



MANAGEMENTUL SPECTRULUI RADIO ÎN ACȚIUNILE MILITARE MODERNE

RADIO SPECTRUM MANAGEMENT IN MODERN MILITARY ACTIONS

Daniel DOICARIU*

Pentru dezvoltarea continuă a serviciilor de comunicații și informatice în domeniul civil și militar, într-o eră a digitalizării în care necesitatea atribuirii, alocării sau asignării unui număr mult mai mare de benzi de frecvențe este esențială, se impune adoptarea, la nivel național și internațional, a unor reguli și ghiduri de bune practici privind partajarea spectrului radio către utilizatori și gestionarea eficientă a acestuia. Valorificarea tehnologiilor moderne și/sau emergente implicate în acțiunile militare actuale sau viitoare este dependentă de modul de utilizare a spectrului radio într-un mediu operațional electromagnetic din ce în ce mai congestionat, contestat și constrâns.

Due to the continuous development of civil and military communications and information technology services, in an era of digitalization in which the need to allocate, allot or assign a much larger number of frequency bands is essential, it is necessary to adopt national and international rules and guidelines for sharing and efficiently managing the radio spectrum. The use of modern and / or emerging technologies involved in current or future military actions is dependent on the use of radio spectrum in an increasingly congested, contested and constrained electromagnetic operational environment.

Cuvinte-cheie: managementul spectrului radio; UAS; comunicații radio; spectru de frecvențe spațiale; 5G; CEMA.

Keywords: radio spectrum management; UAS; radio communications; spatial frequency spectrum; 5G; CEMA.

Faptul că spectrul radio este o resursă valoroasă, necesară, dar limitată aceasta trebuie gestionată și valorificată eficient de fiecare structură responsabilă.

Datorită particularităților de propagare a undelor radio, acestea pot depăși granițele unui stat și pot interfera cu ale statelor vecine, motiv pentru care trebuie asigurate un management corect și o respectare strictă a unor standarde și reglementări comune la nivel național și internațional.

Din perspectivă militară, operațiile terestre, navale, aeriene, cibernetice și cosmice se bazează pe capacități tehnologice care utilizează și consumă resurse ale spectrului radio. Pentru îndeplinirea cu succes a misiunilor, trebuie să se optimizeze modul în care echipamentele proprii beneficiază de spectrul radio, dar totodată limitează accesul adversarului în rețelele radio proprii.

Plecând de la dezideratele prezentate mai sus, prin prezentul articol, mi-am propus să analizez importanța managementului spectrului radio,

pornind de la organismele naționale și internaționale care îl reglementează, și să clarific implicațiile acestuia în acțiunile militare actuale și viitoare.

Organisme naționale și internaționale

Uniunea Internațională pentru Telecomunicații – UIT (International Telecommunication Union) – este o agenție a ONU care are ca scop reglementarea spectrului radio la nivel mondial. UIT organizează conferințe mondiale în scopul actualizării Regulamentelor Radio și Convențiilor Regionale cu privire la utilizarea spectrului radio, asigură cooperarea în domeniul telecomunicațiilor pentru a elimina interferențele dintre comunicațiile diferitelor state, aprobă caracteristicile tehnice și procedurile operaționale ale serviciilor și sistemelor de radiocomunicații, promovează cooperarea internațională cu privire la asignarea frecvențelor satelitare, pledează pentru îmbunătățirea infrastructurii de comunicații la nivel global etc.

UIT a împărțit mapamondul în trei regiuni, conform Figurii 1, România aflându-se în regiunea 1, alături de majoritatea statelor membre ale NATO (excepție, Canada și SUA).

