

Balajti István

balajti@pt.lu

ÖSSZEFOGLALÓ A 2009-ES KALIFORNIAI NEMZETKÖZI RADAR KONFERENCIÁRÓL

Absztrakt

A radartechnológiák fejlődését reprezentáló konferenciák bemutatását az Egyesült Államokban, Pasadenában 2009-ben megrendezett konferencia anyagai közül válogattam.

A konferencia témája: Radarok a tudománytól a rendszerekig, amely magában foglalta a radar technológiák és a mérnöki megvalósítás tudományos elemeit és azok hatását. Mivel a felhasználók, mind a fejlesztők száma egyre növekszik, a fejlett modellezési eljárások, az algoritmusok, a terjedési jelenségek értékelése, és az eszközök kidolgozása beépül a jövő radarfejlesztéseibe.

Newly developed radar technologies that could be interesting for Hungarian experts were selected on papers of the Radar Conference held in Pasadena, California, USA, 2009.

The conference theme, Radars: From Science to Systems, expands the radar technology and engineering focus of previous conferences in this series to include and emphasize scientific or observational requirements and phenomenology that engender the systems that we develop in the radar community. As both the user and development communities expand, advances in modeling, phenomenology, device technologies, and algorithms will be achieved and influence future radar designs.

Kulcsszavak: *radar logisztika, céltárgy-detektálás, szintetikus apertúrájú radar ~ radar logistics, target detection, synthetic aperture radar*

Bevezetés

A megrendezett konferencia jól tükrözte az egy év alatt bekövetkezett fejlődést, de erősen a szponzoráló állami hivatalok, intézmények és a konferencia helyszínének közelében települt cégek elvárásainak felelt meg. A korábban megtartott konferenciákhoz hasonlóan, több

szekcióban és változatos témákban hangzottak el előadások, melyhez szervesen kapcsolódott a cégek, könyvkiadók látványos poszter bemutatója.

Radar korszerűsítési tapasztalatok

Az első, a radarok logisztikájára szakosodott szakemberek számára érdekes előadás, a 68 db nagy hatótávolságú radar teljes korszerűsítésének műszaki részleteit ismertette. A szerző Dr. Brookner és társai, s az előadásuk címe: Design and Implementation of Long Range Radar Service Life Extension volt. Közismert, hogy a tragikus szeptember 11-i események után az Amerikai Egyesült Államok az elavult földi telepítésű „D” (régijelöléssel „L”-sáv 1250-1400 MHz) frekvenciasávban üzemelő radarrendszerét feljavította, célként meghatározva, hogy gazdaságossá tegyék az üzemeltetést. A beépített legújabb műszaki megoldásokkal jelentősen növelték a céltárgy-detektálás biztonságát. Gyakorlatilag az történt, amit a Magyar Légvédelem a 90-es években véghezvitt, azaz, az eredeti radarból csak a települési hely, az antenna rendszer és a kiegészítő elemek egy része maradt meg. A 210 millió dolláros project tartalmazta a radarok teljes vevő, jel- és adatfeldolgozó alrendszerének, valamint az adórendszerek félvezetősre való cseréjét. A nagyfokú egységesítéssel elérték a radarok élettartam költségeinek mérséklését. Az 1. sz. táblázat szemlélteti a felújított radarok műszaki paramétereinek javulását. Ezek a paraméterek és a megvalósított műszaki megoldások nagyon közel állnak a magyar eredményekhez, melyek a P-37, Szt-68, P-18 és PRV-17 radarok esetén már alkalmazásra kerültek.

1. sz. Táblázat Paraméter változás az AN/FPS-8 radar esetén

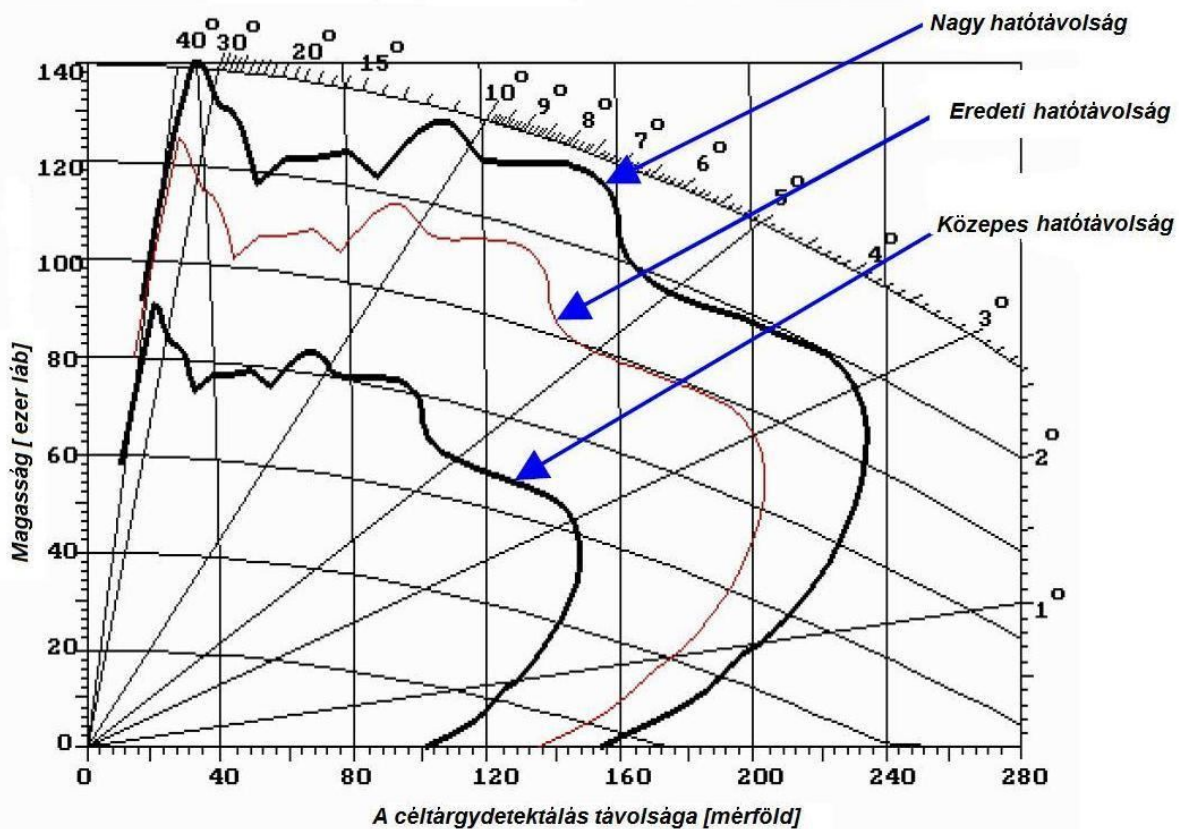
| Radar Paraméterek | Korszerűsítés előtt | Korszerűsítés után |
|-----------------------------|----------------------------|------------------------------------|
| Élettartam | 0 év | 20 +év |
| Impulzus/Átlag Teljesítmény | 2000/4.2 (kW) | ~58/5.0 (kW) |
| Mozgó Ablak Detector | Nem | Igen |
| Vaklárm Normalizálás | Igen | Igen (Szabvány: 10 ⁻⁶) |
| Adaptív Állócéltérkép | Nem | Igen |
| Vevő dinamika | 62 dB | 78+dB Teljes Tartományú STC |
| Adórendszer stabilitás | < 30 dB | ~65 dB |
| Zavar-alatti céldetektálás | 23 dB | ~40 dB |
| Adaptivitás (Software) | Nem | Igen (paraméterezhető) |
| Paraméter bővíthetőség | Nem | Igen (COTS) |
| Üzemeltetési költség | Magas + kiszámíthatatlan | Alacsonyabb |

