

Gajdács László¹

„Látni és láthatóvá válni” megoldások drónokhoz

„See and be Seen” Solutions for Drones

Absztrakt

A légi közlekedés közvetlen és közvetett résztvevőire napjainkban egyre nagyobb feladat hárul. Egyrészt évről évre növekvő tendenciát mutat a kereskedelmi és teher szállító légi járművek járatainak száma, másrészt pedig egyre gyakoribb a pilóta nélküli légi járművek jelenléte, amely komoly kihívást jelent a légi forgalmi irányítás és a légijármű-vezetők számára egyaránt. Ahhoz, hogy ez a kétféle módon „vezethető” légi jármű biztonságosan közlekedhessen egy adott légtér szegmensében, tudnunk kell egyrészt, ki és mivel repül, továbbá, hogy mi a haladási iránya, magassága stb. Ehhez nyújtanak segítséget az olyan rendszerek, mint például: FLARM²; ADS-B³; OGN⁴; Remote ID.⁵ Az említett technológiai alkalmazások legfőbb célja, hogy az érintett légi jármű láthatóvá váljon a légi közlekedésben a többi résztvevő számára, beleértve a légi forgalmi irányító szolgálatokat és a hatóságokat is.

Kulcsszavak: FLARM; ADS-B; OGN; Remote ID

Abstract

The direct and indirect participants in air transport are today facing an increasing challenge. On the one hand, the number of commercial and cargo aircraft flights is increasing year on year and, on the other hand, the presence of unmanned aircraft is on the rise, posing

¹ Nemzeti Közszoalgalati Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar Katonai Repülő Intézet Fedélzeti Rendszerek Tanszék, e-mail: gajdacslaszlo@uni-nke.hu

² Flight Alarm – ütközések elkerülését támogató rendszer.

³ Automatic Dependent Surveillance-Broadcast – ütközések elkerülését támogató rendszer.

⁴ Open Glider Network – drónok és más légi járművek egységes nyomkövetési platformja.

⁵ A drónok távoli azonosítására kifejlesztett műszaki megoldás.

a major challenge to air traffic control and to aircraft operators. In order to be able to fly safely in a given airspace segment, these aircraft, which can be 'piloted' in two ways, need to know who is flying and what they are flying, their heading, altitude, etc. This is helped by systems such as FLARM; ADS-B; OGN; Remote ID. The main purpose of using these systems is to make the aircraft concerned visible to other air traffic participants, including air traffic control services and the authorities.

Keywords: FLARM; ADS-B; OGN; Remote ID

Bevezetés

A repülésben a „látni és láthatóvá válni” elv megvalósítása minden légi jármű esetében nélkülözhetetlen a biztonságos légi közlekedéshez.⁶ A pilóta nélküli légi járművek érzékelésére számos technológia nyújthat segítséget, azonban a különböző műszaki, technológiai megoldások között különbség van hatékonyságukat illetően. A repülésben már használt SAA⁷- vagy DAA⁸-rendszerek olyan technológiai megoldások, amelyek használatával biztonságosabban közlekedhetnek a légi járművek. Azonban szükség van ilyen és hasonló rendszerek átalakítására, illetve a drónok fedélzetére történő implementálására annak érdekében, hogy azok minél biztonságosabban integrálhatók legyenek a légi közlekedésbe. Ezáltal elkerülhetők lennének a veszélyes megközelítések és az esetleges összeütközések a pilótával vezetett és a pilóta nélküli légi járművek között. Továbbá ezen műszaki rendszerek használatával különféle drónműveletekre is engedélyt kaphatunk az illetékes hatóságtól, például látóhatáron kívüli repülés esetén (BVLOS⁹).¹⁰

A fent említett technológiáktól függetlenül a közös cél az, hogy a drónok valamilyen műszaki megoldás használatával láthatóvá váljanak a repülésük folyamán.

Légi járművek érzékelése különböző módon történhet.

