AN-Conf/11-WP/71
15/7/03

المؤتمر الحادي عشر للملاحة الجوية

مونتريال، ٢٠٠٣/١٠/٣-٩/٢٢

البند ٢: السلامة والأمن في ادارة الحركة الجوية
٢-٥: سلامة وأمن الهياكل الأساسية لادارة الحركة الجوية
٦: المسائل المرتبطة بالملاحة الجوية
٦-٢: مسائل السياسة الملاحية في ضوء الخدمات والهياكل البنيوية الحالية والمرتقبة للنظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية، وما له من خيارات تكامل وخيارات احتياطية

النظم الاحتياطية المستقلة بذاتها الداعمة للنظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية المبنية على الهياكل الأساسية المحلية

(مقدمة من السويد)

ملخص

تقترح هذه الوثيقة نظاما احتياطيا قائما بذاته وفعالا من حيث التكلفة يدعم تحديد الموقع المبني على النظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية (GNSS) باستخدام الوصلة الرقمية ذات الترددات العالية جدا (VDL) من النوع Mode 4 دون الاخلال بمهمته الاستطلاعية الأساسية.

يرد الاجراء المعروض على المؤتمر في الفقرة ٥.

١- مقدمة

١-١ أنشئت اللجنة الخاصة التابعة للايكاو والمعنية بنظم الملاحة الجوية المستقبلية (FANS)، لتمكين الطيران المدني الدولي من التغلب على أوجه القصور الخاصة بالنظم الحالية لادارة الحركة الجوية وللاستفادة من التقنيات الحديثة لمواجهة النمو المتوقع في الطيران. وبالعمل على أساس مرحلتين (لجنة نظم الملاحة الجوية المستقبلية ولجنة المرحلة الثانية من تلك النظم)، جرى تطوير استراتيجية لاستغلال التقنيات الحديثة للأقمار الصناعية وللاتصالات وغير ذلك من التقنيات الناشئة المجددة لتحسين ادارة الحركة الجوية ولتحقيق المنافع لجهات تشغيل الطائرات في شتى أنحاء العالم. وقد أدى ذلك الى المفهوم العالمي للاتصالات والملاحة والاستطلاع/ادارة الحركة الجوية (CNS/ATM).

١-٢ ومن بين التقنيات الجديدة الرئيسية التي يجري استغلالها بالكامل من أجل الاتصالات والملاحة والاستطلاع النظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية (GNSS) الذي سيكون بمثابة عنصر أساسي لنظم الاتصالات والملاحة والاستطلاع (CNS/ATM) المستقبلية. ويتوقع أن يقوم النظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية بأداء دور حيوي ليس

فقط في ما يخص الملاحة ولكن بالنسبة للاستطلاع أيضا أي الاستطلاع التابع التلقائي (ADS) حيث يمكن أن يبنى الابلاغ عن الموقع على أساس بيانات النظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية. وقد جرى تطوير وصلة البيانات الرقمية ذات الترددات العالية جدا من النوع Mode 4 باعتبارها نظام اتصالات يدعم أنظمة الاتصالات والملاحة والاستطلاع ثلاثتها. ويلاحظ أن النوع Mode 4 من تلك الوصلة الذي يدعم الاستطلاع التابع التلقائي هو عنصر من مكونات نظم الاستطلاع التي تنفذ في يومنا هذا. وتتكون الهياكل الأساسية الأرضية للنوع Mode 4 من وصلة البيانات الرقمية باستخدام الترددات العالية جدا من محطات أرضية موصولة فيما بينها بشبكة. وتضمن المهام المتمثلة في الشبكة استمرار توافر التوقيت الدقيق للغاية. وتقوم المحطات الأرضية بانتظام ببث بيانات الموقع الخاصة بها بدقة الى جانب التوقيت الدقيق.

١-٣ يجب الاقرار بأن المكونات الحالية للنظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية تتسم بالضعف أمام التشويش وأن صناعة الطيران اضافة الى جهات الاستخدام الأخرى في مجالات غير الطيران والتي تعتمد على النظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية من الداعين الى اعداد نظم احتياطية مستقلة. وقد أقترح العديد من مكملات ومقويات النظام، وتبرز هذه الوثيقة نظاما احتياطيا مستقلا وفعالا من حيث التكاليف وشبكة للأمان يمكن أن تنفذ باستخدام النوع Mode 4 لوصلة البيانات الرقمية ذات الترددات العالية جدا.