Dr. Brookner előadásában kiemelte, hogy a vevő és a jelfeldolgozó rendszer jól kihasználja a napjainkban megjelent új lehetőségeket, a rendkívül korszerű jelfeldolgozó algoritmusok radar környezetére szabott adaptivitás előnyeit. Ennek következtében a radarok főbb harcászati-műszaki paraméterei is jelentősen javultak az alábbi területeken:

- Vevőrendszer dinamika
- Adórendszer stabilitás
- Céltárgyak zavar alatti láthatósága.

Fontos tényként említette Brookner, hogy optimalizálták a szárazföldi és vízfelszín fölötti kis radar hatásos keresztmetszettel rendelkező céltárgyak detektálását. Minden radarba beépítettek egy új csatornát, a kiegészítő eszközökkel együtt, az időjárás és a többszörös hullámterjedés érzékelésére, hatásaik minimalizálására. Az 1.sz. ábra szemlélteti az elméleti céltárgy-detektálás növekedést, nagy és közepes hatótávolságok esetére.

AN/FPS, 8 modules, RCS 2.2 sq.m., Pd = 0.8, Pfa = 10⁻⁶
 Ant.dőlés: 2.5 fok, Ant. fordulat: 5/perc, **Piros: eredeti**, **Fekete: feljavított hatótávolság**



1.sz.ábra. Céltárgy detekciós távolság növekedés

Az előadás végén vita alakult ki a szerzők által előnyként feltüntetett „Teljes tartományú STC” – vevőrendszer érzékenység szabályozás, (beleértve a maximális detekciós távolságot, mely kb. 400 km), valamint a radarokban alkalmazott „több-hipotézist alkalmazó” útvonalképzők, hátránya és esetleges szükségessége között. Ez, az első esetben az „angyal” jelenségek elleni védelem, részben elfogadható magyarázat, de az útvonalképzők alkalmazása, mivel a céltárgyak kinematikus képességei előre becslésén alapulnak egy 10 és 12 másodperces adatfrissítési idővel pont a legveszélyesebb manőverező célok kiszűrését eredményezik. Ehhez hasonló eredmények már születtek a volt Haditechnikai Intézetben a 80-as évek végén.

A radarokban alkalmazható modulációk/hullámformák fejlődési irányai

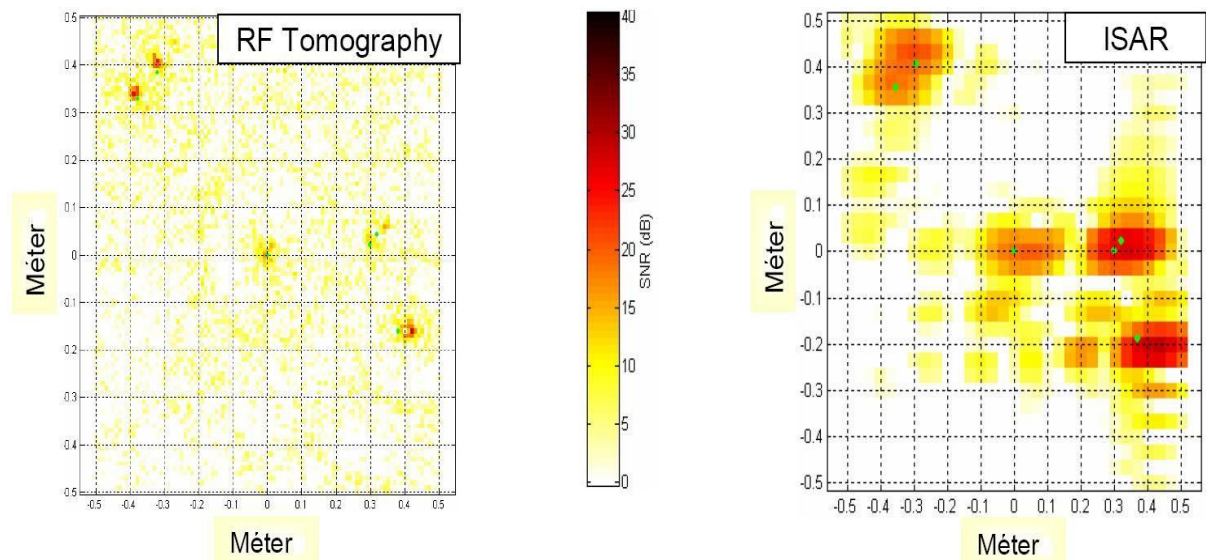
Számomra és a konferencia többi résztvevője számára is az egyik legérdekesebb előadás Dr. Wicks előadása volt. (USAF Research Laboratory. A Brief History of Waveform Diversity) „A hullámforma változatosság rövid története” címmel hangzott el. Az előadás bevezető része röviden áttekintette a radarok által alkalmazott adójelképek fejlődését, kiemelve a fejlődés szempontjából mérőföldkönek számító megoldásokat. Ezek közül a legfontosabb az a tény, hogy az 1930-as években elkezdődött radar adójel hullámforma kutatás a 90-es évekre önálló kutatási területté vált. Ekkorra már meghatározásra kerültek azok a jelképek, modulációk, melyek optimálisak az álló-cél-zónában való céltárgyak detektálására. Napjainkban is tart a 90-es években kezdődött vezeték-nélküli kommunikációval kapcsolatos kutatási-fejlesztési lendület, mely új mérőföldkönek ígérkezik a radarokban alkalmazott modulációk/hullámformák sokszínűségének palettáján.