Másképpen fogalmazva: különböző csatornákból kaphatunk és adhatunk információt magunkról és mások jelenlétéről. Attól függően, hogy milyen méretű légi járműről van szó, illetve milyen hatótávolságon belül szeretne információt adni magáról, illetve kapni másoktól, annak megfelelően vagyunk képesek alkalmazni különböző típusú műszaki rendszereket (1. ábra).

A drónok biztonságos integrálása a hagyományos légi közlekedésbe napjainkban kiemelt feladatnak számít.

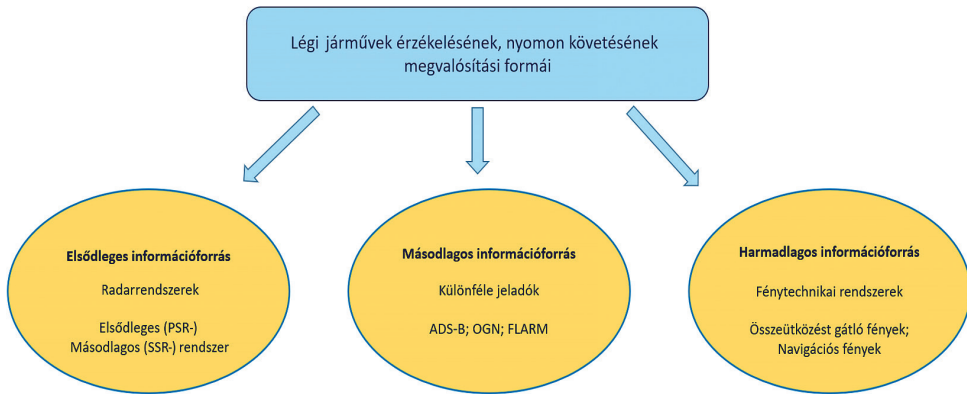
⁶ GAJDÁCS 2022.

⁷ Sense and Avoid – érzékelés és elkerülés.

⁸ Detect and Avoid – felismerés és elkerülés.

⁹ Beyond Visual Line of Sight – látóhatáron kívüli repülés.

¹⁰ *Technology Editor, Sense and Avoid Technology* é. n.



1. ábra: Légi járművek érzékelésének lehetséges információforrásai

Forrás: a szerző szerkesztése

Szerencsére számos módja létezik már annak, hogy a kereskedelmi forgalomban kapható, alapvetően kisméretű drónokat megjelenítsük az égbolton műveletük folyamán.

Légi járművek érzékelését és összeütközésük elkerülését támogató rendszerek:

- FLARM
- ADS-B
- OGN
- Remote ID

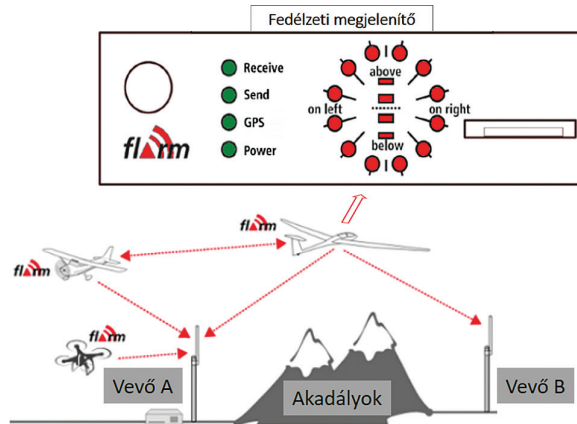
A FLARM alaprendszer bemutatása, képességei

A FLARM- (a *Flight* és az *Alarm* szavakból) rendszer egy légiforgalom-figyelő és egyben az ütközés elkerülését támogató technológiai vívmány. Eredetileg a vitorlázó repülésben részt vevőknek fejlesztették ki azért, hogy minél kevesebb legyen az ütközés a levegőben. Manapság több mint 50 000 hagyományos repülőgép használja nap mint nap, és egyre több pilóta nélküli légi jármű is. Alapvetően az FL100¹¹ alatti légtérben hivatott funkcióját megvalósítani.

