

ITU-R

قطاع الاتصالات الراديوية في الاتحاد الدولي للاتصالات

التوصية ITU-R M.1787-4
(2022/01)

**وصف الأنظمة والشبكات في خدمة الملاحة
الراديوية الساتلية (فضاء-أرض وفضاء-فضاء)
والخصائص التقنية لمحطات الإرسال الفضائية
العاملة في النطاقات MHz 1 215-1 164**

و MHz 1 300-1 215 و MHz 1 610-1 559

M السلسلة

**الخدمة المتنقلة وخدمة الاستدلال الراديوي
وخدمة الهواة والخدمات الساتلية ذات الصلة**

تمهيد

يوظف قطاع الاتصالات الراديوية دوراً 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 مدى 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)

يُرد 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 القرار ITU-R 1. وترد الاستثمارات التي ينبغي لحاملي البراءات استعمالها لتقديم 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
الخدمة المتنقلة وخدمة الاستدلال الراديوي وخدمة الهواة والخدمات الساتلية ذات الصلة	M
انتشار الموجات الراديوية	P
علم الفلك الراديوي	RA
أنظمة الاستشعار عن بُعد	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، 2022

© ITU 2022

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

التوصية ITU-R M.1787-4

وصف الأنظمة والشبكات في خدمة الملاحة الراديوية الساتلية
(فضاء-أرض وفضاء-فضاء) والخصائص التقنية لمحطات الإرسال

الفضائية العاملة في النطاقات MHz 1 215-1 164

و MHz 1 300-1 215 و MHz 1 610-1 559

(المسألان ITU-R 217-2/4 و ITU-R 288/4)

(2022-2018-2014-2012-2009)

مجال التطبيق

تُعرض في هذه التوصية معلومات بشأن المعلمات المدارية والإشارات الملاحية والخصائص التقنية للأنظمة والشبكات في خدمة الملاحة الراديوية الساتلية (RNSS) (فضاء-أرض وفضاء-فضاء) العاملة في النطاقات MHz 1 215-1 164 و MHz 1 300-1 215 و MHz 1 610-1 559. والغرض من هذه المعلومات هو استعمالها في تقييم أثر التداخلات بين الأنظمة والشبكات في خدمة الملاحة الراديوية الساتلية وغيرها من الخدمات والأنظمة.

مصطلحات أساسية

خدمة الملاحة الراديوية الساتلية (RNSS)، المعلمات المدارية، الإشارات الملاحية، الخصائص التقنية

المختصرات/الأسماء المختصرة

نظام التعزيز المحمول على متن الطائرات (<i>Aircraft-Based Augmentation System</i>)	ABAS
نظام الإحداثيات الأرضي المركز الثابت بالنسبة للأرض (<i>Earth-centred, Earth-fixed</i>)	ECEF
نظام التعزيز القائم على الأرض (<i>Ground-Based Augmentation System</i>)	GBAS
محطة المراقبة الأرضية (<i>Ground monitoring station</i>)	GMS
نظام غاليليو المرجعي للأرض (<i>Galileo Terrestrial Reference Frame</i>)	GTRF
محطة أرضية لوصلات صاعدة (<i>Ground uplink station</i>)	GUS
دقة عالية (<i>High accuracy</i>)	HA
النظام المرجعي الدولي للأرض (<i>International Terrestrial Reference Frame</i>)	ITRS
محطة التحكم الرئيسية (<i>Master Control Station</i>)	MCS
محطة للمراقبة وقياس المسافة (<i>Monitor and ranging station</i>)	MRS
شبكة نظام فرعي للاتصالات (<i>Network communication subsystem</i>)	NCS
الخدمة المفتوحة (<i>Open Service</i>)	OS
تحديد المواقع والملاحة والتوقيت (<i>Positioning, navigation and timing</i>)	PNT
رموز الضوضاء شبه العشوائية (<i>Pseudo-random noise</i>)	PRN
الخدمة الخاضعة للتنظيم العمومي (<i>Public Regulated Service</i>)	PRS
قيمة الكثافة الطيفية للقوة (<i>Power spectral density</i>)	PSD
دقة عادية (<i>Standard accuracy</i>)	SA
نظام تعزيز قائم على السواتل (<i>Satellite-Based Augmentation System</i>)	SBAS

الإشارة في الفضاء (Signal-in-space)	SiS
الخدمة المعيارية لتحديد المواقع (Standard Positioning Service)	SPS
نظام التعزيز الواسع النطاق (Wide Area Augmentation System)	WAAS

توصيات وتقارير قطاع الاتصالات الراديوية ذات الصلة

التوصية ITU-R M.1318 - نموذج تقييم التداخل المستمر الذي تسببه مصادر راديوية غير المصادر في خدمة الملاحة الراديوية الساتلية لأنظمة خدمة الملاحة الراديوية الساتلية وشبكاتها العاملة في النطاقات 164-1 215 MHz و 1 215-1 300 MHz و 1 559-1 610 MHz و 5 010-5 030 MHz

التوصية ITU-R M.1831 - طريقة تنسيق من أجل تقدير التداخل بين أنظمة خدمة الملاحة الراديوية الساتلية (RNSS)

التوصية ITU-R M.1901 - إرشادات بشأن توصيات قطاع الاتصالات الراديوية المتصلة بأنظمة وشبكات في خدمة الملاحة الراديوية الساتلية العاملة في النطاقات الترددية 164-1 215 MHz و 1 215-1 300 MHz و 1 559-1 610 MHz و 5 000-5 010 MHz و 5 030-5 010 MHz

التوصية ITU-R M.1902 - الخصائص ومعايير الحماية لمحطات الاستقبال الأرضية في خدمة الملاحة الراديوية الساتلية (فضاء-أرض) العاملة في النطاق 1 215-1 300 MHz

التوصية ITU-R M.1903 - الخصائص ومعايير الحماية لمحطات الاستقبال الأرضية في خدمة الملاحة الراديوية الساتلية (فضاء-أرض) والمستقبلات في خدمة الملاحة الراديوية للطيران العاملة في النطاق 1 559-1 610 MHz

التوصية ITU-R M.1904 - الخصائص ومتطلبات الأداء ومعايير الحماية لمحطات الاستقبال في خدمة الملاحة الراديوية الساتلية (فضاء-فضاء) العاملة في النطاقات الترددية 164-1 215 MHz و 1 215-1 300 MHz و 1 559-1 610 MHz

التوصية ITU-R M.1905 - الخصائص ومعايير الحماية لمحطات الاستقبال الأرضية في خدمة الملاحة الراديوية الساتلية (فضاء-أرض) العاملة في النطاق 1 164-1 215 MHz

التوصية ITU-R M.2030 - طريقة لتقييم التداخل النبضي من المصادر الراديوية ذات الصلة خلاف المصادر العاملة في خدمة الملاحة الراديوية الساتلية (RNSS) على أنظمة خدمة الملاحة الراديوية الساتلية وشبكاتها العاملة في نطاقات التردد 164-1 215 MHz و 1 215-1 300 MHz و 1 559-1 610 MHz

التقرير ITU-R M.766 - إمكانية تقاسم الترددات بين النظام العالمي لتحديد الموقع (GPS) والخدمات الأخرى

التقرير ITU-R M.2458 - تطبيقات خدمة الملاحة الراديوية الساتلية في النطاقات الترددية 164-1 215 MHz و 1 215-1 300 MHz و 1 559-1 610 MHz

إن جمعية الاتصالات الراديوية للاتحاد الدولي للاتصالات،

إذ تضع في اعتبارها

أ) أن أنظمة وشبكات خدمة الملاحة الراديوية الساتلية (RNSS) توفر معلومات دقيقة في جميع أنحاء العالم، من أجل تطبيقات كثيرة لتحديد المواقع والتوقيت، بما في ذلك جوانب السلامة لبعض نطاقات التردد في ظل ظروف وتطبيقات معينة؛

ب) أن هنالك العديد من الأنظمة والشبكات العاملة والمخطط لها لخدمة الملاحة الراديوية الساتلية؛

ج) أن أية محطة أرضية مزودة بالتجهيزات المناسبة يمكن أن تستقبل معلومات ملاحية من الأنظمة والشبكات في خدمة الملاحة الراديوية الساتلية على الصعيد العالمي،

وإذ تُدرك

- (أ) أن النطاقات MHz 1 215-1 164 و MHz 1 300-1 215 و MHz 1 610-1 559 موزعة على أساس أولي للخدمة RNSS (فضاء-أرض وفضاء-فضاء)؛
- (ب) أن النطاقات MHz 1 215-1 164 و MHz 1 300-1 215 و MHz 1 610-1 559 موزعة كذلك على أساس أولي لخدمات أخرى؛
- (ج) أن استعمال الخدمة RNSS في النطاق MHz 1 300-1 215 يخضع للرقم 329.5 من لوائح الراديو؛
- (د) أنه طبقاً للرقم 328B.5 من لوائح الراديو، يكون استعمال أنظمة وشبكات خدمة الملاحة الراديوية الساتلية للنطاقات MHz 1 215-1 164 و MHz 1 300-1 215 و MHz 1 610-1 559 و MHz 5 030-5 010 التي يكون مكتب الاتصالات الراديوية قد استلم معلومات تنسيق أو معلومات تبليغ كاملة عنها، حسب الاقتضاء، بعد 1 يناير 2005 مرهوناً بتطبيق أحكام الأرقام 12.9 و 13.9 و 12A.9 من لوائح الراديو؛
- (هـ) أنه طبقاً للرقم 7.9 من لوائح الراديو، فإن المحطات في الشبكات الساتلية العاملة في الخدمة RNSS وتستعمل المدار المستقر بالنسبة إلى الأرض، تخضع للتنسيق مع الشبكات الساتلية الأخرى التي على شاكلتها؛
- (و) أن التوصيات ITU-R M.1905 و ITU-R M.1902 و ITU-R M.1903 و ITU-R M.1904 تقدم الخصائص التقنية والتشغيلية ومعايير الحماية لمحطات الاستقبال في خدمة الملاحة الراديوية الساتلية (فضاء-أرض وفضاء) العاملة في النطاقات MHz 1 215-1 164 و MHz 1 300-1 215 و MHz 1 610-1 559؛
- (ز) أن التوصية ITU-R M.1318 تقدم نموذجاً لتقييم التداخل المستمر الذي تسببه مصادر راديوية غير المصادر العاملة في خدمة الملاحة الراديوية الساتلية على أنظمة خدمة الملاحة الراديوية الساتلية وشبكتها العاملة في النطاقات MHz 1 215-1 164 و MHz 1 300-1 215 و MHz 1 610-1 559 و MHz 5 030-5 010؛
- (ح) أن التوصية ITU-R M.2030 تقدم طريقة لتقييم التداخل النبضي من المصادر الراديوية ذات الصلة بخلاف المصادر العاملة في خدمة الملاحة الراديوية الساتلية على أنظمة خدمة الملاحة الراديوية الساتلية وشبكتها العاملة في نطاقات التردد MHz 1 215-1 164 و MHz 1 300-1 215 و MHz 1 610-1 559؛
- (ط) أن التوصية ITU-R M.1901 تقدم إرشادات بشأن توصيات قطاع الاتصالات الراديوية هذه وغيرها من توصيات القطاع المتصلة بأنظمة وشبكات تعمل في خدمة الملاحة الراديوية الساتلية في نطاقات التردد MHz 1 215-1 164 و MHz 1 300-1 215 و MHz 1 610-1 559 و MHz 5 010-5 000 و MHz 5 030-5 010؛
- (ي) أن التقرير ITU-R M.766 يتضمن معلومات ذات صلة بعمليات خدمة الملاحة الراديوية الساتلية في النطاق MHz 1 300-1 215؛
- (ك) أن التوصية ITU-R M.1831 تقدم منهجية من أجل تقدير التداخل بين أنظمة خدمة الملاحة الراديوية الساتلية، لكي تستعمل في التنسيق بين الأنظمة والشبكات العاملة في هذه الخدمة؛
- (ل) أن التقرير ITU-R M.2458 يقدم مزيداً من المعلومات عن التطبيقات الحالية والمخططة لخدمة الملاحة الراديوية الساتلية في النطاقات الترددية MHz 1 215-1 164 و MHz 1 300-1 215 و MHz 1 610-1 559، بما في ذلك تطبيقات خدمة الملاحة الراديوية الساتلية الإضافية التي لم تناوّلها توصيات السلسلة M،

توصي

1 بضرورة مراعاة خصائص محطات الإرسال الفضائية وأوصاف الأنظمة الواردة في الملحقات من 1 إلى 14، ضمن النطاقات MHz 1 215-1 164 و MHz 1 300-1 215 و MHz 1 610-1 559، في المجالات التالية:

1.1 في تحديد المنهجية والمعايير الواجب استعمالها للتنسيق المشترك للأنظمة والشبكات في خدمة الملاحة الراديوية الساتلية؛

2.1 في تقييم أثر التداخل بين الأنظمة والشبكات في خدمة الملاحة الراديوية الساتلية (فضاء-أرض وفضاء-فضاء) والأنظمة في خدمات أخرى، مع الأخذ في الحسبان حالة خدمة الملاحة الراديوية الساتلية فيما يتعلق بهذه الخدمات الأخرى؛

2 بأن تُعتبر الملاحظة التالية جزءاً من هذه التوصية.

ملاحظة - تُشير العبارة "مدى تردد الإشارة"، الواردة في ملحقات التوصية، إلى مدى تردد الإشارة موضوع الاهتمام في خدمة الملاحة الراديوية الساتلية (بالنسبة لأنظمة النفاذ المتعدد بالتقسيم الشفري: التردد الحامل \pm نصف عرض نطاق الإشارة (ما لم يُلاحظ غير ذلك)، وبالنسبة لأنظمة النفاذ المتعدد بتقسيم التردد: التردد الأساسي + (رقم القناة * المباعدة بين القنوات) \pm نصف عرض نطاق الإشارة). وينبغي كذلك أن يتم الحصول على مدى رقم القناة بالنسبة لأنظمة النفاذ المتعدد بتقسيم التردد (FDMA). ويتم التعبير عن مدى تردد الإشارة بالميجاهيرتز (MHz).

الملحق 1

الوصف التقني لنظام وخصائص محطات الإرسال الفضائية للنظام العالمي
للملاحة الساتلية (GLONASS)

1 مقدمة

يتألف النظام العالمي للملاحة الساتلية (GLONASS) من 24 ساتلاً مع المباعدة المتساوية بين هذه السواتل المتوقعة في ثلاثة مستويات مدارية والموزعة على أساس ثمانية سواتل في كل مستوى. أما زاوية ميل المدار فهي 64,8 درجة. ويُرسَل كل ساتل إشارات ملاحية في ثلاثة نطاقات للترددات وهي: L1 (1,6 GHz)، وL2 (1,2 GHz)، وL3 (1,1 GHz). وترسل السواتل نوعين من الإشارات: مع نفاذ متعدد بتقسيم التردد ومع نفاذ متعدد بتقسيم الشفرة. ويجري التمييز بين الإشارات مع نفاذ متعدد بتقسيم التردد بواسطة التردد الحامل؛ ويمكن أن يُستعمل نفس التردد الحامل من السواتل المتقاطرات المتوقعة في نفس المستوى. ويتم تشكيل الإشارات الملاحية بواسطة قطار متواصل للبتات (يتضمن معلومات تقويمية فلكية وتوقيتية للساتل)، وكذلك بواسطة شفرة شبه عشوائية لقياسات أشباه الأمدية. ويكون للإشارات مع نفاذ متعدد بتقسيم الشفرة نفس تردد الموجة الحاملة وتتميز بالشفرة المستخدمة. ويجري تشكيل هذه الإشارات بتتابع اثني منظم يتضمن بيانات مشفرة بشأن التقويمات الفلكية. والوقت وبوسع مستعملٍ يستقبل إشارات من أربعة سواتل أو أكثر القيام بتحديد الإحداثيات الثلاث للموقع والمكونات الثلاث لمتجهات السرعة بدقة عالية. وتكون التحديدات الراديوية للموقع ممكنة عندما يكون المستعمل على سطح الأرض أو قريباً منه.

1.1 متطلبات التردد

تم تحديد متطلبات التردد للنظام العالمي للملاحة الساتلية على أساس شفافية غلاف التأين (أو الأيونوسفير)، وميزانية الوصلة الراديوية، وبساطة هوائيات المستعمل، وكبت تعدد المسيرات، وتكلفة التجهيزات، وأحكام لوائح الراديو (RR).

1.1.1 إشارات مع نفاذ متعدد بتقسيم التردد

وتختلف ترددات الموجات الحاملة للإشارات الملاحية مع نفاذ متعدد بتقسيم التردد طبقاً لعدد صحيح مضاعفٍ للقيمة 0,5625 MHz في نطاق الترددات L1، ولعدد صحيح مضاعفٍ للقيمة 0,4375 MHz في نطاق الترددات L2، ولعدد صحيح مضاعفٍ للقيمة 0,423 MHz في نطاق الترددات L3.

وتستعمل السواتل الجديدة في النظام العالمي للملاحة الساتلية، منذ عام 2006، من 14 إلى 20 تردداً من الترددات الحاملة في النطاقات المختلفة. وتُستعمل الترددات من 1 598,0625 MHz (أدنى تردد) إلى 1 605,3750 MHz (أعلى تردد) في نطاق الترددات L1، وتُستعمل الترددات من 1 242,9375 MHz (أدنى تردد) إلى 1 248,6250 MHz (أعلى تردد) في نطاق الترددات L2، وتُستعمل الترددات من 1 201,7430 MHz (أدنى تردد) إلى 1 209,7800 MHz (أعلى تردد) في نطاق الترددات L3. ويُقدّم الجدول 1 القيم الاسمية للترددات الحاملة لإشارات الملاحة الراديوية المستعملة في النظام العالمي للملاحة الساتلية.

الجدول 1

القيم الاسمية للترددات الحاملة لإشارات الملاحة الراديوية المستعملة في النظام العالمي للملاحة الساتلية (GLONASS)

FKL3 (MHz)	FKL2 (MHz)	FKL1 (MHz)	K (رقم التردد الحامل)
1 209,7800	–	–	12
1 209,3570	–	–	11
1 208,9340	–	–	10
1 208,5110	–	–	09
1 208,0880	–	–	08
1 207,6650	–	–	07
1 207,2420	1 248,6250	1 605,3750	06
1 206,8190	1 248,1875	1 604,8125	05
1 206,3960	1 247,7500	1 604,2500	04
1 205,9730	1 247,3125	1 603,6875	03
1 205,5500	1 246,8750	1 603,1250	02
1 205,1270	1 246,4375	1 602,5625	01
1 204,7040	1 246,0000	1 602,0000	00
1 204,2810	1 245,5625	1 601,4375	01–
1 203,8580	1 245,1250	1 600,8750	02–
1 203,4350	1 244,6875	1 600,3125	03–
1 203,0120	1 244,2500	1 599,7500	04–
1 202,5890	1 243,8125	1 599,1875	05–
1 202,1660	1 243,3750	1 598,6250	06–
1 201,7430	1 242,9375	1 598,0625	07–

ويتم إرسال إشارات الملاحة المُشكَّلة بواسطة الإبراق بزحزحة طورين (بزواوية الطور 180 درجة) والمزحزحة الطور بزواوية 90 درجة (في التشكيل التربيقي) عند كل تردد حامل. وهي إشارات من نوعين، إشارة معيارية الدقة (SA) وأخرى عالية الدقة (HA).

2.1.1 إشارات مع نفاذ متعدد بتقسيم الشفرة

الترددات الحاملة للإشارات الملاحة GLONASS مع نفاذ متعدد بتقسيم الشفرة هي MHz 1 248,06 و MHz 1 600,995 و MHz 1 202,025 في النطاقات L1 و L2 و L3 على التوالي.

وتشمل الإشارة مع نفاذ متعدد بتقسيم الشفرة في النطاق L1 أربعة مكونات. وتتشكل هذه المكونات بواسطة التشكيلات BPSK(1)، و BOC (1,1)، و BOC (5,2.5).

وتشمل الإشارة مع نفاذ متعدد بتقسيم الشفرة في النطاق L2 أربعة مكونات. وتتشكل هذه المكونات بواسطة التشكيلات BPSK(1)، و BOC (1,1)، و BOC (5,2.5).

وتشمل الإشارة مع نفاذ متعدد بتقسيم الشفرة في النطاق L3 مكونين. وتتشكل هذان المكونان بواسطة التشكيل BPSK(10).

2 عرض عام للنظام

يُتيح النظام العالمي للملاحة الساتلية بيانات الملاحة وإشارات الوقت الدقيقة لمستعملي هذه البيانات الأرضية والبحرية والجوية والفضائية. ويعمل هذا النظام على أساس مبدأ التثليث الراديوي المنفعل. وتقوم تجهيزات المستعمل للنظام العالمي للملاحة الساتلية بقياس أشباه الأمدية وأشباه السرعات القطرية من كل السواتل المرئية ويستقبل المعلومات بشأن المعلمات التقويمية الفلكية ومعلمات الميقاتية للسواتل. وعلى أساس من هذه البيانات، تُحسب الإحداثيات الثلاث لموقع المستعمل والمكونات الثلاث لمتجهات السرعة ثم يجري تصحيح ميقاتية المستعمل وتردده. ويستعمل النظام العالمي للملاحة الساتلية نظام الإحداثيات لمعلومات الأرض PE-90.

3 وصف النظام

يتألف النظام العالمي للملاحة الساتلية من ثلاثة أجزاء رئيسية: الجزء الفضائي، وجزء التحكم، والجزء الخاص بالمستعمل.

1.3 الجزء الفضائي

يتألف النظام العالمي للملاحة الساتلية من 24 ساتلاً من السواتل المتموقعة في ثلاثة مستويات مدارية والموزعة على أساس ثمانية سواتل في كل مستوى. وهذه المستويات منفصلة عن بعضها البعض بزواوية 120 درجة على خط الطول. أما زاوية ميل المدار فهي 64,8 درجة. أما المباعدة فهي متساوية بين السواتل بزواوية العرض 45 درجة في كل مستوى. ويبلغ طول مدة الدوران لكل ساتل 11 ساعة و 15 دقيقة. ويبلغ ارتفاع المدار 19 100 km.

2.3 جزء التحكم

يتكون جزء التحكم من مركز التحكم للنظام وشبكة محطة للمراقبة. وتقيس محطات المراقبة المعلمات المدارية وزحزحة الميقاتية نسبةً إلى الميقاتية الرئيسية للنظام. ويتم إرسال هذه البيانات إلى مركز تحكم النظام. ويحسب هذا المركز البيانات التقويمية الفلكية ومعلمات تصحيح الميقاتية ثم يقوم بتحميل الرسائل إلى السواتل عن طريق محطات المراقبة على أساس يومي.

3.3 الجزء الخاص بالمستعمل

يتألف الجزء الخاص بالمستعمل من عدد كبير من مطاريف المستعمل متعددة الأنواع. ويتكون مطراف المستعمل من هوائي، ومستقبل، ومعالج، وجهاز دخل/خرج. ويُمكن الجمع بين هذه التجهيزات وأجهزة ملاحية أخرى من أجل زيادة الدقة والاعتمادية للملاحيتين. ويمكن أن يكون هذا الجمع مجدداً على وجه خاص بالنسبة للمنصات عالية الدينامية.

4 بنية إشارة الملاحة

1.4 إشارات مع نفاذ متعدد بتقسيم التردد

إن بنية الإشارة معيارية الدقة هي نفسها لكل من نطاقي الترددات L1 و L2 ولكنها تختلف بالنسبة لنطاق الترددات L3. وهي سلسلة شبه عشوائية تُضاف باستخدام المقياس Modulo-2 إلى قطار متواصل للبيانات الرقمية يتم إرساله بمعدل 50 bit/s (بالنسبة للنطاقين L1 و L2) وبمعدل 125 bit/s (بالنسبة للنطاق L3). ويبلغ معدل نبضات السلسلة شبه العشوائية 0,511 MHz (بالنسبة للنطاقين L1 و L2) و 4,095 MHz (بالنسبة للنطاق L3)، أما دور هذه السلسلة فهو 1 ms.

أما الإشارة عالية الدقة، في النطاقات L1 و L2 و L3، فهي أيضاً سلسلة شبه عشوائية تُضاف باستخدام المقياس Modulo-2 إلى قطار متواصل للبيانات. ويبلغ معدل نبضات السلسلة شبه العشوائية 5,11 MHz في النطاقين L1 و L2 ويبلغ 4,095 MHz في النطاق L3.

وتتضمن البيانات الرقمية معلومات بشأن المعلمات التقويمية الفلكية ووقت الميقاتية، وما إلى ذلك من المعلومات المفيدة.

2.4 إشارات مع نفاذ متعدد بتقسيم الشفرة

في النطاق L1، تُرسل إشارتان مع نفاذ متعدد بتقسيم الشفرة على نفس التردد الحامل MHz 1 600,995 عند تشكيل تريبيعي مختلف مع زحزحة بزاوية 90 درجة. وتشمل كل إشارة مكونين مع تعدد إرسال بتقسيم الزمن. وتبلغ سرعة نقل البيانات 125 bit/s وهي مماثلة بالنسبة للإشارتين.

وفي النطاق L2، تُرسل إشارتان مع نفاذ متعدد بتقسيم الشفرة على نفس التردد الحامل MHz 1 248,06 عند تشكيل تريبيعي مختلف مع زحزحة بزاوية 90 درجة. وتشمل كل إشارة مكونين مع تعدد إرسال بتقسيم الزمن. وتبلغ سرعة نقل البيانات 125 bit/s و 250 bit/s على التوالي.

وفي النطاق L3، تُرسل إشارة مع نفاذ متعدد بتقسيم الشفرة على التردد MHz 1 202,025 وتشمل إشارتين بتشكيل بزحزحة الطور مع قدرة متساوية، تزحزحان في الطور بزاوية 90 درجة. وتبلغ سرعة نقل البيانات 100 bit/s.

5 قدرة الإشارة وأطيافها

1.5 إشارات مع نفاذ متعدد بتقسيم التردد

تكون الإشارات المرسلّة مستقطبة إهليلجياً مُيَّامنة مع عامل إهليلجية لا يكون أسوأ من 0,7 بالنسبة للنطاقات L1 و L2 و L3. وتُحدّد أدنى قدرة مضمونة للإشارة عند دخل مستقبلٍ ما (مع افتراض كسب للهوائي بقيمة 0 dBi) بالقدرة -161 dBW (-131 dBm) بالنسبة للإشارتين معيارية الدقة وعالية الدقة في النطاقات L1 و L2 و L3.

وتُستعمل ثلاثة أصناف من البث في النظام العالمي للملاحة الساتلية وهي: 8M19G7X و 1M02G7X و 10M2G7X. ويُقدّم الجدول 2 خصائص هذه الإشارات.