Ma már tudjuk, hogy túlléptünk az adaptív jelfeldolgozás, nyújtotta lehetőségeken és a környezet „tudás alapon” történő értékeléséből eredő előnyök kihasználására törekszünk. Dr. Wicks a fenti megállapítás jelentőségét a következő példán keresztül mutatta be. Jól ismert, hogy a napjainkban széleskörűen elterjedt adaptív jelfeldolgozási módszerek működése azon alapszik, hogy feltételezzük a vizsgálat alatt lévő cellában mért értékek statisztikai jellemzői hasonlóak a szomszédos cellákban mért értékekhez. Így a szomszédos cellák tartalma referenciaként szolgálhat az éppen elemzés alatt lévő cella tartalmára vonatkozóan. Ezért ha különbséget detektálunk, nagy valószínűséggel a várt jelre bukkanunk. Ez az eljárás elvárja, hogy azoknak a celláknak a tartalma, melyek a viszonyítási alapot képeznek, függetlenek legyenek az éppen vizsgálttól, és eloszlásuk egyenletes legyen az egész vizsgált tartományban. Ha ezek a feltételek nem, vagy csak részben teljesülnek, a jelfeldolgozás minősége romlik. Ezzel szemben a tudás alapú jelfeldolgozással kiegészített radarok kihasználják azt a lehetőséget, hogy előzetes információkkal rendelkezzenek a vizsgálat alatt lévő cellák tartalmára vonatkozóan. Ez a többlet információ real-time spektrum analízissel, a szomszédos cellák keresztkorrelációjára vonatkozó mérésekkel, részletes digitális térképekből, aktuális időjárási és mikrohullám terjedési adatokból beszerezhető és a radarok vevő és jelfeldolgozó rendszerében alkalmazhatók. Így a feladathoz, a környezethez, térben és időben optimalizálható a jel-moduláció. Ez a koncepció úgy kezeli az érzékelőket, mintha intelligens robotok lennének, melyek az élővilág érzékelési módjait utánozzák. Ebben a koncepcióban az egyes elemek viselkedése olyan, mint a madár, a bogár kolóniák vagy halrajok. Ezek, a nem túl intelligens elemek, minőségileg megnövelt képességekkel rendelkeznek és nagyon komplex feladatok végrehajtására is alkalmasak.

Dr. Wicks a „Robot” koncepció illusztrálását az emberi érzékszervek analógiáján keresztül mutatta be. Az ember a memóriáján és intelligenciáján túl öt érzékelési móddal rendelkezik: a látás, amely a nagy-hatótávolságú „felderítést” biztosítja, közepes távolságokra a hallást és a szaglást használjuk és a rövid hatótávolságú érzékelésre a tapintás, és a kószolás szolgál. Minden érzékszerv egymástól független és nem az egyén dönti el, mikor lát, hall vagy szagol, de ha valami felkelti az érdeklődését, arra koncentrálna érzékszerveit, próbálja kiszűrni a zavaró tényezőket, és ha szükségesnek látja, térben közelebb megy. Ez a működési elv nagyban hasonlít a robotérzékelők, pl. egy pilótánélküli repülő működtetési elvéhez, ugyanakkor a különböző hullámtartományokat alkalmazó érzékelők egyidejű alkalmazása és a fent vázolt működés realizálása még kidolgozásra váró feladat.

Ez az új feladathoz strukturált és orientált szintek szerinti és térben elosztott radar rendszer filozófia segíti az átmenetet az úgynevezett hálózat centrikus rendszerek megalkotásához. Sajnos napjaink egy-feladatra orientált radar rendszerei, beleértve az úgy nevezett több-feladatú radarokat is, még nem képesek automatikusan és a feladatra optimalizálva meghatározni, alkalmazni és dinamikusan átkonfigurálni a szükséges radarjel modulációkat. Szintén megoldásra váró feladat a céltárgy, radarhoz viszonyított változó helyzetéből eredő energiaszint ingadozások kezelése. A jelenlegi radar rendszerek új követelményekhez illesztése megköveteli a kiegészítő érzékelők rendszerbe integrálását pl. a céltárgyak radar fényképét előállító, invers szintetikus apertúrájú radarokat (ISAR), és a nagyobb felbontást biztosító RF Tomográfiát.

A 2.sz. ábra a két módszer felbontásában megjelenő különbségeket szemlélteti az RF tomográfia javára. (A kicsi zöld „pöttyel” jelölt pontok kis jel-zaj viszony esetre értendők)

