

ZAVARÓ ROBOTOK ELMÉLETBEN ÉS A GYAKORLATBAN

Bevezetés

Az elektronikai zavarási feladatok megoldása során közismert az a tény, hogy jóval kisebb zavaróteljesítmény elég egy adott összeköttetés hatékony lefogásához, ha a zavarás távolságát le tudjuk csökkenteni. A saját harcrendben nem lehet a szükséges mértékben megközelíteni a lefogandó állomásokat, ezért a zavaró eszközöket valamilyen módszerrel át kell juttatni a szemben álló fél területére, az ellenséges harcrendi elemek közé.

Ennek az elgondolásnak a megvalósítására születtek az egyszerű felhasználású zavaró berendezések, amelyeket repülőről, helikopterről kellett ledobni, vagy tüzérségi eszközzel kellett átlőni az alkalmazás kívánt térségébe. Ezen eszközök felett is eljárt az idő, és ma már olyan hordozók is számításba jöhetnek, mint például a pilóta nélküli repülők, valamint a szárazföldi robotok.

Jelen előadás azt mutatja be, hogy milyen elektronikai zavaró pilóta nélküli repülőgépek léteznek már ma e zavarási feladatok megoldása érdekében, majd azt, hogy bizonyos adástechnikák esetében a hatékony zavarásnak nincs is más lehetősége, mint a lefogandó összeköttetés fizikai megközelítése.

A mélységben történő elektronikai zavarás problémái

A korszerű viszonyok között vívott harcban a harctér jellege és a harcrend felépítése egészen más, mint a korábbi harcászati elvek szerint. A szembenálló felek nem sablonos harcrendben állnak egymással szemben, nincs összefüggő peremvonal, gyakran elszigetelt térségekben folytatnak intenzív harcokat, ezért a helyzet gyors változásához alkalmazkodni képes alkalmi kötelékek és gyorsan mozgatható eszközök kellenek. Az izolált térségekben vívott harchoz a robotosztus, nagyteljesítményű zavaró berendezések ma már alkalmatlanok.

Az elektronikai rendszerek digitalizálásának eredményeképpen a rádiófelderítés egyre inkább rádiótechnikai felderítéssé válik, aminek az az egyik következménye, hogy a kiterjesztett spektrumú rendszerek egy részének felderítése csak a sugárzó eszköz fizikai közelében valósítható meg.

A gyorsabb frekvenciaugratásos rendszerek lefogásának hatékonysága szempontjából már nem csak az energetikai szempontok a domináló tényezők, hanem a jelek futási ideje is meghatározóvá válik, amire a későbbiekben részletesen kitérek. A korszerűsítés egyrészt a digitalizáció, másrészt a manővereztetettség miatt vált létszükségletté, amire kedvező hatást gyakorol az a körülmény, hogy például a szoftverrádió technológia igen kedvező konstrukciós és konfigurációs lehetőségeket rejt az elektronikai felderítő-zavaró eszközök modernizálásához. Az új generációs berendezéseknél olyan interaktivitás, objektív kontroll és rugalmasság alakítható ki, amelyre a hagyományos rendszereknél soha nem volt lehetőség.

Ebből adódóan egyrésztől levonható az a következtetés, hogy az új generációs eszközök egy részét feltétlenül az ellenség mélységében kell tudnunk alkalmazni, más részről új felderítő, zavaró és nem utolsó sorban vezetési filozófia kidolgozására van szükség.

Az elvi, harcrendi és alkalmazási problémák megoldása előtt mindenképpen a hatékony zavarás fizikai megvalósíthatóságát kell alaposan szemügyre venni, vagyis azt, hogy matematikailag milyen tényezők befolyásolják a hatékony végrehajtást. Némi egyszerűsítést és néhány elhanyagolást téve a hatékony rádiózavarást az alábbi tényezők befolyásolják:

- a lefogandó összeköttetés adójának teljesítménye;
- az adó által használt antenna nyeresége a vevőberendezés irányában;
- a vevő érzékenysége;
- az alkalmazott üzemmód (zavarállóság, jelfeldolgozási eljárás);
- a zavaró berendezés teljesítménye;
- a zavaró állomás antennájának nyeresége a lefogandó vevő irányában;
- a zavarandó összeköttetés távolsága és az azon fellépő szakaszcsillapítás;
- a zavaró adó és a lefogandó vevő távolsága, az azon fellépő szakaszcsillapítás;
- a hullámterjedést befolyásoló tényezők;
- az üzemi frekvencia;
- a zavaró adó által létrehozott zavarjel üzemmódja (moduláció típusa).

