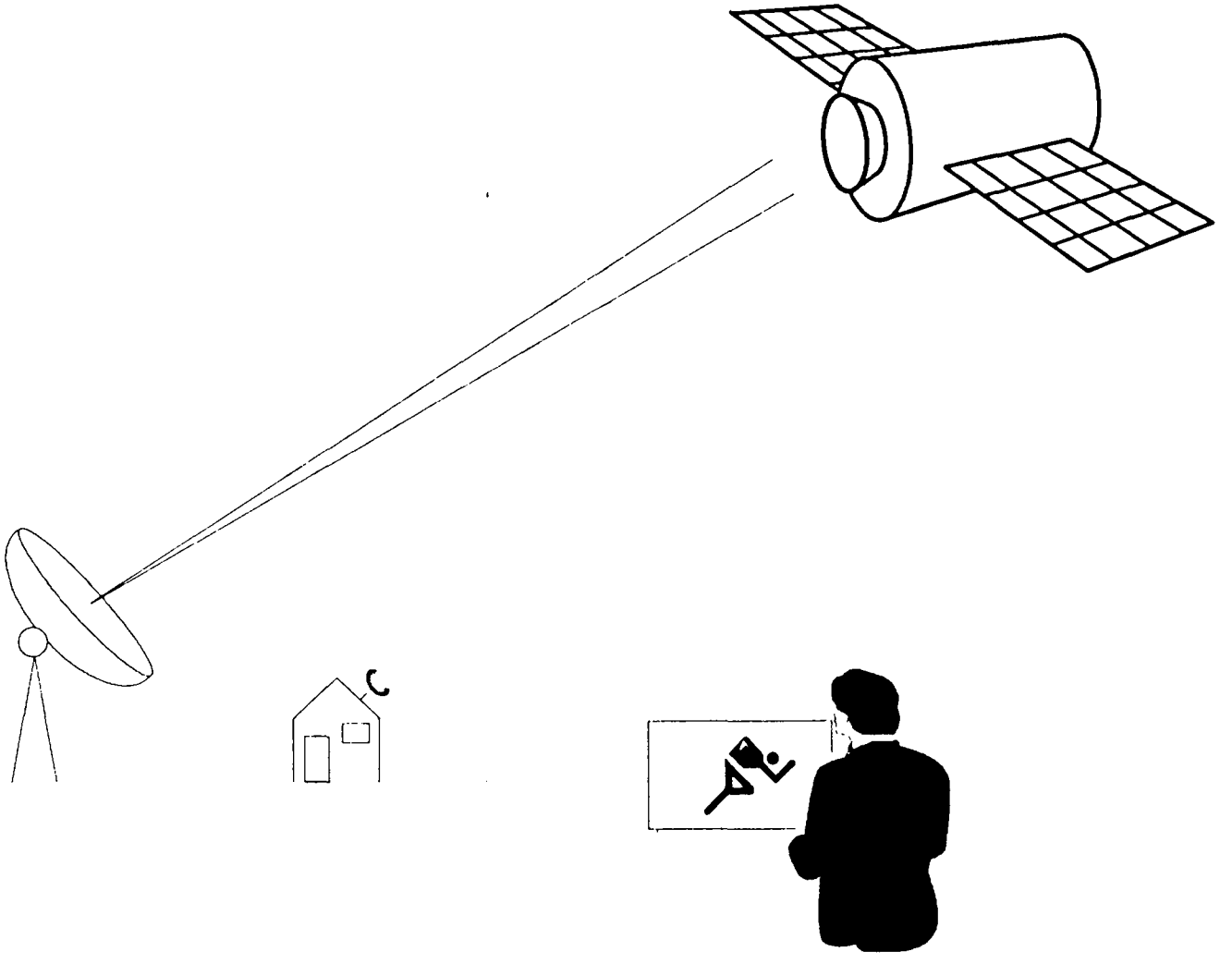
الاتحـــاد الـــدولـــي للاتصـــــالات

التـــوصيـــــــات ITU-R

(الجديدة والمراجعة بتاريخ 21 أكتوبر 1995)



مجلد السلسلة BO لعام 1995

الخدمـــة الإذاعيـــة الساتليـة (الصوتية والتلفزيونية)

جمعيـة الاتصـالات الراديـويـة - جنيـف 1995

قطاع الاتصالات الراديوية للاتحاد الدولي للاتصالات

يكمن دور قطاع الاتصالات الراديوية في ضمان استعمال طيف التردد الراديوي بطريقة عقلية وفعالة واقتصادية من قبل جميع خدمات الاتصال الراديوي، بما فيها الخدمات الساتلية، والقيام بدراسات لكل مديات التردد تكون أساساً لوضع التوصيات واعتمادها.

تؤدى الوظائف التنظيمية والسياسية لقطاع الاتصالات الراديوية من قبل المؤتمرات العالمية والإقليمية للاتصالات الراديوية وجميعات الاتصالات الراديوية بمساعدة لجان الدراسات.

للحصول على المعلومات المتعلقة بالاتصالات الراديوية، الرجاء الاتصال بالعنوان التالي :

ITU
Radiocommunication Bureau
Place des Nations
CH -1211 Geneva 20
Switzerland

Telephone	+41 22 730 5800
Fax	+41 22 730 5785
Internet	brmail@itu.ch
X.400	S=brmail; P=itu; A=400net; C=ch

للحصول على منشورات الاتحاد الدولي للاتصالات، الرجاء إرسال الطلبات إلى العنوان التالي :

ITU
Sales and Marketing Service
Place des Nations
CH -1211 Geneva 20
Switzerland

Telephone	+41 22 730 6141 English
Telephone	+41 22 730 6142 French
Telephone	+41 22 730 6143 Spanish
Fax	+41 22 730 5194
Telex	421 000 uit ch
Telegram	ITU GENEVE
Internet	sales@itu.ch
X.400	S=sales; P=itu; A=400net; C=ch

© ITU 1996

جميع الحقوق محفوظة. لا يمكن نسخ أو استعمال أي جزء من هذه المنشورة بأي شكل أو بأي وسيلة إلكترونية كانت أم ميكانيكية، بما فيه النسخ التصويري أو الأفلام الصغرية، إلا بموافقة كتابية من الاتحاد الدولي للاتصالات.

Recommendation 1211 (1995)

Digital multi-programme emission systems for television, sound and data services for satellites operating in the 11/12 GHz frequency range [Arabic version]

Extract from the publication:
CCIR Recommendations: 1995 BO Series Fascicle: Broadcasting-satellite service (Sound and television)

(Geneva: ITU, 1995), pp. 31-49

This electronic version (PDF) was scanned by the International Telecommunication Union (ITU) Library & Archives Service from an original paper document in the ITU Library & Archives collections.

La présente version électronique (PDF) a été numérisée par le Service de la bibliothèque et des archives de l'Union internationale des télécommunications (UIT) à partir d'un document papier original des collections de ce service.

Esta versión electrónica (PDF) ha sido escaneada por el Servicio de Biblioteca y Archivos de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) a partir de un documento impreso original de las colecciones del Servicio de Biblioteca y Archivos de la UIT.

هذه النسخة الإلكترونية (PDF) تم إنتاجها بالمسح الضوئي أجراه قسم المكتبة والمحفوظات في الاتحاد الدولي للاتصالات (ITU) من نسخة ورقية أصلية ضمن الوثائق المتوفرة في قسم المكتبة والمحفوظات.

此电子版（PDF版本）由国际电信联盟（ITU）图书馆和档案室利用存于该处的纸质文件扫描提供。

Настоящий электронный вариант (PDF) был подготовлен в библиотечно-архивной службе Международного союза электросвязи путем сканирования исходного документа в бумажной форме из библиотечно-архивной службы МСЭ.

© International Telecommunication Union

التوصيـــة ITU-R BO.1211

الأنظمة الرقمية للإرسال متعدد البرامج للخدمات التلفزيونية والصوتية وخدمات المعطيات للسواتل العاملة داخل مدى الترددات 11/12 GHz*

(المسألة ITU-R 217/11)

(عام 1995)

إن جمعية الاتصالات الراديوية التابعة للاتحاد الدولي للاتصالات (ITU)،

إذ تضع في اعتبارها

أ) أن التقنيات الرقمية لتشفير المصدر قد أحرزت تقدماً يمكنها من توفير مزايا عدة على صعيد جودة الصورة والصوت بالنسبة إلى التقنيات التماثلية الاصطلاحية وذلك بمعدل بتات مناسب للإرسال الفعال؛

ب) أن تقنيات تعدد الإرسال الرقمي توفر مرونة كبيرة في التوزيع الدينامي لمعدل المعطيات الإجمالي المصاحب لكل مكونة من مكونات البرنامج (الفيديو والصوت والمعطيات)، مما يتيح تعديل عدد البرامج ضمن تعدد الإرسال الواحد وتوفير الخدمات متعددة الوسائط؛

ج) أنه بإمكان تقنيات الإرسال الرقمي مقارنةً بالتقنيات التماثلية الاصطلاحية توفير كفاءة استخدام أفضل للطيف (يمكن مثلاً تصور معدلات معطيات تتراوح بين 25 و 50 Mbit/s تقريباً مع حماية ملائمة ضد الأخطاء في إطار المؤتمر الإداري العالمي للراديو الخاص بالإذاعة الساتلية (جنيف، 1977) (WARC BS-77) وللقدرة، وكذلك بتقديم مرونة أكبر في التشكيل مهما كان عرض النطاق الذي يستخدمه الساتل وموارد القدرة المتوفرة.