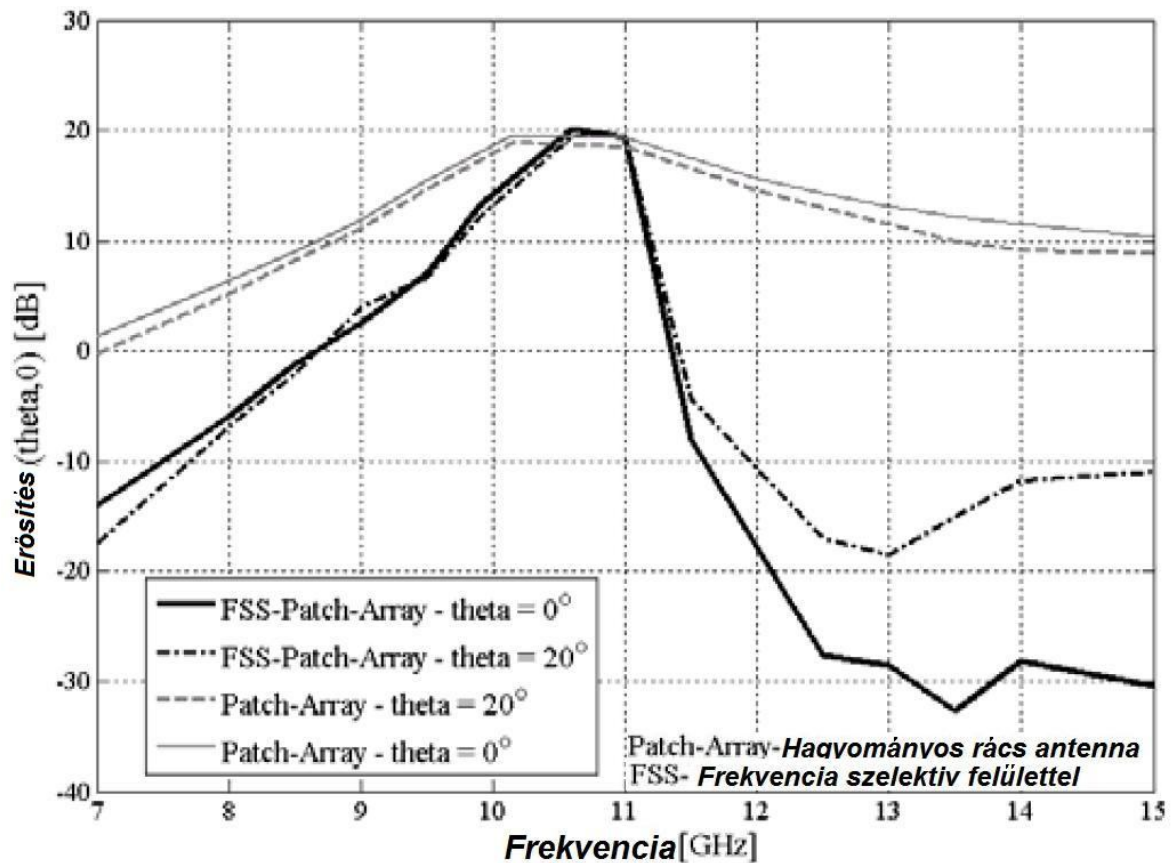


2.sz. ábra. Felbontás növekedés RF tomografia alkalmazásakor

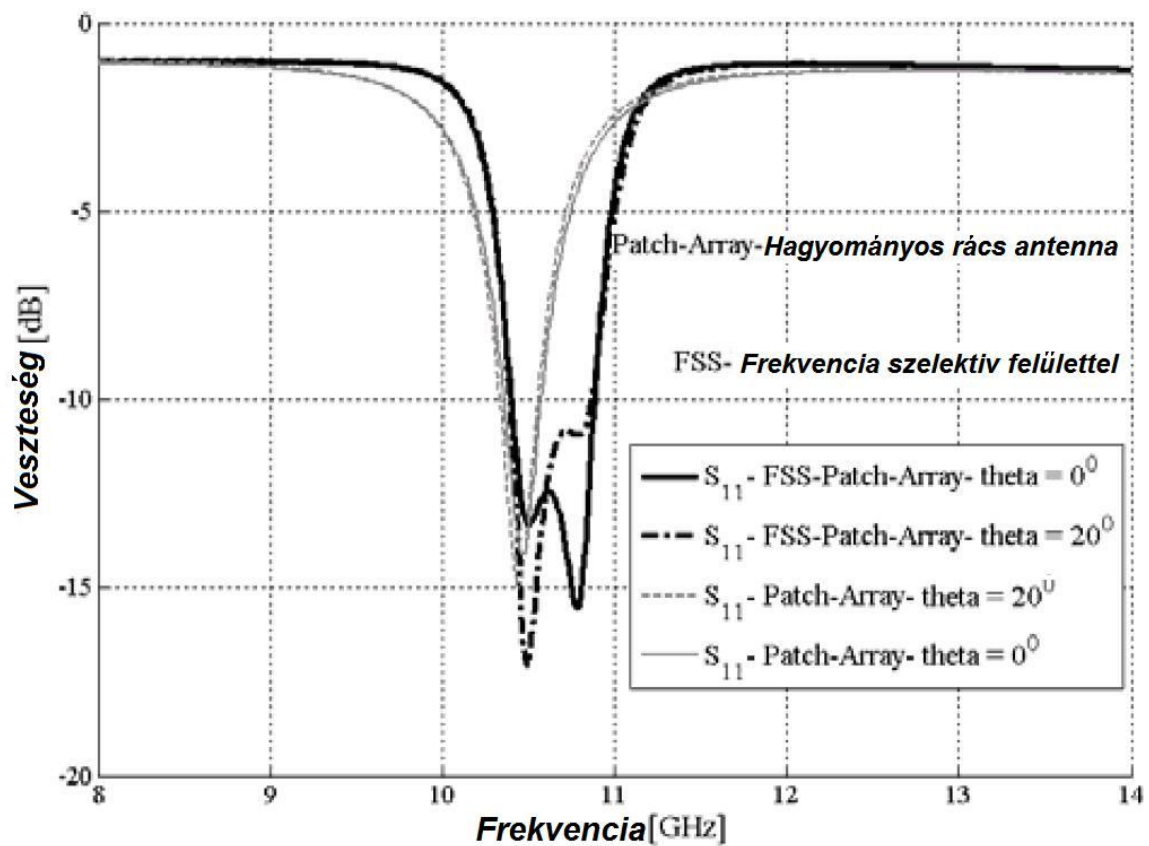
A professzor előadása, összefoglalva arra hívta fel a figyelmet, hogy felvázolt rendszer effektív üzemeltetésének alapvető eleme a „Tudás-alapu vezérlés” megvalósítása, azaz a radarok modulációját optimalizálni kell a céltárgy helyzetváltozásának függvényében.

Megjegyzem, hogy ez a rendszer-konceptió nagyban hasonlít az általam a magyar légtérbiztonság és légvédelem érzékelő rendszerének fejlesztésére tett javaslatomhoz, mely az Új Honvédségi Szemle 2004-2005-ös számaiban magyar nyelven, míg az AARMS 2004 és 2008 számaiban angolul olvasható.

A következő nagy témablokk, amellyel rendszeresen foglalkozom a radar konferenciákról készült cikksorozatokban, a mikrohullámú technikában alkalmazható különleges képességekkel, tulajdonságokkal rendelkező anyagok. Ezen a területen is óriási fejlődés van az előző évekhez képest. Az ezzel kapcsolatos kutatásokat a világ minden táján nagy érdeklődés kíséri, és köztudott, hogy az ilyen anyagok kutatása hazánkban is folyik. A téma fontossága miatt, a „Különleges tulajdonsággal rendelkező frekvencia szelektív anyag fázisrács antennák számára” (F.Bayolpur, K.Sarabandi: A Metamaterial Frequency-Selective Superstrate for Ohase-Array Applications) előadás anyagát a magyar szakemberek számára is figyelemre méltónak találtam. Ebben az előadásban bemutattak egy új anyagot, amelynek frekvencia szelektív tulajdonsága jól ötvözhető a fázisantennák RF jelszűrési lehetőségeivel. Az anyag az antenna felületére, felvitelre kerül a hullámhossz egytizedének vastagságában. Alkalmazásával az antennán kialakítható a vett jelek vételéhez illesztett RF szűrők, mely által az antenna méretei jelentősen csökkenthetők. A 3. és 4. sz. ábrákon bemutatott szimulációs eredmények alátámasztják azt a tényt, hogy az antenna sávszélessége 250 %-kal növelhető. A sávszélesség növelése és a fázisantenna méreteinek csökkenése nagyon jelentős szempont a katonai alkalmazásoknál, mivel a hagyományos radar-antennákon való alkalmazáson túl, a kommunikáció és az elektronikai hadviselés lehetőségeit is növeli, mint a zavarás, mint a védelem szempontjából.