A matematika nyelvére lefordítva ezeket a feltételeket és körülményeket, a lefogási tényezőtől kell kiindulnunk, amely definíció szerint a lefogás bekövetkezésekor a bemeneten fellépő zavarjel és hasznos jel teljesítményének minimális aránya.

$$K_{z \min} = \frac{P_z}{P_j} \quad \text{Ahol: } P_z - \text{ a vevő bemenetén megjelenő zavarjel teljesítménye}$$

$$P_j - \text{ a vevő bemenetén megjelenő hasznos jel teljesítménye}$$

Ha $K_{z \min}$ ismert és adottak az állomások technikai, valamint elhelyezkedési paraméterei, akkor a hatékony lefogáshoz szükséges minimális zavaró teljesítmény az alábbi összefüggéssel határozható meg:

$$P_{z \min} = K_{z \min} \frac{P_j G_j D_z^2 \Delta f_z}{G_z D_j^2 \Delta f_v \varrho_z}$$

ahol: $P_{z \min}$ – a hatékony zavaráshoz szükséges minimális teljesítmény;

$K_{z \min}$ – lefogási tényező;

P_j – a lefogandó összeköttetésben dolgozó adó teljesítménye;

G_j – a lefogandó összeköttetésben dolgozó adóantenna nyeresége a vevőkészüléke irányában;

G_z – a zavaró állomás antennájának nyeresége a vevő irányában;

D_z – a zavaró állomás és a vevő közötti távolság;

D_j – a lefogandó összeköttetésben dolgozó adó és vevő közötti távolság;

Δf_z – a zavarjel sávszélessége;

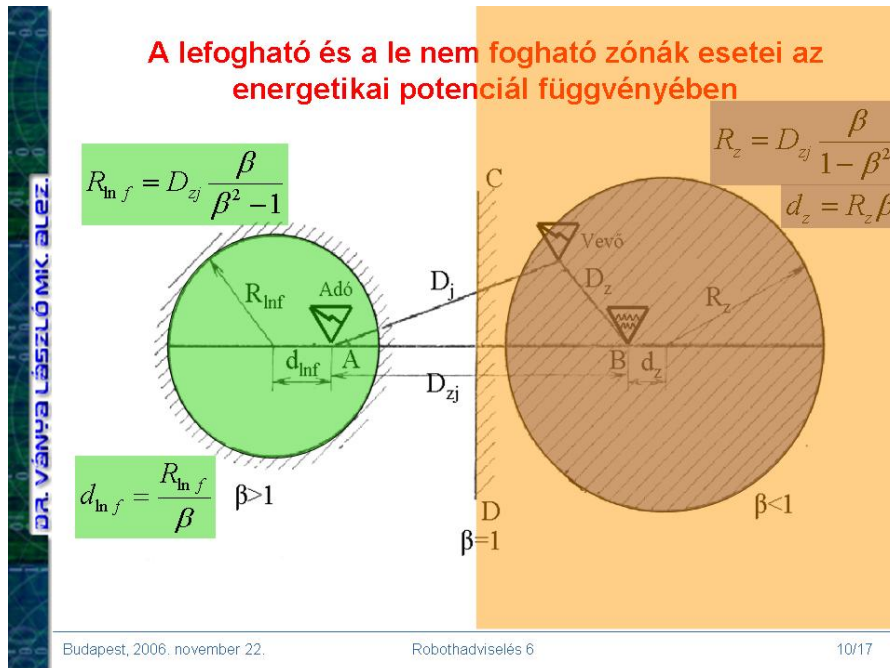
Δf_v – a vevőkészülék vételi sávszélessége;

ϱ_z – polarizációs egyeztetési tényező.

A rádióösszeköttetés lefogási távolsága matematikai átrendezéssel egyszerűen kapható:

$$D_z = D_j \sqrt{\frac{P_z G_z \Delta f_v \varrho_z}{P_j G_j \Delta f_z K_z}}$$

A gyök alatti mennyiséget a zavarási konfiguráció energetikai potenciáljának nevezzük. Jelöljük β -val.



1. kép

Anélkül, hogy a részletekbe mennénk, az 1. képről három jól elkülöníthető esetet tudunk meghatározni. Az ábra jobb oldali felén, a $\beta < 1$ eset fizikailag azt jelenti, hogy a zavaróállomás energetikai potenciálja kisebb a vevőpontban tekintve, mint a hasznos jel adójának energetikai potenciálja. Ilyenkor a zavarási zóna a zavaróállomás körül alakul ki és ha a vevőkészülék ebbe az ábrán barna vonalkázott területre esik, akkor a zavarás megvalósul, ha azon kívül bárhova, akkor pedig nem.

Ha a $\beta = 1$, vagyis az energetikai potenciálokat tekintve a zavaróállomás és a hasznos jel adója a vevőpontban energetikailag egyensúlyban, paritásban van, akkor a zavarási zóna a D vonaltól jobbra esik, a zavaróállomás oldalára. Ha pedig a $\beta > 1$, akkor a hasznos jel adója körül kialakuló (az ábrán zöld színnel jelölt) területen lesz a le az ún. le nem fogható zóna, vagyis azon kívül minden más területen a lefogás teljesül. Ez magyarázatot ad azokra a gyakorlatban tapasztalt esetekre, amikor a kötelékben haladó harcjárművek, vagy kötelékben, egymáshoz közel repülő repülőgépek rádióösszeköttetését nem lehetett zavarással lefogni.

