

SZÖKRÉNY ZOLTÁN¹

A GAUSZI-MONOSZTATIKUS RADAROK PERFORMANCIA ANALÍZISE ÉS AZ IKER RADAR RENDSZEREK ELŐNYEI

Absztrakt

A katonai és civil radarokkal szembeni elvárások gyorsan nőnek. A mérési pontosság, felbontó képesség, a radar képalkotás és az interferenciákkal szembeni védelem folyamatos fejlődést igényel. Az új típusú repülő eszközök közül, melyek nagyon kis céltárgy hatásos visszaverő felülettel és nagy manőverező képességgel rendelkeznek a legfontosabbak a drónok, a lopakodók és az új típusú harcászati ballisztikus rakéták különböző interferencia viszonyok közötti detektálása, útvonalba fogása és megbízható azonosítása egyre komolyabb feladat a korszerű radar rendszerek számára.

A cikk röviden áttekinti az új típusú elvárásokat, lehetőségeket és a radaregyenlettel (Blake chart számításokkal) igazolja a radar performancia javulás lehetőségeit.

Kulcsszavak: légtér ellenőrzés, rádiolokátor, iker – Gauszi-monosztatikus radar, koherens jelfeldolgozás, Blake chart

PERFORMANCE ANALYZES OF THE GAUSSIAN-MONOSTATIC - TWIN RADAR SYSTEMS AND ITS ADVANTAGES

Abstract:

The military and civil radar technologies are expected to grow rapidly. The requirements of the radar measurement accuracy, targets resolution, targets imaging and fast and reliable target recognition are essential today while the protection against different kind of interferences requires constant development. The new types of flying devices are very small in terms of radar cross section and have high maneuvering capability. Among them the most challenging tasks for the radar detection, tracking and recognition are the drones, stealth and the new type of tactical ballistic missiles among heavy interference conditions increasing. The paper is a brief overview of new requirements, resolution of the problems are applying radar equation (Blake chart calculations) demonstrating the possibilities of radar performance improvement.

Keywords: air surveillance, radar, twin – Gaussian-monostatic radar, coherent signal processing, Blake chart

¹ Nemzeti Közszolgálati Egyetem, doktorandusz. E-mail: szokreny.zoltan@uni-nke.hu ORCID: 0000-0001-7411-5546

Bevezetés

„A XXI. század második évtizedének kezdetén a kiszámíthatatlan globális folyamatok és az azokból fakadó biztonsági kihívások következtében a haderők, így a Magyar Honvédség szerepe felértékelődik. Az elmúlt két évtized alatt, számos átalakítást követően kialakult struktúra és a megörökölt haditechnika ugyanakkor csak korlátozott mértékben alkalmas a jövő szerteágazó és komplex kihívásainak kezelésére. Húsz év után először 2009-ben megfogalmazódott Magyarország Nemzeti Katonai Stratégiája. A gyors változásoknak köszönhetően 2012-ben már szükségessé vált a felülvizsgálata és megjelent a Kormány 1035/2012. (II. 21.) Korm. határozata Magyarország Nemzeti Biztonsági Stratégiájáról. Ebben került megfogalmazásra a légtér, mint hadszíntér a 10. számú „Alapvetés”-ben, a 33. számú „A biztonság és stabilitás ellen ható folyamatok” és a 61., 62., 75. számú „A Magyar Honvédség feladatai” című fejezetekben.

Ma, a pénzügyi, a gazdasági, a politikai és a társadalmi élet minden területének így a védelmi szférának is aktuális, valós, több helyről megerősített és megbízható információra van szüksége.

Természetes igény a döntéshozó katonai vezetés részéről az az igény, hogy a hadszínterről folyamatos, pontos, több szempontból ellenőrzött és megerősített, több csatornán érkező, teljes lefedettségű információt kapjanak.” [1]

Az első részben áttekintettem a Gauszi-monosztatikus radar rendszer alapját képező egyszerű radar rendszer performanciáit. Ennek az írásnak a feladata továbbvinni a témát az átláthatóság és általános rendszer összefüggések bemutatásával.

Gauszi-monosztatikus, ezen belül az iker radar struktúrák

A Gauszi-monosztatikus rádiólokátorok több szempont alapján csoportosíthatóak:

Alkalmazási típus szerint:

- légtérelenőrző (Surveillance Radar),
- útvonalkövető (Tracking Radar),
- képalkotó - pl. nem együttműködő céltárgy azonosítás (Imaging Radar),
- réskitöltő (Gap Filler Radar).

Hatótávolság szerint (a különböző szakirodalmak eltérő értéket adnak meg):

- kis hatótávolságú (közel körzeti) 0-100 km,
- közepes hatótávolságú 100-400 km,

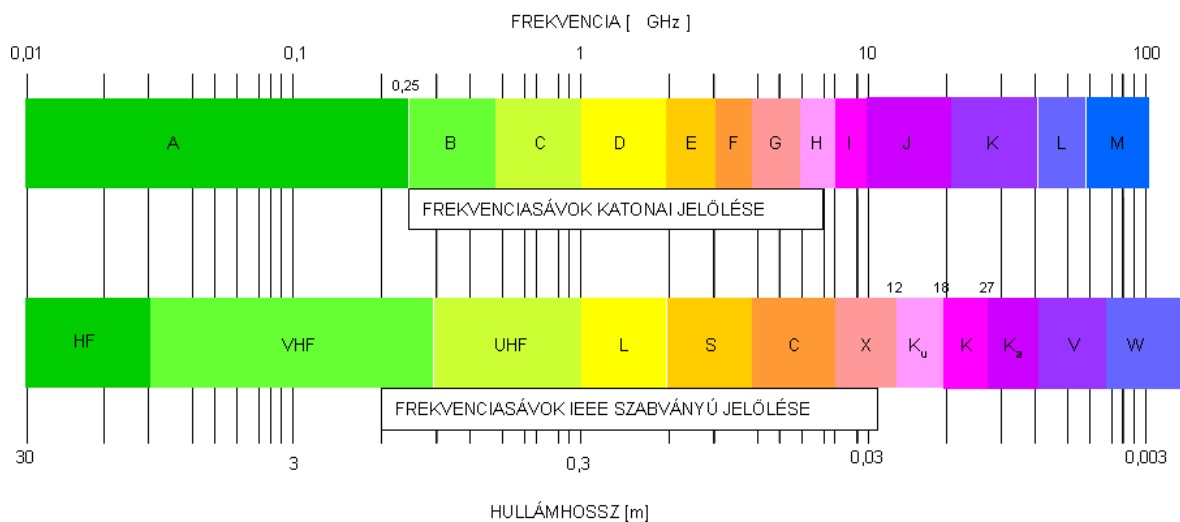
- nagy hatótávolságú 400 -1000 km,
- horizonton túli 1000 km felett.

