



(12)

BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2008 00977**

(22) Data de depozit: **11.12.2008**

(45) Data publicării mențiunii acordării brevetului: **28.03.2014** BOPI nr. 3/2014

(66) Prioritate internă:
17.12.2007 RO a 2007 00875

(41) Data publicării cererii:
30.07.2009 BOPI nr. 7/2009

(73) Titular:
• UNIVERSITATEA "POLITEHNICA" DIN
BUCUREȘTI, SPLAIUL INDEPENDENȚEI
NR.313, SECTOR 6, BUCUREȘTI, B, RO

(72) Inventatori:
• DOBRESCU RADU NICOLAE,
STR.EMIL RACOVITĂ NR.23, BL.E M 1,
AP.36, SECTOR 4, BUCUREȘTI, B, RO;

• ȚĂRĂLUNGĂ SEBASTIAN,
CALEA VICTORIEI NR.100, ET.5, AP.30,
SECTOR 1, BUCUREȘTI, B, RO;
• ICHIM LORETTA,
STR.CONSTANTIN RĂDULESCU MOTRU
NR.4, BL.1, SC.2, ET.3, AP.46, SECTOR 4,
BUCUREȘTI, B, RO;
• MOCANU ȘTEFAN, BD.DECEBAL NR.6,
BL.S 10, SC.2, ET.2, AP.25, SECTOR 3,
BUCUREȘTI, B, RO

(56) Documente din stadiul tehnicii:
US 2005/0120160 A1

(54) SISTEM DE PRELUCRARE DISTRIBUITĂ, ORIENTAT PE ANALIZĂ FRACTALĂ

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un sistem de prelucrare distribuită a datelor, destinat a fi folosit în aplicații de analiză fractală, în imagistică, cercetare medicală, precum și în domeniul securității rețelelor de calculatoare. Sistemul de prelucrare a datelor, conform invenției, constă dintr-o structură (1) de tip cluster, alcătuită dintr-un grup de calculatoare (3) interconectate printr-o rețea Ethernet (2) de mare viteză, realizând în acest fel un server virtual, având un spațiu de memorie (4) mărit, obținut prin însumarea memoriilor (5) calculatoarelor (3) componente, mai puțin câte o zonă de memorie rezervată fiecărui calculator (3) în parte, în acest fel procesoarele calculatoarelor (3) lucrează independent, dar accesează spațiul de memorie (4) mărit printr-o altă rețea Ethernet (6).

Revendicări: 3
Figuri: 4

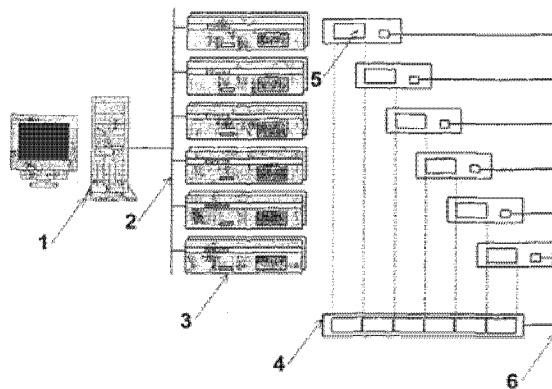


Fig. 1



1 Invenția se referă la un sistem de prelucrare distribuită a datelor, orientat pe analiză
fractală, folosit în domenii precum procesarea automată a imaginilor digitale sau securitatea
3 comunicațiilor de date.

 Analiza fractală are nevoie de capacități de procesare sporite, atât în ceea ce privește
5 memoria de lucru, cât și de timpi de procesare sau spații sporite de stocare. În special pentru
sisteme mari, astfel de capacități de prelucrare nu pot fi oferite de un singur calculator. Sunt
7 cunoscute procedee de aplicare a tehnicilor de analiză fractală folosind platforme uniprocessor,
însă acestea au limitare în ceea ce privește resursele de memorie, de procesare și de stocare.
9 Din aceste motive, propunem utilizarea unui sistem de calcul distribuit.

