



Szentpéteri László¹

DRÓNOKRA OPTIMALIZÁLT HELY-, ÉS HELYZET-MEGHATÁROZÓ RENDSZEREK²

A különféle drónok, UAV-k, UAS-ek, RPAS-ok száma, mérete, sebessége, repülési magassága, és alkalmazásai száma óriási változatosságot mutat. Ennek megfelelően a sárkány, a hajtómű, az indító és leszállító rendszerek száma is szinte végtelen. Miután az alkalmazási körülmények, és az azokkal szembeni hely- és helyzet meghatározási elvárások nagyon tág határok között mozognak, a robotpilóták, a hely és helyzet-meghatározó szenzorok és rendszerek, valamint a navigációs eszközök is hatalmas számban állnak rendelkezésre. A cikk ezen eszközök közül szeretne bemutatni néhányat. A válogatás szubjektív, meg sem próbál teljes lenni, - és nem is lehet.

POSITIONING AND ATTITUDE DETERMINATION SYSTEMS OPTIMIZED FOR DRONES

The numbers, the sizes, the speeds of flights and the flying altitudes of the different drones, UAV, UAS and RPAS solutions shows huge diversity. Regarding this, the number of airframes, engines, launching and landing/recovery systems are also almost vasty. Different applications need different positioning and attitude determination accuracy and other parameters. Therefore big amount of autopilots, positioning and attitude sensors and systems are available. The article would like to introduce some of these tools and systems. The overview is subjective and even don't try to be complete, - but shouldn't be anyway.

SZEMÉLYZET NÉLKÜLI LÉGIJÁRMŰVEK HELY ÉS HELYZETMEGHATÁROZÁSI PROBLÉMÁI

A pilóta nélküli légi-járművekre, alkalmazói körtől függően, különféle elnevezéseket használnak. Drón, UAV (Unmanned Aerial Vehicle = Személyzet nélküli légijármű), UAS (Unmanned Aerial System = Személyzet nélküli légi rendszer), RPAS (Remotely Piloted Aircraft System = Távolról irányított repülő rendszer), stb. A nevezéktan nem egyszerű, hisz az függ az alkalmazók körétől (hadsereg, polgári védelem, katasztrófa elhárítás, biztonsági cég, vagy teljesen civil (kereskedelmi) alkalmazó). Ráadásul ez utóbbi kör – bár vásárlóerejét tekintve a legkisebb -, mutatja talán a legváltozatosabb képet. Megtalálhatók köztük a földmérők, térképészek, mezőgazdasági és erdészeti szakemberek, környezet- és természet-védők, régészek, média szakemberek, közmű üzemeltetők és olaj/gáz szállító cégek stb.

A fenti nagyon széles alkalmazói kör nagyon sokféle pilóta nélküli légi-járművet használ. Ezek tömeg szerinti kategorizálása egy korábbi anyag alapján [1], az alábbi táblázatban található. Már itt jegyezzük meg, hogy a legtöbb polgári alkalmazó a NATO kategorizálás szerinti MIKRO és MINI rendszereket használja, míg a katonák a táblázatban található valamennyi kategória használói között megtalálhatók. A lenti táblázat eredetijéhez, e sorok szerzője csak az utolsó oszlopot helyezte be, kiegészítésképpen. Az oszlopban jól látszik, hogy a különféle

¹ Műszaki és üzletviteli konzultáns, DRÓNOK BLOG (uav-rpas.blog.hu), Laszlo.Szentpeteri@outlook.com

² Lektorálta: Prof. Dr. Makkay Imre, egyetemi tanár, drmi48@gmail.com

„drónok” hely- és helymeghatározó rendszereivel, illetve robotpilótáival szemben sokszor nagyon eltérő elvárásokat támasztanak. Például egy Predator kategóriájú eszköznek nagy magasságú és sebességű, valamint hosszú idejű repülést kell végrehajtania és az ellenséges környezetben ezt lehetőleg elektromágneses kisugárzás nélkül, viszont, esetleg zavarás mellett is képesnek kell lennie elvégezni. Ezzel szemben egy polgári térképészeti, fotogrammetriai célú, MIKRO, vagy MINI UAV-ban a robotpilótának egy könnyű és agilis, a legkisebb fuvallatra is idegesen reagáló repülőt kell irányítania, a helymeghatározó rendszernek pedig, – egyes esetekben – akár pár centiméter pontos 3D koordinátát kell biztosítania a fényképezés pillanatában!

