

(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2023 00270

(22) Data de depozit: 29/05/2023

(41) Data publicării cererii:  
30/10/2023 BOPI nr. 10/2023

(71) Solicitant:  
• INSTITUTUL NAȚIONAL DE CERCETARE  
DEZVOLTARE PENTRU TEHNOLOGII  
IZOTOPICE ȘI MOLECULARE INCDTIM,  
STR.DONAT, NR.67-103, POB 700,  
CLUJ-NAPOCA, CJ, RO

(72) Inventatori:  
• SURDUCAN EMANOIL,  
STR.GHEORGHE DIMA NR.10, AP.19,  
CLUJ-NAPOCA, CJ, RO;  
• PUȘCHIȚĂ EMANUEL-DUMITRU,  
STR.NIRAJULUI, NR.3, BL.P2, SC.II, AP.11,  
CLUJ-NAPOCA, CJ, RO;  
• SURDUCAN VASILE, STR. NUCULUI  
NR.8, CLUJ-NAPOCA, CJ, RO;

• KIREI BOTOND SANDOR,  
STR.MAGNOLIEI, NR.1, SC.A, BL.1, AP.7,  
BACIU, CJ, RO;  
• GERGELY ȘTEFAN, STR. RAPSODIEI,  
NR.10, AP.1, CLUJ-NAPOCA, CJ, RO;  
• BELEAN BOGDAN, STR.VIILOR, NR.29,  
AP.49, CLUJ-NAPOCA, CJ, RO;  
• KOVACS GERKO, STR.PRINCIPALĂ,  
NR.313, IZVORU CRIȘULUI, CJ, RO;  
• OPREA ALEXANDRU DANIEL,  
STR.NUFERILOR, NR.15, BL.K2, SC.B,  
AP.38, TURDA, CJ, RO;  
• NELEGA RALUCA,  
STR. MIHAI EMINESCU, BL.C1, SC.3,  
AP.31, DEVA, HD, RO;  
• TURCU ROMULUS VALERIU FLAVIU,  
STR.N. TITULESCU, NR.38,  
CLUJ-NAPOCA, CJ, RO

(54) SISTEM INTELIGENT DE ARIE DE ANTENE VIRTUALE

(57) Rezumat:

Invenția se referă la o metodă și la un dispozitiv pentru realizarea unui sistem inteligent de antene virtuale. Metoda, conform invenției, cuprinde deplasarea controlată într-un volum 3D a unei antene reale, poziționarea acesteia în locații active și se bazează pe utilizarea unui dispozitiv ce funcționează pe baza unei aplicații dedicate, aria de antene virtuale astfel obținută având atributele unei arii de antene reale, în care dispozitivul menționat are o primă funcție de comandă și control al ariei de antene virtuale și o funcție de analiză, caracterizare și control al semnalelor de radiofrecvență RF recepționate și transmise.

Revendicări: 12  
Figuri: 5

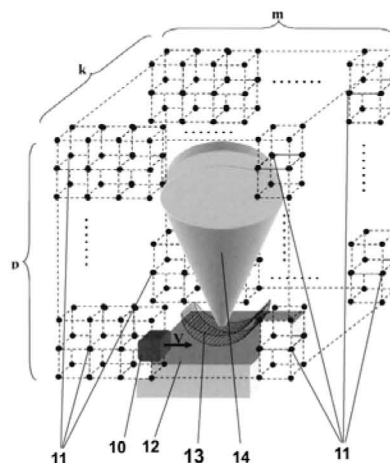


Fig. 5

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 223 00270
Data depozit .....	29-05-2023

54

## SISTEM INTELIGENT DE ARIE DE ANTENE VIRTUALE

Invenția se referă la o metodă și un dispozitiv pentru realizarea unui sistem inteligent de arie de antene virtuale. Metoda prezentată se referă la realizarea unei arii de antene virtuale și este bazată pe utilizarea unui dispozitiv ce funcționează pe baza unei aplicații dedicate. Aria virtuală de antene astfel realizată are atributele unei arii reale de antene. Dispozitivul care stă la baza ariei virtuale de antene are două funcții distincte, una de comandă și control a ariei de antene virtuale și alta de analiză, caracterizare și/sau control a semnalelor de radiofrecvență (RF) recepționate sau transmise.

Acest sistem inteligent de arie de antene virtuale se poate utiliza în diverse scenarii, precum: (i) la indentificarea inteligentă a distribuției densității de putere a câmpului de radiofrecvență dintr-un volum al mediului ambiant permițând realizarea unor hărți de densitate de putere RF; (ii) deasemenea în caracterizarea unor antene staționare de dimensiuni mari fără necesitatea unei camere anechoice; (iii) caracterizarea unor surse de radiofrecvență staționare sau mobile, în formarea unui lob de radiație pe o direcție dorită sau în îmbunătățirea calității unei legături radio cu o sursă RF fixă sau mobilă fiind în acest caz un punct relevant în legătura radio. Utilizarea sistemului nu este limitată la scenariile menționate mai sus

Caracterizarea radiației de radiofrecvență (RF), invizibilă pentru ochiul uman, este subiectul unei preocupări continue, diversificată și adaptată progresului tehnic.

Ariile de antene sunt compuse dintr-o matrice de  $m \times p$  antene unde  $m$  și  $p$  sunt limitate doar de posibilitățile tehnice de realizare a ariei. În urma măsurătorilor efectuate de antenele din arie se obține o matrice momentană  $m \times p$  cu informații vectoriale de amplitudine ale unui câmp RF ambiant de frecvență  $F$ . Principalul avantaj al unei arii de antene este acela că prin controlul fazei semnalului la fiecare antenă se poate controla direcția lobului de directivitate al întreg ansamblului ariei de antene și astfel printr-un control electronic de fază poate fi realizată o baleiere a spațiului, pentru urmărirea unor surse de RF, prin controlul poziției lobului de directivitate cum este prezentat în US11581657. Unele aplicații (US11245205) folosesc un sistem mobil de arie de antene ce poate fi localizat prin GPS, mobilitate utilizată pentru a crește diversitatea posibilităților de localizare ale unor surse de RF necunoscute. Ariile de antene sunt utilizate și pentru gestionarea autonomiei unor roboți (US2023061077) asigurând comunicația

între părți componente ale robotului sau între robot și elemente externe lui. O arie de antene mai poate fi utilizată și fără construcția electronică a unui lob de directivitate, atunci când este utilizată pentru realizarea unei hărți locale a distribuției de câmp RF (**RO135000**).