3.sz.abra. Antenna jel-átvitel erősítés a frekvencia függvényében



A 4.sz. ábra. „S” paraméterek az átviteli függvény értékelésére az új anyaggal és nélküle

„In Situ” mérési tapasztalatok

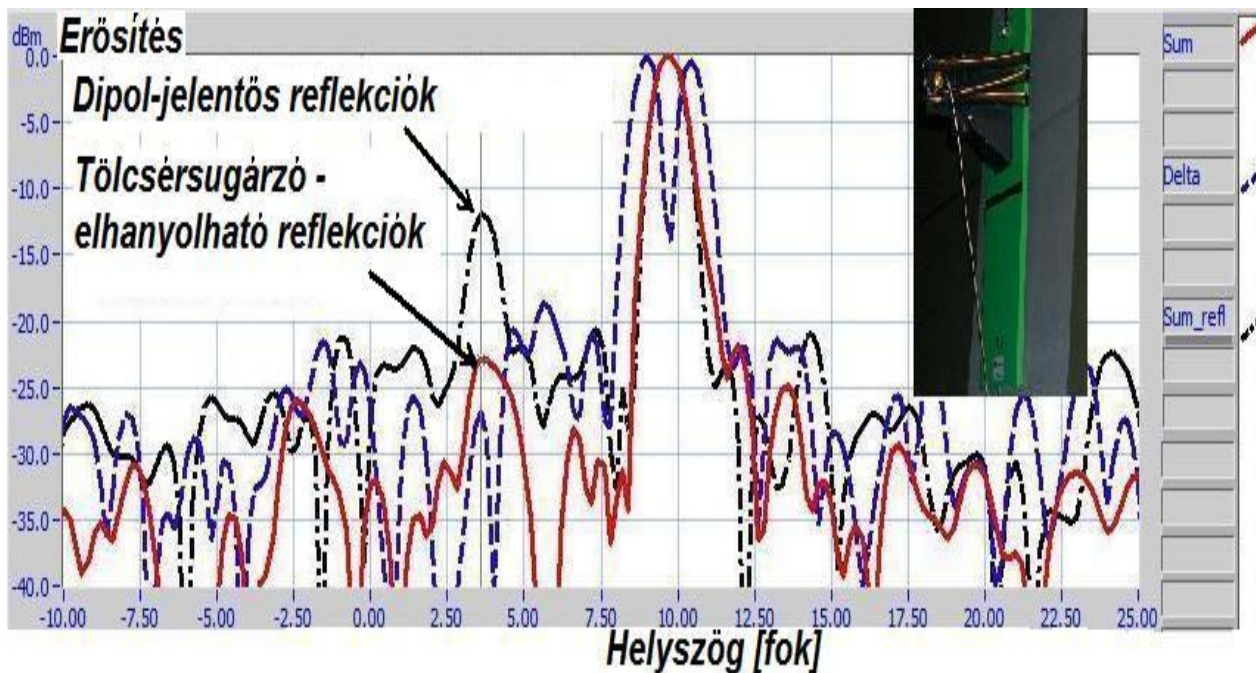
A radarok logisztikájával foglalkozó szakértők számára készült az üzemeltetett radarok performanciájának kiértékelését, mérési eredményeit és gyakorlati tapasztalatait összefoglaló előadásom. Címe Mitigation of the "In Situ" Radar Antennas Measurement Reflections and Multipath of the System Performance Checks, és a NAMSZA szakembereknek a radar antennák közel-téri és távol-téri mérési eredményeit prezentálta.

Az a tény, hogy a méréseket jelentősen befolyásolja a tereptárgyokról visszaverődött reflektió és többszörös hullámterjedés nem új, de az, hogy ez mennyire bonyolítja a mért eredmények kiértékelését és néhány esetben, milyen extrém paraméterek, megjelenéséhez vezet, komoly figyelmet váltott ki. Az antenna paraméterek távolságban történő mérése viszonylag egyszerű hiszen „csak” a vett jelek amplitudóját kell mérni. Lehetséges esetek:

- Ha az antenna nyaláb paraméterek kiértékelése kétséges, pl reflektió következtében az oldalnyaláb szint túl magas, akkor legtöbbször elégséges a mérés megismétlése egy új mérőpontból.
- Ha a magas oldal nyalábszintek az új mérőpont oldalszög szerinti elmozdulásával tolódnak el, akkor bizonyítottan tekinthető, hogy az antenna paraméterei nem romlottak el.

A fő problémát ezzel a méréssel kapcsolatban az jelenti, hogy a radarok általában a környezet legmagasabb pontján találhatók (lásd Zengő/Tubes radartelepítéssel kapcsolatos vitákat), és így a távoli mérőpont kijelölése geometriailag gyakran csak a horizont alatt lehetséges, mely jeltorzuláshoz, megnövekedő reflektiókhoz vezet. Ezért a közeltéri mérések, melyek vagy az antenna felületén vagy attól néhány m-re egy körpályát mentén történnek, egyre nagyobb jelentőséget kapnak, bár ezek a mérések bonyolultabbak. Ugyanakkor a közeltéri méréseket is zavarják az antenna környezetében található, még a mérés érdekében sem elmozdítható oszlopok, épületek. Az 5. sz. ábra egy olyan közeltéri mérés eredményét szemlélteti, amikor a közeltérben az antenna síkjában végzett mérési eredményt egy vasoszlopról történő visszaverődés jelentősen torzítja.