Az is látható a fenti összefüggésekből, hogy a zavarás hatékonysága a zavaróadó teljesítményének csökkentése mellett is fenntartható, ha a zavarási távolságot csökkentjük, mégpedig ha megközelítéssel sikerül a zavarási távolságot a felére, harmadára, negyedére csökkentenünk, akkor a szükséges zavaró teljesítményből rendre a negyede, kilencede, tizenhatoda is elégséges ugyanahhoz a lefogáshoz. A megoldás tehát: vigyük közelebb a zavaró adót a lefogandó összeköttetéshez.

Erre szolgálnak a 2. képen látható pilóta nélküli repülőgépek is.



2. kép

Hasonló megfontolásból épül az amerikai WolfPack rendszer is, amelyről a 2005. évi ROBOTHADVISELÉS 5 konferencián részletesebben beszéltem. A zavarási feladatok megoldásának egyik kulcseleme ott is a távolság csökkentése, de egy sor más új zavarási technikai megfontolás is szerepet játszik.

A frekvenciaugratásos rádiók zavarásának problémája és egy megoldási lehetősége

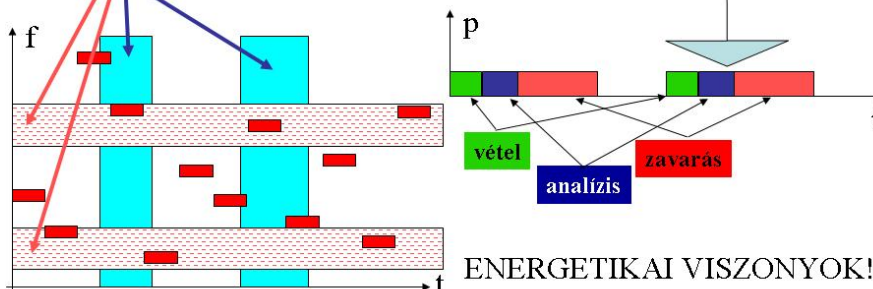
A korszerű, kiterjesztett spektrumú adástechnikát alkalmazó digitális rádióeszközök komoly kihívás elé állították az elektronikai hadviselést, mivel a felderítésük, iránymérésük és zavarásuk egészen más filozófiai és főleg technológiai megközelítést igényel, mint az analóg rendszerek elleni tevékenység. Jelen előadásban a frekvenciaugratásos rádiókat kiragadva keresünk megoldást a zavarás problémájára. A 3. képen a zavarás néhány elméleti lehetősége látható, azonban sem a részsávú, sem a rész időbeni szélessávú zavarás nem hatékony módszer, energetikailag, pedig igen előnytelen zavaróállomás konstrukciót igényelnek.

3. A FREKVENCIAUGRATÁSOS RÁDIÓK VÁLASZZAVARÓ ÁLLOMÁSOKKAL VALÓ ZAVARÁSÁNAK FELTÉTELEI ÉS MEGOLDÁSI LEHETŐSÉGEI

Intelligens zavarás (lenne): PN szekvencia ismerete

Nem intelligens zavarás:

- követő zavarás;
- késleltetett jellel történő ismétléses zavarás;
- parciális zavarás (nyers erő);
- részsávú zavarás;
- rész időbeni szélessávú zavarás.



Budapest, 2006. november 22.

Robothadviselés 6

11/17

3. kép

Mivel megkülönböztetünk úgynevezett lassú frekvenciaugratásos (Slow Frequency Hopping – SFH) és gyors frekvenciaugratásos (Fast Frequency Hopping – FFH) rendszereket, célszerű a vizsgálatot külön-külön elvégezni. A konstrukciós szempontok várhatóan több különböző rendszertechnikai felépítésű zavaróállomás típust igényelnek, amelyek alapvető harcászati-műszaki paramétereit is keressük.

A frekvenciaugrás és a harctér geometriai modelljének megalkotáshoz rögzítenünk kell néhány kiinduló adatot, amelyek segítségével a számvetéseket elvégezhetjük, majd ha szükséges, megvizsgáljuk az ezektől való eltérések hatását is. Az első használatos állandó a rádióhullámok terjedés sebessége, amely a fénysebességgel azonos, 3×10^8 m/s, vagyis 300 m/ μ s.

A lefogandó összeköttetésben üzemelő rádiók alapvető paraméterei a frekvenciatartomány, amelyben az ugrásfrekvenciák előfordulhatnak, az adóteljesítmény, az elemi benntartózkodási idő, a frekvenciaváltáshoz szükséges idő, valamint a másodpercenkénti ugrások száma. Alapvetően 30-100 MHz között üzemelő, 1-50 W teljesítményű harcászati-hadműveleti rádiókészülékekkel számolunk. Az egyes ugrások időtartama és a másodpercenkénti ugrások száma matematikailag fordított arányban állna egymással, ha nem vennénk figyelembe a frekvenciaváltáshoz szükséges időtartamot.

