

التوصية ITU-R F.1099-4

ترتيبات قنوات التردد الراديوي للأنظمة اللاسلكية الثابتة الرقمية
كبيرة السعة ومتوسطة السعة العاملة في الجزء العلوي
من النطاق 4 GHz (4 400-5 000 MHz)

(المسألة ITU-R 136/9)

(1994-1995-1997-1999-2007)

مجال التطبيق

تتضمن هذه التوصية ترتيبات قنوات التردد الراديوي للأنظمة اللاسلكية الثابتة (FWS) كبيرة السعة ومتوسطة السعة العاملة في الجزء العلوي من النطاق 4 GHz (4 400-5 000 MHz)، التي يمكن أن تستعملها الأنظمة الثابتة كبيرة السعة ومتوسطة السعة، بالاستناد إلى مخطط مشترك 10 MHz. ويتضمن الملحقان 1 و 2 ترتيبات القنوات وفقاً لأحكام المتن الرئيسي مع 20، و 40، و 60، و 80 MHz. ويتضمن الملحق 3 ترتيباً بديلاً بقنوات 28 MHz. ويتضمن الملحقان ترتيبات القناة المشتركة أو الترتيبات البديلة على حدٍ سواء وكذلك معلومات عن الإرسال متعدد الموجات الحاملة بالاستناد إلى هذه الترتيبات.

إن جمعية الاتصالات الراديوية للاتحاد الدولي للاتصالات،

إذ تضع في اعتبارها

- أ) أن الأنظمة اللاسلكية الثابتة الرقمية كبيرة السعة ومتوسطة السعة بمعدل يبلغ 90 Mbit/s أو بمعدلات أعلى، والتي تسمح بإرسال إشارات التراتب الرقمي المتزامن أو متقارب التزامن (PDH أو SDH)، تكون مطلوبة في نطاقات الترددات الراديوية 5 GHz؛
- ب) أن المباعداً بين الترددات المركزية في أي ترتيب للقنوات والمباعداً بين النطاقات الحارسة عند الحدود الدنيا والعليا للنطاقات يمكن اختيارها بالامتناع عن شغل عدد مناسب من مواقع قنوات التردد الراديوي في مخطط أساسي متجانس؛
- ج) أن المباعداً المنتظمة في المخطط الأساسي ينبغي ألا تكون صغيرة أو كبيرة جداً دون وجود ما يبرر ذلك، وهذا بغية تجنب إلحاق الضرر بكفاءة استعمال الطيف الراديوي المتيسر؛
- د) أن الترددات المطلقة في المخطط الأساسي ينبغي تعريفها بواسطة تردد مرجعي واحد؛
- هـ) أن الأنظمة اللاسلكية الثابتة الرقمية، سواء كانت وحيدة الموجة الحاملة أو متعددة الموجات الحاملة، تعتبر وسيلة نافعة لتحقيق أفضل توافق بين الاعتبارات التقنية والاقتصادية في ميدان تصميم الأنظمة،

توصي

1 بأن الترتيب المفضل لقنوات التردد الراديوي للأنظمة لاسلكية ثابتة رقمية كبيرة السعة بمعدل 90 Mbit/s أو بمعدلات أعلى، وترسل إشارات تراتب رقمي متزامن أو متقارب التزامن (انظر الملاحظة 1) وتعمل في النطاق 5 GHz، ينبغي اتقاؤه من مخطط متجانس له الخصائص التالية.

الترددات المركزية f_p لقنوات الترددات الراديوية ضمن المخطط الأساسي:

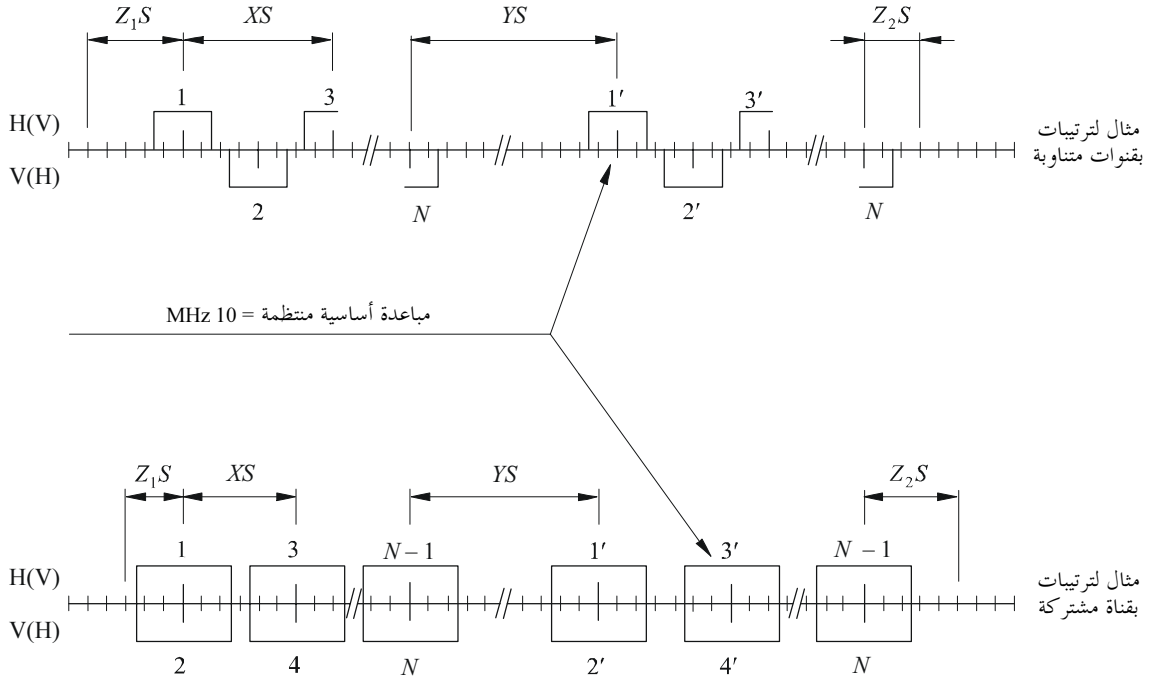
$$f_p = 5\,000 - 10p \quad \text{MHz}$$

حيث p : عدد صحيح = 1 أو 2 أو 3 ... (انظر الملاحظة 2)؛

- 2 بأن جميع قنوات الذهاب ينبغي أن تكون في أحد نصفي النطاق وجميع قنوات العودة ينبغي أن تكون في النصف الآخر من النطاق؛
- 3 بأن المباعدة بين القنوات X_S والثغرة المركزية Y_S والمباعدين الحارستين Z_{1S} و Z_{2S} عند حافتي النطاق إضافة إلى استقطاب الهوائي، ينبغي الاتفاق عليها بين الإدارات المعنية؛
- 4 بأنه ينبغي استعمال خطة الترتيب للقنوات المشدرة أو للقنوات المشتركة، وترد أمثلة عنها في الشكل 1؛
- 5 بأن ترتيبات قنوات التردد الراديوي المستخلصة من يوصي 1 فيما يتعلق بالنطاق 5 GHz والواردة في الملحقين 1 و2 لا بد من اعتبارها جزءاً لا يتجزأ من هذه التوصية؛
- 6 بأنه عند استعمال إرسال متعدد الموجات الحاملة (الملاحظة 3 والملحق 1، الفقرة 3)، فإن العدد الإجمالي من الموجات الحاملة n يعتبر أنه قناة واحدة ويتحدد ترددها المركزي والمباعدة بين القنوات وفقاً للشكل 1، بغض النظر عن الترددات المركزية الفعلية للموجات الحاملة إذ يمكنها أن تتغير لأسباب تقنية تبعاً للتطبيقات العملية.
- الملاحظة 1** – إن معدلات البتات الإجمالية الفعلية، بما فيها البتات الإضافية قد تكون أعلى من المعدلات الصافية للإرسال بنسبة تصل إلى 5% أو أكثر.
- الملاحظة 2** – ينبغي أن يؤخذ في الاعتبار أنه في بعض البلدان، حيث يكون من المطلوب تأمين قنوات تردد راديوي إضافية مشدرة مع قنوات الترتيبات الرئيسية، ينبغي أن تعطى قيم الترددات المركزية لقنوات التردد الراديوي المذكورة كما هو موضح في المعادلة التالية (انظر الملحقين 1 و 2):
- $$f_p = 4995 - 10 p \quad \text{MHz}$$
- الملاحظة 3** – إن النظام متعدد الموجات الحاملة هو نظام تُرسل فيه (أو تستقبل)، في آن واحد، إشارات موجات حاملة مشكلة رقمياً ويبلغ عددها n (حيث $n < 1$) ويكون الإرسال (أو الاستقبال) بواسطة التجهيز الراديوي نفسه. وينبغي اعتبار التردد المركزي أنه المتوسط الحسابي لعدد n من الترددات الحاملة في النظام متعدد الموجات الحاملة.
- الملاحظة 4** – ينبغي أن يؤخذ في الاعتبار أنه في بعض البلدان يُستعمل ترتيب قنوات تردد راديوي مختلف يستند إلى مباعدة بين القنوات قدرها 28 MHz (انظر الملحق 3).

