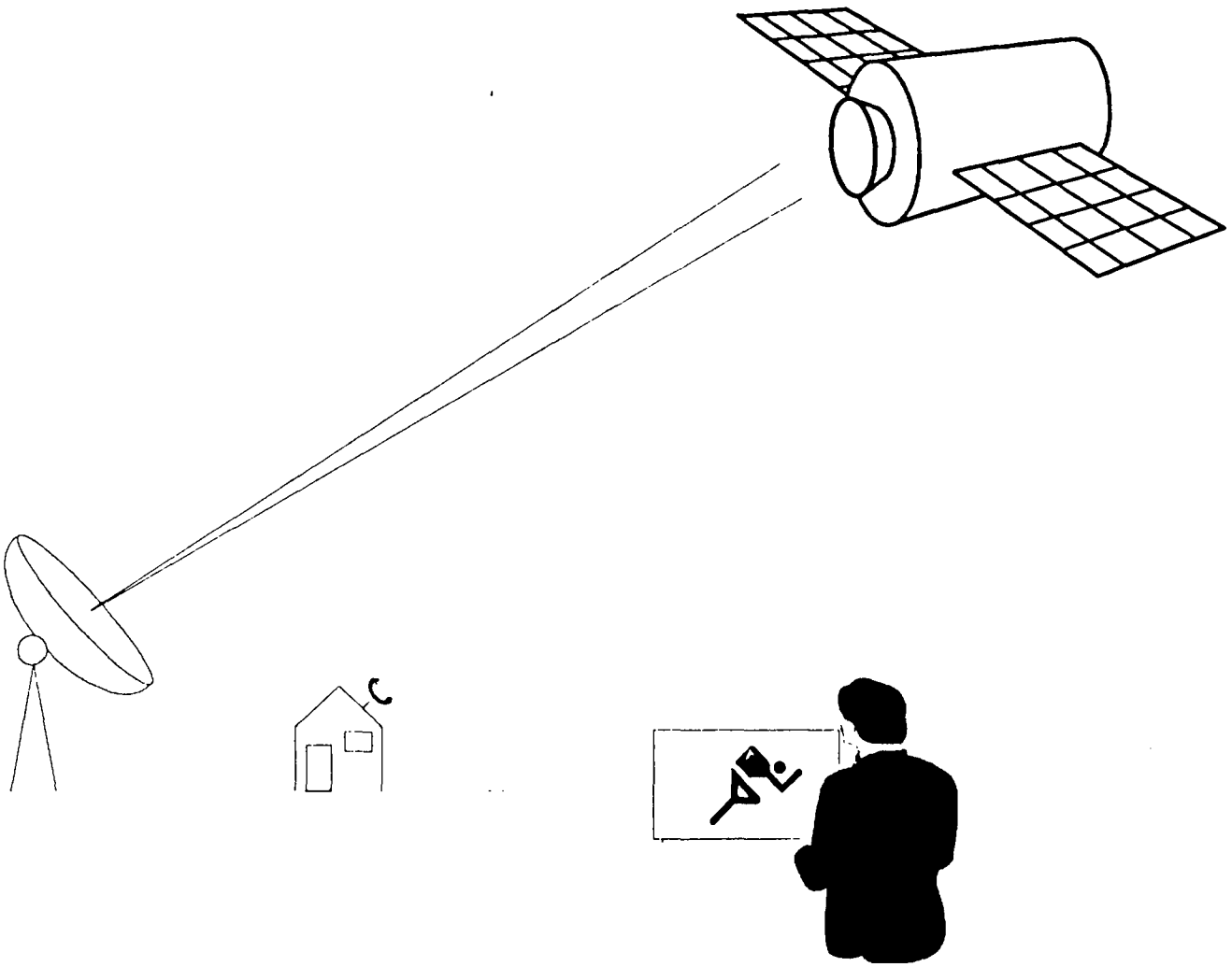
الاتحـــاد الـــدولـــي للاتصـــــالات

التـــوصيـــــــات ITU-R

(الجديدة والمراجعة بتاريخ 21 أكتوبر 1995)



مجلد السلسلة BO لعام 1995

الخدمـــة الإذاعيـــة الساتليـة (الصوتية والتلفزيونية)

جمعيـة الاتصـــالات 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 1130-1 (1995)

Systems for digital sound broadcasting to vehicular, portable and fixed receivers for broadcasting-satellite service (sound) bands in the frequency range 1400-2700 MHz [Arabic version]

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

(Geneva: ITU, 1995), pp. 3-30

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 لصورة المستند الورقي الأصلي من مجموعات قسم المكتبة والمحفوظات في الاتحاد الدولي للاتصالات (ITU).

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.1130

نظام إذاعة صوتية رقمية موجهة إلى مستقبلات على متن مركبات ومستقبلات محمولة وثابتة في نطاقات الخدمة الإذاعية الساتلية (صوت) داخل مدى الترددات 400 1-700 2 MHz

(المسألة ITU-R رقم 93/10)

(1995-1994)

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

إذ تضع في اعتبارها

أ) أن هناك حاجة متزايدة على نطاق العالم لإذاعة رقمية صوتية موجهة إلى مستقبلات على متن مركبات ومستقبلات محمولة وثابتة في نطاقات الترددات الموزعة للخدمة الإذاعية الساتلية (BSS) (صوت) في المؤتمر الإداري العالمي للراديو المكلف بدراسة توزيعات الترددات في بعض الأجزاء من الطيف (مالقة، طورمولينوس، 1992) (WARC-92)، وأنه ينظر إلى إنشاء عدة خدمات للإذاعة الصوتية الرقمية الساتلية من أجل تغطية وطنية وفوق وطنية؛

ب) أن القطاع ITU-R قد تبنى التوصيتين ITU-R رقم BS.774 ورقم BO.789 وهما تحددان الشروط اللازمة لأنظمة الإذاعة الصوتية الرقمية الموجهة إلى مستقبلات على متن المركبات ومستقبلات محمولة وثابتة في البث للأرض والبث الساتلي على التوالي؛

ج) أن النظام الرقمي A الموصوف في الملحق 1 يستجيب لكل شروط هاتين التوصيتين، وأن جزأي الإرسال والاستقبال قد اختبرا في الميدان التطبيقي وأثبتت فعاليتهما في عدد من البلدان؛

د) أن نموذجاً للنظام الرقمي B، موصوفاً في الملحق 2، وضع موضع الاختبار في ظروف واقعية، بالتصاحب مع ساتل اتصالات متوفر ذي قدرة منخفضة؛

هـ) أن التوصيتين ITU-R رقم BS.774 ورقم BO.789 تعرفان مزايا الاستعمال التكميلي لأنظمة الأرض والأنظمة الساتلية وتدعوان إلى تبني نظام إذاعة صوتية رقمية يسمح باستخدام مستقبل مشترك مجهز بدارات معالجة مشتركة VLSI وبتصنيع مستقبلات قليلة الكلفة عن طريق الإنتاج بالجملة؛

و) أن فريق العمل 10B للاتصالات الراديوية يدرس حالياً معياراً للإذاعة الصوتية الرقمية للأرض الموجهة إلى مستقبلات على متن مركبات ومستقبلات محمولة وثابتة في مدى الترددات 30-000 3 MHz؛

ز) أن الاتحاد العالمي للإذاعات قد قرر في المؤتمر العالمي السابع لاتحادات الإذاعات (مكسيكو، 27-30 أبريل 1992) وبالإجماع:

"1. أن تبذل كل الجهود للموافقة على معيار عالمي وحيد للإذاعة DAB، و

2. أن تحث الإدارات على أن تأخذ في الاعتبار المزايا التي يوفرها للمستهلك التشفير المشترك للمصدر والقناة وتنفيذ الإذاعة الصوتية الرقمية على الصعيد العالمي، عند 500 1 MHz."؛

ح) أن عملية تقييس في أوروبا قد أسفرت على اعتماد النظام الرقمي A (EUREKA 147) كمعيار ETSI (ETS 300 401) للخدمة الإذاعية (الصوتية) الساتلية/الخدمة الإذاعية (الصوتية) في اتجاه المستقبلات على متن المركبات والمستقبلات المحمولة أو الثابتة.

توصـــي

1. الإدارات، التي ترغب في تنفيذ خدمة إذاعية (صوتية) ساتلية تستوفي كل الشروط المطابقة لأحكام التوصية ITU-R BO.789 أو بعضها، أن تفكر، في المستقبل القريب، في استعمال النظام الرقمي A الموصوف في الملحق 1.

الملاحظة 1 – يمكن للإدارات التي ترغب في تنفيذ خدمة إذاعية (صوتية) ساتلية (BSS) حسب جدول زمني مرن أن تفكر في اللجوء إلى النظام الرقمي B الموصوف في الملحق 2 عندما تكون خصائص هذا النظام قد حددت كاملة وتكون نوعية أدائه مؤكدة من خلال التجارب. إن التكنولوجيا في هذا المجال تتطور بسرعة. وبالتالي، إذا تم تطوير أنظمة إضافية تستوفي الشروط الواردة في التوصية ITU-R BO.789 فإنه يمكن أخذها في الاعتبار. ورداً على الفقرة

ز)، يجب على الإدارات المشاركة في أعمال تقييس أنظمة الإذاعة (الصوتية) الساتلية أن تبذل ما يمكن من مجهودات لأخذ أنظمة راديوية (صوتية) ساتلية أخرى في الاعتبار،سواء كانت موجودة أو قيد الدراسة.

الملحـــق 1

النظـــام الرقمـــي A

1. المقدمـــة

صُمم النظام الرقمي A ليوفر إذاعة راديوية رقمية متعددة الخدمات عالية الجودة للاستقبال بواسطة مستقبلات على متن مركبات أو مستقبلات محمولة أو ثابتة. وهو مصمم ليشتغل عند أي تردد لا يتجاوز MHz 3 000 في البث الإذاعي للأرض، والإذاعة الساتلية، وإذاعة هجينة (للأرض وساتلية)، والبث الإذاعي بالكبل. ويُصمم النظام الرقمي A أيضاً كنظام إذاعة رقمي مرن ومتعدد الأهداف ومتكامل الخدمات (ISDB) يمكن أن يؤمن مدى واسعاً من خيارات تشفير المصدر والقنوات، وخدمات المعطيات المستقلة أو المصاحبة للبرامج طبقاً لمتطلبات الخدمات والأنظمة المرنة واسعة المدى الواردة في التوصية ITU-R رقم BO.789 والتوصية ITU-R رقم BS.774 يكملهما التقريران ITU-R رقم BS.1203 و BO.955.

هذا النظام متين وهو نظام إذاعة صوت ومعطيات ذو فعالية عالية للطيف والقدرة. وهو يستعمل تقنيات رقمية متقدمة لإزالة الإطناب والمعلومات المدركة غير المهمة من إشارة مصدر الصوت، ثم يطبق إطناباً متحكماً فيه بصرامة على الإشارة المرسلة لتصحيح الأخطاء. وتوزع عندها هذه الإشارة في مجالي التردد والزمن من أجل الحصول على إشارة عالية الجودة في المستقبل حتى عندما يعمل ضمن شروط سيئة للانتشار عبر مسيرات متعددة أكان مستقراً أم متنقلاً. ويحقق الاستخدام الفعال للطيف بواسطة تشذير إشارات متعددة للبرنامج وبواسطة أسلوب خاص لإعادة استعمال التردد يسمح بتمديد شبكات الإذاعة عملياً بلا حدود، من خلال استعمال مرسلات إضافية تشتغل جميعها على نفس الترددات المشعة.

يبين الشكل 1 مخططاً نظرياً لجزء الإرسال في النظام.

وضع النظام الرقمي A الاتحاد Eureka 147 للإذاعة الصوتية الرقمية (DAB) ويعرف بنظام Eureka DAB. وقد أفاد من الدعم الفعال للاتحاد EBU بهدف إدخال خدمات الإذاعة الصوتية الرقمية إلى أوروبا. وهو يخضع منذ عام 1988 إلى عروض واختبارات ناجحة في أوروبا وكندا والولايات المتحدة الأمريكية وفي بلدان أخرى كذلك. سمي النظام الرقمي A في هذا الملحق "بالنظام". وتتوفر المواصفات الكاملة في شكل معيار أوروبي للاتصالات ETS 300401 (انظر الملاحظة 1).

2. استعمال نظام بعدة طبقات

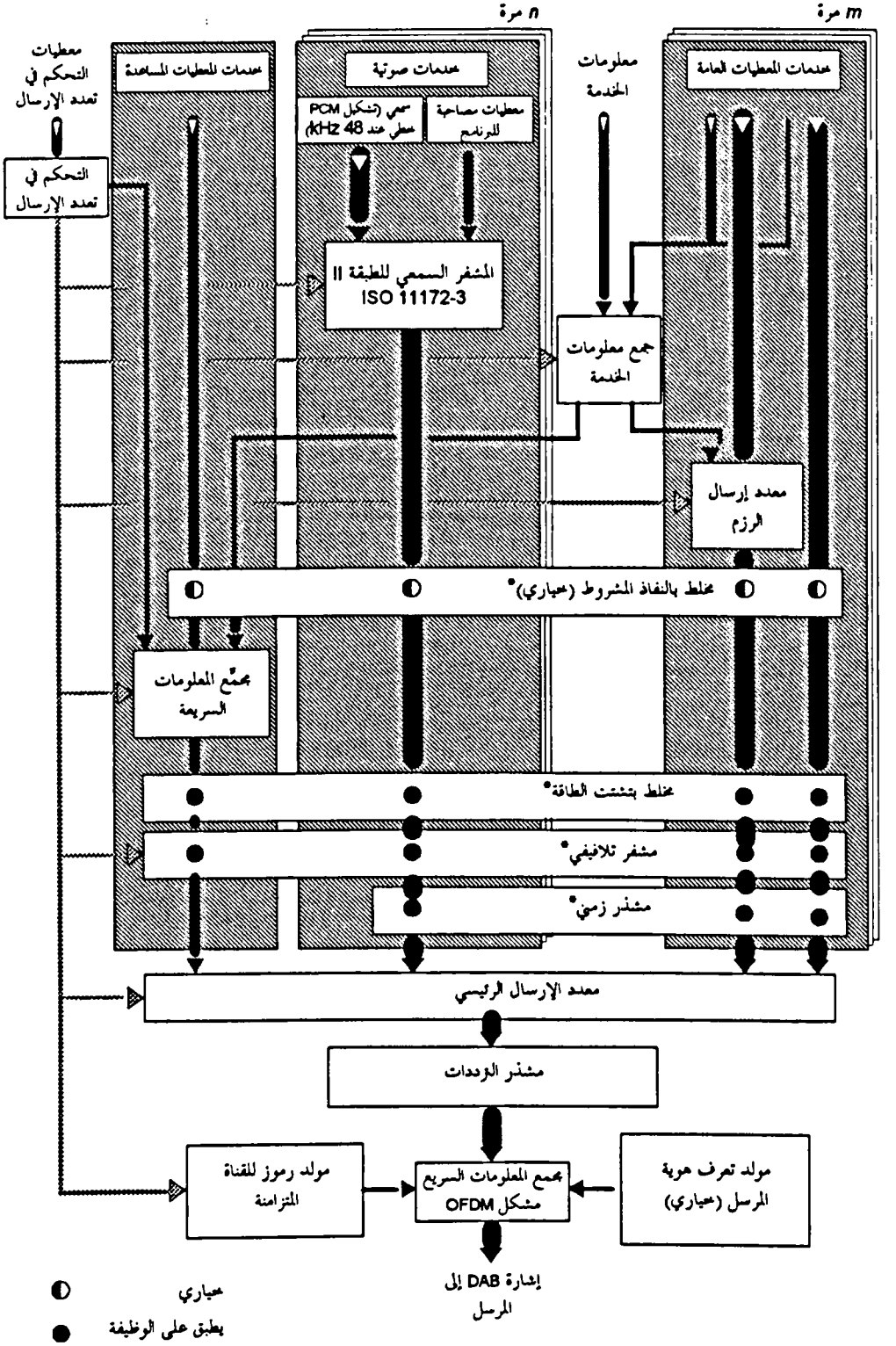
يمكن أن يتطابق "النظام" مع النموذج المرجعي الأساسي للمنظمة الدولية للتقييس (ISO)، بشأن التوصيل البيني للأنظمة المفتوحة (OSI) والذي تصفه الوثيقة ISO 7498 (1984). وتوصي التوصية ITU-R رقم BT.807 والتقرير ITU-R رقم BT.1207 باستعمال هذا النموذج. أما هذه التوصية فتعرض تفسيراً مناسباً لأنظمة الإذاعة بالطبقات. ومن ثم يكون وصف النظام متعلقاً بطبقات النموذج بينما يبين الجدول 1 التفسير المطبق هنا.

