

# ITU-R

قطاع الاتصالات الراديوية في الاتحاد الدولي للاتصالات

التوصية ITU-R M.2058-0  
(2014/02)

خصائص نظام رقمي يسمى بيانات ملاحية  
لإذاعة المعلومات المتعلقة بالسلامة البحرية  
والأمن من الساحل إلى السفن  
في نطاق التردد HF البحري

السلسلة M

الخدمة المتنقلة وخدمة التحديد الراديوي للموقع  
وخدمة الهواة والخدمات الساتلية ذات الصلة

## تمهيد

يضطلع قطاع الاتصالات الراديوية بدور يتمثل في تأمين الترشيد والإنصاف والفعالية والاقتصاد في استعمال طيف الترددات الراديوية في جميع خدمات الاتصالات الراديوية، بما فيها الخدمات الساتلية، وإجراء دراسات دون تحديد المدى الترددات، تكون أساساً لإعداد التوصيات واعتمادها. ويؤدي قطاع الاتصالات الراديوية وظائفه التنظيمية والسياساتية من خلال المؤتمرات العالمية والإقليمية للاتصالات الراديوية وجمعيات الاتصالات الراديوية بمساعدة لجان الدراسات.

## سياسة قطاع الاتصالات الراديوية بشأن حقوق الملكية الفكرية (IPR)

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

## سلاسل توصيات قطاع الاتصالات الراديوية

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

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

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

النشر الإلكتروني  
جنيف، 2015

© ITU 2015

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

## التوصية ITU-R M.2058-0

خصائص نظام رقمي يسمى بيانات ملاحية  
لإذاعة المعلومات المتعلقة بالسلامة البحرية والأمن  
من الساحل إلى السفن في نطاق التردد HF البحري

(2014)

## 1 مجال التطبيق

تصف هذه التوصية نظاماً راديوياً HF يطلق عليه اسم بيانات ملاحية HF (NAVDAT HF) للاستعمال في الخدمة المتنقلة البحرية، العاملة في نطاقات تردد التذييل 17 للإذاعة الرقمية للمعلومات المتعلقة بالسلامة البحرية والأمن من الساحل إلى السفينة. وترد الخصائص التشغيلية ومعمارية النظام لهذا النظام الراديو في الملحقين 1 و2. ويرد بالتفصيل في الملحقين 3 و4 أسلوبان مختلفان لإذاعة البيانات. والنظام NAVDAT HF مكمل للنظام NAVDAT 500 kHz الموصوف في التوصية ITU-R M.2010 من منظور التغطية الراديوية.

## كلمات رئيسية

ترددات عالية (HF)، بحري، NAVDAT، إذاعة، رقمي

## مختصرات/مسرد مصطلحات

BER	معدل خطأ البتات ( <i>Bit error rate</i> )
DRM	الراديو الرقمي العالمي ( <i>Digital radio mondiale</i> )
DS	قطار بيانات ( <i>Data stream</i> )
GMDSS	النظام العالمي للاستغاثة والسلامة في البحر ( <i>Global maritime distress and safety system</i> )
GNSS	النظام العالمي للملاحة الساتلية ( <i>Global navigation satellite system</i> )
HF	تردد عالي ( <i>High Frequency</i> )
IMO	المنظمة البحرية الدولية ( <i>International Maritime Organization</i> )
ITU	الاتحاد الدولي للاتصالات ( <i>International Telecommunication Union</i> )
LF	تردد منخفض ( <i>Low frequency</i> )
MER	معدل خطأ التشكيل ( <i>Modulation error rate</i> )
MF	تردد متوسط ( <i>Medium frequency</i> )
MIS	قطار معلومات التشكيل ( <i>Modulation information stream</i> )
NAVDAT	بيانات ملاحية ( <i>Navigational Data</i> ) (اسم النظام)
NAVTEX	تلكس ملاحية (اسم النظام)
NBDP	طباعة مباشرة ضيقة النطاق ( <i>Narrow band direct printing</i> )
NM	ميل بحري ( <i>Nautical mile</i> ) (1 852 متراً)

سقوط شبه رأسي لموجة أيونوسفيرية (Near vertical incidence sky wave)	NVIS
تعدد الإرسال بتقسيم تعامدي للتردد (Orthogonal frequency division multiplexing) (OFDM)	OFDM
تشكيل اتساع تريبيعي (Quadrature amplitude modulation)	QAM
قدرة ذروة غلافية (Peak envelope power)	PEP
جذر متوسط التربيع (Root mean square)	RMS
شبكة وحيدة التردد (Single frequency network)	SFN
نظام المعلومات والإدارة (System of information and management)	SIM
النسبة إشارة إلى ضوضاء (Signal-to-noise ratio)	S/N
قطار معلومات المرسل (Transmitter information stream)	TIS
المؤتمر العالمي للاتصالات الراديوية (World Radiocommunication Conference)	WRC

إن جمعية الاتصالات الراديوية التابعة للاتحاد الدولي للاتصالات،

إذ تضع في اعتبارها

- أ) أن إذاعة البيانات عالية السرعة من الساحل إلى السفن يعزز الكفاءة التشغيلية والسلامة البحرية؛
- ب) أن نظام معلومات السلامة البحرية (MSI) الحالي الذي يعمل على موجات ديكامتريية (HF) للطباعة المباشرة ضيقة النطاق (NBDP) يتمتع بسعة محدودة؛
- ج) أن أنظمة الملاحة البحرية الناشئة تؤدي إلى زيادة الطلب على إرسال البيانات من الساحل إلى السفينة؛
- د) أن نطاق الموجات الهكثومتريية (MF) يوفر تغطية جغرافية محدودة،

وإذ تعترف

بأن نظام الراديو الرقمي العالمي (DRM) المشار إليه في الملحق 4 أدرج في التوصية ITU-R BS.1514-2،

وإذ تلاحظ

أن التوصية ITU-R M.2010 تصف نظام NAVSAT العامل بتردد 500 kHz،

توصي

- 1) بأن تكون الخصائص التشغيلية لإذاعة المعلومات المتصلة بالسلامة البحرية والأمن في نطاقات الترددات HF وفقاً للملحق 1؛
- 2) بأن تكون معمارية النظام لنظام إذاعة المعلومات المتصلة بالسلامة البحرية والأمن في نطاقات الترددات HF وفقاً للملحق 2؛
- 3) بأن تكون الخصائص التقنية وبروتوكولات المودمات لإرسال البيانات الرقمية للمعلومات المتعلقة بالسلامة البحرية والأمن من الساحل إلى السفن في نطاق الترددات HF وفقاً للملحقين 3 و4؛
- 4) باستعمال الترددات الواردة في الملحق 5 التي تنتمي إلى التذييل 17 لتشغيل نظام NAVDAT HF.

## الملحق 1

### الخصائص التشغيلية

يمكن لنظام NAVDAT HF استعمال توزيع بسيط للفواصل الزمنية على غرار نظام NAVTEX الذي يمكن للمنظمة البحرية الدولية أن تنسقه.

ويمكن لنظام NAVDAT HF أن يعمل أيضاً على شبكة وحيدة التردد (SFN) على النحو الموصوف في الملحق 4. وفي هذه الحالة، تكون أجهزة الإرسال متزامنة من حيث التردد ويجب أن تكون بيانات الإرسال هي ذاتها بالنسبة إلى جميع أجهزة الإرسال. ويوفر النظام الرقمي NAVDAT HF الإرسال الإذاعي المجاني لأي نوع من أنواع الرسائل من الساحل إلى السفن مع إمكانية التحفير.

### 1 أنماط الرسائل

ينبغي لأي رسائل إذاعية أن ترسل من خلال مصدر آمن ومتحكم فيه.

ويمكن لإذاعة أنماط الرسائل أن تشمل على سبيل المثال لا الحصر:

- سلامة الملاحة؛
- الأمن؛
- القرصنة؛
- البحث والإنقاذ؛
- رسائل الأرصاد الجوية؛
- الرسائل المتعلقة بالقيادة أو الميناء؛
- نقل ملفات خدمة حركة السفن.

### 2 أساليب الإذاعة

#### 1.2 إذاعة عامة

تُبث هذه الرسائل لمعلومية جميع السفن.