Toate soluțiile tehnice amintite mai sus și toate soluțiile tehnice din literatura de specialitate considerate folosesc arii de antene compuse din antene reale specifice, în general directive, distribuite pe o suprafață, considerând constrângeri constructive referitoare la distanța între antene, corelată cu lungimea de undă și frecvența de operare, ceea ce impune limitări constructive pentru domeniul de frecvențe de utilizare. Aceste arii de antene, soluții tehnice din literatura de specialitate, au un caracter real prin modul de realizare, utilizând  $m \times p$  antene distribuite pe direcțiile OX, OY ale unei suprafețe plane.

Invenția propusă se referă la o metodă și un dispozitiv pentru realizarea unui sistem inteligent de arie de antene virtuale.

Metoda se referă la realizarea unei arii de antene virtuale obținută prin deplasarea controlată într-un volum (3D) a unei antene reale.

Dispozitivul pe care se bazează realizarea sistemului inteligent de arie de antene virtuale este un sistem mobil inteligent de comandă și control care transportă o antenă reală și o poziționează într-un punct de coordonate  $(x_i, y_i, z_i)$  prestabilit denumit locație activă, la un moment de timp  $t_i$  în care se efectuează o măsurătoare RF. Fiecare locație activă prin care antena reală a trecut la momente de timp  $t_i$ , prin deplasarea cu viteza vectorială  $\mathbf{V}$  (cu componente  $V_x, V_y, V_z$ ) a sistemului mobil, reprezintă o antenă virtuală în raport cu locația activă momentană a antenei reale, considerată la momentul  $t_0$ . Pentru un interval de timp  $\Delta t$ , aceste antene virtuale definesc o arie de antene virtuale caracterizate de o matrice de măsură  $m \times p \times k$  cu informații vectoriale de amplitudine ale unui câmp RF ambiant, asociate și corelate cu momente de timp  $t_i$  și cu coordonate de poziție  $(x_i, y_i, z_i)$ . Aceste informații sunt stocate în memoria dispozitivului și pot fi utilizate pentru o post-procesare matematică ulterioară momentelor de măsură.

Acest dispozitiv conține și un sistem de recepție-emisie utilizat pentru analiză, caracterizare și control al semnalelor de radiofrecvență (RF) recepționate sau transmise.

Funcția de comandă și control de poziție ale ariei de antene virtuale și cea de analiză, caracterizare și control a semnalelor de radiofrecvență (RF) se bazează pe o aplicație software integrată la nivelul dispozitivului.

Ansamblul astfel realizat este un “Sistem inteligent de arie de antene virtuale”.

În concluzie, principalele elemente de noutate propuse de această invenție, în raport cu stadiul cunoscut al tehnicii, sunt următoarele:

- O metodă privind realizarea unei arii de antene virtuale obținută prin deplasarea controlată într-un volum (3D) a unei antene reale, bazată pe sistem mobil inteligent de comandă și control care transportă antena reală și o poziționează într-un punct de coordonate  $(x_i, y_i, z_i)$  prestabilit, la un moment de timp  $t_i$  în care se efectuează o măsurătoare RF, denumit punct sau locație activă. Fiecare locație activă prin care antena reală a trecut la momentele de timp  $t_i$  prin deplasarea cu viteza vectorială  $\mathbf{V}$  a sistemului mobil, reprezintă o antenă virtuală în raport cu locația activă la momentul prezent  $t_0$ . Pentru un interval de timp  $\Delta t$  aceste antene virtuale definesc o arie de antene virtuale caracterizate de o matrice  $\mathbf{m} \times \mathbf{p} \times \mathbf{k}$  cu informații vectoriale de amplitudine ale unui câmp RF ambiant, asociate și corelate cu momente de timp  $t_i$  și cu coordonate de poziție  $(x_i, y_i, z_i)$ . Distanța între locațiile active trebuie să fie mai mare decât lungimea de undă la frecvența de operare/utilizare, iar timpul între două locații depinde de distanța și viteza de deplasare a antenei reale.
- Un dispozitiv al sistemului inteligent de arie de antene virtuale compus dintr-un sistem mobil inteligent de comandă și control care transportă o antenă reală și o poziționează în puncte active de coordonate  $(x_i, y_i, z_i)$  la momente  $t_i$  în care efectuează o măsurătoare și o stochează într-o memorie, un sistem de recepție-emisie conectat la antena reală utilizat pentru măsură, analiză, caracterizare și control ale semnalelor de radiofrecvență (RF) recepționate sau transmise și o aplicație software integrată în dispozitiv;
- Aria virtuală de antene astfel realizată îndeplinește funcțiile unei arii reale de antene cu control de fază;
- Aria virtuală de antene astfel realizată are avantajul că are toate caracteristicile antenei reale care a determinat aria virtuală de antene în ce privește câștigul și domeniul de frecvență;
- Aria virtuală de antene astfel realizată permite determinarea rapidă a hărții de densitate de putere RF într-un volum (3D) al mediului ambiant;

- Aria virtuală de antene astfel realizată permite caracterizarea rapidă, în teren, fără necesitatea unei camere anecoice a unei antene de RF montate în poziția finală de utilizare, în sensul determinării câștigului, directivității și a diagramei de radiație;
- Aria virtuală de antene astfel realizată permite optimizarea legăturii recepție - emisie și creșterea calității legăturii de comunicație radio cu o sursă RF fixă sau mobilă fiind astfel punct releu de retranslație în comunicație;
- Aria virtuală de antene astfel realizată se poate conecta radio și poate comunica cu una sau mai multe arii virtuale de antene, în sensul acestui brevet, realizând astfel o rețea de arii de antene virtuale;
- Aria virtuală de antene realizată astfel încât sistemul mobil inteligent de comandă și control transportă mai multe sisteme de recepție-emisie conectate fiecare la o antenă reală.
- Aria virtuală de antene este capabil de a identifica direcția și/sau distanța oricărui număr de surse de radiații electromagnetice fixe sau mobile într-un domeniu de frecvență de operare/utilizare tipic pentru aplicații de radiofrecvență.
- Identificarea direcțiilor și/sau distanțelor surselor de radiații electromagnetice se face tipic în timp real, dar nu numai
- Aria virtuală de antene are proprietatea de directivitate / selectivitate în spațiu, adică se pot selecta în mod configurabil/controlabil/programabil una sau mai multe direcții în care radiația electromagnetică are intensitate/putere mai ridicată față de alte direcții
- 

