

(12)

## CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2022 00113**

(22) Data de depozit: **07/03/2022**

(41) Data publicării cererii:  
**29/09/2023** BOPI nr. **9/2023**

(71) Solicitant:  
• **INSTITUTUL NAȚIONAL DE  
CERCETARE-DEZVOLTARE PENTRU  
FIZICA PĂMÂNTULUI - INCDFP,  
STR. CĂLUGĂRENI NR. 12, MĂGURELE,  
IF, RO**

(72) Inventatori:  
• **IONESCU CONSTANTIN,  
STR. FIZICIENILOR NR. 8, BL. 5, SC. A,  
ET. 2, AP. 9, MĂGURELE, IF, RO;**

• **GHICA DANIELA VERONICA,  
STR. MIȘCĂ PETRE, NR.9, BL.M19, SC.1,  
AP.19, SECTOR 5, BUCUREȘTI, B, RO;**  
• **TOADER VICTORIN EMILIAN,  
STR.DRUMEAGULUI, NR.42-44, SECTOR 3,  
BUCUREȘTI, B, RO;**  
• **MĂRMUREANU ALEXANDRU,  
BD. TIMIȘOARA, NR.51, BL.F7, SC.3, ET.3,  
AP.50, SECTOR 6, BUCUREȘTI, B, RO**

(54) **SISTEM DE IDENTIFICARE ȘI LOCALIZARE PRIN AER  
ȘI SOL A POZIȚIEI GURILOR DE FOC ÎN CÂMPURI  
DE TRAGERE**

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un sistem de identificare și localizare prin aer și sol a poziției unor guri de foc în câmpuri de tragere, la distanțe de până la 100 km, folosind senzori seismo-acustici. Sistemul conform invenției cuprinde: un centru (CCC) de comandă central și un sistem (SPP) de prelucrare portabil computerizat prevăzut cu un software specific, conectate între ele printr-o rețea securizată de telecomunicații prin care se asigură transmiterea continuă de la sistemul (SPP) de prelucrare portabil către centrul (CCC) de comandă central a unui pachet de informații despre sursă, distanță și direcție, în care sistemul (SPP) de prelucrare portabil mai este prevăzut și cu o interfață de comunicare cu un modul (MSSA) de senzori seismo-acustici care transmit informații continue către sistemul (SPP) de prelucrare portabil, printr-un sistem wi-fi local, securizat, în care modulul (MSSA) de senzori cuprinde: un senzor (G) seismic care are rolul de a înregistra undele care se propagă în sol, în banda de frecvențe 0.1...1000Hz, un senzor (SI) de măsurare a infrasunetelor care are rolul de a înregistra undele care se propagă prin aer și au frecvențe în banda 0.01...100Hz, un senzor (MP) acustic care are rolul de a înregistra undele care se propagă prin aer și au frecvențe cuprinse în banda 100...5000Hz, un convertor (AD) analog-digital, un procesor pentru prelucrarea de date și un modul (MC) de comunicație, precum și un acumulator.

Revendicări: 3

Figuri: 2

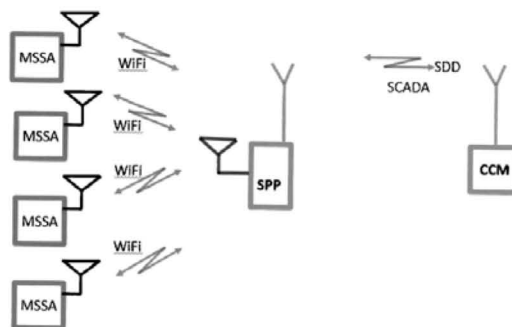


Fig. 1

Cu începere de la data publicării cererii de brevet, cererea asigură, în mod provizoriu, solicitantului, protecția conferită potrivit dispozițiilor art.32 din Legea nr.64/1991, cu excepția cazurilor în care cererea de brevet de invenție a fost respinsă, retrasă sau considerată ca fiind retrasă. Întinderea protecției conferite de cererea de brevet de invenție este determinată de revendicările conținute în cererea publicată în conformitate cu art.23 alin.(1) - (3).



OFICIUL DE STAT PENTRU INVENȚII ȘI MĂRCI	
Cerere de brevet de invenție	
Nr. ....	a 2022 cu 113
Data depozit ....	07-03-2022

33

## SISTEM DE IDENTIFICARE ȘI LOCALIZARE PRIN AER ȘI SOL A POZIȚIEI GURILOR DE FOC ÎN CÂMPURI DE TRAGERE

### DESCRIEREA INVENȚIEI

Invenția se referă la un sistem complex de identificare și localizare prin aer și sol a poziției gurilor de foc în câmpuri de tragere la distanțe de până la 100 km, folosind senzori seismo-acustici.