Működése a rádiókommunikációin belül megvalósuló digitálisadat-cserén alapszik, hasonlóképpen, mint az ADS-B rendszer. A fedélzeten elhelyezett FLARM-adó kisugározza a légi jármű helyzetkoordinátáit és irányadatait, amit a „közelben tartózkodó” másik légi jármű a saját FLARM-rendszerével képes venni és feldolgozni. A fedélzeti FLARM-modul egy 16 csatornás GPS-vevőtől kapja az aktuális pozíciókoordinátákat, s az egyedi azonosítót és a tervezett repülési útvonal meghatározásához szükséges adatokat kisugározza a környezetébe. Az adatok kisugárzása másodpercenként 1-2 üzenetcsomagot jelent, amely Európában 868,2 MHz és 868,4 MHz frekvencián valósul meg. Amennyiben a vételi távolságon belül közlekedik egy másik FLARM-mal

¹¹ Flight Level 100 – 10 000 feet, ami 3048 méter magasságnak felel meg.

felszerelt légi jármű, akkor a beérkezett adatok feldolgozását követően meghatározza a rendszer, hogy veszélyt jelenthet-e a másik jármű repülési iránya és útvonala, vagy nem. Amennyiben fennáll az összeütközés veszélye, akkor a rendszer jelzést ad a pilóta számára. A FLARM-rendszer által biztosított további szolgáltatás, hogy a légi járművek környezetében megtalálható természetes akadályokról (oszlopok, különféle drótkadályok, magasfeszültségű távvezetékek és oszlopai) is információkat ad (2. ábra).¹²



2. ábra: A FLARM-rendszer felépítése, fedélzeti megjelenítője

Forrás: Operating Manual FLARM Collision Avoidance System 2016; Wang–Tresoldi é. n.

A rendszernek alapvetően két üzemmódja van: a „Nearest” és a „Collision”. A „Nearest” üzemmódban csak jelzi a rendszer a közelben lévő légi járművet, ebben az esetben nem jelent veszélyt az idegen jármű jelenléte. Ha azonban az bekerül az úgynevezett ütközési veszélyzónába, akkor a rendszer átvált „Collision” üzemmódba, ilyenkor ugyanis fennáll az ütközés lehetősége. A rendszer hatótávolsága egy 3 km sugarú kör vízszintesen, függőlegesen pedig 500 m.

Atom-modul

A FLARM-rendszernek létezik egy kifejezetten a pilóta nélküli légi járműveknek szánt megoldása, nevezetesen az Atom UAV, egy átfogó, teljes funkcionalitású FLARM-rendszer (lásd 3. ábra). Ez az alaprendszer megoldást kíván nyújtani a pilóta nélküli légi járművek láthatóságára és nyomonkövethetőségére. Az Atom tartalmaz egy FLARM rádió adó-vevőt, egy ADS-B vevőt és egy wifiadót, amely támogatja többek között a távoli azonosítást is a megfelelő szabványoknak megfelelően, így alkalmazható Európában és az Egyesült Államokban is. A forgalmi adatok wifin vagy soros porton keresztül valósulnak meg.¹³

¹² Operating Manual FLARM Collision Avoidance System 2016.

¹³ Atom UAV Manual 2021; ATOM UAV. The Detect & Avoid Solution for Drones é. n.



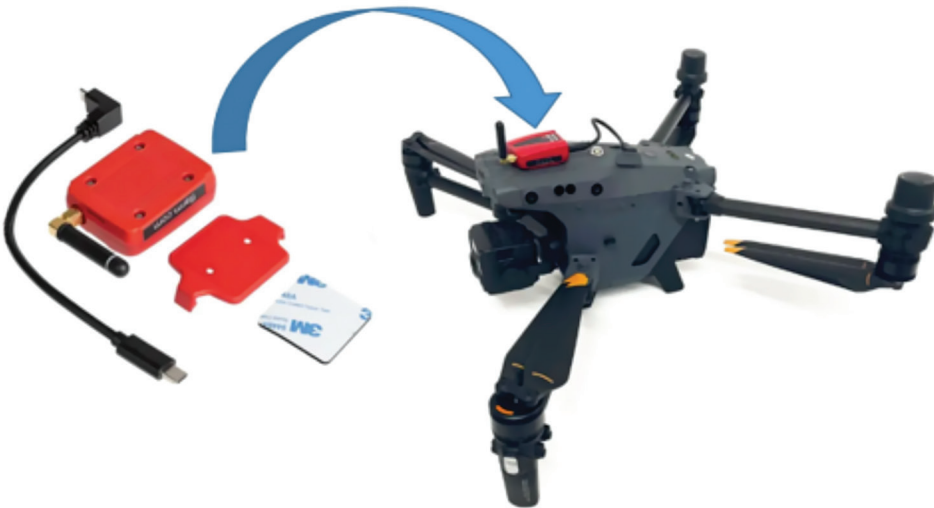
3. ábra: FLARM Atom modul kifejezetten a pilóta nélküli légi járművek számára