#### 2.2 إذاعة انتقائية

تُبث هذه الرسائل من أجل مجموعة من السفن أو في منطقة ملاحية محددة.

#### 3.2 رسائل مكرسة

تُوجه هذه الرسائل إلى سفينة واحدة باستعمال هوية الخدمة المتنقلة البحرية.

## الملحق 2

## معمارية النظام

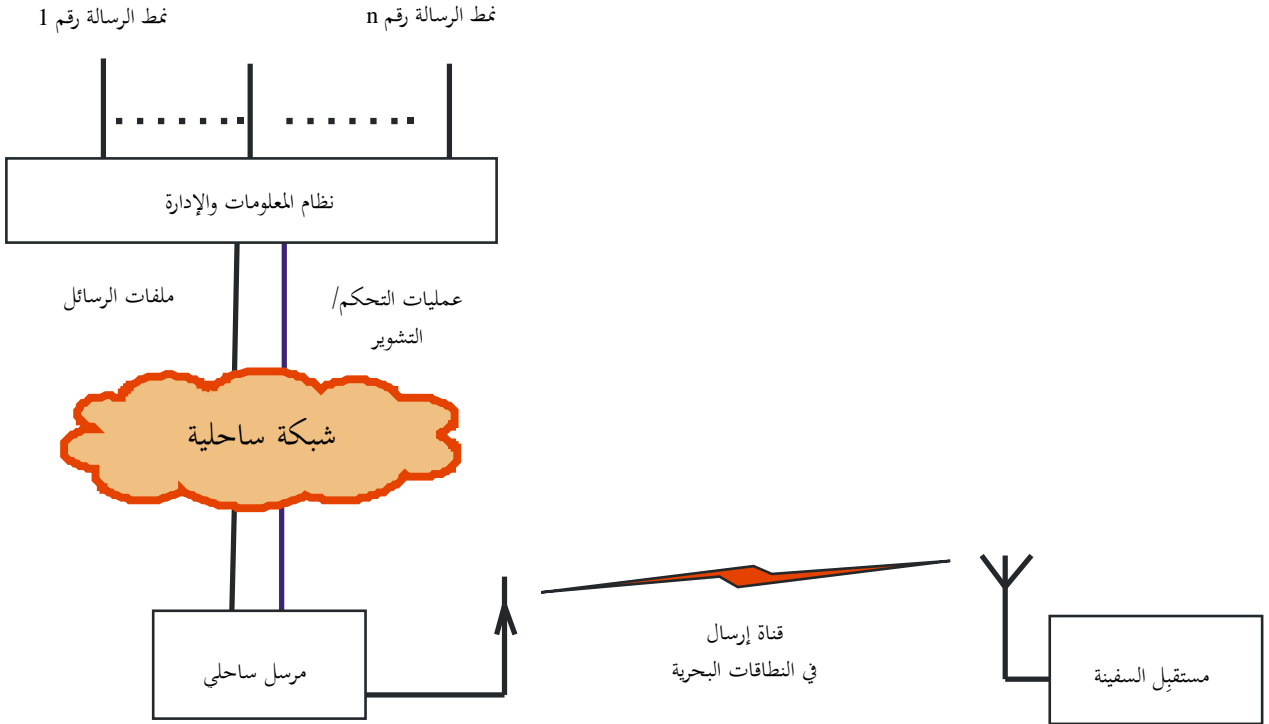
## 1 مسير الإرسال الإذاعي

نظام NAVDAT معد لأداء المهام التالية:

- يقوم نظام المعلومات والإدارة (SIM) بما يلي:
  - جمع كافة أنواع المعلومات ومراقبتها؛
  - إنشاء ملفات الرسائل التي يتعين إرسالها؛
  - إنشاء برنامج الإرسال وفقاً لأولوية ملفات الرسائل والحاجة إلى تكرارها.
  - الشبكة الساحلية:
  - تضمن نقل ملفات الرسائل من المصادر إلى المرسلات.
  - المرسل الساحلي:
  - يستقبل ملفات الرسائل من نظام المعلومات والإدارة؛
  - يحوّل ملفات الرسائل إلى إشارات بتعدد الإرسال بتقسيم تعامدي للتردد (OFDM)؛
  - يرسل إشارة التردد الراديوي إلى الهوائي لإذاعتها على السفن.
  - قناة الإرسال:
  - تنقل الإشارة HF RF.
  - مستقبل السفينة:
  - يزيل تشكيل الإشارة RF OFDM؛
  - يعيد إنشاء ملفات الرسائل؛
  - يرتّب ملفات الرسائل ويتيحها للجهاز المخصص وفقاً لتطبيقات ملفات الرسائل.
- يبين الشكل 1 مخطط مسير الإرسال الإذاعي.

## الشكل 1

## مخطط صندوقي لمسير الإرسال الإذاعي NAVDAT HF



M.2058-01

## 1.1 نظام المعلومات والإدارة

يشمل نظام المعلومات والإدارة ما يلي:

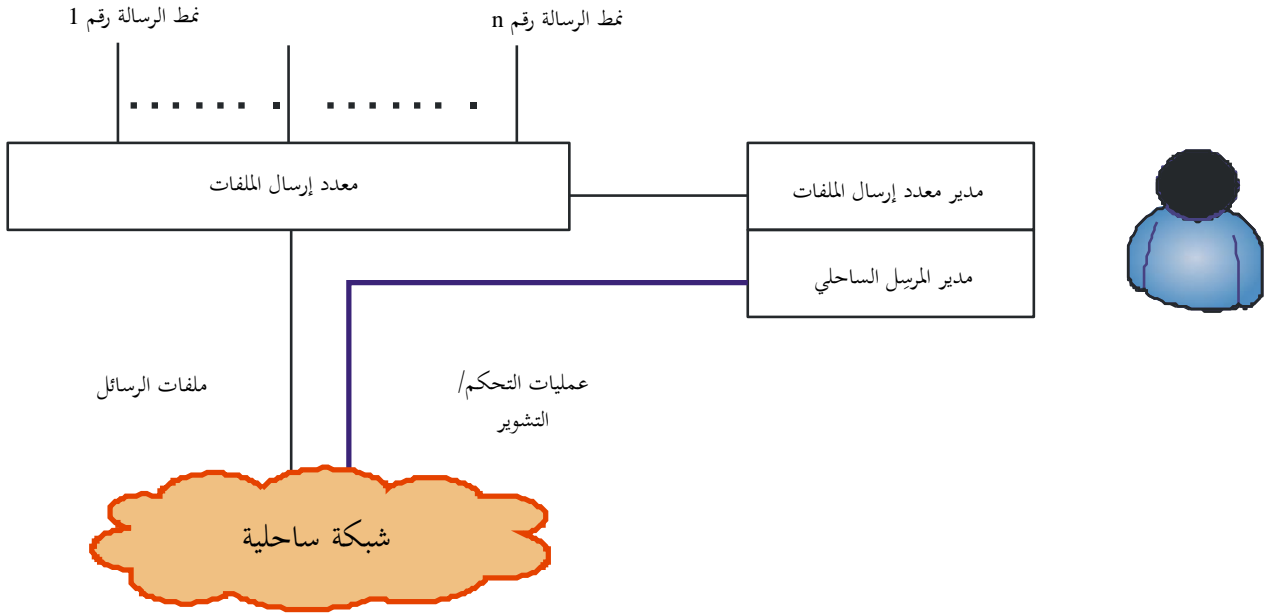
- جميع المصادر التي تقدم ملفات الرسائل (مثل مكتب الأرصاد الجوية، منظمات السلامة والأمن وغيرها)؛
- معدد إرسال الملفات الذي هو عبارة عن تطبيق يُشغل على مخدم؛
- مدير معدد إرسال الملفات؛
- مدير المرسل الساحلي.

وتُوصّل جميع المصادر بمعدد إرسال الملفات من خلال شبكة.

ويبين الشكل 2 المخطط العام لنظام المعلومات والإدارة.