*Universitatea Națională de Apărare „Carol I”
e-mail: doicariu.daniel@unap.ro

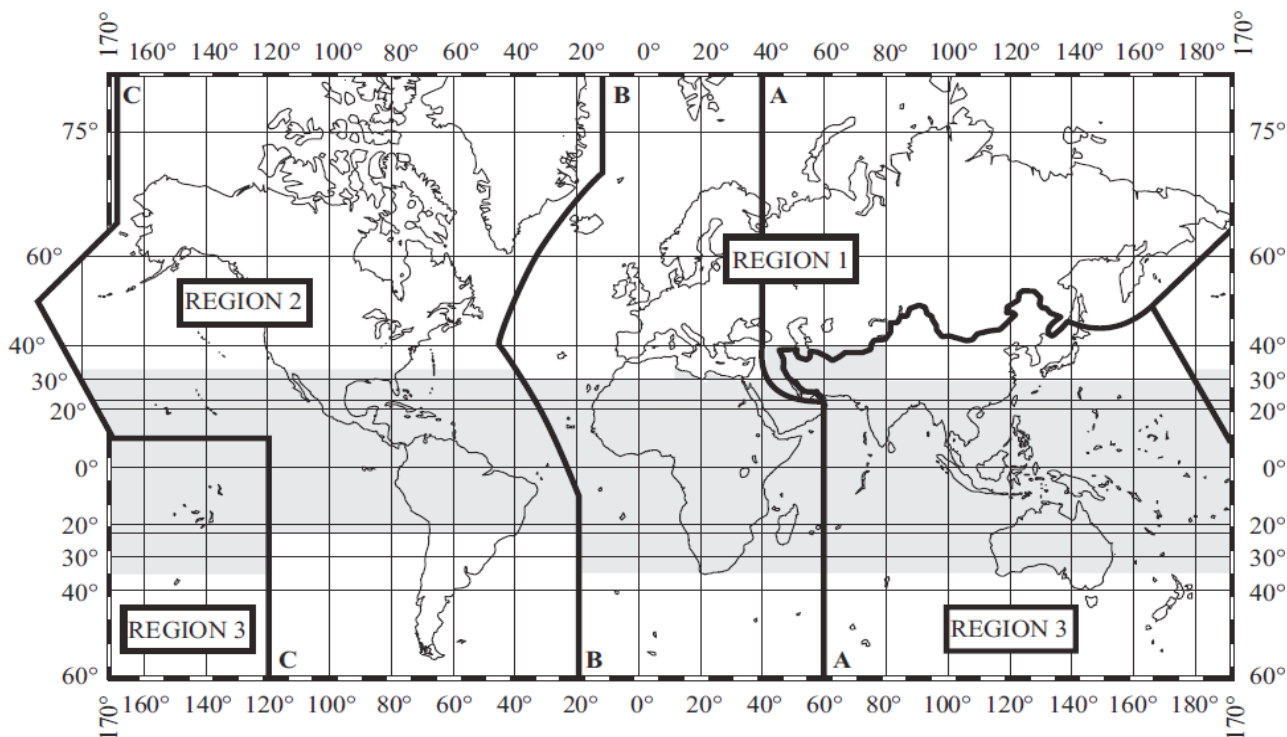


Figura 1 Armonizarea benzilor de frecvențe la nivel mondial¹

Alocarea benzilor de frecvențe pe fiecare regiune nu este identică, fapt ce generează o serie de probleme care necesită forumuri de discuții la nivel regional și conferințe mondiale de radiocomunicații pentru a găsi soluții. Din perspectiva forțelor de coaliție, UIT menține o bună cooperare între alocările benzilor de frecvențe la nivel internațional, țara gazdă și aria de interes.

La nivel european, își desfășoară activitatea organizația interguvernamentală Conferința Europeană a Administrațiilor de Poștă și Telecomunicații (CEPT – *The European Conference of Postal and Telecommunications Administrations*), care reunește administrațiile și autoritățile de reglementare din domeniu. Principalele sale atribuții sunt de stabilire a unor scenarii asupra spectrului electromagnetic, luând în considerare dezvoltarea tehnologiei și a pieței, adoptarea și promovarea unor propuneri comune europene în UIT, armonizarea reglementărilor în domeniul telecomunicațiilor și serviciilor poștale etc.

În NATO, structura care are autoritate în domeniul managementului radio este Secția Spectru și Infrastructuri pentru C3 a NATO (The Spectrum and C3 Infrastructure Branch – SC3IB). Acordul comun civil-militar pentru frecvențe al NATO (NATO Joint Civil/Military Frequency Agreement – NJFA²) reglementează accesul NATO la resursa

spectrală, stabilește și alocă benzile de frecvențe necesare echipamentelor militare, pe care țările membre le includ în tabelele naționale de alocare. Ca o observație, NATO nu este membră a UIT și nu poate trimite reprezentanți în forumurile de luare a deciziei, însă interesele sale sunt reprezentate de statele membre ale Alianței.

Structurile NATO nu au dreptul de a utiliza din spectrul radio alocat pentru teritoriul unui stat, chiar dacă este membru al Alianței, fără a solicita Sprijin cu Frecvențe Radio. Aceasta este o etapă obligatorie a NATO în autorizarea și atribuirea de frecvențe pe teritoriul unui stat.

În doctrina NATO, se specifică clar diferența dintre responsabilitățile managementului spectrului radio și cele ale managementului frecvențelor radio. În *ACP-190 NATO Supp-1*, managementul spectrului „reprezintă totalitatea acțiunilor întreprinse pentru identificarea și utilizarea eficientă a spectrului electromagnetic disponibil, în scop militar”³, iar managementul frecvențelor este „un subproces al managementului spectrului radio în asigurarea coordonată a asignărilor și alocărilor de frecvențe utilizatorilor militari și soluționarea interferențelor”⁴. Managementul spectrului radio asigură planificarea, coordonarea și gestionarea utilizării spectrului electromagnetic, permițând echipamentelor radio militare să funcționeze fără



limitări sau fără să fie afectate de interferențele sistemelor radio ale forțelor proprii ori partenere. Managementul frecvențelor radio are ca scop eficientizarea frecvențelor în aria de responsabilitate (Area of Responsibility – AOR).