د) أن الإرسالات الرقمية هي أقل تطلباً من الإرسالات التماثلية فيما يخص الحماية ضد التداخل مما يتيح تحسين كفاءة استخدام الطيف؛

هـ) أن الدارات الرقمية المتكاملة والواسعة النطاق قادرة على تقليص تكاليف التجهيزات للإنتاج الغزير؛

و) أنه من الممكن تصميم أنظمة رقمية جديدة للتلفزيون متعدد البرامج قابلة للتشغيل في قنوات ساتلية قائمة تستخدم النطاقين 11/12 GHz؛

ز) أن القطاع ITU-R شرع بدراسات موسعة ترمي إلى التوصل إلى معيار عالمي بشأن النقاط التالية:

- احتياجات الأنظمة الرقمية والتلفزيونية الساتلية؛
- مفهوم الإذاعة الرقمية المتكاملة الخدمات (ISDB) ولا سيما الوسائط التي تتيح توفير نقل خدمات المعطيات ومعلومات الخدمة؛
- تقنيات التخليط المشتركة للنفاذ الشرطي؛
- البحث عن أكبر عدد ممكن من العناصر المشتركة في وسائط النقل المختلفة كالساتل ونظام الهوائي الجماعي للاستقبال التلفزيوني الساتلي (SMATV) والمرسلات الأرضية والكبلات؛
- إمكانية تنفيذ مفهوم المستقبل التلفزيوني العالمي المتكامل لما فيه مصلحة الجماهير العامة بتوفير مستقبلات بأسعار معقولة في كافة أرجاء العالم؛
- إمكانية تطوير الملاءمة مع التلفزيون عالي الوضوح (TVHD) في المستقبل؛
- الملاءمة بين مختلف المشاريع التقنية والاحتياجات المذكورة سابقاً؛
- المحاكاة في الحاسوب والتجارب المخبرية والميدانية لمختلف الطرائق المقترحة؛

---

* للتطبيقات الساتلية الخدمة الثابتة الساتلية (FSS)، يجب أن ترفع هذه التوصية إلى لجنة الدارسات 4 للاتصالات الراديوية.

وإذ تضع أيضاً في اعتبارها

ح) أن الخدمات الرقمية الساتلية متعددة البرامج قد جرى استخدامها في بعض البلدان ويتم التخطيط للبدء في استخدامها اعتبارا من عام 1995 في عدد من البلدان الأخرى؛

ط) أن الأنظمة التلفزيونية الساتلية متعددة البرامج هي الآن قيد التطوير في أجزاء عديدة من العالم؛ وتتابع عدة إدارات خارج أوروبا دراسة هذه الأنظمة وتعتزم اتخاذ قرار بشأن اعتماد المعايير ذات الصلة لعرضها على القطاع ITU-R؛

ي) أن مذكرة تفاهم (MoU) بشأن تطوير خدمات متسقة للإذاعة الفيديوية الرقمية (DVB) في أوروبا قد جرى التوقيع عليها من قبل أكثر من 150 جهة تضم مصنعي التجهيزات والمذيعين ومشغلي الشبكات والإدارات؛

ك) أن المشروع DVB قد أفضى إلى اقتراح نظام عام للإذاعة الساتلية في مدى الترددات GHz 11/12 (النظام DVB-S) الذي يكوّن معيار اتصالات أوروبي (ETS)؛

ل) أن النظام DVB-S يضم العناصر التالية الموجودة حالياً قيد التطوير بغية دمجها في المستقبلات واسعة الانتشار اعتباراً من عام 1995:

- تشفير الصورة والصوت، وتعدد إرسال النقل، ونظام معلومات الخدمة حسب مشروع المعيار الدولي ISO/IEC 13818؛
- نقل معطيات الخدمة، ونظام التخليط المشترك والسطوح البينية المشتركة للتجهيزات الخارجية؛

م) أن النظام DVB-S يقدم الحد الأقصى من العناصر المشتركة (بما فيها تشفير المصدر وتعدد الإرسال وتشفير الخرج ريد سولومون) مع النظام DVB-S المقترح للتوزيع بالكبل والنظام DVB-CS المقترح للتوزيع عن طريق الأنظمة SMATV والنظام DVB-T الموجود قيد التطوير من أجل الإذاعة للأرض،

توصي

1 بضرورة مراعاة بنية الرتل وتشفير القنوات وطرائق التشكيل للنظام DVB-S الواردة في الملحق 1 للاتفاق على معيار عالمي لإدراج الخدمات التلفزيونية الرقمية الساتلية متعددة البرامج مع وصلة هابطة داخل مدى الترددات GHz 11/12.

الملاحظة 1– استحابة لهذه التوصية فقد عين مقرر خاص بشأن الاتفاق على معيار عالمي يمكن تطبيقه على الأنظمة الرقمية للإرسال المتعدد البرامج التلفزيوني والصوتي وخدمات المعطيات للسواتل العاملة ضمن مدى الترددات GHz 11/12. ولهذه الغاية سيدرس المقرر الخاص النظام DVB-S وكذلك الأنظمة الرقمية الأخرى القائمة للإرسال متعدد البرامج الساتلي بغية إعداد معيار عالمي.

الملحق 1

أنظمة الإرسال الرقمية لخدمات التلفزيون والصوت والمعطيات–بنية الرتل وتشفير القناة والتشكيل للخدمات الساتلية داخل مدى الترددات GHz 11/12

(المعيار ETS 300421-ETS)

المحتويات

		الصفحة
1	مجال التطبيق	33
2	المراجع المعيارية	33
3	الرموز والمختصرات	34
1.3	الرموز	34
2.3	المختصرات	34

الصفحة

4 نظام الإرسال 35
1.4 تعريف النظام 35
2.4 التكييف مع خصائص مرسل – مستجيب الساتل 36
3.4 السطوح البينية 36
4.4 تشفير القناة 36
1.4.4 تكييف تعدد إرسال النقل وعشوائية تشتت الطاقة 36
2.4.4 التشفير الخارجي (ريد–سولومون) والتشذير والترتيل 38
3.4.4 التشفير الداخلي (التلافيفي) 38
5.4 قولبة النطاق الأساسي والتشكيل 40
5 خصائص أداء الأخطاء 41
التذييل 1 (ذو صفة معيارية) طيف الإشارة عند خرج المشكل 41
التذييل 2 (ذو صفة إعلامية) الوصف النظري للنظام 43
التذييل 3 (ذو صفة إعلامية) أمثلة للمقارنة بين معدل البتات وعرض نطاق المرسل المستجيب 45
التذييل 4 (ذو صفة معيارية) أمثلة عن استخدام النظام 48

1 مجال التطبيق

يصف مشروع المعيار الأوروبي للاتصالات (ETS) هذا نظام التشكيل وتشفير القناة (وسيسمى لاحقاً "بالنظام" لأغراض هذا المعيار ETS) لخدمات التلفزيون (TV) والتلفزيون عالي الوضوح (TVHD) الرقمية متعددة البرامج الساتلية من أجل تطبيقات التوزيع الأولي والثانوي في النطاقات التي تستخدمها الخدمة الثابتة الساتلية (FSS) والخدمة الإذاعية الساتلية (BRS). وعلى النظام توفير خدمات استقبال مباشر خاص (DTH) باستعمال مشفر مدمج في المستقبل (IRD) وكذلك خدمات الهوائيات الجماعية (تلفزيون بهوائي جماعي ساتلي (SMATV)) ومحطات النهايات الرأسية للتلفزيون بالكبل بإعادة التشكيل عموماً (انظر [1]).

ويستخدم النظام تشكيل الإبراق بزحزحة الطور الرباعية (QPSK) واستراتيجية الحماية من الأخطاء المتسلسلة التي تستند إلى المشفرة التلافيفية وشفرة ريد سولومون (RS) المختصرة.

ويمكن تكييف النظام مع عروض نطاق مختلفة للمرسل المستجيب في الساتل.

ويوفر النظام الملاءمة مع الخدمات التلفزيونية بالتشفير الفريق MPEG-2 (Moving Pictures Experts Group-2) [2] مع بنية إرسال متزامن مع تعدد إرسال الرزم. وتتيح مرونة تعدد الإرسال تطبيق قدرة الإرسال على تشكيلات متعددة من الخدمة التلفزيونية ولا سيما على الخدمات متعددة البرامج للصوت والمعطيات. وتوجد جميع عناصر الخدمة متعددة الإرسال بتقسيم الزمن (TDM) على حمالة رقمية واحدة.

ومجال تطبيق هذا المشروع للمعيار ETS هو التالي:

- وصف عام لنظام الإرسال الرقمي الساتلي التلفزيوني؛
- مواصفة إشارة التشكيل الرقمي لتوفير الملاءمة بين التجهيزات المنتجة لدى مصنعين مختلفين. ووصف مفصل لمبادئ معالجة الإشارة في المشكّل والمعالجة عن الاستقبال التي قد تتعلق بمختلف حلول التطبيق. غير أنه من الضروري ذكر بعض جوانب الاستقبال في هذه التوصية؛
- تعداد الخصائص العامة لأداء النظام تبعاً لأهداف نوعية الخدمة المطلوبة.