الشكل 2

مخطط صندوقي لنظام المعلومات والإدارة NAVDAT



M.2058-02

**1.1.1 معدّد إرسال الملفات**

- يقوم معدّد إرسال الملفات بما يلي:
- استلام ملفات الرسائل من مصادر البيانات؛
- تشفير ملفات الرسائل عند اللزوم؛
- تنسيق رسائل الملفات مع معلومات المتلقي ووضع الأولوية وخاتم التوقيت؛
- إرسال ملفات الرسائل إلى المرسل.

**2.1.1 مدير معدّد إرسال الملفات**

- معدّد إرسال الملف هو سطح بيني بين الإنسان والآلة يمكن المستعمل من القيام بما يلي من بين مهام أخرى:
- إلقاء نظرة على ملفات الرسائل الواردة من أي مصدر؛
  - تحديد أولوية كل ملف من ملفات الرسائل وتواتره؛
  - تحديد متلقي ملف الرسائل؛
  - إدارة تجفير رسائل الملف.

وقد تكون بعض هذه الوظائف تلقائية. وكمثال على ذلك، يمكن تحديد أولوية رسائل ما وتواترها وفقاً للمصدر الذي تأتي منه أو يمكن للمصدر أن يحدد الأولوية في الرسائل.



### 3.1.1 مدير المرسل الساحلي

مدير المحطة الساحلية هو سطح بيني بين الإنسان والآلة موصل بالمرسل من خلال الشبكة؛ ويمكن من مراقبة المرسل عن طريق مؤشرات منها:

- إخطار بالإرسال؛
- وسائل إنذار؛
- قدرة الإرسال الفعلية؛
- تقرير التزامن؛
- والتحكم في معلمات المرسل مثل:
- قدرة الإرسال؛
- معلمات تعدد الإرسال بتقسيم تعامدي للتردد (موجات حاملة فرعية دليلية، تشفير الأخطاء وما إلى ذلك)؛
- الجدول الزمني للإرسال.

### 2.1 الشبكة الساحلية

يمكن للشبكة الساحلية أن تستعمل وصلة عريضة النطاق أو وصلة بمعدل بيانات منخفض أو تقاسم محلي للملفات.

### 3.1 وصف المرسل الساحلي

تتكون محطة ساحلية للإرسال من التشكيل الأدنى التالي:

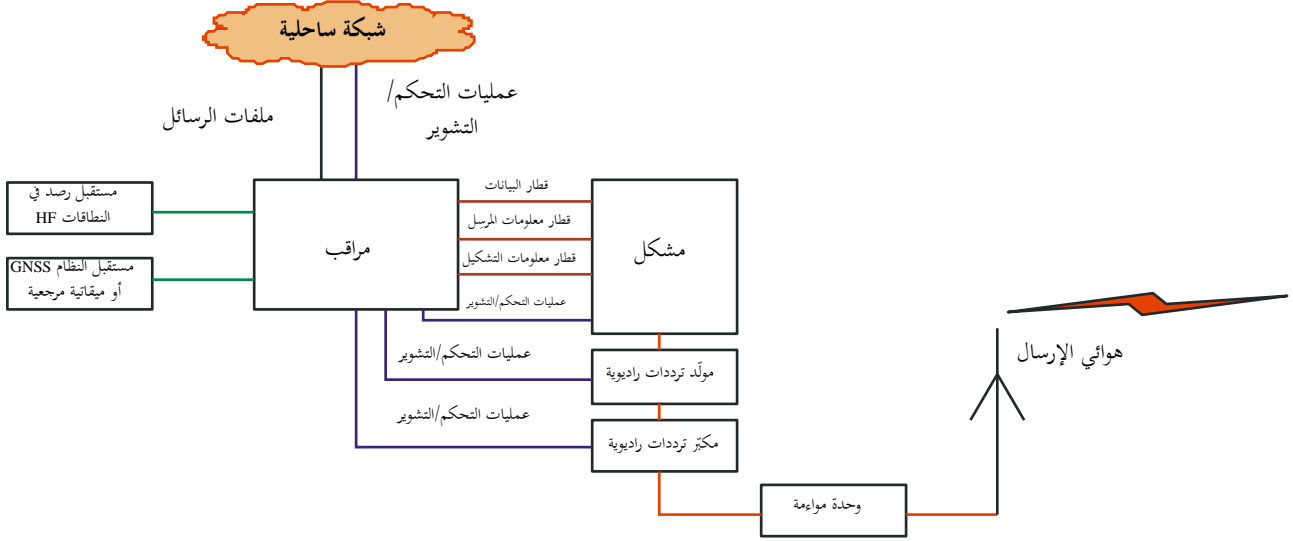
- مخدم محلي واحد موصل بنفاذ محمي؛
- مشكل OFDM واحد؛
- مكبر HF FR واحد؛
- هوائي واحد للإرسال مع وحدة مواءمة؛
- مستقبل واحد للنظام GNSS أو ميكاتية ذرية للترزامن؛
- مستقبل رصد واحد والهوائي الخاص به.

#### 1.3.1 معمارية النظام الساحلي

يبين الشكل 3 مخططاً صندوقياً لمرسل رقمي HF.

الشكل 3

مخطط صندوقي وظيفي للمرسل الرقمي NAVDAT HF



M.2058-03

### 2.3.1 المراقب

تتمثل وظيفة المراقب فيما يلي:

- التحقق من خلو نطاق الترددات قبل الإرسال؛
- مزامنة جميع الإشارات على المحطة الساحلية انطلاقاً من ميعاتية التزامن؛
- مراقبة معلمات الإرسال والوقت والجدول الزمني؛
- تنسيق ملفات الرسائل التي ينبغي إرسالها (تقسيم الملفات إلى رزم).

تستقبل هذه الوحدة بعض المعلومات:

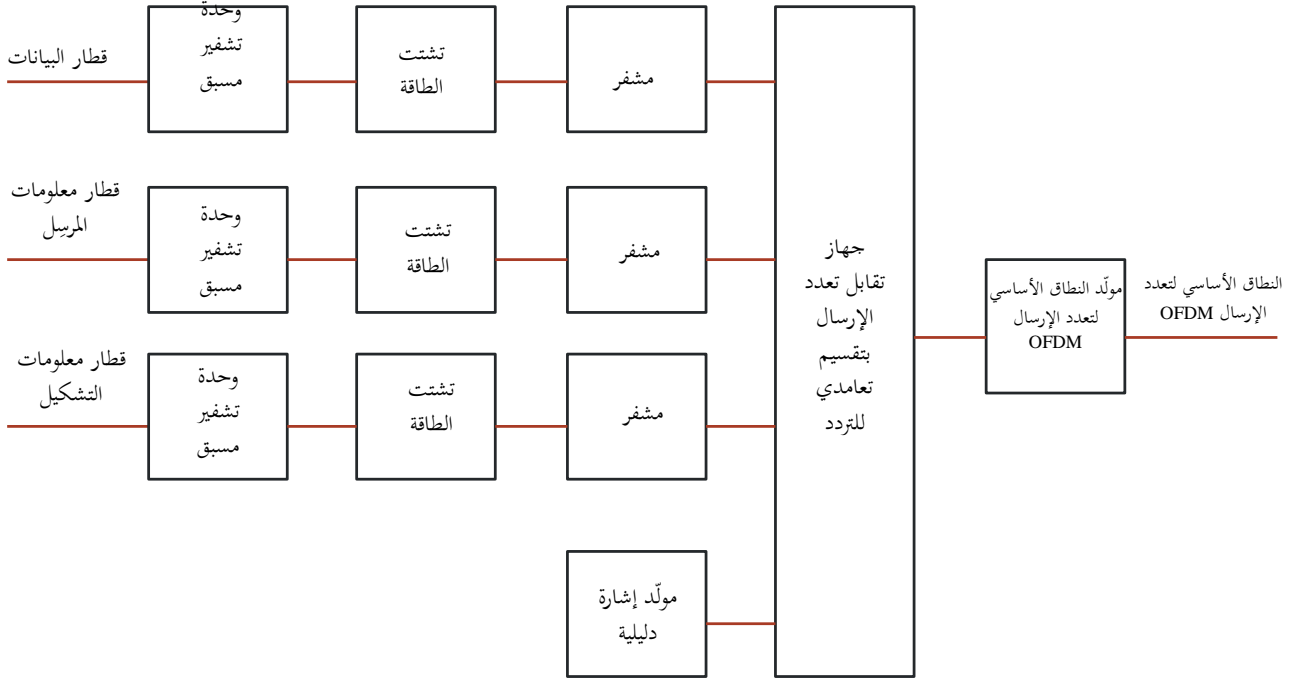
- ملفات الرسائل من نظام المعلومات والإدارة؛
- بيانات النظام GNSS أو الميعاتية الذرية من أجل التزامن؛
- الإشارة HF من مستقبل الرصد؛
- مشكل HF وإشارات التحكم في المرسل.

