

DAUGIAJUTIKLĖS AERODROMO EISMO STEBĖJIMO SISTEMOS PRITAIKYMAS
TARPTAUTINIAME VILNIAUS ORO UOSTEDainora Lukaitė¹, Vaidotas Kondroška²

VGTU AGAI Aviacijos technologijų katedra

El. p.: ¹dainoralukaite85@yahoo.com; ²kondroska.v@ans.lt

Santrauka. Nagrinėjama galimybė įdiegti daugiajutiklę aerodromo eismo stebėjimo sistemą DAESS (Multilateration) Tarptautiniame Vilniaus oro uoste (toliau – Vilniaus aerodrome). Ši sistema papildytų antžeminio aerodromo eismo sistemą, šiuo metu teikiančią tik pirminės radiolokacijos informaciją bei sudarytų sąlygas plečiant DAESS sistemą jos pagalba stebėti ir oro erdvę. DAESS priima orlaivių spinduliuojamus iš atsakiklių A/C, S ir ADS-B režimais signalus su informacija, kuria remiantis hiperboliniu metodu nustato orlaivių padėtį. DAESS imtuvai priima signalus 1090 MHz kanalu, o užklausimus vykdo 1030 MHz kanalais. Projektas ruošiamas atsižvelgiant į oro uosto saugos reikalavimus ir įrangos galimybes. DAESS sistemos elementai būtų statomi atsižvelgiant į ICAO 14 priedo reikalavimus kliūtims aerodrome. DAESS sistemos įrenginiai išdėstomi taip, kad nesukeltų pavojaus manevruojantiems, besileidžiantiems bei kylantiems orlaiviams. Šios sistemos įdiegimas leistų aerodromo vadovietės vadovams vykdyti saugų ir operatyvų darbą esant prastoms matomumo sąlygoms bei tamsiu paros metu.

Reikšminiai žodžiai: DAESS, antžeminio eismo stebėjimo sistema, hiperbolinis metodas, A/C, S, ADS – B režimai.

1. Įvadas

Visame pasaulyje aviacija asocijuojasi su skrydžiais ir jų sauga. Skrydžių saugai pagerinti kuriamos ir naudojamos įvairios technologijos. Šiuo metu aktuali tema yra aerodromo teritorijoje ir jo prieigose judančių objektų stebėjimas prasto matomumo sąlygomis ir naktį bei siekiant padidinti oro uosto pralaidumą. Kadangi daugėja orlaivių, skrydžių ir tuo pačiu manevruojančių orlaivių bei mašinų, kurios aptarnauja orlaivius ar yra kitaip susijusios su aerodromo veikla, tai apsunkina skrydžių vadovų darbą, atsiranda daugiau galimybių įvykti avarijoms ar susidaryti orlaivių atvykimo/išvykimo vėlavimams. Remiantis kitų Europos ir pasaulio valstybių patirtimi, tokių kaip Čekija, Austrija, Jungtinė Karalystė, Jungtinės Amerikos Valstijos, galima išvengti saugos sumažėjimo problemų Vilniaus aerodrome, papildant antžeminio eismo radiolokatorių sistemą AERS (angl. – *Surface Movement Radar System*) daugiajutiklę aerodromo eismo stebėjimo sistemą DAESS (MLAT). Įdiegus DAESS, būtų sukurta visa patobulinta antžeminio judėjimo vadovavimo ir kontroliavimo sistema PAJVK (angl. – *Advanced-Surface Movement Guidance and Control System*), kuri leistų skrydžių vadovams gauti naujausią tikrą informaciją apie aerodrome judančių objektų, turinčių atitinkamus radijo atsakiklius, vaizdą vaizdo ekranuose. Tai padidintų saugos lygį aerodrome.

