

# GRID I

## Cuprins – GRID I

- I. Conceptul GRID
- II. Organizații Virtuale
- III. Istoric
- IV. Exemple
- V. Arhitectura GRID orientată pe protocoale
- VI. Arhitectura GRID orientată pe servicii
- VII. OGSA
- VIII. WSRF – Web Services Resource Framework
- IX. GT4 - Globus Toolkit 4.0

### I. Conceptul de GRID

Ideea originală aparține domeniului energetic, unde decuplarea producției de consumul energiei electrice a avut efecte favorabile asupra calitatii (defectarea unei centrale electrice nu conduce la oprirea alimentării cu energie a consumatorilor) și scalabilității (rețeaua are o întindere planetară).

Prin analogie, Gridul decuplează "producția" – oferta de resurse de calcul - de "consum" – utilizarea acestora pentru rularea aplicațiilor.

Gridul face producția mai eficientă prin:

- Utilizarea partajată a unor resurse distribuite (Gridul beneficiază de avantajele generale, comune sistemelor distribuite privind partajarea resurselor)
- Exploatarea resurselor neutilizate (proprietarul pune la dispoziția altora resursele sale de calcul pe perioada în care nu le utilizează)
- Compunerea resurselor pentru a satisface cerințele clienților (virtualizarea - resursele necesare unui utilizator pot fi agregate din ofertele mai multor proprietari, permitând crearea unor sisteme virtuale ale căror resurse și configurații corespund necesităților utilizatorilor)
- Utilizare în paralel de CPU-uri
- Access la resurse care nu sunt disponibile local (Gridul se bazează pe resurse interconectate în rețea deci accesibile de la distanță)
- Balansarea utilizării resurselor / Scheduling (alocarea se poate face în funcție de încărcarea resurselor iar planificarea poate realiza echilibrarea încărcării)
- Permite utilizarea unor echipamente noi (fără a fi necesară achiziția lor)

Face consumul mai convenabil:

- Permite accesul "la cerere" (on demand computing) – utilizatorul folosește doar resursele de care are nevoie, atunci când are nevoie, ceea ce mărește flexibilitatea în satisfacerea nevoilor utilizatorilor
- Siguranța (Reliable), QoS rezultă din posibilitatea de a selecta resursele cele mai potrivite cerințelor utilizatorilor și includerea lor în mașinile virtuale oferite, cu costuri reduse

La diverse arii de cuprindere:

- Departament
- Campus
- Întreprindere
- Internet

Domenii de utilizare:

Calcul intensiv și/sau cantități mari de date

- Realizare de baze de date mari și "minieritul" datelor rezultate din experimente; exemple
  - LHC de la CERN

- DoE Particle Physics Data Grid
- Dezvoltarea de simulări și analize

Acces la instrumente experimentale aflate la distanță; ex.

- NEESgrid – Network for Earthquake Engineering and Simulation

Sisteme colaborative

- Schimb de informație între aplicații / sisteme / echipe multidisciplinare distribuite.
- Enterprise Computing – reunirea unor sisteme de tip B2B, P2P, interoperabilitate

## II. Organizații Virtuale

Organizația Virtuală este conceptul aflat la baza Gridului. Prin definiție, un **Grid** permite "partajarea *coordonată a resurselor și rezolvarea problemelor în Organizații Virtuale (Virtual Organizations - VO) dinamice, multi-institutionale*". Detaliem separat noțiunile incluse în această definiție.

**VO** reprezintă instituții și/sau indivizi separați geografic, colaborând temporar pentru a realiza un scop comun, fără a se muta din locul lor. Caracteristica principală a VO este dinamicitatea, cu cele două aspecte relative la resurse și grupuri. Resursele sunt puse în comun pentru anumite intervale de timp (disponibilitate variabilă) și în anumite cantități (de exemplu, capacitatea de stocare sau numărul de procesoare oferite pot varia de la o perioadă la alta); în plus, își schimbă starea dinamic datorită posibilelor defecte aparute în sistem sau rețea. La rândul lor, grupurile de utilizatori se schimbă, în funcție de implicarea lor diferită în proiectul dezvoltat de VO.

