

التوصية ITU-R BT.1832*

الإذاعة الفيديوية الرقمية للأرض بقناة العودة (DVB-RCT)

سيناريوهات الانتشار واعتبارات التخطيط

(المسألة 16/6 ITU-R)

(2007)

مجال التطبيق

توضح هذه التوصية بعض سيناريوهات الانتشار والاعتبارات التي تساعد المنظمين الذين سيضطلعون بمهمة توزيع الطيف لأغراض مسيرات العودة التفاعلية التي تستخدم نظام الإذاعة الفيديوية الرقمية للأرض بقناة العودة (DVB-RCT).

إن جمعية الاتصالات الراديوية للاتحاد الدولي للاتصالات،

إذ تضع في اعتبارها

(أ) أن النظام DVB-RCT هو نظام اتصالات صُمم ليعمل مع نظام الإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض (DVB-T) من أجل تزويده بمسير عودة وبمقدرات تطبيقات تفاعلية؛

(ب) أن التوصيتين ITU-R BT.1306-1 و ITU-R BT.1667، إلى جانب المرجع (ETSI EN 301 958 V.1.1.1 (2002/03)، قد حددت خصائص النظام المحتملة فيما يخص مسير العودة؛

(ج) أن إمكانية نشر مسير العودة متاحة حسب الوصف الوارد في الملحق 1 بهدف توفير كفاءة عالية في استعمال الطيف وإعادة استعماله؛

(د) أن تكنولوجيا النفاذ متعدد الإرسال بتقسيم تعامدي للتردد (OFDMA) في مسير العودة للإذاعة DVB-RCT تتسم بمرونة داخلية وقابلية للتوسع لأنها تتيح موازنة الصبيب (لكل مستعمل) والقدرة (عدد المستعملين الموفرين) والوصلات المتيسرة وحجم الخلايا. وتطبق هذه الخصائص على أساس التشكيل والتشفير التكمييين وتركيز القدرة في تخصيصات المسيرات الفرعية مما يؤدي إلى كسب في النظام من مواقع المستعملين؛

(هـ) أنه تم ميدانياً اختبار أداء الإذاعة DVB-RCT بنجاح في أنظمة رائدة مختلفة وفي عدة بلدان. وتتضمن هذه الأنظمة تطبيقات تفاعلية مختلفة تستخدم في التثبيت من تقاسم عدد كبير من المستعملين لمسير العودة؛

(و) أن الإذاعة DVB-RCT قادرة على توفير كفاءة عالية وقدرة كبيرة للنظام. وبإمكانها أن تكون الحل الأمثل للانتشار بخلايا واسعة في المناطق التي تفتقر إلى الخدمات والمناطق الريفية مساهمةً بذلك في سد الفجوة الرقمية¹،

توصي

1 بضرورة أن يراعي تخطيط انتشار الإذاعة DVB-RCT الاعتبارات الواردة في الملحق 1؛

* أدخلت لجنة الدراسات 6 للاتصالات الراديوية في مارس 2017 تعديلات صياغية على هذه التوصية وفقاً للقرار ITU-R 1.

¹ يُعرّف مصطلح "الفجوة الرقمية" على أنه "تفاوت الظروف بين السكان الذين لديهم نفاذ واسع النطاق وسهل وذو تكلفة ميسورة إلى الخدمات الإذاعية الرقمية والسكان الذين لديهم صعوبة في النفاذ أو ليس لديهم إمكانية للنفاذ".

- 2 بإمكانية استعمال بيانات أداء النظام DVB-RCT وسيناريوهات الانتشار المحتمل كأساس للدراسات المقابلة للتعایش دون تسبیب تداخل في الخدمات الأولية؛
- 3 بضرورة استخدام نتائج القياسات الميدانية ذات الصلة من أجل تحديث دراسات قدرة الخلية وكفاءتها المحددة في الملحق 1.