Forrás: ATOM UAV – Flarm for Drones é. n.

A modult kétféle kivitelben is gyártják, tokozva és tokozás nélkül. A rendszer képes használni a GPS-, Galileo-, EGNOS- és WAAS-rendszerek műholdjait. Tömegét (< 50 g) és méretét tekintve már kisméretű drónok fedélzetére is hatékonyan integrálható.

Aurora modul

Az Aurora szintén drónoknak szánt kisméretű modulegység. Gyakorlatilag a gyártó által kínált legkisebb, miniatürizált FLARM és Remote ID jeladót tartalmazó egység (lásd 4. ábra).



4. ábra: FLARM Aurora modul

Forrás: FLARM module Aurora é. n.

A rendszer egyik fő előnye, hogy használatával más FLARM-mal felszerelt légi járművek is képesek látni a környezetükben repülő pilóta nélküli légi járműveket. Így az a drón, amelyiknek a fedélzetén integrálva van a modul, alkalmas Európában és az Egyesült Államokban is drónműveletek végrehajtására, mivel megfelel a távoli azonosítási követelményeknek. Műszaki paramétereit tekintve

- modul tápenergia igénye 5 V (USB-C),
- frekvenciatartomány 868 Mhz (adás),
- a távoli azonosítást integrált wifimodul (2,4 GHz) biztosítja stb.

A modul kompatibilis számos gyártó, többek között a DJI termékekhez, mint például Matrice, Mavic, továbbá az Autel EVO 2 típusúhoz.

Open Glider Network – OGN

A légi forgalomban a „látni és elkerülni” elv betartása nélkülözhetetlen a biztonságos közlekedés érdekében. Légi járművek detektálására és nyomon követésére hatékony megoldás a hagyományos radarrendszerek alkalmazása. Azonban radarlefedettség hiányában lehetőség van más forrásból megszerezni adatokat, úgynevezett másodlagos információt szolgáltató rendszerek alkalmazásával. Ezen rendszerek egyik közös eleme a GNSS-alapú rendszerek által nyújtott helyzeti információkat tartalmazó adatok. Ezen adatok rendelkezésre bocsajtása a légtérben közlekedők számára, továbbá eljuttatása a földi irányítás számára, nagymértékben elősegítheti a biztonságos légi közlekedést.¹⁴

Egy másik megoldás is segítséget jelenthet a repülő társadalomnak, nevezetesen az „Open Glider Network”, vagy ismertebb, rövidített nevén OGN-rendszer. Mivel bárki csatlakozhat a rendszerhez, így nemcsak egyre nagyobb felhasználói réteg alakul, hanem egyre több információk lehet légi járművek, illetve drónok repülési helyzeti adatairól. A drónok fedélzetén nincs olyan jeladó, amely sugározza hollétüket, így csak nehézkesen lehet őket észrevenni és nyomon követni. Ennek egyik megoldása lehet egy jeladó regisztrálása az OGN-hálózatba, majd használata repülése folyamán. Így azokon a területeken, ahol van OGN-hálózati lefedettség, azonnal láthatóvá válik a környezetében közlekedő egyéb légi közlekedő számára, amennyiben a fedélzetén felhelyezésre került egy OGN-jeladó (tracker).