Össztömeg szerinti osztály	Kategória (NATO elnevezés)	Felhasználás	Üzemelés magassága (hatósugár)	Elvárások és kihívások a hely-, és helymeghatározó rendszerrel szemben
I. OSZTÁLY max. 150 kg	MICRO (max. 2 kg)	harcászati, biztonsági, térképészeti, térinformatikai	500 feet (150 m) terep felett (max. 5 km)	Egyszerűség, alacsony ár, kis méret, esetleg szélső pontosság (fotogrammetria)
	MINI (2-20 kg)	harcászati, alegység szintű, biztonsági, térképészeti, térinformatikai	3000 feet (900 m) terep felett (max. 25 km)	Egyszerűség, alacsony ár, kis méret, esetleg szélső pontosság (fotogrammetria)
	SMALL 20+ kg	harcászati (indítórendszerrel)	5000 feet (1500 m) terep felett (50 km)	Kis méret, kondicionálás és temperálás hiánya, szükség lehet zavarvédelemre és sok esetben nem megengedhető elektronikus kisugárzás
II. OSZTÁLY 150 - 600 kg	TACTICAL	harcászati	10000 láb (3000 m) terep felett (200 km)	Önálló, nagytávolságú navigáció, lehetőleg kisugárzás nélkül és akár zavarás mellett is.
III. OSZTÁLY több mint 600 kg	MALE	hadszíntéri	45000 láb (13500 m) közepes tengerszint felett (100 km)	Önálló, nagytávolságú és nagysebességű repülés, kisugárzás nélkül és akár zavarás mellett is.
	STRIKE		65000 láb (19500 m) közepes tengerszint felett	Önálló, nagytávolságú és nagysebességű repülés.
	COMBAT HALE	stratégiai, nemzeti	(100+ km)	Nagyon hosszú repülési idő. Zavarvédelem.

1. táblázat Drónok osztályozása (Papp István szerint) és a velük szemben támasztott hely és helyzet meghatározási elvárások.

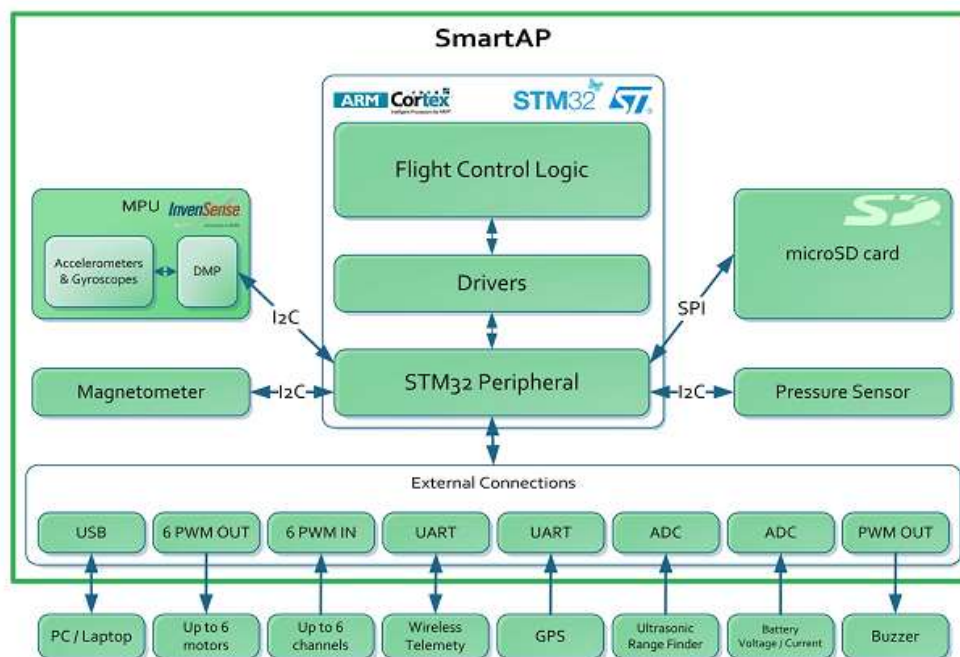
Nyilvánvaló, hogy a változó elvárásokhoz az egyetemek és vállalatok kutató és fejlesztő laboratóriumaiban különféle válaszokat igyekeznek adni. E sorok szerzője, irodalom-kutatás alapján szeretne bemutatni néhány érdekes és izgalmas megoldást a kicsitől a nagyig, az olcsótól a drágáig. A lista természetesen hiányos és szubjektív, de talán mégis jól mutatja, hogy a robotpilóták, a helymeghatározó és helyzet meghatározó rendszerek között micsoda különbségek vannak, és hogy ezek az eszközök legalább olyan sokfélék és sokszínűek, mint a drónok motorjai, vagy éppen indítási módjai és indító rendszerei.

