

Pető Tamás¹ – Dudás Levente² – Seller Rudolf³

DVB-T ALAPÚ PASSZÍV RADAR⁴

A passzív radar rendszerek a hagyományos telekommunikációs és műsorszóró jeleket felhasználva is képesek a céltárgyak érzékelésére. Mivel a passzív radarok tervezése folyamán általában egy már létező, kiépített rendszer lehetőségeit próbájuk meg kihasználni, olyan egyedi nehézségekkel kell megbirkóznunk, melyeket a hagyományos radarok tervezésénél például a sugárzott jelalak vagy akár a működési frekvencia megválasztásával alapvetően kiküszöbölhetünk. Az alkalmazott megvilágítási forrás tulajdonságai pedig alapvetően határozzák meg rendszer teljesítőképességét. Egy hatékonyan működő rendszer kialakításra azonban remek lehetőséget kínál a Digitális földfelszíni műsorszóró (DVB-T) jel a korrelációs tulajdonságainak köszönhetően. Most, hogy az eddig leküzdhetetlen akadályt állító technológia korlátok kezdenek eltűnni, az elméleti kutatások mellett kiemelt szerepet kap a rendelkezésre álló eszközökkel való realizálhatóság vizsgálata is. A dokumentum egy DVB-T jelet felhasználó passzív radar megvalósíthatósági kísérletét mutatja be, egyszerűsített modelleket felhasználva.

DVB-T BASED PASSIVE RADAR

The passive radar systems are able to detect targets using only traditional telecommunication or broadcast signals. During the design of a passive radar we are trying to exploit the opportunities of an already existing system, thus we need to face such problems that could be simply eliminated e.g. during the design of the transmitted signal or the operation frequency of a traditional active radar. The properties of the used source of illumination essentially determines the overall performance of the system. The Digital Video Broadcasting - Terrestrial (DVB-T) signal has beneficial properties from our viewpoint, therefore it offers a great opportunity to develop an effectively operating system. Nowadays passive radars are gaining ground and become more popular. Now, that the so far insurmountable technological limitations begin to disappear, beside the theoretical researches the investigation of realizations with the recently available hardware technologies are becoming more important. This paper presents a feasibility experiment of a DVB-T based passive radar using simplified models.

BEVEZETŐ

A passzív radar rendszerek anélkül képesek detektálni és követni céltárgyakat, hogy a céltárgyakat megvilágító forrásokkal együttműködnének. Aktív radarral történő felderítés során a rendszer kisugároz egy jól specifikált radarjelet, amelyet a céltárgyról reflektálva majd detektál. A passzív radarok ezzel ellentétben nem sugároznak, hanem a környezetükben lévő, egyéb forrásoktól származó jeleket használják fel a céltárgyak észlelésére. Mivel a rendszer nem sugároz ki semmilyen mérőjelet a céltárgyak észleléséhez, ezért nem detektálható és így nem is zavarható. A passzív radaroknak ezért nincs is szükségük dedikált adóegységre sem, emiatt az üzemeltetésük és gyártásuk is jelentős mértékben olcsóbb.

¹ egyetemi hallgató, BME – Szélessávú Hírközlés és Villamosságtan Tanszék, petotamas.mk@gmail.com

² egyetemi tanársegéd, BME – Szélessávú Hírközlés és Villamosságtan Tanszék, dudas@mht.bme.hu

³ egyetemi adjunktus, BME – Szélessávú Hírközlés és Villamosságtan Tanszék, seller@mht.bme.hu

⁴ Lektorálta: Prof. Dr. Makkay Imre ny. ezredes, egyetemi tanár, Nemzeti Közszolgálati Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar Katonai Repülő Tanszék, drmi48@gmail.com

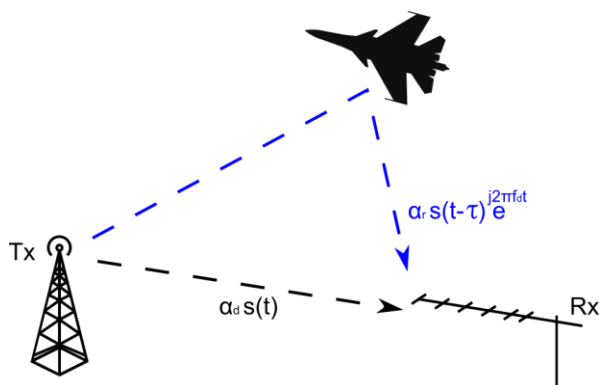
A számos előnyös tulajdonságának köszönhetően az utóbbi időben megnövekedett számú tudományos publikáció foglalkozik a passzív elven működő radarok működésével [5]. Nagy számban ezek közül behatóan tanulmányozza a lehetséges megvilágító források képességeit. [5][7]. Az eddigiekben kivizsgált megvilágító források közül a DVB-T jel kiemelkedően jó korrelációs tulajdonságokkal rendelkezik, ezért alkalmas a passzív elven működő radarok referencia forrásaként való felhasználására.

