

## LE GRIGLIE COMPUTAZIONALI di Federico Ruggieri

*Nell'ultimo anno sono stati lanciati numerosi progetti di GRID Computing, sia a livello Italiano che Europeo e Mondiale. Il calcolo su GRID sembra essere una nuova parola d'ordine in campo informatico. In questo articolo si cerca di spiegarne le origini e l'attuale stato dell'arte.*

### INTRODUZIONE

Alla fine degli anni '80 ha avuto origine al CERN il *World Wide Web* per rispondere alle esigenze di una nuova generazione di esperimenti condotti da scienziati riuniti in collaborazioni di un ordine di grandezza più grandi e più distribuite nel mondo di quelle esistenti fino ad allora.

Quella generazione di esperimenti è giunta a conclusione ed il CERN sta realizzando un nuovo acceleratore, il Large Hadron Collider (LHC), per una nuova serie di esperimenti che avrà bisogno di calcolo, rete ed archiviazione di dati che non hanno precedenti ed eccedono di gran lunga quelli attualmente disponibili.

Una nuova visione per affrontare queste problematiche di calcolo e accesso a grandi quantità di dati in maniera distribuita è emersa da qualche anno negli Stati Uniti ed è stata chiamata GRID in analogia con le reti (grid) di distribuzione dell'energia elettrica.

La GRID computazionale estende lo stesso concetto di una rete elettrica ad un insieme di risorse di calcolo che comprende super calcolatori, grandi farm di computers, accesso ad enormi basi di dati, informazioni, strumenti per il lavoro collaborativo a distanza e, sotto tutto ciò, una rete di trasmissione dati ad alta velocità. Tutte queste risorse sono rese disponibili a tutti, in modo trasparente, per mezzo di un nuovo strato software, chiamato "*middle-ware*", che mira a facilitare il lavoro distribuito in un modo totalmente nuovo e che potrebbe diventare il WEB del futuro.

### LE ORIGINI

Ci sono due modi, almeno, per vedere la tecnologia GRID ed entrambi gli approcci hanno un'origine storica. Il primo modo è

quello di considerare GRID come una evoluzione dei concetti di *Meta-Computing* che nel passato decennio hanno visto collaborare, negli Stati Uniti, grossi centri di supercalcolo per la realizzazione di infrastrutture di calcolo ad alte prestazioni. Questa tematica si è sempre scontrata con la necessità di avvicinare l'utenza e di attirarla presso i centri della rete.

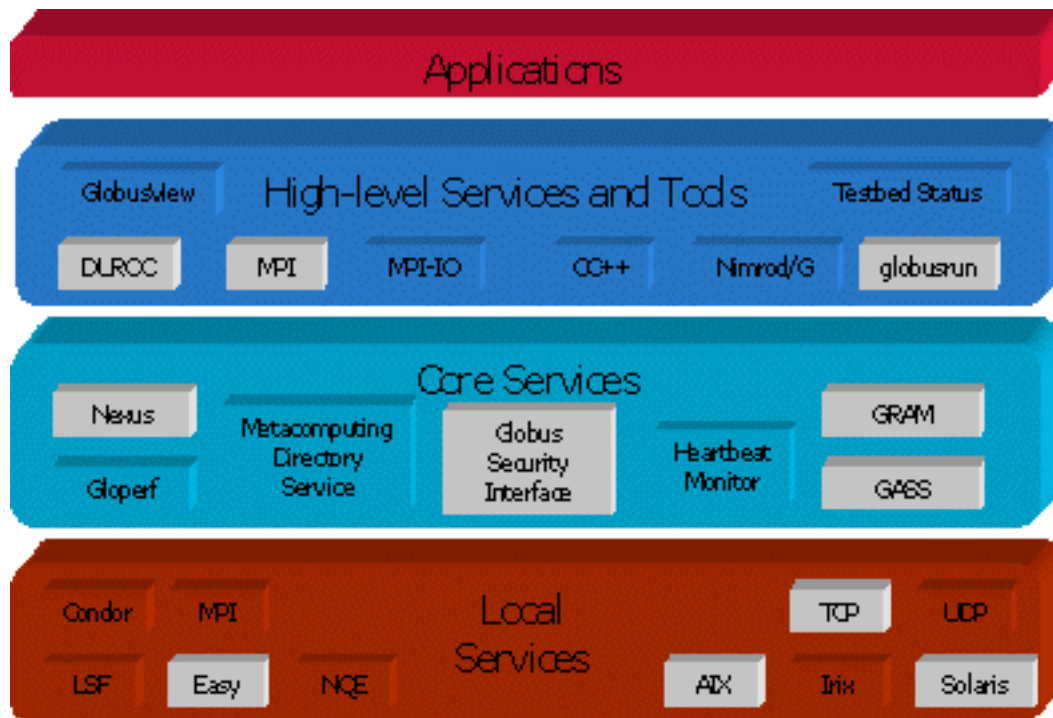
Il secondo approccio è quello di considerare GRID come un'evoluzione del Calcolo Distribuito e del *World Wide Web*, con l'idea che sia possibile estendere il concetto del web di "informazione distribuita" ad un concetto più generale di "risorse distribuite". Dal mondo Web la tecnologia GRID dovrebbe ereditare la facilità di utilizzo e di accesso, nonché l'universalità. Questa visione pervasiva di GRID, che potrebbe diffondersi fino al singolo Personal Computer in casa degli utenti, pur essendo molto affascinante è ancora lontana.