A berendezés kivitele szerint:

- mobil (akár percekben belül áttelepíthető, általában önjáró vagy hordozható),
- mozgó (akár pár óra alatt áttelepíthető, minden szerelvénye vonatatható vagy hordozható konténerben helyezkedik el),
- fixen (épületbe, toronyra, időjárás elleni védelem miatt RADOME-ba) telepített. [3]

Alkalmazott frekvencia tartományok szerint:

- egy frekvencia sávban üzemelő pl. „L” sávú
- két frekvencia sávban üzemelő pl. „L és „S” sávú
- több frekvencia sávban üzemelő pl. „VHF” „L” és „S” sávú



1. ábra: Frekvenciasávok
Forrás: Saját szerkesztés

Az elektromágneses sugárzás forrásának jellege és helye szerint:

- aktív radar (Primary Surveillance Radar - PSR),
- passzív radar, Koherens Passzív Helymeghatározás, Fedett Passzív Radar (Passive Radar - PR, Passive Coherent Location - PCL, Passive Covert Radar - PCR),
- csökkentett felderíthetőségi paraméterekkel rendelkező radar (Low Probability of Intercept Radar - LPIR).

A kis valószínűséggel felderíthető radarok (LPIR) jellemzője, hogy működésüket nehezebben lehet felismerni hagyományos repülőgép fedélzeti passzív radar érzékelő berendezésekkel, mint például a radar figyelmeztető vevő (Radar Warning Receiver - RWR). Ez a tulajdonság

lehetőséget ad az ellenséges célok detektálására és nyomkövetésére, miközben az ellenfél nem vagy hiányos figyelmeztetést kap a radar jelenlétéről.

A felderíthetőség csökkentésének módjai:

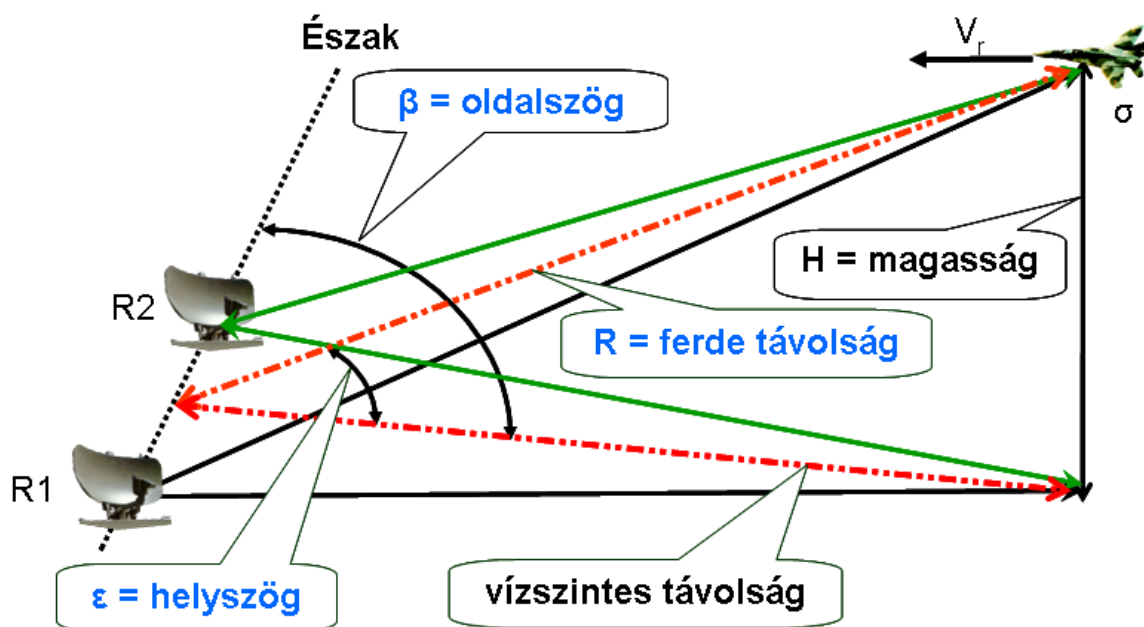
- a jelenleginél szélesebb frekvenciatartomány alkalmazása (Ultra Wide Band),
- a frekvencia üzem közbeni változtatása (Frequency Diversity),
- impulzus ismétlődési frekvencia (Pulse Repetition Frequency - PRF) változtatása,
- az impulzus modulációjának változtatása,
- frekvencia modulált folyamatos jel (FMCW) alkalmazása,
- adóteljesítmény optimalizálás, - csak a feladat végrehajtásához feltétlen szükséges minimális energia kisugárzása.