Conform reglementărilor UIT, fiecare stat membru are agenții naționale pentru managementul frecvențelor radio destinate gestionării spectrului electromagnetic în interiorul granițelor sale și cooperării cu organisme internaționale din domeniu. În România, Autoritatea Națională pentru Administrare și Reglementare în Comunicații (ANCOM) asigură compatibilitatea electromagnetică, administrează spectrul radio specific comunicațiilor electronice și realizează controlul echipamentelor radio din piață. Spectrul radio fiind considerat un bun suveran, fiecare stat are un Tabel Național de Atribuire a Benzilor de Frecvențe (TNABF), prin care își gestionează eficient benzile de frecvențe în interes național, dar fără a intra în contradicție cu reglementările organismelor din care face parte.

Agencia Militară pentru Managementul Frecvențelor Radio (AMMFR) este structura Armatei României, având ca domeniu de responsabilitate gestionarea resurselor din spectrul radio de către forțele armate pe teritoriul național, cooperarea cu structuri similare pentru participarea la acțiuni în comun în afara granițelor țării, stabilind principiile și regulile generale în domeniul compatibilității electromagnetice.

Implicațiile managementului spectrului radio în acțiunile militare

Gestionarea spectrului de frecvențe radio este o provocare din punct de vedere analitic, procedural și politic în planificarea și utilizarea benzilor de frecvențe. Domeniul militar a devenit din ce în ce mai dependent de comunicațiile fără fir, de sistemele de navigație și de supraveghere, de realizarea legăturilor la mare distanță, de acțiuni cibernetice și electronice, pentru a sprijini o mare diversitate de misiuni operaționale. Resursa cea mai importantă de care are nevoie orice sistem wireless este frecvența radio prin care să realizeze comunicația. Spectrul radio nealocat a devenit foarte limitat și ca urmare, valoarea sa comercială a crescut continuu. Agențiilor guvernamentale aflate în concurență cu companiile private le este din ce în ce mai dificil să achiziționeze benzi de frecvențe

noi pentru sisteme și echipamente moderne și chiar să le păstreze pe cele pe care le-au folosit de ani de zile.

Atunci când vorbim despre acțiuni militare în AOR, suntem de acord că spectrul electromagnetic (Electromagnetic Spectrum – EMS) realizează conexiunea pentru toate cele 5 domenii, care trebuie să permită asigurarea procesului de comandă și control eficient și oportun. Pentru NATO, spectrul electromagnetic este parte esențială a operațiilor militare și este văzut ca un mediu operațional, în care forțele Alianței beneficiază de efectele acestuia pentru a susține intenția comandantului. Managementul spectrului electromagnetic pentru ducerea luptei (Electromagnetic Battle Management) asigură o monitorizare dinamică, planifică și coordonează operațiile întrunite în spectrul electromagnetic, integrează datele și informațiile de la senzori, tehnică și luptători pentru a asigura o imagine electromagnetică recunoscută a câmpului de luptă. Nevoile de spectru au ca rezultat un mediu operațional electromagnetic din ce în ce mai *congestionat, contestat și constrâns*⁵, denumit, generic, complex. Conform *Electromagnetic Spectrum Superiority Strategy*, mediul operațional electromagnetic este:

- *congestionat*, pentru că sistemele militare și civile dependente de EMS continuă să aglomereze spectrul și să mărească volumul de interferențe neintenționate;
- *contestat*, deoarece activitățile inamice detectează, perturbă, exploatează, degradează, resping, înșală sau distrug capacitățile EMS prietenoase, în scopul avantajului militar;
- *constrâns*, din cauza reglementărilor interne și internaționale care determină scăderea spectrului disponibil pentru accesul militar.

Spectrul de frecvențe radio se referă la radiațiile electromagnetice care, în funcție de frecvență sau de lungimea de undă, se pot utiliza în diferite domenii civile sau militare (Figura 2). Spectrul de frecvențe radio cuprinde 9 game de frecvențe, între 3 kHz și 3.000 GHz.

Gestionarea spectrului radio în România se realizează pe baza TNABF care conține informații privind: atribuirea benzilor de frecvențe radio pe servicii de radiocomunicații la nivel UIT, CEPT și național, utilizări ale acestora la nivel european și național, reglementări aplicabile în CEPT și în România pentru diferite benzi de frecvențe și statutul de utilizare.