Comparativ cu soluțiile din stadiul tehnicii analizat, prezenta invenție propune o arie de antene virtuale obținută prin deplasarea controlată într-un volum (3D) a unei antene reale care poate fi de orice tip, omnidirecțională sau direcțională, tipic de banda îngustă sau de bandă largă în frecvențe, dar și de alte benzi. Fiecare poziție diferită de poziția curentă în care antena reală a fost activă reprezintă o antenă virtuală la momente de timp diferite în raport cu locațiile active prin care antena reală a trecut. În urma măsurărilor efectuate de antena reală se obține o matrice de măsură de dimensiune  $\mathbf{m} \times \mathbf{p} \times \mathbf{k}$  cu informații vectoriale de amplitudine ale unui câmp RF ambiant distribuite într-un interval de timp, care depinde de viteza de deplasare  $\mathbf{V}$  a antenei reale. Diferența față de ariile reale de antene, analizate în stadiul tehnicii, constă în obținerea matricei de măsură  $\mathbf{m} \times \mathbf{p} \times \mathbf{k}$  într-un interval de timp  $\Delta t$ . Alegând convenabil coordonatele de deplasare a

antenei reale se poate obține o arie de antene virtuale pe o suprafață de o orientare configurabilă/controlabilă/programabilă. Astfel orientarea ariei de antene virtuale este variabilă. Toate soluțiile prezentate în stadiul tehnicii folosesc arii reale de antene: în **US11581657** se folosesc mai multe arii de antene pentru construcția unui lob directiv cu unghi de baleiere controlat diversificat, în **US11245205** se folosește un sistem mobil de arii multiple de antene reale care să acopere un domeniu larg de frecvențe, montate pe un singur suport ce poate deplasa și poate fi localizat prin GPS - prin caracteristica de mobilitate, este cel mai apropiat de soluția propusă de noi. Aplicația descrisă în **US2023061077** folosește arii de antene reale montate pe un robot ce sunt utilizate și pentru gestionarea autonomiei lui, asigurând comunicația între părțile componente sau între robot și elemente externe lui. Aplicația descrisă în **RO135000** folosește o arie de antene reale pentru vizualizarea unei hărți de densitate de putere în proximitatea unor antene sau generatoare de RF.

Față de toate aceste aplicații diferențele constructive aduse de prezenta invenție sunt majore: este nevoie de o singură antenă reală, aria virtuală nu depinde de constrângeri constructive ci numai de viteza de deplasare a antenei reale și de decizia momentului de măsură corelată cu viteza de deplasare. Ca urmare se pot obține suprafețe de arii de antene virtuale cu orice orientare într-un volum (3D) limitat doar de autonomia dispozitivului mobil ce transportă antena reală. În cazul unei arii reale de antene controlul fazei se face prin intermediul unor defazori programabili ce reduc cu cel puțin 3dB (jumătate) semnalul recepționat la care se adaugă pierderile prin conexiunile fizice între antene. Aria virtuală de antene nu are conexiuni între antenele componente ceea ce îmbunătățește considerabil câștigul în semnalul recepționat și lărgeste domeniul de frecvență, elemente care acum sunt corelate doar cu câștigul și banda de frecvență a antenei reale utilizate. Defazajul între antenele virtuale depinde doar de viteza de deplasare a antenei reale și de decizia de măsură (momentele de timp față de o referință de timp) luată prin aplicația software de comandă. Dispozitivul prelucrează integral semnalele RF și le stochează într-o memorie locală sau într-o memorie externă (cloud) prin comunicație fără fir (wireless).

Figura 1 prezintă descrierea sistemului de **m<sub>x</sub>p<sub>x</sub>k** antene virtuale și cum este definită o arie de antene virtuale **m<sub>x</sub>p**

Figura 2 prezintă schema bloc a dispozitivului sistemului inteligent de arie de antene virtuale

Figura 3 prezintă o arie de patru antene pentru analiza directivității

Figura 4 prezintă un grafic în care este reprezentată distanța unei conexiuni RF LINK (în kilometri) în funcție de înălțimea la care ajunge o antenă virtuală (în metri) pentru două scenarii clasice de obturare a spațiului între capetele conexiunii LINK, respectiv *HATA-Suburban* și *HATA-Open*.

Figura 5 prezintă configurația principală pentru o versiune de utilizare a sistemului inteligent de arie de antene virtuale pentru caracterizarea unei antene montată la sol

Invenția se referă la o **metodă** și un **dispozitiv** pentru realizarea unui sistem inteligent de arie de antene virtuale.

**Metoda** se referă la realizarea unei arii de antene virtuale obținută prin deplasarea controlată într-un volum 3D a unei antene reale (1) (FIGURA 1). Antena reală (1) poate fi de orice tip, omnidirecțională sau direcțională, tipic de bandă îngustă sau bandă largă în frecvențe, dar și de alte benzi. Deplasarea antenei reale (1) se realizează (FIGURA 2) cu un sistem mobil (4) inteligent de comandă și control care transportă antena (1) și o poziționează într-un punct de coordonate  $(x_i, y_i, z_i)$  prestabilit, la un moment de timp  $t_i$  în care se efectuează o măsurătoare RF, denumit *locație activă* (11). Fiecare locație activă (11) prin care antena reală (1) a trecut la momente de timp  $t_i$ , prin deplasarea cu viteza  $V$  a sistemului mobil, reprezintă o antenă virtuală (2) în raport cu locația activă momentană a antenei reale (1), considerată la momentul  $t_0$ . Pentru un interval de timp de măsură  $\Delta t_a$ , aceste antene virtuale (2) definesc o arie de antene virtuale (19) caracterizate de o matrice de măsură  $m \times p \times k$  cu informații vectoriale de amplitudine ale unui câmp electromagnetic RF ambiant, asociate și corelate cu momente de timp în care se efectuează o măsurătoare  $t_i$  și cu coordonate de poziție  $(x_i, y_i, z_i)$ . Pentru un interval de măsură  $\Delta t > \Delta t_a$ , corelat cu decizia de măsură, se poate obține o matrice tridimensională  $m \times p \times k$  (FIGURA 1) compusă din  $k$  arii de antene virtuale (19). Notațiile  $m$ ,  $p$ ,  $k$  reprezintă numărul de locații active (11) pe direcțiile date de axele de coordonate OX, OY, OZ, produsul lor reprezentând numărul total de locații active (11) considerate. Măsurătorile efectuate în locațiile active pot fi stocate într-o memorie locală (7a) sau transmise într-o bază de date exterioară.