الملحق 1

سيناريوهات انتشار النظام DVB-RCT واعتبارات التخطيط

1 بيانات النظام DVB-RCT

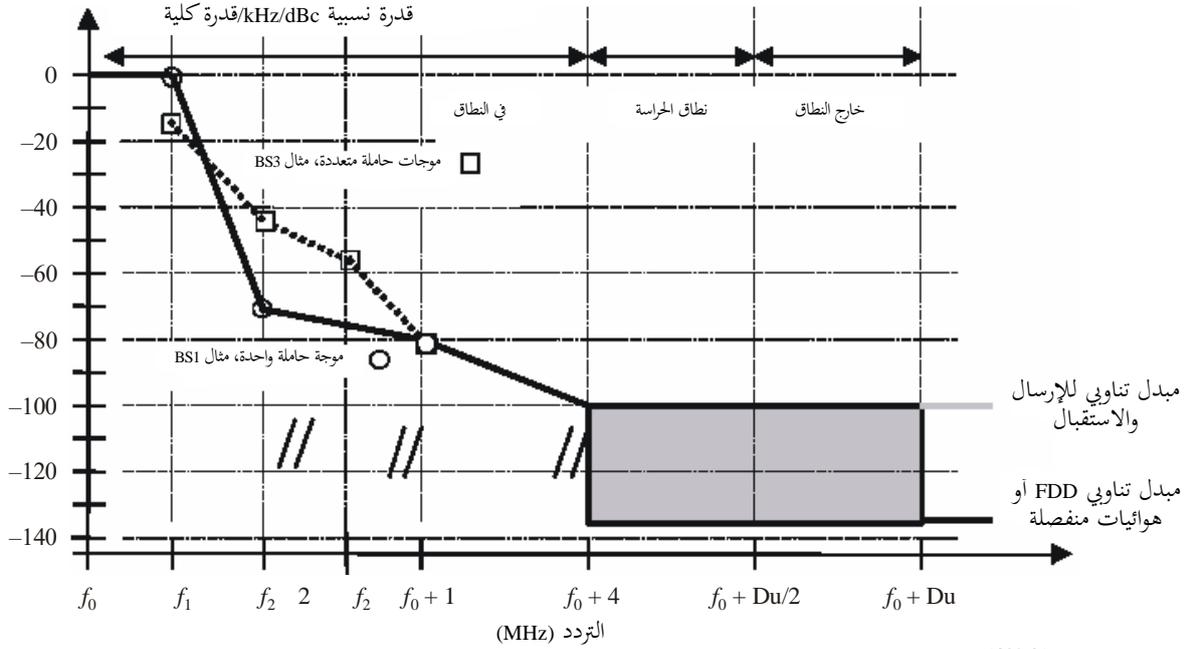
1.1 معلمات النظام

المعلومات الرئيسية للنظام DVB-RCT كما هي موصوفة في الملحق 1 بالتوصية ITU-R BT.1667 هي:

- تردد المسير الأمامي للإذاعة في نطاق الموجات المترية (VHF): من 170 MHz إلى 230 MHz (174-230 MHz)
 - في نطاق الموجات الديسيمترية (UHF): من 470 MHz إلى 860 MHz (470-862 MHz)
 - قدرة إرسال العودة: من 20 dBm (نظيماً) إلى 30 dBm (كحد أقصى)
 - كسب هوائي العودة: 13 dBi (اتجاهي)
 - كسب هوائي المستعمل: 3 dBi (شامل الاتجاهات)
 - حساسية مستقبل المحطة القاعدة
 - خدمة ثابتة في منطقة ريفية بتباعد قنوات قدره 1 kHz وتشكيل 4-QAM 1/2: -135 dBm
 - خدمة متنقلة/منطقة حضرية بتباعد قدره 4 kHz وتشكيل 64-QAM 3/4: -109 dBm
 - نسبة C/N التشغيلية في المحطة القاعدة
 - خدمة ثابتة في منطقة ريفية بتباعد قنوات قدره 1 kHz وتشكيل 4-QAM 1/2: 5 dB
 - خدمة متنقلة/منطقة حضرية بتباعد قدره 4 kHz وتشكيل 64-QAM 3/4: 22 dB.
- ويبين الشكل 1 القناع الطيفي لقدرة إرسال مسير العودة.