الشكل 1

أمثلة لترتيبات القنوات بناء على الفقرتين 1 و 2 من "توصي"
(تردد تعريفات X و Y و Z و S في التوصية ITU-R F.746)



1099-01

الملحق 1

ترتيب قنوات التردد الراديوي للنطاق 4 400-5 000 MHz

بمباعدة بين القنوات قدرها 40 أو 60 أو 80 MHz

1 ترتيب قنوات التردد الراديوي بمباعدة بين القنوات قدرها 40 MHz

1.1 يتضمن الترتيب التالي لقنوات التردد الراديوي سبع قنوات ذهاب وسبع قنوات عودة مع سعة إرسال قد تصل إلى 2×155 Mbit/s عندما يتعلق الأمر بأنظمة راديوية لها سوية تشكيل أعلى مناسبة وكفاءة استخدام للطيف تصل إلى 7,75 bit/s/Hz. وينبغي لترتيب قنوات التردد الراديوي أن يكون على النحو المبين في الشكل 2 ويجري حسابه كما يلي:

ليكن f_0 هو تردد (MHz) مركز نطاق الترددات المشغول،

f_n هو التردد المركزي (MHz) لقناة تردد راديوي واحدة في النصف الأسفل من النطاق،

f'_n هو التردد المركزي (MHz) لقناة تردد راديوي واحدة في النصف الأعلى من النطاق،

عندئذ يعبر عن الترددات (MHz) للقنوات الفردية بالعلاقات التالية:

$$\begin{aligned} \text{MHz} \quad f_n &= f_0 - 310 + 40 n && \text{ال نصف الأسفل من النطاق:} \\ \text{MHz} \quad f'_n &= f_0 - 10 + 40 n && \text{ال نصف الأعلى من النطاق:} \end{aligned}$$

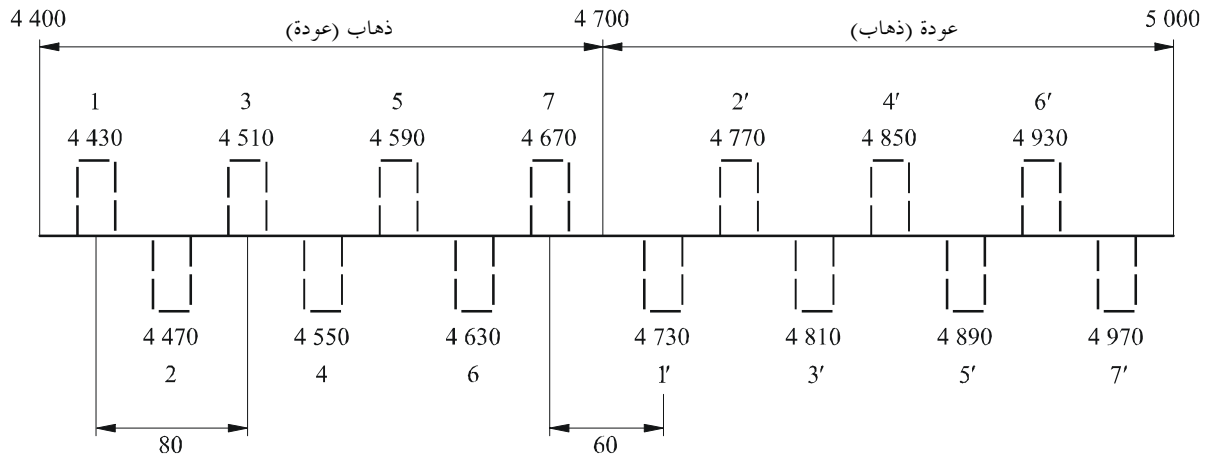
حيث:

$$n = 1 \text{ أو } 2 \text{ أو } 3 \text{ أو } 4 \text{ أو } 5 \text{ أو } 6 \text{ أو } 7.$$

الشكل 2

ترتيب قنوات التردد الراديوي لأنظمة مرحلات راديوية (انظر الملاحظة 1) تعمل في النطاق 5 GHz

(جميع الترددات بوحدات MHz)



ملاحظة 1 - عند توقع أو طلب عدد أصغر من قنوات التردد الراديوي (أربعة أو أقل)، يمكن لأزواج قنوات الذهاب وقنوات العودة المخصصة استعمال نفس الاستقطاب وفي هذه الحالة تستعمل القنوات الزوجية أو القنوات الفردية.

1099-02

2.1 ينبغي لجميع قنوات الذهاب أن تكون في نصف واحد من النطاق وأن تكون جميع قنوات العودة في النصف الآخر من هذا النطاق.

3.1 ينبغي استعمال استقطابات مختلفة في حالة استعمال ترتيب قنوات متناوبة في نصف واحد من النطاق، أو يمكن اللجوء إلى إعادة استعمال النطاق بأسلوب القناة المشتركة، إذا كان ذلك ممكناً.

2 ترتيبات قنوات التردد الراديوي بمباعدة بين القنوات قدرها 60 MHz

ترد في هذه الفقرة أمثلة لترتيبات قنوات التردد الراديوي تم استخلاصها من الفقرة توصي 1 والملاحظة 2 في النص الرئيسي للتوصية. ويلاحظ أن الأنظمة التي تتميز بالمعلومات المبينة في الجدول 1 تسمح بالحصول على كفاءة عالية في استخدام الطيف تبلغ حوالي 5 bit/s/Hz أو 10 bit/s/Hz باستعمال التشكيل QAM-16 أو QAM-256 على التوالي.