 Dacă pentru consolidarea spațiului de stocare sau pentru lucrul cu mai multe pro-
11 cesoare, există deja soluții bine stabilite, cum ar fi: Interfața pentru transmitere de mesaje
(Message Passing Interface - MPI); Mașină virtuală cu paralelizare (Parallel Virtual Machine -
13 PVM) pentru partajarea memoriei există doar soluții cu echipamente dedicate și foarte
costisitoare. Invenția aduce o soluție ieftină la problema creării unui spațiu partajat de memorie,
15 folosind doar componente accesibile.

 Soluția tehnică din stadiul cunoscut este: acces de la distanță direct la memorie (Remote
17 Direct Memory Access - RDMA) care reprezintă o tehnologie ce permite calculatoarelor să
schimbe date din memoria principală fără să implice procesorul, memoria cache (bloc din
19 memoria RAM folosit pentru stocarea temporară a datelor) sau sistemul de operare al niciunui
dintre calculatoare. În mod similar cu accesul local direct la memorie (Direct Memory Access
21 - DMA), RDMA îmbunătățește rata de transfer și performanțele sistemului, deoarece eliberează
o bună parte din resursele hardware. RDMA implementează un protocol de transport direct în
23 interfața de rețea (Network Interface Card - NIC) și oferă suport pentru o facilitate numită
zero-copy networking. Acesta este un mecanism care face posibilă citirea de date direct din
25 memoria centrală a unui calculator și scrierea acelor date direct în memoria principală a celui alt
calculator. RDMA s-a dovedit util în aplicații care implică clustere de mare viteză și în rețelele
27 din centrele de date. Dezavantajele soluției RDMA sunt legate de faptul că introduce un grad
de încărcare pentru resursele calculatoarelor implicate.

 Un exemplu de management al resurselor distribuite folosind servere virtuale este
prezentat în cererea de brevet **US 2005/0120160 A1** (Jerry Plouffe - 2005). Se prezintă o
31 platformă virtuală computerizată a cărei arhitectură cuprinde unul sau mai multe noduri cuplate
printr-o rețea, care poate fi de tip Ethernet. Aceste noduri pot fi sisteme de procesare de uz
33 general, având unul sau mai multe procesoare fizice pentru execuția seturilor de instrucțiuni.
Se poate defini o structură care să conțină setul de noduri și alte entități hardware care pot
35 funcționa ca o unitate operațională. Structurile de acest tip pot fi asociate într-o platformă
virtuală și entitățile din fiecare structură pot executa operații fizice asociate cu partiții virtuale.
37 Partițiile virtuale sunt colecții de componente hard și soft (inclusiv servere) cuplate în clustere.
Partea de soft asociată cu partițiile virtuale ale unui cluster definește o arhitectură de tip multi-
39 procesor, care se comportă ca un server virtual distribuit, interconectează microprocesoare,
memorii, dispozitive de intrare/ieșire dar și software și protocoale folosite să le unească. În
41 particular, sistemul de operare al serverului virtual lucrează ca și cum ar fi rulat pe un sistem
multiprocessor cu o memorie partajată. Există posibilitatea pentru partiția virtuală să alocheze
43 sau relocheze resursele (procesoare, memorii, rețele, etc) unui sistem de calcul virtual, sau altor
programe, printr-o interfață programabilă, sau să funcționeze sub controlul unui administrator.

 Problema tehnică pe care o rezolvă invenția este micșorarea gradului de încărcare
45 pentru resursele calculatoarelor implicate în prelucrarea datelor.

 Soluția tehnică propusă folosește analiza fractală, aplicată în sisteme distribuite,
47 organizate în clustere, cu agregarea resurselor de memorie.

