

ADS-B

Automatic Dependent Surveillance Broadcast

מערכת **תקשורת** להגברת בטיחות התעופה הגדלה,
עפ"י התחזיות, משנה לשנה

הרצאה לחברי אגודת התעופה הכללית ינואר 2017
אריאל אריאלי



ADS-B

כאשר, עפ"י התחזיות, התעופה האזרחית מתרחבת והולכת, במהלך השנים הקרובות, עולה הדרישה לשמירה ואף להגברת בטיחות הטיסה וייעולה.

התפתחות הטכנולוגיה והזמינות המיידית שלה, ביחד עם הוזלתה, מאפשרים שימוש באמצעים שעד היום לא היו מעשיים.

גם ההבנה כי מערכת הניווט הלווינית (למעשה, היום, קיימות שלוש כאלו: הרוסית (GLONASS), האירופאית (GALILEO) והמפורסמת מכולן – המערכת האמריקאית (GPS)), תמשיך לפעול ללא הפרעה מכוונת ע"י מדינות, שכנעו את גורמי התעופה לנצלן ולהשתמש בהן כבסיס לשיטות הניווט בתעופה האזרחית בכלל ובתעופה המסחרית בפרט.

ADS-B

שתי שותפות חברו לקבלת ההחלטה על פיתוח והטמעת המערכת:
א. תוכנית "השמיים" של אירופה המאוחדת (SEASAR)
ב. תכנית "הניווט העתידי" (NextGen) האמריקאית.

למרות שמדובר במערכת "ניווט", למעשה, המערכת היא "מערכת תקשורת".

ברוב ארצות אירופה הוחלט, מנדטורית, כי המערכת תיכנס לשימוש במהלך 2017 ובארה"ב במהלך 2020 (אם כי, ה FAA מעודד, ויש לו תוכניות ממשיות, הכוללות סבסוד, את המשתמשים בתעופה, להתחיל להכניסה לשימוש כבר עכשיו). – התשתיות הנדרשות כבר בעיצומו של שלב התקנתן.