الشكل 1

القناع الطيفي للإرسال RCT في مسير العودة



1832-01

في الشكل 1، تدل f_0 على التردد المركزي و $\Delta f_1 = 0,375/T_s$ و $\Delta f_2 = 1,2515/T_s$ ؛ وتدل Du على تباعد التردد في الإرسال المزدوج وتتوقف على معايير عدم التداخل المختارة وتكنولوجيا الترشيح.

ونقترح في الدراسات المقبلة إمكانية خفض القدرة في تباعد التردد العالي في الإرسال المزدوج وفقاً للجدول 1 (القائم على أساس قياسات البيانات لوحدة المستعمل التجارية):

الجدول 1

خفض قدرة الكثافة الطيفية كدلالة لتباعد التردد

| MHz 56 | MHz 48 | MHz 40 | MHz 32 | MHz 24 | MHz 16 | Δf |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|------------|
| dB 62 | dB 57 | dB 47 | dB 37 | dB 27 | dB 17 | التوهين |

ويعطي الجدول 2 إجمالي الكثافة الطيفية النسبية للتداخل في الإرسال RCT كدلالة لتباعد التردد.

الجدول 2

الكثافة الطيفية النسبية للتداخل في الإرسال RCT، A_r (dBc/kHz)

| MHz 56 | MHz 48 | MHz 40 | MHz 32 | MHz 24 | MHz 16 | MHz 8 | MHz 4 > | Δf |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|---------|--------------------------------|
| 167- | 157- | 147- | 137- | 127- | 117- | 100- | 0 | مبدل تناوبي للإرسال والاستقبال |
| 204- | 194- | 184- | 174- | 164- | 154- | 137- | 0 | مبدل تناوبي FDD |

ويجدر ملاحظة أن القناع الطيفي لمسير الإرسال RCT المصمم من أجل تجنب التداخل بين الإرسال RCT والاستقبال التلفزيوني DVB-T أو التماثلي (القادر على العمل في مسيرات مجاورة دون إلحاق أي تداخل في المسير). وتؤمن المبدلات التناوبية للاستقبال والإرسال المتوفرة في الأسواق زهاء 25-30 dB من العزل، أي أن تباعداً قدره 24 MHz للإرسال المزدوج قيمة مقبولة في الوحدة الطرفية للمشارك DVB-T/RCT. وفي حال تخصيص مسير مجاور يتعين توفير عزل إضافي يمكن تحقيقه عادة باستعمال هوائيات منفصلة أو إنشاءات خارجية كما يرد في الفقرة 2.2.

2 سيناريوهات الانتشار

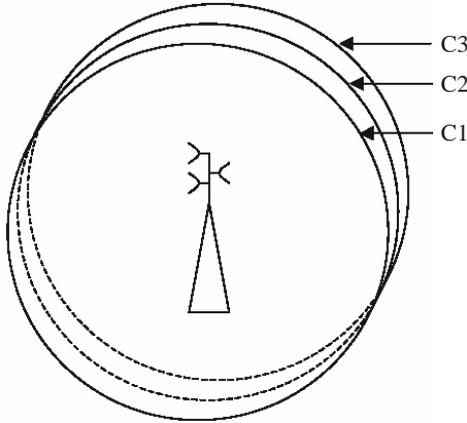
1.2 تشكيلة الخلية

يصف معيار النظام DVB-RCT تشكيلتين للخلايا، كما في الشكل 2 أدناه:

- وصلة تدفق للأعلى أو أكثر في خلية وحيدة (الشكل 2a)
- خلية قطاعية (الشكل 2b).

