

**Dr. Molnár András**

## **AUTOMATA ANTENNAFORGATÓ AUTONÓM ROBOTOK SZÁMÁRA**

### **BEVEZETÉS**

A projekt célja egy telepített antenنافorgató egység kifejlesztése, amely automatikusan képes a sugárzó (mobil robot) irányába fordulni.

Mivel a kisméretű mobil robotok szigorú tömegkorláttal rendelkeznek, minden eszköznek, amit a robot magával visz, a lehető legkisebbnek és legkönnyebbnek kell lennie. Ahhoz, hogy a robottal valós idejű (online) kapcsolatot lehessen fenntartani, szükség van vezetékek nélküli adatátvitelre [1]. Erre a célra leginkább valamilyen, az alkalmazási körülményekhez legjobban illeszkedő rádiófrekvenciás (RF) kapcsolat alkalmas. A robot és a bázisállomás között megvalósítandó hibamentes kapcsolat alapja a megfelelő térrejtű RF kapcsolat. A szükséges térrejtő mértéke az alábbiaktól függ:

- Távolság az adó és a vevő között.
- Az adó és a vevő közötti közeg minősége jelterjedés szempontjából.
- A vevő érzékenysége.
- A vevő szelektivitása.
- Az adó RF teljesítménye.

A távolság az adó és a vevő, azaz a robot és a bázisállomás között előre tervezhető, illetve technikai határértékként kezelhető. A cél, hogy ez a távolság minél nagyobb legyen. [3]

A robot és a bázisállomás közötti közeg jelentősen függ a robot fajtájától. A kifejlesztendő egység elsősorban kisméretű robotrepülőgépek kiszolgálását célozza, így az átviteli közeg jó közelítéssel tekinthető homogén levegőnek. Egyes speciális esetekben számolni kell a jel terjedésének korlátaival (hegyek, völgyek), de a kísérletek jelen fázisában biztosított az adó és a vevő közötti szabad rálátás.

Az áthidalni kívánt távolság növelése érdekében növelhető a vevő érzékenysége. Ezt vagy a vevő RF fokozatának erősítésével, vagy a vevő bemenetére kapcsolt előerősítő fokozattal lehet elérni. Mivel a „gyári” vevők már a lehetőségekhez mérten optimális beállításokkal rendelkeznek, a gyakorlatban egy külön előerősítő fokozat illesztése lehet megoldás. Az RF jel erősítése azonban korlátokba ütközik, mivel az erősítők az adott sávon belül a zajt is erősítik, így a jel/zaj viszony általában már nem javul.

A nagy érzékenységtű vevők gyakori problémája, hogy a „szomszédos” csatornák jeleit is érzékelik. Ez az úgynevezett áthallás a vevő szelektivitásának jelentős fokozásával küszöbölhető ki. Az RF előerősítők a szelektivitást ronthatják. A vevő szelektivitása függ annak konstrukciójától, valamint az alkalmazott modulációs módtól. Mindkét jellemző a vevő típusának kiválasztásával determinált, így annak utólagos módosítása nem lehetséges.

Az adó kimeneti (RF) teljesítményének növelése növeli az áthidalható távolságot. Ennek azonban szintén korlátai vannak. A kommunikációs adó RF teljesítményének növelése növekvő energiaigénnyel társul, amit nagyobb akkumulátorokkal, vagy jelentősen csökkenő üzemidővel lehet kompenzálni. További problémát jelent, hogy az egyes sávokon jogszabályok határozzák meg a maximálisan alkalmazható kimenő teljesítményt.

