الاتحاد الدولي للاتصالات

ITU-R

قطاع الاتصالات الراديوية في الاتحاد الدولي للاتصالات

ITU-R P.1816-1 التوصيـــة

(2012/02)

التنبؤ بالخواص الزمنية والمكانية للخدمات المتنقلة البرية عريضة النطاق التي تستعمل نطاقات ترددات الموجات الديسيمترية (UHF) والموجات السنتيمترية (SHF)

السلسلة P

انتشار الموجات الراديوية

الاتحاد الدولي للاتصالات ITU

تمهيـــد

يضطلع قطاع الاتصالات الراديوية بدور يتمثل في تأمين الترشيد والإنصاف والفعالية والاقتصاد في استعمال طيف الترددات الراديوية في جميع خدمات الاتصالات الراديوية، بما فيها الخدمات الساتلية، وإجراء دراسات دون تحديد لمدى الترددات، تكون أساساً لإعداد التوصيات واعتمادها.

ويؤدي قطاع الاتصالات الراديوية وظائفه التنظيمية والسياساتية من خلال المؤتمرات العالمية والإقليمية للاتصالات الراديوية وجمعيات الاتصالات الراديوية بمساعدة لجان الدراسات.

سياسة قطاع الاتصالات الراديوية بشأن حقوق الملكية الفكرية (IPR)

يرد وصف للسياسة التي يتبعها قطاع الاتصالات الراديوية فيما يتعلق بحقوق الملكية الفكرية في سياسة البراءات المشتركة بين قطاع تقييس الاتصالات وقطاع الاتصالات الراديوية والمنظمة الدولية للتوحيد القياسي واللجنة الكهرتقنية الدولية (ITU-T/ITU-R/ISO/IEC) والمشار إليها في الملحق 1 بالقرار ITU-R 1. وترد الاستمارات التي ينبغي لحاملي البراءات استعمالها لتقديم بيان عن البراءات أو للتصريح عن منح رخص في الموقع الإلكتروني http://www.itu.int/ITU-R/go/patents/en حيث يمكن أيضاً الاطلاع على المبادئ التوجيهية الخاصة بتطبيق سياسة البراءات المشتركة وعلى قاعدة بيانات قطاع الاتصالات الراديوية التي تتضمن معلومات عن البراءات.

سلاسل توصيات قطاع الاتصالات الراديوية

(يمكن الاطلاع عليها أيضاً في الموقع الإلكتروني http://www.itu.int/publ/R-REC/en)

السلسلة	العنـــوان
BO	البث الساتلي
BR	التسجيل من أجل الإنتاج والأرشفة والعرض؛ الأفلام التلفزيونية
BS	الخدمة الإذاعية (الصوتية)
BT	الخدمة الإذاعية (التلفزيونية)
F	الخدمة الثابتة
M	الخدمة المتنقلة وخدمة التحديد الراديوي للموقع وخدمة الهواة والخدمات الساتلية ذات الصلة
P	انتشار الموجات الراديوية
RA	علم الفلك الراديوي
RS	أنظمة الاستشعار عن بعد
S	الخدمة الثابتة الساتلية
SA	التطبيقات الفضائية والأرصاد الجوية
SF	تقاسم الترددات والتنسيق بين أنظمة الخدمة الثابتة الساتلية والخدمة الثابتة
SM	إدارة الطيف
SNG	التجميع الساتلي للأخبار
TF	إرسالات الترددات المعيارية وإشارات التوقيت
V	المفردات والمواضيع ذات الصلة

ملاحظة: *تمت الموافقة على النسخة الإنكليزية لهذه التوصية الصادرة عن قطاع الاتصالات الراديوية بموجب الإجراء الموضح في القرار ITU-R 1.*

النشر الإلكتروني
جنيف، 2012

© ITU 2012
جميع حقوق النشر محفوظة. لا يمكن استنساخ أي جزء من هذه المنشورة بأي شكل كان ولا بأي وسيلة إلا بإذن خطي من الاتحاد الدولي للاتصالات (ITU).

التوصيـــة ITU-R P.1816-1

التنبؤ بالخواص الزمنية والمكانية للخدمات المتنقلة البرية عريضة النطاق التي تستعمل نطاقات ترددات الموجات الديسيمترية (UHF) والموجات السنتيمترية (SHF)

(المسألة ITU-R 211/3)

(2012-2007)

مجال التطبيق

الغرض من هذه التوصية هو تقديم إرشادات بشأن التنبؤ بالخواص الزمنية والمكانية للخدمات المتنقلة البرية عريضة النطاق باستعمال مدى الترددات من 0,7 GHz إلى 9 GHz لمسافات تتراوح بين 0,5 km و3 km بالنسبة للبيئات خارج خط البصر (NLOS) وبين 0,05 km و3 km لبيئات خط البصر (LoS)، في البيئة الحضرية وبيئة ضواحي المدن على حد سواء.

إن جمعية الاتصالات الراديوية للاتحاد الدولي للاتصالات،

إذ تضع في اعتبارها

أ) أن من الضروري تقديم إرشادات إلى المهندسين المكلّفين بتخطيط الخدمات المتنقلة عريضة النطاق في نطاقات الترددات UHF وSHF؛

ب) أن الخواص الزمنية–المكانية قد تكون هامة في تقييم تأثير الانتشار متعدد المسيرات؛

ج) أن أفضل نمذجة للخواص الزمنية–المكانية تتمثل في دراسة شروط الانتشار من مثل ارتفاع البنايات وارتفاع الهوائي، والمسافة بين محطة القاعدة والمحطة المتنقلة وعرض نطاق المستقبل؛

وإذ تلاحظ

أ) أن طرائق التوصية ITU-R P.1546 موصى بها للتنبؤ بشدة المجال، من نقطة إلى منقطة، من أجل الخدمات الإذاعية والمتنقلة البرية والبحرية وبعض الخدمات الثابتة في مدى الترددات من 30 MHz إلى 3 000 MHz وفي مدى المسافات التي تتراوح بين 1 km و1 000 km؛

ب) أن طرائق التوصية ITU-R P.1411 موصى بها لتقييم خصائص الانتشار لأنظمة الخلاء ذات المدى القصير (إلى حد 1 km) في مدى الترددات بين 300 MHz و100 GHz؛

ج) أن طرائق التوصية ITU-R P.1411 مُوصى بها لتقدير الشكل المتوسط لخواص التأخير بالنسبة لحالة خط البصر LoS في بيئة حضرية ذات أبنية شاهقة الارتفاع من أجل خلايا صغرية وخلايا متناهية الصغر؛

د) أن طرائق التوصية ITU-R P.1407 موصى بها لتحديد المصطلحات المرتبطة بتعدد المسيرات ولحساب تمديد التأخير والتمديد الزاوي للورود باستعمال خواص التأخير وخواص زاوية الورود على التوالي؛

هـ) أن طرائق التوصية ITU-R M.1225 موصى بها لتقييم أداء نظام الاتصالات المتنقلة الدولية لعام 2000 (IMT-2000) المتأثر بالانتشار متعدد المسيرات،

توصـــي

1 وجوب استعمال مضمون الملحق 1 لتقييم خواص التأخير في الغلاف والقدرة في الأجل الطويل بالنسبة للخدمات المتنقلة عريضة النطاق التي تستعمل نطاقات الموجات الديسيمترية UHF والسنتيمترية SHF في المناطق الحضرية ومناطق ضواحي المدن؛

2 استعمال مضمون الملحق 2 لتقييم خواص القدرة طويلة الأجل تبعاً لزاوية الورود عند المحطة القاعدة (BS) من أجل الخدمات المتنقلة عريضة النطاق التي تستخدم نطاقات الموجات الديسيمترية (UHF) والسنتيمترية (SHF) في المناطق الحضرية وفي ضواحي المدن.