ويكون وصف الكثير من التقنيات المعنية أسهل بالنسبة إلى تشغيل التجهيزات في المرسل أو في النقطة المركزية من شبكة للتوزيع في حالة وجود شبكة من المرسلات.

ويكمن الهدف الأساسي للنظام في توفير برامج صوتية للمستمع ولهذا ينطلق ترتيب الفقرات في الوصف اللاحق من طبقة التطبيق (استعمال معلومات الإذاعة) ويستمر نزولاً حتى الطبقة المادية (وسائل الإرسال الراديوي).

الشكل 1

المخطط النظري لجزء الإرسال في النظام



* تشغل هذه المعالجات تشغيلاً مستقلاً على كل قناة من الخدمة.

OFDM: تعدد إرسال متعامد بتقسيم الوودد.

D01

الجدول 1

تأويل نموذج المنظمة OSI المقسم على طبقات

اسـم الطبقـة	الوصـف	الخصـائص المميـزة للنظـام
طبقة التطبيق	استعمال النظام في التطبيق العملي	مرافق الخدمة الجودة السمعية أساليب الإرسال
طبقة التقديم	تحويل من أجل التقديم	التشفير وفك التشفير السمعي التقديم السمعي معلومات الخدمة
طبقة الدورة	انتقاء المعطيات	انتقاء البرامج النفاذ المشروط
طبقة النقل	تجميع المعطيات	خدمات البرنامج تعدد إرسال الخدمة الرئيسي معطيات مساعدة تصاحب معطيات
طبقة الشبكة	قناة منطقية	أرتال سمعية ISO معطيات مصاحبة للبرنامج
طبقة وصلة المعطيات	نسق الإشارة المرسلة	أرتال إرسال تزامن
الطبقة المادية	إرسال (راديوي) مادي	تشتت الطاقة تشفير تلافيفي تشذير زمني تشذير الترددات تشكيل متعدد الإرسال 4-DPSK OFDM إرسال راديوي

3. طبقة التطبيق

تتعلق هذه الطبقة باستعمال النظام عند سوية التطبيق. وتنظر إلى المرافق وإلى الجودة السمعية التي يوفرها النظام والتي يستطيع المذيعون تقديمها للمستمعين، وإلى مختلف أساليب الإرسال.

1.3 المرافق التي يقدمها النظام

يوفر النظام إشارة تنقل تعدد إرسال معطيات رقمية يحتوي على عدة برامج في آن واحد. ويتضمن تعدد الإرسال معطيات من البرنامج الصوتي ومعطيات مساعدة تتألف من المعطيات المصاحبة للبرنامج (PAD) ومعلومات حول تشكيلة تعدد الإرسال (MCI) ومعلومات الخدمات (SI). ويمكن أيضاً أن ينقل متعدد الإرسال خدمات معطيات عامة قد لا تكون ذات صلة بإرسال البرامج الصوتية.

وتتيسر بشكل خاص لمستعملي النظام المرافق التالية:

- الإشارة السمعية (أي البرنامج) التي توفرها خدمة انتقاء البرنامج؛
- التطبيق الخياري لوظائف المستقبِل، مثل التحكم في المدى التحريكي، والذي يمكنه استعمال المعطيات المساعدة التي تصاحب البرنامج؛
- عرض لنص معلومة مختارة تحملها معلومات الخدمة SI. وقد يتعلق الأمر بمعلومات حول البرنامج المنتقى أو حول معلومات أخرى متيسرة في الانتقاء الخياري؛
- خيارات متيسرة لانتقاء برامج أخرى ووظائف أخرى في المستقبِل ومعلومات أخرى SI؛
- خدمة واحدة أو عدة خدمات معطيات عامة مثل قناة رسالة الحركة (TMC).

ويتضمن النظام مرافق للنفاذ المشروط ويمكن أن يجهز المستقبِل بمخارج رقمية للإشارات السمعية وإشارات المعطيات.

2.3 الجودة السمعية

يمكن، ضمن سعة تعدد الإرسال، أن ينتقى، وفقاً لحاجات المستمعين، عدد خدمات البرامج وينتقى في كل خدمة منها نسق التقديم (أي، صوت مجسم أو غير مجسم أو الصوت المحيط، الخ.)، والجودة السمعية ودرجة الحماية من الأخطاء (ومن ثم المتانة).

ويتيسر المدى التالي من الخيارات في مجال الجودة السمعية:

- جودة عالية جداً مع هامش للمعالجة السمعية،
- جودة شخصية شفافة كافية لإذاعة عالية الجودة،
- جودة عالية مكافئة لجودة خدمة FM جيدة،
- جودة متوسطة مكافئة لجودة خدمة AM جيدة،
- جودة الكلام فقط.

ويوفر النظام الاستقبال كامل الجودة ضمن حدود تغطية المرسل. أما وراء هذه الحدود فينحط الاستقبال الشخصي بطريقة تدريجية.

3.3 أساليب الإرسال

يقدم النظام ثلاثة أساليب إرسال تسمح باستعمال مدى واسع من ترددات الإرسال وصولاً إلى 3 GHz. وقد صممت هذه الأساليب لتتوافق مع تأثير دوبلر ومع تمديد التأخر في الاستقبال المتنقل عندما يظهر الصدى العائد إلى تعدد المسيرات.

ويبين الجدول 2 وقت تأخر الصدى الفعلي ومدى الترددات الاسمي للاستقبال المتنقل. وإن تزايد الضوضاء عند أعلى تردد وفي ظروف تعدد المسيرات الأكثر حرجاً، وهذا ما يحدث غالباً في الواقع، يساوي 1 dB عند سرعة 100 km/h.

الجدول 2

المعلمـــــــــــــة	الأسلوب I	الأسلوب II	الأسلوب III
مدة فترة الحراسة (µs)	246	62	31
أقصى تأخر فعلي للصدى (µs)	300	75	37,5
أقصى حد لمدى الترددات الاسمي (في الاستقبال المتنقل)	MHz 375	GHz 1,5	GHz 3

ويُظهر هذا الجدول أن استعمال الترددات العليا يفرض تحديداً أكبر لأقصى تأخر للصدى. ويعتبر الأسلوب 1 أكثر ملاءمة لشبكة أرض بتردد واحد (SFN) بينما يتناسب الأسلوب II مع التطبيقات الراديوية المحلية التي تتطلب مرسلاً واحداً للأرض ومع الإرسال الهجين ساتلي/وللأرض بحد أقصى من GHz 1,5. إلا أنه من الممكن استعمال الأسلوب II أيضاً في شبكة بنطاق متوسط أو بنطاق واسع (عند HGz 1,5، مثلاً)، من خلال إدراج تأخرات مصطنعة في المرسلات، عند الحاجة، أو من خلال استعمال هوائيات إرسال اتجاهية. أما الأسلوب III فهو الأكثر ملاءمة للإرسال الساتلي والإرسال التكميلي للأرض عند كل الترددات بحد أقصى من 3 GHz.

ويعتبر أيضاً الأسلوب III الأسلوب المفضل للإرسال بالكبل بحد أقصى من 3 GHz.

4. طبقة التقديم

تتعلق هذه الطبقة بتحويل المعلومات المذاعة وتقديمها.

1.4 تشفير سمعي للمصدر

إن طريقة التشفير السمعي للمصدر التي يستعملها النظام هي الطبقة السمعية MPEG II التي يحددها المعيار ISO رقم 11172-3. ويسمى أيضاً نظام الانضغاط بتشفير في النطاق الفرعي: النظام MUSICAM.

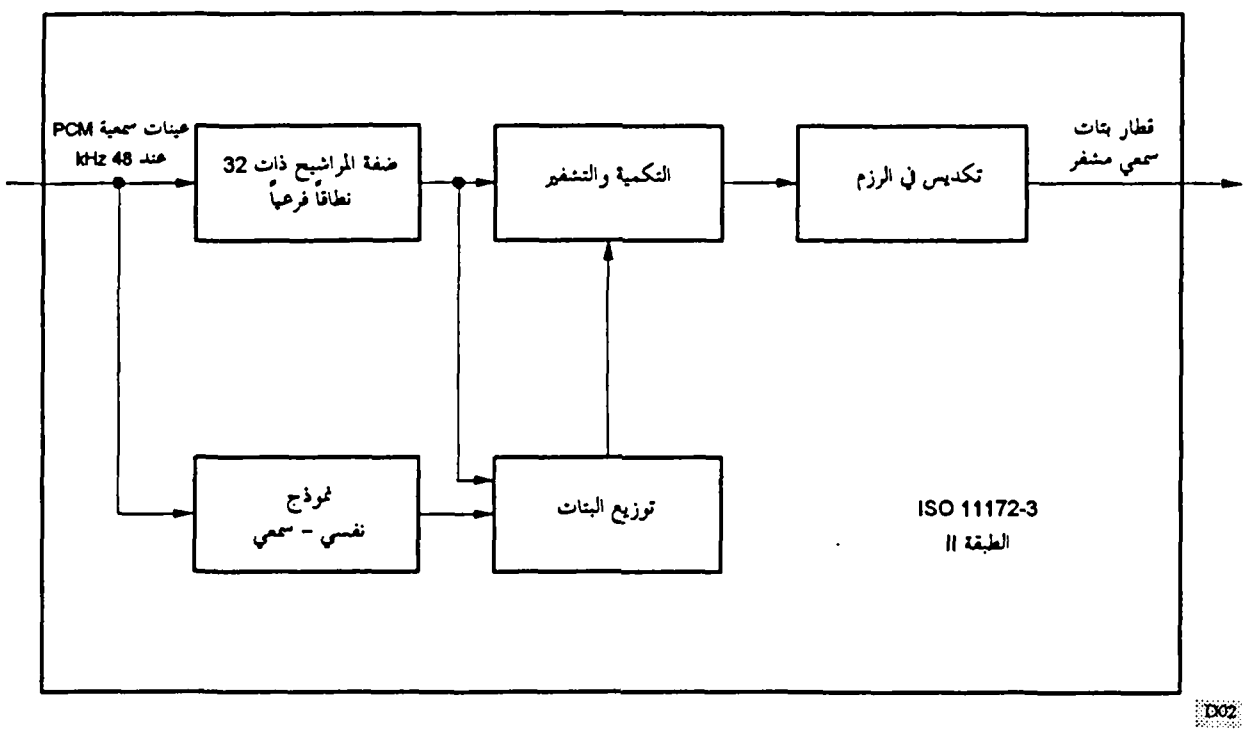
ويقبل هذا النظام عدداً من الإشارات السمعية عند معدل اعتيان من 48 kHz مع المعطيات PAD. ويتعلق عدد المصادر السمعية الممكنة بمعدل البتات وبنمط الحماية من الأخطاء. ويمكن أن يعمل المشفر السمعي بمعدلات من 32 أو 48 أو 56 أو 64 أو 80 أو 96 أو 112 أو 128 أو 160 أو 192 kbit/s في كل قناة صوت غير مجسم. أما في أسلوب الصوت المجسم أو القناتين فينتج المشفر معدل بتات يساوي ضعف معدل قناة الصوت غير المجسم.

ويمكن أن يشغل المذيعون مختلف معدلات البتات وفقاً للجودة الملازمة المطلوبة أو وفقاً لعدد البرامج الصوتية المطلوب توفيرها. فإن استعمال معدلات بتات تساوي، على سبيل المثال، 128 kbit/s أو أكثر في الصوت غير المجسم، أو تساوي 256 kbit/s أو أكثر في برنامج بالصوت المجسم لا يوفر جودة عالية جداً فحسب بل يوفر أيضاً هامشاً للمعالجة يكفي لعدة عمليات تشفير/وفك تشفير لاحقة، بما في ذلك، المعالجة السمعية اللاحقة. ويفضل بالنسبة إلى الإذاعة عالية الجودة أن يستعمل معدل بتات من 128 kbit/s في الصوت غير المجسم، أو 256 kbit/s للصوت المجسم، وهذا ما يعطي جودة سمعية شفافة تماماً. لكن حتى معدل البتات من 192 kbit/s للبرنامج بصوت مجسم يمكن أن يستجيب عموماً لمتطلبات الاتحاد EBU فيما يتعلق بالأنظمة الرقمية السمعية مع تنقيص معدل البتات ويعطي معدل البتات 96 kbit/s في الصوت المجسم جودة صوت جيدة بينما يوفر معدل 48 kbit/s نفس الجودة تقريباً التي توفرها الإذاعة العادية AM. ويكفي معدل من 32 kbit/s في بعض برامج الكلام فقط عندما يطلب توفير أكبر عدد ممكن من الخدمات داخل تعدد إرسال النظام.

يعرض الشكل 2 مخططاً إجمالياً للوحدات الوظيفية في المشفر السمعي. وترسل عينات الدخل السمعية PCM في المشفر السمعي. ويكون المشفر قادراً على معالجة القناتين من الإشارة بمجسمة الصوت إلا أنه من الممكن أن يقدم عند الحاجة مع إشارة بصوت غير مجسم. وتقسم ضفة المرشاح متعدد الأطوار الإشارة الرقمية السمعية إلى 23 إشارة نطاق فرعي وتنتج تمثيلاً بالمراشيح والعينات الفرعية لإشارة الدخل السمعية. وتسمى العينات المرشحة عينات النطاق الفرعي. ويخلق نموذج لإدراك الأذن البشرية بمجموعة من المعطيات للتحكم في التكمية وفي التشفير. ويمكن أن تتغير هذه المعطيات وفقاً للتنفيذ الفعلي للمشفر. كما يمكن استعمال تقدير لعتبة الحجب من أجل الحصول على معطيات التحكم في التكمية. وتجمع العينات المتتالية لكل إشارة نطاق فرعي على قدر ثم يحدد في كل قدرة أقصى اتساع تبلغه كل إشارة من النطاق الفرعي ويشار إليه بعامل تدريج. وتنتج وحدة التكمية والتشفير بمجموعة من كلمات التشفير انطلاقاً من عينات النطاق الفرعي. وتنفذ هذه العمليات في أثناء الأرتال السمعية ISO التي توصف لاحقاً في طبقة الشبكة.