### 3.3.1 المشكل

يعرض الشكل 4 مخطط المشكل.

## الشكل 4

## مخطط صندوقي وظيفي للمشكّل NAVDAT HF



M.2058-04

**1.3.3.1 قطارات الدخل**

المشكّل بحاجة إلى ثلاثة قطارات من قطارات الدخل لتشغيله:

- قطار معلومات التشكيل (MIS)؛
- قطار معلومات المرسل (TIS)؛
- قطار البيانات (DS).

وتحوّل هذه القطارات شفريةً وتوضع بعدئذ في شكل إشارة تعدد الإرسال OFDM بواسطة جهاز تقابل الخلايا (الفقرة 3.3.3.1).

**1.1.3.3.1 قطار معلومات التشكيل**

يُستعمل هذا القطر لتوفير معلومات بشأن:

- شغل الطيف؛
  - التشكيل من أجل قطار معلومات الإرسال وقطار البيانات (4-QAM أو 16-QAM أو 64-QAM).
- يجري دائماً تشفير قطار معلومات التشكيل على الموجات الحاملة الفرعية بتشكيل 4-QAM من أجل جودة إزالة التشكيل في المستقبل.

### 2.1.3.3.1 قطار معلومات المرسل

يُستعمل هذا القطار لتوفير معلومات إلى المستقبل بشأن:

- تشفير الأخطاء لقطار البيانات المتعلقة بانتشار الموجة الأيونوسفيرية،
- معرف هوية المرسل،
- التاريخ والوقت.

يمكن تشفير قطار معلومات المرسل بالمخطط 4-QAM أو 16-QAM.

### 3.1.3.3.1 قطار البيانات

يتضمن ملفات الرسائل التي يتعين إرسالها (تم تنسيق هذه الملفات سابقاً بواسطة معدد إرسال الملفات).

### 2.3.3.1 تشفير تصحيح الأخطاء

يحدد مخطط تصحيح الأخطاء متانة التشفير. ومعدل التشفير هي النسبة بين معدل البيانات المفيدة ومعدل البيانات الخام. ويوضح هذا المعدل كفاءة الإرسال ويمكن أن يختلف من 0,5 إلى 0,75 تبعاً لمخططات تصحيح الأخطاء ومخططات التشكيل.

### 3.3.3.1 توليد تعدد الإرسال بتقسيم تعامدي للتردد

يجري تنسيق ثلاثة قطارات (قطار معلومات التشكيل وقطار معلومات المرسل وقطار البيانات):

- تشفير؛
- تشتت الطاقة.

يقوم جهاز تقابل الخلايا بتنظيم الخلايا OFDM ذات القطارات المنسقة والخلايا الدليلية. وتُرسل الخلايا الدليلية للمستقبل لتقدير القناة الراديوية ومزامنتها على إشارة الترددات الراديوية.

وينشئ مولّد الإشارة OFDM النطاق الأساسي OFDM وفقاً لخرج جهاز تقابل الخلايا.

### 4.3.1 مولّد الإشارة HF RF

ينقل المولّد HF RF إشارة النطاق الأساسي إلى الموجة الحاملة لخرج التردد RF النهائي. ويكبر المكبر إشارة الترددات الراديوية إلى القدرة المرغوبة.

### 5.3.1 مكبر الترددات الراديوية

تتمثل وظيفة هذه المرحلة في تكبير الإشارة HF الصادرة من خرج المولّد إلى المستوى المطلوب للحصول على التغطية الراديوية المرغوبة. ويدخل الإرسال OFDM عامل ذروة في الإشارة RF. ويجب أن يظل عامل الذروة هذا في المدى 7 إلى 10 dB عند خرج مكبر الترددات الراديوية للحصول على معدل سليم لحظاً التشكيل (MER).

ويمكن ضبط قدرة الخرج RF للمرسل الساحلي حتى قدرة الذروة 10 kW وفقاً لنطاقات الترددات التالية:

قدرة الخرج RF القصوى: النطاق 4 MHz : 5 kW، النطاق 6 MHz : 5 kW، النطاق 8 MHz : 10 kW

النطاق 12 MHz : 10 kW، النطاق 16 MHz : 10 kW،

النطاق 19/18 MHz : 10 kW، النطاق 22 MHz : 10 kW،

### 6.3.1 هوائي الإرسال ووحدة الموائمة

يوصّل مكبر الترددات الراديوية بهوائي الإرسال من خلال وحدة موائمة المعاوقة.

ملاحظة – غير ضرورية في حالة استعمال هوائي عريض النطاق.

### 7.3.1 مستقبل النظام العالمي للملاحة الساتلية وميقاتية مرجعية ذرية احتياطية

تُستعمل الميقاتية لمزامنة المراقب المحلي.

### 8.3.1 مستقبل الرصد

يتحقق مستقبل الرصد من خلو التردد قبل الإرسال ويتيح إمكانية التحقق من الإرسال.

## 4.1 قناة الإرسال: تقدير التغطية الراديوية

تعتمد ترددات الموجات الديكامترية (HF) اعتماداً تاماً على قواعد انتشار الموجة الأيونوسفيرية (من خلال الانعكاس من طبقة الأيونوسفير) المرتبطة ببعض المعلومات مثل: النهار أو الليل، والساعات والمواسم ودورة البقع الشمسية ونمط هوائي الإرسال والضوضاء الراديوية في منطقة الاستقبال.

وفي هذه الحالة، من الضروري استخدام التردد السليم في جميع الأوقات. ويمكن لبرمجة انتشار الترددات العالية الحالية أن تساعد في اختيار التردد السليم. ويمكن استخدام هوائي بسقوط شبه رأسي لموجة أيونوسفيرية (NVIS) لتحسين التغطية الإقليمية. ويمثل البث المتعدد باقتزان جميع المرسلات على هوائي واحد عريض النطاق إحدى الإمكانيات المتاحة أيضاً.

ويمكن لمستقبل السفينة أيضاً أن يقوم بمسح جميع الترددات المسموح بها لانتقاء أفضل إشارة مستقبلية (انظر الفقرة 6.1 في الملحق 3).

## الملحق 3

### الخصائص التقنية للنظام NAVDAT HF

## 1 مبدأ التشكيل

يستعمل هذا النظام تعدد الإرسال OFDM الذي هو بمثابة تكنولوجيا لتشكيل الإرسالات الرقمية.

### 1.1 مقدمة

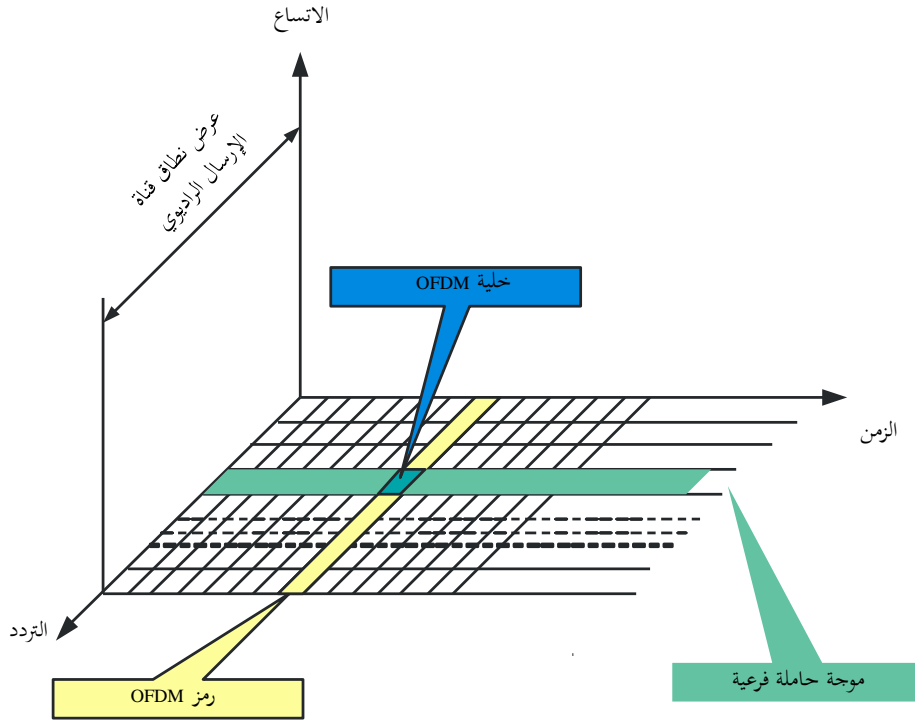
يُقسم عرض نطاق قناة الإرسال الراديوي في مجال التردد لتشكيل موجات حاملة فرعية.