Pentru această analiză vom considera situația pentru care se obține o arie de antene  $m \times p$  ( $k=1$ ) plană cu coordonata  $z_i$  fixă,  $z_i = z_0$ . Astfel, în urma măsurătorilor efectuate de antena reală (1) se obține o matrice de măsură de dimensiune  $m \times p$  cu informații vectoriale de amplitudine ale unui câmp RF ambiant distribuite într-un interval de timp, care depinde de viteza de deplasare  $V$

a antenei reale (1). Diferența față de ariile reale de antene (din literatura tehnică) constă în obținerea matricei de măsură  $m \times p$  într-un interval de timp  $\Delta t_a$ , respectiv în posibilitatea de stocare în memorie și post-procesare a măsurătorilor, iar diferențele constructive sunt majore: este nevoie de o singură antenă (1), aria virtuală (19) nu depinde de constrângeri constructive ci numai de viteza de deplasare  $V$  a antenei reale (1) și de decizia momentului de măsură  $t_i$  corelată cu viteza de deplasare  $V$ . Ca urmare se pot obține suprafețe de arii de antene virtuale (19) cu orice orientare într-un volum 3D limitat doar de autonomia dispozitivului mobil (4) ce transportă antena reală (1). Aria virtuală de antene (2) nu are conexiuni între antenele componente ceea ce îmbunătățește considerabil câștigul în semnalul recepționat și lărgeste domeniul de frecvență care acum este corelate doar cu câștigul și banda de frecvență a antenei reale (1) utilizate, cu viteza de deplasare  $V$  a antenei reale (1) și cu decizia de măsură a locațiilor active (11) luată prin aplicația software de comandă (7).

**Dispozitivul** (10) pe care se bazează realizarea sistemului inteligent de arie de antene virtuale (19) este compus (FIGURA 2) dintr-un un sistem mobil (4) cu comandă și control (5) inteligent care transportă o antenă reală (1) și o poziționează într-o locație activă (11). Acest dispozitiv conține și un sistem de recepție-emisie (3) utilizat pentru analiză, caracterizare și control al semnalelor de radiofrecvență (6) (RF) recepționate sau transmise, sistemul (3) fiind conectat (9) la antena reală (1). Funcțiile de comandă și control de poziție (5) ale ariei de antene virtuale (2) și cea de analiză, caracterizare și control a semnalelor de radiofrecvență (6) (RF) se bazează pe o aplicație software integrată și un dispozitiv (7) cu memorie locală sau dispozitiv de transmisie în bază de date externă (7a), care controlează prin conexiuni specifice (8) unitatea mobilă (4) și sistemul de recepție-emisie (3). Dispozitivul (10) este relocalat odată cu antena (1) într-o locație activă (11).

**Directivitatea ariei virtuale de antene.** Pentru analiza directivității unei arii virtuale de antene considerăm (FIGURA 3) o arie de antene virtuale (19) obținută prin deplasarea unei antene reale (1) cu viteza  $V$  în locațiile active (11). Pentru caracteristica de directivitate considerăm modulul câmpului electric  $|E|$  obținut prin însumarea fronturilor de undă (20) de egală fază (21) ale câmpului electric  $E$  dat de fiecare antenă din arie astfel încât să formeze un front de undă compus cu un lob (14) de directivitate orientat față de axa de simetrie (22) la un unghi de  $\alpha$  grade față de normala ariei de antene (23), dat de relația [Radiolocație, G.Rulea, Ed. didactică și pedagogică, 1980, cap.4.10]:



$$|E| = [\sin \{(N/2)(\phi_a + \Phi - \beta_0 D \sin(\alpha))\}] / [\sin \{(1/2)(\phi_a + \Phi - \beta_0 D \sin(\alpha))\}] \quad (i)$$

unde notațiile se referă la :

- $N$  este numărul de antene din arie
- $\phi_a$  este defazajul introdus de liniile de alimentare ale antenelor
- $\Phi$  defazajul între antene datorită poziției relative ale unei antene față de alta
- $D$  distanța între antenele din arie, respectiv între punctele active (11)
- constanta de faza în spațiul liber  $\beta_0 = (2\pi/\lambda_0)$  pentru o frecvență  $F = c/\lambda_0$  unde  $c$  este viteza câmpului electromagnetic RF
- $\alpha$  unghiul de înclinare a lobului (14) ariei de antene respectiv unghiul unde se poate obține maximum de directivitate față de normala (23) la planul ariei de antene.

Pentru o arie virtuală obținută conform acestui brevet, numărul de antene din arie  $N$  este egal cu numărul de locații active, respectiv  $N = \mathbf{m} \times \mathbf{p} \times \mathbf{k}$ . Pentru cazul analizat (FIGURA 3)  $\mathbf{p} = \mathbf{k} = 1$  și  $N = \mathbf{m}$ . Fiind vorba de o singură antenă reală relocalată în punctele active, defazajul introdus de linia de alimentare poate fi considerat nul  $\phi_a = 0$ . Defazajul  $\Phi$  între antene datorită poziției relative ale unei antene față de alta, în spațiul liber, este dat de relația:

$$\Phi = \beta_0 D \quad (ii)$$

unde distanța  $D$  între antenele virtuale depinde de viteza de deplasare  $V$  a antenei reale între două locații consecutive ( $x_i$  și  $x_{(i+1)}$ ) și de timpul necesar pentru a parcurge această distanță  $t = t_{(i+1)} - t_i$ , respectiv  $D = V (t_{(i+1)} - t_i)$ .