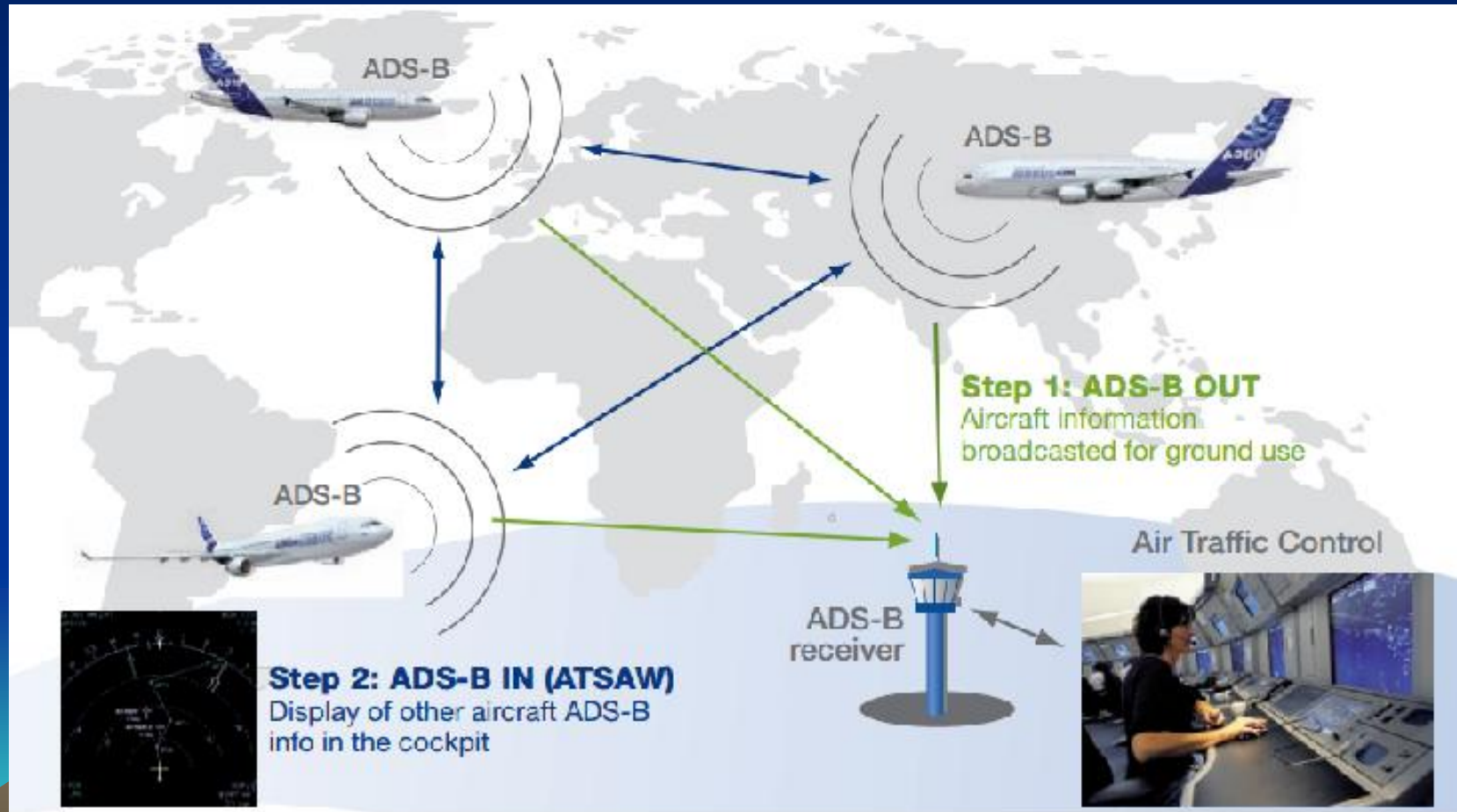
ADS-B

מערכת ה- ADS-B היא, למעשה, שתי תת-מערכות:
ADS-B - Out – מערכת תקשורת המשדרת את
נתוני המטוס לתחנות קרקעיות (ATC) ו-
ADS-B – In - מערכת המשדרת (וקולטת) את
נתוני הטיסה בין המטוסים, בינם לבין עצמם

כדאי לשים לב כי מערכת זו (ועוד נדבר על כך בהמשך) מייתרת לחלוטין את השימוש במערכות מכ"מ ו- VORים קרקעיות לשליטה וניווט של התעופה.