EGY ALACSONY KÖLTSÉGŰ, DE KREATÍV ROBOTPILOTA MIKRÓ ÉS MINI ESZKÖZÖKHÖZ

Évtizedünk elején, a Moszkvai Fizikai és Műszaki Intézet, Repülőműszaki és Repülőmérnöki Tanszékén működő, drónokkal foglalkozó csoport célként tűzte ki, hogy alacsony áron hozzáférhető, kommersz alkatrészekből építsen egy teljes UAV robotpilótát, mely támogatja az oktatást, és mérete mindössze 60×40 mm-es. A csapat a szokásos feladatokon (stabilizálás, magasság tartás, GPS pozícióra repülés és forduló pontok közötti útvonal lerepülése) további feladatokat is meg akart oldani az eszközzel. Ezek között szerepelt például egy egyszerű kézi irányítás támogatása okos telefonnal és WiFi-vel, – mellyel a költséges, hagyományos rádió adóvevőt kívánták kiváltani.

A kialakított parányi robotpilóta alapját az akkor kereskedelmi forgalomban hozzáférhető, - az InvenSense által gyártott -, integrált inerciális mérőrendszer (MEMS IMU) képezte. A feladat átgondolása után azt találták, hogy a robotpilótának a következő elemeket kell tartalmaznia:

- nagyteljesítményű mikrokontroller;
- 9 szabadságfokú inerciális mérőegység (IMU), amely 3-tengelyes gyorsulásmérőt, 3-tengelyes giroszkópot és 3-tengelyes magnetométert tartalmaz, – és elvégzi a térbeli helyzet (és annak változásainak) meghatározását;
- statikus és dinamikus nyomás érzékelők a magasság és a sebesség meghatározásához;
- GPS vevő a globális, térbeli helymeghatározáshoz;
- vezeték nélküli adatcsatorna a kétirányú telemetriához és
- egy SD-kártya a repülési paraméterek rögzítéséhez;
- a fentieket még kiegészítette egy USB port;
- PWM input/output egység, mely a vett parancsjeleket a motorokhoz továbbította, és
- több analóg-digitális konverter, az akku feszültség és áramerősség monitorozásához.



1. ábra A MAV robotpilótájának blokkvázlata (Forrás: Kirill Shirov et al.)

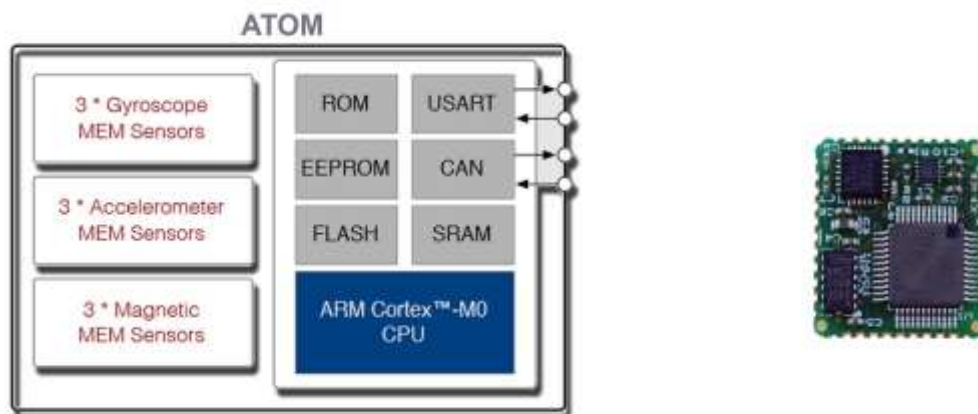
Nyilvánvaló, hogy a legnagyobb kihívást a 9-szabadságfokú IMU kialakítása jelentette. Szerencsájukra, akkor már rendelkezésre állt az InvenSense MPU-6050 típusjelű érzékelője, mely egyetlen, mindössze 4,0×4,0×0,9 mm-es szilícium lapkán tartalmazott egy integrált 3-tengelyes giroszkópot és egy 3-tengelyes gyorsulásmérőt! Ez az egység Euler szögadatokat tudott küldeni 200Hz-es, vagy nyersadatot 1000 Hz-es frekvenciával. (Azóta az InvenSense már megalkotta a berendezés továbbfejlesztett, MPU-9000 jelű változatát. Ez már integrált magnetométert is tartalmaz!)