A dokumentum célja, hogy az eddigiekben elméletben részletesen kivizsgált eljárásokat gyakorlati mérési eredményeken keresztül igazolja.

A MŰKÖDÉS ALAPELVE

A szakaszban röviden bemutatásra kerül a passzív radarok egy leegyszerűsített modellje, amely alapján megérthető a detektálás alapvető koncepciója.

Az 1. ábra a radar működését illusztrálja. Az adótoronyból kisugárzott műsorszóró jel a közvetlen terjedési úton kívül számos más reflexiós úton keresztül is eljuthat a radar vevőantennájához. A legegyszerűbb modell felépítéséhez a különböző terjedési utak közül azonban elegendő kizárólag két úttal számolni. Ezek a közvetlen úton érkező jel és egy az érzékeltetni kívánt repülőgépről reflektált jel.



1. ábra Passzív radar főbb jelútjai⁵

Az eltérő utakon terjedő jelek egymástól függetlenül csillapítódnak. Jelöljük a direkt út csillapítását α_d -vel, valamint a reflektált jelút csillapítását α_r -el.

A csillapítás mellett mindkét jel a véges terjedési sebességek miatt eltérő idő késleltetéssel érkezik meg a vevőhöz. Jelöljük repülőgépről reflektált jel és a direkt úton érkező jel időkésleltetésének különbségét $\tau = t_r - t_d$ -vel.

A mozgó repülőgépről visszavert jel a repülőgép sebességétől, irányától és a geometriai helyzetétől függően valamekkora Doppler-eltolódást is szenved. Ezt a frekvencia eltolást jelöljük f_d -vel. A radar vevőantennája tehát ennek a két jelnek az összegét fogja venni.

Matematikailag ezek alapján az $r(t)$ vett jelet a következő képen írhatjuk le:

⁵ forrás: a szerző saját készítésű ábrája

$$r(t) = \alpha_d s(t) + \alpha_r s(t - \tau) e^{j2\pi f_d t} \quad (1)$$

A vett jel tehát tartalmazza a közvetlen úton érkező adótorony által kisugárzott jelet, valamint ugyanezen jel időben és Doppler-frekvenciában eltolt változatát.

A detektálás során ezért a célunk, hogy a vett jelben megkeressük a közvetlen úton érkező jel vagy más néven referenciajel időben τ -val késleltetett és f_d Doppler-frekvenciával eltolt másolatát. Ez praktikusán korreláció számítással tehető meg. A vett jel autokorrelációs függvényének kiszámításával, azokon a helyeken kapunk maximális jel-zaj viszony értékű csúcsokat, ahol a vett jel a lehető legjobban egyezik meg önmaga időben késleltetett változatával. A direkt úton érkező jellel korreláltatva a reflektált jelet akkor kapunk azonban csak maximális kiemelést, ha a direkt úton érkező jelet korrigáljuk ugyanazzal az f_d Doppler-frekvenciával amivel a reflektált jel is eltolódik az adótorony által kisugárzott jelhez képest. Mivel a céltárgy sebességét és így a Doppler frekvenciáját nem ismerjük, ezért a referenciajelet az összes lehetséges Doppler-frekvenciával el kell tolnunk.

A következőekben bemutatott modellben az egyszerűségekre való tekintettel feltételezzük, hogy kizárólag egy csatorna áll rendelkezésünkre a céltárgyak detektálásához. Mindazonáltal a referenciajel és a céltárgyról érkező visszavert jel elkülönített vétele a rendszer képességeit drasztikus mértékben képes növelni.

A detektálás során tehát első lépésként előállítjuk a vett jel különböző Doppler-frekvenciában eltolt változatait, majd az így előállított segédjelek mindegyikét korreláltatjuk az eredeti vett jellel. Az egyes korrelációs függvények sokaságából így összeállíthatunk egy kétdimenziós függvényt, amelynek maximumai azokat az időpontokat és Doppler-frekvenciákat jelölik, ahol a reflektált jelet is tartalmazó vett jel a lehető legjobban illeszkedik a műsorszóró adótorony által sugárzott aktuális jellel.