A továbbiakban legyen a gyors frekvenciaugratás gyakorisága, például 4000 ugrás/s, a benntartózkodási ideje pedig 125 μ s, vagyis 1:1 arány legyen az adás és az áthangolások időtartama között. A lassú frekvenciaugratás legyen másodpercenként 100 ugrás, a benntartózkodási idő pedig 5 ms, vagyis itt is 1:1 az arány. Ezek a számok nem egy konkrét eszköztípusra vonatkoznak, hanem csak a gondolatkísérlethez kellene. Minden további konkrét adatot ezekhez hasonlítva fogunk értékelni.

A harctér geometriai modelljének felvétele során egyelőre tekintsünk el a domborzati viszonyoktól, legyen a hullámterjedés ideálisan szabadtéri.¹ A legfontosabb paraméter tehát a távolság. A távolság azért is fontos paraméter, mert például egy 125 μ s időtartamú jel a térben

¹ Ez alatt azt értjük, hogy két pont között pusztán a szabadtéri szakaszcsillapítást vesszük figyelembe, eltekintünk a diffrakciós terjedési viszonyoktól, a különböző reflexiós hatásoktól, a domborzattól, a lehetséges többutas terjedéstől és minden más, a valóságban nem elhanyagolható befolyásoló tényezőtől.

$125 \mu\text{s} \times 300 \text{ m} / \mu\text{s} = 37,5 \text{ km}$ hosszú, ami összemérhető a terepen elhelyezkedő rádiórendszer és a zavaróállomás pozíciójának geometriai méreteivel. Így tehát nemcsak az energetikai viszonyok, hanem a futási idők is szerepet fognak játszani.

A valós, több állomásból álló rádiórendszerek esetén a zavarhatékonyság elemzéséhez meg kell vizsgálni, hogy az egyes állomások adási periódusaiban mely vevők foghatók le, tisztán az energetikai szempontokat figyelembe véve. Ez hagyományos adástechnikát (RH, URH, – AM, FM) használó hírrendszerek esetén meg is valósítható, mivel a közlemények viszonylag hosszú idejűek, frekvenciában, üzemmódban elkülöníthetőek, az iránymérési eredmények alapján gyorsan lokalizálhatóak. A felderítő-iránymérő technológia gyorsabb, mint a híradás üteme, ezért van arra is idő, hogy az újra és újra megszólaló adókra mérve azonosítsuk őket, kijelöljük a zavarokkal célszerűen lefogható, vagy le nem fogható állomásokat. Az elektronikai támogatás információinak, mérési eredményeinknek analizálása és matematikai modellek lefuttatása után automatizálttá tehetjük a zavaró rendszert.

További fontos paraméter a zavaró adó válaszkésleltetési ideje (Jammer Response Time). Ezt úgy definiálhatjuk, hogy ez az az idő, amely az ellenséges rádióadó jelének, a zavaró állomás pozíciójában való megjelenésétől a zavarjel kisugárzásának kezdetéig eltelik. Érezhető, hogy az a cél, hogy olyan berendezés struktúrákat alakítsunk ki, amely ezt az időt minél alacsonyabb értékre képes leszorítani. Ez alatt az idő alatt meg kell határozni a jel frekvenciáját, át kell adni az adónak, azt le kell hangolni, és indítani kell a zavarást.

Különböző konstrukciós megoldásokkal persze lehet csökkenteni azt. Ilyen lehet például, hogy a letapogató (scannelő) – akár gyorsműködésű – vevő helyett mátrixvevőt, szűrőbank vevőt stb. alkalmazunk, azaz keresés nélküli, azonnali frekvencia meghatározó vevőt. Adóként gyors frekvenciaszintetizátort és ultralinear végfokozatot alkalmazhatunk, amit nem kell a frekvenciaváltáskor kihangolni.

A számításokhoz vegyünk a zavaró adó válaszkésleltetési idejére példaképpen $100 \mu\text{s}$ -ot. Ez nem egy nagy követelmény, mivel például az azóta a rendszerből kivont rádiótechnikai válaszzavaró állomások hasonló időparamétere mintegy $50\text{-}70 \mu\text{s}$ volt.

