

ITU-R

قطاع الاتصالات الراديوية في الاتحاد الدولي للاتصالات

التوصية ITU-R M.1787-1
(2012/01)

**وصف الأنظمة والشبكات في خدمة الملاحة
الراديوية الساتلية (فضاء-أرض وفضاء-فضاء)
والخصائص التقنية لمحطات الإرسال الفضائية
العاملة في النطاقات 164 1 215-1 MHz
و 215 1 300-1 MHz و 559 1 610-1 MHz**

M السلسلة

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

تمهيد

يضطلع قطاع الاتصالات الراديوية بدور يتمثل في تأمين الترشيد والإنصاف والفعالية والاقتصاد في استعمال طيف الترددات الراديوية في جميع خدمات الاتصالات الراديوية، بما فيها الخدمات الساتلية، وإجراء دراسات دون تحديد 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)

يرد وصف للسياسة التي يتبعها قطاع الاتصالات الراديوية فيما يتعلق بحقوق الملكية الفكرية في سياسة البراءات المشتركة بين قطاع تقييس الاتصالات وقطاع الاتصالات الراديوية والمنظمة الدولية للتوحيد القياسي واللجنة الكهترتقنية الدولية (ITU-T/ITU-R/ISO/IEC) والمشار إليها في الملحق 1 بالقرار 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 التحديد الراديوي للموقع وخدمة الهواة والخدمات الساتلية ذات الصلة	M
انتشار الموجات الراديوية	P
علم الفلك الراديوي	RA
أنظمة الاستشعار عن بعد	RS
الخدمة الثابتة الساتلية	S
التطبيقات الفضائية والأرصاد الجوية	SA
تقاسم الترددات والتنسيق بين أنظمة الخدمة الثابتة الساتلية والخدمة الثابتة	SF
إدارة الطيف	SM
التجميع الساتلي للأخبار	SNG
إرسالات الترددات المعيارية وإشارات التوقيت	TF
المفردات والمواضيع ذات الصلة	V

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

النشر الإلكتروني

جنيف، 2012

© ITU 2012

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

التوصية ITU R M.1787-1

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 288/4 و ITU-R 217/4)

(2009-2012)

مجال التطبيق

تُعرَض في هذه التوصية معلومات بشأن المعلومات 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 (RNSS) وغيرها من الخدمات والأنظمة.

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 (RNSS)؛
- (ج) أن التوصيات ITU-R M.1902 و ITU-R M.1905 و ITU-R M.1903 و ITU-R M.1904 توفر الخصائص التقنية التشغيلية ومعايير الحماية للأنظمة والشبكات في مستقبلات خدمة الملاحة الراديوية الساتلية (فضاء-أرض وفضاء-فضاء) في نطاقات التردد MHz 1 215-1 164 و MHz 1 300-1 215 و MHz 1 610-1 559؛
- (د) أن التوصية ITU-R M.1 318 تقدم نموذج تقييم للتداخل المستمر من مصادر راديوية، خلاف المصادر الراديوية العاملة في خدمة الملاحة الراديوية الساتلية، على أنظمة وشبكات خدمة الملاحة الراديوية الساتلية 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؛
- (هـ) أن التوصية ITU-R M.1901 تقدم توجيهات بشأن هذه التوصية وتوصيات أخرى من توصيات قطاع الاتصالات الراديوية تتعلق بالشبكات والأنظمة العاملة 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؛
- (و) أن تقرير قطاع الاتصالات الراديوية ITU-R M.766 يتضمن معلومات ذات صلة بعمليات خدمة الملاحة الراديوية الساتلية (RNSS) في النطاق MHz 1 300-1 215؛
- (ز) أن أية محطة أرضية مزودة بالتجهيزات المناسبة يمكن أن تستقبل معلومات ملاحية من الأنظمة والشبكات في خدمة الملاحة الراديوية الساتلية (RNSS) على الصعيد العالمي؛
- (ح) أن توصية قطاع الاتصالات الراديوية ITU-R M.1831 تُقدّم منهجية لتقييم التداخلات فيما بين الأنظمة في خدمة الملاحة الراديوية الساتلية (RNSS) يتوجب استعمالها في التنسيق بين الأنظمة والشبكات في خدمة الملاحة الراديوية الساتلية (RNSS)،

وايذ 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) في الأقاليم الثلاثة؛

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 للخدمات أخرى في الأقاليم الثلاثة؛

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 تبلغ كاملة عنها، حسب الاقتضاء، بعد 1 يناير 2005 مرهوناً بتطبيق أحكام الأرقام 12.9 و 13.9 و 12A.9 و 13.9؛

هـ) أنه طبقاً للرقم 7.9 من لوائح الراديو، فإن المحطات في الشبكات الساتلية العاملة في الخدمة RNSS وتستهمل المدار المستقر بالنسبة إلى الأرض، تخضع للتنسيق مع الشبكات الساتلية الأخرى التي على شاكلتها،

توصي

1 ضرورة استعمال خصائص محطات الإرسال الفضائية وأوصاف الأنظمة الواردة في الملحقات من 1 إلى 10، 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 (RNSS)؛

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

2 أن الملاحظة 1 التالية ينبغي أن تُعتبر كجزء من هذه التوصية.

الملاحظة 1 - تُشير العبارة "مدى تردد الإشارة"، الواردة في ملحقات التوصية، إلى مدى تردد الإشارة موضوع الاهتمام في خدمة الملاحة الراديوية الساتلية (RNSS) (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 بالمegahيرتز (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°. ويُرسَل كل ساتل إشارات ملاحة في ثلاثة نطاقات للترددات وهي: L1 (1,6 GHz)، و L2 (1,2 GHz)، و L3 (1,1 GHz). ويجري التمييز بين هذه السواتل بواسطة التردد الحامل؛ ويمكن أن يُستهمل 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. وبوسع مستعملٍ استقبال 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 (GLONASS) على أساس شفافية غلاف التآين (أو الأيونوسفير)، وميزانية الوصلة الراديوية، وبساطة هوائيات المستعمل، وكبت تعدد المسيرات، وتكلفة التجهيزات، وأحكام لوائح الراديو. وتتباين الترددات الحاملة 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 (GLONASS)، 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 1201,7430 MHz (أدنى تردد) إلى 1209,7800 MHz (أعلى تردد) في نطاق الترددات L3. ويُقدّم الجدول 1-1 القيم الاسمية للترددات الحاملة لإشارات الملاحة الراديوية المستعملة في النظام العالمي للملاحة الساتلية (GLONASS).

الجدول 1-1

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

F_K^{L3} (MHz)	F_K^{L2} (MHz)	F_K^{L1} (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°) والمزحزحة الطور بزواوية 90° (في التشكيل التريبيعي) عند كل تردد حامل. وهي إشارات من نوعين، إشارة معيارية الدقة (SA) وأخرى عالية الدقة (HA).

2 عرض عام للنظام

يُتيح النظام العالمي للملاحة الساتلية (GLONASS) معطيات الملاحة وإشارات الوقت الدقيقة لمستعملي هذه المعطيات الأرضية والبحرية والجوية والفضائية.

ويعمل هذا النظام على أساس مبدأ التثليث المنفعل. وتقوم تجهيزات المستعمل للنظام العالمي للملاحة الساتلية (GLONASS) بقياس أشباه الأمدية وأشباه السرعات القطرية من كل السواتل المرئية ويستقبل المعلومات بشأن المعالم التقويمية الفلكية ومعلمات الميقاتية للسواتل. وعلى أساس من هذه المعطيات، تُحسب الإحداثيات الثلاث لموقع المستعمل والمكونات الثلاث لمتجهات السرعة ثم يجري تصحيح ميقاتية المستعمل وتردده. ويستعمل النظام العالمي للملاحة الساتلية (GLONASS) نظام الإحداثيات لمعلومات الأرض PE-90.

3 وصف النظام

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

1.3 الجزء الفضائي

يتألف النظام العالمي للملاحة الساتلية (GLONASS) من 24 ساتلاً من السواتل المتوقعة في ثلاثة مستويات مدارية والموزعة على أساس ثمانية سواتل في كل مستوى. وهذه المستويات منفصلة عن بعضها البعض بزواوية 120° على خط الطول. أما زواوية ميل المدار فهي $64,8^\circ$. أما المبعادة فهي متساوية بين السواتل بزواوية العرض 45° في كل مستوى. ويبلغ طول مدة الدوران لكل ساتل 11 ساعة و15 دقيقة. ويبلغ ارتفاع المدار $19\ 100$ km.

2.3 جزء التحكم

يتكون جزء التحكم من مركز التحكم للنظام وشبكة محطة للمراقبة. وتقيس محطات المراقبة المعالم المدارية وزحزحة الميقاتية نسبةً إلى الميقاتية الرئيسية للنظام. ويتم إرسال هذه المعطيات إلى مركز تحكم النظام. ويحسب هذا المركز المعطيات 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 ملاحة أخرى من أجل زيادة الدقة والاعتمادية الملاحيين. ويمكن أن يكون هذا الجمع مجدياً على وجه خاص بالنسبة للمنصات عالية الدينامية.

4 بنية إشارة الملاحة

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 للمعطيات 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 للمعطيات. ويبلغ معدل نبضات السلسلة شبه العشوائية 5,11 MHz في النطاقين L1 و L2 ويبلغ 4,095 MHz في النطاق L3.

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

5 قدرة الإشارة وأطياؤها

تكون الإشارات المرسلّة مستقطبة إهليلجياً مُيَّامنة مع عامل إهليلجية لا يكون أسوأ من 0,7 بالنسبة للنطاقات L1 و L2 و L3. وتُحدد أدنى قدرة مضمونة للإشارة عند دخل مستقبلٍ ما (مع افتراض كسب للهوائي بقيمة 0 dBi) بالقدر -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 (GLONASS) وهي: 8M19G7X و 1M02G7X و 10M2G7X. ويُقدّم الجدول 2-1 خصائص هذه الإشارات.

الجدول 2-1

خصائص إشارات النظام العالمي للملاحة الساتلية (GLONASS)

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 1M02G7X	10,2 1,02	15 15	52- 42-	11
نطاق الترددات L2	10M2G7X 1M02G7X	10,2 1,02	14 14	53- 43-	10
نطاق الترددات L3 ⁽¹⁾	8M19G7X 8M19G7X	8,2 8,2	15 15	52,1- 52,1-	12

(1) تتم زحزحة إشارتين (GLONASS) في النطاق L3 نسبةً إلى بعضهما البعض بزاوية 90° (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 $2f_t$. وللفضوص عرض نطاق مساوٍ للدالة f_t .

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.navcen.uscg.gov/gps/geninfo/>، وتُوجد المعلومات بشأن النظام العالمي لتحديد المواقع العامل في النطاقين MHz 1 300-1 215 و MHz 1 610-1 559 موثقة في أحدث نسخة من وثيقة المواصفات الخاصة بالواجهة البينية لهذا النظام IS-GPS-200، بما فيها أحدث تبليغات تنقيحية لها. وتُوجد المعلومات الراهنة بشأن النظام العالمي لتحديد المواقع العامل في النطاق MHz 1 215-1 164 موثقة في أحدث نسخة من وثيقة المواصفات الخاصة بالواجهة البينية لهذا النظام IS-GPS-705، بما فيها أحدث تبليغات تنقيحية لها. أما المعلومات الخاصة بالجزء الفضائي وجزء التحكم من هذا النظام فهي متاحة في الوثيقة المعنونة "معييار الأداء للخدمة المعيارية لتحديد المواقع في النظام العالمي لتحديد المواقع" (GPS SPS Performance Standard).