Colaborarea presupune:

- Un scop comun
- Punerea în comun a resurselor și, implicit, acces la resurse ne-locale.
- Dimensiuni grupurilor de utilizatori sunt diverse:

Mari

de exemplu, fizicieni care colaborează pentru prelucrarea datelor culese de acceleratorul – Large Hadron Collider (LHC) de la CERN

Mici

de exemplu, grup de studenți care instalează Globus pentru experimente.

Partajare controlată a resurselor presupune ca furnizorii și consumatorii definesc clar regulile utilizării în comun:

- ce este partajat,
- cine partajază,
- condițiile în care această partajare se realizează.

Gridul se deosebește de sistemele distribuite "traditionale" prin câteva atribute:

- În Grid, există mai multe domenii de control (companii, unități de administrare ale unei companii, etc.) care induc contexte diferite pentru: securitate, politica de utilizare, plată, membership, etc.
- Gridul are scopuri specifice pentru întreaga comunitate (organizație virtuală), legate de:
  - Scalabilitate
  - QoS netrivială
  - Timp de răspuns, productivitate
  - Disponibilitate
  - Securitate
- Utilitatea sistemului combinat trebuie să fie semnificativ mai mare decât suma părților sale

- Gridul are protocoale și interfețe generale standardizate, deschise, pentru
  - Autentificare,
  - Autorizare,
  - Descoperirea resurselor,
  - Accesul la resurse, etc.

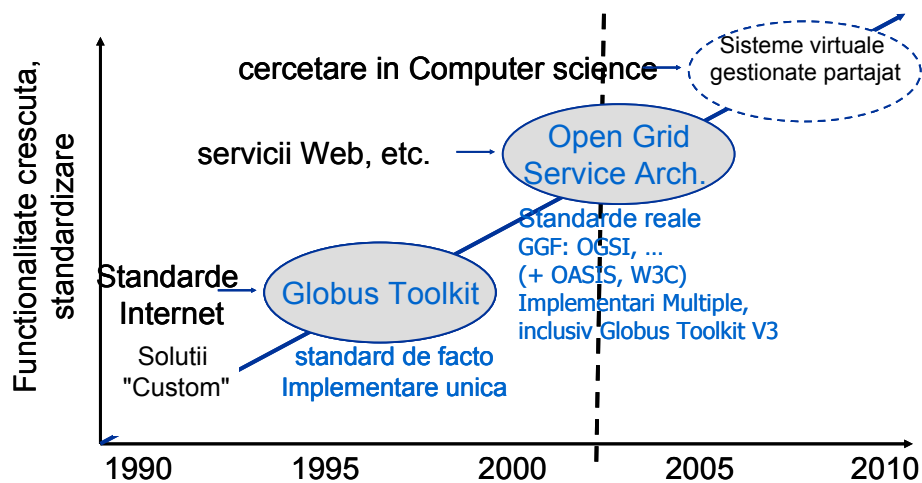
Standardele corespunzătoare sunt elaborate de Global Grid Forum

### III. Istoric

Conceptul de Grid este adoptat recent în sistemele de calcul, dar ideile de baza se regăsesc în propuneri anterioare referitoare la sisteme time-sharing sau la utilități de calcul.

- “Sistemele de calcul time-sharing pot uni un grup de investigatori .... o astfel de facilitate poate fi văzută ca o ... utilitate intelectuală publică.” - Fernando Corbato și Robert Fano , 1966
- “Vom asista probabil la răspândirea ‘utilitatilor de calcul’, care, la fel ca actualele utilitati de electricitate și telefonie, vor servi case individuale și birouri în toată țara.” - Len Kleinrock, 1967

Evoluția Standardelor de Grid deschise și a tehnologiilor Grid este ilustrată în figura următoare.



1990 - Soluții individuale de aplicații construite direct pe baza protocoalelor Internet, cu capacități limitate privind securitatea, scalabilitatea și robustețea.