الجدول 2

خصائص إشارات النظام العالمي للملاحة الساتلية مع نفاذ متعدد بتقسيم التردد

مدى التردد	صنف البث	عرض نطاق البث Tx (MHz)	أقصى قدرة ذروة للبث (dBW)	أقصى كثافة طيفية للقدرة (dB(W/Hz))	كسب الهوائي (dB)
نطاق الترددات L1	10M2G7X	10,2	15	52-	11
	1M02G7X	1,02	15	42-	
نطاق الترددات L2	10M2G7X	10,2	14	53-	10
	1M02G7X	1,02	14	43-	
نطاق الترددات L3 ⁽¹⁾	8M19G7X	8,2	15	52,1-	12
	8M19G7X	8,2	15	52,1-	

(1) تتم زحزحة إشارتين في النطاق L3 نسبةً إلى بعضهما البعض بزاوية 90 درجة (في التشكيل التريبيعي).

وتُتيح الدالة الجيبية: $(\sin x/x)^2$ وصف غلاف التوزيع لطيف قدرة الإشارة الملاحية، حيث:

$$x = \pi(f - f_c)/f_t$$

وحيث تكون المعلمات أدناه كالتالي:

f : التردد قيد النظر

f_c : التردد الحامل للإشارة

f_t : معدل نبض الإشارة.

ويُشكّل الفص الرئيسي للطيف التشغيلي للإشارة. ويَشغَل عرض نطاق مساوٍ للدالة $2f_i$. وللفضوص عرض نطاق مساوٍ للدالة f_i .

2.5 إشارات مع نفاذ متعدد بتقسيم الشفرة

يستخدم نظام GLONASS أربعة أصناف من البث هي: 2M05G7X و 4M10G7X و 15M4G7X و 20M5G7X. وترد خصائص هذه الإشارات في الجدول 3.

الجدول 3

خصائص إشارات النظام العالمي للملاحة الساتلية مع نفاذ متعدد بتقسيم الشفرة

مدى التردد	صنف البث	عرض نطاق البث Tx (MHz)	أقصى قدرة ذروة للبث (dBW)	أقصى كثافة طيفية للقدرة (dB(W/Hz))	كسب الهوائي (dB)
نطاق الترددات L1	2M05G7X	2,05	15,6	44,1-	14
	4M10G7X	4,1	15,6	46,7-	
	15M4G7X	15,4	15,6	51,3-	
	15M4G7X	15,4	15,6	51,3-	
نطاق الترددات L2	2M05G7X	2,05	14	45,6-	12,5
	4M10G7X	4,1	14	48,2-	
	15M4G7X	15,4	14	52,8-	
	15M4G7X	15,4	14	52,8-	
نطاق الترددات L3	20M5G7XCC	20,5	13	56,6-	12,4
	20M5G7XCC	20,5	13	56,6-	

الملحق 2

الوصف التقني والخصائص التقنية للنظام العالمي لتحديد المواقع (GPS) لشركة Navstar

1 مقدمة

تُفيد المعلومات الحالية المتوفرة بشأن النظام العالمي لتحديد المواقع (GPS) لشركة Navstar بأنه متاح مجاناً من موقع الموارد الموحد التالي على الويب: <http://www.gps.gov>. وتُوجد المعلومات بشأن النظام العالمي لتحديد المواقع العامل في النطاقات MHz 1 215-1 164 و MHz 1 300-1 215 و MHz 1 610-1 559 موثقة في أحدث نسخ من وثائق المواصفات الخاصة بالسطح البيئي لهذا النظام IS-GPS-200 و IS-GPS-705 و IS-GPS-800، بما فيها أحدث تبليغات تنقيحية لها¹. وثمة معلومات موثقة بشأن السطح البيئي الوظيفي لنقل البيانات بين جزء التحكم (CS) في النظام العالمي لتحديد المواقع ومستعمل النظام العالمي لتحديد المواقع ومجتمعات دعم مستعمل هذا النظام في أحدث نسخة من الوثيقتين ICD-GPS-240 و ICD-GPS-870 مع أحدث تبليغات تنقيحية لهما. وتُعرّف مستويات الخدمة المعيارية لتحديد المواقع (SPS) بدلالة معلمات إشارة الإذاعة

¹ يمكن الاطلاع على وثائق المواصفات IS-GPS-200 و IS-GPS-705 و IS-GPS-800 و ICD-GPS-240 و ICD-GPS-870 عبر الرابط

<https://www.gps.gov/technical/icwg>

وتصميم كوكبة النظام العالمي لتحديد المواقع. ويرد توثيق معلومات إضافية عن مستويات أداء الإشارة في الفضاء (SIS) التي تقدمها الحكومة الأمريكية إلى مجتمع مستعملي الخدمة المعيارية لتحديد المواقع في أحدث نسخة من وثيقة معيار الأداء للخدمة المعيارية لتحديد المواقع في النظام العالمي لتحديد المواقع مع آخر تبليغ عن مراجعة لها².

ويتألف خط الأساس لكوكبة سواتل النظام العالمي لتحديد المواقع، اسمياً، من حد أدنى قدره 24 ساتلاً من السواتل العاملة في ستة مستويات مدارية متباعدة متساوية ومائلة بزاوية قدرها 55 درجة. وتدور سواتل النظام العالمي لتحديد المواقع حول الأرض كل 12 ساعة مع بث إشارات ملاحية متواصلة. ويُنصح هذا النظام لتحديد المواقع بدقة في ثلاثة أبعاد وتوقيت في أي مكان يقع على سطح الأرض أو قريباً منه.

1.1 متطلبات التردد للنظام العالمي لتحديد المواقع

تقوم متطلبات التردد للنظام العالمي لتحديد المواقع على أساس تقييمٍ لمتطلبات المستعمل من الدقة، واستبانة تأخر الانتشار من الفضاء إلى الأرض، وكبت تعدد المسيرات، وتكلفة التجهيزات وتشكيلاتها. ولهذا النظام ثلاث قنوات متركزة عند 1 575,42 MHz (النطاق الترددي L1 للنظام العالمي لتحديد المواقع) وعند 1 227,6 MHz (النطاق الترددي L2 لهذا النظام) وعند 1 176,45 MHz (النطاق الترددي L5 لهذا النظام).

وتتألف القنوات L1 وL2 وL5 من إشارات فضائية لتحديد المواقع والملاحة والتوقيت (PNT) تُسلّم دون رسوم مباشرة من المستعمل من أجل الاستعمالات المدنية والتجارية والعلمية السلمية في جميع أنحاء العالم. ويمكن تصميم المستقبلات بحيث تعالج إشارة واحدة أو عدة إشارات حسب التطبيقات و/أو المتطلبات المحددة للمستعمل و/أو السوق المستهدفة. وتقدم إشارات النظام العالمي لتحديد المواقع (GPS) التنوع الترددي وعرض النطاق الواسع اللازمين لزيادة الدقة في المدى والتوقيت، والكبت المحسن لتعدد المسيرات، والإطناب الرديف للإشارة في الفضاء.

2 عرض عام للنظام

إن النظام العالمي لتحديد المواقع نظام فضائي راديوي مستمر يعمل في كل الأحوال الجوية لأغراض الملاحة وتحديد المواقع ونقل إشارات الوقت (PNT)، مما يُوفّر مواقع دقيقة إلى حد بعيد وثلاثية الأبعاد وكذا معلومات السرعة مع توفير مرجع مشترك دقيق للوقت لفائدة المستعملين المزودين بالتجهيزات الملائمة عندما يكونون على سطح الأرض أو قريباً منه.

ويعمل هذا النظام على أساس مبدأ التثليث الراديوي المنفعل. وتقوم تجهيزات مُستعمل النظام أولاً بقياس أشباه الأمدية لأربعة سواتل، وحساب مواقعها، ومزامنة الميقاتية طبقاً لهذا النظام عن طريق استعمال البيانات المستقبلية من معلمات تقويمية فلكية ومعلمات تصحيح الميقاتية. (وتُسمّى هذه القياسات "أشباه" لأنها منجزة بواسطة ميقاتية مستعمل غير دقيقة وتتضمن حدود ثابتة للانحياز بسبب تخالفات ميقاتية المستعمل عن توقيت النظام العالمي لتحديد المواقع.) ثم يقوم هذا النظام بتحديد الموقع ثلاثي الأبعاد للمستعمل في نظام الإحداثيات الأرضي المركز الثابت بالنسبة إلى الأرض (ECEF) للإحداثيات الجيوديسية 1984 (WGS-84)، بتحديد تخالف ميقاتية المستعمل عن توقيت النظام العالمي لتحديد المواقع وذلك أساساً بحساب الحل المتآون لأربع معادلات للأمدية.

وعلى غرار ذلك، يمكن تقدير سرعة المستعمل ثلاثية الأبعاد وكذا تخالف معدل ميقاتية المستعمل بحل أربع معادلات لمعدلات الأمدية بعد الحصول على قياسات لمعدلات أشباه الأمدية لأربعة سواتل.

² يمكن الاطلاع على وثيقة معيار الأداء للخدمة المعيارية لتحديد المواقع في النظام العالمي لتحديد المواقع عبر الرابط:

3 أجزاء النظام

يتكون النظام من ثلاثة أجزاء رئيسية: الجزء الفضائي، وجزء التحكم، والجزء الخاص بالمستعمل. ولكل جزء وظيفة رئيسية كالتالي.

1.3 الجزء الفضائي

يشتمل الجزء الفضائي على سواتل النظام العالمي لتحديد المواقع، التي تؤدي وظيفة نقاط مرجعية "سماوية"، تبث من الفضاء إشارات ملاحية مشفرة للوقت بدقة. وتتكون الكوكبة التشغيلية من حد أدنى قوامه 24 ساتلاً يدور في مدارات مدتها 12 ساعة على محور شبه رئيسي يبلغ حوالي 26 600 km. وهذه السواتل متموقعة في ستة مستويات مدارية مائلة بزاوية 55 درجة نسبة إلى المستوي الاستوائي، وتباعد مستويات خط الاستواء ومستويات المدار مباعداً متساوية حول خط الاستواء بتباعد يبلغ 60 درجة. وهنالك، نمطياً، حد أدنى قدره أربعة سواتل في كل مستوى.

والساتل بمثابة مركبة مستقرة ثلاثية المحاور. والعناصر الكبرى لحمولته الملاحية الرئيسية النافعة هي معيار التردد الذري للتوقيت الذي يولد قاعدة زمنية مستقرة للساتل، وحاسوب المهمة الذي يستقبل بيانات الملاحية (NAV) من جزء التحكم، والنظام الفرعي لنطاق القاعدة للملاحية الذي يولد شفرات قياس الضوضاء شبه العشوائية (PRN) ويضيف بيانات رسالة NAV إلى شفرات قياس المدى للضوضاء شبه العشوائية، والنظام الفرعي لنطاق L الذي يشكل تناوبات اثنينية على الموجات الحاملة L1 (1 575,42 MHz) و L2 (1 227,6 MHz) و L5 (1 176,45 MHz) التي تزداد بعد ذلك بواسطة صفيح هوائيات لولبي.

2.3 جزء التحكم

يشتمل جزء التحكم (CS) على أربعة أنظمة فرعية رئيسية هي: محطة التحكم المركزي (MCS)، ومحطة التحكم الرئيسية (AMCS)، وشبكة مؤلفة من أربعة هوائيات أرضية (GA)، وشبكة لمحطات مراقبة (MS) موزعة عالمياً. وتكون محطة التحكم المركزي مسؤولة عن كل جوانب القيادة والتحكم للكوكبة.

3.3 الجزء الخاص بالمستعمل

يتكون الجزء الخاص بالمستعمل من كل مجموعات التجهيزات الإجمالية للمستعمل ومعها تجهيزاتها الداعمة. وتتألف مجموعة التجهيزات النمطية للمستعمل من هوائي، والطرف الأمامي من المستقبل، ومعالج، وأجهزة دخل/خرج، ووحدة تغذية بالقدرة. وتقوم مجموعة ما للتجهيزات بجيازة وتتبع الإشارة الملاحية انطلاقاً من أربعة سواتل أو أكثر تكون مرئية، وتقيس أوقات انتشار الإشارة والإزاحات الدوبلرية للتردد، ثم تحوّلها إلى أشباه أمديّة ومعدلات أشباه أمديّة، ثم تنفذ الحل لتحديد الموقع ثلاثي الأبعاد والسرعة ثلاثية الأبعاد، ثم تتبّت توقيت النظام العالمي لتحديد المواقع. (ويُعدّ توقيت GPS مختلفاً عن التوقيت العالمي المنسق (UTC)، ولكن الفرق أقل من ثانية واحدة، وتحمل إشارات GPS المعلومات اللازمة للتحويل بين هذين التوقيتين. وفضلاً عن ذلك، فإن توقيت GPS توقيت متواصل بينما يحتوي توقيت UTC على ثوانٍ كبيسة) وتتراوح تجهيزات المستعمل من المستقبلات البسيطة والخفيفة نسبياً إلى المستقبلات المتطورة التي تكون مدججة مع الحاسيس أو الأنظمة الملاحية الأخرى اللازمة للأداء الدقيق في البيئات عالية الدينامية.

4 بنية إشارة النظام العالمي لتحديد المواقع

تتكون الإشارة الملاحية للنظام العالمي لتحديد المواقع والمرسلة من ثلاثة ترددات مُشكّلة على النحو التالي: L1 عند التردد المركزي البالغ 1 575,42 MHz (f_0 154)، و L2 عند التردد المركزي البالغ 1 227,6 MHz (f_0 120)، و L5 عند التردد المركزي البالغ 1 176,45 MHz (f_0 115)، حيث تصح الدالة $f_0 = 10,23$ MHz أما الدالة f_0 فهي خرج معيار التردد الذري على المتن الذي تُربط به كل الإشارات المولدة على نحو متماسك. وتأتي في النص الوارد أدناه قائمة بالإشارات المرسلة على كل تردد حامل لنظام GPS (ويأتي كذلك وصف لتلك الإشارات التي لها أكثر من مكونة واحدة) كما يأتي وصف موجز للتردد الراديوي (RF) وكذا لمعلومات معالجة الإشارات.

ويُرسل نظام GPS أربع إشارات على التردد الحامل L1. وتتضمن هذه الإشارات إشارة شفرة الحيازة التقريبية C/A، وإشارة الشفرة الدقيقة P(Y) والإشارة L1C والإشارة M، والتي يرد شرحها في الفقرة 1.6 أدناه.

أما على التردد الحامل L2، فإن نظام GPS، يُرسل ثلاث إشارات. وتشمل هذه الإشارات تردد شفرة الحيازة التقريبية L2C أو C/A (نادراً)، وتردد الشفرة الدقيقة P(Y) والإشارة M والتي يرد شرحها في الفقرة 2.6 أدناه.

أما على التردد الحامل L5، فيُرسل نظام GPS إشارة وحيدة، يُشار إليها بالإشارة L5. وللإشارة L5 مكونتان تُرسلان مطاورتين تربيعيتين، يرد شرحها في الفقرة 3.6 أدناه.

وتُقدّم الجداول 4 و5 و6 قائمة بقيم المعلمات الرئيسية لإرسالات إشارات النظام GPS على الترددات L1 وL2 وL5، على التوالي. وتتضمن هذه المعلمات الخصائص التالية للتردد الراديوي: مدى تردد الإشارة؛ عرض النطاق 3 dB لمرشاح إرسال التردد الراديوي للساتل؛ وطريقة تشكيل الإشارة؛ وأدنى سوية للقدرة المستقبلية عند خرج هوائي الاستقبال المرجعي المركب على سطح الأرض.

ومما جاء في هذه الجداول كذلك معلمات معالجة الإشارة الرقمية، بما فيها معدل تبيض الشفرة للضوضاء شبه العشوائية ومعدلات بتات ورموز بيانات الرسالة الملاحية. وفضلاً عن ذلك، تُقدّم هذه الجداول، بالنسبة لكل تردد حامل، معلمات هوائي الإرسال للساتل الخاصة بالاستقطاب وأقصى إهليلجية.

وتُعدّ وظائف شفرات قياس المسافة (المُشار إليها كذلك بشفرات الضوضاء شبه العشوائية) ووظائف مزدوجة:

- تُتيح هذه الشفرات خصائص جيدة للنفاد المتعدد فيما بين السواتل، إذ إن كل السواتل تُرسل الإشارات على نفس التردد الحامل ويتم التمييز فيما بينها فقط بواسطة شفرات الضوضاء شبه العشوائية التي تستعملها؛
 - وتسمح خصائص ارتباط هذه الشفرات بالقياس الدقيق لوقت وصول ونبذ الإشارات متعددة المسيرات وإشارات التداخل.
- وتُعدّ القيم المتاحة في الجداول 4 و5 و6 هي التي يُوصى باستخدامها في التقديرات الأولية لملاءمة التردد الراديوي مع نظام GPS.

5 قدرة الإشارة وأطرافها

تستعمل سواتل GPS هوائي بحزمة مُقَوَّبة تُشع قدرة شبه منتظمة إلى المستقبلات القريبة من سطح الأرض. وتُستقطب الإشارات المُرسلة على الموجات الحاملة L1 وL2 وL5 دائرياً مُيَّامنة مع بيان أسوأ الحالات الإهليلجية في الجداول 4 و5 و6 بالنسبة للمدى الزاوي $\pm 13,8^\circ$ من الحضيض.

6 معلمات الإرسال للنظام العالمي لتحديد المواقع

ترد أدناه خصائص إرسالات إشارات النظام GPS.

وبالإضافة إلى تشكيلات الإبراق بزحزة الطور (PSK)، يستعمل نظام GPS تشكيلات الموجات الحاملة بزحزة اثنينية (BOC). وتُشير دالة تشكيلات بنديكس المثلى $BOC(m,n)$ إلى تشكيل اثنيني للتردد الحامل المتخالف بتردد موجة مربعة بقدر $m \times 1,023$ (MHz) ومعدل نبضات شفرة بقدر $n \times 1,023$ (Mchip/s). وبالنسبة إلى إشارات GPS المشكّلة بتشكيل BOC ذي الأطوار الجيبية، تعطى كثافة طيفية مُقيَّسة للقدرة كالتالي:

$$BOC_{m,n}(f) = f_c \left[\frac{\sin\left(\frac{\pi f}{f_c}\right) \tan\left(\frac{\pi f}{2f_s}\right)}{\pi f}\right]^2$$

حيث:

f : هو التردد (Hz)

f_c : معدل النبضات، أي $n \times 1,023$ Mchip/s

f_s : تردد الموجة المربعة؛ أي $m \times 1,023$ MHz.

1.6 معلمات الإرسال للنطاق L1 في النظام العالمي لتحديد المواقع

تعمل أربع إشارات في نطاق خدمة الملاحة الراديوية الساتلية 1 610-1 559 MHz. وتشمل هذه الإشارات إشارة شفرة الحيابة التقريبية C/A والإشارة L1C وإشارة الشفرة الدقيقة P(Y) والإشارة M. وتستخدم الإشارة C/A تشكيل BPSK-R(1). وتستخدم الإشارة P(Y) تشكيل BPSK-R(10)، حيث يشير الرمز BPSK-R(n) إلى تشكيل مستطيل بزحزحة الطور الثنائي (BPSK-R) بمعدل نبضات يبلغ $n \times 1,023$ (Mchip/s). وتستخدم الإشارة M التشكيل BOC(10,5). وتتألف الإشارة L1C من مكونتين. ويتم تشكيل المكونة الأولى، التي يُرمز لها بالرمز L1C_D، بواسطة رسالة بيانات أما المكونة الأخرى التي يرمز لها بالرمز L1C_P، فهي خالية من البيانات (أي الإشارة الإرشادية فقط) وتُستعمل المكونتان شفرتين PRN مختلفتين. (تحسن المكونة الخالية من البيانات أداء الخدمة RNSS فيما يتعلق بالالتقاط والتتبع). وتُرسل الإشارة P(Y) ومكونتا الإشارة L1C متحدة الطور فيما ترسل الإشارة C/A في اتجاه عمودي على هذه الإشارات ويتخلف طور الموجة الحاملة للإشارة بزاوية 90 درجة. ويُقدّم الجدول 4 المعلمات الرئيسية لإرسالات النطاق L1 في نظام GPS.

وتستعمل المكونة L1C_D دالة التشكيل BOC(1,1)، وتستعمل المكونة L1C_P التشكيل المشار إليه بتشكيل BOC متعدد الإرسال (MBOC)، وهي مكونة متعددة الإرسال بتقسيم الزمن بين الدالتين BOC(1,1) و BOC(6,1). ولتشكيل MBOC كثافة طيفية مُقيّسة للقدرة تُعطى بالمعادلة التالية:

$$MBOC(f) = \frac{29}{33} BOC_{1,1}(f) + \frac{4}{33} BOC_{6,1}(f)$$

وتُعطى الكثافة الطيفية الكلية للقدرة لمكونات L1C بالمعادلة التالية:

$$S(f) = \frac{1}{4} BOC_{1,1}(f) + \frac{3}{4} MBOC(f) = \frac{10}{11} BOC_{1,1}(f) + \frac{1}{11} BOC_{6,1}(f)$$

الجدول 4

إرسالات الإشارة L1 لنظام GPS في النطاق 1 610-1 559 MHz

المعلمة	قيمة المعلمة
مدى تردد الإشارة (MHz)	1 575,42 ± 15,345
معدل نبضة الشفرة للضوضاء شبه العشوائية (Mchip/s)	(C/A, L1C _D and L1C _P) 1,023 (P(Y)) 10,23 (M) 5,115
معدلات بتات البيانات الملاحة (bit/s)	(C/A, P(Y) and L1C _D) 50
معدلات رموز البيانات الملاحة (symbol/s)	(C/A and P(Y)) 50 (L1C _D) 100
طريقة تشكيل الإشارة	(C/A) BPSK-R(1) (P(Y)) BPSK-R(10) (M) BOC(10,5) (L1C _D) BOC(1,1) (L1C _P) MBOC (انظر الملاحظة 3) (انظر الملاحظة 1)
الاستقطاب	RHCP
القيمة القصوى الإهليلجية (dB)	1,8
أدى سوية للقدرة المستقبلية عند خرج الهوائي المرجعي (dBW)	(C/A) 158,5- (L1C _D) 163,0- (L1C _P) 158,25- (P(Y)) 161,5- (M) 158,0- (انظر الملاحظة 2)
عرض النطاق 3 dB مرشح الإرسال للتردد الراديوي (MHz)	30,69

الملاحظة 1 - بالنسبة لمعلومات خدمة الملاحة الراديوية الساتلية في نظام GPS، تشير الدالة BPSK-R(n) إلى تشكيل الإبراق بزحزحة الطور ثنائي الحالة باستعمال نبضات مربعة بمعدل تبيض يبلغ $n \times 1,023$ (Mchip/s). وتُشير الدالة BOC(m,n) إلى تشكيل اثنيي للتردد الحامل المتخالف بتردد موجة مربعة قدره $m \times 1,023$ (MHz) ومعدل تبيض $n \times 1,023$ (Mchip/s).

الملاحظة 2 - تُقاس أدنى قدرة مستقبلية عند خرج هوائي استقبال مرجعي لمستعمل بخزمة ليزر مستقطبة خطياً 3 dBi (حيث يكون الهوائي مركباً قريباً من الأرض) عند أسوأ توجيه عادي وعندما يكون الساتل أعلى من زاوية ارتفاع 5 درجات فوق مستوى أفق الأرض من منظور سطح الأرض.

الملاحظة 3 - انظر القسم 1.6 من أجل المزيد من التفاصيل بشأن تشكيل MBOC.

2.6 معلومات الإرسال للإشارة L2 في النظام العالمي لتحديد المواقع

يرسل نظام GPS إشارات في نطاق خدمة الملاحة الراديوية الساتلية 1 215-1 300 MHz. وتشمل الإشارات L2C أو C/A (نادراً)، P(Y) و M. وتستخدم الإشارة L2C التشكيل BPSK-R(1). وتتكون الإشارة L2C من قناة بيانات بشفرة الأسلوب المدني المعتدل L2 (L2 CM)، وقناة بدون بيانات بشفرة الأسلوب المدني الطويل L2 (L2 CL)، بالاقتران مع استعمال أسلوب تعدد الإرسال بتقسيم الزمن لكل نبضة على حدة. ومكونتا الإشارة هاتان تستعملان شفرتين PRN مختلفتين). وتظهر علاقة الطور بين مكونتي الموجة الحاملة L2 (L2C و P(Y)) بواسطة البتة 273 من رسالة الملاحة المدنية (CNAV) ذات النمط 10، حيث يشير الصفر إلى طور متعامد بتأخير للمكونة L2C و P(Y) بزاوية 90 درجة، ويشير الرقم واحد إلى تماثل طور L2C و P(Y). وفي حال عدم تيسر رسالة CNAV، يكون الطور بين مكونتي L2C و P(Y) متعامداً. ويُقدّم الجدول 5 المعلومات الرئيسية لإرسالات L2 في نظام GPS.

الجدول 5

إرسالات الإشارة L2 لنظام GPS في النطاق 1 300-1 215 MHz

المعلمة	قيمة المعلمة
مدى تردد الإشارة (MHz)	$1\ 227,6 \pm 15,345$
معدل نبضة الشفرة للضوضاء شبه العشوائية (Mchip/s)	1,023 (C/A and L2C) 10,23 (P(Y)) 5,115 (M)
معدلات بتات البيانات الملاحة (bit/s)	50 (C/A and P(Y)) 25 (L2C)
معدلات رموز البيانات الملاحة (symbol/s)	50 (C/A, P(Y) and L2C)
طريقة تشكيل الإشارة	BPSK-R(1) (C/A and L2C) BPSK-R(10) (P(Y)) BOC(10,5) (M) (انظر الملاحظة 1)
الاستقطاب	RHCP
القيمة القصوى الإهليلجية (dB)	2,2
أدنى سوية للقدرة المستقبلية عند خرج الهوائي المرجعي (dBW)	-161,5 (P(Y)) -160,0 (C/A أو L2C) -161,0 (M) (انظر الملاحظة 2)
عرض النطاق 3 dB لمرشاح الإرسال للتردد الراديوي (MHz)	30,69

الملاحظة 1 - بالنسبة لمعلومات خدمة الملاحة الراديوية الساتلية في نظام GPS، تشير الدالة BPSK-R(n) إلى تشكيل الإبراق بزحزحة الطور ثنائي الحالة باستعمال نبضات مربعة بمعدل تبيض يبلغ $n \times 1,023$ (Mchip/s). وتُشير الدالة BOC(m,n) إلى تشكيل اثنيي للتردد الحامل المتخالف بتردد موجة مربعة قدره $m \times 1,023$ (MHz) ومعدل تبيض $n \times 1,023$ (Mchip/s).

الملاحظة 2 - تُقاس أدنى قدرة مستقبلية عند خرج هوائي استقبال مرجعي لمستعمل بخزمة ليزر مستقطبة خطياً 3 dBi (حيث يكون الهوائي مركباً قريباً من الأرض) عند أسوأ توجيه عادي وعندما يكون الساتل أعلى من زاوية ارتفاع 5 درجات فوق مستوى أفق الأرض من منظور سطح الأرض.

