

RADAR BERRIA HEGAZKIN DETEKTAGAITZAK ATZEMATEKO

Andoni Sarriegi Eskisabel

**Ikusi-makusi, zer ikusi? Ikusi/Ez-ikusi.
Detektatu/Ez-detektatu. Gaitza/Erremedioa.
Nagusigo militarra izateko lasterketa,
aker-jauzien antzekoa da: batak handia
besteak handiagoa. Estatubatuarrak, absolutu
edo behin-betikoa litzatekeen arma egin
nahian aritu dira.**

**Erradiodetekzioak detekta ezin dezakeen
hegazkinaren atzetik alegia. Eta lortu ere,
lortua zutela egiaztatu zuten 1991ko urte
hasieran Kuwait eta Iraken egindako gerran.**

**Orain ordea, hara nondik elektronika
frantziarrak asmatutako super-radarrak
aitzindaritzea hartu duen! Absolututasun-
-ustek erdia ustel beste behin ere.**

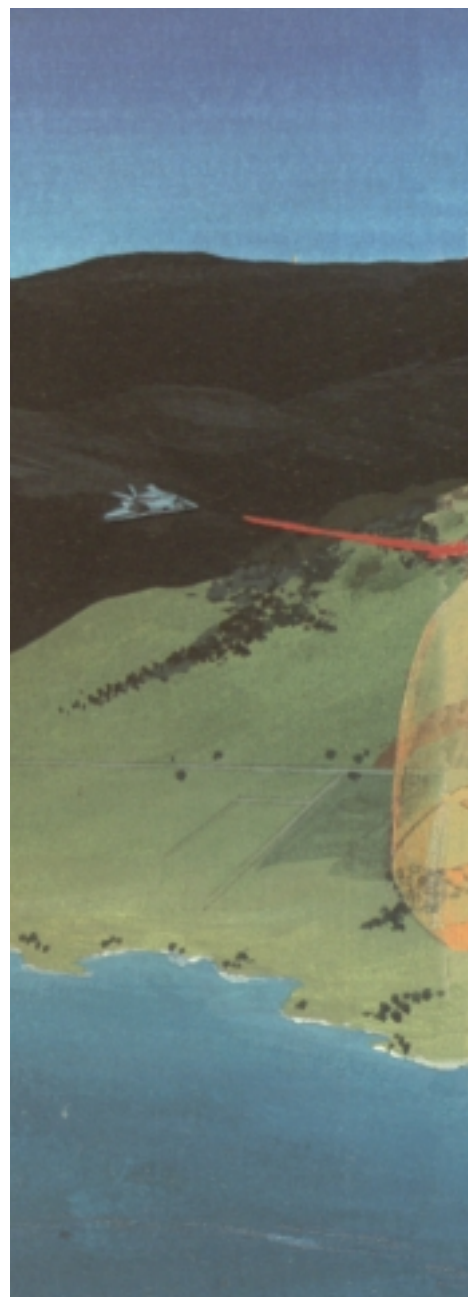
US Air Forcek oso gogor jokatu du radarrentzat detektagaitzak diren hegazkin berrien belaunaldi horren alde. "Isilpeko" deituriko hegazkin ehiztari-bonbatazaile eta garbitzaile izugarri horiek, benetako iraultza izan dira aireko armen arloan. Senatu iparramerikarrak isilpeko A-12 hegazkin ehiztari berri baten hedapena eragozteko hartutako erabakia pikutara joanik, Estatu Batuek ez zituzten milioi dolar gutxiago gastatu *Rafale* frantziarrak adierazten duen eboluzio ortodoxoarekiko guztiz desberdina den ideia ikerzteko. *Rafale* izan ere guztiz eta osoro abiadura handirako eta maniobragarritasun izugarriak diseinatutako hegazkina da.

F-117 hegazkin detektaezinak eta bere antzekoek guztiz bestelako ezaugarriak dituzte: airean erraz harrapatzen da eta abiadura aldetik ez da azkarra.

Baina aldi berean, merito handi bakarra ere badu: eredu horrek ez du radarretatik iheska itsumustuan ibili beharrik. Gogoratu baino ez urtarri-laren 16 eta 17ko Iraken aurkako eraso orokorren aurretik, F-117ekin Saddam Hussein-en posizioetatik detektatua izan gabe erasoak prestatzeko beharrezko informazioa lortzeko hegalaldi ugari egin zituela. (Ikus "Elhuyar. Zientzia eta Teknika", 47. alean, 1991.eko maiatzekoan "F-117 hegazkin ikustezina" izeneko artikulua).

SER/RAB "Surface équivalente radar/ Radarrarentzako azalera balio-kidea" —objektuak isladatutako uhinkopurua neurtzen duena (ikus aurre-rago)— oso ahula du isilpeko hegazkinak; adibidez, B-52 famatuek baino ehun aldiz txikiagoa edota Mathias Rust alemaniarrak Moskuko Plaza Gorrian lurrartu zuenean erabilitako turismoa Cessna txikiarenaren erdia.