Entrambe le interpretazioni sono vere e riflettono le enormi possibilità che la tecnologia GRID ha di soddisfare domande eterogenee di risorse di calcolo.

Il vangelo di GRID è in un libro edito da Ian Foster e Karl Kesselman<sup>[1]</sup> ed ormai famoso in tutto il mondo. Sulla scia delle proposte contenute in esso, si sono sviluppati negli ultimi anni numerosi progetti legati a GRID.

### I PROGETTI

L'antesignano è il progetto Americano GLOBUS<sup>[1]</sup>, che è diretto dagli stessi Foster e Kesselman e che si propone di realizzare lo strato di software intermedio (*middle-ware*) che serve per collegare i vari servizi di Grid fra loro e con gli strati sottostanti e soprastanti. Sul *tool-kit* di GLOBUS sono basate la grande maggioranza delle implementazioni di GRID esistenti.

Figura 1. Schema del *Middleware* GLOBUS

La fisica delle alte energie ed il CERN avevano lanciato il progetto MONARC<sup>[9]</sup> che si proponeva di modellizzare opportunamente il calcolo necessario agli esperimenti di LHC.

Il Progetto ha proposto uno schema basato sulla distribuzione delle risorse di calcolo necessarie in Centri Regionali di vario tipo, chiamati Tier1, Tier2, Tier3, Tier4.

Il modello prevede anche un solo Tier0 situato al CERN per la produzione dei dati sperimentali.

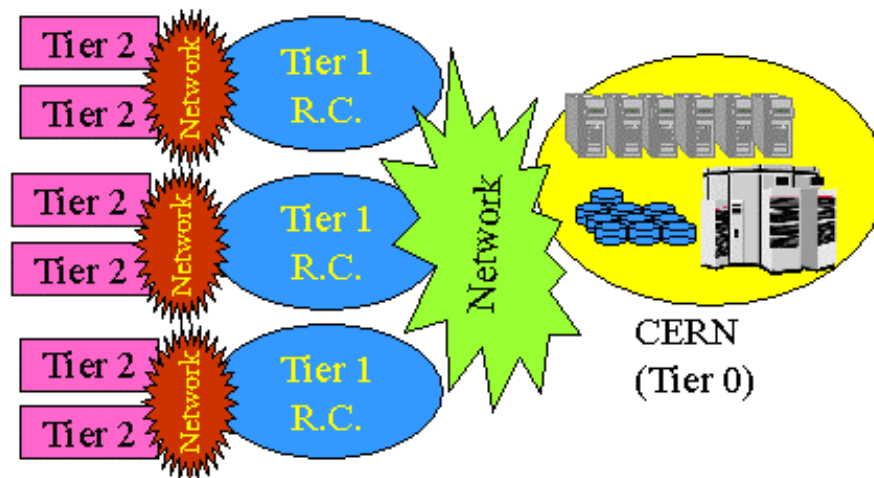
Tale modello, però, mancava della definizione di quale software lo avrebbe reso possibile e con quali strumenti esso sarebbe stato implementato. A tutto ciò sembra dare risposta GRID ed è questo il motivo per cui lo *High Energy Physics Computing Coordinating Committee* ha spinto e favorito la creazione di un progetto Europeo, DataGrid (EDG), capitanato dal CERN.