A közeltéri mérési adatok Fourier transzformációval átszámításra kerülnek az antenna távolsági nyalábjára. Itt az eredmény értékelése okoz problémát, mivel az antenna felületét szondázó érzékelő (dipol) nagyon kis energiát bocsát ki, mégis a vételi oldalnyaláb szint energiája nagy. Ennek fizikai oka, hogy az oszlopról visszaverődött energia az egész antenna felületét besugározza, így az antennaerősítés szinte teljes nagyságában megjelenik az eredményben, míg a szonda csak a mért antenna elem környezetét méri. A megoldás „kézenfekvő”, meg kell akadályozni, hogy a szonda energiája eljusson a vasoszlopra és visszaverődjön arról. A gyakorlatban, több kísérlet után, sikerült kielégítő megoldást találni a problémára: a dipol alapú érzékelőt felváltotta egy jelentős irányélességgel rendelkező tölcésrugaló. Az 5. ábra azt is jól szemlélteti, hogy az oszlopról visszaverődő energiaszint, és az oldalnyalábszint, jelentősen csökkent.



5.sz.ábra. Reflektió hatásának csökkentése közeltéri mérés esetén

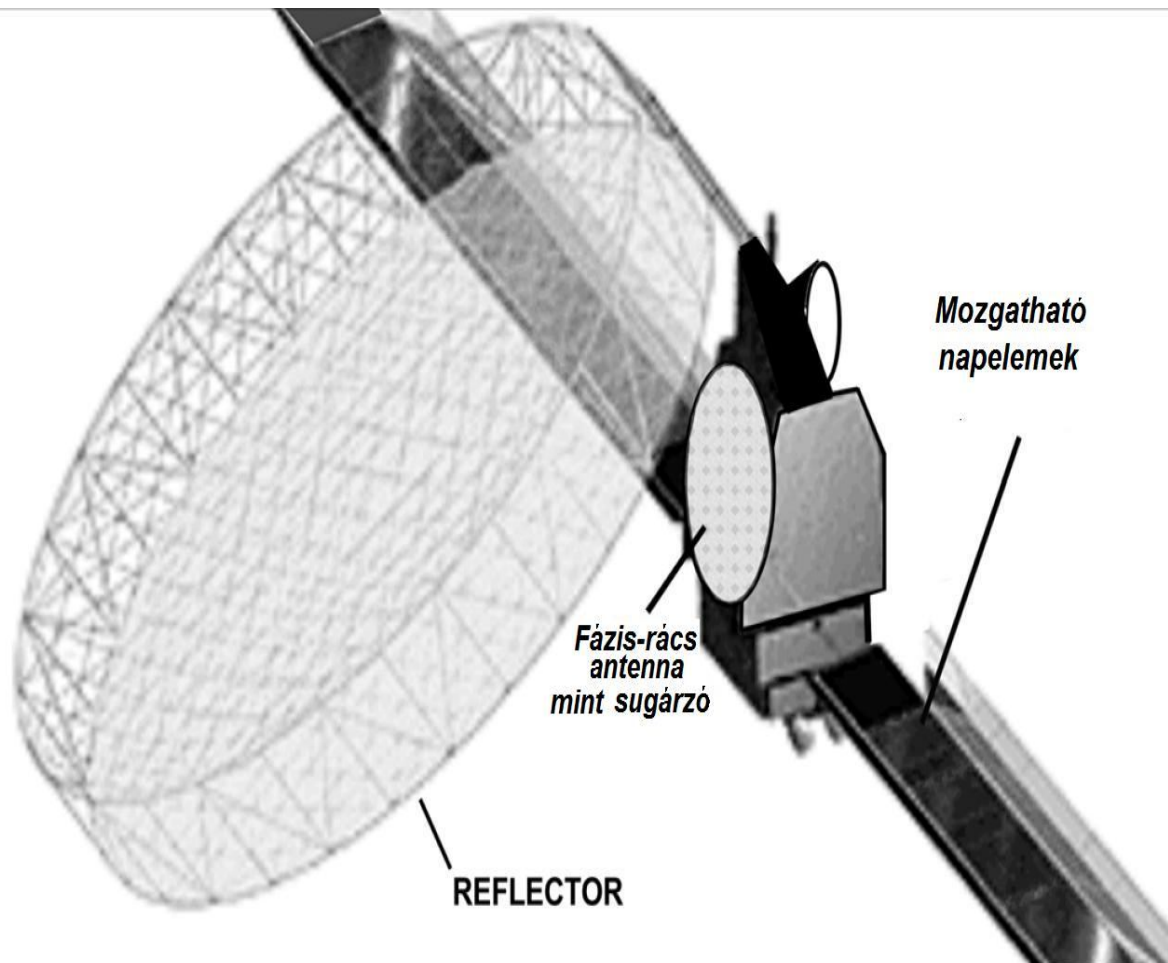
Világűrbe telepíthető radartervek

A következő nagy témablokk, amelyre a konferencia külön szekciót szentelt, a világűrbe telepített radarokkal kapcsolatos kutatások és eredmények áttekintése volt. Ez azért lehet érdekes a magyar olvasók számára, mert a Pécs-környéki radar telepítési helyének megválasztásával kapcsolatban sok téves vélemény látott napvilágot. Számomra az a vélemény, hogy a világűrbe telepített radarok ma már feleslegessé teszik a földi radarok telepítését teljesen érthetetlen és elfogadhatatlan. Egyszerűen belátható, hogy a világűrbe telepített, telepítendő radarokkal szemben másfajta műszaki elvárás fogalmazódik meg, melyek a telepítés körülményeiből következnek. Így például az, hogy a Földhöz legközelebb található műhold-radar pálya felszínhez viszonyított magassága kb. 100km. Ezen a magasságon a műhold (radar) a Földet 1-1,5 óra alatt kerüli meg, így Magyarország felett csak néhány percig tartózkodik.

A légi forgalom biztonsága megköveteli, hogy a hazánk légterében tartózkodó repülő eszközökről legkevesebb 12, de inkább 10 másodpercenként, újadat (információ) álljon rendelkezésre. Ha feltételezzük, hogy valaki megoldja a világűrbe telepítendő légtérelőző radar műszaki elvárásait (becslések szerint legalább 2 milliárd USD), meg kell oldania néhány száz műhold-radar pályára állítását, fenntartását, majd a vezérlésük és az adatkommunikáció biztosítását is.

Ahhoz, hogy állandóan Magyarország fölött tartózkodjon egy műhold, 36000km magasságban a Föld felszíne fölött kell keringenie. Ebben az esetben a műholdak száma csak egy, de a Pécs környékére tervezett radar maximális, elméleti céltárgydetektálási távolsága kevesebb, mint 500km. Milyen nagy radart kell építenünk, ha 35 500km távolságra található a céldetektálás területe?