ويتألف خط الأساس لكوكبة سواتل النظام العالمي لتحديد المواقع، اسماً، من حد أدنى قدره 24 ساتلاً من السواتل العاملة في ستة مستويات مدارية متباعدة مباعداً متساوية ومائلة بزاوية قدرها 55°. وتدور سواتل النظام العالمي لتحديد المواقع حول الأرض كل 12 ساعة مع بث إشارات ملاحية متواصلة. ويُتيح هذا النظام تحديد المواقع بدقة في ثلاثة أبعاد 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 (GPS) على أساس تقييمٍ لمتطلبات المستعمل من الدقة، واستبانة تأخر الانتشار من الفضاء إلى الأرض، وكبت تعدد المسيرات، وتكلفة التجهيزات وتشكيلاتها. ولهذا النظام قناتان متمركزتان عند MHz 1 575,42 (وهي إشارة نطاق التردد L1 للنظام العالمي لتحديد المواقع) وعند MHz 1 227,6 (وهي إشارة نطاق التردد L2 لهذا النظام). وثمة قناة ثالثة لهذا النظام متمركزة عند MHz 1 176,45 (وهي إشارة نطاق التردد L5 لهذا النظام) ومكرسة لتقديم الدعم لتطبيقات الطيران المدني.

وتُستعمل القناة L1 من أجل تحديد موقع المستعمل في حدود 22 m. وهناك إشارة ثانية يتم إرسالها على كل من القناتين L1 و L2، وهي تزود مستقبلات الشفرة الدقيقة $P(Y)$ بتنوع التردد الضروري وبعرض نطاق أوسع بغية زيادة دقة المدى اللازمة لاستبانة تأخر الانتشار من الأرض إلى الفضاء واللازمة لكبت تعدد المسيرات بغية زيادة الدقة الكلية بقيمة أسية. ويمكن الجمع بين أي قناتين أو أكثر واستعمال هذه القنوات مجتمعة من أجل إتاحة تنوع التردد وعرض النطاق الأوسع اللازمين لزيادة دقة المدى بغية استبانة تأخر الانتشار من الأرض إلى الفضاء والإطناج. وتُتيح الإشارتان المدينتان L1 و L5 هذه المقدرة لفائدة مستقبلات الطيران المدني، وتُتيح الإشارات L1 و L2 و L5 هذه المقدرة كذلك لفائدة المستقبلات من الصنف التجاري.

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، مما يُوفر 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 المنفعل. وتقوم تجهيزات مُستعمل النظام أولاً بقياس أشباه الأمدية لأربعة سواتل، وحساب مواقعها، ومزامنة الميقاتية طبقاً لهذا النظام عن طريق استعمال المعطيات المستقبلية من معلمات تقويمية فلكية ومعلمات تصحيح الميقاتية. (وتُسمى 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 النظام الديكارتي العالمي الأرضي المركزي (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.

ويُقدّم النظام العالمي لتحديد المواقع (GPS)¹ الخدمة المعيارية لتحديد المواقع (SPS) لفائدة المستعملين المدنيين.

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 (GPS)، 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° نسبة إلى خط الاستواء. وهنالك، نمطياً، حد أدنى قدره أربعة سواتل في كل مستوى.

وإن الساتل بمثابة مركبة مستقرة ثلاثية المحاور. والعناصر الكبرى لحمولته الملاحية الرئيسية النافعة هي معيار التردد الذري للتوقيت الدقيق، والمعالج اللازم لتخزين المعطيات الملاحية، وتجميع إشارة الضوضاء شبه العشوائية (PRN) اللازم لتوليد إشارة قياس المسافة، وهوائي الإرسال للنطاق L. وبالرغم من أن إرسالات التردد الوحيد تُتيح الملاحية الأساسية، فإن إرسالات الترددات المتعددة تسمح بتصحيح التأخرات الأيونوسفيرية في وقت انتشار الإشارة.

2.3 جزء التحكم

يشتمل جزء التحكم على محطة التحكم المركزي (MCS)، والهوائيات الأرضية، وشبكة محطات المراقبة. 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، ومستقبل/معالج للنظام العالمي لتحديد المواقع، وأجهزة حاسوبية وأجهزة دخل/خرج. وتقوم مجموعة ما للتجهيزات بحيازة وتتبع الإشارة الملاحية انطلاقاً من أربعة سواتل أو أكثر تكون مرئية، وتقاس أوقات انتشار الإشارة والإزاحات الدوبلرية للتردد، ثم تحوّلها إلى أشباه أمدية ومعدلات أشباه أمدية، ثم تنفذ الحل لتحديد الموقع ثلاثي الأبعاد والسرعة ثلاثية الأبعاد، ثم تثبت توقيت النظام العالمي لتحديد المواقع (GPS). (ويُعدّ توقيت GPS مختلفاً عن التوقيت العالمي المنسق (UTC)، ولكن الفرق أقل من ثانية واحدة، وتحمل إشارات GPS المعلومات اللازمة للتحويل بين

¹ يخطط النظام العالمي لتحديد المواقع (GPS) للبدء في إنتاج أنظمة RNSS لمراقبة سلامة كوكبة النظام GPS في أوائل عام 2018.

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 مدمجة مع المحاسيس 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 (GPS) والمرسلة من ثلاثة ترددات مُشكّلة على النحو التالي: L1 عند التردد المركزي البالغ 1 575,42 MHz (f_0 154)، وL2 عند التردد المركزي البالغ 1 227,6 MHz (f_0 120)، وL5 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 ثلاثة إشارات على التردد الحامل L1. وتتضمن هذه الإشارات إشارة شفرة الحيازة التقريبية L1 C/A، وإشارة الشفرة الدقيقة L1 P(Y) والإشارة L1C، والتي يرد شرحها في القسم 1.6 أدناه.

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

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

وتُقدّم الجداول 1-2 و2-2 و3-2 قائمة بقيم المعلومات الرئيسية لإرسالات إشارات النظام GPS على الترددات L1 وL2 وL5، على التوالي. وتتضمن هذه المعلومات الخصائص التالية للتردد الراديوي: مدى تردد الإشارة؛ عرض النطاق 3 dB لمرشاح إرسال التردد الراديوي للساتل؛ وطريقة تشكيل الإشارة؛ وأدى سوية للقدرة المستقبلية عند دخل هوائي استقبال مركب على سطح الأرض.

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

وتُعد 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 الحاملين 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.

وتُعد القيم المتاحة في الجداول 1-2 و2-2 و3-2 هي التي يُوصى باستخدامها في التقديرات الأولية لملاءمة التردد الراديوي مع نظام GPS.

5 قدرة الإشارة وأطياها

تستعمل سواتل GPS هوائي بجزمة مُقوّبة تُشع قدرة شبه منتظمة إلى المستقبلات القريبة من سطح الأرض. وتُستطبّ الإشارات المرسلة على الموجات الحاملة L1 وL2 وL5 دائرياً مُيَّمنة مع بيان أسوأ الحالات الإهليلجية في الجداول 1-2 و2-2 و3-2 بالنسبة للمدى الزاوي $\pm 14,3^\circ$ 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 بنديكس المثلى (BOC). وتُشير دالة تشكيلات بنديكس المثلى $BOC(m,n)$ إلى تشكيل اثنيني للتردد الحامل المتخالف مع تخالف للتردد الحامل بقدر $m \times 1,023$ (MHz) ومعدل شفرة بقدر $n \times 1,023$ (Mchip/s) وكثافة 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 (MHz)

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

f_s : دور/أدوار الموجات المربعة للتردد الحامل المتخالف؛ أي $m \times 1,023$ MHz.

وتخلق تشكيلات بنديكس المثلى التي يستعملها نظام GPS تحولات إضافية للطور داخل كل دور تمديد لنبضة شفرة الضوضاء شبه العشوائية. ويتوقف عدد التحولات الإضافية للطور على المعلمتين m و n ، مثلما تم تحديدهما أعلاه، ويساوي (m/n) ضارب معدل نبضة الشفرة للضوضاء شبه العشوائية.

1.6 معلمات الإرسال للنطاق L1 في النظام العالمي لتحديد المواقع

تعمل عدة إشارات في نطاق خدمة الملاحة الراديوية الساتلية (RNSS) 1 610-1 559 MHz. وتشمل هذه الإشارات إشارة شفرة الحياة التقريبية L1 C/A والإشارة L1C وإشارة الشفرة الدقيقة L1 P(Y). وتتألف الإشارة L1C من مكونتين. ويتم تشكيل المكونة الأولى، التي يُرمز لها بالرمز L1C_D، بواسطة رسالة معطيات أما المكونة الأخرى التي يرمز لها بالرمز L1C_P، فهي خالية من المعطيات (أي الإشارة الإرشادية فقط) وتُستعمل المكونتان شفرتين PRN مختلفتين. (تحسّن المكونة الخالية من المعطيات أداء الخدمة RNSS فيما يتعلق بالالتقاط والتتبع). وتُرسل الإشارة (L1PLY) ومكونتا الإشارة L1C متحدة الطور فيما ترسل الإشارة L1C/A في اتجاه عمودي على هذه الإشارات وبخلاف مقداره 90 درجة. ويُقدّم الجدول 1-2 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 MBOC، وهي مكونة متعددة الإرسال بتقسيم الزمن بين الدالتين BOC(1,1) و BOC(6,1). وتشكيل MBOC كثافة طيفية مُقيَّسة للقدرة تُعطيها المعادلة التالية:

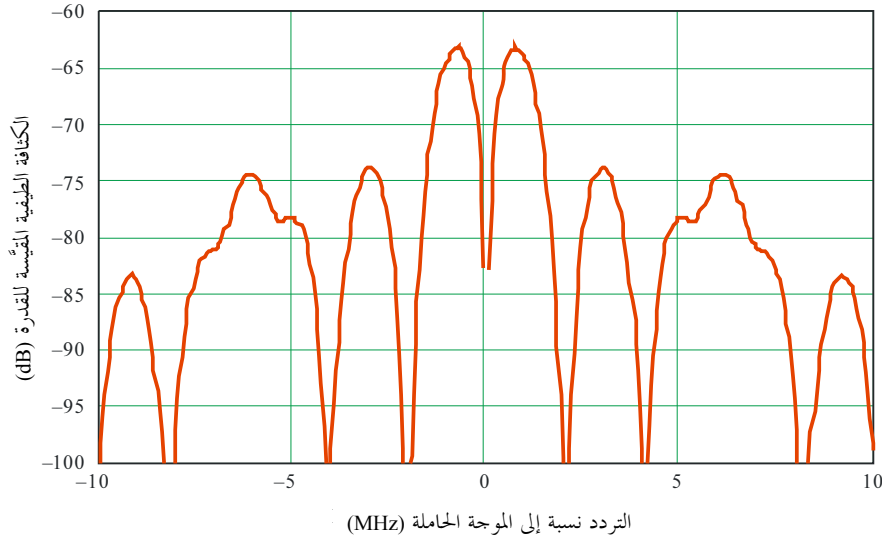
$$MBOC(f) = \frac{29}{33} BOC_{1,1}(f) + \frac{4}{33} BOC_{6,1}(f)$$

ويُظهر الشكل 1 الكثافة الطيفية الكلية للقدرة لمكونات L1C وتُعطي المعادلة التالية هذه الكثافة:

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

الشكل 1

الكثافة الطيفية للقدرة لمكونات L1C



M.1787-01

الجدول 1-2

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

المعلومات (بالوحدات)	قيمة المعلومات
مدى تردد الإشارة (MHz)	$1\ 575,42 \pm 15,345$
معدل نبضة الشفرة للضوضاء شبه العشوائية (Mchip/s)	(C/A, L1C _D & L1C _P) 1,023 (P(Y)) 10,23
معدلات بتات المعطيات الملاحة (bit/s)	(C/A, P(Y) & L1C _D) 50
معدلات رموز المعطيات الملاحة (symbol/s)	(C/A & P(Y)) 50 (L1C _D) 100
طريقة تشكيل الإشارة	(C/A) BPSK-R(1) (P(Y)) BPSK-R(10) (L1C _D) BOC(1,1) MBOC (L1C _P) (انظر الملاحظة 3) (انظر الملاحظة 1)
الاستقطاب	RHCP
الإهليلجية (dB)	1.8 maximum
أدن سوية للقدرة المستقبلية عند خرج الهوائي المرجعي (dBW)	(C/A) 158,5- (L1C _D) 163,0- (L1C _P) 158,25- (P(Y)) 161,5- (انظر الملاحظة 2)
عرض النطاق 3 dB لمرشاح الإرسال للتردد الراديوي (MHz)	30,69

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

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

الملاحظة 3 - انظر نص القسم الوارد قبل هذا الجدول من أجل المزيد من التفاصيل بشأن تشكيل MBOC.