EDG ha proposto nel 2000 un programma ambizioso, da svolgere in 3

anni, per la dimostrazione, su ampia scala internazionale, delle reali potenzialità della tecnologia GRID e per la conseguente realizzazione di tutto il middleware necessario. Il progetto si è concentrato sugli aspetti applicativi di tre filoni scientifici: Fisica della Alte Energie, Biologia ed Osservazione della Terra; tali settori sono ampiamente rappresentati nel progetto da organizzazioni internazionali come il CERN e l'ESA e da grandi enti nazionali come il CNRS francese, l'INFN italiano o PPARC inglese.

L'INFN ha precorso i tempi avviando, prima dell'approvazione del progetto Europeo, un suo progetto speciale dedicato a GRID come strumento per il calcolo dei futuri esperimenti. INFN-GRID ha contribuito in maniera significativa all'apporto Italiano alla tecnologia GRID ed al supporto di personale e mezzi per la realizzazione del progetto Europeo.

Figura 2. Schema dei Centri Regionali alla MONARC



Nel 2001 è stato lanciato un ulteriore progetto Europeo, DataTAG, per la realizzazione di una interoperabilità fra le tecnologie di Griglia sviluppate in Europa e quelle realizzate negli Stati Uniti. Tale interoperabilità è, infatti, di fondamentale importanza per tutti i progetti scientifici, basati su collaborazioni internazionali, che vogliono accedere alla tecnologia GRID per risolvere le loro peculiari necessità di risorse di calcolo.

Dal lato Statunitense, infatti, l'attività non si è fermata con GLOBUS, ma si è sviluppata in una serie nutrita di progetti GRID orientati a varie applicazioni: Condor<sup>[4]</sup>, *The Particle Physics Data Grid*<sup>[5]</sup>, *The GriPhyn project*<sup>[6]</sup>, *NASA's Information Power Grid*<sup>[7]</sup>, *International Virtual Data Grid Laboratory*<sup>[13]</sup>, *TeraGrid*<sup>[14]</sup>.

Lo sforzo mondiale di standardizzazione nel campo viene invece promosso all'interno del *Global Grid Forum*<sup>[1]</sup>, una organizzazione senza fini di lucro, sullo stile di quanto è stato fatto nel campo di Internet con l'IETF<sup>[12]</sup>.

