

CUPRINS

Ordinul șefului Statului Major al Apărării privind aniversarea a 20 de ani de la înființarea Agenției Militare pentru Managementul Frecvențelor Radio a Statului Major al Apărării	3
– Gl.lt. Daniel PETRESCU	
Mesajul șefului Direcției Comunicații și Tehnologia Informației cu prilejul aniversării a 20 de ani de la înființarea Agenției Militare pentru Managementul Frecvențelor Radio	5
– Gl.bg. ing. Nicolae MARIA-ZAMFIRESCU	
Mesajul șefului de stat major al Comandamentului Comunicațiilor și Informaticii cu ocazia împlinirii a 20 de ani de la înființarea Agenției Militare pentru Managementul Frecvențelor Radio	7
– Col. Gheorghe SPOIALĂ	
Agenția Militară pentru Managementul Frecvențelor Radio a Statului Major al Apărării la 20 de ani	9
– Col. Valentin-Gabriel GEORGESCU	
Aspecte ale securității cibernetice în mediul electromagnetic	15
– Col. Valentin-Gabriel GEORGESCU	
O paradigmă posibilă în abordarea comunicațiilor spațiale cu destinație apărarea națională prin invocarea Articolului 48 din Constituția Uniunii Internaționale a Telecomunicațiilor.....	22
– Ing. Octavian-Nicolae LUPU	
– Jur. Călin ZVANCEA-COZAN	
Uitați pentru moment de 5G și imaginați-vă în era 6G.....	28
– Lt.col. Alin PETRICĂ	
Conferința Mondială de Radiocomunicații 2019 – concluzii și rezultate	31
– Mr. Oana MAGAZIN	
JRFL în operațiile NATO	36
– Mr. Marius NICOLAESCU	
GIS aplicat în MFR.....	40
– P.c.c. Radu BADEA	
Utilizarea tehnologiei 5G în mediul militar	42
– Col. ing. Claudiu TĂNASE	
Internetul prin satelit	46
– Lt.col. Georgian TUDOR	
– Lt. Valeria-Georgiana LINCĂ	
– Slt. ing. Dragoș-Andrei TOPÂRCEANU	
Monitorizarea spectrului radio destinat radiocomunicațiilor spațiale.....	51
– Ing. Cristian UNGUREANU	
– Ing. Octavian-Nicolae LUPU	

Metode de identificare a direcției undelor radio	57
– Lt.col. ing. Viorel ADETU	
Aspecte privind instruirea la standarde NATO a personalului cu atribuții în domeniul managementului frecvențelor radio din Armata României	63
– Cpt. Neculai CRAIU	
Implementarea unui analizor spectral folosind tehnologia Software Defined Radio	66
– Slt. Andreea TURCU	
Comunicații în gama VHF	69
– Slt. Adrian-Eduard BULGARU	
Benzi de frecvențe radio pentru sisteme de comunicații aeronautice și radionavigație aeriană.....	73
– Mr. Anca TEODOROIU	
Link 16 – de la concept la realitate	78
– Lt. Ștefăniță-Romeo CERNAT	
– M.m. III Elena-Beatrice ANGHEL	
Efectele undelor electromagnetice odată cu creșterea frecvenței	81
– Slt. Bogdan COSTEA	

ORDINUL ŞEFULUI STATULUI MAJOR AL APĂRĂRII PRIVIND ANIVERSAREA A 20 DE ANI DE LA ÎNFIINȚAREA AGENȚIEI MILITARE PENTRU MANAGEMENTUL FRECVENȚELOR RADIO A STATULUI MAJOR AL APĂRĂRII



La 1 martie 2021, Agenția Militară pentru Managementul Frecvențelor Radio a Statului Major al Apărării sărbătorește 20 de ani de la înființare, ocazie cu care îmi exprim aleasa considerație și apreciere pentru profesionalismul și dăruirea personalului acestei unități de elită din Armata României.

Constituită ca răspuns la unul dintre obiectivele de aderare la NATO, unitatea este instituția specializată a Ministerului Apărării Naționale cu responsabilități pe linia gestionării eficiente a spectrului radio destinat utilizării în scopul apărării și constituie interfața cu alte structuri, militare și civile, de profil.

Aționând într-un cadru deosebit de complex, determinat de integrarea euroatlantică și europeană a României și totodată de poziția geografică a țării noastre, consider că Agenția Militară pentru Managementul Frecvențelor Radio își îndeplinește cu succes misiunea pentru care a fost înființată, unitatea asigurând în permanență accesul la resursele de spectru necesare exercitării comenzii și controlului forțelor Armatei României atât pe teritoriul național, cât și în teatrele de operații.

Domeniul de activitate al Agenției este dinamic, bazat pe un cadru de reglementare în continuă schimbare și adaptare, determinat de ritmul rapid de dezvoltare și implementare a noilor tehnologii radio atât în sectorul civil, cât și în cel al apărării. Managementul spectrului radio este un domeniu de nișă, în care zona de reglementare se îmbină cu zona tehnică, zona de planificare se îmbină cu cea operațională și toate, la un loc, se completează cu negociere și diplomatie.

Prin documentarea și perfecționarea continuă a cunoștințelor de specialitate, personalul Agenției a reușit să reprezinte și să promoveze interesele instituției militare la nivel superior, în cadrul delegațiilor naționale participante la lucrările Conferințelor Mondiale de Radiocomunicații și ale Conferințelor Europene ale Administrațiilor de Poștă și Telecomunicații, pe timpul reuniunilor grupurilor specializate de la nivelul NATO și al Agenției Europene de Apărare sau prin contribuția la elaborarea actelor normative naționale esențiale domeniului.

În condițiile dezvoltărilor tehnologice prezente, astăzi cu greu mai poate fi vorba de sisteme tehnice care să nu aibă nevoie de acces la spectrul electromagnetic. Cunosc importanța activității structurii dumneavoastră, care a crescut odată cu aceste progrese, iar provocările de care a avut parte au fost de fiecare dată depășite prin asumarea responsabilităților de către personalul unității și implicarea în îndeplinirea cu succes a acestora.

Parteneriatul strategic cu Statele Unite ale Americii a reprezentat o nouă dimensiune pentru consolidarea poziției unității pe plan intern și internațional, prin multitudinea activităților desfășurate în comun. Apreciez realizările și implicarea Agenției în ceea ce privește operaționalizarea elementelor din cadrul sistemului de apărare împotriva rachetelor balistice, constituirea capabilităților proprii de control și monitorizare a spectrului radio, precum și asigurarea compatibilității electromagnetice a sistemelor radioelectrice militare.

Totodată, este de remarcat faptul că profesionalismul personalului Agenției a stat la baza selecției acestuia pentru încadrarea unor posturi în structuri NATO și UE, precum și în teatrele de operații. Sunt încrezător că eforturile susținute depuse de dumneavoastră pentru îndeplinirea misiunii unității la standarde înalte, precum și găsirea de soluții pentru depășirea provocărilor viitoare vor fi continuate cu același profesionalism și implicare necondiționată.

Doamnelor și domnilor ofițeri, maiștri militari, subofițeri și personal civil contractual,

Aveți oportunitatea de a vă desfășura activitatea într-un domeniu tehnic foarte specializat, în unica structură a Armatei României care are ca misiune managementul spectrului radio utilizat în scopul apărării, fapt ce vă impune RESPONSABILITATE și PROFESIONALISM în toate acțiunile pe care le întreprindeți.

Gestionați o resursă strategică – spectrul de frecvențe radio – indispensabilă pentru funcționarea sistemelor necesare îndeplinirii misiunilor Ministerului Apărării Naționale.

De-a lungul timpului ați demonstrat calități profesionale deosebite, putere de muncă și o mare capacitate de adaptare la cerințele de interoperabilitate cu structurile similare ale NATO, ceea ce îmi oferă garanția că și pe viitor veți da dovadă de aceeași dăruire și eficiență în îndeplinirea misiunilor încredințate.

Să nu uitați niciun moment faptul că aveți sarcini deosebite de reprezentare și de apărare a intereselor instituției militare, la nivel național și internațional, pe linia asigurării accesului la spectrul de frecvențe radio!

*
* *

În această zi, în care sărbătorim două decenii de la înființarea Agenției Militare pentru Managementul Frecvențelor Radio, aduc mulțumiri întregului personal activ, în rezervă și în retragere care a contribuit, cu pricepere și devotament, la îndeplinirea misiunii unității și la creșterea prestigiului structurii.

Vă felicit și vă urez, dumneavoastră și celor dragi, multă sănătate și realizări deosebite în activitatea viitoare!

La mulți ani și propagare fără interferențe!

ȘEFUL STATULUI MAJOR AL APĂRĂRII

General-locotenent DANIEL PETRESCU

MESAJUL ȘEFULUI DIRECȚIEI COMUNICAȚII ȘI TEHNOLOGIA INFORMAȚIEI CU PRILEJUL ANIVERSĂRII A 20 DE ANI DE LA ÎNFIINȚAREA AGENȚIEI MILITARE PENTRU MANAGEMENTUL FRECVENȚELOR RADIO



Dragi camarazi,

Aniversăm la 1 martie 2021 un moment special, cu semnificații deosebite în evoluția și modernizarea Ministerului Apărării Naționale, care marchează creșterea nivelului de angajare în reglementarea, protecția și managementul resurselor de spectru electromagnetic la nivel național, resurse imperios necesare implementării capabilităților C4ISR în Armata României.

Agenția Militară pentru Managementul Frecvențelor Radio s-a constituit acum douăzeci de ani, la finele unei perioade de documentare și pregătire minuțioasă, inițiată în procesul de aderare la Alianța Nord-Atlantică, ca organism specializat de stat major, continuator al structurii ce funcționa din 1997 în cadrul Direcției comunicații și informatică (J-6/SMG), în vederea armonizării cerințelor naționale la noul context geopolitic determinat de desființarea Tratatului de la Varșovia, pentru aplicarea noilor politici adoptate la nivel global și continental și pentru îndeplinirea obiectivelor strategice de interoperabilitate.

Reglementarea și administrarea spectrului de frecvențe a constituit pe plan internațional și național o preocupare permanentă începând de la testarea primelor emisiuni radio, acțiuni impuse evident de-a lungul timpului de succesiunea și dezvoltarea spectaculoasă în plan tehnologic și economic a acestui sector. În domeniul militar, primele măsuri sistematice au fost luate în perioada interbelică, concomitent cu dezvoltarea capabilităților de monitorizare și cercetare electromagnetică, acestea devenind indispensabile procesului de planificare a operațiilor, încorporând în timp cerințele noilor sisteme de comunicații, navigație, armament și senzori, în epoca postbelică.

Înființarea acestor structuri de planificatori a fost accelerată în urma aplicării noilor concepte privind comanda și controlul forțelor dislocate în spații geografice tot mai extinse, a necesității creșterii vitezei de comandă, pentru implementarea cerințelor de management al spațiului operațional aerian și maritim, precum și datorită modernizării și diversificării sistemelor radiotehnice, inclusiv satelitare.

În armata noastră, primele structuri specializate de acest tip au luat naștere odată cu constituirea după război a Comandamentului Trupelor de Transmisiuni, iar la nivel operativ, prin însărcinarea structurilor de specialitate subordonate șefilor transmisiunilor la fiecare eșalon.

O influență importantă a avut-o introducerea în înzestrare, în statele membre ale Tratatului de la Varșovia, a unor noi mijloace radiotehnice, de comunicații, senzori sau sisteme de armament cu forme de undă tot mai complexe și sofisticate, care trebuiau să funcționeze în comun, într-un vast spațiu operațional, în benzi de frecvențe și cu puteri de emisie coordonate atât la nivel național, cât și internațional.

Doamnelor și domnilor,

Agenția Militară pentru Managementul Frecvențelor Radio prin personalul său de elită, cu cunoștințe și abilități tehnice remarcabile, și-a demonstrat din plin valoarea și eficiența, apărând interesele strategice ale Ministerului Apărării Naționale la nivel național și internațional, participând la planificarea și coordonarea desfășurării tuturor operațiilor și exercițiilor din ultimii ani, momente remarcabile ce au permis demonstrarea calităților umane rezumate în destoinicie, pricepere și coeziune, probând remarcabilul spirit de corp necesar îndeplinirii misiunii.

În prezent, personalul care activează în acest domeniu al guvernării spectrului de frecvențe încredințat Armatei României are răspunderi esențiale atât în dezvoltarea sau introducerea unor noi capabilități în serviciu, cât și în realizarea și operarea infrastructurii de radiocomunicații vitale pentru exercitarea comenzii și controlului, într-un spațiu operațional tot mai contestat, în care densitatea platformelor tactice, a sistemelor de armament și senzori este în continuă creștere și în care *Spațiul cosmic* și cel *cibernetice* sunt tot mai integrate.

În Afganistan, Irak, Mali sau oriunde patria le cere, asigurând cu înalt profesionalism resursele spectrului de frecvențe necesare în toate centrele de comandă, în sistemele de supraveghere și achiziție ținte sau la nivelul platformelor tactice, specialiștii Agenției se pregătesc și se perfecționează continuu pentru a realiza, minut de minut, la noi cerințe de calitate și eficiență, managementul acestor resurse aflate în responsabilitate, cu un impact esențial în asigurarea superiorității informaționale și decizionale.

Perfecționarea pregătirii managerilor de frecvențe, susținerea și apărarea poziției Ministerului Apărării Naționale în organisme interne și externe NATO, WRC și CEPT concomitent cu menținerea și dezvoltarea resurselor proprii necesare în sistemele militare de comunicații radio tradiționale, 5G, satelitare, de senzori, navigație, identificare și pentru legături de date tactice sunt priorități majore pe termen mediu și lung.

În vederea atingerii acestor obiective vă cer să manifestați, așa cum ați demonstrat în atâtea situații, profesionalism și dăruire, creativitate, inițiativă și pasiune, fermitate și consecvență, pentru îndeplinirea misiunii de bază și a sarcinilor esențiale.

Cu ocazia acestui eveniment aniversar, la împlinirea a 20 ani de existență a Agenției Militare pentru Managementul Frecvențelor Radio, vă adresez cele mai calde urări de sănătate, fericire și reușită în importante proiecte și întreprinderi profesionale, succese și realizări personale, dorind să vă asigur de cea mai înaltă considerație și prețuire pentru merituoașă și apreciată dumneavoastră activitate.

Îmi exprim adâncă recunoștință întregului personal activ, în rezervă și în retragere, veteranilor de război, tuturor celor cărora le datorăm continuitatea și perpetuarea tradițiilor, dar și garantarea solidarității prezentului, vă felicit și vă urez „La mulți ani!”

Așa să ne ajute Dumnezeu!

ȘEFULUI DIRECȚIEI COMUNICAȚII ȘI TEHNOLOGIA INFORMAȚIEI

General de brigadă ing. Nicolae MARIA-ZAMFIRESCU

**MESAJUL
ŞEFULUI DE STAT MAJOR AL
COMANDAMENTULUI COMUNICAŢIILOR ŞI INFORMATICII
CU OCAZIA ÎMPLINIRII A 20 DE ANI DE LA ÎNFIINŢAREA AGENŢIEI
MILITARE PENTRU MANAGEMENTUL FRECVENŢELOR RADIO**



Aniversarea la 1 martie 2021 a 20 ani de la înfiinţarea Agenţiei Militare pentru Managementul Frecvenţelor Radio îmi oferă deosebit de onoranta ocazie de a transmite, în numele Comandamentului Comunicaţiilor şi Informaticii, mesajul nostru de felicitare colegilor şi partenerilor noştri din această tânără structură din familia comunicaţiilor şi tehnologiei informaţiilor.

Înfiinţarea, în urmă cu 20 ani, a unei structuri specializate a Ministerului Apărării Naţionale cu atribuţii în domeniul managementului spectrului radio utilizat în scopul apărării a însemnat un moment deosebit de important pentru creşterea eficienţei gestionării spectrului de frecvenţe în contextul dezvoltării tehnologice, modernizării şi evoluţiei structurilor militare şi al apartenenţei României la structurile euroatlantice.

Managementul frecvenţelor radio demonstrează pe zi ce trece că este un domeniu tot mai important, deoarece, odată cu dezvoltarea şi creşterea exponenţială a numărului şi diversităţii echipamentelor radioelectrice, spectrul electromagnetic a devenit din ce în ce mai congestionat.

AMMFR, prin personalul său de un înalt profesionalism, şi-a demonstrat pe deplin locul de elită pe care îl ocupă în ansamblul structurilor armatei, prin protejarea intereselor instituţiei militare în domeniu şi asigurarea accesului la resursa spectrală necesară în toate exerciţiile şi operaţiile militare, îndeplinind cu succes toate misiunile încredinţate.

Încă de la înfiinţare, între Comandamentul Comunicaţiilor şi Informaticii şi Agenţia Militară pentru Managementul Frecvenţelor Radio a existat o strânsă colaborare în acest domeniu dinamic, prin susţinerea reciprocă în îndeplinirea misiunilor şi realizarea de proiecte comune, cum ar fi introducerea în dotare a primei autospeciale pentru managementul spectrului radio, fapt ce permite un management eficient şi complet al resurselor de spectru.

Iniţierea, împreună cu Agenţia Militară pentru Managementul Frecvenţelor Radio, a primelor cursuri de specializare în domeniu organizate la actuala Şcoală de Instruire pentru Comunicaţii, Tehnologia Informaţiei şi Apărare Cibernetică, după modelul cursurilor organizate de NATO, a reprezentat un bun început pentru formarea viitorilor manageri de frecvenţe, în condiţiile în care cunoaşterea şi înţelegerea reglementărilor din domeniu, a aspectelor pe linia compatibilităţii electromagnetice, precum şi dezvoltarea abilităţilor în utilizarea instrumentelor software destinate acestei activităţi complexe sunt condiţii esenţiale pentru managementul eficient al resursei spectrale.

Este o onoare pentru noi, personalul Comandamentul Comunicațiilor și Informaticii, să fim alături de dumneavoastră și cu această ocazie ne exprimăm admirația față de eforturile susținute în organizarea și executarea activităților specifice într-un domeniu atât de dinamic și plin de provocări permanente.

Cu convingerea că și în viitor cooperarea și colaborarea dintre cele două entități se va dezvolta constant și continuu, vă doresc mulți ani de împliniri și realizări, succese în realizarea proiectelor prezente și de viitor, reușite profesionale și personale.

**LA MULȚI ANI
AGENȚIEI MILITARE PENTRU MANAGEMENTUL FRECVENȚELOR RADIO!**

**ȘEFUL DE STAT MAJOR AL
COMANDAMENTULUI COMUNICAȚIILOR ȘI INFORMATICII
Colonel Gheorghe SPOIALĂ**

AGENȚIA MILITARĂ PENTRU MANAGEMENTUL FRECVENȚELOR RADIO A STATULUI MAJOR AL APĂRĂRII LA 20 DE ANI

Scurt istoric



Inființarea Agenției Militare pentru Managementul Frecvențelor Radio este strâns legată de aderarea României la Organizația Tratatului Atlanticului de Nord, un proces derulat pe parcursul mai multor ani, care a cuprins măsuri de restructurare și modernizare a armatei pe fundamente euroatlantice, în scopul realizării interoperabilității cu structurile aliate.

Astfel, ca răspuns la obiectivul PG 2786 I de aderare la structurile NATO (comandă și control (C2) – Agenții pentru managementul frecvențelor), în baza aprobării șefului Statului Major General pe raportul nr. G.3/784/19.03.2001 privind statul de organizare al structurilor subordonate nemijlocit Statului Major General, **la 1 martie 2001 se înființează Agenția Militară pentru Managementul Frecvențelor Radio a Statului Major General (AMMFR)**, cu indicativul numeric 02050 București.

Domeniul managementului frecvențelor radio nu era nou în Armata României. Gestionarea spectrului radio utilizat în scopul apărării, aflată inițial în responsabilitatea Comandamentului Transmișionilor, Informaticii și Electronicii, a fost transferată, începând cu aprilie 1997, în responsabilitatea Direcției Comunicații și Informatică, odată cu organizarea Statului Major General pe direcții. Agenția s-a constituit astfel prin transformarea Biroului management frecvențe radio și compatibilitate electromagnetică din compunerea Direcției comunicații și informatică, noua structură fiind completată cu personal de specialitate provenit din alte unități. Unitatea se afla în subordinea nemijlocită a Statului Major General.

Statul de organizare al AMMFR a fost aprobat prin documentul Direcției structuri și resurse nr. G.3/644 din 07.03.2001 și era întocmit în concordanță cu documentele de politică și cu reglementările specifice, la nivel național și al NATO, fiind proiectat pentru îndeplinirea optimă a misiunii și a domeniilor de responsabilitate stabilite. Structura organizatorică prevedea 1 șef de agenție și 3 birouri – Birou politici și management frecvențe radio, Birou compatibilitate electromagnetică și avizare obiective de radiocomunicații, Birou radiocomunicații militare și gestiune baze de date, cu un total de 18 funcții. Coordonarea pe linie de specialitate revenea Direcției Comunicații și Informatică, conform modificărilor la Compunerea de Pace a Armatei României, aprobate de șeful Statului Major General cu nr. G.3/881/27.03.2001.

Ținând cont de diversitatea și complexitatea competențelor ce revin Statului Major General, șeful Statului Major General aprobă în rezoluție pe raportul nr. B.5/2028 din 22.04.2001, ca AMMFR să fie în subordinea șefului Statului Major General (loțiitorului șefului Statului Major General).

Având în vedere intensele transformări produse în armată, apariția sau modificarea compunerii unor structuri centrale, începând cu luna august 2001, la ordinul șefului Statului Major General, Agenția se mută din localul M-100 în localul M-1000 din strada Știrbei Vodă.

Cu ordinul nr. AG/975 din 04.12.2001, loțiitorul șefului Statului Major General aprobă atribuțiunile funcționale, documentele specifice de lucru și diagrama de relații a AMMFR.

Importanța, locul și rolul deținut de AMMFR în domeniu au determinat redislocarea unității, în baza ordinului șefului Statului Major General, începând cu data de 15.01.2003, în localul M-100, din strada Izvor nr. 110, unde funcționează și în prezent.

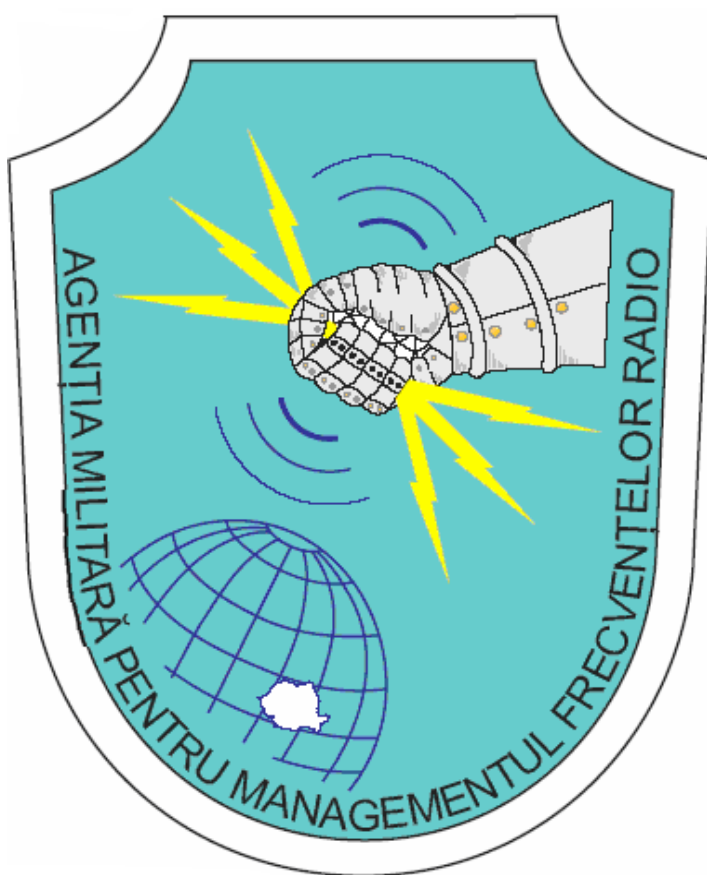
Ca urmare a transformărilor produse și necesității de adaptare permanentă la realitățile existente și la cerințele NATO, prin Ordinul șefului Statului Major General nr. S.M.G.-5/10.01.2007, AMMFR trece în subordinea directorului Statului Major General, prin directorul adjunct al Statului Major General pentru conducere administrativă, fiind coordonată pe linie de specialitate de către Direcția Comunicații și Informatică.

Experiența acumulată în timp, schimbările produse la nivelul Alianței Nord-Atlantice și nevoia de a răspunde eficient la misiunile specifice au determinat stabilirea unui nou stat de organizare a AMMFR, aprobat prin dispoziția Statului Major General nr. G.2/S/1354/05.08.2008, cu intrare în vigoare de la data 01.10.2008. Acesta a fost proiectat pentru a răspunde mai bine nevoilor unității și îndeplinirii misiunilor specifice și totodată a asigura o mai bună diviziune a muncii. Agenția rămâne în continuare organizată pe 3 birouri, dar cu denumiri modificate, menținute și în prezent – Birou planificare spectru electromagnetic, Birou management frecvențe radio și Birou compatibilitate electromagnetică și avizare obiective de radiocomunicații, și cu reducerea numărului de funcții, la pace, de la 18 la 15 funcții.

Demersurile inițiate și eforturile depuse de către personalul Agenției, cu ocazia aniversării primului deceniu de la înființarea structurii, pentru realizarea unui însemn heraldic care să exprime cât mai bine misiunea și domeniile de responsabilitate, au fost încununate de succes. Astfel, în rezoluție pe raportul șefului Statului Major General nr. CP2-7266 din data de 01.10.2010, ministrul apărării naționale aprobă însemnul heraldic, ecusonul, fanionul, insigna, placheta și steagul de identificare al unității, elemente importante care au contribuit la definirea și promovarea identității structurii atât în interiorul Ministerului Apărării Naționale, cât și pe plan extern, cu ocazia activităților desfășurate în comun cu alte state, pe teritoriul național sau în afara acestuia.

Complexitatea tot mai mare a sistemelor radioelectrice din dotarea Armatei României, nevoia de identificare a unor soluții viabile la provocările existente în mediul electromagnetic și a unui management complet, eficient și în timp real al resurselor de spectru radio gestionate de instituția militară au impus necesitatea constituirii, la 01.04.2015, a Biroului control și monitorizare spectru de frecvențe radio. Demersul s-a realizat în baza aprobării șefului Statului Major General pe raportul nr. AG(S)-27/2015, fapt care a determinat creșterea numărului de funcții, la pace, de la 15 la 17. Un impact deosebit în eficientizarea domeniului a fost reprezentat de introducerea în dotarea armatei și operaționalizarea primelor capabilități de control și monitorizare a spectrului radio, în sprijinul activității de gestionare eficientă a resurselor de spectru alocate MAPN.

Actualul stat de organizare, în vigoare de la data de 01.12.2020, prevede, în continuare, organizarea Agenției pe birouri, cu structură de securitate proprie, având un număr total de 18 funcții, la pace, fiind astfel asigurat cadrul organizațional necesar îndeplinirii misiunii stabilite la înființare. Agenția se află în subordinea șefului Statului Major al Apărării și în coordonarea pe linie de specialitate a șefului Direcției Comunicații și Tehnologia Informației.



Misiuni și domenii de responsabilitate

Potrivit politicii NATO în domeniu, agențiile militare pentru managementul frecvențelor radio sunt structuri ale ministerelor apărării sau statelor majore ale apărării, cu rol de asigurare a interfeței de coordonare, la nivel militar național, între structura specializată a NATO și statele aliate, pe linia accesului la resursele de spectru radio. Aceasta explică și cerința de poziționare, la nivel central, a unei asemenea structuri. Totodată, rolul unei agenții militare pentru managementul frecvențelor radio, implicit al AMMFR, este de a funcționa ca partener al autorității civile de reglementare în domeniul telecomunicațiilor, pentru gestionarea resurselor de spectru utilizate de către toate forțele militare, pe întreg teritoriul statului respectiv (forțe naționale, NATO sau forțe vizitatoare) și în toate domeniile operaționale recunoscute – terestru, aerian, maritim, cosmic și cibernetic.

Misiunea AMMFR constă în asigurarea managementului spectrului radio alocat Ministerului Apărării Naționale și reprezentarea intereselor instituției militare în relația cu organisme militare și civile, naționale și internaționale, cu responsabilități pe linia armonizării utilizării spectrului electromagnetic. Aceasta a rămas neschimbată în cei 20 de ani de la înființarea structurii.

Domeniile de responsabilitate ale AMMFR sunt asigurate în acord cu politica NATO în domeniu și cu cerințele militare naționale. Acestea acoperă zona de planificare a spectrului electromagnetic, managementul frecvențelor radio, compatibilitate electromagnetică și avizare obiective de comunicații și controlul și monitorizarea spectrului de frecvențe radio, regăsindu-se în denumirea birourilor din compunerea unității.

AMMFR – 20 de ani de experiență în domeniu

Managementul spectrului radio este unul dintre acele domenii în care cunoștințele temeinice de specialitate, alături de o bună cunoaștere a limbii engleze și de motivația pentru perfecționarea continuă, sunt condiții esențiale pentru înțelegerea responsabilităților și obținerea performanțelor și satisfacțiilor profesionale. Cadrul de reglementare este vast, începând cu prevederi cu statut de tratat internațional, precum Regulamentul radiocomunicațiilor al Uniunii Internaționale a Telecomunicațiilor, reglementări la nivel european, precum cele elaborate la nivelul Conferinței Europene a Administrațiilor de Poștă și Telecomunicații, reglementări elaborate la nivelul NATO, UE sau în comun cu partenerii strategici ai României, continuând cu prevederi din legislația națională și din actele normative elaborate la nivelul MAPN. Fiind un domeniu bazat preponderent pe coordonarea între utilizatorii de spectru, relaționarea cu organisme și cu structurile armatelor străine partenere este o activitate complexă.

Dintre activitățile importante, cu grad înalt de vizibilitate pentru MAPN, la care a fost sau este angajat personal al Agenției, amintesc: participarea la misiuni în teatrele de operații și asigurarea sprijinului de specialitate la exerciții militare multinaționale, participarea la reuniunile Subcomitetului NATO pentru managementul frecvențelor radio (FMSC), în prezent Grupul de capacități NATO în domeniul spectrului (CaP3), consolidarea poziției naționale și participarea la lucrările Conferințelor Mondiale de Radiocomunicații (WRC) și ale Conferințelor Europene ale Administrațiilor de Poștă și Telecomunicații (CEPT), elaborarea și actualizarea Tabelului național de atribuire a benzilor de frecvențe radio, reprezentarea MAPN în cadrul Comisiei Interdepartamentale de Radiocomunicații, contribuții la elaborarea de legi, hotărâri de guvern, alte acte normative de importanță națională și specifice, organizarea primirii unor delegații străine din cadrul structurilor militare similare AMMFR sau ale partenerilor de discuții ai Armatei României, participarea în cadrul delegațiilor naționale la activități de reprezentare ori de negociere a unor acorduri internaționale, asigurarea accesului la spectrul cu utilizare militară pentru personalități străine și înalți demnitari, inclusiv șefi de stat sau de guvern, pe timpul vizitelor oficiale ale acestora în România, acțiuni desfășurate în comun cu alte instituții în sprijinul soluționării interferențelor prejudiciabile, expertiză în sprijinul derulării proiectelor strategice etc.

Profesionalismul personalului AMMFR a stat la baza selecționării acestuia pentru încadrarea unor funcții de conducere sau de execuție, atât în comandamente NATO, reprezentanțe militare, structuri ale Uniunii Europene, comandamente multinaționale, cât și în teatrele de operații din Afganistan și Kosovo. În cei 20 de ani de la înființarea AMMFR, personal din cadrul unității a încadrat funcții la nivelul Comandamentului Aliat pentru Operații, Comandamentului Aliat Întrunit de la Napoli, Statului Major al Uniunii Europene, Reprezentanței României la NATO și UE, Reprezentanței Statului Major al Apărării la SHAPE, Comandamentului Multinațional Întrunit de la Ulm, precum și în cadrul unor agenții ale NATO și ale Uniunii Europene.

Din anul 2001 și până în prezent, unitatea a avut o contribuție deosebită la implementarea, în Armata României, a procedurilor de lucru și aplicațiilor informatice utilizate în cadrul Alianței Nord-Atlantice, fiind printre primele structuri militare naționale care, încă premergător aderării, și-au desfășurat activitatea curentă după standardele NATO aplicabile domeniului managementului spectrului radio. Totodată, exercițiile au reprezentat întotdeauna cel mai bun mod de antrenare și de testare a procedurilor operaționale și a capacității de gestionare eficientă a resurselor de spectru la dispoziție, dar și pentru identificarea limitărilor și găsirea rapidă de soluții. Spectrul radio fiind o resursă limitată, în lipsa unui management eficient, de cele mai multe ori va fi insuficientă pentru satisfacerea cerințelor tuturor utilizatorilor de spectru, iar exercițiile multinaționale sunt ocazia cea mai bună pentru conștientizarea acestei realități și identificarea de soluții.

Instruirea personalului a constituit o prioritate pentru conducerea unității. Astfel, în anul 2011, împreună cu conducerea Centrului de Instruire pentru Comunicații și Informatică din cadrul Comandamentului Comunicațiilor și Informaticii (în prezent Școala de Instruire pentru Comunicații, Tehnologia Informației și Apărare Cibernetică), au fost inițiate primele cursuri de specializare în domeniul managementului frecvențelor radio, după modelul cursurilor organizate de NATO. Programa a fost permanent revizuită și îmbunătățită, pentru a oferi pregătirea managerilor de frecvențe din armată, dar și a personalului care urma să îndeplinească atribuții în domeniu, în cadrul contingentelor naționale participante la misiuni în teatrele de operații sau pentru încadrarea unor funcții dedicate managementului frecvențelor radio în alte structuri. De asemenea, personal din cadrul unității a participat la susținerea unor teme de specialitate incluse în programele de învățământ ale instituțiilor militare de învățământ superior, existând interes și deschidere pentru continuarea demersului.

Recunoașterea meritelor personalului unității, dar și consolidarea locului și rolului agenției sunt aspecte evidențiate și de faptul că, la 1 martie 2011, cu ocazia împlinirii a 10 ani de la înființarea AMMFR, șeful Statului Major General conferă Agenției, în semn de înaltă apreciere, Emblema de Onoare a Statului Major General. De asemenea, pe 1 martie 2016, la aniversarea a 15 ani de la înființarea Agenției, șeful Statului Major General conferă Emblema de Onoare a Comunicațiilor și Informaticii, pentru serviciile deosebite aduse armei comunicații și informatică în domeniul managementului spectrului radio, precum și pentru contribuția remarcabilă la promovarea imaginii Armatei României. Totodată, în semn de apreciere pentru rezultatele deosebite obținute și a profesionalismului personalului, șeful Direcției management resurse umane conferă Agenției, la 1 martie 2016, Emblema de Onoare a Resurselor Umane.

Realizările Agenției s-au datorat eforturilor și muncii în echipă desfășurate în cadrul structurii. Cu toate că actuala structură organizatorică reflectă o bună diviziune a muncii, (sub)domeniile se întrepătrund și se completează astfel încât numai împreună conduc la ceea ce reprezintă un management eficient al resurselor de spectru radio.

Direcții de efort

În condițiile fluctuațiilor de personal de la nivelul unității, determinate în principal de oportunitățile de reprezentare a instituției militare în diferite structuri NATO și UE, conducerea Agenției manifestă preocupări deosebite pentru identificarea unor mecanisme de creare a unui cadru de dezvoltare și promovare a managerilor de frecvențe din cadrul structurilor aflate în subordinea nemijlocită a Statului Major al Apărării (categorii de forțe și comandamente subordonate nemijlocit Statului Major al Apărării), experiența acumulată, completată cu nivelul de specializare pe care îl oferă Agenția, putând asigura resursa umană specializată pentru viitor și, implicit, stabilitatea și continuitatea activității în domeniu.