3 استعمال مضمون الملحق 3 لتقييم خواص القدرة طويلة الأجل تبعاً لزاوية الورود عند المحطة المتنقلة (MS) من أجل الخدمات المتنقلة عريضة النطاق التي تستخدم نطاقات الموجات الديسمترية (UHF) والسنتيمترية (SHF) في المناطق الحضرية وفي ضواحي المدن.

الملحق 1

1 مقدمة

تُبيّن التوصية ITU-R P.1407 أهمية خواص التأخير كما يلي.

تُعتبر خصائص الانتشار عبر مسيرات متعددة عاملاً رئيسياً في التحكم في نوعية الاتصالات المتنقلة الرقمية. وتشمل خصائص الانتشار عبر مسيرات متعددة مادياً عدد المسيرات المتعددة واتساعها واختلاف طول المسير (التأخير) وزاوية الورود. ويمكن تحديد هذه الخصائص بدالة نقل مسير الانتشار (خصائص الاتساع - التردد) وعرض نطاق الترابط.

كما ذُكر فإن خواص التأخير هي معلمة أساسية لتقييم خصائص تعدد المسيرات. وحالما تُنمذج المواصفة، يمكن اشتقاق معلمات تعدد المسيرات من قبيل تمديد التأخير وعرض نطاق ترابط التردد من الخواص.

وتؤثر معلمات الانتشار المتعلقة ببيئة المسير على شكل الخواص التي تتكون من موجات متعددة لها اتساعات مختلفة وأوقات تأخير مختلفة. ومن المعروف أن الموجات المتأخرة كثيراً لها اتساع منخفض نظراً للمسير الطويل الذي تجتازه. ويمكن تقريب متوسط خواص التأخير (خواص التأخير على الأجل الطويل) كدالة أُسية أو دالة قدرة كما هو مبين في أعمال سابقة.

ويتوقف عدد وفترة الموجات الواردة في خواص أي تأخير على عرض نطاق المستقبل لأن استبانة الزمن محدودة بعرض نطاق تردد المستقبِل. ولتقدير خواص التأخير، ينبغي أخذ حد عرض نطاق التردد في الاعتبار. ويرتبط هذا الحد ارتباطاً وثيقاً بالطريقة المستعملة في تقسيم القدرة المستقبلة إلى موجات متعددة.

وتُعرَّف خواص التأخير التي تتألف من مسيرات منفصلة بأنها خواص تأخير المسير من أجل أخذ عرض نطاق التردد أو استبانة المسير في الاعتبار.

وتُعرَّف في التوصية ITU-R P.1407 مجموعات مختلفة لخواص التأخير وطرائق معالجتها كما هو موضح في الشكل 1.

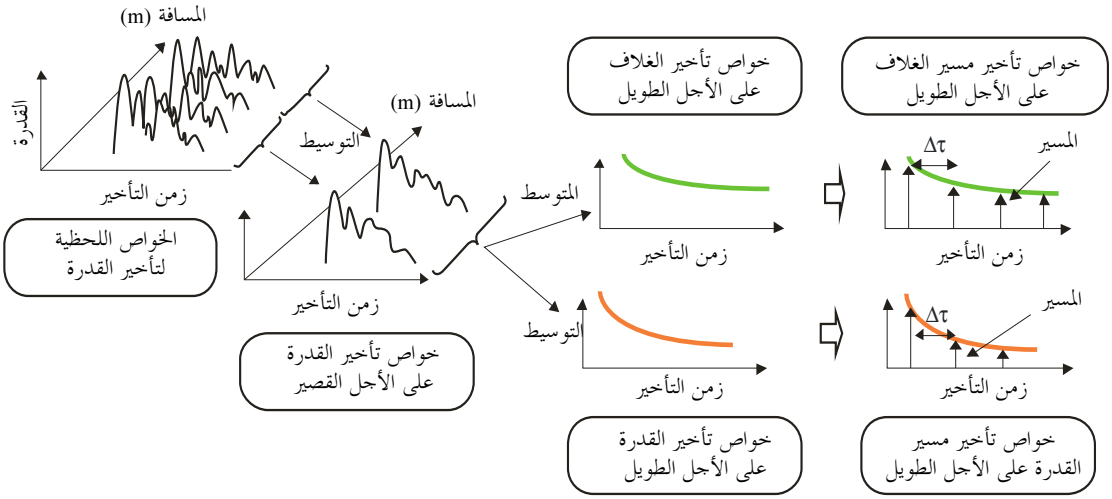
والخواص اللحظية لتأخير القدرة هي كثافة القدرة للاستجابة النبضية في لحظة معينة عند نقطة معينة ويتم الحصول على خواص تأخير القدرة قصيرة الأجل بأخذ متوسط القيم المكانية لخواص تأخير القدرة اللحظية على امتداد بضع عشرات من أطوال الموجات لكبت تغاير الخبو السريع؛ ويتم الحصول على خواص تأخير القدرة طويل الأجل من خلال أخذ متوسط القيم المكانية لخواص تأخير القدرة قصير الأجل عند نفس المسافة تقريباً من المحطة القاعدة (BS) من أجل كبت التغايرات الناجمة عن الحجب أيضاً.

وبشأن خواص التأخير المسير طويل الأجل، يمكن تعريف مجموعتي خواص مختلفتين، أولاهما هي خواص تأخير الغلاف وتستند إلى القيمة المتوسطة لكل مواصفة تأخير، وهي تعبّر عن شكل الخواص في المنطقة قيد الاعتبار كما يبيّن في الشكل 1. ومجموعة الخواص الأخرى هي خواص تأخير القدرة القائم على القيمة المتوسطة للقدرة لكل مجموعة من مجموعتي خواص التأخير.

وعلاوةً على ذلك، وفيما يتعلق بمجموعتي خواص التأخير للغلاف والقدرة، فإن مجموعات خواص تأخير المسير التي تتألف من مسيرات مختلفة تحدد أيضاً للحصول على التغاير في عدد المسيرات حسب استبانة المسير والتي تعتمد على عرض نطاق التردد.

الشـــكل 1

خواص التأخير



2 المعلمات

τ: الزيادة في زمن التأخير، (µs)

i: زمن التأخير الزائد المقيّس باستبانة الزمن $1/B$ وi = 0، 1، 2، --- (هنا i = 0 يعني مسير الورود الأول دون زمن تأخير زائد وi = k يعني زمن تأخير زائد قدره k/B (µs))

$<H>$: متوسط ارتفاع المبنى (m)، 5-50 m: ارتفاع فوق سوية أرضية المحطة المتنقلة

h_b : ارتفاع هوائي المحطة القاعدة (m)، 20-150 m: ارتفاع فوق سوية أرضية المحطة المتنقلة

d: المسافة من المحطة القاعدة (km)، 0,5-3 km للبيئات خارج خط البصر (NLOS) و0,05-3 km للبيئات على خط البصر (LoS))

W: عرض الشارع (5-50 m)، (m)

B: معدل النبضات (Mcps)، (0,5-50 Mcps) (يمكن تحديد عرض النطاق المشغول من معدل النبضات B ومرشاح النطاق الأساسي المستعمل)

f: تردد الموجة الحاملة (GHz) ، 0,7-9 GHz

$<R>$: معامل انعكاس القدرة المتوسط للجدران الجانبية للمبنى (<1)

γ: مقدار ثابت (db) (−16 dB - −12 dB)

ΔL: فارق السوية بين قدرة الذروة على المسير وقدرة القطع (dB).