Az impulzus kompresszió alkalmazása csökkenti a felderíthetőségi valószínűséget, mivel a kisugárzott csúcsteljesítmény alacsonyabb lehet, míg a felderítési hatótávolság és a felbontás nem változik azonos átlagteljesítmény esetén. Ezen LPI radarok tervezésekor minimalizálni kell az antennarendszer oldalsó- és hátrasugárzási karakterisztikáit így csökkentve a radar üzemmódjait megfigyelő pl. önrávezető rakétákba szerelt, vevők, lehetőségeit. Ez az előny részben elvész, amikor a radar főnyalábja végigpásztáz a célokra és felderítést végezve többször is besugározza a radart megfigyelő vevőt. A modern fázis vezérelt antenna rácsú radarok egy nagyon keskeny és gyorsan mozgó főnyalábot állítanak elő. Ez a technika elég lehet megzavarni a hagyományos radar ellentevékenységet végző vevőket, mivel azok a főnyalábbal kisugárzott jeleket ugyan érzékelik, de nem radarfenyegetésnek értékelik. Egy tipikus LPI radar kimeneti átlag teljesítménye legfeljebb 1 Watt. A hagyományos impulzus radarnak legalább 10 kW kisugárzott energiára van szüksége hasonló felderítési tartományban a célok detektálásához. Az LPI radarokat általában kis hatótávolságú megoldásokhoz alkalmazzák.

A gyakorlatban ilyen berendezésekkel vannak felszerelve olyan modern eszközök, mint az F/A-18E/F Super Hornet Raytheon gyártmányú AN/APG-79 típusú aktív fázisvezérelt antenna rácsú (AESA) radarja, vagy mint az S-300PMU-2 rakétákhoz tartozó az NIIP gyártmányú 30N6E típusú passzív fázisvezérelt antenna rácsú (PESA) radarja.

Gauszi-monosztatikus radar fogalma: A két egymástól kis távolságra (pár száz méter) elhelyezkedő, egymással kis bisztatikus szöveget (pl. $<0,3^\circ$) bezáró monosztatikus radarok (3. ábra).

A mért paraméterek száma alapján az iker radarok is 3D radarok, de összeállítható a konfiguráció 2D radarokkal is. Nyilvánvaló előnye a megoldásnak, a radar rendelkezésre állása duplája egy hagyományos radarénak. Ígaz az ára is. A 2. ábra a mérhető és ezekből számítható paramétereket mutatja be:

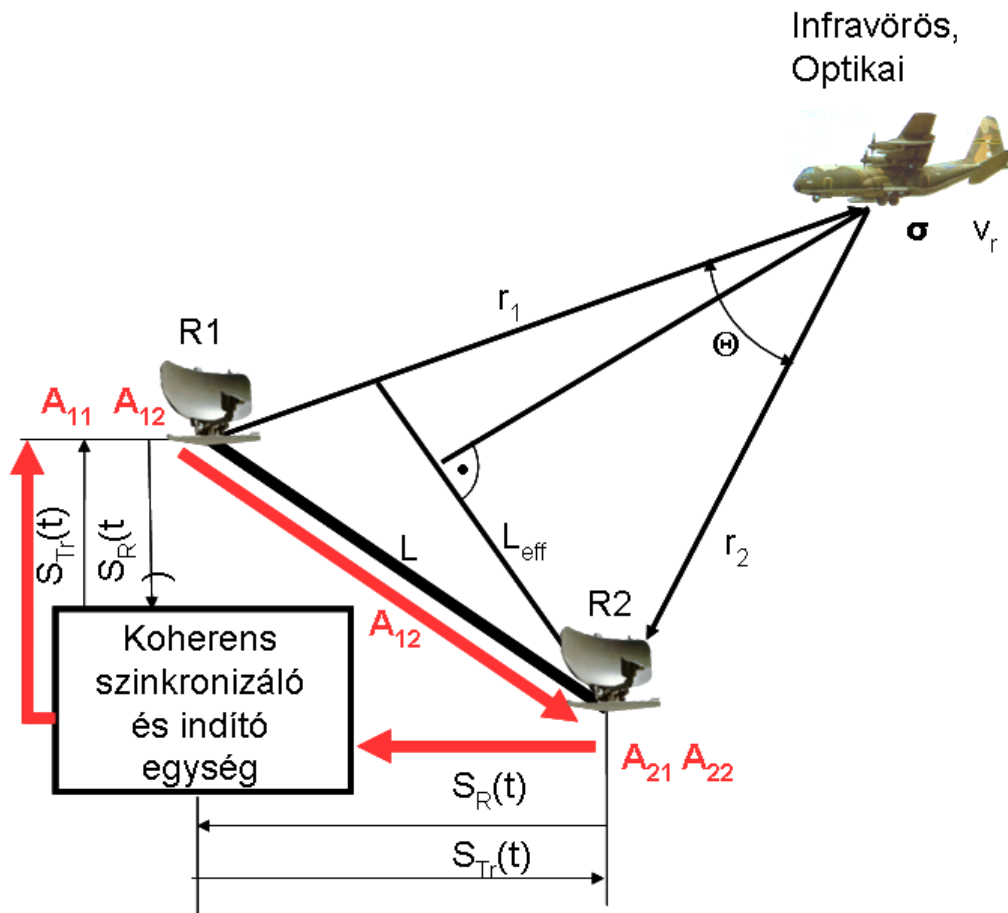


2. ábra: Mérhető koordináták iker radarral - a közös viszonyítási vonal pirossal jelölve
Forrás: Saját szerkesztés

A radarok közös külső (vagy az egyik radarban előállított) indító és szinkronizáló jellel, valamint szinkron antennaforgató rendszerrel vannak ellátva. A két radar külön adó és vevőberendezéssel rendelkezik. A vevők kimenetei egy közös jelösszegző és jelfeldolgozó egységbe jutnak a Radaradat Összegző Központba (Sensor Fusion Post – SFP). Ezen egység optimális esetben koherens jelfeldolgozással működik. Feladata a szoftveres jelfeldolgozás után a plotokból trackek előállítás.

A trackek előállításakor lehetőség van ez esetben is a más elven működő radar (SSR) adatainak a korrelálására a primer radar adataival. Ennek köszönhetően a légcélok azonosítása is megtörténik. Azonban hiába várunk egy civil géptől MODE5 szintű választ, ha a transzpondere csak MODE1, 2, 3 üzemmódra képes.