١-٤ ان اشارة التوقيت التي تتيحها شبكة المحطات الأرضية الخاصة بالنوع Mode 4 لوصلة البيانات الرقمية ذات الترددات العالية جدا تتيح المعلومات التي يمكن استخدامها من خلال وحدات متحركة لاحتساب المواقع الخاصة بها وبهذا يتاح نظام احتياطي مستقل من أجل نظم الملاحة من قبيل النظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية. ونتائج الدراسات تبين أن دقة المواقع المبنية على معلومات من الهياكل الأساسية الأرضية الخاصة بالنوع Mode 4 لوصلة البيانات الرقمية ذات الترددات العالية جدا دقة في حدود ميل بحري واحد. وذلك النظام يجب أن يعتبر شديد الجاذبية للدول التي ليست بحوزتها هياكل أساسية للنظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية أو الدول التي لديها مناطق لا يمكن فيها تأمين توافر النظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية الذي يعد مطلوبا.

١-٥ والدافع نحو دقة التوقيت في نظام النوع Mode 4 لوصلة البيانات الرقمية ذات الترددات العالية جدا هو احراز القدرة على التحقق بصورة مستقلة من بيانات الموقع في رسائل الاستطلاع التابع التلقائي من النوع B من خلال تحديد النطاقات على أساس قياسات التوقيت الدقيقة.

٢- التقوية والملاحة الثانوية باستخدام النظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية متمثلا في النوع Mode 4 لوصلة البيانات الرقمية ذات الترددات العالية جدا (VDL) على أساس التثليث

٢-١ عند استخدام بيانات النظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية بغرض الملاحة أو الاستطلاع، يتطلب الأمر نظام تقوية خاصا بالنظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية لضمان جودة بيانات الموقع. ويمكن استخدام النوع Mode 4 لوصلة البيانات الرقمية ذات الترددات العالية جدا الى جانب جهاز استقبال مرجعي للنظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية لاحتساب التصحيحات التفاضلية والبيانات التكاملية للأقمار الصناعية التي في مجال رؤية المحطات الأرضية وذلك لخلق نظام تقوية محلي للنظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية. ويمكن أن يتلقى المستعملون الأرضيون والجويون اشارات لتقوية النظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية حينما تكون هناك محطة أرضية للنوع Mode 4 لوصلة البيانات الرقمية ذات الترددات العالية جدا (VDL) في مجال امتداد الرؤية.

٢-٢ يمكن مد التقوية المحلية للنظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية من خلال النوع Mode 4 لوصلة البيانات الرقمية ذات الترددات العالية جدا لاقامة شبكة اقليمية للنظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية. وتقترح تلك الشبكة

الخاصة بالنوع Mode 4 لوصلة البيانات الرقمية (VDL) باعتبارها تكملة لنظام التقوية المبني على الأقمار الصناعية (SBAS) لتتيح خدمة التقوية للنظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية في منطقة جغرافية واسعة من خلال شبكة من المحطات الأرضية. وقد تستخدم تلك الشبكة لرصد التشغيل وربما لتبادل المعلومات بين المحطات فرادى من أجل المزيد من تعزيز سلامة بيانات التقوية التي تبث. ان تلك الشبكة من النوع Mode 4 لوصلة البيانات الرقمية (VDL) يمكن توسيعها الى ما لا نهاية.

٢-٣ وبمقدور النوع Mode 4 لوصلة البيانات الرقمية (VDL) أن يتيح الملاحة دون اشارات من النظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية وذلك على سبيل المهمة الاحتياطية أو البديلة في حالة تعطل جهاز استقبال النظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية أو فشل تلقي اشارات ذلك النظام. ومهمة الملاحة الثانوية التي تعتبر عنصرا اختياريا ضمن اطار أحكام الايكاو الخاصة بالنوع Mode 4 لوصلة البيانات الرقمية (VDL)، تتيح للملاحة الدقة أثناء الطريق (RNP1) دون الاعتماد على النظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية. وفي المجال الجوي البعيد/المحيطي، يمكن لمستعمل تعطل جهاز الاستقبال الخاص بالنظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية لديه أن يقوم بالملاحة بنجاح بالاعتماد على انطلاقات التزامن المتناسقة زمنيا للنوع Mode 4 وهي الانطلاقات الخاصة بالتوقيت العالمي والتي يستخدمها مستعملون آخرون في المجال الجوي. وفي المجال الجوي المحلي، تسمح مهمة الملاحة الثانوية لسلطات الطيران المدني باستخدام هياكلها الأرضية الخاصة بالنوع Mode 4 للوصلة (VDL) كاحتياطي يدعم النظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية. وذلك يفترض وجود مصدر مستقر له توقيت شديد الدقة لدى المحطات الأرضية ذات الصلة.