Az előzőek alapján a repülőgép detektálását az alábbi kétdimenziós Doppler-eltolás keresztkorrelációs függvény kiszámításával végezhetjük el:

$$\chi(\tau, f_d) = \int_{-\infty}^{\infty} r(t) r^*(t - \tau) e^{j2\pi f_d t} \quad (2)$$

A kereszt-korreláció számítás megegyezik azzal, mintha a jelet átengedtük volna egy illesztett szűrőn. A Doppler-eltolás korrelációs függvény ez alapján egy olyan illesztett szűrő bank kimenetét reprezentálja, ahol az illesztett szűrő bank a vett referenciajeltől és annak Doppler-frekvenciában eltolt változataiból készült el. A következő fejezetben ennek az illesztett szűrőbanknak a hatékonyságát vizsgáljuk meg, a használt referenciajel függvényében.

MEGVILÁGÍTÓ FÜGGVÉNYEK ANALÍZISE

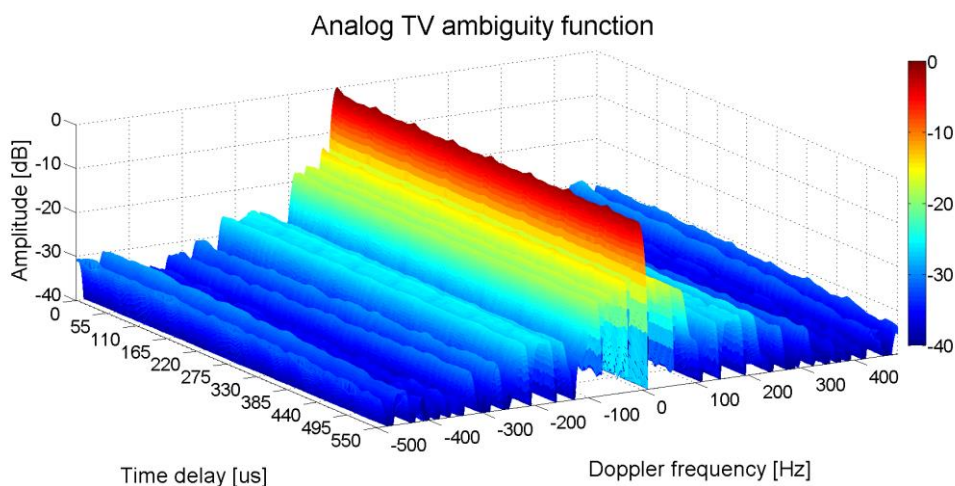
Mivel a jelfeldolgozó algoritmusokban korreláció számítást alkalmazunk, ezért a felhasznált megvilágító jel korrelációs tulajdonságainak vizsgálata meghatározó jelentőségű a passzív radar hatékony működésének szempontjából. A megvilágító jel alkalmazásában rejlő lehetőségek

elemzéséhez a jel egyértelműségi függvényét kell kivizsgálnunk. Az egyértelműségi függvény kiszámítási módja jelen esetben (egy csatornás vétel) megegyezik az első szakaszban közölt detektálás során számítandó Doppler-eltolás korrelációs függvénnyel (2). Amennyiben egy jel, az időben és Doppler-frekvenciában eltolt változataival igen jól korrelál, az azt jelenti, hogy az illesztett szűrő bank nem tud hatékonyan működni, mert a szűrők kimenetei között nincs elegendően nagy dinamika.

A bemutatott egyértelműségi függvények MATLAB segítségével kerültek kiszámításra. A maximális Doppler frekvencia eltolást 500 Hz-re lett megválasztva egy átlagos céltárgy sebességének megfelelően. Az egyértelműségi függvények kiszámítása során a koherens integrálási idő hozzávetőlegesen 60 ms.

Analóg TV jel

A (2.) ábra a Magyarországon is használt analóg TV adás egyértelműségi függvényét ábrázolja. Az analóg TV adás egyértelműségi függvénye az ábráról is kivehetően közel sem biztosít elegendően nagy dinamikatartományt a reflexiók detektálásához.