A Gauszi-monosztatikus radar alkalmazásának legfontosabb elvárása a radar adási és vételi csatornáinak teljes koherens jelfeldolgozással való megvalósítása. [8]

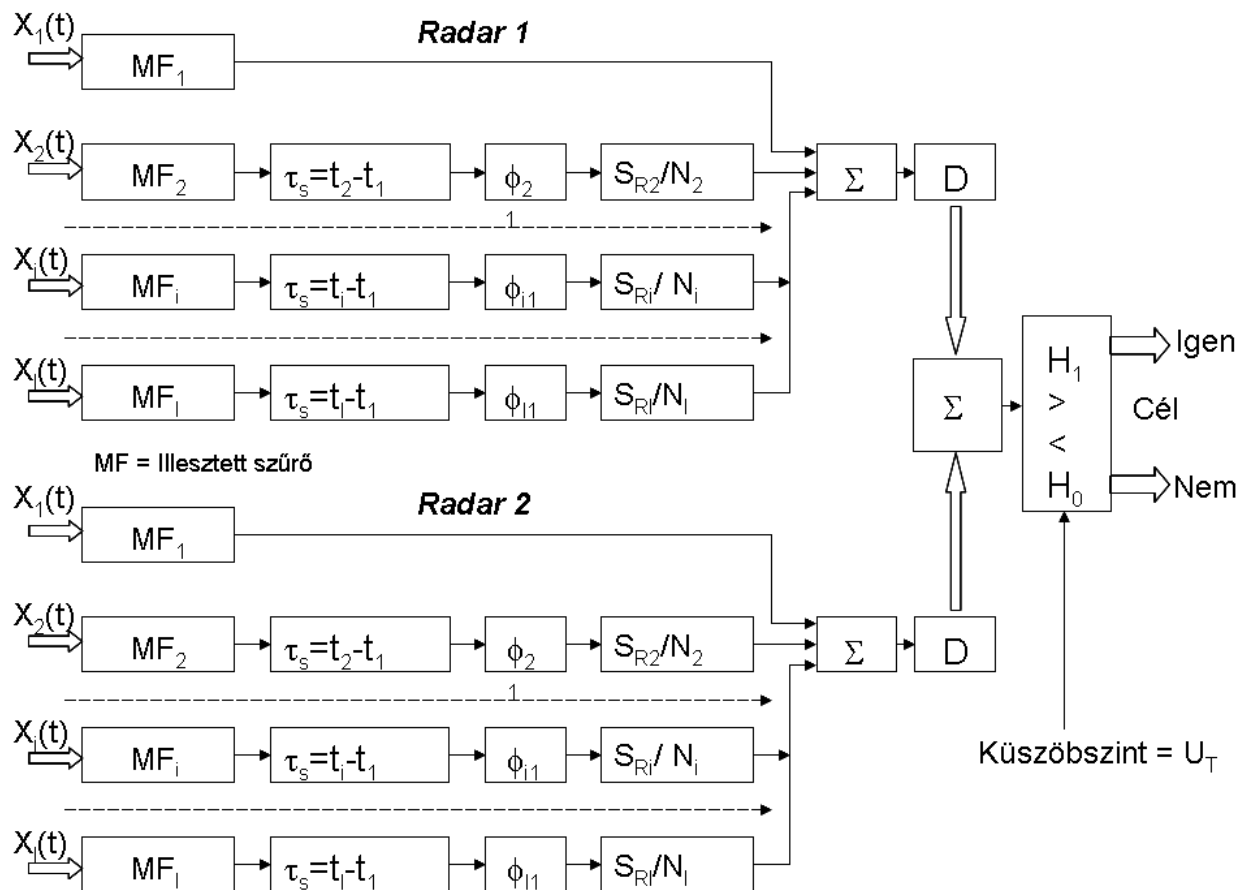


3. ábra: Kis bázistávolságú Gauszi-monosztatikus radarokkal felépített rendszer
Forrás: Saját szerkesztés

ahol:

- R1 és R2 a két monosztatikus radar,
- r_1 – a cél távolsága az R1 radartól,
- r_2 – a cél távolsága az R2 radartól,
- L – alap távolság a két radar közt,
- L_{eff} – effektív alap távolság, amely az antennák síkjára vetített távolság,
- Θ – a bisztatikus szög amely $<0,3^\circ$, valamint $L_{\text{eff}} \ll r_1 - r_2$. E jellemző különbözteti meg a bisztatikus és az iker radar összeállítást.
- A_{xy} – az autokorelációs függvények,
- $S_R(t)$ – a vett jel az antennától,
- $S_{Tr}(t)$ – az antennára juttatott adójel,
- σ – a cél hatásos visszaverő felülete,
- v_r – a cél radiális sebessége.

Az adóberendezések szinkron indítása mellett fontos a vevőberendezések teljes szinkronizálása a koherens jelfeldolgozás megvalósítása érdekében. Egy lehetséges megvalósításra mutat példát a 4. ábra.



4. ábra: A Gauszi-monosztatikus radarok vevőrendszerének felépítése
Forrás: Saját szerkesztés

Ezen az összetételen 2 radar (a radarok csatornáinak száma tetszőleges számban növelhető) által vett jelek közös jelfeldolgozása látható. A rendszer akár „l” számú csatornát - $X_1(t)$ – és illesztett szűrőt (MF) tartalmazhat, ahol $X_1(t)$ a referencia jelhez tartozó rész. Összehasonlítva a referencia időhöz viszonyított időkésltetést és a mért fáziskülönbséget folyamatosan hangolni kell, hogy a jel koherencia és a jel zaj/zavar + interferencia, viszony (SINR - Signal to Interference Noise power Ratio) maximalizálható legyen az adott és a vett jelek modulációja közt. A továbbiakban a burkoló detektor, demodulálja az RF jelet, míg a Σ összegző összegzi a vételi csatornák jeleit. Optimális esetben fázishelyesen történik az összegzés, majd a hagyományos módon a küszöbértékkel való összehasonlítással valósul meg a detekció. Az ilyen típusú jelfeldolgozás nem kizárólagos, csak egy lehetséges megoldás. Ahány radar rendszer, annyi féle megoldás lehetséges. [6]