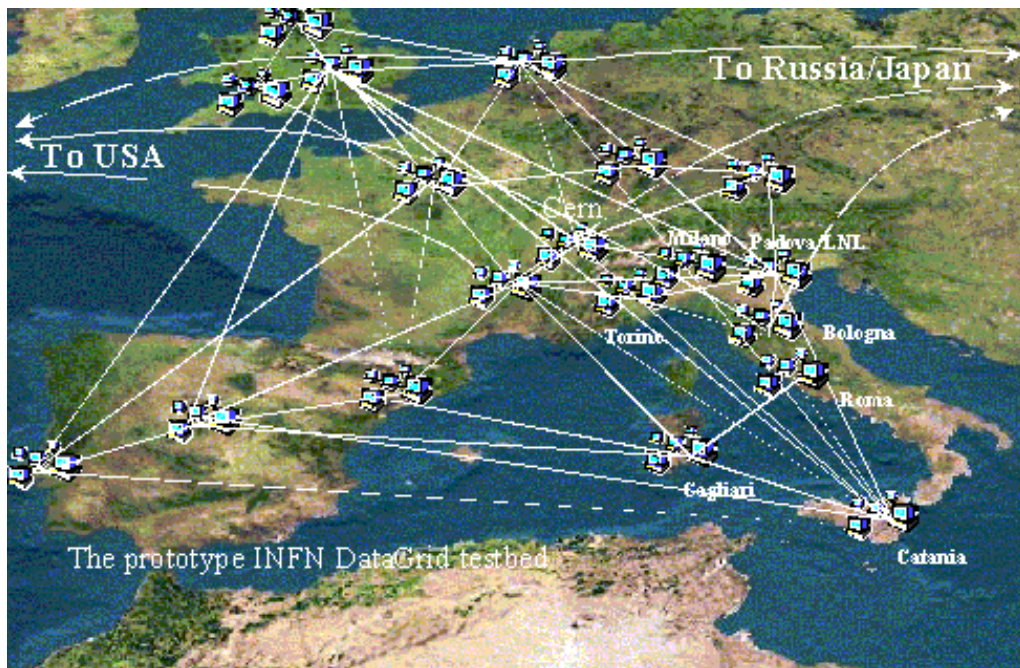
## LO STATO DELL'ARTE

L'attuale situazione della tecnologia GRID è abbastanza promettente: EDG dopo aver dimostrato alla fine del 2001, primo anno di lavoro, una versione funzionante, anche se non ancora stabile e completa, ha in corso di installazione su un ampio test-bed Europeo una nuova versione che sarà sottoposta a stress di produzione massiccia da parte di alcuni utenti pilota. Al test-bed internazionale partecipano molte sedi Italiane a Bologna, Catania, Milano, Padova, Roma, Torino, ecc., insieme ad altre Francesi (Lione), Inglesi (Rutherford) ed Olandesi (Amsterdam-Nikhef), oltre al CERN (Ginevra) che è il coordinatore del Progetto.

Per il prossimo anno dovrebbe essere disponibile la versione 2 che dovrebbe garantire maggiori funzionalità, performance, scalabilità e stabilità.

Una delle componenti più significative del *middleware* di EDG è il Resource Broker che viene sviluppato sotto la responsabilità italiana dell'INFN. Questo componente, provvede a cercare sulla GRID le risorse che meglio soddisfano le richieste formulate da un utente ed a sottoporre a queste risorse il lavoro da svolgere.

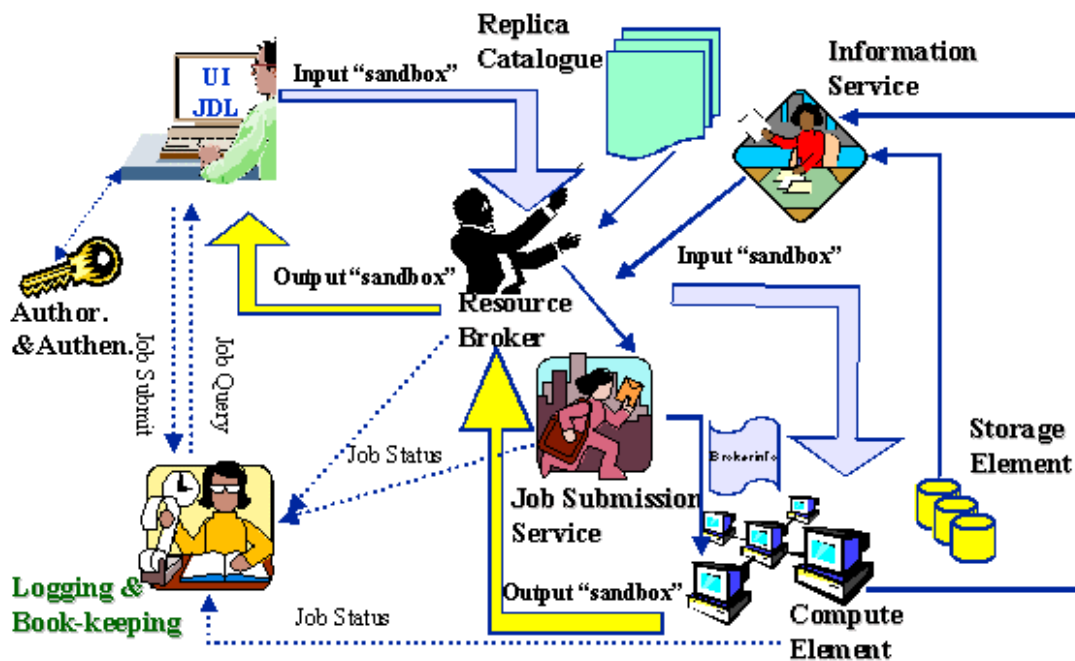
Figura 3. Integrazione Test-bed INFN e DataGrid