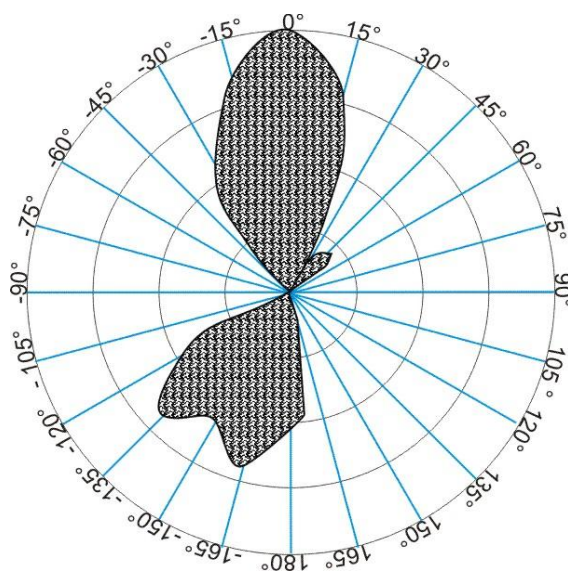
Az áthidalható távolság növelésének egy lehetséges módja az úgynevezett irányított antennák alkalmazása. Az ilyen antennák több előnnyel is szolgálnak. Egyrészt jelentős nyereséggel rendelkeznek, ami akár többszörösére növelheti az adó és a vevő közötti távolságot a körsugárzó antennák alkalmazásával elérhető távolsághoz képest. Másrészt az irányítottság okán javul a vevő szelektivitása.

Az irányított antennák alkalmazása azonban csak abban az esetben lehetséges, ha biztosítani lehet, hogy az adó és a vevő antennái a működés teljes időtartamában egymás felé nézzenek. Ezt a feltételt telepített adók és vevők esetében egyszerűen lehet teljesíteni, de mobil robotok esetében kiegészítő mechanizmusokra van szükség.

Mivel a mobil robot térbeli pozíciója a működés során nem állandó, a fedélzeten általában körsugárzó antennákat célszerű alkalmazni. A nagy nyereségű, irányított antenna alkalmazása tehát a bázisállomáson lehetséges.

A kifejlesztett forgató egység feladata az, hogy az antennát a robot működése során folyamatosan annak irányába tartsa. Ennek érdekében az egységnek két adatot kell ismernie. Az egyik a telepített antenna koordinátája, a másik pedig, a robot pillanatnyi koordinátája. Ez utóbbi adatot a robot azon a rádiófrekvenciás csatornán keresztül küldi a forgató egységnek, amelyet éppen az egység mozgat.

## AZ ALKALMAZOTT ANTENNA SUGÁRZÁSI KARAKTERISZTIKÁJA



1. ábra. A vevő oldalon alkalmazott Yagi antenna sugárzási karakterisztikája

A rendszer kialakításának egyik alapvető paramétere az alkalmazott irányított antenna sugárzási karakterisztikájának ismerete. A karakterisztika ismeretében meghatározható a szükséges beállási pontosság, illetve a mozgó mechanizmus szögsebességének ismeretében az a minimális távolság, aminél még a rendszer követni tudja a mozgó robotot. Ez utóbbi azért lényeges, mert a robot repülési sebessége 100-120 km/óra.

A mérések egy MS2711D típusú spektrum analízátorral lettek elvégezve. A többször megismételt és feldolgozott adatok alapján az antenna karakterisztikáját az 1. ábra szemlélteti. Jól látható, hogy a főnyaláb  $\pm 15$  fokos szöget szár be. Ez azt jelenti, hogy az adó jeleit 30 fokos szögön belül lehet megfelelő minőségben detektálni.

A forgató mechanizmus sebessége 3 sec/60 fok, ami megfelel 20 fok/sec szögsebességnek. A repülőgép ismert legnagyobb sebessége 33 m/sec. Ezek alapján az antenna akkor tudja követni a repülőgépet, ha az nagyobb, mint 90 méter távolságban mozog.

A mérési eredmények alapján meghatározásra került az a küszöbtávolság (100 méter), amely alatt a követő rendszer már nem képes üzemelni. Annak érdekében, hogy a jelátvitel ezen a távolságon belül is zavarmentes legyen, alkalmazásra került egy körsugárzó antenna is. A két antenna jelét a forgató rendszer mikrokontrollere kapcsolja a vevőre a fent említett küszöbtávolság függvényében.

## A SAJÁT RENDSZER

Az antennaforgató egység alapja egy már korábban kifejlesztett telemetria egység vevő moduljának [2] PIC 16f877 típusú mikrokontrollere. Mivel ennek a mikrokontrollernek igen kevés a feladata, maradt annyi szabad számítási kapacitása, hogy elláthassa az antenna mozgását. A vevőmodul mikrokontrollerének alkalmazásának további előnye, hogy a vett telemetria adatok között megtalálhatók a robot pillanatnyi GPS koordinátái.