J. Pardo

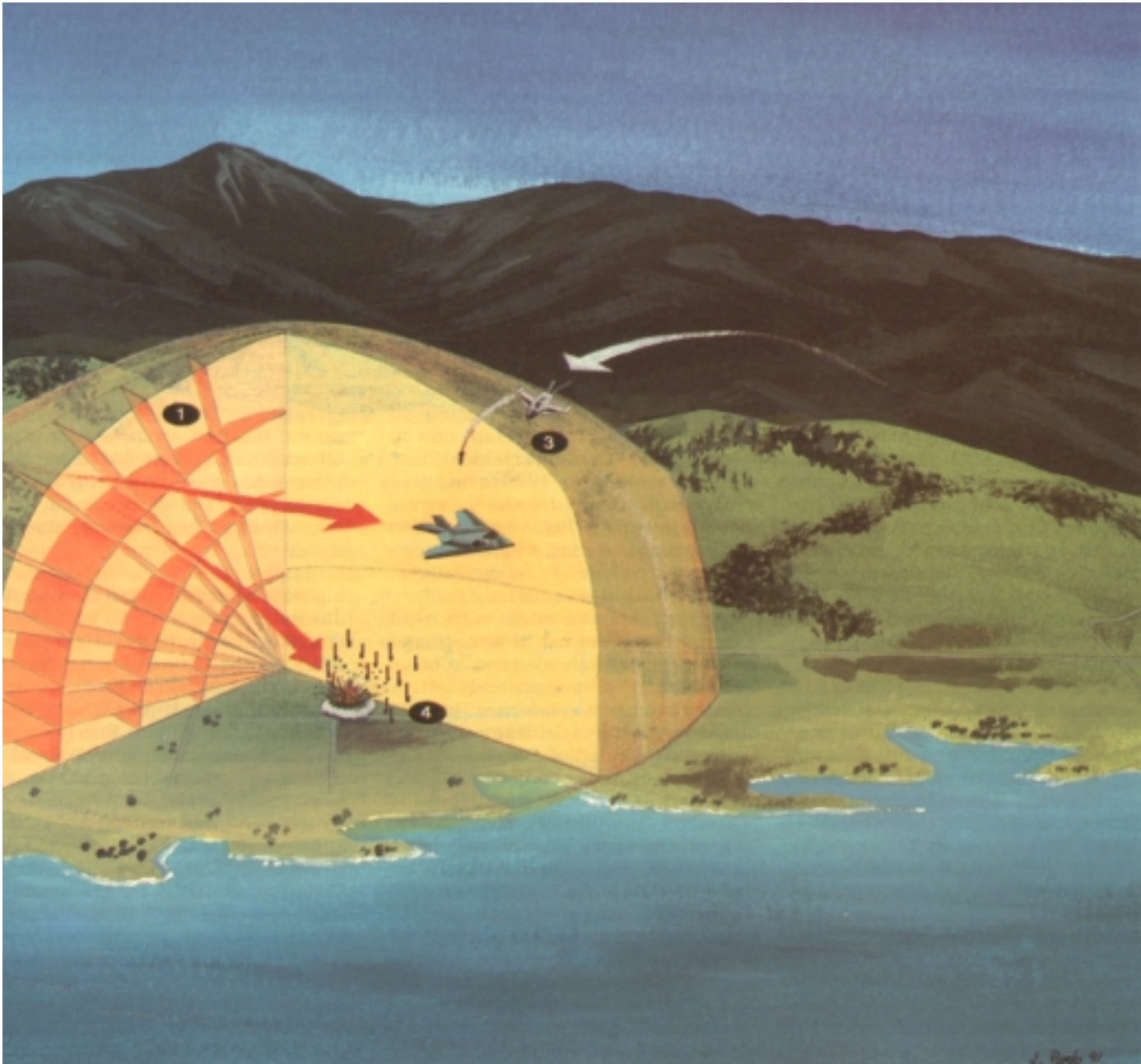


Radarra armiarma-sare. RIAS/BASR (Radar à Impulsions et Antennes Synthétiques / Bulkada eta Antena Sintetikoazko Radarra) aireko detekzio-sistema iraultzaileak, espazioa zaintzeko hiru dimentsioko armiarma-sare erraldoia ezartzen du. Espazioa kubu txikietan zatitzen du eta horietako bakoitzak, "helbide" edo kode elektronikoa bat du. Artropodoak eltxoa legez, armiarma-sareak berehala kokatzen du harrapakina. Espazioaren zatitzaile den kubu horietako bat zeharkatzen duen hegazkina, ohizko radarrarentzat detektaezina den berbera, automatikoki seinalatuta geratzen da bere kokagune, ibilbide eta abiadurari dagozkien xehetasunetan. Defentsa, lurretik airerako misilek edota hegazkin aurkitzaileek antola dezakete, ihardetsiz edo erantzuna emanez. RIAS/BASR sistemako antenak oso lurralde zabaletan zehar barreiatuak daudenez, bat edo beste suntsitzeak ez du eteten sarearen funtzionamendu orokor eta osoa.