3 خواص التأخير على الأجل الطويل للبيئات خارج خط البصر في المناطق الحضرية وضواحي المدن

1.3 خواص تأخير الغلاف المقيّس بقدرة مسير الورود الأول

تقدم خواص تأخير مسير الغلاف $PDP_{NLOS,env}(i,d)$ المقسومة على استبانة الزمن $1/B$ بقدرة مسير الورود الأول على مسافة d كما يلي:

$$PDP_{NLOS,env}(i,d) = 10^{PDP_{dB}(i,d)/10} \tag{1}$$

حيث:

$$PDP_{dB}(i,d) = -\left\{19{,}1+9{,}68\log\left(h_b / <H>\right)\right\} B^{\{-0{,}36+0{,}12\log(h_b/<H>)\}} d^{\{-0{,}38+0{,}21\log(B)\}} \log(1+i) \text{ dB} \tag{2}$$

وتقدم خواص تأخير الغلاف $PDP_{NLOS,env}(\tau,d)$ بزيادة مستمرة في زمن التأخير والمقيسة بقدرة مسير الورود الأول على مسافة d كالتالي:

$$PDP_{NLOS,env}(\tau,d) = PDP_{NLOS,env}(B\tau,d) \tag{3}$$

وتستخدم العلاقة $(\tau = i/B \Rightarrow i = B\tau)$ عند اشتقاق المعادلة (3)

2.3 خواص تأخير القدرة المقيسة بقدرة مسير الورود الأول

تقدم خواص تأخير القدرة $PDP_{NLOS,pow}(i,d)$ المقسومة على استبانة الزمن $1/B$ والمقيسة بقدرة مسير الورود الأول على مسافة d كما يلي:

$$PDP_{NLOS,pow}(i,d) = c(i)\cdot 10^{PDP_{dB}(i,d)/10} \tag{4}$$

حيث:

$$c(i) = \begin{cases} 1 & (i=0) \\ \min\left(0.63, \left\{0.59\mathrm{e}^{-0.0172B} + (0.0172+0.0004B) < H > \right\} \mathrm{e}^{-\{(0.077-0.00096B)-(0.0014-0.000018B)<H>\}i}\right) & (i \geq 1) \end{cases} \tag{5}$$

وهنا، فإن دالة $\min(x,y)$ تنتقي الحد الأدنى لقيمة x وy.

وتقدم خواص تأخير القدرة $PDP_{NLOS,pow}(\tau,d)$ بزيادة مستمرة في زمن التأخير والمقيسة بقدرة مسير الورود الأول على مسافة d كما يلي:

$$PDP_{NLOS,pow}(\tau,d) = PDP_{NLOS,pow}(B\tau,d) \tag{6}$$

3.3 أمثلة

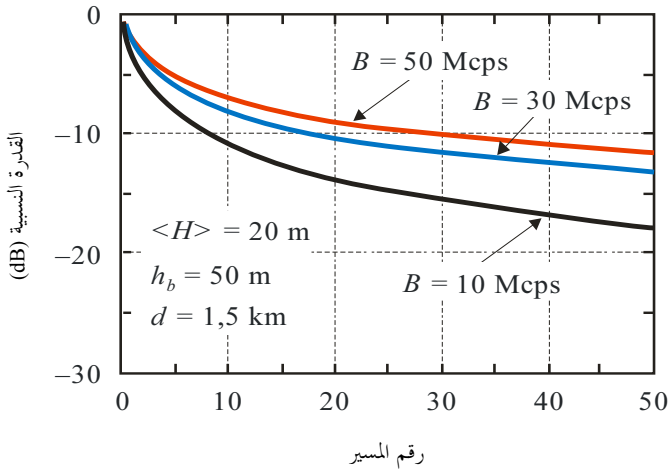
1.3.3 خواص تأخير الغلاف المقيسة بقدرة مسير الورود الأول

عندما يكون ارتفاع هوائي المحطة القاعدة، h_b، والمسافة من المحطة القاعدة، d، ومتوسط ارتفاع المباني $<H>$ تساوي 50 m و1,5 km و20 m، على التوالي، تكون خواص تأخير مسير الغلاف $PDP_{NLOS,env}(i,d)$ على النحو المبين في الشكل 2، حيث المعلمة هي معدل النبضات، B.

وعندما يبلغ ارتفاع هوائي المحطة القاعدة h_b، والمسافة من المحطة القاعدة d، ومعدل النبضات B: 50 m و1,5 km و10 Mcps على التوالي، فإن خواص تأخير مسير الغلاف $PDP_{NLOS,env}(\tau,d)$ تكون على النحو المبين في الشكل 3، وتكون المعلمة هي متوسط ارتفاع المباني $<H>$.

الشـــكل 2

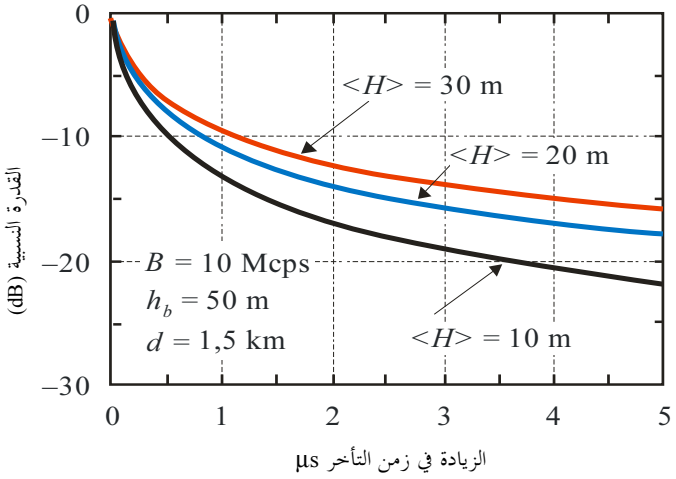
خواص تأخير الغلاف $PDP_{NLOS,env}(i,d)$ للبيئات خارج خط البصر



P.1816-02

الشـــكل 3

خواص تأخر الغلاف $PDP_{NLOS,env}(i,d)$ للبيئات خارج خط البصر



P.1816-03

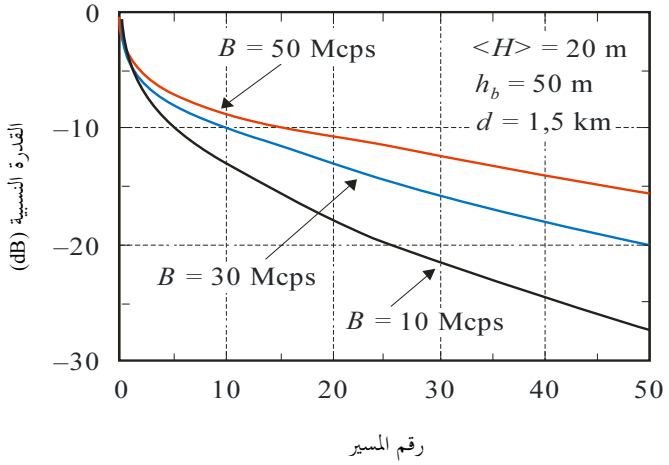
2.3.3 خواص تأخير القدرة المقيسة بقدرة مسير الورود الأول

عندما يبلغ ارتفاع هوائي المحطة القاعدة h_b، والمسافة من المحطة القاعدة d، ومتوسط ارتفاع المباني $\langle H \rangle$: 50 m و1,5 km و20 m، على التوالي، تكون خواص تأخر مسير القدرة $PDP_{NLOS,pow}(i,d)$ على النحو المبين في الشكل 4، حيث المعلمة هي معدل النبضات.

وعندما يبلغ ارتفاع هوائي المحطة القاعدة h_b، والمسافة من المحطة القاعدة d، ومعدل النبضات B: 50 m و1,5 km و10 Mcps على التوالي، فإن خواص تأخر القدرة $PDP_{NLOS,pow}(\tau,d)$ تكون على النحو المبين في الشكل 5، حيث المعلمة هي متوسط ارتفاع المباني $\langle H \rangle$.