2 المراجع المعيارية

يستعيد هذا المعيار ETS عن طريق المراجع المورخة وغير المورخة بعض الأحكام المستمدة من منشورات أخرى. ويرد ذكر هذه المراجع المعيارية في المقاطع المناسبة في النص ثم تستكمل في قائمة المنشورات. وفيما يخص المراجع المورخة، لا تنطبق التعديلات أو المراجعات اللاحقة للمنشورات على هذا المعيار ETS إلا إذا أدرجت فيها عن طريق التعديل أو التنقيح. أما بالنسبة إلى المراجع غير المورخة تطبق النسخة الأحداث صدوراً.

[1] DTVB 1110/GT V4/MOD 252/DTVC 18, 7th revised version, January 1994: "Baseline modulation/channel coding system for digital multi-programme television by satellite" (Contribution from V4/MOD-B).

[2] [ISO/IEC DIS 13818-1 (June 1994): "Coding of moving pictures and associated audio".

[3] Forny, G.D. IEEE Trans. Comm. Tech., COM-19, pp. 772-781, October 1971: "Burst-correcting codes for the classic bursty channel".

[4] Intelsat Earth Station Standards (IESS) No. 308, revision 6 (26 October 1990): "Performance characteristics for Immediate Data Rate (IDR) digital carriers".

3 الرموز والمختصرات

1.3 الرموز

تستخدم الرموز التالية لأغراض هذا المعيار ETS:

α: عامل التخامد

C/N: نسبة الإشارة إلى الضوضاء

d_{free}: مسافة حرة لشفرة تلافيفية

E_b/N_0: نسبة الطاقة في البتة النافعة إلى ضعف الكثافة الطيفية لقدرة الضوضاء

f_N: تردد نيكويست

G_1, G_2: مولدات الشفرة التلافيفية

$g(x)$: متعدد حدود مولد الشفرة RS

I: سوية التشذير (بالأثامين)

I, Q: مكونات في طور الإشارة بتشكيل الطور الرباعي

J: دليل تفريغ المشذر

K: طول التقييد للشفرة التلافيفية

M: سوية تفريغ الشفرة التلافيفية بالنسبة إلى $j = 1$ و $M = N/I$

N: طول الرتل المحمي ضد الأخطاء (بالأثامين)

$P(x)$: متعدد حدود مولد المجال RS

r_m: تموج داخل النطاق (dB)

R_s: معدل الرموز المقابلة لعرض النطاق نيكويست الثنائي الطرف للإشارة المشكلة

R_u: معدل البتات النافع عند خرج معدد إرسال النقل MPEG-2 [2]

R'_u: معدل البتات عند خرج المشفر الخارجي RS

T: عدد الأثامين التي يمكن تصحيحها في رزمة محمية RS

T_s: فترة رمزية

X, Y: تدفق البتات المزدوجة عند خرج التشفير التلافيفي بنسبة 1/2

2.3 المختصرات

تستخدم المختصرات التالية لأغراض هذا المعيار ETS:

AWGN: ضوضاء غوس البيضاء المضافة

BB: النطاق الأساسي

BER: معدل خطأ البتات

BSS: خدمة ساتلية إذاعية

BW: عرض النطاق

DTH: مباشر خاص

EBU: اتحاد الإذاعات الأوروبية

ETS: معيار أوروبي للاتصالات

:FDM تعدد إرسال بتقسيم التردد
:FEC تصحيح أمامي للأخطاء
:FIFO مسجل الزحزحة حسب أولوية الدخول
:FIR استجابة نبضية منتهية
:FSS خدمة ساتلية ثابتة
:hex ترميز ستة عشري
:HDTV تلفزيون عالي الوضوح
:IF تردد وسيط
:IMUX مرشاح معدد إرسال الدخل
:IRD مفكك الشفرة المستقبل المدمج
:ITU الاتحاد الدولي للاتصالات
:ITU-T قطاع تقييس الاتصالات
:MPEG Moving Pictures Experts Group (فريق خبراء الصور المتحركة)
:MSB البتة الأكثر دلالة
:MUX تعدد الإرسال
:OBO تنقيص قدرة الخرج
:oct ترميز ثماني
:OMUX مرشاح معدد إرسال الخرج
:P تثقيب
:PDH تراتبية رقمية متقاربة التزامن
:PSK إبراق بزحزحة الطور
:PRBS تتابع اثنيني شبه عشوائي
:QEF شبه خالٍ من الأخطاء
:QPSK إبراق رباعي بزحزحة الطور
:R تتابع عشوائي
:RF تردد راديوي
:RS رید - سولومون
:SMATV تلفزيون بهوائي جماعي ساتلي
:TBD للتحديد
:TDM تعدد الإرسال بتقسيم الزمن
:TV تلفزيون
:TWTA مكبر ذو أنبوبة بموجات متنقلة

4 نظام الإرسال

1.4 تعريف النظام

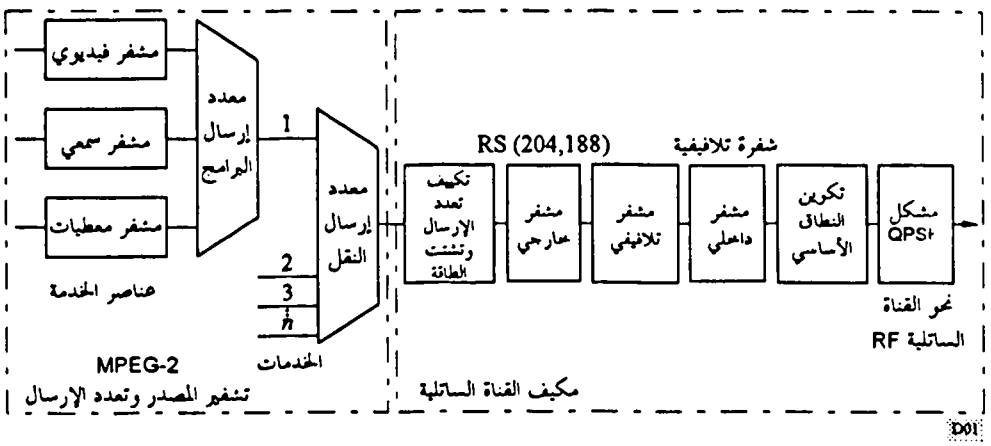
يتحدد النظام على شكل قدرات وظيفية للتجهيزات تعمل على تكييف الإشارات التلفزيونية في النطاق الأساسي عند خرج معدد إرسال النقل MPEG-2 [2] حسب خصائص القناة الساتلية. ويخضع تدفق المعطيات إلى العمليات التالية (انظر الشكل 1):

- تكييف تعدد إرسال النقل وجعله عشوائياً لأغراض تشتيت الطاقة،
- تشفير خارجي (كالتشفير RS مثلاً)،
- تشذير تلافيفي،
- تشفير داخلي (كالشفرة التلافيفية المنقطعة مثلاً)،
- قولبة النطاق الأساسي لأغراض التشكيل،

ويتناول التذييل 2 بالدراسة موضوع الوصف الوظائفي للنظام.

الشكل 1

مخطط إجمالي وظيفي للنظام



إن خدمات الاستقبال المباشر الخاص (DTH) عبر السواتل حساسة خصوصاً لتحديدات القدرة، ولذا يتم البحث أساساً عن مقاومة جيدة للضوضاء والتداخل، وتأتي فعالية استخدام الطيف عندئذ في الدرجة الثانية. ومن أجل الحصول على مردود كبير جداً للقدرة دون خسارة فادحة على صعيد فعالية استخدام الطيف يعتمد النظام تشكيلاً بالإبراق QPSK وتجري عمليات التشفير التلافيفي والتشفير RS بالتسلسل. والشفرة التلافيفية قادرة على تشكيلات مرنة تتيح استمثال أداء النظام بالنسبة لعرض نطاق مرسل مستجيب ساتلي معين (انظر التذييل 3).

ويستمثل النظام لتعدد الإرسال بتقسيم الزمن (TDM) على حمالة واحدة لكل مكرر ولكنه قادر أيضاً على تطبيقات بحمالات متعددة مع تعدد إرسال بتقسيم التردد (FDM).

ويتلاءم النظام مباشرة مع الإشارات التلفزيونية ذات التشفير MPGE-2 [2]. ويتزامن رتل إرسال المودم مع رزم النقل الخارجة من معدد الإرسال MPEG-2.

وعندما تتجاوز الإشارة المستقبلة العتبتين *C/N* و *C/I* تسمح تقنيات التصحيح الأمامي للأخطاء (FEC) التي يعتمدها النظام، بالتقيد بهدف ذي صفة نوعية وهو "شبه خال من الأخطاء" (QEF) مما يعادل نسبة أقل من خطأ واحد غير مصحح كل ساعة من الإرسال أي بمعدل BER يتراوح بين 1×10^{-10} و 1×10^{-11} عند دخل معدد الإرسال MPEG-2.