O altă direcție de efort constă în asigurarea expertizei de specialitate în sprijinul derulării proiectelor inițiate la nivelul MAPN, fie că este vorba de proiecte importante în domeniul comunicațiilor sau de proiecte în domenii care excedează sfera comunicațiilor, dar care presupun accesul la resursele de spectru radio, în contextul preocupărilor actuale de modernizare a înzestrării Armatei României.

În condițiile creșterii utilizării spectrului radio atât ca urmare a dotării Armatei României cu tehnică modernă, cât și ca rezultat al numeroaselor exerciții multinaționale desfășurate pe teritoriul național, dezvoltarea componentei de control și monitorizare a spectrului radio utilizat în scopul apărării, prin dezvoltarea de noi capacități la nivelul Comandamentului Comunicațiilor și Informaticii, reprezintă, de asemenea, un obiectiv de viitor al Agenției.

Îndeplinirea atribuțiilor în domeniu la standarde de performanță ridicată este în strânsă dependență de asigurarea unei instruiți adecvate a personalului. În acest sens, sunt de apreciat eforturile Școlii de Instruire pentru Comunicații, Tehnologia Informației și Apărare Cibernetică pe linia formării managerilor de frecvențe, prin cursurile de specializare organizate, AMMFR asigurând sprijinul necesar identificării soluțiilor optime care să răspundă nevoilor de instruire, adaptate la dinamica domeniului.

Toate cele prezentate mai sus constituie o parte din trecutul, prezentul și viitorul activității și realizărilor de la nivelul AMMFR. Există provocări ale prezentului, există și limitări, însă motivația personalului care își desfășoară activitatea în cadrul structurii, înțelegerea constrângerilor actuale și eforturile suplimentare susținute pentru îndeplinirea misiunii de bază a unității pot asigura îndeplinirea obiectivelor propuse și obținerea rezultatelor dorite.

În loc de concluzie

Managementul spectrului radio este un domeniu dinamic, cu reglementări în continuă schimbare, determinate, în principal, de dezvoltările tehnologice continue ce caracterizează sectorul radiocomunicațiilor. Astăzi, aproape orice sistem sau dispozitiv cu destinație militară sau civilă utilizează spectrul de frecvențe radio, numărul acestora a fost, este și va fi în continuă creștere, în condițiile în care spectrul nu va fi niciodată mai mult sau mai mare decât este.

Pentru armată, interesele privind accesul necondiționat la această resursă reprezintă o prioritate pentru îndeplinirea misiunilor. Toate sistemele de comunicații și non-comunicații, atât cele proprii, cât și cele ale partenerilor, angajate la exerciții și activități desfășurate pe teritoriul național și în afara acestuia, trebuie să aibă acces la spectru pentru a putea funcționa în orice moment și loc în care este nevoie. Acesta este principalul rol al Agenției!

Astăzi, Agenția Militară pentru Managementul Frecvențelor Radio este o structură care deține toate competențele necesare îndeplinirii rolului și responsabilităților stabilite, atât la nivel național, cât și în relația cu alte organisme NATO, UE și parteneri. Cei 20 de ani ai Agenției Militare pentru Managementul Frecvențelor Radio se traduc prin conștientizarea importanței activității desfășurate de către cei care au lucrat în această structură, contribuind, cu priceperea și determinarea de care au dispus, la scrierea istoriei unității.

**ȘEFUL AGENȚIEI MILITARE
PENTRU MANAGEMENTUL FRECVENȚELOR RADIO
Colonel Valentin-Gabriel GEORGESCU**

ASPECTE ALE SECURITĂȚII CIBERNETICE ÎN MEDIUL ELECTROMAGNETIC

Col. Valentin-Gabriel GEORGESCU

Agenția Militară pentru Managementul Frecvențelor Radio



Introducere

Spațiu cibernetic, securitate cibernetică, protecția datelor ... sunt termeni tot mai întâlniți în prezent. La serviciu, acasă, în media, pe internet, în cercurile de colegi și prieteni, preocupările și discuțiile pe

marginea protecției datelor stocate pe calculator sau pe telefonul mobil, a dispozitivelor și a rețelelor cu acces la internet demonstrează, de cele mai multe ori, un interes real pentru asigurarea protecției acestora, fie că acestea sunt utilizate în scop privat, fie au legătură cu activitatea la locul de muncă.

Într-o lume în care dependența de tehnologie este astăzi la cote ridicate, când accesul la informație și comunicarea la distanță sunt mai facile ca oricând, nu putem decât să ne bucurăm de ceea ce se întâmplă, dar totodată trebuie să conștientizăm faptul că acest progres tehnologic are și un preț, cel al necesității securizării datelor, a sistemelor și a căilor prin care datele și informațiile, personale sau de serviciu, sunt vehiculate de pe un dispozitiv pe altul, dintr-un capăt al lumii în celălalt.

Este mai puțin cunoscut sau de interes pentru utilizatorul obișnuit al unui calculator (sau al propriului telefon mobil) prin ce mijloace și pe ce căi ajunge informația căutată pe internet sau ce se ascunde în spatele sistemului de navigație al autoturismului cu care se deplasează dintr-o localitate în alta. Cum este identificată o aeronavă în spațiul aerian, cum ajung în televizor imaginile live de la o intervenție în urma unor catastrofe naturale sau cum funcționează un sistem de

cercetare și supraveghere aeriană sau maritimă, în sprijinul avertizării timpurii, în contextul de securitate actual?

Sistemele dependente de spectrul electromagnetic, în particular de spectrul de frecvențe radio, utilizate pentru transmiterea datelor și informațiilor la distanță, sunt tot mai diverse și complexe și au deopotrivă nevoie de securitate.

Securitatea cibernetică și mediul electromagnetic

În general, când ne gândim la securitate cibernetică, asociem acest concept cu protecția calculatoarelor și a serverelor cu parolă, pentru asigurarea protecției datelor importante stocate pe acestea. Apare desigur întrebarea „ce legături ar putea exista între spațiul cibernetic, securitate cibernetică și ... mediul electromagnetic?”. Pentru a putea găsi un răspuns la aceasta, se impune o scurtă analiză a ceea ce reprezintă fiecare termen în parte și identificarea riscurilor și amenințărilor în și pentru sistemele ce utilizează undele electromagnetice ca mediu de propagare.

„*Spațiul cibernetic*”, în sens generic, se referă la calculatoare, mai exact la rețele de calculatoare distribuite global, ce facilitează interacțiunea între persoane prin multiple și diverse forme: comunicare, educație, discuții pe diverse forumuri, derularea de afaceri, jocuri online, vizionare de filme, schimb de date etc. Nu în ultimul rând, termenul este utilizat sau asimilat cu tot ceea ce reprezintă „internet”. Mai mult decât atât, în contextul mondial actual, pentru domeniul militar, spațiul cibernetic a fost identificat ca fiind a cincea dimensiune a operațiilor militare.

La scurt timp după definirea spațiului cibernetic, realitatea a scos la iveală faptul că avantajele existenței acestuia, cu toate facilitățile

pe care le pune la dispoziție, avea să fie umbră de riscuri și vulnerabilități multiple; astfel, au apărut preocupări serioase pentru identificarea de măsuri care să asigure protecția datelor și informațiilor, private sau de serviciu, stocate sau vehiculate în acest spațiu. A apărut astfel conceptul de „*securitate cibernetică*”. Un concept relativ nou, care se referă la identificarea și aplicarea de măsuri pentru asigurarea protecției sistemelor, a rețelelor de calculatoare și a programelor împotriva atacurilor cibernetice, desfășurate în scopul accesării, compromiterii ori distrugerii datelor și informațiilor considerate sensibile, fie că vorbim de cele personale, instituționale, fie aparținând unor entități statale. Pe scurt, la securitatea spațiului cibernetic.

În domeniul telecomunicațiilor, termenul „*mediu electromagnetic*” se referă la distribuția spațială a câmpurilor electromagnetice existente în jurul unei locații¹. În domeniul militar, „*mediul electromagnetic*” este definit ca mediul operațional în care acționează toate capacitățile care au la bază utilizarea energiei electromagnetice și în care acestea produc efecte².

Mediul electromagnetic cuprinde spectrul electromagnetic, care, deși invizibil, este prezent, sub diferite forme, în viața noastră cotidiană. Postul de radio cu care ne trezim dimineața, telecomanda cu care pornim televizorul sau deschidem ușa autoturismului, telefonul mobil cu care comunicăm și accesăm zilnic informații, senzorii și radarele meteo sau sistemele de radionavigație care dirijează traficul aerian sau maritim, cuptorul cu microunde sau aparatura specializată pentru investigații medicale, toate funcționează pe baza radiației electromagnetice (Fig. 1).

Rețelele wireless de acasă sau cele din mall-uri și spațiile publice sunt cele care ne asigură mobilitatea dorită, din perspectiva conectivității necesare pentru accesul permanent la informație. Prin routere wireless și sateliți, întâlnite în

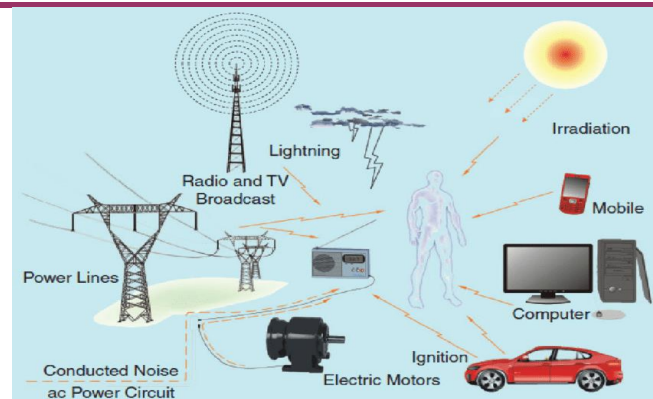


Figura 1: Exemplu de mediu electromagnetic³

aproape orice rețea de calculatoare, spațiul cibernetic și spectrul electromagnetic formează aproape același mediu. Potrivit amiralului Greenert, fost șef al operațiilor în forțele navale americane, „*viitoarele conflicte nu vor fi câștigate prin simpla utilizare a spectrului electromagnetic și a spațiului cibernetic, acestea vor fi câștigate în interiorul spectrului electromagnetic și al spațiului cibernetic.*”⁴

În analiza propusă pentru identificarea unei legături între securitatea cibernetică și mediul electromagnetic, un prim exemplu la care mă voi referi este cel al sistemelor satelitare – sisteme dependente de spectrul electromagnetic, mai exact de spectrul de frecvențe radio. Importanța sistemelor satelitare pentru ceea ce reprezintă transportul datelor la distanță este unanim recunoscută atât în mediul civil, cât și în domeniul militar. Aceste sisteme au un rol esențial în asigurarea comunicațiilor globale, stau la baza televiziunii, telefoniei, internetului, radioului, cercetării mediului, tranzacțiilor bancare internaționale, conducerii și desfășurării acțiunilor militare etc., motiv pentru care au devenit ținte prioritare pentru așa-numiții „*criminali cibernetici*”.

Sateții nu sunt obiecte izolate în spațiu. Aceștia trebuie să comunice atât cu stațiile de sol, cât și între ei. Perturbarea semnalelor de la stația de sol către satelit sau coruperea datelor transmise, în absența unor mijloace de protecție

¹ The Web's Largest Resource for Definitions&Translations.

² Doctrina pentru război electronic a Armatei României, 2013.

³ Sursa: <https://www.researchgate.net>, accesat la data de 31.12.2020.

⁴ Adm. Jonathan Greenert, *Wireless Cyberwar, The EM Spectrum, And The Changing Navy*, 2013.

eficace, pot face din acesta un obiect neutilizabil sau, mai grav, pierderea controlului și distrugerea altor sateliți prezenți pe orbită.

În studiul „Last Call for SATCOM Security”, Ruben Santmarta, consultant de securitate la IOActive, evidențiază detaliat în ce fel pot fi exploatare de către hackeri vulnerabilitățile sistemelor satelitare, în scopul afectării industriilor aeronautice, navale și militare, cu efecte de la minore până la devastatoare⁵.

De exemplu, în domeniul aeronautic, hackerii pot distruge, intercepta sau modifica de la distanță sistemele WiFi de la bordul aeronavelor, ataca dispozitivele utilizate de echipajul de zbor sau ale pasagerilor sau controla antena SATCOM de poziționare și efectuare a comunicațiilor. În mod similar, în domeniul naval, aceștia pot ataca dispozitivele echipajului navei, distruge, intercepta sau modifica comunicațiile satelitare la bordul navelor. În ceea ce privește sectorul militar, hackerii pot descoperi locațiile unităților militare și distruge, intercepta sau modifica comunicațiile satelitare utilizate de acestea. Poate că efectul cel mai serios pentru hackerii care vizează industria navală și cea militară este de control și dirijare a energiei asupra sistemelor SATCOM, pentru a provoca disfuncționalități asupra sistemelor de navigație critice sau chiar asupra stării de sănătate a persoanelor expuse la radiații ale câmpului electromagnetic⁶.

Sistemele aeriene fără pilot la bord (UAS), a căror utilizare este în continuă creștere, sunt un alt exemplu în care securitatea cibernetică și mediul electromagnetic se află în strânsă legătură. Pentru ca un sistem UAS să funcționeze cu succes, acesta trebuie să beneficieze de comunicații sigure cu diferite entități prezente în rețeaua sa – alte aeronave și UAS, stații de control la sol, sisteme de navigație prin satelit, sisteme de control al traficului aerian. Cu toate acestea, sistemele UAS sunt vulnerabile la diferite atacuri cibernetice, inclusiv injectarea de mesaje, modificarea

mesajelor, blocarea și spoofing-ul GPS (Fig. 2). Aceste atacuri pot induce în eroare nu numai sistemele UAS și aeronavele, ci și piloții și controlorii de trafic aerian, putând avea ca posibile rezultate coliziuni și victime umane.

Un alt exemplu de legătură între securitatea cibernetică și mediul electromagnetic îl reprezintă sistemele de telefonie mobilă. Sunt cunoscute dezbaterile actuale din media pe tema securității

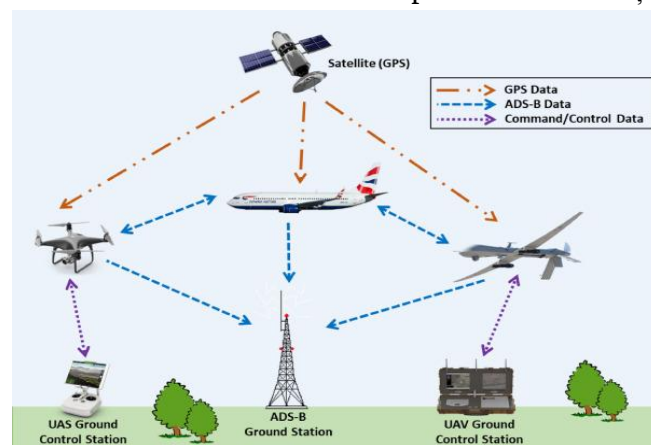


Figura 2: Atacuri cibernetice asupra sistemelor de aeronave fără pilot la bord⁷

sistemelor de comunicații mobile de generația a 5-a (5G), păreri pro și contra implementării tehnologiei 5G la nivelul unor state. Este foarte adevărat că actualele controverse, în afara celor legate de lipsa unor studii demonstrate privind impactul câmpurilor electromagnetice generate de aceste sisteme asupra sănătății, se referă în principal la securitatea datelor la nivel de infrastructură și echipamente.

Este cunoscut faptul că tehnologiile 5G, prin specificațiile tehnice cu privire la puterea de conectivitate, viteză, latență scăzută, fiabilitate, mobilitate, scalabilitate vor avea o arie mare de aplicabilitate, în domenii multiple, precum industria automotive, transport public, agricultură, securitate și servicii de urgență, energie, industrii 4.0, sănătate, case și orașe inteligente etc. și vor sta la baza realizării de ecosisteme 5G.

Spre deosebire de tehnologiile anterioare (2G, 3G și 4G), 5G nu se mai referă la oameni, ci la „obiecte”, la ceea ce numim „Internet of

⁵ Ruben Santmarta, *Last Call for SATCOM Security*, IOActive, 2018.

⁶ *Ibidem*.

⁷ Sursa: <https://www.sciencedirect.com>, accesat la data de 31.12.2020.

Things”⁸. Securitatea cibernetică a fost întotdeauna esențială pentru orice tip de rețea, însă cerințele de securitate 5G sunt mai restrictive decât cele din generațiile anterioare, tocmai datorită conectivității pe care noile rețele o oferă. S-au elaborat strategii naționale în domeniu (inclusiv România are în prezent o strategie pentru 5G⁹), se organizează licitații de spectru, se elaborează planuri de business de către operatorii ce vor furniza servicii în această nouă tehnologie, se merge înainte... După cum a fost prezentată această tehnologie și după cum s-au conturat așteptările de la beneficiile promise, 5G va reprezenta o nouă revoluție industrială, un pas tehnologic ce va putea avansa, în condițiile unei lumi averse de mobilitate și conectivitate și de un volum de informație din ce în ce mai mare, actuală și accesabilă în timp real.

Infrastructura pentru rețelele de comunicații 5G utilizează într-o măsură decisivă spectrul de frecvențe radio, benzi de frecvențe într-un spectru radio extins, care nu au mai fost utilizate până în prezent în acest scop și care, prin caracteristicile lor, vor asigura atât acoperirea cu servicii pe arii extinse, cât și capacități mari de transport a traficului de date. La nivelul Uniunii Europene, benzile de frecvențe armonizate la această dată pentru implementarea rețelelor 5G sunt banda de 700 MHz, banda 3,4–3,8 GHz, iar în benzi milimetrice, banda de 26 GHz (24,25–27,5 GHz) (Fig. 3).

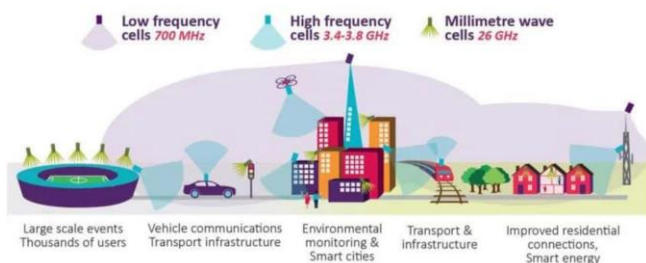


Figura 3: Benzi de frecvențe destinate 5G și utilizări ale acestora¹⁰

Trebuie subliniat faptul că, odată cu dezvoltarea de noi standarde tehnice, prin utilizarea de tehnologii complementare, 5G va putea integra rețelele satelitare, asigurând astfel extinderea conectivității în platformele aflate în mișcare (trenuri de mare viteză, avioane, nave) sau reziliența rețelelor terestre, în situații de calamități.

Studiile realizate în domeniul securității cibernetică în rețelele de comunicații 5G relevă faptul că, pentru companii, puterea conectivității 5G implică un număr mai mare de puncte de intrare în rețea, ceea ce conduce la creșterea posibilității atacatorilor ciberneticici de a penetra rețeaua, interceptând astfel comunicațiile și furând date din rețea¹¹. Un motiv în plus pentru a acorda o atenție maximă securității cibernetică și în acest domeniu, cu tot ceea ce presupune aceasta.

Preocupările la nivelul Uniunii Europene în materie de securitate cibernetică a rețelelor 5G s-au concretizat prin adoptarea de către Comisia Europeană, în anul 2019, a unei recomandări¹², având ca obiectiv desfășurarea de acțiuni comune pentru evaluarea riscurilor de securitate cibernetică ce afectează rețelele 5G la nivel național și luarea măsurilor de securitate necesare, efectuarea unei evaluări coordonate a riscurilor la nivelul Uniunii, bazate pe evaluarea riscurilor la nivel național și identificarea unui set comun de măsuri pentru atenuarea riscurilor de securitate cibernetică legate de infrastructurile ce utilizează rețele 5G.

În baza recomandării Comisiei Europene, statele membre au adoptat, în luna ianuarie 2020, setul de instrumente elaborat în cadrul Grupului de cooperare privind securitatea rețelelor (NIS), orientat pe două direcții principale – una a inventarierii tipurilor de riscuri de securitate care pot afecta securitatea cibernetică a rețelelor 5G (de exemplu, riscul aferent lanțului de aprovizionare, riscul de vulnerabilitate pentru

⁸ Andrew Ross, *How 5G introduces new security vulnerabilities*, 2019.

⁹Strategia 5G pentru România, aprobată de Guvernul României cu HG nr. 429 din 20 iunie 2019, https://www.ancom.ro/uploads/articles/HG%20nr_%20429%20-%202019.pdf, accesată la data de 08.12.2020.

¹⁰ Sursa: <https://www.miww.com/5g-radio-frequency>, accesat la data de 01.01.2021.

¹¹ James Willett, *The future of cybersecurity in a 5G-connected world*, Internet, 2019.

¹²RECOMANDAREA (UE) 2019/534 A COMISIEI din 26 martie 2019 - Securitatea cibernetică a rețelelor 5G, publicată în Jurnalul Oficial al Uniunii Europene din 29.03.2019.

software, riscul de control al accesului, riscurile care decurg din cadrul juridic și de politică sub incidența căruia pot intra furnizorii de echipamente de tehnologia informației și comunicații în țări terțe) și o a doua direcție, pentru stabilirea unor măsuri posibile de atenuare (de exemplu, certificarea de către terți pentru hardware, software sau servicii, teste oficiale sau verificări ale conformității pentru hardware și software, proceduri prin care să se asigure existența și aplicarea unor controale ale accesului, identificarea produselor, serviciilor sau furnizorilor care sunt considerați potențial nesiguri etc.).

Setul de instrumente al Uniunii Europene cuprinde, așadar, toate riscurile identificate în evaluarea coordonată la nivelul Uniunii Europene, inclusiv riscuri legate de factori care nu sunt de natură tehnică, precum riscul de imixtiune din partea unor actori statali din afara Europei sau a unor actori care acționează cu sprijinul statului prin intermediul lanțului de aprovizionare al tehnologiei 5G.

Pe măsură ce conceptul „Internet of Things” și sistemele de control industrial au devenit tot mai prezente în domeniul transporturilor, al energiei sau al orașelor inteligente, necesitatea asigurării securității sistemelor cyber-fizice devine și aceasta din ce în ce mai crucială. Unul din potențialele atacuri, deseori trecut cu vederea de către specialiștii în securitate cibernetică, îl reprezintă interferențele electromagnetice intenționate. În accepțiunea Comisiei Electrotehnice Internaționale (IEC), interferențele electromagnetice intenționate (IEMI) reprezintă degradări ale funcționării sau avarieri ale sistemelor tehnice electrice/electronice, produse cu scopuri de natură teroristă sau criminală, prin generarea premeditată și intenționată de energie electromagnetică, în vederea introducerii de zgomote (electromagnetice) sau de semnale în sistemele vizate¹³. Dar ce legătură ar putea exista între IEMI și securitatea cibernetică?

Deși majoritatea oamenilor consideră securitatea cibernetică ca aplicându-se doar la protecția sistemelor împotriva așa-numiților „Black-Hat Hackers”, după cum am arătat și în exemplele anterioare, conceptul depășește cu mult această limită, mai ales atunci când este aplicat sistemelor cyber-fizice. Conceptul de securitate cibernetică ar trebui să se refere astfel la protecția împotriva tuturor amenințărilor asupra sistemelor digitale.

Există diferite tipuri de atacuri IEMI la îndemâna adversarilor nestatali, cum ar fi criminali, teroriști, „hacktiviști” sau pur și simplu adolescenți curioși. Aceste atacuri se bazează pe injectarea impulsurilor electromagnetice direct în sistemele electrice sau electronice sau pe blocarea prin diferite metode (de exemplu, bruiaj) a comunicațiilor ce utilizează unde electromagnetice (stații radio, WiFi, GSM, GPS etc.). Daunele cauzate de atacurile IEMI pot varia de la întreruperi care cauzează erori de flux de date până la producerea de defecțiuni sau daune ireparabile asupra echipamentelor. Evident, cu cât perturbarea este mai severă, cu atât rezultatele sunt mai grave.

Atacurile IEMI care urmăresc întreruperea funcționării sistemelor pot fi întâlnite, în termeni simpli, în două forme: atacuri cu emisii în bandă îngustă (de regulă cu emisii pe o singură frecvență radio, cu impulsuri de ordinul microsecundelor) – potențial distructive, dar cu efecte mai greu de realizat și atacuri cu emisii în bandă largă (cu impulsuri de tensiune foarte rapide), care au o rată mai mare de succes, ca urmare a acoperirii unui spectru mai larg.

Cea mai mare problemă cu protecția împotriva IEMI este că sursele pot varia semnificativ între diferiți agresori și modul în care este lansat orice atac. În plus, intruziunile prin IEMI sunt aproape imposibil de detectat. Spre deosebire de atacurile hackerilor asupra sistemelor, în care încercările acestora de accesare neautorizată pot fi identificate și înregistrate, singurul mod de a detecta un atac IEMI este că sistemul atacat nu mai funcționează. Nici măcar examinarea log-urilor sistemului nu poate ajuta

¹³IEC/TR 61000-1-5 (2004), *Electromagnetic compatibility – Part 1-5: General – High power electromagnetic (HPEM) effects on civil systems*.

prea mult, pentru că sistemele de detectare a erorilor sunt programate să înregistreze erori pe baza unei funcționări normale a sistemului. De aceea și întreruperile provocate de atacurile IEMI sunt mai degrabă asimilate cu disfuncții interne ale sistemului decât cu atacuri provocate asupra acestora.

Întreruperile sau daunele provocate sistemelor nu sunt singura problemă potențială cauzată de atacurile de tip IEMI. Cercetătorii au descoperit că este posibilă utilizarea câmpurilor electromagnetice și pentru interceptarea și decriptarea informațiilor sensibile din sisteme. Datele care trec prin monitoare, tastaturi, imprimante și dispozitive criptografice pot fi reconstituite, iar metodele utilizate pentru reconstituirea unor informații sensibile se află acum la îndemâna oricărui hacker experimentat.

Alte cercetări au arătat că undele VHF ar putea fi utilizate de atacatori pentru a injecta comenzi în dispozitive cu interfață vocală. De asemenea, smartphone-urile care au facilitatea de recepționare a posturilor de radio FM pot primi semnalul FM numai prin conectarea căștilor, care servesc și ca antenă, dând astfel posibilitatea de a injecta comenzi vocale în dispozitiv, ce pot activa funcții ale dispozitivului care rulează în fundal. În acest fel, atacatorii pot urmări pe ascuns utilizatorul smartphone-ului, activa un apel telefonic către telefonul atacatorului și asculta astfel utilizatorul dispozitivului, plasa pe ascuns

mesaje text sau apeluri către servicii cu plată, comanda browserul să acceseze site-uri nesigure pentru descărcarea de malware pe dispozitiv sau utiliza rețelele sociale sau e-mailul proprietarului smartphone-ului pentru a trimite informații false sub identitatea proprietarului dispozitivului sau pentru a efectua atacuri de tip phishing¹⁴.

Concluzii

Sistemele dependente de accesul la spectrul electromagnetic sunt din ce în ce mai numeroase și mai variate, de la gadget-uri comercializate pe piață, la sisteme de telefonie mobilă, sisteme satelitare sau sisteme complexe de armament.

Interesul atacatorilor cibernetici, nonstatali sau statali, asupra penetrării sistemelor critice și accesului neautorizat la datele și informațiile vehiculate prin acestea a existat și va exista întotdeauna, prin metode și tehnici specifice noi, în concordanță cu dezvoltările tehnologice. În plus, atacurile de tip IEMI nu necesită multă experiență tehnică și pot fi realizate cu dispozitive comercializate pe piață.

Prin urmare, identificarea vulnerabilităților în sistemele ce utilizează spectrul electromagnetic ca mijloc de propagare și de transmitere a datelor la distanță, cunoașterea riscurilor și amenințărilor în mediul electromagnetic, identificarea unor acțiuni de contracarare specifice sunt condiții esențiale pentru asigurarea unei securități cibernetice adecvate.



¹⁴ Marin Ivezić, *The Growing Threat of Intentional Electromagnetic Interference (IEMI) Attacks*, 2018.

Bibliografie

1. Bartels, M., *Why Satellites Need Cybersecurity Just Like You*, Tech, 2018.
2. Cohen, S., *Integrating Cyber and Electronic Warfare*, SIGNAL Magazine, 2018.
3. Erwin, S., *Future military satcom system puts cybersecurity first*, SpaceNews Magazine, 2018.
4. Greenert, J., *Wireless Cyberwar, The EM Spectrum, And The Changing Navy*, 2013.
5. Ivezic, M., *The Growing Threat of Intentional Electromagnetic Interference (IEMI) Attacks*, 2018.
6. Ross, A., *How 5G introduces new security vulnerabilities*, Information Age, 2019.
7. Santmarta, R., *Last Call for SATCOM Security*, IOActive, 2018.
8. Willett, J., *The future of cybersecurity in a 5G-connected world*, Internet, 2019.
9. ***Cybersecurity of 5G networks EU Toolbox of risk mitigating measures, NIS Cooperation Group, CG Publication 01/2020.
10. ***IEC/TR 61000-1-5 (2004), „Electromagnetic compatibility – Part 1-5: General – High power electromagnetic (HPEM) effects on civil systems”.
11. ***Doctrina pentru război electronic a Armatei României, ediția a 2-a, 2013.
12. ***Strategia 5G pentru România, HG 429/2019.
13. <https://www.researchgate.net>
14. <https://eur-lex.europa.eu>
15. <https://www.miwv.com>
16. <https://www.sciencedirect.com>



O PARADIGMĂ POSIBILĂ ÎN ABORDAREA COMUNICAȚIILOR SPAȚIALE CU DESTINAȚIE APĂRAREA NAȚIONALĂ PRIN INVOCAREA ARTICOLULUI 48 DIN CONSTITUȚIA UNIUNII INTERNAȚIONALE A TELECOMUNICAȚIILOR

Ing. Octavian-Nicolae LUPU

Jur. Călin ZVANCEA-COZAN

Autoritatea Națională pentru Administrare și Reglementare în Comunicații



După cum se poate constata, un stat ia ființă din cumulul a cel puțin trei factori: formă de organizare/

guvernare, teritoriu și populație. Orice stat are obligația să se asigure de securitatea granițelor sale, iar pentru ca acest lucru să se înlăpătuiască este legitim și de așteptat, în limitele normelor în vigoare, recursul la instrumentele aflate la îndemână. Apare, așadar, necesitatea ca statul, în toate formele de manifestare ale acestuia, să participe, prin resursele de care dispune, la protecția elementelor fundamentale pe care s-a clădit societatea în cauză.

Resursele de care dispune un stat la un moment dat pot varia în funcție de o serie de circumstanțe, cele mai multe fiind dependente de

dezvoltarea proprie și de contextul general, european și internațional în cazul României. Pe de altă parte, statul, prin componentele sale și decidenții săi, trebuie să aibă în vedere crearea și consolidarea unei viziuni prospective asupra modului în care ar trebui să arate o societate luând în considerare dezvoltările tehnologice ce se petrec cu o rapiditate crescândă în momentul de față. Toate aceste dezvoltări se petrec în jurul nostru, iar modul în care ne raportăm la ele vor arăta că suntem parte a fenomenului, devenind parte a schimbării, sau ne situăm în afara lui, așadar, lăsând să treacă pe lângă noi un context favorabil. Nu în ultimul rând, statul trebuie să conștientizeze poziția sa geografică, și alte structuri statale aflate în proximitatea sa și să utilizeze, astfel, cât mai eficient și coerent, pe termen mediu și lung, resursele de care dispune. Pe de altă parte, orice stat trebuie să pună în valoare sistemul de alianțe din care face parte și să-și asume o adaptare flexibilă la o realitate aflată și ea în schimbare. Doar printr-o abordare bazată

pe argumente solide și obiective se poate câștiga încrederea din partea partenerilor de dialog.

Domeniul telecomunicațiilor a fost în permanență pus în mișcare de inovare și de dorința de a avea metode de comunicare eficiente și rapide. Dacă la începutul erei telecomunicațiilor se putea transmite un mesaj prin intermediul liniilor de telegraf, odată cu punerea în valoare a spectrului radio s-au putut întrezări zorii comunicațiilor rapide și ultrarapide. Toate inovările ulterioare, extraordinare și chiar miraculoase, dacă sunt privite prin raportare la linia de telegraf, au pus bazele unui întreg ecosistem, iar statele au fost interesate să folosească cele mai bune tehnologii pentru atingerea obiectivelor și intereselor proprii.

Datorită universalității domeniului comunicațiilor electronice, atribut generat de interesul tuturor statelor „*de a pune stăpânire pe telecomunicații*”, s-a simțit nevoia creării în 1865 a Uniunii Internaționale a Telecomunicațiilor¹, organizație internațională al cărei rol este important pentru menținerea și extinderea cooperării internaționale în vederea îmbunătățirii și utilizării raționale a tehnologiei informației și comunicațiilor (TIC). Această organizație internațională urmărește, printre altele, îmbunătățirea eficienței serviciilor de telecomunicații, creșterea utilității acestora și asigurarea disponibilității generale către publicul larg. Prin urmare, această instituție are un rol important și asupra modului în care sunt utilizate frecvențele radio de către statele membre, stabilind regulile de procedură utilizate pentru coordonarea internațională a frecvențelor radio.

Statul român a devenit parte a Uniunii Internaționale a Telecomunicațiilor din 1866, fiind, se poate spune, unul din cei mai vechi membri. Instrumentele fundamentale ale organizației – *Constituția* și *Convenția* – au fost confirmate în dreptul intern odată cu adoptarea Legii nr. 76/1993 pentru ratificarea Constituției și a Convenției Uniunii Internaționale a Telecomunicațiilor, semnate la Geneva pe data de

22 decembrie 1992. De la data ratificării, potrivit art. 11 alin. (2)² din Constituția României, republicată, acest tratat face parte din dreptul intern. În aceste condiții, dispozițiile din respectivul tratat, drepturile și obligațiile aferente sunt instrumente ce pot fi utilizate de statul român în urmărirea intereselor proprii.

În același timp, sistemele și tehnologiile de comunicații se află într-o permanentă schimbare și transformare. Aceasta este vizibilă în furnizarea rețelilor și serviciilor de comunicații electronice pentru publicul general și pentru companii. Pe acest palier, modificările în consum din partea utilizatorilor și suita de aplicații disponibile pe platforme dedicate au făcut ca traficul de date să crească simțitor, acest trend urmând să continue în viitorul apropiat, necesitând o nouă paradigmă de abordare a accesului la spectrul de frecvențe radio într-un mod echitabil și eficient³.

Această paradigmă se aplică și pentru comunicațiile din domeniul apărării naționale, nevoile acestui segment fiind strâns legate de felul în care un stat își consolidează și structurează forțele sale, suplimentate prin cerințe ce decurg din locul și momentul unde acestea își desfășoară acțiunile. Din această perspectivă, nevoile de comunicații pentru domeniul apărării trebuie adaptate permanent, iar sistemele utilizate trebuie să fie capabile să asigure o comunicare rapidă a informațiilor/datelor pentru luarea unor decizii oportune, întocmai și la timp cu misiunile planificate sau aflate în execuție.

Domeniul apărării naționale este, se poate spune, un consumator de resurse atunci când se vorbește despre dotările necesare, dar este deopotrivă un furnizor de securitate, fapt probat în cele mai grele momente prin care ar putea trece o națiune când integritatea teritorială îi este amenințată. Prin urmare, datorită dublei sale calități – *consumator de resurse* și *furnizor de securitate* – este necesară alegerea celor mai bune

² „(2) *Tratatul ratificat de Parlament, potrivit legii, face parte din dreptul intern.*”

³ <https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/executive-perspectives/annual-internet-report/white-paper-c11-741490.html>

¹ <https://www.itu.int/en/history/Pages/ITUHistory.aspx>

și durabile opțiuni în materie de investiții, iar dotările din domeniul comunicațiilor trebuie privite în raport cu noile provocări la care statul trebuie să răspundă.