Az iker radarok előnyei:

- megnövekedett túlélőképesség, megbízhatóság és rendelkezésre állás.
- a radar paraméterek mérési pontossága a későbbiekben tárgyalt módon megnövekszik,
- felbontóképesség növekedése,
- mérési pontosság növekedése,
- azonos típusú antennákat alkalmazva azonos adóteljesítménnyel 75%-al nagyobb céltárgy detekció,
- a VHF frekvencia esetén kihasználható, hogy 5-10 dB-el nagyobb hatásos visszaverő felület (RCS) érhető el mint az L sávban,
- a pontosabb doppler sebesség mérésének köszönhetően a céltárgyak útvonalképzésének és fenntartási valószínűsége növekszik,
- megnövekedett állócéls és aktív zavarvédelem.

Radar performanciák

Általános esetben az egymás közelében települt egymással jelfeldolgozás szintjén együttműködő radarrendszer több, akár 3-5 radart is integrálhat. A maximális hatótávolsága meghatározható a környezeti viszonyok és céltárgy paraméterek függvényében: [5]

$$R_{\max}^4 = \frac{\sum_m^M (P_T \tau) \sum_n G_T \sum_h G_R \sum_i \lambda^2 \sigma F_p^2 F^4}{(4\pi)^3 \sum_l k T_s \sum_j D_x(n) L_T L_\alpha} \quad (1)$$

ahol:

- m – adórendszerek száma,
- n – adóantennák száma,
- h – vevőantennák száma,
- i – az alkalmazott vivőfrekvenciák száma (Frequency Diversity) = min 2,
- l – a vételi csatornák összegzett zajtényezője
- j – jel integrálási nyereség = min 2,
- R_{\max} – maximális felderítési távolság (Maximal Range),
- P_T – kisugárzott adóteljesítmény (Transmitted Power),
- τ – adóimpulzus szélessége, adási idő (Pulse Width),
- G_T – adóantenna nyeresége (Gain of the Transmitter Antenna),

- G_R – vevőantenna nyeresége (Gain of the Receiver Antenna),
- σ – céltárgy hatásos visszaverő felülete (Radar Cross Section),
- λ – hullámhossz (Wavelength),
- F_P – polarizációs terjedési tényező,
- F – felszíni reflexiós és diffrakciós terjedési tényező,
- k – Boltzmann állandó,
- T_s – hőmérséklet (Standard Temperature) [290K],
- $D_x(n)$ – detekciós tényező (Theoretical Detectability Factor for Noncoherent Integration of n Pulses),
- L_T – az adó veszteségi tényezője,
- L_α – a légköri csillapítás veszteségi tényezője.

Gauszi-monosztatikus iker radar rendszerek esetén $m=n=h=i=j=2$.

Monosztatikus radarok esetén a távolsági felbontó képesség meghatározza, hogy az azonos oldalszögön, de egymástól kis távolságra lévő célok mikor detektálhatóak külön céljelként.

Gauszi-monosztatikus radarok esetén a távolságmérés felbontóképessége gyakorlatilag megegyezik illetve jobb az antennák bázistávolsága miatt a több frekvenciájú (frequency diversity) üzemmódban dolgozó monosztatikus radarokéval.

Gauszi-monosztatikus radar távolsági felbontó képessége:

$$\Delta R \approx \frac{\Delta R_M}{\cos \frac{\beta}{2}} \quad (2)$$

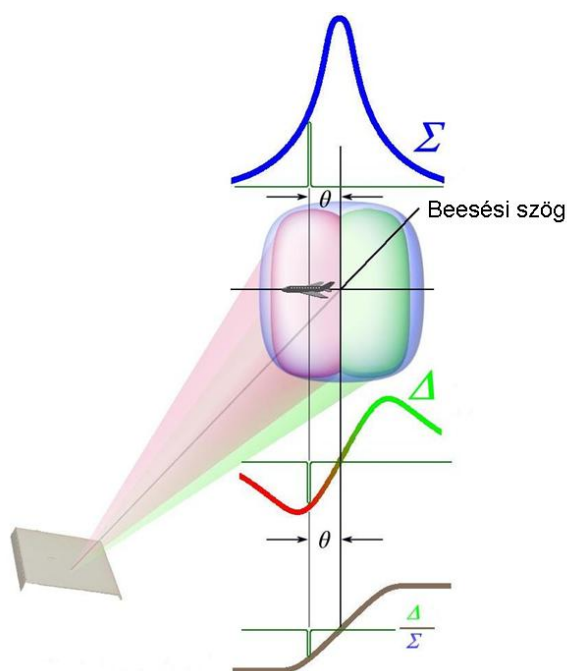
ahol:

- β - a radarok által bezárt szög (bisztatikus szög),
- B - a radar által kisugárzott jel sávszélessége,
- $\Delta R_M = \frac{c}{2B}$ - a monosztatikus radar távolsági felbontó képessége.

Monosztatikus radarok esetén az oldalszög szerinti felbontóképesség meghatározza, hogy az azonos távolságon, de egymástól oldalszögben kissé eltérő célok mikor detektálhatóak külön céljelként.

Gauszi-monosztatikus radarok esetén ez az érték jelentősen jobb érték, mert ekkor az antenna mérete megegyezik a monosztatikus radarok antennái közti távolsággal. A nagyobb antennaméret nagyobb irányítottságot, így keskenyebb nyalábot jelent.

Használható monopulse technológia is. A monopulse rendszer több szimultán fedésben lévő vételi antennanyaláb kialakítását jelenti. Minden céltárgy, ami a nyalábokba ér több vevő által detektálásra kerül, majd amplitúdó és fázisösszevetés történik. Ez teszi lehetővé a céltárgy szögparamétereinek, radiális sebességének és távolságának a hagyományoshoz képesti pontosabb meghatározását. Nevéhez híven így egy impulzus elegendő tehát az azimut szög meghatározásához. Az antennából kisugárzott jelből Σ összegző (kék) és Δ különbségi (piros-zöld) csatornák állíthatók elő. A fázisstabilitás érdekében az összegző és kivonó áramköröket nagyfrekvencián valósítják meg.