Nyomásérzékelőként a BOSCH BMP085-ös, I2C interfésszel szerelt digitális barométerét használták, mely a labor kísérletek során 0,5 m-es pontosságot biztosított. Magnetométerként a Honeywell HMC5883-at használták. (A cikk a GPS típusát nem említi.)

Az olcsón hozzáférhető alkatrészekből összeállított, gyufásdoboz méretű robotpilóta jó példája annak, hogy a mobil-telefoniból és egyéb „consumer” elektronikai eszközökből származó alkatrészekkel egy egyetemi csapat milyen eredményt érhet el. A mikro és mini UAV-k számára fejlesztette robotpilótát sikeresen mutatták be egy olyan quadcopter-ben, amellyel azután részt vettek a 2012-es „IMAV Outdoor Competition”-ön [2].

„ATOM” - EGY KOMPLETT AHRS/IMU

Eltérően az előzőekben bemutatott, egyetemi körülmények között fejlesztett robotpilótától, a most bemutatásra kerülő eszköz, egy kifejezetten UAV fejlesztésre specializálódott vállalkozás, az „UAV Navigation” terméke. Az „ATOM” használható önálló AHRS/IMU-ként (Attitude Heading and Reference System/Inertial Measurement Unit = Magassági és Irányrendszer/Inerciális Mérőrendszer), vagy további szenzorokkal (GPS, ADS) kiegészítve egy INS (Inerciális Navigációs Rendszer) fő elemeként. Mint látható, nem robotpilóta, de profi megoldás, egy profi cégtől, professzionális alkalmazásokhoz [3].



2. ábra Az „ATOM” egy 16,6×16,6×2,4 mm-es, mindössze 2 g-os lapka, amely akár –40 és +85 Celsius fok között is működőképes. Táplálásához 3,3 V (±1%) szükséges, fogyasztása 90 mW. (ábra/fotó: UAV Navigation)

Az „ATOM” specifikációja [3]:

- gyorsulásmérő (3 tengelyes) mérési tartománya: $\pm 16 \text{ g}$
- giroszkóp (3 tengelyes) mérési tartománya: $\pm 2000 \text{ fok/sec}$
- magnetométer (3 tengelyes) mérési tartománya: $\pm 1000 \mu\text{T}$
- gyorsulásmérő (3 tengelyes) mérési érzékenysége: $0,01 \text{ m/s}^2$



-
- giroszkóp (3 tengelyes) mérési érzékenysége: 0,1 fok/sec
 - magnetométer (3 tengelyes) mérési érzékenysége: 0,1 μ T