3.6 معلمات الإرسال للإشارة L5 في النظام العالمي لتحديد المواقع

يُشغّل نظام GPS الإشارة الملاحية L5 في النطاق 1 164-1 215 MHz لخدمة الملاحة الراديوية الساتلية. وتستعمل الإشارة L5 تشكيل BPSK-R(10). وتتألف الإشارة L5 من مكوّنين، L5I وL5Q، حيث المكونة L5Q خالية من البيانات (وتُسمى أيضاً بقناة دليلية). وتشكّل المكونة L5I برسالة بيانات. وتُرسل مكوّنتا الإشارة L5 هاتان بطور متعامد فيما بينهما وبقدرة متساوية، وتستعملان شفرتي PRN مختلفتين. ويُقدّم الجدول 6 المعلمات الرئيسية لإرسالات الإشارة L5 في نظام GPS.

الجدول 6

إرسالات الإشارة L5 لنظام GPS في النطاق 1 164-1 215 MHz

المعلمة	قيمة المعلمة
مدى تردد الإشارة (MHz)	$12 \pm 1 176,45$
معدل نبضة الشفرة للوضاء شبه العشوائية (Mchip/s)	10,23
معدلات بتات البيانات الملاحية (bit/s)	50 (L5I)
معدلات رموز البيانات الملاحية (symbol/s)	100 (L5I)
طريقة تشكيل الإشارة	PSK-R(10) (انظر الملاحظة 1)
الاستقطاب	RHCP
القيمة القصوى الإهليلجية (dB)	2,4
أدنى سوية للقدرة المستقبلية عند خرج الهوائي المرجعي (dBW)	-157,9 (L5I) -157,9 (L5Q) (انظر الملاحظة 2)
عرض النطاق 3 dB لمرشاح الإرسال للتردد الراديوي (MHz)	24

الملاحظة 1 - بالنسبة لمعلمة خدمة الملاحة الراديوية الساتلية في نظام GPS، تشير الدالة BPSK-R(n) إلى تشكيل الإبراق بزحزة الطور ثنائي الحالة باستعمال نبضات مربعة بمعدل تبيض يبلغ $n \times 1,023$ (Mchip/s).

الملاحظة 2 - تُقاس أدنى قدرة مستقبلية عند خرج هوائي استقبال مرجعي لمستعمل بخزّمة ليزر مستقطبة خطياً 3 dB (حيث يكون الهوائي مركباً قريباً من الأرض) عند أسوأ توجيه عادي وعندما يكون الساتل أعلى من زاوية ارتفاع 5 درجات فوق مستوى أفق الأرض من منظور سطح الأرض.

الملحق 3

الوصف التقني والخصائص التقنية لنظام غاليليو (Galileo)

1 مقدمة

يتألف نظام غاليليو (Galileo) من كوكبة من 30 موقعاً ساتلياً (24 ساتل إرسال وستة سواتل نشطة احتياطية بمدارها) مع وجود عشرة سواتل موضوعة في كل مستوى من المستويات المدارية الثلاثة المتباعدة مباعدة ومتساوية والمائلة بزوايا قدرها 56 درجة. ويُرسَل كل ساتل إشارات الملاحة على ترددات ثلاث موجات حاملة. ويتم تشكيل هذه الإشارات بقطار بتات مُهيكل، يتضمن بيانات مشفرة للمعلومات التقويمية الفلكية ورسائل ملاحية، ويكون له عرض نطاق كاف لإنتاج الدقة الملاحية الضرورية دون اللجوء إلى الإرسال ثنائي الاتجاه أو التكامل الدوبلري. ويتيح هذا النظام التحديد الدقيق للتوقيت والموقع بثلاثة أبعاد في أي مكان في العالم على سطح الأرض أو قريباً منه.

1.1 متطلبات التردد

تقوم متطلبات التردد لنظام غاليليو على أساس تقديرٍ لمتطلبات الدقة الخاصة بالمستعمل، واستبانة تأخر الانتشار من الفضاء إلى الأرض، وكبت تعدد المسيرات، وتكلفة التجهيزات وتشكيلاتها. وترسل سواتل نظام غاليليو باستمرار أربع إشارات متماسكة للتردد الراديوي ولكنها إشارات قابلة للاستعمال على نحو مستقل متمركزة عند الترددات (ترد أسماء الإشارات المقابلة بين قوسين هلالين)، (E1) MHz 1 575,42، وإلى جانب ذلك، يعدد إرسال الإشارتين E5a و E5b بتشكيل وحيد معرّف باسم AltBOC (إشارة الشفرة BOC البديلة) يستخدم موجة حاملة وحيدة عند التردد MHz 1 191,795.

ويرسل نظام غاليليو على ترددات ثلاث موجات حاملة بالنسبة لإشارات مستعمليه:

- E5: MHz 1 191,795

(يمكن أيضاً استقبال مكوناتها بشكل مستقل باستعمال الموجتين الحاملتين الافتراضيتين E5a: MHz 1 176,450

و E5b: MHz 1 207,140)

- E6: MHz 1 278,750

- E1: MHz 1 575,420

وهناك عدد إجمالي من عشر إشارات متعددة الإرسال ومشكّلة إلى الموجات الحاملة الثلاث ترسل وتتم المقابلة بينها من أجل تقديم خدمات "تحديد المواقع/الملاحة/التوقيت" (PNT) في تشكيلات مختلفة؛ وتلك هي "خدمات" النظام غاليليو. ويمكن تصميم المستقبلات بحيث تعالج إشارة واحدة أو عدة إشارات حسب التطبيقات و/أو المتطلبات المحددة للمستعمل و/أو السوق المستهدفة. وتُشتق كل مكونات الإشارة (الموجات الحاملة والموجات الحاملة الفرعية وشفرات قياس المسافة ومعدلات البتات للبيانات)، على نحو متماسك، من مولّد مشترك على المتن للميقاتية الذرية.

ومقارنةً بالنطاق الضيق، إشارات ملاحية وحيدة التردد، فإن تنوع الترددات وعرض النطاق الواسع للإشارات في نظام غاليليو، يزيدان من دقة المدى اللازمة لاستبانة تأخر الانتشار من الفضاء إلى الأرض ويحسنان من كبت تعدد المسيرات وكلاهما يؤدي إلى زيادة الدقة الكلية.

2 عرض عام للنظام

إن نظام غاليليو (Galileo) نظام فضائي مستمر يعمل في كل الأحوال الجوية لأغراض الملاحة الراديوية وتحديد المواقع ونقل إشارات التوقيت، مما يُمكن من تقديم مواقع دقيقة إلى حد بعيد وثلاثية الأبعاد وكذا معلومات السرعة مع توفير مرجع مشترك دقيق للتوقيت لفائدة المستعملين المزودين بالتجهيزات الملائمة.

ويعمل هذا النظام على أساس مبدأ التثليث الراديوي المنفعل. وتقوم تجهيزات مُستعمل نظام غاليليو بمجرد التقاط الإشارات من أربعة سواتل من سواتل النظام على الأقل بقياس أشباه الأمدية للسواتل، وحساب مواقعها، ومزامنة ميقاتية هذه التجهيزات طبقاً لوقت نظام غاليليو عن طريق استعمال البيانات المستقبلية من معلمات تقويمية فلكية ومعلمات تصحيح الميقاتية. ثم يقوم المستقبل بتحديد الموقع ثلاثي الأبعاد للمستعمل في نظام غاليليو المرجعي للأرض (GTRF) والنظام المرجعي الدولي للأرض (ITRS)، وبتحديد تحالف ميقاتية المستعمل عن توقيت نظام غاليليو وذلك أساساً بحساب الحل المتأون لأربع معادلات للأمدية.

وعلى غرار ذلك، يمكن تقدير سرعة المستعمل ثلاثية الأبعاد وكذا تحالف معدل ميقاتية المستعمل بحل أربع معادلات للمعدلات الأمدية بعد الحصول على قياسات لمعدلات أشباه الأمدية لأربعة سواتل. وتُسمى هذه القياسات "أشباه" لأنها منجزة بواسطة ميقاتية مستعمل غير دقيقة (زهيدة التكلفة) توجد في المستقبل وتتضمن حدود ثابتة للانحياز بسبب تحالفات ميقاتية المستقبل عن توقيت نظام غاليليو.

1.2 تطبيقات نظام غاليليو

تطبيقات الأسواق العامة

يوفر نظام غاليليو خدمة مفتوحة بالبحر لتحديد الموقع والملاحة والتوقيت (PNT)، بما يسمح بتوفير طائفة واسعة من التطبيقات خاصة تلك الموجهة لعامة الجمهور. وتستهدف هذه الخدمة نفس مجتمعات المستخدمين التي تستهدفها الخدمة القياسية لتحديد الموقع للنظام GPS: الإشارات المرسله قابلة للتشغيل البيني مع النظام GPS، لذا، سيتسنى توفير حلول تجمع بين النظام GPS والخدمة (PNT) للنظام غاليليو.

تطبيقات الطيران والتطبيقات البحرية وتطبيقات الطرق والسكك الحديدية

تهدف الإشارات E1 و E5 و E6 للنظام غاليليو إلى دعم التطبيقات الملحة في الطلب والمتعلقة بالسلامة (خاصة الطيران) وستمكنان، على المدى الطويل، المستقبلات ذات الترددات المزدوجة من توفير بيانات ملاحة أكثر موثوقية ودقة وصحة من المستقبلات وحيدة التردد.

التطبيقات عالية الدقة

يقدم نظام غاليليو، من خلال الإشارة E6-B، خدمة الدقة العالية (HAS). وخدمة الدقة العالية في نظام غاليليو HAS هي خدمة ذات نفاذ مفتوح ومجانبة تقوم على تقديم تصحيحات لإشارات غاليليو. وستشمل بيانات خدمة الدقة العالية المدار والميقاتية وأنحيازات الطور والتصويبات الجوية. وتمكّن هذه التصويبات المستخدمين من إجراء عملية السرعة والوقت الدقيق (PVT) بدقة على مستوى الديسيمتر. وتستفيد مجموعة واسعة ومتنوعة من التطبيقات من خدمة الملاحة الراديوية الساتلية ذات الدقة العالية، ومن بينها السيارات والإنشاءات والمسح وإدارة المرافق.

الاستيقان

سيحقق نظام غاليليو مستويين من الاستيقان عبر الإشارتين E1-B و E6-C:

استيقان الرسالة الملاحة للخدمة المفتوحة (OSNMA)، الذي يستخدم التوقيع الرقمي على البيانات الملاحة للخدمة المفتوحة لضمان استيقان البيانات. ويسهل تنفيذه في أجهزة الاستقبال، وهو موجه أساساً إلى المستخدمين في الأسواق الكبيرة. وسترسل بيانات OSNMA على الإشارة E1-B وستقدم مجاناً.

خدمة استيقان الإشارة لحماية إشارات نظام غاليليو من انتحال الهوية المتقدم الذي سيستند إلى تحفير شفرة التمديد E6-C. ويُشار إليها بخدمة الاستيقان التجارية (CAS).

التطبيقات الحكومية

يُتيح نظام غاليليو خدمة قوية مشفرة بدقة خاضعة للتنظيم العمومي مقيدة النفاذ من أجل الاستعمال من قبل الهيئات العمومية المسؤولة عن الحماية المدنية والأمن الوطني وإنفاذ القوانين.

تطبيقات البحث والإنقاذ

تمثل خدمة البحث والإنقاذ (SAR) للنظام غاليليو مساهمة كبيرة في النظام الدولي Cospas-Sarsat بما لها من دور مهم في نظام البحث والإنقاذ للمدارات الأرضية المتوسطة (MEOSAR) ومقدور سواتل النظام غاليليو اكتشاف إشارات الطوارئ (في النطاق 406 MHz) المرسله من منارات الاستغاثة الراديوية المحمولة على متن السفن أو الطائرات أو مطاريف المستخدمين الشخصية المحمولة باليد، حيث يتم إرسال بيانات الموقع الخاصة بما بعد ذلك إلى مراكز الإنقاذ الوطنية. وفي أي لحظة، يوجد ساتل واحد على الأقل من سواتل النظام غاليليو يكون مرئياً من أي موقع على سطح الأرض، بما يمكن من اكتشاف إنذارات الاستغاثة في الوقت الفعلي تقريباً وتحديد موقعها. وكل نداء استغاثة يتم استقباله يمكن الإشعار به فعلياً من خلال رسالة إعادة للإعلان بأنه قد تم استقبال هذا النداء. ويمكن أن يمكن ذلك من إطلاق قناة الطوارئ بواسطة المنارات الراديوية.

3 أجزاء النظام

يتكون النظام من ثلاثة أجزاء رئيسية: الجزء الفضائي وجزء التحكم والجزء الخاص بالمستعمل. ولكل جزء وظيفة رئيسية كالتالي.

1.3 الجزء الفضائي

يشتمل الجزء الفضائي على سواتل نظام غاليليو، التي تؤدي وظيفة نقاط مرجعية "سماوية"، تبث من الفضاء إشارات ملاحية مشفرة للوقت بدقة. وتتكون الكوكبة التشغيلية من حد أدنى قوامه 24 ساتلاً (علاوة على ستة سواتل احتياطية) تدور في مدارات مدتها 14 ساعة على محور شبه رئيسي يبلغ حوالي 30 000 km. وتستعمل ثلاثة مستويات مدارية بمباعدة متساوية، حيث يضم كل مستوى عشرة سواتل (بما في ذلك ساتلان احتياطيان) مائلة بزوايا 56° نسبةً إلى خط الاستواء.

2.3 الجزء الأرضي

يتحكم الجزء الأرضي لنظام غاليليو في كوكبة غاليليو بكاملها، حيث يُراقب سلامة حالة كل ساتل ويقوم بتحميل البيانات الخاصة بكل ساتل لأغراض الإذاعة اللاحقة في صورة رسائل ملاحية ترسل إلى مستقبلات المستعملين. وتُحسب المعلومات الرئيسية لهذه الرسائل، وهي مزامنة الميقاتية والمعلومات التقويمية الفلكية المدارية، استناداً إلى القياسات التي تُجرىها شبكة من المحطات في جميع أنحاء العالم. وتستعمل وظائف القياس عن بُعد والتتبع والتحكم توزيعات العمليات الفضائية فوق 2 GHz مباشرةً.

ويشمل الجزء الأرضي الوظائف التالية:

- إدارة الكوكبة والتحكم في السواتل؛
- المعالجة والتحكم في البيانات الملاحية والبيانات الخاصة بسلامة النظام؛
- صيانة ومراقبة أداء المركبات الفضائية (القياس عن بُعد والتحكم عن بُعد وقياس المدى)؛
- إرسال بيانات الرحلات الفضائية في الاتجاه أرض-فضاء في النطاق 5 000-5 010 MHz الخاص بخدمة الملاحية الراديوية الساتلية.

3.3 الجزء الخاص بالمستعمل

يتكون الجزء الخاص بالمستعمل من جميع مطاريف المستعمل ومعها تجهيزاتها الداعمة المرتبطة بها. ويتألف مطراف مستعمل النظام غاليليو نمطياً من هوائي، ومستقبل ومعالج وأجهزة دخل/خرج، حسب الاقتضاء. وتقوم مجموعة التجهيزات بحيازة وتتبع الإشارات الملاحية انطلاقاً من كل السواتل المرئية للنظام غاليليو، وتُحسب أشباه أممية ومعدلات أشباه أممية، ثم تقدم بيانات لحظية للموقع ثلاثي الأبعاد والسرعة وتوقيت النظام.

4 بنية إشارة نظام غاليليو

يُقَدِّم ما يلي وصفاً لإشارات غاليليو للاستعمال في تطبيقات تحديد الموقع والملاحية والتوقيت (PNT).

1.4 الإشارة E1 لنظام غاليليو

الإشارة E1 لنظام غاليليو ترسل على التردد المركزي 1 575,42 MHz.

تتكون من ثلاثة مكونات يمكن استعمالها إما مستقلة وإما مجتمعة مع إشارات أخرى، مما يتوقف على الأداء الذي يتطلبه التطبيق. وتُقدِّم المكونات، أساساً، للخدمة المفتوحة (OS)، والخدمة الخاضعة للتنظيم العمومي (PRS)، التي تتضمن رسائل ملاحية. ويُشكّل التردد الحامل E1 لنظام غاليليو بواسطة تشكيلات بنديكس المثلثي (MBOC) (تتكون الإشارة E1 من مكونة البيانات، E1-B والمكونة الخالية من البيانات E1-C) بالنسبة للخدمة المفتوحة وتشكيل جيب تمام الشفرة BOC (يتكون من المكونة E1-A) (15، 2,5) بالنسبة للخدمة الخاضعة للتنظيم العمومي. ويمكن تدعيم قطار البيانات E1-B برسائل إضافية لتوفير وظائف معززة للملاحية والتوقيت.

ويُستعمل التشكيل BOC لتكوين الشكل الطيفي المطلوب (أي توزيع الكثافة الطيفية للقدره مقسوم على التردد) للإشارة المرسلّة. ويُعبّر عن الإشارات من نمط BOC بالصيغة $BOC(f_{sub}, f_{chip})$ حيث يُشار إلى الترددات كقيم مضاعفة لمعدل نبض شفرة الحيازة التقريبية C/A لنظام GPS البالغ 1,023 Mchip/s.

وتُعطي المعادلة التالية الكثافة الطيفية للقدره لإشارة الخدمة الخاضعة للتنظيم العمومي (E1-A) في نظام غاليليو:

$$G_{BOC_{\cos}(f_s, f_c)}(f) = f_c \left[\frac{2 \sin\left(\frac{\pi f}{f_c}\right) \sin^2\left(\frac{\pi f}{4f_s}\right)}{\pi f \cos\left(\frac{\pi f}{2f_s}\right)} \right]^2$$

حيث $f_s = 15 \times 1,023 \text{ MHz}$ تردد الموجة الحاملة الفرعية و $f_c = 2,5 \times 1,023 \text{ MHz}$ معدل نبض الشفرة.

وينتج عن تشكيل MBOC طيف الإشارة $G_{MBOC}(f)$ الذي يتحصل عليه كالتالي:

$$G_{MBOC}(f) = \frac{10}{11} G_{BOC(1,1)}(f) + \frac{1}{11} G_{BOC(6,1)}(f)$$

حيث:

$$G_{BOC_{\cos}(f_s, f_c)}(f) = f_c \left[\frac{\tan\left(\frac{\pi f}{2f_s}\right) \sin\left(\frac{\pi f}{f_c}\right)}{\pi f} \right]^2$$

وحيث:

$f_s = 15 \times 1,023 \text{ MHz}$ كموجة حاملة فرعية و $f_c = 1 \times 1,023 \text{ MHz}$ كمعدل النبض لدالة التشكيل BOC(1,1)

$f_s = 6 \times 1,023 \text{ MHz}$ كموجة حاملة فرعية و $f_c = 1 \times 1,023 \text{ MHz}$ كمعدل النبض لدالة التشكيل BOC(6,1).

الجدول 7

إرسالات الإشارة E1 للنظام غاليليو في النطاق 1 559-1 610 MHz

المعلمة	قيمة المعلمة
مدى تردد الإشارة (MHz)	1 591-1 559
معدل نبضة الشفرة PRN (Mchip/s)	(MBOC) 1,023 ($BOC_{\cos}(15,2.5)$) 2,5575
معدل ثبات البيانات الملاحة (bit/s)	(E1-B) 125
معدل رموز البيانات الملاحة (symbol/s)	(E1-B) 250
طريقة تشكيل الإشارة	(OS) MBOC (E1-A) $BOC_{\cos}(15,2.5)$
الاستقطاب	RHCP
أدنى سوية للقدره المستقبلّة عند خرج الهوائي المرجعي (dBW)	-157,25 (MBOC) (انظر الملاحظة 2)

الملاحظة 1: انظر نص القسم أعلى هذا الجدول لمزيد من المعلومات بشأن التشكيل MBOC.

الملاحظة 2: تقاس أدنى سوية للقدره المستقبلّة على سطح الأرض عند خرج هوائي استقبال متناح 0 dBic لأي زاوية ارتفاع تساوي أو تزيد عن 5 درجات.

2.4 الإشارة E6 لنظام غاليليو

تُرسل الإشارة الأساسية E6 لنظام غاليليو على التردد المركزي MHz 1 278,75. وتتضمن إشارة E6 الأساسية ثلاث إشارات مختلفة هي الإشارة E6-A التي تحمل الخدمة الخاضعة للتنظيم العمومي (PRS)، والإشارة E6-B التي تحمل خدمة الدقة العالية (HAS) والإشارة E6-C ذات خدمة الاستيقان التجارية (CAS). ويُشكّل التردد الحامل E6 بواسطة مخطط تشكيل الإبراق بزحزحة الطور ثنائي الحالة BPSK(5) من أجل تقديم مكوني الإشارة E6-B و E6-C. ويُشكّل التردد الحامل E6 لنظام غاليليو أيضاً بواسطة شفرة الدالة $BOC_{cos}(10, 5)$ من أجل تقديم مكون الخدمة الخاضعة للتنظيم العمومي في الإشارة E6-A (ويتبع الطيف المستعمل لإشارة E6-A للخدمة الخاضعة للتنظيم العمومي لنظام غاليليو نفس المعادلة كتلك المستعملة لإشارة E1-A للخدمة الخاضعة للتنظيم العمومي الواردة أعلاه، ولكن حيث تكون الدالة $f = 1,023 \times 10 \text{ MHz}$ والدالة $f_c = 1,023 \times 5 \text{ MHz}$).

الجدول 8

إرسالات الإشارة E6 للنظام غاليليو في النطاق MHz 1 300-1 215

المعلمة	قيمة المعلمة
مدى تردد الإشارة (MHz)	1 300-1 260
معدل نبضة الشفرة PRN (Mchip/s)	5,115 (BPSK(5)) 10,23 ($BOC_{cos}(10,5)$)
معدل ثبات البيانات الملاحية (bit/s)	500 (E6-B)
معدل رموز البيانات الملاحية (symbol/s)	1000 (E6-B)
طريقة تشكيل الإشارة	BPSK(5) (E6-C و E6-B) $BOC_{cos}(10,5)$ (E6-A)
الاستقطاب	RHCP
أدنى سوية للقدرة المستقبلية عند خرج الهوائي المرجعي (dB)	-155,25 (BPSK(5)) (انظر الملاحظة)

ملاحظة - تقاس أدنى سوية للقدرة المستقبلية على سطح الأرض عند خرج هوائي استقبال متناح 0 dBic لأي زاوية ارتفاع تساوي 5 درجات أو أعلى من ذلك.

3.4 الإشارة E5 لنظام غاليليو

الإشارة E5 لنظام غاليليو ممرّزة على التردد MHz 1 191,795 ويتم توليدها بواسطة التشكيل AltBOC لمعدل الموجة الحاملة الفرعية للنطاق الجانبي البالغ MHz 15,345. ويُقدّم هذا الأسلوب فصين جانبيين. ويُسمى الفص الجانبي الأدنى للإشارة E5 لنظام غاليليو بالإشارة E5a لنظام غاليليو، ويُقدّم إشارة ثانية (للاستقبال مزدوج التردد) للخدمة المفتوحة (OS)، بما في ذلك أيضاً رسائل البيانات الملاحية. والإشارة E5a من الإشارات مفتوحة النفاذ حيث تحتوي على قناة بيانات وقناة دليلية (أو بدون بيانات). ويُسمى الفص الجانبي الأعلى للإشارة E5 لنظام غاليليو بالإشارة E5b لنظام غاليليو، ويُقدّم مكوناً إضافياً للخدمة المفتوحة (OS). والإشارة E5b من الإشارات مفتوحة النفاذ حيث تحتوي على قناة بيانات وقناة دليلية (أو بدون بيانات).

و تُعطي المعادلة التالية الكثافة الطيفية لقدرة الإشارة ES لنظام غاليليو المُشكَّلة بطريقة AltBOC:

$$G_{AltBOC}(f) = \frac{f_c}{2\pi^2 f^2} \frac{\cos^2\left(\frac{3\pi f}{2f_s}\right)}{\cos^2\left(\frac{\pi f}{2f_s}\right)} \left[\cos^2\left(\frac{\pi f}{2f_s}\right) - \cos\left(\frac{\pi f}{2f_s}\right) - 2\cos\left(\frac{\pi f}{2f_s}\right)\cos\left(\frac{\pi f}{4f_s}\right) + 2 \right]$$

حيث:

$f_s = 15 \times 1,023 \text{ MHz}$ هي الموجة الحاملة الفرعية و $f_c = 10 \times 1,023 \text{ MHz}$ هو معدل نبض الشفرة.

الجدول 9

إرسالات الإشارة E5 للنظام غاليليو في النطاق 1 164-1 215 MHz

المعلمة	قيمة المعلمة
مدى تردد الإشارة (MHz)	1 219-1 164
معدل نبضة الشفرة PRN (Mchip/s)	$(G_{AltBOC}(15,10)) 10,23$
معدل ثبات البيانات الملاحية (bit/s)	(E5a) 25 (E5b) 125
معدل رموز البيانات الملاحية (symbol/s)	(E5b) 250 ، (E5a) 50
طريقة تشكيل الإشارة	AltBOC(15,10) (انظر الملاحظة 1)
الاستقطاب	RHCP
أدنى سوية للقدرة المستقبلية عند خرج الهوائي المرجعي (dB)	-155,25 من أجل E5a (انظر الملاحظة 2) -155,25 من أجل E5b (انظر الملاحظة 2)

الملاحظة 1: انظر نص القسم أعلى هذا الجدول لمزيد من المعلومات عن G_{AltBOC} .

الملاحظة 2: تقاس أدنى سوية للقدرة المستقبلية على سطح الأرض عند خرج هوائي استقبال متناح 0 dBic لأي زاوية ارتفاع تساوي 5 درجات أو أعلى من ذلك.

الملحق 4

الوصف التقني والخصائص التقنية لنظام السواتل شبه السمتي (QZSS)

1 مقدمة

يتألف نظام السواتل شبه السمتي (QZSS) من سبعة سواتل وساتلين احتياطين نشطين. وتوجد هذه السواتل إما في مدار غير مستقر بالنسبة إلى الأرض بميل 45 درجة أو في المدار المستقر بالنسبة إلى الأرض. ويُرسَل كل سائل نفس الترددات الحاملة الأربعة للإشارات الملاحية. ويتم تشكيل هذه الإشارات الملاحية بقطار بتات محدد مسبقاً، يتضمن بيانات مشفرة للمعلومات التقويمية الفلكية والتوقيت، ويكون له عرض نطاق كافٍ لإنتاج الدقة الملاحية الضرورية دون اللجوء إلى الإرسال ثنائي الاتجاه أو التكامل الدوبلري.

1.1 متطلبات التردد

تقوم متطلبات التردد لنظام السواتل شبه السمتي (QZSS) على أساس تقديرٍ لمتطلبات الدقة الخاصة بالمستعمل، واستبانة تأخر الانتشار من الفضاء إلى الأرض، وكبت تعدد المسيرات، وتكلفة التجهيزات وتشكيلاتها. وتُستعمل ثلاث قنوات أولية لعمليات نظام QZSS: MHz 1 575,42 (للإشارة L1) و MHz 1 227,6 (للإشارة L2) و MHz 1 176,45 (للإشارة L5). وسوف تُضاف إشارة ذات معدل بيانات عال (L6) ممركة على التردد MHz 1 278,75.