2.4 التكييف مع خصائص مرسل – مستجيب الساتل

تستخدم إرسالات التلفزيون الرقمي متعدد البرامج سواتل الخدمة FSS و BSS على نحو يعتمد فيه اختيار عرض نطاق المرسل المستجيب على الساتل المستعمل وعلى معدلات المعطيات المطلوبة في الخدمة المعنية.

ويتم تكييف معدل الرموز مع خصائص المرسل المستجيب. وترد في التذييل 3 أمثلة معدة انطلاقاً من المحاكاة على الحاسوب لسلسلة بنظام ساتلي افتراضي (دون مراعاة تأثيرات التداخل).

3.4 السطوح البينية

يستخدم النظام المحدد في هذا المشروع للمعيار ETS السطوح البينية المبينة في الجدول 1.

4.4 تشفير القناة

1.4.4 تكييف تعدد إرسال النقل وعشوائية تشتت الطاقة

يتكون تدفق المعطيات عند دخل النظام من رزم ذات طول ثابت (انظر الشكل 3) بعد مرورها في معدد إرسال النقل MPEG-2 [2]. ويبلغ الطول الإجمالي للرزمة عند خروجها من معدد إرسال النقل MPEG-2 188 ألمونا. ويضم هذا المقدار ألمون كلمة التزامن (47_{hex}). وعند الإرسال، تبدأ المعالجة دائماً بالبتة الأكثر دلالة (0) في ألمون كلمة التزامن (01000111).

الجدول 1

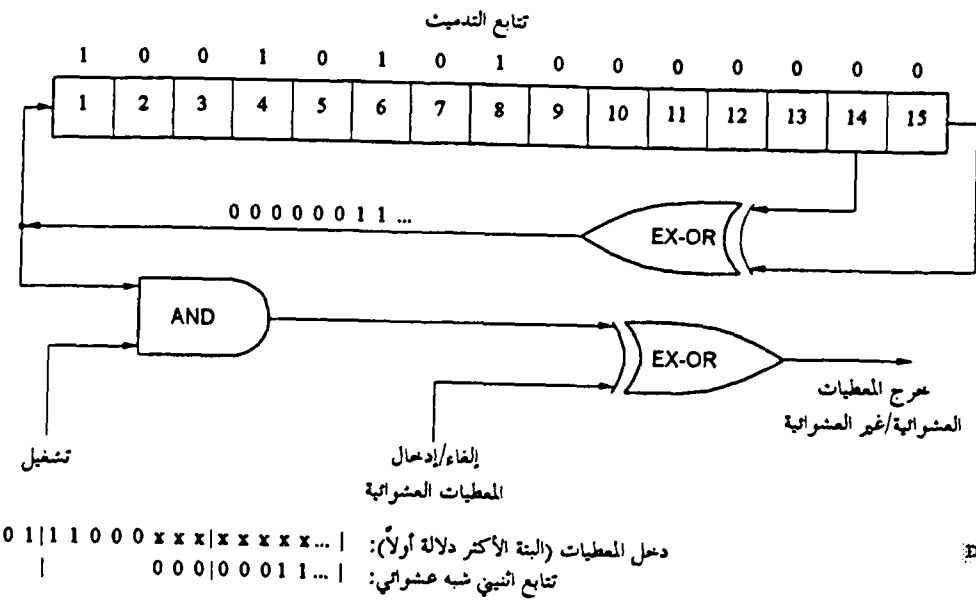
السطوح البينية للنظام

الموقع	السطح البيني	نمط السطح البيني	التوصيل
محطة إرسال	دخل	تعدد إرسال النقل MPEG-2 [2]	من معدد إرسال MPEG-2
	خرج	ترددات وسيطة MHz 140/70	نحو الأجهزة RF
تجهيزات الاستقبال	خرج	تعدد إرسال النقل MPEG-2	نحو معدد إرسال MPEG-2
	دخل	يحدد فيما بعد	من الأجهزة RF (تركيب داخلي)

ومن أجل التقيد بلوائح الراديو الصادرة عن الاتحاد الدولي للاتصالات وتأمين انتقالات آنية ملائمة ينبغي جعل المعطيات عند دخل معدد الإرسال MPEG-2 عشوائية طبقاً للتشكيلة المبينة في الشكل 2.

الشكل 2

مخطط العشوائية/إزالة العشوائية



ويتشكل متعدد حدود مولد التتابع الاثنيني شبه العشوائي على النحو التالي:

$$1 + x^{14} + x^{15}$$

ويبدأ تحميل التتابع "100101010000000" في سجلات تنظيم التتابع الاثنيني شبه العشوائي في بداية كل مجموعة من ثماني رزم نقل. وتتوفر إشارة التدميث لمزيل التخليط عن طريق قلب اثنيني من 47_{hex} إلى $B8_{hex}$ في أثمون التزامن MPEG-2 لأول رزمة نقل في مجموعة من 8 رزم في عملية تدعى "تكييف تعدد إرسال النقل".

وتطبق أول بتة خرج لمولد التتابع الاثنيني شبه العشوائي على أول بتة (أي البتة الأولى الأكثر دلالة) من الأثمون الأول الذي يلي أثمون التزامن المقلوب MPEG-2 (وهو $B8_{hex}$). ومن أجل تسهيل وظائف التزامن الأخرى خلال معالجة أثامين التزامن MPEG-2 في رزم النقل السبع التالية، يستمر التوليد الشبه عشوائي ولكن يفك توصيل الخرج ولا تتم عشوائية هذه الأثامين. وهكذا تكون فترة التتابع الاثنيني شبه العشوائي 503 1 أثمونا.

كما أن العملية العشوائية نشطة أيضاً عندما لا يوجد تدفق دخل المشكل أو عندما لا يتلاءم مع نسق تدفق النقل MPEG-2 (أي 1 أممون تزامن + 187 أممون رزم). ويمكن بذلك تجنب إرسال حمالة غير مشكلة عند خرج المشكل.

2.4.4 التشفير الخارجي (ريد – سولومون) والتشذير والترتيل

تقوم بنية الترتيل على بنية رزم الدخل (انظر الشكل 3a).

وتطبق الشفرة RS المختصرة (204,188, $T = 8$) المشتقة من الشفرة الأولية (255,239, $T = 8$) على كل رزمة نقل عشوائية (188 أممونـاً) (انظر الشكل 3b)، وهي عملية تحمي الرزم من الأخطاء (انظر الشكل 3c). كما يطبق التشفير RS أيضاً على أممون تزامن الرزم في شكل غير مقلوب (47_{hex}) أو مقلوب ($B8_{hex}$).

متعدد حدود مولد الشفرة: $g(x) = (x + \lambda^0)(x + \lambda^1)(x + \lambda^2) \ldots (x + \lambda^{15})$، حيث $\lambda = 02_{hex}$.

متعدد حدود مولد المجال: $p(x) = x^8 + x^4 + x^3 + x^2 + 1$.

وتطبق الشفرة RS المختصرة عن طريق إضافة 51 أممونـاً توضع جميعها على الصفر قبل أنامين المعلومات عنـد دخل المشفر (255,239). وتستبعد هذه الأنامين المعدومة بعد إجراء التشفير RS.

وحسب مخطط الأداء النظري المبين في الشكل 4 يطبق التشذير التلافيفي من السوية 1 = 12 على الرزم المحمية ضد الأخطاء (انظر الشكل 3c) مما يؤدي إلى رتل مشذر (انظر الشكل 3d).

ويستند إجراء التشذير التلافيفي إلى منهج فورني (انظر [3]) المتلائم مع منهج رامسي من النمط I11 مـع I=12. ويتـألف الرتـل المشـذر مـن رزم متراكبة محمية ضد الأخطاء تحددها أنامين التزامن المقلوبة أو غير مقلوبة MPEG-2 [2] (مما يحافظ على الفئات من 204 أنامين).

ويضم المشذر I=12 تفريعاً موصولة دورياً إلى تدفق أنامين الدخل عن طريق بدالة الدخول. ويرافق كل تفريـع مسـجل بزحزحـة (FIFO) وبخلايـا من السوية (Mj) ($M = 17 = N/I$، $N = 204$ = طول الرتل المحمي ضد الأخطاء، $I = 12$ – سوية التشذير، j – دليـل التفريـع). وتحـوي خلايـا المسجل ذي الزحزحة أممونـاً واحداً وتكون بدالات الدخول والخروج متزامنة.

وتنقل دائماً أنامين التزامن وأنامين التزامن المقلوبة لأغراض التزامن على التفريع "0" للمشذر (مما يعادل تأخيراً معدوماً).

الملاحظة 1 – إن مزيل التشذير هو مبدئياً مشابه للمشذر إلا أن دلائل التفريع مقلوبة (j – 0 تقابل وقت الانتشار الأقصى). ويتوفـر تزامـن مزيـل التشذير عن طريق نقل أول أممون تزامن يتم التعرف عليه في التفريع "0".