NAGYPONTOSSÁGÚ GPS/GNSS HELYMEGHATÁROZÁS POLGÁRI CÉLOKRA

A német Mavinci a 2010-es évek elején kezdte fejleszteni „Sirius” nevű, kézből indítható UAV-ját, kifejezetten térinformatikai adatgyűjtésre, 3D földmérésre, kartográfiára. Elég hamar szembesültek azzal a problémával, amelyet a légi- és űrfelvételeket készítő és kiértékelő szakemberek nagyon jól ismernek. Ahhoz ugyanis, hogy a képeket megfelelően illeszteni lehessen és azokon méréseket (fotogrammetriai kiértékelést) lehessen végezni, egy sor – fentről jól azonosítható – pontot kell kijelölni és azok cm pontos koordinátáját (földméréssel) meghatározni. Ezeknek a földi illesztő pontoknak (GCP) a mérése, a légi fotogrammetriai projektek egyik nagyon magas költségű munkarésze. Ennek kiküszöbölésére szokás a kamerát hordozó platform helyzetét nagyobb pontosságú GPS-es kiértékeléssel meghatározni. Míg egy műholdas mérés esetében esetleg a földi illesztő pontok egyszerű (abszolút) helymeghatározása is elegendő lehet, a repülőgépes felméréseknél már DGPS (differenciális GPS, néhány deciméter pontos), vagy RTK (valós idejű kinematikus, néhány centiméter pontos) mérések szükségesek. A DGPS és RTK mérések jellegzetessége, hogy a földön, ismert ponton telepített GPS referencia állomásokat használnak a kamera-hordozó platform (pl. repülőgép) helyének nagypontosságú meghatározásához.

A Mavinci mérnökei úgy döntöttek, hogy létrehozzák a világon az első olyan mini UAV-t, mely RTK GPS-t használ. Ennek köszönhetően a Sirius UAV alkalmazói a drága földi GCP mérések helyett csak egy, a mérési terület szélén telepített GPS bázisállomást használhatnak, a kamera pozíciója mégis néhány centiméter pontossággal lesz meghatározható a felvételezés pillanatában! A fejlesztéshez a Topcon B110 jelű GPS (GNSS – lásd később) vevőkártyáját használták, az UAV-t pedig átnevezték SiriusPRO-nak [4].

A Topcon B-110 egy GNSS (Global Navigation Satellite Systems, azaz Globális Navigációs Műhold rendszereket) használó kártya. Ez azt jelenti, hogy nem csak az amerikai GPS jeleit használja, hanem az orosz GLONASSz-t, az európai Galileo-t (ezek mind globális és 20–30 műholdat tartalmazó rendszerek), valamint olyan geostacionárius korrekciós műholdas szolgáltatások használatára is képes, mint az amerikai WAAS, vagy az európai EGNOS. Ehhez megfelelő az ún. „univerzális” vevő-csatornák száma 226, ami mintegy 400 párhuzamos-csatornának felel meg!



3. ábra A Topcon „B110” típusú GNSS vevője. Segítségével alakította ki a német Mavinci a fotogrammetriai célokra szánt „SiriusPro UAV” RTK (2cm) pontosságú helymeghatározó rendszerét. (Fotó: Topcon)

A vevő mindössze 40×55×10 mm-es, tömege kevesebb, mint 20 g, fogyasztása 1 W és működik –40 és +85 °C között. 4G-s szinuszos (SAEJ1211) és 7,7 G-s random (MIL-STD 810F) vibráció és 20 G-s gyorsulás mellett is működőképes. Képes a GPS L1 és L2, GLONASS L1 és L2 frekvenciákon történő fázismérésre, valamint az L1 C/A, L2C GPS és L1 és L2 GLONASSz-kódok és a Galileo E1 használatára is. Mérési adatait 1 és 100 Hz közötti frekvencián küldi az output portra [5].



4. ábra Magyarországon az első Topcon/Mavinci „SiriusPRO”-t egy szolnoki földmérő cég rendszeresítette. A fotó az átadást követő betanításon készült. Hátul jól látszik a sárga műszerlábra telepített RTK Referencia Állomás (Fotó: Central Geo Kft.)



NAGYPONTOSSÁGÚ POLGÁRI CÉLÚ GNSS/IMU INTEGRÁCIÓ

Mint láttuk az előző, polgári fejlesztés a nagy pontosságot célozta meg. Ehhez nagyon sok műholdrendszer jeleit és korrekciót (RTK) használ. Természetesen lehet olyan igénye is valakinek, hogy hasonló (nagy pontosságú, polgári, vagy békeidős katonai) feladatra szánt UAV-ját akkor is használni akarja, ha a GPS, vagy GLONASSz holdak valamiért kiesenek. Ebben az esetben nyilvánvaló igényként merül fel a nagy pontosságú GNSS kártya integrálása valamilyen IMU-val. Attól függően, hogy egy-egy gyártó gyökerei honnan indultak két megközelítés lehetséges: Vagy GNSS-t gyárt és ahhoz biztosít IMU integrációt, vagy épp fordítva, – a „komfort zónájába” tartozó IMU-t teszi képessé a GNSS adatok fogadására.