الشـــكل 4

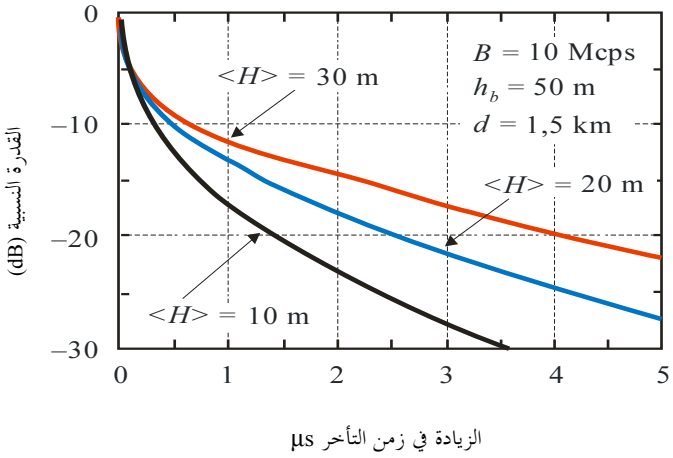
خواص تأخر مسير القدرة، $PDP_{NLOS,pow}(i,d)$ للبيئات خارج خط البصر



P.1816-04

الشـــكل 5

خواص تأخر القدرة $PDP_{NLOS,pow}(\tau,d)$ للبيئات خارج خط البصر



P.1816-05

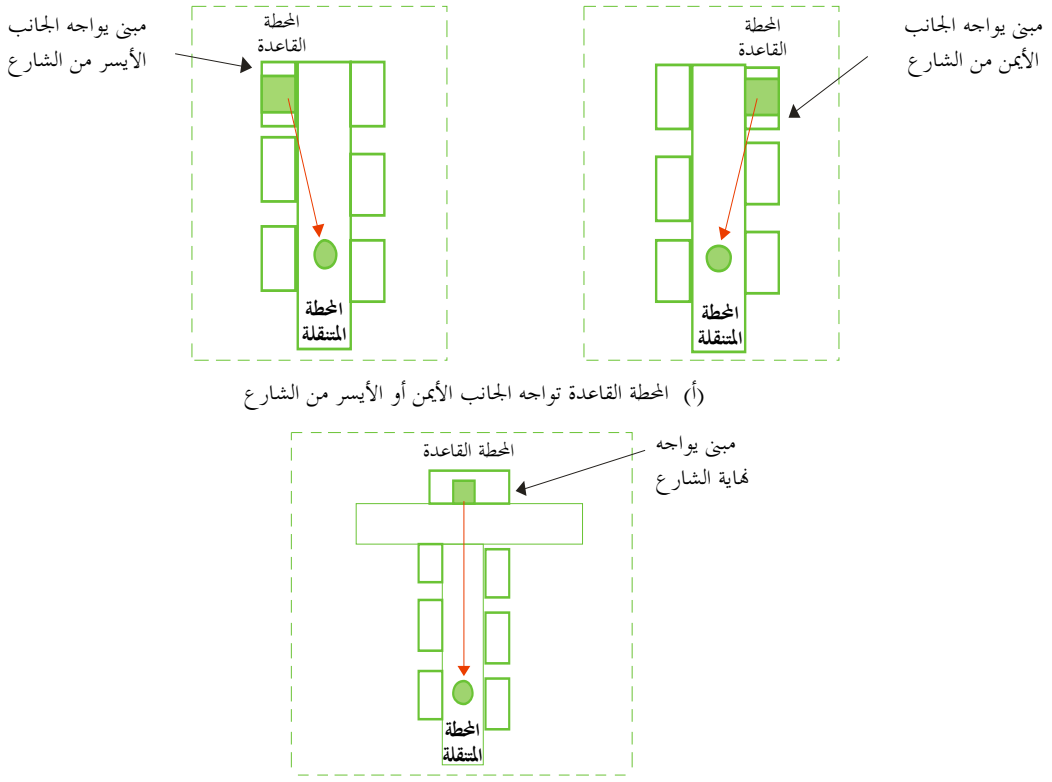
4 خواص التأخر على المدى الطويل لبيئات خط البصر في المناطق الحضرية وضواحي المدن

1.4 بيئات خط البصر قيد البحث

يعرض الشكل 6 بيئات خط البصر قيد البحث. ففي الشكل 6(أ) توضع المحطة القاعدة على قمة المبنى في وسط الشارع، بحيث يمكن للمحطة القاعدة أن تلاحظ المحطة المتنقلة مباشرة. وفي الشكل 6(ب)، توضع المحطة القاعدة عند مركز سطح المبنى تقريباً الذي يواجه نهاية الشارع وتوضع المحطة المتنقلة في وسط الشارع.

الشـــكل 6

بيانات خط البصر قيد البحث



(أ) المحطة القاعدة تواجه الجانب الأيمن أو الأيسر من الشارع

(ب) المحطة القاعدة تواجه الجانب الأيمن أو الأيسر من الشارع

2.4 خواص التأخّر للغلاف مقيسة بقدرة مسير الورود الأول

تقدم خواص تأخر الغلاف $PDP_{LoS,env}(\tau, d)$ المقيسة بقدرة مسير الورود الأول على مسافة d كما يلي:

أ) المحطة القاعدة تواجه الجانب الأيمن أو الأيسر من الشارع

$$PDP_{LoS,env}(\tau,d) = \langle R \rangle \left(\frac{\sqrt{1+8(1000d)\cdot(300\tau)/W^2}-1}{2} \right) + \gamma \cdot PDP_{NLOS,env}(\tau,d) \quad (1\text{-}7)$$

ب) المحطة القاعدة تواجه نهاية الشارع

$$PDP_{LoS,env}(\tau,d) = \langle R \rangle^{\sqrt{2(1000d)\cdot(300\tau)/W^2}} \cdot \left(2 - e^{-5\cdot 2(1000d)\cdot(300\tau)/W^2}\right) + \gamma \cdot PDP_{NLOS,env}(\tau,d)$$

$$\approx \langle R \rangle \left(\frac{\sqrt{1+8(1000d)\cdot(300\tau)/W^2}-1}{2} \right) + \gamma \cdot PDP_{NLOS,env}(\tau,d) \quad (2\text{-}7)$$

والخواص $PDP_{NLOS,env}(\tau,d)$ هنا هي خواص تأخر الغلاف للبيئات خارج خط البصر المعطاة في المعادلة (3) مقيسة بقدرة مسير الورود الأول على مسافة d. وγ مقدار ثابت يساوي من −12 dB إلى −16 dB طبقاً لبنية المدينة. و$\langle R \rangle$ هو معامل انعكاس القدرة المتوسطة للجدار الجانبي للمبنى ويساوي قيمة ثابتة تتراوح من 0,1 إلى 0,5.

ويُوصى بأن تكون قيمتا γ و$\langle R \rangle$، −15 dB و0,3 (−5 dB)، على التوالي بالنسبة للمناطق الحضرية التي يزيد فيها متوسط ارتفاع المباني $\langle H \rangle$ عن 20 m.