2.6 معلمات الإرسال للإشارة L2 في النظام العالمي لتحديد المواقع

يُشغّل نظام GPS عدة إشارات في نطاق خدمة الملاحة الراديوية الساتلية (RNSS) 1 300-1 215 MHz. وتشمل الإشارات L2 C/A (نادراً)، وL2C، وL2 P(Y). وتتكون الإشارة المدنية L2C من مكونة تعدد الإرسال بتقسيم الزمن لقناة معطيات ملاحية (تُسمى ببساطة قناة المعطيات) وقناة خالية من المعطيات (تُسمى كذلك قناة ترسل بطور متساو). ومكونتا الإشارة هاتان تستعملان شفرتين PRN مختلفتين). ويُقدّم الجدول 2-2 المعلمات الرئيسية لإرسالات L2 في نظام GPS.

الجدول 2-2

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

المعلمة	قيمة المعلمة
مدى تردد الإشارة (MHz)	$1\,227,6 \pm 15,345$
معدل نبضة الشفرة للضوضاء شبه العشوائية (Mchip/s)	(C/A & L2C) 1,023 (P(Y)) 10,23
معدلات بتات المعطيات الملاحية (bit/s)	(C/A & P(Y)) 50 (L2C) 25
معدلات رموز المعطيات الملاحية (symbole/s)	(C/A, P(Y) & L2C) 50
طريقة تشكيل الإشارة	(C/A & L2C) BPSK-R(1) (P(Y)) BPSK-R(10) (انظر الملاحظة 1)
الاستقطاب	RHCP
الإهليلجية (dB)	القيمة القصوى 3,2
أدنى سوية للقدرة المستقبلية عند خرج الهوائي المرجعي (dBW)	(C/A & P(Y)) 164,5- (L2C) 160,0- (انظر الملاحظة 2)
عرض النطاق 3 dB لمرشاح الإرسال للتردد الراديوي (MHz)	30,69

الملاحظة 1 - بالنسبة لمعلمة خدمة الملاحة الراديوية الساتلية (RNSS) 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 اثنين للتردد الحامل المتخالف بتخالف التردد الحامل $m \times 1,023$ (MHz) ومعدل تبيض $n \times 1,023$ (Mchip/s).

الملاحظة 2 - تُقاس أدنى قدرة مستقبلية عند خرج هوائي استقبال مرجعي لمستعمل بجزمة ليزر مستقطبة خطأً 3 dB (حيث يكون الهوائي مركباً قريباً من الأرض) عند أسوأ توجيه عادي وعندما يكون الساتل أعلى من زاوية ارتفاع 5° 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 MHz 1 215-1 164 لخدمة الملاحة الراديوية الساتلية (RNSS). وتتألف الإشارة L5 من مكونتين، L5I وL5Q. وتُعدّ المكونة L5Q خالية من المعطيات (وتُسمى أيضاً بقناة "دليلة"). وتشكل المكونة L5I برسالة معطيات تُقدّم معلومات التوقيت والملاحة وتحديد المواقع. وتعمل مكونتان الإشارة L5 هاتان بطور متعامد وتستخدمان شفرتين PRN مختلفتين ويتم إرسالهما بقدرة متساوية. ويُقدّم الجدول 3-2 المعلمات الرئيسية لإرسالات الإشارة L5 في نظام GPS.

الجدول 3-2

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

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

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

الملاحظة 2 - تُقاس أدنى قدرة مستقبلية 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° فوق مستوى أفق الأرض من منظور سطح الأرض. وتبلغ القدرة الكلية للمكونتين المجتمعين L5I و L5Q للإشارة التربيعية -154,9 dBW. ستزيد الأنظمة GPS المستقبلية التي تخضع للتطوير حالياً من القدرة المرسل إلى -157,0 dBW (L5I) و -157,0 dBW (L5Q). بيد أنه لم يتم بعد التأكد من عواقب هذه الزيادة.

الملحق 3

الوصف التقني والخصائص التقنية لنظام غاليليو (Galileo)

1 مقدمة

يتألف نظام غاليليو (Galileo) من كوكبة من 30 موقعاً ساتلياً (27 ساتلاً رئيسياً وثلاثة سواتل احتياطية بمدارها) مع وجود عشرة مواقع ساتلية للمستويات المدارية الثلاثة المتباعدة مباعداً متساوية والمائلة بزواوية قدرها 56°. ويُرسِل كل ساتل نفس الترددات الحاملة الأربعة للإشارات الملاحة. ويتم تشكيل هذه الإشارات الملاحة بقطار بتات مُهيكل، يتضمن معطيات مشفرة للمعلومات التقويمية الفلكية والتوقيت، ويكون له عرض نطاق كاف لإنتاج الدقة الملاحة الضرورية دون اللجوء إلى الإرسال ثنائي الاتجاه أو التكامل الدوبلري. ويتيح هذا النظام التحديد الدقيق للمواقع في ثلاثة أبعاد وفي أي مكان في العالم على سطح الأرض أو قريباً منه.

1.1 متطلبات التردد

تقوم متطلبات التردد لنظام غاليليو على أساس تقدير لمتطلبات الدقة الخاصة بالمستعمل، واستبانة تأخر الانتشار من الفضاء إلى الأرض، وكبت تعدد المسيرات، وتكلفة التجهيزات وتشكيلاتها. وتُستعمل أربع قنوات لعمليات غاليليو: ويُرسِل كل ساتل في نظام غاليليو على نحو دائم أربع إشارات متماسكة للتردد الراديوي ولكنها إشارات قابلة للاستعمال على نحو مستقل متمركزة على النطاقات (المتضمنة لأسماء الإشارات الموافقة لها بين قوسين هلالين)، MHz 1 176,45 (اسم الإشارة E5a) و MHz 1 207,14 (اسم الإشارة E5b) و MHz 1 278,75 (اسم الإشارة E6) و MHz 1 575,42 (اسم الإشارة E1). ويعد إرسال الإشارتين E5a و E5b بتشكيل وحيد معرّف باسم AltBOC (إشارة الشفرة BOC البديلة) يستخدم موجة حاملة وحيدة عند التردد MHz 1 191,795. وهناك عدد إجمالي من عشر إشارات متعددة الإرسال ومشكّلة إلى الموجات الحاملة الثلاث المذكورة آنفاً، حيث ترسل وتُقسم إلى خدمات مختلفة. وتشتمل الإرسالات الثلاثة على مكونات يمكن المقابلة بينها من أجل تقديم خدمات "تحديد المواقع/الملاحة/التوقيت" (PNT) في تشكيلات مختلفة. وتعتمد مجموعة متنوعة من تشكيلات المستقبلات مكونة واحدة أو عدة مكونات مهيأة للتطبيقات والمتطلبات المحددة للمستعمل. وتُشتق كل مكونات الإشارة (الموجات الحاملة والموجات الحاملة الفرعية وشفرات قياس المسافة ومعدلات البتات للمعطيات)، على نحو متماسك، من مولد مشترك على المتن للميقاتية الذرية.

ويزيد تنوع التردد وعرض النطاق الواسع اللذان يستعملهما نظام غاليليو دقة المدى اللازمة لاستبانة تأخر الانتشار من الفضاء إلى الأرض ويُحسن من كبت تعدد المسيرات من أجل 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 يُقدّم مواقع دقيقة إلى حد بعيد وثلاثية الأبعاد وكذا معلومات السرعة مع توفير مرجع مشترك دقيق للتوقيت لفائدة المستعملين المزودين بالتجهيزات الملائمة عندما يكونون في أي مكان على سطح الأرض أو قريباً منه.

ويعمل هذا النظام على أساس مبدأ التثليث المنفعل. وتقوم تجهيزات مُستعمل نظام غاليليو أولاً بقياس أشباه الأمدية لأربعة سواتل، وحساب مواقعها، ومُزامنة ميقاتية هذه التجهيزات طبقاً لوقت نظام غاليليو عن طريق استعمال المعطيات المستقبلية من معلومات تقويمية فلكية ومعلومات تصحيح الميقاتية. ثم يقوم هذا النظام 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 المتآون لأربع معادلات للأمدية.

وعلى غرار ذلك، يمكن تقدير سرعة المستعمل ثلاثية الأبعاد وكذا تخالف معدل ميقاتية المستعمل بجل أربع معادلات لمعدلات 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 تخالفات ميقاتية المستقبل عن توقيت نظام غاليليو.

1.2 تطبيقات نظام غاليليو

"سلامة الحياة" (SoL)

إن "خدمة سلامة الحياة" لنظام غاليليو متاحة للتطبيقات الحرجة في الطيران (ابتداء من عمليات الملاححة على الطريق إلى عمليات الاقتراب الدقيقة)، وميادين السكك الحديدية والميادين البحرية.

التطبيقات التجارية

يُقدّم نظام غاليليو خدمة تجارية لبث المعطيات تيسيراً لتطوير التطبيقات المهنية وتقديم الأداء المعزّز مقارنة بالخدمة الأساسية، لا سيما من ناحية ضمان الخدمة.

تطبيقات الأسواق العامة

يُتيح نظام غاليليو خدمة أساسية مفتوحة وحرّة تشمل أساساً تطبيقات لعامة الجمهور وخدمات ذات طابع عمومي. وتتوجه هذه الخدمة إلى مجتمعات محلية للمستعملين مماثلة لتلك المجتمعات التي تتوجه إليها الخدمة المعيارية لتحديد المواقع (SPS) في النظام العالمي لتحديد المواقع. وهي خدمة قابلة للتشغيل البيني مع نظام GPS.

التطبيقات الحكومية

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

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 27 ساتلاً (علاوة على ثلاثة سواتل احتياطية) تدور في مدارات مدتها 14 ساعة على محور شبه رئيسي يبلغ حوالي 30 000 km. وهذه السواتل متموقعة في ثلاثة مستويات مدارية مائلة بزوايا 56° نسبة إلى خط الاستواء. وهناك عشرة سواتل في كل مستوى.

2.3 الجزء الأرضي

يتحكم الجزء الأرضي لنظام غاليليو في كوكبة غاليليو بكاملها، كما يُراقب الحالة الصحية للساتل ويقوم بتحميل المعطيات لأغراض الإذاعة اللاحقة لفائدة المستعملين. وتُحسب العناصر الرئيسية لهذه المعطيات، وهي مزامنة الميقاتية والمعلومات التقويمية الفلكية المدارية، انطلاقاً من القياسات التي تُجرىها محطات للشبكات منتشرة حول العالم.

ويؤدي الجزء الأرضي الوظائف التالية:

- إدارة الكوكبة والتحكم في السواتل؛
- المعالجة والتحكم في الملاححة والتكاملية؛

- صيانة ومراقبة أداء المركبات الفضائية (TTC)؛
- الوصلات الصاعدة لتحميل معطيات المهمات.

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 لنظام غاليليو، وأجهزة حاسوبية وأجهزة دخل/خرج. وتقوم مجموعة التجهيزات بجزءة وتتبع الإشارة الملاحة انطلاقاً من كل السواتل المرئية، ثم تُحوَّلها إلى أشباه أممية ومعدلات أشباه أممية، ثم تنفذ الحل لتحديد الموقع ثلاثي الأبعاد والسرعة ثلاثية الأبعاد، ثم تثبت توقيت نظام غاليليو.

4 بنية إشارة نظام غاليليو

يُقدّم ما يلي وصفاً موجزاً لإشارات غاليليو المتاحة للاستعمال في التطبيقات الملاحة وتطبيقات التوقيت.