A rendszer nyújtotta előnyök közé tartozik továbbá, hogy hatékonyan alkalmazható speciális mentési műveletekben is (például SAR¹⁵). Egy ilyen mentési feladatban a legfontosabb az információk gyors és minél pontosabb megszerzése, annak érdekében, hogy a mentés mihamarabb megkezdődhessen.

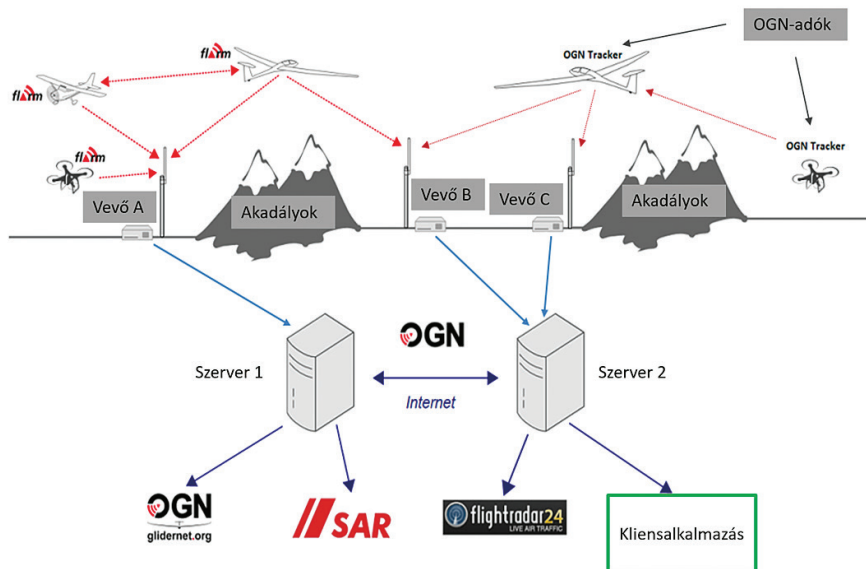
Az OGN-rendszer alapjait a FLARM (Flight Alarm) adta, ami a továbbiakban is fontos szerepet játszhat légi járművek biztonságos közlekedésének támogatásában. Azonban az OGN-rendszer adóit (tracker) más funkciókkal is lehet bővíteni, mint például telemetriás vagy éppen meteorológiai adatok vételére és azok továbbítására.

¹⁴ MAKKAY 2019.

¹⁵ SAR, Search and Rescue – kutatás-mentés.

Az OGN-rendszert eredetileg a vitorlázórepülőök biztonságosabb közlekedése érdekében hozták létre. A kezdeti fejlesztések a 2010-es évekig nyúlnak vissza. A rendszer folyamatos fejlesztésének, fejlődésének köszönhetően manapság közel 2000 OGN-vevőállomás létezik, 20 000 regisztrált felhasználóval, s eredményesen használható gyakorlatilag minden pilótával vagy anélkül vezetett repülőeszköz, légi jármű számára is, mint például drónok, kisrepülőgépek illetve siklóernyők (5. ábra).

Mi sem mutatja jobban a rendszerben rejlő potenciált, minthogy a 2019-ben megrendezett AERO 2019 kiállításon az EASA¹⁶ első díjjal jutalmazta a rendszer egyik fejlesztőjét, Sebastian Chaumont-et.¹⁷



5. ábra: Az OGN-rendszer felépítése

Forrás: Open Glider Network é. n.

Maga a rendszer nyílt forráskódú adatátviteli protokollal működik. Ingyenes, bárki számára hozzáférhető és használható, amennyiben rendelkezik a felhasználó a minimális infrastrukturális feltételekkel.