3.4.4 التشفير الداخلي (التلافيفي)

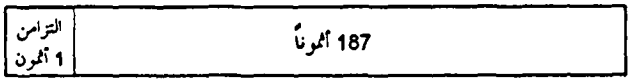
يتيح النظام اعتماد مدى من الشفرات التلافيفية المتقطعة على أساس شفرة تلافيفية بمعدل ½ مع طول تقييـد $K = 7$. وبهـذا يمكـن اختيـار سـوية تصحيح الأخطاء الأكثر ملاءمة مع مراعاة الخدمة أو معدل المعطيات المعني. ويوفر النظام معدلات تشفير تلافيفي قدرها ½ و ⅔ و ¾ و ⅚ و ⅞.

والتشفير التلافيفي المقطع المستخدم هو ذلك المبين في الجدول 2 (انظر أيضاً الشكل 5).

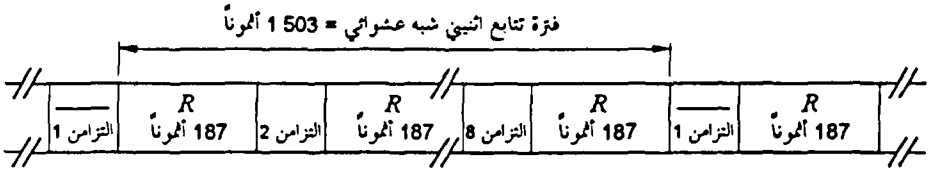
الملاحظة 1 – يتم تجريب كل معدل من معدلات التشفير وكل تشكيلة من تشكيلات التثقيب عند الاستقبال وحتى حيازة الإقفـال. ويمكـن حـل التباس الطور π عند مزيل التشكيل عن طريق فك تشفير أممون التزامن MPEG-2 [2] الذي يحدد الرتل المشذّر.

الشكل 3

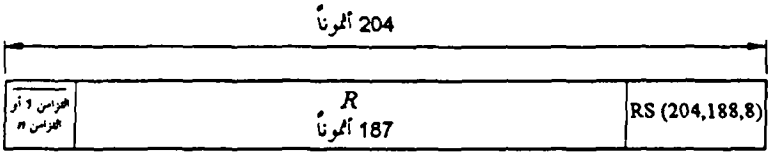
بنية تشكيل الرتل



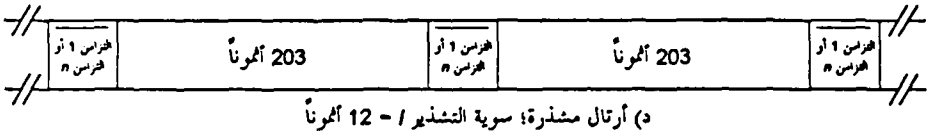
أ) رزمة تعدد إرسال النقل MPEG-2



ب) رزم النقل العشوائية: أثامين التزامن والتتابع العشوائي *R*



ج) رزمة محمية ضد الأخطاء عن طريق الشفرة *RS (188,204، T = 8)*



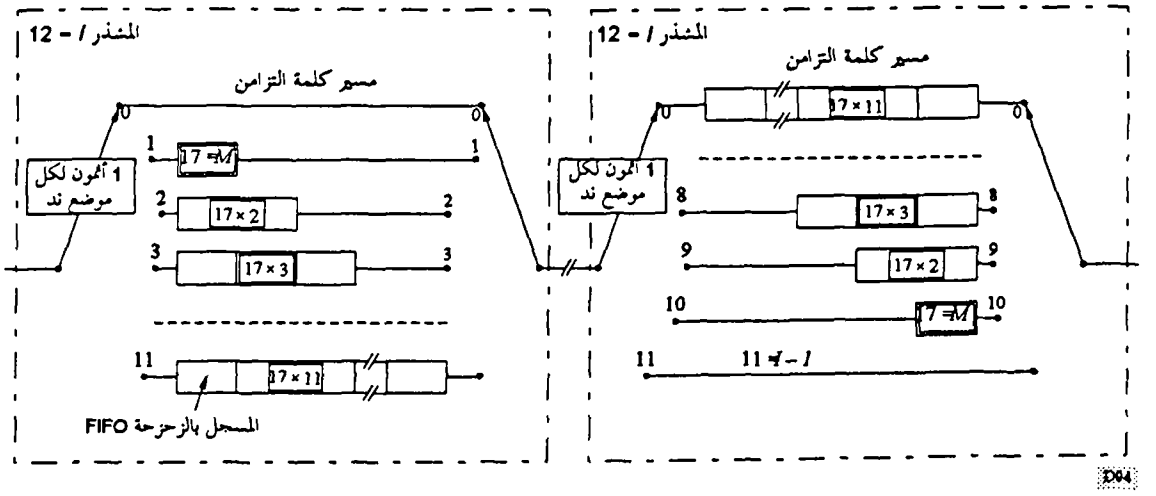
د) أرتال مشذرة؛ سوية التشذير *I* = 12 ألموناً

التزامن 1: ألمون تزامن دون عشوائية مكملة
التزامن *n*: ألمون تزامن غير عشوائي *n* = 2، 3، ...، 8

D03

الشكل 4

مخطط إجمالي نظري للمشذر ومزيل التشذير التلافيفين



D04

الجدول 2

تعريف الشفرة المتقطعة

شفرة المصدر			معدلات الشفرة									
			1/2		2/3		3/4		5/6		7/8	
K	G_1 (X)	G_2 (Y)	P	d_{free}	P	d_{free}	P	d_{free}	P	d_{free}	P	d_{free}
7	171_{oct}	133_{oct}	$X = 1$ $Y = 1$ $I = X_1$ $Q = Y_1$	10	$X = 10$ $Y = 11$ $I = X_1 Y_2 Y_3$ $Q = Y_1 X_3 Y_4$	6	$X = 101$ $Y = 110$ $I = X_1 Y_2$ $Q = Y_1 X_3$	5	$X = 10101$ $Y = 11010$ $I = X_1 Y_2 Y_4$ $Q = Y_1 X_3 X_5$	4	$X = 1000101$ $Y = 1111010$ $I = X_1 Y_2 Y_4 Y_6$ $Q = Y_1 Y_3 X_5 X_7$	3

1: بتة مرسلة

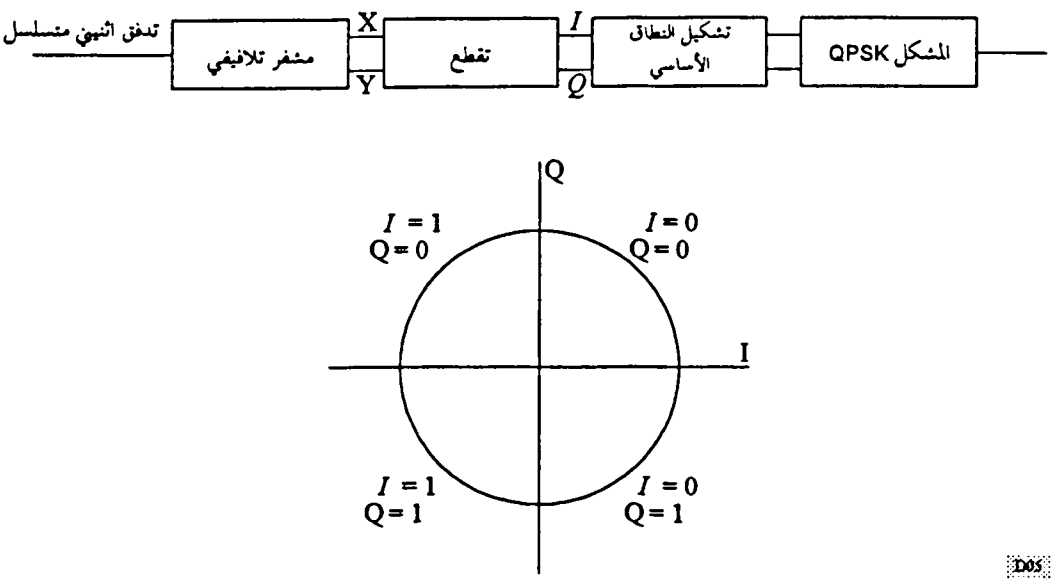
0: بتة غير مرسلة

5.4 قولبة النطاق الأساسي والتشكيل

يستخدم النظام تشكيل الإبراق QPSK بتشفير غري الاصطلاحي مع توزيع مطلق (لا يوجد تشفير تفاضلي). وتستخدم في إنضاء الإشارة بنية بتات مطابقة لتلك المبينة في الشكل 5.

الشكل 5

كوكبة الإبراق QPSK



وقبل التشكيل يتم ترشيح الإشارتين I و Q (الممثلتين حسابياً عن طريق تتابع وظائف دلتا ديراك التي تفصل بين كل منهما المدة $T_S = 1/R_S$ مع الإشارة المناسبة) عن طريق رفع جيوب التمام للقوة ½. ويبلغ عامل التخامد 0.35.

ولترشيح النطاق الأساسي برفع جيب التمام إلى القوة ½، دالة نظرية تتحدد كما يلي:

$$H(f) = 1 \qquad \text{for} \quad |f| < f_N (1 - \alpha)$$

$$H(f) = \left\{\frac{1}{2} + \frac{1}{2}\sin\frac{\pi}{2f_N}\left[\frac{f_N - |f|}{\alpha}\right]\right\}^{1/2} \qquad \text{for} \quad f_N (1 - \alpha) \le |f| \le f_N (1 + \alpha)$$

$$H(f) = 0 \qquad \text{for} \quad |f| > f_N (1 + \alpha)$$

حيث:

f_N: تردد نيكويست

$$\frac{1}{2T_s} = \frac{R_s}{2} =$$

α: عامل التخامد

0.35 =

ويضم التذييل 1 مقاس طيف الإشارة عند خرج المشكل.