Sistemul de prelucrare distribuită a datelor orientat pe analiză fractală folosit pentru creșterea capacității de prelucrare a datelor, cuprinde o structură de tip cluster ce este constituită la rândul său dintr-un grup de calculatoare care lucrează împreună prin intermediul unei rețele Ethernet de mare viteză, urmată de realizarea la nivelul sistemului de operare instalat pe un server având o configurație hardware dată, a unei entități software care prezintă spre folosință fiecărui nod din cluster un spațiu de memorie mărit creat prin agregarea unor memorii fizice ale fiecărui nod component, fiecare dintre procesoarele calculatoarelor ce alcătuiesc clusterul lucrând independent, primind seturi de instrucțiuni de la serverul pe care le execută separat, accesând partajat spațiul de memorie mărit pus la dispoziția lor de către un server virtual printr-o altă rețea Ethernet.

Sistemul conform invenției propune folosirea mecanismelor specifice unui mediu de comunicație omniprezent, de tip Ethernet, precum și a capacităților de virtualizare prezente la nivel de sistem de operare, pentru crearea unui sistem cu memorie partajată, sistem ce poate fi utilizat în cazul prelucrărilor bazate pe metode de analiză fractală. Sistemul de prelucrare distribuită orientat pe analiză fractală, conform invenției, cuprinde o structură de tip cluster ce este constituit dintr-un server și un grup de calculatoare care lucrează împreună printr-o rețea Ethernet de mare viteză, urmată de realizarea la nivel de sistem de operare a unei entități, care prezintă spre folosință fiecărui nod din cluster un spațiu de memorie mărit, creat prin agregarea memoriei fizice din nodurile componente. În acest model, fiecare dintre procesoarele existente lucrează independent, primind seturi de instrucțiuni pe care le execută separat, dar accesează resursele de memorie partajată pusă la dispoziția lor de către un server virtual printr-o altă rețea Ethernet.

Conform invenției, nodurile sunt de fapt echipamente de prelucrare date, în particular calculatoare cuprinzând microprocesoare, memorii RAM și interfețe de rețea, sistemul de operare fiind găzduit și distribuit de către server la pornirea fiecăruia dintre noduri.

Prin aplicarea invenției, se obțin următoarele avantaje:

- creșterea vitezei de execuție a aplicațiilor pe un calculator (în particular, serverul (1)) având o configurație hardware dată;
- creșterea memoriei RAM;
- creșterea puterii de procesare.

Descrierea invenției se face în continuare cu referire la fig. 1...4, care reprezintă:

- fig. 1, schema sistemului de prelucrare distribuită a datelor;
- fig. 2, utilizarea sistemului din invenție în domeniul prelucrării, clasificării și stocării de imagini;
- fig. 3, utilizarea sistemului din invenție pentru căutarea în baze de date de imagini;
- fig. 4, organigrama funcționării entității software.

Se dă în continuare un exemplu de realizare a invenției în legătură cu fig. 1, care reprezintă arhitectura sistemului de prelucrare distribuită orientat pe analiză fractală. Sistemul de prelucrare distribuită orientat pe analiză fractală cuprinde o structură de tip cluster ce include un server 1 și un grup de calculatoare, care lucrează împreună printr-o rețea 2 de tip Ethernet de mare viteză. La nivel de sistem de operare, se realizează o entitate software, care prezintă spre folosință fiecărui nod din cluster un spațiu de memorie mărit 4, creat prin agregarea memoriilor fizice 5 ale unor noduri componente 3. În acest model, fiecare dintre procesoarele existente lucrează independent, primind seturi de instrucțiuni, pe care le execută separat, dar accesează resursele de memorie partajată pusă la dispoziția lor de către un server virtual, printr-o altă rețea Ethernet 6.

1 Cele două componente software ale clusterului sunt: entitatea software și serverul
virtual. Entitatea software alocă toată memoria fizică disponibilă pe sistem, își anunță
3 disponibilitatea în cluster, primește confirmare de la serverul virtual pentru acceptarea în cluster,
ulterior ascultând permanent și prelucrând toate cererile sosite pe interfața Ethernet de mare
5 viteză. Aceste cereri pot fi de scriere la o anumită adresă sau de citire de la o anumită adresă
din memoria alocată.