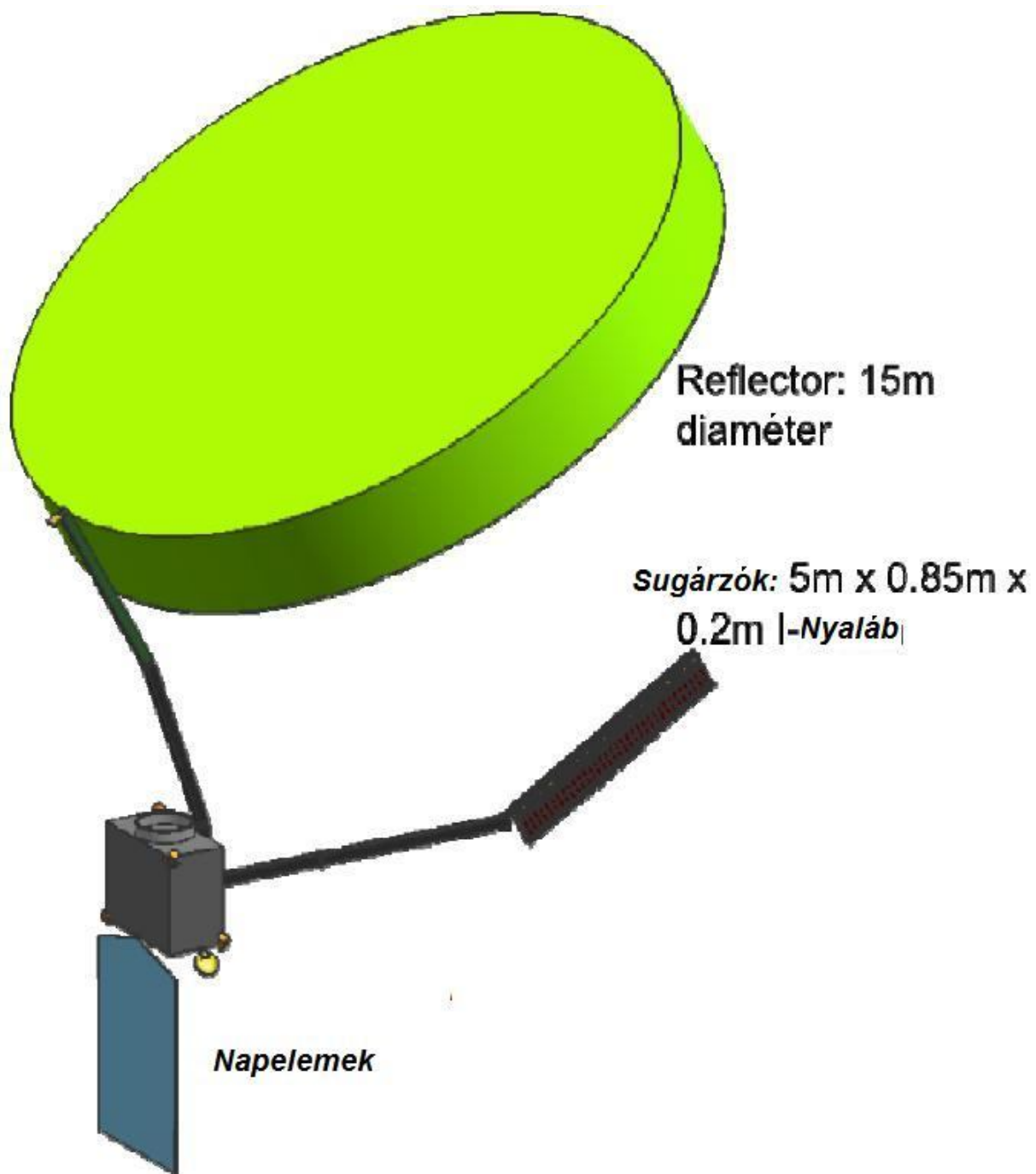
A probléma érzékelésére ismertetek néhány tény D.Lynch cikkéből (Limitation of Scanning Arrays for Space). Az elképzelést a 6. sz.ábra szemlélteti.



6.sz. ábra. Új típusú nagy antenna felülettel rendelkező műhold-radar tervezet

A műhold közepén található Fázis-rács antenna rendszer feladata megegyezik a földön települt hasonló radarantennáéval: a jel erősítése, a sugárnyaláb elektromos kialakítása, és mozgatása a tér elvárt irányába. Az elképzelt antenna kb. 100 000 adó-vevő egységet tartalmaz a hozzájuk tartozó fázistoló és késleltető tápvonalakkal. Így a megoldás nemcsak drágának de tömegénél fogva súlyosnak is ígérkezik, ami a pályára állítás miatt nagyon jelentős probléma. D. Lynch ezért azt javasolja, hogy a fázis-rács antenna egészüljön ki egy esetleg két, megfelelően elhelyezett reflektorral, melyek irányítottságukkal, és megfelelően nagy felületükkel jelentős többlet antenna-nyereséget, adnak. Az így kialakult hibrid radar jelentős tömegcsökkenést eredményez ahhoz a megoldáshoz képest, mely csak egy fázis-rács antenna alkalmazásával kívánja megoldani a feladatot. Ezzel a megoldással a mozgatható napelemek energiája hatékonyan kihasználható.