الشكل 2

المخطط الإجمالي للمشفر السمعي الأساسي في النظام

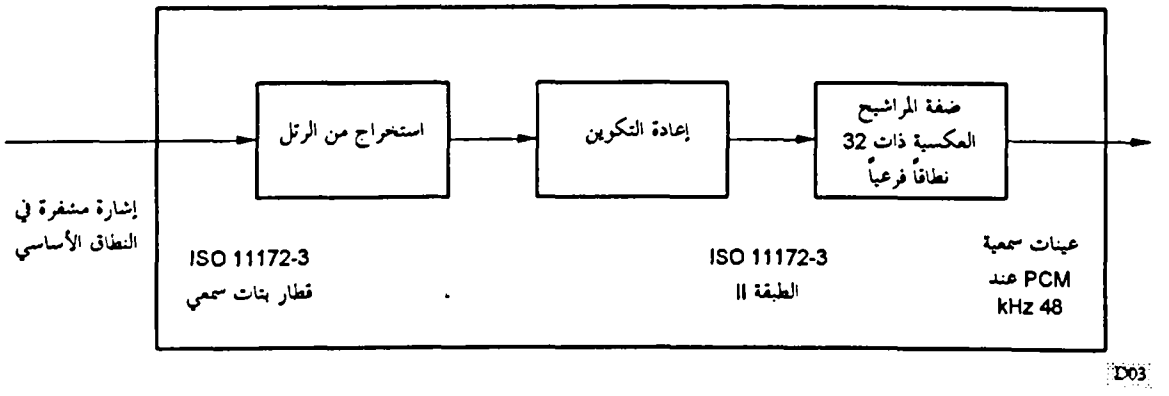


2.4 فك التشفير السمعية

يكون فك التشفير في المستقبل سهلاً واقتصادياً فتستعمل تقنية بسيطة لمعالجة الإشارة لا تتطلب إلا عمليات إزالة تعدد الإرسال والتمديد والترشيح العكسي. ويمثل الشكل 3 مخططاً إجمالياً للوحدات الوظيفية في مفكك التشفير.

الشكل 3

المخطط الإجمالي لمفكك التشفير السمعية الأساسي في النظام



يرسل الرتل السمعي ISO في مفكك تشفير الطبقة II السمعية ISO/MPEG الذي يستخرج المعطيات من الرتل من أجل استعادة عناصر المعلومات المختلفة. وإن وحدة إعادة التكوين تعيد تكوين عينات النطاق الفرعي بينما تحول ضفة المراشيح العكسية عينات النطاق الفرعي من أجل إنتاج إشارات سمعية رقمية PCM منتظمة بمعدل اعتيان من 48 kHz.

3.4 التقديم السمعي

يمكن أن تقدم الإشارات السمعية على شكل صوت غير مجسم أو صوت مجسم، أو يمكن أيضاً أن تجمع القنوات السمعية من أجل الحصول على الصوت المحيط. ويمكن ربط البرامج من أجل توفير البرنامج نفسه في عدة لغات في آن معاً. وإذا أراد المذيع أن يرضي المستمعين للإرسال Hi-Fi والمستمعين في بيئة كثيرة الضوضاء، فيستطيع، عند الحاجة، أن يرسل إشارة تحكم في المدى التحريكي (DRC) يمكن استعمالها في مستقبل يقع في بيئة كثيرة الضوضاء من أجل ضغط المدى التحريكي للإشارة السمعية المستعادة. وتجدر الإشارة إلى أن هذه التقنية قد تكون مفيدة أيضاً للمستمعين ضعيفي السمع.

4.4 تقديم معلومات الخدمة

يمكن أن تتيسر مع كل برنامج يرسله النظام عناصر معلومات الخدمة (SI) لكي تعرض في المستقبل:

- الوسم الأساسي للبرنامج (أي اسم البرنامج)،
- الوقت والتاريخ،
- الإحالة إلى نفس البرنامج أو إلى برنامج مشابه (في لغة أخرى، مثلاً) يرسل في مجموعة أخرى أو تذيعه في آن واحد خدمة AM أو FM،
- وسم خدمة توسع إلى الخدمات ذات الصلة بالبرنامج،
- معلومات حول البرنامج (أسماء العاملين، مثلاً)،
- اللغـــة،
- نمط البرنامج (مثل الأخبار أو الرياضة أو الموسيقى، الخ.)،
- معرف هوية المرسل،
- قناة رسالة الحركة (TMC) التي يمكن أن تستعمل مركباً للكلام في المستقبل).

ويمكن أن تدرج أيضاً معطيات في شبكة المرسل تخصص للمذيعين من أجل الاستعمال الداخلي.

5. طبقة الدورة

تتعلق هذه الدورة بانتقاء المعلومات المذاعة والنفاذ إليها.

1.5 انتقاء البرنامج

إن حصول المستقبِل على نفاذ إلى أية خدمة فردية أو إلى كل الخدمات في أدنى مهلة ممكنة يتطلب أن تسير قناة المعلومات السريعة (FIC) المعلومات حول المحتوى الحالي والمستقبلي لتعدد الإرسال. وهذه المعلومات هي معلومات تشكيلة تعدد الإرسال (MCI) التي تعتبر معطيات تقرأ على الآلة. ولا تشذر معطيات القناة FIC في الزمن بحيث أن المعلومات MCI لا تخضع للمهلة الملازمة لعملية التشذير الزمني المطبقة على الخدمات السمعية وخدمات المعطيات العامة. إلا أن هذه المعطيات تكرر مراراً من أجل ضمان متانتها. وعندما تصبح تشكيلة تعدد الإرسال على وشك التغيير، ترسل المعلومات الجديدة مسبقاً لتضاف إلى المعلومات MCI مع وقت التغيير.

ويستطيع مستعمل المستقبِل أن ينتقي البرامج وفقاً لمعلومات النص التي تسوِّرها معلومات الخدمة (SI) فيستعمل اسم الخدمة أو نمط البرنامج أو اللغة. ثم ينفذ الاختيار في المستقبِل بواسطة العناصر MCI المقابلة.

وإذا تيسرت مصادر بديلة لخدمة البرنامج المنتقى وأصبحت الخدمة الرقمية الأولية غير مقبولة فيمكن أن تستعمل المعطيات التي تحمل معلومات الخدمة (SI) (أي المعطيات "المرجعية") من أجل التعرف إلى خدمة بديلة (خدمة FM مثلاً) وتشغيلها. إلا أن المستقبِل سيعود، في هذه الحالة، إلى الخدمة الأصيلة حالما يصبح الاستقبال ممكناً.

2.5 النفاذ المشروط

لقد تم التحضير للتزامن والتحكم في النفاذ المشروط كذلك.

ويمكن أن يطبق النفاذ المشروط تطبيقاً مستقلاً على مكونات الخدمة (المسيرة في قناة الخدمة الرئيسية (MSC) أو في قناة المعلومات السريعة (FIC) أو على كل تجهيز تعدد الإرسال.

6. طبقة النقل

تتعلق هذه الطبقة بتعرف هوية زمر المعطيات باعتبارها خدمات البرامج وبتعديد إرسال المعطيات لهذه الخدمات وتصاحب عناصر من معطيات تعدد الإرسال.

1.6 خدمات البرامج

تتألف عادة خدمة البرنامج من مكونة خدمة سمعية ومن مكونات خيارية للخدمة السمعية و/أو معطيات إضافية يوفرها أحد مزودي الخدمة. ويمكن أن تحجز السعة الكاملة لتعدد الإرسال لمزود واحد للخدمة (فيذيع، على سبيل المثال خمس أو ست خدمات برامج صوتية عالية الجودة)، أو تقسم فيما بين عدة مزودين (فيذيعون جميعاً حوالي 20 خدمة برنامج متوسطة الجودة).

2.6 تعدد إرسال الخدمة الرئيسي

يبين الشكل 1 أن المعطيات التي تمثل كل برنامج من البرامج المذاعة (معطيات سمعية رقمية مع بعض المعطيات المساعدة وربما معطيات عامة كذلك) تخضع للتشفير التلافيفي (راجع الفقرة 2.9) وللتشذير الزمني من أجل حمايتها من الأخطاء. ويحسن التشذير الزمني من متانة إرسال المعطيات في بيئة متغيرة (مثل الاستقبال على متن مركبة متحركة) ويفرض تأخراً في الإرسال يمكن التنبؤ به. ثم ترسل المعطيات المشذرة والمشفرة إلى معدد إرسال الخدمة الرئيسي حيث تجمع المعطيات كل 24 ms في تتابعات تداخل رتل متعدد الإرسال. ويسمى قطار البتات المركب الخارج من معدد الإرسال بقناة الخدمة الرئيسي (MSC) وله سعة إجمالية من 2,3 Mbit/s. ووفقاً لمعدل التشفير المختار (ويمكن أن يختلف من مكونة للخدمة إلى مكونة أخرى)، يحصل على معدل صافٍ للبتات يتراوح بين 0,8 و 1,7 Mbit/s على عرض نطاق من 1,5 MHz. ويشكل معدد إرسال الخدمة الرئيسي النقطة التي تلتقي فيها كل المعطيات المتزامنة الصادرة عن كل خدمات البرامج التي تستعمل تعدد الإرسال.

ويمكن أن ترسل المعطيات العامة في القناة MSC على شكل قطار غير مبني أو تكون منظمة في تعدد إرسال للرزم تختلط فيها عدة مصادر. ويمكن أن يكون معدل البتات مضاعفاً لمعدل 8 kbit/s ومتزامناً مع تعدد إرسال النظام شريطة أن يكون لتعدد الإرسال سعة كلية كافية تأخذ في الاعتبار طلب الخدمات السمعية.

وتكون القناة FIC خارجية بالنسبة إلى القناة MSC وغير مشذرة في الزمن.

3.6 المعطيات المساعدة

هناك ثلاث مناطق يمكن أن تسير فيها المعطيات المساعدة داخل تعدد إرسال النظام:

- القناة FIC، ذات السعة المحدودة، وفقاً لكمية المعلومات MCI الأساسية المدرجة،
- ثمة إعداد خاص لتسيير كمية معقولة من المعطيات PAD في كل قناة سمعية،
- تعالج كل المعطيات المساعدة المتبقية كأنها خدمة منفصلة في القناة MSC، ويشار إلى وجود هذه المعلومات في المعلومة MCI.

4.6 تصاحب المعطيات

تعطي المعلومة MCI وصفاً دقيقاً للمحتوى الحالي والمستقبلي للقناة MSC. وتسير هذه المعلومة القناة FIC. ويجب أيضاً أن تحمل القناة FIC بنوداً أساسية من معلومات الخدمة (SI) التي تتعلق بمحتوى القناة MSC (من أجل انتقاء البرامج، مثلاً). أما النصوص الأطول، مثل قائمة برامج اليوم الكامل، فيجب أن تنقل منفصلة باعتبارها خدمة معطيات عامة. وبهذا تحتوي المعلومات MCI و SI على إسهامات من كل البرامج المذاعة.

وتتضمن المعطيات PAD التي تسيرها القناة السمعية، وبشكل خاص، المعلومات المرتبطة ارتباطاً وثيقاً بالبرنامج الصوتي ومن ثم لا يمكن إرسالها في قناة مختلفة للمعطيات قد تتعرض لتأخر مختلف في الإرسال.

7. طبقة الشبكة

تتعلق هذه الطبقة بالتعرف إلى هوية زمر المعطيات باعتبارها برامج.

1.7 الأرتال السمعية ISO

تنفذ العمليات في المشفر السمعي للمصدر في أثناء الأرتال السمعية ISO التي تدوم 24 ms. ويشفر توزيع البتات الذي يختلف من رتل إلى آخر وعوامل التدريج وبعدد إرسالها مع عينات النطاق الفرعي في كل رتل سمعي ISO. وتجمع وحدة ترزيم الأرتال (راجع الشكل 2) قطار البتات الحالي الصادر عن معطيات خرج جهاز التكمية وعن وحدة التشفير وتضيف إليها معلومات أخرى مثل معلومات الرأسية، وكلمات التشفير CRC لكشف الأخطاء، والمعطيات PAD التي تنتقل مع الإشارة السمعية المشفرة. وتتضمن كل قناة سمعية قناة للمعطيات PAD ذات سعة متغيرة (على الأقل 2 kbit/s، عموماً) يمكن استعمالها لنقل المعلومات وترتبط بالبرنامج الصوتي ارتباطاً وثيقاً. وهذا ما يحدث في بعض الأمثلة النمطية مثل النص الغنائي ودلالات الانتقال من الكلام/إلى الموسيقى والمعلومات حول التحكم في المدى التحريكي (DRC).

ويحمل الرتل السمعي الناتج عن ذلك معطيات تمثل، في البرنامج الواحد، مدة 24 ms من الصوت المجسم (أو غير المجسم) إضافة إلى المعطيات PAD ويستجيب لنسق الطبقة II ISO 11172-3، ويمكن من ثم تسميته بالرتل ISO. وهذا ما يسمح باستعمال مفكك تشفير سمعي للطبقة II ISO/MPEG في المستقبل.

8. طبقة وصلة المعطيات

تؤمن هذه الطبقة وسائل تزامن المستقبل.

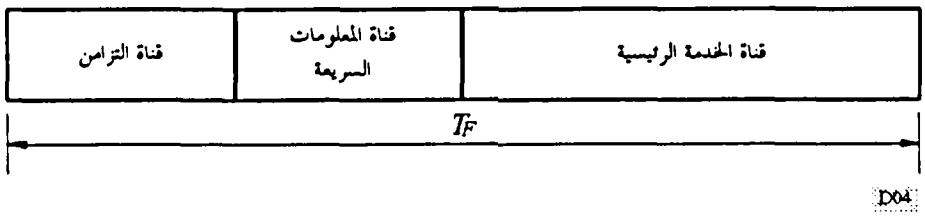
1.8 رتل الإرسال

تبنى الإشارة المرسلة وفقاً لبنية رتل منتظمة بهدف تسهيل تزامن المستقبل (راجع الشكل 4). ويتضمن رتل الإرسال تتابعاً ثابتاً من الرموز. يكون الأول رمزاً صفرياً يوفر تزامناً تقريبياً (إذا لم ترسل أية إشارة RF)، يتبعه رمز مرجعي ثابت يوفر تزامناً دقيقاً والوظيفتين AGC و AFC والوظيفة المرجعية للطور. وتشكل هذه الرموز تزامن القناة. أما الرموز التالية فتحجز للقناة FIC بينما تشكل الرموز المتبقية القناة MSC. وتكون المدة الإجمالية للرتل T_F 96 ms أو 24 ms وفقاً لأسلوب الإرسال كما يبينه الجدول 3.

ويعين لكل خدمة سمعية في القناة MSC فجوة زمنية ثابتة في الرتل.