2. DAESS sistemos paskirtis aerodromo eismo stebėjimo sistemose

AERS (SMRS) sistema suteikia informaciją apie ant žemės judančius orlaivius ir mašinas. Informacijos šaltiniai yra skrydžių valdymo sistema EUROCAT X ir pirminis stebėjimo radaras PSR (angl. – *Primary Surveillance Radar*) Indra AER (SMR). Skrydžių valdymo sistema Eurocat X teikia informaciją tik apie ore esančius orlai-

vius. Taigi AERS (SMRS) išlieka tik skrydžio plano informacija apie orlaivių judėjimą oro erdvėje. Remiantis turima informacija (koordinatėmis numatyto laiku) ir PRS, AERS (SMRS) turi atpažinti įskrendantį į stebėjimo sistemos veikimo lauką numatytą orlaivį. Antrinės radiolokacijos padengimo laukas neapima visų aerodromo manevravimo lauko vietų, atsiranda „aklųjų zonų“, kur judantys orlaiviai yra nematomi skrydžių vadovų ekranuose. DAESS sudaro sąlygas stebėti eismą ne tik „aklosiose zonose“, bet ir visame aerodrome bei šalia jo. Tai leistų patikslinti esamų sistemų gautus duomenis ir suteiktų papildomos informacijos, ko negali padaryti šiuo metu Vilniaus aerodrome esančios technologijos (Callan 2007).

DAESS yra viena iš PAJVK (A-SMGCS) dalių, tačiau gali būti naudojama ir kaip autonominė sistema.

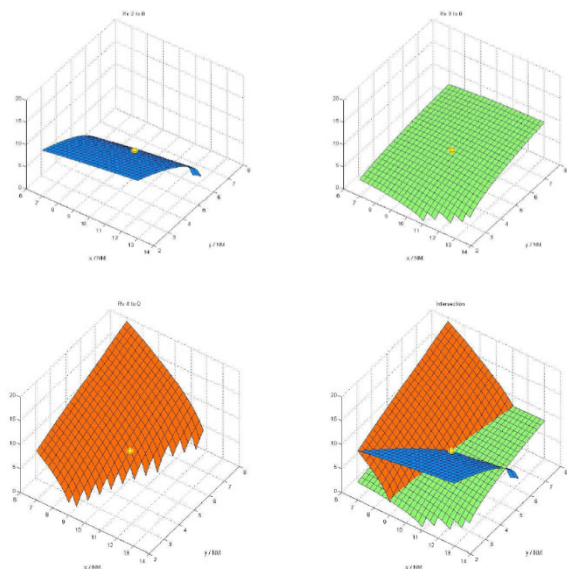
Vilniaus aerodrome DAESS sistema bus integruota į PAJVK (A-SMGCS) sistemą. PAJVK (A-SMGCS) sistemą sudaro AERS (SMRS) ir DAESS. DAESS turės tam tikrą skaičių imtuvų stočių, reikalingų užtikrinti reikiamą veikiančią padengimo zoną ir tenkins aptikimo tikimybės ir kokybės reikalavimus. Užklaustos stotys sužadins radijo atsakiklius, esančius orlaiviuose ir mašinose, kurie užtikrins reikiamos informacijos pateikimą A/C bei S režimais visoje veikimo zonoje.

DAESS – tai daugiajutiklė stebėjimo sistema, kuri priima savo arba kitų sistemų užklaustus atsakymus. Kitaip tariant, DAESS priima orlaivių ar kitų objektų spinduliuojamus signalus su informacija, kuria remiantis nustato jų padėtį erdvėje arba ant žemės. Kad DAESS nustatytų orlaivio padėtį ant žemės, reikia mažiausiai trijų DAESS imtuvų, kurie hiperboliniu metodu apskaičiuoja objekto esamą padėtį.

3. DAESS sistemos veikimo principas

DAESS nustato orlaivių padėtis remiantis atsakiklių atsakymais atvykusių signalų laiko skirtumų ASLS (angl. – *Time Distance of Arrival*) metodu.

Atvykusių signalų laiko skirtumų veikimo principas matyti 1 paveiksle:



1 pav. Atvykusių signalų laiko skirtumų veikimo principas

Fig. 1. Time distance of arrival operation principal

Tarkim, orlaivio signalai gauti 5 imtuvuose. Iliustracijose matyti hiperboloidės, nustatytos pagal signalų 0 ir 2, 0 ir 3, 0 ir 4 atstumų laiko skirtumus. Centrinis procesorius apskaičiuoja visų hiperboloidžių susikirtimą (pavaizduota paskutinėje iliustracijoje) (Neven *et al.* 2004).

DAESS antžeminės stotys gauna atsakymus ar informacinius signalus iš visų orlaivių, kurie veikia A/C ir S režimais arba turi ADS-B atsakiklius.