5 خصائص أداء الأخطاء

يقدم المودم الموصل في العروة IF الخصائص BER بالنسبة إلى شروط الأداء E_b/N_0 المبينة في الجدول 3.

الجدول 3

أداء العروة IF في النظام

معدل التشفير الداخلي	نسبة E_b/N_0 المطلوبة للمعدل BER = 2×10^{-4} بعد تشفير فيتربي QEF بعد التشفير RS
1/2	4.5
2/3	5.0
3/4	5.5
5/6	6.0
7/8	6.4

الملاحظة 1- تقابل قيم النسبة E_b/N_0 معدل البتات النافع قبل التشفير RS مع مراعاة هامش تطبيق مودم بقيمة 0,8 dB وكذلك زيادة عرض نطاق الضوضاء الناجمة عن التشفير الخارجي (10 log 188/204 = 0,36 dB).

الملاحظة 2- تعني العبارة شبه خال من الأخطاء (QEF) أقل من خطأ غير مصحح لكل ساعة أي بمعدل يتراوح بين 1×10^{-10} و 2×10^{-11} عند دخل مزيل تعداد الإرسال MPEG-2.

ويضم التذييل 4 قيماً دلالية لأداء النظام الساتلي.

التذييل 1

للملحق 1

(ذو صفة معيارية)

طيف الإشارة عند خرج المشكل

يبين الشكل 6 مقاساً لطيف الإشارة عند خرج المشكل.

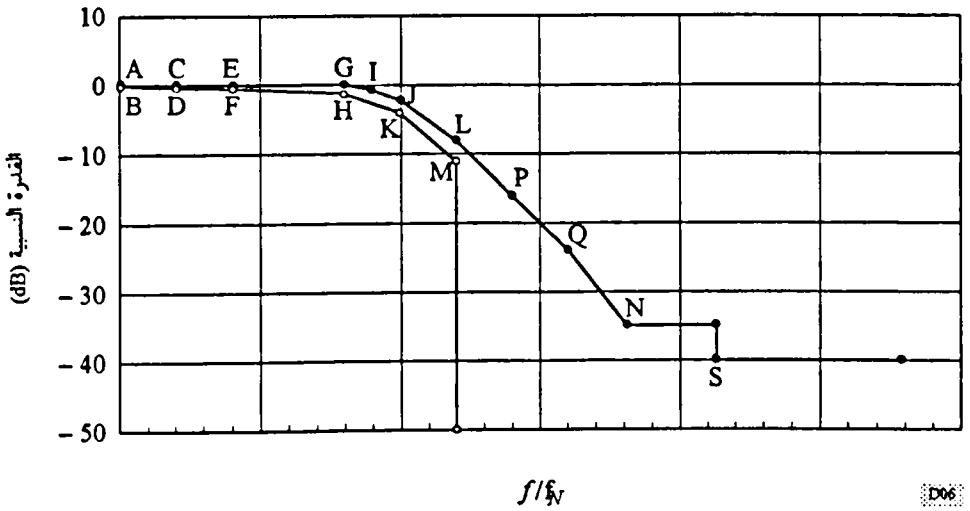
ويقدم هذا الشكل أيضاً قناعاً يمكن استعماله عند التنفيذ المادي لمرشاح التشكيل نيكويست المحدد في الفقرة 5.4. ويرد تعريف النقاط من A إلى S للشكلين 6 و 7 في الجدول 4. ولقد تم إعداد قناع الاستجابة بتردد المرشاح استناداً إلى فرضية إشارات الدخل التي تستجيب لدالة دلتا ديراك المثالية مع تباعد يعادل مدة الرمز $T_s = 1/R_s = 1/2f_N$ بينما توجد في حالة إشارات الدخل المستطيلة إمكانية تطبيق تصحيح $x/\sin x$ مناسب على استجابة المرشاح.

ويمثل الشكل 7 قناعاً لوقت الانتشار الذي يطبق على التنفيذ المادي لمرشاح التشكيل نيكويست.

ويستند الشكلان 6 و 7 إلى الشكل [4] مع تعديل بسيط بسبب التخامد المختلف.

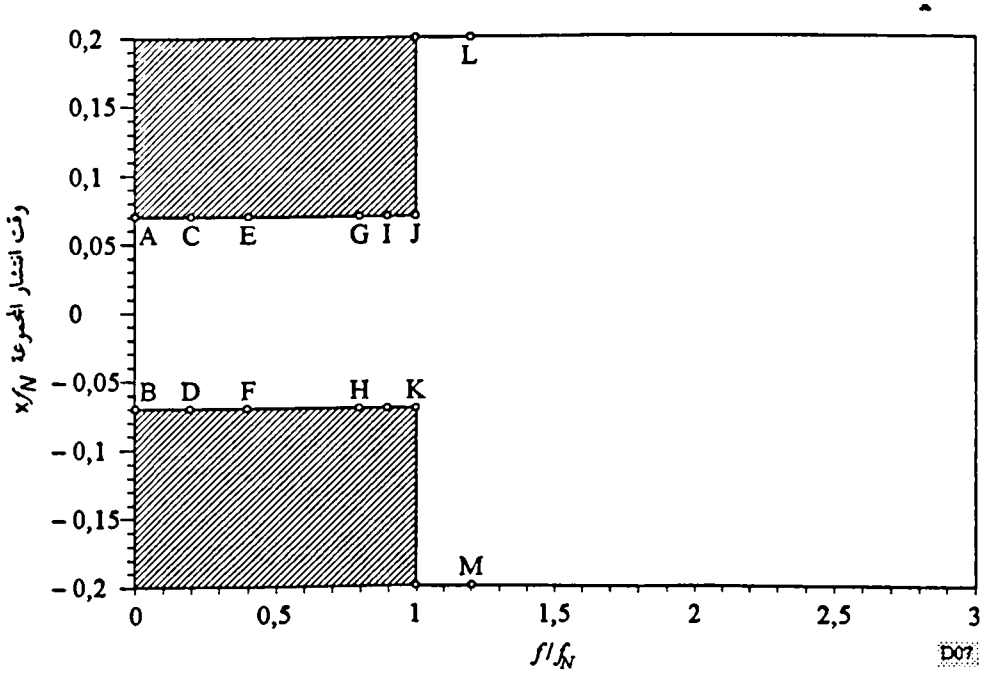
الشكل 6

مقاس قناع طيف الإشارة عند خرج المشكل



الشكل 7

مقاس وقت الانتشار الجماعي لمرشاح المشكل



الجدول 4

تعريف نقاط الشكل 6

النقطة	التردد	القدرة النسبية (dB)	وقت الانتشار الجماعي
A	$0.0 f_N$	+0.25	$+0.07/f_N$
B	$0.0 f_N$	−0.25	$-0.07/f_N$
C	$0.2 f_N$	+0.25	$+0.07/f_N$
D	$0.2 f_N$	−0.40	$-0.07/f_N$
E	$0.4 f_N$	+0.25	$+0.07/f_N$
F	$0.4 f_N$	−0.40	$-0.07/f_N$
G	$0.8 f_N$	+0.15	$+0.07/f_N$
H	$0.8 f_N$	−1.10	$-0.07/f_N$
I	$0.9 f_N$	−0.50	$+0.07/f_N$
J	$1.0 f_N$	−2.00	$+0.07/f_N$
K	$1.0 f_N$	−4.00	$-0.07/f_N$
L	$1.2 f_N$	−8.00	–
M	$1.2 f_N$	−11.00	–
N	$1.8 f_N$	−35.00	–
P	$1.4 f_N$	−16.00	–
Q	$1.6 f_N$	−24.00	–
S	$2.12 f_N$	−40.00	–