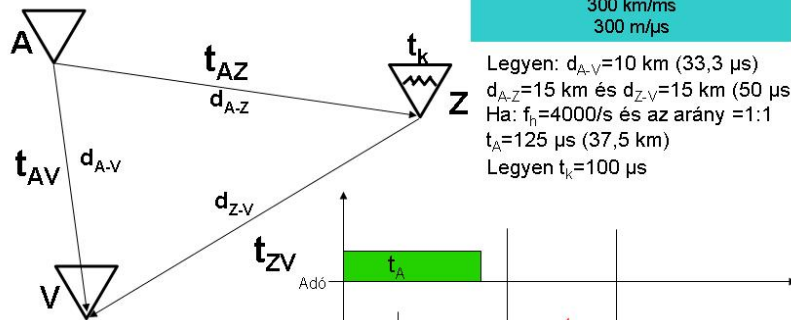
Meg kell gondolnunk, hogy az ilyen impulzus üzemi adásoknál mit nevezünk gyenge, közepes és erős zavarnak. A hatékonyság szempontjából meg kell különböztetnünk a különböző modulációs módokat, mivel azok alapvetően befolyásolják a hatékonyságot. Vegyünk például egy lassú hopping rendszert, ahol például egy adási periódus alatt $50\text{-}200$ bit adat is átmegy. Ha számításba vesszük a digitális rendszerekbe épített redundanciákat és a hibajavító kódolás hatását, azt mondhatjuk, hogy várhatóan az impulzusból elveszett $1\text{-}3$ bit ($2\text{-}5\%$) még nem okoz látványos hibákat. Ha azonban a zavar eléri a $20\text{-}40\%$ -ot, akkor komoly hibák jönnek létre, és $40\text{-}50\%$ fölött hirtelen teljesen összeomlik a közlemény.

Most vizsgáljuk meg, hogy mi a helyzet a gyors és a lassú hopping rendszerek zavarásakor, ha a fenti peremfeltételeket vesszük figyelembe.

Vegyünk egy általános helyzetet, (4. kép) amelyben legyen egy adó (A), egy vevőkészülék (V) és egy zavaró berendezés (Z).

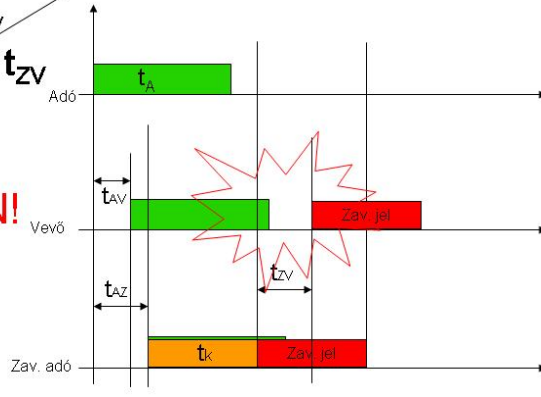
A zavarás tipikus konfigurációja

A rádióhullámok terjedési sebessége:
 3×10^8 m/s
 300 km/ms
 300 m/μs



Legyen: $d_{A-V}=10$ km (33,3 μs)
 $d_{A-Z}=15$ km és $d_{Z-V}=15$ km (50 μs)
 Ha: $f_n=4000$ /s és az arány =1:1
 $t_A=125$ μs (37,5 km)
 Legyen $t_k=100$ μs

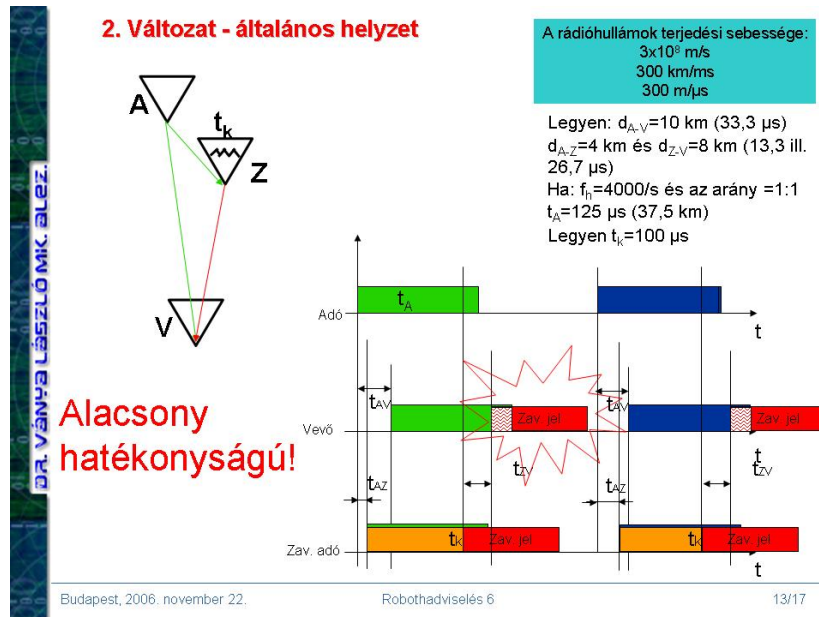
HATÁSTALAN!