3.4 خواص تأخر القدرة مقيسة بقدرة مسير الورود الأول

تقدم خواص تأخر القدرة $PDP_{LoS,env}(\tau,d)$ المقيسة على مسير الورود الأول على مسافة d كما يلي:

أ) المحطة القاعدة تواجه الجانب الأيسر أو الأيمن من الشارع

$$PDP_{LoS,pow}(\tau,d) = \langle R \rangle^{\left(\frac{\sqrt{1+8(1000d)\cdot(300\tau)/W^2}-1}{2}\right)} + \gamma \cdot PDP_{NLOS,pow}(\tau,d) \tag{1-8}$$

ب) المحطة القاعدة تواجه نهاية الشارع

$$PDP_{LoS,pow}(\tau,d) = \langle R \rangle^{\sqrt{2(1000d)\cdot(300\tau)/W^2}} \cdot \left(2 - e^{-5\cdot 2(1000d)\cdot(300\tau)/W^2}\right) + \gamma \cdot PDP_{NLOS,pow}(\tau,d)$$

$$\approx \langle R \rangle^{\left(\frac{\sqrt{1+8(1000d)\cdot(300\tau)/W^2}-1}{2}\right)} + \gamma \cdot PDP_{NLOS,pow}(\tau,d) \tag{2-8}$$

والخواص $PDP_{NLOS,pow}(\tau,d)$ هنا عبارة عن خواص تأخر القدرة للبيئات خارج خط البصر المعطاة في المعادلة (6) مقيسة بقدرة مسير الورود الأول على مسافة d، وγ عبارة عن مقدار ثابت يتراوح بين −12 dB و−16 dB طبقاً لبنية المدينة، و$\langle R \rangle$ هي معامل انعكاس القدرة المتوسطة للجدار الجانبي للمبنى.

ويُوصى بأن تكون قيمتا γ و$\langle R \rangle$ كالتالي، −15 dB و0,3 (−5 dB) على التوالي في المناطق الحضرية التي يزيد فيها الارتفاع المتوسط للمباني $\langle H \rangle$ عن 20 m.

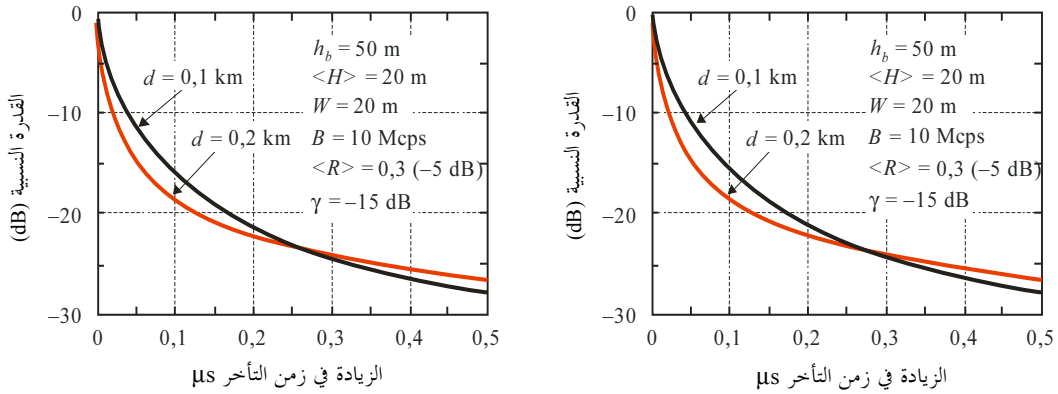
4.4 أمثلة

1.4.4 خواص تأخر الغلاف مقيسة بقدرة مسير الورود الأول

عندما يكون ارتفاع هوائي المحطة القاعدة h_b ومتوسط ارتفاع المباني $\langle H \rangle$ ومعدل النبضات B والمقداران γ و$\langle R \rangle$ كالتالي: 50 m و20 m و10 Mcps و−15 dB و0,3 (−5 dB)، على التوالي، فإن خواص تأخر الغلاف، $PDP_{LoS,env}(\tau,d)$ تكون كما هو مبين في الشكل 7، حيث المعلمة المتغيرة هي المسافة من المحطة القاعدة d.

الشـــكل 7

خواص تأخر الغلاف $PDP_{LoS,env}(\tau,d)$ ، لبيئات خط البصر



(أ) المحطة القاعدة تواجه الجانب الأيسر أو الأيمن من الشارع

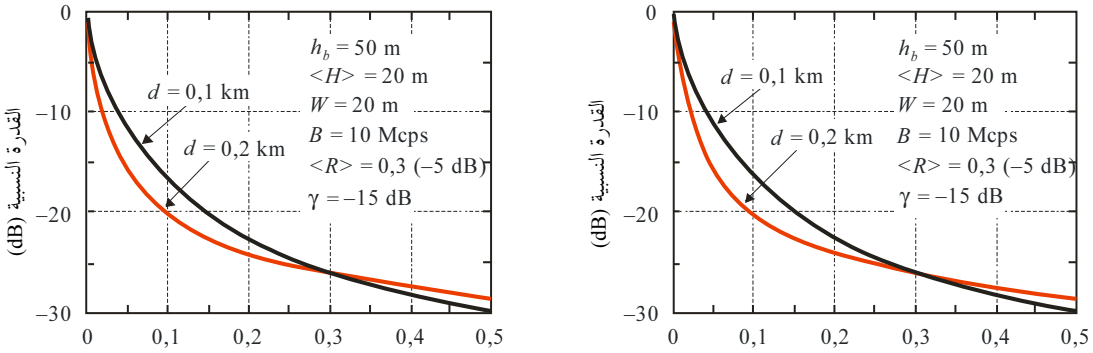
(ب) المحطة القاعدة تواجه نهاية الشارع

2.4.4 خواص تأخر القدرة مقيسة بقدرة مسير الورود الأول

عندما يكون ارتفاع هوائي المحطة القاعدة h_b ومتوسط ارتفاع المباني $\langle H \rangle$ ومعدل النبضات B والمقداران γ و$\langle R \rangle$ كالتالي: 50 m و20 m و10 Mcps و–15 dB و0,3 (–5 dB)، على التوالي، تكون خواص تأخر القدرة، $PDP_{LoS,pow}(\tau,d)$ ، على النحو المبيّن في الشكل 8.

الشـــكل 8

خواص تأخر القدرة، $PDP_{LoS,pow}(\tau,d)$ في بيئات خط البصر



(أ) المحطة القاعدة تواجه الجانب الأيسر
أو الأيمن من الشارع

(ب) المحطة القاعدة تواجه نهاية الشارع

الملحق 2

1 مقدمة

تُبيّن التوصية ITU-R P.1407 أهمية الخواص الزاوية للورود كما يلي.

تُعتبر خصائص الانتشار على مسيرات متعددة عاملاً رئيسياً في التحكم في نوعية الاتصالات المتنقلة الرقمية. وتشمل خصائص الانتشار عبر مسيرات متعددة مادياً عدد المسيرات المتعددة والاتساع واختلاف طول المسير (المتأخر) وزاوية الورود. ويمكن تحديد هذه الخصائص بدالة نقل مسير الانتشار (خصائص الاتساع–التردد) وعرض نطاق الترابط.

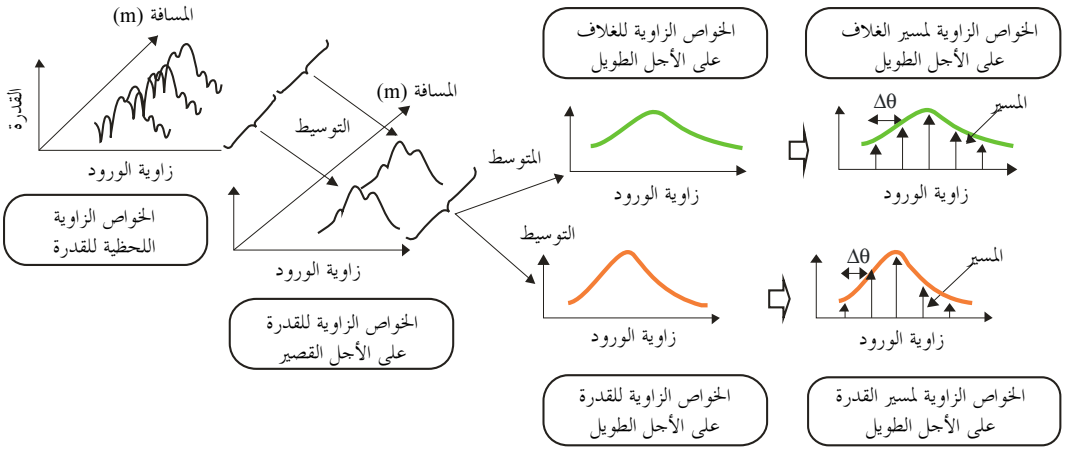
وكما ذُكر، فإن الخواص الزاوية للورود هي معلمة أساسية لتقييم خصائص المسيرات المتعددة. وحالما تُنمذج الخواص، يمكن اشتقاق معلمات تعدد المسيرات، من قبيل التمديد الزاوي للورود ومسافة الترابط المكاني، من الخواص.