5. ábra: Monopulse antenna által létrehozott iránykarakterisztika
Forrás: Saját szerkesztés

A céltárgy hatásos keresztmetszete iker radar esetén

A céltárgy hatásos keresztmetszete (σ - Radar Cross Section - RCS) annak a mérőszáma, hogy egy tárgy mekkora mennyiséget sugároz vissza az adott irányból érkező elektromágneses jelből. [9]

Elméleti elvárás hogy a céltárgy RCS pontoszerű legyen. Standard céltárgy esetén a céltárgy $RCS=1m^2$, adott fluktuációval rendelkezik, melyet a gyakorlatban szinte lehetetlen realizálni.

Frekvencia tartomány [GHz]	Gömb RCS			
	Átmérő: 76.2 cm [m ² /dBm ²]	Átmérő: 50 cm [m ² /dBm ²]	Átmérő: 35 cm [m ² /dBm ²]	Átmérő: 25 cm [m ² /dBm ²]
VHF [0.144]	1.53/1.86	0.436/-3.6	0.063/-11.99	0.008/-20.72
VHF [0.18]	0.674/-1.71	0.6877/-1.63	0.141/-8.49	0.02/-16.94
VHF [0.24]	0.298/-5.25	0.538/-2.69	0.307/-5.12	0.06/-12.16
L [1.3]	0.425/-3.71	0.185/-7.31	0.136/-8.66	0.068/-11.63
S [3.3]	0.465/-3.33	0.187/-7.27	0.105/-9.77	0.0525/-12.8
X [9.5]	0.455/-3.42	0.197/-7.05	0.097/-10.09	0.047/-13.25

1. táblázat: Különböző gömbök RCS értékei Forrás: [5]

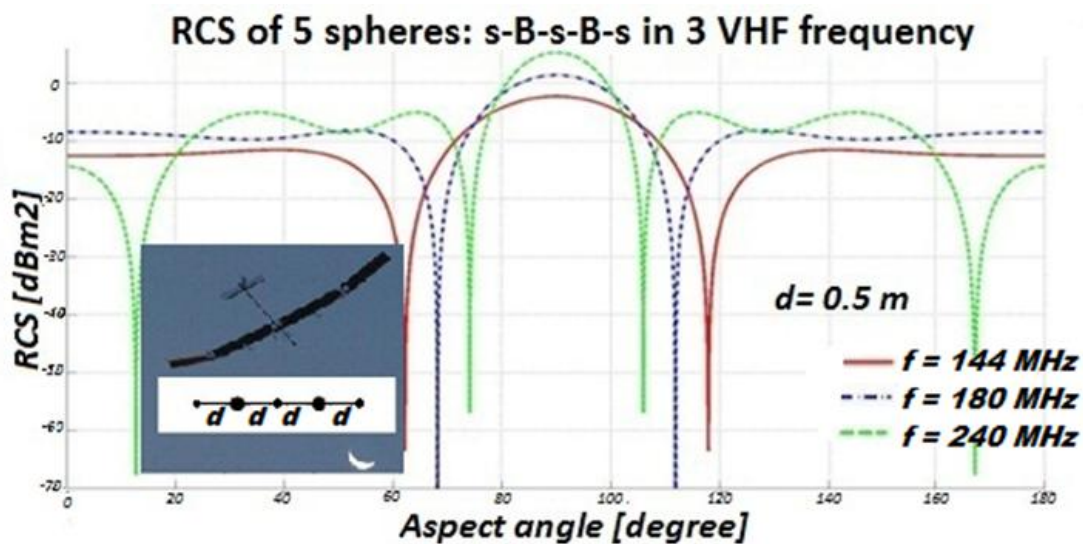
Szimulációs eredmények [8]:

$$\sigma_i(\Theta) \cong \left| \sum_i \sum_{m=1}^M \sqrt{\sigma_{mi}} \exp\{j(2k_{oi} \cos(\theta/2)d_m \vec{r} + \varphi_{mi})\} \right|^2 \quad (3)$$

ahol:

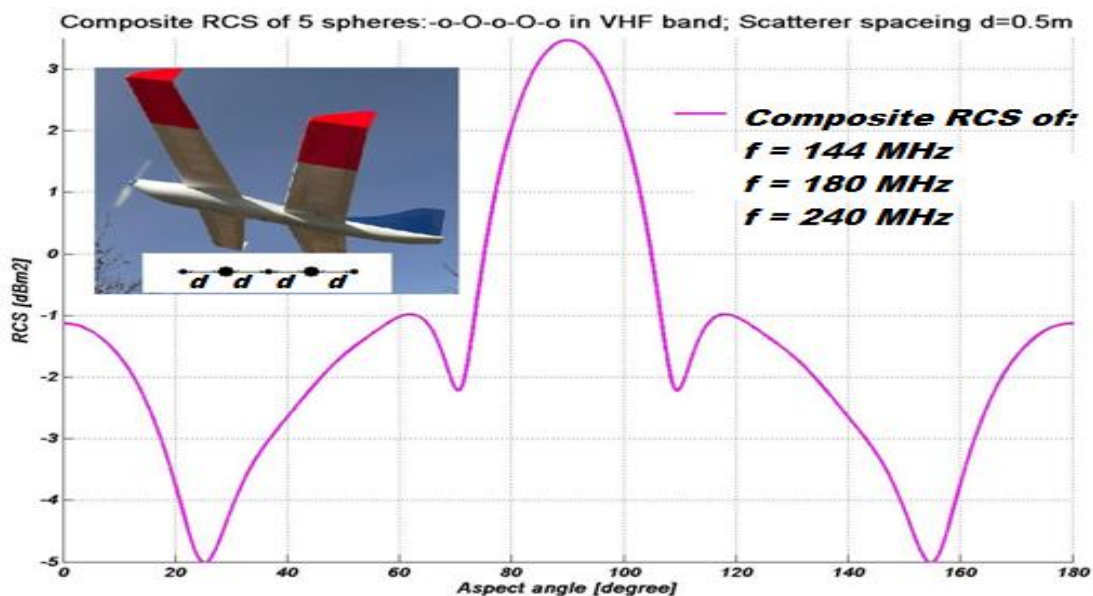
- σ_{mi} – a cél hatásos visszaverő felülete a radar m-edik szórás közepé az i-edik frekvencián,
- φ_{mi} – a reflektáló mező szórás közepének kezdeti fázis eltolódása i-edik frekvencián,
- „m” – 1, 2, szórás i-edik frekvencián,
- d_m – távolság a szórás közepek közt,
- \vec{r} – a radar irányába mutató egységvektor (nem változik a Gauszi-bisztatikus radarok esetén),
- $k_o = \frac{2\pi}{\lambda_o}$ – hullámszám,
- $\lambda_o = \frac{c}{f_o}$ – a radar által kisugárzott vivőfrekvencia hullámhossza,
- $\exp\{j(2k_{oi} \cos(\theta/2)d_m \vec{r} + \varphi_{mi})\} = \delta^{\Theta}_{mi}$ – a fázis komplex ábrázolása.