Az elsőre jó példa a jól ismert GPS/GNSS gyártó Trimble és az általa már több mint egy évtizede megvásárolt amerikai Applanix közös „AP15”-ös rendszere. A másodikra remek példa a kifejezetten IMU fejlesztő brit OXTS „xOEMcore” nevű eszköze. Mindkettő megoldás alkalmas lehet arra, hogy a kamera, vagy egyéb távérzékelő eszköz térbeli orientációját biztosítsa, vagy egy robotpilóta alapegysége legyen.

A Trimble/Applanix „AP15” rendszer alapja egy olyan GNSS kártya, mely két, egyenként 220 párhuzamos vevőcsatornát tartalmazó GNSS-morzsát tartalmaz. Ezek együtt tehát 440 párhuzamos vételi csatornát képeznek, melyekkel a következő műhold-típusok, frekvenciák és kódok használhatók:

- az amerikai GPS (L1 C/A-kód, L2C, L2E (Trimble kód nélküli L2 P) és L5-ös frekvencia;
- az orosz GLONASSz (L1 C/A-kód, L1 P-kód, L2 C/A-kód és L2 P-kód);
- a kínai BeiDou B1 és B2 kódja;
- az európai Galileo L1 CBOC-kódja, E5A, E5B és E5AltBOC kódjai;
- a japán QZSS L1 C/A, L1 SAIF, L2C kódok és az L5-ös frekvencia.

A kártya – mely vezérlőrendszert és tápegységet is tartalmaz –, 130×100×39 mm méretű és 280 g tömegű, működik –40 és +75 °C között. Maga az inerciális mérő egység (IMU) egy 89×94×65 mm-es, 610 g-os doboz. Működőképes –20 és +55 °C között, és ±2G túlterhelés mellett.

Amennyiben a GNSS és IMU egységek közösen kerülnek beépítésre, és együttműködnek a mérésben, akkor az alábbi táblázatban található pontosságok érhetők el:

	Javítás nélküli (abszolút) mérés:	Valós idejű fázismérési javítással (Real Time Kinematic)	Utólagos fázismérési javítással (Post Processed Kinematic)	A Trimble saját, szabadalmaztatott, „SmartBase” nevű utófeldolgozásával
POZÍCIÓ (m)	1,5 m vízszintes 3,0 m függőleges	0,1 m vízszintes 0,2 m függőleges	0,1 m vízszintes 0,2 m függőleges	5 cm vízszintes 10 cm függőleges
SEBESSÉG (m/s)	0,05	0,03	0,015	0,015
ORSÓZÁS ÉS BÓLINTÁS (fok)	0,04	0,03	0,025	0,025
IRÁNY (fok)	0,30	0,18	0,08	0,08

1. táblázat (Forrás: Trimble)