Pentru simplificarea teoretică a problemei, considerăm că locațiile active (11) și antenele virtuale sunt echidistant distribuite adică  $t$  și  $D$  rămân constante pe durata unui set de măsurători. Cu aceste considerente maximum de directivitate din relația (i) se obține pentru argumentul:

$$\beta_0 D (1 - \sin(\alpha)) = 2n\pi, \text{ unde } n=0, 1, 2, 3, \dots \quad (iii)$$

iar unghiul de directivitate este dat de :

$$\alpha = \arcsin(1 - 2n\pi / \beta_0 D) = \arcsin(1 - n \lambda_0 / D) \quad (iv)$$

unde  $D = V t_{(i+1)} - t_i$  iar  $\lambda_0$  poate fi exprimat în funcție de frecvența măsurată  $\lambda_0 = c/F$ .

Unghiul de directivitate depinde de frecvența măsurată  $F$  și de mărimile ce determină aria virtuală de antene: viteza de deplasare a antenei reale  $V$  și momentele de timp  $t_i$  ale punctelor active, respectiv durata de timp  $t$  dintre două puncte active (11):

$$\alpha = \arcsin(1 - 2\pi nc / F V (t_{(i+1)} - t_i)) \quad n = 1, 2, 3, \dots \quad (v)$$

Relațiile (iii, iv, v) permit o analiză pentru formarea ariei virtuale de antene în distanța între antenele virtuale, durata de timp dintre două puncte active; astfel distanța  $D$  între locațiile active trebuie să fie mai mare decât lungimea de undă la frecvența de operare/măsură, iar timpul între două locații depinde de distanța  $D$  și viteza de deplasare a antenei reale:

$$D > n \lambda_0 \quad n = 1, 2, 3, \dots \quad t = D/V \quad t > t_m \quad (vi)$$

În stabilirea duratei de timp  $t$  dintre două puncte active (11) se ține cont de timpul de măsură  $t_m$  al sistemului de recepție-emisie (3) care include și duratele de timp necesare pentru analiză, caracterizare și control ale semnalelor de radiofrecvență (6) și este corelat cu viteza de deplasare  $V$  a dispozitivului (10) și cu frecvența de măsură  $F$ , astfel încât distanța  $D$  dintre antenele virtuale să respecte condiția dată de relația (vi).

**Analiza unei conexiuni RF (LINK).** Scopul acestei analize este pentru a arăta avantajele unei conexiuni între un punct de emisie-recepție clasic și o arie virtuală de antene. Calitatea unei conexiuni de emisie-recepție se face pe baza raportului semnal/zgomot (SNR), exprimat în dB. Pentru analiza SNR în acest caz s-a utilizat o aplicație dedicată din domeniul public, **LinkCalc** [NIST Link Budget Calculator, Version 1.23, L. E. Miller].

Pentru analiză s-a considerat o putere de generator care emite în conexiune  $P = 17\text{dBm}$ , câștigul antenei fixe de  $4\text{dBi}$  iar al ariei virtuale de antene de  $3\text{dBi}$  și două scenarii de absorbție a câmpului electromagnetic (RF) în spațiul liber: *HATA-Suburban* și *HATA-Open*. Rezultatul acestei analize este un grafic [FIGURA 4] în care este reprezentată distanța unei conexiuni LINK (în kilometri) în funcție de înălțimea la care ajunge o antenă virtuală  $H_v$  (în metri) pentru cele două scenarii clasice de obturare a spațiului între capetele conexiunii LINK, respectiv *HATA-Suburban* (15, 16) și *HATA-Open* (17,18). Pentru antena clasică de emisie recepție s-au considerat două înălțimi de fixare  $h_1 = 4\text{m}$ , curbele (15, 17) și  $h_2 = 6\text{m}$ , curbele (16,18).

Din analiza graficelor din FIGURA 4 se poate observa că înălțimea ariei de antene virtuale între 10m și 100m determină o creștere a lungimii conexiunii LINK de la 2Km la 30Km.

Această analiză indică utilizabilitatea ariei de antene virtuale ca punct de retranslație cu funcția unui releu de comunicație într-un LINK.

### Exemplu de aplicație a Sistemului inteligent de arie de antene virtuale

Exemplul de utilizare (FIGURA 5) se referă la caracterizarea distribuției de densitate de putere în jurul unei antene fixe (13) aparținând unei stații de comunicație (12) amplasată pe sol. Practic este vorba de ridicarea unei hărți de distribuție de densitate de putere (exprimată în  $W/m^2$ ) tridimensională (3D) pentru identificarea și caracterizarea lobului (14) de directivitate al antenei (13) pentru una sau mai multe frecvențe  $F$  de operare. Pentru acest scop dispozitivul (10) al sistemului inteligent de arie de antene virtuale controlează sistemul mobil (4) care transportă o antena reală (1) și o poziționează în  $m \times p \times k$  locații active (11). În aceste locații sistemul de recepție-emisie (3) măsoară, prin conexiunea (9) cu antena mobilă (1), puterea  $P$  emisă de antena (13) în tot spectrul de frecvențe de operare  $F$  al stației (12). Pentru caracterizarea antenei (13) stația de bază (12) trebuie să emită un spectru de frecvențe de putere cunoscută pe toată durata măsurătorilor efectuată cu dispozitivul (10) în punctele active (11). Câmpul RF din locația activă este măsurat cu sistemul de recepție-emisie (3) utilizat pentru analiză, caracterizare și control al semnalelor de radiofrecvență (6) (RF). Harta tridimensională (3D) a densității de putere emisă de antena (13) este procesată în timp real sau ulterior pe baza măsurătorilor achiziționate și stocate în blocul dedicat al aplicației software sau transmise în baza de date externă (7a). Lobul de directivitate (14) este determinat prin secțiuni în harta (3D) a densității de putere considerând diferiți algoritmi de selecție și reprezentare bidimensională (2D) (nivele de semnal la egală distanță de antena (13), locația semnalelor de egală amplitudine, etc.). Aceste analize și/sau reprezentări grafice permit determinarea câștigului, directivității și a diagramei de radiație pentru antena (13) măsurată. Alegerea punctelor active (11) ține cont de timpul de citire a spectrelor de frecvență (zeci de microsecunde în acest caz) și de vitezele de deplasare ale dispozitivului (10) diferite pe cele trei direcții, respectiv 12m/s în plan vertical și 6m/s în plan orizontal. Domeniul spectral considerat este între 500MHz și 2.5GHz respectiv în lungimi de undă în spațiul liber  $\lambda_0$  între 60cm și 12cm.