ويُقدّم نظام QZSS خدمة ملاحية لفائدة مناطق آسيا الشرقية وأوقيانوسيا، التي تشمل اليابان.

2 عرض عام للنظام

إن نظام QZSS نظام فضائي مستمر يعمل في كل الأحوال الجوية لأغراض الملاحة الراديوية وتحديد المواقع ونقل إشارات التوقيت، مما يُوفر إشارات قابلة للتشغيل البيئي مع النظام العالمي لتحديد المواقع (الإشارات L1 و L2 و L5) وكذا إشارة تعزيز تحمل رسالة بمعدل أعلى للبيانات (L6).

ويعمل هذا النظام على أساس مبدأ التثليث الراديوي المنفعل. وتقوم تجهيزات الاستقبال لمُستعمل نظام QZSS أولاً بقياس أشباه الأمدية ومعدلات أشباه الأمدية لأربعة سواتل على الأقل، وحساب مواقعها، وسرعاتها وتخالفات الوقت لميقاتياتها مع الإطار المرجعي للتوقيت عن طريق استعمال البيانات المستقبلية من معلمات تقويمية فلكية ومعلمات تصحيح الميقاتية. ثم يقوم هذا النظام بتحديد الموقع والسرعة ثلاثي الأبعاد للمستعمل في نظام الإحداثيات الأرضي المركز الثابت بالنسبة إلى الأرض (ECEF) والنظام المرجعي الدولي للأرض (ITRF)، وتحديد تخالف ميقاتية المستعمل عن الإطار المرجعي للتوقيت.

3 أجزاء النظام

يتكوّن النظام من ثلاثة أجزاء رئيسية: الجزء الفضائي وجزء التحكم والجزء الخاص بالمستعمل. ولكل جزء وظيفة رئيسية كالتالي.

1.3 الجزء الفضائي

يشتمل الجزء الفضائي على سواتل نظام QZSS، التي تؤدي وظيفة نقاط مرجعية "سماوية"، تبث من الفضاء إشارات ملاحية مشفرة للوقت بدقة. وتتكوّن الكوكبة التشغيلية المؤلفة من سبعة سواتل من سواتل موجودة على كل من المدارين غير المستقر بالنسبة إلى الأرض والمستقر بالنسبة إلى الأرض. في مدارات مدتها 24 ساعة بارتفاع أوج يبلغ km 39 970 وارتفاع حضيض يبلغ km 31 602. ويُوضع كل ساتل من السواتل الموجودة في المدار غير المستقر بالنسبة إلى الأرض في مستوى مداري منفصل خاص به حيث يكون مائلاً بزواوية 45 درجة نسبةً إلى خط الاستواء. وتكون المستويات المدارية متباعدة مبادعة متساوية وتكون السواتل مطاورة على نحو يعني أن هنالك دائماً ساتلاً مرئياً على زاوية ارتفاع عالية من اليابان. ومواقع المدار المستقر بالنسبة إلى الأرض قيد البحث.

كما تخضع للبحث أيضاً السواتل الاحتياطية النشطة وذلك للوفاء بمتطلبات النظام المطلوبة لتوفير قدرات الملاحة بالكوكبة QZSS بسبعة سواتل كحدّ أدنى.

وإن الساتل بمثابة مركبة مستقرة ثلاثية المحاور. والعناصر الكبرى لحمولته الملاحية الرئيسية النافعة هي معيار التردد الذري للتوقيت الدقيق، والمعالج اللازم لتخزين البيانات الملاحية، وتجميع إشارة الضوضاء شبه العشوائية اللازم لتوليد إشارة قياس المسافة، وهوائي الإرسال للنطاق GHz 1,2/1,6 وهو هوائي له مخطط كسب حلزمية مُقوّلة تُشعّ قدرة شبه منتظمة للإشارات المرسلّة على الترددات الأربعة للنطاق GHz 1,2/1,6 لفائدة المستعملين المتموقعين على سطح الأرض أو قريباً منه. ويجري الإرسال مزدوج التردد (مثل الإشارتين L1 و L2) بهدف السماح بتصحيح التأخرات الأيونوسفيرية في وقت انتشار الإشارة.

2.3 جزء التحكم

يُؤدّي جزء التحكم وظائف التتبع والحساب والتحديث والمراقبة وهي الوظائف الضرورية للتحكم في كل السواتل في هذا النظام على أساس يومي. ويتكون جزء التحكم من مركز التحكم للنظام الموجود في اليابان حيث تُنفَّذ كل عمليات المعالجة للبيانات، مع انتشار واسع لبعض محطات المراقبة في المنطقة وهي محطات مرئية من الجزء الفضائي.

وتقوم محطات المراقبة بالتتبع المنفعل لكل السواتل المرئية وتقيس بيانات قياس المسافة والبيانات الدوبلرية. وتُعالج هذه البيانات في محطة التحكم المركزي من أجل حساب البيانات التقويمية الفلكية، وتخالفات الميقاتية، وزحزحات الميقاتية، وتأخر الانتشار، ثم تُستعمل هذه البيانات بعد ذلك لتوليد رسائل التحميل الصاعد. وتُرسل هذه المعلومات المحدّثة إلى السواتل من أجل تخزينها في الذاكرة وإرسالها لاحقاً بواسطة السواتل كجزء من الرسائل الملاحية المرسلة إلى المستعملين.

3.3 الجزء الخاص بالمستعمل

يتكون الجزء الخاص بالمستعمل من كل مجموعات تجهيزات مستقبل المستعمل ومعها تجهيزاتها الداعمة. وتتألف مجموعة التجهيزات النمطية لمستقبل المستعمل من هوائي، وحاسوب مستقبل/معالج لنظام QZSS (وهو أيضاً متوائم مع إشارات نظام GPS)، وأجهزة دخل/خرج.

ويقوم الجزء الخاص بالمستعمل بحيازة وتتبع الإشارة الملاحية انطلاقاً من أكثر من أربعة سواتل مرئية، تتضمن ساتلاً واحداً (أو أكثر) من سواتل QZSS، وساتلاً واحداً (أو أكثر) من نظام GPS، من السواتل المرئية، ثم تقيس أوقات انتقالها على التردد الراديوي، وأطوار إشارات التردد الراديوي، والزحزحات الدوبلرية للتردد، وتحوّلها إلى أشباه أمدية، وأطوار للترددات الحاملة، ومعدلات أشباه أمدية و/أو أشباه أمدية مثلثية (دلتاوية)، ثم تنفذ الحل لتحديد الموقع ثلاثي الأبعاد والسرعة ثلاثية الأبعاد، وتخالف وقت المستقبل عن الإطار المرجعي للتوقيت.

وتتراوح تجهيزات المستعمل من المستقبلات البسيطة والخفيفة والمتنقلة نسبياً إلى المستقبلات المتطورة التي تكون مدبّجة مع المحاسيس أو الأنظمة الملاحية الأخرى اللازمة للأداء الدقيق في البيئات عالية الدينامية.

4 بنية إشارة نظام QZSS

تتكون الإشارات الملاحية لنظام QZSS والمرسلة من السواتل من أربعة ترددات حاملة مشكّلة، وهي: الإشارة L1 الممرزة على التردد MHz 1 575,42 (f_0 154)، والإشارة L2 الممرزة على التردد MHz 1 227,6 (f_0 120)، والإشارة L5 الممرزة على التردد MHz 1 176,45 (f_0 115)، والإشارة L6 الممرزة على التردد MHz 1 278,75 (f_0 125) حيث تصح المعادلة $f_0 = 10,23 \text{ MHz}$. وتمثّل الدالة f_0 خرج الجهاز المرجعي للتردد على المتن الذي تُربط به على نحو متماسك كل الإشارات المؤلّدة.

وتتكون الإشارة L1 من أربع إشارات مُشكّلة بالإبراق بزحزحة الطور ثنائي الحالة (BPSK) يتم إرسالها متعددة الإرسال بالتربيع. وتُشكّل إشارتان من هذه الإشارات (L1S و L1-C/A) بواسطة شفرتي تمديد مختلفتين للضوضاء شبه العشوائية وهما تتابعان للإضافة باستخدام المقياس Modulo-2 إلى مخرجات سجلات الزحزحة للتغذية الراجعة الخطية بمعدل 10 بتات (10-bit-LFSR) ولهما معدل ميقاتية يبلغ MHz 1,023 ويبلغ دوره ms 1. وتُضاف كل إشارة منهما باستخدام مقياس Modulo-2 إلى قطار اثني للبيانات الملاحية بمعدل 50 bit/s/50 Symbol/s أو 250 bit/s/500 Symbol/s وذلك قبل التشكيل بطريقة الإبراق بزحزحة الطور ثنائي الحالة. أما الإشارتان الأخريان (مكوّن البيانات للإشارة L1C والمكوّن الخالي من البيانات من هذه الإشارة) فتُشكّلان بواسطة شفرات تمديد مختلفة تتسم بمعدل ميقاتية MHz 1,023 وإشارتين مربعيتين متماثلتين لهما معدل ميقاتية MHz 0,5115. ويُضاف قطار البيانات باستخدام مقياس Modulo-2 إلى إحدى هاتين الإشارتين.

أما الإشارة L2 فهي مُشكّلة بطريقة الإبراق بزحزحة الطور ثنائي الحالة مع شفرة تمديد L2C. وللشفرة L2C معدل ميقاتية MHz 1,023 مع شفرتين بديلتين للتمديد لهما معدل ميقاتية MHz 0,5115: وهما الشفرة L2CM بدور ms 20

والشفرة L2CL بدور 1,5 ms. ويُضَاف قطار البيانات بمعدل 25 bit/s/50 Symbol/s باستخدام مقياس Modulo-2 إلى الشفرة قبل تشكيل الطور.

وتتكوّن الإشارة L5 من إشارتين مُشكّلتين بطريقة الإبراق بزحزحة الطور ثنائي الحالة (أي الإشارة I والإشارة Q) المرسلتان بتعدد الإرسال التريبيعي وإشارة بالإبراق QPSK (الإشارة L5S). وتُشكّل الإشارتان في كل من I و Q بواسطة شفرتي تمديد مختلفتين للإشارة L5. ولكل من شفرتي التمديد للإشارة L5 معدل ميقاتيّة 10,23 MHz ودور 1 ms. ويُرسَل قطار اثنيني للبيانات الملاحية بمعدل 50 bit/s/100 Symbol/s على القناة I ولا تُرسَل أية بيانات على القناة Q (أي أنها إشارة "دليّة"، خالية من البيانات). والإشارة QPSK لها هي الأخرى معدل ميقاتيّة يبلغ 10,23 MHz ومدة تساوي 1 ms وتتضمن رسائل تعزيز.

وتُشكّل الإشارة L6 كذلك بواسطة الإبراق بزحزحة الطور ثنائي الحالة. وتُستعمل مجموعة صغيرة من تناوبات شفرة كازامي (Kasami) الاثنينية لشفرة التمديد التي تتسم بمعدل ميقاتيّة 5,115 MHz.

5 قدرة الإشارة وأطياها

تستعمل سواتل QZSS هوائي بحزمة مُقوّلة تُشع قدرة شبه منتظمة لفائدة مستعملي هذا النظام. وتكون الإشارات المرسلّة مستقطبة دائرياً مُيمنة مع إهليلجية أفضل من 1,2 dB للإشارة L1 وأفضل من 2,2 dB للإشارات L2 و L5 و L6. وتُحدّد قدرات الإشارات المستقبلّة للمستعمل (URP) بالنسبة لزوايا الوصول للسواتل الأكبر من 10 درجات بموجب افتراض استعمال هوائي استقبال باستقطاب دائري مُيامن 0 dBi.

ويرد وصف أدنى القدرات المضمونة للإشارات المستقبلّة للمستعمل (URP) بالنسبة للإشارات L1 و L2 و L5 و L6 في الجداول 10 و 11 و 12.

6 التردد التشغيلي

للنظام QZSS إشارة L1 تعمل في جزء من النطاق 1 610-1 559 MHz، وإشارة L2 وإشارة L6 تعملان في جزء من النطاق 1 300-1 215 MHz وإشارة L5 تعمل في جزء من النطاق 1 215-1 164 MHz، وهو جزء مُعيّن لخدمة الملاحة الراديوية الساتلية.

7 وظائف القياس عن بُعد

لا توجد حاجة تستدعي نظام QZSS لتشغيل إشاراتٍ للقياس عن بُعد في النطاقات 1 215-1 164 MHz و 1 300-1 215 MHz و 1 610-1 559 MHz.

8 معلمات الإرسال لنظام QZSS

لما كان نظام QZSS يُرسَل الإشارات الملاحية لخدمة الملاحة الراديوية الساتلية من الفضاء إلى الأرض في أربعة نطاقات، ترد معلمات الإرسال لنظام QZSS في أربعة جداول أدناه تمثل النطاقات الأربعة لخدمة الملاحة الراديوية الساتلية التي يُرسَل فيها نظام QZSS الإشارات الملاحية.

1.8 معلمات الإرسال للإشارة L1 في النظام QZSS

سوف يُشعّل نظام QZSS عدة إشارات في النطاق 1 610-1 559 MHz لخدمة الملاحة الراديوية الساتلية. وتشمل هذه الإشارات مكوّنة الحيازة التقريبية L1 C/A والإشارة L1C والإشارة L1S. وسواتل النظام QZSS الموجودة في المدار غير المستقر بالنسبة إلى الأرض تستعمل مكوّنة L1-C/A وإشارة L1C وإشارة L1S لكل ساتل. فيما تستعمل سواتل النظام الموجودة في المدار المستقر بالنسبة إلى الأرض مكوّنة L1-C/A وإشارة L1C وإشارتين L1S (L1Sb و L1Sa) لكل ساتل.

الجدول 10

إرسالات نظام QZSS في النطاق 1 610-1 559 MHz

المعلمة	قيمة المعلمة (انظر الملاحظة 1)
التردد الحامل (MHz)	1 575,42
معدل تنبيض الشفرة للضوضاء شبه العشوائية (Mchip/s)	1,023
معدلات بتات البيانات الملاحية (bit/s)	(L1C) 25، (L1S) 250، (C/A) 50
معدلات رموز البيانات الملاحية (symbol/s)	(L1C) 50، (L1S) 500، (C/A) 50
طريقة تشكيل الإشارة	(C/A and L1S) BPSK-R(1) (L1C) BOC(1,1) (مكوّن البيانات للإشارة) MBOC (الإشارة التجريبية L1C) (مكوّن الإشارة الذي لا يحتوي على بيانات) للساتل الثاني للنظام QZSS والساتل التابعة. ويستعمل الساتل الأول التشكيل BOC(1,1) للمكوّن الخاص بإشارته الذي لا يحتوي على بيانات). (انظر الملاحظة 2)
الاستقطاب والإهليلجية (dB)	استقطاب دائري مُيَّامِن، القيمة القصوى 1,2
أدنى سوية للقدرة المستقبلية عند خرج الهوائي المرجعي (dBW)	-158,25 (L1C) المكونة الخالية من البيانات، -161 (L1S) (انظر الملاحظة 3)
عرض النطاق 3 dB لمرشاح الإرسال للتردد الراديوي (MHz)	32

ملاحظات بشأن الجدول 10:

الملاحظة 1: ينطبق اسم الإشارة L1S على الساتل الثاني للنظام QZSS والساتل التالية. بينما يستخدم الساتل الأول للنظام QZSS نفس خصائص الإشارة RF الخاصة بالإشارة L1S بيد أن اسم الإشارة يكون L1-SAIF بدلاً من ذلك.

الملاحظة 2: بالنسبة لمعلومات خدمة الملاحية الراديوية الساتلية في نظام QZSS، تشير الدالة BPSK-R(n) إلى تشكيل الإبراق بزحزحة الطور ثنائي الحالة باستعمال نبضات مربعة بمعدل تنبيض يبلغ $n \times 1,023$ (Mchip/s). وتُشير الدالة BOC(m,n) إلى تشكيل اثنيني للتردد الحامل المتخالف بتخالف التردد الحامل $m \times 1,023$ (MHz) ومعدل تنبيض $n \times 1,023$ (Mchip/s).

الملاحظة 3: تفترض أدنى قدرة مستقبلية لنظام QZSS أن أدنى كسب هوائي الاستقبال يتم عند زوايا تبلغ 10 درجات و أكثر فوق مستوى أفق الأرض من منظور سطح الأرض.

2.8 معلمات الإرسال للإشارة L2 في النظام QZSS

سوف يُشغّل النظام QZSS إشارتين في النطاق 1 300-1 215 MHz. وتتضمن هاتان الإشارتان L2C و L6.

الجدول 11

إرسالات الإشارة L2C لنظام QZSS في النطاق 1 300-1 215 MHz

المعلومات	وصف معلمات خدمة الملاحة الراديوية الساتلية (RNSS)
التردد الحامل (MHz)	1 227,6
معدل نبضة الشفرة للضوضاء شبه العشوائية (Mchip/s)	(L2C) 1,023
معدلات بتات البيانات الملاحة (bit/s)	(L2C) 25
معدل رموز البيانات الملاحة (symbol/s)	(L2C) 50
طريقة تشكيل الإشارة	(L2C) BPSK-R(1) (انظر الملاحظة 1)
الاستقطاب والإهليلجية (dB)	استقطاب دائري مُيَّامِن؛ القيمة القصوى 2,2
أدنى سوية للقدرة المستقبلية عند خرج الهوائي المرجعي (dBW)	-160 القدرة الكلية (انظر الملاحظة 2)
عرض النطاق 3 dB لمرشاح الإرسال للتردد الراديوي (MHz)	32

الملاحظة 1 - بالنسبة لمعلومات خدمة الملاحة الراديوية الساتلية في نظام QZSS، تشير الدالة BPSK-R(n) إلى تشكيل الإبراق بزحزحة الطور ثنائي الحالة باستعمال نبضات مربعة بمعدل تبييض يبلغ $n \times 1,023$ (Mchip/s).
الملاحظة 2 - تفترض أدنى قدرة مستقبلية لنظام QZSS أن أدنى كسب هوائي الاستقبال يتم عند زوايا تبلغ 10 درجات أو أكثر فوق مستوى أفق الأرض من منظور سطح الأرض.

الجدول 12

إرسالات الإشارة L6 لنظام QZSS في النطاق 1 300-1 215 MHz (انظر الملاحظة 1)

المعلومة	وصف معلمة خدمة الملاحة الراديوية الساتلية (RNSS)
التردد الحامل (MHz)	1 278,75
معدل نبضة الشفرة للضوضاء شبه العشوائية (Mchip/s)	(L6) 5,115
معدلات رموز/بتات البيانات الملاحة (bit/s/Symbol/s)	(L6) 2 000
معدلات رموز البيانات الملاحة (symbol/s)	(L6) 250
طريقة تشكيل الإشارة	(L6) BPSK-R(5) (انظر الملاحظة 2)
الاستقطاب والإهليلجية (dB)	استقطاب دائري مُيَّامِن؛ القيمة القصوى 2,2
أدنى سوية للقدرة المستقبلية عند خرج الهوائي المرجعي (dBW)	-155,7 القدرة الكلية (انظر الملاحظة 3)
عرض النطاق 3 dB لمرشاح الإرسال للتردد الراديوي (MHz)	56 (انظر الملاحظة 4)

الملاحظة 1: ينطبق اسم الإشارة L6 على الساتل الثاني لنظام QZSS والسواتل التالية. بينما يستخدم الساتل الأول للنظام QZSS نفس خصائص الإشارة RF الخاصة بالإشارة L6 بيد أن اسم الإشارة يكون LEX بدلاً من ذلك.
الملاحظة 2: بالنسبة لمعلومات خدمة الملاحة الراديوية الساتلية في نظام QZSS، تشير الدالة BPSK-R(n) إلى تشكيل الإبراق بزحزحة الطور ثنائي الحالة باستعمال نبضات مربعة بمعدل تبييض يبلغ $n \times 1,023$ (Mchip/s).
الملاحظة 3: تفترض أدنى قدرة مستقبلية لنظام QZSS أن أدنى كسب هوائي الاستقبال يتم عند زوايا تبلغ 10 درجات أو أكثر فوق مستوى أفق الأرض من منظور سطح الأرض.
الملاحظة 4: لا تمثل القيمة 56 MHz عرض النطاق عند القدرة 3 dB لإشارة الإرسال.

3.8 معلمات الإرسال للإشارة L5 في النظام QZSS

سوف يُشغّل النظام QZSS ثلاث إشارات ملاحية (L5I و L5Q و L5S) في النطاق 1 164-1 215 MHz لخدمة الملاحة الراديوية الساتلية. وتعمل هاتان الإشارتان وهما L5I و L5Q بالترتيب وتُرسلان بقدرة متساوية. وتُعد الإشارة L5Q خالية من البيانات (وتُسمى أيضاً قناة "دليلة"). أما الإشارة L5I، من ناحية أخرى، فهي إشارة تحمل بيانات ملاحية تُقدّم معلومات التوقيت والملاحة وتحديد المواقع وللإشارة L5S أيضاً بيانات ملاحية توفر معلومات التوقيت والملاحة وتحديد الموقع.

الجدول 13

إرسالات نظام QZSS في النطاق 1 164-1 215 MHz

المعلومات	وصف معلمات خدمة الملاحة الراديوية الساتلية (RNSS)
التردد الحامل (MHz)	1 176,45
معدل نبضة الشفرة للضوضاء شبه العشوائية (Mchip/s)	10,23
معدلات بتات البيانات الملاحية (bit/s)	(L5S) 250، (L5I) 50
معدلات رموز البيانات الملاحية (symbol/s)	(L5S) 500، (L5I) 100
طريقة تشكيل الإشارة	(L5) BPSK-R(10) (L5S) QPSK-R(10) (انظر الملاحظة 1)
الاستقطاب والإهليلجية (dB)	استقطاب دائري مُيَّامن 2,2
أدنى سوية للقدرة المستقبلية عند خرج الهوائي المرجعي (dBW)	-157,9 لكل قناة (L5I أو L5Q) -157 (L5S) (انظر الملاحظة 2)
عرض النطاق 3 dB لمرشاح الإرسال للتردد الراديوي (MHz)	38,0

الملاحظة 1: بالنسبة لمعلومات خدمة الملاحة الراديوية الساتلية في نظام QZSS، تشير الدالة BPSK-R(n) إلى تشكيل الإبراق بزحزحة الطور ثنائي الحالة باستعمال نبضات مربعة بمعدل تنبيض يبلغ $n \times 1,023$ (Mchip/s). ويشير الرمز QPSK-R(n) إلى تشكيل الإبراق التريبيعي بزحزحة الطور باستخدام نبضات مستطيلة قائمة بمعدل نبضات $n \times 1,023$ (Mchip/s).

الملاحظة 2: تفترض أدنى قدرة مستقبلية لنظام QZSS أن أدنى كسب لهوائي الاستقبال يتم عند زوايا تبلغ 10 درجات أو أكثر فوق مستوى أفق الأرض من منظور سطح الأرض.

الملحق 5

الوصف التقني والخصائص التقنية لنظام التعزيز المحمول على متن السواتل (MSAS) لساتل النقل متعدد الوظائف (MTSAT)

1 مقدمة

لقد عرّفت منظمة الطيران المدني الدولي (ICAO) النظام العالمي للملاحة الساتلية (GNSS) بصفته "نظاماً لتحديد المواقع والوقت على الصعيد العالمي يشمل كوكبة أو أكثر من الكواكب الساتلية، وأجهزة الاستقبال على متن الطائرات، ومراقبة تكاملية النظام، مع تعزيزها حسب الاقتضاء بغية دعم الأداء الملاحي المطلوب للعمليات المقصودة"، كما وضعت المعايير الدولية والممارسات الموصى بها (SARP) لأغراض الخدمة الملاحية الجوية المتواصلة على الصعيد العالمي.

وسوف تُقدّم الخدمة الملاحة للنظام العالمي للملاحة الساتلية باستعمال مجموعات مختلفة لعناصر هذا النظام المركّبة على الأرض، و/أو في الفضاء، و/أو على متن الطائرات:

- أ) النظام العالمي لتحديد المواقع (GPS).
- ب) النظام العالمي للملاحة الساتلية (GLONASS).
- ج) نظام التعزيز المحمول على متن الطائرات (ABAS).
- د) نظام التعزيز المحمول على متن السواتل (SBAS).
- هـ) نظام التعزيز القائم على الأرض (GBAS).
- و) جهاز الاستقبال للنظام العالمي للملاحة الساتلية (GNSS) المحمول على متن الطائرات.

وإن نظام التعزيز المحمول على متن السواتل (MSAS) لساتل النقل متعدد الوظائف (MTSAT) هو نظام للتعزيز محمول على متن السواتل SBAS يُعرّف بصفته "نظاماً للتعزيز ذا تغطية واسعة النطاق يستقبل فيه المستعمل معلومات التعزيز من مُرسِل محمول على متن الساتل". ويؤدي نظام التعزيز المحمول على متن السواتل وظيفة خدمة الملاحة الراديوية الساتلية في ساتل النقل متعدد الوظائف.

ويستخدم نظام التعزيز المحمول على متن السواتل ساتلين للنقل متعدد الوظائف من أجل تعزيز اعتمادية النظام ومقاومته للتدخل. ويُرسِل كل ساتل للنقل متعدد الوظائف تردداً حاملاً مخصّصاً لإشارات التعزيز لنظام GPS (إشارات RNSS). وتشمل هذه الإشارات المعلومات التالية؛ قياس المسافة والحالة الساتلية لنظام GPS والتصحيح التفاضلي الأساسي (التصحّحات التقويمية الفلكية والميقاتية الساتلية لنظام GPS) والتصحيح التفاضلي الدقيق (التصحّحات الأيونوسفيرية).

1.1 متطلبات التردد

تستند متطلبات التردد لنظام التعزيز المحمول على متن السواتل إلى القناة L1 لنظام GPS المركزة على النطاق 1 575,42 MHz. وتؤكد متطلبات "السلامة" الملاحة الطيرانية الأهمية الحاسمة لعدم تسبب الخدمات الراديوية الأخرى في التداخل الضار لمستعملي الملاحة الجوية.

وتتطلب وظيفة خدمة الملاحة الراديوية الساتلية لساتل MTSAT أن يُرسَل تردد وصلة التغذية في الوصلة الصاعدة من المحطات الأرضية (GES) إلى السواتل، وألا يكون مثل هذا الاستعمال محمياً بدرجة كافية من الإشارات الأخرى للخدمة الثابتة الساتلية.

2 عرض عام للنظام

ينفذ ساتل MTSAT الجزء الفضائي لنظام التعزيز المحمول على متن السواتل ويذيع معلومات التعزيز لنظام GPS إلى المستعملين المزودين بالتجهيزات الملائمة، لا سيما بالنسبة لعمليات "السلامة" للطيران المدني.

وتقيس تجهيزات المستعمل لنظام MSAS الموقع ثلاثي الأبعاد لمستعمل نظام GPS في نظام الإحداثيات الأرضي المركز الثابت بالنسبة إلى الأرض (ECEF) للإحداثيات الجيوديسية 1984 (WGS-84)، ثم تحصل على معلومات التكاملية لنظام GPS التي تولّدها محطة التحكم المركزي باستعمال بيانات نظام GPS التي تستقبلها محطة المراقبة الأرضية (GMS) على أساس الوقت الفعلي.