ويُنظم شغل قناة الإرسال الراديوي مع الزمن لتشكيل رموز التشكيل OFDM.

وتعادل أي خلية من خلايا التشكيل OFDM موجة حاملة فرعية في رمز من رموز التشكيل OFDM.

الشكل 5

تقديم تعدد الإرسال بتقسيم تعامدي للتردد



M.2058-05

2.1 المبدأ

يستعمل تعدد الإرسال بالتقسيم التعامدي للتردد (OFDM) عدداً كبيراً من الموجات الحاملة الفرعية المتعامدة وضيئة التباعد (41,66 Hz) من أجل الحصول على كفاءة طيفية عالية لإرسال البيانات. وتكون هذه الموجات الحاملة الفرعية ذات ترددات متباعدة ( $F_u = 1/T_u$ ) حيث  $T_u$  هو مدة الرمز OFDM.

وتكون أطوار الموجات الحاملة الفرعية متعامدة بالنسبة لبعضها البعض من أجل تعزيز تنوع الإشارة الذي تسببه المسارات المتعددة، لا سيما على المسافات الطويلة.

ويتم إدخال فترة الحراسة ( $T_d$ ) في الرمز OFDM للحد من تأثير المسارات المتعددة، وبالتالي الحد من التداخل بين الرموز.

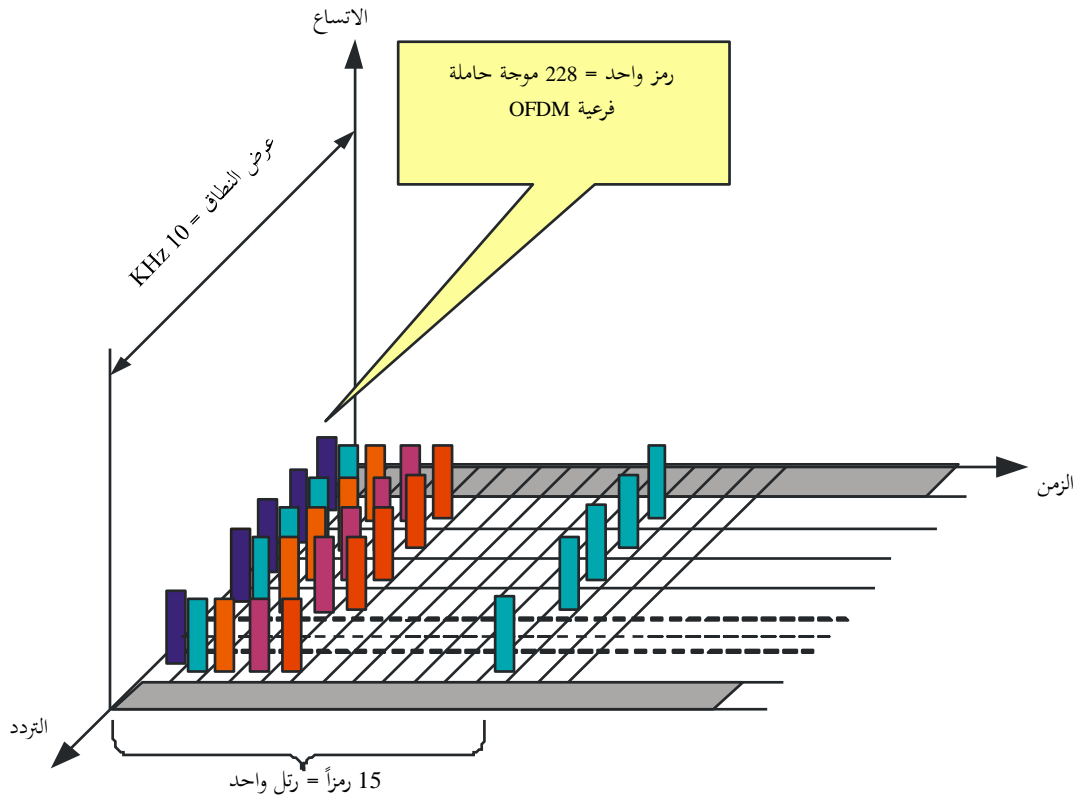
وتكون مدة الرمز OFDM كالتالي  $T_d + T_u = T_s$ .

وتكون رموز OFDM بالتالي متسلسلة لتكوّن رتلاً من أرتال OFDM.

وتكون مدة الرتل OFDM هي  $T_f$ .

الشكل 6

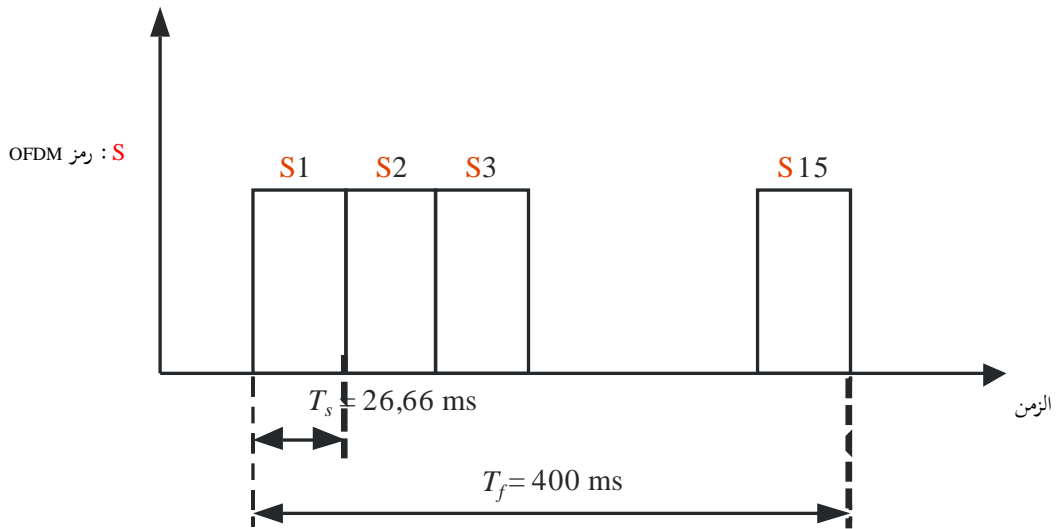
التمثيل الطيفي لرتل متعدد الإرسال بتقسيم تعامدي للتردد



M.2058-06

الشكل 7

التمثيل الزمني لرتل متعدد الإرسال بتقسيم تعامدي للتردد



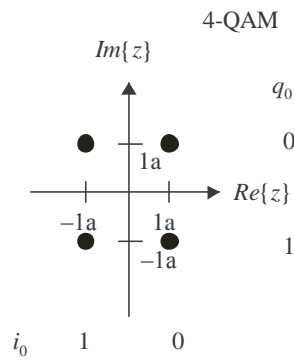
M.2058-07

### 3.1 التشكيل

تشكل كل موجة حاملة فرعية من حيث الاتساع والطور (تشكيل اتساع تربيعي (QAM)). ويمكن أن تكون أنماط التشكيل إما 64 حالة (6 بتات، 64-QAM)، أو 16 حالة (4 بتات، 16-QAM) أو 4 حالات (بتان، 4-QAM). ويتوقف نمط التشكيل على متانة الإشارة المرغوب فيها.