Pornind de la recunoașterea dreptului statelor de a utiliza frecvențele radio în funcție de nevoile și interesele proprii, precum și de la necesitatea de a se asigura o bună coordonare transfrontalieră a acestor frecvențe, indiferent de natura granițelor dintre state, incluzând pozițiile orbitale ale sateliților de telecomunicații, s-au stabilit reguli procedurale în baza cărora coordonarea utilizării resurselor de spectru radio să aibă loc, indiferent dacă este vorba despre serviciile furnizate publicului, companiilor sau instituțiilor civile de stat.

Cu totul altfel stau lucrurile atunci când un stat membru al Uniunii Internaționale a Telecomunicațiilor are intenția de a pune în funcțiune echipamente sau instalații utilizate în domeniul apărării naționale, situație în care devin aplicabile dispozițiile articolul 48 din Constituția Uniunii, după cum urmează:

– „*Statele membre își păstrează întreaga lor libertate în ceea ce privește instalațiile radio militare;*

– *Totuși, aceste instalații trebuie, pe cât posibil, să respecte dispozițiile statutare referitoare la ajutorul ce se acordă în caz de primejdie și la măsurile ce trebuie luate pentru a se împiedica producerea de interferențe prejudiciabile, precum și prevederile Regulamentelor Administrative⁴ privind tipurile de emisie și frecvențele utilizate, după tipul de serviciu pe care îl furnizează;*

– *În plus, când aceste instalații participă la serviciile de corespondență publică sau la alte servicii determinate de către Regulamentele Administrative, ele trebuie să se conformeze, în general, reglementărilor aplicabile acestor servicii.”*

Un alt text relevant în înțelegerea și aplicarea tratatului se regăsește în cadrul



articolului 4 din Constituția UIT, normă care arată cum se raportează Constituția și Convenția Uniunii Internaționale a Telecomunicațiilor la celelalte regulamente adoptate de diferite conferințe din cadrul organizației internaționale:

– „*Instrumentele Uniunii sunt:*

• *prezenta Constituție a Uniunii Internaționale a Telecomunicațiilor;*

• *Convenția Uniunii Internaționale a Telecomunicațiilor; și*

• *Regulamentele Administrative.*

– *Prezenta Constituție, ale cărei dispoziții sunt completate cu cele ale Convenției, este instrumentul fundamental al Uniunii.*

– *Dispozițiile Constituției și ale Convenției sunt completate cu cele ale Regulamentelor Administrative enumerate mai jos, care reglementează utilizarea telecomunicațiilor și care stabilesc relații între toți membrii:*

• *Regulamentul Telecomunicațiilor Internaționale;*

• *Regulamentul Radiocomunicațiilor.*

– *În caz de divergență între o dispoziție a prezentei Constituții și o dispoziție a Convenției sau a Regulamentelor Administrative, prevalează Constituția. În caz de divergență între o dispoziție a Convenției și o dispoziție a Regulamentelor Administrative, prevalează Convenția.”*

Relevant este, dată fiind natura subiectului prezentat în paragraful precedent, Regulamentul Radiocomunicațiilor, instrument al Constituției și Convenției Uniunii Internaționale a Telecomunicațiilor. În acest sens, articolul 6 din Constituție prevede că statele membre sunt obligate să se conformeze la dispozițiile tratatului organizației internaționale (Constituția și Convenția Uniunii), precum și la Regulamentele

⁴ Pentru referințe a se vedea articolul 4 paragraful 3 din Constituția UIT.

Administrative, fiind însă recunoscut că unele obligații nu se mai aplică în situația invocării articolului 48 din Constituția Uniunii:

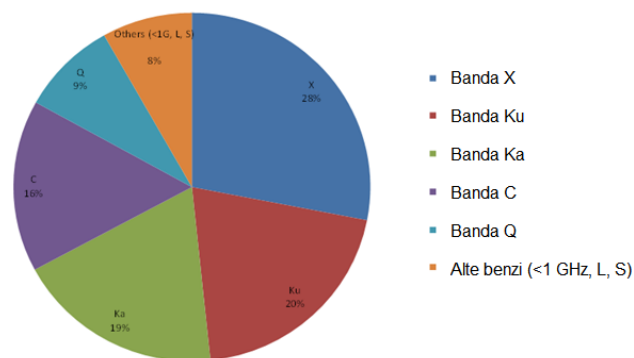
„Statele membre trebuie să se conformeze dispozițiilor prezentei Constituții, ale Convenției și ale Regulamentelor Administrative în toate oficiile și în toate stațiile de telecomunicații stabilite sau exploatate de către acestea, care furnizează servicii internaționale sau care pot cauza interferențe prejudiciabile serviciilor de radiocomunicații ale altor state, cu excepția acelor care privesc serviciile cărora nu li se aplică aceste obligații, în virtutea dispozițiilor articolului 48 al prezentei Constituții.”

Potrivit unei analize realizate cu ocazia Raportului Directorului Biroului de Radiocomunicații al Uniunii privind activitățile în sectorului radiocomunicațiilor, partea a 2-a, Document 4(Add.2)-E din 29 septembrie 2015⁵, cincisprezece administrații (Austria, Brazilia, China, Danemarca, Franța, India, Indonezia, Japonia, Luxemburg, Mexic, Rusia, Thailanda, Turcia, Emiratele Arabe Unite și Statele Unite ale Americii) au solicitat până la acea dată aplicarea articolului 48 din Constituția Uniunii, prin referință directă sau indirectă, declarând că utilizarea asignărilor de frecvențe radio de către anumite rețele proprii de satelit sunt destinate apărării naționale. Statistica prezentată cu acea ocazie a relevat un număr de 120 de rețele de radiocomunicații spațiale destinate domeniului apărării naționale plaste pe 62 de poziții orbitale.

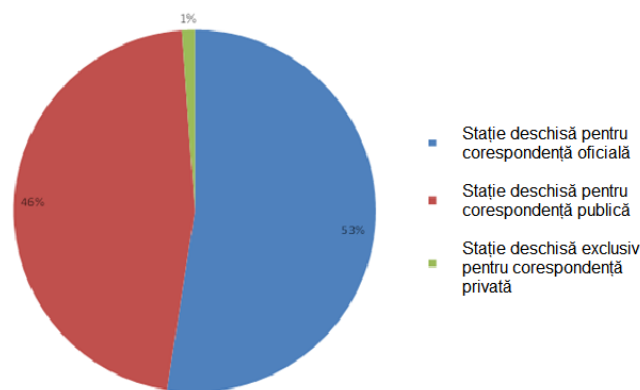
Graficele alăturate prezintă distribuția benzilor de frecvențe radio, serviciilor furnizate și a naturii serviciilor oferite de aceste rețele, înțelese ca având o referință directă sau indirectă la dispozițiile articolului 48 din Constituția Uniunii Internaționale a Telecomunicațiilor.

După cum s-a precizat, Regulamentul Radiocomunicațiilor stă la baza coordonării utilizării frecvențelor radio între statele membre și conține o serie de etape ce trebuie parcurse atunci când este necesară protecția radio a unei emisii radio de pe teritoriul unui stat. Regulamentul

conține prevederi importante în domeniul radiocomunicațiilor și conferă statelor membre un mijloc de comunicare formală, fie pe cale bilaterală, fie prin intermediul Uniunii, precum și proceduri ce sunt urmate în cazul coordonării, notificării și înregistrării asignărilor de frecvențe radio. Desigur, prevederile Constituției au întâietate în raport cu prevederile Regulamentului Radiocomunicațiilor, aspect ce expune cu adevărat însemnătatea invocării articolului 48 din tratat, care practic oferă posibilitate dezvoltării cu prioritate a proiectelor destinate apărării naționale.



Benzi de frecvențe pentru rețelele în cazul cărora s-a invocat articolul 48



Tipuri de corespondență pentru rețele în cazul cărora s-a invocat articolul 48

Procedurile din cadrul Regulamentului Radiocomunicațiilor sunt axate pe principiul „primul venit – primul servit”, fapt pentru care este importantă cronologia depunerii solicitărilor de asignare de frecvențe radio. Procesul de coordonare care urmează este laborios, accentul fiind pus pe coordonarea bilaterală între administrația (statul) care solicită și fiecare administrație identificată ca fiind potențial afectată prin calcule teoretice ale Biroului de Radiocomunicații al Uniunii. Rezultatul acestor coordonări este dependent de negocieri ce au loc pe parcursul unei perioade neprecizate și îndelungate de timp, fiind necesare argumente ce

⁵ http://www.unoosa.org/pdf/SLW2016/Panel3/3_Ciccorossi_UNOOSA-Vienna_2016-ITU_Ciccorossi.pdf

nu sunt totdeauna tehnice, ci pot fi și preponderent financiare sau de altă natură, pentru a obține acordul administrației potențial afectate.

În plus, trebuie făcută o distincție între coordonarea desfășurată în raport de protecția unei rețele reale de radiocomunicații spațiale și una fictivă, menționată de o administrație potențial afectată numai din rațiuni de ocupare și teaurizare a spectrului radio. În acest sens, procedurile de coordonare din cadrul Regulamentului Radiocomunicațiilor nu fac distincție între aceste două cazuri, fapt pentru care va rezulta inevitabil un efort nejustificat ce trebuie depus pentru a se realiza acorduri cu alte state pentru protejarea unor rețele ipotetice, care practic nu vor fi niciodată puse în funcțiune. În plus, există tendința supraestimării parametrilor radio necesari din partea administrațiilor potențial afectate, în sensul asigurării unei anvelope exagerate de protecție față de alte rețele care ar putea fi solicitate ulterior, fapt care restrânge nejustificat de mult marja de coordonare pentru noile rețele de radiocomunicații.



Date fiind toate acestea, în momentul de față este extrem de dificil să se realizeze coordonări de frecvențe radio în domeniul radiocomunicațiilor spațiale, toate calculele având un caracter teoretic, în timp ce solicitările administrațiilor pentru coordonare fiind, pur și simplu, acceptate de către Biroul de Radiocomunicații al Uniunii în ordinea înregistrării, fără alte considerente referitoare la sustenabilitatea proiectelor care stau la baza acestora. Nu în ultimul rând, inexistența unui mecanism formal de verificare a punerii în funcțiune a rețelelor de radiocomunicații coordonate lasă loc pentru teaurizare prin intermediul unor rețele fictive, ce apar ca fiind active din punct de vedere teoretic, dar în realitate

ele nu sunt funcționale sau chiar nu există. Așadar, și în etapa de notificare a punerii în funcțiune, ce urmează etapei de coordonare, este posibilă blocarea nejustificată din partea altor state având interesul să-și asigure o amprentă formală în spațiu cât mai mare în asigurarea unui avantaj potențial în raport cu alte state.

Drept urmare, atunci când se analizează potențialele avantaje în raport de invocarea articolului 48 din Constituția Uniunii Internaționale a Telecomunicațiilor, întreaga situație trebuie privită prin raportare la procedurile ce ar trebui parcurse în situația în care nu s-ar apela la articolul menționat anterior, inclusiv luarea în considerare a etapelor de parcurs în vederea coordonării internaționale cu statele potențial afectate, așa cum s-a prezentat anterior. Din această perspectivă, există desigur o serie de avantaje ce nu pot fi contestate de îndată ce se face apel la textul indicat anterior. Printre acestea se pot enunța:

- concordanța dintre caracterul asignării intenționate, adică în domeniul apărării, și utilizarea sa ulterioară pentru o rețea de radiocomunicații spațiale cu destinație exclusivă în domeniul apărării naționale, această declarație având un efect de prioritizare a coordonărilor internaționale ce vor avea loc cu alte administrații de comunicații;

- evitarea, într-o primă instanță, a efortului de coordonare internațională, proces care durează între doi și șapte ani, având un rezultat imprevizibil datorită numeroaselor solicitări cu rezultat incert, propuse de alte administrații și care, inevitabil, îngreunează și blochează procesul de coordonare internațională;

- urmarea unei practici normale, utilizată în mod curent de statele membre atunci când este vorba despre rețele de radiocomunicații spațiale având ca destinație exclusivă domeniul apărării naționale.

Plecând de la avantajele sus-menționate, invocarea articolului 48 din tratat este necesară și oportună în situația în care avem în vedere o rețea de radiocomunicații spațiale utilizată ori destinată a fi utilizată exclusiv în domeniul apărării

naționale. În același timp, cu scopul prevenirii și eliminării interferențelor prejudiciabile, este mai mult decât necesar ca punerea efectivă în funcțiune a unei rețele de radiocomunicații spațiale cu destinație exclusivă în domeniul apărării naționale să se realizeze numai după o atentă monitorizare a următoarelor elemente:

- ocupanța reală a spectrului radio în scopul determinării disponibilității resursei radio limitate la un anumit moment;

- parametri de emisie utilizați în cazul situațiilor pentru care nu s-a finalizat procesul de coordonare internațională.

Bineînțeles, invocarea articolului 48 din Constituția Uniunii facilitează accesul la resursele de comunicații spațiale numai în cadrul teritoriului național, fapt care delimitează în mod clar zona de aplicabilitate în cadrul unui posibil proiect spațial. În acest sens, orice acoperire ce depășește teritoriul național se va subordona strict prevederilor din Regulamentul Radiocomunicațiilor și nu se va putea invoca articolul 48, fapt pentru care este necesar ca încă din faza de proiectare să se defalce zona națională de cea internațională. Delimitarea sferei naționale de cea internațională constituie ulterior un principiu de bază în coordonările și negocierile privind obținerea acordurilor din partea altor state care dețin rețele de comunicații spațiale posibil afectate de un posibil proiect cu destinație apărarea națională. De aici rezultă necesitatea definirii unui grup de fascicule eminamente național și a unui grup de fascicule internațional, astfel încât să fie clară aria de aplicabilitate a invocării articolului 48.

Nu în ultimul rând, invocarea articolului 48 din acest tratat permite utilizarea frecvențelor radio doar în cadrul sistemului de apărare națională, fiind exclusă, așadar, orice aplicație care excedă acestui scop, cum ar fi o utilizare în sensul furnizării de servicii de comunicații electronice către public sau către companii sau

chiar guvernamentale, dar care nu au ca obiect apărarea națională. De îndată ce se încearcă o conversie militar-civilă, chiar și parțială, invocarea acestui articol nu mai este permisă conform Constituției Uniunii Internaționale a Telecomunicațiilor.

Un alt aspect practic, ce decurge din invocarea articolului 48 din tratat, constă în nevoia deținerii și utilizării unui sistem de monitorizare spațială propriu, care să permită identificarea „zonelor albe” în ce privește utilizarea spectrului de frecvențe radio pe teritoriul național. Acest aspect este esențial în alegerea pozițiilor orbitale favorabile și a benzilor de frecvențe disponibile atât în faza premergătoare, cât și de-a lungul derulării unui proiect spațial destinat apărării naționale. Nu în ultimul rând, un astfel de sistem de monitorizare spațială va trebui să dispună de senzori dispuși în adâncimea teritoriului național, cu posibilitatea de a detecta interferențele ce pot apărea asupra sistemului propriu și sursele de unde provin, deopotrivă cu localizarea și interceptarea emisiilor în zonele de interes.

Bineînțeles, potrivit articolul 11, aliniat (1) din Constituția României, republicată, statul român este obligat să îndeplinească întocmai și cu bună-credință obligațiile ce-i revin din tratatele la care este parte. Drept urmare, odată cu apelarea la unul din instrumentele puse la dispoziție de Constituția Uniunii Internaționale a Telecomunicațiilor prin invocarea articolului 48 în cazul prezentării intenției de punere în funcțiune a unui sistem de comunicații prin satelit utilizat exclusiv în domeniul apărării naționale, este necesară, în virtutea principiului constituțional arătat anterior, efectuarea de demersuri concrete în vederea atingerii obiectivului exprimat, fapt ce presupune determinare și asumare pe parcursul tuturor etapelor de desfășurare a unui posibil proiect spațial propriu, destinat nevoilor de apărare națională.

UITAȚI PENTRU MOMENT DE 5G ȘI IMAGINAȚI-VĂ ÎN ERA 6G

Lt.col. Alin PETRICĂ

Agenția Militară pentru Managementul Frecvențelor Radio



În acest moment, 5G este (aproape) aici. În ziua de azi puteți cumpăra un smartphone 5G și vă puteți bucura de toate avantajele unei conexiuni de date 5G. Cu toate

acestea, evoluția tehnologică nu se oprește niciodată și se vorbește despre următorul pas în lumea conectivității mobile: 6G.

Uniunea Internațională a Telecomunicațiilor (ITU) a creat o inițiativă în 2018 pentru identificarea și cercetarea tehnologiilor post-5G care se așteaptă să apară începând cu 2030. Țări importante precum Japonia (NTT), Coreea de Sud (Samsung), China (ZTE, Huawei), Finlanda (Nokia) și SUA (Verizon, AT&T, T-Mobile US, US Cellular) s-au înscris deja în cursa pentru cercetarea viitoarelor tehnologii 6G. Prin studiile

pe care le-au inițiat, aceste țări prevăd viteze de 10 ori mai mari decât cea de-a cincea generație care începe acum să ajungă la consumatori și o lățime de bandă mai mare pentru a gestiona noile dispozitive de stocare a datelor, inclusiv mașinile autonome și echipamentele fără pilot.

China este prima țară din lume care a lansat în noiembrie 2020 primul satelit experimental pentru 6G având drept obiectiv testarea comunicațiilor folosind spectrul terahertz de înaltă frecvență (100 GHz – 10 THz). Rolul acestui satelit este de a verifica performanța transmiției datelor și de a testa o serie de aplicații pentru orașele inteligente, protecția mediului și prevenirea dezastrelor (de exemplu, monitorizarea culturilor și a incendiilor).

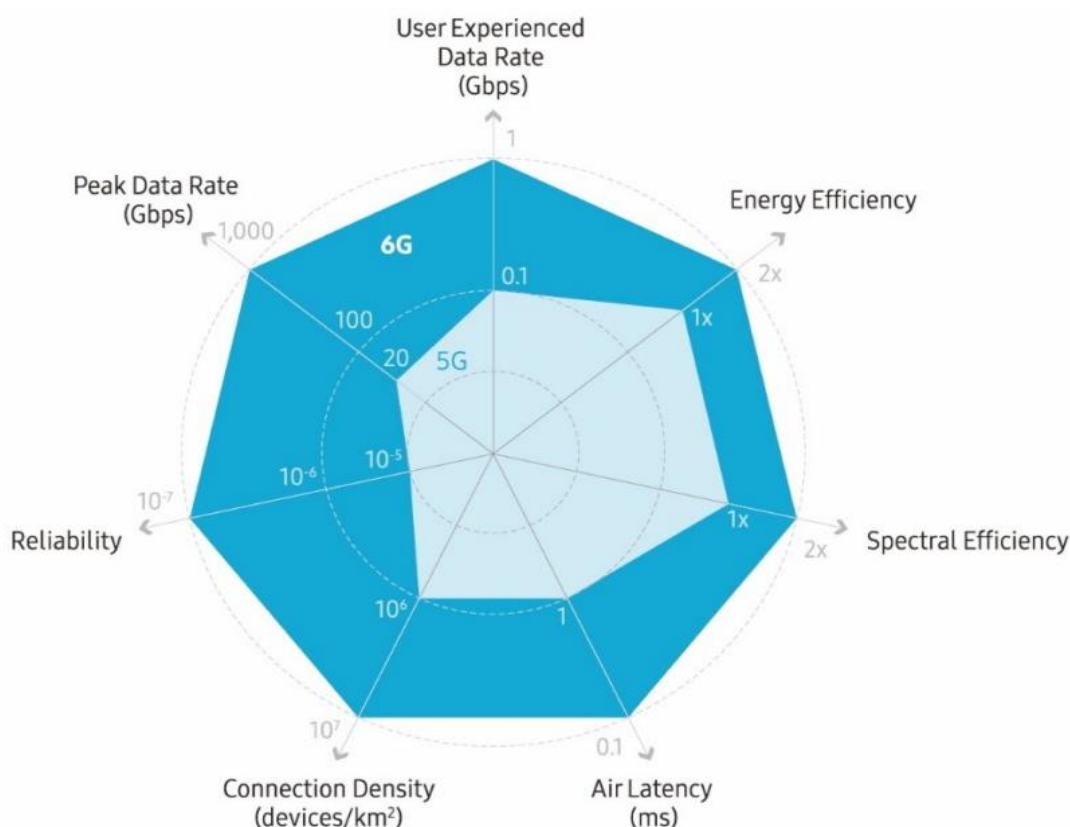
În momentul de față nu există un standard pentru 6G, dar Samsung se așteaptă ca ITU să inițieze demersurile pentru crearea acestuia în 2021. 3rd Generation Partnership Project (3GPP) este organizația care va dezvolta acest standard, iar 2028 este anul când acesta va intra în vigoare.



Cu ajutorul 5G, viteza maximă de transfer este de aproximativ 10 GB pe secundă, iar un bun exemplu în acest sens este descărcarea unui film de înaltă definiție de două ore în trei secunde. În schimb, 6G va permite ca același film să fie descărcat instantaneu. Câștigarea a trei secunde la descărcarea unui film nu semnifică mare lucru, dar fiecare secundă este crucială pentru vehiculele autonome. Pentru a coordona traficul care implică mai multe mașini autonome, imaginile live de pe acestea trebuie trimise către computerele de la distanță pentru analiză înainte ca instrucțiunile să poată fi transmise înapoi. Compania japoneză de telecomunicații Nippon Telegraph & Telephone (NTT) a realizat un studiu prin care a demonstrat că, utilizând tehnologia 5G, timpul minim necesar pentru acest schimb de informații este de aproximativ șapte secunde și este prea lent pentru a susține utilizarea pe scară largă a vehiculelor autonome. Același studiu arată că tehnologia 6G va permite ca acest schimb să se poată realiza fără întârziere, ceea ce indică faptul că, în viitor, 6G va permite o valorificare mult mai mare a potențialului vehiculelor autonome decât poate 5G.

Alte avantaje ale tehnologiei 6G ar fi manipularea de la distanță de către medici a roboților care efectuează intervenții chirurgicale asupra pacienților fără a exista un timp de întârziere. De asemenea, la întâlniri ar putea participa holograme de înaltă rezoluție care imită în timp real mișcările persoanelor care lucrează de la distanță, iar în fabrici, 6G va oferi lățimea de bandă și viteza necesare pentru a sprijini mașinile fără pilot conectate la cloud.

Întrebarea care se pune este cât de diferit va fi 6G față de 5G? Din studiile făcute de companii ca Nokia, Samsung sau Huawei a reieșit faptul că 6G va avea viteze mai mari, latență mai mică și lățime de bandă mult mai mare. Cercetătorii și oamenii de știință vorbesc despre 6G ca fiind mai mult decât o rețea wireless, cu dispozitive acționând ca antene folosind o rețea descentralizată care nu se află sub controlul unui singur operator de rețea. Dacă totul se conectează împreună folosind 5G, 6G va seta aceste dispozitive, deoarece vitezele mai mari de date și latență mai mică fac posibilă conexiunea instantanee de la dispozitiv la dispozitiv.



Tehnologia pe care o așteptăm să apară de la 5G – de la mașini autonome și drone la orașe inteligente – va fi îmbunătățită cu 6G, care poate aduce și aplicații SF ca integrarea creierului nostru cu computerele și sisteme de control tactil mult îmbunătățite.

Pentru a atinge viteze mai mari, furnizorii de telecomunicații caută adesea să utilizeze frecvențe înalte în spectrul de unde milimetrice – în general 24 GHz sau mai mare. Aceste frecvențe transportă date pe distanțe mari și prin obstacole fizice.

Pentru a se putea realiza acest lucru, NTT se așteaptă ca 6G să fie transportat pe frecvențe care depășesc 100 GHz.

Dacă totul merge conform planului, va dura aproximativ un deceniu până când 6G va fi gata de lansare, iar acest lucru se va întâmpla în jurul anului 2030. Deocamdată, 5G începe să devină interesant și, cu cel puțin zece ani înainte să apară primul indiciu al unei rețele 6G, să ne bucurăm de o parte din tehnologia pe care 5G o va aduce până atunci.

CONFERINȚA MONDIALĂ DE RADIOCOMUNICAȚII 2019 – CONCLUZII ȘI REZULTATE –

Mr. Oana MAGAZIN

Agenția Militară pentru Managementul Frecvențelor Radio



Uniunea Internațională a Telecomunicațiilor (UIT) este agenția specializată a Organizației Națiunilor Unite pentru comunicații și tehnologia

informației. Înființată în anul 1865, aceasta alocă resursele globale de spectru radio și orbitele pentru sateliți, dezvoltă standardele tehnice care asigură interconectarea rețelelor și tehnologiilor și acționează în vederea creșterii nivelului de acces la servicii de telecomunicații și tehnologie informațională în comunitățile defavorizate din acest punct de vedere, din întreaga lume¹.

România a devenit parte a acestui organism încă din 1866, la doar un an de când au fost puse bazele a ceea ce este astăzi cel mai important centru de expertiză și singurul for global în domeniul telecomunicațiilor și tehnologiei informației.

Conferința Mondială de Radiocomunicații (World Radiocommunication Conference – WRC) constituie un eveniment de importanță majoră în cadrul UIT și se organizează o dată la trei-patru ani. Sarcina primordială a WRC este examinarea și revizuirea Regulamentului Radiocomunicațiilor – tratatul internațional care reglementează utilizarea spectrului de frecvențe radio și a orbitelor de satelit².

Agenda de lucru pentru conferință este inițiată în avans cu 4 sau 6 ani, agenda finală fiind

stabilită de către Consiliul Uniunii Internaționale a Telecomunicațiilor cu 2 ani înainte de termenul stabilit pentru desfășurarea conferinței, pe baza acordului majorității statelor membre.

În perioada 28 octombrie – 22 noiembrie 2019, la Sharm El-Sheikh, în Egipt, s-a desfășurat Conferința Mondială de Radiocomunicații 2019, care a întrunit peste 3400 de participanți din 163 state ale lumii, cea mai mare participare înregistrată până în prezent la acest eveniment.



Delegația României a fost formată din experți ai Ministerului Transporturilor, Infrastructurii și Comunicațiilor, Autorității Naționale pentru Administrare și Reglementare în Comunicații și Ministerului Apărării Naționale, reprezentat de șeful Agenției Militare pentru Managementul Frecvențelor Radio, domnul colonel Valentin Georgescu.

Agenda WRC-19 a cuprins un număr foarte mare de subiecte, teme de discuții care au vizat diverse aspecte ale atribuirii spectrului și condițiile de utilizare în viitor a tuturor serviciilor de radiocomunicații: servicii terestre mobile și fixe (inclusiv identificarea spectrului pentru tehnologia 5G), servicii maritime, servicii prin satelit, aeronautice, științifice, de amator etc., în condițiile dezvoltărilor de noi tehnologii din ultimii ani.

„The decisions reached in Sharm El-Sheikh will enable the introduction of new technologies and the protection of existing services.”, afirma domnul Mario Maniewicz, Directorul Biroului Radiocomunicații al UIT.

¹ <https://www.itu.int/en/about/Pages/default.aspx>

² <https://www.itu.int/en/ITU-R/conferences/wrc/Pages/default.aspx>



Printre principalele subiecte abordate la WRC-19 se regăsesc: IMT-2020 (standard cunoscut drept generația a cincea de comunicații mobile – 5G), Global Maritime Distress and Safety System (GMDSS), sistemele satelitare meteorologice și de explorare a Pământului, stații de sol în mișcare (Earth Stations in Motion - ESIM), sistemele satelitare non-geostaționare, stații platformă de mare altitudine (High-Altitude Platform Systems – HAPS), sisteme de radiocomunicații între trenuri și calea de rulare pentru trenurile de mare viteză. (Railway Radiocommunication Systems between Train and Trackside – RSTT), sisteme inteligente de transport (Intelligent Transport Systems – ITS) sau comunicații care utilizează sisteme de acces wireless (incluzând rețele radio locale WiFi).



Principalul rezultat al lucrărilor WRC-19 a fost identificarea, soluționarea și reglementarea unui număr mare de aspecte de importanță majoră, ce țin de dezvoltarea și implementarea noilor tehnologii de radiocomunicații.

Statele membre UIT au identificat spectru radio suplimentar pentru standardul IMT-2020, care va facilita dezvoltarea 5G. Identificarea și condițiile tehnice cu aplicare globală vor asigura posibilitatea armonizării utilizării acestor porțiuni de spectru la nivel mondial. Se așteaptă ca 5G să

conecteze oameni, lucruri, date, aplicații, sisteme de transport și orașe în medii de comunicații de rețea inteligente. Această tehnologie va asigura transportul unei cantități imense de date mult mai rapid, va conecta în mod fiabil un număr extrem de mare de dispozitive și va procesa volume foarte mari de date, cu întârziere minimă³. Au fost identificate următoarele benzi de frecvențe adiționale pentru tehnologia 5G: 24,25–27,5 GHz, 37–43,5 GHz, 66–71 GHz, 45,5–47 GHz și 47,2–48,2 GHz, în total 17,25 GHz de spectru, cu o armonizare globală de 85%.

Identificarea noilor benzi de frecvențe pentru IMT-2020 a creat premisa necesității protejării serviciilor deja existente în aceste benzi de posibilele interferențe radio prejudiciabile cauzate de viitoarele stații mobile sau fixe IMT. De mare importanță a fost necesitatea și prioritatea protejării serviciilor științifice din benzile adiacente, în mod particular serviciile de explorare a Pământului prin satelit (EESS), care realizează măsurătorile folosite pentru prognozele meteo. Astfel, au fost stabilite niveluri de prag ale emisiilor nedorite pentru puterea radiată totală în banda 23,6–24 GHz pentru stațiile IMT.



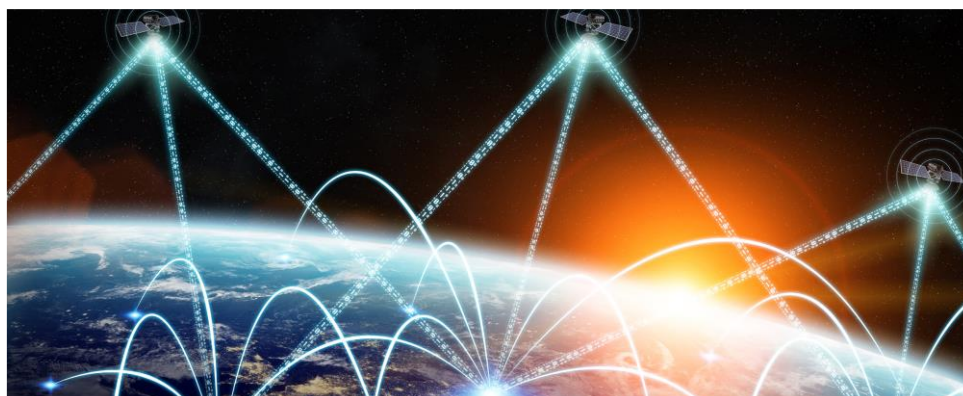
³ <https://www.itu.int/en/mediacentre/backgrounders/Pages/5G-fifth-generation-of-mobile-technologies.aspx>

Statele membre ale UIT au fost de acord cu identificarea unor benzi de frecvențe adiționale pentru stațiile platformă de mare altitudine (HAPS). Aceste stații, ușor de lansat, care operează în stratosferă (stratul atmosferei Pământului care începe de la 20 de kilometri), funcționează la o altitudine suficient de mare pentru a putea asigura servicii către o zonă mare sau pentru a suplimenta capacitatea altor furnizori de servicii de bandă largă. Inovațiile tehnologice din ultimii ani și urgența crescândă de a extinde disponibilitatea serviciilor de bandă largă au condus la dezvoltarea sistemelor HAPS. Sistemele HAPS pot fi utilizate pentru a furniza atât conectivitate fixă în bandă largă pentru utilizatorii finali, cât și legături între stații mobile și rețele fixe. HAPS nu este un concept nou, studiile UIT în acest domeniu începând în jurul anului 1996. Cu toate acestea, sistemele HAPS au devenit mai viabile datorită evoluțiilor tehnologice în eficiența panourilor solare, fiabilitatea bateriilor, materialele compozite ușoare, avionică autonomă și antene. Unele industrii testează în prezent asigurarea serviciilor de acces în bandă largă, prin HAPS, folosind aeronave ușoare și dirijabile care utilizează energie solară la o altitudine de 20–25 de kilometri și care funcționează continuu pentru câteva luni. Delegațiile prezente la WRC-19 au convenit asupra utilizării, la nivel mondial, de către HAPS, a serviciului fix în benzile de frecvențe 31–31,3 GHz și 38–39,5 GHz. De asemenea, au confirmat identificările existente la nivel mondial pentru HAPS în benzile 47,2–47,5 GHz și 47,9–48,2 GHz disponibile pentru utilizare

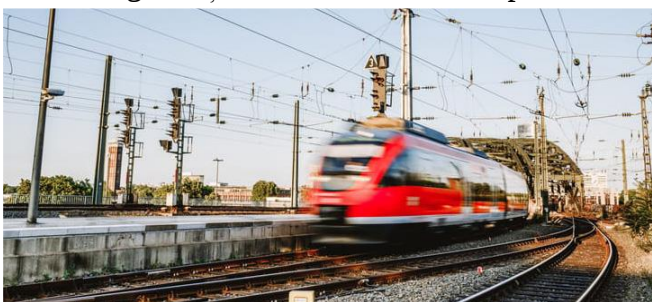
de către administrațiile care doresc să dezvolte stații de platformă de mare altitudine.



De asemenea, la WRC-19 au fost stabilite procedurile de reglementare pentru constelațiile de sateliți non-geostaționari (NGSO) din serviciul fix prin satelit. În noul regim de reglementare adoptat, aceste sisteme vor trebui să implementeze 10 % din constelație în termen de 2 ani de la sfârșitul actualei perioade reglementate de punere în funcțiune, 50 % în termen de 5 ani și să finalizeze lansarea în termen de 7 ani. Această abordare bazată pe termene va oferi un mecanism de reglementare care va asigura faptul că baza de date Master International Frequency Register, gestionată la nivelul UIT, reflectă lansarea efectivă a sistemelor satelitare NGSO în benzi de frecvențe radio și servicii specifice. De asemenea, încearcă să găsească un echilibru între prevenirea blocării inutile a spectrului de frecvențe radio, buna funcționare a mecanismelor de coordonare și cerințele operaționale legate de implementarea sistemelor NGSO. Acordul încheiat la Sharm El-Sheikh reflectă ritmul rapid al inovației în sistemele satelitare, care determină o dezvoltare rapidă a constelațiilor de sateliți non-geostaționari.



Statele membre ale UIT au fost de acord cu o nouă rezoluție care va impulsiona dezvoltarea stațiilor de sol în mișcare (ESIM). Stațiile de sol în mișcare se adresează unei provocări complexe: cum să oferi servicii de Internet de bandă largă stabile pentru clienți aflați în mișcare. Acestea oferă comunicații de bandă largă, inclusiv conectivitate la Internet, pe platforme în mișcare. În prezent există trei tipuri de ESIM: ESIM pe aeronave (ESIM aeronautice), ESIM pe nave (ESIM maritime) și ESIM pe vehicule terestre (ESIM terestre). Acestea „leagă” oamenii de pe nave, avioane și vehicule terestre asigurându-le protecție, securitate și confort în mișcare. Progresele în producția de sateliți și tehnologia stațiilor terestre au făcut ESIM mai ușor disponibil și mai practic. Când navele sunt pe mare sau când aeronavele traversează oceanele, acestea nu sunt în raza de acoperire a rețelelor terestre. Sistemele ESIM pot asigura un serviciu continuu, cu o acoperire geografică foarte mare sau chiar globală. În plus, viteza tipică transferurilor de date furnizate în prezent de terminalele care operează în rețele care deservește ESIM sunt în jur de 100 Mbit/s. Atunci nu este o surpriză faptul că cererea pentru spectru de frecvențe radio care poate fi utilizat de ESIM se află în creștere. De exemplu, în 2014, peste 20000 de nave au fost conectate prin satelit. Se estimează ca acest număr să crească la aproximativ 50000 de nave în următorii câțiva ani. Pentru a răspunde nevoii tot mai mari de spectru de frecvențe radio pentru ESIM, protejând în același timp serviciile de radiocomunicații existente, delegațiile de la WRC-19 au decis asupra condițiilor tehnice și reglementărilor de utilizare a benzilor de frecvențe 17,7–19,7 GHz și 27,5–29,5 GHz de către comunicațiile ESIM cu stațiile spațiale pe orbite satelitare geostaționare, în serviciul fix prin satelit.