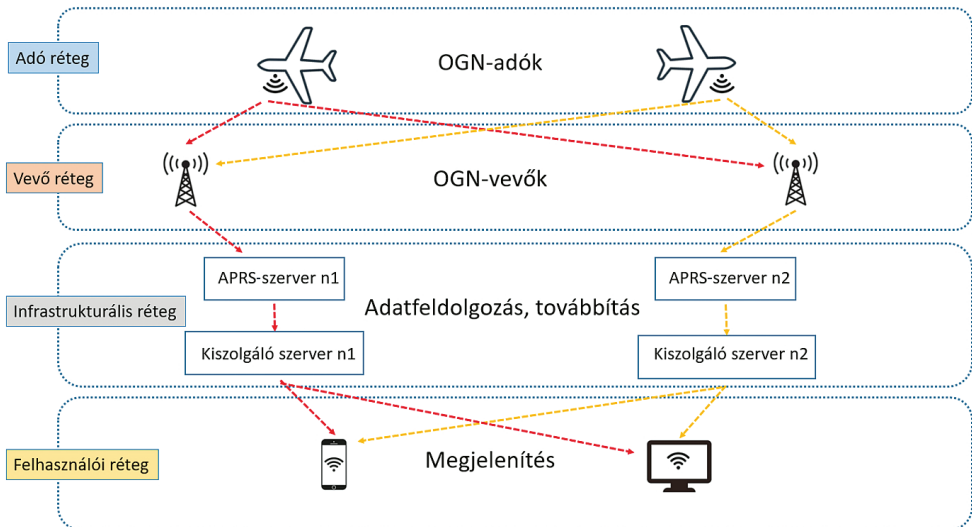
A rendszer az alábbi összetevőkből épül fel:

- földi telepítésű OGN-vevőállomások;
- a légi járműveken elhelyezett OGN-adók (tracker);
- APRS (Automatic Packet Reporting System) Linux-alapú szerverek, amelyek fogadják és továbbítják a szükséges adatokat;
- adatokat feldolgozni és/vagy megjeleníteni képes webhelyek és alkalmazások;
- a humán szegmensből, akik használják a rendszert és a fejlesztők.

¹⁶ EASA, European Union Aviation Safety Agency – Európai Repülésbiztonsági Ügynökség.

¹⁷ EASA Announces Winners of First GA Safety Award 2020.

Az OGN-hálózat strukturális felépítése négy fő rézre osztható: adó, vevő, infrastrukturális, felhasználói réteg (6. ábra).



6. ábra: Az OGN-hálózat strukturális felépítése

Forrás: About OGN é. n.

Alapvetően három fő rétegre, szintre osztható a rendszer. Vevő, infrastrukturális és a felhasználói réteg. A vevő réteghez kapcsolódnak közvetlenül az OGN tracker adók. Ezek az adók szolgáltatják a légi jármű alaphelyzeti adatait további feldolgozásra. A vevőállomások között nem történik közvetlen kommunikáció. Azonban a vevők közötti információcsere az OGN infrastrukturális szinten valósul meg. Az APRS-szerverekhez kapcsolódnak a kliensszerverek, amelyeken keresztül az adatok nyilvánosan elérhetők a különböző webes felületeken (Gliderradar, Live Glidernet, Live Safesky stb.).

ADS-B rendszer

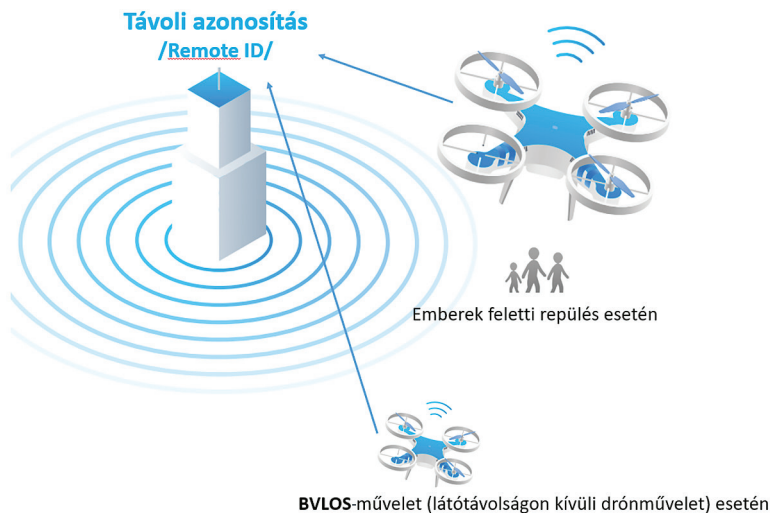
Az „Automatic Dependent Surveillance-Broadcast” (ADS-B) egy olyan komplex adó-vevő rendszer, amelynek célja, hogy beazonosíthatók és meghatározhatók legyenek a légi járművek repülésük alatt, mind a légtérben közlekedők számára, mind pedig a földi irányító szervezeteknek egyaránt (7. ábra).