الشكل 8

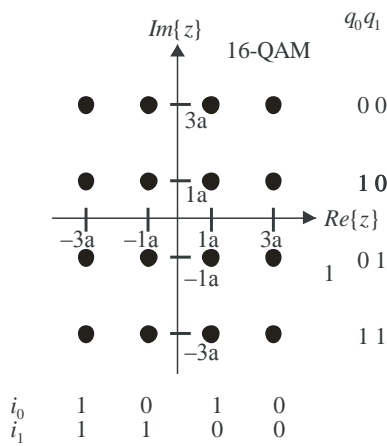
#### كوكبة تشكيل الاتساع التربيعي (4-QAM)



M.2058-08

الشكل 9

#### كوكبة تشكيل الاتساع التربيعي (16-QAM)

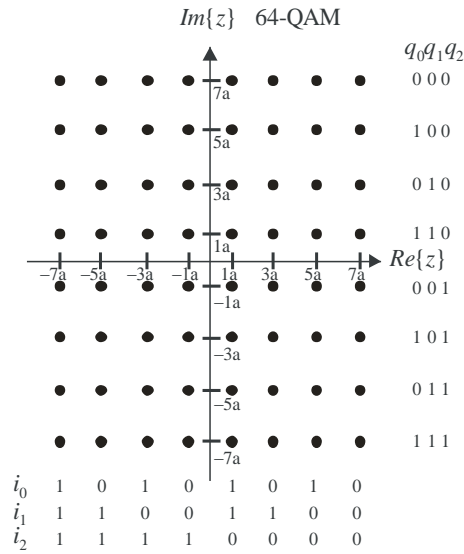


M.2058-09



## الشكل 10

## كوكبة تشكيل الاتساع التريعي (64-QAM)



M.2058-10

## 4.1 التزامن

من أجل السماح بإزالة تشكيل كل موجة حاملة فرعية على نحو جيد، لا بد من تحديد استجابة قناة الإرسال الراديوي لكل موجة حاملة فرعية وينبغي تطبيق عملية التعادل. ولهذا، يمكن أن تحمل بعض الموجات الحاملة الفرعية لرموز OFDM إشارات دليلية.

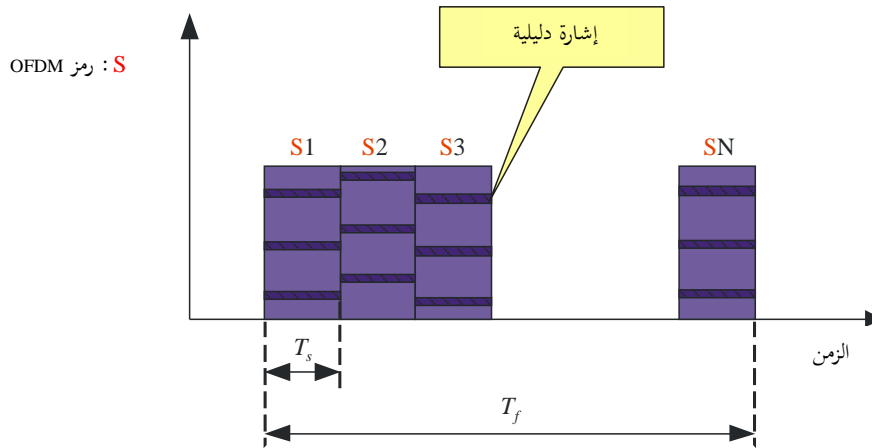
وتمكن الإشارات الدليلية المستقبل مما يلي:

- كشف ما إذا كانت الإشارة قد استُقبلت؛
- تقدير تخالف الترددات؛
- تقدير قناة الإرسال الراديوي.

ويتوقف عدد الإشارات الدليلية على المتانة المطلوبة للإشارة.

الشكل 11

الإشارة الدليلية لتعدد الإرسال بتقسيم تعامدي للتردد

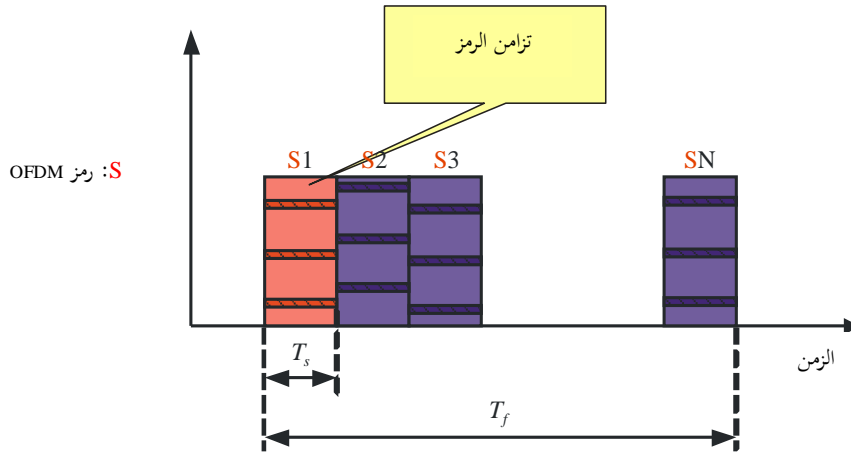


M.2058-11

تُستعمل أي موجة حاملة فرعية كمرجع زمني لمزامنة المستقبل في الرمز الأول لكل رتل OFDM.

الشكل 12

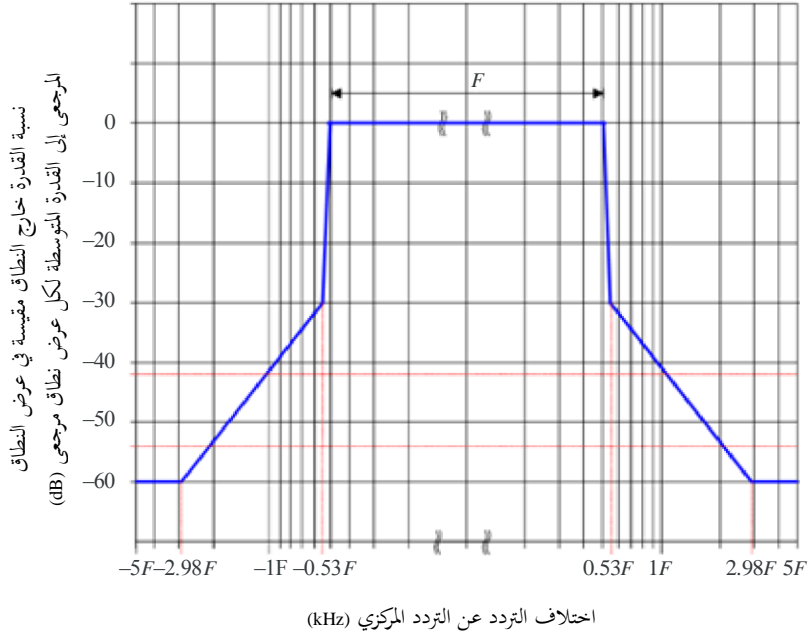
رمز التزامن



M.2058-12

## 5.1 قناع الإرسال لإشارة الترددات الراديوية

الشكل 13

قناع الإرسال لإشارة التردد الراديوي NAVDAT بعرض نطاق  $F = 10 \text{ kHz}$ 

M.2058-13

## 6.1 التسلسل فيما يتعلق باستقبال إمكانية المسح

لتنفيذ التغطية الراديوية البحرية الإقليمية أو المحيطة المرغوبة، يجب على كل محطة ساحلية NAVDAT HF استعمال التردد المناسب مع مراعاة ظروف الانتشار الأيونوسفيري (القنوات 1 إلى 6).

وسيختلف هذا التردد بطبيعة الحال خلال النهار/الليل.

وإذا كانت التغطية الراديوية المطلوبة كبيرة (عبر المحيطات مثلاً)، سيتعين على المحطة الساحلية NAVDAT استعمال عدة ترددات لإذاعة الرسائل NAVDAT.