Au fost aprobate acorduri internaționale care vor ajuta la deschiderea drumurilor pentru conceptele de transporturi inteligente și orașe inteligente. Acordurile vizează îmbunătățirea managementului traficului, sisteme de transport public, siguranță rutieră, siguranță feroviară și controlul traficului feroviar – printre alte aspecte ale transportului care au ca scop valorificarea tehnologiei informației și comunicațiilor, pentru a face orașele lumii mai sigure și „mai inteligente”. Mai exact, delegațiile participante, care reprezintă guvernele statelor membre UIT din întreaga lume, au aprobat o nouă recomandare privind sisteme de transport inteligent (ITS) și o nouă rezoluție privind sisteme de radiocomunicații feroviare între tren și șine (calea de rulare). Noua Recomandare UIT – „*Armonizarea benzilor de frecvențe pentru aplicații de sisteme de transport inteligente*” – începe prin stabilirea unui context important cu privire la necesitatea armonizării spectrului de frecvențe radio pentru ITS. Menționează „nevoia de a integra diverse tehnologii, inclusiv radiocomunicațiile, în sistemele de transport terestru”.

Printre rezoluțiile aprobate se mai află:

- crearea premiselor obiective de dezvoltare a serviciilor de comunicații mobile internaționale de bandă largă (IMT) în banda L (1452–1492 MHz) prin protejarea IMT de serviciul de radiodifuziune prin satelit co-alocat în această bandă;
- stabilirea criteriilor tehnice de coexistență dintre componenta terestră și prin satelit a IMT în banda 2 GHz;
- pentru banda 5 GHz au fost revizuite condițiile tehnice globale de operare a WAS/RLAN (WiFi);
- atribuirea benzii de frecvențe 50–52 MHz cu statut secundar pentru serviciul amator, cu condiția protejării serviciilor existente;
- inițierea modernizării sistemului Global Maritime Distress and Safety System (GMDSS) la nivel global și acceptarea operatorul „Iridium” în calitate de operator licențiat GMDSS cu modificările de rigoare în tabelul de atribuire a benzilor de frecvențe;

– adoptarea unei serii de Rezoluții și Recomandări UIT referitoare la alte servicii de radiocomunicații emergente: IoT, zboruri suborbitale, radiocomunicații în transport feroviar, pico-sateți, emisii neautorizate ale stațiilor de radiocomunicații;

– actualizarea notelor de subsol din Regulamentul radiocomunicațiilor al UIT.

WRC-19 a stabilit, de asemenea, agenda preliminară pentru Conferința Mondială de Radiocomunicații din 2023 (WRC-23). Aceasta stabilește cadrul de lucru pentru dezvoltarea viitoarelor tehnologii și ghidează activitatea Sectorului radiocomunicații al UIT (ITU-R) în următorul ciclu de studiu de patru ani. Printre alte propuneri, pe agenda preliminară se regăsesc:

– Serviciile mobil aeronautic și maritim: protecția stațiilor din spațiul aerian și ape internaționale de interferențele prejudiciabile produse de echipamente situate pe teritoriile naționale;

– International Mobile Telecommunications (IMT): alocarea adițională de benzi de frecvențe radio pentru IMT;

– Serviciul mobil în Regiunea 1: alocarea adițională, cu statut primar, a serviciului mobil în banda 3600–3800 GHz;

– Vehicule sub-orbitale: stabilirea de reglementări pentru facilitarea radiocomunicațiilor pentru vehiculele sub-orbitale;

– Serviciul de explorare a spațiului: posibilitatea alocării serviciului în banda 14,8–15,35 GHz;

– Legături inter-satelitare: analiza adăugării serviciului inter-satelitar în benzile în care e considerat necesar;

– Serviciul mobil satelitar: analiza nevoilor de spectru și suplimentarea acestora, dacă este necesar, pentru dezvoltarea sistemelor satelitare de bandă îngustă;

– Global Maritime Distress and Safety System (GMDSS): asigurarea reglementărilor pentru modernizarea acestor sisteme și implementarea conceptului „e-navigation”.

Comunicarea utilizând spectrul radio este esențială pentru multe dintre aplicațiile de care oamenii depind în viața de zi cu zi, inclusiv emisiile audio și de televiziune, telefonie mobilă și acces la internet wireless. Utilizarea spectrului radio este, de asemenea, critică în aviație și transport, precum și alte servicii precum cercetare, servicii spațiale, apărare, protecție publică și ajutor în caz de dezastre. Cererea de spectru radio este în creștere rapidă.



Acordurile încheiate la WRC-19 vor contribui la pregătirea drumului pentru armonizarea globală a 5G și dezvoltarea unui ecosistem de aplicații și servicii care va alimenta creșterea economiei digitale pentru anii următori.

Fiecare forță militară are ca scop asigurarea și accesul permanent la frecvențele radio necesare îndeplinirii misiunilor. Pentru Ministerul Apărării Naționale, resursele de spectru radio reprezintă o resursă vitală, reprezentarea intereselor acestuia la Conferințele Mondiale de Radiocomunicații fiind esențială, în condițiile unei presiuni tot mai mari din partea industriilor civile, aflate în continuă dezvoltare.

JRFL ÎN OPERAȚIILE NATO

Mr. Marius NICOLAESCU

Agenția Militară pentru Managementul Frecvențelor Radio



JRFL - Nu mulți sunt cei care cunosc acest acronim. Și mai puțini sunt cei care au fost direct implicați în procesul descris de acesta.

Dar ce este JRFL? *Joint*

Restricted Frequency List sau, așa cum este tradus în literatura militară autohtonă, *Lista frecvențelor restricționate*, este o listă folosită pentru a reduce, pe cât posibil, efectele nedorite ale activităților forțelor de război electronic proprii. Ea conține frecvențe, canale sau rețele radio a căror utilizare este bine localizată atât temporal, cât și geografic, și care fac parte din una dintre următoarele categorii: TABOO (interzise), PROTECTED (protejate) și GUARDED (urmărite).



Figura 1: Antenă bruiaj Rohde & Schwarz

Cum adică, activitatea forțelor proprii poate avea efecte nedorite asupra noastră? Da, în special bruiajul, care are ca scop împiedicarea folosirii spectrului radio de către forțele adverse. În lipsa unei bune coordonări, efectele acestuia ne pot afecta și comunicațiile proprii.

S-a ajuns la concluzia că, pentru a se evita acest lucru, trebuie aduși la aceeași masă toți cei care au atribuții în gestionarea și utilizarea spectrului radio. În continuare, vom vedea cine sunt aceștia.

Avem aici, în primul rând, Comanda și controlul (C2). C2 înseamnă atât comunicații (voce, date și imagini, în special pentru utilizatorii mobili), cât și non-comunicații (operarea sistemelor de armament, cum ar fi dirijarea rachetelor, radiolocația, radionavigația). Spectrul

radio utilizat de C2 este gestionat de către managerul de frecvențe radio.

Mai avem apoi domeniul informații, care utilizează spectrul atât pasiv, prin monitorizarea utilizării acestuia de către adversar, cât și activ, utilizând sisteme pentru determinarea locației, dispozitivului adversarului și intenției acestuia sau pentru a transmite și recepționa imagini.

Și domeniul operații este implicat în gestionarea spectrului. Aici avem atât războiul electronic, care împiedică, exploatează sau degradează comunicațiile adversarului, cât și componenta C-IED (Counter Improvised Explosive Device), care bruiază acele frecvențe pe care s-ar putea transmite semnalul de declanșare a dispozitivelor explozive improvizate (Fig. 2).



Figura 2: Echipamente de bruij C-IED Duke V3 – vehiculat și Thor III – portabil, dezvoltate de SUA

Toate aceste entități trebuie să fie bine coordonate, pentru prevenirea efectelor nedorite asupra propriilor sisteme. Iar dacă nu se poate în totalitate, măcar să se minimizeze „conflictele” care pot apărea între echipamentele de comunicații și de bruij proprii. De aceea, reprezentanți ai structurilor J2, J3 și J6 trebuie să coopereze în cadrul unor grupuri de lucru, organizate periodic, cu scopul de armonizare a utilizării spectrului radio de către forțele proprii. Produsul rezultat în urma acestei cooperări este o listă, actualizată de regulă la 24 de ore, cu frecvențe radio pe care acțiunile de bruij să se desfășoare în mod controlat – JRFL. Frecvențele cuprinse în această listă primesc un anumit nivel de „prioritate” și pentru fiecare din ele se menționează locația geografică și perioada de timp în care sunt protejate.

După cum am menționat anterior, în JRFL sunt folosite trei categorii de frecvențe, și anume:

- TABOO – frecvențe radio proprii a căror bruiere este strict interzisă; în această categorie intră frecvențele pentru controlul traficului aerian, cele pentru misiuni de salvare și evacuare, frecvențele GPS, în general frecvențe radio coordonate la nivel internațional pentru protejarea și salvarea vieții umane.

- PROTECTED – frecvențe radio proprii a căror bruiere ar trebui pe cât posibil evitată; aici găsim, de exemplu, frecvențele folosite în rețelele operative proprii. În anumite condiții, pentru îndeplinirea unei misiuni, ele pot fi bruiaate, dar acest lucru se va face numai în coordonare cu unitățile afectate.

- GUARDED – frecvențe radio ale

adversarului, folosite de către forțele proprii pentru a extrage informații. Bruierea lor se poate face în mod controlat, în funcție de potențialul câștig rezultat în urma acestei acțiuni.

JRFL se elaborează și este valabilă pentru fiecare operație în parte, având particularități legate de locația și perioada de desfășurare a acesteia. Nu are un format predefinit. JRFL este un document „vîu”, care se actualizează cu regularitate, în funcție de dinamica operației. Chiar dacă unele frecvențe pot rămâne neschimbate pe întreaga perioadă de desfășurare a operației (de exemplu, frecvențele radio pentru controlul traficului aerian, ale sistemelor RADAR, GPS, ale sistemelor de comunicații prin satelit și cele de urgență), altele se schimbă de la o misiune la alta. De aceea, se preferă păstrarea ei în format electronic și nu pe suport letric. În general, sunt utilizate baze de date care permit acțiuni de tip introducere, editare, ștergere, arhivare și interogare. Aplicațiile informatice aflate la îndemîna managerilor de frecvențe – SMIROnline și SPECTRUM XXI – oferă astfel de capacități. De aici și concepția greșită cum că întocmirea JRFL este strict sarcina managerului de frecvențe.

Elaborarea JRFL este inițiată la ordinul comandantului operației, iar J3 este structura care conduce activitățile grupului de lucru și răspunde de aprobarea și implementarea/distribuirea ulterioară a listei.

„TABOO and PROTECTED Activity List” este contribuția J6, iar „GUARDED Activity List” a J2. Cu toate acestea, JRFL nu este pur și simplu o sumă a celor două liste furnizate de J6 și J2. Interesele celor trei structuri implicate (J2, J3 și

J6), referitor la utilizarea unei frecvențe radio, pot fi divergente. În cadrul grupului de lucru se

realizează o activitate de filtrare, dar și una de armonizare (Fig. 3).

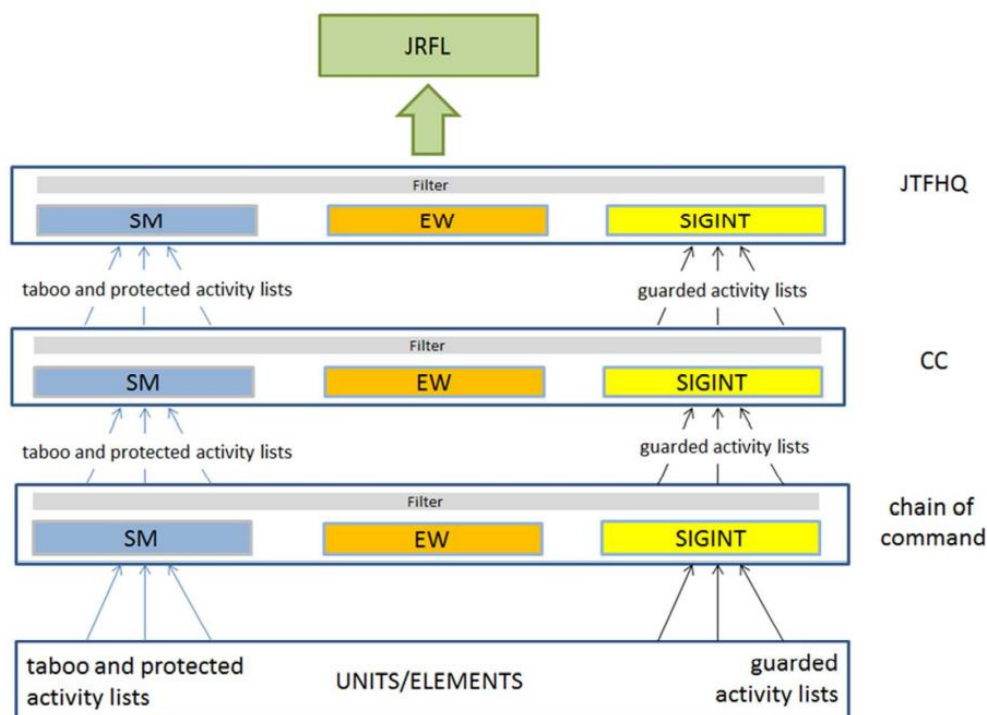


Figura 3: Procesul de elaborare a JRFL și contribuția structurilor de la fiecare nivel ierarhic

Pe de altă parte, trebuie să realizăm că acest proces nu se desfășoară doar la un singur eșalon, ci implică întregul lanț de comandă. În plus, trebuie ținut cont de prevederile și propunerile venite din partea autorităților locale și internaționale. Toate dispozițiile Uniunii Internaționale a Telecomunicațiilor (ITU) cu referire la comunicațiile de urgență (Distress and Safety) trebuie respectate cu strictețe. Toate frecvențele destinate comunicațiilor de urgență înregistrate în *ITU Radio Regulations* trebuie să primească nivelul de protecție TABOO și să fie incluse în JRFL.

În ceea ce-l privește pe managerul de frecvențe radio, strângerea de date pentru JRFL începe încă din primele etape ale procesului de planificare a operației, odată cu trimiterea *Data Call Message*, acel ordin prin care se solicită tuturor structurilor să comunice necesarul de frecvențe. Aceste date vor fi analizate la fiecare nivel ierarhic, filtrate și consolidate, transmise

eșalonului superior, iar după aprobarea JRFL procesul se repetă. Revizuirea JRFL trebuie făcută zilnic și ori de câte ori apar schimbări (datorate, de exemplu, primirii unei noi misiuni sau resubordonării unor forțe). Frecvențele radio a căror protecție nu se mai justifică trebuie înlăturate din listă pentru a se evita supraaglomerarea acestora (lucru care ar face-o inefficientă).

În concluzie, scopul JRFL este de a asigura protejarea rețelelor de comunicații proprii, a unora din rețelele adverse (dar din care reușim să exploatăm informații) și a frecvențelor de urgență folosite atât de către trupele proprii, cât și de civili. Elaborarea ei începe încă înainte de inițierea operației, iar procesul de actualizare este reluat iar și iar, pe timpul tuturor fazelor operației. JRFL este rezultatul unui efort comun al mai multor structuri la nivelul fiecărui eșalon. Doar strictul necesar de frecvențe radio se trece în final în JRFL.

Bibliografie

1. NATO - AJP-6 Allied Joint Doctrine for Communication and Information Systems, 28.02.2017 -
https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/602827/doctrine_nato_cis_ajp_6.pdf
2. Joint Publication 3-85 Joint Electromagnetic Spectrum Operations, 22.05.2020 -
https://www.jcs.mil/Portals/36/Documents/Doctrine/pubs/jp3_85.pdf
3. CJCSM 3320.01C Joint Electromagnetic Spectrum Management Operations in the Electromagnetic Operational Environment, 05.02.2019 -
<https://www.jcs.mil/Portals/36/Documents/Library/Manuals/CJCSM%203320.01C.pdf?ver=-f25Wy4lZ1iDyK9OB0VQ2w%3d%3d>
4. ITU Radio Regulations Volume 2: Apendices, 2016 -
<http://search.itu.int/history/HistoryDigitalCollectionDocLibrary/1.43.48.en.102.pdf>

GIS APLICAT ÎN MFR

P.c.c. Radu BADEA

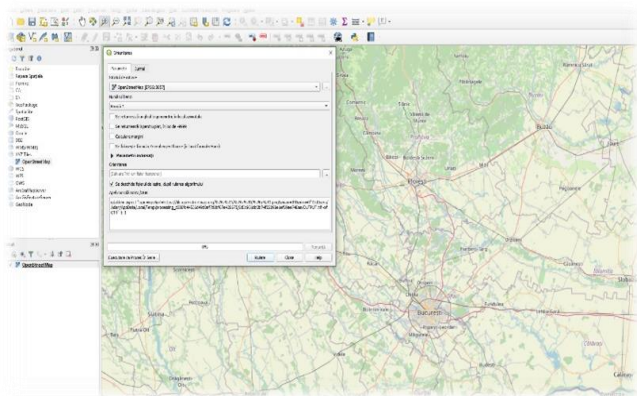
Agenția Militară pentru Managementul Frecvențelor Radio



GIS-ul (Sistem Informațional Geografic) este cadrul care permite culegerea, gestionarea și analiza datelor. Având rădăcinile în știința geografiei, GIS-ul

integrează mai multe tipuri de date. Analizează locații spațiale și organizează straturi de informații în vizualizări utilizând hărți și scene 3D. Având această capacitate unică, GIS-ul dezvăluie o înțelegere mai profundă a datelor, cum ar fi modele, relații și situații – ajutând utilizatorii să ia decizii mai inteligente.

Specific unui GIS este modul de organizare a informației gestionate. Există două tipuri de informație: una grafică, care indică repartitia spațială a elementelor studiate, și alta sub formă de bază de date, pentru a stoca atributele asociate acestor elemente (de exemplu, pentru o șosea: lungimea ei, lățimea, numărul benzilor, materialul de construcție etc.)¹.



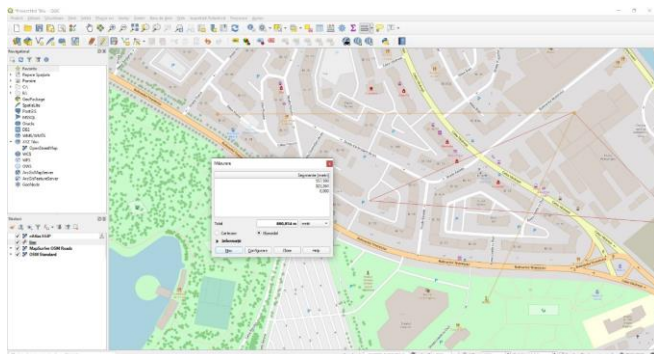
În activitatea zilnică relaționată cu acest sistem, în cadrul Agenției Militare pentru

Managementul Frecvențelor Radio (AMMFR) se gestionează informații grafice de tip hărți pentru a putea aviza proiectele civile, dar și cele militare de instalare a obiectivelor de radiocomunicații. Precizia datelor utilizate (coordonate geografice) în această activitate reprezintă un aspect vital în gestionarea corectă a frecvențelor radio, deoarece lipsa anumitor elemente clare sau chiar ivirea unor elemente greșite pot facilita apariția unor perturbații electromagnetice sau, chiar mai grav, a unor interferențe prejudiciabile.

În acest sens, putem preciza faptul că informația grafică ce se regăsește în GIS poate fi de două feluri: **raster** sau **vectorială**. Grafica raster este o modalitate de reprezentare a imaginilor în aplicații software sub forma de matrice de pixeli, în timp ce grafica vectorială este o metodă de reprezentare a imaginilor cu ajutorul unor primitive geometrice (puncte, segmente, poligoane), caracterizate de ecuații matematice. Specific sistemelor GIS este asocierea unui sistem de coordonate geografic matricei de pixeli (la imaginile raster) sau vectorilor – procedeul poartă numele de **georeferențiere**². Astfel, unui obiect (reprezentat fie printr-o imagine, fie printr-un vector) îi este asociată o poziție unică în Sistemul Informatic, corespunzătoare poziției geografice din lumea reală. Aceste coordonate sunt obținute prin efectuarea de observații în teren – mai precis, prin folosirea unui dispozitiv GPS la colectarea coordonatelor unor entități ușor identificabile în imagine sau în hartă. Procesul de georeferențiere reprezintă acel element esențial care contribuie în mod decisiv la corectitudinea datelor. Astfel, datele furnizate în proiectele transmise spre avizare trebuie să fie în acord exact cu reprezentările grafice furnizate de aplicația GIS.

¹ Prezentare generală GIS, <https://www.esri.ro/ro-ro/what-is-gis/overview>.

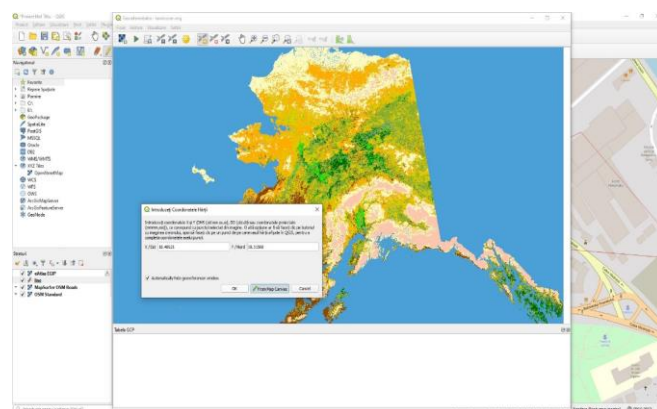
² Heywood, I., Cornelius, S., and Carver, S. (2002) *An Introduction to Geographical Information Systems*. Addison Wesley Longman. 2nd edition.



În prezent, AMMFR dispune de o aplicație dezvoltată de Microsoft, care pune la dispoziție atât date de tip raster, cât și date de tip vector. Aceste informații furnizate de aplicație sunt suficiente pentru a putea crea o bună analiză a distanțelor dintre obiectivele de radiocomunicații ce urmează a fi construite și echipamentele de radiocomunicații militare existente. Cu toate acestea, există pe piață aplicații care pot efectua analize mai complexe și mai detaliate. Un astfel de exemplu poate fi Quantum GIS (QGIS). Aceasta este o aplicație pentru sistemele informaționale geografice (GIS) de tip desktop open-source, care acceptă vizualizarea, editarea și analiza datelor geospațiale. QGIS permite utilizatorilor să analizeze și să editeze informații spațiale, pe lângă compunerea și exportul hărților³.

Procesul de verificare a punctelor geografice ce urmează a fi avizate pentru construirea obiecti-

velor de radiocomunicații, după cum s-a menționat anterior, este o etapă cheie. De aceea trebuie acordată o mare atenție acestor date ce au o prelucrare directă în GIS. În procesul de localizare geografică, georeferențierea corectă este fundamentală; din această cauză și aplicația folosită (în mod corespunzător) are un rol determinant în precizia rezultatului. Pe lângă acestea, modurile, opțiunile și bazele de date folosite de aplicație aduc un aport major activității desfășurate în cadrul procesului de verificare.



În concluzie, se poate avea în vedere, în viitor, extinderea capacității de lucru și totodată îmbunătățirea preciziei în teren printr-o aplicație informatică cu roluri și funcții multiple. Aceasta ar putea avea o contribuție considerabilă în modul de vizualizare a datelor din teren, pentru a înțelege cât mai bine situația propriu-zisă a realității din spațiul geografic.

³ Sursă imagini: arhivă personală.

UTILIZAREA TEHNOLOGIEI 5G ÎN MEDIUL MILITAR

Col. ing. Claudiu TĂNASE

Direcția Comunicații și Tehnologia Informației



Ce este 5G?

5G reprezintă a cincea generație de tehnologie în domeniul comunicațiilor mobile celulare.

Strict vorbind, 5G reprezintă un set de reguli tehnice de bază

care definesc funcționarea unei rețele de comunicații celulare, incluzând frecvențele radio utilizate și modul în care diverse componente, precum procesoarele și antenele, gestionează semnalele radio și schimbă date.

Scurt istoric al evoluției tehnologice

1G – 1979 – marchează apariția primei generații de rețea celulară, analogică, oferind servicii de voce.

2G – 1991 – introduce vocea digitală și permite internet pentru telefoane mobile, la viteze de max. 40 kbps.

3G – 2001 – viteza de date ajunge la 20 Mbps.

4G – 2010 – viteza de date ajunge la 100 Mbps.

5G – 2019 – modificările aduse de această tehnologie sunt prezentate în continuare.

ITU a împărțit serviciile de rețea 5G în trei categorii:

- eMBB (enhanced Mobile BroadBand) – bandă largă mobilă îmbunătățită;
- URLLC (Ultra-Reliable Low Latency Communications) – comunicații ultrafiabile cu o latență redusă (potrivite pentru vehicule autonome);
- MMTC (Massive Machine Type Communications).

Avantaje și dezavantaje ale noii tehnologii

Noua tehnologie are o serie de avantaje, care deschid multe oportunități de utilizare atât în mediul civil, cât și în cel militar, dar aceste avantaje vin la pachet cu câteva dezavantaje.

Avantaje

Printre avantaje se numără o viteză mai mare (oferă utilizatorului acces instant la informațiile căutate), o latență mai mică, o capacitate crescută și interferențe mai scăzute.

Capacitatea ridicată este datorată spectrului de frecvențe înalte avut la dispoziție față de tehnologiile anterioare, cumulat cu eficiența spectrală și reutilizarea spațială.

În cazul latenței, evoluția de la 3G la 5G este una foarte mare. Astfel, dacă la 3G aveam o rată de răspuns de 100 ms, la 4G de 50 ms, la 5G aceasta este de 1 ms. Această latență scăzută oferă foarte multe oportunități pentru dezvoltarea aplicațiilor care necesită un trafic de date în timp real (ex. VR, telemedicină).

Standardul ITU IMT-2020 prevede viteze de până la 20 Gbps, dar vitezele mari au fost demonstrate doar pentru undele milimetrice cu frecvențe de peste 15 GHz. Dar 5G utilizează mai multe benzi de frecvență, iar în cele joase (600 MHz – 6 GHz), vitezele sunt uneori mai mici decât în rețelele 4G avansate.

Conectivitatea mai bună înseamnă că adoptarea, pe scară largă, a tehnologiei 5G ar putea deschide calea dezvoltării dispozitivelor inteligente de tip IoT (Internet of Things) – senzori, calculatoare ș.a. care vor putea comunica în timp real, cu latențe minime. De la sisteme bazate pe inteligență artificială, realitate virtuală sau augmentată, până la mașini autonome și chirurgie realizată computerizat de la distanță, aplicațiile sunt, practic, nelimitate.

De asemenea, și fiabilitatea este crescută prin redundanță de canale, modulare și codare

robustă, multicale.

Dezavantaje

O lărgime de bandă crescută va însemna mai puțină acoperire, ceea ce presupune îndesirea stațiilor de bază, care va genera costuri mai mari de implementare ce se vor reflecta și în costurile către utilizatori. Plus durată mai mare de realizare a unei acoperiri corespunzătoare a teritoriului. Realizarea unei acoperiri corespunzătoare la frecvențe înalte presupune o densitate de 15–20 stații/km² în medii urbane, față de 2–5 pentru LTE.

Controverse asupra efectelor

Se vorbește foarte mult despre faptul că tehnologia 5G este periculoasă și, din cauza ei, se pot dezvolta diferite boli. Pericolul față de tehnologiile actuale (nici ele lipsite de controverse) ar fi reprezentat de operarea pe frecvențe mult mai înalte față de 4G și 3G, iar criticii se referă, în primul rând, la nivelul și frecvența radiațiilor electromagnetice emise. Ei aduc în discuție faptul că, odată cu creșterea frecvenței, scade distanța de propagare, iar pentru a remedia acest neajuns, se impune creșterea puterii radiate prin creșterea numărului de antene, în special în zonele populate, ceea ce ar duce la generarea unui câmp de radiație electromagnetică mai intens.

S-a ajuns la punctul în care peste 200 de oameni de știință din 40 de țări au apelat la ONU pentru a lua măsuri de stopare a lansării acestui tip de tehnologie, invocând o serie de pericole precum orbire, pierderea auzului, cancer de piele, infertilitate și probleme cu tiroida. Cu toate acestea, nu s-au efectuat suficiente studii care să demonstreze aceste pericole, iar tot ceea ce există în prezent sunt doar opiniile unor cercetători împotriva altora.

Pe de altă parte, numărul și densitatea mai mare de antene 5G înseamnă că fiecare dintre aceste antene va putea fi operată cu o putere mai mică decât cea necesară transmiterii semnalului 4G la distanțe mai mari, caz în care efectul nociv ar fi mai mic.

Spectrul de frecvențe

Tehnologia 5G lucrează în două game de frecvențe, definite în lucrările tehnice ca FR1 și FR2 (frequency range). FR1 cuprinde benzi de frecvență în gama LTE existentă (600 MHz – 6 GHz), iar FR2 cuprinde benzi de frecvență în gama undelor milimetrice 24 GHz – 100 GHz.

Multitudinea de frecvențe/benzi prevăzute permite și realizarea unor sisteme 5G militare (MOTS) în „spectrul militar”.

Frecvențele înalte se pot reutiliza pe distanțe scurte de către diferite celule ale rețelei, astfel încât spectrul este utilizat în mod eficient.

Dar utilizarea acestor frecvențe înalte vine și cu un cost – pierderile de propagare.

Dezvoltarea unei strategii de utilizare a spectrului de frecvențe este importantă în 5G, întrucât se utilizează atât benzi de frecvențe licențiate, cât și nelicențiate.

Tehnologii

Una din tehnologiile cheie pentru implementarea rețelelor celulare 5G este utilizarea unor rețele de antene digitale cu mai multe elemente, ca parte a stațiilor de bază, cu numărul elementelor de antenă de 128, 256 și mai mult, denumite Massive MIMO (Multiple Input Multiple Output), care permit câștiguri mai mari în antenă.

Prin utilizarea MIMO se asigură diversitatea (transmiterea datelor pe căi diferite) și se îmbunătățește robustețea împotriva fadingului.

Împreună cu multiplexarea spațială, variantele tehnologiei OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) pot fi utilizate pentru a crește eficiența spectrală.

Alte tehnici utilizate în cadrul 5G sunt: *multiplexarea spațială* (creștere capacitate), *beamforming* (concentrarea energiei semnalului către subiectul/zona de interes și reducerea interferențelor datorate lobilor secundari), *network slicing* (separare trafic și rețele), *edge computing* (extindere cloud – serviciile pot rula autonom la „marginea” rețelei).

Utilizarea rețelelor virtuale/*network slicing* va permite izolarea/separarea lor, aceeași

infrastructură fizică fiind utilizată pentru a furniza comunicații pentru forțe diferite într-un mod complet izolat și într-un mod global și va permite implementarea unor servicii total diferite, precum cele militare, de entertainment sau știri.

Cloud/edge computing trebuie folosit pentru o ierarhie de comunicații în scenarii operaționale și non-operaționale:

- luând în considerare diferențierea serviciilor;
- permițând integrarea BS (stații de bază) cu noduri cache pe diferite niveluri ale rețelei.

Aplicare în mediul militar

Așa cum am prezentat anterior, tehnologia 5G oferă foarte multe oportunități datorită caracteristicilor sale (viteză și capacitate ridicate, latență scăzută, diversitate spectrală), dar prezintă și o serie de vulnerabilități și provocări.

În cadrul NATO, 5G a fost inclusă în familia tehnologiilor EDT (Emergent & Disruptive Technologies), dar reprezintă și un potențator al celorlalte tehnologii EDT (Inteligența Artificială, Big Data, Machine Learning, Edge Computing). Datorită oportunităților oferite, 5G poate fi privită chiar ca un *game changer*.

Tehnologia 5G poate oferi o serie de oportunități mediului militar în următoarele domenii:

- Instruire (utilizare facilități Virtual Reality/Augmented Reality) și exerciții;
- C2 – îmbunătățire a procesului de luare a deciziei și de SA (Situational Awareness);
- Protecția forței și protecție perimetrală (dectecție intruziuni, supraveghere video, acces și control al porților, alarme, iluminat inteligent etc.);
- Informații/ISR;
- Logistică (urmărire bunuri) și medical;
- CIS – capabilități desfășurabile cu facilități wireless, cloud computing & Edge computing, comunicații navale ship-ship, ship-shore, conectivitate wireless de BL pentru structuri de tip TOC;

- Digitalizare;
- Interoperabilitate – Poate contribui la îmbunătățirea interoperabilității în cadrul unei coaliții/alianțe, în domeniul terestru sau maritim – desfășurare rapidă – forțe de reacție rapidă, servicii oferite rapid de națiunea gazdă în sprijinul unei operații NATO/coaliție;
- IoT;
- Vehicule autonome/roboți pentru misiuni periculoase/drone.

Provocări

Pentru a putea beneficia de oportunitățile oferite de această tehnologie în domeniul militar, trebuie să se țină cont de următoarele provocări:

- Dezvoltarea de standarde – este necesară dezvoltarea de standarde în vederea realizării/îmbunătățirii interoperabilității. Multe dintre caracteristicile 5G sunt pe cale de a fi standardizate, chiar dacă majoritatea sunt dominate de cerințe civile. Standardele trebuie să fie deschise;
- Securitate – dezvoltarea unui nivel cu facilități TRANSEC/COMSEC pentru apărare, implementarea de măsuri de securitate cibernetică, multidomain & network slicing;
- Identificare vulnerabilități, inclusiv amenințări din domeniul războiului electronic;
- Asigurare reziliență (plan de back-up);
- Analiza scenarii privat vs. public;
- Doctrinar – operații, logistică;
- Acreditarea subsistemelor 5G militare;
- Formarea de personal specializat;
- Compatibilitate electromagnetică cu sistemele existente;
- Tipul operației – severitatea conflictului și nivelul amenințărilor de război electronic;
- Condiții de propagare și performanțe așteptate;
- Utilizarea benzilor de frecvențe – operare în benzi NATO, armonizare în cadrul Alianței;
- Constrângeri ale scenariilor de utilizare;
- Integrare și ușurință în utilizare;
- Existența terminalelor și a stațiilor de bază dedicate uzului militar.

Unul din aspectele cele mai importante dintre cele menționate îl reprezintă asigurarea securității.

Tehnologia 5G a fost creată pentru abonatul civil și industrie (se bazează pe standarde deschise care să fie adoptate la scară globală, cu forme de undă care asigură o capacitate ridicată, iar securitatea a fost lăsată ca o problemă a abonatului), astfel încât nu a luat în considerare cerințe militare precum rezistența la bruiaj, forme de undă cu probabilitate redusă de interceptie, criptare E2E ș.a.

În aceste condiții, securitatea se poate realiza pe mai multe paliere:

- infrastructură – utilizarea unor rețele nucleu (core) pe fibră optică, asigurarea unei reziliențe ridicate, realizarea de VPN-uri;
- dispozitive mobile – clasificate/neclasificate, controlul aplicațiilor, servicii criptate E2E militare, cloud native.

