

RAPORT ȘTIINȚIFIC ȘI TEHNIC AL ETAPEI I A PROIECTULUI

CONTRIBUȚII PRIVIND EVALUAREA ACURATĂ A EXPUNERII UMANE ÎN CÂMPUL APROPIAT AL DISPOZITIVELOR DE COMUNICATII WIRELESS DE ULTIMĂ GENERAȚIE (INCLUSIV 5G)

COD PN-III-P1-1.1-PD-2019-0500

Decembrie 2020

Rezumatul etapei

În această etapă s-a realizat determinarea experimentală comparativă a valorii intensității câmpului electric în proximitatea unui dispozitiv de comunicații folosind o sondă de câmp electric tradițională și un sistem de poziționare automatizat. Etapa a vizat analiza comparativă a expunerii utilizatorului la câmpuri de radiofrecvență emise de dispozitive folosind tehnologia Wi-Fi de generația a 4-a și a 5-a. Prima activitate a acestei etape a presupus documentarea, designul și dezvoltarea unui software și a unei proceduri de măsură pentru preluarea și prelucrarea automată a datelor în cadrul scenariului experimental vizat. Ce-a de-a doua etapă a presupus determinarea propriu-zisă a nivelului de expunere al utilizatorilor în diferite configurații experimentale. Procedura de măsură a vizat utilizarea capabilităților statistice de pre-procesare intrinseci ale unui analizor spectral în timp real (demonstrate prin studii anterioare). Nivelurile de câmp în aer, în proximitatea sursei emise, au fost analizate, inclusiv comparativ și a rezultat faptul că în rețelele Wi-Fi, utilizarea a doi parametri dinamici, respectiv schema de modulație și codare (MCS) și factorul de umplere, trebuie utilizați în tandem, în vederea creșterii acuratetii caracterizării câmpului emis și a expunerii. În plus, ca indicator extern, s-a introdus și densitatea de energie emisă pe bit, ca mărime fizică semnificativă în descrierea fidelă a dinamicii expunerii utilizatorului la semnalele Wi-Fi în standardele de comunicații IEEE 802.11n și 802.11ac.

Descrierea științifică și tehnică

Scopul acestei etape este de a sublinia diferențele în ceea ce privește expunerea utilizatorului la semnalele emise de dispozitivele de comunicație Wi-Fi de generație a 4-a și a 5-a. Pentru aceasta au fost alese rețelele de comunicații în standardele IEEE 802.11n respectiv 802.11ac, pentru care s-a realizat determinarea experimentală a nivelului expunerii în proximitatea unui telefon mobil - dispozitiv testat (DUT). Configurația experimentală inițială a vizat studierea expunerii utilizatorului pe baza măsurărilor efectuate la diferite nivele de recepție a semnalului emis de router (RSSI), la diferite lățimi de bandă ale canalului și la ambele direcții de trafic (upload respectiv download de date).

Pentru a spori validitatea rezultatelor experimentale, a fost proiectată și o a doua configurație experimentală, într-un mediu controlat. În această a doua analiză, accentul se pune pe modulație ca un indicator dozimetric specific, cu analiză bazată atât pe rezultate teoretice, cât și pe rezultate experimentale.

Toate măsurătorile au fost efectuate utilizând funcția densității de probabilitate a amplitudinii (APD), implementată într-un analizor de spectru în timp real (RTSA). Această capabilitate statistică de pre-procesare se dovedește a mari agilitate în surprinderea dinamicii profilurilor de expunere datorate semnalelor nestaționare și se poate dovedi un instrument esențial în cuantificarea exactă a nivelului de expunere reală al utilizatorului.

În figura 1a este prezentată configurația experimentală utilizată pentru determinarea nivelului expunerii utilizatorului în condiții reale (semnale necunoscute) iar în figura 1b este prezentată configurația experimentală folosind un semnal cunoscut (mediu controlat).

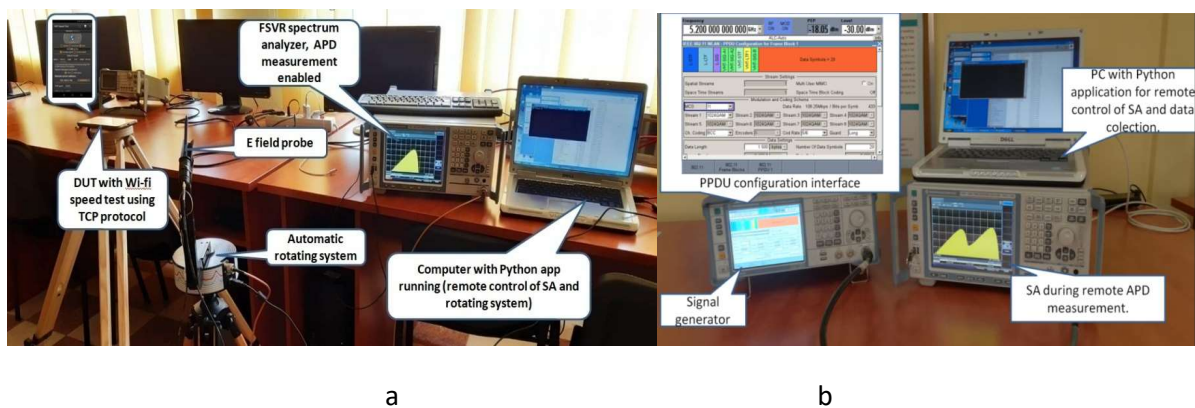


Figura 1 Configurația experimentală reală (a) și controlată (b)

Analiza rezultatelor se bazează pe următoarele patru mărimi fizice utilizate în evaluarea expunerii utilizatorului:

- Intensitatea câmpului electric total într-un punct spațial, în aer (reconstituită din măsurătorile separate ale celor trei componente spațiale ale câmpului electric);
- Intensitatea câmpului electric pe direcția dominantă de polarizare;
- Densitatea de putere incidentă a câmpului/ intensitatea undei;
- Densitatea energiei incidente a undei – conform standardului de evaluare a expunerii formulat de ICNIRP în anul 2020.