1997 - Globus Toolkit 2.0 reprezintă un standard de facto care definește protocoale, API, servicii specifice Grid care să asigure interoperabilitatea și utilizabilitatea, cum ar fi:

- Grid Security Infrastructure (GSI),
- Monitoring and Discovery Service (MDS)
- Grid Resource Allocation Manager (GRAM),
- GridFTP

2002 - Se propune arhitectura orientată pe servicii, OGSA Open Grid Service Architecture, pentru a face alinierea cu modelul Serviciilor Web și dezvoltarea Gridului în convergență cu serviciile Web promovate de firmele de IT. Este definit conceptul de Serviciu GRID și se dezvoltă serviciile esențiale în Open Grid Service Infrastructure (OGSI). Experimentările sunt incluse în implementările GT3, GT3.2.

Globus Toolkit 4.0 lansat în 29 Aprilie 2005 este un pas înainte în dezvoltarea orientată pe servicii a arhitecturii OGSA. El experimentează serviciile cu stare, realizate prin agregarea serviciilor Web cu resursele, ca o nouă paradigmă de dezvoltare a serviciilor Grid, Web Service Resource Framework (WSRF).

#### IV. Exemple (gasiti detalii pe siturile proiectelor respective)

##### **Grid-uri de mari dimensiuni**

- IPG – Information Power Grid – NASA
- DOE Science Grid
- NSF TeraGrid
- NEESgrid – Network for Earthquake Engineering and Simulation
- EU DataGrid
- LHC – Large Hadron Collider
- EUROGRID
- E-Science Grid (UK)
- Asia-Pacific Grid
- EGEE

##### **Câteva infrastructuri**

- Extensible TeraGrid Facility (ETF)
- ESnet
- Abilene Network

##### **Proiecte de dezvoltare a Grid-ului**

- Globus Toolkit
- Condor-G (agent Grid pentru acces la sisteme batch la distanta)
- Cactus (portal Grid)
- UNICORE (infrastructura de portal cu scop general)
- Access Grid (interactiune umana grup-la-grup prin Grid)
- Monitorizare: GridICE, MonALISA, Ganglia

##### **Aplicații - 1**

- <sup>my</sup>Grid (suportă experimente în bioinformatică)
- Grid Physics Network - GriPhyN
- Desktop Grid (descoperire medicamente)
- Butterfly Grid (infrastructură de jocuri cu mai mulți jucători)
- CoAKTinG (Collaborative Advanced Knowledge Technologies on the Grid)
- EGEE - Enabling Grids for E-science and industry in Europe

##### **Aplicații - 2**

- Particle Physics DataGrid - PPDG
- Simulari dinamica moleculara – AMBER
- Earth System Grid - ESG
- Network for Earthquake Eng. Simulation Grid – NEES
- National Virtual Observatory – NVO
- Grid Portals
  - GRID PORTAL DEVELOPMENT KIT (GPKD)
  - Open Grid Computing Environments Collaboratory (OGCE)
  - P-GRADE Grid Portal
- NEESgrid: Network for Earthquake Engineering Simulation
  - infrastructura nationala de conectarea inginerilor in fizica Pamantului cu facilitati experimentale, baze de date, calculatoare, & intre ei
  - Acces la cerere la experimente, date, calcul, arhive, colaborare
- Network for Earthquake Engineering Simulation

- Data Grids pentru Fizica Nucleară
- Acces Online la Instrumente Științifice
- FightAIDS@home - Calculatoare personale evaluează medicamente anti SIDA
  - Comunitate
    - mii de calculatoare personale
    - vanzator filantropic de calculatoare (Entropia)
    - grup de cercetare (Scripps)
  - Scop comun = cercetare avansată SIDA
- National Virtual Observatory

#### IV. Arhitectura GRID orientată pe protocoale

Modelul de inspirație pentru această arhitectură este Internet-ul. Se folosește aceeași terminologie: entități, interfețe, protocoale & servicii Grid, precum și aceeași organizare ierarhică. Abordarea este similară pentru APIs, doar că vorbim despre Grid APIs & SDKs specifice pentru facilitarea scrierii aplicațiilor Grid.

