

A MISTRAL LÉGVÉDELMI RAKÉTA CÉLREPÜLŐGÉPEINEK ROBOTIZÁLÁSA

Magyarországon az 5. Légvédelmi Rakétaezrednél rendszeresítették a francia Matra Mistral (Hideg szél) kishatótávú, infravörös önirányítású rakétarendszert, melynek fő feladata az MH gépesített lövészdandárjának légvédelme. A fenti eszköz megsemmisíthető célpontjaként szolgál az AERO-TARGET Bt. által gyártott Meteor-3 típusú rádió távirányítású, speciális eszközökkel felszerelt repülőgép. A főként műanyagból, fából, kompozit anyagokból álló gép effektív radarfelületét a gép orrába szerelt Luneberg-lencse megnöveli, láthatóvá teszi a SHO-RAR radar számára. A rakéta közelségi gyújtója lézeres, ezért fényvisszaverő csíkokat ragasztottak a célgépre. A kisméretű modellmotor hője nem elegendő a rakéta infraérzékelője számára, ezért a hőkibocsátást a szárny alá rögzített 2-2db távirányítással gyűjthető piropatronnal imitálják. A Meteor-3 sebességét és méretét kivéve hasonlít egy valódi repülőeszközhöz, de ára jelentősen alacsonyabb.



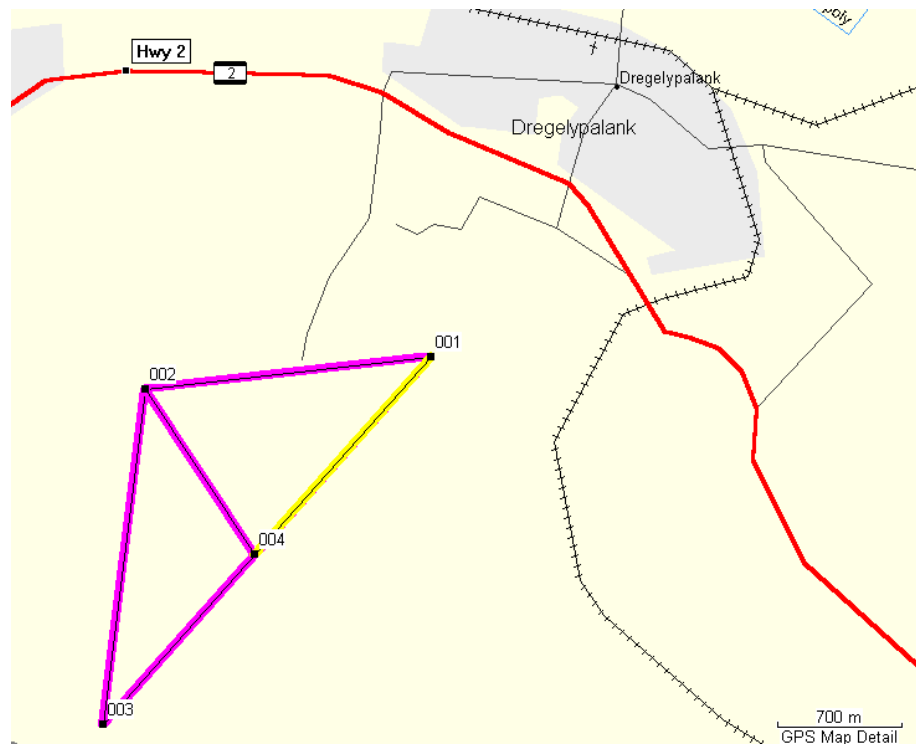
1. ábra. Meteor-3 (MGR-3), távirányítású repülőgép

A Meteor-3 harcászati adatai nagyvonalakban a következők:

Fesztáv:	2,7 m
Hossz:	1,8 m

Repülési súly:	14 kg
Önsúly:	10 kg
Maximum sebesség:	140 km/h
Utazósebesség:	100 km/h
Repülési idő:	12–15 perc

Ahogy a fenti adatokból kitűnik, a repülőgép kis méretű, ezért már néhány kilométeres távolságból élénk színe ellenére is nehezen követhető, irányítható. Kezdetben a pilótát, egy távcsöves optikai követéssel segítették a feladat ellátása közben. Később két, egymással rádiókapcsolatban lévő pilóta, térben megfelelő távolságra elhelyezkedve, váltottan irányított.