1.4 الإشارة E1 لنظام غاليليو

الإشارة E1 لنظام غاليليو ترسل على التردد المركزي 1 575,42 MHz. وتتكون من ثلاثة مكونات يمكن استعمالها إما مستقلة وإما مجتمعة مع إشارات أخرى، مما يتوقف على الأداء الذي يتطلبه التطبيق. وتُقدّم المكونات، أساساً، للخدمة المفتوحة (OS)، و"سلامة الحياة" (SoL)، والخدمة الخاضعة للتنظيم العمومي (PRS)، وهي كلها تتضمن رسالة ملاحة. ويشكّل التردد الحامل E1 لنظام غاليليو بواسطة تشكيلات بنديكس المثلثي (MBOC) (تتكون الإشارة E1 من مكونة المعطيات، E1-B والمكونة الخالية من المعطيات E1-C) بالنسبة للخدمة المفتوحة وخدمة سلامة الحياة وتشكيل جيب تمام الشفرة BOC (يتكون من المكونة E1-A) (2,5، 15) بالنسبة للخدمة الخاضعة للتنظيم العمومي. ويتضمن قطار المعطيات E1-B أيضاً رسائل السلامة).

ويُعَدُّ التشكيل BOC تديراً لتكوين الشكل الطيفي (أي توزيع الكثافة الطيفية للقدرّة 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 Mchips/s.

وتُعطي المعادلة التالية الكثافة الطيفية للقدرّة لإشارة الخدمة الخاضعة للتنظيم العمومي في نظام غاليليو:

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

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.

ويكون تشكيل MBOC على نحو يجعل طيف الإشارة $G_{MBOC}(f)$ يُساوي التالي:

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

حيث:

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

وحيث:

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

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

الجدول 1-3

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

المعلمة	قيمة المعلمة
مدى تردد الإشارة (MHz)	1 594-1 559
معدل نبضة الشفرة PRN (Mchip/s)	(MBOC) 1,023 (BOC _{cos} (15,2.5)) 2,5575
معدل ثبات المعطيات الملاحية (bit/s)	(E1-B) 125
معدل رموز المعطيات الملاحية (symbol/s)	(E1-B) 250
طريقة تشكيل الإشارة	MBOC (OS/SoL) BOC _{cos} (15,2.5) (PRS)
الاستقطاب	RHCP
أدن سوية للقدرة المستقبلية 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 أدن سوية للقدرة المستقبلية على سطح الأرض عند خرج هوائي استقبال متناح 0 dBic لأي زاوية ارتفاع تساوي 5° أو أعلى.

2.4 الإشارة E6 لنظام غاليليو

تُرسل الإشارة E6 لنظام غاليليو على التردد المركزي 1 278,75 MHz.

وتُقدّم إشارة E6 لنظام غاليليو قناة لبث المعطيات للخدمة التجارية (CS)، وخدمة خاضعة للتنظيم العمومي (PRS)، حيث تتضمن كل منهما رسالة ملاحية.

ويُشكّل التردد الحامل E6 بواسطة مخطط تشكيل الإبراق بزحزحة الطور ثنائي الحالة (5) BPSK من أجل تقديم الخدمة التجارية. ويُشكّل التردد الحامل E6 لنظام غاليليو أيضاً بواسطة شفرة الدالة BOC_{cos}(10,5) من أجل تقديم الخدمة الخاضعة للتنظيم العمومي (ويتبع الطيف المستعمل لإشارة E6 للخدمة الخاضعة للتنظيم العمومي لنظام غاليليو نفس المعادلة كذلك المستعملة لإشارة E1 للخدمة الخاضعة للتنظيم العمومي الواردة أعلاه، ولكن حيث تكون الدالة $f_c = 10 \times 1,023 \text{ MHz}$ والدالة $f_c = 5 \times 1,023 \text{ MHz}$).

الجدول 2-3

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

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

الملاحظة 1 - تقاس أدنى سوية للقدرة المستقبلية على سطح الأرض عند خرج هوائي استقبال متناح 0 dBic لأي زاوية ارتفاع تساوي 5° أو أعلى.

3.4 الإشارة E5 لنظام غاليليو

الإشارة E5 لنظام غاليليو ممرّكة على التردد 1 191,795 MHz ويتم توليدها بواسطة التشكيل AltBOC لمعدل الموجة الحاملة الفرعية للنطاق الجانبي البالغ 15,345 MHz. ويُقدّم هذا الأسلوب فصين جانبيين.

ويُسمى الفص الجانبي الأدنى للإشارة E5 لنظام غاليليو بالإشارة E5a لنظام غاليليو، ويُقدّم إشارة ثانية (الاستقبال مزدوج التردد) للخدمة المفتوحة (OS)، بما في ذلك رسائل المعطيات الملاحية.

والإشارة E5a من الإشارات مفتوحة النفاذ ترسل في النطاق E5 حيث تحتوي على قناة معطيات وقناة دليلية (أو بدون معطيات).

ويُسمى الفص الجانبي الأعلى للإشارة E5 لنظام غاليليو بالإشارة E5b لنظام غاليليو، ويُقدّم خدمة مفتوحة (OS) وكذلك خدمة "سلامة الحياة" (SoL)، بما في ذلك رسالة ملاحية تتضمن رسالة متطورة لمعلومات التكاملية.

والإشارة E5b من الإشارات مفتوحة النفاذ ترسل في النطاق E5 حيث تحتوي على قناة معطيات وقناة دليلية (أو بدون معطيات).

وتُعطي المعادلة التالية الكثافة الطيفية لقدرة الإشارة المُشكّلة بطريقة AltBOC:

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

حيث:

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

الجدول 3-3

إرسالات الإشارة E5 للنظام غاليليو في النطاق 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 المعطيات الملاحة (bit/s)	(E5a) 25 (E5b) 125
معدل رموز المعطيات الملاحة (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° أو أعلى.

الملحق 4

الوصف التقني والخصائص التقنية لنظام السواتل شبه السمتي (QZSS)

1 مقدمة

يتألف نظام السواتل شبه السمتي (QZSS) من ثلاثة مواقع ساتلية مع وجود موقع ساتلي واحد لكل مستوى من المستويات المدارية الثلاثة المتباعدة مباعدة متساوية والمائلة بزاوية قدرها 45°. ويُرسِل كل سائل نفس الترددات الحاملة الأربعة للإشارات الملاحة. ويتم تشكيل هذه الإشارات الملاحة بقطار بتات محدد مسبقاً، يتضمن معطيات مشفرة للمعلومات التقويمية الفلكية والتوقيت، ويكون له عرض نطاق كافٍ لإنتاج الدقة الملاحة الضرورية دون اللجوء إلى الإرسال ثنائي الاتجاه أو التكامل الدوبلري.

1.1 متطلبات التردد

تقوم متطلبات التردد لنظام السواتل شبه السمتي (QZSS) على أساس تقدير 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 تجريبية (LEX) ممرزة على التردد MHz 1 278,75 (LEX).

ويُقدّم نظام QZSS خدمة ملاحة 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 يُوفّر إشارات قابلة للتشغيل البيئي مع النظام العالمي لتحديد المواقع (الإشارات L1 و L2 و L5) وكذا إشارة تجريبية تحمل رسالة بمعدل أعلى للمعطيات.

ويعمل هذا النظام على أساس مبدأ التثليث المنفعل. وتقوم تجهيزات الاستقبال المُستعمل 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 المعطيات المستقبلية من معلمات تقويمية فلكية ومعلمات تصحيح الميقاتية. ثم يقوم هذا النظام بتحديد الموقع والسرعة ثلاثي الأبعاد للمستعمل في نظام الإحداثيات الديكارتي الأرضي المركزي (ECEF) والنظام المرجعي الدولي للأرض (ITRF)، وتحديد تخالف ميقاتية المستعمل عن الإطار المرجعي للتوقيت.

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 QZSS، التي تؤدي وظيفة نقاط مرجعية "سماوية"، تبث من الفضاء إشارات ملاحية مشفرة للوقت بدقة. وتعمل الكوكبة التشغيلية المؤلفة من ثلاثة سواتل في مدارات مدتها 24 ساعة بمعدل أوج (حول الأرض) يبلغ 39 970 km ومعدل حضيبض (حول الأرض) يبلغ 31 602 km. ويوضع كل ساتل من السواتل الثلاثة في مستوى مداري منفصل خاص به حيث يكون مائلاً بزاوية 45° نسبةً إلى خط الاستواء. وتكون المستويات المدارية متباعدة متباعدة متساوية (أي أنها مطاورة بزاوية 120) وتكون السواتل مطاورة على نحو يعني أن هنالك دائماً ساتلاً مرئياً على زاوية ارتفاع عالية من اليابان.

وإن الساتل بمثابة مركبة مستقرة ثلاثية المحاور. والعناصر الكبرى لحمولته الملاحية الرئيسية النافعة هي معيار التردد الذري للتوقيت الدقيق، والمعالج اللازم لتخزين المعطيات الملاحية، وتجميع إشارة الضوضاء شبه العشوائية (PRN) اللازم لتوليد إشارة قياس المسافة، وهوائي الإرسال للنطاق 1,2/1,6 GHz وهو هوائي له مخطط كسب لحزمة مُقَوَّبَةٌ تُشعُّ قدرة شبه منتظمة للإشارات المرسلة على الترددات الأربعة للنطاق 1,2/1,6 GHz 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

يؤدي 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 (MCS) الموجود في اليابان حيث تُنفذ كل عمليات المعالجة للمعطيات، مع انتشار واسع لبعض محطات المراقبة في المنطقة وهي محطات مرئية من الجزء الفضائي.

وتقوم محطات المراقبة بالتتبع المنفعل لكل السواتل المرئية وتقيس معطيات قياس المسافة والمعطيات الدوبلرية. وتعالج هذه المعطيات في محطة التحكم المركزي من أجل حساب المعطيات التقويمية الفلكية، وتخالفات الميقاتية، وزحزحات الميقاتية، وتأخر الانتشار، ثم تُستعمل هذه المعطيات بعد ذلك لتوليد رسائل التحميل المساعد. وترسل هذه المعلومات الحديثة 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 بجزءة وتتبع الإشارة الملاحة 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 أمديّة، وأطوار للترددات الحاملة، ومعدلات أشباه أمديّة و/أو أشباه أمديّة 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 مدمجة مع المحاسيس أو الأنظمة الملاحة الأخرى اللازمة للأداء الدقيق في البيئات عالية الدينامية.

4 بنية إشارة نظام QZSS

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

وتتكون الإشارة L1 من أربع إشارات مُشكّلة بالإبراق بزحزحة الطور ثنائي الحالة (BPSK) يتم إرسالها متعددة الإرسال بالتربيع. وتُشكّل إشارتان من هذه الإشارات بواسطة شفرتي تمديد مختلفتين للضوضاء شبه العشوائية (PRN) وهما تتابعان للإضافة باستخدام المقياس Modulo-2 إلى مخرجات سجلات الزحزحة للتغذية الراجعة الخطية بمعدل 10 بتات (10-bit-LFSRs) ولهما معدل ميقانية يبلغ 1,023 MHz ويبلغ دوره 1 ms. وتُضاف كل إشارة منهما باستخدام مقياس Modulo-2 إلى قطار اثنيي للمعطيات الملاحة 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 الأخرتان فتُشكّلان بواسطة شفرات تمديد مختلفة تتسم بمعدل ميقانية 1,023 MHz وإشارتين مربعيتين متماثلتين لهما معدل ميقانية 0,5115 MHz. ويُضاف قطار المعطيات 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 ميقانية 1,023 MHz مع شفرتين بديلتين للتمديد لهما معدل ميقانية 0,5115 MHz: وهما الشفرة L2CM بدور 20 ms والشفرة L2CL بدور 1,5 ms. ويُضاف قطار المعطيات بمعدل 25 bit/s/50 Symbol/s باستخدام مقياس Modulo-2 إلى الشفرة قبل تشكيل الطور.

وتتكون الإشارة L5 من إشارتين مُشكّلتين بطريقة الإبراق بزحزحة الطور ثنائي الحالة (أي الإشارة I والإشارة Q) المرسلتان بتعدد الإرسال التربيي. وتُشكّل الإشارتان في كل من I و Q بواسطة شفرتي تمديد مختلفتين للإشارة L5. ولكل من شفرتي التمديد للإشارة L5 معدل ميقانية 10,23 MHz ودور 1 ms. ويُرسَل قطار اثنيي للمعطيات الملاحة بمعدل 50 bit/s/100 Symbol/s على القناة I ولا تُرسَل أية معطيات على القناة Q (أي أنها إشارة "دليلة"، خالية من المعطيات).