2. ábra Analóg TV jel bizonytalansági függvénye⁶

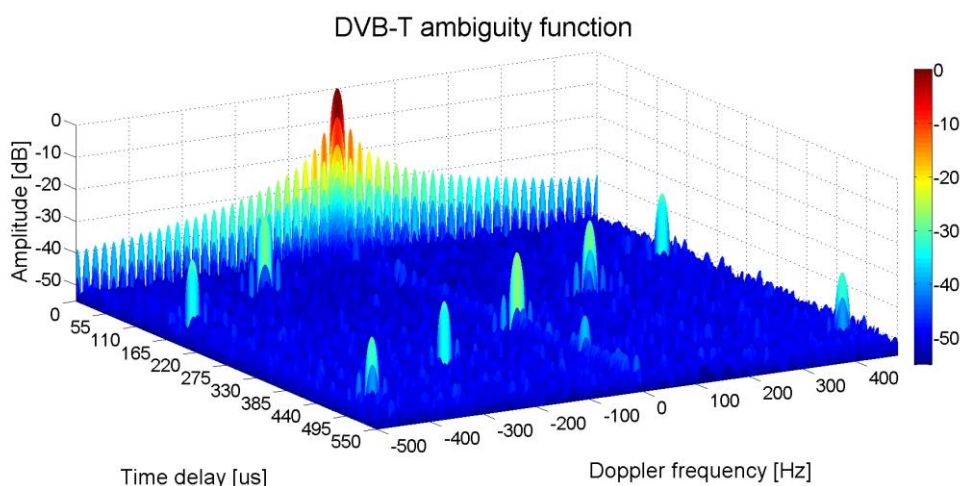
Általánosságban elmondható, hogy egy jel akkor rendelkezik kedvező korrelációs tulajdonságokkal, ha spektrálisan jól szétterített, azaz zajszerű a felépítése [3]. Az analóg TV jel a képinformáció átviteli módjából, és a beépített szinkronjelekből adódóan nem teljesíti ezeket a spektrális feltételeket.

DVB-T jel

A Digitális földfelszíni televíziós műsorszóró jel azonban a felhasznált OFDM (Ortogonalis frekvencia nyálábolás) modulációs sémának és az alkalmazott csatorna és forrás kódolásoknak köszönhetően kellőképpen véletlenszerűsített. Az előállított véletlenszerűsített információt egymáshoz relatíve közel lévő szinuszos vivők sokaságára ültetik rá, így zajszerű spektrális felépítést kapunk.

⁶ forrás: a szerző saját készítésű ábrája

A (3.) ábra a DVB-T jel egyértelműségi függvényét ábrázolja. Az ábra alapján a DVB-T jel Doppler-eltolás korrelációs függvénye 50 dB-es dinamikatartománnyal rendelkezik. Ez a dinamikatartomány, (mint az a későbbiekben bemutatásra kerül majd) már elegendően nagy ahhoz, hogy a reflexiókból származó korrelációs csúcsokat azonosítani lehessen. A függvényben megjelenő korrelációs kiemeléseket a jelet felépítő folytonos és szórt pilotjelek okozzák. Ezek a korrelációs csúcsok esetenként megnehezíthetik a céltárgyak detektálását, ezért az eltüntetésükkel érdemes foglalkozni. [3][4][6][8]



3. ábra DVB-T jel bizonytalansági függvénye⁷

PASSZÍV RADAR MÉRÉSI KÍSÉRLET

Előzetes számítások

A szakaszban egy DVB-T jelet felhasználó passzív radar kísérleti mérése kerül bemutatásra. A mérés fő célja a fentiekben bemutatott passzív radar működési elv gyakorlatban való igazolása. A tesztmérés helyszínéül célszerű olyan helyet választani, ahol a mozgó céltárgyak közel haladnak el a radar antennájához, ezáltal viszonylagosan nagy teljesítményszintűek a reflektált jelek. A mérési helyszínéül ezért a Budapesti Liszt Ferenc Nemzetközi Repülőtérre esett a választás. A tesztmérés előkészítéséhez és az elmélet alapján várható eredmények becsléséhez a hozzávetőleges teljesítményszintek kiszámításra kerültek a bisztatikus radaregyenlet alapján: [1][2]