Gama (Rom.)	Abrev. (Rom.)	Frecvența (Hz.)	Abrev. (Eng.)	Gama (Eng.)
Frecvențe foarte joase	UFL	3 kHz – 30 kHz	VLF	Very Low Frequency
Frecvențe joase	UL	30 kHz – 300 kHz	LF	Low Frequency
Frecvențe medii	UM	300 kHz – 3000 kHz (3 MHz)	MF	Medium Frequency
Frecvențe înalte	US	3 MHz – 30 MHz	HF	High Frequency
Frecvențe foarte înalte	UUS	30 MHz – 300 MHz	VHF	Very High Frequency
Frecvențe ultra înalte	Udm	300 MHz – 3000 MHz (3 GHz)	UHF	Ultra High Frequency
Frecvențe super înalte	Ucm	3 GHz – 30 GHz	SHF	Super High Frequency
Frecvențe extra înalte	Umm	30 GHz – 300 GHz	EHF	Extremely High Frequency
-	Udmm	300 GHz – 3000 GHz	THF ⁶	Tremendously High Frequency

Figura 2 *Spectrul de frecvențe radio⁷ – adaptare*

Având ca scop maximizarea resurselor spectrului radio și minimizarea suprapunerilor, dar și prevenirea utilizării neautorizate sau necorespunzătoare, 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”⁸. Obiectivul managementului de frecvențe constă în adoptarea unor decizii optime pentru funcționarea rețelelor de comunicații în condiții concrete, uneori incerte în mediul electromagnetic. Acesta asigură respectarea politicilor militare, regulilor și procedurilor de reglementare a radioului local, aplicarea unor practici eficiente de Contramăsuri Electronice (Electronic Counter Measure – ECM).

În acțiunile de luptă moderne, comandantul este sprijinit în luarea deciziei de un număr ridicat de sisteme/echipamente, care cele mai multe utilizează spectrul radio. Fără un management adecvat asupra frecvențelor radio, în curând se va ajunge la o saturație care va determina apariția compromisurilor în exploatarea la maximum a resurselor și care va afecta performanțele misiunii. De asemenea, comandantul și statul major trebuie să înțeleagă că spectrul alocat unei misiuni este

limitat și trebuie utilizat eficient pentru a multiplica puterea de luptă, fără a interfera cu echipamentele proprii și pentru a exercita comanda și controlul în timpul desfășurării operațiilor militare.

Planificatorii sistemelor de comunicații și informatice proiectează și realizează rețelele de comunicații necesare conducerii unei operații, iar managerul de frecvențe utilizează acest design pentru a stabili necesarul de frecvențe, pentru a oferi suportul operațional prin deconflictizarea și soluționarea interferențelor.

Managementul spectrului radio are ca responsabilitate atât realizarea și menținerea infrastructurii de radiocomunicații, cât și introducerea și dezvoltarea unor noi capacități în domeniul apărării, necesare C2 într-un mediu în care densitatea echipamentelor și sistemelor este în continuă creștere. Alături de comunicațiile radio tradiționale, provocările actuale și viitoare vin din zona tehnologiei 5G, legăturilor satelitare, UAS, activităților cibernetice și electromagnetice etc. În continuare, voi prezenta patru piloni ai domeniului comunicații, din perspectiva managementului spectrului radio, în optimizarea accesului sistemelor/echipamentelor proprii la benzile radio, în condițiile prezenței adversarului în mediul electromagnetic.

Vehicule aeriene fără pilot

UAS – *Unmanned Aircraft Systems* – au nevoie de comunicații sigure și fără interferențe, deoarece sunt într-o rețea din care mai fac parte stații de control aflate la sol, sisteme de control al traficului aerian, sisteme satelitare, alte UAS-uri etc.

NATO clasifică UAS în trei clase dedicate⁹: clasa I – pentru cele micro, mini și mici, clasa a II-a – pentru sisteme tactice de dimensiuni medii, iar clasa a III-a – pentru cele care zboară la altitudine medie și înaltă, dar și cu rezistență îndelungată. În funcție de dimensiune, de altitudinea la care zboară, de durata de funcționare etc., necesită abordări diferite de utilizare a spectrului radio în care lucrează. În modelul de arhitectură UAS, prezentat în armata SUA, nevoile de spectru reprezintă o provocare pentru un manager de frecvențe într-o operație întrunită, ca cea din Figura 3.

Of Sight – LOS), migrând către banda de 14/15 GHz pentru unele dintre sisteme de dimensiuni medii sau mari, cât și pe undă indirectă (*Beyond Line Of Sight* – BLOS) – cu precădere, legăturile satelitare militare (SATCOM) în banda 20/30 GHz, fiind considerată cea mai bună soluție. Cele mai utilizate benzi de frecvență radio pentru asigurarea comunicațiilor UAS sunt: L, C, X, K_u, K.

Din punctul de vedere al spectrului radio, problema UAS este legată de lipsa dedicării și protecției internaționale a frecvențelor împotriva interferențelor dăunătoare, astfel încât să fie capabile să mențină un nivel ridicat de integritate și disponibilitate.