Radarreko irudiari dagokionez berriz, eta egunkari bateko kazetari batek zioen bezala txolarreak bezain txikia uzten ez badu ere, gerra horretan pantaila katodikoetan hegazkin horrek egindako marra ez da ULM txiki batena baino nabarmenagoa. Horregatik iparramerikarrek, *stealth* hegazkin ehiztari-bonbatazaileak hitz egiten dute, hitz horrek isilpeko, iheskor, ezkutuko, klandestino eta maltzur gisako adierak izanik.

Seguru asko UFO, OVNI edo OHEak (Objektu Hegalari Ezezagunak) azken urtean zehar, munduko puntu desberdinetan begiz ikusi dira, baina inoiz ere ez dira radarrez detektatu probatan zebiltzan isilpeko ehiztari-bonbatazaile hauek.

Forma irregularrekoak izaki, horietan radar-uhinek gaizki eta zeharkatzen dute. Izan ere, oso estal-



dura-material zurgatzaileak izateaz gainera, aire-sarrera nahiz bestelako zuloak kamuflatuak daude, izpi infragorri gutxiago igortzearen tenperatura jaisteko gas beroak diluitu eta haizabide txiki ugariaren bidez irteera ematen zaie. Mezu eta kontramezu elektronikoaren saldo ugaria sortzeko trikimailu bitxi bilakatu da. Guztia soinu-detektatzaile, radar edo infragorri-detektoreek aurkitzeko arriskuak txikiagotzeko pentsatu eta diseinatuta dago, noski. Kezka bakar honen baitan jarri ziren beraz ardura guztiak. Baina isilpeko hegazkin honen abantaila nagusia bere lastertasun eta maniobragarritasunaren kaltetan gertatu da.

Zer axola dio ordea, tresna hegalaria hau detektatzea izanez gero? "Isilpeko" izateak aditu militar askorentzat erabateko lehentasuna du; Frantziako *Rafale* programa bere garaian, Defentsa-Ministrariak zalantzan jartzerainokoa. Zer egin zitekeen baldin eta arearioak bere begininian bazintuen eta zuk bezain azkar hegan egiten bazuen? Gaur egun, radarrak saihesteak bakarrik balio du gerra-hegazkinean.

Baina beti ere bere burua ere hobetu duen teknika, beste batek hobeagotu eta harrapatu egin ohi du eta isilpeko hegazkina ere detektatzeko gai den super-radarra asmatu dute ikerlari frantziarrek.

Historia apur bat eginez, 1904ean radar-aurrekoa asmatu zela kontsidera daiteke; Christian Hülsmeyer alemaniarren telemobiloskopioa alegia. Sistema honek, era simple eta arruntan, egungo radar aurreratuenen —erradio-detektatzaile deituen— oinarritzko sistema berbera zuen. Antena batek, etengabeko mikrouhin erradioelektrikoak igortzen ditu nahi den norabidean. Aurrean topatzen duten edozein oztopok, horietako batzuk, isladatuz, itzulera egiten ditu eta antenarantz doaz berriro, gutxienez ere kopuru bat behintzat (oihartzun deitutakoa) maiztasun berberarekin jasoz. Kontua ordea ez da behatutako norabide-norantzetan objektuaren presentzia detektatzea bakarrik; baizik eta bera zein distantziatara aurkitzen den zehaztea ere bai, joanetorriko mikrouhin horien bidez denbora kalkulatu. Kontutan hartu, mikrouhin horiek argiaren abiaduraz transmititzen direla. Oihartzunak asko anplifikatuta, ordenadorez tratatutako informazio ustiagarria jasotzen da eta honek higikari horren ibilbidea zehazten du; gure kasuan hegazkin erasotzailearena.

Erradiodetekzioak, oso ondo gidatutako edo zuzendutako uhin-sorta igortzea eskatzen du, higikariaren posizio angeluarra oso zehatz ezagutzeko eta oihartzun parasitoak baztertzeko. Oso mikrouhin laburrak behar dira (segundo-miliareneko periodokoak eta batzuetan gutxiagoak) horrela dis-

RIAS/BASR radar-antena.



tantzia ongi neurtzeko eta era berean igorle indartsuak eta hargailu sentikorak behar dira, oso urruneko gauzak edota uhin erradioelektrikoak gutxi isladatzen dituztenak detektatzeko.

Oinarritzko sistema hauen ondorengoak izugarri aurreratu dira hasierako saio haiekiko eta teknika honen praktikak ere bai, 1940an ingelesek magnetroia asmatu ondoren; erresonantzi hutsuneko hodia edo uhin ultra-labur, zorrotz eta indar handikoak igortzeko gai zena asmatu ondoren alegia.