$$P_{referencia} = \frac{P_t G_t G_r \lambda^2}{(4\pi)^2 L^2} \quad (3)$$

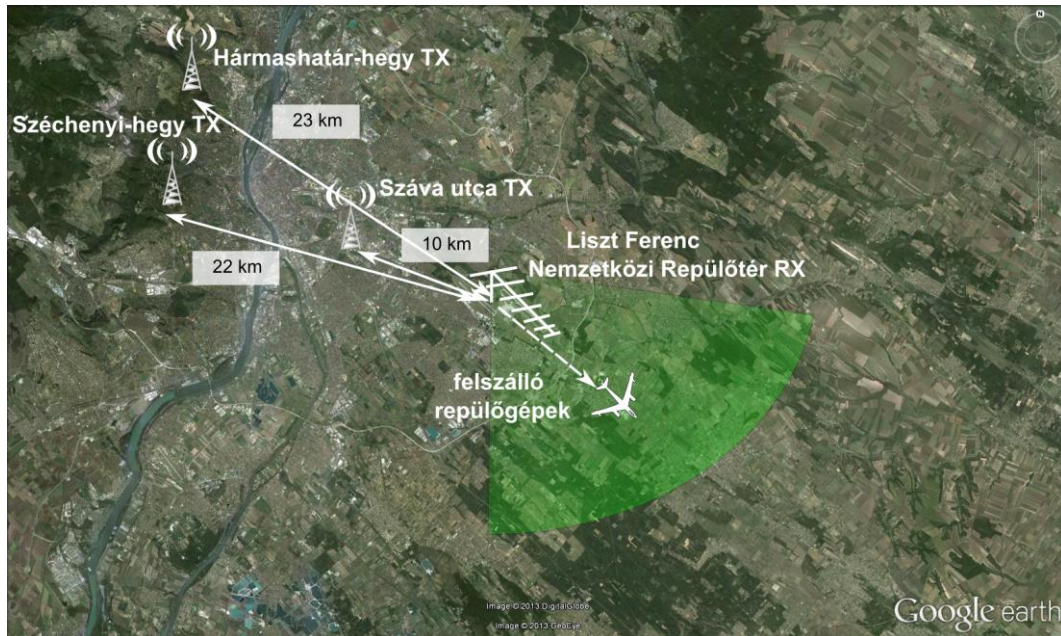
ahol

- $P_t \rightarrow 100 \text{ kW}$ – az adó teljesítménye
- $G_t \rightarrow 1$ – az adó antenna nyeresége
- R_t – az adó és a céltárgy közötti távolság
- R_r – a vevő és a céltárgy közötti távolság
- $\sigma_b \rightarrow 100 \text{ m}^2$ –bisztatikus RCS

⁷ forrás : a szerző saját készítésű ábrája

- $L \rightarrow 26 \text{ km}$ – a vevő és adótorony közötti távolság
- $G_r \rightarrow 1$ – a vevő antenna nyeresége
- $\lambda \rightarrow 0,5 \text{ m}$ – hullámhossz

A használni kívánt 610 MHz-es frekvencián Budapesten jelenleg három DVB-T adótorony üzemel. Ezek a Széchenyi-hegyen, a Hármashatár-hegyen és a Száva utcában találhatók. A számítások alapján a legnagyobb közvetlen úton érkező jelszintet a Széchenyi hegyi adótorony állítja elő a vételi ponton. Ez körülbelül -35 dBm -re adódik.



4. ábra A Budapesten üzemelő DVB-T adótoronyok és a kísérleti radar elhelyezkedése⁸

A DVB-T jel bizonytalansági függvényének ismeretében tudjuk, hogy a reflektált jel minimális jelszintje, 50 dB-el lehet a direkt úton érkező jel teljesítményszintje alatt a detektálás biztosításának érdekében.

A mérések egy 8 elemű 15 dB-es előre-hátra viszonyal rendelkező Yagi antennával készültek. Ennek a vevő antennának a használatával további 15 dB-el növelhetjük a direkt úton érkező jel és reflektált jel teljesítmény szintje közötti különbséget.

Az előzők alapján az antenna megfelelő beállításával, a minimálisan észlelhető reflektált jel teljesítményszintje $P_{min} = -35 \text{ dBm} - 15 \text{ dB} - 50 \text{ dB} = -100 \text{ dBm}$ körül várható.

A fenti (4) bisztatikus radaregyenletet átrendezve a minimálisan detektálható reflektált jelszint ismeretében kiszámítható maximális hatótávolság: [1][2]

$$R_t R_r = \sqrt{\frac{P_t \sigma \lambda^2}{(4\pi)^3 P_{min}}} \quad (5)$$

A jelölések megegyeznek a fenti (3,4) összefüggésben összefoglaltakkal.

A maximális becsült távolság ezek alapján 4,3 km-re adódik. A repülőgépről érkező reflektált jel

⁸ forrás : a szerző saját készítésű ábrája

okozta korrelációs csúcs a számítások szerint tehát ettől a távolságtól kezdve válik észlelhetővé.