În **concluzie**, această tehnologie oferă oportunități pentru dezvoltarea unor capabilități militare bazate pe 5G, de înaltă performanță și eficiență.

Ca abordări la nivelul NATO, realizarea de subrețele private în cadrul celor publice reprezintă o soluție abordată de unele state membre.

Și realizarea unor rețele 5G militare a fost analizată, dar, ținând cont că piața civilă este mult mai extinsă decât cea militară, este dificil de prognozat, în acest moment, ce posibilități vor exista pentru realizarea unor rețele 5G militare.

O altă soluție o reprezintă utilizarea tehnologiilor 5G în cadrul rețelelor private/militare.

Tehnologia 5G va domina mediul telecomunicațiilor comerciale, iar organizațiile militare trebuie să fie conștiente și informate asupra acestor evoluții tehnologice, pentru a putea beneficia de acestea.

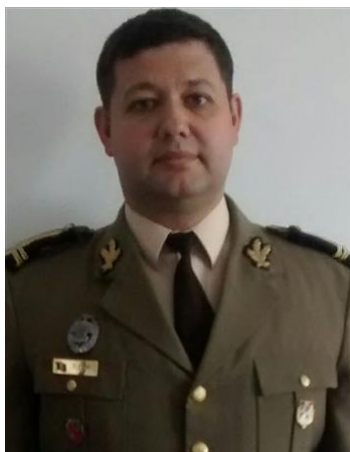
INTERNETUL PRIN SATELIT

Lt.col. Georgian TUDOR

Lt. Valeria-Georgiana LINCĂ

Slt. ing. Dragoș-Andrei TOPÂRCEANU

Comandamentul Comunicațiilor și Informaticii



Constelațiile de sateliți în prezent

Peste 2.500 de sateliți activi orbitează acum în jurul Pământului, iar astronomii amatori și alți observatori văd mai mulți în fiecare lună. Din punct de vedere istoric, comunicațiile prin satelit implicau în general sateliți geostaționari (GEO), sisteme mari care au devenit din ce în ce mai capabile în timp¹.

Dacă propunerile actuale de Internet prin satelit devin realitate, aproximativ 50.000 de sateliți activi vor orbita în jurul Pământului în decurs de 10 ani. Ambițiile mari orientate către sateliții de tip LEO au început încă din anul 1990, atunci când mai multe companii au încercat să ofere conectivitate globală la Internet. Globalsat, Iridium, Odyssez și Teledesic aveau planuri impresionante însă, în cele din urmă, majoritatea și-au redus sau au anulat constelațiile internaționale din cauza costurilor ridicate și a cererii limitate. După această experiență, mulți analiști din industrie și investitori rămân sceptici cu privire la viabilitatea marilor constelații LEO. Eșecurile recente ale LeoSat și OneWeb întăresc această impresie.



Figura 1: Model de rețea satelitară LEO

De asemenea, pandemia COVID19 va influența viitorul pieței satelitare. Pe termen scurt, orice companie care încearcă să obțină finanțare se va confrunta cu provocări din cauza incertitudinii economice. Aceste provocări vor afecta diferit progresul conceptelor licențiate rămase: Kuiper, Starlink și Telesat, deoarece abordarea lor de proprietate și de finanțare variază.

În timp ce distanțarea fizică și măsurile de lucru de la domiciliu rămân la locul lor, dezvoltarea, fabricarea și lansarea sateliților LEO va încetini. Criza a accentuat și o creștere a cererii conectivității la Internet și a subliniat importanța acesteia. Investițiile în orice fel de infrastructură de conectivitate nouă vor fi costisitoare, dar

¹ <https://www.mckinsey.com/industries/aerospace-and-defense.htm> accesat la data de 18.11.2020

aproape sigur vor fi necesare. În viitorul apropiat, conceptul de LEO ar putea juca un rol important în satisfacerea acestei cereri crescute.

Noua generație LEO

Sateliții tradiționali de comunicație pe orbite GEO și-au dovedit valoarea încă din anul 1960. Deși costisitori, aceștia sunt extrem de capabili și au o durată lungă de viață (aproximativ 15 ani). Alitudinea lor de peste 35.000 de kilometri deasupra Pământului le oferă un câmp vizual larg, permițând operatorilor să acopere cea mai mare parte a suprafeței planetei cu doar trei sateliți distanți. Procesele tehnologice recente, inclusiv noile proiecte reconfigurabile și de mare viteză, au îmbunătățit atât eficiența, cât și performanța.

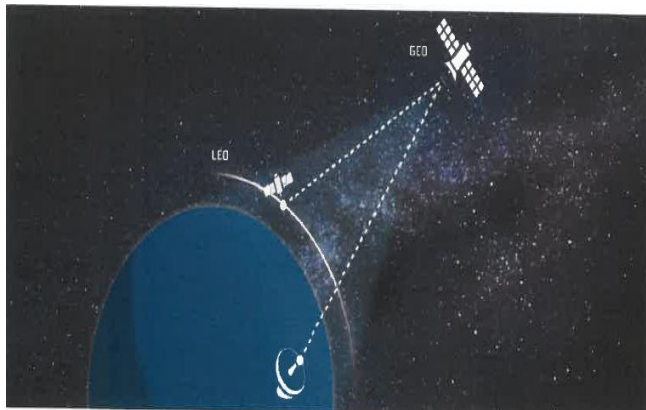


Figura 2: Conexiune între sateliți GEO și LEO

Noile concept de sateliți LEO, care orbitează între 500 și 2.000 de kilometri de Pământ, oferă comunicații mai rapide (cu o latență de 10 ori mai mică decât a sateliților geostaționari) și oferă deseori lățime de bandă mai mare per utilizator în comparație cu sateliții GEO, cablurile din cupru și rețelele wireless fixe pre-5G. Comunicația are loc printr-o constelație de sateliți LEO, acoperirea globală necesitând un număr mare de sateliți.

Starlink²

Starlink este numele unei rețele de sateliți pe care compania privată o dezvoltă pentru a oferi Internet la un preț redus către locații îndepărtate. SpaceX este compania care deține constelația

Starlink. Aceasta a avut la început ca domeniu de activitate doar realizarea de vehicule pentru transport (rachete) în spațiul cosmic.

În timp ce SpaceX și-a propus să aibă în cele din urmă 12.000 de sateliți în așa-numită megaconstelație, dimensiunea și scara proiectului au tulburat astronomii și observatorii spațiului cosmic, care se tem că obiectele luminoase care orbitează în jurul Pământului vor perturba observarea universului.

Propunerea SpaceX privind Internetul prin satelit a fost anunțată în ianuarie 2015. Deși nu i s-a dat un nume în acel moment, CEO-ul Elon Musk a declarat că a depus documentele către autoritățile de reglementare internaționale pentru a plasa aproximativ 4.000 de sateliți LEO: „Vorbim cu adevărat despre ceva care, pe termen lung, este reconstruirea Internetului în spațiu” a spus Musk în timpul unui discurs în Seattle.

Estimarea inițială a numărului de sateliți ai lui Musk a crescut exponențial și își propune să capteze o parte din piața mondială de conectivitate la Internet, estimată la un trilion de dolari. În urma tuturor demersurilor, Comisia Federală pentru Comunicații din SUA (FCC) a acordat SpaceX permisiunea de a lansa 12.000 de sateliți în primă fază, cu posibilitatea extinderii la 30.000 de sateliți.

Pentru a pune acest lucru în perspectivă, în prezent doar 2.000 de sateliți artificiali orbitează în jurul Pământului și doar 9.000 au fost lansați vreodată în toată istoria.

SpaceX a lansat primele două nave de testare Starlink, numite TinTinA și TinTinB în 2018. Misiunea a decurs fără probleme, iar, pe baza datelor inițiale, compania a solicitat autorităților de reglementare ca flota să poată funcționa la altitudini mai mici decât se concepea inițial și FCC a fost de acord.

Primii 60 de sateliți Starlink au fost lansați pe 23 mai 2019 la bordul unei rachete SpaceX Falcon 9. Sateliții și-au atins cu succes altitudinea operațională de 550 km, suficient de scăzută pentru ca, la sfârșitul duratei de viață, cu ajutorul presiunii atmosferice, aceștia să poată fi retrași înapoi pe Pământ fără a deveni deșeuri spațiale.

² <https://www.telesat.com/leo-satellites/> accesat la data de 18.11.2020

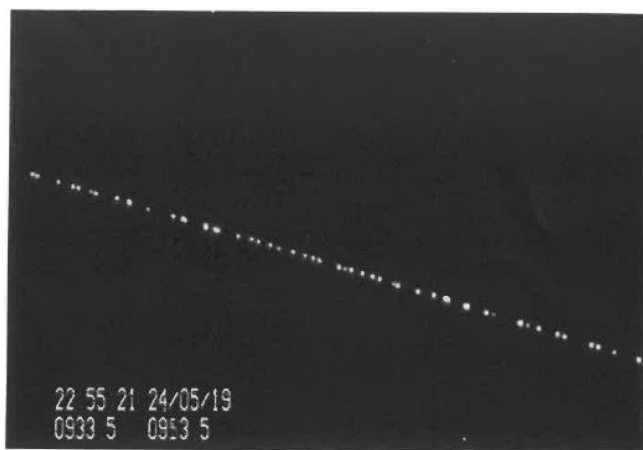


Figura 3: Primii sateliți din constelația Starlink

Modul de funcționare al sateliților Starlink

Fiecare satelit Starlink cântărește aproximativ 500 lbs (227 kilograme) și are aproximativ dimensiunea unei mese, potrivit „Sky & Telescope”.

Pentru a conecta regiunile îndepărtate la Internet, sistemul satelitar funcționează prin transmiterea informațiilor prin vidul spațial, unde viteza de transmisie este cu 47 % mai mare decât în cablul cu fibră optică, a raportat „Business Insider”.

Internetul prin sateliți geostaționari funcționează folosind nave spațiale care orbitează la 35.785 km deasupra unui anumit punct de pe Pământ. Ca dezavantaj, la această distanță există în general întârzieri semnificative în trimiterea și primirea datelor (aproximativ 540–800 ms). Prin scurtarea distanței Satelit-Pământ și conectarea la rețea, sateliții Starlink sunt menși să transporte cantități mari de informații, cu o viteză de transmisie mare, către orice punct de pe Pământ, chiar și peste oceane, în locuri extrem de greu accesibile, în care instalarea cablurilor de fibră optică ar putea fi imposibilă.

La începutul lunii septembrie 2020, după ce constelația Starlink a devenit operațională, testele beta au arătat că vitezele de download ale sistemului satelitar rivalizează cu vitezele serviciilor de bandă largă terestră. Numărul actual al sateliților Starlink a ajuns la 700 în ultimele 16 luni și se intenționează livrarea a încă 30.000 în viitorul apropiat. Mai mulți sateliți reprezintă mai multă lățime de bandă, viteze mai mari și, în cele

din urmă, constelațiile Starlink de sateliți LEO ar putea furniza Internet de mare viteză în întreaga SUA. Amazon, Facebook și mai multe startup-uri au făcut promisiuni similare în ultimii ani.

Conceptul de serviciu de Internet prin satelit este, de fapt, vechi de zeci de ani. Cu toate acestea, tehnologia inovatoare prin sateliții situați pe orbita joasă a Pământului, dezvoltată de SpaceX și de alții, ar putea fi esențială, dacă nu chiar transformativă pentru orice industrie, de la telemedicină la învățare la distanță în locuri greu accesibile.



Figura 4: Model de stație pentru controlul sateliților

SpaceX a implementat sistemul de operare Linux pe sateliții săi. Fiecare lansare de câte 60 de sateliți conține mai mult de 4.000 de computere Linux. Constelația are peste 30.000 de noduri Linux (și peste 6.000 de microcontrolere) în spațiu, generând mai mult de 5 TB pe zi. În cazul problemelor care pot apărea din cauza softului, SpaceX lansează actualizări chiar și o dată pe săptămână.

Planul SpaceX pe viitor

SpaceX a declarat că va colabora cu organizații și agenții spațiale pentru a atenua impactul megaconstelației sale asupra spațiului cosmic. Compania a lansat un al doilea lot de sateliți în noiembrie 2019 și un al treilea în ianuarie 2020 și se așteaptă să înceapă serviciul de Internet de bandă largă până la sfârșitul anului 2020.

SpaceX a încercat să calmeze îngrijorările astronomilor cu privire la efectul Starlink asupra observării universului. În lotul din ianuarie 2020,

un satelit Starlink, numit DarkSat, a fost vopsit într-un strat experimental parțial negru conceput pentru a-i reduce luminozitatea.

Cercetările finanțate de armata SUA au ajuns la concluzia că megaconstelația în creștere ar putea avea un scop secundar în dublarea sistemului GPS cu un cost redus, extrem de precis. Noua metodă ar folosi sateliții Starlink existenți pe orbita joasă a Pământului (LEO) pentru a furniza servicii globale de navigație.

Rivalitatea în domeniul spațial

SpaceX, Amazon și OneWeb sunt doar câteva dintre companiile care au investit deja miliarde de dolari în crearea unei rețele de Internet de bandă largă în Spațiu.

Planul SpaceX pentru Internet ultrarapid de bandă largă implică peste 11.943 de sateliți care ar fi plasați pe orbita Pământului la aproximativ 112 – 1.200 de mile. Planul Amazon, denumit Project Kuiper, intenționează să lanseze o rețea de 3.236 sateliți, iar OneWeb din Marea Britanie planifică să lanseze 650 de sateliți în următorii doi ani, ambii pe orbita joasă a Pământului.

Împreună sunt peste 15.000 de sateliți, fiecare având dimensiunea unui mic cub, plutind chiar deasupra Pământului pentru a oferi acces la Internet pe toată planeta.

În cererea sa către Comisia Federală de Comunicații (FCC), Amazon a citat studii realizate de FCC care spun că 21 de milioane de americani nu dispun de conectivitate la servicii de bandă largă, în timp ce 33 de milioane de americani nu au acces la servicii mobile rapide. Studiul confirmă, de asemenea, că 3,8 de miliarde de oameni din întreaga lume nu au servicii de bandă largă fiabile³.

Aceste proiecte, dacă sau când sunt realizate pe deplin, vor oferi acces la Internet de încredere pentru nenumărați consumatori și companii. Pentru o companie de comerț electronic precum Amazon, motivația din spatele acestui proiect este

simplă: mai mulți oameni cu acces la Internet înseamnă mai mulți oameni online, rezultând mai mulți clienți pentru Amazon.

CEO-ul SpaceX, Elon Musk, a declarat că rețeaua lor va fi destinată zonelor rurale sau semi-rurale care nu au conectivitate în prezent. Potrivit FCC, în 2017 mai mult de 6 % dintre persoanele care locuiau în zona rurală a SUA nu erau acoperite de serviciile de Internet în bandă largă terestră. Pentru SpaceX, motivația din spatele rețelei lor de bandă largă prin satelit este de a-și finanța obiectivul de a trimite oameni pe Marte.

Scopul aspirațional al OneWeb este dezvoltarea de chipset-uri pentru antene care să fie dispuse pe avioanele comerciale și care să ofere Internet Wi-Fi pasagerilor. OneWeb a lansat 40 de sateliți până în prezent și are alți 34 programați să fie lansați mai târziu. Airbus și OneWeb construiesc sateliți printr-o societate mixtă numită OneWeb Satellites despre care se spune că a atins un randament maxim de trei sateliți într-o singură zi din februarie.

SpaceX, ai cărui sateliți se află pe o orbită joasă și care are nevoie de o acoperire globală, a lansat 302 sateliți și are încă 60 în plan pe 15 martie.

Spre deosebire de OneWeb, SpaceX își construiește propriile terminale de utilizator. „Faptul că producem intern echipamentele ne oferă avantajul de a putea oferi un terminal la prețuri foarte mici”, a declarat Jonathan Hofeller, vicepreședintele vânzărilor comerciale Starlink.

OneWeb a descris antenele parabolice și antenele plate direcționate electronic ca parte a portofoliului său de terminale destinate utilizatorilor. Antenele direcționate electronic au avantajul de a se conecta simultan la doi sau mai mulți sateliți, dar din punct de vedere istoric au fost prea scumpe pentru consumatori.

SpaceX a discutat până acum doar despre antenele direcționate electronic, o tehnologie pe care Hofeller a spus că este extrem de dificil de construit la prețuri relativ mici. Fondatorul Elon Musk a descris terminalele de utilizator Starlink ca fiind asemănătoare cu un OZN subțire, plat, rotund pe un stick cu motoare pentru a-și regla

³ <https://www.cnbc.com/2019/12/14/spacex-oneweb-and-amazon.html> accesat la data de 18.11.2020

⁴ <https://www.space.com/spacex-starlink-satellites> accesat la data de 18.11.2020

orientarea.

Odată cu dispariția OneWeb, SpaceX este cu mult înaintea în cursa pentru a implementa un sistem operațional. Pentru Starlink, 422 de sateliți se aflau pe orbită la sfârșitul lunii aprilie 2020, iar

compania susține că poate începe să ofere servicii comerciale în acest an. Amazon, care a lansat 3.236 de sateliți în constelația Kuiper, pare să continue și intenționează să ofere noi servicii în acest an.

MONITORIZAREA SPECTRULUI RADIO DESTINAT RADIOCOMUNICAȚIILOR SPAȚIALE

Ing. Cristian UNGUREANU

Ing. Octavian-Nicolae LUPU

Autoritatea Națională pentru Administrare și Reglementare în Comunicații



Managementul spectrului radio reprezintă combinația de proceduri administrative, științifice și tehnice necesare pentru a asigura funcționarea eficientă a echipamentelor și serviciilor de radiocomunicații fără a provoca interferențe prejudiciabile. În acest sens, gestionarea spectrului radio este procesul

general de reglementare și administrare a utilizării spectrului de frecvențe radio. Scopul gestionării spectrului radio este de a maximiza eficiența spectrului de frecvențe radio, de a minimiza interferențele radio și de a elimina utilizarea neautorizată și necorespunzătoare a spectrului de frecvențe radio. Regulile și reglementările, bazate pe legislația relevantă, formează baza legală pentru procesul de gestionare a spectrului de frecvențe radio. Bazele de date cu informații, inclusiv detaliile tuturor utilizatorilor autorizați ai spectrului de frecvențe radio, oferă suportul administrativ și tehnic pentru acest proces. Analiza informațiilor din aceste baze de date facilitează procesul de gestionare a spectrului de frecvențe radio, rezultând decizii privind atribuirea, alocarea și asignarea spectrului de frecvențe radio din care decurge acordarea licențelor de utilizare a frecvențelor radio. Prin

urmă, monitorizarea spectrului radio, alături de inspecția și aplicarea legii în domeniu, oferă mijloacele necesare pentru a menține integritatea procesului de gestionare a spectrului de frecvențe radio.

Monitorizarea spectrului radio este, de asemenea, utilă pentru activitatea de planificare, în sensul că susține efortul depus de managerii de spectru ca să constate nivelul de utilizare a spectrului de frecvențe radio în comparație cu documentele care sunt înregistrate pe hârtie sau în fișiere de date. Prin urmare, un sistem de monitorizare și măsurare va ajuta în cazurile în care soluția la o problemă necesită mai mult decât cunoașterea caracteristicilor autorizate sau proiectate ale sistemelor radio. Un sistem de monitorizare și măsurare obține, de asemenea, informații despre funcționarea stațiilor individuale, în scopuri de reglementare, aplicare și conformitate, și poate fi utilizat pentru a stabili locația și identitatea stațiilor care cauzează interferențe.

În termeni generali, monitorizarea spectrului radio oferă feedback managementului spectrului de frecvențe cu privire la utilizarea practică a spectrului de frecvențe radio în conformitate cu politicile naționale în materie. În plus, monitorizarea spectrului radio poate identifica, de asemenea, necesitatea unor cerințe viitoare pentru responsabilii din domeniul gestionării spectrului de frecvențe radio. În acest sens, monitorizarea spectrului radio oferă informații de tipul „feed-forward” pentru gestionarea spectrului de frecvențe radio.

Sarcinile monitorizării radio a serviciilor legate de emisiile stațiilor spațiale aflate pe o orbită geostaționară (GSO) sau pe o orbită non-geostaționară (non-GSO) sunt, în principiu, aceleași ca și pentru serviciile de radiocomunicații terestre. Monitorizarea emisiilor de la stațiile spațiale este însă diferită față de stațiile terestre în ceea ce privește tehnicile și metodele utilizate.

Sloturile sau pozițiile orbitale pentru sateliții geostaționari sunt o resursă valoroasă și rară și, prin urmare, cunoașterea stării operaționale a sateliților geo-staționari înregistrați în Registrul

internațional de frecvență al Uniunii Internaționale a Telecomunicațiilor, MIFR (Master International Frequency Register) este utilă departamentelor de gestionare a spectrului din administrațiile naționale de specialitate.

Orbitele spațiale non-geostaționare prezintă provocări suplimentare, deoarece sateliții se deplasează întotdeauna în planul lor orbital, înclinat față de cel ecuatorial, și, prin urmare, nu sunt ușor de urmărit și monitorizat. Trebuie înțeles faptul că necesitatea localizării și eliminării interferențelor prejudiciabile către și dinspre stațiile spațiale este importantă pentru toate administrațiile implicate în rezolvarea cazurilor producerii de interferențe prejudiciabile la nivelul solului care implică emisii generate de sateliți.



De asemenea, trebuie înțeles că localizarea sateliților reprezintă o necesitate importantă pentru gestionarea frecvențelor radio în conformitate cu TNABF (Tabelul național de atribuire a benzilor de frecvențe radio) și cu acordurile internaționale la care România este parte. În plus, prin localizare se urmărește realizarea expertizelor tehnice necesare utilizării raționale și eficiente a frecvențelor radio, în scopul determinării posibilității de alocare a benzilor de frecvențe radio, în condițiile legii.

Observațiile generale asupra orbitei geostaționare dezvăluie utilizarea efectivă a spectrului de frecvențe radio pentru serviciile spațiale. Aceasta include măsurători de ocupanță asupra transponderelor prin satelit și determinarea pozițiilor orbitale pe orbita geostaționară. Observațiile specifice asupra ocupanței frecvenței, de exemplu, în combinație cu procedurile de coordonare a frecvențelor radio, permit detectarea

potențială a interferențelor. Toate aceste aspecte converg către optimizarea modelelor teoretice care facilitează utilizarea în comun a frecvențelor radio de către serviciile spațiale și terestre și au ca funcționalitate suportul pentru managementul și ingineria spectrului radio.

Activitățile de colectare a datelor referitoare la emisiile provenite de la serviciile de radiocomunicații spațiale sunt necesare și în exercitarea atribuțiilor privind analiza utilizării frecvențelor radio pentru asigurarea compatibilității electromagnetice dintre stațiile și rețelele de radiocomunicații autorizate, precum și pentru prevenirea producerii interferențelor prejudiciabile, în scopul evaluării posibilității de asignare a frecvențelor radio, în urma solicitărilor primite.

În acest sens, Uniunea Internațională a Telecomunicațiilor recomandă trei categorii de misiuni pe care o administrație națională le poate realiza pentru monitorizarea prin satelit:

- monitorizarea respectării parametrilor din licențele pentru utilizarea frecvențelor radio;
- monitorizarea „sloturilor” spațiale utilizate sau disponibile;
- suport pentru soluționarea cazurilor producerii de interferențe prejudiciabile.

Stații terestre de monitorizare operate de autoritățile de reglementare în telecomunicații există deja în diferite părți ale lumii, fiind capabile să colecteze date referitoare la emisiile radiate de stațiile spațiale. Unele dintre acestea sunt echipate cu sisteme de localizare a emițătorului, care permit geolocalizarea surselor de interferență prejudiciabilă pe suprafața Pământului ce afectează stațiile spațiale. Provocările puse pentru dezvoltarea unor proiecte de monitorizare spațială sunt în principal următoarele:

- achiziția de tehnologie în crearea și funcționarea stațiilor de monitorizare spațială;
- valoarea substanțială a bugetului necesar dezvoltării unui astfel de proiect;
- necesitatea existenței unui personal operator calificat al stațiilor de monitorizare.

Așadar, stațiile de sol ce vor deservi un proiect de monitorizare spațială sunt un element

indispensabil în rezolvarea cazurilor care implică producerea de interferențe prejudiciabile sau identificarea de emisii radio relative la stațiile de radiocomunicații spațiale. Trebuie precizat că fiecare dintre stațiile terestre de monitorizare poate acoperi doar o porțiune a arcului geostaționar în jurul locației sale geografice. Astfel, deși un satelit este „la vedere” dintr-o anumită locație de monitorizare, caracteristicile fasciculelor descendente ale unui satelitului geostaționar (amprente la sol) și, în plus, orbitele variate ca înclinație ale unui satelit non-geostaționar, vor afecta puternic semnalele care pot fi monitorizate.

Mai departe, conceptul tehnic al unei stații de monitorizare radio pentru serviciile spațiale este în esență determinat de sarcinile care trebuie îndeplinite în conformitate cu nevoile specifice ale administrației în cauză. Astfel, precizia de măsurare necesară, de exemplu, pentru măsurători de frecvență și asupra densității fluxului de putere recepționat sunt de o importanță deosebită. La acestea se adaugă măsurătorile angulare pentru determinarea poziției unei stații spațiale geostaționare sau a diferiților parametri orbitali ai sateliților non-geostaționari.



În general, la fel ca în cazul stațiilor de monitorizare terestre, echipamentele pentru monitorizarea semnalelor de la stațiile spațiale trebuie să aibă o flexibilitate adecvată pentru a se regla pe o gamă largă de frecvențe, spre deosebire de acoperirea strictă a unei anumite frecvențe utilizată de un anumit fascicul, cum este cazul unui operator spațial. Prin urmare, o stație terestră

de monitorizare spațială trebuie să asigure următoarele funcționalități de bază:

- suport pentru managementul și ingineria spectrului radio;
- instrument de ajutor pentru poziționare orbitală și determinare a funcționării corecte a sistemelor spațiale;
- detectarea interferențelor prejudiciabile pe legături ascendente (uplink);
- monitorizarea ocupării spectrului radio și a orbitei geostaționare;
- măsurători de poziție;
- măsurători ale nivelului de interferență radio;
- încadrarea în parametrii autorizați pentru un sistem spațial;
- identificarea interferențelor prejudiciabile sau/și a utilizatorilor neautorizați.

Suport pentru managementul și ingineria spectrului radio

Observațiile generale asupra orbitei geostaționare dezvăluie utilizarea efectivă a spectrului de frecvențe radio pentru serviciile spațiale. Acestea includ măsurători de ocupanță asupra frecvențelor radio utilizate de transponderele spațiale și determinări ale pozițiilor orbitale de pe orbita geostaționară.

Observațiile specifice asupra ocupanței frecvenței, de exemplu în combinație cu procedurile de coordonare a frecvențelor radio, permit detectarea potențială a producerii unei interferențe prejudiciabile timpurii, din faza de planificare a sistemelor spațiale. Măsurătorile ulterioare din teren vor susține optimizarea modelelor teoretice care facilitează utilizarea în comun a frecvențelor de către serviciile spațiale și terestre.

Instrument de ajutor pentru poziționarea orbitală și determinarea funcționării corecte a sistemelor spațiale

Măsurătorile înainte de lansarea unui satelit asupra frecvențelor de telemetrie și urmărire garantează poziționarea cu succes a sateliților geo-

staționari. Monitorizarea emisiilor satelitului, precum și a ocupării frecvențelor, transponderelor și pozițiilor spațiale, reprezintă un instrument indispensabil care permite autorităților competente să verifice dacă un satelit este operat în timp util, publicat, coordonat și notificat la nivel internațional în mod corespunzător. Identificarea interferențelor permite detectarea surselor de interferențe prejudiciabile, care altfel ar împiedica funcționarea corectă a serviciilor de radiocomunicații terestre sau prin satelit.

În faza prealabilă lansării unui satelit, frecvențele utilizate pentru telemetrie, telecomandă și urmărire sunt monitorizate cu privire la orbita planificată. Astfel, rezultatele măsurătorilor facilitează o lansare și o poziționare sigură a satelitului.

Detectarea interferențelor prejudiciabile pe legătura ascendentă (uplink)

Cazurile de interferență prejudiciabilă asupra legăturii de uplink, când sursa interferenței este dinspre Pământ, iar satelitul este „victimă”, apar din ce în ce mai des. Din momentul în care tot mai mulți utilizatori au obținut acces direct la capacitățile spațiale, numărul stațiilor de sol a crescut rapid. Stațiile de sol sunt principala sursă de interferență prejudiciabilă asupra legăturii de uplink, care poate fi cauzată de defecțiuni tehnice sau operaționale. Au fost, de asemenea, observate utilizări ilicite ale transponderelor prin satelit și cazuri de interferențe prejudiciabile intenționate asupra transponderelor. Autoritățile, operatorii și utilizatorii trebuie să facă față acestor situații. Un sistem de monitorizare spațială va localiza interferențele prejudiciabile primind semnalele perturbatoare pe două căi diferite, adică prin intermediul satelitului interferat și al unui satelit vecin. Diferența de timp și diferența de frecvență a semnalelor primite sunt procesate ulterior pentru a se obține coordonatele geografice ale emițătorului. De îndată ce este cunoscută locația emisiei, o astfel de interferență va putea fi eliminată rapid.

Monitorizarea ocupării spectrului radio și a orbitei geostaționare

Monitorizarea gradului de ocupare a spectrului radio constă în observarea sistematică a spectrului de frecvențe radio pentru:

- a identifica caracteristicile de bază ale tuturor emisiilor provenind de la stațiile spațiale;
- a stabili dacă limitele admise sunt depășite sau dacă există abateri de la datele publicate internațional, coordonate și/sau notificate;
- a se obține date despre ocuparea reală a benzilor de frecvență de către stațiile spațiale;
- a se obține date despre ocuparea reală a pozițiilor orbitei geostaționare de către stațiile spațiale.

Rezultatele sunt stocate într-o bază de date și completate cu amprente spectrale pentru fiecare emisie monitorizată sau pentru un ansamblu al acestora. În acest format, rezultatele vor fi utilizate pentru comparație cu parametrii emisiilor existente la nivel internațional, coordonate și notificate. Aceste măsurători pot fi făcute atât pentru orbita geostaționară, cât și pentru orbitele non-geostaționare.

Măsurători de poziție

În cazurile în care înclinația sau elipticitatea unui satelit plasat pe o orbită non-geostaționară poate provoca interferențe prejudiciabile unui satelit vecin, trebuie măsurată amprenta spectrală a poziției ocupate. Aceasta se realizează prin urmărirea semnalului radio recepționat de la respectivul satelit prin procesare monopuls pe o perioadă de 24 de ore. Amprenta poziției ocupate este furnizată prin coordonate geografice (punctul sub-satelit) sau printr-o grilă de coordonate sferice construită pe o hartă celestă tridimensională.

Măsurători ale nivelului de interferență radio

Atunci când se raportează producerea unei interferențe prejudiciabile, este necesară o analiză clară a datelor furnizate. Măsurătorile inițiale pot confirma raportul inițial sau pot necesita modificarea datelor raportate. În principiu, există două posibilități:

- fie sursa de interferență prejudiciabilă este în spațiu,
 - fie este pe Pământ.
- În cazul în care sursa de interferență prejudiciabilă este în spațiu, există din nou două posibilități:
- fie un satelit cunoscut emite un semnal care nu respectă publicarea, coordonarea și/sau notificarea comunicată la Uniunea Internațională a Telecomunicațiilor,
 - fie sursa este reprezentată de un satelit necunoscut.

Parametri de măsură

Stația terestră de monitorizare trebuie să măsoare și să determine cel puțin caracteristicile de emisie următoare:

- frecvența radio a emisiei;
 - devierea Doppler de frecvență;
 - TCA (Time of Closest Approach) pentru sateliți non-geostaționari;
 - spectrul ocupat și lățimea de bandă;
 - clasa de emisie și tipul de modulație;
 - polarizarea emisiei;
 - densitatea fluxului de putere raportat față de lățimea de bandă de referință;
 - densitatea totală a fluxului de putere;
 - atenuarea atmosferică în direcția satelitului;
 - EIRP (puterea izotropică efectiv radiată);
 - fluxurile de date sinfazice și în cuadratură I/Q în timp real;
 - perioada orbitelor sateliților non-geostaționari;
 - gradul de ocupare a orbitelor spațiale;
 - înregistrarea datelor recepționate.
- În cazul emisiilor de radiocomunicații audiovizuale, precum și a radiocomunicațiilor mobile se vor determina cel puțin următorii parametri:
- frecvențele sub-purtătoare de imagine și sunet;
 - codarea semnalelor recepționate;
 - grila de programe încorporate.

Identificarea interferențelor prejudiciabile sau/și a utilizatorilor neautorizați

Pentru identificarea unei surse de interferență prejudiciabile în spațiu sunt necesare măsurători similare cu monitorizarea ocupanței, deși obiectivul este diferit. În cazul unei interferențe a cărei sursă se află pe Pământ și care apare pe legătura descendentă (downlink) a unui satelit, sunt necesare măsurători ale locației transmițătorului. Astfel, se va determina sursa emisiei de la sol pe legătura uplink a semnalului care produce interferență prejudiciabilă sau a celui neautorizat, în vederea eliminării problemelor apărute pe legătura down-link.

Prin urmare, un sistem de monitorizare spațială va furniza informațiile necesare, altfel inexistente, care să permită utilizarea rațională, echitabilă, eficientă și economică a spectrului de frecvențe radio pentru serviciile de radiocomunicații spațiale disponibile pe pozițiile orbitale geostaționare alocate în cadrul Planurilor sau asiguate prin Regulamentul Radiocomunicațiilor al Uniunii Internaționale a Telecomunicațiilor. Astfel, se creează o infrastructură tehnică necesară pentru gestionarea optimă a pozițiilor orbitale, asigurând:

- utilizarea eficientă a pozițiilor orbitale deținute și susținerea activității de obținere de noi poziții orbitale destinate radiodifuziunii spațiale în cadrul Planurilor atașate Apendix-urilor 30 și 30A din Regulamentul Radiocomunicațiilor, avantajoase din punctul de vedere al nivelului de interferență radio, fără atingerea limitei producerii de interferențe prejudiciabile;

- utilizarea eficientă a poziției orbitale deținute și susținerea activității de obținere de noi

poziții orbitale în serviciul fix prin satelit în cadrul Planului atașat Apendix-ului 30B din Regulamentul Radiocomunicațiilor;

- susținerea activităților pentru identificarea de spectru radio suplimentar pe pozițiile orbitale destinate radiodifuziunii, precum și radiocomunicațiilor în serviciul fix prin satelit, în cadrul Planurilor atașate la Apendix-urile 30, 30A sau 30B, după caz, din Regulamentul Radiocomunicațiilor;

- identificarea și rezervarea de noi poziții orbitale pentru România conform prevederilor Articolelor 9 și 11 din Regulamentului Radiocomunicațiilor, alături de Apendix-urile 30, 30A și 30B, inclusiv pentru orbite non-geostaționare, necesare în definirea de proiecte de radiocomunicații spațiale naționale.

În concluzie, existența unui sistem de monitorizare spațială susține activitățile desfășurate privind administrarea și gestionarea spectrului de frecvențe radio pentru serviciile de radiocomunicații spațiale asociate pozițiilor orbitale geostaționare și orbitelor spațiale alocate în cadrul Planurilor sau asiguate în cadrul procedurilor cuprinse în Regulamentul Radiocomunicațiilor al Uniunii Internaționale a Telecomunicațiilor, astfel încât să se preîntâmpine producerea de interferențe prejudiciabile, dar și pentru rezolvarea unor astfel de situații, care pot apărea. De asemenea, prin intermediul unui astfel de sistem, orice administrație va putea asigura utilizarea rațională, echitabilă și eficientă a spectrului de frecvențe radio pentru serviciile de radiocomunicații spațiale care utilizează poziții orbitale geostaționare sau alte orbite spațiale non-geostaționare.