7 Soluția propusă constă în crearea unei mașini virtuale (server virtual) cu o memorie
disponibilă egală cu suma memoriilor nodurilor participante, mai puțin o cantitate mică
9 rezervată fiecărui nod în parte. În acest sens, pe fiecare dintre noduri rulează un server cu
resurse limitate ce pune la dispoziția serverului virtual resursele de memorie ale fiecărui nod din
11 cluster. Serverul virtual gestionează zonele de memorie primite de la fiecare nod efectuând
gestiunea memoriei și pune această memorie la dispoziția nodurilor pentru a rula aplicațiile în
13 mod independent. Serverul virtual se realizează prin alocarea, pe fiecare dintre nodurile fizice,
a memoriei către entitatea software, ce o pune mai departe la dispoziția serverului virtual, pentru
15 a fi accesată apoi ca un tot de către fiecare dintre nodurile din cluster, accesul la memorie fiind
direct prin intermediul rețelei Ethernet de mare viteză. Serverul virtual este cel care se comportă
17 ca un gestionar de memorie, alocând noi spații de memorie pe măsură ce acestea devin
disponibile sub forma unor noi noduri care își anunță prezența în cluster, și primind de la
19 aplicațiile de modelare cereri pentru a accesa (scriere sau citire) întregul spațiu de memorie
disponibil. Tot serverul virtual se ocupă de maparea de adrese de memorie din cluster către
21 adresele fizice puse la dispoziție de fiecare nod. De asemenea, serverul virtual se ocupă de
defragmentarea și realocarea memoriei virtuale în cazul în care unul dintre noduri devine
23 indisponibil.

 Funcționarea entității software este prezentată în organigrama din fig. 4.

25 Entitatea software asigură alocarea întregii memorii disponibile și înregistrarea în cluster.
Urmează o fază de decizie în care se solicită confirmarea înregistrării. Dacă înregistrarea nu
27 este efectuată se trece la efectuarea acestei operații. Dacă înregistrarea este confirmată, se
trece la o stare de așteptare în care se verifică dacă la interfața Ethernet apar cereri venite de
29 la serverul virtual. Acesta asigură defragmentarea spațiului de memorie, relocarea seturilor de
instrucțiuni atunci când un spațiu de memorie a devenit indisponibil, adică atunci când, la cereri
31 repetate, entitatea software care reprezintă un nod nu dă răspuns și urmărește nodurile din
cluster ce devin disponibile. În acest moment, serverul virtual realizează agregarea memoriei
33 într-un spațiu comun, pe care îl pune la dispoziția nodurilor. Se execută apoi o cerere de scriere
sau citire de la anumite adrese din spațiul comun, urmată de transmiterea cererilor, sub forma
35 unor pachete Ethernet către nodurile participante.

 Se prezintă în continuare în fig. 2 un exemplu de utilizare a invenției, ce constă în pre-
37 lucrarea imaginilor digitale **1a**, clasificarea **4a** și stocarea acestora în baze de date pe suporturi
fizice **5a**. Aceste operațiuni necesită o putere de calcul foarte ridicată și resurse de memorie
39 mari. Lipsa acestora (sau insuficiența lor) conduce la timpi de prelucrare și așteptare foarte
mari. Realizarea operațiunilor menționate mai sus, exclusiv prin metode clasice, presupune
41 analizarea și clasificarea obiectelor (imaginilor) pe baza unor indicatori clasici (de exemplu:
culoare, contrast, textură, luminozitate), determinarea acestora atrăgând după sine eforturile
43 menționate.

 Prin metoda de față, se introduce o etapă suplimentară, preliminară clasificării propriu-
45 zise. Metoda propusă se bazează pe analiza fractală, respectiv, calculul dimensiunii fractale **3a**
- pentru a elimina prelucrările și comparațiile ulterioare inutile. Spre deosebire ele metodele
47 clasice, calculul dimensiunii fractale presupune o complexitate redusă a operațiilor matematice

efectuate. Metoda dă rezultate net superioare atunci când este folosită într-un mediu de calcul distribuit **2a**, acest lucru fiind confirmat de testarea comparativă într-un mediu uniprocessor și pe sistemul care face obiectul cererii de brevet. 1 3