Sistemele de detectare a surselor generatoare a sunetelor de joasă frecvență sau înaltă frecvență, sunt folosite în diverse aplicații civile sau militare. Astfel, detectarea sunetelor de tip infrasunet, a fost și este utilizată pe scară largă pentru monitorizarea globală a experimentelor nucleare, în cadrul respectării Tratatului de interzicere a testelor nucleare - CTBT "Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty" - sau pentru detectarea erupțiilor vulcanilor activi, avalanșelor, meteoriților, precum și a altor evenimente provocate de om [1]. Extrapolând, la surse artificiale pot fi incluse și exploziile chimice accidentale, exploziile de carieră, lansarea sateliților și a navelor spațiale, decolarea avioanelor, barajele hidroelectrice și altele [2]. Pentru domeniul militar, sunt importante infrasunetele generate de tehnica militară, pe de o parte la rulaj, pe de altă parte la trageri. Ele reprezintă o sursă de deconspirație, ce poate fi valorificată doar dacă se cunoaște bine spectrul acustic al fiecăreia, pentru a reuși să se facă o distincție clară dintr-o multitudine de surse posibile. Din acest motiv, trebuie achiziționate seturi de date pentru posibilele surse, caracterizate de frecvență (Hz), amplitudinea maximă observată (Pa) și distanța maximă estimată pentru detecție (km). Totodată, odată identificat un eveniment, semnalul trebuie procesat pentru a evalua viteza de propagare și back azimutul.

În faza de dezvoltare a unui sistem, este recomandat ca seturile de date să conțină spectrul semnalului, atât la sursa care îl generează, cât și la distanța estimată pentru identificare. În acest fel, se poate evalua și modul de deformare, în timp și spațiu, a formei semnalului înregistrat. Un exemplu este prezentat în *Bayesian characterization of explosive sources using infrasonic signals*, unde forma inițială se transformă semnificativ, la distanțe de peste 150 km [3].

În acest caz, prin aplicarea metodei de inferență statistică bayesiene, se estimează forma semnalului generat de sursă, iar ulterior se calculează distanța până la sursă.

Monitorizarea la distanță a exploziilor și a gurilor de foc, este o activitate avută în vedere odată cu apariția acestor evenimente și mijloace de luptă. Metodele de supraveghere au evoluat

odată cu tehnologia, plecând de la abilitățile cercetașului bazate pe propriul auz și văz și ajungând până la aportul dat de sistemele optice și optoelectronice, de sistemele radar, de sistemele de supraveghere aeriană și de sistemele bazate pe tehnologii infrasonice sau seismice.

Ideea detectării locației pieselor de artilerie pe baza sunetelor, a fost generată de profesorul de astronomie Charles Nordmann, la începutul primului război mondial, în 1914.

Principalul parametru pe care se bazează determinarea locației infrasonice pentru gurile de foc și evenimente naturale, este diferența de timp la care se înregistrează evenimentul urmărit la mai mulți senzori, eveniment care generează diferențele de timp la momentele înregistrării la fiecare sensor, în momentul sosirii primei unde. Semnalele acustice pot fi detectate eficient cu rețelele de monitorizare a infrasunetelor de tip array; o astfel de rețea reprezintă o grupare locală de senzori infrasonici, cu timp comun de referință/înregistrare și tip uniform de instrumentație.

Configurația geometrică a array-ului constrânge capacitatea sa de detecție; apertura limitată reduce capacitatea de a distinge undele propagate; spațierea distinctă și variabilă a senzorilor introduce efectul de aliasing spațial, respectiv de eșantionare insuficientă a datelor în spațiu, conducând la o reprezentare ambiguă a înregistrărilor. Datele înregistrate cu un array, pot fi asimilate cu rezultatul unui filtru de bandă spațio-temporal (*Johnson și Dudgeon, 1993*). Banda de filtrare este definită de valorile minime și maxime ale numerelor de undă „rezolvabile” (care se pot distinge de către array). Aceste valori sunt constânse de configurația geometrică a array-ului (*Wang, 2002*).