A forgató modul nem rendelkezik saját pozíciót meghatározó egységgel, így a rendszer bekapcsolását követően meg kell adni annak saját GPS koordinátáját. A könnyebb kezelhetőség és a kézi bevitel által keletkező esetleges hibák elkerülése érdekében a saját koordináta bevitel félautomata módban történik. Ez azt jelenti, hogy be kell kapcsolni mind a forgató, mind pedig a robot rendszerét. A robotnak a vevő antennája mellett kell lennie, az antennát pedig a tervezett munkatér közepére kell forgatni úgy, hogy az a beállított irányhoz képest  $\pm 80$  fokot legyen képes mozogni. A robot GPS-ének feléledését követően (ez a virtuális pilótafülke programján könnyen ellenőrizhető [2]) a forgató egységen meg kell nyomni egy „reset” gombot. Ennek hatására a modul elraktározza a vett GPS koordinátákat. Mivel a vevő antennája a robot üzemideje alatt állandó pozícióban marad, a rögzített koordináta a rendszer saját koordinátájának tekinthető. Az antenna irányát az elraktározott és a mindenkor vett koordináták alapján számítja ki a mikrokontroller. A modul így kiszámított szögértékkel arányos PWM vezérlőjelet hoz létre, ami közvetlenül kapcsolódik a forgató mechanizmus szervó motorjához.

Az inicializálást követően a forgató egység kétféle üzemmódban működik.

1. Amennyiben a robot a vevőtől egy előre meghatározott távolságon belül van (ez az érték a kísérletek során 100 méter), az antenna nem forog. A rendszer az antennaegység körsugárzó elemét kapcsolja a vevőre. Ennek oka, hogy ebben a távolságban az is megfelelő jelet szolgáltat, ugyanakkor a robot sebessége miatt (100-120 km/h) a forgató motor nem lenne képes követni a robotot.
2. Abban az esetben, ha a robot az imént említett távolságon kívül található, az egység beforgatja az irányított antennát a robot felé és annak a jelét kapcsolja a vevőre. Ennek köszönhetően a robot jeleit lényegesen nagyobb távolságról is venni lehet. Az áthidalható távolság nagymértékben függ az átviteli rendszer már fentebb említett tulajdonságaitól.

Demonstrációs célból a roboton egy 1,2 GHz-es videó és hang továbbítására alkalmas analóg egység lett telepítve. Az adó negyed hullámhosszú körsugárzóval szerelve, kimenő RF teljesítménye 1W volt. A földi egységen alkalmazott irányított antenna egy nagy nyereségű Yagi volt. Körsugárzó vevőantennával az áthidalható távolság 500-600 méter volt. Yagi antennával ez a távolság 1000-1200 méterre növekedett.

## FEJLESZTÉST ÉS TESZTELÉST SEGÍTŐ SZOFTVER

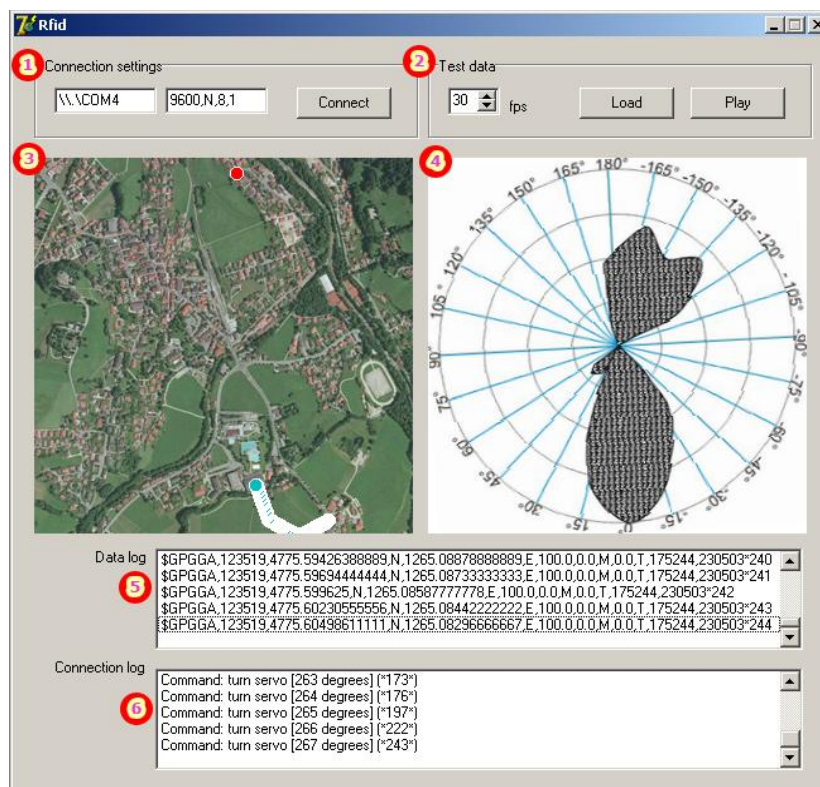
A fejlesztés és tesztelés megkönnyítése érdekében az első forgató szoftver Delphi programnyelven íródott XP környezet alá. A program futtatható minden olyan személyi számítógépen és laptopon, amelynek van soros portja, vagy USB porthoz csatolt soros adaptere, melyen keresztül érkeznek a robotrepülőgép által küldött adatok. Teszt és demonstrációs üzemmódban a program képes egy fájlból fogadni GPS adatokat és azok alapján szemléltetni a működést. Az elkészült demonstrációs célú alkalmazás főbb egységeit a 2. ábra szemlélteti.