Il Funzionamento del meccanismo di *brokering* è molto legato a due fattori: la disponibilità di informazioni aggiornate sulle risorse disponibili ed una buona

definizione delle necessità di risorse dell'utente.

Figura 4. Schema di funzionamento del *Resource Broker* di DataGrid



Per risolvere la prima questione sono utilizzati dei server di informazione indicizzati che contengono tutta l'informazione necessaria ed accessibile attraverso un albero LDAP<sup>[15]</sup> che è organizzato in maniera gerarchica.

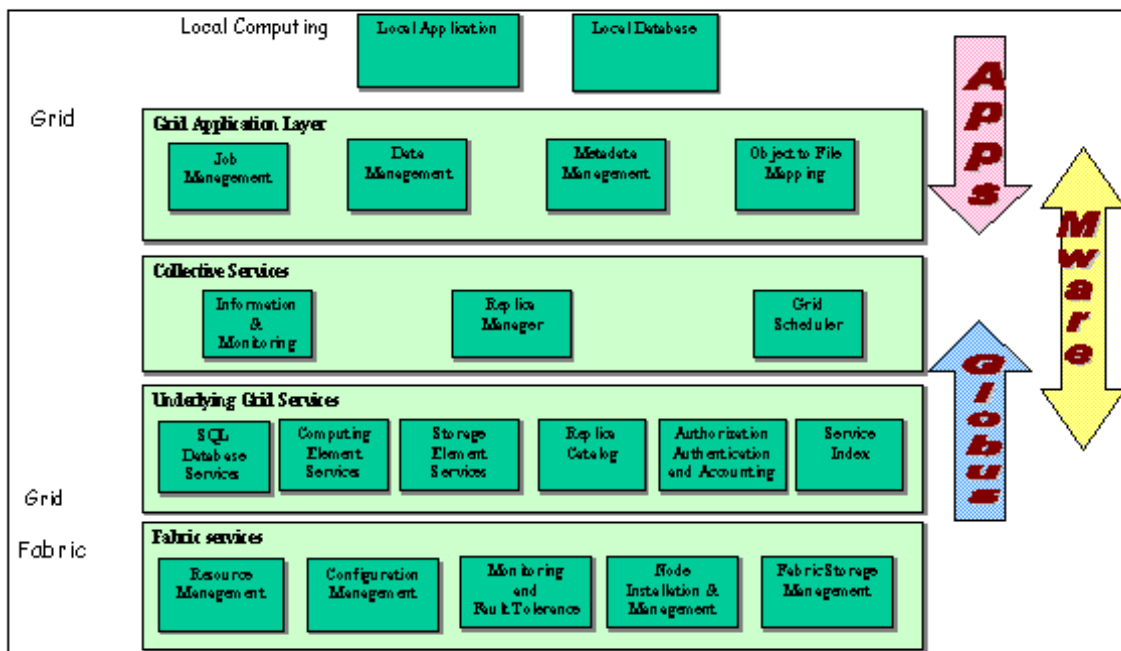
Per standardizzare la definizione delle necessità dell'utente, riguardo alle risorse, si è definito un linguaggio apposito JDL (*Job Description Language*) dove l'utente può elencare le proprie richieste in un formato facilmente riconoscibile dal *Resource Broker*.