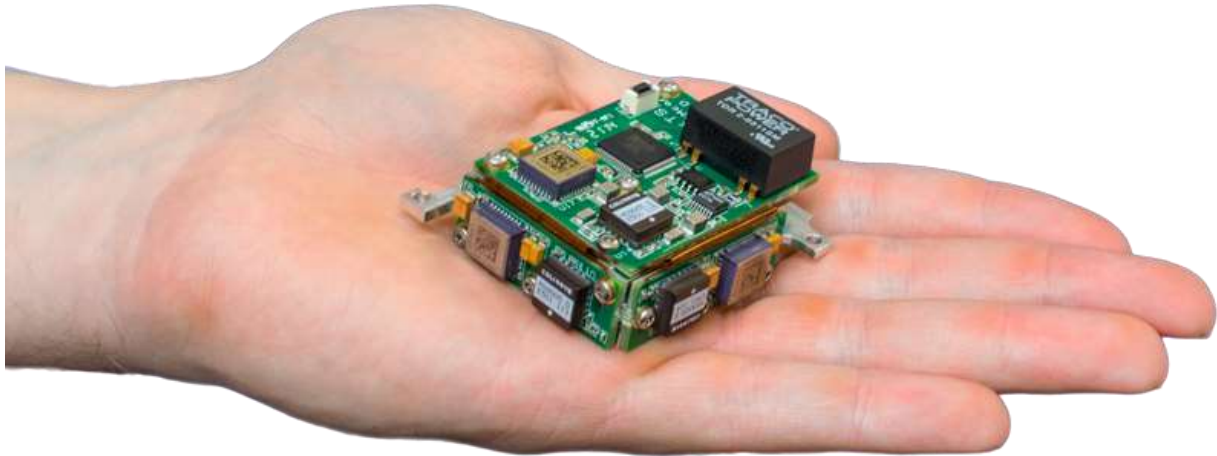


5. ábra A Trimble / Applanix „AP15” GNSS/INS rendszere. Jobb oldalon hátul a kombinált GNSS-vevő és IMU vezérlő egység, előtte az IMU. A baloldali képen az IMU vezérlő panel. (Fotó: Applanix)

A brit OXTS „xOEMcore” 6-tengelyes inerciális mérő rendszerének (és szenzor-fúzióval létrehozható navigációs rendszerének) gyártása valamikor 2015 második negyedévében indul. Az OXTS új eszközét elsősorban mobilt térképező rendszerekbe, illetve katonai és kereskedelmi drónokba szánják. Hibája egy óra után mindössze 3 fok, mérete 50×65×24 mm, csak 50 g. A bemeneti feszültség 5 V, fogyasztása 2 W. Az egység –20 és +70 °C között is működik. Az xOEMcore többféle módon konfigurálható, illetve szerezhető be:

- az „xOEMcore” az alapegység, ami csak IMU képességekkel bír;
- a „Navigation” fantázianevű extra inputok fogadását is lehetővé teszi;
- a „PP” lehetővé teszi a nyers fedélzeti adatgyűjtést, és ezzel segíti az utófeldolgozást;
- a „gx/ix” képes differenciális GPS (DGPS) korrekció fogadására, míg
- a „gx/ix RTK” RTK GPS korrekciókkal dolgozik, és ezáltal a tehetetlenségi rendszer saját újra-inicializáló képességét javítja, és alkalmassá válik UAV-s fotogrammetriához.

Mint fent írtuk, a rendszer képes fogadni DGPS, vagy RTK-korrekciót, s ehhez RTCM v3, vagy RINEX DGPS inputot vár, és külső szenzorokkal is ki lehet egészíteni. Ez utóbbiak lehetnek különféle GPS/GNSS eszközök, vagy (mobil térképészeti alkalmazásoknál) az odométer (kerékelfordulás jelző). Amennyiben egy UAV-ban, UAS-ben GPS/GNSS eszközzel kívánjuk ki egészíteni, akkor jelenleg három gyártó (u-blox, Topcon és Novatel) egy-egy típusa közül válogathatunk. Ezek integrációja és tesztelése megtörtént. Áruk eléggé eltérő (három külön műszaki kategóriáról beszélünk), de ennek oka van, – hisz az eltérő képességű eszközökkel az OXTS terméke más és más navigációs eredményre képes.



6. ábra A brit OXTS „xOEMcore” IMU-ja (Fotó: OXTS)

A µblox „LEA6” GPS vevőjével az elérhető legjobb helymeghatározási pontosság 0,5 m (CEP), a sebesség-mérési pontosság 0,02 m/sec (RMS), az iránymérés pontossága 0,06 fok (RMS), míg az orsózó és bólintó irányú pontosság 0,05 fok (RMS).

Amennyiben a felhasználó a másik két GNSS eszköz közül választ, a szögmérési pontosságok a fentiekkel azonosak lesznek, viszont a sebességmérés pontossága elérheti a 0,015 m/sec-ot, míg a helymeghatározás pontossága 2 cm lehet a Topcon „B110”-zel, illetve 1 cm lehet a Novatel „OEM6” GNSS-kártyájával.