الشكل 4

بنية رتل تعدد الإرسال



الجدول 3

معلمات إرسال النظام

	الأسلوب I	الأسلوب II	الأسلوب III
مدة الرتل الكلية، T_F	ms 96	ms 24	ms 24
مدة الرمز الصفري، T_{NULL}	ms 1,297	µs 324	µs 168
مدة الرمز الكلية، T_S	ms 1,246	µs 312	µs 156
مدة الرمز النافعة t_S	ms 1	µs 250	µs 125
مدة فترة الحراسة، Δ $(T_S = t_S + \Delta)$	µs 246	µs 62	µs 31
عدد الموجات الحاملة المشعة، N	1 536	384	192

9. الطبقة المادية

تتعلق هذه الطبقة بوسائل الإرسال الراديوي (أي مخطط التشكيل والحماية من الأخطاء المصاحبة له).

1.9 تشتت الطاقة

تخلط المصادر المختلفة التي تغذي معدد الإرسال من أجل تأمين تشتت الطاقة المناسب في الإشارة المرسلة.

2.9 *التشفير التلافيفي*

يطبق التشفير التلافيفي على كل مصدر من مصادر المعطيات التي تغذي معدد الإرسال من أجل تأمين استقبال يعتمد. وتتضمن عملية التشفير إضافة مقصودة للإطناب إلى رشقات معطيات المصدر (من خلال استعمال طول مقيد يساوي 7). وهذا ما يؤدي إلى رشقات معطيات "إجمالية".

وتؤمن في حالة الإشارة السمعية حماية أكبر لبعض البتات المشفرة عند المصدر وفقاً لمخطط ينتقى مسبقاً ويسمى المظهر الجانبي للحماية من الأخطاء غير المنتظمة (UEP). وإن متوسط معدل البتات المعرف بأنه نسبة عدد البتات المشفرة عند المصدر إلى عدد البتات المشفرة بعد التشفير التلافيفي، قد يأخذ قيمة 1/3 (أعلى سوية للحماية) إلى 3/4 (أدنى سوية للحماية). ويمكن تطبيق عدة معدلات تشفير متوسطة على مصادر سمعية مختلفة، وفقاً لسوية الحماية المطلوبة، ويمكن تطبيق معدل البتات على مصادر سمعية مختلفة وفقاً لسوية الحماية المطلوبة ولمعدل بتات المعطيات المشفرة عند المصدر. فيمكن على سبيل المثال، أن تكون سوية حماية الخدمات السمعية التي تنقلها الشبكات بالكبل أدنى من سوية حماية الخدمات المرسلة في قنوات التردد الراديوي.

وتخضع خدمات المعطيات العامة لتشفير تلافيفي يستعمل معدلاً منتظماً يختار من بين سلسلة من المعدلات المنتظمة. وتشفر معطيات القناة FIC بمعدل ثابت من 1/3.

3.9 التشذير الزمني

يطبق التشذير الزمني بعمق من 16 رتلاً على المعطيات المشفرة تشفيراً تلافيفياً بهدف توفير المساعدة لمستقبِل متنقل.

4.9 التشذير في الترددات

تعزز بعض الموجات الحاملة من خلال إشارات بناءة في وجود الانتشار عبر مسيرات متعددة، بينما يتعرض البعض الآخر لتداخلات ضارة (خبو انتقائي للترددات). وبهذا يوفر النظام التشذير في الترددات عبر إعادة ترتيب قطار البتات الرقمي فيما بين الموجات الحاملة على نحو يجعل عينات المصدر المتتالية لا تتأثر بخبو انتقائي. وعندما يكون المستقبِل مستقراً، يصبح التنوع في مجال الترددات الوسيلة الرئيسية لتأمين استقبال ناجح.

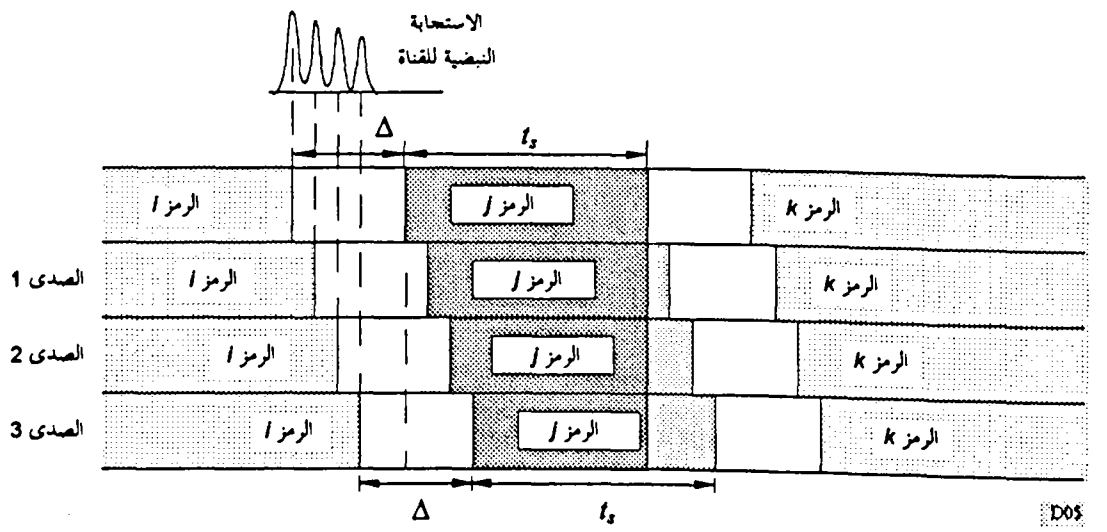
5.9 التشكيل بالإبراق 4-DPSK OFDM

يستعمل النظام التشكيل 4-DPSK OFDM. ويستجيب هذا المخطط للمتطلبات الفعلية لإذاعة رقمية بمعدل بتات مرتفع موجهة لمستقبلات متنقلة ومحمولة أو ثابتة لا سيما في بيئة متعددة المسيرات.

ويكمن المبدأ الأساسي في تقسيم المعلومات الواجب إرسالها إلى عدد واسع من قطارات البتات ذات معدلات بتات منخفضة، تستعمل فيما بعد لتشكيل موجات حاملة فردية. وتصبح مدة الرمز المقابلة أطول من مهلة التمديد في قناة الإرسال. ولن يسبب أي صدى في المستقبِل أقصر من فترة الحراسة، تداخلاً فيما بين الرموز بل يساهم مساهمة إيجابية في القدرة المستقبلة (راجع الشكل 5) ويسمى العدد الكبير N من الموجات الحاملة بالمجموعة.

الشكل 5

مساهمة الصدى البناءة



تعزز بعض الموجات الحاملة من خلال إشارة بناءة في وجود الانتشار عبر مسيرات متعددة، بينما يتعرض البعض الآخر لتداخلات ضارة (خبو انتقائي للترددات). وبهذا يتضمن النظام إعادة توزيع عناصر قطار البتات في الزمن وفي الترددات على نحو يجعل عينات المصدر المتتالية تتأثر بظواهر خبو مستقلة. وعندما يكون المستقبِل مستقراً يصبح التنوع في مجال الترددات الوسيلة الوحيدة لتأمين استقبال ناجح إذ أن الاختلاف في الوقت الذي يوفر التشذير الزمني لا يساعد المستقبِل غير المتنقل. ويشكل الانتشار عبر مسيرات متعددة بالنسبة إلى النظام شكلاً من الاختلاف المكاني الذي يعتبر ميزة دلالية ويتناقض تماماً مع الأنظمة التقليدية FM أو الأنظمة الرقمية ضيقة النطاق حيث يمكن للانتشار عبر مسيرات متعددة أن يدمر الخدمة تدميراً كاملاً.

وكلما كان عرض نطاق قناة الإرسال أكبر في أي نظام قادر على الاستفادة من تعدد المسيرات، كلما كان النظام متيناً. وقد اختـير للنظام عـرض نطاق المجموعة بقيمة MHz 1,5 من أجل الإفادة من مزايا تقنية النطاق العريـض ومـن أجـل تـأمين مرونـة التخطيـط. ويشـير الجـدول 3 إلى عـدد الموجات الحاملة OFDM داخل هذا العرض من النطاق في كل أسلوب من أساليب الإرسال.

ولمة ميزة أخرى لاستعمال الموجات الحاملة OFDM يكمن في إمكانية الحصول على فعالية عالية للقدرة والطيف مع شبكات بتردد وحيد من أجل تغطية مناطق واسعة ومن أجل شبكات مناطق المدن الكثيفة كذلك. ويمكن تشغيل عدد من المرسلات التي توفـر الـبرامج نفسـها علـى الـتردد ذاتـه وهذا ما يؤدي إلى تنقيص إجمالي لقدرات التشغيل المطلوبة. ومن ثم فإن المسافات بين مختلف مناطق الخدمة تتناقص تناقصاً ملموساً.

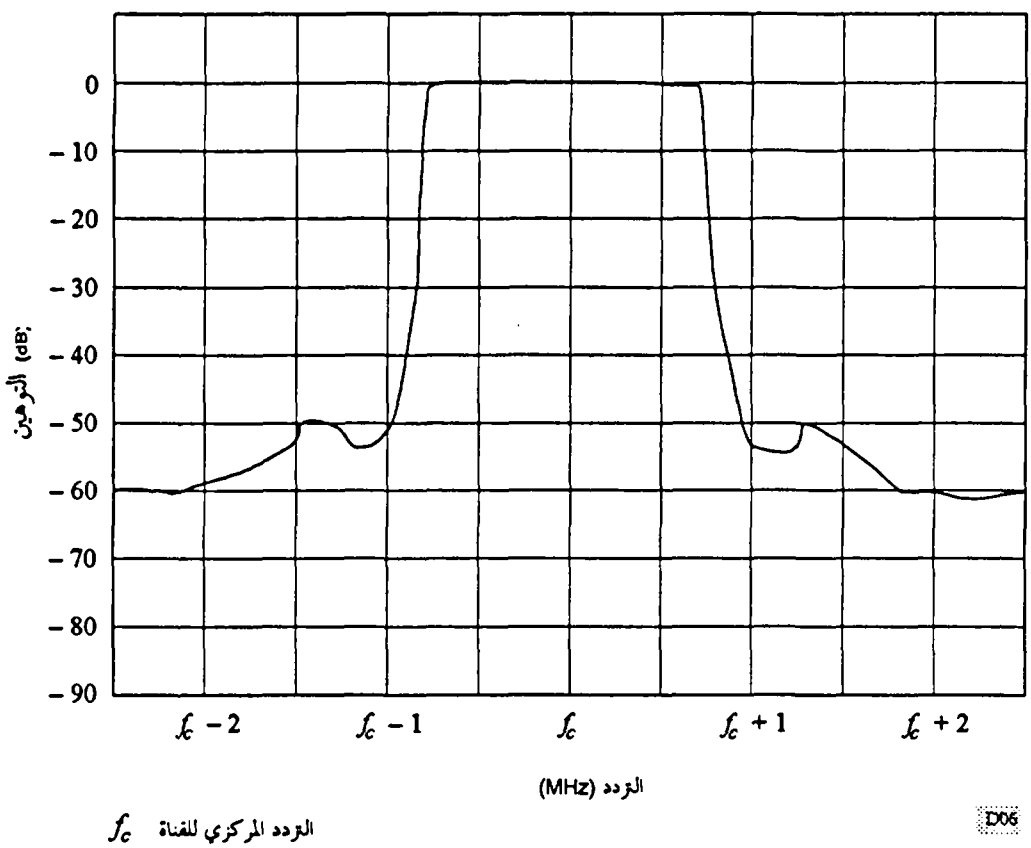
ولما كان الصدى يساهم في الإشارة المستقبلة، فيمكن أن تستعمل لكل أنماط المستقبلات (أي المستقبلات المحمولة والمستقبلات المنزلية والمستقبلات على متن مركبة) هوائيات بسيطة لا اتجاهية.

6.9 طيف الإشارة RF

يبين الشكل 6 طيف مجموعة في النظام.

الشكل 6

مثال لطيف الإشارة RF



f_c التردد المركزي للقناة

10. خصائص أداء التردد الراديوي (RF) في النظام الرقمي A

لقد أجريت اختبارات تقدير التردد RF على النظام الرقمي A في الأسلوب I عنـد MHz 226، وفي الأسـلوب II عنـد MHz 1500 وضمن عـدد مـن الشروط المختلفة تمثل الاستقبال المتنقل والاستقبال الثابت. وأجريت قياسات لنسبة الخطأ BER بدلالة النسبة *C/N* على قناة للمعطيات ضمن الشروط التالية:

D = 64 kbit/s، R = 0,5

D = 24 kbit/s، R = 0,375

حيث:

D: معدل معطيات المصدر

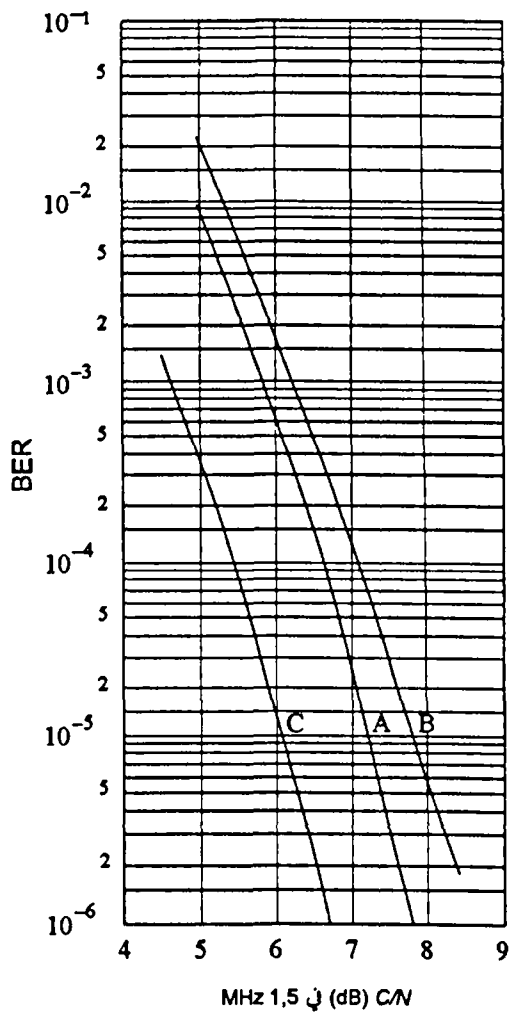
R: متوسط معدل تشفير القناة.

1.10 نسبة الخطأ BER بدلالة النسبة C/N (في MHz 1,5) في قناة غوسية عند MHz 226

أضيفت ضوضاء بيضاء غوسية من أجل ضبط النسبة المطلوبة *C/N* عند دخل المستقبِل. ويشار إلى النتائج في الشكل 7. ويمكن على سبيل المثال، مقابلة النتائج مع المعدل $R = 0,5$ والنتائج المحققة بواسطة محاكاة في برامجيات الحاسوب من أجل إظهار الأداء الملازم للنظام. ويلاحظ أنه يحصل على هامش للتشغيل أصغر من 0,5 dB لنسبة الأخطاء (BER) بقيمة 10^{-4}.