Spectrul de frecvențe spațiale

Datorită creșterii numărului, utilizării și dimensiunii sateliților, congestiunea benzilor

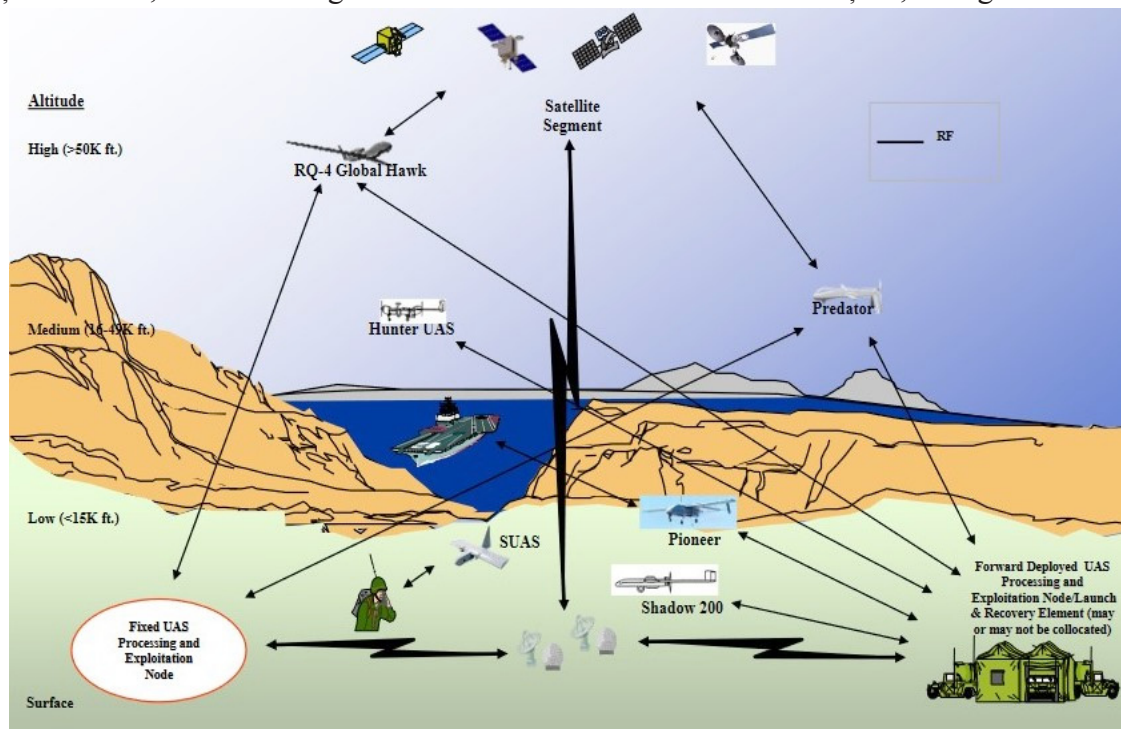


Figura 3 Arhitectura UAS¹⁰

UAS se pot utiliza în culegerea de informații din spectrul electromagnetic, efectuând servicii de SIGINT – *Signal Intelligence* –, ghidarea artileriei, cu rol de radioreleu, bruiatul comunicațiilor inamice etc. Sensorii se instalează pe platforme UAS pentru localizarea, identificarea și interceptarea emițătoarelor de radiocomunicații.

Prin mediul electromagnetic, se asigură realizarea comunicațiilor specifice UAS, fiind utilizate frecvențe radio atât pe undă directă (*Line*

de frecvențe inferioare a devenit o problemă. O provocare reală o reprezintă descoperirea unor noi tehnologii prin care legăturile satelitare să se realizeze prin benzi de frecvențe superioare. În Figura 4 sunt prezentate benzile de frecvențe și serviciile satelitare care se utilizează, în general, pentru legăturile satelitare.

Gamele de frecvență sunt orientative, acestea sunt ajustate în funcție de fiecare regiune, conform împărțirii UIT-RR, dar și în funcție de atribuirea

Banda de frecvență satelitară	Gama de frecvență (GHz)	Servicii satelitare
L	1-2	Servicii Satelitare Mobile (MSS), Servicii Satelitare de Radionavigație
S	2-4	Radare, MSS, Sateliți TV, Cercetare spațială, Control satelit
C	3,4-7	Servicii Satelitare Fixe (FSS), VSAT, Legături satelitare domestice (DTH)
X	7-10	Radare, Sateliți de imagistică, Cercetare spațială, FSS militar
Ku	10-15	FSS, VSAT, MSS, Sateliți TV
Ka	17,7 -21,2 27,5-31	FSS de bandă largă, Legături între sateliți, MSS, FSS militar/comercial
Q și V	42,5-52,4 37,5-50,2	FSS de bandă largă, Legături între sateliți, MSS, FSS militar/comercial

Figura 4 Benzile de frecvență satelitare¹¹

benzilor de frecvențe, conform TNABF relevante la nivelul fiecărui stat. De exemplu, frecvența de emisie pentru banda X este frecvență de recepție pentru banda vecină K_u , putând produce interferențe pentru anumite servicii satelitare. Statele europene pentru servicii satelitare militare „au angajat benzi de frecvențe, cu securitate mai bună, precum S, X și K_a pentru a se izola astfel de aplicațiile comerciale”¹².