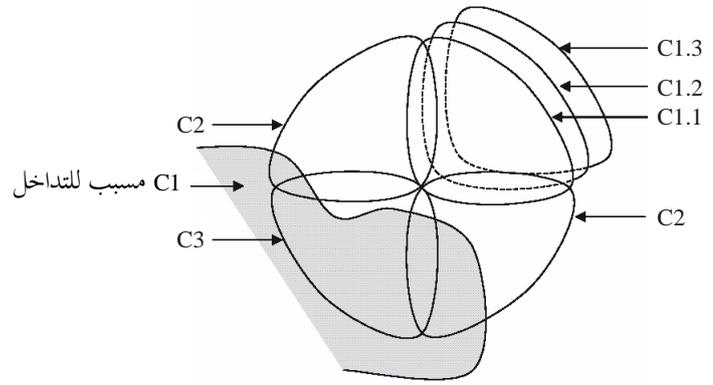
الشكل 2A

خلية وحيدة



الشكل 2B

خلية قطاعية



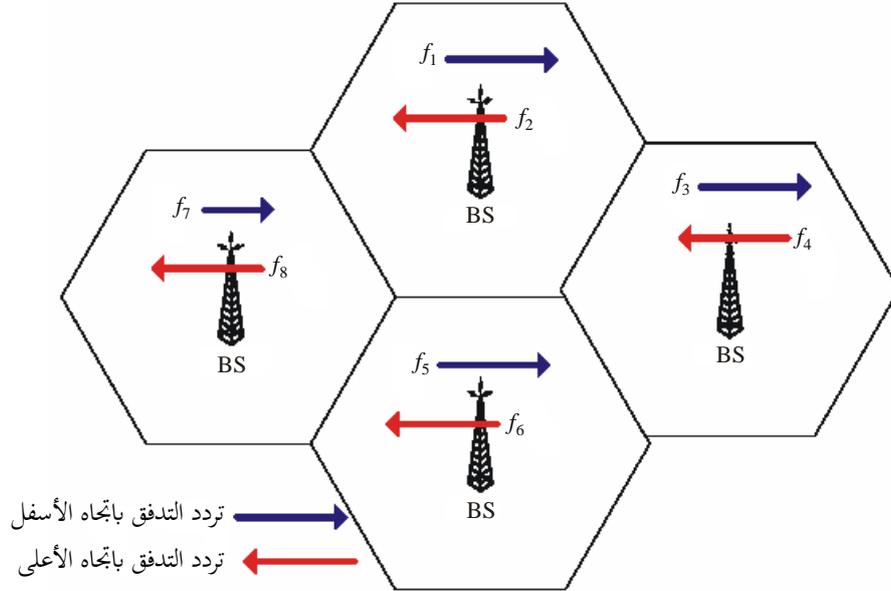
1832-02ab

2.2 انتشار خلوي

إضافةً إلى السيناريوهات المذكورة، هناك الانتشار الخلوي القادر على تغطية مناطق الحركة الكثيفة كما يظهر في الشكل 2c الذي يبين معمارية ماثلة لكل من تدفق الإرسال RCT باتجاه الأعلى وتدفق الانتشارات الخلوية للإرسال MFN DVB-T باتجاه الأسفل. وفي هذه الحالة لا تكون المرسلات DVB-T المرسلات ذات القدرة العالية التي تستعمل عادة في الإذاعة DVB-T.

الشكل 2C

انتشار خلوي



1832-02c

ويتم الإرسال RCT القائم على أساس الطبقات المادية OFDMA بمرونة داخلية وقابلية للتوسع، إذ إنه يتيح موازنة الصبيب (لكل مستعمل) والقدرة (عدد المستعملين الموفرين) والمسيرات المتوفرة وحجم الخلية. ويمكن تحقيق ذلك من خلال التشكيل والتشفير التكمييين وتخصيص مسير فرعي وتركيز الطاقة في طرف المستعمل.

ويبين الجدول 3 الموازنة بين تخصيص مسير التردد الراديوي ونسبة الموجة الحاملة إلى التداخل (C/I) بين خلايا النظام RCT. كما يظهر