METODE DE IDENTIFICARE A DIRECȚIEI UNDELOR RADIO

Lt.col. ing. Viorel ADETU

Centrul 422 Sprijin Electronic în Comunicații



Spectrul electro-magne-tic și

exploatarea sa comercială din zilele noastre par la fel de comune ca și aerul care ne înconjoară. Dacă am avea un simț care să ne permită să

„vedem” măcar undele radio care ne înconjoară, am fi impresionați de haosul din jurul nostru. Totuși, a fost o perioadă în trecut nu foarte îndepărtat când conceptul de spectru electromagnetic nu era cunoscut. James Clerk Maxwell a propus ideea pentru prima dată în 1860 și apoi mai pe larg în 1873 în lucrarea sa „A Treatise on Electricity and Magnetism” și a durat ceva timp până când a fost acceptată de mediul științific și ingineresc. În 1888, omul ale cărui experimente elegante au demonstrat existența undelor electromagnetice prin construirea unui aparat care genera și detecta undele electromagnetice și care a transformat în cele din urmă o teorie contestată într-un model de realitate universal acceptat a fost Heinrich Hertz, un german de o inteligență sclipitoare, de origine evreiască, care a fost împiedicat doar prin moartea sa prematură să revoluționeze mai multe domenii majore ale fizicii. Realizările sale i-au adus onoarea postumă ca numele său de familie să desemneze unitatea internațională de măsură a frecvenței, „Hertz”.

Identificarea direcției undelor radio (radio direction finding/DF) – sau cum detectăm de unde vine un semnal de radiofrecvență – presupune folosirea de instrumente specializate, antene și metodologii pentru a determina direcția spre locația fizică a unei surse de energie cu frecvență

radio. Identificarea direcției radio a fost inventată de John Stone Stone în 1902 și îmbunătățită ulterior de Lee de Forest, Ettore Bellini și Alessandro Tosi. Schema lui Stone a implicat o antenă cu două elemente aranjate la o distanță de o jumătate de lungime de undă între ele. Între recepția celor două elemente există un defazaj de 180 de grade, astfel încât un semnal incident dintr-o direcție perpendiculară pe planul care conține cele două elemente se va însuma și va fi zero.

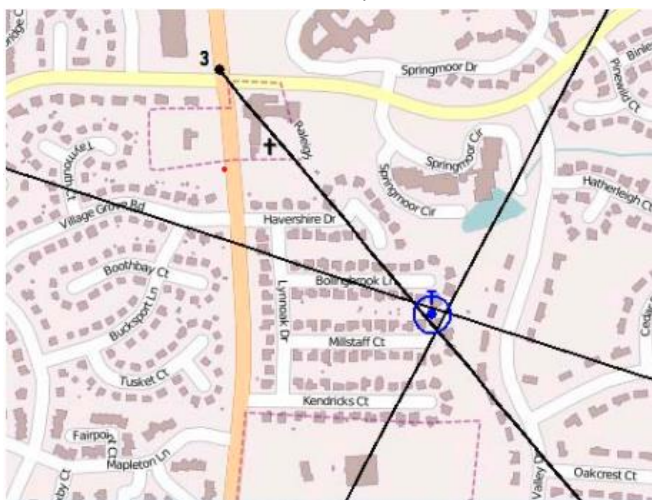
Identificarea direcției radio a jucat un rol critic în Primul Război Mondial, mai ales în bătălia navală din Iutlanda. În condiții optime în timpul zilei, precizia inițială a unui sistem DF era una foarte bună, de până la două grade (la o distanță de 10 km însemnând o abatere de 300 m). Totuși, reflexiile ionosferice ale semnalelor îndepărtate, aflate peste linia orizontului, generau o undă de zgomet, un amestec de semnale de polarizare verticală și orizontală, componente care introduceau compensări de fază și creșteau eroarea DF cu până la 30 de grade sau chiar 90 de grade noaptea.

Există în zilele noastre numeroase metode de identificare a direcției, fiecare având avantaje și puncte slabe. Un parametru important care diferențiază metodele de DF este acuratețea rezultatelor sau cât de precisă este estimarea direcției către sursa unui semnal. Evident ne dorim o localizare cât mai precisă posibil. Cerințele privind acuratețea pot varia în funcție de situație. În anumite circumstanțe, o arie de câteva sute de metri este acceptabilă, cum ar fi identificarea semnalului de urgență al unui vas pe mare. În alte situații avem nevoie de precizie de zeci de metri sau chiar metri. Precizia este importantă, întrucât în multe cazuri sursele nu sunt „cooperante”; nu numai că nu vor să fie identificate, dar pot lua și măsuri pentru a-și ascunde locația.

Cum determinăm direcția din care vine un semnal radio? Sunt trei parametri care se schimbă pe timpul cât semnalul se deplasează prin spațiu: amplitudinea, frecvența și faza. Deci, pentru a identifica direcția de proveniență a unui semnal, este necesar a se analiza variația acestor parametri în punctul de măsurare. Majoritatea metodelor de identificare a direcției folosesc variația unui singur parametru (amplitudine, frecvență sau fază) pentru a calcula direcția sau azimutul.

O măsurătoare efectuată într-un singur punct ne oferă o indicație asupra direcției unei emisii, dar nu și o informație privind distanța până la sursă. Această informație poate fi folosită în două moduri. O primă aplicație ar fi aceea de homing – ceea ce presupune urmărirea direcției până ne apropiem de sursă.

Pe de altă parte, dacă reușim să identificăm direcții ale emisiei din mai multe locații, acestea pot fi combinate pentru a calcula cea mai probabilă locație a sursei, proces denumit și triangulare. Triangulația este un simplu calcul matematic. Acuratețea rezultatului triangulației depinde doar de acuratețea informațiilor privind direcțiile surselor de emisii. În majoritatea cazurilor, trei sau patru direcții bune conduc la rezultate bune. Mărirea numărului de direcții peste cinci sau șase nu aduc o îmbunătățire a procesului de triangulație. În condițiile reale, direcțiile nu se intersectează precis în același punct.



O primă metodă de identificare a direcției pe care o vom aborda este o metodă manuală. Acest lucru înseamnă că un operator, folosind un receptor acordat pe frecvența căutată, va schimba

manual orientarea unei antene directive până când cel mai puternic nivel al semnalului recepționat este observat. Antena direcțională poate fi portabilă, montată pe un trepied sau chiar pe un autovehicul. Această metodă are la bază variația parametrului amplitudine a semnalului pentru a identifica direcția sursei de emisie și este uzual folosită ca abordare finală: când distanța până la sursă a fost redusă sub câteva sute de metri, modul manual este cel mai eficient și adesea singurul mod de a localiza precis un emițător. Antena este folosită pentru a baleia sau testa posibile locații ale emițătoarelor din zona suspectă.

Cele mai mari avantaje ale metodei manuale de identificare a direcției sunt prețul redus și portabilitatea, nefiind necesar un receptor specializat de DF. Măsurătorile pot fi realizate folosind antene de mână și receptoare portabile. Chiar și cu un trepied sau alte metode de fixare, aceste tipuri de sisteme manuale sunt întotdeauna portabile și pot fi instalate în aproape orice locație, necesitând un timp foarte mic de instalare. În funcție de natura și tipul semnalului urmărit, metoda manuală de identificare a direcției poate oferi rezultate acceptabile.

Însă sistemul manual are și limitări. Întrucât antena este de obicei manipulată manual și identificarea direcției este realizată manual de un operator uman, eficacitatea acestei metode este în strânsă legătură cu experiența și nivelul de pregătire al operatorului. Din același motiv, acuratețea este slabă față de țintele aflate la mare distanță. Chiar și cu antene montate pe un trepied și cu o caracteristică de directivitate foarte îngustă, eroarea umană introdusă poate fi substanțială la distanțe mai mari de câteva sute de metri. Tehnica manuală de identificare a direcției nu funcționează cum trebuie la semnale agile în frecvență sau semnale de durată scurtă. Un semnal care apare doar pentru câteva secunde dispare înainte ca operatorul să aibă timp să rotească antena și să determine direcția.

Sistemele „serioase” de identificare a direcției folosesc metode automate de identificare a direcției. În acest sens, sistemul determină automat direcția, pe baza a uneia sau mai multor

schimbări în caracteristicile semnalelor. Există numeroase metode de identificare automată a direcției: Doppler, Wattson-Watt, interferometru corelativ etc.

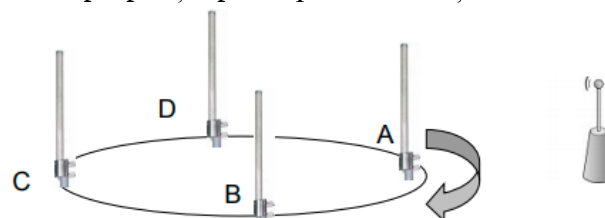
Un aspect important de care trebuie să ținem cont în identificarea direcției unui semnal este propagarea multicală. În funcție de caracteristica de frecvență, semnalele de radiofrecvență pot fi reflectate de obiecte (beton, metale etc.). Asta înseamnă că uneori poate părea că semnalul provine dintr-un punct de reflexie, mai degrabă decât de la sursă. De multe ori, acest fenomen poate fi observat stând la semafor, când observăm că postul de radio pe care îl ascultăm se aude mai tare sau mai slab, pe măsură ce autovehiculul se mișcă puțin. Aceasta este o problemă particulară în zonele muntoase sau cele urbane aglomerate. Putem spune că propagarea multicală este singura mare provocare în identificarea direcției. Un sistem bun de identificare a direcției este unul care face față provocărilor propagării multicală și oferă rezultate bune în condiții de propagare multiplă.

Metoda DF Doppler este o metodă automată care presupune, după cum îi spune și numele, folosirea efectului Doppler pentru identificarea direcției unei surse de radiofrecvență.

Efectul Doppler a fost descris prima dată în 1842 de Christian Doppler (1803 – 1853), un matematician și fizician austriac. Acesta constă în variația frecvenței unei unde emise de o sursă de oscilații, dacă aceasta se află în mișcare față de receptor. Efectul Doppler poate fi constatat atât în cazul undelor electromagnetice (inclusiv lumina), cât și în cazul undelor elastice (inclusiv sunetul). Frecvența măsurată crește atunci când sursa se apropie de receptor și scade când sursa se depărtează de receptor.

Putem aplica principiul efectului Doppler și în scopul identificării direcției. Mișcarea relativă a unui receptor către sursă produce o creștere a frecvenței observate, în timp ce mărirea distanței relative dintre receptor și sursa de semnal va face ca frecvența semnalului să scadă. Pe măsură ce ne apropiem de un semnal, frecvența recepționată se va schimba în sus (sau invers). Această schimbare poate fi detectată și folosită pentru a determina

dacă ne deplasăm în direcția corectă. Dar ce facem dacă un emițător nu este în mișcare? Cum putem genera efectul Doppler? Ceea ce ne dorim este o metodă de a muta receptorul DF în raport cu transmițătorul, astfel încât să putem măsura efectul Doppler. O metodă simplă este aceea de a mișca receptorul, mai precis antena, pentru a genera efectul Doppler. Imaginați-vă că avem o singură antenă montată pe marginea unui disc rotativ. Pe măsură ce acest disc este rotit, antena se va apropia și apoi depărta de emițător.



În pozițiile A și C, antena este staționară relativ față de emițător, deoarece ea nici nu se apropie și nici nu se depărtează de emițător, deci efectul Doppler va fi nul. În poziția B vom avea viteza maximă de îndepărtare de emițător, iar în poziția D viteza maximă de apropiere față de emițător, deci efectul Doppler va fi maxim. Măsurătorile continue ale schimbărilor Doppler vor produce o așa-numită undă sinusoidală Doppler, care va avea aceeași frecvență cu frecvența de rotație a antenei.

O antenă pe un disc rotativ însă nu este practică deoarece, pentru a obține un efect Doppler măsurabil, viteza de rotație necesară ar fi mult prea mare. În practică, acest disc rotativ este simulat prin instalarea pe un disc la distanțe egale a unui set de 4 sau 8 antene și comutarea secvențială foarte rapidă între acestea.

Cel mai utilizate antene de DF ce folosesc metoda Doppler sunt formate din patru elemente verticale. Există însă și antene DF care folosesc un



număr mai mare de elemente. Acuratețea va crește odată cu numărul punctelor de măsurare, dar numai dacă mărim și diametrul rețelei de antene. Unele sisteme Doppler au mai multe seturi de antene pentru a acoperi mai multe game de frecvențe (ex.: 4 pentru VHF, 4 pentru UHF etc.).

Rezultatul unui DF Doppler este indicat pe un afișaj ce constă de obicei dintr-un cerc de LED-uri care arată direcția relativă spre sursa de semnal.

Avantajul unui astfel de sistem îl reprezintă costul redus comparativ cu alte sisteme automate DF. Motivul pentru care au un cost redus este că putem construi un sistem Doppler folosind antene simple verticale și simple receptoare radio, dar pot fi folosite și receptoare specializate pentru o performanță îmbunătățită. Funcționează atât în staționare, cât și în mișcare.

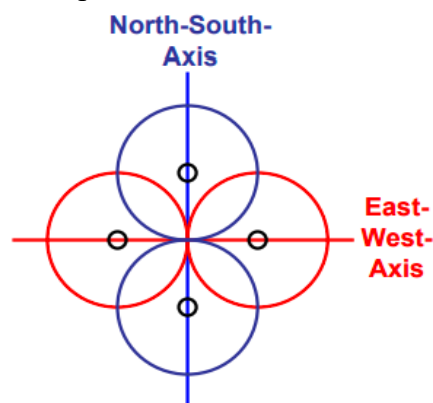
Dezavantajul metodei Doppler constă în faptul că necesită ca semnalul să fie constant. Nu este potrivit pentru semnale intermitente sau de bandă foarte largă. O altă limitare este impusă de dimensiunile elementelor antenelor, majoritatea sistemelor funcționând în gama VHF/UHF, la frecvențe mai mici de 1 GHz. Deci Doppler nu este o soluție pentru identificarea direcției pentru emisii pe frecvențe de microunde sau din gama SHF. Și datorită faptului că elementele unei antene Doppler sunt dispuse vertical, acestea nu funcționează bine în identificarea semnalelor polarizate orizontal, întrucât pierderile de cross polarizare pot fi de 20 până la 30 dB. Putem spune că sistemele DF Doppler sunt de tip entry-level, care funcționează bine în anumite aplicații, dar suferă de importante limitări pentru alte aplicații.

Un exemplu în acest sens este LoJack, un sistem de urmărire a vehiculelor furate care folosește echipamente DF Doppler montate pe autovehiculele și elicopterele forțelor de ordine.

Doppler este o metodă DF bazată pe parametrul semnalului frecvență, întrucât folosește schimbările frecvenței pentru identificarea direcției.

O altă metodă de identificare a direcției, dar care folosește parametrul de amplitudine al semnalului, este **metoda Watson-Watt**. Aceasta

este una din cele mai vechi metode, fiind dezvoltată la scurt timp după terminarea Primului Război Mondial și denumită astfel după creatorul său, Sir Robert-Alexander Watson-Watt, unul din inventatorii radarului. Metoda Watson-Watt necesită folosirea unei antene speciale, antena Adcock sau buclă încrucișată, pentru a compara nivelul de semnal primit la fiecare antenă, apoi calculează direcția pe baza diferențelor dintre ele. O antenă Adcock are patru elemente verticale dispuse echidistant. Aceste patru antene sunt aranjate în perechi, pe două axe: N-S, respectiv E-V. Rezultatul reprezintă doi lobi în formă de opt, cu sensibilitatea maximă de-a lungul axei și nulul perpendicular pe axă.



Aceasta creează un set de amplitudini recepționate pentru fiecare direcție datorită caracteristicii de directivitate a antenei. O antenă omnidirecțională poate fi folosită pentru a rezolva ambiguitatea de 180 grade.

Antenele Adcock sunt de obicei monopoli (montați pe acoperișul autovehiculelor) sau dipoli (montați pe piloni). Distanța dintre elementele antenei este importantă și este un compromis între acuratețe (mai bună cu elementele apropiate) și sensibilitate (mai bună cu elementele depărtate).

Metoda se pretează cel mai bine pentru gama HF datorită implementării cu ușurință a antenelor mici la aceste frecvențe. De asemenea, este o metodă rapidă, având nevoie de cerințe minime de procesare pentru a obține o direcție. Acuratețea și sensibilitatea metodei sunt foarte bune. Precizia depinde de circularitatea modelului antenei. Nu este posibilă efectuarea de măsurători pe elevație și acuratețea determinării azimutului scade odată cu creșterea/scăderea elevației

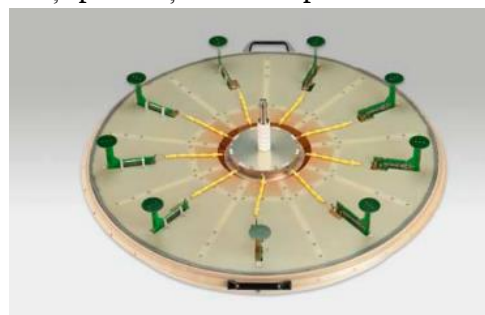
emițătorului.

Un exemplu de implementare a acestei metode este sistemul pazei de coastă american Rescue 21, care folosește peste 225 de stații DF Watson-Watt pentru a localiza stații de emisie de-a lungul a peste 40.000 de mile de-a lungul coastei. Metoda de identificare a direcției este foarte potrivită pentru frecvențele uzuale HF/VHF utilizate, viteza și acuratețea fiind critice în astfel de situații, iar, la nivelul mării, identificarea direcției nu este afectată de elevație.

Interferometria corelativă este o metodă de identificare a direcției ce folosește schimbările în fază ale semnalului și a fost folosită pentru prima dată în astronomie. Această metodă determină direcția unui semnal prin calcularea diferențelor fazelor semnalului recepționat de antene multiple dispuse în același loc. Astfel de sisteme folosesc un număr impar de elemente aranjate în poziție circulară. Antenele sunt calibrate și se generează un tabel cu offsetul de fază al fiecărei antene pentru fiecare unghi de recepție, de la 0 la 360 de grade, din grad în grad. Măsurarea diferențelor de fază reprezintă punctul în care interferometria este folosită în această metodă. Când un semnal ajunge la sistemul de antene, este măsurat inițial offsetul de fază pentru fiecare antenă. Apoi procesul continuă prin corelarea între offsetul de fază măsurat și offseturile din tabelul cu valorile calibrate pentru fiecare unghi de recepție. În urma acestui proces se obține un vârf de corelare care ne va indica direcția semnalului. Spre deosebire de celelalte metode de identificare a direcției, aceasta ne furnizează o informație suplimentară privind procesul de identificare a direcției, și anume calitatea identificării direcției. Acest parametru este specific numai metodei de interferometrie corelativă și ne indică cât de precisă este corelarea

între decalajele de fază măsurate, respectiv calibrate.

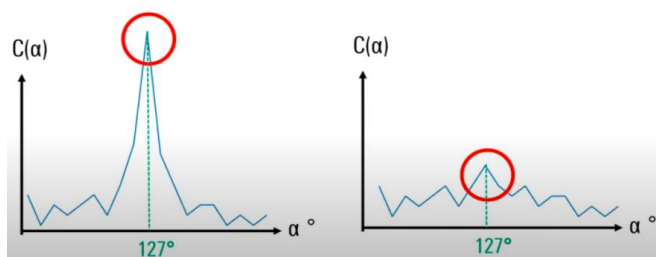
Antenele realizate pentru folosirea în interferometria corelativă au un număr impar de elemente, de obicei între 5 și 9, închise într-un radom. În funcție de caracteristicile elementelor și aranjarea acestora, o astfel de antenă acoperă o gamă largă de frecvențe de până la 1 GHz și chiar peste. Antenele pot fi implementate în pachete de mici dimensiuni având o acuratețe bună, dar imunitatea la reflexii și propagare multicale este direct proporțională cu dimensiunea rețelei de antene. Comparativ cu antenele folosite de celelalte metode, toleranțele de proiectare și realizare sunt foarte stricte, necesitând resurse de inginerie și producție foarte specializate.



Avantajele metodei interferometriei corelative sunt:

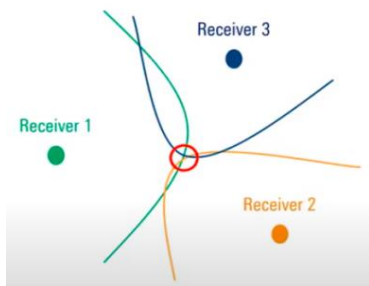
- acuratețea foarte bună comparativ cu celelalte metode, de până la un grad;
- ne furnizează atât informații privind direcția semnalului, cât și privind calitatea direcției (cât de bine este realizată corelarea);
- imunitate crescută față de propagarea multicale comparativ cu celelalte metode;
- cross polarizarea nu reduce acuratețea, doar sensibilitatea.

TDoA (Time difference of arrival) – **diferența timpului de sosire** are la bază următorul principiu de funcționare: trei sau mai multe receptoare sunt poziționate în mai multe locații. Toate aceste receptoare recepționează același semnal. În majoritatea cazurilor, distanțele dintre receptoare și emițătorul ce trebuie identificat sunt diferite și timpul la care semnalul va ajunge la fiecare receptor va fi, de asemenea, diferit. Diferențele de timp pot fi reprezentate ca hiperbole care se vor intersecta la locația



emitterului.

Este evident că, pentru ca această metodă să funcționeze, este necesară utilizarea a cel puțin trei receptoare. Un sistem DF TDoA este realizat dintr-o rețea de senzori interconectați și o stație principală. Semnalele recepționate de fiecare sensor sunt digitalizate, transformate în date IQ și transmise prin legăturile de date către o stație principală. Sincronizarea precisă a senzorilor este esențială pentru ca această metodă să funcționeze. În majoritatea implementărilor, sincronizarea este realizată prin GPS. Stația principală calculează apoi corelările dintre toți senzorii, obținând diferențele de timp ce sunt folosite pentru generarea hiperbolelor.



TDoA analizează timpul la care semnalul ajunge, nu direcția; ca urmare, nu are nevoie de antene specializate, dar are nevoie de „timestamp” pentru toate datele recepționate simultan din toate punctele. Ca urmare, sistemele DF care folosesc metoda TDoA sunt implementate folosind senzori care cuprind un receptor și o antenă omnidirecțională. Senzorii sunt de obicei instalați în puncte fixe, dar pot fi și mobili. În ambele cazuri, senzorii necesită o conexiune la o rețea pentru transmiterea datelor la o stație principală și un sistem GPS pentru localizare și sincronizare. Deci, senzorii TDoA nu sunt de obicei scumpi și

pot avea performanțe reduse comparativ cu receptoarele folosite la celelalte metode.

În general, un sistem TDoA are o acuratețe de câteva sute de metri, în funcție de senzori și tipul de semnal ce trebuie localizat (de bandă largă sau îngustă). TDoA funcționează mai bine când încercăm să localizăm semnale de bandă largă. O bună acuratețe peste o suprafață mare necesită un număr mare de senzori TDoA. Cele mai bune rezultate se obțin când emitterul este înconjurat de senzori. În afara conturului realizat de senzori, acuratețea metodei este slabă. După cum s-a putut observa, TDoA este practic o metodă de localizare a unei surse emittere de radiofrecvență și nu o metodă pentru a identifica direcția unei emisii.

Localizarea unui emitter este un proces care se realizează adesea în mai multe etape. Inițial, un sistem distribuit la nivel național permite localizarea sursei de semnal cu o precizie de câțiva kilometri, în funcție de distanțele DF, prin intermediul triangulației. Amplasarea emitterului poate fi determinată mai precis cu ajutorul echipamentelor de identificare a direcției instalate în vehicule, iar în ultima fază sunt folosite echipamente portabile care permit căutarea pe ultimii 100 m, chiar și în interiorul clădirilor.

Este evident că spectrul radio devine din ce în ce mai aglomerat, mai multe emittere reprezintă un potențial sporit de interferențe și, de cele mai multe ori, când un semnal care interferează nu poate fi identificat prin demodulare sau analiza semnalului, radiolocația este singura modalitate de identificare a acestuia.

Bibliografie

J.G. O'Hara and W. Pricha, *Hertz and the Maxwellians*

https://www.researchgate.net/profile/Hans_Schantz/publication/224223493_On_the_origins_of_RF-based_location/links/00b7d52a8a5c784157000000/On-the-origins-of-RF-based-location.pdf

https://en.wikipedia.org/wiki/Doppler_radio_direction_finding

https://en.wikipedia.org/wiki/High-frequency_direction_finding

https://en.wikipedia.org/wiki/Bellini%E2%80%93Tosi_direction_finder

https://en.wikipedia.org/wiki/Radio_direction_finder

https://en.wikipedia.org/wiki/Direction_finding

https://cdn.rohde-schwarz.com/us/campaigns_2/a_d/Introduction-Into-Theory-of-Direction-Finding.pdf

http://www.rdfproducts.com/ap_index.htm

<https://www.alarisantennas.com/blog/an-introduction-to-radio-direction-finding/>

ASPECTE PRIVIND INSTRUIREA LA STANDARDE NATO A PERSONALULUI CU ATRIBUȚII ÎN DOMENIUL MANAGEMENTULUI FRECVENȚELOR RADIO DIN ARMATA ROMÂNIEI

Cpt. Neculai CRAIU

Școala de Instruire pentru Comunicații, Tehnologia Informației și Apărare Cibernetică



Anul 2021 are o dublă

semnificație pentru personalul cu atribuții în domeniul managementului frecvențelor radio, având în vedere faptul că Agenția Militară

pentru Managementul Frecvențelor Radio – AMMFR așa cum este cunoscută în mediul militar național și ROU NARFA în mediul internațional – sărbătorește, la 1 martie, 20 de ani de activitate, iar Școala de Instruire pentru Comunicații, Tehnologia Informației și Apărare Cibernetică (SICTIAC) aniversează 10 ani de la înființarea Cursului pentru managementul frecvențelor radio.

Cursul pentru managementul frecvențelor radio este un curs de specializare în domeniul comunicațiilor care a fost înființat pentru pregătirea specialiștilor militari cu atribuții în domeniul managementului frecvențelor radio, ca urmare a dezvoltării fără precedent a echipamentelor radioelectrice și ponderea tot mai semnificativă a acestora în ansamblul sistemelor existente în dotarea Armatei României.

Persoana care a pus bazele cursului la Sibiu, în anul 2011, a fost col. (r) ing. Iulian BOULEANU care, datorită cunoștințelor vaste în acest domeniu și cu sprijinul AMMFR, a pregătit primii specialiști cu atribuții în domeniul managementului frecvențelor radio.

Așa cum, pe parcursul celor 10 ani de la înființarea cursului, Școala de Instruire pentru Comunicații, Tehnologia Informației și Apărare Cibernetică, instituția care asigură formarea inițială și continuă în arma comunicații și

informatică a resursei umane din Ministerul Apărării Naționale, din alte instituții cu atribuții în domeniul apărării și securității naționale, din instituțiile responsabile cu managementul riscurilor, precum și din alte țări membre NATO, UE sau partenerere, a parcurs mai multe transformări (Centrul de Instruire pentru Comunicații și Informatică „Decebal” – din 31.07.2008, Școala de Aplicație pentru Comunicații, Tehnologia Informației și Apărare Cibernetică – începând cu data de 03.01.2019 și Școala de Instruire pentru Comunicații, Tehnologia Informației și Apărare Cibernetică – începând cu data de 01.04.2020), tot așa și

Centrul de Instruire pentru Comunicații și Informatică „Decebal” - 31.07.2008



Școala de Aplicație pentru Comunicații, Tehnologia Informației și Apărare Cibernetică - 03.01.2019



Școala de Instruire pentru Comunicații, Tehnologia Informației și Apărare Cibernetică - 01.04.2020



conținutul tematic al cursului a fost modificat și adaptat la noile cerințe ale beneficiarilor și în concordanță cu noile reglementări legislative apărute la nivel național, NATO, UE și internațional.

Cerințele tot mai mari privind accesul la spectrul electromagnetic, determinate în principal de progresul tehnologic continuu, sunt unul din factorii esențiali ce generează preocupări reale pe linia căutării și identificării de noi soluții pentru utilizarea cât mai eficientă a acestei resurse limitate și deosebit de importante.

În prezent, cursul are o durată de 2 săptămâni în care participanții studiază noțiuni de bază privind locul, rolul, atribuțiile și reglementările structurilor naționale, NATO, UE și internaționale cu responsabilități în domeniul managementului frecvențelor radio, noțiuni despre compatibilitatea electromagnetică, principii de comunicații radio și propagarea undelor electromagnetice, precum și modul de întocmire a cererilor de frecvențe utilizând aplicația informatică SPECTRUM XXI.

Cursul pentru managementul frecvențelor radio organizat la nivelul Școlii de Instruire pentru Comunicații, Tehnologia Informației și Apărare Cibernetică reprezintă o foarte bună oportunitate pentru valorificarea cunoștințelor dobândite de personalul din Școală care a participat sau va participa la activități de instruire organizate la nivel NATO în domeniul managementului frecvențelor radio în cadrul NATO Communications and Information Academy, Oeiras, Portugalia.

În cadrul NATO Communications and Information Academy, în anul 2021 sunt planificate a se desfășura două cursuri pentru personalul cu atribuții în domeniul managementului frecvențelor radio [1]:

- Radio Frequency Spectrum Management and Tools for NATO Operations and Exercises, Course ID A0180;

- Spectrum Management for NATO, Course ID A0182.

Instruirea în Școala de Instruire pentru Comunicații, Tehnologia Informației și Apărare

Cibernetică conform standardelor NATO a personalului cu atribuții în domeniul managementului frecvențelor radio se realizează utilizând următoarea legislație:

- ASP-01, Spectrum Management in Military Operations (2020);

- ASP-02, Spectrum Management Allied Data Exchange Format – Extensible Markup Language (SMADEF-XML);

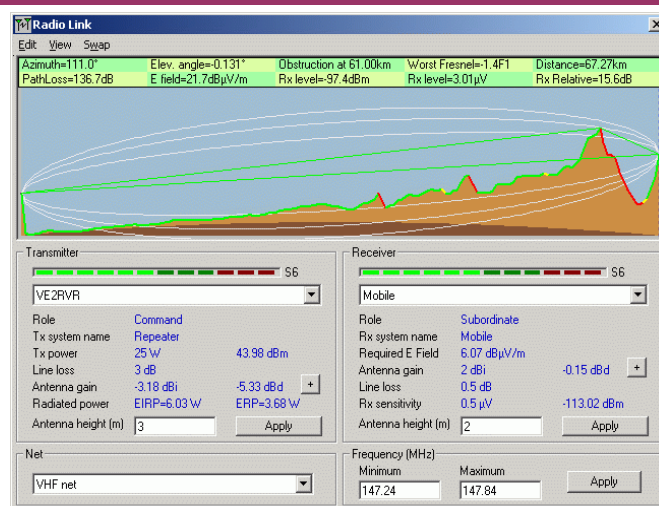
- The NATO Frequency Management Handbook (2020);

- NATO Joint Civil and Military Frequency Agreement (NJFA) (2014).

Un element care aduce plus valoare cursului este dat de faptul că, pe perioada desfășurării cursului, specialiști din cadrul AMMFR și AMSR pot participa la activitățile didactice, unde împărtășesc informații acumulate de-a lungul carierei sau din teatrele de operații. Pe viitor se are în vedere invitarea a câte unui reprezentant specialist în domeniul managementului frecvențelor radio din cadrul fiecărei categorii de forțe ale armatei pentru armonizarea informațiilor și o mai bună colaborare între structuri

Totodată, în ultima perioadă, noțiuni de bază privind managementul frecvențelor radio au fost introduse în programele de instruire a ofițerilor de la cursul de bază și a maiștrilor militari din domeniul comunicațiilor. Fiind în strânsă legătură cu celelalte discipline unde se studiază echipamente și sisteme din domeniul comunicațiilor – stații radio Harris, stații radioreleu Ceragon, echipamente SATCOM, VSAT etc., cursanții se vor familiariza cu utilizarea aplicațiilor informatice, variantele de întocmire a cererilor de frecvențe, procedurile de asignare și coordonare a frecvențelor și de soluționare a interferențelor etc.

În ceea ce privește baza materială de instruire, sala destinată pentru formarea managerilor de frecvențe este echipată cu stații de lucru pentru fiecare cursant, analizoare spectrale, platforme pentru stații radio definite software (Software Defined Radio – SDR), antene în diferite game de frecvențe și programe software: SPECTRUM XXI [2] și RadioMobile [3].



Pentru dezvoltarea domeniului și actualizarea tematicii de instruire, la nivelul Școlii de Instruire pentru Comunicații, Tehnologia Informației și Apărare Cibernetică au fost inițiate o serie de demersuri privind instruirea în domeniul managementului frecvențelor radio, fiind luate în considerare câteva aspecte viitoare pentru îmbunătățirea calității instruirii: o posibilă participare la un program de parteneriat cu NATO Communications and Information Academy,

participarea unor cadre militare la diverse forme de pregătire la NATO Communications and Information Academy, realizarea unei baze de date cu caracteristicile tuturor echipamentelor de comunicații utilizate în mediul militar, dotarea cu stații de lucru performante și instalarea ultimelor versiuni software pentru aplicațiile utilizate în domeniul managementului frecvențelor radio, precum și achiziționarea unor noi platforme SDR.

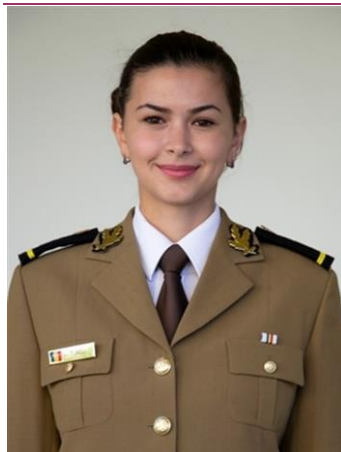
Bibliografie

- [1] *** https://www.ncia.nato.int/resources/site1/general/what%20we%20do/nci%20academy/nci_academy_course_catalogue_2021_v5.pdf, NCI Academy C4ISR & Cyber Training Catalogue – 2021.
- [2] *** Implementarea aplicației informatice SPECTRUM XXI – SERVER, Convocare AMMFR, 2019.

IMPLEMENTAREA UNUI ANALIZOR SPECTRAL FOLOSIND TEHNOLOGIA SOFTWARE DEFINED RADIO

Slt. Andreea TURCU

Școala de Instruire pentru Comunicații, Tehnologia Informației și Apărare Cibernetică



Accentul specialiștilor s-a îndreptat adesea spre tehnologie, modificarea care apare în această zonă, precum și ceea ce este nou în domeniu.

Un echipament des utilizat în domeniul militar în ceea ce privește zona comunicațiilor este reprezentat de analizorul spectral. Un rol destul de important al analizorului spectral este monitorizarea spectrului electromagnetic.

Analizorul spectral se regăsește sub două forme: analizor spectral prin baleiere și analizor spectral în timp real. Între cele două tipuri de analizoare există o serie de caracteristici ce le particularizează și le oferă avantaje și dezavantaje specifice fiecăruia.

Principiul cel mai important care stă la baza analizorului spectral prin baleiere este principiul superheterodinării utilizat în majoritatea receiverelor radio. Acest principiu folosește un mixer și un semnal generat de către un oscilator pentru a transla frecvența.

Analizorul spectral în timp real permite afișarea întregului spectru, iar componentele de frecvență se pot analiza simultan, ceea ce face ca analiza spectrului să se desfășoare într-un timp mult mai scurt față de celălalt tip de analizor prezentat anterior.

Există o serie de parametri importanți de care trebuie să se țină cont atunci când se stabilește tipul de analizor cu care se va lucra, pentru a putea obține rezultate eficiente. Câțiva parametri care trebuie luați în considerare sunt: domeniul de frecvențe, precizia măsurării

frecvenței, rezoluția, sensibilitatea, viteza de operare.