### **Az antennaforgató demonstrációs szoftver felépítése**

Jelmagyarázat a 2. ábrához:

- (1) A kapcsolat beállításai: Port, Baud, paritás, adatbitek száma, stopbitek száma
- (2) A teszt beállításai: Beolvasott sorok száma/másodperc, tesztfájl betöltése, teszt indítása
- (3) A betöltött térkép fájl: Rajta pirossal jelölve: bázis, késsel: mozgó egység
- (4) Az antenna irányát jelző kép: Bázistól az egység irányba fordul folyamatosan
- (5) A tesztfájl beolvasott sorai
- (6) A szervónak küldött parancsok: Fordulás pozíciója fokban, a releváns GPS string referenciaszáma, ami alapján kiszámításra került az érték

A tesztprogram nagymértékben megkönnyítette a hibák feltárását és kijavítását. Az „offline” működésnek köszönhetően demonstrációs célokra is kiválóan alkalmazható. A program segítségével tesztelni lehet azokat a számításokkal meghatározott távolságokat, amelyeknél még biztonsággal követhetők a különféle sebességű repülőeszközök az adott követő antenna segítségével.



2. ábra. Az antenna forgató demonstrációs programja

## TOVÁBBFEJLESZTÉSI CÉLKITŰZÉSEK

A személyi számítógéppel megvalósított antennaforgató programot jelen állapotában is lehet alkalmazni, de az így összeállított követő rendszer feleslegesen sok adatkábelt igényel, ami bonyolulttá és meghibásodásra érzékennyé teszi az egységet. Kedvezőbb megoldást jelent a követő program a vevő-demodulátor [2] egységben történő megvalósítása. Ez azt jelenti, hogy a demodulátorban elhelyezett PIC mikrokontroller elvégezheti az antennaforgató elektronika vezérlőjeleinek a kiszámítását, mivel a bejövő adatok (repülőgép pillanatnyi GPS koordinátái) rendelkezésre állnak. A demodulátor egység mikrokontrollerének még van annyi szabad kapacitása, hogy a szükséges számítások elvégzése mellett előállítsa a vezérléshez szükséges PWM jelet. Ebben az esetben az antenna forgatását közvetlenül az antennán elhelyezett vevő-demodulátor egység végezné, így nem lenne szükség az adatokat megjelenítő személyi számítógép felől a vezérlő jelet szolgáltató kábel kiépítésére.

### FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] **Wühr, T.** Mérési adatgyűjtés, adattovábbítás rádiós interfészen (Innovációs konferencia BMF-HTI) 2006. nov. 16. ISBN:978-963-7154-57-7 (lektorált kiadvány)
- [2] **Molnár, A.** (2007). Telemetriai egység kisméretű robotrepülőgépek számára, Robothadviselés 7. Nemzetközi Konferencia és Kiállítás, 2007, november 27, Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem, Budapest in: *Hadmérnök online tudományos lap, konferencia különszám p6.*
- [3] **Jóvér, B.** Rádióhullámok és antennák, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Közlekedésmérnöki kar Közlekedésautomatika Tanszék 2001 Budapest.