Căutarea în baze de date de imagini se face conform unor criterii de asemănare și este prezentată în fig. 3. Calculul dimensiunii fractale **3a** este o etapă anterioară și în cazul căutării de imagini **6a**. În acest caz, intrările sistemului propus sunt reprezentate de baza de date de imagini **5a** și de imaginea pe care utilizatorul dorește să o caute **1a**. Ieșirile sunt reprezentate de imaginile digitale **7a**, care sunt considerate de către sistem ca fiind asemănătoare cu imaginea căutată. Metoda propusă conduce la eliminarea rapidă și printr-un efort de calcul redus a acelor imagini care, cu siguranță, nu s-ar încadra în criteriile de căutare impuse de utilizator. 5 7 9

Indicatorul, utilizat, și anume, dimensiunea fractală, se determină printr-o metodă de calcul (numită Box-counting) binecunoscută în literatura de specialitate. Rolul acestui indicator este acela de a ridica precizia de clasificare a imaginilor digitale și de a optimiza procesul de căutare și extragere a imaginilor din baze de date de imagini. Pentru realizarea acestor obiective, sistemul determină dimensiunea fractală **3a** a imaginilor de intrare **1a**, realizează clasificarea imaginilor în funcție de dimensiunea fractală a acestora **4a** și le stochează într-o bază de date de imagini împreună cu dimensiunile lor fractale **5a**. Pentru căutarea unei imagini în baza de date fig.3, se procedează similar: se determină dimensiunea fractală **3a** a imaginii de intrare **1a** și se caută în baza de date **5a** imagini **7a** având o dimensiune fractală apropiată de cea a imaginii de intrare. 11 13 15 17 19

Un alt exemplu de utilizare a invenției este studierea rezistenței la atacuri aleatoare împotriva unei rețele liber-scalabile de tip Internet cu un număr foarte mare de noduri. Studiarea rezistenței la atacuri se face prin simularea devenirii indisponibile a unor noduri, verificând totodată funcționarea rețelei ca un ansamblu; se studiază câte noduri și ce performanțe are rețeaua în funcție de numărul și tipul de noduri devenite indisponibile. 21 23 25

Încercările de a rula aplicația pe un sistem uniprocessor sau chiar pe sisteme multi-procesor atunci când se generează o rețea cu un număr de noduri mai mare decât o anumită limită au eșuat din cauza lipsei de memorie, soluția propusă fiind singura prin care s-a putut realiza obiectivul propus. În acest sens, modelele implementate sunt divizate într-un număr de submodele folosind o procedură de federalizare. Divizarea modelelor în submodele se realizează prin alocarea de noduri către fiecare submodel. Procedura de federalizare se execută pe serverul virtual și funcționează iterativ, prin alocarea succesivă de noduri conexe fiecărui submodel, urmărind ca acestea să aibă un număr egal de noduri. Dacă într-un submodel nu mai există noduri conexe, acestea se redistribuie în alte submodele către nodurile la care pot fi conectate. Fiecare dintre subrețele urmează a fi procesată separat pe câte un nod din cluster, procesorul fiecărui nod lucrând independent însă folosind spațiul de memorie partajată pentru stocarea modelului și pentru asigurarea comunicației între noduri. 27 29 31 33 35 37

Se generează n componente federative prin alegerea celor mai conectate n noduri, asignându-le apoi o federație fără membri, după care pornește o procedură de asociere de noi noduri la federațiile existente prin explorarea nodurilor învecinate, procedură ce se repetă până ce, în final, fiecare nod este marcat ca făcând parte dintr-o federație. 39 41

Pe baza rezultatelor obținute pe clusterul descris anterior pe un model de rețea de tip comunicații audio și video, folosind metoda propusă, s-au putut evidenția trăsături fractale în traficul analizat. Mai departe, aceste trăsături sunt folosite pentru evidențierea nodurilor în care se poate face optimizarea traficului. 43 45