Remote ID

A Remote ID-t drónok azonosítása céljából fejlesztik napjainkban is. Gyakorlatilag nem más, mint a drónok „digitális rendszáma”. A drón a saját azonosítószámát, illetve helyzeti adatokat sugároz ki egy hálózatba, amelyhez az illetékes hatóságok hozzáférnek. Az FAA távoli azonosítására vonatkozó irányelveket 2023. szeptember 16-ig tervezte bevezetni a drónpilóták közösségén belül. Azonban ezt az időpontot meghosszabbították 2024. március 16-ig. A bevezetendő intézkedések esetében alapvetően három opció jöhet számításba a jövőben drónok azonosítását illetően:

- Standard Remote ID modul – gyártók által beépített modul;
- Remote ID broadcast modul – a már meglévő és használatban lévő drónok fedélzetére utólagosan beépíthető modul;
- Remote ID-vel nem rendelkező drónok, amelyek csak meghatározott helyen repülhetnek e képesség hiányában (FRIAs²¹).²²

A szabványosított, egységes rendszer bevezetésének a célja, hogy minden, 250 grammnál nagyobb tömegű drón fedélzetén legyen a Remote ID azonosító modul, amelyet vagy a gyártó már integrált a drónok fedélzetére, vagy pedig az üzemeltető utólagosan maga helyezi fel. Alapvető cél az, hogy minden olyan drónnak a fedélzetén legyen ilyen modul, illetve azonosító rendszer, amelyeket BVLOS-műveletben vagy emberek feletti területen szeretnének üzemeltetni (8. ábra).



8. ábra: Remote ID alkalmazásának vázlatja

Forrás: Compliance with FAA Remote ID Regulations 2022.

²¹ FAA-Recognized Identification Areas – FAA által minősített, Remote ID képesség nélkül is repülhető területek.

²² Remote Identification of Drones é. n.

Most nézzük meg, hogy mi a jelenlegi helyzet Európában a távoli azonosítórendszer bevezetését illetően.

A távoli azonosító platform megvalósítását, azaz a Remote ID bevezetését, illetve az EASA-szabályoknak történő megfeleltetését 2024. január 1-jére halasztották. Az irányelvek szerint minden drónt fel kell szerelni Direct Remote ID képességgel, kivéve Class 0 osztályú drónok esetén, amikor is az MTOM²³ kevesebb mint 250 g, illetve Class 3-4 osztályú drónok esetén, amikor is az MTOM kevesebb mint 25 kg.

Az Európai Unióban a távoli azonosítás követelményrendszere szerint – alapul véve és javarészt alkalmazva az FAA irányelveit – az alábbiakat kell sugározniuk:

- drón egyedi sorozatszám; a
- drón regisztrációs száma;
- a drón földrajzi helyzetét és magasságát az adott helyhez vagy a felszállási ponthoz viszonyítva;
- a drón útvonalának irányát, sebességét;
- az üzemeltető vagy felszállási pont földrajzi helyzetét stb.²⁴

A Remote ID modul felszerelésére számos gyártó kíván megoldást nyújtani (9. ábra).



9. ábra: Remote ID univerzális modulok

Forrás: Remote ID é. n.

A 9. ábrán illusztrált modulok mindegyike kompatibilis az ArduPilottal²⁵ így a már meglévő vagy egyedi fejlesztésű drónok fedéltetére is biztonságosan integrálhatók.

²³ Maximal Takeoff Mass – maximális felszálló tömeg.

²⁴ GROSS 2023.