2. ábra. A repülőgép repülési programja

A MISTRAL légvédelmi rakéta célmegfogáshoz egy bizonyos minimális távolságot igényel, ezért a gyakorlat élethűsége, és eredményessége érdekében célszerű minél nagyobb távolságból megközelíteni a felállítási helyet. Az eredeti módszerrel a repülőgép a 2. ábrán látható 001, 002, 004, 001 pontokhoz tartozó útvonalat repülte. A 001-004 pontok távolsága 1,492 km. Csupán a látásra hagyatkozva, sem a magasság, sem a pálya nem tartható pontosan. Ha szeretnénk precízen követni a kívánt

útvonalat, valamint a rakéták telepítési helyéhez közelítő szakaszt meg akarjuk nyújtani — ezen a szakaszon gyűjtik meg a piropatronokat (2 perces égési idő) —, akkor új technológiát kell bevetnünk!

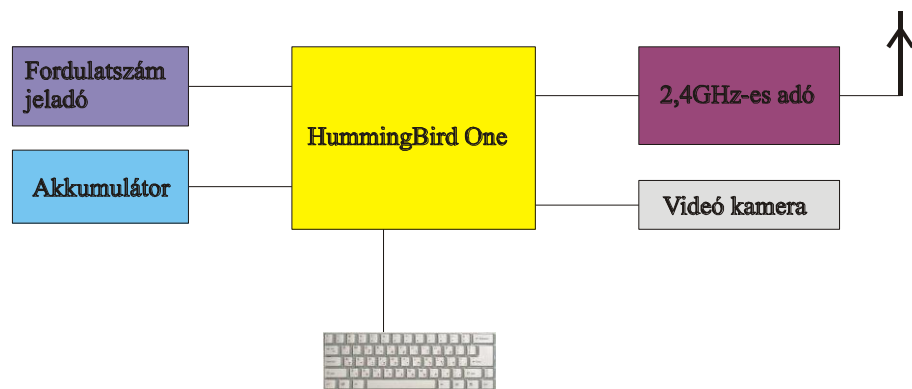
GPS TELEMETRIA KOMPUTER

A feladat megoldására egy GPS segítségével működő, normál videojelet fogadó és arra feliratozó célravezető célszámítógépet fejlesztettem ki. A készülék bemenetére egy jó minőségű SONY CCD chip-es csőkamera csatlakozik, melynek felfüggesztése és annak mechanikai csillapítása kritikus a képminőség szempontjából.



3. ábra. HummingBird One GPS telemetria komputer

A telemetria és navigációs adatokkal kiegészített képet a 2,4 GHz-es ISM sávban működő adó egy ground-plane antennával lesugározza az irányítási pontra. Itt a pilóta egy zárt kabinban, TV monitoron keresztül vezeti azt, mintha felműszerezett repülőben ülne (pilóta nélküli repülőgép, PNR). A repülés videoszalagra rögzítve utólag kiértékelhető, elemezhető.



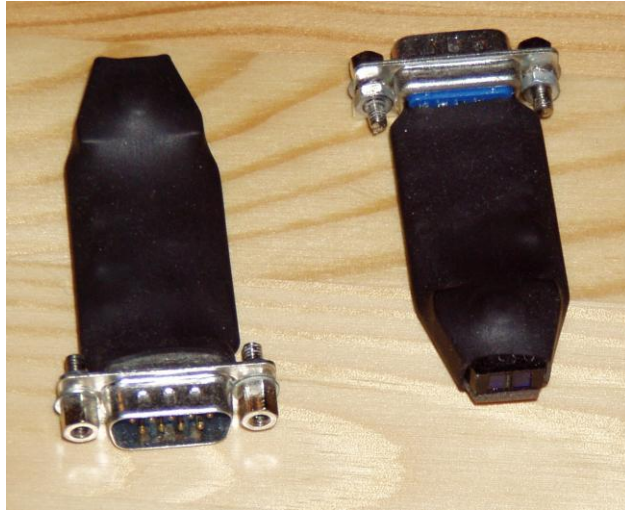
4. ábra. Fedélzeti rendszer blokkvázlata

A komputer néhány technikai adata a következő:

Tápfeszültség:	DC8-25 V/maximum 150 mA (adó DC12 V / 800 mA, kamera DC12 V / 150 mA)
Videó jel ki/bemenet:	PAL625 / 1Vp-p / 75 Ω
Külső tápfeszültség mérés:	maximum DC25 V-ig
Fordulatszám mérés:	maximum 65 535 fordulat/min és maximum 400 000 impulzus/min
Fordulatszám érzékelő:	kontaktus nélküli, aktív infra optikai
Watchdog időzítés:	3,52 s
GPS típusa:	μ -BLOX AG, GPS-1PSE
Protokoll:	NMEA, 9600 Bd, GGA, VTG, GSA
GPS antenna:	aktív patch antenna SMC csatlakozóval
Tömeg:	240 g (csak a komputer)