Atėjusių signalų laiko skirtumas tarp 2 antenų sudaro hiperboloidę (3D formatu), kurioje yra orlaivis. Kai keturios antenos gauna orlaivio signalą, sudaromos hiperboloidės, o šių susikirtimas nurodo orlaivio 3D padėtį.

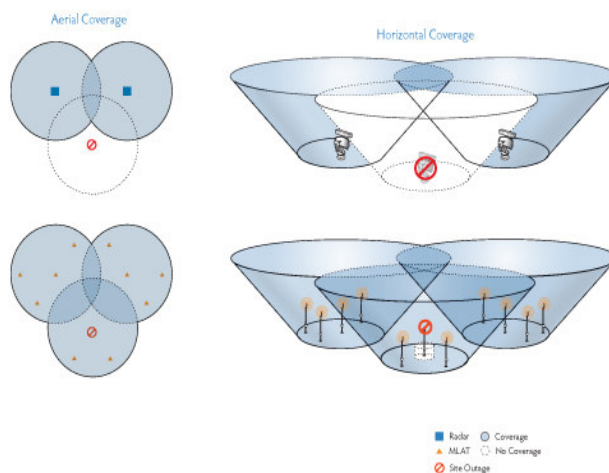
Kai tik orlaivis atsiranda skirtingu atstumu nuo antžeminės stoties, kiekviena stotis atsakymus gaus skirtingais laikais, t. y., laiko skirtumai bus maži. Kompiuterinė programa apdoroja šią informaciją ir suskaičiuoja orlaivio padėtį.

2D (X, Y) siūstuvo padėtį galima nustatyti palyginus laiko skirtumus tarp trijų imtuvų. Tai yra priimtina padėčiai nustatyti, kai orlaivis juda aerodromo taku. Panaudojus keturis ar daugiau imtuvų signalų galima nustatyti 3D objekto padėtį (įskaitant ir geometrinį aukštį) arba bus gauti tikslesni duomenys 2D matavimuose.

Taigi orlaivio padėčiai nustatyti 3D formatu reikalingi mažiausiai 4 MLAT imtuvai ir 1 užklausiklis (jei orlaivių atsakikliai dirba A/C arba S režimais). Jei orlaivis siunčia ADS-B signalus, padėčiai nustatyti reikalingi tik imtuvai (Neven *et al.* 2004).

4. Veikimo galimybės

Žiūrint į tradicinį radarą ir DAESS lengva suprasti, kad DAESS sistemos priežiūra yra gerokai paprastesnė ir pigesnė. DAESS neturi jokių judamų dalių, be to, kiekvienas jutiklis yra nedidelis ir lengvai pasiekiamas. Dėl tinklinės architektūros DAESS turi daugiau galimybių aptikti orlaivius bet kurioje veikimo zonoje, nei antrinis stebėjimų radaras ASR (angl. – *Secondary Surveillance Radar*). DAESS imtuvų gauti signalai dubliuojasi, dėl to nustatoma vis tikslesnė judančių objektų padėtis. Net jeigu vienas iš imtuvų neveikia, sistema nenustoja veikti, nes informacija gaunama iš kitų DAESS imtuvų (2 pav.).



2 pav. Radarinių ir DAESS sistemų veikimo palyginimas, kai vienas iš įrenginių sugenda

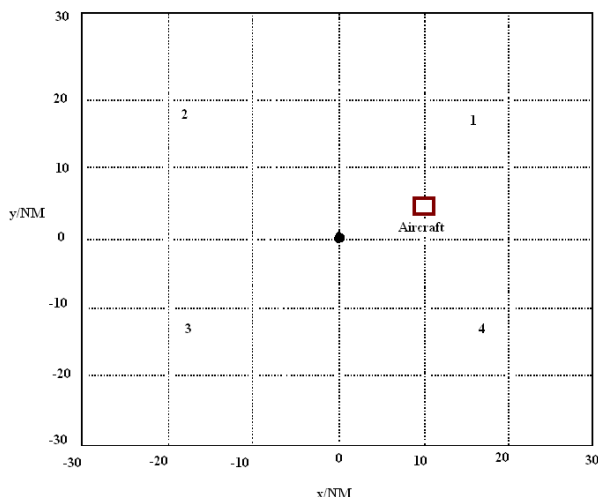
Fig. 2. Radar and MLAT systems comparison if one of the system's parts is not working