Caracteristici ale protocoalelor și serviciilor Grid. Majoritatea protocoalelor Grid sunt extensii de protocoale existente. De exemplu, pentru transferul fișierelor găsim GridFTP ca extensie a FTP-ului din Internet. Protocoalele reglementează accesul resurselor la distanță și comunicarea în Grid. Pentru servicii, alături de cele clasice găsim servicii noi, cum ar fi cele de brokeraj de resurse, care caută cea mai bună potrivire între cererile de resurse ale utilizatorilor și ofertele de resurse ale proprietarilor, pe baza caracteristicilor (funcționale și de performanță) ale resurselor necesare utilizatorilor și a caracteristicilor (care pot include și diferite constrângeri, de exemplu limitări privind disponibilitatea resurselor sau VO-urile cărora resursele le pot fi atribuite) ale resurselor oferite de proprietari.

Modelul este ierarhic, fiecare nivel al ierarhiei putând folosi serviciile oferite de nivelele inferioare. Dam o descriere succintă a fiecărui nivel.

**Fabrică.** Furnizează resursele folosite în Grid, ca entități logice – de ex. sisteme de fișiere distribuite – sau entități fizice – de ex. clustere. Nivelul implementează operații folosite de nivelele superioare, grupate în trei categorii:

1. de introspecție – descoperire a structurii, stării și capacităților resurselor;
2. de gestiune a calității serviciilor oferite;
3. plus operații specifice fiecărui tip de resursă.

Operațiile diferă de la o categorie de resurse la alta. Pentru resurse computaționale, operațiile se referă la:

- pornirea de aplicații,
- monitorizarea și controlul execuției (de exemplu controlul rezervării în avans),
- funcții de interogare (pentru aflare caracteristici hard&soft, încărcare, dimensiunea cozii)

Pentru resurse de memorare (storage):

- citire/salvare fișiere, inclusiv transfer de la o sursă la o destinație controlat de o a treia parte,
- mecanisme de management al transferului (spațiu disc, lățime de bandă, CPU)

Pentru rețea:

- controlul resurselor alocate transferului (priorități, rezervare)
- funcții de interogare (pentru aflarea încărcării, caracteristicilor)

**Conectivitate.** Asigură comunicarea între componente de nivel Fabrică folosind protocoale de transport, rutare, nume. A doua funcție importantă se referă la autentificare.

Protocoalele de comunicare sunt derivate din stiva TCP/IP (IP, TCP, UDP, TLS, DNS ...), dar alte protocoale specifice Grid-ului pot fi adăugate, în special cele pentru noile medii de transmisie de performanță foarte înaltă.

Autentificarea se referă la verificarea identității utilizatorilor și resurselor dintr-o organizație virtuală. Cele mai importante cerințe se referă la:

- Single sign-on -> o singură autentificare, acces la toate resursele GRID fără intervenția ulterioară a utilizatorului, chiar dacă se folosesc resurse diferite, din domenii administrative diferite.
- Delegarea drepturilor -> rularea/accesul la resurse pe seama drepturilor utilizatorului pentru care se execută programul, cu posibilitatea de transmitere a unui subset al drepturilor către alte procese apelate de aplicație (delegare restricționată a drepturilor).
- Integrarea / Interoperare cu soluțiile de securitate locale.
- Relații de încredere bazate pe reputația utilizatorilor și nu pe legăturile existente între resursele distribuite accesate. De exemplu, un utilizator care are dreptul de acces la resursele A și B din domenii diferite, să poată folosi A și B împreună fără a fi nevoie de o legătură la nivelul administratorilor resurselor A și B.
- Criptarea informației pentru protecție pe timpul transferului.

**Resurse.** Se referă la partajarea unei singure resurse; includ protocoale pentru negociere, inițializare, monitorizare, control, logare și plata la nivelul unei singure resurse. Folosește nivelul Fabrică pentru a accesa și controla resursa locală. Definiște două categorii de protocoale la nivel Resursă:

- Informare: pentru a afla structura și starea unei resurse (configurarea, load, politici de utilizare – de ex. cost).
- Management: negociere acces, specificare cerințe (rezervare, QoS), pornirea operației, monitorizare, controlul operației.