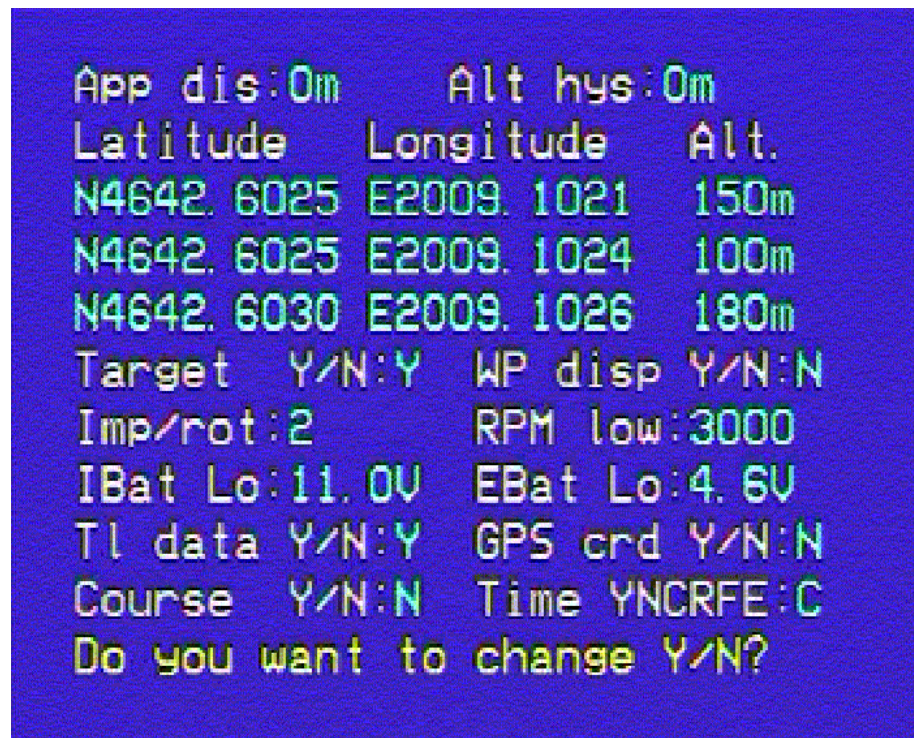
A fedélzeti elektronika a következő segítséget nyújtja a repülőgép vezetéséhez, üzemeltetéséhez:

- 1) A repülőgép néhány lényeges adatát méri: külső, belső akkumulátor feszültség, valamint az ehhez tartozó riasztás. Előre beállított érték alá csökkenést jelzi (villogás). Fordulatszám mérés az 5. ábrán látható optikai jeladóval, a légszár lapátjairól visszaverődő infrafénnyel történik. A légszár lapátszám beállítható. Ha paraméterezhető szint alá csökken, akkor gyertyaizzítást vezérelhet (diesel motor).
- 2) Repülési idő mérése sokrétűen választható algoritmus alapján (5 féle). Üzemanyag felhasználás szempontjából fontos.
- 3) Repülési magasság, földhöz viszonyított sebesség, repülési irány (később részletezem) kijelzése a képernyőn a GPS adatok alapján. A mozgási irány égtáját is kijelzi (N, S, W, E stb.).