وتؤثر معلمات الانتشار المتعلقة ببيئة المسير في شكل الخواص التي تتشكل بموجات متعددة لها اتساعات مختلفة وزوايا ورود مختلفة. ومن المعروف أن الموجات ذات زوايا الورود الكبيرة ذات مستوى اتساع منخفض نظراً للمسير الطويل الذي تجتازه. وتُقرَّب خواص الورود الزاوي المتوسطة (الخواص الزاوية للورود على الأجل الطويل)، في أعمال سابقة، كدالة غوسية أو دالة لابلاسية، (أُسيّة على الجانبين).

وتُعرَّف في التوصية ITU-R P.1407 خواص زاوية مختلفة للورود وطرائق معالجتها – وحسب هذه التوصية، تكون الخواص الزاوية للورود عند المحطة القاعدة على النحو المبين في الشكل 9 – والخواص الزاوية اللحظية لورود القدرة عبارة عن كثافة قدرة الاستجابة النبضية لزاوية الورود في لحظة معينة وعند نقطة معينة ويتحصّل على الخواص الزاوية لورود القدرة على الأجل القصير بأخذ القيمة المكانية المتوسطة للخواص الزاوية لورود القدرة اللحظية عبر بضع عشرات من أطوال الموجات من أجل كبت التغايرات الناجمة عن الخبو السريع؛ ويتم الحصول على الخواص الزاوية لورود القدرة على الأجل الطويل بأخذ القيم المكانية المتوسطة للخواص الزاويّة لورود القدرة على الأجل القصير عند نفس المسافة تقريباً من المحطة القاعدة من أجل كبت التغاير الناجم عن الحجب.

الشـــكل 9

الخواص الزاويّة للورود



P.1816-09

2 المعلمات

h_b : ارتفاع هوائي المحطة القاعدة (20-150 m: الارتفاع فوق المستوى الأرضي للمحطة المتنقلة) (m)

$\langle H \rangle$: متوسط ارتفاع المباني (5-50 m: الارتفاع فوق المستوى الأرضي للمحطة المتنقلة) (m)

d : المسافة من المحطة القاعدة (0,5-3 km للبيئات خارج خط البصر و0,05-3 m لبيئات خط البصر) (km)

W : عرض الشارع (5-50 m) (m)

B : معدل النبضات (0,5-50 Mcps) (Mcps)

(يمكن حساب عرض النطاق المشغول من معدل النبضات B ومرشاح النطاق الأساسي المطبّق)

f : تردد الموجة الحاملة (0,7-9 GHz) (GHz)

$<R>$: معامل انعكاس القدرة المتوسطة للجدار الجانبي للمبنى (<1)

γ : مقدار ثابت (من 16– dB إلى 12– dB) (dB)

ΔL : فارق السوية بين قدرة مسير الذروة وقدرة القطع (dB).

3 الخواص الزاوية للورود على الأجل الطويل عند المحطة القاعدة في بيئة خارج خط البصر في المناطق الحضرية وضواحي المدن

1.3 الخواص الزاوية للورود عند المحطة القاعدة مقيسة بالقدرة القصوى للمسير

يتحصل على الخواص الزاوية لورود القدرة عند المحطة القاعدة، $AOD_{NLOS,pow}(\Delta\theta, d)$ ، المقيسة بالقدرة القصوى للمسير على مسافة d كالتالي:

$$AOD_{NLOS,pow}(\Delta\theta, d) = \left(1 + \frac{|\Delta\theta|}{a(d)}\right)^{-\beta(d)} \tag{9}$$

حيث:

$$a(d) = -0{,}2d + 2{,}1\left\{\left(\frac{\langle H \rangle}{h_b}\right)^{0{,}23}\right\}$$
$$\beta(d) = \left(-0{,}015\langle H \rangle + 0{,}63\right)d - 0{,}16 + 0{,}76\log(h_b) \tag{10}$$

وتمثل زاوية الورود القصوى عند المحطة القاعدة، a_M، (بالدرجات) كالتالي:

$$a_M = -\varsigma \cdot d + \eta \tag{11}$$

حيث ς وη مقداران ثابتان ويمثلان بدلالة ارتفاع المحطة القاعدة، h_b، ومتوسط ارتفاع المباني $<H>$، ومستوى العتبة ΔL (dB) كالتالي:

$$\varsigma = \begin{cases} \left(-7{,}67 + 0{,}98\Delta L\right) \cdot \exp\left(\frac{\langle H \rangle}{h_b} \cdot \left(2{,}66 - 0{,}18\Delta L\right)\right) & \left(\Delta L \le 15\right) \\ 7 & \left(\Delta L > 15\right) \end{cases}$$
$$\eta = \left(-35{,}8 + 41{,}1\log(\Delta L)\right) \cdot \exp\left(\frac{\langle H \rangle}{h_b} \cdot \left(1{,}76 - 0{,}034\Delta L\right)\right) \tag{12}$$

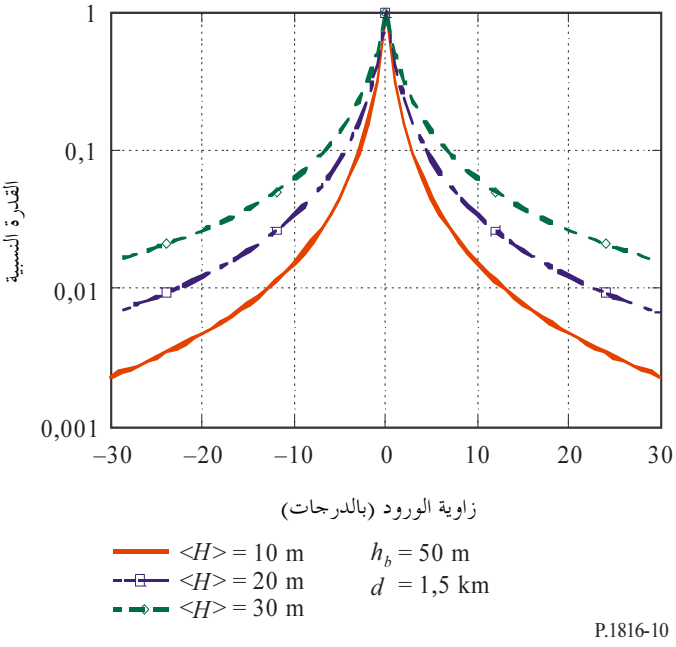
وحسب الدراسات التجريبية، تطبق المعادلة (9) على ترددات الموجات الحاملة التي تتراوح بين 0,7 و9 GHz.

2.3 أمثلة

عندما يكون ارتفاع هوائي المحطة القاعدة، h_b، والمسافة من المحطة القاعدة، d، 50 m و1,5 km، على التوالي، فإن الخواص الزاوية لورود القدرة، $AOD_{NLOS,pow}(\Delta\theta, d)$ للبيئات خارج خط البصر تكون على النحو المبين في الشكل 10، حيث تكون المعلمة المتغيرة هنا، متوسط ارتفاع المباني، $\langle H \rangle$.