Sistemul este format din: (i) *patru module care conțin senzori seismo-acustici, dispuși într-o configurație predefinită*, (ii) *Sistem portabil de prelucrare a datelor (localizat într-un rucsac) și* (iii) *centru de comandă central*. După ce sunt instalate cele patru module de senzori, aceștia funcționează continuu, iar când este identificat un eveniment, sistemul de calcul, parte a sistemului portabil de prelucrare a datelor, identifică distanța la care se află sursa generatoare de semnal, direcția și caracteristici despre semnal, comunicând informația centrului de comandă central, iar acesta o folosește conform operațiunilor specifice.

Modulul senzori seismo-acustici conține: *senzor seismic de tip geofon; senzor de infrasunete; microfon de presiune; o placă electronică de tip conversie semnal analog / digital, procesor de prelucrare date, un modem radio, GPS și un acumulator*. Sistemul portabil de prelucrare a datelor este localizat într-un rucsac, *are o placă inteligentă tip computer pe care*

rulează un software specific, modem radio, GPS, acumulatori. Centrul de comandă central este format dintr-un calculator și mijloacele radio de recepție și emisie.

Comunicațiile dintre modulul cu senzori / sistemul de prelucrare portabil / centrul de comandă central se realizează prin wi-fi securizat sau cablu Ethernet, dacă situația o permite, și rețele 4G-GSM (rețelele de telefonie mobilă) sau sisteme SCADA, via satelit. Sistemul este vulnerabil în ceea ce privește siguranța comunicațiilor la distanțe mari, întrucât în cazul unui conflict, apar bruiaje sau supraaglomerări, frecvent apar și întreruperi în alimentare cu energie electrică, ce afectează sistemele de comunicații terestre.

**Problema tehnică pe care o rezolvă invenția, constă în identificarea locației de unde se execută trageri cu muniție grea (artilerie, tancuri, etc), transmiterea acesteia către un centru central de comandă, care transmite comenzi specifice de anihilare a gurii de foc, contribuind astfel la reducerea numărului de victime.**

**Sistemul de identificare și localizare prin aer și sol a poziției gurilor de foc în câmpuri de tragere, conform invenției, înlătură toate dezavantajele altor sisteme, datorită faptului că are în componență nu numai senzori de infrasunete, ci și senzori seimici și microfoane de presiune, având drept scop acoperirea unui spectru larg de frecvențe și creșterea sensibilității în detecție, reprezentând un avantaj pentru algoritmul de analiză și decizie.**

Avantajul utilizării senzorilor seismo-acustici, este acela ca pot fi utilizați ca sisteme independente, care pot fi cuplate cu alte tehnologii. Aceștia pot asigura:

- detecție dincolo de linia orizontului (Non-Light-Of-Sight – NLOS);
- detecție în condiții de vizibilitate redusă (ceață, ploaie, întuneric, ploaie torențială), când senzorii optoelectronici nu pot fi utilizați la capacitate maximă;
- sistem de tip pasiv (ușor de mascat, consum mic de putere);
- acoperire de 360°;
- manipulare ușoară, de către un singur operator (până la 2 minute);
- instruire ușoară în vederea operării;
- autonomie mare (până la 48 h în stare activă);
- întreținere și mentenanță la nivel de grupă de luptă;
- fără riscuri de securitate și sănătate în muncă;
- posibilitatea extinderii tehnologiei pentru alte aplicații;
- alertare și semnalizare la depășirea unui prag de amplitudine stabilită;

- complementaritate pentru localizarea țintelor.

Dezavantajele senzorilor seismo-acustici pentru utilizarea lor ca mijloace de detecție, sunt:

- performanțele sunt dependente de mediul înconjurător. Pentru senzorii acustici, pe distanțe lungi, apar modificări ale factorilor climatici, în timp ce pe altitudine influențează mult reducerea temperaturii. Vântul este un alt factor, ce provoacă zgomot adițional de joasă frecvență.
- viteza sunetului prin aer este mică, de (340 m/s), ceea ce conduce la întârzieri semnificative la distanțe mari. Undele seismice se propagă cu viteze de 2 -4 km/s, variabile în funcție de consistența solului.

Prezentăm în continuare un exemplu de realizare a invenției (figura 1), care reprezintă schița de principiu a sistemului de identificare și localizare prin aer și sol a poziției gurilor de foc în câmpuri de tragere.