وتُشكّل الإشارة التجريبية LEX كذلك بواسطة الإبراق بزحزحة الطور ثنائي الحالة (BPSK). وتُستعمل مجموعة صغيرة من تتابعات شفرة كازامي (Kasami) الاثنيية لشفرة التمديد التي تتسم بمعدل ميقانية 5,115 MHz.

5 قدرة الإشارة وأطيافها

تستعمل سواتل QZSS هوائي بحزمة مُقَوَّبة تُشع قدرة شبه منتظمة لفائدة مستعملي هذا النظام. وتكون الإشارات المرسلة مستقطبة دائرياً مُيَّمنة مع إهليلجية أفضل من 1,2 dB للإشارة L1 وأفضل من 2,2 dB للإشارات L2 و L5 و LEX. وتُحدَّد قدرات الإشارات المستقبلية للمستعمل (URPs) بالنسبة لزويا الوصول للسواتل الأكبر من 10°. بموجب افتراض استعمال هوائي استقبال باستقطاب دائري مُيَّمن 0 dBi.

ويرد وصف أدنى القدرات المضمونة للإشارات المستقبلية للمستعمل (URPs) بالنسبة للإشارات L1 و L2 و L5 و LEX في الجداول 1-4 و 2-4 و 3-4.

6 التردد التشغيلي

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

7 وظائف القياس عن بعد

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

8 معلمات الإرسال لنظام QZSS

لما كان نظام QZSS يُرسِل الإشارات الملاحة 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 يُرسِل فيها نظام QZSS الإشارات الملاحة.

1.8 معلمات الإرسال للإشارة L1 في النظام QZSS

سوف يُشغَّل نظام QZSS عدة إشارات في النطاق 1 559-1 610 MHz لخدمة الملاحة الراديوية الساتلية (RNSS). وتشمل هذه الإشارات مكونة الحيازة التقريبية L1 C/A والمكونة L1C ومكونة تعزيز صنف القياس الجزئي مع وظيفة التكاملية L1-SAIF. ولم تُستكمل بعد معلمات الإشارة L1C، ولذلك فإن قيم الإشارة L1C المبينة في الجدول 1-4 قابلة للتغيير.

الجدول 1-4

إرسالات نظام QZSS في النطاق 1 610-1 559 MHz

المعلمة	قيمة المعلمة
التردد الحامل (MHz)	1 575,42
معدل تبيض الشفرة للوضاء شبه العشوائية (Mchip/s)	1,023
معدلات بتات المعطيات الملاحية (bit/s)	(L1C) 25، (L1-SAIF) 250، (C/A) 50
معدلات رموز المعطيات الملاحية (symbol/s)	(L1C) 50، (L1-SAIF) 500، (C/A) 50
طريقة تشكيل الإشارة	(C/A & L1-SAIF) BPSK-R(1) (L1C) BOC(1,1) (انظر الملاحظة 1)
الاستقطاب والإهليلجية (dB)	استقطاب دائري مُيَّامن، القيمة القصوى 1,2
أدن سوية للقدرة المستقبلية عند خرج الهوائي المرجعي (dBW)	158,5- (C/A)، 163- (L1C data)، 158,25- (L1C) المكونة الخالية من المعطيات، 161- (L1-SAIF) (انظر الملاحظة 2)
عرض النطاق 3 dB لمرشاح الإرسال للتردد الراديوي (MHz)	32

الملاحظة 1 - بالنسبة لمعلومات خدمة الملاحة الراديوية الساتلية (RNSS) في نظام QZSS، 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 بتخالف التردد الحامل $m \times 1,023$ (MHz) ومعدل تبيض $n \times 1,023$ (Mchip/s).

الملاحظة 2 - تفترض أدن قدرة مستقبلية لنظام QZSS أن أدن كسب لهوائي الاستقبال يتم عند زوايا تبلغ 10° أو 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 LEX.

الجدول 2-4

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

المعلومات	وصف معلومات خدمة الملاحة الراديوية الساتلية (RNSS)
التردد الحامل (MHz)	1 227,6
معدل نبضة الشفرة للوضاء شبه العشوائية (Mchip/s)	(L2C) 1,023
معدلات بتات المعطيات الملاحية (bit/s)	(L2C) 25
معدل رموز المعطيات الملاحية (symbol/s)	(L2C) 50
طريقة تشكيل الإشارة	(L2C) BPSK-R(1) (انظر الملاحظة 1)
الاستقطاب والإهليلجية (dB)	استقطاب دائري مُيَّامن؛ القيمة القصوى 2,2
أدن 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 (RNSS) في نظام QZSS، تشير الدالة BPSK-R(n) إلى تشكيل الإبراق بزحزحة الطور ثنائي الحالة باستعمال نبضات مربعة بمعدل تبيض يبلغ $n \times 1,023$ (Mchip/s).

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

الجدول 3-4

إرسالات الإشارة التجريبية LEX لنظام QZSS في النطاق 1 300-1 215 MHz

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

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

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

الملاحظة 3 - لا تمثل القيمة 56 MHz عرض النطاق عند القدرة 3 dB لإشارة الإرسال.

3.8 معالمات الإرسال للإشارة L5 في النظام QZSS

سوف يُشغّل النظام QZSS إشارتين ملاحظيتين في النطاق 1 215-1 164 MHz لخدمة الملاحة الراديوية الساتلية (RNSS). وتعمل هاتان الإشارتان وهما L5I و L5Q بالتربيع وتُرسلان بقدرة متساوية. وتُعد الإشارة L5Q خالية من المعطيات (وتُسمى أيضاً قناة "دليلة"). أما الإشارة L5I، من ناحية أخرى، فهي إشارة تحمل معطيات ملاحة تُقدّم معلومات التوقيت والملاحة وتحديد المواقع.

الجدول 4-4

إرسالات نظام QZSS في النطاق 1 215-1 164 MHz

المعلومات	وصف معالمات خدمة الملاحة الراديوية الساتلية (RNSS)
التردد الحامل (MHz)	1 176,45
معدل نبضة الشفرة للضوضاء شبه العشوائية (Mchip/s)	10,23
معدلات بتات المعطيات الملاحة (bit/s)	(L5I) 50
معدلات رموز المعطيات الملاحة (symbol/s)	(L5I) 100
طريقة تشكيل الإشارة	BPSK-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) (انظر الملاحظة 2)
عرض النطاق 3 dB لمرشاح الإرسال للتردد الراديوي (MHz)	38,0

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

الملاحظة 2 - تفترض أدنى قدرة مستقبلية لنظام QZSS أن أدنى كسب لهوائي الاستقبال يتم عند زوايا تبلغ 10° 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 للعملية المقصودة"، كما وضعت المعايير الدولية والممارسات الموصى بها (SARP) لأغراض الخدمة الملاحية الجوية المتواصلة على الصعيد العالمي.

وسوف تُقدّم الخدمة الملاحية للنظام العالمي للملاحة الساتلية (GNSS) باستعمال مجموعات مختلفة لعناصر هذا النظام المركبة 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 (GNSS).
- هـ) نظام التعزيز المركب 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 (MSAS) وظيفة خدمة الملاحة الراديوية الساتلية (RNSS) في ساتل النقل متعدد الوظائف (MTSAT).

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

1.1 متطلبات التردد

تستند متطلبات التردد لنظام التعزيز المحمول على متن السواتل (MSAS) إلى القناة L1 لنظام GPS المركزة على النطاق 1 575,42 MHz.

وتؤكد متطلبات "السلامة" الملاحية الطيرانية الأهمية الحاسمة لعدم تسبب الخدمات الراديوية الأخرى في التداخل الضار لمستعملي الملاحة الجوية.

وتتطلب وظيفة خدمة الملاحة الراديوية الساتلية (RNSS) 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 (MSAS) ويذيع معلومات التعزيز لنظام GPS إلى المستخدمين المزودين بالتجهيزات الملائمة، لا سيما بالنسبة لعمليات "السلامة" للطيران المدني.

وتقيس تجهيزات المستعمل لنظام MSAS الموقع ثلاثي الأبعاد لمستعمل نظام GPS في النظام الديكارتي العالمي الأرضي المركزي (ECEF) للإحداثيات الجيوديسية 1984 (WGS-84)، ثم تحصل على معلومات التكاملية لنظام GPS التي تولدها محطة التحكم المركزي (MCS) باستعمال معطيات 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، والحوال الخافض للتردد من النطاق 14 GHz إلى النطاق 1,5 GHz، والمكبر عالي القدرة لإشارة وصلة الخدمة، وهوائي إرسال. مخطط كسب لحزمة مُقَوَّبَةٌ تُشع قدرة شبه منتظمة لفائدة المستخدمين.

2.3 الأجزاء الأرضية

تتكون الأجزاء الأرضية من محطتين للتحكم المركزي (MCS)، وأربع محطات للمراقبة الأرضية (GMS)، 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 معطيات MSAS المُرسَلَة من الساتل MTSAT ونقلها إلى محطات التحكم المركزي. وتستقبل هذه المحطة الإشارتين L1 و L2 لنظام GPS (1 227,6 MHz) فُتستعملان لمراقبة إشارات GPS وكذا لتقدير التأخر الأيونوسفيري. ولهذا المحطة أربعة مواقع، ألا وهي سابورو، وطوكيو، وفوكوكا، وناها (في اليابان). أما محطة المراقبة وقياس المسافة فتؤدي وظيفة جمع المعطيات الأساسية اللازمة لقياس موقع الساتل MTSAT من أجل استحداث معطيات 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 هواي و كانبيررا، بأستراليا، قصد الحصول على القياس المداري عالي الدقة للمسافة عن طريق تأمين خطوط قاعدة طويلة.

3.3 الجزء الخاص بالمستعمل

يُحدّد الجزء الخاص بالمستعمل (المستقبل الجوّال لنظام التعزيز المحمول على متن السواتل (SBAS)) موقع الطائرة باستعمال كواكب نظام GPS وإشارة SBAS. ويقوم المستقبل الجوّال بجائزة معطيات قياس المسافة والتصحيح، ويطبق هذه المعطيات من أجل تحديد التكاملية وتحسين الدقة لهذا الموقع المُستنتج.

4 بنية الإشارة لنظام MSAS

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

5 قدرة الإشارة وأطرافها

يستعمل الساتل MTSAT هوائي بحزمة مُقَوَّلة تُشيع قدرة شبه منتظمة لفائدة مستعملي نظام MSAS. وتكون الإشارات المرسلَة مستقطبة دائرية مُيَّمنة. ويُقدَّم الجدول 1-5 خصائص إشارة النظام MSAS المرسلَة على سواتل MTSAT.

الجدول 1-5

خصائص إشارات نظام MSAS

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

6 تردد التشغيل

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

7 وظائف القياس عن بُعد

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

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 (RNSS) تعمل في مدار مستقر بالنسبة إلى الأرض، ومحطتين أرضيتين لوصلات صاعدة (GUS) تدعمان كل حمولة ملاحية نافعة. وتتضمن التشكيلة المنفذة حالياً ساتلاً موقعه عند 133° لخط الطول غرباً وساتلاً ثانياً موقعه عند 107,3° لخط الطول غرباً.