5. ábra. Optikai fordulatszám érzékelő

- 4) Koordináták kijelzése WGS-84 térképdátum szerint. Szélesség: N/S 0000.0000÷N/S 9000.0000 (észak/dél fok10 fok1 perc10 perc1. perc/10 perc/100 perc/1000 perc/10 000), hosszúság: E/W 00000.0000÷E/W 18000.0000 (kelet/nyugat fok100 fok10 fok1 perc10 perc1. perc/10 perc/100 perc/1000 perc/10 000) formátumban.
 - 5) Három fordulópont betáplálásával a rendszer végigvezeti a repülőgépet az általuk kijelölt útvonalon. Az aktuális útpont eléréséig mutatja a követendő irányt, jobbra-balra mutató különböző hosszúságú nyilakkal. A fordulópontig a légvonalban mért távolságot szintén kijelzi. Szükség esetén a mozgás, a fordulópont iránya és a számolt fordulási szög számszerűen is kiirattatható. A célkör sugara definiálható.
 - 6) Fordulópontba éréskor impulzust ad (magas vagy alacsony), így fénykép készíthető, vagy egyéb célra felhasználható. A piropatront biztonsági okok miatt, nem automatikusan gyűjtják.
 - 7) A repülőgép magasság tartását a rendszer magas és alacsony hangokkal segíti, hogy a pilóta a feladatát könnyen hajthassa végre, és tekintetét ne kelljen megosztania. Ha a GPS 2D vagy 1D módba kerül, akkor riasztási jelzést ad (eltérő magas hang). A magasságtartás hiszterézise előre definiálható.
 - 8) A GPS jel minőségét a befogott műholdak száma és üzemmódja jelzi.
 - 9) A feszültségmérő bemenetek szoftverből kalibrálhatóak.
- A felhasználó igénye szerint a paraméterek és kijelzésre került adatok megváltoztathatóak, engedélyezhetőek. A beállítások PC-AT billentyűzet segítségével történik, megkönnyítve a terepi munkát.



6. ábra. Komputer beállítási képernyője

A fenti célszámítógéppel a 2. ábrán látható 001, 002, 003 pontokat összekötő útvonalat képes a repülőgép pilóta vezetésével berepülni. A 003, 001 pontokat összekötő "hazatérő" szakasz 2,8 km hosszú, így gyakorlatilag megkétszereztük a hasznos úthosszat. A pilóta dolga így is nagyon nehéz, és képzett, jó képességű szakembert igényel a feladat. Az irányításban, egy segédpilóta is segíthet az adatok értelmezésében. Ha csak a kamera képe alapján vezető pilóta elveszti a pozíciót, tájékozódási pontokat, akkor a fedélzeti elektronikára hagyatkozva visszatál a fordulóponthoz. A monitor képe repülés közben a 7. ábrán látható. A gép kereszt- és hossz dőlését a közvetített kép alapján lehetséges meghatározni, korrigálni. Lehetőség szerint kerülni kell a túlzott megdöntéseket, mert a függőleges polarizációjú adó- és vevőantenna közötti szakaszcsillapítás megnő, a videójel széteshet, megtörhet. Problémát okozhat még a napfény, ha közvetlenül szembe kerül a kamera lencséjével. Sajnos a kamera videó AGC-je véges szabályzási tartománnyal rendelkezik.



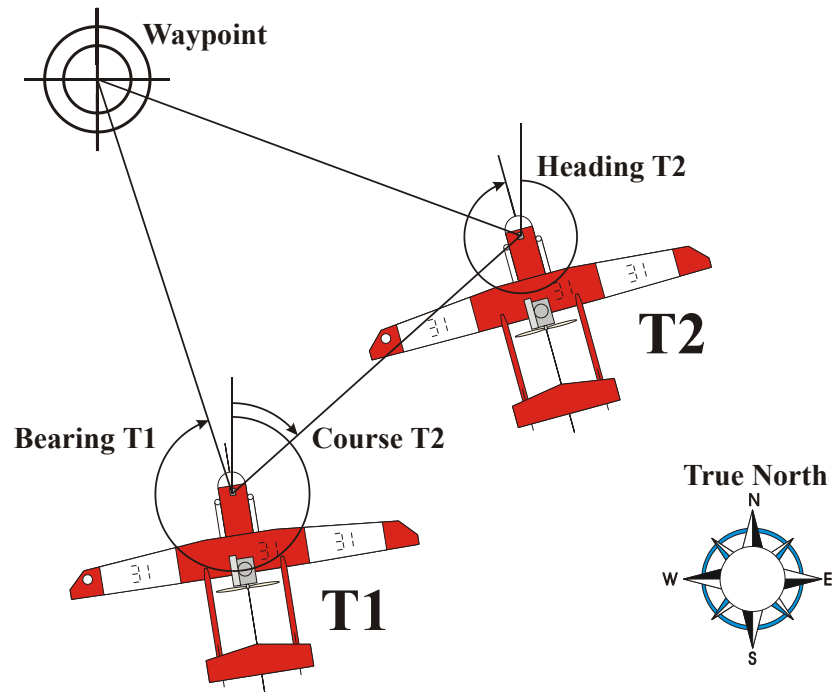
7. ábra. Prototípus monitor képe tesztadatokkal

A fenti problémákkal egy gyakorlott pilóta megbirkózik. Az AERO-TARGET Bt. kiképzett pilótái a fenti eszközzel és repülőgéppel rutinosan végrehajtják a célfeladatot, alkalmasak egyéb különleges műveletekben való részvételre.