3 أجزاء النظام

يتكون نظام MSAS من ثلاثة أجزاء رئيسية: الجزء الفضائي والأجزاء الأرضية والمستقبل المحمول جواً لنظام التعزيز المحمول على متن السواتل (SBAS) (الجزء الخاص بالمستعمل). ولكل جزء وظيفة رئيسية كالتالي.

1.3 الجزء الفضائي

يُعد الجزء الفضائي لنظام MSAS هو الحمولة الملاحية النافعة لساتل MTSAT وهو الذي يُعيد إرسال إشارات RNSS التي تولدها المحطة الأرضية (GES). وتعمل الكوكبة المؤلفة من ساتلين للنقل متعدد الوظائف على مدارين مستقرين بالنسبة إلى الأرض من بين المدارات 135° شرقاً أو 140° شرقاً أو 145° شرقاً. وإن الساتل بمثابة مركبة مستقرة ثلاثية المحاور. والعناصر الكبرى لحمولته الملاحية النافعة هي هوائيات الاستقبال لإشارة وصلة التغذية المرفوعة على الوصلة الصاعدة من المحطات الأرضية، والمحاول الخافض للتردد من النطاق 14 GHz إلى النطاق 1,5 GHz، والمكبر عالي القدرة لإشارة وصلة الخدمة، وهوائي إرسال بمخطط كسب لحزمة مُقَوَّبَة تُشع قدرة شبه منتظمة لفائدة المستعملين.

2.3 الأجزاء الأرضية

تتكون الأجزاء الأرضية من محطتين للتحكم المركزي، وأربع محطات للمراقبة الأرضية، ومحطتين للمراقبة وقياس المسافة (MRS) وشبكة نظام فرعي للاتصالات (NCS). وتُعد محطة التحكم المركزي هي لب نظام MSAS ويقع مقرها في المراكز الساتلية الطيرانية في مدينتي Hitachi-ohta و Kobe (في اليابان). وهكذا، فبفضل بناء محطتين، يمكن تلافي تعطيل الخدمة الناجم عن أعطال التجهيزات، والكوارث الطبيعية، وتأثيرات الأحوال الجوية. وإن محطة المراقبة الأرضية هي مرفق لاستقبال بيانات MSAS المُرسلة من الساتل MTSAT ونقلها إلى محطات التحكم المركزي. وتستقبل هذه المحطة الإشارتين L1 و L2 لنظام GPS (1 227,6 MHz) فتُستعملان لمراقبة إشارات GPS وكذا لتقدير التأخر الأيونوسفيري. ولهذه المحطة أربعة مواقع، ألا وهي سابورو، وطوكيو، وفوكوكا، وناها (في اليابان). أما محطة المراقبة وقياس المسافة فتؤدي وظيفة جمع البيانات الأساسية اللازمة لقياس موقع الساتل MTSAT من أجل استحداث بيانات قياس المسافة (تحديد الموقع المكافئ لموقع نظام GPS) فضلاً عن وظائف محطة المراقبة الأرضية. وقد أنشئت محطة المراقبة وقياس المسافة في موقعين على الحافة الشرقية والجنوبية لأثر الساتل MTSAT، أي في هوي و كانبيرا، بأستراليا، قصد الحصول على القياس المداري عالي الدقة للمسافة عن طريق تأمين خطوط قاعدة طويلة.

3.3 الجزء الخاص بالمستعمل

يُجَدِّد الجزء الخاص بالمستعمل (المستقبل المجرى لنظام التعزيز المحمول على متن السواتل) موقع الطائرة باستعمال كواكب نظام GPS وإشارة SBAS. ويقوم المستقبل المجرى بحيازة بيانات قياس المسافة والتصحيح، ويطبق هذه البيانات من أجل تحديد التكاملية وتحسين الدقة لهذا الموقع المستنتج.

4 بنية الإشارة لنظام MSAS

تُعد إشارات خدمة الملاحية الراديوية الساتلية متلائمة مع إشارة L1 لنظام GPS ومع تردداته الحاملة المشكَّلة بواسطة تردد مركزي على النطاق 1 575,42 MHz وعرض النطاق 2,2 MHz. ويكون التتابع المرسل هو إضافة الرسالة الملاحية باستخدام المقياس Modulo-2 بمعدل 500 Symbols/s وشفرة الضوضاء شبه العشوائية بمعدل بتات 1 023. وسوف يُشكَّل هذا التتابع بواسطة إبراق بزحزحة الطور ثنائي الحالة على التردد الحامل بمعدل 1,023 Mchip/s.

5 قدرة الإشارة وأطيافها

يستعمل الساتل MTSAT هوائي بحزمة مُقَوَّبَة تُشع قدرة شبه منتظمة لفائدة مستعملي نظام MSAS. وتكون الإشارات المرسلة مستقطبة دائرية مُيَّامنة. ويُقدِّم الجدول 14 خصائص إشارة النظام MSAS المرسلة على سواتل MTSAT.

الجدول 14

خصائص إشارات نظام MSAS

كسب الهوائي (dBi)	أقصى كثافة قدرة (dB(W/kHz))	أقصى قدرة ذروة (dBW)	عرض النطاق المخصص (MHz)	نمط البث	التردد الحامل (MHz)
20,0	17,3-	13,0	2,2	2M20G1D	1 575,42
	14,3-	16,0	2,2	2M20G7D	

6 تردد التشغيل

يتم تشغيل الجزء الفضائي لنظام MSAS في التردد L1 لنظام GPS على تردد الموجة الحاملة المركزية للنطاق MHz 1 575,42 مع عرض نطاق 2,2 MHz، في جزء من النطاق MHz 1 610-1 559 المُعَيَّن لخدمة الملاحة الراديوية الساتلية.

7 وظائف القياس عن بُعد

لا توجد حاجة تستدعي نظام MSAS لتشغيل إشارات القياس عن بُعد في النطاقات MHz 1 215-1 164 و MHz 1 300-1 215 و MHz 1 610-1 559 و MHz 5 030-5 010.

الملحق 6

الوصف التقني والخصائص التقنية للشبكات الساتلية LM-RPS

1 مقدمة

تتألف الشبكات الساتلية LM-RPS من سواتل متعددة القنوات بحمولة نافعة لخدمة الملاحة الراديوية الساتلية تعمل في مدار مستقر بالنسبة إلى الأرض، ومحطتين أرضيتين لوصلات صاعدة (GUS) تدعمان كل حمولة ملاحة نافعة. وتتضمن التشكيلة المنفذة حالياً ساتلاً موقعه عند 133° لخط الطول غرباً وساتلاً ثانياً موقعه عند 107,3° لخط الطول غرباً.

وتُقدِّم الشبكات الساتلية LM-RPS العاملة عند 107,3° لخط الطول غرباً وعند 133° لخط الطول غرباً خدمة وحيدة لإذاعة RNSS لصالح الإدارة الاتحادية للطيران (FAA) للولايات المتحدة الأمريكية عن طريق تقديم إذاعة تغطي نظام الفضاء الجوي الوطني (NAS) الأمريكي. وتشكّل الشبكات الساتلية LM-RPS جزءاً من نظام التعزيز الواسع النطاق (WAAS) التابع للإدارة الاتحادية للطيران. ويمكن إضافة شبكات ساتلية LM-RPS إضافية في المستقبل بغية تقديم خدمة مماثلة لنظام تعزيز محمول على متن السواتل لفائدة إدارات الطيران والفضاء الجوي الوطني لمناطق أخرى حول العالم. وتُقدِّم الشبكات الساتلية LM-RPS بيانات التعزيز، التي تعزز بيانات نظام GPS بتقديم معلومات التكاملية على الإرسالات الإذاعية لنظام GPS، كما تُقدِّم تحسين الدقة وتعزيزها لإشارات قياس المسافة في نظام GPS، لصالح مستعملي الطيران. ويعول مستعملو الطيران على نظام التعزيز المحمول على متن السواتل لزيادة دقة وتكاملية الملاحة وسلامة التشغيل.

2 عرض عام للنظام

يتم تشغيل الشبكات الساتلية LM-RPS كخدمة تجارية تُقدّم خدمة إذاعية ضرورية لخدمة الملاحة الراديوية الساتلية لفائدة إدارات الطيران.

وتُقدّم المحطات الفضائية للشبكات الساتلية LM-RPS بإذاعتها لرسالة نظام التعزيز الواسع النطاق التغطية اللازمة للفضاء الجوي الوطني مع استعمال أدنى عدد من المرسلات كما تقضي على عدد جم من المشاكل التقنية المصاحبة لأنظمة التعزيز الأرضية. وتُعد الشبكة الساتلية خدمة هجينة للإذاعة تستعمل الوصلات الصاعدة للخدمة الثابتة الساتلية وكذلك الوصلات الهابطة لخدمة الملاحة الراديوية الساتلية، مما يجعلها معقدة أكثر بقليل من الإرسالات الإذاعية للخدمة الثابتة الساتلية (FSS) العادية. وتستقبل المحطات الأرضية للشبكة الساتلية LM-RPS بيانات الرسالة غير المنسوقة لنظام التعزيز الواسع النطاق من المحطات المركزية لنظام التعزيز هذا على شبكة الاتصالات الأرضية ثم تتحقق من هذه البيانات قبل إرسالها إلى الساتل. وتُطبّق المحطات الأرضية التصحيح الأمامي للأخطاء على رسالة نظام التعزيز الواسع النطاق وتضبط توقيتها ليتزامن مع طور الإطار الفرعي للإذاعة GPS ثم ترفع الرسالة على الوصلة الصاعدة إلى الحمولة الملاحية النافعة، التي تستقبل الرسالة ثم تعيد إذاعتها إلى سطح الأرض ومستعملي الطيران في أنظمة الفضاء الجوي الوطني المستفيدة من التغطية.

3 تشكيلة النظام

تتكون الشبكة الساتلية LM-RPS من جزأين؛ السواتل أو الجزء الفضائي والمحطات الأرضية أو الجزء الأرضي.

1.3 الجزء الفضائي

تُشكّل السواتل الفردية، وهي في مرحلة أولية الساتلين LM-RPS في الموقع 133° غرباً و LM-RPS في الموقع 107,3 غرباً، فضلاً عن احتمال زيادة سواتل إضافية LM-RPS في خدمة مناطق أخرى من العالم، الجزء الفضائي من الشبكات الساتلية LM-RPS. ويعمل كل ساتل على نحو مستقل، كجزء من النظام الأكبر للتعزيز الواسع النطاق، من أجل تقديم إشارة في الفضاء (SiS) تكون موثوقة وتعمل على مدار الساعة تقريباً (اعتمادية بنسبة 99,9995%).

وتستقبل السواتل رسالة نظام التعزيز الواسع النطاق من محطة من محطتين أرضيتين للوصلات الصاعدة، ثم تعيد إرسالها إلى الأرض، مما يتيح إشارة مزدوجة في الفضاء في منطقة التغطية. وتدعو الخطط المستقبلية إلى إضافة إشارة ثالثة في الفضاء قصد تقديم اعتمادية عالية جداً (تزيد نسبتها عن 99,9995%).

وتُعد الحمولة الملاحية النافعة عروة بسيطة مرتدة أو مرسل-مستجيب من نمط "الموجّه المائل للموجات". وتستقبل كل حمولة نافعة الرسالة المرفوعة بالوصلة الصاعدة في نظام التعزيز الواسع النطاق على زوج من القنوات ذات الترددات الثابتة في نطاق الوصلة الصاعدة للخدمة الثابتة الساتلية 6 GHz، وتُسمّى إحدى القنوات C1 للشبكة الساتلية LM-RPS والثانية C5 للشبكة الساتلية LM-RPS، وهما قناتان مُرشّحتان ومُترجمتان إلى الترددات L1 للشبكة LM-RPS (في النطاق 1 559-1 610 MHz) و L5 للشبكة LM-RPS (في النطاق 1 164-1 215 MHz) وهذان هما نفس الترددات اللذين حددهما الملحق 2 بصفتها التردد L1 لنظام GPS والتردد L5 لنظام GPS، على التوالي. وتُرسل المكبرات والهوائيات المكرسة للإرسال إشارات لخدمة الملاحة الراديوية الساتلية إلى الأرض، مما يُقدّم التغطية العالمية للحمولة بتغطية كل سطح الأرض إلى ارتفاع قدره 100 000 قدم، مما يشمل تغطية الفضاء الجوي المطلوبة. وتُحدّد منطقة التغطية بواسطة مخروط بزوايا ارتفاع 8,75 درجة.

2.3 الجزء الأرضي

يعمل كل زوج من المحطتين الأرضيتين للوصلات الصاعدة في شبكة LM-RPS كمجموعة تجهيزات بديلة تُقدّم وصلة صاعدة ذات اعتمادية عالية إلى ساتل من سواتل الشبكة LM-RPS.

وتُربط المحطتان الأرضيتان للوصلات الصاعدة ربطاً شبكياً بواسطة شبكة برية تصلهما بنظام التعزيز الواسع النطاق. وتتواصل المحطتان الأرضيتان للوصلات الصاعدة بين بعضهما البعض وكذا بمحطة التحكم المركزي لنظام التعزيز الواسع النطاق بغية تحديد أية محطة أرضية للوصلات الصاعدة كمحطة أرضية رئيسية للوصلات الصاعدة تضطلع بإذاعة رسالة نظام التعزيز الواسع النطاق إلى الحمولة الملاحية النافعة وتحديد أية محطة منهما كمحطة أرضية احتياطية للوصلات الصاعدة. وتُدفع المحطة الأرضية الاحتياطية للوصلات الصاعدة رسالتها الخاصة لنظام التعزيز الواسع النطاق إلى حمولة للتردد الراديوي وهي محطة احتياطية ساخنة في حالة تعطل المحطة الرئيسية.

وتتكون المحطة الأرضية للوصلة الصاعدة من مجموعتين أساسيتين للتجهيزات، وتجهيزات الشبكة والمعالجة، وتجهيزات إرسال التردد الراديوي (RF). وتستقبل تجهيزات الشبكة والمعالجة بيانات رسالة نظام التعزيز الواسع النطاق وتتحقق منها بواسطة الشبكة البرية، ثم تنسّقها في الصيغة المناسبة لبنية إشارة مُعدّة للإذاعة، مما يُنتج إشارة لتردد متوسط عند 70 MHz. وتُترجم إشارة التردد المتوسط إلى الترددات C1 و C5 لنظام LM-RPS، ثم تُكَبَّر، ثم تُرسل إلى الحمولة الملاحية النافعة بواسطة هوائي مُكافئ للنطاق C- (أي تجهيزات التردد الراديوي).

للمحطة الأرضية للوصلات الصاعدة هوائي مُعدّ لاستقبال إرسال الحمولة الملاحية النافعة (أي الوصلة الهابطة) على كل من الإشارتين L1 و L5 لنظامي LM-RPS و GPS من أجل حساب وتصحيح التأخرات الأيونوسفيرية في وقت انتشار الإشارة. وتُمكن هذه العروة المرتدة للإشارة إلى المحطة الأرضية للوصلات الصاعدة من الحمولة الملاحية النافعة من استعمال الإشارة في الفضاء لقياس المسافة من أجل زيادة تيسر إشارة ملاحية في مواقع وأوقات تكون فيها تغطية نظام GPS المتاحة غير كافية. وتستقبل المحطة الأرضية للوصلات الصاعدة إرسال هذه المحطة (في النطاق 6 GHz)، كما تستقبل الإشارتين الساتليتين للوصلات الهابطة L1 و L5 من أجل ضمان عدم تعرض الإشارة للخطأ. وتُطلق الإشارات الخاطئة لتجهيزات المعالجة بهدف تبديل المحطة الأرضية الرئيسية للوصلات الصاعدة إلى محطة احتياطية والمحطة الأرضية الاحتياطية الرئيسية للوصلات الصاعدة إلى محطة رئيسية. فإذا ظلت الإشارة خاطئة، تُذيع تجهيزات المعالجة رسالة "بعدم استعمال الإشارة" عوضاً عن رسالة التعزيز لنظام التعزيز الواسع النطاق. ويضمن الجمع بين أربع محطات أرضية للوصلات الصاعدة وساتلين للشبكة LM-RPS، عند الموقعين 133° غرباً و 107,3° غرباً، وجود إشارة في الفضاء موثوقة في نظام الفضاء الجوي الوطني الأمريكي في كل الأوقات تقريباً، مما يُحقق الاعتمادية المطلوبة من الإدارة الاتحادية للطيران. وسوف تعمل المحطات الفضائية المستقبلية المحتملة لشبكة LM-RPS عند مواقع مدارية أخرى قصد تقديم اعتماديات مماثلة لإدارات الطيران في مناطق أخرى.

4 إشارة الشبكات الساتلية LM-RPS

تُدفع الشبكات الساتلية LM-RPS رسائل التعزيز لنظام التعزيز الواسع النطاق على كل من الترددات L1 لشبكات LM-RPS و L5 لشبكات LM-RPS. ويُحدد المجتمع الطيران بنية الإشارة اللازمة لنظام التعزيز المحمول على متن السواتل. وتُرسل رسائل نظام التعزيز المحمول على متن السواتل في نفس النسق الأساسي ونفس البنية الأساسية اللذين تتسم بهما الإشارة الملاحية في نظام GPS والمرسلة على هذين الترددات بواسطة سواتل GPS. وتستعمل هذه الرسائل نسق وبنية نظام GPS بالنظر إلى أن الهدف المنشود لهما هو استقبالهما من مستقبلات المستعمل المزودة بالتجهيزات الملائمة مثل أية رسالة لنظام GPS.

وتتضمن البنية المشتركة للإشارة شفرة الحيازة التقريبية C/A بالإضافة إلى الرسالة المُدمجة لنظام التعزيز الواسع النطاق والشفرة المدنية الشبيهة بنظام GPS. وقد صُمم هذا النظام على نحو يُمكّن من إدماج إما إشارة شفرة الحيازة التقريبية C/A أو إشارة الشفرة الدقيقة P(Y) أو كل منهما على الوصلات الصاعدة ويُمكّن من ثم من إرسالهما على الوصلتين الهابطين L1 لشبكة LM-RPS و L5 لشبكة LM-RPS.

ويرد المزيد من الوصف لنسق إشارة الإذاعة L1 لشبكة LM-RPS في نظام التعزيز الواسع النطاق ضمن مواصفات نظام التعزيز الواسع النطاق للإشارة L1 (أي مواصفات الإدارة الاتحادية للطيران، FAA-E-2892B) في حين يرد تعريف نسق إشارة

الإذاعة L5 لشبكة LM-RPS ضمن المواصفات التي أعدتها اللجنة الراديوية التقنية للطيران (RTCA) للإشارة L5 (أي المواصفات RTCA/DO-261).

وترد قائمة لسويقي إشارتي الإذاعة لشبكة LM-RPS على القناتين L1 وL5 من المحطتين الفضائيتين للساتلين LM-RPS في الموقعين 133° غرباً و107,3° غرباً ضمن الجدول 15. وتنخفض سوية إشارة الإرسال تقريباً بقدر 3 dB عن الذروة، عند نقطة الحضيض للساتل، إلى حافة التغطية عند زاوية ارتفاع بقدر 8,75°. ويمكننا أن نتوقع شبكات LM-RPS الأخرى أن تُقدّم أداءً مماثلاً.

الجدول 15

شدة الإشارة للإشارتين L1 وL5 من سواتل النظام LM-RPS

الإشارة L5 لسواتل النظام LM-RPS	الإشارة L1 لسواتل النظام LM-RPS	القدرة المشعة الفعالة المتناحية للذروة (dBW) ⁽¹⁾
33,0	36,6	الساتل LM-RPS في الموقع 133 غرباً
34,9	34,2	الساتل LM-RPS في الموقع 107,3 غرباً

(1) قدرة الذروة تكون عند نقطة الحضيض لتغطية الإرسال.

5 ترددات التشغيل للشبكات الساتلية LM-RPS

تم اختيار ترددات الوصلات الصاعدة بعناية بغية اختيار عرض النطاق المتيسر في الخدمة الثابتة الساتلية ولكن دون التسبب في التداخل على الوصلات الصاعدة لمقدمي خدمة الملاحة الراديوية الساتلية أو غيرهم من مقدمي الخدمة الثابتة الساتلية. وتستعمل شبكات LM-RPS وصلات النطاق C الموسع (6 425-6 700 MHz) للساتلين LM-RPS في الموقع 133° غرباً وLM-RPS في الموقع 107,3° غرباً. وقد جاء ذكر هذين الترددين، اللذين يخضعان للتنظيم كترددين للخدمة الثابتة الساتلية، هنا كقائمة مرجعية. وبالنسبة إلى الساتل LM-RPS في الموقع 133 غرباً، تستعمل الإشارة C1 التي تُترجم إلى الإشارة L1، النطاق 6 639,27 MHz، بصفته التردد الحامل، وتُرسل الإشارة C5 التي تُترجم إلى الإشارة L5، على النطاق 6 690,42 MHz. أما بالنسبة إلى الساتل LM-RPS في الموقع 107,3 غرباً، فترسل الإشارة C1 على النطاق 6 625,45 MHz، وترسل الإشارة C5 على النطاق 6 676,45 MHz.

أما الترددان المكرسان للوصلات الهابطة فهما، مثلما جاء ذكرهما سابقاً، الإشارة L1 لنظام GPS على النطاق 1 575,42 MHz، والإشارة L5 لنظام GPS على النطاق 1 176,45 MHz. وبما أنهما إشارتين تستعملان نفس الترددات اللذين يستعملهما نظام GPS، فإن تمييز إشارتي شبكات LM-RPS عن الإشارات الأخرى لنظام GPS المرسل على الترددات L1 وL5 يتم من خلال استعمال شفرة وحيدة للضوضاء شبه العشوائية. ويُعد ذلك مطابقاً تماماً لنظام GPS وتطبيقه لشفرة الضوضاء شبه العشوائية لكل ساتل على حدة. ويتم تنسيق شفرة الضوضاء شبه العشوائية مع مشغل نظام GPS قصد ضمان الملاءمة مع نظام GPS وغيره من إذاعات الإشارة الشبيهة بنظام GPS.

6 طيف التحكم والقياس عن بُعد

تجري استضافة الساتلين LM-RPS على خط الطول 133° غرباً وخط الطول 107,3° غرباً كحمولتين ملاحيتين نافعتين تعملان بصفتهما "ساتلين مشتركين الملكة" (على طريقة نظام الكوندومينيوم). فهما يتقاسمان المرافق التابعة لساتلين تجاريين للخدمة الثابتة الساتلية. وتُدْمَج وظيفتا التحكم والقياس عن بُعد مع أنظمة الطائرات للقياس عن بُعد والتتبع والتحكم (TT&C). وبفضل تقاسم وظائف القياس عن بُعد والتتبع والتحكم، لا يحتاج نظام LM-RPS طيفاً إضافياً بغية التحكم في سواتله. ويمكن للساتل المستقبلية لشبكات LM-RPS التي تخدم مناطق أخرى من العالم أن تعمل إما على الطريقة المماثلة "للسواتل مشتركة الملكة" أو بصفتها سواتل مستقلة ذات ترددات مكرسة لوظائف القياس عن بُعد والتتبع والتحكم ضمن المدى 4/6 GHz.

7 معلمات الإرسال للشبكات LM-RPS

ما دامت الشبكات LM-RPS تُرسل الإشارات الملاحة لخدمة الملاحة الراديوية الساتلية من الفضاء إلى الأرض في نطاقين، فهناك جدولان يُقدِّمان معلمات الإرسال للشبكات الساتلية LM-RPS ومُمَيَّلان نطاقي خدمة الملاحة الراديوية الساتلية اللذين تُرسل فيهما الشبكات الساتلية LM-RPS الإشارات الملاحة.

1.7 معلمات الإرسال للإشارة L1 على الشبكات LM-RPS

يُقدِّم الجدول 16 المعلمات الرئيسية لإرسالات الإشارة L1 للشبكات الساتلية LM-RPS.

الجدول 16

إرسالات الإشارة L1 لنظام LM-RPS في النطاق 1 610-1 559 MHz

المعلمة	قيمة المعلمة
مدى تردد الإشارة (MHz)	$1\ 575,42 \pm 12$
معدل نبضة الشفرة للضوضاء شبه العشوائية (Mchip/s)	1,023
معدلات بتات البيانات الملاحة (bit/s)	250
معدلات رموز بتات البيانات الملاحة (symbol/s)	500
طريقة تشكيل الإشارة	BPSK-R(1) (انظر الملاحظة 1)
الاستقطاب	استقطاب دائري مُبَيَّمان (RHCP)
الإهليلجية (dB)	القيمة القصوى 2,0
أدنى سوية للقدرة المستقبلية عند خرج الهوائي المرجعي (dBW)	-158,5 (انظر الملاحظة 2)
عرض النطاق 3 dB لمرشاح الإرسال للتردد الراديوي (MHz)	24,0

الملاحظة 1: بالنسبة لمعلمات خدمة الملاحة الراديوية الساتلية في نظام LM-RPS، تشير الدالة BPSK-R(n) إلى تشكيل الإبراق بزحزحة الطور ثنائي الحالة باستعمال نبضات مربعة بمعدل تبييض يبلغ $n \times 1,023$ (Mchip/s).

الملاحظة 2: تُقاس أدنى قدرة مستقبلية لنظام LM-RPS عند خرج هوائي استقبال مرجعي لمستعمل بحزمة ليزر مستقطبة خطياً 3 dBi (حيث يكون الهوائي مركباً قريباً من الأرض) عند أسوأ توجيه عادي وعندما يكون الساتل أعلى من زاوية ارتفاع 5 درجات أو أكثر فوق مستوى أفق الأرض من منظور سطح الأرض.

2.7 معلمات الإرسال على الإشارة L5 للشبكة الساتلية LM-RPS

يُقدِّم الجدول 17 المعلمات الرئيسية لإرسالات الإشارة L5 للشبكات الساتلية LM-RPS.

الجدول 17

إرسالات الإشارة L5 لنظام LM-RPS في النطاق 1 215-1 164 MHz

المعلمة	قيمة المعلمة
مدى تردد الإشارة (MHz)	1 176,45 ± 12
معدل نبضة الشفرة للضوضاء شبه العشوائية (Mchip/s)	10,23
معدلات بتات البيانات الملاحية (bit/s)	250
معدلات رموز البيانات الملاحية (symbol/s)	500
طريقة تشكيل الإشارة	إبراق بزحزحة الطور ثنائي الحالة بنبضات مربعة BPSK-R(10) (انظر الملاحظة 1)
الاستقطاب	استقطاب دائري مُبَايَن
الإهليلجية (dB)	القيمة القصوى 2,0
أدنى سوية للقدرة المستقبلية عند خرج الهوائي المرجعي (dBW)	157,9- (انظر الملاحظة 2)
عرض النطاق 3 dB لمرشاح الإرسال للتردد الراديوي (MHz)	24,0

الملاحظة 1: بالنسبة لمعلمت خدمة الملاحة الراديوية الساتلية في نظام LM-RPS، تشير الدالة BPSK-R(n) إلى تشكيل الإبراق بزحزحة الطور ثنائي الحالة باستعمال نبضات مربعة بمعدل تبييض يبلغ $n \times 1,023$ (Mchip/s).