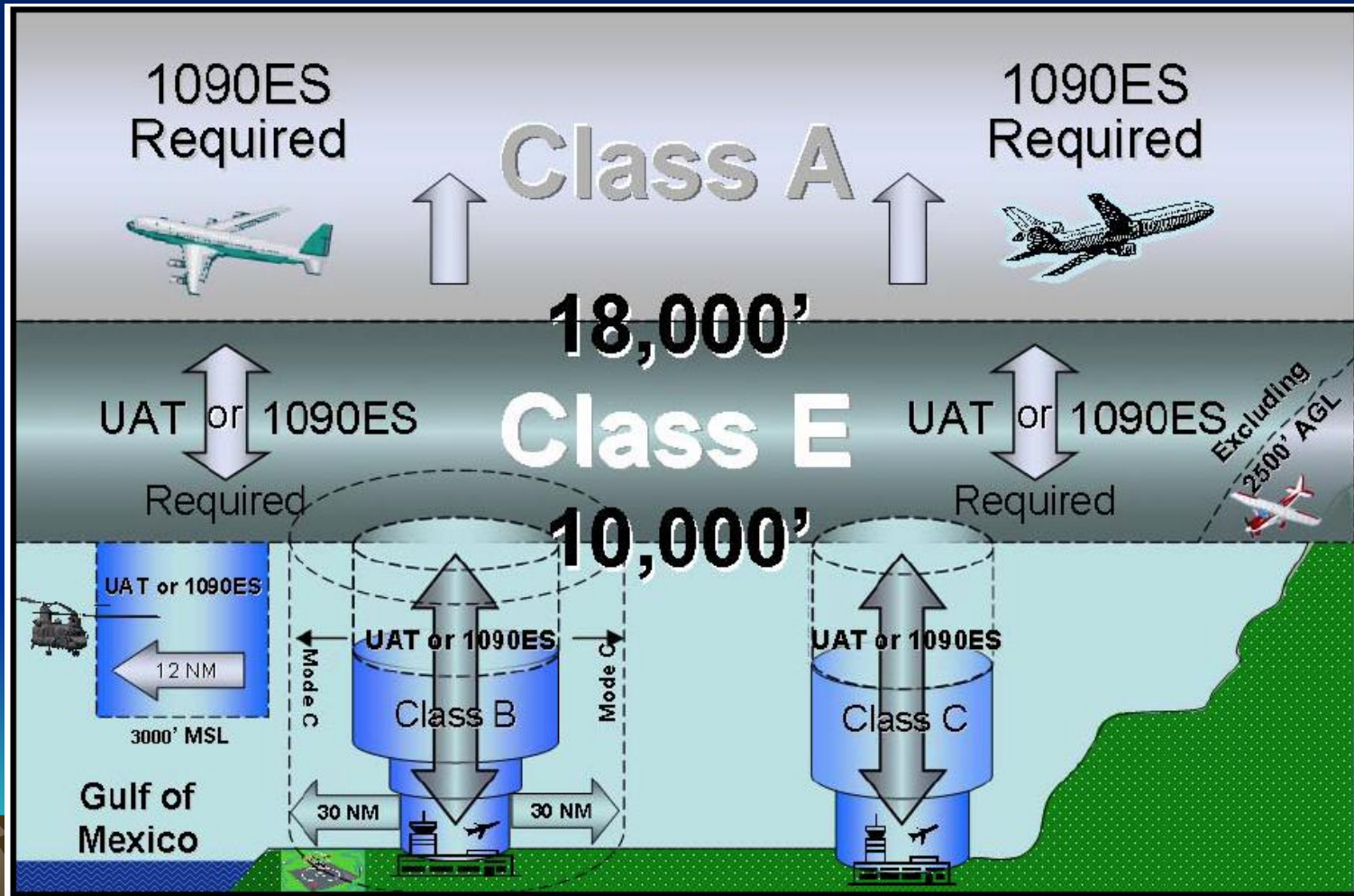
ADS-B

תרשים עקרוני של המערכת



ADS-B

השימוש במערכת ADS-B במרחב המבוקר



ADS-B

כפי שאפשר לראות מהתמונה, המערכת אינה נזקקת ל"עירור" תשובה ע"י אות המגיע מתחנת מכ"ם קרקעית. וגם שמה של התכנית – **Automatic Dependent** רומז על העובדה כי המערכת משדרת את הנתונים באופן אוטומטי, ללא צורך בקליטת אות מעורר (Interrogation) ממכ"ם קרקעי, ולא פעולה יזומה של הטייס.

ADS-B

"לב" המערכת הוא מקלט GPS, הקולט את רשת הלוינים, נותן את מיקום המטוס, מיקומו במרחב (צירים X, Y, Z), את וקטור המהירות שלו (כיוון תלת-מימד) ובסיס זמן בדיוק אסטרונומי.

נתונים אלו, ביחד עם נתוני המטוס (אות זיהוי ופרטים רלוונטיים נוספים) משולבים בהודעה המשודרת מהמטוס ונקלטת ע"י כל המטוסים הנמצאים בטווח קליטה.

ADS-B Out

ADS-B Out הוא אותו חלק במערכת הנדרש, עפ"י החוק, להיות בכל מטוס הטס במרחב מבוקר (שהיום נדרש בו השימוש בטרנספונדר מוד C או מוד S) ובגבהים החל מ- FL180. בתור שכזה, זהו החלק במערכת הנדרש להיות גם מרושטין.

ADS-B Out

בעיקרון, ADS-B Out, משדר לתחנות קרקעיות ולמטוסים בסביבה את נתוני המטוס:

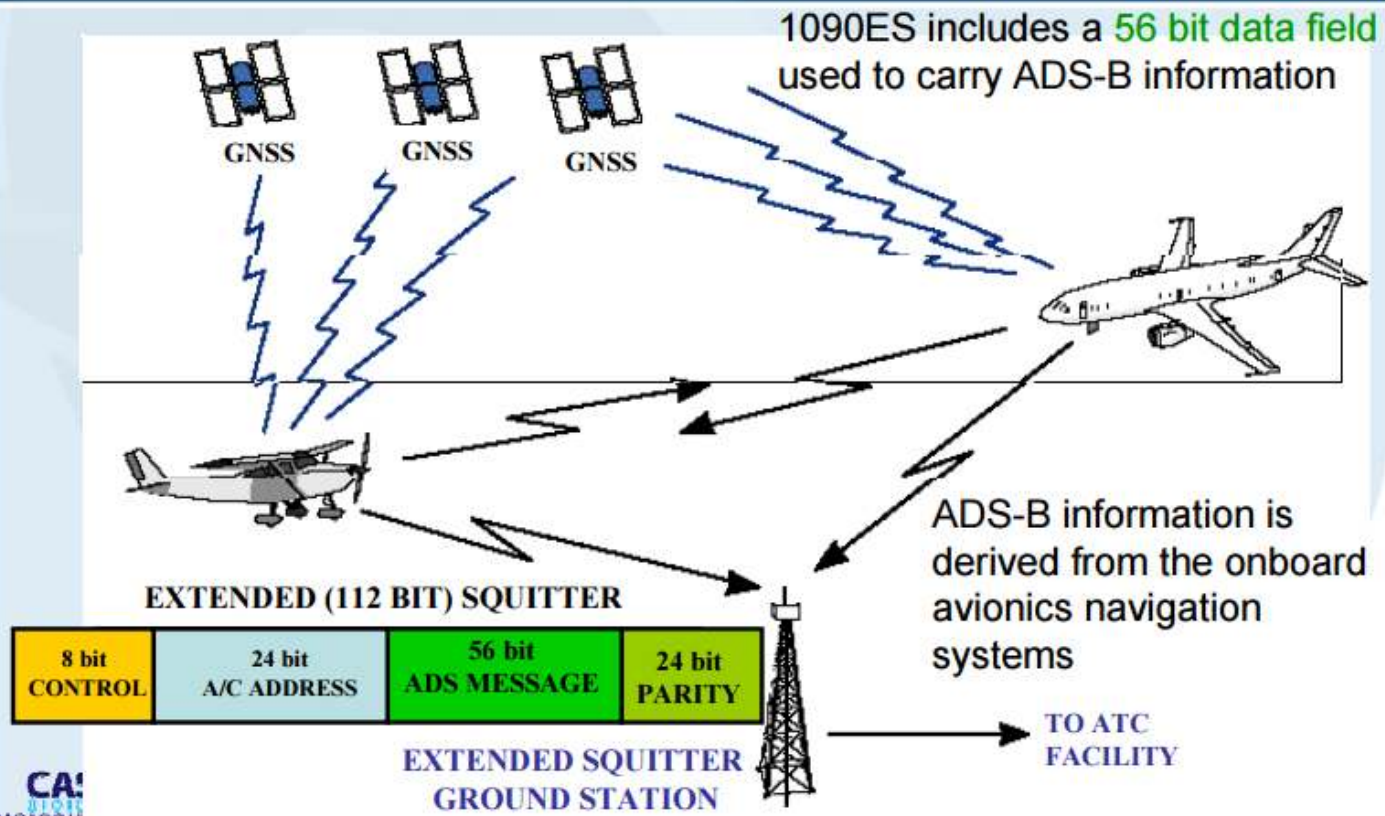
אות זיהוי המטוס, מקום במרחב של המטוס, ווקטור המהירות שלו ובנוסף, עוד מידע רב המצורף לתוכן ההודעה. למעשה, ניתן לכלול בהודעה המשודרת, עד 49 פרמטרים שונים (!) וזאת לעומת: טרנספונדר מוד C - 3 פרמטרים, ומוד S - 7 פרמטרים.

ע"מ לשדר פרמטרים אלו, יש לצייד את המטוס במשדר מיוחד המשדר בתדר 1090 מה"ץ או, להשתמש בטרנספונדר מוד S שעבר הסבה למוד S + ES