**Colectiv.** Nivelul definește servicii și protocoale pentru colecții de resurse. Serviciile principale oferite la nivel global, peste resursele utilizate includ:

- Directoare -> descoperirea resurselor / proprietăților acestora la nivel de Organizație Virtuală
- Co-alocare resurse, Scheduling, Servicii de Broker
- Monitorizare și diagnosticare a resurselor Organizației Virtuale
- Replicarea datelor.

Nivelul Colectiv mai poate adresa probleme de:

- Autorizare la nivel de Organizație Virtuală
- Descoperire software
- Plată și accounting la nivel de comunitate/VO

Instrumente de dezvoltare a programelor care pot utiliza infrastructura Grid definesc și invocă funcții ale nivelului Colectiv. Exemple de astfel de instrumente / sisteme:

- Sisteme de dezvoltare de aplicații Grid-enabled (de ex pentru MPI)
- Sisteme de fluxuri de activități (workflow)
- Servicii colaborative.

**Aplicație.** Aplicații utilizator – apel servicii aflate la orice nivel. Se bazează pe utilizarea de API-uri și SDK-uri pentru oricare nivel al arhitecturii. De asemenea, există limbaje de programe / framework-uri pentru dezvoltarea aplicațiilor. Exemple:

- MPICH
- Motif Widgets

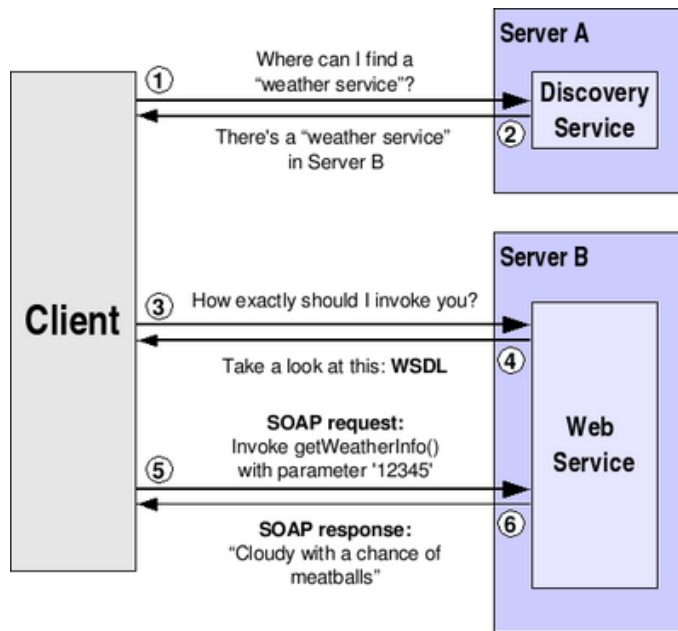
Dintre protocoalele experimentate în Globus Toolkit™ V-2 menționăm:  
nivel Conectivitate:

- **Securitate:** Grid Security Infrastructure (GSI)  
nivel Resurse:
- **Management Resurse :** Grid Resource Allocation Management (GRAM)
- **Servicii Informație :** Grid Resource Information Protocol (GRIP)
- **Transfer Date :** Grid File Transfer Protocol (GridFTP)

## VI. Arhitectura GRID orientată pe servicii

**Servicii Web - Web services.** Tehnologie (similară CORBA, RMI, EJB etc.) pentru dezvoltarea aplicațiilor client-server și model software proiectat să suporte interacțiuni interoperabile, mașină la mașină, prin rețea. Serviciul WEB are o interfață descrisă într-un format care poate fi procesat de mașină: WSDL - Web Service Description Language. Serviciile WEB sunt invocate în conformitate cu un protocol, de obicei SOAP (posibil alte protocoale). Mesajele SOAP sunt uzual transmise peste HTTP (teoretic se poate și altceva) și conțin XML împreună cu alte standarde Web Services.