- 1 Sistemul propus a fost utilizat în cadrul a trei teme principale de cercetare pentru dezvoltare și validare de proceduri, după cum urmează:
- 3 - s-au realizat căutarea în baze largi de date, selectarea imaginilor pe bază de caracteristici texturale și dimensiune fractală și respectiv gruparea de imagini cu caracteristici similare;
- 5 - extensia tehnicilor fractale pentru studiul evoluției tumorilor. S-a realizat prelucrarea de imagini medicale (tomografii cu precădere) prin metode fractale, ceea ce a permis evaluarea
- 7 stării curente și a evoluției unor tumori;
- 9 - evidențierea proprietăților fractale și de autosimilaritate prezentate de traficul informațional în rețele de calculatoare. S-a implementat o structură de rețea liber scalabilă, studiindu-se rezistența acesteia la atacuri aleatoare.

1. Sistem de prelucrare distribuită a datelor, orientat pe analiză fractală, folosit pentru creșterea capabilității de prelucrare a datelor, **caracterizat prin aceea că** acesta cuprinde o structură de tip cluster, ce este constituită la rândul său dintr-un grup de calculatoare care lucrează împreună prin intermediul unei rețele Ethernet de mare viteză (2), urmată de realizarea, la nivelul sistemului de operare instalat pe un server (1) având o configurație hardware dată, a unei entități software care prezintă spre folosință fiecărui nod (3) din cluster un spațiu de memorie mărit (4), creat prin agregarea unor memorii fizice (5) ale fiecărui nod component (3), fiecare dintre procesoarele calculatoarelor ce alcătuiesc clusterul lucrând independent, primind seturi de instrucțiuni de la serverul (1) pe care le execută separat, accesând partajat spațiul de memorie mărit (4) pus la dispoziția lor de către un server virtual, printr-o altă rețea Ethernet (6). 13
2. Sistem conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că** se utilizează în procese de clasificare și căutare de imagini digitale în baze mari de date, prin adăugarea dimensiunii fractale ca element suplimentar față de indicatorii clasici utilizați în metodele cunoscute de analiză a imaginilor. 17
3. Sistem conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că** se utilizează la evidențierea proprietăților fractale ale rețelelor liber scalabile, permițând determinarea rezistenței acestora la atacuri aleatoare. 19

(51) Int.Cl.

G06F 9/50 (2006.01);

G06F 17/30 (2006.01)

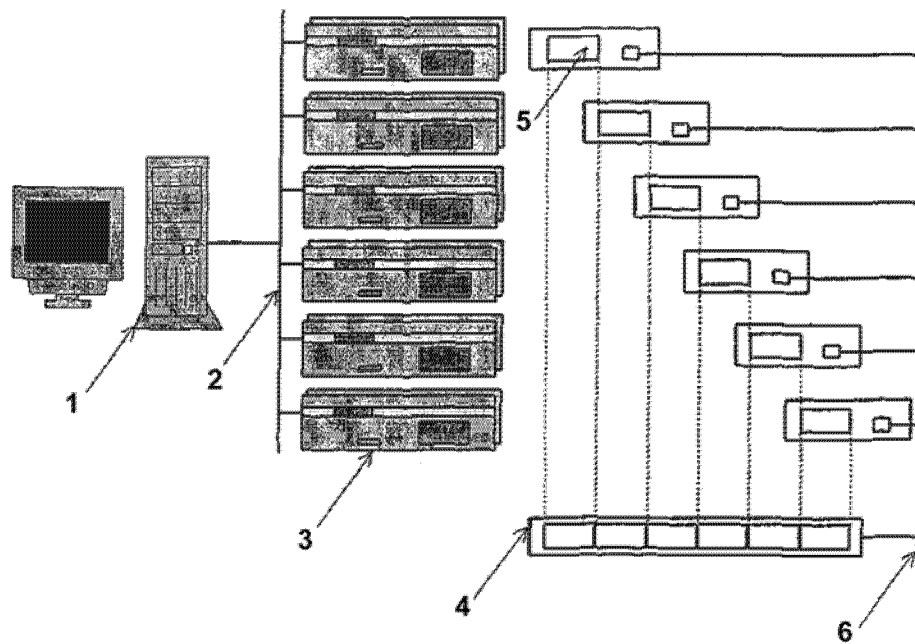


Fig. 1

(51) Int.Cl.