Tehnologia 5G

Și tehnologia 5G reprezintă o provocare în domeniul managementului spectrului radio. La Conferința Mondială de Radiocomunicații din 2019 (WRC-19), au fost identificate benzi de frecvențe radio suplimentare, necesare standardului IMT-2020 (IMT – International Mobile Telecommunications), care vor facilita dezvoltarea rețelelor mobile 5G. Astfel, la WRC-19 s-au identificat „benzile de frecvență 24,25-27,5 GHz, 37-43,5 GHz, 45,5-47 GHz, 47,2-48,2 și 66-71 GHz. În total, 17,25 GHz de spectru a fost identificat, pentru IMT, de către Conferință, în comparație cu 1,9 GHz de lățime de bandă disponibilă, înainte de WRC-19”¹³.

Benzile de frecvență înalte, mai mari de 6 GHz permit viteze de transfer al informațiilor de până la 10 Gbps și un timp de răspuns aproape instantaneu.

Gama undelor înalte este supusă atenuării ploii, provocând pierderi mari pe timpul propagării radio și necesită condiții de vizibilitate directă.

Benzile de frecvențe medii aflate între 1,5 și 6 GHz oferă protecție la atenuarea ploii, asigură viteze de transfer al informațiilor de până la 490 Mbps și permit instalarea echipamentelor 5G în aceleași locații cu echipamentele anterioare 4G LTE.

Benzile de frecvențe joase aflate sub 1 GHz asigură o acoperire întinsă și distanță mare de propagare, însă nu au aceleași viteze de transfer al informațiilor ca cele de mai sus, ajungând la 100 Mbps (oricum, cu aproximativ 20% mai mare decât 4G).

În *Strategia 5G pentru România*, se precizează că „benzile de 700 MHz, 3,4-3,8 GHz și 24,25-27,5 GHz (banda de 26 GHz) sunt benzi cheie pentru implementarea 5G în România, similar celorlalte state membre ale Uniunii Europene”¹⁴. Tehnologia 5G oferă o serie de oportunități în domeniul militar, precum: facilități Virtual Reality/Augmented Reality – în instruire, cloud computing și edge computing –, în CIS (Communications and Information Systems), procesul de luare a deciziei prin conștientizarea situației (Situational Awareness) – în C2, mașini autonome acționate de la distanță – la nivel tactic.



Plecând de la întrebarea privind tipul de frecvențe care ar fi util pentru a acoperi 5G o zonă de operații la nivelul unei mari unități tactice, dar și de la faptul că ANCOM se pregătește să scoată la licitație¹⁵ benzile de frecvență 800 MHz, 2.600 MHz și 3.400-3.600 MHz, consider că armata română ar trebui să își asigure resursă spectrală din timp.

Acțiuni electromagnetice și cibernetice

Anumite țări membre ale NATO au adoptat, la nivel național, integrarea acțiunilor cibernetice și pe cele de război electronic și le-au asimilat sub conceptul de activități electromagnetice și cibernetice (Cyber and Electromagnetic Activities – CEMA).

Având ca punct de plecare faptul că CEMA sunt „activități folosite pentru a prelua, reține și exploata un avantaj față de adversari și inamici atât în spațiul cibernetic, cât și în spectrul electromagnetic, simultan cu interzicerea și compromiterea acestora, dar cu protejarea sistemului propriu destinat asigurării comenzii misiunii”¹⁶, acestea sunt integrate și sincronizate prin operații cibernetice, prin acțiuni de război electronic și de management al spectrului. „Planificarea continuă, integrarea și sincronizarea operațiilor cibernetice și de război electronic, susținute de operațiile de management al spectrului, pot produce efecte singulare, de consolidare și complementare”¹⁷, în susținerea efortului cinetic al operațiunii.

Managementul spectrului radio este un pilon al acțiunilor integrate cibernetice și de război electronic. Aducând în atenție importanța utilizării spectrului electromagnetic în diferite domenii (SIGINT, ISR, ISTAR, BSM), lt.col. Panagiotis Stathopoulos afirma că „trebuie să se integreze și să se unifice toate capacitățile, entitățile și disciplinele EMS într-un singur domeniu de operații, EMS, inclusiv spațiul cibernetic”¹⁸.