Mikrouhinak kodetzea izan zen erradiodetekzioaren arloko aurrerakada garrantzitsuetako bat. Honek, parasito askoko ingurunean edo etsaiak "laintzatutakoan" oihartzun erabilgarriak jasotzeko aukera eman zuen. Irteerako mikrouhinaren maiztasuna modulatu egiten da eta hargailuan oihartzun eta seinale guztiak jaso ordez igorritakoen ezaugarri berberak dituztenak bakarrik jasotzen dira; beretzat, nolabait esan, esanahia dutenak bakarrik alegia. Gure adimenak, oso nahastuta dagoen soinu-giroan doinu edo aire bat erraz eza gutzen duen era berean gutxi gorabehera ezagutzen ditu isladatutako uhinak.

Oihartzunean Doppler efektua neurtzeko ere, asko aurrerazi du erradiodetekzioa. Doppler efektua, maiztasun jakineko uhin-iturria behatzailearekiko higitutako bakoitzean agertzen den fenomeno da. Gure

kasuan uhin erradioelektrikoak isladatzen dituen objektua higitzen da radar-arekiko. Azken finean, jasotako maiztasuna eta igorritakoa ez dira berdinak. Ohizko argibide bat aipatzeko: auto-lasterketa batean ikusleak entzundako zarata. Bolidoen arrabotsa, zorrotzago bihurtzen da gugana hurbiltzen doan heinean (maiztasunak altuagoa dirudi) eta baxuago edo grabeago gugandik urrundu ahala (maiztasunak baxuagoa dirudi).

Doppler efektua oso baliagarria da higikariaren abiadura radarrak neurtzeko. Jasotako oihartzunaren maiztasuna igorritako mikrouhinekin erkatu eta detektatutako objektuaren abiadura doitasun handiz jakiten da.

Mikrouhinaren konpresioa da beste hobekuntz faktore bat. Energi kopuru handiaren eroale diren seinaleak jaurtitzeko —radar batek emaitza onak lortzeko baldintzetako bat hori da—, potentzia berdinean iraupen luzeko bulkada edo inpultsuak erabil daitezke, baina hori distantziaren neurketa-doitutasunaren kaltetan izango litzateke. Izan ere berori oso bulkada laburren baitakoa bait da, jadanik ikusia dugunez. Bulkada konprimatuz, berak maiztasuna modulatu egiten du energia baliagarria garraiatuz.

Teknika honek oso bitarteko elektroniko konplexuak behar izaten dituen arren, emaitza harrigarriak ematen ditu



Hedadura handiko estaldura suntsigaitza. RIAS/BASR radar-antena ugariak, oso nabarmengaitzak dira ohizko radarrenekin erkatuta eta oso lurralde zabaletan zehar barreatuta egon daitezke, horrela, segurtasun-estaldura ugalduz. Dipolo igorleen uhinak, ahul samarrak dira. Harrera-dipoloak (detektatutako helburutik datozen uhinak jasotzen dituztenak), guztiz pasiboak dira eta ez dute inolako seinalerik igortzen. Radar berri hau gainera, ohizko radarrak baino zailagoa da etsaiaren hegazkinek antzeman eta suntsitzeko.

urruneko objektuak detektatzen edota oihartzun txarreko uhinekin ihardutean. Seinale-konprimaketak, distantzi neurketan doitasun harrigarria lortzeko aukera ematen du. 10 mikrosegundoko bulkadekin eta 1 MW-eko gailur-potentziako oihartzun-uhinekin, ohizko radarrak 10.000 MW-ekin lortzen zituen efektu berberak lortzen ditu.

Elektronikak mirariak egin dituen arren, ohizko radarraren puntu ahula mekanika izan da, isladatzaile edo errelektore parabolikoen arloan berderen. Askotan tantai galantak ikusten dira zutik eta nekagaitz espazioa beren fronte guztietan ikertzeko prest. Antenek, doitasun handiz orientatuta egon behar dute kokapen eta azimutari dagokienez. Baina egitura astun horien biraketa oztopo da higikariaren ibilbidea zehatz kalkulatzeko. Beren biraketa-denbora dela eta, helburuarekiko kontaktua, minutuko 6tik 10 aldira baino ez da ezartzen. Demagun tiratzaile bat, plater-tiraketako lehiaketa batean joko-arau batek lotuta, atzea eman da jartzen dela sei segundotan zehar eta gero platera ikusten saiatzen dela!

Beraz, ekorketa elektroniko soilez, higitzen ez diren elementuek sorta hau orientatzeko gai ziren sistemak sortu beharra ikusi zen. Antena handi bakar baten ordez elkarren ondoko anitz txiki eta elkarrekiko norabide berean zubi eginez ipintzen dira. Fase edo luzera bereko uhina igortzen duten igorle guztien uhin-sorta norabide amankomunaren paraleloa da. Baina antena finko hauek igorritako (eta beraz jasotako) seinaleen fasea batabestearekiko apur bat dekalatuz gero oihartzunak angelu desberdinetan itzultzen dira. Antena bakoitzak jasotako angelua, seinale-desfasearekiko proportzionala da. Faseak elektronikoki aldatuta, ohizko radar baten orientazioa aldatuta bezalakoxe efektua lortzen da, baina kasu honetan inolako piezarik fisikoki higitu beharrik izan gabe.