A következő (6) egyenlet felhasználásával a Doppler-frekvenciára is tehető egy hozzávetőleges becslés. [1][2]

$$f_{Doppler} = \frac{2v}{\lambda} \cos(\Theta) \cos\left(\frac{\beta}{2}\right) \quad (6)$$

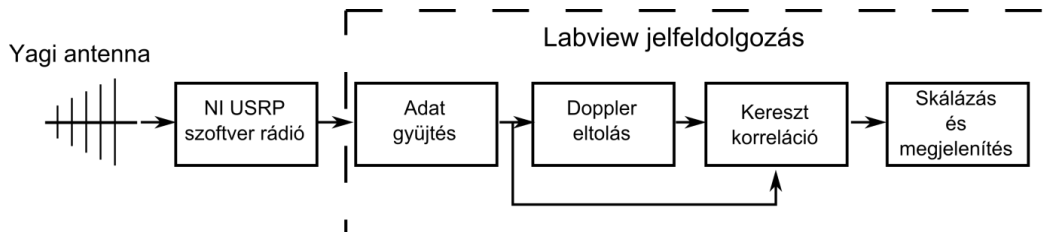
ahol Θ és β a mérés elrendezés geometriai paraméterei. A felszálló repülőgépek átlagos sebessége $330 \frac{km}{h}$ alapján a várható Doppler frekvencia $f_{Doppler} \approx 300Hz$.

A számítások elvégzéséhez a geometriából adódó paraméterek a Google Earth program segítségével kerültek meghatározásra.

A mérési összeállítás

A méréshez az egyszerű tesztkörnyezet felállíthatósága végett alapvetően általános célú hardverelemek kerültek felhasználásra. A rádiófrekvenciás jelek vételére és az adatok gyűjtésére a National Instrument 2920-as univerzális szoftver rádióját használtuk fel. Jelen esetben a teszt-mérés elvégzéséhez ez igen kézenfekvő választás, hiszen a radar elvi működésének kipróbálásához nem szükséges vevő egység tervezése és építése.

A mérés elrendezését az (5.) ábra szemlélteti. A méréshez tervezett Yagi antennáról érkező jeleket a szoftver rádió lekeveri, mintavételezi, majd az IQ mintákat továbbítja egy a méréshez elkészített Labview program számára gigabit ethernet keresztül. Az mért adatok tárolása után a Doppler-eltolás korrelációs függvény számítása offline módon történt.



5. ábra Mérési összeállítás blokkvázlata

A szoftver rádió használata során beállított fontosabb paraméterek a következők voltak:

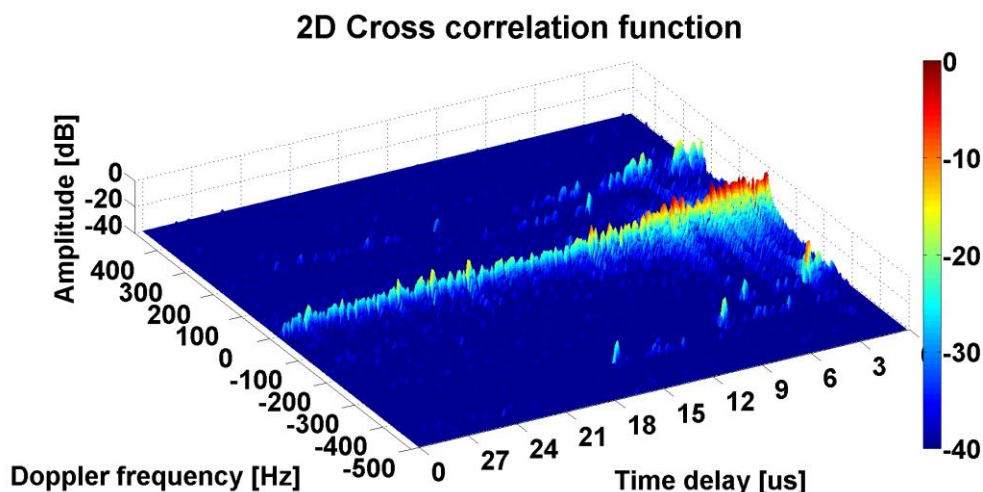
- működési frekvencia $\rightarrow 610 MHz$;
- IQ mintavételi frekvencia $\rightarrow f_s = 9 MHz$;
- bitmélység $\rightarrow 16 bit$;
- gyűjtött minták száma $\rightarrow N = 10^6$.