إن الأنظمة التي تقابل الأمثلة (أ) و (ب) و (ج) تكون مصممة لإرسال إشارات SDH باستعمال طريقة الإرسال متعدد الموجات الحاملة. وعندما يتعلق الأمر بأنظمة متعددة الموجات الحاملة فإن "عدد القنوات" يعني عدد الرسائل (أو المستقبلات) وكل واحد منها يسع ثلاث أو ست موجات حاملة لكل نطاق عرضه 60 MHz. كما توضع الرموز XS و YS و ZS لتشير إلى التردد المركزي للمرسل (أو المستقبل) (انظر الشكلين 4 و 5).

الجدول 1

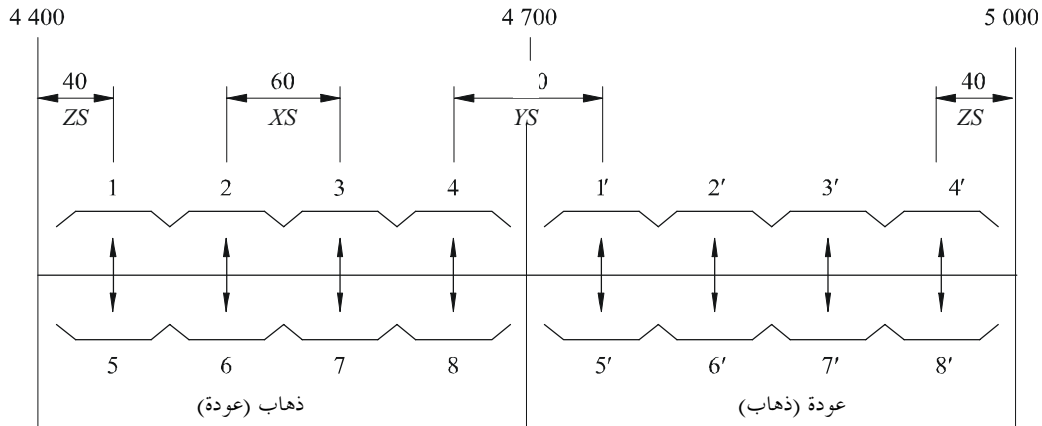
المثال 3 ⁽¹⁾	المثال 2ب	المثال أ2	المثال 1	سعة النظام
(متزامن) $2 \times \text{STM-1}$ ⁽²⁾	(متزامن)		(متزامن) STM-1	
256-QAM	256-QAM	16-QAM	16-QAM	التشكيل
قناة مشتركة	قناة مشتركة		قناة مشتركة	تشدير أو قناة مشتركة
3 قنوات حاملة لكل قناة	3 موجات حاملة لكل قناة		موجة حاملة واحدة لكل قناة	طريقة الإرسال
$m 10 - 4 995 = f_n$ $1 = m$ أو 2 أو 3 أو ... أو 28 (النصف الأعلى) $m = 31$ أو 32 أو 57 أو ... 58 (النصف الأسفل)	$m 10 - 5 000 = f_n$ $2 = m$ أو 4 أو 6 أو ... (النصف الأعلى) $m = 32$ أو 34 أو 36 أو ... (النصف الأسفل)		$m 10 - 5 000 = f_n$ $4 = m$ أو 10 أو 16 أو 22 (النصف الأعلى) $m = 38$ أو 44 أو 50 أو 56 (النصف الأسفل)	التردد المركزي للموجات الحاملة، f_n (MHz)
⁽²⁾ 10	⁽²⁾ 10		8	عدد القنوات

(1) ينطبق المثال 3 على بعض القفزات عندما تسود ظروف انتشار غير مؤاتية إلى حد كبير.

(2) سعة قنوات التردد الراديوي الأقرب إلى مركز النطاق محددة بثلاثي السعة الكلية.