Beraz, inertzia mekaniko orotatik libre, sistema hauek abiadura angeluar harrigarri ekortzen dute espazioa, higikari edo helburua detektatuz gero bera lasai aztertze berran geratuz. Gero espazioa oro har miazten hasten dira berrito. Baina gainera, erabilpen

desberdin hauek elkarren segidan radar desberdin asko baleude bezain azkar gauzatzen dira.

Bestalde, helburua bera ere, ez dago guztiz defentsarik gabe uhin-bonbaztaketa horren aurrean. Bera ere saiatuko da radar-entzuketak faltsutzen nahasketa erradioelektrikoak eraginez, eguratsera mezu engainagarriak jaurtiz eta gisako beste amarru batzuk bideratuz. Gainera, hegazkin militar modernoek beren barnean daramatzate jasotako mikrouhinak aztertze bitartekoak eta arerioa nahasteko oihartzun faltsuak berrigortzeak. Gaur egun badaude misil bereziak beren gidari autozuzentzaileek lurreko radar batek sortutako seinaleak zaitu eta radarra suntsitzera zuzenean joaten direnak.

Isilpean ibiltzea da erradiodetekzioetik gordetzeko beste bitarteko bat (ikus dugunez, batzuek azken bidetzat jotzen dute). Berez hegazkin guztiek ez diete harrera berdina eskaintzen radarraren uhinei. Beren suntsigarritasuna asko aldatzen da batzuetatik besteetara erabilitako erradiomaiztasunen, fusera formak duen forma edo eite geometrikoak



**F-117
hegazkin
ikustezina.**

ren, estalduraren eroletasun-etzau-garrien eta hegazkinak radarrari aurkezten dion angeluaren - "jarreraren" - arabera ("jarrera" honen beraren arabera, 1etik 20ra alda daiteke emaitza).

Objektu batek duen "Radarraren-tzako azalera baliokidea" (SER/RAB), objektu horren oihartzun-kopuru berbera igorriko lukeen esfera metaliko baten sekzio zuzenaren azalerari deritzo. Itasuntzia denean milaka m²tan neurtzen da, hegazkina denean aldiz zenbait m²tan eta misil batentzako m²-zati-kitan. SER/RABak zerorantz jotzen du ordea isilpeko hegazkinaren kasuan. Balio hau, hein batean bederen, igorri-tako maiztasunaren eta detekzio-gaitasuna sendotzeko aldi berean nahiz jarraian uhin-luzera anitzekin erabilitako radar-kopuruaren baitakoa da.

Helburu edo jomuga den elementuaren radar-uhinekigo sentiberatasuna, bere profilaren baitakoa ere bada. Hegazkin baten punturik kritikoenak, bistan denez, bere radar-antena (isladagailu edo erreflektore ideala definizioz), aire-sarrerak eta bere erreaktoreen gas-fluxuak jaurtitzeko tutuak dira. Parametro guzti hauek kontutan hartzen dira isilpeko hegazkina diseinatzeko. Azken hauek urteak daramatzate rada-

rren hesietan zehar detektatu gabe batera eta bestera.

Gero eta gehiago hitz egiten da hegazkin horien babes magikoaren hutsegiteez. Aeronautikako adituek diotenez, Thompson-CSF radar batek hain zuzen ere F-117 hegazkin ehiztaria detektatu egin zuen Pertsiar golkoan zebilela.

Radar honek, oso teknika finak erabiltzen ditu eta gai da oso azalera txikiek eragindako oihartzunak aztertzeke. Detekzioa ordea, zinez egina izan arren, ziurtasun gabea eta berankorra da eta gatazka-kasuan benetako erantzuna emateko aukera oso txikia da. Gertakari hau, isilpeko hegazkin hauen detektaezintasunaz araua egiaztatzen duen salbuespena izan daiteke. Hara non ordea, RIAS/BASR (Bulkada eta Antena Sintetikozko Radarra) delakoa asmatu den, asmatzaile nagusia Jacques Dorey frantziarra izanik; gaur egun ONERako (Office National d'Études et de Recherches Aérospatiales-eko) azterlan bateratuen zuzendari dena alegia.

Duela hogeit bat urte hasi zen guttia, balistikako ojibei buruzko lanekin. Gauza jakina da noski, eguratsa abiadura handiz zeharkatzen duen misil baten kanpokaldea izugarri berotzen dela eta hurbilean berori inguratzen duen airea plasma izateraino eraldatzen dela, elektrizitate-eroale bikaina den gas ionizatu bilakatuz. Espazio-iker-kuntzan ongi ezagutzen den fenomeno honek, erradioloturen etena eragiten du hamar bat minututan, kapsulakoen eta

lurrekoen artean, satelitea eguratseko geruza dentsotara sartzen den bakoitzean.