ويمكن للمحطات الساحلية التي تشغل الهوائيات عريضة النطاق أو مزارع الهوائيات أن ترسل في آن واحد على عدة ترددات. وميزة هذا الأمر أنه يحدّ من الوقت الإجمالي للإرسال ويقلل من مخاطر التداخل مع محطات ساحلية أخرى.

ويختار مستقبل السفينة أفضل تردد يناسب منطقة الملاحة الخاصة به في وقت الاستقبال، أي التردد الذي يوفر أفضل قيمة كنسبة إشارة إلى ضوضاء (S/N).

وبالتالي، يكون مستقبل السفينة يعمل على أسلوب المراقبة ويقوم بمسح الترددات الموزعة للمحطات NAVDAT HF (الملحق 5).

وللسماح للمستقبلات بانتقاء أفضل تردد قابل للاستعمال، تقوم كل محطة ساحلية قبل بث أي رسائل من رسائل NAVDAT بإرسال تسلسل من 500 ms ثلاث مرات على كل تردد موزع، يفصل بينها توقف يتراوح بين 200 إلى 1000 ms مما يمكن المحطة الساحلية من تغيير التردد ونظام الهوائي إذا لزم الأمر.

وخلال كل تسلسل من 500 ms، سترسل المحطة الساحلية ما يلي:

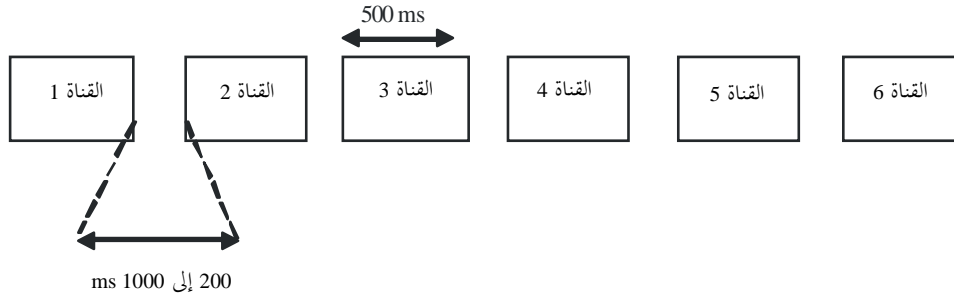
- إشارات التزامن؛
- هوية المحطة الساحلية؛

- قائمة بالترددات التي تستعملها المحطة الساحلية (القنوات 1 إلى 6).

وستكون المدة الإجمالية لهذه الإرسالات  $6 \times 500 = 3\,000$  ms كحد أقصى مع إضافة مدة فترات التوقف التي تبلغ  $5 \times 200 = 1\,000$  ms على الأقل إلى  $5 \times 1\,000 = 5\,000$  ms بالنسبة للحد الأقصى الإجمالي البالغ 8 000 ms. وإذا استعملت المحطات الساحلية مثلاً 3 ترددات فقط، ستبلغ مدة الإرسال  $3 \times 500 = 1\,500$  ms بالإضافة إلى مدة فترات التوقف البالغة  $2 \times 200 = 400$  ms على الأقل إلى  $2 \times 1\,000 = 2\,000$  ms بالنسبة للمدة الإجمالية القصوى البالغة 3 500 ms. وإلى جانب الانتقاء الأوتوماتيكي لأفضل تردد مستقبل، ستتاح للمستقبل أيضاً إمكانية اختيار محطة ساحلية واحدة أو أكثر.

الشكل 14

### تسلسل الإرسال فيما يتعلق بالرسائل NAVDAT



M.2058-14

## 2 تقدير معدل البيانات المستعمل

في عرض نطاق القناة البالغ 10 kHz مع انتشار HF، يبلغ عادةً معدل البيانات الخام المتاح لقطار البيانات حوالي 20 kbit/s مع إشارة بتشكيل 16-QAM.

ويمكن لعدد الموجات الحاملة الفرعية التي تنقل البيانات أن يختلف لضبط حماية القناة. وتؤدي حماية أكبر للقناة (حماية ضد تعدد المسيريات والخبو والتأخير وغير ذلك) إلى عدد أقل من الموجات الحاملة الفرعية المفيدة.

ولذلك يتعين تطبيق تشفير تصحيح الأخطاء على معدل البيانات الخام للحصول على معدل البيانات المفيدة. ومع معدل تشفير يبلغ 0,5 إلى 0,75، يتراوح معدل البيانات المفيدة بين 10 و15 kbit/s.

ويوفر معدل تشفير أعلى معدلاً أعلى للبيانات المفيدة بينما تكون التغطية الراديوية منخفضة تبعاً لذلك.

## 3 مستقبل السفينة NAVDAT

### 1.3 وصف مستقبل السفينة NAVDAT

يعرض الشكل 15 مخططاً صندوقياً لمستقبل السفينة.

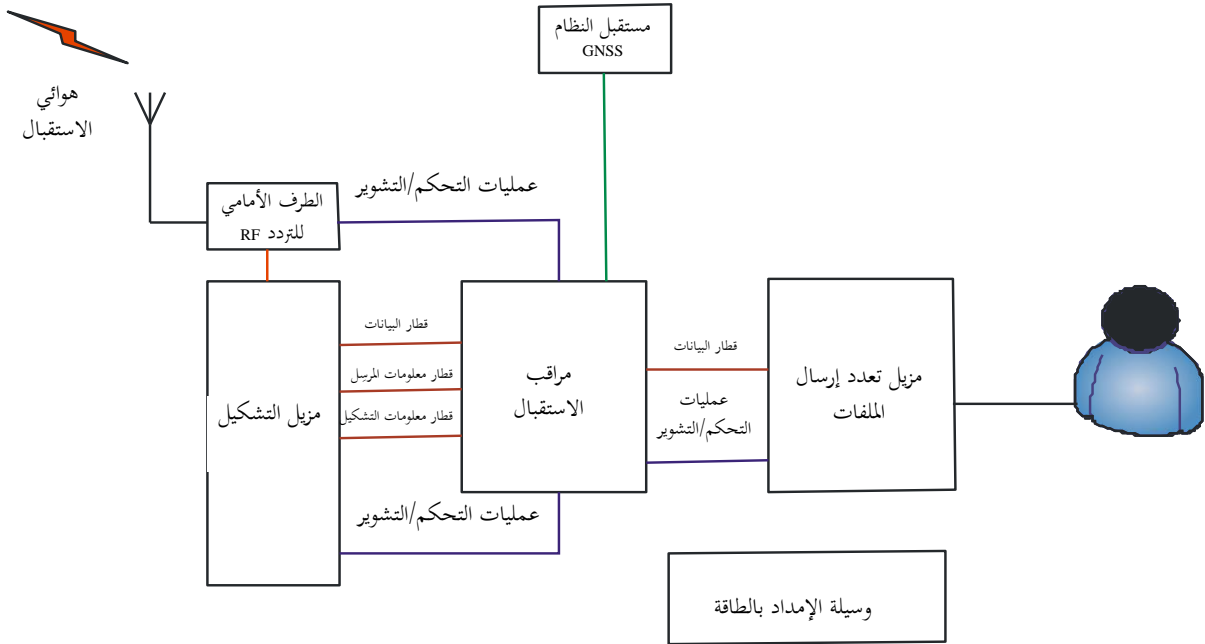
يمكن لمستقبل NAVDAT HF أن يكون متوافقاً تماماً مع مستقبل NAVDAT MF بمواءمة الطرف الأمامي فقط لاستقبال الترددات + 500 kHz الترددات HF. ويكون المسح مسموحاً به على القنوات HF لكن استقبال الترددات 500 kHz والتردد HF يكون منفصلاً ومستقلاً بشكل تام. ويمكن أن يكون الهوائي شبيهاً بالهوائي السوطي النشط.

ويتألف المستقبل الرقمي النموذجي NAVDAT 500 kHz و NAVDAT HF من عدة وحدات أساسية:

- هوائي الاستقبال وهوائي النظام العالمي للملاحة الساتلية؛
- الطرف الأمامي للتردد الراديوي؛
- مزيل التشكيل؛
- مزيل تعدد إرسال الملفات؛
- المراقب؛
- وسيلة الإمداد بالقدرة.