²⁵ Az ArduPilot egy nyílt forráskódú szoftver.

A dróngyártóknak meg kell felelni az FAA és EASA által előírt távoli azonosításra vonatkozó követelményrendszernek, amennyiben szeretnék a jövőben értékesíteni termékeiket. Ennek értelmében már számos gyártó integrálta a Remote ID képességet drónjai fedélzetére, például a DJI Mini 3, a Mavic 3 vagy az Autel Robotics Dragonfish stb.²⁶

Összegzés

A pilóta nélküli légi járművek légi közlekedésbe való integrálásának folyamata napjainkban is zajlik, és kiemelt feladatnak számít szerte a világon. A hagyományos légi járművek azonosítását és adatainak sugárzását és vételét szolgáló rendszerek mellett megjelennek olyan műszaki megoldások, amelyek képesek a drónok észlelhetőségét, nyomon követését, illetve azonosítását megvalósítani. Ezen rendszerek minél szélesebb körű használata kulcsfontosságú a légi közlekedésben részt vevők számára.

Irodalomjegyzék

- About OGN [é. n.]. Online: <http://wiki.glidernet.org/about#system-arch-current>
- An Introduction into ADS-B [é. n.]. Online: www.flightradar24.com/blog/ads-b/
- Atom UAV Manual (2021). 2021. szeptember 30. Online: <https://fcc.report/FCC-ID/2A-XJM-FLATMUAVW/5495644.pdf>
- ATOM UAV – Flarm for Drones [é. n.]. Online: <https://droniq.de/en/produkte/atom-uav-flarm-fuer-drohen/>
- ATOM UAV. The Detect & Avoid Solution for Drones [é. n.]. Online: www.flarm.com/products/uav/atom-uav-flarm-for-drones/
- Compliance with FAA Remote ID Regulations (2022). Online: <https://lp.elsight.com/compliance-with-faa-remote-id-regulations>
- EASA Announces Winners of First GA Safety Award (2020). Online: www.easa.europa.eu/en/newsroom-and-events/news/easa-announces-winners-first-ga-safety-award
- FLARM module Aurora [é. n.]. Online: www.airclip.de/FLARM-module-Aurora
- GAJDÁCS László (2022): Pilóta nélküli légijármű érzékelésének lehetséges megoldásai, *Hadmérnök*, 17(4), 17–28. Online: <https://doi.org/10.32567/hm.2022.4.2>
- GROSS, Ben (2023): *EASA Remote ID Requirements: Compliance for Drone Operators*. Online: www.elsight.com/blog/primer-on-easa-remote-id-regulations/
- Introduction to ADS-B [é. n.a.]. Online: <https://ads-b.aviation.govt.nz/introduction/#-how-does-ads-b-work>
- Introduction to ADS-B [é. n.b.]. Online: www.trig-avionics.com/knowledge-bank/ads-b/introduction-to-ads-b/
- MAKKAY Imre (2019): Másodlagos információforrások a légtérben. *Repüléstudományi Közlemények*, 31(1). Online: <https://doi.org/10.32560/rk.2019.1.9>
- Open Glider Network [é. n.]. Online: <http://wiki.glidernet.org/>

²⁶ What is Remote ID é. n.

Operating Manual FLARM Collision Avoidance System (2016). Version 242. 2016. december 8.

Remote Identification of Drones [é. n.]. Online: www.faa.gov/uas/getting_started/remote_id

Remote ID [é. n.]. Online: <https://ardupilot.org/copter/docs/common-remoteid.html>

Tecnology Editor, Sense and Avoid Technology [é. n.]. Online: www.unmannedsystemstechnology.com/expo/sense-avoid-systems/

WANG, Boya – TRESOLDI, Giorgio [é. n.]: *On the Security of the FLARM Collision Warning System*. Online: https://wangboya.org/assets/pdf/Flarm_ASIACCS_camera_ready.pdf

What is an ADS-B System? (2022). Online: www.embention.com/news/what-is-an-ads-b-system/

What is Remote ID [é. n.]. Online: <https://drone-remote-id.com/>