التذييل 2

للملحق 1

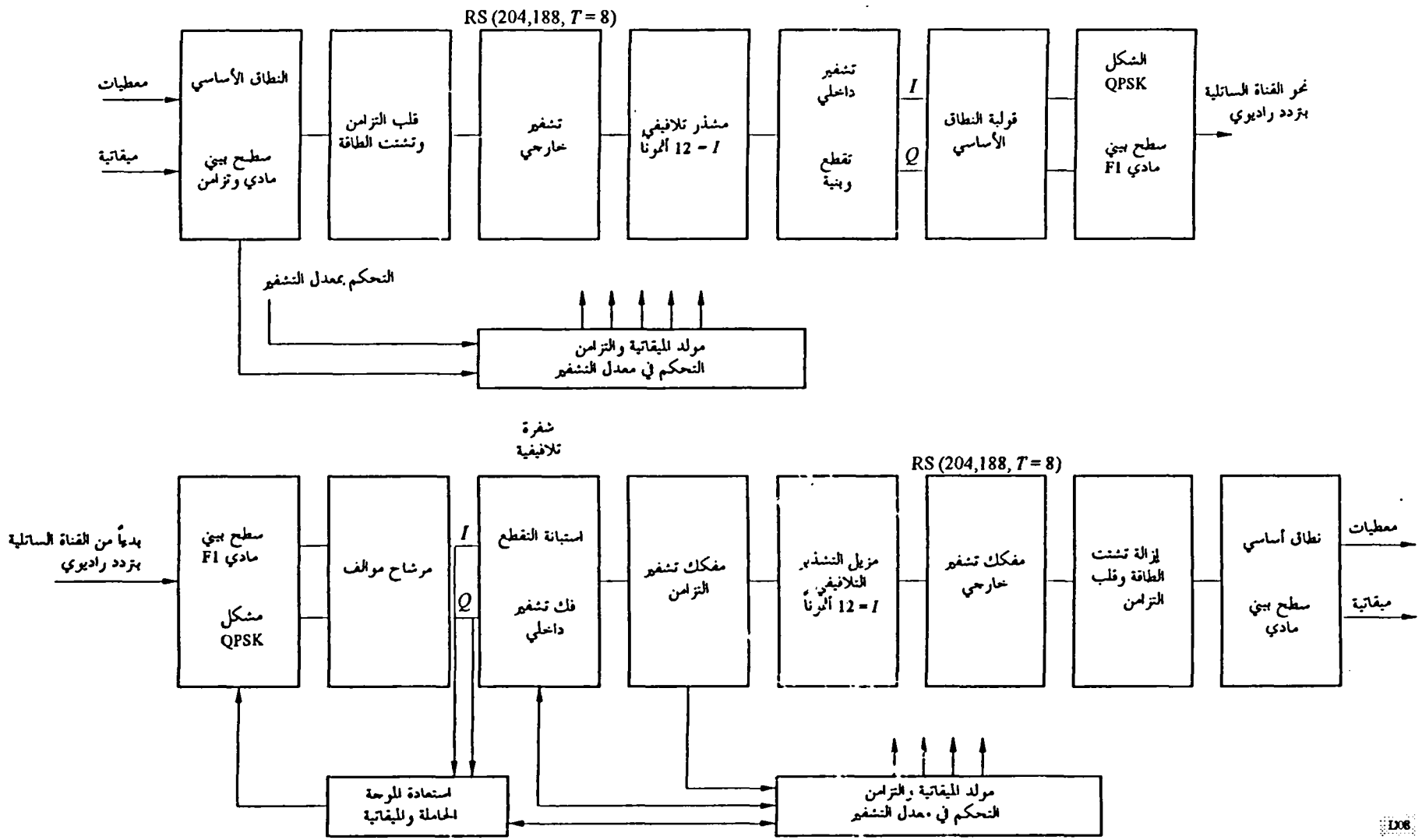
(ذو صفة إعلامية)

الوصف النظري للنظام

يوفر المشكل ومزيل التشكيل الوظائف المشار إليها في المخططات الإجمالية للشكل 8.

الشكل 8

مخطط إجمالي نظري للنظام عند الإرسال والاستقبال



بما أن المعطيين الإجماليين للمشكل ومزيل التشكيل متماثلان نكتفي فيما يلي بوصف ثانيهما:

- *السطح البيني F1 ومزيل التشكيل بالإبراق QPSK*: توفر هـذه الوحـدة إزالـة تشـكيل متسـقة تربيعيـة وتحويـلاً تماثليـاً/رقميـاً موفـرة بذلـك معلومات "قرار تدريجي" بخصوص الإشارتين I و Q لمفكك الشفرة الداخلي.

- *المرشاح المتوائم*: توفر هذه الوحدة ترشيحاً تكميلياً للتكوين النبضي من نمط حبيب التمام مرفوعاً للقـوة ½ تبعـاً للتخـامد. ويتيـح اسـتخدام المرشاح الرقمي ذي الاستجابة النبضية المنتهية أن تتساوى التشوهات الخطية في القناة.

- *وحدة استعادة الحمالة/الميقاتية*: يستعيد هذا الجهاز تزامن إزالة التشكيل. وينبغي أن يكون احتمـال حـدوث انزلاقـات في قيـم النسـبة C/N على سوية مزيل التشكيل ضعيفاً جداً.

- *مشفر داخلي*: توفر هذه الوحدة فك تشفير الحماية ضد أخطاء السوية الأولى. وينبغي أن يتم العمل بمعـدل BER "القـرار العسـير" المكـافئ عنـد الدخـل الـذي يتراوح بين 1×10^{-1} و 1×10^{-2} (حسب معـدل التشفير المعتمد)، وأن يعطي معـدلاً BER عنـد الخـرج لا يتجـاوز 2×10^{-4} تقريباً. ويقابل المعدل BER عند الخرج جودة الخدمة المطلوبة بعد تصحيـح التشـفير الخـارجي. ومـن الممكـن أن تسـتخدم هـذه الوحدة معلومات "القرار المبرمج". كما يمكنها تجريب كل قيمة من قيم معدل التشفير والتشكيلات المتقطعة إلى أن يتم الإقفـال. كمـا تحـل فضلاً عن ذلك التباس طور إزالة التشكيل $\pi/2$.

- *مفكك تشفير أمّون التزامن*: تفك هذه الوحدة شفرة أثامين التزامن MPEG-2 [2] وتوفـر بذلـك معلومـات عـن الـتزامن مـن أجـل إزالـة التشوير. كما يمكنها أيضاً استعادة الالتباس π في مزيل التشكيل بالإبراق QPSK (مما لا يستطيع مفكك تشفير فيتربي كشفه).

- *مزيل التشذير التلافيفي*: يتيح هذا الجهاز عشوائية رشقات الأخطاء عند خرج مفكـك الشـفرة الداخلي علـى أسـاس الأمّـون بغيـة تحسـين مقدرة تصحيح رشقات الأخطاء في مفكك الشفرة الخارجي.

- *مفكك الشفرة الخارجي*: توفر هذه الوحدة سوية ثانية للحماية من الأخطاء. وهي تعطي خرجاً شبه خـال مـن الأخطـاء (أي معـدل BER يتراوح بين 1×10^{-10} و 1×10^{-11} تقريباً) عند وجود رشقات أخطاء دخل تعادل معدل BER 7×10^{-4} تقريباً أو أفضل من ذلك عنـد التشذير اللامتناهي للأثامين. وفي حالـة سويـة تشذير تعـادل $I = 12$ يفترض أن المعـدل BER المقابل عنـد خرج شـبه خـال مـن الأخطـاء يساوي 2×10^{-4}.

- *إزالة تشتت الطاقة*: تستعيد هذه الوحدة معطيات المستعمل باستبعاد تتابع العشوائية المستخدم لغايـات تشـتت الطاقـة وتعيـد أمّـون الـتزامن المقلوب إلى قيمته التزامنية MPEG-2 العادية.

- *السطح البيني المادي للنطاق الأساسي*: تكيف هذه الوحدة بنية المعطيات مع النسق والبروتوكول المطلوب عن طريق السطح البيني الخارجي.

الملاحظة 1 – يتيح النظام MPEG-2 [2] موضعة بتة وسم الخطأ في رأسية الرزمة عند تجاوز المقدرة على التصحيح في التشفير الخارجي.

التذييل 3
للملحق 1
(ذو صفة إعلامية)

أمثلة للمقارنة بين معدل البتات وعرض نطاق المرسل المستجيب

تتم مواءمة معدل رموز الإرسال R_S مع خصائص مرسل-مستجيب معين تبعاً لقـدرة الإرسـال القصـوى المتلائمـة مـع درجـة الانحطـاط المقبولـة للإشارة (الناجمة عن تحديدات عرض النطاق للمرسل-المستجيب). ويقدم الجـدول 5 أمثلـة عـن قـدرات معـدلات البتـات النافعـة R_u الـتي يمكـن تصورها في مرسل مستجيب ساتلي مع نسبة عرض نطاق $BW/R_S = 1{,}28$.

ومن الممكن اعتماد قيم أخرى للنسبة BW/R_S من أجل مختلف متطلبات الخدمة. وذلك تبعـاً لمـدى التوفيـق بـين قـدرة الإرسـال وانحطـاط النسـبة E_b/N_0.

ويشير الشكلان 9 و 10 إلى خصائص الترشيح في معدد إرسال الدخل ومعدد إرسال الخرج المعتمدة في تجارب المحاكاة على الحاسوب مـع عـرض نطاق إجمالي قدره 33 MHz (إلى -3 dB).

