \right) \quad \text{dB}$$

حيث:

$L_{bf}$ : الخسارة الأساسية للإرسال في الفضاء الحر (dB)

$d$ : المسافة

$\lambda$ : طول الموجة

ويعبر عن  $d$  و  $\lambda$  بنفس الوحدة.

ويمكن كتابة المعادلة (3) كذلك باستخدام التردد بدلاً من طول الموجة.

$$(4) \quad L_{bf} = 32,4 + 20 \log f + 20 \log d \quad \text{dB}$$

حيث:

$f$ : التردد (MHz)

$d$ : المسافة (km).

## 3.2 العلاقات بين خصائص موجة مستوية

توجد بعض العلاقات بين خصائص الموجة المستوية (أو الموجة التي يمكن معالجتها على أنها موجة مستوية) عند

نقطة ما:

$$(5) \quad s = \frac{e^2}{120 \pi} = \frac{4\pi p_r}{\lambda^2}$$

حيث:

- $s$ : كثافة تدفق القدرة ( $W/m^2$ )  
 $e$ : جذر متوسط تربيع شدة المجال ( $V/m$ )  
 $p_r$ : القدرة ( $W$ ) التي يمكن التقاطها باستخدام هوائي متناحٍ في تلك النقطة  
 $\lambda$ : طول الموجة (m).

### 3 الخسارة الأساسية للإرسال في الفضاء الحر لنظام راداري (الرمزان $L_{br}$ أو $A_{0r}$ )

تمثل أنظمة الرادار حالة خاصة، حيث إن الإشارة تتعرض للخسارة أولاً أثناء انتشارها من المرسل نحو الهدف وثانياً من الهدف نحو المستقبل. وبالنسبة للرادارات التي تستخدم هوائياً مشتركاً للمرسل والمستقبل، يمكن تحديد الخسارة الأساسية للإرسال في الفضاء الحر لنظام راداري  $L_{br}$ ، على النحو التالي:

$$(6) \quad L_{br} = 103,4 + 20 \log f + 40 \log d - 10 \log \sigma \quad \text{dB}$$

حيث:

- $\sigma$ : المقطع القائم لهدف الرادار ( $m^2$ )  
 $d$ : المسافة من الرادار إلى الهدف (km)  
 $f$ : تردد النظام (MHz).

ويعرف المقطع المستعرض لهدف الرادار لجسم ما بأنه نسبة القدرة المتناثرة المكافئة المتناحية إلى كثافة القدرة الواردة.

### 4 صيغ التحويل

يمكن استعمال صيغ التحويل التالية على أساس الانتشار في الفضاء الحر.  
شدة المجال لقدرة متناحية مرسل معينة:

$$(7) \quad E = P_t - 20 \log d + 74,8$$

القدرة المتناحية المستقبلية لشدة مجال معينة:

$$(8) \quad P_r = E - 20 \log f - 167,2$$

الخسارة الأساسية للإرسال في الفضاء الحر لقدرة متناحية ولشدة مجال معينة:

$$(9) \quad L_{br} = P_t - E + 20 \log f + 167,2$$

كثافة تدفق القدرة لشدة مجال معينة:

$$(10) \quad S = E - 145,8$$

حيث:

$P_t$ : القدرة المتناحية المرسل (dB(W))

$P_r$ : القدرة المتناحية المستقبلية (dB(W))

$E$ : شدة المجال الكهربائي (dB( $\mu$ V/m))

$f$ : التردد (GHz)

$d$ : طول المسير الراديوي (km)

$L_{bf}$ : خسارة أساسية للإرسال في الفضاء الحر (dB)

$S$ : كثافة تدفق القدرة (dB(W/m<sup>2</sup>)).

تجدر الملاحظة بأنه يمكن استعمال المعادلتين (7) و(9) لاستخلاص المعادلة (4).

---