Az USRP által küldött adatokat egy Labview alkalmazás fogadta és dolgozta fel. A Doppler-eltolás korrelációs függvény kiszámítása a sebesség növelésének érdekében Fourier transzformációval került kiszámításra.

MÉRÉSI EREDMÉNYEK KIÉRTÉKELÉSE

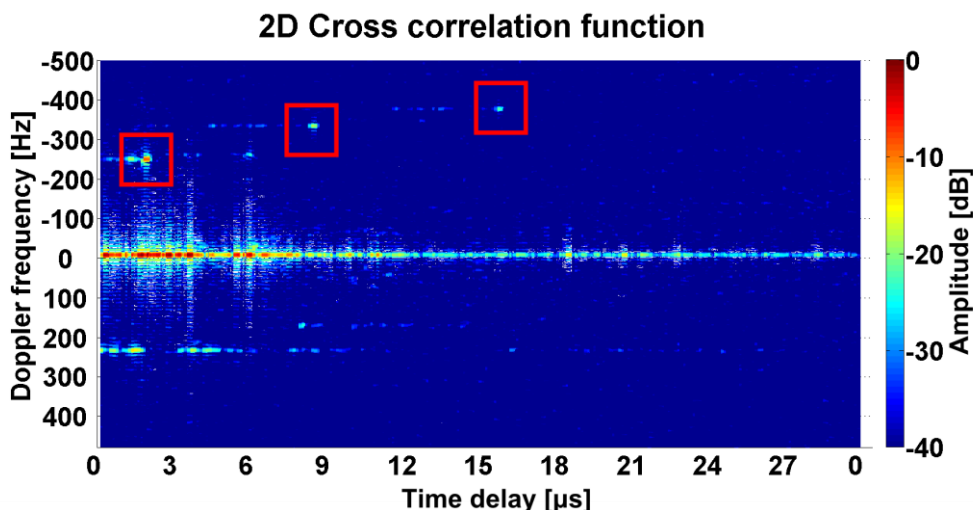
A minták begyűjtése után a (2)-es egyenlet alapján több egymást követő pillanatképre kiszámításra került a Doppler-eltolás keresztkorrelációs függvény. Egy pillanatkép kiszámításához

10^6 mintát használtunk fel, ezt átszámítva 110 ms -ot kapunk a koherens integrálási időre. A pillanatképek eredményeinek összevágásával a (6.) és a (7.) ábrakon prezentált eredmények születtek. Az előzetesen kiszámított 300 Hz -nek megfelelő Doppler frekvencia körül megjelenik egy korrelációs csúcs, amely az idő elteltével mind távolságban, mind pedig Doppler frekvenciában elmozdul a kiszámított korrelációs függvényeken.



6. ábra Kétdimenziós keresztkorrelációs függvény perspektivikus nézete⁹

A mérési eredmények ábráin feltüntetett időeltolódást átszámítva távolságra, a $20\text{ }\mu\text{s}$ -ra 6 km -t kapunk. Az utolsó pillanatképen ahol a céltárgy még teljes bizonyossággal azonosítható volt 14.6 ms -os időkülönbséget mértünk, ez távolságban $2,2\text{ km}$ -nek felel meg. Az eredményeket összevetve, elmondhatjuk, hogy a kiszámítottaknak megfelelő eredményeket kaptunk. A radar mérési alapelve tehát helytállónak bizonyult.



7. ábra Kétdimenziós keresztkorrelációs függvény felülnézete¹⁰

A korrelációs függvényt megvizsgálva, 0 Hz -en meglehetősen sok olyan korrelációs csúcsot találunk, amelyek nem a DVB-T jel felépítéséből adódóan vannak jelen. A radar tehát rengeteg

⁹ forrás: a szerző saját készítésű ábrája

¹⁰ forrás : a szerző saját készítésű ábrája

olyan a műsorszóró adótoronytól származó jelet vett, amelyek a környező tereptárgyakról visszaverődve, több utas terjedésen keresztül jutottak a vevő antennájára. Ez nagy mértékben csökkentheti a hasznos korrelációs csúcsok kiemelkedésének mértékét.

Mindazonáltal a leglényegesebb korlátozó tényező a nagy teljesítménnyel érkező direkt jel, amely az előzetesen becsülteknek megfelelően elfedte céltárgyról távolabbról reflektálódó jeleket.