Per facilitare l'accesso a queste tecnologie si è anche pensato, all'interno dell'INFN di

fornire una sorta di portale che sollevasse l'utente dalla necessità di eseguire comandi complessi e ne limitasse le possibilità di errore. Per tale scopo è nato GENIUS, in collaborazione con la ditta NICE.

L'architettura completa di EDG, include anche alcune componenti fondamentali come: il *Monitoring* per controllare lo stato delle risorse di GRID, il Data Management con nuovi servizi quali il Replica Catalog che permette di avere varie versioni di uno stesso file sulla GRID, ed altro. Le varie componenti sono schematicamente mostrate nella Figura 5.

Figura 5. Schema dei componenti architetturali di DataGrid



## LE RISORSE

Un altro aspetto interessante è che l'evoluzione del concetto di GRID è, in qualche modo, agganciato all'evoluzione che la tecnologia degli strumenti di calcolo e delle reti ha avuto negli ultimi anni. Nel 1965 Gordon E. Moore, cofondatore della Intel, scoprì casualmente che l'evoluzione della tecnologia dei microprocessori stava quasi perfettamente su una retta che

raddoppiava le prestazioni ogni 24 mesi. Da allora questa, che viene comunemente definita come "Legge di Moore", viene applicata alla tecnologia in generale per scoprirne i *trends* e predirne l'evoluzione a breve e medio termine.

L'attuale evoluzione della tecnologia ha permesso di realizzare dei nuovi modi di interpretare i computers ed, in particolare, la realizzazione delle cosiddette FARM di computers basati sulla tecnologia

“consumer”, come quella dei PC domestici, ma con maggiore compattezza. In un armadio standard da 19 pollici di larghezza e 2 metri di altezza si possono oggi ospitare circa 40 macchine biprocessore come mostrato in figura.

Una analoga evoluzione c'è stata per le memorie disco che oggi, con sistemi di assemblaggio di più dischi in stringhe di tipo RAID (*Redundant Array of Inexpensive Disks*) permette di raggiungere archivi in linea dell'ordine delle decine e, presto, delle centinaia di TeraBytes ( $10^{12}$  Bytes).

Tutte queste risorse sono utilizzabili in rete locale, dove ormai si usa il Gigabit Ethernet, o anche in rete geografica dove, con l'avvento delle nuove infrastrutture per la ricerca: GARR<sup>[10]</sup> in Italia e GEANT<sup>[11]</sup> in Europa, si possono raggiungere prestazioni vicine alla rete locale.

Tutto ciò porta naturalmente a prevedere la possibilità di una condivisione delle risorse ed una loro distribuzione geografica. Il passo successivo è GRID.

## EVOLUZIONE E FUTURO

L'attuale sviluppo ed implementazione di Middleware GRID è effettuato, come si è detto, a partire dal software di GLOBUS, nonostante questo fosse inteso più come dimostrativo, che come strumento di produzione. Questo, se da una parte ha accelerato il processo di sviluppo del middleware e delle dimostrazioni, dall'altro ha mostrato come la necessità di avere una GRID europea e mondiale in produzione ponesse delle severe richieste di affidabilità e robustezza implementativa che hanno reso necessarie molte interazioni con gli sviluppatori di Globus e numerose riscritture del codice originale. Le operazioni di irrobustimento e correzione, sono andate in competizione con l'evoluzione stessa del tool e con i programmi del progetto Globus per i rilasci di nuove versioni, anche se lo spirito collaborativo, da entrambe le parti, è stato sempre molto elevato.



Nel frattempo, Foster e Kesselman hanno proposto una nuova architettura, basata su servizi Web, chiamata OGSA (*Open Grid Services Architecture*) che ha ricevuto il supporto di organizzazioni governative come il DoE, NSF, la NASA e di grandi imprese come IBM e Microsoft. Tale nuova architettura si propone di veicolare, attraverso servizi orientati al web, le funzioni di Grid e di renderle, in tal modo, più fruibili dal grande pubblico nonché più standard e di facile implementazione da parte delle ditte.