٢-٤ ومفهـــوم الملاحة الثانوي مماثل للمفهوم الخاص بالنظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية، المبين في الشكل ١. ففي النظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية، تتزامن الاشارات المستكشفة للمدى شبه الضوضائية (PN) التي تبثها طائرات النظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية مع وحدات التوقيت العالمي المنسق. وتلك الاشارات تتبع من نقاط معروفة في الفضاء نظرا لأن مدار سفينة الفضاء معروف. وتقاس أوقات وصول الاشارات الى جهاز استقبال النظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية بالعلاقة الى التوقيت المحلي لجهة الاستقبال. واذا كان جهاز استقبال النظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية متزامنا مع التوقيت العالمي المنسق، لأعطى ناتج قسمة مدة انتقال الاشارة (مدة الانتشار) على سرعة الضوء المدى الذي تبعد اليه سفن الفضاء التي صدرت عنها الاشارة. واذا لم يكن جهاز استقبال النظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية متزامنا مع التوقيت العالمي المنسق فان مدة الانتشار كما تبدو تعطي ما يسمى "بشبه المدى". وفي الحالة العامة التي لا يكون فيها جهاز الاستقبال متزامنا وعليه أن يقوم بحل اشكالية الموقع الخاصة به (x, y, z) اضافة الى ضبط الساعة الخاصة به (dt)، يمكن أن تتحدد تلك المجاهيل الأربعة في حالة توافر أربعة قياسات ذات هندسة نسبية جيدة. وفي حالة توافر أكثر من أربعة قياسات، يمكن أن يتحدد الموقع مع تخفيض احتمال الخطأ.

٢-٥ والعناصر الرئيسية للنظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية هي كما يلي:

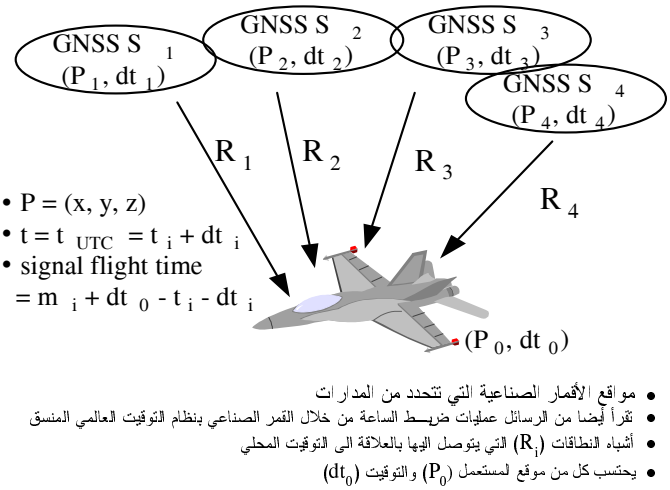
أ) مجموعة من منصات البث في مواقع معروفة تبث اشارات متزامنة التوقيت مستكشفة للمدى بأعداد كافية لاتاحة حد أدنى يبلغ أربع اشارات مستكشفة للمدى لها حسابات هندسية جيدة لصالح مجتمع المستعملين وذلك باحتمالات عالية.

ب) معدات المستعملين القادرة على تلقي وقياس مدد الوصول لتلك الاشارات وتأدية الحسابات الضرورية لتثليث الموقع الخاص بها.

٢-٦ القول بحقيقة أن منصات البث تتحرك بسرعات مدارية أمر لا تبرز له أهمية، مادامت مسارات الحركة لتلك المنصات تعرف بدقة عالية ومادامت مواقعها يمكن أن تتحدد في الحال في حدود أمتار قليلة. فالنظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية يؤدي تأدية جيدة لأن الاشارات متزامنة بدرجة عالية من الدقة، ومواقع أقمار البث الصناعية تقاس ويبلغ

عنها بدقة عالية واشارات قياس المدى لديها ما يكفي من عرض الحزمة للسماح بقياس شديد الدقة للمدة التي استغرقها الوصول.