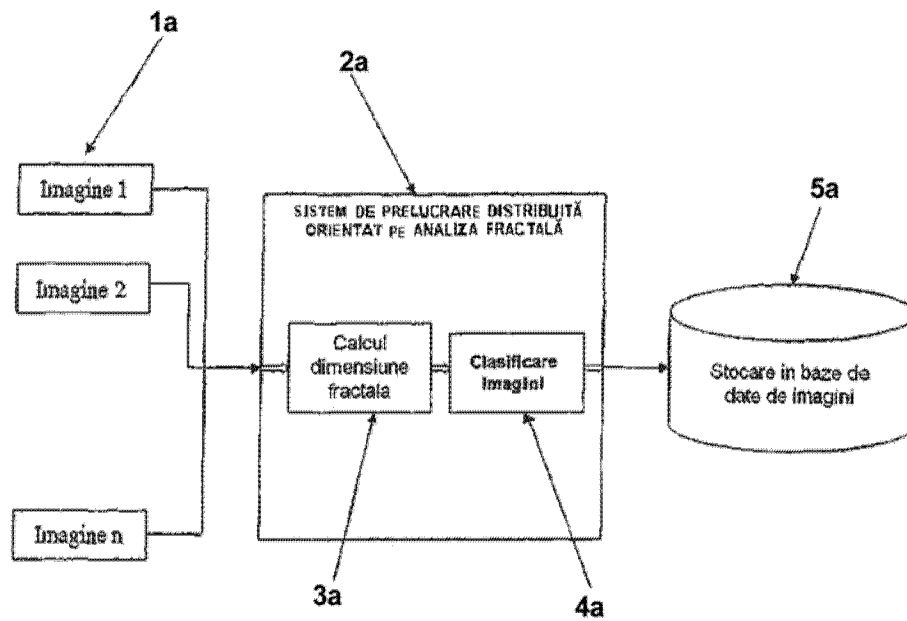
G06F 9/50 (2006.01);**G06F 17/30** (2006.01)

Fig. 2

(51) Int.Cl.

G06F 9/50 (2006.01);

G06F 17/30 (2006.01)