الشكل 15

## مخطط منطقي لمستقبل NAVDAT



M.2058-15

## 1.1.3 هوائي الاستقبال وهوائي النظام العالمي للملاحة الساتلية

يمكن لهوائي الاستقبال أن يكون إما هوائي المجال H (يوصى به على سفينة تشوبها الضوضاء) أو هوائي المجال E. وثمة حاجة أيضاً إلى هوائي GNSS (أو التوصيل بالمستقبل GNSS للسفينة الحالية) للحصول على موقع السفينة.

## 2.1.3 الطرف الأمامي للتردد RF

تشمل هذه الوحدة مرشاح الترددات الراديوية ومكبر الترددات الراديوية وخرج النطاق الأساسي مع إمكانية المسح للجميع. ويلزم توفر حساسية عالية ومدى دينامي مرتفع.

## 3.1.3 مزيل التشكيل

يتم في هذه المرحلة إزالة تشكيل الإشارة OFDM للنطاق الأساسي وإعادة إنشاء قطار البيانات الذي يحمل ملفات الرسائل المرسلة.

ويُنَفَّذ في هذه المرحلة ما يلي:

- تزامن الوقت/التردد؛
- تقدير القناة؛
- استرداد التشكيل الأوتوماتي؛
- تصحيح الأخطاء.

وينبغي أن يكون مستقبل NAVDAT قادراً على كشف معلمات التشكيل التالية بشكل أوتوماتي:

- المخطط 4-QAM أو 16-QAM أو 64-QAM؛
- مخطط الموجات الحاملة الفرعية؛
- نمط تشفير الأخطاء.

وإضافةً إلى قطار البيانات، يقوم بتبليغ المعلومات المتضمنة في قطار معلومات المرسل وقطار معلومات التشكيل. وعلاوة على ذلك، يقوم بتبليغ المعلومات التكميلية بشأن القناة مثل:

- نسبة الإشارة إلى الضوضاء المقدرة؛
- معدل خطأ البتات؛
- معدل خطأ التشكيل.

#### 4.1.3 مزيل تعدد إرسال الملفات

يقوم مزيل تعدد إرسال الملفات بما يلي:

- استقبال ملفات الرسائل من المراقب؛
- التحقق من أن ملفات الرسائل مخصصة له (نمط أسلوب الإذاعة)؛
- فك تشفير ملفات الرسائل إذا لزم الأمر/إذا استطاع القيام بذلك؛
- إتاحة ملفات الرسائل لتطبيق المطراف الذي سيستعمل ملفات الرسائل؛
- إلغاء ملفات الرسائل المتقدمة.

واعتماداً على التطبيق النهائي، يمكن لملف الرسائل أن:

- يُخزَّن في مخدّم على المتن يمكن النفاذ إليه من خلال شبكة السفينة؛
- يُرسل إلى التطبيق النهائي مباشرة.

وينبغي إتاحة سطح بيني بين الإنسان والآلة من أجل عرض الرسائل المكرّسة وتشكيل السطح البيني مع التطبيق المكرّس للأجهزة المحمولة على المتن (الملاحة الإلكترونية مثلاً) وإدارة أذون لوحة السفينة (هوية السفينة، التشفير). ويمكن أن يكون هذا السطح البيني تطبيقاً مكرّساً يعمل على جهاز حاسوب خارجي في حين قد يكون المستقبل عبارة عن جهاز في شكل صندوق أسود.

#### 5.1.3 المراقب

يقوم المراقب بما يلي:

- استخراج ملفات الرسائل من قطار البيانات (دمج الرزم في الملفات)؛
- تحويل قطار معلومات المرسل وقطار معلومات التشكيل والمعلومات الأخرى المقدمة من مزيل التشكيل؛
- جمع المعلومات التالية من مزيل تعدد إرسال الملفات:

- العدد الإجمالي لملفات الرسائل مفككة التشفير؛
- عدد ملفات الرسائل المتيسرة؛
- حدث الخطأ (أخطاء فك التشفير).

يمكن إتاحة سطح بيني بين الإنسان والآلة لعرض معلمات الاستقبال والتحقق منها.

### 6.1.3 وسيلة الإمداد بالطاقة

يجب موازنة مصدر الإمداد بالطاقة مع مصدر الإمداد بالطاقة للسفينة.

## 4 مواصفات أداء مستقبل السفينة NAVDAT

ترد مواصفات مستقبل السفينة المفترضة أدناه بهدف الحصول على أدنى قيمة للنسبة إشارة إلى ضوضاء من أجل إزالة التشكيل OFDM على نحو جيد (4-QAM أو 16-QAM أو 64-QAM).

### الجدول 1

#### مواصفات أداء مستقبل السفينة NAVDAT

نطاق التردد	4 إلى 22 MHz نطاق بحري
حماية القناة المجاورة	40 dB @ 5 kHz <
عامل الضوضاء	dB 10 >
الحساسية المستعملة لمعدل خطأ في البتات = 10 <sup>-4</sup> بعد تصحيح الأخطاء	dBm 100- >
دينامي	dB 80 <
مجال التردد الراديوي الأدنى المستعمل (مع هوائي استقبال مكثف)	20 dB(μV/m)

## الملحق 4

### أسلوب الشبكة وحيدة التردد لنظام الراديو الرقمي العالمي

#### 1 شرح نظام الراديو الرقمي العالمي

يُستعمل الراديو الرقمي العالمي (DRM) (المعيار الدولي للإذاعة الراديوية الرقمية) من أجل الإذاعة الراديوية الرقمية على الموجات الهكثومترية (MF) والديكامترية (HF). ونظام الراديو الرقمي العالمي هو تكنولوجيا مثبتة الجدوى تسمح بتوفير تغطية كبيرة وتحسين دقة الإشارة (من خلال التشفير الرقمي لتصحيح الأخطاء)، وإزالة التداخل بسبب تعدد المسيرات (بما في ذلك تداخل الموجات الأيونوسفيرية) وبالتالي توسيع تغطية إشارات عن طريق الانتشار عبر الموجات الأيونوسفيرية. وتنفذ إذاعة الراديو الرقمي العالمي في أسلوب التشكيل 16-QAM و 64-QAM اعتماداً على متطلبات التغطية وموقع المرسل والقدرة وارتفاع الهوائي.

### 1.1 أسلوب تشغيل الشبكة وحيدة التردد

يتمتع نظام الراديو الرقمي العالمي بالقدرة على دعم ما يُعرف باسم "تشغيل الشبكة وحيدة التردد (SFN)". وهي الحالة التي يرسل فيها عدد من المرسلات إشارات بيانات متماثلة على التردد ذاته وفي الوقت نفسه. ويتم ترتيب هذه المرسلات عموماً بحيث تكون هناك مناطق تغطية متداخلة يستقبل فيها الراديو إشارات من أكثر من مرسل واحد. وستتيح هذه الإشارات تعزيز إيجابي للإشارات شريطة أن تصل ضمن فارق زمني أقل من الفترة الحارسة. وهكذا ستُحسن تغطية الخدمة في هذا الموقع بالمقارنة مع تلك التي كان سيُحصل عليها في حال وجود مرسل واحد يوفر الخدمة لهذا الموقع. ومن خلال التصميم الدقيق واستعمال عدد من المرسلات في شبكة وحيدة التردد، يمكن تغطية منطقة أو بلد ما تغطيةً تامة باستعمال تردد وحيده، وفي هذا التطبيق، فاصل زمني واحد مما يؤدي إلى تحسين كفاءة استخدام الطيف بشكل جذري.

## الملحق 5

### ترددات من أجل النظام NAVDAT HF

الحدود	التردد المركزي	نطاق التردد البحري	القناة
4 221 إلى 4 231 kHz	4 226 kHz	النطاق 4 MHz	C1
6 332,5 إلى 6 342,5 kHz	6 337,5 kHz	النطاق 6 MHz	C2
8 438 إلى 8 448 kHz	8 443 kHz	النطاق 8 MHz	C3
12 658,5 إلى 12 668,5 kHz	12 663,5 kHz	النطاق 12 MHz	C4
16 904,5 إلى 16 914,5 kHz	16 909,5 kHz	النطاق 16 MHz	C5
22 445,5 إلى 22 455,5 kHz	22 450,5 kHz	النطاق 22 MHz	C6