(1) Metodă pentru realizarea unei arii de antene virtuale **caracterizată prin aceea că** aria de antene virtuale este obținută prin deplasarea controlată într-un volum (3D) a unei antene reale cu ajutorul unui sistem mobil inteligent de comandă și control care transportă antena reală și o poziționează într-un punct de coordonate  $(x_i, y_i, z_i)$  prestabilit, la un moment de timp  $t_i$  în care se efectuează o măsurătoare RF, denumit punct sau locație activă, fiecare locație activă prin care antena reală a trecut la momente de timp  $t_i$ , prin deplasarea cu viteza  $V$  a sistemului mobil reprezintă o antenă virtuală în raport cu locația activă a antenei reale la momentul prezent  $t_0$ , iar pentru un interval de timp  $\Delta t$  de deplasare cu viteza vectorială  $\mathbf{V}$  se construiește o arie de antene virtuale caracterizate de o matrice  $\mathbf{m} \times \mathbf{p} \times \mathbf{k}$  cu informații vectoriale de amplitudine ale unui câmp RF ambiant, asociate și corelate cu momente de timp  $t_i$  și coordonatele de poziție  $(x_i, y_i, z_i)$ .

(2) Un dispozitiv al sistemului inteligent de arie de antene virtuale **caracterizată prin aceea că** este compus dintr-un sistem mobil inteligent de comandă și control care transportă o antenă reală și o poziționează în puncte active de coordonate  $(x_i, y_i, z_i)$  la momente  $t_i$ , un sistem de recepție-emisie conectat la antena reală, utilizat pentru măsură, analiză, caracterizare și control al semnalelor de radiofrecvență (RF) recepționate sau transmise și o aplicație software inclusă în sistemul utilizat pentru aceste funcții specifice, cu facilități de stocare de informație.

(3) Aria virtuală de antene realizată conform clauzelor (1) și (2) **caracterizată prin aceea că** îndeplinește funcția unei arii reale de antene cu directivitate determinată și control al unghiului de baleiere  $\alpha$  dacă distanța între locațiile active este mai mare decât lungimea de undă la frecvența de utilizare, depinzând de viteza de deplasare a antenei reale și de timpul dintre două locații active;

(4) Aria virtuală de antene realizată conform clauzelor (1) și (2) **caracterizată prin aceea că** are toate caracteristicile antenei reale care a determinat aria virtuală de antene în ce privește câștigul și domeniul de frecvență;

(5) Aria virtuală de antene realizată conform clauzelor (1) și (2) **caracterizată prin aceea că** determină rapid hărți de densitate de putere RF într-un volum tridimensional 3D al mediului ambiant prin planificarea locațiilor active în așa fel încât să fie distribuite în volumul 3D de interes.

- (6) Aria virtuală de antene realizată conform clauzelor (1), (2) și (5) **caracterizată prin aceea că** prin planificarea locațiilor active de coordonate  $(x_i, y_i, z_i)$  efectuează caracterizarea rapidă în teren fără, cameră anechoică, a unei antene de RF montate în poziția finală de utilizare, în sensul determinării câștigului, directivității și a diagramei de radiație;
- (7) Aria virtuală de antene realizată conform clauzelor (1) și (2) **caracterizată prin aceea că** este utilizată ca punct releu de retranslație în comunicație asigurând optimizarea legăturii emisie – recepție și creșterea performanței de comunicație între surse RF fixe sau mobile;
- (8) Aria virtuală de antene realizată conform clauzelor (1) și (2) **caracterizată prin aceea că** se poate conecta radio cu una sau mai multe arii virtuale de antene, în sensul acestui brevet, realizând astfel o rețea de arii de antene virtuale;
- (9) Aria virtuală de antene realizată conform clauzelor (1) și (2) **caracterizată prin aceea că** sistemul mobil inteligent de comandă și control transportă mai multe sisteme de recepție-emisie conectate fiecare la o antenă reală.
- (10) Aria virtuală de antene realizată conform clauzelor (1) și (2) **caracterizată prin aceea că** identifică direcția și/sau distanța oricărui număr de surse de radiații electromagnetice fixe sau mobile într-un domeniul de frecvență de utilizare tipic pentru aplicații de radiofrecvență.
- (11) Aria virtuală de antene realizată conform clauzelor (1),(2) și (10) **caracterizată prin aceea că** identificarea direcțiilor și distanțelor surselor de radiații electromagnetice se face în timp real, dar nu numai.
- (12) Aria virtuală de antene realizată conform clauzelor (1) și (2) **caracterizată prin aceea că** selectează direcțiile în care radiația electromagnetică are putere mai ridicată față de alte direcții.