الشكل 7

نسبة الخطأ في البتات في قناة غوسية،
MHz 226، الأسلوب I



المنحنيات A: $R = 0,5$ (محاكاة في برامجيات الحاسوب)
B: $R = 0,5$
C: $R = 0,375$

D07

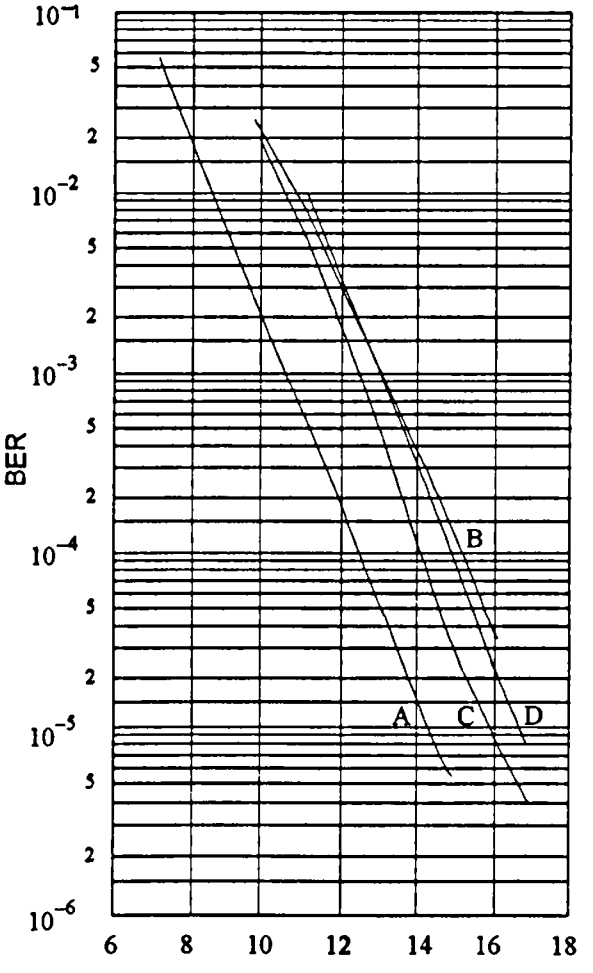
2.10 نسبة الخطأ BER بدلالة النسبة C/N (في MHz 1,5) في قناة رايلي عند MHz 226

أجريت قياسات للنسبة BER بدلالة النسبة *C/N* في قناة للمعطيات (D = 64 kbit/s، $R = 0,5$)، بواسطة محاكٍ للخبو على القناة.

ويبين الشكل 8 نتائج هذه القياسات. ويمكن في حالة قناة رايلي مع مظهر جانبي ريفي ومستقبل يتحرك بسرعة 130 km/h، أن تقارن نتائج القياسات (المنحنى B) مع نتائج محاكاة في برامجيات الحاسوب (المنحنى A). ويكون الفرق أقل من 3 dB مع نسبة BER بقيمة 10^{-4}. ويبين المنحنى C الأداء النموذجي في المدن مع سرعة منخفضة نسبياً، لكن في قناة ذات تشتت عال للتردد. أما المنحنى D فيمثل أداء شبكة تمثيلية بتردد وحيد ضمن شروط سيئة تستقبل فيها الإشارات ضمن أوقات تأخر تصل إلى 600 µs (وهذا ما يقابل زيادة في طول المسير بقيمة 180 km).

الشكل 8

نسبة الخطأ في البتات في قناة رايلي
MHz 226، الأسلوب I



المنحنيات A: R = 0,5، ريف، 130 km/h
(محاكاة في برامجيات الحاسوب)
B: R = 0,5، ريف، 130 km/h
C: R = 0,5، مدينة، 15 km/h
D: R = 0,5، SFN، 130 km/h

D08

3.10 نسبة الخطأ BER بدلالة النسبة C/N (في 1,5 MHz) في قناة رايلي عند 1 500 MHz

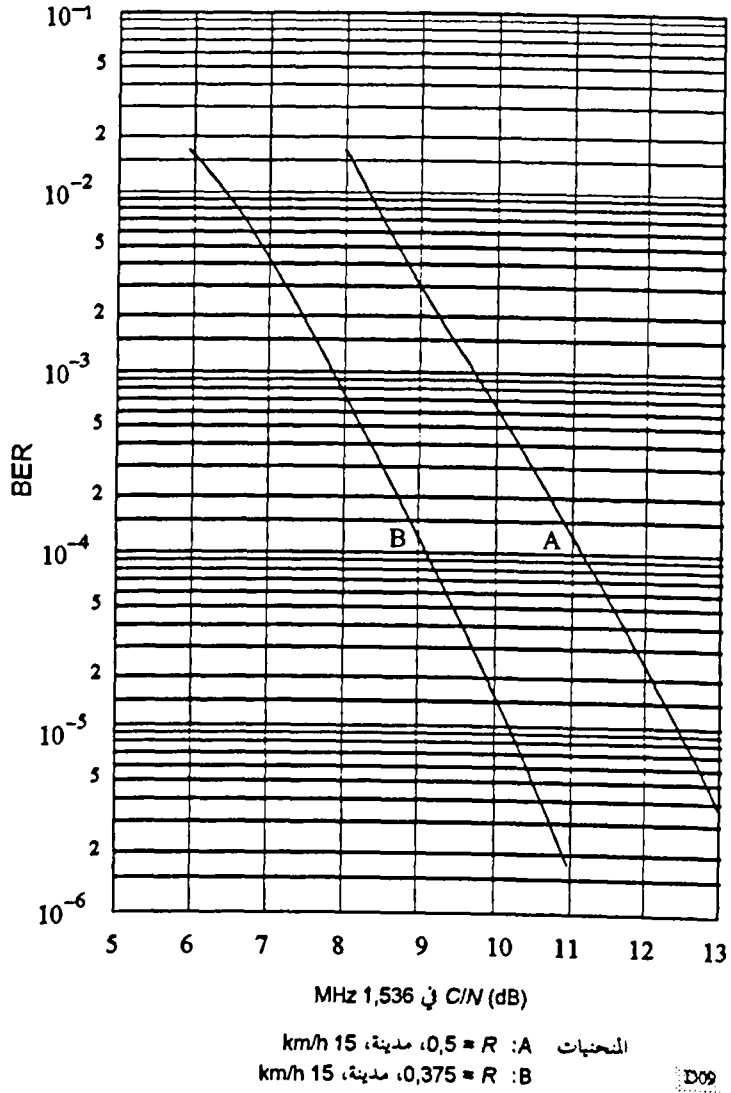
أجريت قياسات لنسبة الخطأ في البتات BER وفقاً للنسبة C/N في قناة للمعطيات تستعمل محاكي الخبو في القناة. وتعرض النتائج في الشكل 9.

4.10 تيسر الخدمة السمعية

تشير تقديرات مؤقتة لجودة الصوت أن هذه الجودة لا تتعرض لانحطاط يدرك إذا كانت نسبة الخطأ في البتات BER أقل من 10^{-4}.

الشكل 9

نسبة الخطأ في البتات في قناة رايلي
II الأسلوب، MHz 1 500



الملحق 2

النظام الرقمي B

1. المقدمـة

النظام الرقمي B للإذاعة الصوتية هو نظام مرن يستعمل عرض النطاق والقدرة استعمالاً فعالاً من أجل توفير إذاعة معطيات رقمية سمعية ومعطيات رقيمة مساعدة تستقبلها مستقبلات داخلية أو خارجية وثابتة أو محمولة أو متنقلة. وقد صُمم النظام B من أجل الإرسال الساتلي والإرسال للأرض وكذلك للإرسال عبر الأنظمة الإذاعية الهجينة وهو مناسب لأي نطاق إذاعي.

يسمح النظام B بتشكيل كل موجة حاملة بتعدد إرسال قابل للتكييف من المصادر السمعية والمعطياتية المرقمنة. وهذه الخاصية، متصاحبة مع مـدى معدلات الإرسال الممكنة، تسمح بالتوفيق بين متطلبات مزودي الخدمات وموارد قدرة الإرسال وعروض النطاق المتيسرة.

إن مستقبل النظام B ذو تصميم زحلي. فهناك جهاز مركزي للاستقبال يوفر المقدرة الضرورية للاستقبال الثابت والمحمول. هذا التصميم مبني على تقنيات معيارية وموثوق منها لمعالجة الإشارات تم من أجلها تطوير دارات مدمجة منخفضة الثمن. وتنفذ تقنيات تعويضية، ضرورية علـى العمـوم في الاستقبال المتنقل، كوظائف معالجة إضافية.

إن الظاهرة الأكثر إزعاجاً في الإذاعة الساتلية تتمثل في سد الإشارات الذي تسببه البنايات والأشجار والحواجز الأخرى. فسد الإشارات يؤدي إلى حالات خبو عميقة جداً وهو على العموم غير قابل للتعويض تماماً عن طريق هامش مناسب للوصلة. وقد تم تطوير أو تكييف عدة تقنيات للتعويض خلال تصميم مستقبل النظام B الذي بوسعه أن يتحمل كلاً مما يلي:

- اختلاف الوقت (إعادة إرسال المعطيات): تعدد إرسال صيغة موحلة من قطار البتات مع المعطيات الأصلية وإرسالها على نفس الموجة الحاملة
- تنوع الاستقبال (تنوع الهوائي/المستقبل): هوائيان/مستقبلان منفصلان مادياً يستقبلان نفس الإشارة ويعالجانها
- تنوع الإرسال (تنوع الساتل/المرسل): يرسل انسياب المعطيات نفسه من قبل مرسلين منفصلين مادياً على ترددات منفصلة ثم يستقبل من قبل الهوائي نفسه فيعالج بصورة مستقلة
- تعزيز الإشارة في نفس القناة (شبكة بتردد واحد): يرسل نفس قطار البتات من قبل مرسلين منفصلين مادياً على التردد نفسه ثم تتم معالجة الإشارة المركبة المستقبلة بواسطة مسوٍّ

يقوم النظام B، في نظام للأرض بعدد من المرسلات على نفس القناة وكذلك في نظام ساتلي بتعزيز الإشارة بوسائل للأرض، باستعمال مسوٍّ في المستقبل. هذه هي الحالة الوحيدة التي تتأثر فيها تشكيلة النظام المركزي للمستقبل. وإذا كان مستقبل ما لا يقوم بالتسوية فإن عليه أن يكون قادراً على كشف وحذف رموز التدريب التي أقحمت في تدفق المعطيات.

2 وصف عام للنظام

إن أحسن طريقة للحصول على نظرة شاملة لتصميم النظام B هي بتفحص المخطط الوظيفي للمستقبل (ابتداء من التردد IF) المقدم في الشكل 10. تظهر وظائف الجزء المركزي من المستقبل على شكل مستطيلات متصلة الخطوط، بينما تظهر الوظائف الاختيارية لتعويض آثار الانتشار على شكل مستطيلات بخطوط متقطعة.

بعد توليف المستقبل على الموجة الحاملة المرغوبة، تحول الإشارة إلى إشارة FI ذات تردد ثابت يقل عن تردد إشارة الدخل.

في الجزء المركزي من المستقبل، يتم إعادة إنشاء الموجة الحاملة بواسطة عروة QPSK Costas، وتكشف الرموز بواسطة مرشاح متوائم وتوفر التوقيت عروة متتبعة للرموز. وبعد إنشاء تزامن الرتل، يفك تشفير الرموز المسترجعة ويعدد إرسالها. ويقوم مفكك التشفير Reed-Solomon بالوظيفة الإضافية المتمثلة في توسيم قدر المعطيات التي لم يفك تشفيرها بنجاح. وتستعمل هذه المعلومة من قبل مفكك التشفير السمعي ويمكن أن يستعملها مضمام تنوع الوقت أو الإشارة، إذا كان موجوداً في المستقبل.

تقدم معطيات المصدر السمعية الرقمية المختارة إلى مفكك التشفير السمعي بينما تقدم المعطيات الرقمية الأخرى إلى السطوح البينية للمعطيات المناسبة. ويكون لكل مشفر سمعي المقدرة على تعدد إرسال معطيات غير متزامنة تصاحب البرنامج مع انسياب المعطيات السمعية كما في الشكل.

في مستقبل مجهز بمسوٍّ، يمكن أن يخمد المسوي في حالة غياب إرسال على مسيرات متعددة لأن المسوي سيدخل قدراً اسمياً من انحطاط الأداء.

يمكن الكشف أوتوماتياً عن وجود مسيرات متعددة أو يمكن تنشيط المسوي يدوياً إذا وحد المستقبل في منطقة تبث باتجاهها مرسلات للأرض. عندما يكون المسوي نشيطاً، تكون الموجة الحاملة وعرى تتبع الرموز نشيطة.

ينفذ اختلاف الوقت بإرسال صيغة موحلة من انسياب المعطيات معدَّد الإرسال مع الانسياب الأصلي. في المستقبل، تتم إزالة تعدد إرسال هذين النوعين من انسياب المعطيات وإعادة تراصفهما في الوقت. ويتم انتقاء انسياب المعطيات الذي يتوفر على أقل عدد من الأخطاء للمخرج.

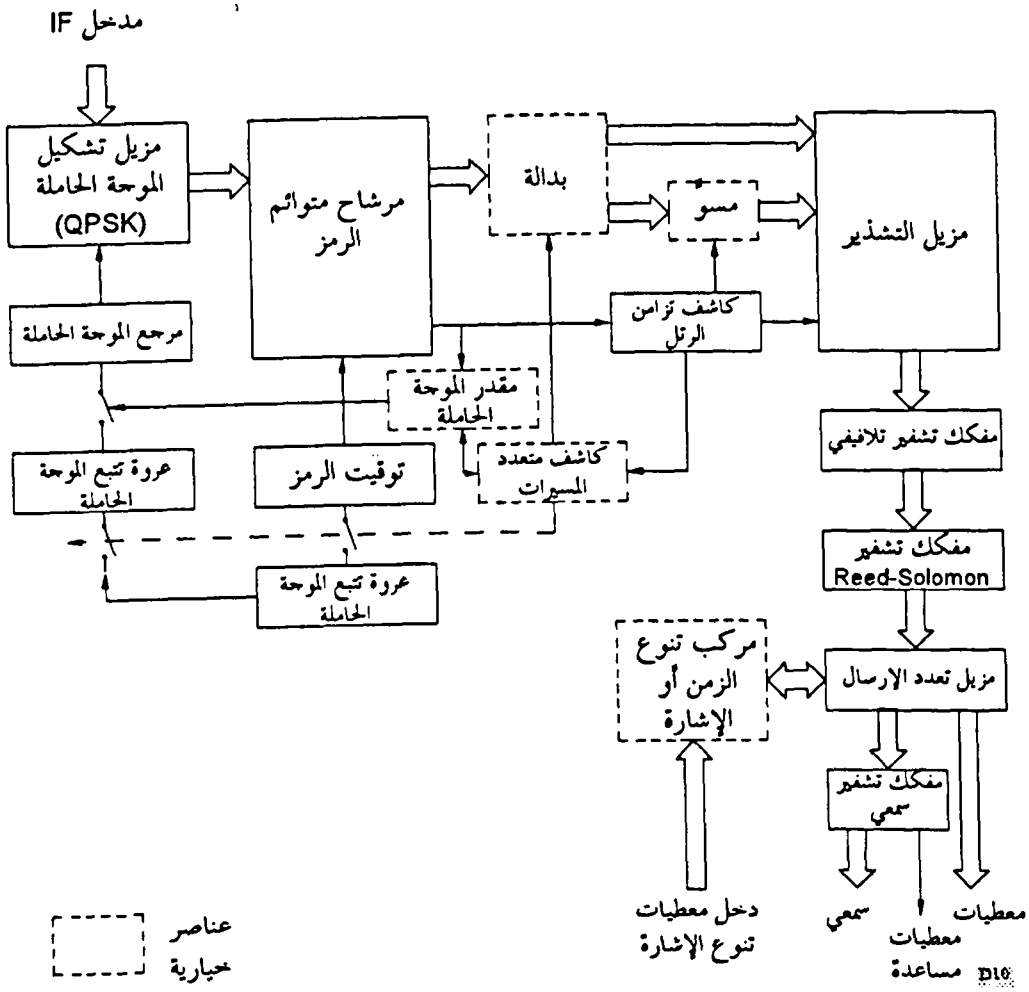
يتطلب اختلاف الإشارة معالجة مستقلة للإشارة، أو لمختلف إشارات التردد، حتى مضمام تنوع الاستقبال. عندئذ يؤدي مضمام تنوع الاستقبال وظيفتي تراصف الوقت وانتقاء أقل انسياب للمعطيات أخطاء.