4. kép

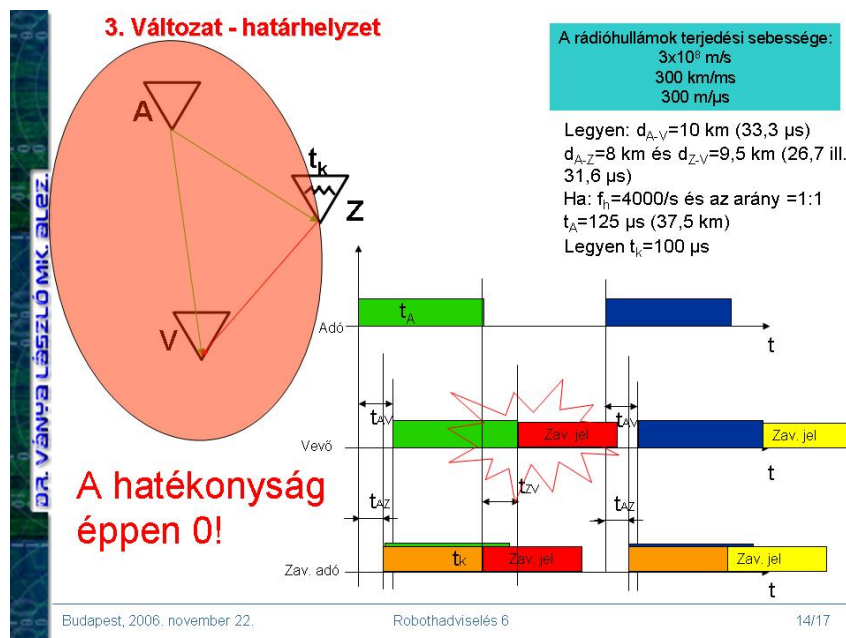
Az adó által kibocsátott elemi jelcsomag (hop) 300 m/μs sebességgel elindul a vevő és a zavaró adó felé egyaránt. A hullámfront eleje a vevőt t_{AV} idő múlva éri el, a zavaróadó vevőjét pedig t_{AZ} idő múlva. Ettől az időpillanattól számítjuk a t_k zavaró adó válasz késleltetési idejét. A 100 μs elteltével a zavarjel elindul a vevőkészülék felé és t_{ZV} idő alatt ér oda. Ha a 125 μs benntartózkodási időt távolságban számoljuk, az 37,5 km-nek felel meg. A zavaróállomás 100 μs-os késleltetése 30 km, ami azt jelenti, hogy ha a zavaró jel $(t_{AZ}-t_{AV})+t_k+t_{ZV}$ időben 25 μs-nál (távolságban 7,5 km) hosszabb, akkor a zavaró jel lekéste a vételi tartományt, vagyis nem találkozik a hasznos jellel a vevő bemenetén, vagyis a zavarás hatástalan.

Az 5. kép azt az esetet mutatja be, amikor a zavaróállomás (Z) közel helyezkedik el az adó-vevő közé húzott elméleti egyeneshez, ekkor már időben átfedés keletkezik a zavaró és a hasznos jel között. Az átfedés mértéke határozza meg a zavarhatékonytságot.



5. kép

Mekkora az a távolság, ahol az átfedés éppen 0-ra csökken? Ez azon pontok halmaza, amelyek az adó-vevő távolság+7,5 km állandó távolságban vannak, vagyis egy ellipszis² pontjai. (6. kép) A zavaró adót az ellipszisen belül kell telepíteni, ami a gyakorlatban azt jelenti, hogy egyszeri felhasználású zavaróadó konstrukcióra van szükség, amelyet átlőhetünk, vagy pilóta nélküli repülőről szórhatunk le a meghatározott területre, illetve a pilóta nélküli repülőnek ezen ellipszoid metszetű térrészben kell tartózkodnia.