O direcție de dezvoltare în viitor o reprezintă operațiile tactice în spațiul cibernetic, care sunt dependente de spectrul de frecvențe. În perspectivă, militarii vor lupta într-o arie de operații a spectrului cibernetic, ceea ce, momentan, este un încă un spațiu în curs de cunoaștere. Pentru a preîntâmpina această problemă, structurile de comunicații și informatică, război electronic și management al spectrului radio trebuie să colaboreze și să integreze acțiunile pentru a realiza aceste obiective și a le prezenta

factorilor de decizie. Managementul spectrului de frecvențe a acestui nou spațiu de luptă ar putea fi cheia succesului în viitoarele acțiuni militare.

Concluzii

Libertatea de acțiune în spectrul electromagnetic, la locul, timpul și parametrii pe care îi alegem este un precursor necesar pentru desfășurarea cu succes a operațiunilor în toate domeniile. Spectrul electromagnetic este o componentă fundamentală a mediului natural, iar spectrul electromagnetic operațional este cadrul în care se desfășoară acțiunile militare. Spectrul electromagnetic operațional este o zonă de manevră, de luptă, dar și de concurență între domeniul militar și activitățile nonmilitare. În războiul modern, avantajul gestionării eficiente a EMS este un indicator principal în asigurarea superiorității în aer, pe uscat, pe mare, în cosmos sau în spațiul cibernetic.

Spectrul radio fiind o resursă limitată, un management deficitar, de cele mai multe ori, nu va putea satisface cerințele tuturor utilizatorilor de spectru. Exercițiile complexe, precum cele întrunite sau multinaționale, sunt cea mai bună ocazie pentru conștientizarea acestei realități și identificarea de soluții.

Un manager de spectru radio este și va fi esențial în conducerea operațiilor militare, iar pentru aceasta, sunt obligatorii folosirea unor instrumente software actualizate și o bună pregătire a resursei umane. Managerul de spectru radio trebuie să fie proactiv pentru a permite factorilor de decizie să-și mențină inițiativa și continuitatea în conducerea operațiilor militare.

NOTE:

1 <https://www.itu.int/en/ITU-R/information/Pages/emergency-bands.aspx>, accesat la 05.07.2021.

2 *** AC/322(CP/3)D(2016)0005-COR3, *NATO Joint Civil/Military Frequency Agreement (NJFA)*, 14 february 2017.

3 [NATO], ACP-190 Supplement-1 (C), *NATO Guide to spectrum management in military operations*, art. 203 (a), 2015, p. 2-3.

4 *Ibidem*, p. 2-3.

5 [Department of Defense], *Electromagnetic Spectrum Superiority Strategy*, octombrie 2020, p. 4.

6 https://www.itu.int/dms_pub/itu-r/opb/rep/R-REP-F.2416-2018-PDF-E.pdf, accesat la 16.07.2021.

7 https://www.ancom.ro/spectru-radio_2749, accesat la 16.07.2021.

8 Ing. Cristian Ungureanu, ing. Octavian-Nicolae Lupu, „Monitorizarea spectrului radio destinat radiocomunicațiilor spațiale”, *Revista comunicațiilor și informaticii* nr. 1/2021, Sibiu, p. 51.

9 LTC André Haider, *Introduction – A Comprehensive Approach to Countering Unmanned Aircraft Systems*, Joint Air Power Competence Centre, Kalkar, Germania, 2021, p. 14.

10 Marvin Hammond, *United States Military Unmanned Aerial Systems (UAS) Spectrum Management Challenges*, The MITRE Corporation, https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjcz7z2rZfyAhV-gf0HHRz_AigQFnoECAgQAw&url=https%3A%2F%2Fwww.ntia.doc.gov%2Flegacy%2Fosmhome%2Fpresentations%2Fhammond_0610.pdf&usg=AOvVaw1Y60hcV5O_zYa2urlpCyIY, accesat la 09.07.2021.

11 Dongsik KIM, *Orbit/Spectrum International Regulatory Framework Challenges in the 21st century*, septembrie 2015, <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwj4wqbY3ZryAhXovKQKHf5MD4QQFnoECAoQAw&url=https%3A%2F%2Fitso.int%2Fwp-content%2Fuploads%2F2018%2F04%2FDay-1-ITU-2-Spectrum-and-Int-Regular-toy-Framwork.pdf&usg=AOvVaw0CVaIL0OkNJYomMsb19VdO>, accesat la 15.07.2021.

12 Gl.mr.dr. Valentin Becheru, mr.dr. Benedictos Iorga, mr. Adrian Stan, cpt.ing. Laurențiu Chioseaua, lt. Valeria Lincă, *Studiu privind interconectarea operațională și tehnică a sistemelor de telecomunicații și IT ale armatei cu cele ale serviciului de telecomunicații speciale și cu cele ale operatorilor privați, în scopul creșterii viabilității și continuității în funcționare în caz de calamități naturale și în alte situații periculoase*, Editura AOSR, București, 2020, p. 68.