Jei sugenda tradicinis radaras, netenkama informacijos apie eismą stebėjimo zonoje. DAESS sistemoje yra perdengimo lygiai, kurių reikalaujama, kad tinkamai veiktų įranga ir būtų užtikrintas objektų aptikimas. Pagrindinis reikalavimas yra toks, kad stebimą zoną dengtų bent 4 imtuvai 3D objektų padėčiai nustatyti. O tai neturi būti būtent tik tie konkretūs 4 imtuvai, tai gali būti bet kurie DAESS sistemos imtuvai, kurie veikia toje zonoje ir priima atsakiklių signalus (Callan 2007).

5. DAESS imtuvų išdėstymo principai

Šios sistemos galimybės veikiant A/C, S režimais ir ADS-B, skirtos aerodromo paviršiaus stebėjimui ir leis teikti informaciją apie:

- Aerodromo manevravimo zonas ir peroną – tai yra, orlaivių judėjimą žeme.
- Dalį ASR padengimo zonų, kilimo-tūpimo sektoriuose (3 pav.).

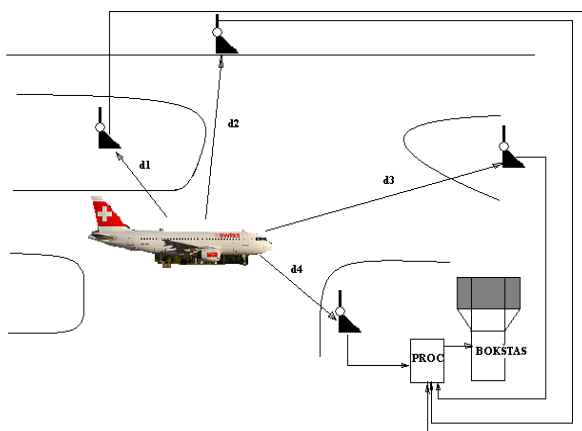


3 pav. DAESS imtuvų išdėstymas orlaivių atžvilgiu

Fig. 3. MLAT receivers' location in relation to an aircraft

4 paveiksle matyti atsakiklio 1090 Mhz signalai, kurie gaunami keturiuose imtuvuose, išsidėstytoose aplink aerodromą. Centrinis procesorius atlieka atvykusių signalų laiko skirtumų ASLS (TDOA) matavimus orlaivių padėčiai nustatyti.

Taip pat šiuo principu veikia tinkama įranga aprūpintos aerodrome dirbančios mašinos (ne orlaiviai), kurios perduoda signalus tuo pačiu dažniu.

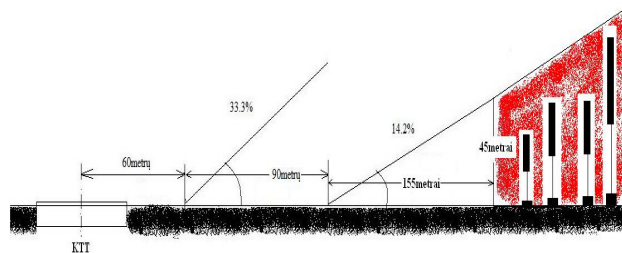


4 pav. Priimami signalai 1090MHz dažniu

Fig. 4. Transponders signals on 1090 MHz band

Diegiant DAESS sistemą Vilniaus aerodrome svarbu įvertinti ne tik įrangos galimybes, bet ir atsižvelgti į ICAO 14 priedo reikalavimus kliūčių išdėstymui, jų aukščiui ir medžiagoms, iš kurių pagamintos. Vilniaus aerodrome kilimo-tūpimo takas yra 4E kategorijos. Taigi remiantis Lietuvos Respublikos civilinių aerodromų projektavimo, statybos ir specialiaisiais reikalavimais naudojimo vadovo 6 punktu, nustatomos skrydžių juostos plotis, kuris šiuo atveju yra į šonus po 150 metrų nuo KTT ašinės linijos. 12-as punktą nurodo, kad skrydžių juostos dalyje 60 m ilgio nuo KTT ašinės linijos, kai KTT yra įrengtas tiksliai tūpimui ir KTT kategorijos 3 arba 4, negali būti nejudamų objektų, išskyrus tas vizualias prie-

mones, kurios būtinos oro navigacijai ir turi lūžtamąsias konstrukcijas. Kai KTT naudojamas skrydžiams minėtoje SJ dalyje, draudžiama, kad joje būtų judantys objektai.