وتُقدّم الشبكات الساتلية LM-RPS العاملة عند $107,3^\circ$ 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 (SBAS) لفائدة إدارات الطيران والفضاء الجوي الوطني لمناطق أخرى حول العالم. وتُقدّم الشبكات الساتلية LM-RPS معطيات التعزيز، التي تعزز معطيات نظام GPS بتقديم معلومات التكاملية على الإرسالات الإذاعية لنظام GPS، كما تُقدّم تحسين الدقة وتعزيزها لإشارات قياس المسافة في نظام GPS، لصالح مستعملي الطيران. ويعول مستعملو الطيران على نظام التعزيز المحمول على متن السواتل (SBAS) 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 (RNSS) 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. وتُعدّ الشبكة الساتلية خدمة هجينة للإذاعة تستعمل الوصلات الصاعدة للخدمة الثابتة الساتلية وكذلك الوصلات الهابطة لخدمة الملاحة الراديوية الساتلية (RNSS)، مما يجعلها معقدة أكثر بقليل من الإرسالات الإذاعية للخدمة الثابتة الساتلية (FSS) العادية. وتستقبل المحطات الأرضية للشبكة الساتلية LM-RPS معطيات الرسالة غير المنسوقة لنظام التعزيز الواسع النطاق من المحطات المركزية لنظام التعزيز هذا على شبكة الاتصالات الأرضية ثم تتحقق من هذه المعطيات 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 الملاحة 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

تشكّل السواتل الفردية، وهي في مرحلة أولية الساتلين LM-RPS في الموقع 133° غرباً وLM-RPS في الموقع $107,3^\circ$ 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%).

وتُعدّ الحمولة الملاحة 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 القناتين C1 للشبكة الساتلية LM-RPS والثانية C5 للشبكة الساتلية LM-RPS، وهما قناتان مُرشّحتان ومُترجمتان إلى الترددين L1 للشبكة LM-RPS (في النطاق 1 610-1 559 MHz).

وL5 للشبكة LM-RPS (في النطاق 1 215-1 164 MHz) وهذان هما نفس الترددان اللذين حددهما الملحق 2 بصفتهما التردد L1 لنظام GPS والتردد L5 لنظام GPS، على التوالي. وتُرسل المكبرات والهوائيات المكرسة للإرسال إشارات لخدمة الملاحة الراديوية الساتلية (RNSS) إلى الأرض، مما يُقدّم التغطية العالمية للحزمة 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°.

2.3 الجزء الأرضي

يعمل كل زوج من المحطتين الأرضيتين للوصلات الصاعدة (GUS) 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 (GUS) ربطاً شبكياً بواسطة شبكة برية تصلهما بنظام التعزيز الواسع النطاق. وتتواصل المحطتان الأرضيتان للوصلات الصاعدة (GUS) 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. وتُذيع 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 معطيات رسالة نظام التعزيز الواسع النطاق وتحقق منها بواسطة الشبكة البرية، ثم تنسّقها في الصيغة المناسبة لبنية إشارة مُعدة للإذاعة، مما يُنتج إشارة لتردد متوسط عند 70 MHz. وتُترجم إشارة التردد المتوسط إلى الترددات C1 وC5 لنظام LM-RPS، ثم تُكَبَّر، ثم تُرسل إلى الحمولة الملاحية النافعة بواسطة هوائي مُكافئ للنطاق C (أي تجهيزات التردد الراديوي).

للمحطة الأرضية للوصلات الصاعدة (GUS) هوائي مُعدّد لاستقبال إرسال الحمولة الملاحية النافعة (أي الوصلة الهابطة) على كل من الإشارتين L1 وL5 لنظامي LM-RPS وGPS من أجل حساب وتصحيح التأخرات الأيونوسفيرية في وقت انتشار الإشارة. وتُمكن هذه العروة المرتدة للإشارة إلى المحطة الأرضية للوصلات الصاعدة (GUS) 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 (GUS) إرسال هذه المحطة (في النطاق 6 GHz)، كما تستقبل الإشارتين الساتليتين للوصلات الهابطة L1 وL5 من أجل ضمان عدم تعرض الإشارة للخطأ. وتُطلق الإشارات الخاطئة لتجهيزات المعالجة بهدف تبديل المحطة الأرضية الرئيسية للوصلات الصاعدة (GUS) إلى محطة احتياطية والمحطة الأرضية الاحتياطية الرئيسية للوصلات الصاعدة (GUS) 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 (GUS) وساتلين للشبكة LM-RPS، عند الموقعين 133° غرباً و107,3° 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

تُذيع الشبكات الساتلية LM-RPS رسائل التعزيز لنظام التعزيز الواسع النطاق على كل من الترددات L1 لشبكات LM-RPS وL5 لشبكات LM-RPS. ويُحدد المجتمع الطيران بنية الإشارة اللازمة لنظام التعزيز المحمول على متن السواتل (SBAS). وتُرسل رسائل نظام التعزيز المحمول على متن السواتل (SBAS) 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 يمكن من إدماج إما إشارة شفرة الحيازة التقريبية C/A أو إشارة الشفرة الدقيقة P(Y) أو كل منهما على الوصلات الصاعدة ويمكن 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 و L5 من المحطتين الفضائيتين للساتلين LM-RPS في الموقعين 133° غرباً و 107,3° غرباً ضمن الجدول 1-6. وتخفض 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 1-6

شدة الإشارة للإشارتين L1 و L5 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 (RNSS) 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 و LM-RPS في الموقع 107,3° غرباً. وقد جاء ذكر هذين الترددتين، اللذين يخضعان للتنظيم كترددتين 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، وتُرسل 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 الترددتين اللذين يستعملهما نظام GPS، فإن تمييز إشارتي شبكات LM-RPS عن الإشارات الأخرى لنظام GPS المُرسلة على الترددتين 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 بعد

تجري استضافة الساتلين LM-RPS على خط الطول 133° غرباً وخط الطول 107,3° غرباً كحمولتين ملاحظتين نافعتين تعملان بصفتهما "ساتلين مشتركين الملكية" (على طريقة نظام الكوندومينيوم). فهما يتقاسمان المرافق التابعة لساتلين تجاريين للخدمة الثابتة الساتلية. وتُدمج وظيفتا التحكم والقياس عن بعد 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 للسواتل المستقبلية لشبكات LM-RPS التي تخدم مناطق أخرى من العالم أن تعمل إما على الطريقة المماثلة "للسواتل مشتركة الملكية" أو بصفتهما 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 (RNSS) من الفضاء إلى الأرض في نطاقين، فهناك جدولان يُقدّمان معلمات الإرسال للشبكات الساتلية LM-RPS ويُمثّلان نطاقي خدمة الملاحة الراديوية الساتلية اللذين تُرسل فيهما الشبكات الساتلية LM-RPS الإشارات الملاحة.

1.7 معلمات الإرسال للإشارة L1 على الشبكات LM-RPS

يُقدّم الجدول 2-6 المعلمات الرئيسية لإرسالات الإشارة L1 للشبكات الساتلية LM-RPS.

الجدول 2-6

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

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

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

الملاحظة 2 - تُقاس أدنى قدرة مستقبلة لنظام LM-RPS عند خرج هوائي استقبال مرجعي لمستعمل مُجْزَمَة ليزر مستقبلة خطياً 3 dB (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 من منظور سطح الأرض.

2.7 معلمات الإرسال على الإشارة L5 للشبكة الساتلية LM-RPS

يُقدّم الجدول 3-6 المعلمات الرئيسية لإرسالات الإشارة L5 للشبكات الساتلية LM-RPS.

الجدول 3-6

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

المعلمة	قيمة المعلمة
مدى تردد الإشارة (MHz)	$1\ 176,45 \pm 12$
معدل نبضة الشفرة للوضاء شبه العشوائية (Mchip/s)	10,23
معدلات بتات المعطيات الملاحية (bit/s)	250
معدلات رموز المعطيات الملاحية (symbole/s)	500
طريقة تشكيل الإشارة	إبراق بزحزة الطور ثنائي الحالة بنبضات مربعة BPSK-R(10) (انظر الملاحظة 1)
الاستقطاب	استقطاب دائري مُيَّامن
الإهليلجية (dB)	القيمة القصوى 2,0
أدنى سوية للقدرة المستقبلّة 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 (RNSS) في نظام LM-RPS، تشير الدالة BPSK-R(n) إلى تشكيل الإبراق بزحزة الطور ثنائي الحالة باستعمال نبضات مربعة بمعدل تبييض يبلغ $1,023 \times n$ (Mchip/s).

الملاحظة 2 - تُقاس أدنى قدرة مستقبلّة لنظام LM-RPS عند خرج هوائي استقبال مرجعي لمستعملٍ بجزمة ليزر مستقطبة خطياً 3 dB (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 من منظور سطح الأرض.

الملحق 7

الوصف التقني للنظام والخصائص التقنية لمخطات إرسال فضائية
لنظام COMPASS

1 مقدمة

يتكون النظام الساتلي COMPASS من كوكبة من 30 من السواتل غير المستقرة بالنسبة إلى الأرض وخمسة سواتل مستقرة بالنسبة إلى الأرض ولها مواقع عند $58,75^\circ$ شرقاً و 80° شرقاً و $110,5^\circ$ شرقاً و 140° شرقاً و 160° شرقاً. ويُرسِل كل ساتل نفس الترددات الحاملة الثلاثة للإشارات الملاحية. وتُشكّل هذه الإشارات الملاحية بواسطة قطار للبتات محدد على نحو مسبق ويتضمن المعطيات 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 تقييم لمتطلبات المستعمل من الدقة، واستبانة تأخر الانتشار من الفضاء إلى الأرض، وكبت تعدد المسيرات، وتكلفة التجهيزات وتشكيلاتها. وتُستعمل ثلاث قنوات أولية لعمليات نظام COMPASS: MHz 1 575,42 و MHz 1 191,795 و MHz 1 268,52. وسوف يزيد تنوع التردد هذا وكذا عرض النطاق الواسع الذي يستعمله نظام COMPASS دقة المدى لاستبانة تأخر الانتشار من الفضاء إلى الأرض، وسوف يُحسّن 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 الملاحة وتحديد المواقع ونقل إشارات التوقيت، مما يُوفر 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 الثلاث المنفعل. وتقوم تجهيزات مُستعمل نظام COMPASS أولاً بقياس أشباه الأمدية لأربعة سواتل، وحساب مواقعها، ومزامنة الميقاتية طبقاً لهذا النظام عن طريق استعمال المعطيات 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. وتتموقع 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 احتياطيين غير نشطين عند 144,5° شرقاً و 84° شرقاً. أما الكوكبة التشغيلية المؤلفة 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° نسبة 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 (IGSO) فتوضع في مستويات مدارية مائلة تقريباً بزاوية 55° نسبة إلى خط الاستواء ويكون تقاطع خط الطول عند حوالي 118° شرقاً.

2.3 جزء التحكم

يضطلع جزء التحكم بوظائف التتبع والحساب والتحديث والمراقبة الضرورية للتحكم في كل السواتل الموجودة في النظام على أساس يومي. ويتكون هذا الجزء من محطة التحكم المركزي (MCS)، ومقرها في بيجين، بالصين، حيث تتم معالجة كل المعطيات، فضلاً عن بعض محطات المراقبة المتباعدة بمسافات شاسعة في المنطقة المرئية من الجزء الفضائي.

وتقوم محطات المراقبة بالتتبع المنفعل لكل السواتل المرئية وتقيس معطيات قياس المسافة والمعطيات الدوبلرية. وتُعالج هذه المعطيات في محطة التحكم المركزي من أجل حساب المعطيات التقويمية الفلكية، وتخالفات الميقاتية، وزحزحات الميقاتية، وتأخر الانتشار، ثم تُستعمل هذه المعطيات بعد ذلك لتوليد رسائل التحميل الصاعد. وتُرسل 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 بحيازة وتتبع 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 أممية وأطوار ترددات حاملة، ومعدلات أشباه أممية، 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 مدمجة 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 التطبيقات الملاحة وتطبيقات التوقيت.

1.4 إشارات النظام الساتلي COMPASS في نطاق الترددات MHz 1 610-1 559

يُشغل النظام الساتلي COMPASS إشارتين في النطاق MHz 1 610-1 559 لخدمة الملاحة الراديوية الساتلية (RNSS). وتكون هاتان الإشارتان متمرکزتين على التردد MHz 1 575,42.

وتستعمل الإشارة B1-A دالة تشكيلات بنديكس المثلثي BOC(14,2). وتتكوّن الإشارة B1-A من مكونين مطاورتين تريبعيتين. وتُشكّل إحدى المكونتين، وهي B1-A_D، بواسطة قطار اثنيي للمعطيات الملاحة بمعدل 50 bit/s/100 Symbol/s، وتكون المكونة الأخرى، وهي B1-A_p، خالية من المعطيات.