Telekomunikazio-arazo hau zela bide, fisikariek jakin egin nahi zuten plasmaren atzean disimulatutako gauzak nola identifika zitezkeen. Gerra atomikoaren kasuan garrantzitsua zatekeen noski erabil zitezkeen misil eta misil-aurkakoentzako hainbeste elementu nahastaileren artean benetako buru nuklearrak bereiztea. Hori zela eta, "Electre" esperientziari hasiera eman zitzaion. 25 Mach-eraino azeleratuta lurrera berriro itzultzen zen misila erradio-igorlez beteta. Lurrean, antena-sare batek jasotako maiztasunak ikusi eta plasman izpi hertzarrak nola barreiatzen ziren aztertu zuen. Landetako Entseu-Zentruan hasirik, esperientzia "Henri Poincaré" itsasuntzian jarraitu zen, horretarako antena-multzo bereziz eta Nimbus sistema osatu zuen ekipomultzoaz hornitu ondoren. Lan haiek ustegabeko ondorioak izan zituzten, hasierako asmoak gaindituz.

Horrela, esandako seinale-bilduma oso partikularren tratamendu informatizatuaren puntura heldurik, Doreyk eta bere laguntzaileek gerora RIAS/BARS izatera heldu denaren lehenengo intuizioa izan zuten. "Electre" proiektuan, anitz puntutan barreiatutako antena-sare baten bidez igorri eta jaso ziren seinaleak. Deszentralizatutako multzo hark, erradio-uhinezko sarea sortu zuen eta misilaren berremisoreek igortzen zizkienak aztertzen

SUPER-ORDENADOREA SUPER-RADARRARENTZAT

TRIAS/BASRTek "Traitement RIAS/BASR Tratamendua" esan nahi du edota zabalago adierazita "Traitement Rapide Par Architecture Systolique/Arkitektura Sistolikozko Tratamendu Lasterra". Izen honek badu bere esplikazioa: TRIAS/BARST delakoaren funtzionamenduak, badu antzik gure bihotzarenarekin, hots, taupadekin.

Ordenadore klasiko bat diseinatu eta programatu egiten da eragiketa batzuk besteen atzetik egiteko. Baina baldin eta kalkulu batzuk, aurretik egin behar diren beste eragiketa batzuen menpekoak edo baitakoak baldin badira, kasu guztiak ezin ebatz litezke. Kalkulurik gehienetarako ez da beharrezkoa ordena sekuentzian kudeatzea, batzuek besteen atzetik edota aldi berean sartuz. Superordenadorearen jukutrietako bat hain zuzen ere, lana paraleloan tratatzen diren zati ugarietan banatzea eta seriean ahalik eta eragiketa gutxien egitea da.

TRIAS/BARST, "kableatu" izeneko kalkulagailu-mota da. Ohizko ordenadorean, programa (makina aplikatu behar dituen aginduen multzoa) memoria zentralen erregistratzen da datuekin batera. Programa hau burutzeko, prozesadoreak instrukzio-sail osoa irakurri eta deskodetu behar du.

"Kableatutako" ordenadorea ez da prozedura astun horretan tratatzen. Bere VLSI/OIELein (Very Large Scale Integration/Oso Integrazio-Eskala Luzea edota Oso Integrazio Indartsuko Zirkuitua izenekoekin) aurretiaz dakite zer egin behar duten, aginduen bila joan beharrik izan gabe. Bakoitza, beti ere berdina den eragiketa-saila egiteko programatuta dago eta hori behin-betiko ezarria du. Programak irakurtzeko edo deskodetzeko saio aspergarriak kolpe batez kenduta gertatzen dira eta tratamendua zeharo azkarra izaten da.

Prozesadore aniztuneko ordenadore paralelo kableatua izaki, TRIAS/BARST bilakaera informatikoaren aurreko muturrean kokatu da. Egia esan, aurrerapen-lasterketa ez da hor amaitu. Fisikariek oraindik ere laburtu egin gura dute konmutazio-denbora; bulkada bati logika bitarrean Otik 1era pasatzeko dagokiona hain zuzen ere. Teknologia elektronikoa aurreratuenekin, segundorearen hamarmilarenean dihardute gaur egun. Teknologia optikoez ordea, korronte elektrikoak ez baizik eta argia bera jokoan sartuz, iraupen-denbora hori mila aldiz laburtzea lortu dute eta horrela segundoko eragiketa-kopurua (OPS/SEK) bilioitan neurtzea (10^{12}) ere bai. Ordenadore optiko bidez transferitutako TRIAS/BARST programek, oraindik ere areago biderkatu dute jada radar frantziar berri hauen detekzio-gaitasun eta ahalmena.

zituzten. Nolabait esateko, radar baten antzera jokatzeko, radar baten antzera jokatzeko zuen apur bat bederen. Hortik ondorengo galdera sortu zen: ezin ote zitekeen hain estaldura zabaleko gailu hau gidari harturik erradiodetekzio-teknika berri bat asmatu? "Astrolabe" izeneko esperientziak, gai honi lehenengo erantzun sustatzailea eman zion.