5 pav. Saugos reikalavimai oro uoste

Fig. 5. Safety requirements in the airport

Remiantis 28 punktu, šoninės kilimo ir tūpimo tako saugos juostos yra įrengtos simetriškai į abi puses nuo KTT taip, kad bendras KTT ir ŠSJ plotis būtų ne mažesnis kaip 60 m, kai KTT kategorijos raidė D arba E.

Remiantis LRCAP nuostatomis, 150 metrų nuo KTT ašinės linijos prasideda saugos kilimo zona 14,2% ir kai saugos kilimo juosta yra 45 metrai nuo žemės paviršiaus, prasideda zona, kurioje galima statyti įrenginius, tokius kaip DAESS.

Taigi atsižvelgiant į saugos reikalavimus, įrenginių galimybes ir reikiamą jų kiekį šiame darbe siūlomas DAESS sistemos siūstuvų ir imtuvų projektas.

Pagal W. H. Nemen ir kt., stebimo objekto padėtis gali būti nustatoma tikslesnė, jei būtų naudojami daugiau nei 4 imtuvai (Nemen et al. 2004). Tokiu atveju galima gauti daugiau papildomos informacijos, kaip pavyzdžiui, informacija paklaidų pataisymui arba paskaičiuoti vidutinės visų skaičiavimų reikšmes, kurios duotų mažesnes padėties nustatymo paklaidas.

Remiantis prielaida, kad vienas iš imtuvų gali neveikti, ir siekiant kuo tikslesnio padėties nustatymo, projektuojant buvo nuspręsta pritaikyti po 5 imtuvus aerodromo zonoms stebėti, nors paprastai užtenka 4 imtuvų 3D judančių objektų padėčiai nustatyti (arba 3 imtuvų 2D objekto koordinatėms nustatyti).

Tyrimo metu nustatyta, kad optimalią DAESS sistemą, įvertinus aukščiau minimus reikalavimus ir prielaidas, turėtų sudaryti 11 imtuvų ir 2 siūstuvai. Siūstuvai turėtų būti išdėstyti taip, kad užklausimus vykdytų visame oro uoste ir kai kuriose SSR dengimo zonose (6 pav.).

Siūlomame projekte aerodromo laukas suskirstytas į 3 stebėjimo sektorius. Nustatyta, kad pirmajam sektoriui turėtų būti priskiriami 1, 2, 3, 4, 5 imtuvai ir 4 numeriu pažymėti užklausėjai. Tai šiaurinis sektorius, akcentuojantis orlaivių judėjimą šiaurinėje dalyje prie bokšto, kur pastatas užstoja pietinę stovėjimo aikštelės dalį.

Antrajam sektoriui turėtų būti priskiriami 1, 5, 6, 7, 8, 9, 10 imtuvai ir 4 bei 8 numeriu pažymėti užklausėjai. Tai kilimo-tūpimo takui ir riedėjimo takeliams stebėti skirtas sektorius. Šie imtuvai suteiks informaciją apie orlaivius, riedančius taku, prie tako arba takeliais, taip pat judančias mašinas šioje zonoje (jeigu mašinos bus su atitinkama įranga) bei apie orlaivius, kurie tupia arba kyla netoli nuo kilimo-tūpimo tako.



6 pav. DESS sistemos pritaikymas Vilniaus aerodromui

Fig. 6. MLAT application to Vilnius airdrome

Trečiasis sektorius skirtas izoliuotai nuo šiaurinės pusės stovėjimo aikštelės zonai stebėti. Šią zoną dengia 1, 5, 6, 7, 11 imtuvai, o sužaditimui priskirti 4 ir 8 numeriu pažymėti siųstuvai.

Kaip matyti, tie patys imtuvai gali būti naudojami ir kituose sektoriuose. Ši sistema leidžia lengvai praplėsti stebėjimo zonas tiesiog įdiegus daugiau imtuvų ir siųstuvų reikiamose vietose.