42

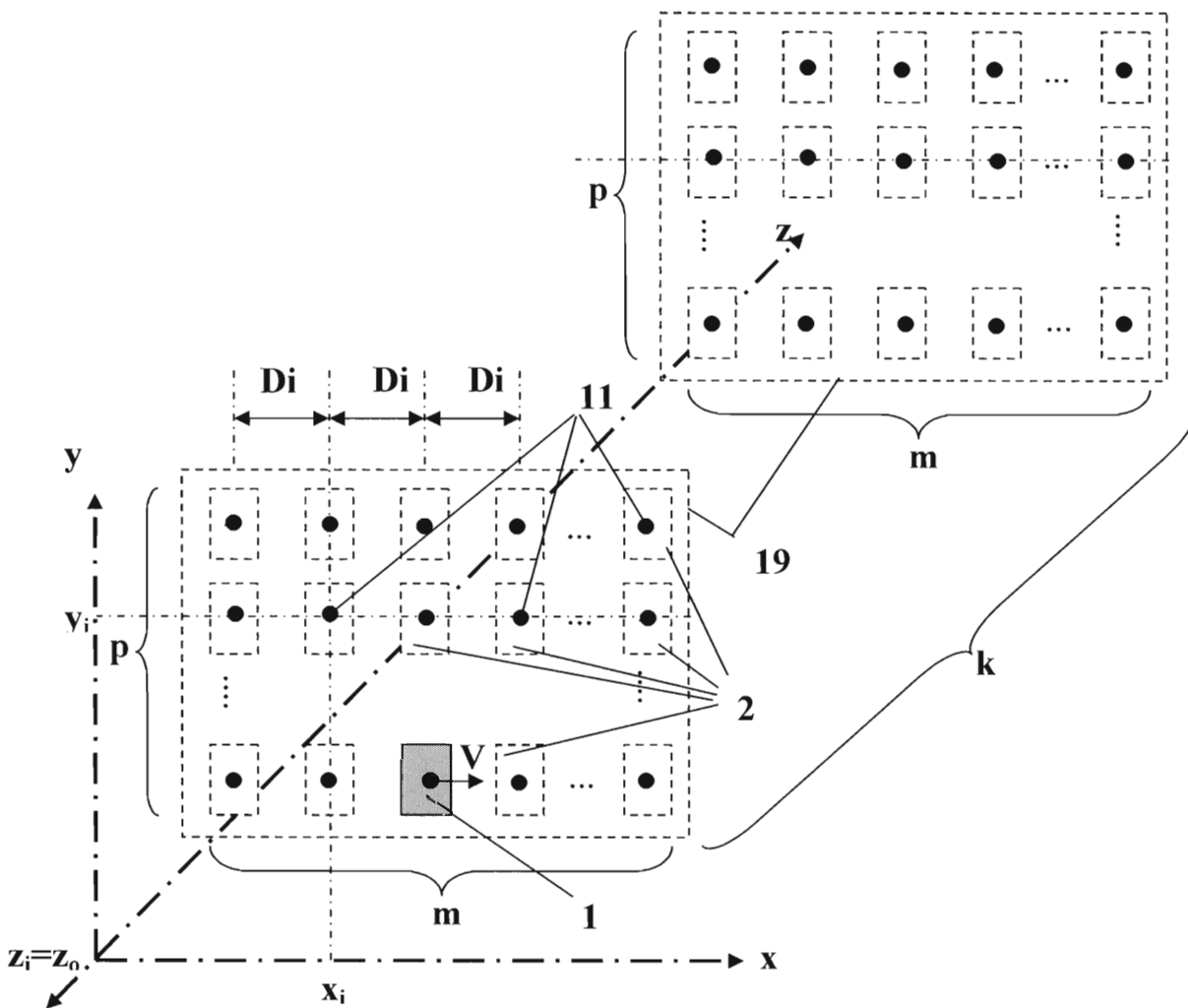


FIGURA 1

4d

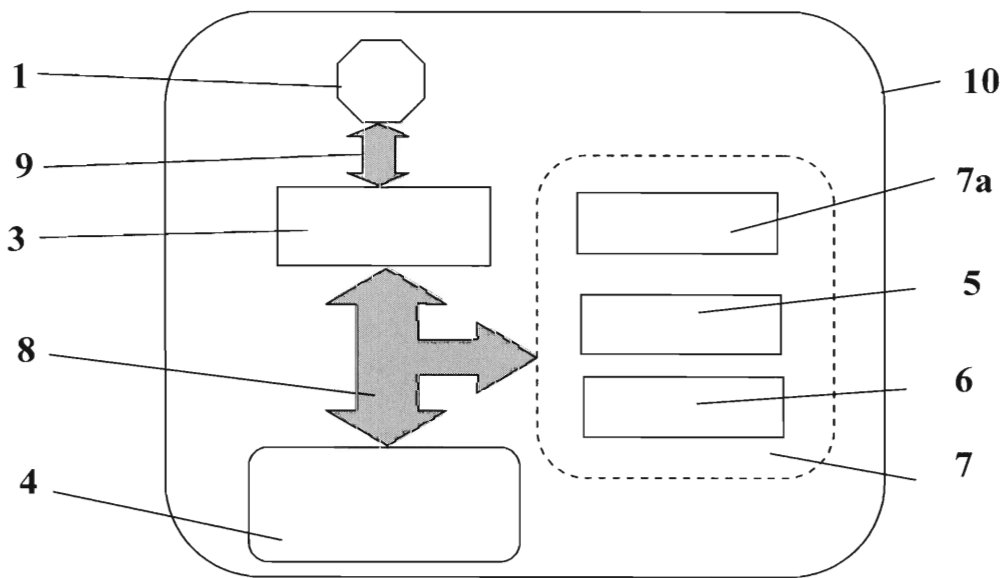


FIGURA 2

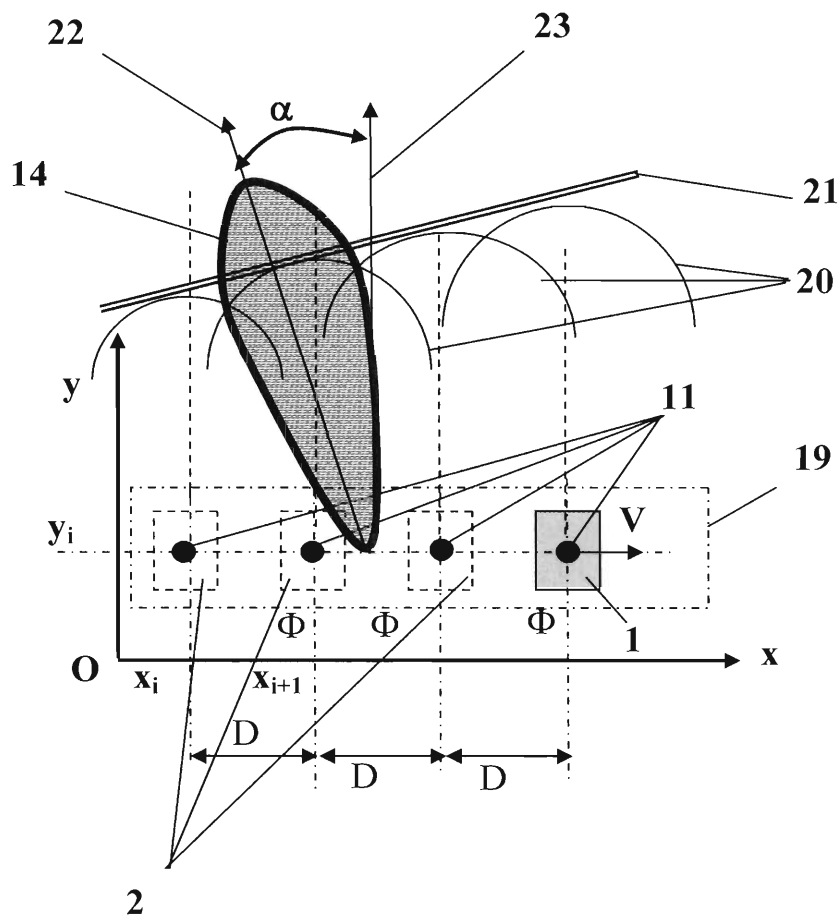