الملاحظة 2: تُقاس أدنى قدرة مستقبلية لنظام LM-RPS عند خرج هوائي استقبال مرجعي لمستعمل بخزمة ليزر مستقطبة خطياً 3 dBi (حيث يكون الهوائي مركباً قريباً من الأرض) عند أسوأ توجيه عادي وعندما يكون الساتل أعلى من زاوية ارتفاع 5 درجات أو أكثر فوق مستوى أفق الأرض من منظور سطح الأرض.

الملحق 7

الوصف التقني للنظام والخصائص التقنية لمحطات إرسال فضائية
لنظام COMPASS

1 مقدمة

يتكوّن النظام الساتلي COMPASS من كوكبة من 30 من السواتل غير المستقرة بالنسبة إلى الأرض وخمسة سواتل مستقرة بالنسبة إلى الأرض ولها مواقع عند 58,75° شرقاً و80° شرقاً و110,5° شرقاً و140° شرقاً و160° شرقاً. ويُرسَل كل ساتل الإشارات الملاحية في ثلاثة نطاقات ترددية. وتُشكّل هذه الإشارات الملاحية بواسطة قطار للبتات محدد على نحو مسبق ويتضمن البيانات المشفرة التقويمية الفلكية والتوقيتية، وله عرض نطاق كافٍ لإنتاج الدقة الملاحية الضرورية دون اللجوء إلى الإرسال الثنائي أو التكامل الدوبلري. ويُقدّم هذا النظام التحديد الدقيق للمواقع في ثلاثة أبعاد والسرعة والتوقيت في أي مكان على سطح الأرض أو قريباً منه.

1.1 متطلبات التردد

تقوم متطلبات التردد لنظام COMPASS على أساس تقييمٍ لمتطلبات المستعمل من الدقة، واستبانة تأخر الانتشار من الفضاء إلى الأرض، وكبت تعدد المسيرات، وتكلفة التجهيزات وتشكيلاتها. ويُرسَل النظام الساتلي COMPASS إشارات ملاحية في ثلاثة نطاقات للترددات وهي: B1 و B2 و B3 على التوالي.

- B1: B1I) MHz 1 561,098 و (B1A و B1C) MHz 1 575,42

B2: B2a) MHz 1 176,45 و (B2b) MHz 1 207,14 (يُعدد إرسال الإشارتين B2a و B2b ضمن الإشارة B2 المتمركزة في 1 191,795 MHz)

- B3: B3I) MHz 1 268,52 و (B3A و B3Q).

ملاحظة - ترد أسماء الإشارات المقابلة بين قوسين هلالين.

وسوف يزيد تنوع التردد هذا وكذا عرض النطاق الواسع الذي يستعمله نظام COMPASS دقة المدى لاستبانة تأخر الانتشار من الفضاء إلى الأرض، وسوف يُحسِّن كبت تعدد المسيرات من أجل زيادة الدقة الكلية.

2 عرض عام للنظام

إن النظام الساتلي COMPASS نظام فضائي مستمر يعمل في كل الأحوال الجوية لأغراض الملاحية وتحديد المواقع ونقل إشارات التوقيت، مما يُوفّر مواقع دقيقة إلى حد بعيد وثلاثية الأبعاد وكذا معلومات السرعة مع توفير مرجع مشترك دقيق للوقت لفائدة المستعملين المزودين بالتجهيزات الملائمة عندما يكونون على سطح الأرض أو قريباً منه.

ويعمل هذا النظام على أساس مبدأ التثليث الراديوي المنفعل. وتقوم تجهيزات مُستعمل نظام COMPASS أولاً بقياس أشباه الأمدية لأربعة سواتل، وحساب مواقعها، ومزامنة الميقاتية طبقاً لهذا النظام عن طريق استعمال البيانات المستقبلية من معلمات تقويمية فلكية ومعلمات تصحيح الميقاتية. ثم يقوم هذا النظام بتحديد الموقع ثلاثي الأبعاد للمستعمل، وتحديد تحالف ميقاتية المستعمل عن توقيت نظام COMPASS وذلك أساساً بحساب الحل المتآون لأربع معادلات للأمدية.

وعلى غرار ذلك، يمكن تقدير سرعة المستعمل ثلاثية الأبعاد وكذا تحالف معدل ميقاتية المستعمل بحل أربع معادلات لمعدلات الأمدية بعد الحصول على قياسات لمعدلات أشباه الأمدية لأربعة سواتل.

3 أجزاء النظام

يتكون النظام من ثلاثة أجزاء رئيسية: الجزء الفضائي وجزء التحكم والجزء الخاص بالمستعمل. ولكل جزء وظيفة رئيسية كالتالي.

1.3 الجزء الفضائي

يشتمل الجزء الفضائي على خمسة سواتل مستقرة بالنسبة إلى الأرض وكوكبة من 30 ساتلاً غير مستقر بالنسبة إلى الأرض تؤدي وظيفة نقاط مرجعية "سماوية"، وتبث من الفضاء إشارات ملاحية مشفرة للوقت بدقة. وتموقع السواتل الخمس المستقرة بالنسبة إلى الأرض على التوالي عند 58,75° شرقاً و 80° شرقاً و 110,5° شرقاً و 140° شرقاً و 160° شرقاً إضافة إلى ساتلين احتياطين غير نشطين عند 144,5° شرقاً و 84° شرقاً. أما الكوكبة التشغيلية المؤلف من 30 ساتلاً غير مستقر بالنسبة إلى الأرض فتتكون من 27 ساتلاً على مدار أرضي متوسط (MEO) وثلاثة سواتل على مدار مائل مستقر بالنسبة إلى الأرض (IGSO). وتوضع سواتل المدار الأرضي المتوسط السبعة وعشرون في ثلاثة مستويات مدارية مائلة تقريباً بزاوية 55 درجة نسبةً إلى خط الاستواء ويكون ارتفاع المدار حوالي 21 500 km بحيث يضم كل مستوى تسعة سواتل. أما السواتل الثلاثة على مدار مائل مستقر بالنسبة إلى الأرض فتوضع في مستويات مدارية مائلة تقريباً بزاوية 55 درجة نسبةً إلى خط الاستواء ويكون تقاطع خط الطول عند حوالي 118° شرقاً.

2.3 جزء التحكم

يُضطلع جزء التحكم بوظائف التتبع والحساب والتحديث والمراقبة الضرورية للتحكم في كل السواتل الموجودة في النظام على أساس يومي. ويتكون هذا الجزء من محطتي للتحكم المركزي بالصين، حيث تتم معالجة كل البيانات، فضلاً عن بعض محطات المراقبة المتباعدة بمسافات شاسعة في المنطقة المرئية من الجزء الفضائي.

وتقوم محطات المراقبة بالتتبع المنفعل لكل السواتل المرئية وتقيس بيانات قياس المسافة والبيانات الدوبلرية. وتُعالج هذه البيانات في محطة التحكم المركزي من أجل حساب البيانات التقويمية الفلكية، وتخالفات الميقاتية، وزحزحات الميقاتية، وتأخر الانتشار، ثم تُستعمل هذه البيانات بعد ذلك لتوليد رسائل التحميل الصاعد. وترسل هذه المعلومات المحدثة إلى السواتل من أجل تخزينها في الذاكرة وإرسالها لاحقاً بواسطة السواتل كجزء من الرسائل الملاحة المرسلة إلى المستعملين.

3.3 الجزء الخاص بالمستعمل

يتكون الجزء الخاص بالمستعمل من كل مجموعات التجهيزات الإجمالية للمستعمل ومعها تجهيزاتها الداعمة. وتتألف مجموعة التجهيزات النمطية للمستعمل من هوائي، ومستقبل/معالج للنظام الساتلي COMPASS، وأجهزة حاسوبية وأجهزة دخل/خرج. ويقوم هذا الجزء بجزء من تتبع الإشارة الملاحة انطلاقاً من أربعة سواتل أو أكثر تكون مرئية، ويقاس أوقات عبور الإشارات للتردد الراديوي، وأطوار إشارات التردد الراديوي والإزاحات الدوبلرية للتردد، ثم يحولها إلى أشباه أمدية وأطوار ترددات حاملة، ومعدلات أشباه أمدية، ثم يُنفذ الحل لتحديد الموقع ثلاثي الأبعاد والسرعة ثلاثية الأبعاد، وتثبيت وقت النظام. وتتراوح تجهيزات المستعمل من المستقبلات البسيطة والخفيفة نسبياً إلى المستقبلات المتطورة التي تكون مدججة مع المحاسيس أو الأنظمة الملاحة الأخرى اللازمة للأداء الدقيق في البيئات عالية الدينامية.

4 بنية إشارة النظام الساتلي COMPASS

يُقدّم ما يلي أدناه وصفاً موجزاً لإشارات النظام الساتلي COMPASS المتيسرة للاستعمال في تطبيقات تحديد المواقع والتطبيقات الملاحة وتطبيقات التوقيت.

1.4 إرسالات الإشارة COMPASS B1 في نطاق الترددات 1 610-1 559 MHz

يُشغّل النظام الساتلي COMPASS ثلاث إشارات (B1I, B1C, B1A) في النطاق 1 610-1 559 MHz لخدمة الملاحة الراديوية الساتلية. وترد في الجدول 18 المعلنات الرئيسية لإرسالات الإشارة COMPASS B1.

وتذاع الإشارة B1I للخدمة المفتوحة (OS) على التردد 1 561,098 MHz بتشكيل BPSK-R(2). وترسل سواتل المدار الأرضي المتوسط (MEO)/المدار المائل المستقر بالنسبة إلى الأرض (IGSO) إشارة B1I ببيانات ملاحية معدلها 50 bit/s، في حين ترسل سواتل المدار المستقر بالنسبة إلى الأرض (GSO) إشارة B1I ببيانات ملاحية معدلها 500 bit/s.

وتذاع الإشارة B1C للخدمة المفتوحة (OS) والإشارة B1A للخدمة المخوّلة (AS) على التردد 1 575,42 MHz.

وتتألف الإشارة B1C المرسلة من سواتل المدار الأرضي المتوسط (MEO) والمدار المائل المستقر بالنسبة إلى الأرض (IGSO)، من إشارة دليلية ومكونات البيانات.

وتستعمل المكونة الدليلية B1C_p تشكيل BOC متعدد الإرسال المتعامد (QMBOC) الذي يتألف من المكونتين BOC(1,1) و BOC(6,1) المشكلتين في طور متعامد. وتستعمل مكونة البيانات B1C_D تشكيل BOC(1,1).

ولتشكيل QMBOC(6,1,4/33) الذي تستعمله المكونة B1C_p كثافة طيفية مُقيّسة للقدرة (PSD) يتم الحصول عليها بواسطة المعادلة التالية:

$$QMBOC(f) = \frac{29}{33} BOC_{1,1}(f) + \frac{4}{33} BOC_{6,1}(f)$$

ويتم الحصول على الكثافة PSD للإشارة B1-C من المعادلة.

$$S(f) = \frac{1}{4} BOC_{1,1}(f) + \frac{3}{4} QMBOC(f) = \frac{10}{11} BOC_{1,1}(f) + \frac{1}{11} BOC_{6,1}(f)$$

وترسل الإشارة SBAS-B1C بواسطة سواتل المدار المستقر بالنسبة إلى الأرض لنظام التعزيز القائم على السواتل (SBAS) وتعتمد التشكيل BPSK-R(1).

وتستعمل الإشارة B1A التشكيل BOC(14,2) وهي تتألف من مكونة دليلية ومكونة بيانات في طور متعامد.

الجدول 18

إرسالات الإشارة COMPASS B1 في النطاق MHz 1 610-1 559

B1A	SBAS-B1C	B1C	B1I	Parameter
1575,42	1575,42	1575,42	1561,098	تردد الموجة الحاملة (MHz)
2,046	1,023	1,023	2.046	معدل نبضة الشفرة (Mchip/s) PRN
50 (MEO/IGSO) 125 (GSO)	250	50	MEO/IGSO: 50 GSO: 500	معدل ثبات البيانات الملاحية (bit/s)
BOC(14,2)	BPSK-R(1)	QMBOC(6,1,4/33) (B1C _P) BOC(1,1) (B1C _D)	BPSK-R(2)	طريقة تشكيل الإشارة
RHCP	RHCP	RHCP	RHCP	الاستقطاب
MEO: -156,9 GSO/IGSO: -157,7 (see Note)	GSO: -158,5 (see Note)	MEO: -158.0 IGSO: -157,7 (see Note)	MEO: -158.5 GSO/IGSO: -160.3 (see Note)	أدنى سوية للقدرة المستقبلية عند خرج الهوائي المرجعي (dBW)

ملاحظة - تقاس أدنى سوية للقدرة المستقبلية على سطح الأرض عند خرج هوائي استقبال متناح 0 dBic لأي زاوية ارتفاع تساوي 5 درجات أو أعلى من ذلك.

2.4 إرسالات الإشارة COMPASS B2 في النطاق الترددي MHz 1 215-1 164

يُشغّل النظام الساتلي COMPASS إشارتين في النطاق MHz 1 215-1 164 لخدمة الملاحة الراديوية الساتلية (وهما B2a و B2b) وتُبتان على الترددين MHz 1 176,45 و MHz 1 207,14، على التوالي. ويُستخدم تشكيل غلاف ثابت لا تناظري BOC بمعدل موجة حاملة فرعية MHz 15,345 لتعدد إرسال الإشارتين B2a و B2b ضمن إشارة B2 متمركزة في التردد MHz 1 191.795. ويُقدّم الجدول 19 المعلومات الرئيسية لإرسالات الإشارة COMPASS B2.

وتعتمد الإشارة B2a التشكيل QPSK-R(10) وتتكون من مكونة دليلية B2_{ap} ومن مكونة البيانات B2_{ad} في طور متعامد. وترسل سواتل مداري MEO/IGSO إشارة B2a لتقديم الخدمة المفتوحة، فيما ترسل السواتل المستقرة بالنسبة إلى الأرض الإشارة B2a لتقديم نظام التعزيز القائم على السواتل (SBAS).

وتعتمد الإشارة B2b التشكيل QPSK-R(10) وتتألف من مكونتي B2bQ و B2bI في طور متعامد. ترسل سواتل مداري MEO/IGSO إشارة B2b لتقديم الخدمة المفتوحة، فيما ترسل السواتل المستقرة بالنسبة إلى الأرض الإشارة B2b لتقديم خدمة التحديد الدقيق للموقع (PPP).

الجدول 19

إرسالات الإشارة COMPASS B2 في النطاق 1 215-1 164 MHz

B2				Parameter
B2b		B2a		
B2b _Q	B2b _I	B2a _D	B2a _P	
1207,14		1176,45		تردد الموجة الحاملة (MHz)
10,23				معدل نبضة الشفرة PRN (Mchip/s)
500	500	MEO/IGSO: 100 GSO: 250	No Data	معدل ثبات البيانات الملاحة (bit/s)
BPSK-R(10)	BPSK-R(10)	BPSK-R(10)	BPSK-R(10)	طريقة تشكيل الإشارة
RHCP				الاستقطاب
MEO: -155,0 GSO/IGSO: -157,3 (see Note)		MEO: -154,0 GSO/IGSO: -156,3 (see Note)		أدنى سوية للقدرة المستقبلية عند خرج الهوائي المرجعي (dB)

ملاحظة - تقاس أدنى سوية للقدرة المستقبلية على سطح الأرض عند خرج هوائي استقبال متناح 0 dBic لأي زاوية ارتفاع تساوي 5 درجات أو أعلى من ذلك.

3.4 إرسالات الإشارة COMPASS B3 في النطاق الترددي 1 300-1 215 MHz

يُشغّل النظام الساتلي COMPASS ثلاث إشارات (B3I, B3Q, B3A) في النطاق 1 300-1 215 MHz لخدمة الملاحة الراديوية الساتلية. وتذاع جميعها على التردد 1 268,52 MHz. ويُقدّم الجدول 20 المعلمات الرئيسية لإرسالات الإشارة COMPASS B3. وتستعمل الإشارة B3I تشكيل BPSK-R(10). وترسل سواتل مداري MEO/IGSO إشارة B3I ببيانات ملاحة معدلها 50 bit/s، في حين ترسل السواتل المستقرة بالنسبة إلى الأرض إشارة B3I ببيانات ملاحة معدلها 500 bit/s. وتستعمل الإشارة B3Q في الخدمة المخوّلة (AS) تشكيل BPSK-R(10) كذلك. وتستعمل إشارة B3A في الخدمة المخوّلة (AS) تشكيل QPSK-R(10) QP.

الجدول 20

إرسالات الإشارة COMPASS B3 في النطاق 1 300-1 215 MHz

B3A	B3Q	B3I	Parameter
1 268,52			تردد الموجة الحاملة (MHz)
10,23	10,23	10,23	معدل نبضة الشفرة PRN (Mchip/s)
50	500	MEO/IGSO: 50 GSO: 500	معدل ثبات البيانات الملاحة (bit/s)
QPSK-R(10)	BPSK-R(10)	BPSK-R(10)	طريقة تشكيل الإشارة
RHCP			الاستقطاب
MEO: -157,3 GSO/IGSO: -159,1 (see Note)	MEO: -157,3 GSO/IGSO: -159,1 (see Note)	MEO: -157,3 GSO/IGSO: -159,1 (see Note)	أدنى سوية للقدرة المستقبلية عند خرج الهوائي المرجعي (dB)

ملاحظة - تقاس أدنى سوية للقدرة المستقبلية على سطح الأرض عند خرج هوائي استقبال متناح 0 dBic لأي زاوية ارتفاع تساوي 5 درجات أو أعلى من ذلك.

الملحق 8

الوصف التقني والخصائص التقنية لشبكات الملاحة الساتلية البحرية الدولية، إنمارسات (Inmarsat)

1 مقدمة

تتألف شبكات المرسلات-المستجيبات الملاحية إنمارسات (شبكات الملاحة الساتلية البحرية الدولية) من سبعة سواتل بحمولة نافعة لخدمة الملاحة الراديوية الساتلية في مدارات مستقرة بالنسبة إلى الأرض من أجل تقديم المقدرة الفضائية لفائدة أنظمة التعزيز المحمولة على متن السواتل. وثمة أربع حمولات نافعة لخدمة الملاحة الراديوية الساتلية تُعد حمولات نافعة لقنوات وحيدة على سواتل إنمارسات للجيل الثالث (Inm-3) وثمة ثلاث حمولات نافعة لخدمة الملاحة الراديوية الساتلية تُعد حمولات نافعة لقنوات متعددة على سواتل إنمارسات للجيل الرابع (Inm-4). وفضلاً عن تقديم خدمة الملاحة الراديوية الساتلية، تُقدّم نفس هذه السواتل الاتصالات المتنقلة الساتلية في نطاقات الترددات 1,6/1,5 GHz (MSS) للخدمة المتنقلة الساتلية. وقد تتغير هذه المعلومات في المستقبل.

ويُظهر الجدول 19 المواقع المدارية الساتلية. وتجدر الإشارة إلى أن سواتل هذا النظام قد تُنقل إلى مواقع مختلفة من حين إلى آخر، وفقاً لمتطلبات النظام. وتُنسّق كل الإرسالات طبقاً لأحكام لوائح الراديو التابعة للاتحاد الدولي للاتصالات. وتُقدّم إدارة المملكة المتحدة المعلومات ذات الصلة بشأن النشر المُسبق، وطلب التنسيق، ومعلومات التبليغ.

الجدول 21

خطوط الطول المدارية الساتلية

الموقع المداري	الساتل
64° شرقاً	3F1
15,5° غرباً	3F2
178° شرقاً	3F3
54° شرقاً	3F5
143,5° شرقاً	4F1
64° شرقاً	4F2
98° غرباً	4F3

1.1 عرض عام للنظام

يوفر النظام إنمارسات أربع حمولات ملاحية نافعة من أجل أنظمة التعزيز المحمولة على متن السواتل، أي لفائدة حمولتين ملاحيتين نافعتين للخدمة الملاحية المستقرة بالنسبة إلى الأرض للتغطية الأوروبية (EGNOS)، حمولة نافعة واحدة من أجل نظام التعزيز واسع النطاق (WAAS) حتى نوفمبر 2017 وحمولة ملاحية نافعة من أجل منصة الاختبار للنظام SBAS في أستراليا ونيوزيلندا.

وتستعمل وكالة الفضاء الأوروبية (ESA)، في النظام الحالي للخدمة الملاحية المستقرة بالنسبة إلى الأرض للتغطية الأوروبية (EGNOS)، مرسلاتاً مستجيباً للملاحة من سواتل الجيل الثالث (Inm-3) يغطي منطقة المحيط الأطلسي الشرقية (AOR-E) عند 15,5° غرباً (الساتل 3F2) ومرسلاتاً مستجيباً للملاحة من سواتل الجيل الرابع (Inm-4) يغطي منطقة الشرق الأوسط وآسيا (MEAS) عند 64° شرقاً (الساتل 4F2).

وفي نظام التعزيز واسع النطاق، تستخدم الإدارة الفدرالية للطيران (FAA) مرسلات مستجيباً للملاحة من سواتل الجيل الرابع (Inm-4) يغطي منطقة الأمريكتين (AMER) عند 98° غرباً (الساتل 4F3) حتى نوفمبر 2017.

وفي منصة اختبار النظام SBAS في أستراليا ونيوزيلندا، تستخدم وكالة Geoscience Australia مرسلات مستجيباً للملاحة من سواتل الجيل الرابع (Inm-4) يغطي منطقة آسيا-المحيط الهادئ (APAC) عند 143,5° شرقاً (الساتل 4F1).

2 تشكيلة النظام

تتألف شبكات المرسلات-المستجيبات للملاحة إنمارسات من المرسلات-المستجيبات (أو الجزء الفضائي) على سواتل إنمارسات-3 وإنمارسات-4 المتاحة لوظائف نظام التعزيز المحمول على متن السواتل.

1.2 الجزء الفضائي

يُعدُّ المرسل-المستجيب الملاحي على متن كل سلسلة من سواتل Inm-3 ترجمة بسيطة للتردد أو مرسل-مستجيب من نمط "الموجّه المائل للموجات". ويستقبل كل ساتل الإشارة المرفوعة بالوصلة الصاعدة في نظام التعزيز المحمول على متن السواتل على قناة وحيدة لتردد ثابت ضمن نطاق التردد للخدمة الثابتة الساتلية 5 925-6 700 MHz. وتُرْسَل هذه الإشارة وتُترجم إلى التردد L1 لنظام GPS (المتكّز على النطاق 1 575,42 MHz) وتُرْسَل هذه الإشارة كذلك على الوصلة الهابطة ضمن نطاق التردد 3 400-4 200 MHz للخدمة الثابتة الساتلية.

وتُعدُّ المرسلات-المستجيبات الملاحية على متن كل ساتل من سواتل Inm-4 ترجمة بسيطة للترددات أو مرسلات-مستجيبات من نمط "الموجّه المائل للموجات". ويستقبل كل ساتل الإشارة المرفوعة بالوصلة الصاعدة في نظام التعزيز المحمول على متن السواتل على زوج من القنوات ذات الترددات الثابتة في نطاق الخدمة الثابتة الساتلية 5 925-6 700 MHz. وتُرْسَل هذه الإشارات وتُترجم إلى التردد L1 لنظام GPS (المتكّز على النطاق 1 575,42 MHz) وإلى التردد L5 لنظام GPS (المتكّز على النطاق 1 176,45 MHz).

وفي حالة كل السواتل Inm-3 و Inm-4، تُكَبَّر إشارة خدمة الملاحة الراديوية الساتلية وتُرْسَل إلى الأرض بواسطة هوائي ذي "حزمة بتغطية عالمية"، مما يُتيح تغطية فوق السطح المرئي للأرض ولفائدة الطائرات على ارتفاع يصل إلى 100 000 قدم (حوالي 30 000 متر). وقد صُمِّمَت هذه الأنظمة لتعزير تكاملية ودقة الإشارات الملاحية الرئيسية للنظام العالمي لتحديد المواقع وللنظام العالمي للملاحة الساتلية.

2.2 الجزء الأرضي

يوفر مشغل النظام SBAS المعني البنية التحتية الأرضية المصاحبة للنظام SBAS، ويقوم بحساب بيانات التصحيح المناسبة قبل إدراجها في الإشارة المرسل على الوصلة الصاعدة.

3 إشارات نظام التعزيز المحمول على متن السواتل

تُرْسَل شبكات المرسلات-المستجيبات للملاحة إنمارسات رسائل التعزيز لنظام التعزيز المحمول على متن السواتل إما على التردد L1 فقط لنظام GPS أو على كل من الترددين L1 لنظام GPS (Inm-3) و L5 لنظام GPS (Inm-4). ويُجَدِّد المجتمع الطيران بنية الإشارة لرسائل نظام التعزيز المحمول على متن السواتل. وتكون رسائل SBAS بنفس النسق والبنية اللذين تتسم بهما الإشارة الملاحية لنظام GPS والمرسلة على هذه الترددات بواسطة سواتل GPS. وتستعمل هذه الرسائل نفس النسق والبنية اللذين يستعملهما نظام GPS لأن المنشود هو استقبالهما بواسطة مستقبلات المزودة بالتجهيزات الملائمة، مثل رسالتي نظام GPS.

وتشمل البنية المشتركة للإشارة شفرة الحيازة التقريبية C/A مع الرسالة المدججة لنظام التعزيز المحمول على متن السواتل وشفرة مدنية شبيهة بنظام GPS. وقد صُمم هذا النظام لتمكين إدماج إما إشارة شفرة الحيازة التقريبية C/A أو إشارة الشفرة الدقيقة P(Y) على الوصلات الصاعدة ومن ثم إرسالهما على الوصلتين الهابطين L1 و L5.

ويأتي المزيد من الوصف للإشارة L1 ضمن مواصفات الإدارة الاتحادية للطيران لنظام التعزيز الواسع النطاق (FAA-E-2892B) ويأتي تعريف نسق الإشارة L5 ضمن مواصفات الإشارة L5 التي أعدتها اللجنة الراديوية التقنية للطيران (RTCA/DO-261).

وترد قائمة لسويقي القدرة للإشارتين الملاحيتين المرسلتين على التردد L1 و L5 من المحطتين الفضائيتين Inm-3 و Inm-4 ضمن الجدول 22. وتنخفض سوية إشارة الإرسال تقريباً بقدر 3 dB عن الذروة، عند نقطة الحضيض للساتل، إلى حافة التغطية عند زاوية انحراف عن المحور الرئيسي بقدر 8,75 درجة.

الجدول 22

القدرة المشعة المكافئة المتناحية الاسمية⁽¹⁾ (dBW) للإشارتين L1 و L5 (ذروة الحزمة)

الإشارة L5	الإشارة L1	الساتل
غير متاحة	33	Inm-3F1
غير متاحة	33	Inm-3F2
غير متاحة	33	Inm-3F3
غير متاحة	33	Inm-3F5
29,9	31,4	Inm-4F1
29,9	31,4	Inm-4F2
29,9	31,4	Inm-4F3

(1) حسب بطاقات تبليغ الاتحاد الدولي للاتصالات بشأن إنمارسات.