٢-٧ ان العناصر الرئيسية لنظام تحديد الموقع متاحة من خلال النوع Mode 4 لوصلة البيانات (VDL) الى جانب ما يلي: (١) محطات البث العديدة تقدم تقارير عن موقعها بدقة معقولة (٢) الاشارات المتزامنة من حيث التوقيت تبث من نفس المنصات. وفي حالة النوع Mode 4 للوصلة (VDL)، تكون محطات البث ذات الأهمية بالنسبة للملاحة هي الطائرات أو المحطات الأرضية التي تقدم تقارير تفيد تزامنها حسب التوقيت والتي يعتبر حساب الموقع الذي أبلغت به جيدا في حد ذاته. والشكل ٢ يبين المفهوم الأساسي الذي يوازي مفهوم النظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية.



الشكل ١ ــ نظرة شاملة لمفهوم الملاحة حسب النظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية

٢-٨ ان درجة وضوح الموقع التي تتحدد من خلال استخدم النوع Mode 4 للوصلة (VDL) سوف تكون أقل دقة من درجة الوضوح الخاصة بالنظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية وذلك للأسباب التالية:

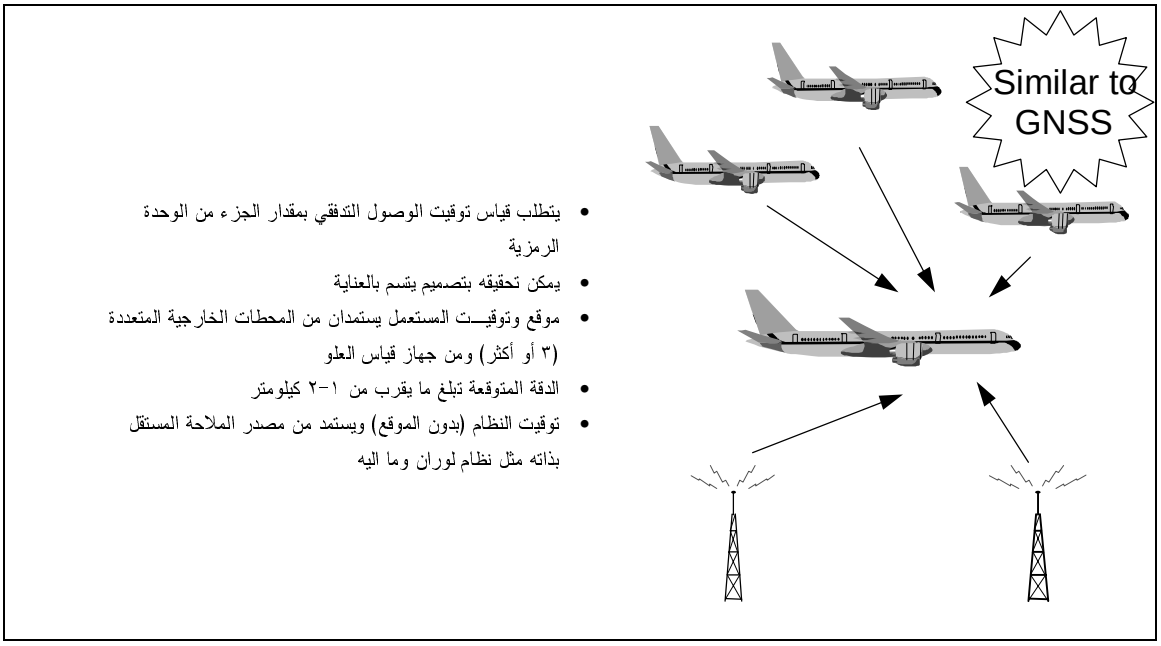
أ) في معظم الحالات، تكون درجة الارتياب في الموقع الذي أبلغت به جهة استخدام أكبر من الارتياب في الموقع المبلغ عنه بالقمر الصناعي للنظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية.

ب) يتم ارسال البث بصورة تتسم بمزيد من التفاوت والارتياب في عامل الوقت مقارنة بعمليات البث بالقمر الصناعي القائم على النظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية.

ج) ان قياسات مدة الوصول في محطة الاستقبال ليست بنفس درجة الدقة مثل قياسات مدة الوصول التي تؤدى في جهاز استقبال للنظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية.