A szimulációt egy 5 gömbfelülettel helyettesíthető céltárgyon végrehajtva a következő karakterisztikát kapjuk (6.ábra).



6. ábra: RCS szimuláció 5 gömb esetén Forrás: [5]

A három használt VHF tartományba eső frekvenciát összesítve egy kompozit RCS értéket kapunk. (7.ábra)



7. ábra: Kompozit RCS VHF tartományban Forrás: [5]

Hagyományos és iker radar performanciák összehasonlítása

A Blake chart számításokat Excel táblázatkezelő segítségével végeztem. A táblázatkezelő által használt képleteket Lamont V. Blake: A Guide to Basic Pulse-Radar Maximum-Range Calculation című művel alapján végeztem, amelyet a Radar Division of the United States Naval Research Laboratory-nál dolgozott ki 1962-ben. [7]

Paraméterek	„VHF” sáv	„L” sáv	„S” sáv
m – adórendszerek száma	2	2	2
n – adóantennák száma	2	2	2
h – vevőantennák száma	2	2	2
l – a vételi csatornák összegzett zajtényezője	$k_B T_S B_n$	$k_B T_S B_n$	$k_B T_S B_n$
j – jel integrálási nyeresége min 2	2	2	2
P_T – kisugárzott adóteljesítmény (kW)	2/4	2/4	2/4
τ – adóimpulzus szélessége, adási idő (μs)	10	10	10
G_T – G_R – adó és vevőantenna nyeresége (dB)	25	35	40
σ – céltárgy hatásos visszaverő felülete (m ²)	0,1	0,1	0,1
λ – hullámhossz (cm)	199,9/176,3	24,98/21,41	11,1/9,36
D_x(n) – detekciós tényező	0,9	0,9	0,9
L_{szum} – az összegzett veszteségi tényező (dB)	<15	<15	<15

2. táblázat: A Blake chart számításokhoz alkalmazott paraméterek

Forrás: Saját szerkesztés

	$G_{tr}=G_r$ [dB]	P_{av} [kW]	L_{sum} [dB]	T_s [K]*	F [dB]	R_{max} [km]	Megjegyzés:
“VHF”	25	2	14	1329	2.3	160	Egyenes rálátás esetén
“L”	35	2	14	899	2.3	198	
“S”	40	2	14	859	2.3	227	

3. táblázat: A Blake chart számítás első eredményei

Forrás: Saját szerkesztés

	$G_{tr}=G_r$ [dB]	P_{av} [kW]	L_{sum} [dB]	N_R [mW]	T_s [K]*	F [dB]	R_{max} [km]	Megjegyzés:
“VHF”	25	2	14	$k_B T_s B_n$	1330	2.3	160	
“L”	35	2/4	<15	$k_B T_s B_n$	525	0	148	Kompozit $G_{Tr}=G_r = 41$ [dB]
“S”	40			$+k_B T_s B_n$	523			

4. táblázat: A Blake chart számítás második eredményei
Forrás: Saját szerkesztés

	$G_{tr}=G_r$ [dB]	P_{av} [kW]	L_{sum} [dB]	N_R [mW]	F [dB]	R_{max} [km]	Megjegyzés:
“VHF”	25	2/4	<15	$k_B T_s B_n$	0.4	223/265	Kompozit $G_{Tr}=G_r = 42$ [dB]
“L”	35	2		$+k_B T_s B_n$	0		
“S”	40		14	$k_B T_s B_n$		273	

5. táblázat: A Blake chart számítás harmadik eredményei
Forrás: Saját szerkesztés

	$G_{tr}=G_r$ [dB]	P_{av} [kW]	L_{sum} [dB]	N_R [mW]	F [dB]	R_{max} [km]	Megjegyzés:
“VHF”	25	2/4	<15	$k_B T_s B_n$	0.3	232/320	Kompozit $G_{Tr}=G_r = 42$ [dB]
“L”	35			$+k_B T_s B_n$			
“S”	40			$+k_B T_s B_n$			

6. táblázat: A Blake chart számítás negyedik eredményei
Forrás: Saját szerkesztés

Változatlan adóteljesítmény mellett az iker VHF radarrendszer használatával a detekciós értékek 75%-al javulnak. E javulás azzal bizonyítható, hogy a közös antennák miatt az antenna nyereség mind adáskor, mind vételkor 3dB-el megnő, ez magában 6 dB növekedés. Valamint a vett impulzusok száma duplája a hagyományos radarok által feldolgozhatónál. További előny, hogy ugyanaz a céltárgy VHF frekvencián 5-10dB-el nagyobb hatásos visszaverő felülettel rendelkezik, mint a magasabb L frekvenciasávban.