الشـــكل 10

الخواص الزاويّة للورود عند المحطة القاعدة للبيئات خارج خط البصر



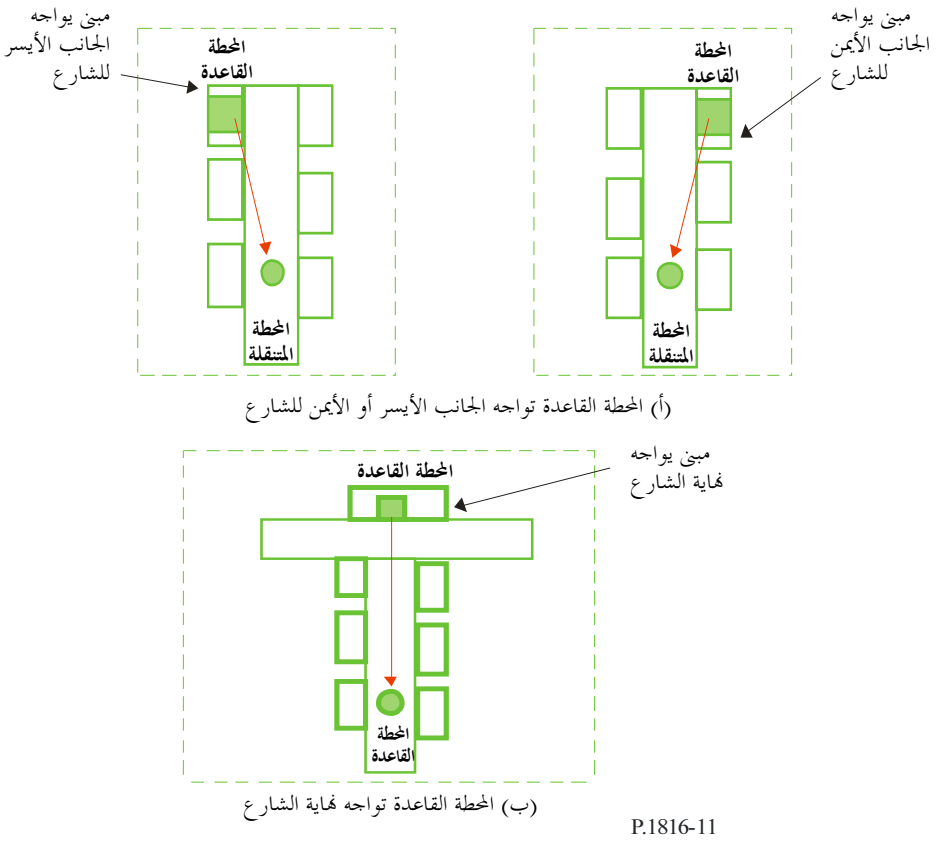
4 الخواص الزاوية للورود على الأجل الطويل عند المحطة القاعدة لبيئات خط البصر في المناطق الحضرية وضواحي المدن

1.4 بيئات خط البصر قيد البحث

يعرض الشكل 11 بيئات خط البصر قيد البحث. ففي الشكل 11(أ)، توضع المحطة القاعدة على قمة مبنى يواجه الجانب الأيسر أو الأيمن للشارع فيما توضع المحطة المتنقلة في وسط الشارع؛ ويكون للمحطة القاعدة خط بصر مباشر مع المحطة المتنقلة. وفي الشكل 11(ب)، توضع المحطة القاعدة بشكل تقريبي في مركز سطح مبنى يواجه نهاية الشارع، فيما توضع المحطة المتنقلة في وسط الشارع.

الشـــكل 11

بيئات خط البصر قيد البحث



2.4 الخواص الزاوية للورود عند المحطة القاعدة مقيسة بالقدرة القصوى للمسير

يتحصّل على الخواص الزاوية لورود القدرة عند المحطة القاعدة، $AOD_{LoS,pow}(\Delta\theta, d)$ ، المقيسة بالقدرة القصوى للمسير على مسافة d كما يلي:

أ) المحطة القاعدة تواجه الجانب الأيسر أو الأيمن للشارع

'1' المحطة القاعدة تواجه الجانب الأيمن للشارع كما هو مبين في الشكل 11(أ)

$$AOD_{LoS,pow}(\Delta\theta, d) = \begin{cases} \gamma \cdot AOD_{NLOS,pow}(\Delta\theta, d) & (\Delta\theta \geq 0) \\ \langle R \rangle^{1000d|\Delta\theta|\pi/180W} + \gamma \cdot AOD_{NLOS,pow}(\Delta\theta, d) & (\Delta\theta < 0) \end{cases} \quad (1\text{-}13)$$

'2' المحطة القاعدة تواجه الجانب الأيسر للشارع كما هو مبين في الشكل 11(أ)

$$AOD_{LoS,pow}(\Delta\theta, d) = \begin{cases} \langle R \rangle^{1000d|\Delta\theta|\pi/180W} + \gamma \cdot AOD_{NLOS,pow}(\Delta\theta, d) & (\Delta\theta \geq 0) \\ \gamma \cdot AOD_{NLOS,pow}(\Delta\theta, d) & (\Delta\theta < 0) \end{cases} \quad (2\text{-}13)$$

ب) المحطة القاعدة تواجه نهاية الشارع

$$AOD_{LoS,pow}(\Delta\theta, d) = \langle R \rangle^{1000d|\Delta\theta|\cdot\pi/(180W)} + \gamma \cdot AOD_{NLOS,pow}(\Delta\theta, d) \quad (3\text{-}13)$$

وتكون الخواص $AOD_{NLOS,pow}(\Delta\theta, d)$ هنا، هي الخواص الزاوية للورود عند المحطة القاعدة لبيئات خارج خط البصر، المتحصّل عليها من المعادلة (9) مقيسة بالقدرة القصوى للمسير على مسافة d والمقدار γ هو مقدار ثابت يتراوح بين −12 dB و−16 dB حسب بنية المدينة، و$<R>$ هو معامل انعكاس القدرة المتوسطة من الجدار الجانبي للمبنى وهو قيمة ثابتة تتراوح بين 0,1 و0,5. ويلاحظ أن المعادلتين (13-1) و(13-2) متماثلتين بشكل كبير بالنسبة لزاوية الورود عند المحطة القاعدة.

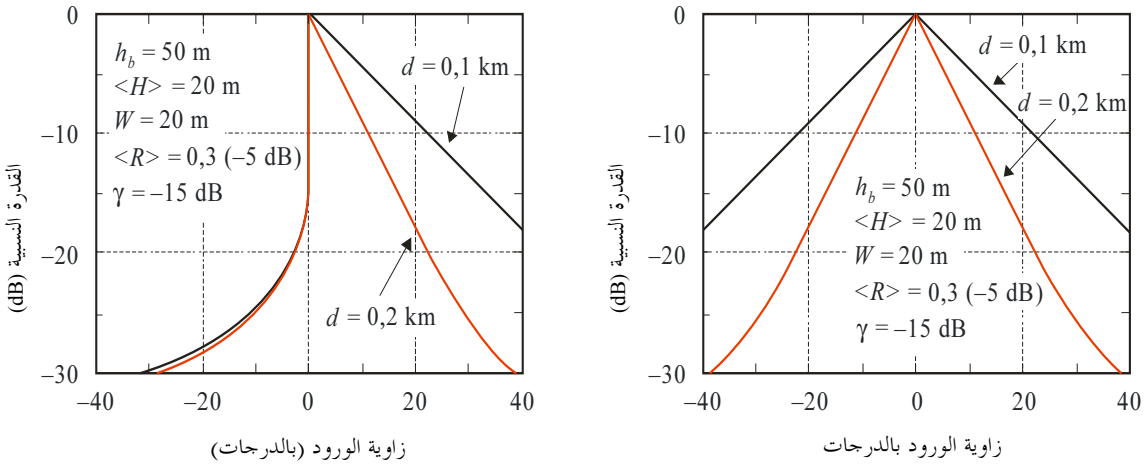
ويُوصى بأن تكون قيمتا γ و$<R>$ −15 dB و0,3 (−5 dB)، على التوالي في المناطق الحضرية التي يزيد فيها متوسط ارتفاع المباني $<H>$ عن 20 m.