IRÁNYSZÖGEK ÉRTELMEZÉSE

A felhasználás és működés szempontjából fontosnak tartom, a különféle irányszögek értelmezését. A 8. ábra alapján végigkövethetőek a definíciók. Legelőször meg kell említenem a *valódi északi irányt* (True North), amely egy statikusan értelmezhető mennyiség, amely a föld forgási tengelyével párhuzamos. Ettől a helytől függően változó deklinációval tér el a *mágneses északi irány* (Magnetic North), amit a fedélzeti elektronika nem mér, mert nem tartalmaz 3D-s magnetométert. A GPS adatok alapján két pont közti elmozdulást és abból az elmozdulás irányát tudjuk számolni. Az ábrán T1 és T2 időpillanat közti *elmozdulás vektor* és a valódi észak között bezárt szöget *kurzusnak* (Course Over Ground — COG) nevezem. A kurzus független a repülőgép szimmetriatengelyének irányától („Orr irány”, Heading, HDG), csak a valódi *elmozdulás irányát* mutatja. Ha a repülőgép szél miatt sodró-

dik, akkor ennek hatása nem okoz hibát a szükséges iránymódosítás kiszámításakor. Adott T1 időpontban mindig az előző T0 időpont kurzusát kapjuk meg, az ábrán T1 időpontban feltüntetve látható a T2 időpontban kiszámolt kurzus. Ennek oka az, hogy csak később kapjuk meg a két pontot összekötő vektor koordinátáit. A jelenleg használt GPS másodpercenként szolgáltat adatokat, így az irányadatok frissítése is ilyen gyakran történik.



$$\text{Turn_right } T1 = \text{Bearing } T1 - \text{Course } T0$$

8. ábra. Irányszögek értelmezése

A másik fontos adat a célpont megközelítéséhez szükséges, valódi északkal bezárt *cél-irányszög* (Bearing — BRG) és távolság, melyet a komputer folyamatosan számít a repülőgép és a cél koordinátákból (Fordulópont — Waypoint) (T0-T0, T1-T1, T2-T2 stb.). Az általam felhasznált algoritmus néhány száz kilométeren belül tíz méteres pontosságot garantál. A cél-irányszög és a kurzus közötti szöggel (Turn Right, Course to Steer, CTS) kell a pilótának a repülőgépet elfordítania. A *fordulási szög*, ha 180°-nál nagyobb, akkor megfelelő módszerrel ±180°-nál kisebb értékre kell korrigálni. Ezzel az értékkel már vezérelhetők az irányjelző nyilak. A komputer, ha az előre definiált körön belülré érkezik a gép, akkor a következő fordulópont-ra ugrik, és ehhez vezeti a pilótát.

JÓVŐBELI FEJLESZTÉSEK

Az itt részletezett célravezető számítógép megfelelő videó jelátviteli berendezés és távirányító rendszerrel alkalmas rádióhorizonton belüli bevetésekre. Ha szeretnénk, hogy rádióhorizont mögött is alkalmazható legyen, autonóm módon, megbízhatóan nagy precizitással lássa el feladatát, akkor robot pilótát kell alkalmaznunk. Jelenlegi fejlesztésem egy ön-stabil repülőgép automatikus irányítása navigációs fordulópontok alapján, mellyel válaszolhatunk sokrétű katonai és civil feladatok kihívásaira.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Myron KAYTON and Walter R. FRIED: Avionics Navigation Systems, Second Edition, John Willey & Sons, Inc., New York, 1997.
- [2] KONCZ Miklós Tamás: HummingBird One Airborne Telemetry Computer beállítási útmutató.
- [3] KÖVÁRI László: Őszi verőfény – hideg széllel, Aranysas, SkyBear Bt. Budapest, 2002/01, 26-28. o.
- [4] Magellan MAP410, User Guide.
- [5] Dr. Robert C. NELSON: Flight Stability and Automatic Control, Second Edition, McGraw-Hill.
- [6] Ed WILLIEMS: Compass Errors, July 7 2001.
- [7] u-Blox: ANTARIS Protocol Specification.
- [8] μ -Blox: The GPS Dictionary, 8. March 2001.
- [9] μ -Blox: GPS Basics, Introduction to the system, Application overview.
- [10] μ -Blox: μ -Center, GPS Evaluation Software].
- [11] μ -Blox: Protocol Specification, μ -blox GPS-MS1 and GPS-PS1, 4th April 2000.