٢-٩ ومع ذلك، يمكن التوصل الى وضوح للموقع. وأحكام الايكاو الخاصة بالنوع Mode 4 لوصلة البيانات (VDL) تنص تحديدا على تفاوت زمني في البث مقداره (2ð) 1 usec £. وذلك يتماشى مع عدم تيقن من المدى مقداره ٣٠٠ متر (~ ١٠٠٠ قدم). واذا أمكن قياس مدد الوصول الخاصة بالاشارة حسب ما يقابل ذلك من درجات الدقة (ما يقرب من (2ð) 1 usec)، فستصبح أخطاء المدى بالنسبة لكل اشارة محدودة بمقدار ٥٠٠ متر (2ð) وجهات الاستعمال التي

لها حسابات هندسية جيدة تحقق دقة فيما يخص الموقع بمقدار كلم واحد أو أفضل من ذلك. ومن شأن ذلك أن يكون بمثابة الأداء المعتاد لجهات الاستعمال في المجال الجوي النشط حيث يتحدد مكان الكثير من المستعملين المجهزين بأجهزة ملائمة في جميع الاتجاهات حول جهة الاستعمال أو المستعملين في المجال الجوي الذي صممت فيه سلطات الطيران المدني بصورة صريحة الهياكل الأساسية الأرضية بحيث تعطي حسابات هندسية مقبولة (قد تكون شبكة المحطات الأرضية مستقلة تمام الاستقلال عن النظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية، ويمكن أن تتيح أداء معززا[1] نتيجة للدقة الشديدة التي تتسم بها تقارير الموقع الخاصة بها وربما أيضا توقيتات البث الخاصة بها الأكثر دقة).



الشكل ٢ ــ الملاحة الثانوية بالنوع Mode 4 لوصلة البيانات (VDL)

٣- المنافع التشغيلية للملاحة الثانوية

٣-١ تعد المنافع التشغيلية للملاحة الثانوية كما يلي:

أ) وسيلة قوية للاحتفاظ بشكل يتسم بالكفاءة باتصالات وتشارك في المصادر وذلك في بروتوكول النوع Mode 4 لوصلة البيانات (VDL).

ب) القدرة على استنتاج تقدير مستقل للمدى لصالح مستعمل (أي بتقدير مدى الانتشار للرسالة التي جرى تلقيها) قدرة تدعم ملامح الموثوقية المعززة في طبقة ماك وما يعلوها.

ج) في المجال الجوي المحلي يمكن أن تتيح الملاحة الثانوية المستخدمة الى جانب شبكة أرضية تبث انطلاقات تزامن على محطات الاشارة العالمية (GSC) احتياطيا كاملا للنظام العالمي للملاحة بالأقمار

[1] بالنسبة الى ما تحقق من خلال تحديد المدى من وحدات متحركة.

الصناعية ملائما لأغراض الملاحة أثناء الطريق[٢]. ان هذا الاحتياطي النشط الذي يتم التحكم فيه بصورة محلية يمكن أن يخفف من القيام على المستوى العالمي بادخال النظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية باعتباره وسيلة أولية للملاحة.

د) المحطات المحمولة جوا و/أو الأرضية تتيح احتياطيا لجهات الاستعمال المعزولة التي تتعطل أجهزة النظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية الخاصة بها.

٤- ملخص

٤-١ يمكن أن يرى من التحليل الوارد أعلاه أن النوع Mode 4 لوصلة البيانات (VDL)، بينما يعطي امكانية تأدية الاستطلاع من الفئة B من الاستطلاع التابع التلقائي، فانه يمكن أن يستخدم أيضا لاتاحة مصدر موقعه احتياطي وذلك للنظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية دون أن يخل بالمهمة الاستطلاعية الأساسية له. ان هذا النظام الاحتياطي المستقل وشبكة الأمان تلك للنظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية يتيحان امكانية أن يتوافر لجميع الدول نظام مراقب على المستوى الوطني للملاحة في المستقبل.

٥- الاجراء المعروض على المؤتمر

٥-١ ان المؤتمر مدعو الى القيام بما يلي:

أ) الاحاطة علما بأن المهام الكامنة في نظام النوع Mode 4 لوصلة البيانات (VDL) يمكن أن تستخدم كاحتياطي مستقل للنظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية، بما يتيح الفرصة لجميع الدول ليتوافر لها نظام للملاحة مراقب على المستوى الوطني في المستقبل.

ب) التوصية بأن تعرّف الايكاو المقتضيات وأن تطور أحكاما ملائمة دعما لشبكة أمان أرضية مكملة للنظام العالمي للملاحة بالأقمار الصناعية وتعتبر مستقلة عن العناصر الفضائية.

— انتهـــى —

[٢] يتطلب ذلك مصدرا مستقلا للتوقيت الدقيق في المحطات الأرضية، وزيادة كافية في المحطات الأرضية تعطي تغطية من خلال ثلاث محطـــات أو أكثر مع احتمالات عالية تتاح للمستعملين عند ارتفاع معين أو فوق ذلك الارتفاع.