PONTOSSÁG, INTEGRITÁS, KATONAI ALKALMAZÁSOK

Természetesen katonai alkalmazásokban is felmerülhet a szélső pontossági igény, de a hadászati, harcászati, illetve műveleti célú (az 1.-es táblázatban megjelenő TACTICAL, MALE, HALE) eszközök esetében a legfontosabb navigációs kihívás mégis a magas szintű integritás és rendelkezésre állás, akár zavarás mellett is. Az is nyilvánvaló, hogy a NATO tagállamok navigációs képességeket nem alapozhatnak az orosz (GLONASSz), vagy kínai (BeiDou) műholdas navigációs rendszerekre. Egy harcászati célokra szánt drón csak az amerikai GPS-t használhatja (legalábbis addig, amíg az európai Galileo titkos, katonai szolgáltatásai nem állnak rendelkezésre). Ilyen alkalmazásoknál lehet megfelelő megoldás a már említett Trimble „Force 524D” modulja. Ez egy SAASM-alapú vevőmodul, mely képes mind a polgári SPS (Standard Positioning Service = Szabvány Pozíció meghatározási Szolgáltatás, azaz C/A-kód), mind pedig a katonai PPS (Precise Positioning Service = Precíz Pozíció meghatározási Szolgáltatás, katonai P(Y)-kód, – illetve hamarosan majd M-kód) használatára. Akár önálló GPS-navigációs rendszerként, akár egy GPS-Doppler, vagy egy GPS-INS navigáció alapját is képezheti.

A vevő 24 párhuzamos vevőcsatornát használ, melyek vagy 12 L1 (P) és 12 L2 (P) kód vételére, vagy 8 L1 (P), 8 L2 (P), és 8 L1 (C/A) kód használatára programozhatók. A vevő támogatja az olyan vevőantennák használatát, melyek elemi antennákból állnak, és az egyes antenna elemek nyalábjai eltéríthetők („beam formers”) is! A tervezésnél maximális figyelembe vették azokat az amerikai TSO-kat (Technical Standard Order – Műszaki Szabványok Előírása), melyek a műholdas navigációval támogatott (nem precíziós) leszállító rendszerekre vonatkoznak (pl. TSO C-

129a). A vevő –2300 és +75 000 láb magasságok között, 1200 m/sec sebességig és 100 m/sec-os gyorsulásig alkalmazható. Pontossága a PPS-sel 16 m (pozíció), illetve 0,1 m/sec (sebesség) és megfelelő zavarvédelemmel (CI-GRAM-600, TMAS-GPS-F524D) rendelkezik. Működőképessége –54 °C és +85 °C között, tömege 423 g. Meghibásodások közötti üzemidejét 16 700 órára becsüli a gyártó és az eszköz természetesen export-korlátozás alá esik.



7. ábra A Trimble „Force 524” (Fotó: Trimble)

ÖSSZEFOGLALÁS

Talán e rövid cikkkel is sikerült rávilágítani, hogy a különféle személyzet nélküli légi járművek jellegüktől, feladatuktól függően más és más hely- és helymeghatározó szenzorokat, és robotpilótákat igényelnek. Ehhez a piacon óriási számban állnak rendelkezésre különféle eszközök, melyek közül csak néhányat és teljesen szubjektív módon tudtunk itt bemutatni. Amennyiben valaki drónt, UAV-t, UAS-t fejleszt, mindenképpen érdemes keresni és komoly erőfeszítést fordítani erre a területre is, hisz a választás minősége jelentősen befolyásolhatja a teljes rendszer alkalmazhatóságát.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] PAPP ISTVÁN Pilóta nélküli légijármű típusok jellemzése. Repüléstudományi Közlemények. Szolnok, 2013/2, pp 53-68.
- [2] KIRILL SHILOV – GROGORY LAZURIN „MAV” Autopilot For Commercial and Research Purposes. Moscow Institute of Physics and Technology, WEB: <http://sky-drones.com>
- [3] LEAFLET „ATOM” / UAV Navigation: http://www.uavnavigation.com/products/products/ATOMDatasheet_0.pdf
- [4] CATALOGUE „Topcon Aerial Mapping Solutions”: http://www.topconpositioning.eu/sites/default/files/product_files/uas_solutions_catalog_7010_2162_reva_sm_0.pdf
- [5] LEAFLET „Topcon B110”: http://vermessung.drbertges.de/docs/products/topcon_b110.pdf
- [6] DATASHEET „Trimble AP15”: <http://trl.trimble.com/docushare/dsweb/Get/Document-687597>
- [7] BROCHURE „OXTS xOEMcore”: <http://oxts.com/Downloads/Products/xoemcore/xOEMcorebrochure.pdf>
DATASHEET „Force 524D”: http://trl.trimble.com/docushare/dsweb/Get/Document-579399/force_524d-datasheet.pdf