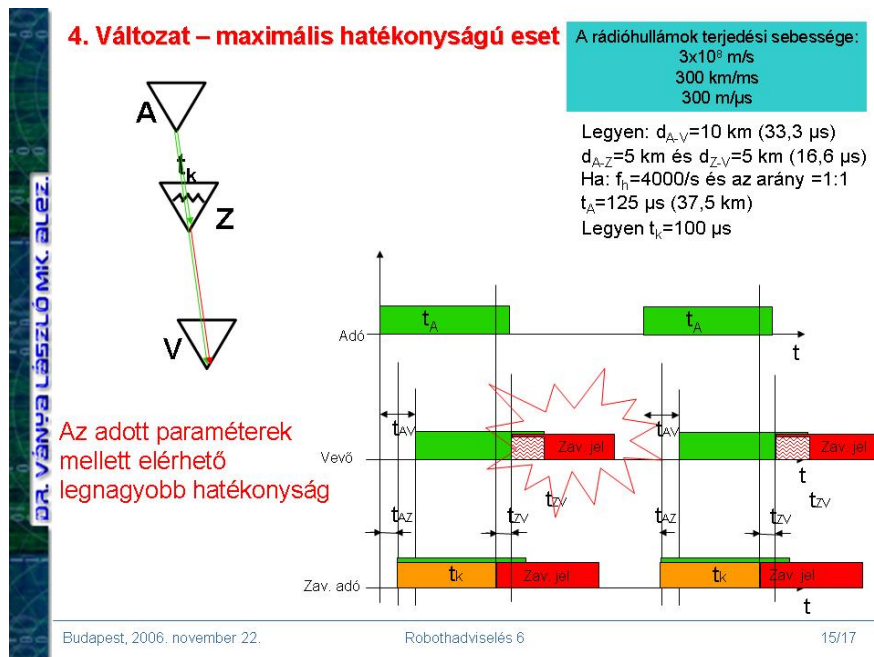


6. kép

² Az ellipszis matematikai definíciója: azon pontok mértani helye, amelyek távolságainak összege két adott ponttól állandó. A két pont, az ellipszis fókuszpontja, amelyen az adó és a vevő helyezkedik el.

Vizsgáljuk meg szélső esetekre. Ha a zavaró adót az adó (A) pontba tesszük, akkor $t_{AZ}=0$, a zavarási késleltetés azonnal indul, ahogy az adó kezd sugározni, majd t_{AV} idő múlva a hasznos jel odaér a vevőhöz. $100 \mu\text{s} + t_{AV}$ idő elteltével a zavarjel is eléri a vevőt. Esetünkben a hasznos jel és a zavarjel $125-100=25 \mu\text{s}$ ideig átfedik egymást, vagyis a lefogás időben teljesül.³

Ha a zavaró adót a vevőpontban helyezük el, akkor $t_{AZ} = t_{AV}$ és $t_{ZV} = 0$, a jel vételének pillanatától indul a zavaró adó késleltetési ideje, majd a $100 \mu\text{s}$ -tól indul a zavarás, vagyis ismét $25 \mu\text{s}$ az átfedés. Belátható, hogy a zavaró adót bárhol elhelyezve az adót és a vevőt összekötő egyenes mentén, a zavarjel átfedés állandó marad, és ez az érték az adott paramétereknél a maximális érték.



7. kép

Ha a másodpercenkénti ugrások számát növeljük, vagyis a benntartózkodási idő csökken, akkor egyre kisebb átfedés jöhet létre a hasznos jel és a zavarjel között, ami addig tolódhat el, hogy adott zavarkésleltetési idő mellett sehol sem lesz olyan pont, még az összekötő egyenesen sem, ahonnan elérhetné a zavarjel a hasznos jelet időben.

Ha az ugrások száma csökken, vagyis azonos jel-szünet arányt tartva nő az elemi adásidő, akkor az ellipszis egyre nagyobb, egyre hatékonyabb a zavarás már nagyobb távolságból is.

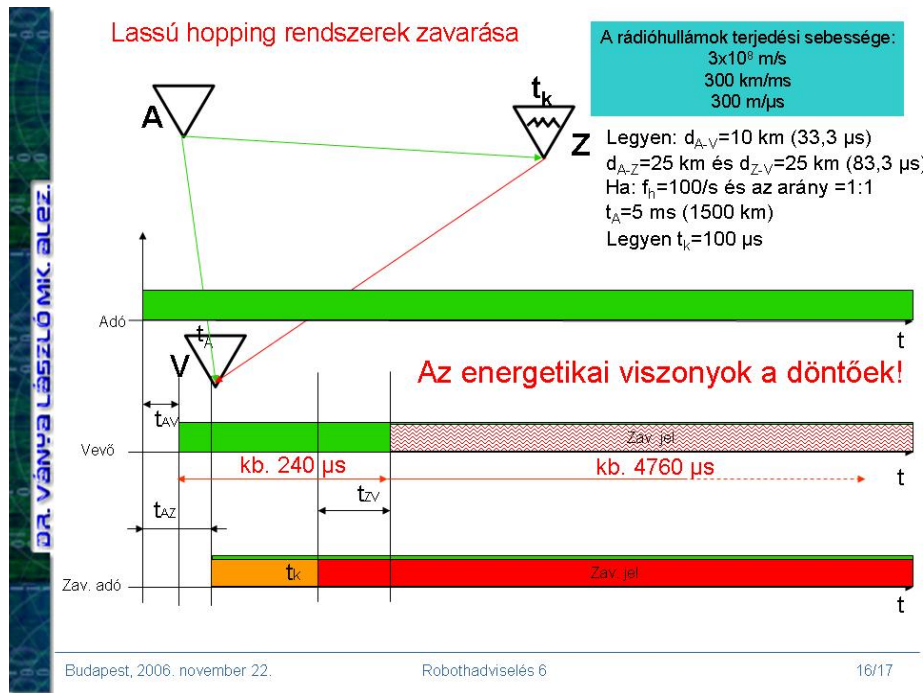
Ha valamilyen konstrukciós korszerűsítés folytán a zavarkésleltetési időt (t_k) csökkenteni tudjuk, akkor szintén nő az ellipszis mérete.