Sistemul de identificare și localizare prin aer și sol a poziției gurilor de foc în câmpuri de tragere, în conformitate cu figura 1, constă în: **Centru de Comandă Central (CCC)** și **Sistemul de Prelucare Portabil (SPP)** computerizat, conectate între ele printr-o rețea securizată de telecomunicații special, prin care se asigură transmiterea continuă de la SPP spre CCC a pachetului de informații **SDD (Sursă, Distanță, Direcție)**, date achiziționate la SPP privind informații despre sursă, distanță și direcție. Sistemul de prelucrare portabil SPP, este prevăzut cu interfață pentru comunicare cu **Modulul de Senzori Seismo-Acustici (MSSA)**, care transmit informații în mod continuu către SPP, printr-un sistem wi-fi local, securizat. Totodată, este asigurată și comunicarea dintre SPP și CCC, via sistem de comunicație securizat. Toate elementele sunt prevăzute cu sistem autonom de alimentare electrică, tip acumulator. În cazul identificării unei guri de foc, CCC comunică informațiile către sistemele defensive, care acționează conform comenzilor și procedurilor utilizate în asemenea situații.

Modulul senzori seismo-acustici **MSSA**, prezentat în figura 2, are în componență următoarele elemente: sensor seismic - **Geofon (G)**, sensor de măsurare a **infrasunetelor (SI)**, sensor acustic **microfon presiune (MP)**, **convertor analog digital (AD)** al cărui timp trebuie sincronizat printr-o antenă GPS și un **modul de comunicație (MC)**. Fiecare sensor din configurația propusă, are următorul rol:

- sensorul seismic – **Geofon (G)**, are rolul de înregistrare a undelor care se propagă prin sol, banda de frecvențe 0.1-1000 Hz;

- senzorul de măsurare a **infrasunetelor (SI)**, are rolul de înregistrare a undelor care se propagă prin aer și au frecvențe cuprinse banda 0,01-100 Hz;
- senzor acustic **microfon presiune (MP)**, are rolul de înregistrare a undelor care se propagă prin aer și au frecvențe cuprinse banda 100-5000 Hz;

O altă problemă pe care o rezolvă invenția prezentată, este rapiditatea instalării, portabilitatea acestuia și manevrabilitatea ușoară (o singură persoană), asigură o fiabilitate ridicată a sistemului, fiabilitate ce se traduce în final într-o perioadă mai mare de funcționare, fără întreruperi, cât și problema detectării semnalelor care conțin un spectru larg de frecvențe.

- Instalarea rapidă și manevrabilitatea ușoară se referă la faptul că o singură persoană poate instala și pune în funcțiune sistemul, într-un timp scurt;
- Funcționarea fără întreruperi, se referă la faptul că sistemul poate funcționa perioade lungi de timp, în funcție de capacitatea bateriei care alimentează din punct de vedere electric, sistemul;
- Fiabilitatea s-a realizat prin faptul că sistemul are puține elemente în mișcare sau expuse atacurilor adverse, iar piesa principală, **MSSA**, este instalată într-o cutie cu dimensiuni reduse.

## BIBLIOGRAFIE

1. Decizia (PESC) 2018/298 a Consiliului din 26 februarie 2018 privind susținerea de către Uniunea Europeană a activităților Comisiei Pregătitoare a Organizației Tratatului de Interzicere Totală a Experiențelor Nucleare (CTBTO) în vederea consolidării capacităților acesteia de monitorizare și verificare și în cadrul punerii în aplicare a Strategiei UE împotriva proliferării armelor de distrugere în masă;
2. Iulian Stancu, *Identificarea surselor naturale de infrasunete cu ajutorul rețelei seismo-acustică de la Ploștina*.
3. Philip Stephen Blom, Fransiska Kate Dannemann, Omar Eduardo Marcillo, *Bayesian characterization of explosive sources using infrasonic signals*, Geophysical Journal International, 2019, DOI 0.1093/gji/ggy258;
4. E.F. Young, D.C. Bowman, J.M. Lees, V. Klein, S.J. Arrowsmith and C. Ballard, *Explosion-generated infrasound recorded on ground and airborne microbarometers at regional*

- distances*, Sandia National Laboratories, U.S. Department of Energy's National Nuclear Security Administration under contract DE-NA0003525;
5. Steven J. Gibbons, *Report on remote infrasonic location accuracy for Ground Truth Events*, ARISE2 D5.6. Remote Infrasonic Event Location for Ground Truth Events, Grant Agreement N° 653980, 2017;
  6. M. H. McKenna, R.G. Gibson, B.E. Walker, J. McKenna, N.W. Winslow and A.S. Kofford (2012), *Topographic effects on infrasound propagation*, Journal of the Acoustical Society of America 131:35-46;
  7. C. Stubbs, M. Brenne, L. Bildsten, P. Dimotakis, S. Flatte, J. Goodman, B. Hearing, C. Max, R. Schwitters and J. Tonry (2005), "Tactical Infrasound." The MITRE Corporation, JASON group, Technical Report JSR-03-520. McLean, Virginia;
  8. J. Wang, (2002), *A scheme for initial beam deployment for the International Monitoring System arrays*, PAGEOPH, 159, 1005-1020.