3 وصف النظام B

يرد وصف لطبقات المعالجة التي يشتمل عليها مرسل ومستقبل النظام B لكل قدرة وظيفية ممثلة في الشكل 11. ويتم تحديد المواصفات لكل من القدر.

الشكل 10

مخطط القدر الوظيفية للمرسل



1.3 المرسل

يؤدي المرسل كل وظائف المعالجة اللازمة لتوليد موجة حاملة واحدة بتردد RF. وتشمل العملية تعدد إرسال كل المصادر السمعية التماثلية مع معطيات رقمية على موجة حاملة واحدة والتشفير لتصحيح الخطأ الأمامي والتشكيل بالإبراق QPSK.

1.1.3 السطوح البينية للدخل

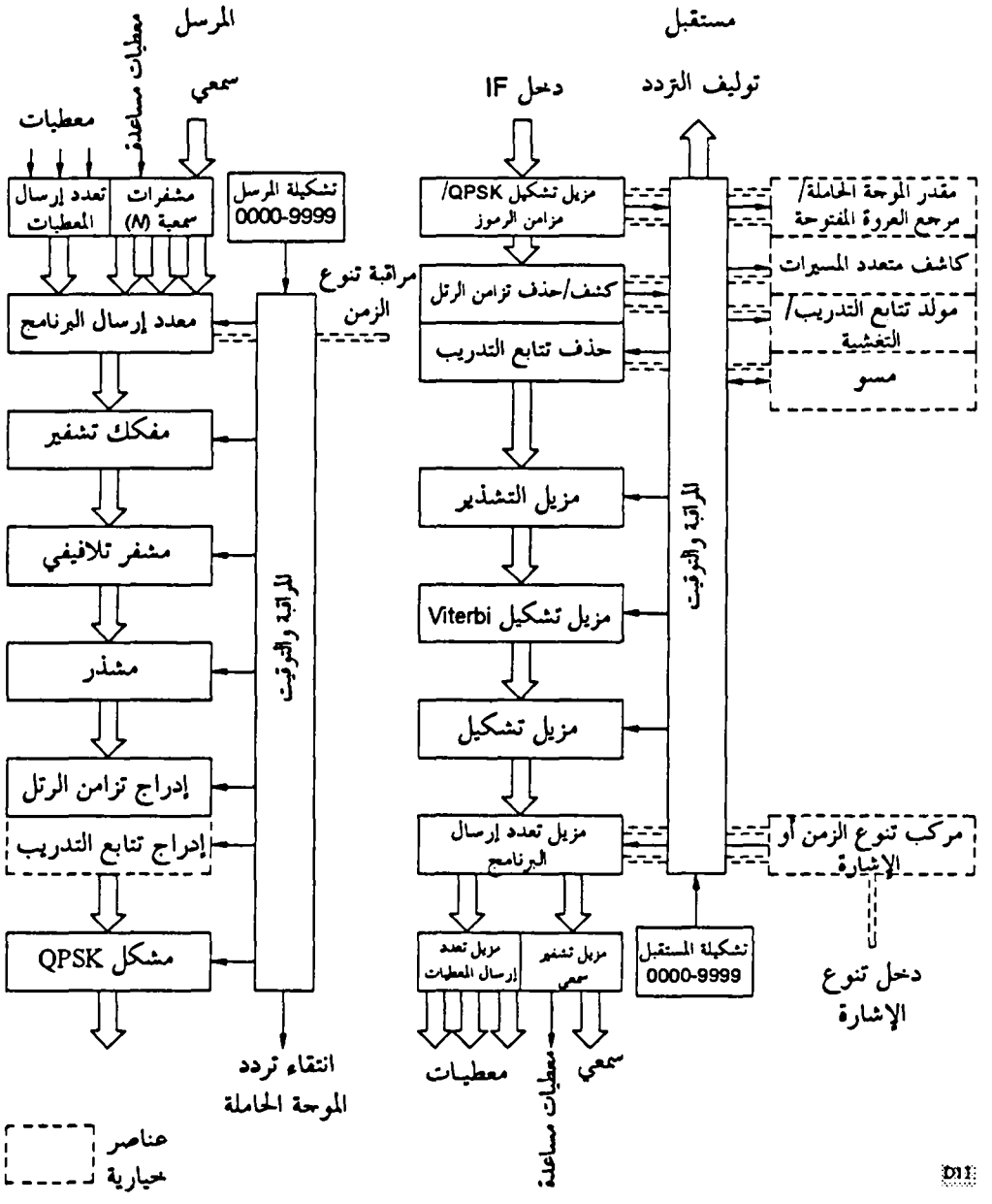
إن المرسل يقبل مجموعة من الإشارات السمعية التماثلية المعتانة ومجموعة من مصادر المعطيات غير المتزامنة المصاحبة لكل مصدر سمعي ومجموعة من مصادر المعطيات المتزامنة المستقلة.

2.1.3 التشفير السمعي

يتم توفير عدد من المشفرات السمعية لمناولة العدد المطلوب من القنوات أحادية الصوت ذات عرض نطاق محدود والقنوات المجسمة للصوت (نطاق كامل أو عرض نطاق محدود) والقنوات الصوتية المحيطية ذات عروض نطاق كاملة بخمس قنوات.

الشكل 11

مخطط قدرة النظام B



كل مشفر يقبل كذلك قناة معطيات غير متزامنة يعدد إرسالها مع انسياب المعطيات السمعية. ويختلف معدل معطيات هذه القنوات دينامياً حسب السعة غير المستعملة للقناة السمعية.

إن خرج كل مشفر سمعي هو انسياب معطيات متزامن بمعدل للمعطيات تناسبي مع عرض النطاق السمعي ونوعية الصوت. ويتراوح المعدل بين حد أدنى يبلغ 16 kbit/s لقناة سمعية أحادية الصوت ذات عرض نطاق محدود و 320 kbit/s لخمس قنوات (يجب أن يحدد المعدل بالضبط من قبل اللجنة MPEG-2). تنحصر معدلات معطيات المشفر السمعي في متعددات تبلغ 16 kbit/s.

3.1.3 تعدد إرسال البرامج

كل القنوات السمعية المرقمنة وقنوات المعطيات يعدد إرسالها في انسياب معطيات تسلسلي مركب. ويتراوح معدل معطيات الخرج من حد أدنى يبلغ 32 kbit/s إلى حد أقصى يحدده عرض نطاق النظام المرسل وموارد القدرة. ويفترض أن يكون هذا الحد الأقصى بين 1 و 10 Mbit/s.

كل تركيبة تعدد إرسال مسموح بها للمصادر السمعية ومعدلاتها، وكذلك مصادر المعطيات ومعدلاتها، سيخصص لها رقم وحيد لتعرف هوية الإرسال. ويستعمل هذا الرقم من قبل المستقبل لضبط معدل المعطيات وتشكيلة تعدد الإرسال.

4.1.3 تشفير تصحيح الأخطاء

يتكون تشفير تصحيح أخطاء انسياب المعطيات المركب من المعدل 1/2 والتشفير التلافيفي $k = 7$، يسبقه تشفير Reed-Solomon بمعدل 140/160.

5.1.3 التشذير

يستعمل مشذر فدري للتشذير الزمني لانسياب المعطيات المركب. ويكون طول فدرة المشذر تناسبياً مع معدل المعطيات المركبة لتوفير مدة لفدرة المشذر تناهز 200 ms مهما كان معدل المعطيات.

6.1.3 تزامن الرتل

تدرج كلمة تشفير شبه ضوضاء عند بداية كل فدرات المشذر. كذلك يكون لتزامن فدرة المشذر علاقة فريدة مع فدرة تعدد إرسال البرنامج.

7.1.3 إدراج تتابع التدريب

إذا كان يجب استقبال البرنامج المذاع في بيئة تضم مكررات تشتغل في نفس القناة، سوف يدرج تتابع تدريب معروف مع رمز تدريب موضوع بعد كل عدد n من رموز المعطيات، حيث n يمكن أن يتراوح بين 2 و 4. كذلك سيتم التعرف على وجود رموز تدريب وترددها بواسطة رقم وحيد لتعرف هوية الإرسال.

8.1.3 التشكيل

الخطوة الأخيرة في العملية هي التشكيل بالإبراق QPSK عند تردد IF. سوف يستعمل تشكيل النبضات لتقييد عرض نطاق الإشارة. بعد ذلك يتم تحويل إشارة التردد IF المشكلة إلى تردد الموجة الحاملة المناسبة للإرسال. وفي طريقة تعدد الإرسال بتقسيم التردد (FDM)، يتم توليد موجات حاملة إضافية بنسخ المرسل الذي ورد وصفه أعلاه.

2.3 المستقبل

بعد التوليف إلى الموجة الحاملة المرغوبة وتحويل الإشارة إلى تردد IF ثابت، يقوم المستقبل بوظائف إزالة التشكيل وفك التشفير وإزالة تعدد الإرسال، وكذلك بتحويل الإشارة السمعية من الرقمي إلى التماثلي.

يضبط معدل المعطيات وتشكيلة إزالة تعدد إرسال البرامج في المستقبل بإدراج رقم وحيد لتعرف هوية الإرسال. عندئذ يكون بوسع الجزء المركزي من الشبكة أن يودي كل وظائف الاستقبال المطلوبة في بيئة استقبال ثابت أو متنقل، عندما تكون الإشارة ثابتة وتكون نسبة الإشارة إلى الضوضاء عالية بما فيه الكفاية.

في ظروف الاستقبال المتنقل، وعندما تكون هناك مشاكل وخاصة تلك المصاحبة لسد الإشارات، يدرج المستقبل التعزيزات الضرورية لضمان اختلاف الوقت أو الإشارة، أو التسوية عند استعمال المعززات الدفعية.

1.2.3 إزالة التشكيل

على العموم يتم إزالة تشكيل الموجة الحاملة في مزيل تشكيل متماسك QPSK محكوم الطور، وتكشف الرموز بواسطة مرشاح متوائم بتوقيت تؤمنه عروة لتتبع الرموز.

عندما تستعمل التسوية بوجود الصدى، يتم فتح عرى الموجة الحاملة وتتبع الرموز. ويستعمل مقدر للترددات بتحويل FFT لوضع مرجع ثابت لإزالة تشكيل الموجة الحاملة. ويتم اعتيان المرشاح المتوائم للرموز بما يعادل مرتين معدل الرموز وترسل هذه العينات إلى المسوي.

2.2.3 تزامن الرتل

يتم تزامن رتل المشذر عبر الكشف بارتباط متبادل لكلمة تزامن الرتل الوحيدة. هذه العملية تسمح كذلك بإزالة الغموض الناتج عن التشكيل بالإبراق QPSK.

3.2.3 التسوية

في حالة وجود الصدى، سيكون هناك عدد من ذرى الارتباط قليلة التباعد عند خرج كاشف تزامن الرتل. ويمكن أن تستعمل هذه المعلومة لتنشيط المسوي أوتوماتياً. ويستعمل المسوي تتابع تدريب مولد محلياً يقوم إطلاقه على تقدير لموقع كلمة تزامن الرتل. وتسمح المقارنة بين توقيت كلمة تزامن الرتل المولدة محلياً وخرج كاشف تزامن الرتل بتصحيح أي خطأ في التوقيت بين الرموز الواصلة ومرجع توقيت الرموز المولدة محلياً.

يستعمل النظام B مسوٍّ ذي قرار تنبؤي شبكي بتغذية راجعة (Lattice PDFE). يتوقف التسامح فيما يخص التمديد الزمني لكل الأصداء على طول المسوي. من أجل اختبارات نوعية أداء النظام B، استعمل مسوٍّ يتوفر على 22 خلية ذهاباً و 4 خلايا إياباً. ويمكن للمسوي أن يؤمن الاكتساب في نافذة زمنية تقابل مدة 100 رمز متتابع. ويمكن زيادة طول المسوي إذا كان من الضروري التعويض عن تمديد زمني أهم.

4.2.3 حذف تتابع التدريب

عند خرج المسوي، تحذف رموز تتابع التدريب. وعندما يقوم مستقبل غير مجهز بمسوٍّ بمعالجة إشارات تتضمن رموز تدريب، يجب على هذا المستقبل أيضاً أن يحذف هذه الإشارات. وعملية الحذف سهلة لأن وضع رموز التدريب بالنسبة إلى كلمة تزامن الرتل معروف.

5.2.3 إزالة التشذير

يقوم مزيل التشذير بإعادة التتابع الزمني الأصلي للرموز المكشوفة، كما كان عليه في المرسل قبل عملية التشذير.

6.2.3 فك التشفير مع تصحيح الأخطاء

مفكك تشفير فيتربي (Viterbi)، يتبعه مفكك تشفير Reed-Solomon، يخفض معدل أخطاء الرموز المكشوف عنها ويحول الرموز إلى بتات معطيات. وإذا كان مفكك التشفير Reed-Solomon غير قادر على إزالة كل الأخطاء التي تحتوي عليها قدرة معطيات فإنه يوسم هذه القدرة على أنها خاطئة. ويمكن بعد ذلك استعمال هذه الدلالة من قبل مضمام التنوع لانتقاء أحسن إشارة، وكذلك من قبل مفكك التشفير السمعي لمراقبة إسكات الخرج السمعي.

7.2.3 إزالة تعدد إرسال البرامج

عند هذا الحد تجري إزالة تعدد إرسال انسياب المعطيات المركب إلى عدة انسيابات منفصلة للمعطيات الرقمية ويتم انتقاء انسياب المعطيات السمعي المرغوب فيه وتسييره نحو مفكك التشفير السمعي.

عندما يستعمل اختلاف الوقت، يقوم مزيل تعدد إرسال البرامج بفصل صيغة الوقت الفعلي والصيغة الموجلة لانسياب المعطيات، ثم يرسلهما إلى مضمام التنوع لانتقاء المعطيات الأقل خطأً.

إذا استعمل مستقبل مستقل لتنوع الاستقبال، يكون هذا هو الحد الذي تنتقى فيه معطيات الخرج الأكثر صحة.