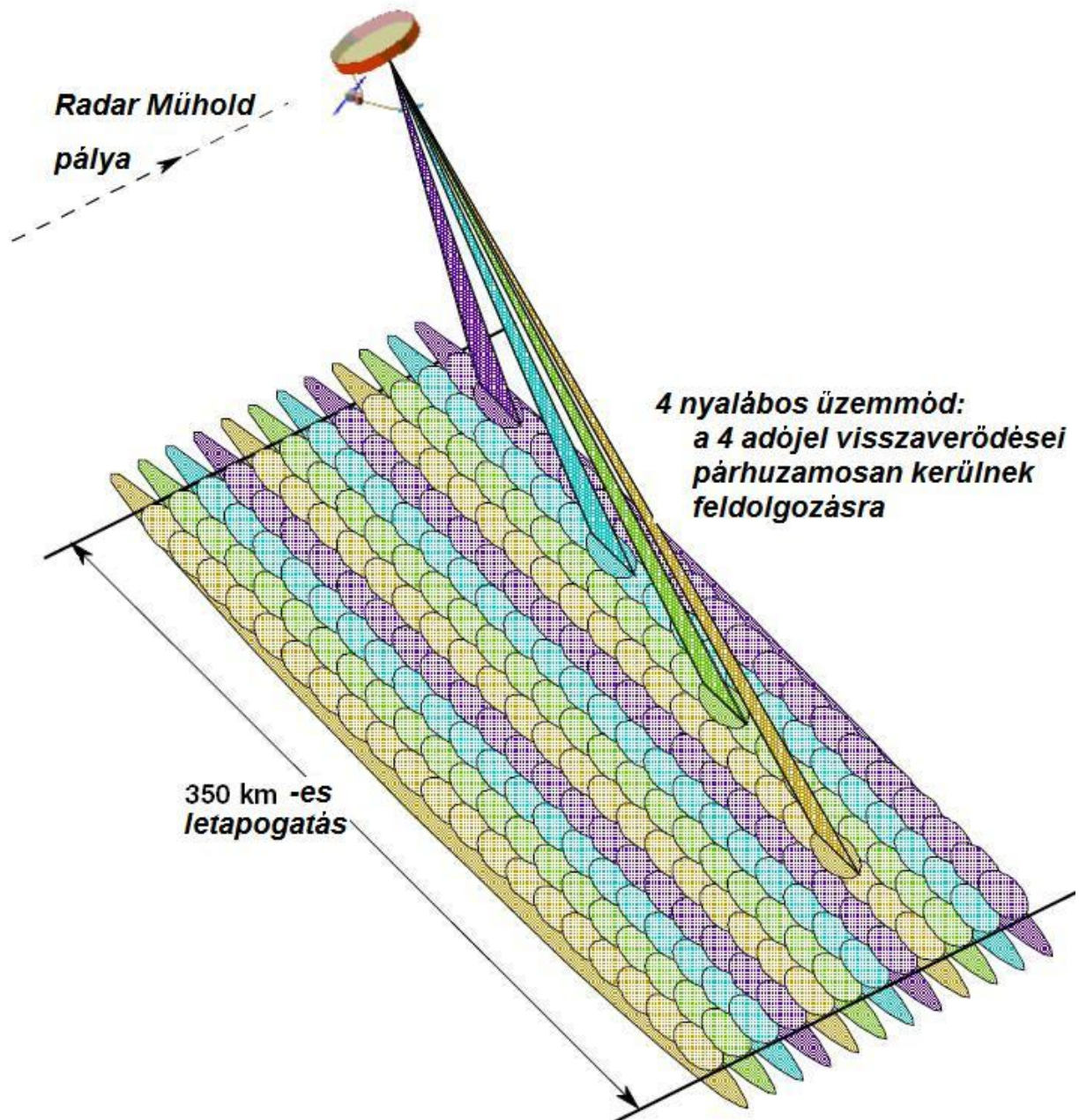
Hasonló, már a megvalósítás fázisában lévő Szintetikus Apertúrájú Antennával (SAR) rendelkező műhold radar leírását tartalmazza W.T.K. Johnson előadása (Radar Designs for the DESDynI Mission). Az általa említett. radar Földközeli a sarkokhoz igazított alacsony pályán, a Föld vegetációját, felszínének és a jég változásának mértékét tudja figyelni. A 7. sz ábra a radar főbb részegységeit és azok méreteit mutatja.



7. sz.ábra. Több frekvenciás nagy antenna nyereségű műhold-radar

Ezeket a SAR eszközöket, képalkotó radaroknak is nevezzük, mivel a koherens jelfeldolgozásnak köszönhetően a felbontóképességük olyan jó, hogy a vett jelekből fényképet tudnak előállítani. A sugárzókat lineáris elhelyezésű fázis antenna biztosítja, míg a reflektort egy 15m átmérőjű reflektor. Ez az új radar lehetővé teszi kb. 100 m-es felbontást a 340 km-es letapogatási sávban. A 8. sz. ábra a SAR működését szemlélteti. Az ábrán jól látható, hogy a teljesítmény növelése érdekében, négy párhuzamosan üzemelő nyaláb biztosítja a Föld felszínének letapogatását a „D” (régiesen „L”) frekvencia sávban. (A Pécs környékére tervezett radar ugyanebben a „D” frekvenciasávban üzemelne.)

A SAR a Földkörüli pályáján 3-4 hetente képes lenne újra letapogatni a Földfelszín előzőleg letapogatott részeit. Szakemberek megállapítása szerint, a több éve tartó kutatás, fejlesztés eredményeként, az egyedülálló képességekkel rendelkező radar mégsem lesz majd alkalmas a légi forgalom megfigyelésére.



8.sz. ábra. 4 párhuzamos adatfeldolgozással rendelkező Szintetikus Apertúrájú Radar térletapogatási lehetősége

A csillagközi tér rádiólokációs figyelése

A konferencia utolsó napján lehetőségem volt ellátogatni a NASA legnagyobb radar, rádió navigáció és rádiókommunikáció központjába. (Goldstone Apple Valley Radio Telescope) Ebben a központban folyik a fellőtt űrhajók földi követése, és itt foglalkoznak a Naprendszer bolygóinak és a csillagközi tér rádiólokációs spektrumban való kutatásával is.

A 9. kép a többcélú radarkomplexum egy kis részletét mutatja. A többcélú jelző, a passzív rádiólokáció nyújtotta lehetőségek kihasználását jelenti, pl. a Nap vagy a Jupiter óriásbolygó rendszeres megfigyelését. Fantasztikus élményt nyújtott a mazerek, a folyékony hidrogénnel hűtött kis zajú erősítők, a különböző hullámsávok szétválasztására szolgáló mechanikus szűrők és a rendszerek vezérlésének bemutatott megoldásai.

Láthattuk azokat a radarokat, amelyek rádióteleszkóp üzemmódban interneten hozzáférhetőek az általános-, a középiskolások és az egyetemi hallgatók számára.

Az űrtechnológia a jelen és a jövő fő iparága, melyre már ma el kell kezdeni az elhivatott szakemberek előképzését, és ebben a NASA központban tett látogatásom megerősített. Az „Arany völgyben” található radar rendszerről további információ megtalálható az alábbi <http://deepspace.jpl.nasa.gov> internetes oldalon.



9. ábra. 34 m tányérátmérőjű rádióteleszkópok a kaliforniai Goldstone völgybe.

A konferencián sok, kiemelten színvonalas előadás hangzott el a legújabb kutatási eredményekről, de mindez jól szerkesztett könyv és CD formában is hozzáférhető az érdeklődők számára. Remélem, ezzel a cikkel is sikerült felkeltenem a témakör iránt érdeklődők figyelmét.

Irodalom

[1] Radar Conference 2009 Proceedings

[2] <http://deepspace.jpl.nasa.gov>