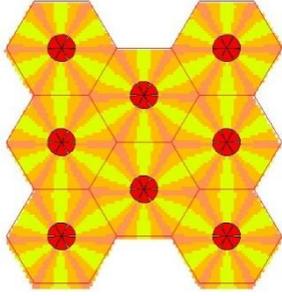
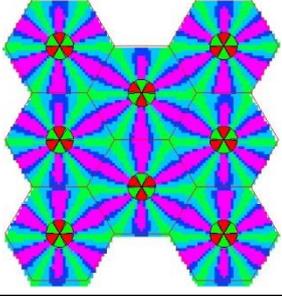
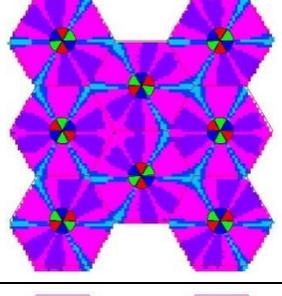
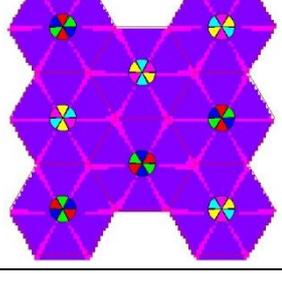
| | | | |
|------|----|------|--|
| Min | to | -2dB | |
| -2dB | to | 2dB | |
| 2dB | to | 6dB | |
| 6dB | to | 10dB | |
| 10dB | to | 13dB | |
| 13dB | to | 18dB | |
| 18dB | to | 22dB | |
| 22dB | to | 24dB | |
| 24dB | to | 29dB | |
| 29dB | to | Max | |

توزيع النسبة C/I كدالة لعدد مسيرات التردد المخصصة للنظام. وينتج ذلك عن محاكاة ثنائي خلايا سداسية الشكل مع هوائيات نمطية مرتبة في ستة قطاعات للخلية الواحدة. ويظهر في العمود الأول عدد المسيرات المخصصة للنظام، وفي العمود الثاني مختلف مجالات القيم المتوقعة للنسبة C/I ، أما في العمود الثالث فتظهر النسبة المثوية لمنطقة الخلية لتلك النسبة في خلايا من 2 km وخلايا من 6 km. وتمثل الرسوم الواردة في العمود الأخير توزيعات نمطية للنسبة C/I في تلك المنطقة. وتظهر المستويات المختلفة للنسبة C/I بالألوان (أحمر للمستويات المنخفضة وأرجواني للمستويات العالية) عبر مناطق الخلايا. وفي مركز كل خلية يمكن رؤية شكل دائري ملون يمثل القطاعات والألوان المشفرة وفقاً للتردد المخصص لكل هوائي قطاعي.

واستناداً إلى تخصيص عدد مناسب من المسيرات الفرعية وانتقاء سوية التشكيل والتشفير يمكن تشغيل النظام RCT ضمن مجال واسع من قيم النسبة C/I . وتتيح المستويات العالية للنسبة C/I العمل بصبيب كبير (باستعمال التشكيل 64-QAM). وعندما يكون مستوى النسبة C/I منخفضاً، من جراء اختيار تشكيل بمعدل منخفض (QPSK) وتشفير مناسب وكذلك بسبب خفض عدد المسيرات الفرعية المخصصة لكل مستعمل، يمكن تشغيل النظام RCT على حساب معدل البيانات.

الجدول 3

توزيع النسبة C/I كدالة لعدد مسيرات التردد الأمامية ومقدرة نبذ التداخل الصادر عن مسير مجاور

| المخطط النمطي | التوزيع C/I | | C/I (dB) | عدد مسيرات التردد |
|---|----------------------------------|------------------------------|-----------------------------------|----------------------|
| | km 6 | km 2 | | |
|  | – | – | 2- إلى 2- 6-2 10-6 | 1 |
|  | %27 %19 %30 %24,5 | %29 %18 %30 %24 | 29-24 24-22 22-18 18-13 | 2 |
|  | %37,7 %46,6 %13,6 %2 | %30,7 %51 %12 %6 | dB 29< 29-24 24-22 22-18 | 3 |
|  | %48,53 %43,9 %6,8 %0,68 | %72,3 %26,3 %1,3 %0 | dB 29< 29-24 24-22 22-18 | 6 |

1.2.2 حساب السعة

يمكن حساب متوسط السعة، التي يوفرها نظام بموجة حاملة واحدة (SC) وتشكيل تكييفي، وفقاً لنسب المناطق المشار إليها في الجدول 3، بافتراض توزيع منتظم لعدد المستعملين في المنطقة.