O invocare Web Service tipică (<http://gdp.globus.org/gt4-tutorial/multiplehtml/ch01s02.html>)



Serviciile Web ofera:

- Interoperabilitate
- Standarde / Specificații Comune – Efort susținut pentru a avea aceste specificații
- Ușor de utilizat / combinat cu alte servicii web deja existente
- Independență de limbajul de programare / implementări diferite peste același limbaj – limbajul utilizat pentru a schimba mesaje XML
- Folosind aceleași specificații este ușor de realizat sisteme distribuite sub diferite tehnologii.

Un document WSDL definește un serviciu web prin următoarele elemente:

- <portType>  
indica numele serviciului și reunește toate operațiile oferite de serviciu
- <operation>  
Numele operației, parametrii de intrare și de ieșire
- <message>  
Mesajele schimbate de serviciu

- <types>  
Tipurile de date utilizate de serviciu
  - <bindings>  
Elemente concrete relative la formatul mesajelor și protocolul de comunicație utilizat de serviciu.
  - Simple Object Access Protocol - SOAP  
Protocol de comunicație între aplicații, proiectat să fie utilizat peste Internet  
Format pentru schimb de mesaje bazat pe XML
  - <Envelope>  
identifică documentul XML ca un mesaj SOAP  
Specifică versiunea SOAP
  - <Header>  
Informații opționale de nivel aplicație – semnătură digitală pentru servicii protejate, cont pentru plata serviciului
  - <Body>  
Apelul/Raspunsul transportate
  - <Fault>  
Informații despre tratarea eventualelor erori apărute
- De obicei mesajele SOAP sunt transmise peste HTTP -> trafic nefiltrat de firewall

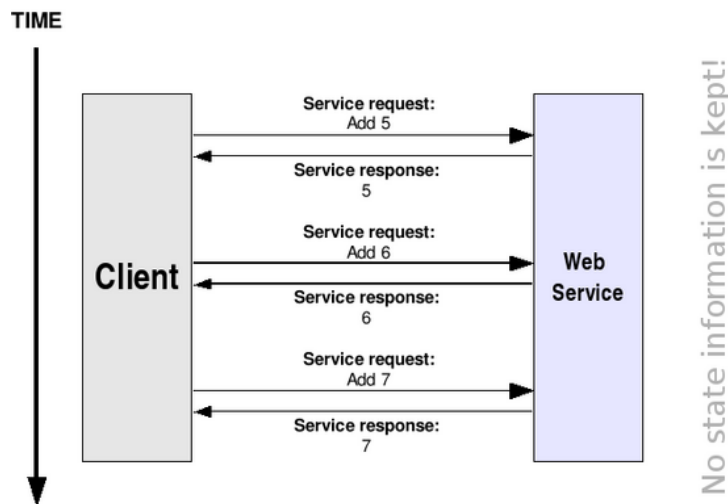
### Open Grid Services Architecture - OGSA

Definește o arhitectură Grid orientată pe servicii, reprezentând "cheia" pentru virtualizarea sa eficientă. (<http://www.gridforum.org/documents/GWD-I-E/GFD-I.030.pdf>) OGSA face standardizarea serviciilor comune din aplicațiile bazate pe Grid:

- management job-uri,
- management servicii,
- securitate etc.

Construit pe servicii Web, cu adaugarea resurselor pentru pastrarea și operarea supra atributelor de stare.