Siūlomos DAESS sistemos aerodrome esančių elementų koordinatės:

1. 54°38'35.08"N 25°16'48.73"E imtuvas
2. 54°38'46.62"N 25°16'47.27"E imtuvas
3. 54°38'4.77"N 25°17'49.11"E imtuvas
4. 54°38'42.26"N 25°17'17.10"E siųstuvai ir imtuvas
5. 54°38'33.26"N 25°17'49.09"E imtuvas
6. 54°38'21.76"N 25°17'49.48"E imtuvas
7. 54°38'10.11"N 25°17'37.26"E imtuvas
8. 54°37'50.17"N 25°17'20.98"E siųstuvai ir imtuvas
9. 54°37'21.75"N 25°17'1.40"E imtuvas
10. 54°38'0.08"N 25°16'49.88"E imtuvas
11. 54°38'21.53"N 25°16'50.32"E imtuvas

6. Išvados

DAESS sistema papildytų AER sistemą ir sudarytų PAJVKŠ. Ženkliai pagerėtų skrydžių sauga aerodrome prasto matomumo sąlygomis, nes skrydžių vadovai tokiomis sąlygomis vadovaujami orlaivių pilotų ar transporto priemonių vairuotojų pranešimais, o įdiegus šią sistemą visi šie objektai būtų stebimi monitoriaus ekrane bei identifikuojami.

DAESS sistema suteiktų galimybę skrydžių vadovams matyti ekranuose ne tik orlaivius, bet ir judančias mašinas oro uosto teritorijoje, o tai užtikrintų operatyvesnį, ekonomiškesnį, saugesnį darbą oro uoste net ir blogomis meteorologinėmis sąlygomis. DAESS įrenginiai yra nedideli, paprasti, nesudėtingos eksploatacijos, leidžia tinklinę plėtrą nekeičiant pagrindinės įrangos savybių. Tai yra patikimesnė, pigesnė ir paprastesnė sistema nei kitos iki šiol diegtos aerodromų stebėjimo sistemos, tokios kaip radarinė sistema.

Jau kurį laiką daugiajutiklės aerodromo eismo stebėjimo sistemos technika yra sėkmingai naudojama oro uostų eismo stebėjimams. Šiomis dienomis tą pačią technologiją taiko ir oro erdvei, t. y., maršrutų, prieigų eismo stebėjimui. Tokios sistemos vadinamos didelės teritorijos daugiajutiklėmis stebėjimo sistemomis DTDS (angl. – Wide Area Multilateration Systems) (Neven *et al.* 2004). Ateityje jas bus galima taikyti ir Vilniaus aerodromo prieigoms stebėti, įdiegiant daugiau DAESS imtuvų bei siųstuvų.

Literatūra

- Callan, J. 2007. *Multilateration: Radar's Replacement System Based on Transponder Returns is Better and Cheaper than Secondary Surveillance Radar and Complementary to Automatic Dependent Surveillance-Broadcast*, *Advocates say*. [interaktyvus] [žiūrėta 2011 m. lapkričio 29 d.] Prieiga per internetą: <http://www.aviationtoday.com/av/issue/feature/9891.html>.
- Neven, W.; Jquilter, T.; Weedon, R. *et al.* 2004. *National Luchten Rulmtevaartlaboratorium. National Aerospace Laboratory. NLR, NLR-CR-2004-472*. [interaktyvus] Prieiga per internetą: http://www.eurocontrol.int/surveillance/gallery/content/public/documents/WAM_study_report_1_1.pdf.

MULTILATERATION SYSTEM PROJECT FOR VILNIUS AIRPORT

D. Lukaitė, V. Kondroška

Summary

A possibility to implement MLAT in Vilnius airport is being considered. This system would supplement ground movement radar system, which currently provides information from primary radiolocation, and with the help DAESS system would also enable airspace surveillance. DAESS receives signals that are being transmitted from transponder's mode A/C, mode S or ADS-B with information on which aircraft's position is being determined using hyperbolic method. MLAT receivers receive 1090 MHz band signals and interrogate on 1030 MHz band. The project is being prepared according to the airport safety requirements and equipment performance capabilities. DAESS system's elements should be placed according to airport's obstacle requirements stated in ICAO Annex 14. System equipment should be placed so as not to cause danger for maneuvering, landing or taking-off aircraft. Installation of this system would enable air traffic controllers to work safer and more expeditious even in low visibility or during dark period of the day.

Keywords: MLAT, primary radar system, hyperbolic method, mode A/C, S, ADS-B.