3.4 أمثلة

عندما يكون ارتفاع هوائي المحطة القاعدة، h_b، ومتوسط ارتفاع المباني، $<H>$ وعرض الشارع، W، كالتالي، 50 m و30 m و20 m، على التوالي، وتكون قيمتا $<R>$ وγ كالتالي: 0,3 (−5 dB) و −15 dB على التوالي، فإن الخواص الزاوية لورود القدرة عند المحطة القاعدة، $AOD_{LoS,pow}(\Delta\theta, d)$ في الحالة الممثلة في الشكل 11 لبيئات خط البصر على النحو المبين في الشكل 12، حيث المعلمة المتغيرة هنا هي المسافة من المحطة القاعدة، d.

الشـــكل 12

الخواص الزاويّة للورود $AOD_{LoS,pow}(\Delta\theta, d)$ ، لبيئات خط البصر



P.1816-12

(أ) المحطة القاعدة تواجه الجانب الأيسر أو الأيمن للشارع

(ب) المحطة القاعدة تواجه نهاية الشارع

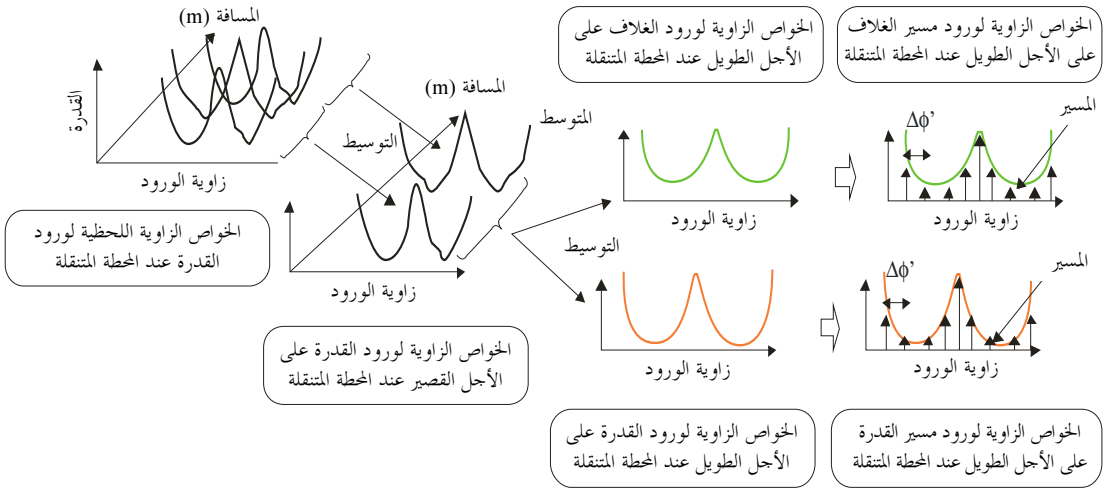
الملحق 3

1 مقدمة

تُعرّف الخواص الزاوية للورود عند المحطة المتنقلة كما هو مبين في الشكل 13 بالرجوع إلى التوصية ITU-R P.1407. والخواص الزاوية اللحظية لورود القدرة عبارة عن كثافة قدرة الاستجابة النبضية فيما يتعلق بزاوية الورود عند لحظة معينة وعند نقطة معينة. ويتحصّل على الخواص الزاوية لورود القدرة على الأجل القصير من التوسيط المكاني للخواص الزاوية اللحظية لورود القدرة عبر عدة عشرات من أطوال الموجة من أجل كبت التغايرات الناجمة عن الخبوّ السريع؛ فيما يتحصّل على الخواص الزاوية لورود القدرة على الأجل الطويل من التوسيط المكاني لهذه الخواص على الأجل القصير على نفس المسافة من المحطة القاعدة تقريباً وذلك لكبت التغايرات الناجمة عن الحجب.

الشـــكل 13

الخواص الزاوية للورود عند المحطة المتنقلة



P.1816-13

2 المعلمات

h_b : ارتفاع هوائي المحطة القاعدة (20-150 m: الارتفاع فوق المستوى الأرضي للمحطة المتنقلة)، (m)

$\langle H \rangle$: متوسط ارتفاع المباني (5-50 m: الارتفاع فوق المستوى الأرضي للمحطة المتنقلة)، (m)

d : المسافة من المحطة القاعدة (0,5-3 km) للبيئات خارج خط البصر، (km)

W : عرض الشارع (5-50 m)، (m)

B : معدل النبضات (0,5-50 Mcps)، (Mcps)

(يمكن حساب عرض النطاق المشغول من معدل النبضات B ومرشاح النطاق الأساسي المطبّق)

f : تردد الموجة الحاملة (0,7-9 GHz)، (GHz)

h_s : متوسط ارتفاع المباني عبر الطريق (4-30 m)، (m)

ϕ' : زاوية الورود (−180-180 درجة: زاوية الورود عندما تضبط زاوية الطريق على الدرجة صفر)، (بالدرجات)

3 الخواص الزاوية للورود على المدى الطويل عند المحطة المتنقلة في المناطق الحضرية وضواحي المدن

1.3 الخواص الزاوية للورود عند المحطة القاعدة

يُتحصّل على الخواص الزاوية لورود القدرة عند المحطة القاعدة، $AOA_{pow}(\phi')$ ، كالتالي:

$$AOA_{pow}(\phi') = \frac{1}{\sqrt{\cos\left(\phi' \cdot \frac{\pi}{180}\right)^2 + sen\left(\phi' \cdot \frac{\pi}{180}\right)^2 / \eta^2}} \tag{14}$$

حيث:

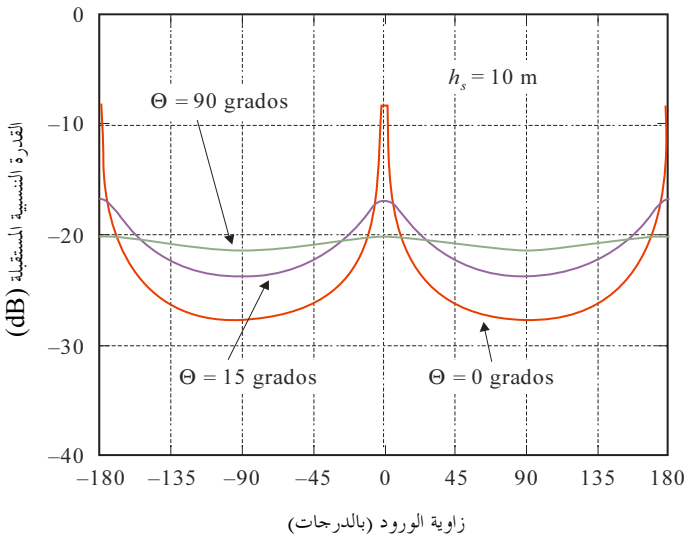
$$\eta = Min\left(1, \left[2{,}6 / h_s^{0.5} \cdot \{1 - \exp(-0{,}03 \cdot \Theta)\} + 0{,}05\right]^{1{,}5}\right) \tag{15}$$

2.3 أمثلة

عندما يكون متوسط ارتفاع المباني عبر الطريق، h_s، 10 m، فإن الخواص الزاوية لورود القدرة عند المحطة المتنقلة، $AOA_{pow}(\phi')$ ، تكون كما هو مبين في الشكل 14، حيث المعلمة المتغيرة هنا هي زاوية الطريق، Θ.

الشـــكل 14

الخواص الزاوية للورود عند المحطة المتنقلة



P.1816-14