وتتكوّن الإشارة B1-C من مكونين مطاورتين تريبعيتين. وتُشكّل إحدى المكونتين، وهي B1-C_D، بواسطة قطار اثنيي للمعطيات الملاحة بمعدل 50 bit/s/100 Symbol/s، وتكون المكونة الأخرى، وهي B1-C_p، خالية من المعطيات.

ويستخدم النظام COMPASS التشكيلات BOC إلى جانب التشكيلات PSK. والرمز BOC(m,n) يشير إلى تشكيل موجة حاملة بزحزحة اثنيية بتخالف تردد للموجة الحاملة يبلغ $m \times 1,023$ (MHz) ومعدل شفرة مقداره $n \times 1,023$ (Mchip/s) وكثافة طيفية مُقيّسة للقدر (PSD) يتم الحصول عليها بواسطة المعادلة التالية:

$$BOC_{m,n}(f) = \frac{nT_{sw}}{m} \frac{\sin\left(\frac{\pi f T_{sw}}{2}\right)^4}{\left(\frac{\pi f T_{sw}}{2}\right)^2} \frac{\sin(n\pi f T_{sw})^2}{\sin(\pi f T_{sw})^2}$$

وتستعمل الإشارة B1-C التشكيل MBOC(6,1,1/11).

ويتم الحصول على الكثافة PSD لمكونات الإشارة B1-C من المعادلة.

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

2.4 إشارات النظام الساتلي COMPASS في نطاق الترددات 164-1 300 MHz

يُشغّل النظام الساتلي COMPASS ثلاث إشارات في النطاق 164-1 300 MHz لخدمة الملاحة الراديوية الساتلية (RNSS) وتشمل هذه الإشارات B2 و B3 و B3-A.

وتكون الإشارة B2 للنظام الساتلي COMPASS متمركزة على تردد للنطاق 191,795 MHz وتُولد بواسطة تشكيل بديل من تشكيلات بنديكس المثلثي AltBOC B2_a(15,10) ولهذه الإشارة فصان جانبيين.

والفص الجانبي السفلي للإشارة B2 للنظام COMPASS يُطلق عليه COMPASS B2_a ويتألف من مكوتتين مطاورتين تريبعيتين. وتُشكّل إحدى المكوتتين، وهي B2_{a-D}، بواسطة قطار اثنيي للمعطيات الملاحية بمعدل 25 bit/s/50 Symbol/s، وتكون المكونة الأخرى، وهي B2_{a-P}، خالية من المعطيات.

الفص الجانبي العلوي للإشارة B2 للنظام COMPASS يُطلق عليه COMPASS B2_b ويتألف من مكوتتين مطاورتين تريبعيتين. وتُشكّل إحدى المكوتتين، وهي B2_{b-D}، بواسطة قطار اثنيي للمعطيات الملاحية بمعدل 50 bit/s / 100 Symbol/s، وتكون المكونة الأخرى، وهي B2_{b-P}، خالية من المعطيات.

ويتم الحصول على الكثافة PSD للإشارة AltBOC من المعادلة:

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

حيث:

$$f_s = 15 \times 1.023 \text{ MHz} \text{ عبارة عن تردد الموجة الحاملة الفرعية}$$

$$f_c = 10 \times 1.023 \text{ MHz} \text{ هو معدل نبضات الشفرة.}$$

وتكون الإشارة B3 متمركزة على تردد للنطاق 1 268,52 MHz. وتُشكّل الموجة الحاملة بتشكيل تريبعي بزحزة الطور (QPSK) بواسطة شفرة للضوءاء شبه العشوائية (PRN) تتسم بمعدل نبض 10,23 Mchip/s (في القناة I أو القناة Q)، وتُضاف باستخدام المقياس Modulo-2 إلى قطار اثنيي للمعطيات الملاحية بمعدل 500 bit/s قبل عملية التشكيل.

وتكون الإشارة B3-A كذلك متمركزة على تردد للنطاق 1 268,52 MHz، وتستعمل دالة تشكيلات بنديكس المثلثي BOC(15,2.5). وتتكون الإشارة B3-A من مكوتتين مطاورتين تريبعيتين. وتُشكّل إحدى المكوتتين، وهي B3-A_D، بواسطة قطار اثنيي للمعطيات الملاحية بمعدل 50 bit/s/100 Symbol/s، وتكون المكونة الأخرى، وهي B3-A_P، خالية من المعطيات.

5 قدرة الإشارة وأطيافها

تقوم أدنى سوية للقدرة المستقبلية على سطح الأرض، بالنسبة لأية زاوية ارتفاع تساوي 5° أو تزيد عنها، على أساس هوائي استقبال متناحٍ ومتوائمٍ على نحو مثالي بقدر 0 dBi، وتكون كالتالي:

القدرة الدنيا المستقبلية في الشبكة (dBW) GSO/IGSO	القدرة الدنيا المستقبلية في الشبكة MEO (dBW)	الإشارة
157,7-	156,9-	الإشارة B1-A
157,7-	158,0-	الإشارة B1-C
156,8-	154,5-	الإشارة B2 _a /B2 _b
158,3-	156,0-	الإشارة B3/B3-A

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 ثمانية سواتل بحمولة نافعة لخدمة الملاحة الراديوية الساتلية (RNSS) في مدارات مستقرة بالنسبة إلى الأرض من أجل تقديم المقدرة الفضائية لفائدة أنظمة التعزيز المحمولة على متن السواتل (SBAS). وثمة خمس حمولات نافعة لخدمة الملاحة الراديوية الساتلية (RNSS) تُعد حمولات نافعة لقنوات وحيدة على سواتل إنمارسات للجيل الثالث (Inm-3) وثمة ثلاث حمولات نافعة لخدمة الملاحة الراديوية الساتلية (RNSS) تُعد حمولات نافعة لقنوات متعددة على سواتل إنمارسات للجيل الرابع (Inm-4). وفضلاً عن تقديم خدمة الملاحة الراديوية الساتلية (RNSS)، تُقدّم نفس هذه السواتل الاتصالات المتنقلة الساتلية في نطاقات الترددات (MSS) GHz 1,6/1,5 للخدمة المتنقلة الساتلية. وتُعد المعلومات الواردة أدناه صحيحة ابتداءً من سبتمبر 2008.

ويُظهر الجدول 1-8 المواقع المدارية الساتلية المتوقعة ابتداءً من فبراير 2009. وتجدر الإشارة إلى أن سواتل هذا النظام قد تُنقل إلى مواقع مختلفة من حين إلى آخر، وفقاً لمتطلبات النظام. وتُنسق 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 18

خطوط الطول المدارية الساتلية

الموقع المداري	الساتل
64° شرقاً	3F1
15,5° غرباً	3F2
178° شرقاً	3F3
54° غرباً	3F4
25° شرقاً	3F5
143,5° شرقاً	4F1
25° شرقاً	4F2
98° غرباً	4F3

1.1 عرض عام للنظام

تُقدّم الشبكات الساتلية إنمارسات حالياً حمولتين ملاحيتين نافعتين على سواتل للجيل الثالث (Inm-3) لفائدة أنظمة التعزيز المحمولة على متن السواتل (SBAS)، أي لفائدة الخدمة الملاحية المستقرة بالنسبة إلى الأرض للتغطية الأوروبية (EGNOS).

وتستعمل وكالة الفضاء الأوروبية (ESA)، في النظام الحالي للخدمة الملاحية المستقرة بالنسبة إلى الأرض للتغطية الأوروبية (EGNOS)، مرسلين مستجيبين للملاحة من سواتل الجيل الثالث (Inm-3) فوق منطقة المحيط الأطلسي الشرقية (AOR-E) عند 15,5° غرباً (الساتل 3F2) وفوق منطقة المحيط الهندي الغربية (IND-W) عند 25° شرقاً (الساتل 3F5).

2 تشكيلة النظام

تتألف شبكات المرسلات-المستجيبات الملاحية إمارسات من المرسلات-المستجيبات (أو الجزء الفضائي) على سواتل إمارسات-3 وإمارسات-4 المتاحة لوظائف نظام التعزيز المحمول على متن السواتل (SBAS).

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 سائل الإشارة المرفوعة بالوصلة الصاعدة في نظام التعزيز المحمول على متن السواتل (SBAS) على قناة وحيدة لتردد ثابت ضمن نطاق التردد للخدمة الثابتة الساتلية 5 925-6 700 MHz. وتُرْسَح هذه الإشارة وتُترجَم إلى التردد L1 لنظام GPS (المتركز 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 سائل من سواتل Inm-4 ترجمة بسيطة للترددات أو مرسلات-مستجيبات من نمط "الموجّه المائل للموجات". ويستقبل كل سائل الإشارة المرفوعة بالوصلة الصاعدة في نظام التعزيز المحمول على متن السواتل (SBAS) على زوج من القنوات ذات الترددات الثابتة في نطاق الخدمة الثابتة الساتلية 5 925-6 700 MHz. وتُرْسَح هذه الإشارات وتُترجَم إلى التردد L1 لنظام GPS (المتركز على النطاق 1 575,42 MHz) وإلى التردد L5 لنظام GPS (المتركز على النطاق 1 176,45 MHz).

وفي حالة كل السواتل Inm-3 و Inm-4، تُكَبَّر إشارة خدمة الملاحة الراديوية الساتلية (RNSS) 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 لتعزز تكاملية ودقة الإشارات الملاحية الرئيسية للنظام العالمي لتحديد المواقع (GPS) وللنظام العالمي للملاحة الساتلية (GLONASS).

2.2 الجزء الأرضي

هذا الجزء غير مُتاح، إذ يُقدِّم نظام إمارسات المقدرّة الفضائية لنظام التعزيز المحمول على متن السواتل (SBAS) فقط.

3 إشارات نظام التعزيز المحمول على متن السواتل

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

وتشمل البنية المشتركة للإشارة شفرة الحياةزة التقريبية C/A مع الرسالة المدمجة لنظام التعزيز المحمول على متن السواتل (SBAS) وشفرة مدنية شبيهة بنظام GPS. وقد صُمِّم هذا النظام لتمكين إدماج إما إشارة شفرة الحياةزة 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 الترددین L1 و L5 من المحطتين الفضائيتين Inm-3 و Inm-4 ضمن الجدول 2-8. 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°.

الجدول 2-8

القدرة المشعة المكافئة المتاحة الاسمية* (dBW) للإشارتين L1 و L5 (ذروة الخزمة)

الإشارة L5	الإشارة L1	الساتل
غير متاحة	33	Inm-3F1
غير متاحة	33	Inm-3F2
غير متاحة	33	Inm-3F3
غير متاحة	33	Inm-3F4
غير متاحة	33	Inm-3F5
29,9	31,4	Inm-4F1
29,9	31,4	Inm-4F2
29,9	31,4	Inm-4F3

* حسب بطاقات تبليغ الاتحاد الدولي للاتصالات بشأن إمارسات.

الملاحظة 1 - 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. ويُعدُّ ذلك مطابقاً تماماً لنظام GPS وتطبيقه لشفرة 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 بعد

تُشكّل المرسلات-المستجيبات الملاحية جزءاً من الحمولة الساتلية النافعة الأكبر، التي تشمل مرسلات-مستجيبات تُقدّم الخدمات المتنقلة الساتلية (MSS). وتُدمج وظيفتا الجزء الملاحي للتحكم والقياس عن بعد مع أنظمة الطائرات الشاملة للقياس عن بُعد والتتبع والتحكم (TT&C). وبفضل تقاسم وظائف القياس عن بُعد والتتبع والتحكم، لا يحتاج هذا النظام طيفاً إضافياً بغية التحكم في المرسلات-المستجيبات 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 (RNSS). ويتمثل التنفيذ الحالي لهذه الشبكة في الساتل التجاري النيجيري NIGCOMSAT-1G (2,5° شرقاً) الذي أُطلق في مداره يوم 13 مايو 2007. وما زال الساتل NIGCOMSAT-1A (2,2° غرباً) والساتل NIGCOMSAT-1D (22° شرقاً) في مرحلة التخطيط. وسوف يكون لهذه السواتل الثلاثة نفس الحمولات النافعة لخدمة الملاحة الراديوية الساتلية (RNSS).