8.2.3 فك التشفير السمعي

يحول مفكك التشفير السمعي القناة السمعية الرقمية المختارة إلى قناة تماثلية. وهو كذلك يؤمن إزالة تعدد إرسال قناة المعطيات المساعدة ويوفر المعطيات للسطح البيني للخرج المناسب.

إن السطح البيني انطلاقاً من مزيل تعدد إرسال البرامج لا يوفر المعطيات وإشارة الميقاتية فقط، بل كذلك إشارة عن نوعية المعطيات التي يقدمها مفكك التشفير Reed-Solomon. ويمكن استعمال هذه الإشارة للتحكم في إسكات مفكك التشفير السمعي عندما تستقبل الإشارة في ظروف حدية. وقد تم استعمال هذه الوظيفة خلال اختبار النظام الرقمي B بمفكك التشفير السمعي AT&T PAC، وإخمادها خلال الاختبارات بمفكك تشفير سمعي MUSICAM.

9.2.3 خروج السطوح البينية

تتكون خروج السطوح البينية من قناة سمعية وقنوات معطيات مختارة. ويمكن أن توسم المعطيات على أنها "جيدة" أو "سيئة" باستعمال مبين جودة المعطيات Reed-Solomon. ويمكن لقنوات المعطيات التحكم في عارضات المستقبل، أو عارضات خاصة في حالة إذاعة المعطيات. وبما أنه يمكن إدماج برامج متعددة في تعدد إرسال واحد، يمكن تسجيل القنوات غير المنتقاة لاستعادتها لاحقاً.

4 نوعية الأداء

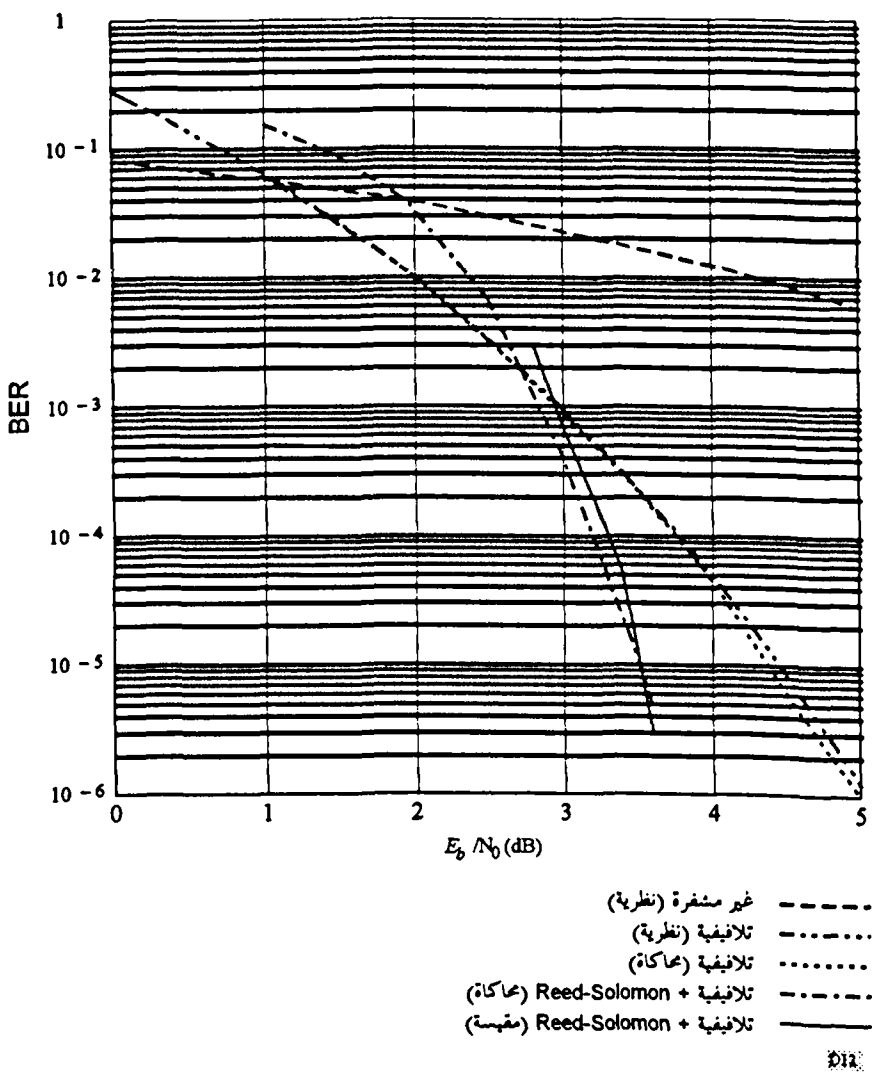
تعطى نوعية أداء النظام B بالرجوع إلى مجموعة من القنـوات النموذجيـة المقيسـة: نمـوذج قنـاة ذات ضوضـاء بيضـاء غوسـية مضافـة (AWGN)؛ ونموذج قناة ساتلية لإشارة ساتلية واحدة؛ ونموذج قناة بإشارات متعددة (بنفس التردد) يمثل إشارة ساتلية بمعززات دفع للأرض أو إشارات تبثها شبكة مرسلات أرض فقط.

1.4 قناة ذات ضوضاء بيضاء غوسية مضافة (AWGN)

يمكن مقاربة وصلة ساتلية في خط البصر بواسطة قناة BBGA. هناك عدد قليل من المسيرات المتعددة (يكون المعامل k لرايس (Rice) على العمـوم أقل من 10 dB) عند زوايا ارتفاع تزيد على 20°. ويظهر الأداء المقيس لمستقبل للنظام B على قناة AWGN في الشكل 12. وكذلك تظهر بعض المقارنات بين النتائج النظرية والنتائج المتوصل إليها عن طريق المحاكاة والقياس.

الشكل 12

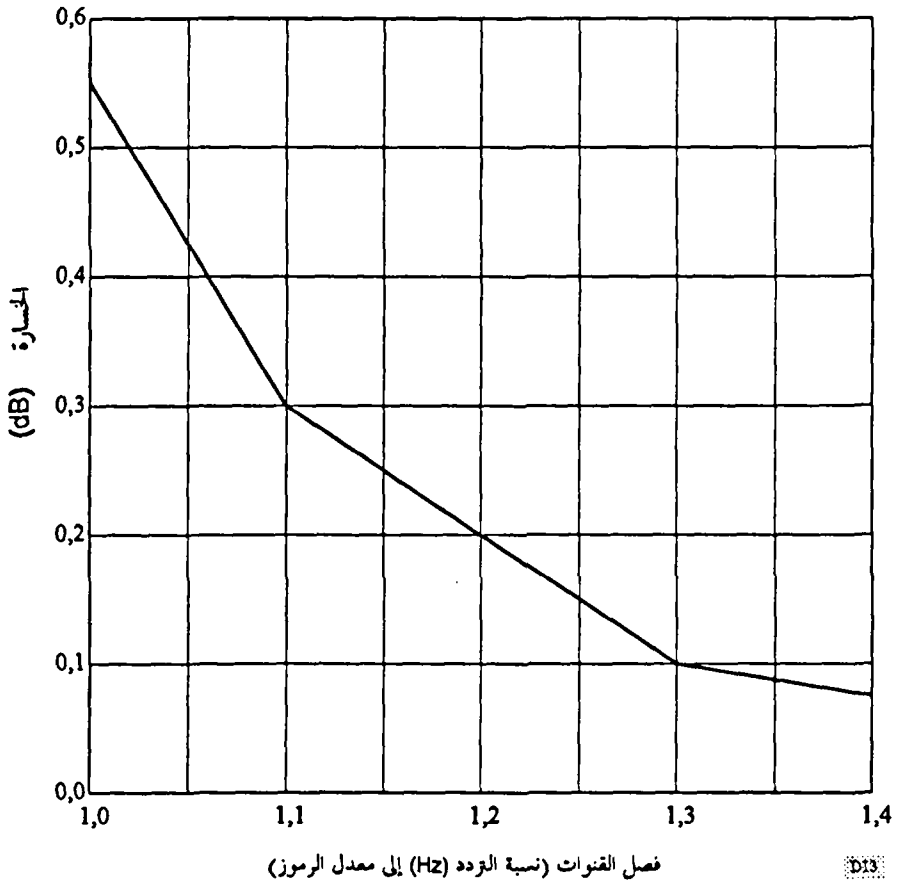
نوعية أداء النظام B على قناة AWGN



بما أن النظام B يمكن أن يستعمل عدداً من الموجات الحاملة المستقلة في أسـلوب FDM فإن المباعدة بين الموجات الحاملة يعد أمراً ذا أهمية. والشكل 13 يبين انحطاط الأداء المقيس بدلالة تباعد الموجات الحاملة المتجاورة.

الشكل 13

انحطاط نوعية الأداء بدلالة فصل الموجات الحاملة



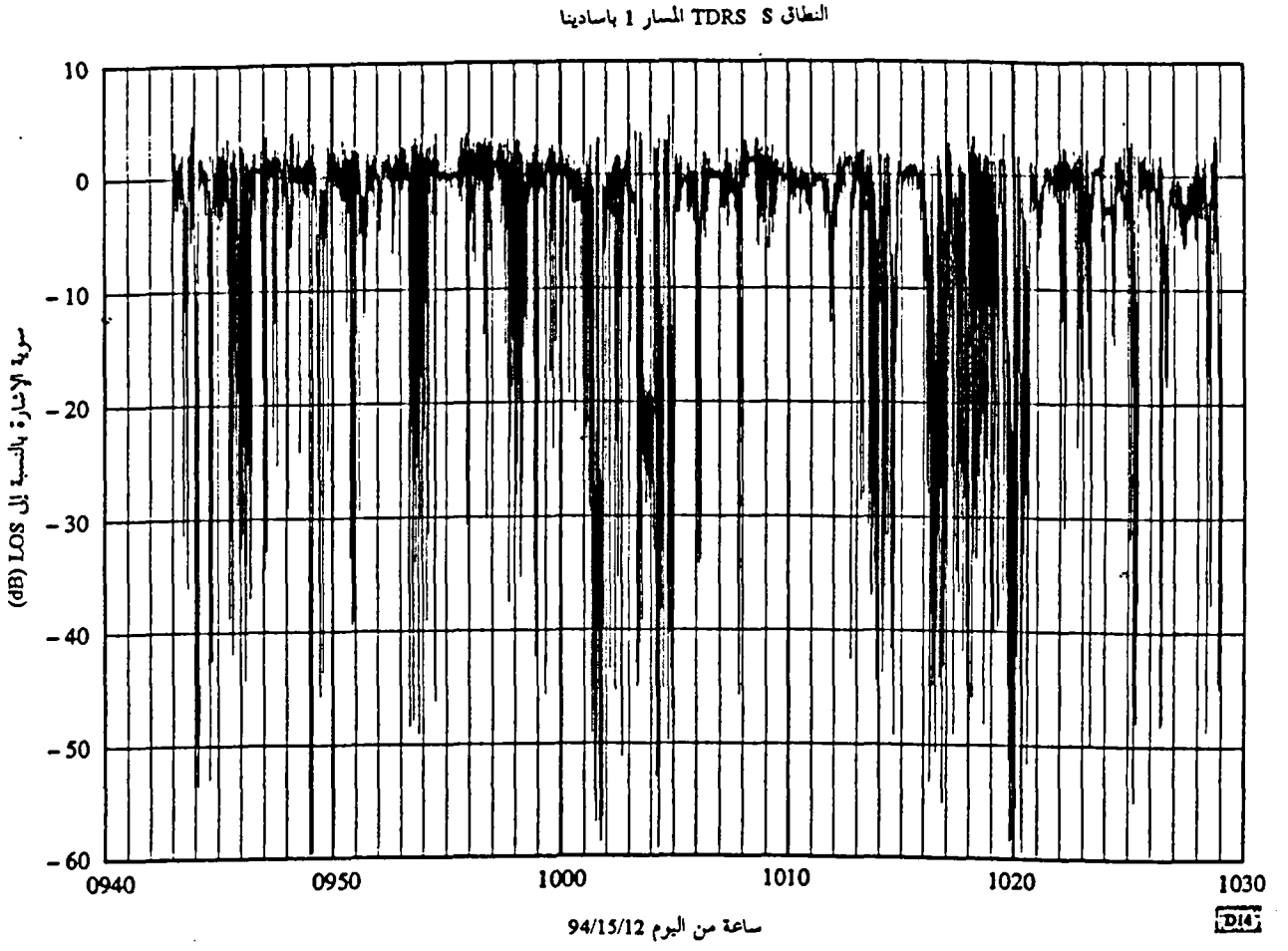
يعطى التباعد كمعدل لتباعد الموجات الحاملة بالوحدة Hz بالنسبة لمعدل الرمـوز المرسلة بـالرموز في الثانيـة. وفي النظـام B يكـون معـدل الرمـوز يساوي معدل المعطيات مضروباً في سابقة Reed-Solomon 160/140، مضروباً في سابقة رمز التدريب.

2.4 القناة الساتلية

تتغير القناة الساتلية للاستقبال المتنقل لأن الإشارة الساتلية تحجب اعتباطياً من طرف البنايـات والأشـجار والحواجـز الأخـرى. ولتقييـم نوعيـة أداء النظام B في الاستقبال المتنقل، تم تطوير نموذج انطلاقاً من قياسات أجريت على مسير اختباري في إقليم باسـادينا في كاليفورنيـا. وتسـتغرق تغطيـة هذا المسير 45 دقيقة وهو يشمل ظروف استقبال متنوعة، بما فيها قطع مفتوحة ومحجوبة جزئياً وحد محجوبة. وقد أجريت القياسات على الإشـارة القادمة من الساتل على نطاق ضيق بديناميـة تبلـغ 35 dB. ويبين الشـكل 14 منحنى بدلالـة الوقـت. والشـكل 15 ملخـص لإحصائيـات قيـاس الإشارة.

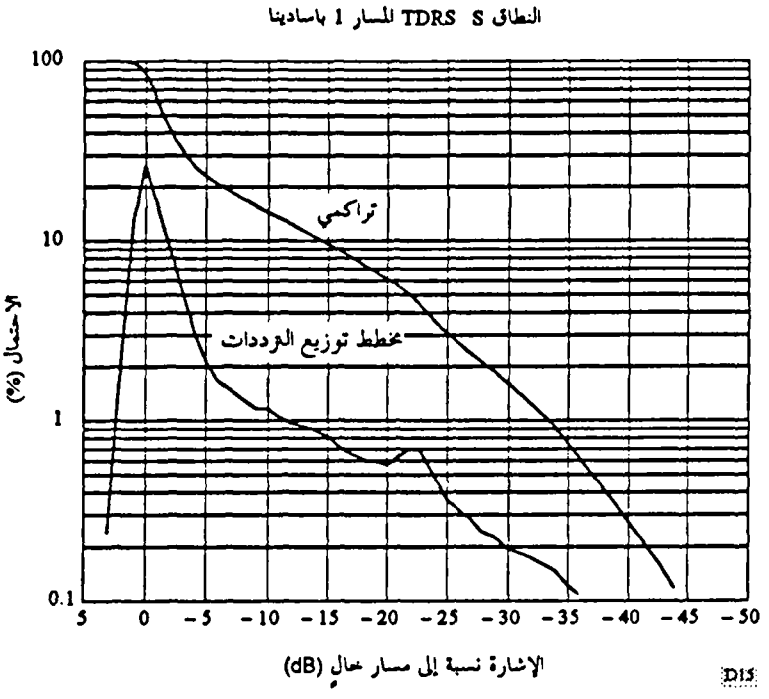
الشكل 14

نموذج القناة الساتلية



الشكل 15

إحصائيات نموذج القناة الساتلية



1.2.4 اختلاف الوقت

إذا لم يتيسر سوى إشارة ساتلية واحدة فإن من بين تقنيات التعويض الفعالة اختلاف الوقت. ويعدد إرسال صيغة موحلة من انسياب للمعطيات مع انسياب المعطيات الأصلي، بأمل أن تنجو صيغة واحدة على الأقل من الحجب. ويقوم المستقبل بإعادة رصف صيغتي انسياب المعطيات في الوقت ويختار الصيغة التي تحتوي على أقل عدد من الأخطاء. ويمكن القيام بذلك انطلاقاً من المؤشرات التي يقدمها مفكك التشفير Reed-Solomon.