A különböző adótoronyoktól érkező referencia jeleket ezért nagyságrendekkel ajánlatos csökkenteni a vett jelben ahhoz, hogy a céltárgyról érkező reflexió korrelációs csúcsa elegendően kiemelkedjen a referenciaként használt adások korrelációs függvényének küszöbszintje alól. Erre a feladatra a leghatékonyabb megoldás a referenciajelek kioltása (vagy legalább elégséges mértékben való csillapítása) fázisvezérelt antennarendszer alkalmazásával.

ÖSSZEGZÉS

A modern légtér ellenőrzés és felderítés területén a passzív radar rendszerek egyre nagyobb mértékben kezdenek az érdeklődés középpontjává válni az újonnan elérhető nagyteljesítményű jelfeldolgozó rendszereknek köszönhetően. Egy teljesen passzív elven működő rendszer kifejlesztéséhez az újszerű eljárásokat és módszereket a gyakorlatban is tesztelni kell.

A működési alapelv szimpla kipróbálásához kizárólag két jelútvonallal, valamint egyszerűsített terjedési modellel közelítettük a valóságban várható jeleket. A megvilágítási források közül az analóg TV és a DVB-T jelek kerültek részletesebben kivizsgálásra. Az elérhető dinamikatarományok alapján a DVB-T jel alkalmas a radar referenciaforrásként való felhasználására.

A radar hatékony működéséhez legalább két csatornára lenne szükség, azonban az előzetes számítások alapján már egy csatorna használatával is kipróbálható a detektálás alap gondolata.

A várható eredmények becslése után demonstrációs méréseket végeztünk a Liszt Ferenc Nemzetközi Repülőtéren. A kiszámított korrelációs függvényeken a előzetesen vártaknak megfelelően megjelentek a felszálló repülőgépről visszavert jelek korrelációs csúcsai. A mérési eredményekből szintén igazolást nyert, hogy az adótorony által kisugárzott referenciajel túlzottan magas teljesítményszintje a céltárgyakról reflektált jelek elfedését okozza. A hatótávolság növeléséhez ezért a vett jelben ki kell oltani a nagy szintű referenciajelet. A referenciajel kioltását praktikusán segédantennák, illetve antennarendszer alkalmazásával oldható meg [9].

KÖSZÖNETNYÍLVÁNÍTÁS

A kutatási projektet a nemzeti fejlesztési ügynökség támogatta (NFÜ, Magyarország) az alábbi projekt keretében: Kognitív Módszerű UAV Ütközés Elhárítás Milliméteres Hullámhosszú Radar Alkalmazásával, UWBSRR12, 2012-2015.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] MERRILL I. SKOLNIK Radar Handbook, McGraw-Hill Professional; 2 edition January 1, 1990
- [2] NICHOLAS J. WILLIS Bistatic Radar, SciTech Publishing Inc, 2005
- [3] M. RADMARD, M. BASTANI, F. BEHINA, M. M. NAYEBI Cross Ambiguity Function Analysis of the '8k-mode' DVB-T for Passive Radar Application, Radar Conference, 2010 IEEE, Washington, DC, 10-14 May 2010.
- [4] H. ANDREW HARMS, LINDA M. DAVIS, JAMES PALMER Understanding the signal structure in DVB-T signals for passive radar detection, Radar Conference, 2010 IEEE, Washington, DC 10-14 May 2010
- [5] F. BERIZZI, M. MARTORELLA, D. PETRI, M. CONTI , A. CAPRIA USRP technology for multiband passive radar, Radar Conference, 2010 IEEE, Washington, DC 10-14 May 2010
- [6] DIEGO LANGELOTTI Impact of synchronization on the ambiguity function shape for PBR based on DVB-T signals, Radar Symposium (IRS), 2010 11th International, Vilnius, Lithuania, 16-18 June 2010
- [7] M. RADMARD, M. BASTANI, F. BEHNIA, M. M. NAYEBI Advantages of the DVB-T Signal for Passive Radar Applications, Radar Symposium (IRS), 2010 11th International Vilnius, Lithuania, 16-18 June 2010
- [8] ZHIWEN GAO, RAN TAO, YONGFENG MA, TAO SHAO DVB-T Signal Cross-Ambiguity Functions Improvement for Passive Radar, Radar, 2006. CIE '06. International Conference, Shanghai, 16-19 Oct. 2006
- [9] TAO R., WU H.Z. , SHAN T. Direct-path suppression by spatial filtering in digital television terrestrial broadcasting-based passive radar, Radar, Sonar & Navigation, IET (Volume:4 , Issue: 6), December 2010