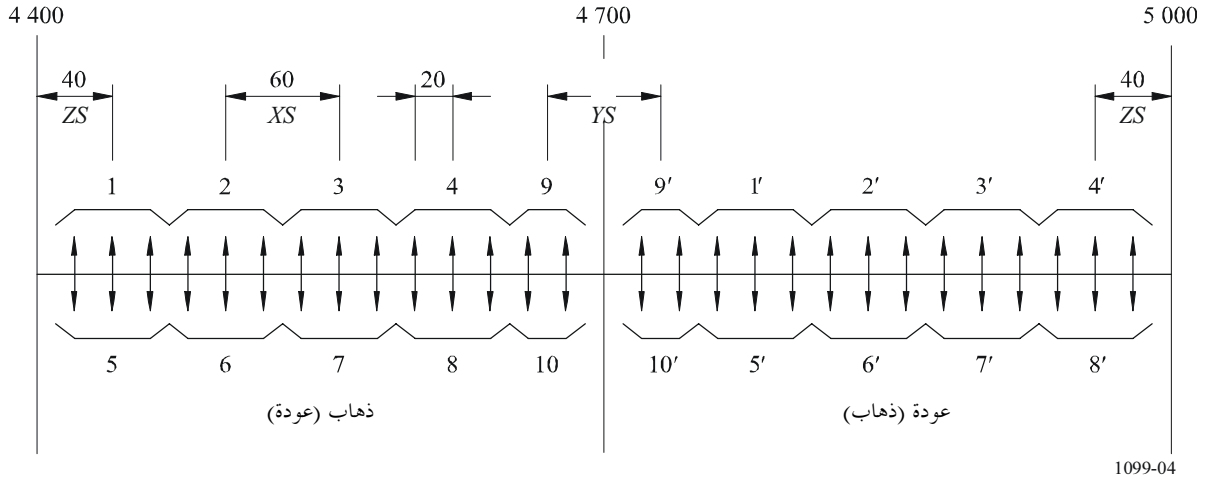
الشكل 3

ترتيب قنوات التردد الراديوي في النطاق 5 GHz
بطريقة الإرسال باستعمال موجة حاملة واحدة
(جميع الترددات بوحدات MHz)



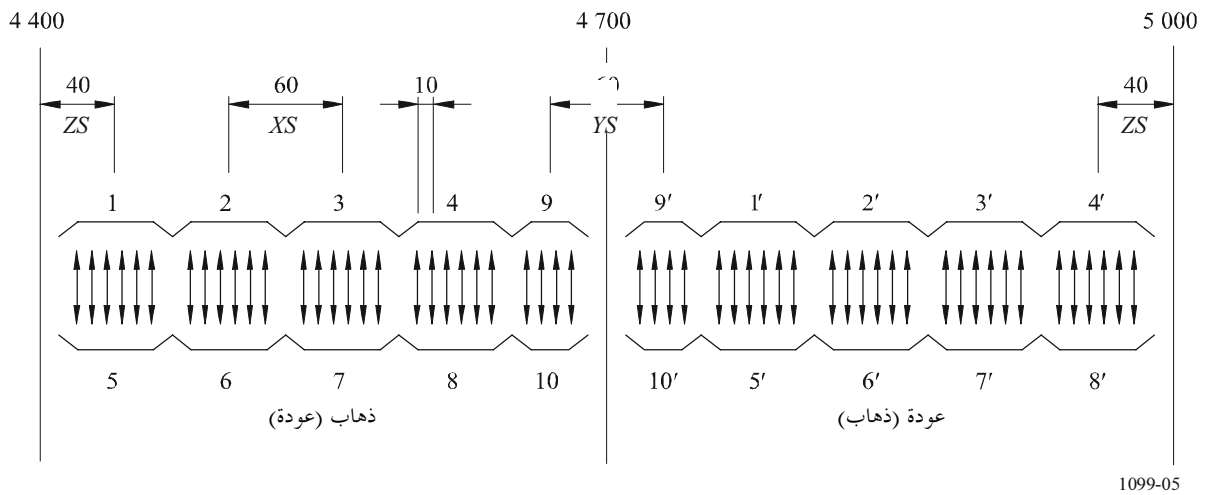
الشكل 4

ترتيب قنوات التردد الراديوي في النطاق 5 GHz
 بطريقة الإرسال باستعمال ثلاث موجات حاملة
 (جميع الترددات بوحدات MHz)



الشكل 5

ترتيب قنوات التردد الراديوي في النطاق 5 GHz
 بطريقة الإرسال باستعمال ست موجات حاملة
 (جميع الترددات بوحدات MHz)



3 ترتيب قنوات التردد الراديوي باستقطاب مزدوج في قناة مشتركة مع مباعده تبلغ 80 MHz

إن ترتيب القنوات الذي يظهر في الشكل 6 يستند إلى استعمال نظام إرسال يستعمل موجتين حاملتين ويرسل بمعدل $2 \times 2 \times 155,52$ Mbit/s (STM-1 \times 4) من خلال زوجين من الموجات الحاملة يطبق عليهما الاستقطابان بأسلوب القناة المشتركة.