ADS-B Out

מבנה הודעת שידור ב Transponder Mode S + ES

1090 MHz (Mode S) Extended Squitter

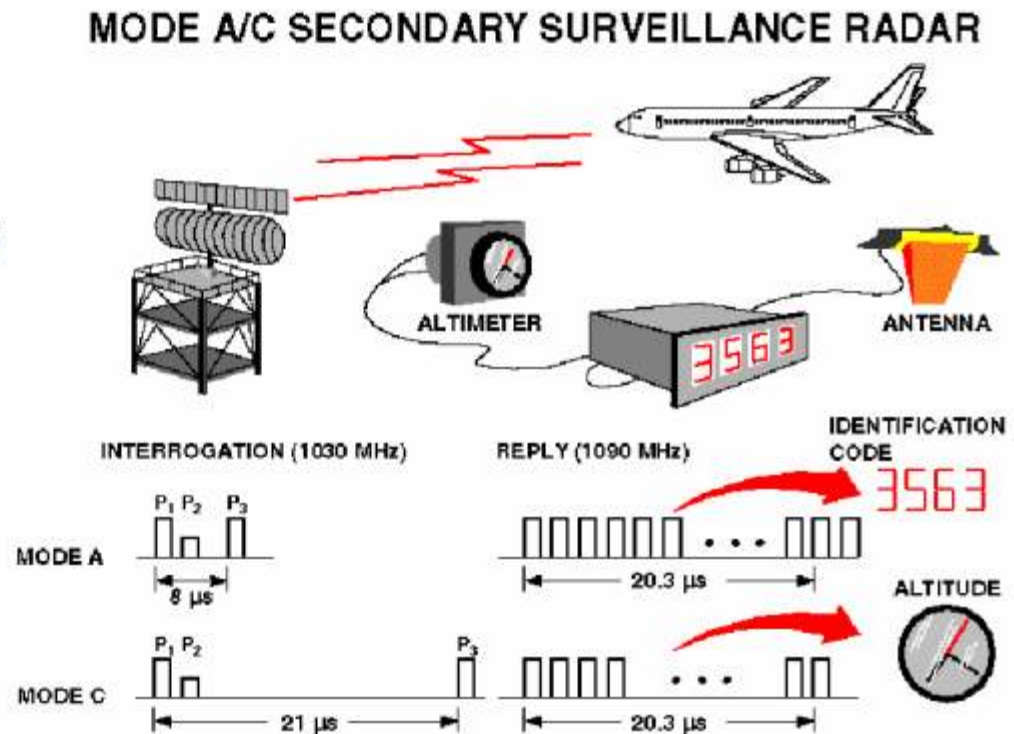


ADS-B Out

תבנית שידור המידע בטרנספונדרים מוד A ו- C

Mode A/C SSR (ATCRBS)

- The SSR system is made up of airborne transponders and ground interrogators/receivers
- **Mode A** replies convey a target id (Code 3/A)
 - 4096 codes allowed
- **Mode C** replies provide the barometric altitude



ADS-B Out

אולי אחד הדברים הבולטים ביכולות של שידור המידע בטרנספונדר מוד S + E, היא היכולת לשדר לתחנות הקרקעיות גם את כוונות העתידיות של הטיסה, למשל יעדה.

מאחר והשידור מיועד לתחנות קרקעיות, נדרשת הקמת תשתית קרקעית המסוגלת לקלוט את השידורים הנ"ל. כיום, כ- 95% משטחה של ארה"ב כבר מכוסה ע"י תשתית קרקעית זו.

חלק ממערכת ה- ADS-B Out היא גם יכולת של מטוסים באוויר, לקלוט את השידורים המיועדים לקרקע ולהציגם לטייס. לצורך כך, נדרשת התקנת מקלט לתדר 1090 מה"ץ במטוס.

ADS-B Out

בניגוד לטרנספונדר מוד "C" או מוד "A", הדורש
אות "מעורר" ממכ"ם קרקעי (SSR), טרנספונדר
מוד "S" משיב לאות מעורר אך גם משדר מידי
פרק זמן את המידע שלו. מידע זה נקלט ע"י
תחנות קרקעיות.

ADS-B In

כאמור, המערכת בכללה, בנויה משתי תת-מערכות: ADS-B In ו-ADS-B Out.

ADS-B In היא מערכת המשדרת וקולטת מידע (מיקום במרחב, וקטור מהירות ונתוני נמטוס) בין מטוסים. המידע מופץ באמצעות שני ערוצי רדיו:

1. **UAT - Universal Access Transceiver** הפועל בתדר 978MHz
2. **Transponder Mode S + ES**, הפועל בתדר 1090 מה"ץ
3. **מקלט לתדר 1090** מה"ץ, שזהו התדר שבו משדרים את הנתונים ב- ADS-B Out לתחנות הקרקעיות.

ADS-B In

טווח השידור/קליטה באמצעות ה-UAT מוגבל לקו ראייה ובהתאם להספק השידור, יכול להגיע לכמה עשרות עד מאות מיילים ימיים.

אולם, עפ"י הדרישה המנדטורית, השימוש ב-ADS-B In יהיה מוגבל לאזורי בקרה שכיום אינם דורשים שימוש בטרנספונדר מוד C או S ולטיסה בגבהים המגיעים עד FL180

השימוש במערכת שידור/קליטה UAT מאפשר קליטת מידע נוסף על מיקומם של מטוסים, כמו למשל, מידע מטאורולוגיה והעברת תוכניות טיסה.