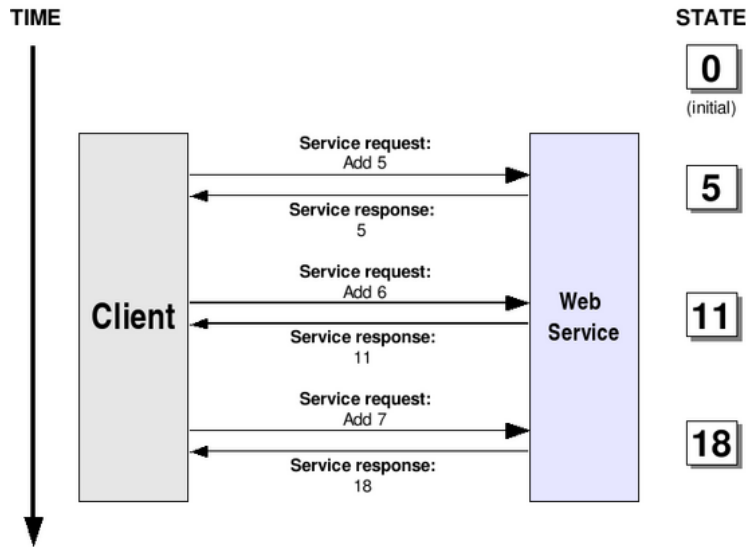
Uzual, serviciile Web nu gestionează starea. Figura arată comportamentul unui serviciu care ar



trebuie să acumuleze valorile transmise la fiecare invocare, pornind de la valoarea inițială 0. Deoarece serviciul nu păstrează starea lăsată de invocarea precedentă, răspunsul reflectă doar modificarea produsă de invocarea curentă.



Invocarea unui Web Services "statefull" ar trebui sa produca efectul din figura urmatoare.



Efectul se poate realiza prin includerea starii in serviciu (intr-o implementare orientata pe obiecte aceasta s-ar putea realiza prin definirea unor atribute asociate obiectelor). O alta varianta este separarea dintre serviciu si stare. Starea este păstrată separat de serviciu, iar resursa reprezinta entitatea care păstrează starea. In acest caz, invocarea specifica nu doar serviciul, ci si resursa implicata in realizarea operatiei. Perechea "serviciu + resursa" formeaza o noua entitate, o WS-resource, a carei adresa este data de o referinta specifica, endpoint reference (construita dupa regulile specifice de adresare a acestui tip de entitati, WS-addressing).

Specificatia care descrie acest model este Web Service Resource Framework, WSRF. Ea are mai multe componente:

#### WS-ResourceProperties

arată cum sunt definite și accesate proprietățile (valori cu tip) asociate cu WS-Resource descriere în interfața WSDL

Ex.: Filename, Size, Descriptors

#### WS-ResourceLifetime

include mecanisme pentru managementul ciclului de viață al WS-Resource

#### WS-ServiceGroup

descrie o interfața pentru operarea colectiilor de WS-Resources  
are operații de genul

'add new service to group'

'remove this service from group'

'find a service in the group that meets condition FOOBAR'

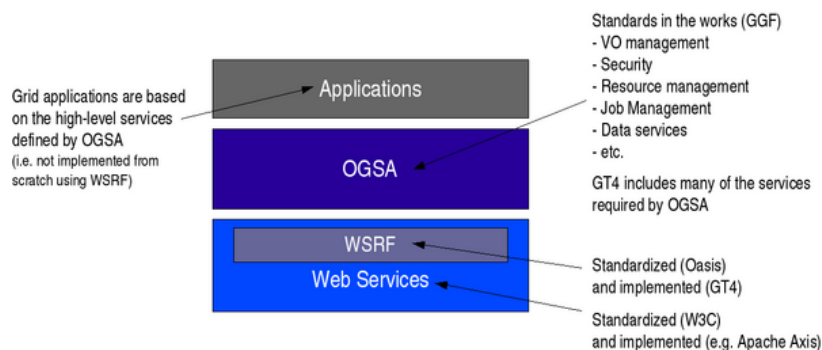
baza serviciilor de descoperire și acces prin single point of entry

#### WS-BaseFaults

raportare standard a defectelor la invocarea unui WS-Service.