## REVENDICĂRI

1. Sistem complex de identificare și localizare prin aer și sol a poziției gurilor de foc în câmpuri de tragere, **caracterizat prin aceea** că se compune din 4 module de senzori seismo-acustici **MSSA**, instalați în diferite configurații (distanța între modulele **MSSA** și amplasarea acestora).
2. Sistem complex de identificare și localizare prin aer și sol a poziției gurilor de foc în câmpuri de tragere, **caracterizat prin aceea** că modulul **MSSA** este echipat cu cel puțin 3 senzori seismo-acustici, cu răspuns în benzile de frecvențe, așa cum s-a specificat în descrierea invenției:
  - sensorul seismic – **Geofon (G)**, are rolul de înregistrare a undelor care se propagă prin sol, banda de răspuns în frecvențe 0.1-1000 Hz, frecvența naturală~10Hz;
  - senzorul de măsurare a **infrasunetelor (SI)**, are rolul de înregistrare a undelor care se propagă prin aer și au frecvențe cuprinse banda 0,01-100 Hz;
  - senzor acustic **microfon presiune (MP)**, are rolul de înregistrare a undelor care se propagă prin aer și au frecvențe cuprinse banda 100-5000 Hz.
3. Sistem complex de identificare și localizare prin aer și sol a poziției gurilor de foc în câmpuri de tragere, **caracterizat prin aceea** că include în sistemul de analiză o stație meteorologică, care trebuie să furnizeze informații atât despre direcția și viteza vântului, cât și despre temperatura atmosferică.



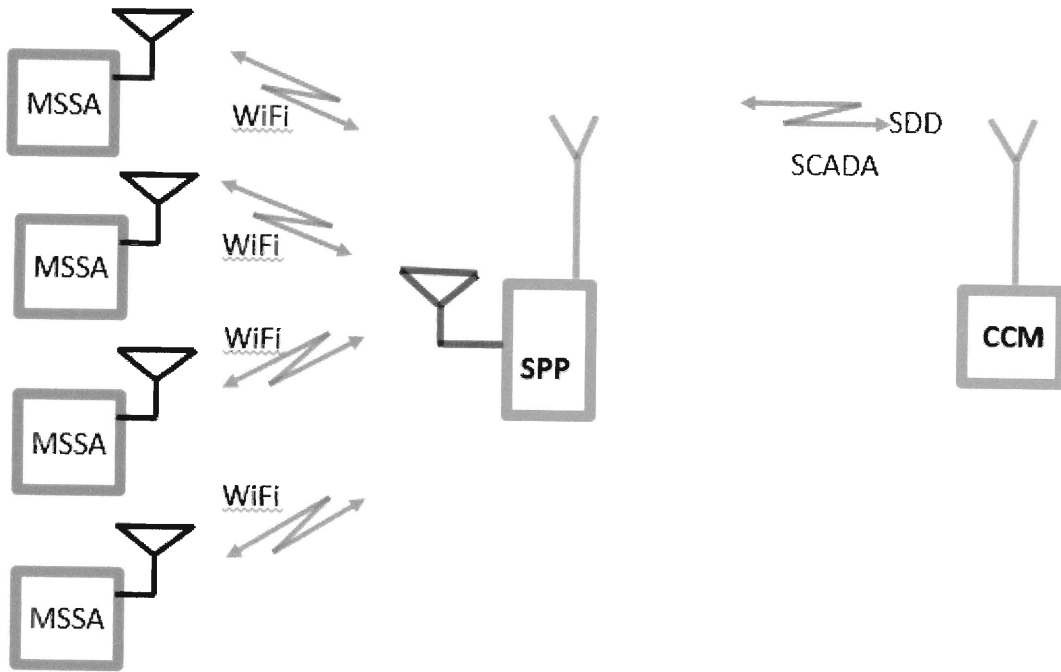


Figura 1

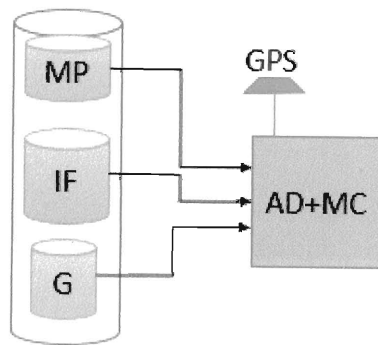


Figura 2