والحساب، في النفاذ OFDMA، أكثر تعقيداً بحكم مقدرة انفلاق المسير ومقدرة تركيز القدرة. وقد يعمل النفاذ OFDMA حتى بوجود قدر كبير من التداخل أو شدة مجال منخفضة للإشارة المستقبلية.

ويلخص الجدول 4 متوسط السعة وكفاءة التردد الراديوي من حيث إجمالي السعة لكل قطاع خلية والكفاءة الطيفية المقدرة بالوحدات bit/s/Hz وكفاءة النظام من حيث النسبة: خلية/Bit/s/Hz.

وقد استخدم نظام SC نمطي/نظري كأساس مرجعي. وفي حالة مسير تردد وحيد لا يمكن له أن يعمل إذ إنه يتطلب حداً أدنى لمستوى النسبة C/I غير متوفرة في هذا السيناريو.

وعلى العكس من ذلك، فإن النفاذ OFDMA يفلق عرض النطاق بحيث يمكن تجنب التداخل. وفي هذه الحالة، حتى لو لم تتوفر السعة كاملة، يمكن مع ذلك إرسال قدر من الحركة.

الجدول 4

السعة في القطاع الواحد وكفاءة أنظمة الموجة الحاملة الواحدة والنفاذ OFDMA

| حجم الخلية | | | | عدد مسيرات التردد في الاتجاه الأمامي |
|------------|------|-------|---------------|--------------------------------------|
| km 6 | km 2 | | | |
| 0 | 0 | SC | قطاع/Mbit/s | 1 |
| 2,35 | 2,35 | OFDMA | | |
| 0 | 0 | SC | Bit/s/Hz | |
| 0,39 | 0,39 | OFDMA | | |
| 0 | 0 | SC | خلية/Bit/s/Hz | |
| 2,35 | 2,35 | OFDMA | | |
| 7,3 | 7,4 | SC | قطاع/Mbit/s | 2 |
| 8,92 | 8,96 | OFDMA | | |
| 0,61 | 0,62 | SC | Bit/s/Hz | |
| 0,74 | 0,75 | OFDMA | | |
| 3,65 | 3,70 | SC | خلية/Bit/s/Hz | |
| 4,46 | 4,48 | OFDMA | | |
| 11,8 | 11,2 | SC | قطاع/Mbit/s | 3 |
| 13,44 | 13,3 | OFDMA | | |
| 0,66 | 0,62 | SC | Bit/s/Hz | |
| 0,75 | 0,74 | OFDMA | | |
| 3,93 | 3,73 | SC | خلية/Bit/s/Hz | |
| 4,48 | 4,43 | OFDMA | | |
| 12,4 | 13,6 | SC | قطاع/Mbit/s | 6 |
| 15 | 15 | OFDMA | | |
| 0,34 | 0,38 | SC | Bit/s/Hz | |
| 0,42 | 0,42 | OFDMA | | |
| 2,07 | 2,27 | SC | خلية/Bit/s/Hz | |
| 2,50 | 2,50 | OFDMA | | |

يبين الجدول 4 اتساق مزايا النفاذ OFDMA بكفاءة أعلى تتراوح بين 5% و 25%.

3.2 انتشار الهوائيات

يتضمن المعيار RCT سيناريوهين لانتشار الهوائيات: داخلي وخارجي. ويمكن للهوائي RCT أن يتقاسم مع هوائي النظام DVB-T باتجاه الأسفل (الذي قد يكون أيضاً هوائياً داخلياً أو خارجياً) باستخدام البدالة أو المبدل التناوبي للإرسال والاستقبال. ويمكن بدلاً من ذلك فصل الهوائيين. وترد هذه الإمكانيات في المعيار وتبين هنا في الشكل 3. ويلاحظ أن المختصر BIM هو وحدة السطح البيني الإذاعي (DVB-T) بينما IIM هو وحدة السطح البيني التفاعلي (RCT). و Dx هو المبدل التناوبي للإرسال والاستقبال. ويجدر بالذكر أن خيارات التبديل لا تتيح تشغيلاً متآوناً للاستقبال التلفزيوني والإرسال DVB-RCT، لذلك يتوقع عدم استعمالها في معظم تشكيلات الانتشار.

الشكل 3

انتشار الهوائيات