Următoarele concluzii au fost formulate pe baza rezultatelor cercetării:

- Niciuna dintre valorile măsurate sau calculate nu depășește nivelurile de referință ICNIRP pentru expunerea locală. Cu toate acestea, evaluarea a fost realizată în cazul unei rețele cu un singur utilizator Wi-Fi conectat și se așteaptă ca expunerea să crească atunci când vor fi conectate dispozitive de emisie-recepție suplimentare.
- Expunerea este mai mare în rețeaua IEEE 802.11n în comparație cu rețeaua 802.11ac. Această afirmație este susținută de o serie de argumente prezentate pe larg în lucrarea publicată în cadrul acestei etape de cercetare. Rezultatul nu are grad de generalitate mare, el fiind extras din experimentele efectuate pe un singur dispozitiv.
- Expunerea depinde de direcția de transfer a datelor. Direcția upload conduce la un nivel de expunere mai mare decât cea de download, la aceeași distanță față de sursa de radiație. În plus față de distanța de la sursa de radiație și de puterea emisă, expunerea utilizatorului depinde de calitatea semnalului primit (calitatea acoperirii Wi-Fi). Pentru upload, cu cât este mai slabă calitatea semnalului, cu atât expunerea este mai mare. Pentru download, distanța de la routerul wireless a fost un factor mai puternic de modificare a intensității câmpului măsurat, decât RSSI (MCS aplicat). Dependenta de MCS a fost vizibilă doar pentru niveluri RSSI scăzute, atunci când a fost stabilită o distanță considerabilă între routerul wireless și DUT.
- S-a constatat că viteza de transfer este invers proporțională cu intensitatea câmpului electric în proximitatea dispozitivului emitor pentru upload (DUT aflat în emisie) atât în rețelele 802.11n, cât și în cele 802.11ac. Configurația experimentală controlată a confirmat că MCS-urile de ordin inferior sunt asociate cu o expunere mai mare a utilizatorului. S-au observat diferențe în ceea ce privește energia totală a semnalului (mJ) - între diferitele scheme de modulație aplicate. Aceste diferențe au fost mai proeminente atunci când a fost utilizat indicatorul numit energie totală a semnalului pre bit transmis (mJ / bit). Pentru semnalele radiate am folosit densitatea de energie

radiată în aer pe bit pentru a evidenția diferențele în profilurile de expunere preluate din rețele Wi-Fi implementate real.

Pentru realizarea acestei etape au fost efectuate ambele activități prevăzute, și anume:

- Documentarea, designul și dezvoltarea unui software pentru preluarea și prelucrarea automată a datelor în cadrul procedurii de măsură vizate.
- Determinarea experimentală a expunerii utilizatorului folosind procedura de măsură elaborată anterior și publicarea rezultatelor obținute într-un articol indexat WOS.

Astfel considerăm că primul obiectiv al lucrării (Determinarea experimentală a expunerii utilizatorului în proximitatea a dispozitivelor care emit semnale de comunicații aparținând noilor generații de tehnologie) a fost realizat .

Rezultatele cercetării includ:

- Publicarea unui articol open access într-o revistă cotată de Clarivate Analytics, respectiv în Q1 cu F.I. 2,849

Sârbu, A.; Miclăuș, S.; Digulescu, A.; Bechet, P. Comparative Analysis of User Exposure to the Electromagnetic Radiation Emitted by the Fourth and Fifth Generations of Wi-Fi Communication Devices. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2020, *17*, 8837, DOI: 10.3390/ijerph17238837 (<https://www.mdpi.com/1660-4601/17/23/8837>)

- Un articol se găsește în prezent în proces de recenzare la o revistă indexată în Clarivate Analytics , *Progress in Electromagnetics Research Journal* – prima recenzie a fost finalizată și articolul a fost revizuit.

Simona Miclaus, Annamaria Sarbu, Paul Bechet, Using Poincare plots for feature extraction of the dynamics of electromagnetic field exposures when using different protocols of WiFi communications, under review PIER

- O comunicare la o conferință științifică națională (*AI 12-lea Workshop International de Compatibilitate Electromagnetica, Online, 3-5 noiembrie 2020*) și o participare la o masă rotundă organizată în cadrul conferinței (*5G Technology, a standard of the future - Harmful to humans and the environment?*)

<http://www.icpe-ca.ro/the-12th-international-workshop-of-electromagnetic-compatibility-cem-2020/?lang=en>

<https://www.acero.ro/Program%20CEM2020.pdf>

Director de proiect

Sârbu Annamaria