ADS-B

המערכת בתחנות קרקעיות

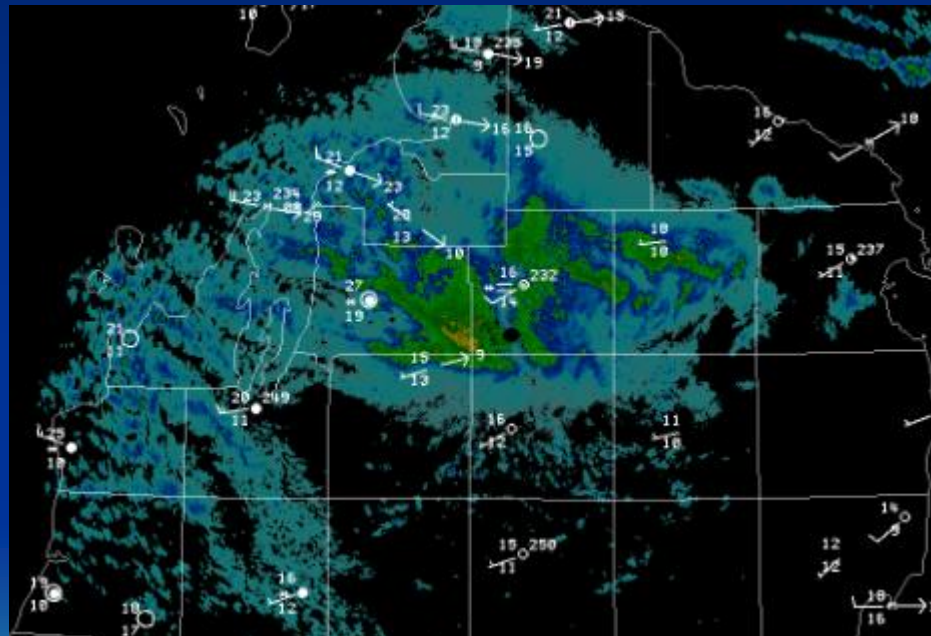
מאחר ומדובר במערכת ממוחשבת לכל אורכה, ניתן להכניס "פילטרים" לתצוגה, באופן שיציגו ע"ג התצוגה את המידע עפ"י "חתכים" נדרשים לניהול התעבורה האווירית.

למשל, גובה הטיסה, מהירות המטוסים או אופי הטיסה.

בכך ניתן הפחית את עומס העבודה לבקר ע"י הפחתת המידע המוצג לו.

ADS-B (קרקע)

כך נראית היום תמונת מכ"ם "רגילה":



ADS-B (קרקע)

ועכשיו, תארו לעצמכם תמונת מכ"ם שכזו:



(לקוח מתוכנת FlightRadar24)

ADS-B (במטוס)



המידע הנקלט במטוס משידורי
מטוסים אחרים יוצג ע"ג
תצוגה מתאימה.

ניתן לבחור את השטח
"המכוסה" ע"י המערכת
(להגדיר את הרדיוס המעניין
את הטייס, בהתאם לגודל
המטוס ולמהירותו. וכן ניתן
להגדיר את טווח הגבהים
שבתוכו תוצגנה התנועות
האוויריות הסמוכות למטוס)

ADS-B

סיכום:

1. מערכת ה-ADS-B היא מערכת אוטונומית המאפשרת קבלת מידע על התנועה האווירית, שלא מצריכה עזרי ניווט קרקעיים (למעשה, מצריכה רק תחנות ממסר), בדיוקים גבוהים ובכך מאפשרת תנועה צפופה ויעילה (בניגוד למערכות ניווט המסתמכות על עזרי ניווט קרקעיים, המחייבים נתיבי טיסה ע"ג רדאלים, או בין שתי תחנות קרקעיות, ניתן בכל רגע לבחור נתיבים גמישים המנוהלים בהתאם לעומסי התנועה האווירית בכל איזור ואיזור)

ADS-B

2. המערכת מסתמכת על מערכות ניווט לוויניות (למעשה, שלוש) שמהוות גיבוי אחת לאחרת.
3. המערכת מייתרת את כל עזרי הניווט הקרקעיים ובשל כך, מאפשרת ניהול התעבורה האווירית גם מעל אזורים שעד היום לא ניתן היה לנהל אותה באמצעות אותם עזרים (אוקיינוסים, שטחים דלילי אוכלוסיה ומדבריות)

ADS-B

מלווה דקה