Konkrét paraméterek ismeretében meghatározható a lefogási ellipszis mérete, vagyis eldönthető, hogy célszerű-e a zavarás, egyszeri zavaró adóval, vagy saját területről kell megoldani, vagy akár hatástalansága miatt felesleges.

³ Feltételezzük, hogy a zavarás energetikailag is hatékony.

A lassú frekvenciaugratásos rendszerek zavarása

Ha az 5 ms benntartózkodási időből indulunk ki (8. kép), láthatjuk, hogy az 5 ms x 300 km/ms = 1500 km, vagyis harcászati-hadműveleti léptékben a 10-50 km-es távolságokon fellépő 33-166 μ s futási idők gyakorlatilag elhanyagolhatóak. Szintén jelentéktelen a zavaró adó 100 μ s-os késleltetési ideje is, vagyis megállapíthatjuk, hogy lassú frekvenciaugratású rendszerek esetén a "hagyományos", saját területről végrehajtott zavarás impulzusról-impulzusra mintegy 95%-os átfedésre képes időben, vagyis csak az energetikai viszonyok befolyásolják a zavar hatékonyságát.



8. kép

Összegzés

Elektronikai ellentevékenységi szempontból tehát annál biztonságosabb, védettebb a zavarok ellen a frekvenciaugrásos technikát alkalmazó kommunikáció, minél több rendszer üzemel a térségben egyidőben. A helyesen megtervezett (ortogonális) frekvencia kiosztás alkalmazásával egymásnak sem okoz kölcsönös zavart a nagyszámú üzemelő rádió. A korábbi adástechnikájú rádiók esetében ez pont fordítva volt. Minél több rádió üzemelt egy térségben, annál nagyobb volt a kölcsönös zavartatások, interferenciák kialakulásának valószínűsége. Az elektromágneses kompatibilitást (EMC) térbeli, frekvencia szerinti, időbeli és más elkülönítési módszerekkel igyekeztek biztosítani.

A fent leírtakból látható, hogy a korszerű kommunikációs rendszerek elleni zavaró tevékenység már nem csak energetikai kérdés, hanem az időtartományban is szigorú feltételeknek kell megfelelni a zavaró jeleknek. A rádiózavarás energetikai hatékonysága javítható a lefogandó vevők térségébe kijuttatott zavaró eszközök (pilóta nélküli repülő, zavaró robotok, átlótt, átdobott egyszeri felhasználású zavaró berendezések) alkalmazásával. A korszerű, nagysebességű frekvenciaugratásos rádiók impulzus válasz-zavarása csak a mélységbe kijuttatott eszközökkel oldható meg, mivel az intelligens, predikciós zavarás lehetetlen. A pilóta nélküli repülő aktív zavarási feladatra való alkalmazása a jövőben egyre nagyobb szerepet fog kapni. Ezzel egyidőben, az egyik probléma megoldása újabb problémát

szül, például azt a jelenséget, hogy a zavarási folyamatban előállhat az a jelenség, amit egyszerűen csak a zavaró adók „egymásra akadásának” nevezhetünk, vagyis az egyik zavaró adó jelét egy, a térségben működő másik zavaróeszköz vevője is veszi és kommunikációs jelnek értékelve kidolgozza a megfelelő zavaró jelet rá. A valódi kommunikációs adó elhallgatása után, kedvezőtlen esetben a két zavaróállomás egymásnak válaszolgathat, ami felesleges és más hasznos feladattól vonja el őket.

A probléma kiküszöböléséhez például a zavaró jelek és a valódi hasznos információt hordozó impulzusok modulációs jellemzőinek gyors összehasonlítása nyújthat segítséget. Ha a zavaró impulzusok például egységesen zajmoduláltak, akkor a zavaró állomás késleltetési idején belül azt is el kell dönteni, hogy a vett jel valamilyen szokásos modulációjú, vagy zajjal modulált. Ez az információ engedélyezheti a kisugárzást, vagy tilthatja le azt.

Egy másik megoldás lehet annak algoritmikus felismerése, hogy az egymásnak válaszoló zavaróállomások ugyanazon a frekvencián adnak újra és újra. Ha tehát a működtető program nem engedi, hogy a zavaróállomás kétszer egymás után ugyanazon a frekvencián sugározzon, az „egymásra akadás” problémáját meg is akadályoztuk.

FELHASZNÁLT IRODALOM

1. A. I. PALIJ: Radioelektronika borba. Moszkva, Vojennoje Izdatyelsztvo 1989. ISBN 5-203-00176-6 51-54. p.
2. Paul Kolodzy: WolfPack
http://www.darpa.mil/DARPATech2000/Presentations/ato_pdf/2KolodzyWolfPackB&W.pdf
3. Ványa L.: Doktori PhD értekezés. ZMNE Kutató Könyvtár, Budapest.