Nonostante i progetti DataGrid e DataTAG non siano ancora terminati, c'è già notevole fermento per i nuovi progetti che potranno essere proposti alla Comunità Europea (CE) nell'ambito del 6° Programma Quadro (FP6). Nell'ottica di preparazione per tale programma, sono state richieste espressioni di interesse dalla CE che hanno portato a molte proposte, una delle quali (EGEE) viene dalla stessa comunità che ha lanciato i primi progetti di GRID in Europa. La CE ha già scritto esplicitamente nel programma che prevede di investire una cifra orientativa di circa 300 M€ in Reti e GRID nel corso del FP6.

## CONCLUSIONI

Le tecnologie di Grid stanno uscendo dalla fase puramente sperimentale per cimentarsi sul difficile terreno delle produzioni di massa con applicazioni di utente. Per la Fisica delle Alte Energie si tratta di una grande scommessa che, se vinta, risolverà in maniera elegante e, soprattutto, generale il problema del calcolo

distribuito dei nuovi grandi esperimenti. In questa avventura la Big Science ha avuto un ruolo determinante, nella fase di partenza e nel mantenere alto il livello di attenzione per una rapida convergenza dei risultati. Per la prima volta, su una scala mondiale, si è pensato di risolvere un problema di calcolo di un ambito scientifico con una soluzione che fosse il più possibile generale ed universale, con tutti i vantaggi di manutenibilità che questo comporta per il futuro.

## NOTE

- [1]The Grid: Blueprint for a New Computing Infrastructure, Edited by Ian Foster and Carl Kesselman, July 1998 ISBN 1-55860-475-8 (<http://www.mkp.com>)
- [2]GLOBUS: <http://www.globus.org/>
- [3]Per ottenere informazioni sullo sforzo di standardizzazione delle grid nel mondo vedi: <http://www.gridforum.org>
- [4]CONDOR: <http://www.cs.wisc.edu/condor/>
- [5]PPDG: <http://www.cacr.caltech.edu/ppdg/>
- [6]GRIPHYN: <http://www.phys.ufl.edu/~avery/mre/>
- [7]NASA: <http://www.nas.nasa.gov/ipg/>
- [8]DATAGRID Project: <http://www.cern.ch/Grid/>
- [9]MONARC Project: <http://MONARC.web.cern.ch/MONARC/>
- [10]GARR : <http://www.garr.it/>
- [11]GEANT: <http://www.dante.net/geant.html>
- [12]Internet Engineering Task Force: <http://www.ietf.org/>
- [13]IVDGL : <http://www.ivdgl.org/>
- [14]TeraGrid : <http://www.teragrid.org/>
- [15]Lightweight Directory Access Protocol : <http://www.ietf.org/rfc/rfc1777.txt>
- [16]GENIUS Portale : <https://genius.ct.infn.it/>

## FEDERICO RUGGIERI

*Federico Ruggieri è Direttore di Ricerca dell'INFN e dirige il Centro Nazionale per la Ricerca e lo Sviluppo nelle Tecnologie Informatiche e Telematiche (CNAF) dell'INFN a Bologna. Egli è anche fra i promotori del Progetto Europeo DataGRID. Nato a Bari il 3.7.52 e Laureato in Fisica, si è sempre occupato, presso la Sezione INFN di Bari, di Calcolo ed Acquisizione dati nel campo della Fisica Nucleare e subnucleare, partecipando a numerosi esperimenti al CERN ed a Frascati. Egli è anche membro dell'Organismo Tecnico Scientifico (OTS) della rete GARR, una commissione tecnica del MIUR ed è stato per alcuni anni Chairman dello High Energy Physics Computing Coordinating Committee (HEP-CCC) il comitato Europeo che coordina le attività di Calcolo della HEP.*

### Contatti:

INFN-CNAF  
Tel. 051-6092747

Viale Berti Pichat 6/2  
Fax. 051-6092746

40127 Bologna  
E-mail: [Federico.Ruggieri@cnaif.infn.it](mailto:Federico.Ruggieri@cnaif.infn.it)