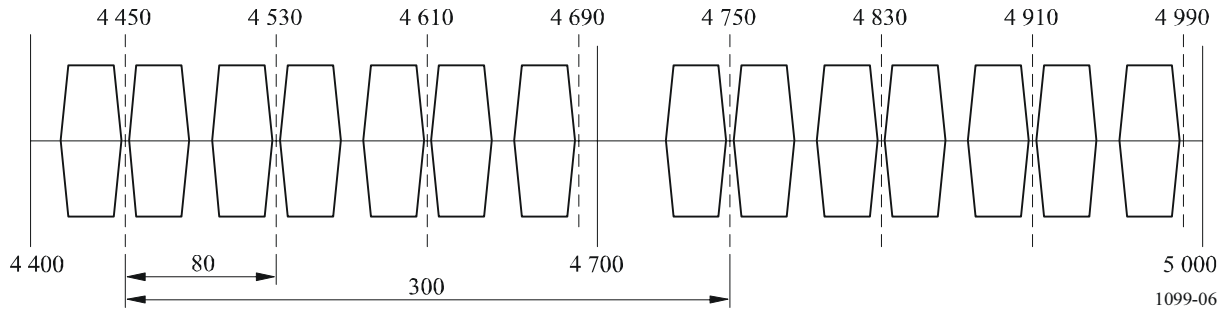
وبالإضافة إلى استعمال أربع موجات حاملة في النطاقين الفرعيين للذهاب والعودة، قد يقتضي الأمر استعمال موجتين حاملتين من الموجات الحاملة الفردية متقاطعة الاستقطاب فتكون هاتان الموجتان بمثابة قناتي حماية. ونظراً إلى إمكانية تبديل كل موجة حاملة (أي قطار البتات في النطاق الأساسي) على حدة، فإن هذه التشكيلة ($n+2$) تتمتع على الأقل بنفس الكفاءة التي تتمتع بها التشكيلة ($n/2+1$) عندما يتم استعمالها لتنوع التردد.

الشكل 6

ترتيب قنوات التردد الراديوي لنظام مرحل راديوي بمعدل $2 \times 2 \times 155,52$ Mbit/s (STM-1 \times 4)

ويعمل في النطاق 5 GHz (4 400-5 000 MHz)

(جميع الترددات بوحدات MHz)



الملحق 2

ترتيبات قنوات التردد الراديوي للنطاق 4 900-4 540 MHz

بمباعده بين القنوات قدرها 20 أو 40 MHz

يصف هذا الملحق مخططاً لترتيب قنوات التردد الراديوي لأنظمة المرحلات الراديوية الرقمية في النطاق 4 900-4 540 MHz. ويسمح هذا الترتيب باستعمال عدد يصل إلى أربع قنوات ذهاب وأربع قنوات عودة، وكل قناة منها تعمل بمعدل 4×45 Mbit/s أو 6×45 Mbit/s أو بمعدل البتات SDH البالغ 2×155 Mbit/s. ويسمح نظام التشكيل 512-QAM بالتنشغيل بمعدل STM-1 أو $2 \times$ STM-1. ويسمح ترتيب بديل من ترتيبات قنوات التردد الراديوي باستعمال ثنائي قنوات ذهاب وثنائي قنوات عودة وكل قناة منها تعمل بمعدل 2×45 Mbit/s أو 3×45 Mbit/s أو بمعدل بتات التراتب الرقمي المتزامن والبالغ 155 Mbit/s.

1 يظهر في الشكل 7 ترتيب قنوات التردد الراديوي ويجري حسابه كما يلي:

ليكن f_0 هو التردد الواقع في مركز النطاق:

$$\text{MHz } 4\,720 = f_0$$

f_n : التردد المركزي لقناة تردد راديوي واحدة في النصف الأسفل من النطاق (MHz)،

f'_n : التردد المركزي لقناة تردد راديوي واحدة في النصف الأعلى من النطاق (MHz)،

عندئذ يعبر عن الترددات (MHz) للقنوات الفردية بالعلاقات التالية:

$$\text{MHz} \quad f_n = f_0 - 195 + 40n \quad \text{النصف الأسفل من النطاق:}$$

$$\text{MHz} \quad f'_{,n} = f_0 - 5 + 40n \quad \text{النصف الأعلى من النطاق:}$$

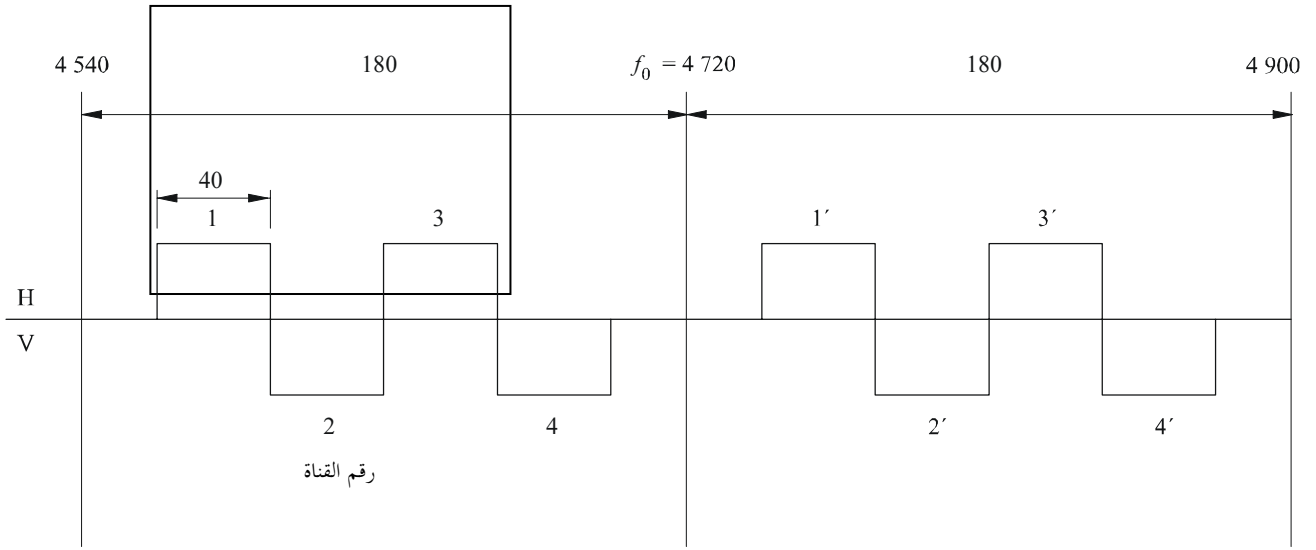
حيث:

$$n = 1 \text{ أو } 2 \text{ أو } 3 \text{ أو } 4.$$

الشكل 7

ترتيب قنوات التردد الراديوي للنطاق 5 GHz

(جميع الترددات بوحدات MHz)



1099-07

2 يظهر في الشكل 8 ترتيب بديل، ويعبر عن الترددات المخصصة كما يلي:

يعبر عن الترددات المركزية للقنوات الفردية بالعلاقات التالية:

$$\text{MHz} \quad f_n = f_0 - 185 + 20n \quad \text{النصف الأسفل من النطاق:}$$

$$\text{MHz} \quad f'_{,n} = f_0 + 5 + 20n \quad \text{النصف الأعلى من النطاق:}$$

حيث:

$$\text{MHz } 4\,720 = f_0$$

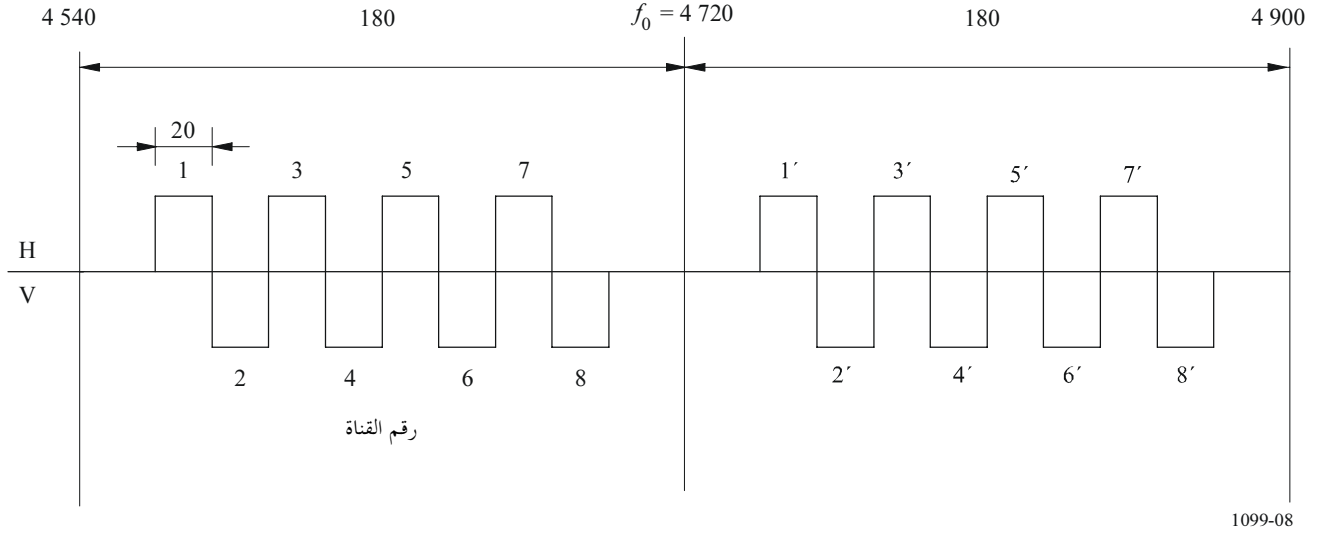
$$n = 1 \text{ أو } 2 \text{ أو } 3 \text{ أو } 4 \text{ أو } 5 \text{ أو } 6 \text{ أو } 7 \text{ أو } 8.$$

3 ينبغي لجميع قنوات الذهاب أن تكون في نصف واحد من النطاق وأن تكون جميع قنوات العودة في النصف الآخر من هذا النطاق.