ملاحظة - قدرة الذروة تكون عند نقطة الحضيض لتغطية الإرسال.

ويجري تمييز هذه الإشارات عن الإشارات الأخرى لنظام GPS من خلال استعمال شفرة وحيدة للضوضاء شبه العشوائية. ويُعد ذلك مطابقاً تماماً لنظام GPS وتطبيقه لشفرات مختلفة للضوضاء شبه العشوائية لكل ساتل على حدة. ويتم تنسيق شفرة الضوضاء شبه العشوائية مع مشغل نظام GPS قصد ضمان الملاءمة مع نظام GPS وغيره من إذاعات الإشارة الشبيهة بنظام GPS.

4 طيف التحكم والقياس عن بُعد

تُشكّل الرسائل-المستجيبيات الملاحية جزءاً من الحمولة الساتلية النافعة الأكبر، التي تشمل رسائل-مستجيبيات تُقدّم الخدمات المتنقلة الساتلية (MSS). وتُدمج وظيفتا الجزء الملاحي للتحكم والقياس عن بُعد مع أنظمة الطائرات الشاملة للقياس عن بُعد والتتبع والتحكم (TT&C). ويفضل تقاسم وظائف القياس عن بُعد والتتبع والتحكم، لا يحتاج هذا النظام طيفاً إضافياً بغية التحكم في الرسائل-المستجيبيات الملاحية.

الملحق 9

الوصف التقني والخصائص التقنية لشبكات نظام التعزيز المحمول على متن السواتل التجارية النيجيرية (NIGCOMSAT SBAS)

1 مقدمة

تتألف شبكات نظام التعزيز المحمول على متن السواتل النيجيرية (NigSAS)، من ثلاث حمولات نافعة لسواتل مستقرة بالنسبة إلى الأرض في خدمة الملاحة الراديوية الساتلية. ويتمثل التنفيذ الحالي لهذه الشبكة في الساتل التجاري النيجيري NIGCOMSAT-1G (42,5° شرقاً) الذي أُطلق في مداره يوم 13 مايو 2007. وما زال الساتل NIGCOMSAT-1A (19,2° غرباً) والساتل NIGCOMSAT-1D (22° شرقاً) في مرحلة التخطيط. وسوف يكون لهذه السواتل الثلاثة نفس الحمولات النافعة لخدمة الملاحة الراديوية الساتلية.

2 خطة التردد والاستقطاب

مثلما جاء بيانه في الجدول 23، يستقبل كل ساتل الإشارة المرسلّة لنظام التعزيز المحمول على متن السواتل على الوصلة الصاعدة في النطاق C ثم يُرسل الإشارة الملاحية على الوصلة الهابطة في النطاق L.

الجدول 23

عرض النطاق (MHz)	الاستقطاب	التردد (MHz)	القناة
4	استقطاب دائري مُيَاسِر	6 698,42	الوصلة الصاعدة-C1
20	استقطاب دائري مُيَاسِر	6 639,45	الوصلة الصاعدة-C5
4	استقطاب دائري مُيَاسِر	1 575,42	الوصلة الهابطة-L1
20	استقطاب دائري مُيَاسِر	1 176,45	الوصلة الهابطة-L5

3 الجزء الخاص بالمستعمل

لقد صُمم نظام التعزيز المحمول على متن السواتل النيجيرية (NigSAS) ليكون متلائماً مع نظامي التعزيز GPS وغاليليو. ومن ثم فسوف يُقدّم بيانات التكاملية والتصحيح للمستقبلات المتلائمة مع نظامي GPS وغاليليو.

4 الجزء الأرضي

هذا الجزء غير متاح، لأن الغرض من النظام النيجيري NigSAS هو تقديم المقدرة الفضائية لفائدة الشبكات القائمة لنظام التعزيز المحمول على متن السواتل.

5 الخدمة الملاحية

تتمثل هذه الخدمة في استقبال التغطية على النطاق L الذي يشمل إفريقيا وأوروبا الغربية والشرقية وآسيا لأغراض الحمولة النافعة لخدمة الملاحة الراديوية الساتلية على الساتل NIGCOMSAT-1G.

6 الإشارة الملاحية

يُرسل النظام النيجيري NigSAS رسائل نظام التعزيز المحمول على متن السواتل على الترددات الحاملين L1 و L5 اللذين يستعملان البنية المنسوقة لنظام GPS. وتُشكّل المكونات المطاورة (I) والمكونة التريبعية (Q) للإشارة وفقاً لطريقة تشكيل تعتمد على اختيار التردد الحامل. ويجري تمييز إشارة نظام التعزيز المحمول على متن السواتل والواردة من كل ساتل عن الإشارات الأخرى لنظام SBAS بواسطة استعمال شفرات الضوضاء شبه العشوائية (شفرات PRN). ويبلغ معدل بتات البيانات الملاحية عند كل من الترددات 50 bit/s.

1.6 الإشارة L1

يُشكّل التردد L1 للنطاق 1 575,42 MHz بتشكيل الإبراق بزحرجة الطور ثنائي الحالة في القناة I، بواسطة الحيازة التقريبية لشفرة الضوضاء شبه العشوائية للتردد L1 وهي ذات معدل نبض 1,023 Mchip/s وطول شفرة 1 023. ويُترك الخيار بشأن تشكيل القناة Q من عدمه لمستأجر الحمولة النافعة لخدمة الملاحة الراديوية الساتلية الذي تستفيد شبكته القائمة للنظام العالمي للملاحة الساتلية/نظام التعزيز المحمول على متن السواتل من التعزيز. ويُقدّم الجدول 24 المزيد من المعلومات ذات الصلة.

الجدول 24

التردد الحامل (MHz)	تعيين البث	عرض النطاق المخصص (MHz)	أقصى قدرة الذروة (dBW)	أقصى كثافة القدرة (dB(W/Hz))	كسب الهوائي (dBi)
1 575,42	4M00X2D	4,0	17,9	42,1-	13,5
	2M20X2D	2,2	17,9	42,1-	

2.6 الإشارة L5

يُشكّل التردد L5 للنطاق 1 176,42 MHz في كل من القناة I والقناة Q، بواسطة شفرتين مختلفتين للضوضاء شبه العشوائية. ولنُبض كل شفرة للضوضاء شبه العشوائية للتردد L5 معدل 10,23 Mchip/s ويبلغ طول الشفرة 10 230. بيد أن المكونات المطاورة وحدها هي التي تُشكّل بواسطة البيانات الملاحية. ويُحسّن المعدّل الأسرع لشفرة الإشارة L5 دالة الترابط الذاتي للجزء الخاص بالمستعمل. ويُقدّم الجدول 25 المزيد من المعلومات ذات الصلة.

الجدول 25

التردد الحامل (MHz)	تعيين البث	عرض النطاق المخصص (MHz)	أقصى قدرة الذروة (dBW)	أقصى كثافة القدرة (dB(W/Hz))	كسب الهوائي (dBi)
1 176,45	20M0X2D	20	16,5	53,5-	13,0
	4M00X2D	4	16,5	43,5-	

الملحق 10

الوصف التقني لنظام الملاحة الساتلي الإقليمي الهندي (IRNSS) والنظام SBAS الهندي والنظام GAGAN (الملاحة الجغرافية المعززة بمساعدة النظام GPS)

1 مقدمة

تقوم الهند بتنفيذ نظامها الإقليمي للملاحة الساتلية (IRNSS) فوق شبه القارة الهندية والأراضي المجاورة. وسيعمل النظام IRNSS في النطاق 1 164-1 215 MHz ويمكن أن يعمل كذلك في النطاق 1 559-1 610 MHz. وتتألف الكوكبة الأساسية للنظام IRNSS من ثلاثة سواتل GSO وأربعة سواتل مائلة (I-GSO) بميل 29° شرقاً من خط الاستواء. ومن المخطط تعزيز الكوكبة الأساسية المؤلفة من سبعة سواتل بأربعة سواتل I-GSO إضافية بحيث تصبح الكوكبة مؤلفة من 11 ساتلاً. ويهدف النظام إلى توفير خدمة لتقديم بيانات الموقع والملاحة والتوقيت بدقة.

وتقوم الهند بتنفيذ نظام مكتمل فضائي ونظام ملاحة GEO مزود بمساعدة النظام GPS (GAGAN) فوق الفضاء الجوي الهندي. ويعني النظام SBAS GAGAN الهندي توفير زيادة في الدقة والاعتمادية والسلامة والاستمرارية تزيد وتعلو على النظام GPS الأساسي. وتشابه خصائص الجزء الفضائي والجزء الأرضي مع الأنظمة المكتملة الفضائية SBAS المطبقة الأخرى، مثل النظام WAAS فوق الفضاء الجوي للولايات المتحدة والنظام EGNOS فوق منطقة مؤتمر الطيران المدني الأوروبي (ECAC) والنظام MSAS فوق اليابان.

1.1 احتياجات النظامين IRNSS و GAGAN من الترددات

تقوم احتياجات النظام IRNSS من الترددات على تقييم الاحتياجات من الدقة بالنسبة لبيانات الموقع والملاحة والتوقيت وتقديرات التأخير الناجم عن الانتشار في الاتجاه فضاء-أرض وتقديرات ضوضاء تعدد المسيرات والمستقبلات وتكلفة المعدات وتشكيلتها.

ويرسل النظام IRNSS على الموجة الحاملة L5 إشارتين بتردد مركز 1 176,45 MHz. وتتضمن الإشارتان إشارة خدمة قياسية لتحديد الموقع (SPS) بتشكيل 1MHzBPSK وإشارة خدمة مقيدة (RS) بتشكيل BOC(5,2).

ومن المخطط أن يُبث على الموجة الحاملة L1 إشارتان في النظام IRNSS بتردد مركزي 1 575,42 MHz. وتتضمن الإشارتان المخططتان إشارة SPS قد تكون إما بتشكيل BOC(1,1) أو CBOC(6,1,1/11) أو TBOC(6,1,1/11)، وإشارة RS بتشكيل BOC_c(5,2) أو BOC_c(4,2) أو BOC_c(12,2) (سيتم اختيار مخطط تشكيل من بين هذه الخيارات الثلاثة حسب نتائج التنسيق مع المشغلين الآخرين للنظام GNSS).

ويرسل النظام الهندي SBAS GAGAN إشارات تعزيز GPS في النطاق 1 610-1 559 MHz (بتردد مركزي 1 575,42 MHz). وفي النطاق 1 215-1 164 MHz (بتردد مركزي 1 176,45 MHz).

2 عرض عام للأنظمة

النظام IRNSS عبارة عن نظام ملاحة راديوية ساتلية مستمر فضائي لكافة الأجواء من أجل خدمات تحديد الموقع والملاحة والتوقيت لأي مستعمل مجهز بمستقبل مناسب في أي مكان بمنطقة الخدمة.

ويعمل النظام على أساس مفهوم التثليث الراديوي المنفعل. حيث تقوم معدات مستعمل النظام IRNSS بقياس المدى التقريبي لأربع سواتل أو أكثر وتحسب موقعها بعد مزامنة مقياساتها مع توقيت النظام IRNSS باستعمال المعلمات التقويمية ومعلمات تصحيح المقياسية المستقبلية.

وتقوم المعدات بعد ذلك بتحديد موقع ثلاثي الأبعاد للمستعمل داخل الإطار المرجعي WGS-84 وتخالف ميقاتية المستعمل عن توقيت النظام IRNSS من خلال الحساب الأساسي للحل الآني لمعادلات المدى الأربع.

ويمكن تقدير السرعة ثلاثية الأبعاد وتخالف تردد ميقاتية المستعمل بكل معادلات المدى الأربع التي تعطي قياسات تقريبية لمعدلات المدى للسواتل الأربعة. وتوسم القياسات "بالتقريبية" لأنها تجري بميقاتية المستعمل غير الدقيقة (منخفضة التكلفة) الموجودة في المستقبل وتتضمن حدود ثابتة للانحياز نتيجة لقيم تخالف ميقاتية المستقبلات عن توقيت النظام IRNSS. وتُحمل الحمولة النافعة للنظام SBAS GAGAN الهندي على ثلاثة سواتل اتصالات هندية مستقر بالنسبة إلى الأرض. وتقوم الحمولات النافعة المكملة للنظام GAGAN بإرسال تصحيحات للنظام GPS الأساسي لتحسين الجودة والسلامة والتيسر والاستمرارية.

1.2 تطبيقات النظامين IRNSS و GAGAN

يُعنى بخدمات النظام IRNSS تقديم خدمة تحديد الموقع والملاحة والتوقيت للجمهور بوجه عام وللخدمات ذات الاهتمام المشترك.

3 أجزاء النظام

يتألف النظامان IRNSS و GAGAN من ثلاثة أجزاء رئيسية: الجزء الفضائي وجزء التحكم وجزء المستعمل. وفيما يلي الوظيفة الأساسية لكل جزء:

1.3 الجزء الفضائي

يتألف الجزء الفضائي للنظام IRNSS من سبعة سواتل - (ثلاثة مستقرة بالنسبة إلى الأرض وأربعة مائلة (I-GSO)) - تعمل كنقاط سماوية مرجعية ترسل إشارات الملاحة المشفرة زمنياً بدقة من الفضاء. وتكون كوكبة النظام IRNSS مرئية من جميع النقاط فوق منطقة الخدمة في كل الأوقات. ومن المخطط إضافة أربعة سواتل I-GSO أخرى إلى الكوكبة في المستقبل القريب.

2.3 الجزء الأرضي

يقوم الجزء الأرضي للنظام IRNSS بالتحكم في كوكبة النظام IRNSS بالكامل ومراقبة سلامة السواتل ووضع البيانات لبثها فيما بعد للمستعملين. ويستقبل الجزء الأرضي لإرسالات السواتل وتُحسب العناصر الأساسية مثل البيانات وتزامن الميقاتية والإحداثيات المدارية من القياسات التي تجرئها شبكة من المحطات الأرضية المنشورة في منطقة الخدمة.

وفيما يلي العناصر الرئيسية للجزء الأرضي:

- يقوم مرفق التحكم الساتلي للنظام IRNSS بوظائف إدارة الكوكبة والتحكم في السواتل ومراقبة سلامة وأداء المركبة الفضائية والوصلات الصاعدة لبيانات الرحلة.
 - يضم مركز الملاحة الهندي (INC) برمجيات الملاحة التي تقوم بوظائف الملاحة ومعالجة السلامة والتحكم.
 - تستعمل محطات مراقبة المدى والسلامة للنظام IRNSS (IRIMS) لتسهيل تحديد المدى في اتجاه واحد لسواتل النظام IRNSS ولتحديد سلامة كوكبة النظام. وتتبع المحطات IRIMS باستمرار الإشارات الملاحة لكوكبة النظام IRNSS وترسل بيانات تتضمن معلومات عن المدى التقريبي وطور الموجة الحاملة إلى المركز INC.
 - مرفق تحديد التوقيت الشبكي للنظام IRNSS (IRNWT) يوفر توقيتاً مرجعياً مستقراً للنظام IRNSS.
 - محطات تحديد المدى CDMA للنظام IRNSS (IRCDR) تقوم بتنفيذ عمليات التحديد الدقيق للمدى في الاتجاهين.
- ويتألف الجزء الأرضي للنظام GAGAN من محطات تحكم ساتلية تسمى محطات الوصلة الصاعدة البرية الهندية (INLUS) ومجموعة من المحطات المرجعية الهندية تسمى المحطات INRES. وتجمع البيانات الواردة من المحطات INRESS ويتم تحميلها في مركز التحكم الرئيسي (MCC) وترسل التصويبات اللازمة عبر الوصلات الصاعدة إلى الحمولة النافعة الملاحة للنظام GAGAN.

3.3 جزء المستعمل

يتألف جزء المستعمل في النظامين IRNSS و GAGAN من مجموعة تضم مجموعات لكافة المستعملين ومعداتهم الداعمة. ويتكون جزء المستعمل عادة من هوائي ومستقبل GAGAN/IRNSS وحاسوب وجهاز دخل/خروج. ومن بين أجزاء جزء المستعمل مستقبل GNSS مُدمج بمقدوره استقبال البيانات من الأنظمة IRNSS و GAGAN و GPS و غاليليو و GLONASS والكوكبات الأخرى.

4 بنية إشارات النظامين IRNSS و GAGAN

1.4 بنية إشارة النظام IRNSS

تتمركز إشارات النظام IRNSS عند الترددین 1 176,45 MHz و 1 575,42 MHz. والإشارة ضيقة النطاق عبارة عن إشارة BPSK تبث شفرات ذهبية.

وتشكل الإشارة IRNSS بالتشكيل BOC (5,2). والتشكيل BOC عبارة عن مقياس لتشكيل الشكل الطيفي للإشارة المرسله. ويعبر عن الإشارات من النمط BOC عادةً بالشكل $BOC(f_{sub}, f_{chip})$ حيث يعبر عن الترددات بمضاعفات معدل النبضات البالغ 1,023 Mchip/s. ويتم الحصول على الكثافة PSD للإشارة BOC بالمعادلة:

$$G_{BOC\sin(f_s, f_c)}(f) = f_c \left[\frac{\sin\left(\frac{\pi f}{2f_s}\right) \cos\left(\frac{\pi f}{f_c}\right)}{\cos\left(\frac{\pi f}{2f_s}\right) \pi f} \right]^2$$

حيث:

$$f_s = 5 \times 1,023 \text{ MHz} \text{ هي تردد الموجة الحاملة الفرعية}$$

$$f_c = 2,0 \times 1,023 \text{ MHz} \text{ هي معدل النبضات.}$$

1.1.4 وصف إشارة النظام IRNSS

الجدول 26

معلومات الإشارة L5 للنظام IRNSS

وصف معلمة النظام RNSS		المعلمة
RS	SPS	
12 ± 1 176,45		مدى تردد الإشارة (MHz)
2,046	1,023	معدل نبضات الشفرة PRN (Mchip/s)
25		معدلات بتات البيانات الملاحية (bit/s)
50		معدلات رموز البيانات الملاحية (symbol/s)
BOC (5,2)	BPSK (1 MHz)	طريقة تشكيل الإشارة
RHCP		الاستقطاب
1,8 كحد أقصى		الإهليلجية (dB)
159,30-	156,37-	أدنى سوية لقدرة الإشارة المستقبلية عن خرج الهوائي المرجعي (dBW)
24		عرض نطاق مرشاح المرسل RF عند 3 dB (MHz)

الجدول 27

معلومات الإشارة L1 للنظام IRNSS

وصف معلمة النظام RNSS		المعلمة
RS	SPS	
1 575,42 ± 12 (for BOC _s (5,2)/BOC _c (4,2)) / 1 575,42 ± 15 (for BOC _c (12,2))	12 ± 1 575,42	مدى تردد الإشارة (MHz)
2,046	1,023	معدل نبضات الشفرة PRN (Mchip/s)
	25	معدلات بتات البيانات الملاحة (bit/s)
	50	معدلات رموز البيانات الملاحة (symbol/s)
BOC _s (5,2)/BOC _c (4,2)/ BOC _c (12,2)	BOC (1,1)/CBOC(6,1,1/11) / TMBOC(6,1,1/11) ⁽²⁾	طريقة تشكيل الإشارة ⁽¹⁾
RHCP		الاستقطاب
1,8 كحد أقصى		الإهليلجية (dB)
161,74– 156,37–		أدنى سوية لقدرة الإشارة المستقبلية عن خرج الهوائي المرجعي (dBW)
24 (for BOC _s (5,2)/BOC _c (4,2)) / 30 (for BOC _c (12,2))	24	عرض نطاق مرشاح المرسل RF عند 3 dB (MHz)

(1) يتم اختيار أي من خيارات التشكيل طبقاً لنتائج التنسيق مع المشغلين الآخرين للنظام RNSS.

(2) التشكيل MBOC يجمع بين إشارتين بالتشكيل BOC. والتشكيل BOC بتعدد الإرسال الزمني (TMBOC) والتشكيل BOC المركب (CBOC) هما شكلان لتنفيذ التشكيل MBOC. ويتم تعدد الإرسال الزمني لإشارة بالتشكيل TMBOC وإشارتين بالتشكيل BOC. وفي الإشارة بالتشكيل CBOC، يتم تقاسم قدرة الإشارة بين إشارتين بالتشكيل BOC.

تتألف الإشارة (6,1,1/11) TMBOC من '1' تشكيل BOC(6,1) بالنسبة لمدة 1/11 من الزمن و'2' تشكيل (1,1) بالنسبة لمدة 10/11 من الزمن. تتألف الإشارة (6,1,1/11) TMBOC من مجموع '1' مقدار 1/11 من قدرة التشكيل BOC(6,1) و'2' مقدار 10/11 من قدرة التشكيل BOC(1,1).

2.4 إرسالات النظام GAGAN

الجدول 28

الإرسالات L1 للنظام GAGAN في النطاق 1 610-1 559 MHz

وصف معلمة النظام RNSS	المعلمة
(C/A) 9 ± 1 575,42	مدى تردد الإشارة (MHz)
(C/A) 1,023	معدل نبضات الشفرة PRN (Mchip/s)
(C/A) 250	معدلات بتات البيانات الملاحة (bit/s)
(C/A) 500	معدلات رموز البيانات الملاحة (symbol/s)
(C/A) BPSK-R(1)	طريقة تشكيل الإشارة
RHCP	
2,0 كحد أقصى	
(C/A) 157,37–	أدنى سوية لقدرة الإشارة المستقبلية عن خرج الهوائي المرجعي (dBW)
18	عرض نطاق مرشاح المرسل RF عند 3 dB (MHz)

الجدول 29

الإرسالات L5 للنظام GAGAN في النطاق 1 215-1 164 MHz

وصف معلمة النظام RNSS	المعلمة
12 ± 1 176,45	مدى تردد الإشارة (MHz)
10,23	معدل نبضات الشفرة PRN (Mchip/s)
(L5I) 250	معدلات بتات البيانات الملاحة (bit/s)
(L5I) 500	معدلات رموز البيانات الملاحة (symbol/s)
BPSK-R(10)	طريقة تشكيل الإشارة
RHCP	الاستقطاب
2,0 كحد أقصى	الإهليلجية (dB)
(L5I) 156,3-	أدنى سوية لقدرة الإشارة المستقبلية عن خرج الهوائي المرجعي (dBW)
24	عرض نطاق مرشح المرسل RF عند 3 dB (MHz)

الملحق 11

الوصف التقني والخصائص التقنية لنظام التعزيز الساتلي لكوريا (KASS)

1 مقدمة

سينفذ نظام التعزيز الساتلي لكوريا (KASS) المكرس أساساً لتطبيقات الطيران في 2022 تقريباً. وسيُرسل النظام KASS ساتلين للنقل موجتين حاملتين لإشارات التعزيز لنظام GPS (إشارات RNSS). وتشمل هذه الإشارات معلومات منها الحالة الساتلية لنظام GPS والتصحيح التفاضلي الأساسي (التصحیحات التوقيتية الفلكية والميقاتية الساتلية لنظام GPS) والتصحيح التفاضلي الدقيق (التصحیحات الأيونوسفيرية).

1.1 خطة التردد والاستقطاب

تستند متطلبات التردد للنظام KASS إلى القناة L1 لنظام GPS والقناة L5 لنظام GPS الممركزتين على النطاق 1 575,42 MHz و 1 176,45 MHz على التوالي.

وتتطلب وظيفة خدمة الملاحة الراديوية الساتلية (RNSS) للنظام KASS تردد وصلة تغذية على الوصلة الصاعدة من الجزء الأرضي إلى الجزء الفضائي. وسيُستخدم النطاقان C و Ku من أجل وصلات التغذية للسواتل التجارية الخارجية العاملة والساتل الكوري على التوالي.

ويبين الجدول 30 التردد ونوع الاستقطاب للموجات الحاملة للنظام KASS.

الجدول 30

التردد ونوع الاستقطاب للموجات الحاملة للنظام KASS

عرض النطاق (MHz)	نوع الاستقطاب	التردد (MHz)	الموجة الحاملة
24	RHCP	1 575,42	L1
24	RHCP	1 176,45	L5

2 عرض عام للنظام

تذيع المحطة الفضائية للنظام KASS معلومات التعزيز لنظام GPS إلى المستعملين المزودين بالتجهيزات الملائمة في جميع أنحاء شبه الجزيرة الكورية أو بالقرب منها.

وتقيس تجهيزات المستعمل لنظام KASS الموقع ثلاثي الأبعاد لمستعمل نظام GPS في نظام الإحداثيات الأرضي المركز الثابت بالنسبة إلى الأرض (ECEF) للإحداثيات الجيوديسية 1984 (WGS-84)، ثم تحصل على معلومات التكاملية لنظام GPS التي تولدها محطات المعالجة (KPS) للنظام KASS باستعمال بيانات نظام GPS التي تستقبلها محطة المرجعية (KPS) للنظام KASS على أساس الوقت الفعلي.

3 أجزاء النظام

يتكون النظام KASS من ثلاثة أجزاء رئيسية: الجزء الفضائي والجزء الأرضي والجزء الخاص بالمستعمل. ولكل جزء وظيفة رئيسية كالتالي.

1.3 الجزء الفضائي

تقوم الحمولة الملاحة النافعة للجزء الفضائي للنظام KASS باستقبال وإرسال إشارات RNSS التي يولدها الجزء الأرضي. وستوضع الحمولات النافعة الكورية في موقعين من المواقع التالية 91,5° شرقاً و113° شرقاً و116° شرقاً و128,2° شرقاً المستعملة من أجل الخدمة الثابتة الساتلية (FSS)، والخدمة الإذاعية الساتلية (BSS).

وتشمل الحمولة الملاحة النافعة هوائي استقبال لإشارة وصلة التغذية المرفوعة على الوصلة الصاعدة من المحطات الأرضية، والمحولات الخافض للتردد من 6 GHz أو النطاق 14 GHz إلى 1,5 GHz و 1,2 GHz، والمكبر عالي القدرة لإشارة وصلة المستعمل، وهوائي إرسال بمزم نقطية لتغطية شبه الجزيرة الكورية والمنطقة المجاورة لها.

2.3 الجزء الأرضي

يتكون الجزء الأرضي من المحطات التالية:

- 7 محطات مرجعية KASS (KRS) (على الأقل)،
- محطتان للمعالجة KASS (KPS)،
- محطتان للتحكم KASS (KCS)،
- 3 محطات للوصلة الصاعدة (KUS).

سيقع الجزء الأرضي والمحطات KRS و KPS و KCS و KUS في كوريا. ومع محطتين KPS، لن تتعطل الخدمة SBAS في منطقة الخدمة بسبب الكوارث الطبيعية أو آثار أخرى. ومحطة KUS هي مرفق لاستقبال بيانات KASS المرسلة من الجزء الأرضي ونقلها إلى المحطة KPS من خلال وصلات اتصالات الأرض أو الوصلة الساتلية. وتستقبل المحطة KRS الإشارات GPS L1

(MHz 1 575,42) و GPS L5 (MHz 1 176,45) من السواتل GPS لمراقبة الإشارات GPS وكذلك لحساب وتصحيح التأخرات الأيونوسفيرية في وقت انتشار الإشارة. وتقوم المحطة KRS بوظيفة جمع البيانات الأساسية اللازمة لتحديد موقع السواتل KASS من أجل استحداث بيانات قياس المسافة (تحديد الموقع المكافئ لموقع نظام GPS) فضلاً عن وظائف المحطة KUS.