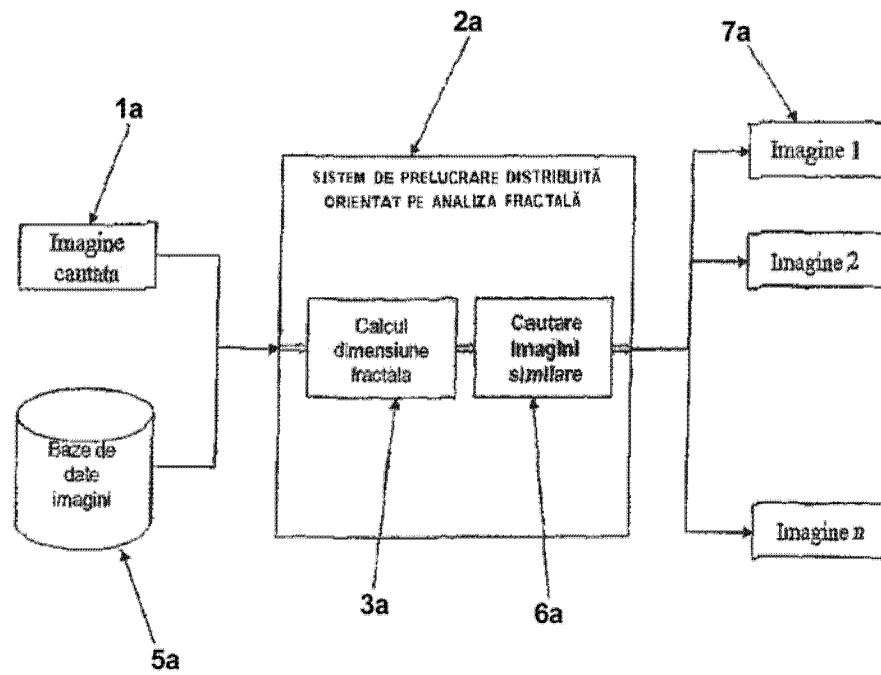


Fig. 3

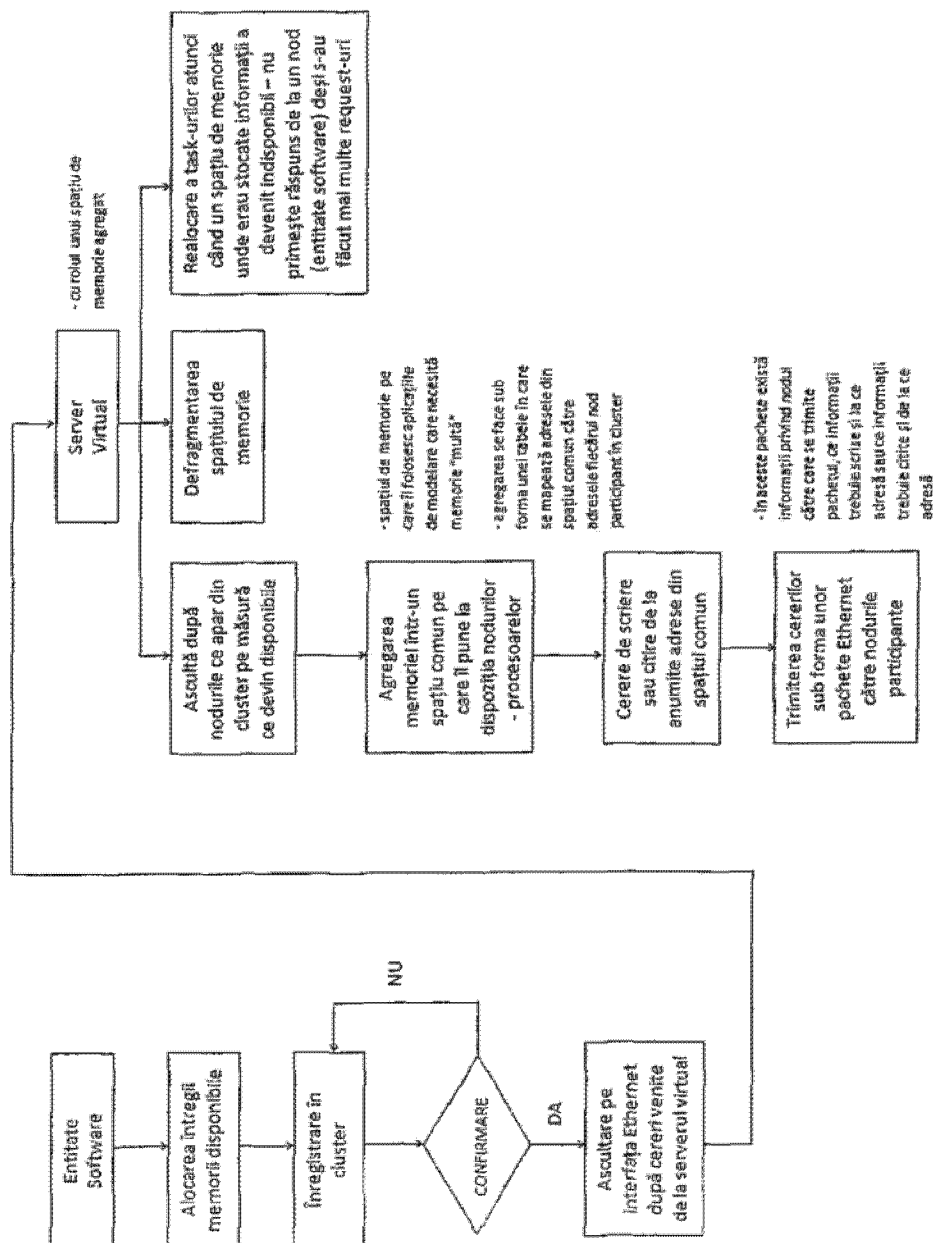


Fig. 4