(vezi <http://gdp.globus.org/gt4-tutorial/multiplehtml/ch01s03.html>)

## Ierarhia OGSA, GT4, WSRF și Web Services



Aceasta schema explica relatia dintre OGSA, GT4, WSRF si Web Services. Notatiile folosite sunt urmatoarele:

GT4 – Globus Toolkit v4

GGF – Global Grid Forum (<http://www.ggf.org/>, <http://www.globalgridforum.org/>) sau OGF –

Open Grid Forum adopta standarde deschise pentru calculul distribuit

W3C – World Wide Web Consortium (<http://www.w3.org/>) dezvolta tehnologii interoperabile pentru Web

OGSA – Open Grid Services Architecture

WSRF – Web Services Resource Framework

Oasis - Organization for the Advancement of Structured Information Standards

(<http://www.oasis-open.org/home/index.php>) adopta standarde deschise pentru societatea informationala

### GT4.0 specificații WS

Sunt patru categorii de componente:

Common Runtime – biblioteci si instrumente pentru a construi servicii dupa modelul WS si non-WS.

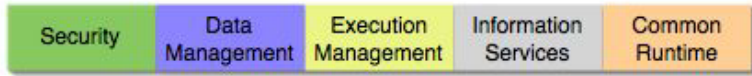
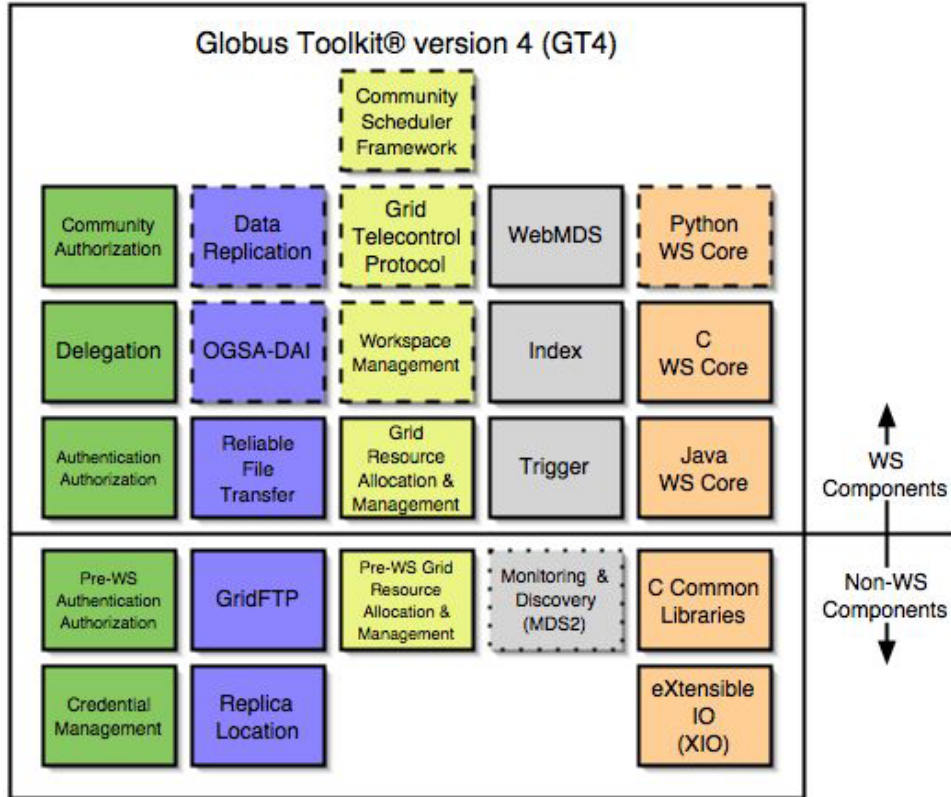
Security – componente de securizare bazate pe GSI (Grid Security Infrastructure).

Data management – gestiunea colectiilor mari de date in VO, in special replicarea si transferul datelor.

Information services – numita si Monitoring and Discovery Services (MDS), include componente pentru descoperirea si monitorizarea resurselor in VO.

Execution management – initierea, monitorizarea, managementul, planificarea si coordonarea joburilor.

GT4 include atat componente dezvoltate dupa modelul WS, cat si componente non-WS.



- Core GT Component: public interfaces frozen between incremental releases; best effort support
- Contribution/Tech Preview: public interfaces may change between incremental releases
- Deprecated Component: not supported; will be dropped in a future release