إن إعادة إرسال انسياب المعطيات يحط من خاصية النظام بما قدره 3 dB، لكن يبدو أن هذه الطريقة تعطي نتائج أفضل من زيادة 3 dB في هامش الوصلة. ويبين الشكلان 16 و17 فعالية اختلاف الوقت، باستعمال نموذج قناة باسادينا. فالشكل 16 يبين الاحتمال الإجمالي لظهور خبو يتجاوز مدى هوامش الوصلة، متوسطاً على كل ظروف استقبال النموذج. وتجدر ملاحظة أن معظم التحسين يحدث عندما يكون التأخر أقل من حوالي 4 s. أما الشكل 17 فيبين الاحتمالات الإجمالية للخبو لهامش ثابت يبلغ 10 dB، لكل من ظروف الاستقبال.

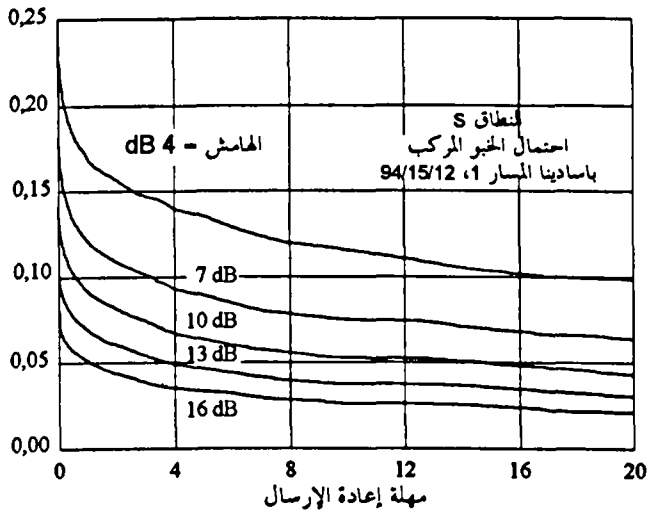
2.2.4 تنوع الساتل

يمكن استعمال أكثر من ساتل واحد لإذاعة انسياب المعطيات نفسه، باستعمال ترددات منفصلة ومستقبلات منفصلة لكل إشارة. والأمل مع هذه التقنية هو أن إشارة واحدة على الأقل لن تحجب نظراً لاختلاف الاتجاه من المستقبل إلى السواتل.

إن فعالية تنوع الساتل، كما هو الحال مع اختلاف الوقت، يتوقف على الهندسة المحلية للحواجز التي تسبب سد الإشارة. وقد طبقت مؤخراً تقنيات صورية للحصول على إحصائيات بشأن فعالية تنوع الساتل. وتنطوي هذه التقنيات على التقاط صور فوتوغرافية بآلة تصوير مجهزة بعدسة عين السمكة مسددة نحو السمت، وتحليلها وتحديد النسبة المئوية من السماء الصافية أو المحجوبة جزئياً أو المحجوبة كلياً. ويمكن بعد ذلك وضع موقع الساتل على هذه الصور لتقييم كسب التنوع في مكان أو على مسير معين.

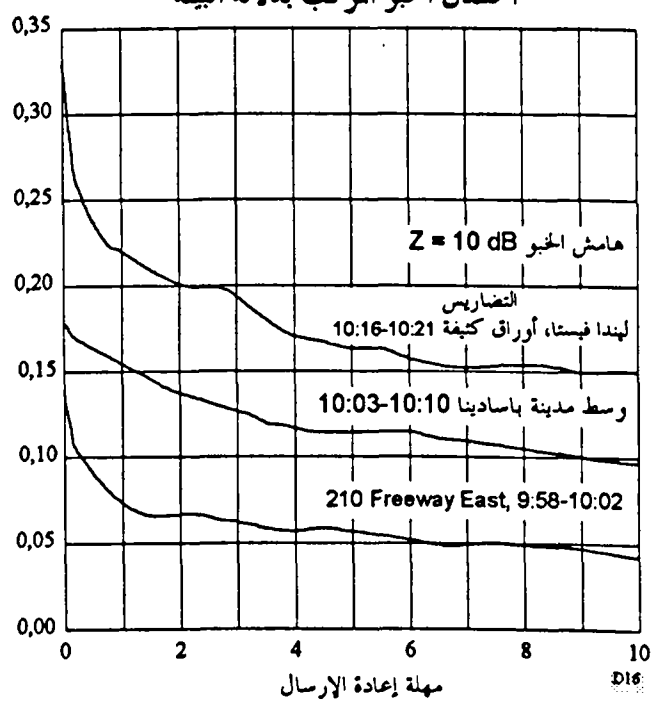
الشكل 16

احتمال الخبو المركب بدلالة هامش الوصلة



الشكل 17

احتمال الخبو المركب بدلالة البيئة



3.4 شبكة أحادية التردد

من الطرق التي تسمح باستقبال إشارة ساتلية في مناطق استقبال صعبة استعمال شبكة معيدي إرسال للأرض على نفس القناة. ويستعمل النظـام B التسوية للعمل في هذه الظروف. والقيد الوحيد على استعمال التسوية هو أن كل إشارة تؤجل على الأقل نصف رمز عن كل إشارة أخرى. وليس هناك أي قيود على المسافة بين معززات الدفع إذا كانت مهل مختلفة مدمجة في كل منها. والمهل القصوى بين معززات الدفـع ستكون بدلالـة عـدد الطوابق المدمجة في المسوي.

1.3.4 نماذج القنوات

تم إنشاء نموذجي إشارة لتقييم أداء مسوي النظام B. وإضافة إلى ذلك فإن فعالية تنوع استقبال الإشارة قد قيمت كذلك.

الأول هو نموذج رايس (Rice) الذي توجد فيه نصف القدرة في المكونة المباشرة للإشارة وربعها في كل من مكونـتي رايلي (Raylcigh). وتمديـد دوبلر فوق مكونتي رايلي ضبطت على ± 213 Hz، مما يقابل سرعة مركبة تبلـغ 100 km/h، وكـان تـردد الموجـة الحاملـة 2,3 Ghz. ومعـدل الإرسال هو 300 000 إشارة في الثانية. E_b/N_0 معرف على أساس القدرة الإجمالية ويتضمن الآثار المصاحبة لوجود تتابع التدريب.

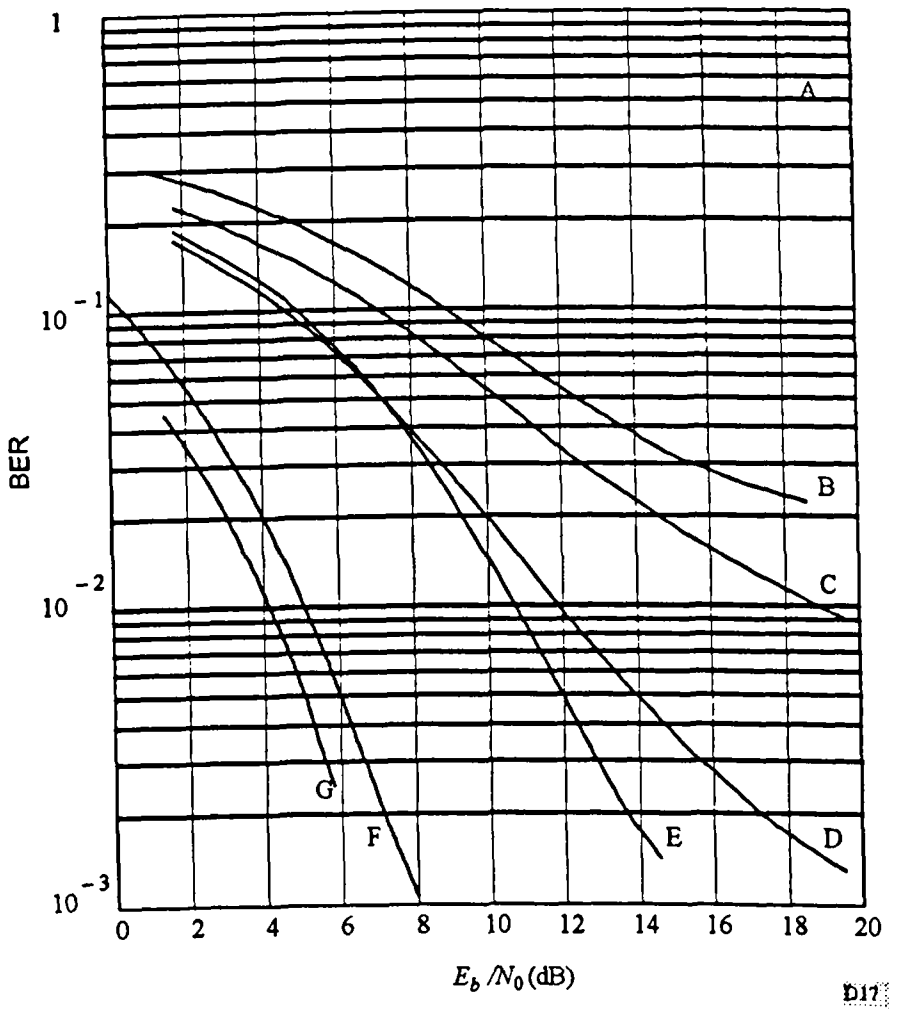
الثاني هو نموذج رايلي يتضمن ثلاثاً من مكونات رايلي متساوية القدرة.

2.3.4 نوعية أداء المسوي

إن صحة الحلول الوسط الأولى ونوعية أداء المسوي قد تم تقييمهما باستعمال محاكاة مبسطة كان فيها الفاصل بين الإشارات يساوي عدداً صحيحاً من مدد الرموز وكان استرجاع تزامن الرموز كاملاً. وتظهر النتائج في الشكل 18. ومعدل الخطأ في البتات هو معدل الخطأ غير مفكـك التشـفير، قبل فك تشفير Viterbi و Reed-Solomon. ويخفض معدل أخطاء غير مشفر من 1×10^{-2} إلى 1×10^{-6} بواسطة عملية فك التشفير.

الشكل 18

الأداء الأمثل لمسوي النظام B (غير مشفر)



المنحنيات A: كلا القناتين دون تسوية

B: Rayleigh، التنوع = 1
رموز التدريب 1:5

C: Rayleigh، التنوع = 11
رموز التدريب 1:3

D: Rayleigh التنوع = 2
رموز التدريب 1:3

E: Rician، التنوع = 1
رموز التدريب 1:3

F: دون تعدد مسار، دون خبو، مسوٍّ نشيط
دون رمز تدريب

G: دون تعدد مسار، دون خبو، مسوٍّ نشيط

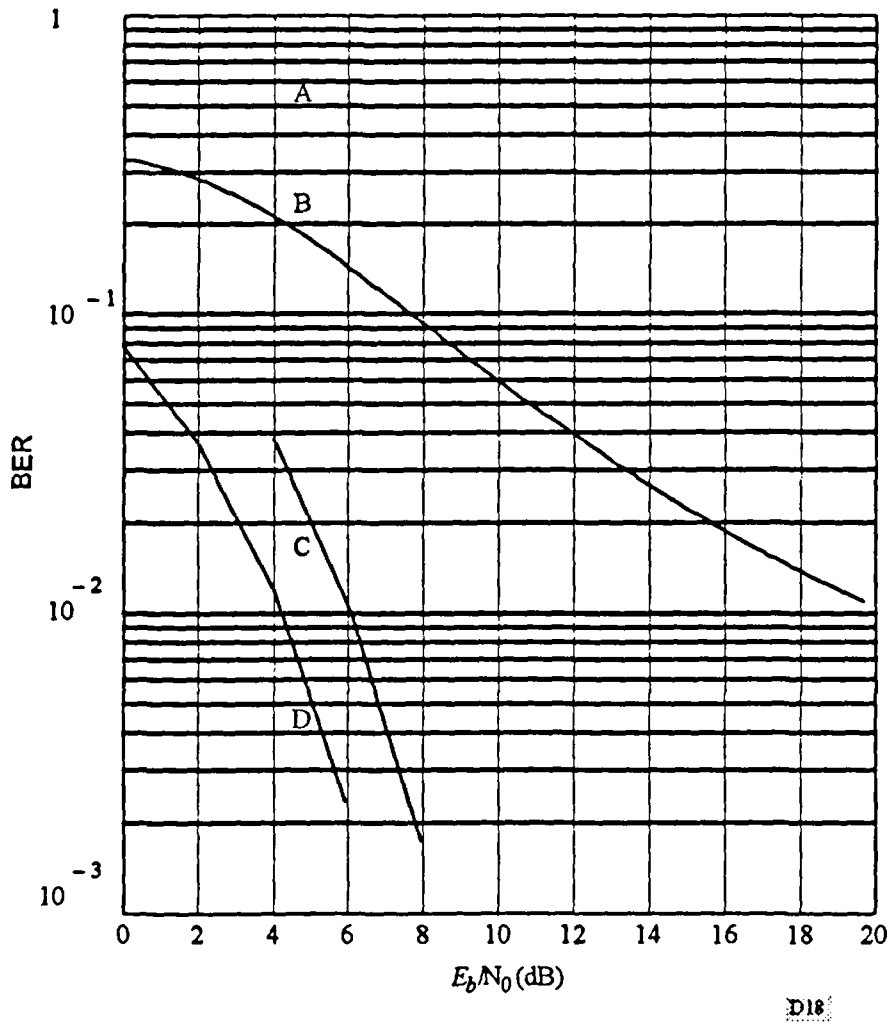
معدل BER غير مشفر = 1×10^{-2}

معدل BER مشفر = 1×10^{-6}

يبين الشكل 19 الأداء الذي يمكن الحصول عليه بمحاكاة كاملة، بما في ذلك التشغيل بالعروة المفتوحة لعروتي إزالة تشكيل الموجـة الحمالـة وتزامـن الرموز.

الشكل 19

أداء مسوي النظام B (غير مشفر)



المنحنيات A: دون تسوية، قناة Rayleigh

B: Rayleigh، التنوع = 1

رموز التدريب 1:3

C: دون تعدد مسار، دون عبر، مسوٍّ نشيط

دون رمز تدريب

D: دون تعدد مسار، دون عبر، دون مسوٍّ نشيط

معدل BER غير مشفر = 1×10^{-2}

معدل BER مشفر = 1×10^{-6}