13 <https://www.itu.int/en/myitu/News/2020/01/24/14/40/WRC19-identifies-additional-frequency-bands-for-5G>, accesat la 05.07.2021.

14 *** *Hotărârea de Guvern nr. 429*, din 20 iunie 2019, pentru aprobarea *Strategiei 5G pentru România*, Anexă, p. 39.

15 https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwje2Z743ZzyAhXagP0HHd7rCiMQFnoECBQAw&url=https%3A%2F%2Fwww.ancom.ro%2Fuploads%2Fforms_files%2FCaiet_de_sarcini_procedura_01_07_20211625147871.pdf&usg=AOvVaw3d2FZFEGTGgkdcRmy1pFUX, accesat la 10.07.2021.

16 Norman M. Wade, *The Cyberspace Operations & Electronic Warfare SMARTbook*, The Lightning Press, Lakeland, FL, USA, 2019, p. Notes to Reader-1.

17 ATP 3-13.1, *The Conduct of Information Operations*, Headquarters, Department of the Army, Washington DC, octombrie 2018, p. 3-3.

18 <https://www.japcc.org/the-dimension-of-the-electromagnetic-spectrum/>, accesat la 15.07.2021.

BIBLIOGRAFIE

*** AC/322(CP/3)D(2016)0005-COR3, *NATO Joint Civil/Military Frequency Agreement (NJFA)*, 14 february 2017.

*** *Hotărârea de Guvern nr. 429*, din 20 iunie 2019, pentru aprobarea *Strategiei 5G pentru România*, Anexă.

ATP 3-13.1, *The Conduct of Information Operations*, Headquarters, Department of the Army, Washington DC, 4 october 2018.

[Department of Defense], *Electromagnetic Spectrum Superiority Strategy*, octombrie 2020.

[NATO], ACP-190 NATO Supplement-1 (C), *NATO Guide to Spectrum Management in Military Operations*, 2015.

Gl.mr.dr. Becheru Valentin, mr.dr. Iorga Benedictos, mr. Stan Adrian, cpt.ing. Chioseaua Laurențiu, lt. Lincă Valeria, *Studiu privind interconectarea operațională și tehnică a sistemelor de telecomunicații și IT ale armatei cu cele ale serviciului de telecomunicații speciale și cu cele ale operatorilor privați, în scopul creșterii viabilității și continuității în funcționare în caz de calamități naturale și în alte situații periculoase*, Editura AOSR, București, 2020.

LTC. Haider André, *Introduction – A Comprehensive Approach to Countering Unmanned Aircraft Systems*, Joint Air Power Competence Centre, Kalkar, Germania, 2021.

Ing. Ungureanu Cristian, ing. Lupu Octavian-Nicolae, „Monitorizarea spectrului radio destinat radiocomunicațiilor spațiale”, *Revista comunicațiilor și informaticii* nr. 1/2021, Sibiu.

Wade M. Norman, *The Cyberspace Operations & Electronic Warfare SMARTbook*, The Lightning Press, Lakeland, FL, USA, 2019.

https://www.ancom.ro/spectru-radio_2749

https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjcz7z2rZfyAhV-gf0HHRz_AigQFnoECAgQAw&url=https%3A%2F%2Fwww.ntia.doc.gov%2Flegacy%2Fosmhome%2Fpresentations%2Fhammond_0610.pdf&usg=AOvVaw1Y60hcV5O_zYa2urlpCyIY

<https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwj4wqbY3ZryAhXovKQKHf5MD4QQFnoECAoQAw&url=https%3A%2F%2Fitso.int%2Fwp-content%2Fuploads%2F2018%2F04%2FDay-1-ITU-2-Spectrum-and-Int-Regular-toy-Framwork.pdf&usg=AOvVaw0CVaIL0OkNJYomMsb19VdO>

<https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwje2Z743ZzyAhXagP0HHd7rCiMQFnoECB>



QA&url=https%3A%2F%2Fwww.ancom.ro%2Fuploads%2Fforms_files%2FCaiet_de_sarcini_procedura_01_07_20211625147871.pdf&usg=AOvVaw3d2FZFEgTGgkdcRmy1pFUX

https://www.itu.int/dms_pub/itu-r/opb/rep/R-REP-F.2416-2018-PDF-E.pdf

<https://www.itu.int/en/ITU-R/information/Pages/emergency-bands.aspx>

<https://www.itu.int/en/myitu/News/2020/01/24/14/40/WRC19-identifies-additional-frequency-bands-for-5G>

<https://www.japcc.org/the-dimension-of-the-electromagnetic-spectrum/>