FIGURA 3



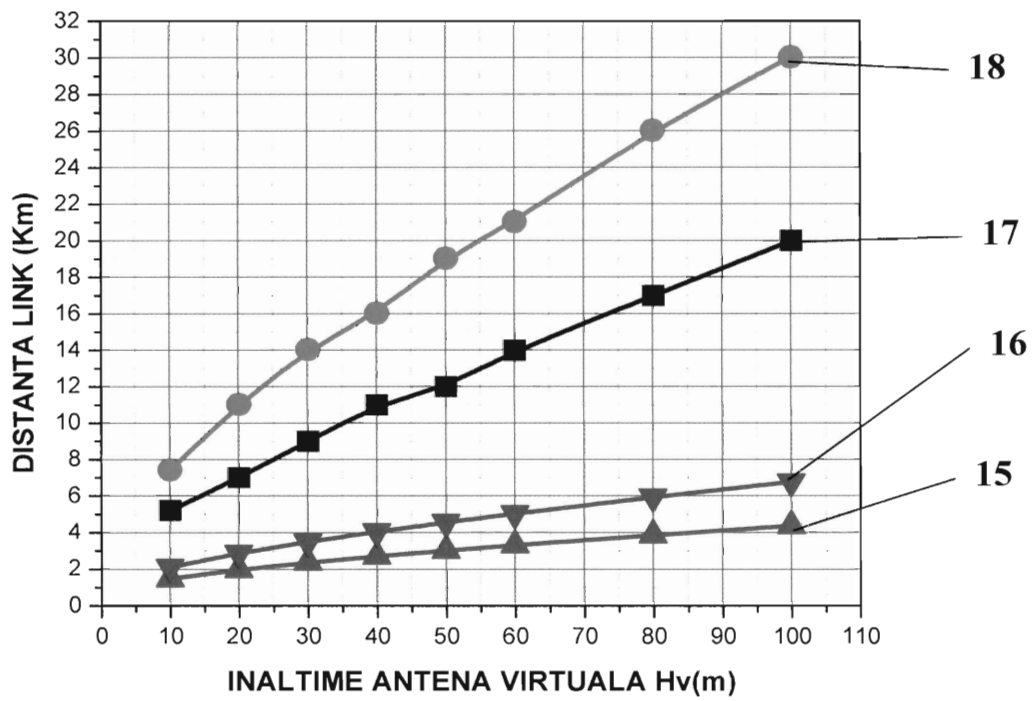


FIGURA 4

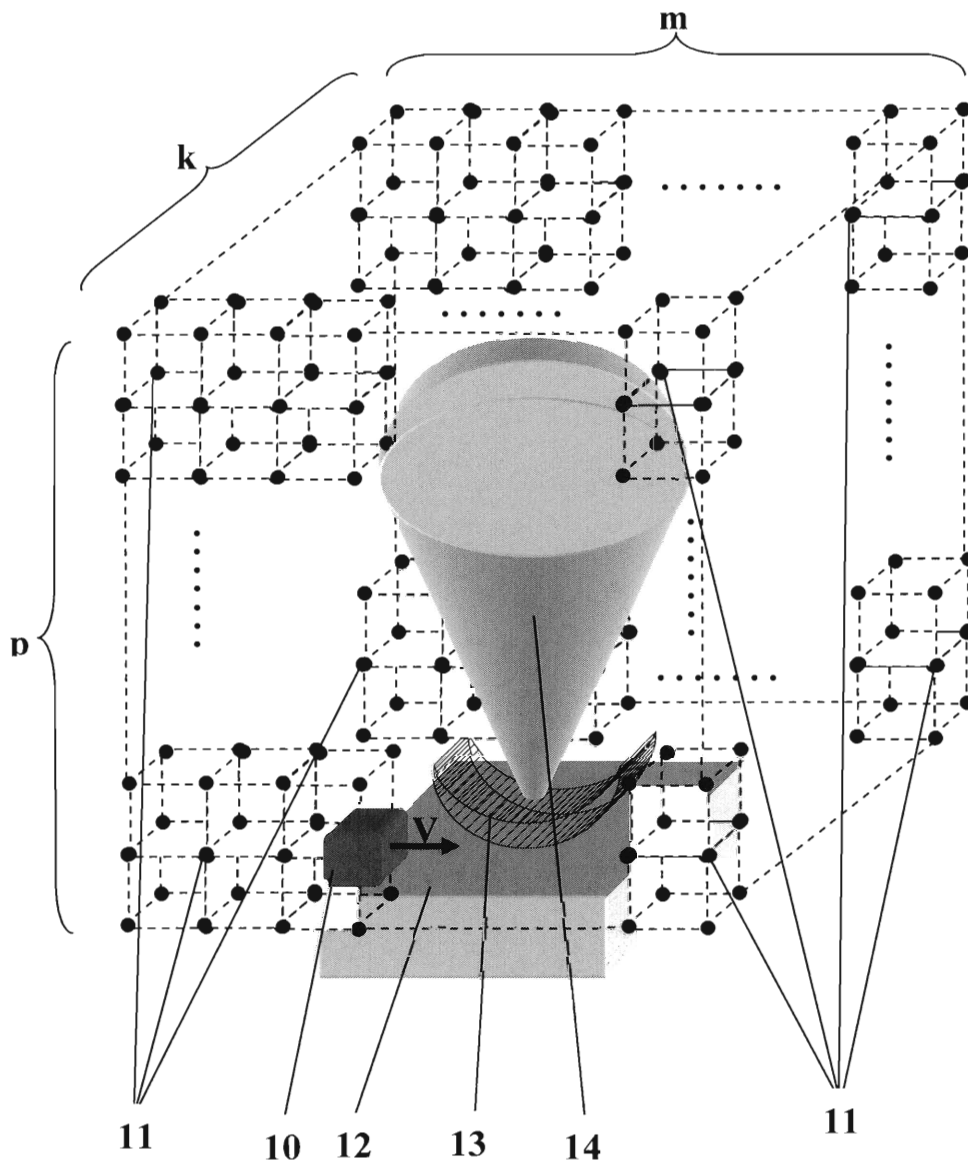


FIGURA 5