Összefoglalás

A hadtudomány legfontosabb műszaki témakörei közé tartozik a hadszíntérről származó valós idejű információk biztosításának kérdése. A légi hadszíntér szuverenitásáért felelős légtérelőző radarok hatékonysága, hadrafoghatósága és ezen a paraméterek növelésének lehetőségei kiemelt jelentőséggel rendelkeznek a korszerű légvédelem számára. Információ hiányában a felelősségteljes döntés és a megalapozott, a pillanatnyi helyzetnek megfelelő legjobb intézkedések, parancsok kiadása lehetetlen.

A felgyorsult technológiai fejlődés valamint az aktuális politikai, gazdasági és társadalmi tényezők változása rendkívüli mértékben felértékeli az új típusú fenyegetettségekkel szembeni azonnali információkat szolgáltató új módszereket. Napjaink hálózatközpontú megközelítése és a szoftveres információ feldolgozási megoldások nagymértékű terjedését az IT alapú rendszereink és a ma már olcsón elérhető, nagy számítási teljesítménnyel rendelkező processzorok valamint azok párhuzamos alkalmazását lehetővé tevő gyors és olcsó hálózati eszközök határozzák meg.

A radargyártók elérték a számukra gazdaságosan megvalósítható optimumot. Ugyanakkor mind a katonai, mind a civil alkalmazások esetén folyamatosan nőnek az elvárások a mérési pontosság, a felbontóképesség, a radaros képalkotás részletessége valamint az interferencia védelem szempontjából. Az újfajta nagyon kis (pár 10cm^2) hatásos visszaverő felülettel rendelkező és nagy manőverező képességgel (akár 8-15G) rendelkező céltárgyak, pl. drónok, lopakodó technikával ellátott légi eszközök vagy harcászati rakéták detektálása, útvonalba foglalása és azonosítása egyre komolyabb feladat a korszerű radar rendszerek számára.

Polgári alkalmazás esetén a drónok repülési útvonalak vagy repülőterek közelében való megjelenése olyan repülés biztonsági kérdéseket vetnek fel, melyekre mielőbb technikai és törvényi megoldást kell találni.

Az alkalmazható technológiák köre széles és napjainkra, kézenfekvő előnyei miatt szinte mindenki a szoftver radar elképzelést preferálja, de a gazdaságos és ugyanakkor hatékony megoldás ma még nem került kidolgozásra.

A Gauszi-monosztatikus - iker radar elrendezés az általa nyújtott előnyökkel olyan elképzelés, mely költséghatékony megoldást kínál korunk rádiólokációs kihívásaira. Maga a konstrukció nem új találmány, hisz korábban már használtunk ilyen elrendezésű berendezéseket. Az újdonságot a mai technikával megvalósítható koherens és digitális jelfeldolgozás valamint a szoftverek alkalmazása jelentené.

Nagyon kis hatásos visszaverő felülettel vagy nagyon alacsonyan, földközélen repülő objektumok felderítési ideje megnő, vagy szélsőséges esetben be sem következnek a detekció. Ezért a céldetektálás érdekében a SINR növelését meg kell oldani.

A megoldásként ajánlott iker VHF radar topológia további előnye, hogy kiterjeszti a konvencionális radarok képességeit, minőségi jelfeldolgozást végez, különös tekintettel a kis hatásos visszaverő felülettel rendelkező célok esetén.

A fentiek alapján megállapítható, hogy a VHF iker radar konstrukciók alkalmazása esetén:

- megnövekszik a radar rendelkezésre állása és ezzel együtt a rendszer megbízhatósága és túlélő képessége, ($\leq x2$)
- növekednek a céltárgy detektálási képességek, (kb: 75%-al)
- növekszik a mérési pontosság,
- növekszik a felbontó képesség,
- növekszik a doppler sebesség mérési pontosság és ennek hatására az útvonalba fogás és az útvonalban tartás valószínűsége,
- megnövekedhet a rendszer zavartűrő és zavarvédelmi képessége.

Ezen írásomban a céltárgy detektálási képességek növekedését igazoltam számításokkal.

Felhasznált irodalom:

- [1] Szőkrény Zoltán: Iker radar rendszerek elvárt performanciái és stratégiai jelentősége a hadszíntéri valós idejű információ megszerzésében *Hadmérnök*, XI. évfolyam, 1. szám, 222-232. oldal http://hadmernok.hu/161_21_szokrenyz.pdf
- [2] David K. Barton: *Radar Technology Encyclopedia*. Artech House, Norwood, 1998.p.511 ISBN 1580532594
- [3] Merril I., Skolnik: *Radar Handbook. 3rd edition*, McGraw-Hill, New York, 2008.p.1328 ISBN 0071485473
- [4] H. Griffiths: Bistatic and Multistatic Radar Systems THALES/Royal Academy of Engineering Chair of RF Sensors University College London. *Radar Conference*, Washington D.C., 2015
- [5] Dr. Balajti István CSc. Radar mérések órai jegyzetek
- [6] Dr. Balajti István: Az iker VHF radar stratégiai jelentősége a modern légvédelemben *Hadmérnök*, VI. évfolyam, 4. szám, 140-153. oldal
- [7] Lamont V. Blake: A Guide to Basic Pulse-Radar Maximum-Range Calculation
Radar Division United States Naval Research Laboratory 1962
<http://www.dtic.mil/cgi-bin/GetTRDoc?AD=AD0701321> (2016.01.15.)
- [8] Dr. Balajti István: *ShortStudyon Performance of Air Surveillance Augmented by TwinRadars* AARMS, Vol 13, issue 1, 2014, p. 1-16.
http://uni-nke.hu/uploads/media_items/aarms-vol-13_-issue-1_-2014.original.pdf
(2016.02.25.)
- [9] D. K. Barton: *Radar system analysis and modeling*. Artech House, Norwood, 2005.
ISBN 1580536816