Artean frogatu gabeko sistema honen prototipoa, Mediterranioko Ile du Levant entseiu-zentruan muntatu zen. RIAS/BASR bezalako radar bitxia zen: 15 m-ko zutabeak bi zirkulu zentrukiderekin ingurunean ezarrita, handienak 400 m inguruko diametroa zuen. Bere bi masta handiek dipolo erako lineei eusten zieten eta bata bestetik 15 m-ra instalatuta zeuden. Kokapen honekin egindako radarra, "biestatikoa" zen: "estatikoa" antena biragarriak gabeko

finkoa zelako eta "bi" igortzeko eta jasotzeko antena bana erabiltzen zuelako.

Funtzionamenduan ere ez du ohizko radarraren inolako antzik. Modu puntual eta norabide bakarrean igorri ordez, RIAS/BARSek, erradio-seinalez betetzen ditu inguruak. Arlo honetan esaten denez, espazioa uniformeki eta norabide guztietan "argiztatu" egiten du. Egia esan —hor dago sekretua— "argiztapena" ez da guztiz uniformea. Radarrak babestutako espaziotegia, milioika bolumen elemental txikitzen da eta horietako bakoitza, kokapenaren arabera, kode propio batez "argiztatu" egiten da.

Hegazkin bat espaziotegia horretara (uhin erradioelektriko inurritegira alegia) sartzen denean, berak benetako oihartzuna (txikia bada ere) bidaltzen du, baina seinale hori ez da doitasun

handiz aurkitu behar izaten. Oihartzunak bere baitan ordea, une horretan hegazkinak okupatzen duen bolumen elementalaren kode berezia darama. Nahikoa da seinale hori aztertzea, kodea aurkitu eta helburu denaren posizioa bere koordinatu guztiekin jakiteko: kokalekua, azimuta, altuera,...

Gainera, higikariaren ibilbideari jarraitu beharrik ere ez dago. Bere pasera hurrenez hurren okupatzen dituen bolumenei behatuz, bere ibilbidea eta abiadura ere erraz kalkulatu daitezke. Baina higikari bakarrarena ezezik, radarraren estalduragune hori une horretan iragaten ari diren beste guztien datuak ere berdintzat kalkulatu daitezke. Oihartzunak, etengabe "argiztaturik" egoten dira RIAS/BARSek hartzen duen eremuan dauden bitartean.

Teknika burutsu honek baditu noski abantailak. Izan ere, objektu bat potentzia handiko uhinak bidali behar izan gabe detektatzen bait du. Horrela RIAS/BASR, ohizko radarra baino askoz ere gutxiago errepara lezake helburu bat atzematera edo jotzera doan hegazkinak. Transmittitutako energia erradioelektrikoa distantzia ber lauren arabera ahulagotzen da. Igorpen-mailan bi edo hiru aldiz murriztutako energia hori, helburu den objektuak jasotzerako 16tik 80ra murrizten da. Kaptatu, aztertu, deskribatu, hain seinale ahulak nahasi, etab. egiteko, hegazkinak eraman ditzakeen baino askoz ere ekipu elektronikoa handiagoak beharko lirateke.

RIAS/BASRaren nagusitasuna beste arlo batek ere sendotzen du gainera: eraginkorra da banda metrikoan, bereizmen ona ziurtatzeko eta antenen tamaina murrizteko. Aitzitik, oso maiztasun handiekin lan egiten dute ohizko radarrek (banda zentimetriko eta mikrometrikoetan).

Hain zuzen ere, uhin-luzera handietan oso zaila da "radarraren azalera baliokidea" hobetzea, horretarako isilpeko izateko teknikek proposatutako eraikuntz jukutria guztiak erabili arren. Bestela esanda, maiztasun hauetan, helburu den objektuaren aldeko hobekuntzak, radarrarentzat SER/RAB murrizten ez laguntzea dakar. Aituak bat etorri dira hegazkin iheskorrek erremediorik gabe RIAS/BARSek harrapatu egingo dituela esanez. Radar honek, beste radarrek baino askoz ere beharagotik "ikusten" du, *transhorizon* motakoak (hauetan eremua horizontean ez du mugatzen, ionosfera bidez maiztasun handiko uhinen islada erabiltzen dute eta. Hala ere, oso urruneko helburuak bakarrik detektatzen dituzte) eta AWACS (Airbone Warning and Control System; hegazkin espezializatuak daramaten zelata-sistema elektronikoa) hegazkinetan muntatutakoak salbu. Egungo hegazkin ehiztari eta bonbataztaileek, aukera gutxi dute altuera txikian hegaldiak detektatu



gabe egiteko, NATOko radar egonkorren eta herrialde desberdinetako armaden estaldurapetan. RIAS/BASRek oraindik ere are eta zailagoa jarri die lana.