3.3 الجزء الخاص بالمستعمل

يُحدّد الجزء الخاص بالمستعمل (المستقبل KASS) موقعه الجغرافي في الجو وفوق المحيطات وعلى الأرض باستعمال كواكب نظام GPS وإشارة KASS. ويقوم المستقبل KASS بجيازة بيانات أكثر دقة بشأن قياس المسافة والتصحيح.

4 بنية الإشارة لنظام KASS

تُعدّ إشارات خدمة الملاحة الراديوية الساتلية (RNSS) متلائمة مع الإشارتين GPS L1 و GPS L5 ومع الموجتين المشكّلتين بواسطة الترددتين المركزيين MHz 1 575,42 و MHz 24,0 وعرضي نطاق يبلغان MHz 1 176,45 و MHz 24 على التوالي. ويكون التتابع المُرسَل هو إضافة الرسالة الملاحة باستخدام المقياس Modulo-2 بمعدل 500 Symbols/s وشفرة الضوضاء شبه العشوائية بمعدل بتات 1 023. وأخيراً، سوف يُشكّل هذا التتابع بواسطة إبراق بزحزحة الطور ثنائي الحالة على التردد الحامل بمعدل 1,023 Mcchip/s. وتُشكّل المكونة المطاورة (I) والمكونة التريبعية (Q) للإشارة وفقاً لطريقة تشكيل تعتمد على اختيار التردد الحامل.

5 قدرة الإشارة وأطرافها

يستعمل الجزء الفضائي للنظام KASS هوائياً بحزمة نقطية تُشعّ مستوى قدرة مناسباً لمستعملي نظام KASS. وتكون الإشارات المرسلّة على الموجتين الحاملتين L1 و L5 مستقطّبة دائرية مُيَّمنة. ويُقدّم الجدول 31 خصائص إشارات النظام KASS المرسلّة من القسم الفضائي.

الجدول 31

خصائص إشارات نظام KASS

التردد الحامل (MHz)	عرض النطاق المخصص (MHz)	أقصى قدرة ذروة (dBW)	كسب الهوائي كحافة منطقة التغطية (dBi)	أقصى كثافة قدرة حافة منطقة التغطية (dBW)
(L1) 1 575,42	24,0	13,5	18,5	32,0
(L5) 1 176,45	24,0	14,0	18,5	32,5

الملحق 12

الوصف التقني والخصائص التقنية لنظام التصويب التفاضلي والمراقبة (SDCM)

1 مقدمة

النظام SDCM هو نظام تعزيز محمول على السواتل من أجل النظام العالمي للملاحة GLONASS، يسمح بزيادة الدقة ويوفر تكامل الإشارات الراديوية معمارية الدقة لأغراض تحديد موقع مستخدم الملاحة البحرية والجوية الأرضية والفضائية.

2 عرض عام للنظام

يشمل النظام SDCM ثلاثة سواتل مستقرة بالنسبة إلى الأرض. ويعرض الجدول 32 المواقع المدارية للسواتل وأسماء الشبكات الساتلية المقابلة المبلغ عنها للاتحاد.

الجدول 32

المواقع المدارية للسواتل والشبكات الساتلية المقابلة

الموقع المداري على المدار المستقر بالنسبة إلى الأرض	الشبكات الساتلية
16 غرباً	WSDRN-M
95 شرقاً	CSDRN-M
167 شرقاً	VSSRD-2M

جميع تخصيصات التردد للشبكات الساتلية المقدمة في الجدول 32 مسجلة في السجل الأساسي الدولي للترددات وفقاً للوائح الراديو للاتحاد.

3 تشكيلة النظام

يتكون النظام SDCM من جزأين: الجزء الفضائي والجزء الأرضي.

1.3 الجزء الفضائي

يتكون الجزء الفضائي من ثلاثة سواتل ترسل بيانات لمستعملي النظام SDCM عبر البث SBAS.

2.3 الجزء الأرضي

يتكون النظام الأرضي من مركز التحكم SDCM، والأنظمة الأرضية التي ترسل بيانات SDCM إلى المستعملين، والبنية التحتية للشبكة وللتحكم في الحمولة النافعة، ومحطات استقبال أرضية لجمع القياسات موزعة عبر جميع أنحاء العالم.

4 الإشارة SDMC

توفر الشبكات الساتلية WSDRN-M و CSDRN-M و VSSRD-2M بيانات لمستعملي النظام SDMC من خلال إرسال إشارات CDMA بنسق الرسالة SBAS على تردد حامل يبلغ 1 575,42 MHz وعرض نطاق قدره 24 MHz.

ويكون التتابع المرسل هو إضافة الرسالة الملاحية باستخدام المقياس Modulo-2 بمعدل 500 Symbols/s وشفرة الضوضاء شبه العشوائية بمعدل بتات 1 023. ويتم تشكيل الموجة الحاملة باستعمال خطة الإبراق BPSK بمعدل نبضات يبلغ 1,023 Mchip/s. ولرسائل الرموز SDCM معدل نبضات يبلغ 500 bit/s وهي متزامنة بفترات مدتها 1 ms للشفرة C/A.

ويقدم الجدول 33 قيم ذروة القدرة المشعة المكافئة المتناحية للإشارة SDCM L1 C/A.

الجدول 33

قيم قدرة الإشارة SDCM L1 المرسل من الساتل

ذروة القدرة المشعة المكافئة المتناحية (dBW) ⁽¹⁾	الموقع المداري على المدار المستقر بالنسبة إلى الأرض	اسم الشبكة الساتلية
33,7	16 غرباً	WSDRN-M
33,7	95 شرقاً	CSDRN-M
33,7	167 شرقاً	VSSRD-2M

(1) تقابل قيمة ذروة القدرة e.i.r.p. تسديد الحزمة بزحزحة 7 درجات نحو الشمال بالنسبة لنقطة مسقط الساتل.

1.4 التردد الحامل SDCM

التردد هو 1 575,42 MHz الذي تستعمله الإشارة SDCM L1 C/A على الوصلة الهابطة على النحو المشار إليه أعلاه. وبما أن الإشارة SDCM L1 C/A تستعمل نفس التردد الذي يستعمله النظام GPS، تختلف الإشارة SDCM L1 C/A عن الإشارات GPS الأخرى في المدى L1 من خلال استعمال شفرة ضوضاء شبه عشوائية وحيدة. ويُعد ذلك مطابقاً تماماً لنظام GPS وتطبيقه لشفرات الضوضاء شبه العشوائية لكل ساتل على حدة. ويتم تنسيق شفرة الضوضاء شبه العشوائية مع مشغل نظام GPS قصد ضمان الملاءمة مع نظام GPS وغيره من إذاعات الإشارة الشبيهة بنظام GPS.

2.4 المعلومات الأساسية للإشارة SDCM

يرسل النظام SDCM إشارات النفاذ CDMA بنسق الرسائل SBAS في نطاق التردد L1 في الاتجاه فضاء-أرض. ويقدم الجدول 34 المعلومات الأساسية للإشارة SDCM L1 C/A.

الجدول 34

المعلومات الأساسية للإشارة SDCM L1 C/A

المعلمة	قيمة المعلمة
مدى تردد الإشارة (MHz)	1 575,42 ± 12
معدل نبضة الشفرة للضوضاء شبه العشوائية (Mchip/s)	1,023
معدلات بتات البيانات الملاحية (bit/s)	250
معدلات رموز بتات البيانات الملاحية (symbol/s)	500
طريقة تشكيل الإشارة	BPSK-R(1) (انظر الملاحظة 1)
الاستقطاب	استقطاب دائري مُيَمَّن (RHCP)
الإهليلجية (dB)	القيمة القصوى 2,0
أدنى سوية للقدرة المستقبلية عند خرج الهوائي المرجعي (dBW)	-158,5 (انظر الملاحظة 2)
عرض النطاق 3 dB لمرشح الإرسال للتردد الراديوي (MHz)	24

الملاحظة 1: بالنسبة لمعلومات خدمة الملاحية الراديوية الساتلية في نظام GPS، تشير الدالة BPSK-R(n) إلى تشكيل الإبراق بزحزحة الطور ثنائي الحالة باستعمال نبضات مربعة بمعدل تنبيض يبلغ $n \times 1,023$ (Mchip/s).

الملاحظة 2: تُقاس أدنى قدرة مستقبلية لنظام SDCM عند خرج هوائي استقبال لمستعمل مرجعي باستقطاب دائري ميامن 0 dBi (حيث يكون الهوائي مركباً قريباً من سطح الأرض) عند أسوأ توجيه عادي عندما يكون الساتل أعلى من زاوية ارتفاع 5 درجات فوق المستوي الأفقي.

الملحق 13

الوصف التقني والخصائص التقنية للشبكة SES SBAS

1 مقدمة

يدعم النظام SES حالياً نظامين SBAS مختلفين هما نظام التعزيز واسع النطاق (WAAS) والخدمة الملاحة المكملة المستقرة بالنسبة إلى الأرض للتغطية الأوروبية (EGNOS) اللذان يوفران كلاهما بيانات تكامل الإشارات GPS (تفصيل الحالة الصحية للإشارات GPS المستلمة) مما يسمح باستعمالهما في التطبيقات الأساسية للأمن.

وستدعم الحمولة النافعة WAAS على متن الساتل SES-15 عند 129° غرباً الخدمات RNSS للإدارة الفدرالية للطيران (FAA) في الولايات المتحدة عن طريق تقديم إذاعة تغطي نظام الفضاء الجوي الوطني (NAS) الأمريكي. وتوفر الإدارة الفدرالية للطيران هذه الخدمة لأنها تحسن قدرة الطائرات المزودة بنظام GPS على إجراء عمليات هبوط دقيقة وتعزز سلامة الطيران.

والحمولات النافعة EGNOS على متن الساتلين SES-5 و ASTRA-5B عند 5° شرقاً و 31,5° شرقاً على التوالي، مماثلة للحمولة النافعة WAAS ولكنها تبث إشارات توفر تغطية الخدمة حالياً في الدول الأعضاء في المؤتمر الأوروبي للطيران المدني (ECAC)³.

وجدير بالإشارة إلى أن المواقع المدارية الساتلية المشار إليها أعلاه هي مواقع سبتمبر 2017 وأنه يمكن نقل السواتل من وقت لآخر تبعاً للاحتياجات الإجمالية للنظام.

2 عرض عام للنظام

تستعمل الحمولة النافعة WAAS على متن الساتل SES-15 والحمولات النافعة EGNOS على متن الساتلين SES-5 و ASTRA-5B وصلات الخدمة في النطاقين MHz 1 215-1 164 و MHz 1 610-1 559 للموزعين للخدمة RNSS عبر المساحة المرئية من الأرض في نفس مدى التردد الذي تستعمله الإشارات GPS L1 (في النطاق MHz 1 610-1 559) و L5 (في النطاق MHz 1 215-1 164)، مع وصلات تغذية صاعدة في الولايات المتحدة وأوروبا في نطاقات التردد المبينة في الجدول 35 أدناه.

ستوفر الحمولات النافعة WAAS و EGNOS بيانات للمستقبلات GPS الممكنة بالنظامين WAAS و EGNOS. وستستخدم هذه المعلومات بعد ذلك لتصحيح الأخطاء في قياس الموقع GPS، مما يحسن من دقة تحديد الموقع GPS التي يمكن الحصول عليها من 10 أمتار إلى متر واحد تقريباً. وستكون المحطة الرئيسية لوصلة التغذية الصاعدة للإشارة WAAS هي المحطة الأرضية SES South Mountain في سوميس، كاليفورنيا، مع محطة إغاثة "فورية" تقع في بروستر، واشنطن. وفيما يتعلق بالنظام EGNOS، تقع محطات وصلة التغذية الصاعدة من أجل الساتلين SES-5 و ASTRA-5B في بيتردورف، لكسمبرغ وفي ريدو، بلجيكا.

وتطبق المحطات الأرضية التصحيح الأمامي للأخطاء على رسائل WAAS و EGNOS وتضبط توقيتها ليتزامن مع طور الإطار الفرعي للإذاعة GPS ثم ترفع هذه الرسائل على الوصلة الصاعدة إلى الحمولات الملاحة النافعة، التي تستقبل الرسائل ثم تعيد إذاعتها إلى سطح الأرض ومستعملي الطيران في أنظمة الفضاء الجوي الوطني المستفيدة من التغطية.

وسوف تستعمل الحمولة النافعة WAAS أيضاً منارة تتبع عند MHz 3 700,2.

³ تغطية الحزمة الفعلية أكبر لأنها تغطي الكتل الأرضية المرئية.

الجدول 35

نطاقات وصلة التغذية الصاعدة WAAS و EGNOS من أجل الإشارتين L5 و L1

الساتل	وصلة التغذية من أجل L1 (MHz)	وصلة التغذية من أجل L5 (MHz)
SES-15 (WAAS)	6 650,27-6 628,27	6 701,42-6 679,42
SES-5 (EGNOS)	5 860,42-5 840,42	5 829,795-5 778,795
ASTRA-5B (EGNOS)	5 847,420-5 823,420	5 778,393-5 725,197

3 تشكيلة النظام

1.3 الجزء الفضائي

الحمولة الملاحية النافعة عروة بسيطة مرتدة أو مرسل-مستجيب من نمط "الموجّه المائل للموجات" يستقبل الرسالة المرفوعة بالوصلة الصاعدة في النظام WAAS أو EGNOS على زوج من القنوات ذات الترددات الثابتة في نطاق الوصلة الصاعدة للخدمة الثابتة الساتلية وهما قناتان مُرَشَّحَتان ومُترَجَّمَتان إلى النطاق 1 610-1 559 MHz (من أجل الإشارة L1) والنطاق 1 215-1 164 MHz (من أجل الإشارة L5). وتُرسل المكبرات والهوائيات المكرسة للإرسال إشارات لخدمة الملاحة الراديوية الساتلية (RNSS) إلى الأرض، مما يُقدِّم التغطية للفضاء الجوي.

2.3 الجزء الأرضي

يوفر مشغل النظام SBAS المعني البنية التحتية الأرضية المصاحبة للنظام SBAS، ويقوم بحساب بيانات التصحيح المناسبة قبل إدراجها في الإشارة المرسل على الوصلة الصاعدة.

4 بنية إشارات الحمولات النافعة WAAS و EGNOS

تُذاع إشارات التعزيز WAAS و EGNOS على نفس التردد الذي تُذاع عليه الإشارتان GPS L1 و L5. ويُحدد المجتمع الطيران بنية الإشارة اللازمة للرسائل SBAS. وتُرسل رسائل نظام التعزيز المحمول على متن السواتل في نفس النسق الأساسي ونفس البنية الأساسية اللذين تتسم بهما الإشارة الملاحية في نظام GPS والمرسلة على هذين الترددتين بواسطة سواتل GPS. وتستعمل هذه الرسائل نسق وبنية نظام GPS بالنظر إلى أن الهدف المنشود لهما هو استقبالهما من مستقبلات المستعمل المزودة بالتجهيزات الملائمة مثل أية رسالة لنظام GPS.

وتتضمن البنية المشتركة للإشارة شفرة الحيازة التقريبية C/A بالإضافة إلى الرسالة المُدمجة لنظام التعزيز الواسع النطاق والشفرة المدنية الشبيهة بنظام GPS. وقد صُمِّم هذا النظام على نحو يميِّز من إدماج إما إشارة شفرة الحيازة التقريبية C/A أو إشارة الشفرة الدقيقة P(Y) أو كل منهما على الوصلات الصاعدة ويميِّز من ثم من إرسالهما على الوصلتين الهابطتين L1 و L5.

ويرد في الجدول 36 مستويات الإشارتين L1 و L5 المرسلتين من الحمولتين النافعتين WAAS و EGNOS على متن المحطات الفضائية SES.

الجدول 36

شدة الإشارتين L1 و L5 المرسلتين من الحمولتين النافعتين WAAS و EGNOS على متن السواتل SES

L5	L1	ذروة كثافة القدرة المشعة المكافئة المتناحية (⁽¹⁾ dBW)
34,7	35,5	SES-15 (WAAS)
36,6	35,7	SES-5 (EGNOS)
36,6	35,7	ASTRA-5B (EGNOS)

(¹) قدرة الذروة تكون عند نقطة الحضيض لتغطية الإرسال

5 ترددات تشغيل الحمولات النافعة للنظام SES SBAS

يبين الجدول 37 العلاقة بين الترددات المركزية على الوصلة الصاعدة والوصلة الهابطة للحمولتين النافعتين WAAS و EGNOS للساتل SES.

الجدول 37

الترددات المركزية للحمولتين النافعتين WAAS و EGNOS من أجل الإشارتين L1 و L5

الوصلة الهابطة للإشارة (MHz) L5	الوصلة الصاعدة للإشارة (MHz) L5	الوصلة الهابطة للإشارة (MHz) L1	الوصلة الصاعدة للإشارة (MHz) L1	الساتل
1 176,45	6 690,42	1 575,42	6 639,27	SES-15 (WAAS)
1 191,795	5 804,295	1 575,42	5 850,42	SES-5 (EGNOS)
1 191,795	5 751,795	1 575,42	5 835,42	ASTRA-5B (EGNOS)

وبما أنهما إشارتين تستعملان نفس الترددات اللذين يستعملهما نظام GPS، فإن تمييز إشارتي الحمولتين النافعتين WAAS و EGNOS للساتل SES عن الإشارتين العاديتين GPS L1 و L5 يتم من خلال استعمال شفرة وحيدة للضوضاء شبه العشوائية، ويُعد ذلك مطابقاً تماماً لنظام GPS وتطبيقه لشفرات الضوضاء شبه العشوائية لكل ساتل على حدة. ويتم تنسيق شفرة الضوضاء شبه العشوائية مع مشغل نظام GPS قصد ضمان الملاءمة مع نظام GPS وغيره من إذاعات الإشارة الشبيهة بنظام GPS.

6 طيف التحكم والقياس عن بُعد

تجري استضافة الحمولة النافعة WAAS للساتل SES-15 عند 129° غرباً والحمولتين النافعتين EGNOS للساتلين SES-5 و ASTRA-5B عند 5° شرقاً و 31,5° شرقاً على التوالي كحمولات ملاحية نافعة على متن السواتل SES وتُدمج وظيفتها للتحكم والقياس عن بعد مع أنظمة الطائرات للقياس عن بُعد والتتبع والتحكم (TT&C).

ومع ذلك، تستعمل الحمولة النافعة WAAS للساتل SES-15 منارة تتبع مستقطبة عمودياً عند 3 700,2 MHz.

7 معلمات الإرسال

تُرسل الحمولة النافعة WAAS للساتل SES-15 عند 129° غرباً والحمولتان النافعتان EGNOS للساتلين SES-5 و ASTRA-5B عند 5° شرقاً و 31,5° شرقاً على التوالي، إشارات ملاحية لخدمة الملاحة الراديوية الساتلية (RNSS) في الاتجاه أرض-فضاء في نطاقين، يردان في الجدولين 38 و 39 أدناه، يمثلان نطاقي الخدمة RNSS اللذين تُرسل فيهما الحمولات النافعة المستضافة على متن الساتل SES الإشارات الملاحية.

1.7 معلمات الإرسال للإشارة L1

يُقدّم الجدول 38 المعلمات الرئيسية لإرسالات الإشارة L1.

الجدول 38

إرسالات الإشارة L1 في النطاق 1 610-1 559 MHz

المعلمة	قيمة المعلمة
مدى تردد الإشارة (MHz)	1 575,42 ± 11
معدل نبضة الشفرة للضوضاء شبه العشوائية (Mchip/s)	1,023
معدلات بتات البيانات الملاحية (bit/s)	250
معدلات رموز بتات البيانات الملاحية (symbol/s)	500
طريقة تشكيل الإشارة	BPSK-R(1) (انظر الملاحظة 1)
الاستقطاب	استقطاب دائري مُيَّامِن (RHCP)
الإهليلجية (dB)	القيمة القصوى 2,0
أدنى سوية للقدرة المستقبلية عند خرج الهوائي المرجعي (dBW)	158,5- (انظر الملاحظة 2)
عرض النطاق 3 dB لمرشاح الإرسال للتردد الراديوي (MHz)	24,0

الملاحظة 1 - بالنسبة لمعلمات خدمة الملاحة الراديوية الساتلية، تشير الدالة BPSK-R(n) إلى تشكيل الإبراق بزحزحة الطور ثنائي الحالة باستعمال نبضات مستطيلة بمعدل تبيض يبلغ $n \times 1,023$ (Mchip/s).
الملاحظة 2 - تُقاس أدنى قدرة مستقبلية عند خرج هوائي استقبال مرجعي لمستعمل بمجموعة ليزر مستقطبة خطأً 3 dBi (حيث يكون الهوائي مركباً قريباً من الأرض) عند أسوأ توجيه عادي وعندما يكون الساتل أعلى من زاوية ارتفاع 5 درجات أو أكثر فوق مستوى أفق الأرض.

2.7 معلمات الإرسال على الإشارة L5

يُقدِّم الجدول 39 المعلمات الرئيسية لإرسالات الإشارة L5.

الجدول 39

إرسالات الإشارة L5 في النطاق 1 215-1 164 MHz

المعلمة	قيمة المعلمة
مدى تردد الإشارة (MHz)	1 176,45 ± 11
معدل نبضة الشفرة للضوضاء شبه العشوائية (Mchip/s)	10,23
معدلات بتات البيانات الملاحية (bit/s)	250
معدلات رموز البيانات الملاحية (symbol/s)	500
طريقة تشكيل الإشارة	BPSK-R(10) (انظر الملاحظة 1)
الاستقطاب	استقطاب دائري مُيَّامِن (RHCP)
الإهليلجية (dB)	القيمة القصوى 2,0
أدنى سوية للقدرة المستقبلية عند خرج الهوائي المرجعي (dBW)	157,9- (انظر الملاحظة 2)
عرض النطاق 3 dB لمرشاح الإرسال للتردد الراديوي (MHz)	24,0

الملاحظة 1: بالنسبة لمعلمات خدمة الملاحة الراديوية الساتلية، تشير الدالة BPSK-R(n) إلى تشكيل الإبراق بزحزحة الطور ثنائي الحالة باستعمال نبضات مستطيلة بمعدل تبيض يبلغ $n \times 1,023$ (Mchip/s).

الملاحظة 2: تُقاس أدنى قدرة مستقبلية عند خرج هوائي استقبال مرجعي لمستعمل بمجموعة ليزر مستقطبة خطأً 3 dBi (حيث يكون الهوائي مركباً قريباً من الأرض) عند أسوأ توجيه عادي وعندما يكون الساتل أعلى من زاوية ارتفاع 5° أو أكثر فوق مستوى أفق الأرض.

الملحق 14

الوصل التقني والخصائص التقنية للشبكة Eutelsat SBAS

1 مقدمة

ستقوم شركة Eutelsat بتشغيل الجيل التالي من الخدمة الملاحة المستقرة بالنسبة إلى الأرض للتغطية الأوروبية (EGNOS). وسيجري استضافة الحمولة النافعة على الساتل المستقبلي EUTELAST-5 West B (E5WB) الذي من المتوقع إطلاقه في نهاية 2018. وسيوفر الساتل E5WB مقدرة فضائية لضمان تحسين دقة وموثوقية معلومات تحديد الموقع من أجل أنظمة الخدمة RNSS.

2 تشكيلة النظام

تتكون الشبكة Eutelsat من ساتل واحد في مدار مستقر بالنسبة إلى الأرض عند عند 5° غرباً ومحطتين أرضيتين.

1.2 الجزء الفضائي

سيستعمل الساتل E5WB مرسلين مستقبلين بعرض نطاق يبلغ 24 MHz لمعالجة إشارة الخدمة RNSS على الوصلة الصاعدة التي يولدها الجزء الأرضي. ويستقبل الساتل E5WB الإشارتين المرفوعتين بالوصلة الصاعدة في نظام SBAS على قنوات تردد ثابت ضمن مدى التردد 5 850-6 700 MHz. وتُرشح الإشارتان وتترجمان إلى مدبي تردد: الإشارة L1 (المتكزة على النطاق 1 575,42 MHz) والإشارة L5 (المتكزة على النطاق 1 176,45 MHz). وترسل الإشارتان إلى الأرض بواسطة هوائي ذي حزمة بتغطية عالمية، مما يُتيح تغطية فوق السطح المرئي للأرض. وللهوائي كسب متناحٍ أقصى قدره 20 dBi ودقة تسديد تبلغ حوالي 0,2 درجة.

2.2 الجزء الأرضي

يوفر مشغل النظام SBAS المعني البنية التحتية الأرضية المصاحبة للنظام SBAS، ويقوم بحساب بيانات التصحيح المناسبة قبل إدراجها في الإشارة المرسل على الوصلة الصاعدة. ويرد في الجدول 40 معلمات الهوائي الذي يبلغ قطره 9 أمتار من أجل وصلات التغذية في نطاق التردد 5 850-6 700 MHz.

الجدول 40

معلمات هوائي المحطات الأرضية

مخطط إشعاع الهوائي	الكسب المتناحي الأقصى (dBi)	عرض الحزمة (بالدرجات)	قطر الهوائي (بالمتر)
log 29-25	53	0,39	9

3.2 جزء المستعمل

يتكون جزء المستعمل من عدة مطاريف مختلفة تستطيع استقبال وحساب البيانات الصادرة من النظامين GPS و Galileo وكوكبات أخرى للخدمة SRNS بالاتزان مع بيانات EGNOS وإجراء حسابات للحصول على تصحيحات وقياسات أكثر دقة.

3 خصائص الإرسال

يرد في الجدول 41 خصائص الإرسال للإشارتين الملاحيتين المرسلتين L1 و L5.

الجدول 41

خصائص الإرسال

التردد الحامل	عرض النطاق المخصص (MHz)	الاستقطاب	القيمة القصوى لقدرة الذروة (dBW)	كسب الهوائي (dBi)
MHz 1 575,42 (الإشارة L1)	24	RHCP	17	20
MHz 1 176,45 (الإشارة L5)	24	RHCP	17	20

وتُرسل رسائل نظام التعزيز المحمول على متن السواتل في نفس النسق الأساسي ونفس البنية الأساسية اللذين تتسم بهما الإشارة الملاحية في نظام GPS والمُرسلّة على هذين الترددتين بواسطة سواتل GPS. وتتكون هذه الإشارات من الشفرة C/A مع الرسالة SBAS المدججة والشفرة P(Y) اللتين يمكن دمجهما على الوصلات الصاعدة ومن ثم إرسالهما كإشارتين L1 و L5 على الوصلة الهابطة في النطاقين من 1 559 إلى 1 610 ومن 1 164 إلى 1 215 MHz على التوالي.