الشكل 8

ترتيب بدليل لقنوات التردد الراديوي للنطاق 5 GHz

(جميع الترددات بوحدات MHz)



الملحق 3

ترتيب قنوات التردد الراديوي في النطاق 5 000-4 400 MHz

بمباعدة بين القنوات قدرها 28 MHz

يصف هذا الملحق مخططاً لترتيب قنوات التردد الراديوي لأنظمة رقمية في النطاق 5 000-4 400 MHz. ويسمح هذا الترتيب باستعمال عدد يصل إلى 10 قنوات ذهاب و10 قنوات عودة وكل قناة منها تعمل إما بمعدل 4×34 Mbit/s أو $1 \times 139,368$ Mbit/s أو بمعدلات بتات متزامنة.

ويسمح نظام تشكيل A 64-QAM أو نظام تشكيل أكثر تعقيداً بتشغيل النظام بمعدلات البتات هذه.

1 يظهر في الشكل 9 ترتيب قنوات التردد الراديوي ويجري حسابه كما يلي:

ليكن f_0 هو التردد عند مركز النطاق:

$$f_0 = 4700 \text{ MHz}$$

f_n التردد المركزي لقناة تردد راديوي واحدة في النصف الأسفل من النطاق (MHz)

f'_n التردد المركزي لقناة تردد راديوي واحدة في النصف الأعلى من النطاق (MHz)،

عندئذٍ يعبر عن الترددات المركزية لفرادى القنوات بالعلاقات التالية:

$$f_n = f_0 - 310 + 28n \quad \text{النصف الأسفل من النطاق:}$$

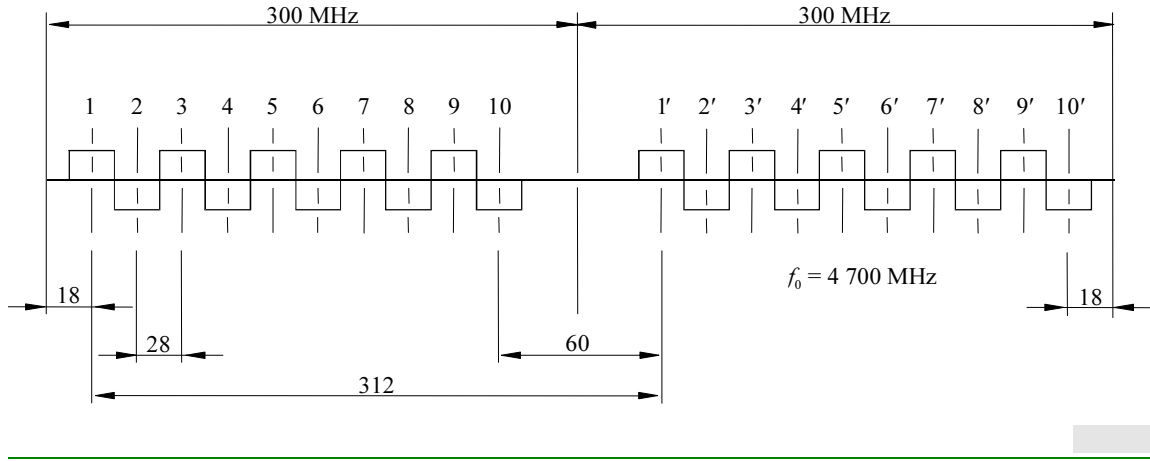
$$f'_n = f_0 + 2 + 28n \quad \text{النصف الأعلى من النطاق:}$$

حيث:

$$n = 1 \text{ أو } 2 \text{ أو } 3 \text{ أو } 4 \text{ أو } 5 \text{ أو } 6 \text{ أو } 7 \text{ أو } 8 \text{ أو } 9 \text{ أو } 10.$$

الشكل 9

ترتيب قنوات التردد الراديوي للنطاق MHz 5 000-4 400
بمباعدة بين القنوات قدرها MHz 28



- 2 ينبغي لجميع قنوات الذهاب أن تكون في نصف واحد من النطاق وأن تكون جميع قنوات العودة في النصف الآخر من هذا النطاق.
- 3 كما يسمح هذا الترتيب لقنوات التردد الراديوي بإرسال التراتب الرقمي المتزامن (SDH)، أو أسلوب النقل المتزامن (STM-1) عند إشارات 155 520 kbit/s، باستعمال أسلوب تشكيل ملائم.
- 4 عندما تسمح التجهيزات وخصائص الشبكة، يمكن تنفيذ إعادة استعمال تردد القناة المشتركة الوارد في الترتيب، وذلك بموافقة الإدارات المعنية من أجل تحسين كفاءة الطيف.
- 5 عندما تكون الوصلات عالية القدرات للغاية (على سبيل المثال، ضعف أسلوب النقل المتزامن-1) مطلوبة، وعندما يسمح تنسيق الشبكة بذلك، بموافقة الإدارات المعنية، يكون استعمال أي من القناتين 28 MHz المتجاورتين المحددين في الفقرة 1 من توصي مكنناً، بالنسبة للأنظمة المعرض نطاقاً وأن يكون التردد المركزي الكائن في النقطة المركزية للمسافة بين القناتين المتجاورتين 28 MHz.