1. Gama de frecvențe

Analizoarele spectrale clasice prezintă dificultăți în monitorizarea corectă la variațiile rapide ale semnalelor, în timp ce analizoarele spectrale în timp real pot monitoriza domeniul de interes, care se prezintă ca un banc de frecvențe dispuse la distanțe egale, în același timp.

2. Rezoluția de frecvență

Aceasta se prezintă ca fiind o capabilitate a analizorului de a despărți două semnale aplicate la intrare, în răspunsuri diferite. Afișarea este diferită în funcție de tipul de analizor spectral utilizat pentru analiza semnalelor.

3. Timpul de baleiaj

Timpul de baleiaj este afectat de rezoluția de frecvență, deoarece filtrele IF reprezintă circuite care au o bandă limitată, ele necesitând un timp finit pentru a se încărca sau descărca. Dacă se folosește analizorul spectral prin baleiere, iar semnalele sunt baleiate prea repede, amplitudinea va fi afișată cu anumite pierderi. În ce privește analizoarele în timp real, acestea folosesc algoritmi de tip FFT, ceea ce presupune procesare digitală instantanee.

$$ST = \frac{k * SPAN}{RBW^2}$$

4. Nivelul mediu al zgomotului afișat

În prelucrarea semnalelor, zgomotul este unul dintre cei mai importanți termeni folosiți pentru a arăta modificările pe care le poate avea un semnal în timpul procesării, conversiei, stocării, transmisiei sau captării.

DANL sau sensibilitatea depinde de rezoluția de bandă și are, în general, valori foarte mici, în jurul valorii de -100 dBm.

Tehnologia Software Defined Radio

O inovație în domeniul comunicațiilor este reprezentată de tehnologia Software Defined Radio, care reprezintă un echipament accesibil, ușor de operat, oferă o gamă variată de servicii și standarde și poate fi privită ca o soluție practică pentru o problemă complexă.

Conceptul SDR are aplicabilitate într-o arie variată de domenii, precum: comunicații mobile, cercetare și dezvoltare, armată, radioamatori etc.

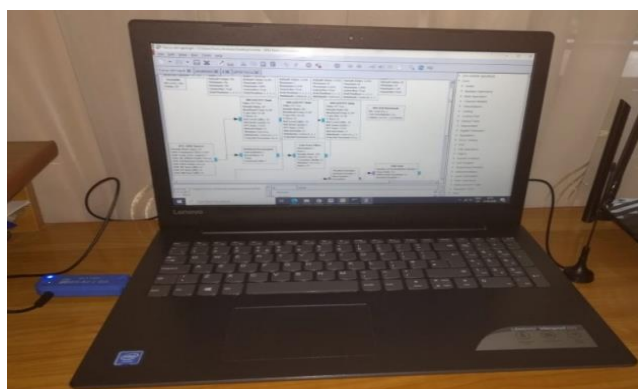
Cele mai utilizate dispozitive de tip Software Defined Radio sunt RTL-SDR, HackRF One și USRP.



În domeniul militar, analiza spectrală are utilitate în observarea interferențelor, monitorizarea radiațiilor, monitorizarea spectrului, analiza și verificarea bugetului legăturii radio etc.

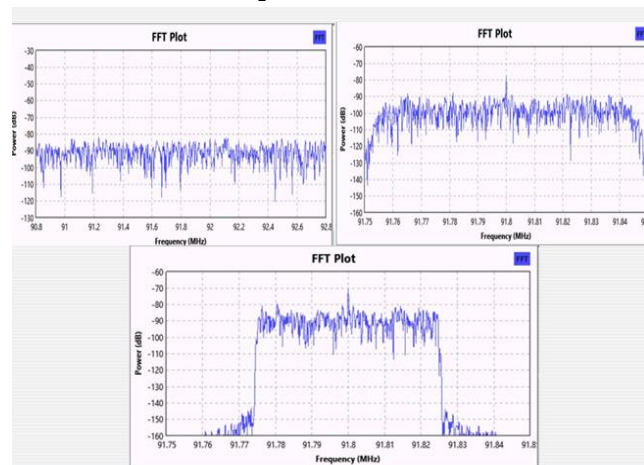
Aplicația în GnuRadio

Implementarea analizorului spectral a fost posibilă cu ajutorul tehnologiei SDR și a softului GnuRadio, acestea formând împreună o platformă ușor de operat, de tip low cost. Ca și echipament SDR s-a utilizat stick-ul RTL-SDR împreună cu o antenă omnidirecțională pentru a putea recepționa semnalele.



În primă fază s-a recepționat un semnal cu frecvența de eșantionare de 2 MHz, după care acesta a fost decimat cu un factor de 20, iar mai

apoi semnalul a fost filtrat cu ajutorul unui filtru trece-jos cu o frecvență de tăiere de 25 kHz. După fiecare operație, rezultatul obținut putea fi observat și analizat în ferestre diferite pentru a se putea urmări într-un mod eficient modificările care au avut loc asupra semnalului.



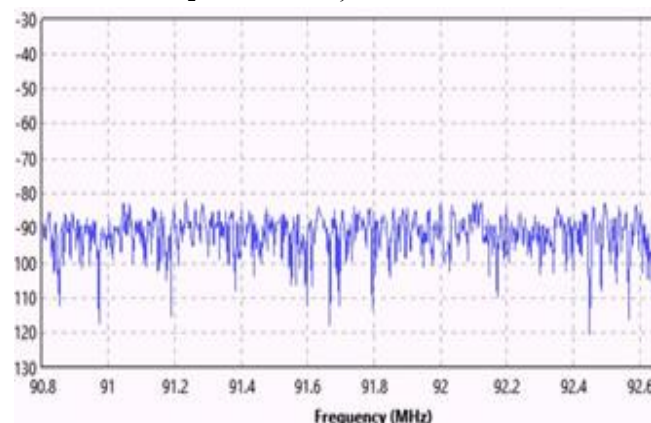
S-a avut în vedere analiza a patru parametri esențiali și observarea schimbărilor care apar dacă aceștia se modifică:

- frecvența de eșantionare;
- factorul de decimare;
- frecvența de tăiere;
- numărul de puncte.

Astfel, pentru fiecare caz în parte s-au luat două valori diferite pentru a se putea realiza analiza și a observa modul cum influențează acești parametri analiza spectrală.

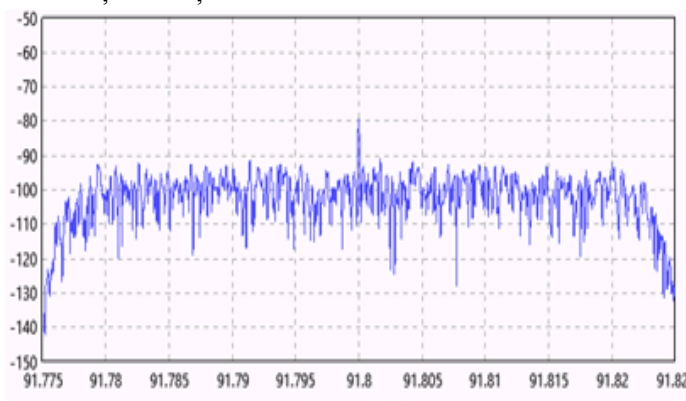
Modificarea frecvenței de eșantionare

Modificarea acesteia se observă în SPAN-ul afișat în funcție de frecvența centrală, iar cu cât frecvența de eșantionare este mai mică, cu atât se pot analiza semnalele într-un mod mai eficient; de asemenea, se pot analiza și semnalele mai mici.



Modificarea factorului de decimare

Factorul de decimare este util atunci când avem o valoare a frecvenței de eșantionare, iar pe noi de interesează valori mai mici. Practic, factorul de decimare diminuează valoarea frecvenței de eșantionare de n ori.



Modificarea frecvenței de tăiere

Pentru un filtru trece-jos este important să se țină cont de frecvența de tăiere, astfel încât să se știe de la ce valoare un semnal este util și ce porțiune de semnal trece prin filtru.



Modificarea numărului de puncte

În urma acestei modificări s-a constatat faptul că, odată cu creșterea numărului de puncte, semnalul poate fi analizat mai bine. Astfel, cu cât numărul de puncte este mai mare, cu atât analiza semnalului se poate realiza mai bine și se poate vedea semnalul mai clar.



Concluzii

În secolul XXI, comunicațiile radio ocupă un loc de vârf în sfera tehnologiei, mai cu seamă în domeniul militar, unde acestea oferă realizarea legăturii comandanților cu subordonații pe câmpul de luptă, dar reprezintă și un atu în războiul informațional dacă cei care le coordonează sunt bine pregătiți.

De aceea, personalul ar trebui să fie instruit și să țină cont de legile și reglementările în vigoare privind managementul frecvențelor.

Pentru a putea realiza analiza spectrală la un nivel mai avansat, se recomandă utilizarea echipamentelor mai performante, deoarece cu ajutorul acestora se obțin rezultate mai precise.

Bibliografie

- [1] Alan C. Tribble, „The Software Defined Radio: Fact and Fiction”, Radio and Wireless Symposium, Orlando, FL , IEEE, Jan, 22-24, 2008, pp. 5-8
- [2] Christoph Rauscher, „Fundamentals of Spectrum Analyses”, Rohde&Schwarz, Munchen p. 84, 2001
- [3] Stoianovici, V.C., Nedelcu, A.V. „A Software-Defined Radio approach to spectrum sensing systems architecture”, în „Buletinul Universității Transilvania din Brașov”, Brașov, nr. 1, vol. 4, 2011

COMUNICAȚII ÎN GAMA VHF

Slt. Adrian-Eduard BULGARU

Școala de Instruire pentru Comunicații, Tehnologia Informației și Apărare Cibernetică



Rezumat

Realizarea unei comunicații radio trebuie să țină cont de condițiile de mediu și de fenomenele naturale care ar putea să o îngreuneze, precum zgomot, reflexie sau difracție, iar pentru comunicațiile de mare viteză este necesară și vizibilitatea directă. Câmpul de luptă modern este unul dinamic și vast, iar informațiile corecte și venite în timp util despre inamic pot fi cheia spre obținerea succesului în luptă. Triangulația poate determina în timp real poziția stațiilor de emisie a inamicului. De asemenea, o serie de acțiuni electronice ofensive, precum bruiajul, pot aduce un mare avantaj trupelor proprii, prin împiedicarea realizării comunicațiilor de către adversari.

Introducere

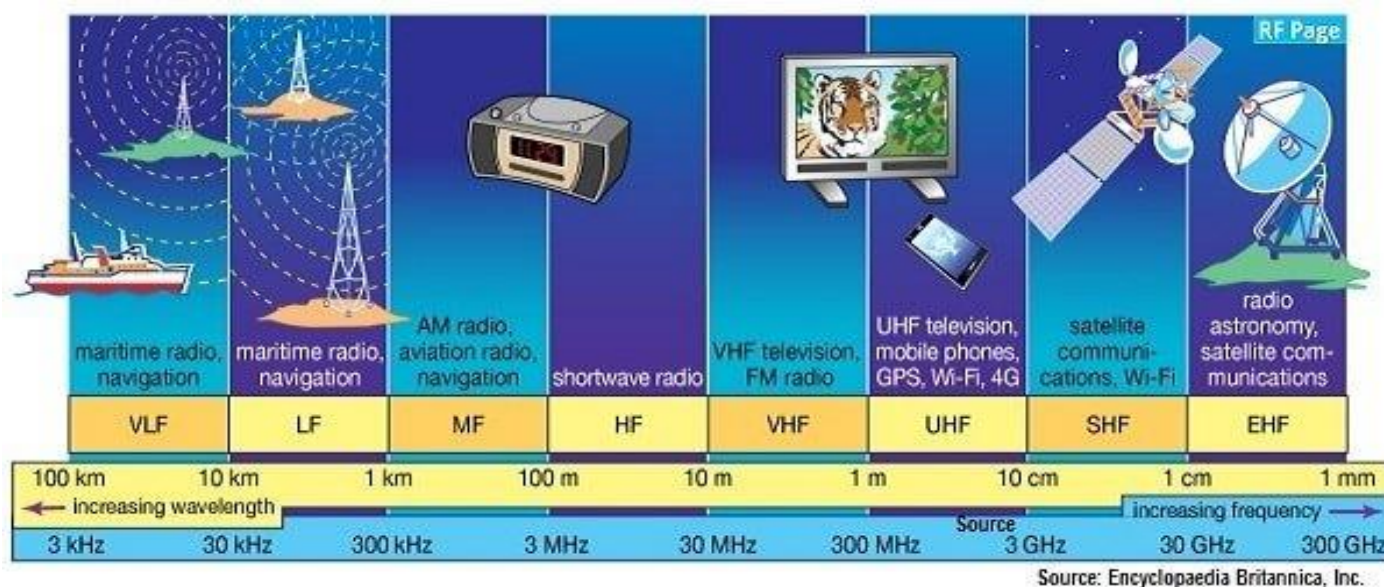
Tehnologia comunicațiilor s-a dezvoltat foarte mult în ultimele decenii, ajungându-se ca bariera distanței să dispară. Comunicații cu rate de bit foarte mare permit, în ziua de astăzi, apeluri video în timp real sau schimburi de date la distanțe de mii de kilometri.

Element de bază în toate acțiunile militare, comunicațiile radio reprezintă o componentă fără de care nicio armată nu își poate desfășura activitatea. Dacă multe dintre tehnologiile utilizate în armată au o perioadă de viață ce poate depăși zeci de ani, acest lucru nu este valabil în ceea ce privește tehnica de comunicații. Tehnologia evoluează rapid și vine cu facilități noi, care

permit realizarea schimburilor de date cu viteze mai mari și în condiții de securitate a transmisiei mai bune.

Comunicațiile reprezintă domeniul în activitatea militară în care nicio națiune nu își permite să rămână în urmă, astfel că este necesar ca personalul să cunoască și să înțeleagă principalele caracteristici ale semnalelor și operațiunile pe care le pot desfășura pentru a le putea procesa în scopul obținerii unui avantaj pe câmpul de luptă.

Semnalele din gama VHF sunt acele semnale ce au frecvențe cuprinse între 30 MHz și 300 MHz, cu lungimi de undă, corespunzătoare acestor frecvențe, cuprinse între 10 m și 1 m.

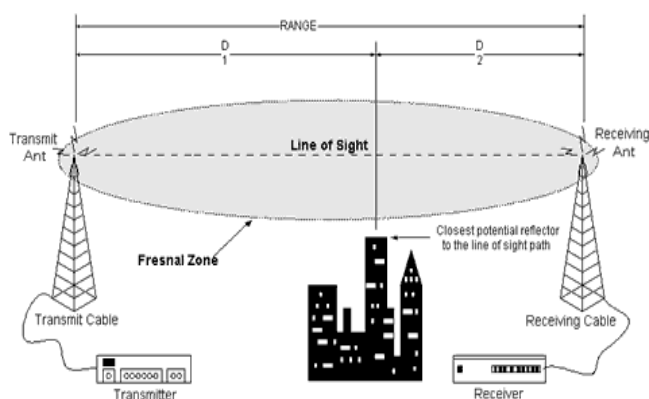


Fenomene întâlnite în comunicațiile în gama VHF

În domeniul militar, semnalele din această gamă sunt folosite la comunicațiile dintre subunitățile de nivel tactic, dar și între comunicațiile de mare viteză, precum cele ce folosesc radioreleele.

Pentru a putea folosi aceste frecvențe în comunicațiile de mare viteză trebuie să fie asigurate condiții de vizibilitate directă.

Comunicațiile în condiție de vizibilitate directă (line of sight – LOS) se referă la faptul că antena receptorului se află în prima zonă Fresnel a antenei emițătorului și că în această zonă nu se află niciun obstacol. Zona Fresnel este zona tridimensională care înconjoară linia de vizibilitate directă de la transmițător la receptor.



Comunicațiile radio militare de nivel tactic se folosesc de foarte multe ori la nivelul solului, acolo unde apar o multitudine de obstacole ce au mărimi comparabile cu lungimile de undă folosite. Astfel putem întâlni o multitudine de fenomene ce pot afecta propagarea undei, precum:

– **Zgomot** – În mod teoretic, undele electromagnetice se pot propaga în mod infinit la distanțe infinite; în practică, propagarea acestor unde depinde de zgomotul din mediul în care se propagă. Zgomotul poate veni de la o multitudine de surse; în principiu, orice semnal care nu conține informația utilă reprezintă o sursă de zgomot.

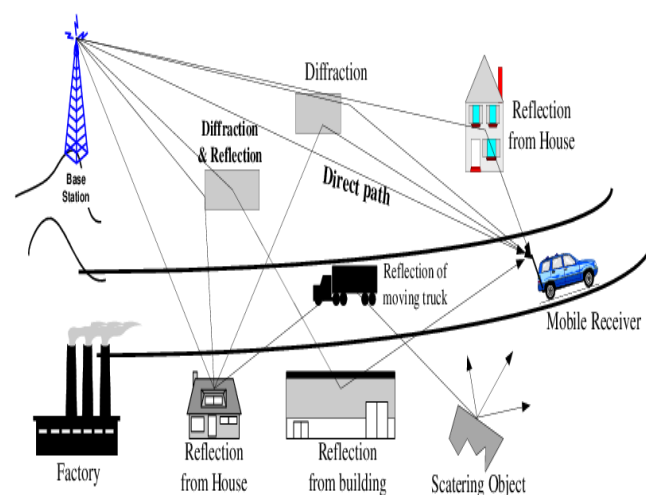
– **Reflecție** – Acest fenomen apare atunci când unda transmisă întâlnește obstacole cu forme regulate, plane, de mărime comparabilă sau mai mare decât lungimea de undă a semnalului.

– **Refracție** – Este cauzată de variația

indexului de refracție al atmosferei sau al diferitelor medii prin care trece unda.

– **Difracție** – În urma întâlnirii unor obstacole în teren apar surse secundare ale semnalului. Acest fenomen este utilizat în domeniul militar atunci când nu este îndeplinit criteriul LOS pentru a stabili legătura radio.

– **Absorbție** – Energia semnalului este absorbită de către clădiri, vegetație, vehicule sau persoane.



Acțiuni de interceptare și atac electronic

Pentru a efectua diferite acțiuni de război electronic (Electronic Warfare – EW) asupra echipamentelor de comunicații ale inamicului este nevoie să cunoaștem frecvențele pe care le utilizează.

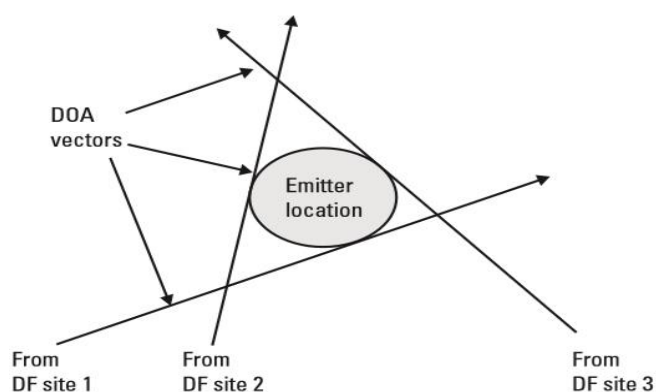
Interceptarea semnalelor reprezintă o ramură aparte în arma comunicații și informatică, ce ține de războiul electronic, aceasta având un rol important în obținerea de informații despre inamic și mai departe în realizarea de acțiuni ce sunt menite să le întrerupă comunicarea în momentele critice.

În mod ideal, un sistem de recepție ar trebui să fie capabil să vadă în toate direcțiile deodată, la toate frecvențele, pentru toate modulațiile cu o sensibilitate foarte ridicată. Însă un asemenea sistem ar fi prea scump, mare și complex ceea ce l-ar face inutil pentru majoritatea aplicațiilor.

Astfel că sistemele de recepție de EW sunt un compromis între mărime, greutate, putere și cost pentru a obține o probabilitate foarte ridicată

de detecție și interceptare a semnalelor țintă. Acest lucru se dovedește din ce în ce mai greu de realizat din cauza creșterii folosirii comunicațiilor LPI (Low Probability of Intercept).

Triangulația este cea mai comună tehnică de localizare a echipamentelor de transmisie ostile. Aceasta implică două sau mai multe sisteme de recepție plasate în locații diferite. Fiecare dintre aceste sisteme trebuie să fie capabile să determine direcția de sosire (direction of arrival – DOA) a semnalelor țintă. De asemenea trebuie să fie capabile să determine unghiul din care vin aceste semnale față de o direcție de referință, de obicei nord. Aceste sisteme sunt denumite în literatura de specialitate Direction-Finding (DF) Systems.



Datorită obstacolelor din teren și a fenomenelor ce intervin în propagarea undelor electromagnetice, două sisteme de recepție aflate la distanță unul de altul pot captura semnale diferite. De obicei se realizează triangulația cu trei sau mai multe sisteme DF.

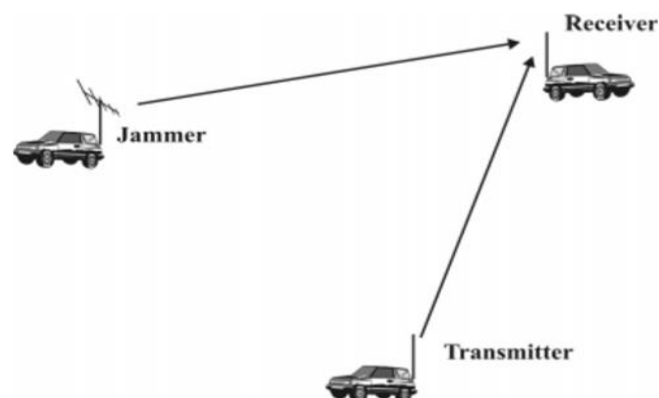
Vectorii formați de direcțiile de sosire de la trei sisteme DF vor forma un triunghi în care se estimează poziția emițătorului. În mod ideal, acești vectori se vor intersecta.

Sistemele DF sunt plasate la o distanță considerabilă unul de altul și toate sunt capabile să recepționeze semnalul țintă. Această tehnică dă rezultate foarte bune în condiții de vizibilitate directă.

Scopul atacurilor electronice este acela de a priva un inamic de posibilitatea de a schimba informații. Emițătorul încearcă să facă schimb de informații cu receptorul, în timp ce echipamentele de atac electronic încearcă să oprească acest

schimb.

Tehnica de bruiaj clasică presupune folosirea unui semnal transmis de către stația de bruiaj care să interfereze cu un semnal țintă în receptorul ostil. Bruiajul devine eficient atunci când semnalul transmis este suficient de puternic încât inamicul să nu mai poată extrage informația din semnalul țintă.



Acest lucru se datorează fie pentru că puterea semnalului de bruiaj este mult mai mare decât a semnalului bruiaț, fie pentru că interferența celor două semnale împiedică procesorul receptorului să extragă informația utilă.

Regula numărul unu în bruiaj este că întotdeauna se bruiază instalația de recepție și nu cea de emisie.

Eficacitatea bruiajului se raportează la cantitatea de informații ce este oprită în a ajunge la destinație, astfel că în cazul unei comunicații radio acest aspect se raportează la cât de multe cuvinte reușește să înțeleagă operatorul stației. Creierul uman este făcut să înțeleagă cuvintele chiar și în semnalele cu calitate scăzută datorită capacității acestuia de a recunoaște pattern-urile. Cunoașterea limbii ajută la completarea cuvintelor și propozițiilor datorită experienței. Cu cât bruiajul devine mai eficient, procentul de cuvinte înțelese devine mai mic.

O soluție pentru evitarea acestui lucru este folosirea la bruiaj a unui semnal care să schimbe cuvintele cheie din mesajul bruiaț sau folosirea unor cuvinte aleatorii în aceeași limbă.

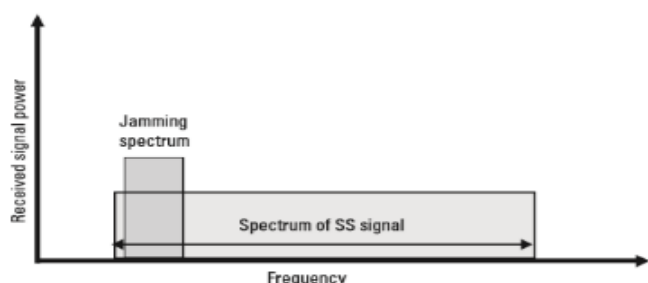
Semnalul de bruiaj trebuie să fie suficient de puternic, astfel încât sistemul bruiaț să nu fie capabil să recupereze informația. Raportul dintre

semnalul de bruij și semnalul bruiat este numit jamming-to-signal ratio (J/S) și se măsoară de obicei în dB.

Când vine vorba despre bruijul semnalelor analogice este necesar să se atingă un raport J/S mare (de obicei 10 dB este considerat suficient), iar emiterea semnalului de bruij trebuie să se facă pe toată durata emiterii semnalului țintă.

În cazul bruijului asupra comunicațiilor digitale, se atacă semnalul țintă astfel încât acesta să nu mai poată fi demodulat la recepție.

Bruijul parțial al benzii reprezintă o tehnică folosită împotriva semnalelor LPI care au spectru împrăștiat. Raportul dintre puterea semnalului de bruij și cea a semnalului țintă trebuie să fie aproape de 0 dB, iar timpul de bruij poate fi relativ scăzut. Pentru realizarea unui bruij cât mai eficace este suficientă emiterea unui semnal cu o lățime de bandă egală cu 30 % din lățimea de bandă a semnalului bruiat.



O altă tehnică de atac electronic o reprezintă **înșelătoria radio**, care poate fi o parte a unui plan militar sau politic. Folosirea acestui mod de atac se realizează în paralel cu alte activități, acestea având scopul de a distrage atenția, de a da informații false sau a demoraliza inamicul. Manipularea posturilor comerciale de radio sau televiziune pentru a influența inamicul sau

populația civilă, astfel încât să se obțină un avantaj, constituie un exemplu în acest sens.

Aceste tehnici sunt folosite de multă vreme, poate cel mai celebru caz fiind operațiunea de ascundere a acțiunilor de debarcare pe plajele din Normandia în cel de al Doilea Război Mondial, denumită Bodyguard.

O operațiune complexă s-a folosit de înșelătoria radio pentru a convinge Armata Germaniei că o armată condusă de generalul american George Patton va debarca și ataca prin Norvegia. Armata condusă de celebrul general s-a dovedit a fi o armată fantomă, inexistentă; trupele aliate au reușit să îi convingă pe nemți de prezența acestora folosindu-se de traficul radio fals.

Concluzii

Tehnologia comunicațiilor, cu deosebire în domeniul militar, a evoluat în ultimul secol în mod exponențial.

De la comunicații la câțiva zeci de kilometri, care se bazau doar pe legătura prin cablu în timpul Primului Război Mondial, tehnologia a ajuns la transmisii de date cu rate de bit ce depășesc sute de Mbps.

În gama VHF au loc comunicații de nivel tactic, referindu-ne la comunicațiile între subunitățile aflate pe câmpul de luptă, dar și pentru comunicații între eșaloane mai mari cu scopul de a schimba date la viteze de transmisie foarte ridicate.

Războiul contemporan se bazează într-o proporție foarte mare pe analiza spectrului electromagnetic și interceptarea comunicațiilor considerate ostile.

Bibliografie

1. Adrian W. Graham, Nicholas C. Kirkman and Peter M. Paul, Mobile Radio Network Design in the VHF and UHF Bands, John Wiley & Sons Ltd, 2007
2. Andrea De Martino, Introduction to Modern EW Systems (Second Edition), 2018
3. Amir Asif, Mrinal Mandal, Continuous and discrete time signals and systems, Cambridge University Press, 2007
4. David L. Adamy, EW-101 A First Course in Electronic Warfare, Artech House, 2001
5. David L. Adamy, EW-103 Tactical Battlefield Communications Electronic Warfare, Artech House, 2009
6. Mike Dennison, Chris Lorek, Radio Communication Handbook, Radio Society of Great Britain, 2005

BENZI DE FRECVENȚE RADIO PENTRU SISTEME DE COMUNICAȚII AERONAUTICE ȘI RADIONAVIGAȚIE AERIANĂ

Mr. Anca TEODOROIU
Statul Major al Forțelor Aeriene



Spectrul de frecvențe radio reprezintă acea porțiune a spectrului electromagnetic ce cuprinde undele radio ale căror frecvențe se află între 9 kHz și

3000 GHz. Unde-le radio sunt unde electromagnetice utilizate cu preponderență în telecomunicații pentru *transportul de informații pe calea aerului*, acestea constituie elementul de bază al comunicațiilor radio.

Undele radio, asemănător valurilor unui ocean, pot fi concentrate și „îndoite” și, ca un val care călătorește prin apă, au o **lungime de undă** (adică, distanța dintre crestele valurilor) și o **frecvență** (adică, numărul creștelor valurilor care trec printr-un punct într-o unitate de timp). Frecvența este măsurată în unitatea hertz (Hz), referindu-se la numărul de cicluri pe secundă. **Lărgimea de bandă** este porțiunea de spectru pe care o poate utiliza un anumit sistem/echipament de comunicații. Un **emițător** caută de obicei să comunice cu un anumit **receptor** și, cu ajutorul **antenei** de transmisie, direcționează majoritatea semnalelor către acel **receptor** (antena de recepție este cea mai sensibilă la semnale provenite din direcția emițătorului). În același timp, o **antena** **radiază** semnal la niveluri inferioare și poate primi semnale din toate direcțiile. În cazul în care un **receptor** primește un semnal nedorit de la un alt **emițător** (altul de la care este așteptat pentru semnalul de recepție) se produce un fenomen denumit **interferență radio**. Pentru a evita interferențele, corespondenții nu pot transmite semnalele radio în același timp utilizând aceleași frecvențe, în același timp și în aceeași direcție.

Cele mai reprezentative aplicații în comunicații ce utilizează undele radio sunt: comunicațiile pentru telefonie mobilă, atât de voce, cât și de date (accesul la internet), radiodifuziunea (posturile de radio și TV), comunicațiile satelitare, serviciile de poziționare globală GPS/Global Positioning System, comunicațiile radio maritime, **comunicațiile aeronautice și radionavigația**.

Modul de utilizare a frecvențelor și benzilor de frecvențe radio (indiferent de domeniu sau organizație, civilă sau militară) este reglementat la nivel internațional prin legi și standarde guvernate de către Uniunea Internațională a Telecomunicațiilor/ITU¹ – International Telecommunication Union.

Frecvențele radio sunt grupate, în funcție de serviciul de radiocomunicații (radiolocație, radionavigație, radiodifuziune etc.) și statutul de utilizare (utilizatori civil și utilizatori guvernamentali), în diferite părți numite **benzi de radiofrecvențe**.

Principalele codificări, denumiri ale benzilor de radiofrecvențe sunt dezvoltate în proprie abordare de către fiecare organizație în parte. Cele mai cunoscute codificări ale benzilor de frecvențe la nivel internațional sunt cele ale organizațiilor internaționale ITU, IEEE² – Institute of Electrical and Electronics Engineers și NATO.

ITU împarte spectrul radio în 9 benzi de frecvențe, cu valori cuprinse între 3 kHz și 3000 GHz (**Tabelul nr. 1**).

¹ ITU – cea mai veche (17 mai 1865) organizație internațională interguvernamentală de standardizare în domeniul telecomunicațiilor, aflată în prezent sub egida Organizației Națiunilor Unite cu sediul la Geneva, Elveția.

² IEEE – a fost înființată în anul 1963 prin unirea a două instituții de renume: Institute of Radio Engineers (abr. IRE), fondată în anul 1912, și American Institute of Electrical Engineers, fondată în anul 1884, organizație non-profit care sprijină dezvoltarea tehnologiilor bazate pe electricitate, numărând peste 400.000 de membri în peste 150 de țări, cu sediul la New York, SUA.

Bandă	Nr. benzii	Abrevierea	Gama de frecvențe
Very low frequency	4	VLF	3–30 kHz
Low frequency	5	LF	30–300 kHz
Medium frequency	6	MF	300–3.000 kHz
High frequency	7	HF	3–30 MHz
Very high frequency	8	VHF	30–300 MHz
Ultra high frequency	9	UHF	300–3.000 MHz
Super high frequency	10	SHF	3–30 GHz
Extremely high frequency	11	EHF	30–300 GHz
	12		300–3.000 GHz
Tabelul nr. 1 - Tabelul benzilor de frecvențe radio – ITU			

IEEE împarte benzile de frecvențe din domeniul microundelor în litere. Acest mod de codificare al benzilor de frecvențe a fost creat în

timpul celui de-al Doilea Război Mondial pentru utilizarea radarelor.

Codificarea benzii EN/RO		Gama de frecvențe
HF	High Frequency	0,003–0,03 GHz
VHF	Very High Frequency	0,03–0,3 GHz
UHF	Ultra High Frequency	0,3–1 GHz
L	Long wave	1–2 GHz
S	Short wave	2–4 GHz
C	Compromise between S and X	4–8 GHz
X	X for cross (as in crosshair). Exotic.	8–12 GHz
Ku	Kurz-under	12–18 GHz
K	Kurz (German for „short”)	18–27 GHz
Ka	Kurz-above	27–40 GHz
V	–	40–75 GHz
W	W follows V in the alphabet	75 –10 GHz
mm or G	Millimeter	110–300 GHz
Tabelul nr. 2 - Tabelul benzilor de frecvențe radio – IEEE		

Sistemele de comunicații aeronautice sunt compuse din sisteme/echipamente dispuse la sol și sisteme/echipamente dispuse la bordul

aeronavelor, acestea având rolul de a asigura serviciile de comunicații pentru desfășurarea activităților aeronautice în condiții de siguranță.

Sistemele/echipamentele dispuse la sol, cât și cele de la bordul aeronavelor utilizează benzi de frecvențe din spectrul radio.

Banda de radiofrecvențe VHF/Very High Frequency, cu gama cuprinsă între 117.975 și 137.975 MHz, a fost și este de mult timp principalul canal de comunicație între aeronave și mijloacele dispuse la sol. Comunicațiile radio aeronautice în banda VHF oferă facilitățile de comunicație voce și date. Comunicațiile voce sunt utilizate pentru controlul traficului aerian (ATC/Air Traffic Control) ce asigură informații despre decolarea și aterizarea aeronavelor, transmiterea și recepționarea informațiilor cu privire la situația meteorologică, manevrarea aeronavelor la sol. Comunicațiile aeronautice de date în banda VHF sunt realizate prin sistemul ACARS/Aircraft Communications Addressing and Reporting System. Sistemul este un sistem digital de legătură de date pentru transmiterea mesajelor scurte între aeronave și stațiile terestre prin radio sau satelit. Banda de radiofrecvențe 117.975–137 MHz este utilizată în special de către organizațiile civile, însă această bandă este utilizată și de către aeronavele militare, în special când acestea folosesc culoarele și aeroporturile civile.

Banda de radiofrecvențe VHF/Very High Frequency, cu gama cuprinsă între 138 și 144 MHz, este destinată comunicațiilor aeronautice militare pentru traficul aerian operațional și este utilizată în Regiunea 1 a spectrului radio conform ITU³.

Banda de radiofrecvențe HF/High Frequency, cu gama cuprinsă între 3 și 30 MHz, asigură comunicații aeronautice și terestre la distanțe mari cu ajutorul reflexiei pe ionosferă. Comunicațiile aeronautice în banda HF asigură servicii de voce și de date. Legăturile de date în banda HF sunt utilizate pentru schimbul de date sub formă de mesaje între aeronave și stațiile radio dispuse la sol. Tipurile de mesaje sunt: mesaje de control operațional aeronautic, mesaje CPDLC/Controller Pilot Data Link

Communications (controlorii de trafic aerian pot comunica cu piloții printr-un sistem de legătură de date), mesaje de supraveghere automată dependentă ADS/Automatic Dependent Surveillance (tehnologie de supraveghere prin care o aeronavă își determină poziția prin satelit sau alți senzori și o transmite periodic sub formă de mesaj).