RIAS/BASRen antenen funtzionamenduak, lehenago deskribatutako ekorketa elektronikoen kidetasuna du. Edozein dipolo suntsituta, sistema ez du guztiz eta osoro erabili ezinda uzten, ohizko radarretan sabotaia edo aireko eraso batekin gertatzen den bezala.

Horrelako gailu baten eraketak, infinitu bariazio izan ditzake. Bere osagaiak eremu handietan bana daitezke eta ohizko radar-estazioak egiten duen bezala, ez du helmuga edo jomuga bat bakarrik eskaintzen. Berari atxekitako kalkulagailuak berriz, babestuago egon daitezke leku urrunagoan. Uhin-segidei jarraituz igorpen-antena aurki badaitzke ere, harrera-antena zeharo pasiboak dira. RIAS/BASRek beraz, sistema neutralizaezina dela dirudi.

Hona bada teorian oso erraza dirudien, baina praktikan gauzatzea oso zaila den teknika. Batez ere, uhin erradioelektrikoak estaldura, bolumen elemental bakoitzak (eremu "argiztatuko" erreferentzi kubu txiki bakoitzak alegia) espazioan duen posizioaren kode-seinalea berrigorritu burutzea. Horrelako balentria kausitzeko, jadanik "irekitze-sintesia" deitu metodoa erabili izan da, hegazkinetan edota behaketa-sateliteetan muntatutako beste radar batzuetan. Trikimailu honekin, neurri handiko (potentzia handikoa beraz) antena bakar baten lana tamaina txiki-koinbat antenez ordezkatu da. Az-

kar desplazatzen den antena, helburuak isladatutako oihartzunak berrukuratu egiten ditu; baita antena finko baten eremutik nahitaez kanpo gertatzen diren norabideetan ere. Lortutako irudia, doitasun eta zehaztasun handikoa da, informazio maximoa jasotzen delako, baina izugarriko ahalmena duen datu-tratamendua eskatzen du radarraren higidurari dagokion dekalajea zuzentzeko. Horrek beraz, detekzio-ahalmena helburu finkoetara mugatzen du.

RIAS/BASRek gisako teknikarekin jokatzen du, baina are konplexuagoa da. Lurrean finko dagoen sistemak, iharduneango antenatara bakoitzaren itxurazko higidura lortzen du, igorpen-dipoloen abiadura handira egindako konmutazioa dela bide. Horrela, azkar higitzen den antena bakarria bailitzan jokatzen du sistemak, neurri handiko eremua estaliz. Helburuak edo jomugak Mach-kopuru handira higi daitezkeenez, unean uneko posizioa ziklo bakoitzean oso denboraldi laburrean isladatutako oihartzuna kontutan hartuz irudikatzen da. Emaizta hauetara iristeko beharrezkoa den kalkulu-ahalmena izugarria da. 1980an, lehenengo entseien data bera, minutu bateko aire-behaketa deskribatzeko *Cyber 360* motako supermakina baten aste osoko tratamendua behar zen. Hain zuzen ere, arrazoi horregatik atzeratu da batipat RIAS/BASRen garapena.

Ordenadore-belaunaldi espezializatu hauen arloko superkalkulagailu bat instalatu behar izan da bere pro-

grama izugarriarekin: TRIAS/BASR alegia. 1988an segundoko 3 mila milioi eragiketa egiteko ahalmena zuen. Orduko ordenadorerik indartsuen eta ahaltsuena zen *Cray X-MP* erako lau prozesadoreko lau unitateren baliokide gertatu zen hain zuzen ere, edota zientzi kalkuluetan gaur egun azken erreferentzi puntu den *Cray 2*ren bi aparatua adinakoa.

Aipagarria da RIAS/BASRak, erradiodetekzio-teknologia zeharo berriztatutako duela. Honek, egitasmo estrategikoei egundoko itzulipurdikatzea ekarri die eta jada denbora gutxi pasa arren ez dago honen aipamenik egin ez duen aditurik. Isilpeko hegazkinaren detektaezintasuna beraz, jadanik ondortxo iragana da.

Aurrerapenek tamalez, zientzia eta arte militarren ildotik darraite nagusiki munduan. Munduko nazio txiki askotako askatasun-borroka ugari, tiragomajokoak dira arlo honetako ikerkuntza, gastu, aurrerapen, suntsiketa, arrisku eta duintasuneko lege- eta arau-hausteen ondoan, baina aginte-konpromezu txiki edo handiagoak dituzten kargudun gehienei, ez diegu hauen gaitzespen txikien ere entzuten eta are gutxiago aurka zerbait egiteko proposamen eta programarik somatzen. Alderantziz ordea, prest azaltzen dira teknologi aurrerapenaren, ekonomi etekinen eta lanpostu-politikaren izenean edozein tresna militarren fabrikazioa beren herrialderat ekartzeko. Aurrerapena behar dugu noski, baina nolakoa eta zertarako?