الجدول 5

أمثلة عن معدلات البتات المقابلة لعرض نطاق المرسل المستجيب

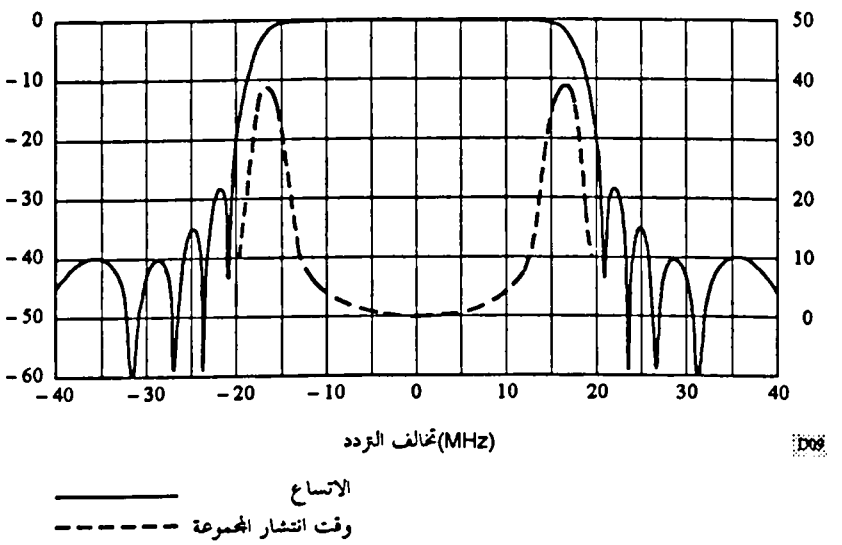
BW (at –3 dB) (MHz)	BW' (at –1 dB) (MHz)	R_s (for BW/R_s = 1.28) (MBd)	R_u (for QPSK + 1/2 convolutional) (Mbit/s)	R_u (for QPSK + 2/3 convolutional) (Mbit/s)	R_u (for QPSK + 3/4 convolutional) (Mbit/s)	R_u (for QPSK + 5/6 convolutional) (Mbit/s)	R_u (for QPSK + 7/8 convolutional) (Mbit/s)
54	48.6	42.2	38.9	51.8	58.3	64.8	68.0
46	41.4	35.9	33.1	44.2	49.7	55.2	58.0
40	36.0	31.2	28.8	38.4	43.2	48.0	50.4
36	32.4	28.1	25.9	34.6	38.9	43.2	45.4
33	29.7	25.8	23.8	31.7	35.6	39.6	41.6
30	27.0	23.4	21.6	28.8	32.4	36.0	37.8
27	24.3	21.1	19.4	25.9	29.2	32.4	34.0
26	23.4	20.3	18.7	25.0	28.1	31.2	32.8

الملاحظة 1 – يقابل المعدل R_u معدل البتات النافع بعد تعدد إرسال MPEG-2. ويقابل المعدل R_s (معدل الرموز) عرض النطاق –3 dB للإشارة المتشكلة.

الملاحظة 2 – تقابل أرقام الجدول 5 انحطاطاً في النسبة E_b/N_0 بمقدار 1,0 dB (نسبة إلى القناة مع ضوضاء غوسية بيضاء إضافية) في حالة تخامد قدره 0,35 معدل تشفير 2/3 وآثاراً لتعدد إرسال الدخل والخرج والمضخم TWTA.

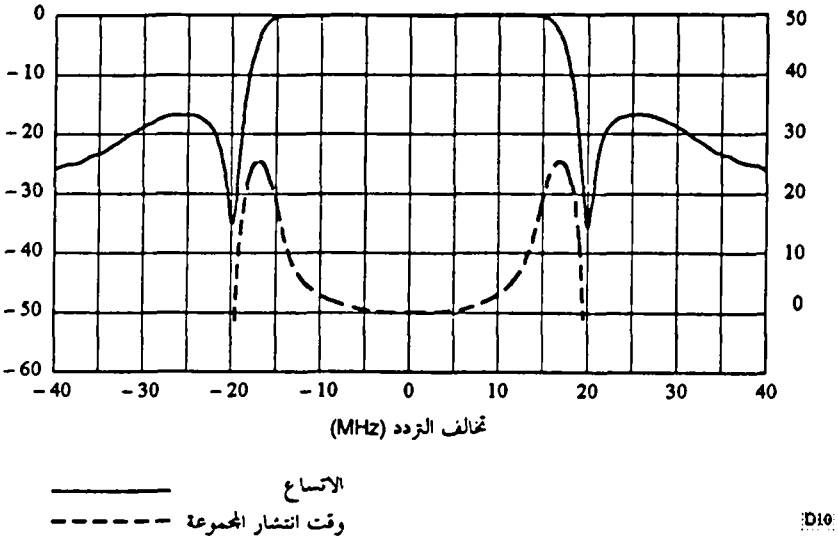
الشكل 9

خصائص مرشاح الفواضي لتعدد إرسال الدخل



الشكل 10

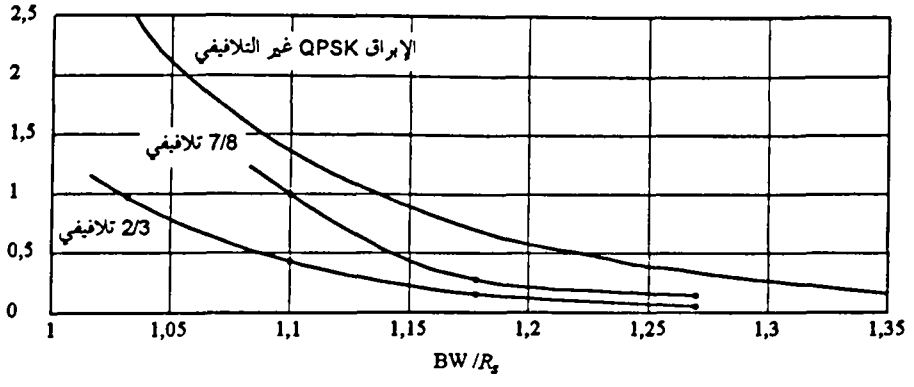
خصائص مرشاح الفتراضي لتعدد إرسال الخرج



يقدم الشكل 11 مثالاً عن انحطاط النسبة E_b/N_0 في محاكاة مرسل مستجيب ساتلي (تنقيص قدرة الخرج في المكبر dB 0 = TWTA) الناجم عن تحديد عرض معدات إرسال الدخل والخرج (انظر الشكلين 9 و 10) من أجل نسبة BW/R_s تتراوح بين 1 و 1,35. ويقابل الانحطاط المرجعي dB 0 حالة مرسل مستجيب ساتلي دون تحديد عرض نطاق (BW = ∞ و dB 0 = TWTA OBO). ويتم الحصول على النتائج عن طريق المحاكاة على الحاسوب مع معدلات تشفير داخلي تتراوح بين 2/3 و 7/8 لمعدل BER قدره 2×10^{-4}. وقد يتم الحصول على نتائج أخرى مع خصائص مختلفة لمرشاح المرسل المستجيب. وإذا استخدمت نتائج الشكل 11 هنالك إمكانية تصور هوامش مكافئة لمعرفة الآثار الحرارية وعدم الاستقرار الناجمة عن التقادم في خصائص المرسل المستجيب.

الشكل 11

مثال عن الانحطاط الناجم عن تحديد عرض نطاق المرسل المستجيب



التذييل 4
للملحق 1

(ذو صفة معيارية)

أمثلة عن استخدام النظام

يوضح الجدول 6 عدة استخدامات ممكنة للنظام في عرض نطاق مرسل مستجيب قدره 33 MHz (إلى – 3 dB). كما يشير إلى مختلف معدلات التشفير الداخلي مع معدلات البتات المقابلة.

الجدول 6

مثال عن أداء النظام مع مرسل مستجيب بعرض نطاق 33 MHz

معدل بتات R_u (بعد تعدد الإرسال) (Mbit/s)	معدل بتات R'_u (بعد التشفير RS) (Mbit/s)	معدل الرموز (MBd)	معدل تشفير داخلي تلافيفي	معدل تشفير خارجي RS	C/N (33 MHz) (dB)
23.754	25.776	25.776	1/2	188/204	4.1
31.672	34.368	25.776	2/3	188/204	5.8
35.631	38.664	25.776	3/4	188/204	6.8
39.590	42.960	25.776	5/6	188/204	7.8
41.570	45.108	25.776	7/8	188/204	8.4

الملاحظة 1 – تحيل الأرقام في الجدول 6 إلى تجارب مصطنعة على الحاسوب أجريت في سلسلة ساتلية افتراضية تضم معدد إرسال دخل ومكبر TWTA ومعدل إرسال خرج (انظر الشكلين 9 و 10) مع تخامد تشكيل قدره 0,35. وتستند القيم C/N على فرضية فك تشفير فيتربي بالقرار الميزمج في المستقبل. وتبلغ النسبة BW/R_s في هذه الحالة 1,28.

الملاحظة 2 – تضم قيم النسبة C/N انحطاطاً محسوباً قدره 0,2 dB وينجم عن تحديد عرض النطاق عند مراشيح تعدد إرسال الخرج والدخل وتشوهاً غير خطي قدره 0,8 dB في المكبر TWTA المشبع، وانحطاطاً قدره 0,8 dB في المودم. وتقابل الأرقام معدلاً BER قدره 2×10^{-4} قبل التشفير RS (188، 204) مما يعادل أداءً "شبه خال من الأخطاء" عند خرج المشفر RS. أما الانحطاط الناجم عن التداخل فغير محسوب.

يبين الشكل 12 أن المثال الموضح في الجدول رقم 6 مع التشفير الداخلي 2/3 يناسب توصيلاً لشبكة للأرض بالتزاتبية (PDH) بمعدل 34,368 Mbit/s مع استعمال نفس نظام الحماية ضد الأخطاء ريد سولومون في القسم الساتلي.

الشكل 12

مثال عن توصيل النظام مع شبكة PDH للأرض