Banda de radiofrecvențe UHF, cu gama cuprinsă între 225 și 400 MHz, e utilizată de aeronavele militare în comunicațiile radio sol-aer-sol, recunoscută și ca banda NATO UHF.

Banda L pentru comunicații satelitare, este destinată sistemelor de comunicații civile pentru comunicații aeronautice și asigură servicii voce și date ce pot fi accesate global, utilizând rețeaua de sateliți IRIDIUM.

Navigația aeriană are rolul de a asigura mijloacele necesare pentru parcurgerea unor distanțe de către aeronave în condiții de siguranță. Tehnicile utilizate pentru navigația aeriană sunt bazate pe regulile de zbor vizuale sau regulile de zbor instrumental. Zborul instrumental presupune că pilotul va naviga exclusiv folosind instrumente și mijloace de radionavigație.

Banda de radiofrecvențe VHF, de la 108 la 117,975 MHz, e utilizată pentru sistemele de radionavigație aeriană. În această bandă lucrează sistemele de radionavigație VOR/Very High Frequency Omni-directional Range și ILS/Instrument Landing System.

VOR este un sistem de radionavigație aeriană cu rază scurtă de acțiune pentru aeronave, care permite acestora să-și determine poziția și să rămână pe curs primind semnale radio transmise de o rețea de balize radio fixe la sol.

ILS (Fig. 1) este un sistem de radionavigație aeriană ce oferă aeronavelor poziționarea orizontală și verticală, înainte și în timpul aterizării, iar în anumite puncte fixe indică distanța până la punctul de referință de aterizare când este colocat cu DME (Distance Measuring Equipment) de putere mică.

³ ITU – a împărțit spectrul radio la nivel mondial în 3 regiuni. România se află în Regiunea 1.



Figura 1: Sistemul ILS (sursa: internet)

Gama de frecvențe 962–1215 MHz din banda de radiofrecvențe L este utilizată pentru sistemul de radionavigație aeriană DME. DME este un sistem de radionavigație ce măsoară distanța dintre o aeronavă și o stație terestră prin cronometrarea întârzierii de propagare a semnalelor radio.

DME are 252 canale, numerotate de la 1 la 126, fiecare număr de canal fiind subdivizat în canale desemnate „X” și „Y”. Transponderele DME sunt de obicei asociate cu un sistem de ghidare azimut pentru a oferi aeronavei o capacitate de navigație bidimensională. O combinație obișnuită este un sistem DME colocat cu un emițător VOR (VHF Omnidirectional Range)/TACAN, într-o singură stație la sol. Când se întâmplă acest lucru, frecvențele echipamentelor VOR și DME sunt împerecheate. O astfel de configurație permite unei aeronave să-și determine unghiul de azimut și distanța de stație. O instalație VORTAC (VOR și TACAN/Tactical Air Navigation System) oferă aceleași capacități aeronavelor civile, dar oferă și capacități de navigație în 2D aeronavelor militare (Fig. 2).

DME de putere mică sunt, de asemenea, asociate cu unele instalații ILS (Instrument Landing System), localizator ILS și instalații MLS (Microwave Landing System). În aceste situații, frecvența/distanțarea impulsului DME este, de asemenea, asociată cu frecvența ILS, LOC sau MLS.

DME este identic funcțional cu componenta de măsurare a distanței TACAN.

TACAN este un sistem tactic de navigație aeriană utilizat doar de aeronavele militare. TACAN are rolul de a furniza aeronavelor date despre distanță și azimut până la locul de dispunere al acestuia.

MIDS/Multifunctional Information Distribution System este o componentă de comunicații pentru Link 16⁴.

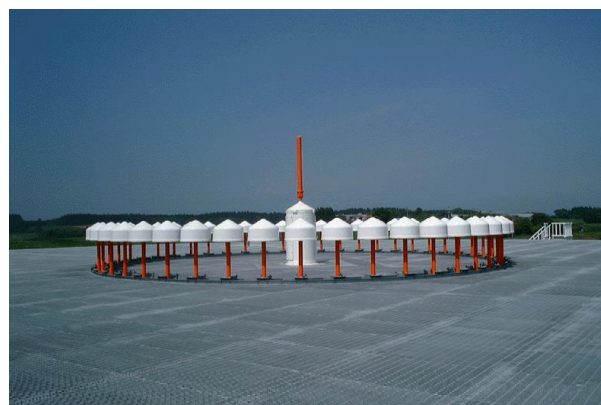


Figura 2: Sistem VORTAC (sursa: internet)

Frecvențele radio din banda de radiofrecvențe L, „interogare” – 1030 MHz și „răspuns” – 1090 MHz, sunt specifice sistemului „Identificare amic - inamic” – IFF/Identification Friend or Foe, fiind un sistem bazat pe conceptul de radar pentru comandă și control. IFF folosește un interogator ce transmite un semnal specific de interogare către o „țintă” cunoscută, acesta fiind recepționat și analizat de un transponder și retransmis ca răspuns pentru recunoașterea țintei.

Coordonarea și alocarea frecvențelor radio în banda VHF (117,975–137 MHz; 108–117,975 MHz) și în banda L (962 – 1215 MHz) sunt

⁴ Link 16 este o rețea de legătură de date tactice militare.

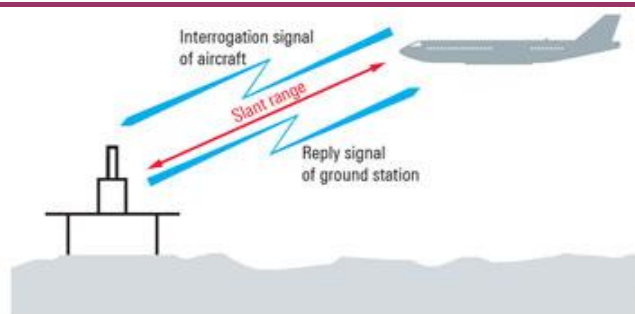


Figura 3: Sistem de interogare-răspuns (sursa: internet)

realizate pentru fiecare națiune de către Organizația Internațională a Aviației Civile/ICAO⁵ – International Civil Aviation Organization. În anul 1965, România a aderat la

Convenția ICAO, în prezent organizația din România aflată în coordonarea ICAO fiind Autoritatea Aeronautică Civilă.

Managementul frecvențelor radio din benzile de interes la nivelul Alianței Nord-Atlantice (de exemplu, banda NATO UHF) este realizat de către structura specializată a NATO, cu rolul de a asigura și coordona utilizarea frecvențelor radio pentru toate echipamentele radioelectrice ale structurilor militare.

Spectrul radio este o resursă limitată, fapt ce impune adoptarea și aplicarea unor reguli de utilizare a frecvențelor radio pentru funcționarea fără interferențe a echipamentelor radioelectrice.

Știați că . . . ?

- În prezent, în comunicațiile aeronautice în banda VHF (117,975 – 137,975 MHz) pot fi utilizate 2280 de canale radio cu un ecart de 8,33 kHz; în anul 1947 puteau fi utilizate 70 de canale cu un ecart de 200 kHz.
- Banda L (1 – 2 GHz) a fost utilizată inițial pentru controlul traficului aerian pe distanțe lungi și radar de supraveghere. Denumirea de bandă L vine de la cuvântul din engleză „long”.
- Banda X a fost denumită „X” deoarece era o bandă de frecvențe secretă în cel de-al Doilea Război Mondial.
- Banda K a luat denumirea din cuvântul german „kurz”, care se traduce prin „scurt”.
- Benzile Ku și Ka reprezintă „sub” și „deasupra”.

Bibliografie

1. An Introduction to National Aeronautics and Space Administration Spectrum Management. NASA, 2016
2. David W., Mike T. Aircraft Communications and Navigations Systems, London and New York, Routledge, 2018
3. Handbook on National Spectrum Management, ITU-R, 2015
4. Handbook on Radio Frequency Spectrum Requirements for Civil Aviation, ICAO, 2018
5. Guidance on the use of ICAO Aeronautical Mobile (Route) Service VHF band (118 MHz – 137 MHz) by the Military
6. <https://blog.bliley.com/evolution-of-radio-wave-technology>
7. <https://www.britannica.com/technology/radio-technology/Modulators-and-demodulators>
8. <https://halberdbastion.com/technology/military/nato-joint-civil-and-military-frequency-agreement-njfa>
9. https://www.nasa.gov/sites/default/files/atoms/files/spectrum_101.pdf
10. https://en.wikipedia.org/wiki/Multifunctional_Information_Distribution_System
11. https://ro.qaz.wiki/wiki/Distance_Measuring_Equipment
12. <https://www.eurocontrol.int/system/aeronautical-mobile-airport-communications-system-datalink>
13. <http://radio-scanner-guide.com/RadioScannerGuidePart3D-MilitaryAircraft.htm>

⁵ ICAO – este o agenție specializată ce adoptă standarde și practici privind navigația aeriană, infrastructura sa, inspecția zborului, prevenirea interferențelor radio și facilitarea procedurilor de trecere a frontierei pentru aviația civilă internațională; în prezent e sub egida Organizației Națiunilor Unite, cu sediul la Quebec, Canada.

LINK 16 – DE LA CONCEPT LA REALITATE

Lt. Ștefăniță-Romeo CERNAT
M.m. III Elena-Beatrice ANGHEL
Statul Major al Forțelor Aeriene



Trăim într-o lume în care nevoia de informații reprezintă un element esențial în toate procesele de planificare, luare a deciziei în vederea desfășurării acțiunilor militare în concordanță cu mediul operațional actual. Evoluția

tehnologică, îmbunătățirea tehnicilor, tacticilor și procedurilor de ducere a acțiunilor militare impun

o abordare mult mai pragmatică în ceea ce privește

întrebuințarea în luptă a sistemelor de comunicații moderne. Sistemele Data Link oferă o abordare complexă a tehnologiilor și aplicațiilor utilizate

de sistemele de comunicații (Fig.1).



Tip legătură	Arhitectură	Comunitate de utilizatori	Utilizare
Link 1	Punct la punct STANAG 5501 STANAG 5601	Informații despre situația aeriană	Conectează locațiile fixe ale mediului terestru de apărare aeriană, pentru a schimba informații despre situația aeriană. Este, de asemenea, angajat pentru a interfața cu alte rețele de control aerian/apărare aeriană și sisteme mobile, cu grupul de utilizatori primari.
Link 11	Rețea sau Emisie STANAG 5511 STANAG 5601 STANAG 5616	Control Maritim și Aerian	Este larg răspândit pentru a asigura schimbul de date de urmărire, pentru compilarea imaginii și transmiterea ordinilor, în domeniul C2.
Link 11B	Punct la punct STANAG 5511	Apărare Aeriană	Schimbul de informații tactice între armele cu baza la sol și sistemele C2 și de supraveghere.
ATDL 1	Punct la punct ATDL	Apărare Aeriană	Asigură interconectivitatea între Centrul de Operații Rachete Sol-Aer (SAMOC) și sistemele de Rachete Sol-Aer (SAM), pentru schimbul datelor despre traiectele aeriene, ținte/puncte și transmiterea de ordine și comenzi.
Link 16	TDMA STANAG 5516 STANAG 5616 STANAG 4175	Întrunit/ Combinat	Legătură de date digitală de capacitate ridicată, fără punct nodal, care include EPM pentru angajare într-un mediu de zonă de luptă multiplă, care cuprinde acțiuni de suprafață (terestre), maritime și aeriene și operații de Apărare cu Rachete Balistice în Teatru (TMBD).
Link 22	DTDMA STANAG 5522 STANAG 5616	Întrunit/ Combinat	Link 22 este destinat pentru a asigura conectivitatea în afara limitei de vizibilitate directă (BLOS), utilizând arhitectura de DTDMA - Acces Multiplu cu Diviziune în Timp Dinamic .
VMF	MIL-STD 6017	Întrunit/ Combinat	Legătură de date digitală de capacitate ridicată, fără punct nodal, pentru angajare într-un mediu de zonă de luptă multiplă, care cuprinde acțiuni aeriene, de suprafață și operații speciale.

Figura 1: Tipuri de legături de date tactice

Desfășurarea acțiunilor militare la nivel întrunit și combinat reprezintă o componentă fundamentală a mediului operațional actual. În acest context trebuie să subliniem capabilitatea sistemelor TDL pentru lucrul la acest nivel. Astfel, schimbul de informații între categoriile de forțe ale Armatei României poate fi asigurat prin utilizarea rețelei Link 16, făcând posibilă interconectarea echipamentelor localizate în medii tactice diferite (aerian, terestru, naval). Acestea

pot realiza schimburi de informații în timp real, oferind comandanților o imagine de ansamblu asupra câmpului de luptă. Utilizarea cu o preponderență tot mai mare a sistemelor Link 16 derivă din spectrul foarte larg în care aceste sisteme pot servi ca instrument esențial în procesul de planificare și de luare a deciziei, incluzând, dar fără a se limita la: supraveghere, război electronic, managementul misiunii, control aerian, canale securizate de voce/date, navigație.

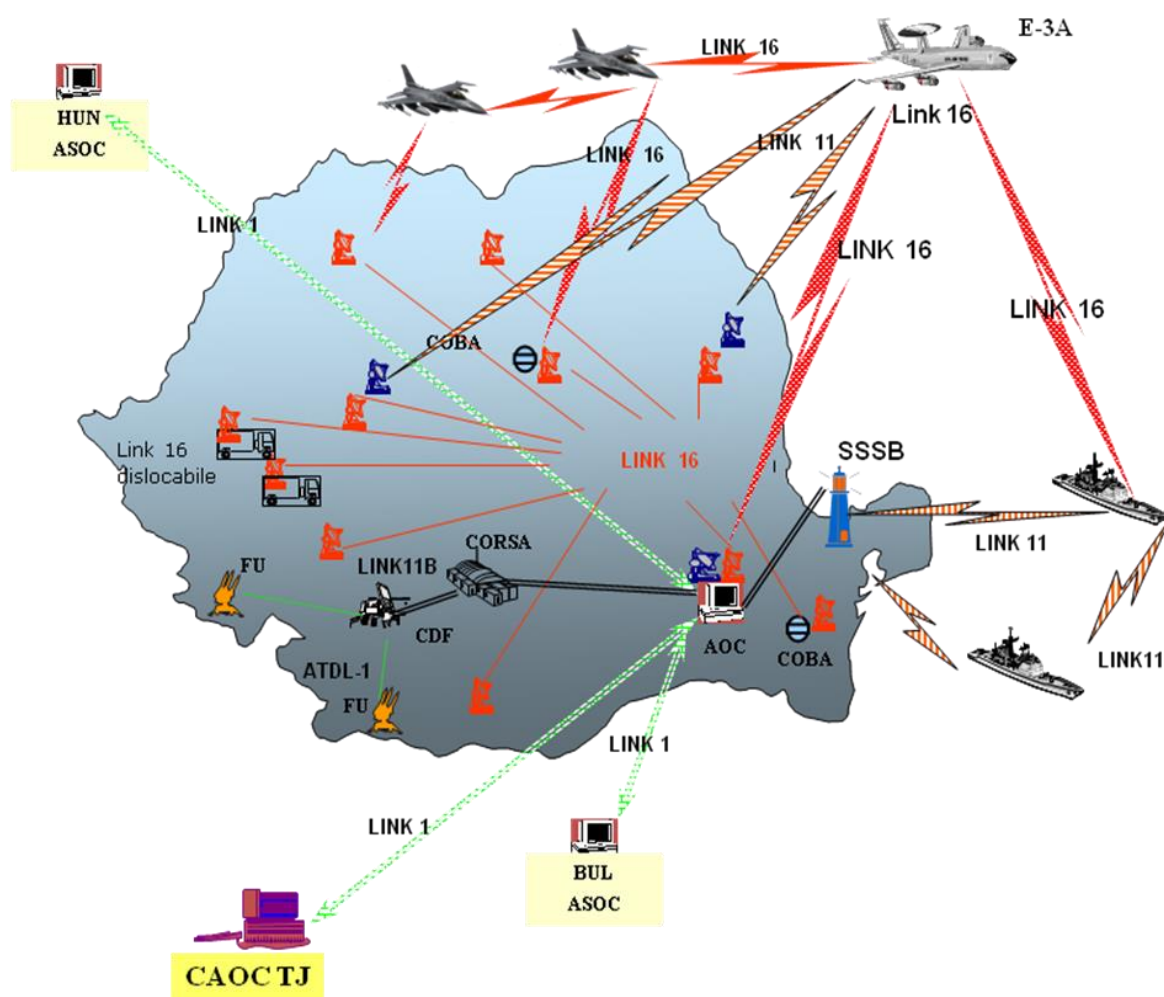


Figura 2: Variantă de configurație pentru sistemele TDL naționale

Cunoașterea spațiului de luptă actual, în care informația ocupă un loc central în procesul de luare a deciziei, face ca posibilitățile oferite de către sistemul Link 16 să reprezinte, astăzi mai mult ca oricând, instrumentul pe care comandanții îl pot utiliza pentru o imagine integrată a mediului operațional, fiind fără echivoc epicentrul sistemelor de comandă-control la nivel tactic.

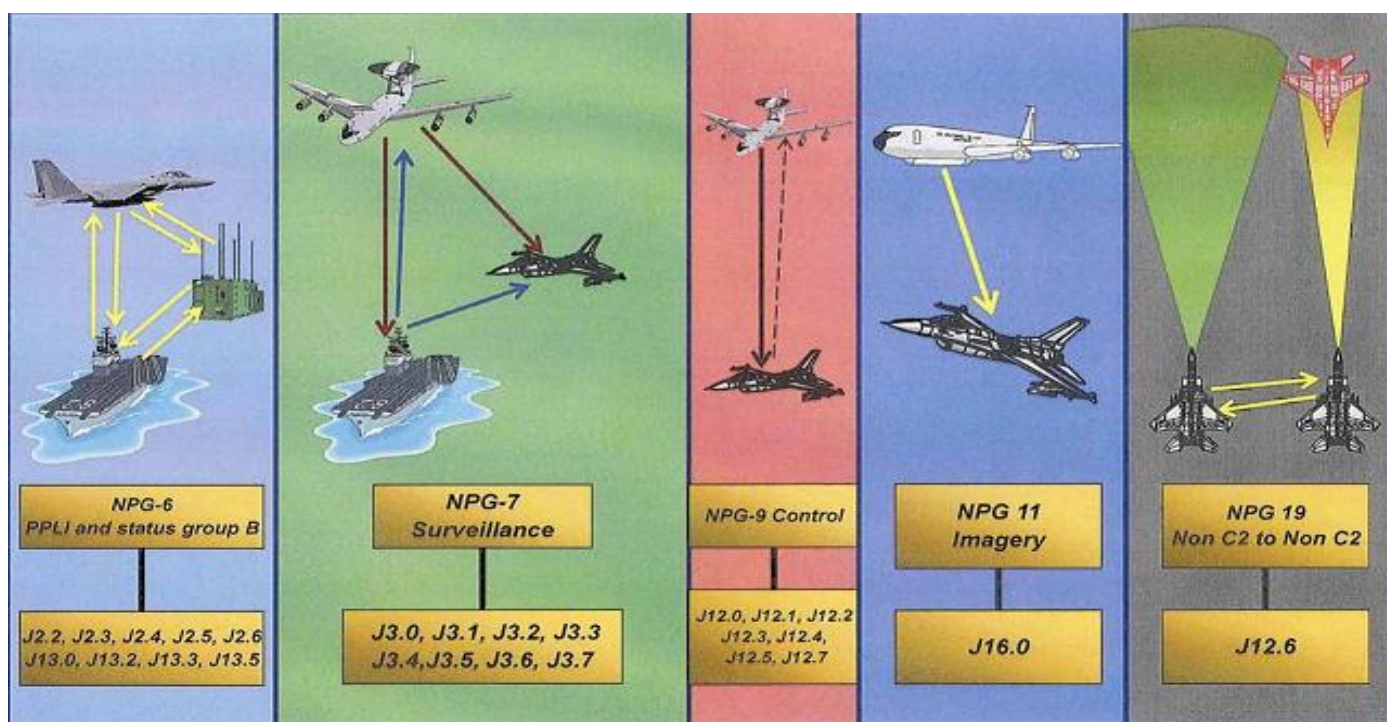
Link 16 este un sistem militar de comunicații de mare capacitate, criptat, cu

posibilitatea saltului de frecvență, utilizat de către țările membre NATO cu scopul transmiterii datelor în timp real. Acesta utilizează terminale MIDS (Multifunctional Information Distribution System).

Sistemul Link 16 utilizează tehnica TDMA (Time Division Multiple Access) care asigură 128 de sloturi de timp/secundă pentru participanți. Sloturile de timp sunt organizate în grupuri funcționale de utilizatori ai rețelelor (Network

Participating Group – NPG), oferind posibilitatea asigurării multiple și simultane a comunicațiilor voce/date securizate, care operează în gama de frecvență 960–1215 MHz. Gama de frecvență oferă posibilitatea schimbului de informații LOS (Line of Sight), capabilități satelitare sau protocoale ad-hoc. Mesajele transmise prin intermediul sistemelor Link 16 corespund fiecărui slot, fiecărui mesaj fiindu-i atribuit un cod (header și data), având rolul de a identifica terminalul sursă. Fiecare cod este alcătuit din 35 de biți. De la 0 la 2 sunt specificate datele, bitul 3 oferă informații relevante privind datele transmise, iar 4-18 contribuie la calcularea parității biților. De la bitul 19 la 34 ne este specificat numărul serial al

SDU (Secure Data Unit) care are rolul de a determina criptarea mesajului. Mesajele transmise pot suporta 4 tipuri de format: format fix, format variabil, text liber și RTT (round-trip timing). Mesajele în format fix sunt utilizate pentru transmiterea J-Series, în timp ce mesajele în format variabil sunt utilizate pentru a genera schimburi de informații cu toți utilizatorii, indiferent de formatul mesajului utilizat. Mesajele de tip text liber sunt utilizate pentru voce digitalizată, iar mesajele de tip RTT sunt utilizate pentru sincronizarea terminalelor, deoarece este imperios necesar ca terminalul să fie sincronizat cu rețeaua pentru a recepționa mesajele transmise printr-o rețea de tip Data Link.



România, ca țară membră a Alianței Nord-Atlantice, utilizează și continuă implementarea capabilităților TDL pentru utilizarea în operații și exerciții a acestora, în conformitate cu interesele naționale, cu cerințele și recomandările Alianței și cu posibilitățile tehnice și resursele financiare și respectă procedurile NATO de planificare, angajare, operare și mentenanță a acestor capabilități.

Realizarea unei infrastructuri naționale pentru legături tactice de date interconectate în rețele de arie largă de tip MIDS reprezintă un

obiectiv fundamental în acest domeniu de activitate specific concepției C4ISR. Implementarea acestor capabilități pe platformele/sistemele de armă esențiale trebuie să se facă ținând cont de faptul că scopul final este reprezentat de realizarea interoperabilității unor sisteme diferite, atât în cadrul unui sistem integrat la nivel național, bazat pe echipamente de tip TDL, cât și de asigurare a interoperabilității cu sistemele similare din NATO, în vederea participării la operații și exerciții multinaționale.

EFECTELE UNDELOR ELECTROMAGNETICE ODATĂ CU CREȘTEREA FRECVENȚEI

Slt. Bogdan COSTEA

Școala de Instruire pentru Comunicații, Tehnologia Informației și Apărare Cibernetică

REZUMAT



În lucrarea de față se vor studia efectele negative pe care le poate avea expunerea unei ținte biologice la unde electromagnetice. Lucrarea a fost realizată într-un soft specializat care oferă posibilitatea de a cerceta mult mai în detaliu efectele asupra țintei biologice de studiu. Această cercetare a fost posibilă datorită procesului de discretizare („mesh”) care a împărțit obiectul studiat în mai multe obiecte mult mai mici și mult mai ușor de înțeles și interpretat.

Introducere

Societatea din zilele de astăzi a fost supusă în ultimele două secole unei transcendente evoluții datorită contribuțiilor remarcabile aduse în diverse domenii de către oamenii de știință. Ca și urmare pentru amploarea acestei evoluții este modul în care tehnologia a îmbunătățit traiul oamenilor, dar totodată și dependența acestora față de ea. A fost demonstrat științific faptul că tehnologia reprezintă un aspect nelipsit, iar noi, oamenii, nu ne putem adapta la un de stil de viață lipsit de dispozitive tehnologice.

Cel de-al doilea aspect foarte important al acestei dependențe se referă la faptul că orice dispozitiv consumator de energie electrică emite radiații electromagnetice. Beneficiului oferit de tehnologie îi corespunde un sacrificiu din partea oamenilor, respectiv sănătatea.

Utilizarea oricărui tip de dispozitiv care folosește energie electrică va determina expunerea corpului la radiații, care, în timp, vor avea un impact asupra sănătății. Cu alte cuvinte, este primordial pentru oameni să aibă cunoștințe referitoare la tipurile de radiații și modul în care acestea le pot influența starea de sănătate.

Un individ, care posedă cunoștințe minime cu privire la noțiunile anterior precizate, este în

măsură să reducă din inevitabilul impact al radiațiilor asupra sănătății sale din viitor. Aceasta este motivația principală care m-a determinat să studiez domeniul dozimetriei, atât de complex.

În articolul de față sunt prezentate într-un mediu controlat efectele negative pe care le produce radiația electromagnetică. Prin acest fapt se dorește a fi prezentată importanța alegerii corecte a frecvențelor, astfel încât să nu afecteze sănătatea oamenilor care își desfășoară activitatea într-un mediu în care există radiații electromagnetice.

Definirea termenilor cheie

Dar înainte de prezentarea efectivă a experimentului aș dori să clarific anumite lucruri.

În acest studiu se va face de multe ori referință la variația Specific Absorption Rate/SAR. Aceasta este o măsură a vitezei la care energia este absorbită pe unitate de masă de către corpul uman atunci când este expusă unui câmp electromagnetic cu frecvență radio. Se poate referi, de asemenea, la absorbția altor forme de energie de către țesut, inclusiv cu ultrasunete.

SAR este definită ca puterea absorbită pe masa de țesut și se măsoară în wați pe kilogram. În formula de mai jos este reprezentată valoarea

SAR, care depinde de:

- conductivitatea electrică;
- câmpul electric;
- densitatea țintei de analizat;
- volumul țintei de analizat.

$$SAR = \frac{1}{V} \int_{\text{sample}} \frac{\sigma(\mathbf{r})|\mathbf{E}(\mathbf{r})|^2}{\rho(\mathbf{r})} d\mathbf{r}$$

Figura 1: Formula variației SAR

Pentru realizarea acestui studiu s-a folosit un model de cap uman având aceleași proprietăți dielectrice ca și cele ale unui cap uman real și un model simplificat al unui telefon care lucrează în banda de frecvență de 900 – 1800 MHz.

Modelul telefonului conține următoarele componente: antena împreună cu placă de circuite, afișajul LCD și capacul telefonului realizat din plastic. Antena constă din panoul de circuite, alimentare și împământare.

Dimensiunile panoului sunt $40 \times 20 \times 0,3$ mm, care are componente realizate din foi de cupru. Distanța dintre capacul telefonului și panou este de 8 mm și un suport din plastic este plasat între ele. Distanța dintre alimentare și rama exterioară a telefonului este de 6 mm, iar dimensiunile ramei exterioare sunt de $8 \times 1 \times 0,3$ mm. Figura 2 indică vederea frontală și vizualizarea 3D a modelului creat.

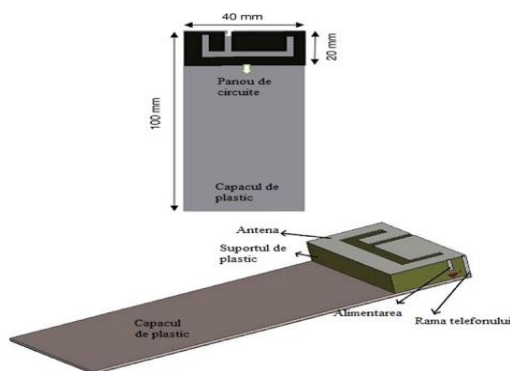


Figura 2: Modelul de telefon vizualizat în 2D (sus), respectiv 3D (jos)

Poziția telefonului în care s-a realizat experimentul a fost la distanța de modelul cap de 16 mm și o înclinare de 0 grade față de axa principală a modelului.

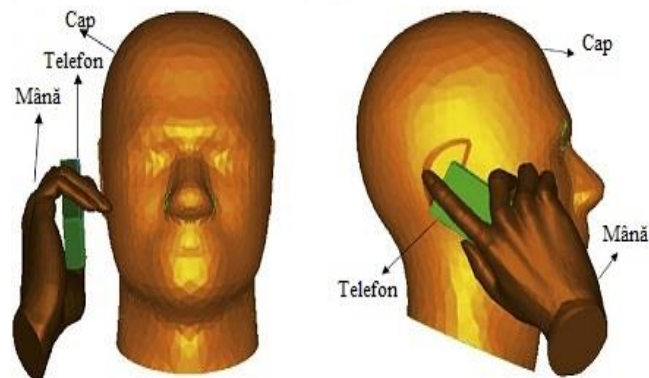


Figura 3: Modelul cap, mână și telefon

Modelul mâinii nu are niciun efect asupra valorilor măsurate și nu influențează cu nimic variația absorbției SAR resimțită la nivelul capului. Aceasta a fost introdusă doar pentru a fi folosită ca și suport pentru telefon.

Valorile SAR în medie pe 1 g țesut biologic au fost evaluate adoptând algoritmul standard IEEE (Institutul Inginerilor Electrotehniști și Electroniști). Puterea simulată de 0,5 W a fost utilizată în configurarea experimentală, iar calculul SAR a fost efectuat în faza post-procesare a simulării. În modelul de simulare a fost folosit domeniul de celule $128 \times 128 \times 128$ cu dimensiunea celulelor $\Delta x = \Delta y = \Delta z$.

Interpretarea rezultatelor

În continuare vor fi expuse valorile obținute în urma compilării programului folosind ca și parametrii distanța de 16 mm și frecvența de 900 MHz în primul caz, respective 1,8 GHz în cel de-al doilea caz.

La distanța de 16 mm la frecvența de 900 MHz (Figura 4), valoare absorbției este de 0,607 W/kg, iar la frecvența de 1,8 GHz (Figura 5) la aceeași distanță este de 1,26 W/kg.

Din cele două cazuri se poate observa faptul că absorbția SAR este influențată de frecvența folosită. Aceasta crește odată cu creșterea în banda de frecvență. De asemenea, la frecvența de 900 MHz, s-a observat faptul că modelul capului uman suferă o absorbție pe o arie mai mare decât în cazul în care s-a folosit frecvența de 1,8 MHz.

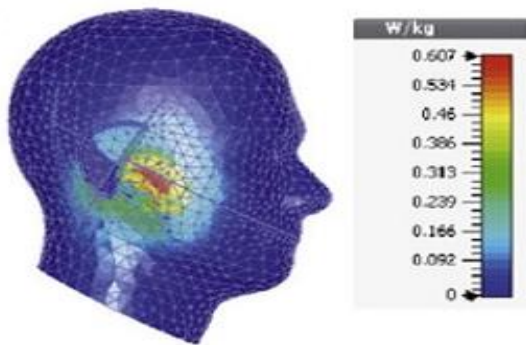


Figura 4: Variația SAR când telefonul este plasat la 16 mm față de ureche, la frecvența de 900 MHz

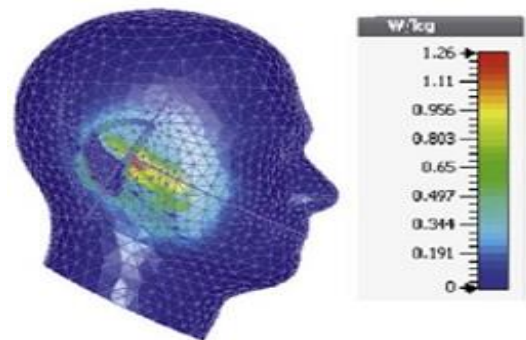


Figura 5: Variația SAR când telefonul este plasat la 16 mm față de ureche, la frecvența de 1,8 GHz

După cum se poate observa, frecvențele înalte au o caracteristică de a nu își împrăști radiația, ci o mențin într-o arie foarte restrânsă.

Datorită acestei proprietăți și a faptului că între cele două antene nu sunt elemente care pot perturba sau diminua puterea de emisie, cu excepția spațiului și a distanței dintre acestea, putem considera faptul că frecvențele care fac parte din banda superioară de frecvențe sunt potrivite pentru acest tip de transmisie radio. Până în momentul de față s-a realizat studiul doar pentru valorile SAR.

Cu datele obținute în urma realizării experimentelor anterioare și cu ajutorul aplicației Microsoft Excel Worksheet s-a realizat un tabel în care sunt prezentate valorile puterilor absorbite de către ținta biologică a modelului cap în cele două ipostaze în care s-au realizat simulările anterioare.

Limita SAR standard pentru dispozitivele portabile este în medie de 1,6 W/kg peste 1 g masă tisulară și 2 W/kg într-o masă medie de 10 g. Standardul SAR de 1 g este specificat de FCC

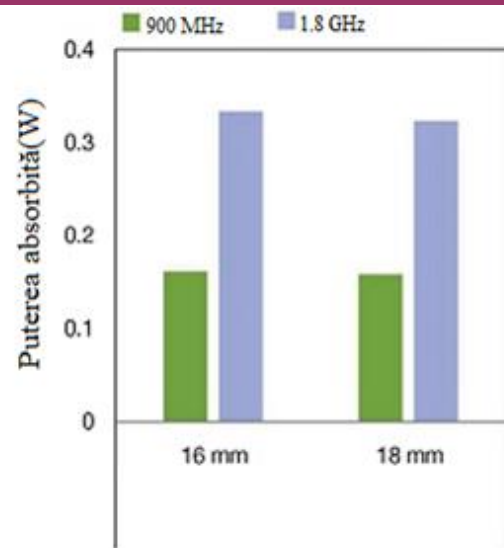


Figura 6. Puterea absorbită în modelul de cap uman

(Federal Communications Commission), iar limita de 10 g SAR este stabilită de ICNIRP (Comisia internațională de protecție împotriva radiațiilor neionizante).

Rezultatele indică faptul că valorile SAR de 1 g pentru toate configurațiile sunt sub limita SAR standard.

Deci putem spune că la o utilizare moderată zi de zi a unui dispozitiv care lucrează în această bandă de frecvență și cu aceeași putere de emisie folosită în cazul prezentat nu se vor semnala efecte grave asupra țesutului.

Dar poate apărea fenomenul de încălzire a țesutului în zona unde radiația își face simțită prezența. În cazul în care subiectul este expus la radiație pentru un timp îndelungat, pot apărea efecte adverse asupra țesutului, putând duce chiar la deteriorarea acestuia.

Concluzie

Cazul de față face referire la un dispozitiv utilizat zilnic, care emană radiații electromagnetice nedăunătoare cu condiția să fie folosit într-un interval de timp relativ scăzut. Scopul acestui articol a fost de a scoate în evidență faptul că radiațiile electromagnetice pot afecta țesutul chiar dacă efectele nu se resimt imediat.

Bibliografie

1. Miclăuș Simona, Introducere în bioelectromagnetica microundelor, Sibiu, Universitatea „Lucian Blaga”, 1999
2. Alimpie Ignea, Eugen Mârza, Aldo de Sabata, Antene și propagare, Timișoara, Editura de Vest, 2002
3. Irinel Casian-Botez, Structuri optoelectronice, Iași, Editura Canova, 2001
4. Northwestern University, Radiation Safety Handbook, Office for Research Safety, 2010
5. P.J.B. Clarricoats, E.V. Jull, Propagation of radiowaves, 2nd edition, London, The Institution of Engineering and Technology, 2003
6. Cynthia Furse, Douglas A. Christensen, Carl H. Durney, Basic introduction in bioelectromagnetics, second edition, USA, CRC Press, 2009