2 خطة التردد والاستقطاب

مثلما جاء بيانه في الجدول 1-9، يستقبل كل ساتل الإشارة المُرسلة لنظام التعزيز المحمول على متن السواتل (SBAS) على الوصلة الصاعدة في النطاق C ثم يُرسل الإشارة الملاحية على الوصلة الهابطة في النطاق L.

الجدول 1-9

عرض النطاق	الاستقطاب	التردد (MHz)	القناة
MHz 4	استقطاب دائري مُيسر	6 698,42	الوصلة الصاعدة-C1
MHz 20	استقطاب دائري مُيسر	6 639,45	الوصلة الصاعدة-C5
MHz 4	استقطاب دائري مُيامن	1 575,42	الوصلة الهابطة-L1
MHz 20	استقطاب دائري مُيامن	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 معطيات 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 (SBAS).

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

1.6 الإشارة L1

يُشكّل التردد L1 للنطاق 1 575,42 MHz بتشكيل الإبراق بزحزة 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 (RNSS) الذي تستفيد شبكته القائمة للنظام العالمي للملاحة الساتلية (GNSS)/نظام التعزيز المحمول على متن السواتل (SBAS) من التعزيز. ويُقدّم الجدول 17 المزيد من المعلومات ذات الصلة.

الجدول 2-9

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 المكونة المطاورة وحدها هي التي تُشكّل بواسطة المعطيات الملاحية. ويُحسّن المعدّل الأسرع لشفرة الإشارة L5 دالة الترابط الذاتي للجزء الخاص بالمستعمل. ويُقدّم الجدول 3-9 المزيد من المعلومات ذات الصلة.

الجدول 3-9

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 ونظام الملاحة العالمي الهندي (GINS)

1 مقدمة

تقوم الهند بتنفيذ نظامها الإقليمي للملاحة الساتلية (IRNSS) فوق شبه القارة الهندية والأراضي المجاورة. وسيعمل النظام IRNSS في النطاق L5 (1 164-1 215 MHz) ويمكن أن يعمل كذلك في النطاق L1 (1 559-1 615 MHz). والنظام IRNSS نظام إقليمي للملاحة الساتلية قائم بذاته يتألف من 7/11 ساتل. وتتألف الكوكبة الأساسية للنظام IRNSS من ثلاثة سواتل GSO وأربعة سواتل non-GSO. بميل 29° شرقاً من خط الاستواء. ويهدف النظام إلى توفير خدمة لتقديم بيانات الموقع والملاحة والتوقيت بدقة. وتخطط الهند إلى تطوير نظام عالمي هندي للملاحة الساتلية مكون من 24 ساتلاً يعمل في النطاقين L1 وL5 في مرحلة تالية.

وتقوم الهند بتنفيذ نظام مكمل فضائي (SBAS) ونظام ملاحة GEO مزود بمساعدة النظام GPS (GAGAN) فوق الفضاء الجوي الهندي.

وقد صدقت منظمة الطيران المدني الدولي (ICAO) على النظام الهندي العالمي للملاحة الساتلية (GNSS) باعتباره نظام ملاحة جوية في المستقبل (FANS) للطيران.

ويعني النظام SBAS GAGAN الهندي توفير زيادة في الدقة والاعتمادية والسلامة والاستمرارية تزيد وتعلو على النظام GPS الأساسي. وتتشابه خصائص الجزء الفضائي والجزء الأرضي مع الأنظمة المكملة 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 الأنظمة IRNSS وGAGAN وGINS 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. وتقوم قناتان متمركزان عند التردد MHz 1 176,45 (النطاق L5) وMHz 1 575,42 (النطاق L1) بإرسال إشارة ضيقة النطاق وأخرى عريضة النطاق لكل منها.

وبالنسبة للنظام IRNSS في النطاق L5، فإن مخطط تشكيل الإشارة ضيقة النطاق هو BPSK عند تردد MHz 1 والإشارة عريضة النطاق BOC(5,2). وفي النطاق L1، يكون مخطط التشكيل للإشارة ضيقة النطاق BOC(1,1) وللإشارة عريضة النطاق BOC(5,2).

ويقوم النظام SBAS GAGAN الهندي بإرسال إشارات مكملة للنظام GPS لزيادة دقته على النطاقين L1 (MHz 1 575,42) وL5 (MHz 1 176,45).

وبالنسبة للنظام GINS، فإن مخططي التشكيل يكونان BPSK(1) وBOC(5,2) في النطاق L5 وBOC(1,1) وBOC(5,2) في النطاق L1.

2 عرض عام للأنظمة

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

ومن المخطط للنظام GINS أن يكون نظاماً عالمياً يعمل في النطاقين L1 وL5 لتوفير خدمات تحديد الموقع والملاحه والتوقيت تضاهي ما يقدمه النظام IRNSS في المستقبل.

ويعمل النظام على أساس مفهوم المثلثات المنفصلة. حيث تقوم معدات مستعمل النظام IRNSS بقياس المدى التقريبي لأربع سواتل أو أكثر وتحسب موقعها بعد مزامنة ميقايتها مع توقيت النظام IRNSS باستعمال إحداثي المستقبل ومعلومات تصحيح الميقايتية.

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

ويمكن تقدير السرعة ثلاثية الأبعاد وتخالف تردد ميقايتية المستعمل بكل معادلات المدى الأربع التي تعطي قياسات تقريبية لمعدلات المدى للسواتل الأربعة. وتوسم القياسات "بالتقريبية" لأنها تجري بميقايتية المستعمل غير الدقيقة (منخفضة التكلفة) الموجودة في المستقبل وتتضمن حدود ثابتة للانحياز نتيجة لقيم تخالف ميقايتية المستقبلات عن توقيت النظام IRNSS. وستحمل 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 واليسر والاستمرارية.

1.2 تطبيقات الأنظمة SRNSS وGAGAN وGINS

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

3 أجزاء النظام

يتألف النظامان IRNSS وGAGAN 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 7/11 ساتل - ثلاثة مستقرة بالنسبة إلى الأرض 4/8 غير مستقرة بالنسبة إلى الأرض - تعمل كنقاط سماوية مرجعية ترسل إشارات الملاحه المشفرة زمنياً بدقة من الفضاء. وتكون كوكبة النظام IRNSS مرئية من جميع النقاط فوق منطقة الخدمة في كل الأوقات.

وسيتألف جزء النظام SBAS GAGAN الهندي من ثلاث حمولات نافعة للملاحه مستقرة بالنسبة إلى الأرض ترسل إشارات وصلات النظام GPS في نطاقي التردد L1 وL2.

وسيتألف النظام GINS من 24 ساتلاً في ثلاثة مستويات مدارية بميل 42 درجة على مستوى خط الاستواء. وتشكل الكوكبة التشغيلية لهذه السواتل مداراً في 14 ساعة و4 دقائق و42 ثانية يبلغ طول نصف قطره نحو 23 222 km.

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 إرسالات السواتل وتُحسب العناصر الأساسية مثل البيانات وتزامن الميقاتية والإحداثيات المدارية من القياسات التي تجريها شبكة من المحطات الأرضية المنشورة في منطقة الخدمة.

ويوفر الجزء الأرضي الوظائف التالية:

- إدارة الكوكبة والتحكم في السواتل؛
- معالجة بيانات الماحة والسلامة والتحكم فيها؛
- مراقبة سلامة وأداء المركبة الفضائية؛
- الوصلات الصاعدة لبيانات الرحلة.

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 للملاحية للنظام GAGAN.

وسيقوم الجزء الأرضي للنظام GINS بالتحكم في كوكبة النظام GINS ومراقبة سلامة السواتل ووضع البيانات لبثها فيما بعد للمستعملين. وتُحسب العناصر الأساسية مثل البيانات وتزامن الميقاتية والإحداثيات المدارية من القياسات التي تجريها شبكة من المحطات التي تفصل بينها مسافات شاسعة. وسيقوم الجزء الأرضي كذلك بإدارة الكوكبة والتحكم في السواتل ومعالجة بيانات الملاحية والسلامة ووظائف تنظيم المركبة الفضائية والتتبع والقياس عن بُعد والتحكم فيها ووصلات بيانات الرحلة.

3.3 جزء المستعمل

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

4 بنية إشارات الأنظمة IRNSS و GAGAN و GINS

1.4 بنية إشارة النظام IRNSS

تتمركز إشارات النظام IRNSS عند التردد $1\ 176,45\ \text{MHz}$ و $1\ 575,42\ \text{MHz}$. 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 عادة بالشكل $\text{BOC}(f_{\text{sub}}, f_{\text{chip}})$ حيث يعبر عن الترددات بمضاعفات معدل النبضات البالغ $1,023\ \text{Mcps}$.

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:

معدل نبضات الشفرة PRN (Mcps) $n f_s = 5 \times 1,023 \text{ MHz}$ هي تردد الموجة الحاملة الفرعية

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

1.1.4 وصف إشارة النظام IRNSS

الجدول 1-10

معلومات الإشارة L5 للنظام IRNSS

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

الجدول 2-10

معلومات الإشارة L1 للنظام IRNSS

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

يمكن تمثيل الإشارات RF المركبة للوصلة الهابطة في النطاقين L5 و L1 كالتالي:

$$s(t) = (\alpha \text{ boc}(t) - \alpha \text{ bpsk}(t)) \cos(2\pi \text{fsc} * t) - (\beta \text{ pilot}(t) + \gamma \text{ boc}(t) * \text{pilot}(t) * \text{bpsk}(t)) \sin(2\pi \text{fsc} * t)$$

حيث:

α, β, γ = معاملات تكبير لتحديد توزيع القدرة.

2.4 إرسالات النظام GAGAN

الجدول 3-10

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

وصف معلمة النظام RNSS	المعلمة
(C/A) 12 ± 1 575,42	مدى تردد الإشارة (MHz)
(C/A) 1,023	معدل نبضات الشفرة PRN (Mcps)
(C/A) 250	معدلات بتات المعطيات الملاحية (bit/s)
(C/A) 500	معدلات رموز المعطيات الملاحية (symbol/s)
BPSK-R(1) (C/A)	طريقة تشكيل الإشارة
RHCP	الاستقطاب
1,8 كحد أقصى	الإهليلجية (dB)
(C/A) 157,37-	أدنى سوية لقدرة الإشارة المستقبلية عن خرج الهوائي المرجعي (dBW)
24	عرض نطاق مرشاح المرسل RF عند 3 dB (MHz)

الجدول 4-10

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 (Mcps)
(L5I) 250	معدلات بتات المعطيات الملاحية (bit/s)
(L5I) 500	معدلات رموز المعطيات الملاحية (symbol/s)
BPSK-R(10)	طريقة تشكيل الإشارة
RHCP	الاستقطاب
2,4 كحد أقصى	الإهليلجية (dB)
(L5I) 156,3-	أدنى سوية لقدرة الإشارة المستقبلية عن خرج الهوائي المرجعي (dBW)
24	عرض نطاق مرشاح المرسل RF عند 3 dB (MHz)

الجدول 5-10

معلومات الإشارة L5 للنظام GINS

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

الجدول 6-10

معلومات الإشارة L1 للنظام GINS

وصف معلمة النظام RNSS	المعلمة
$12 \pm 1\,575,42$	مدى تردد الإشارة (MHz)
2,046 & 1,023	معدل نبضات الشفرة PRN (Mcps)
25	معدلات بتات المعطيات الملاحة (bit/s)
50	معدلات رموز المعطيات الملاحة (symbol/s)
BOC (1,1) BOC (5,2)	طريقة تشكيل الإشارة
RHCP	الاستقطاب
1,8 كحد أقصى	الإهليلجية (dB)
156,37-	أدنى سوية لقدرة الإشارة المستقبلية عن خرج الهوائي المرجعي (dBW)
24	عرض نطاق مرشاح المرسل RF عند 3 dB (MHz)