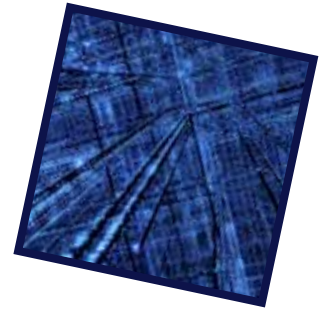


GaaS: Grid personalizzate per il calcolo su Cloud

Vania Boccia¹, Giovanni Battista Barone², Roberto Bifulco²,
Davide Bottalico², Luisa Carracciulo³, Roberto Canonico²

¹INFN, ²Università degli Studi di Napoli Federico II, ³CNR



Abstract. Negli ultimi anni, l'utilizzo di ambienti distribuiti basati sul paradigma di Grid Computing ha consentito alle comunità scientifiche di risolvere problemi sempre più complessi, grazie alla condivisione di un numero elevato di risorse mediante protocolli di gestione robusti ed interfacce di accesso ben definite. Tuttavia il Grid è caratterizzato da un modello di aggregazione delle risorse piuttosto statico, in cui non è consentito agli utenti di intervenire in alcun modo né sull'organizzazione logica delle risorse né tantomeno sulla loro configurazione, sulla base delle proprie esigenze. Al modello di aggregazione Grid manca, dunque, quella dinamicità che è invece propria dell'on demand Computing. Da qualche anno la comunità scientifica ha mostrato interesse verso l'utilizzo del Cloud Computing che promette un ambiente di lavoro molto più flessibile, in cui l'infrastruttura di calcolo si modifica sulla base delle reali esigenze degli utenti. Tuttavia il passaggio dal modello Grid a quello Cloud, se da un lato porta indiscussi vantaggi in termini di flessibilità, presenta l'inevitabile svantaggio per l'utente di doversi adattare a nuove interfacce di accesso alle risorse. Di qui l'idea di realizzare GaaS (*Grid as a Service*), un insieme di servizi che consentono, combinando i paradigmi Grid e Cloud, di realizzare infrastrutture di Grid Computing configurabili *on demand*.

1. Introduzione

Il Grid è ormai largamente diffuso in molti contesti scientifici come modello di aggregazione, condivisione ed accesso a risorse di calcolo e storage. Molto è stato fatto negli ultimi dieci anni, in contesti nazionali ed internazionali, per realizzare e consolidare protocolli e strumenti. Tuttavia, il Grid Computing propone un modello di aggregazione delle risorse piuttosto statico. A titolo esemplificativo si possono individuare, tra le operazioni che gli utenti dell'infrastruttura non possono effettuare, l'aggiunta o la rimozione di nodi di calcolo, la modifica dell'organizzazione logica dei nodi di calcolo sulle code di esecuzione e la personalizzazione dei nodi di calcolo sulla base di esigenze specifiche (senza l'intervento dell'amministratore del sito Grid). Non è possibile inoltre modificare dinamicamente il numero delle risorse disponibili sulla base del reale carico dell'infrastruttura per migliorarne sia i livelli di efficienza sia la sostenibilità. Per superare i limiti appena esposti è necessario un modello di infrastruttura più "elastico" che consenta agli utenti di richiedere risorse (e servizi) *on demand*. Secondo la definizione del NIST [3] "Cloud Computing is a model for enabling u-

biquitous, convenient, on demand network access to a shared pool of configurable computing resources ... that can be rapidly provisioned and released with minimal management effort or service provider interaction". Da quanto detto, dunque, il Cloud Computing sembrerebbe fornire una risposta al problema posto.

Tuttavia il passaggio dal modello Grid a quello Cloud, se da un lato porta indiscussi vantaggi in termini di flessibilità, presenta l'inevitabile svantaggio per l'utente di doversi adattare a nuove interfacce di accesso alle risorse. Da queste considerazioni nasce l'idea di combinare i due modelli Grid e Cloud. Negli ultimi anni, diversi gruppi di ricerca hanno dedicato la propria attività alla risoluzione di questo problema, ognuno differenziando il proprio lavoro rispetto agli altri o per il modo di combinare i due modelli (Grid-su-Cloud, Cloud-su-Grid) o per la scelta delle tecnologie di deployment. In questo documento è descritto GaaS (*Grid as a Service*), un insieme di servizi che puntano a fornire agli utenti Grid risorse dell'infrastruttura di calcolo (IaaS) in un modo nuovo, che assomiglia al modello PaaS (*Platform as a Service*) [3].

Nel paragrafo 2 è descritta l'architettura Grid

di riferimento per il lavoro, cui segue nel paragrafo 3 una panoramica sui lavori di integrazione Grid-Cloud di alcuni gruppi di ricerca europei. Nel paragrafo 4 è riportata una descrizione dei servizi che costituiscono GaaS focalizzando, per ciascuno di essi, l'attenzione sui possibili casi d'uso. Nel paragrafo 5 è descritta la proof-of-concept per GaaS. In ultimo sono riportate alcune conclusioni, attività in corso e sviluppi futuri.

2. L'architettura Grid di riferimento

L'architettura Grid di riferimento considerata è basata sul middleware EMI, sviluppato nel contesto di EGI (*European Grid Infrastructure*), che consente il *deployment* di un'infrastruttura Grid, accessibile alle varie comunità di utenti organizzate in *Virtual Organization* (VO), ed offre servizi di alto livello e servizi di sito (Fig. 1). I servizi di alto livello sono utilizzati per la gestione dell'ambiente distribuito: autenticazione e autorizzazione (ad es. VOMS e MyProxy), diffusione e recupero delle informazioni relative ai siti Grid (ad es. BDI), allocazione delle risorse e job

scheduling (ad es. LB/WMS). A livello di sito, per quel che concerne il calcolo, i nodi (WN) sono aggregati logicamente in code di esecuzione mediante un *Local Resource Management System* (ad es. Torque/Maui oppure LSF) e resi disponibili agli utenti mediante l'utilizzo di *Computing Element* (CE). Un utente dell'infrastruttura accede ai vari servizi da una *User Interface* (UI).

Nell'ambiente descritto, una tipica sessione di lavoro prevede che l'utente:

1. si autentichi;
2. definisca un job specificandone le richieste in termini di risorse di calcolo da utilizzare, task da eseguire, librerie o software da utilizzare per l'esecuzione, dati da trasferire, ecc.;
3. verifichi che sull'infrastruttura siano presenti risorse compatibili con le richieste espresse
4. sottoponga il job all'infrastruttura di calcolo;
5. controlli lo stato di un job inviato;
6. ritiri i dati di output ed eventualmente i log dell'esecuzione.

Lo scenario di utilizzo appena descritto non lascia spazio a nessun tipo di intervento di per-

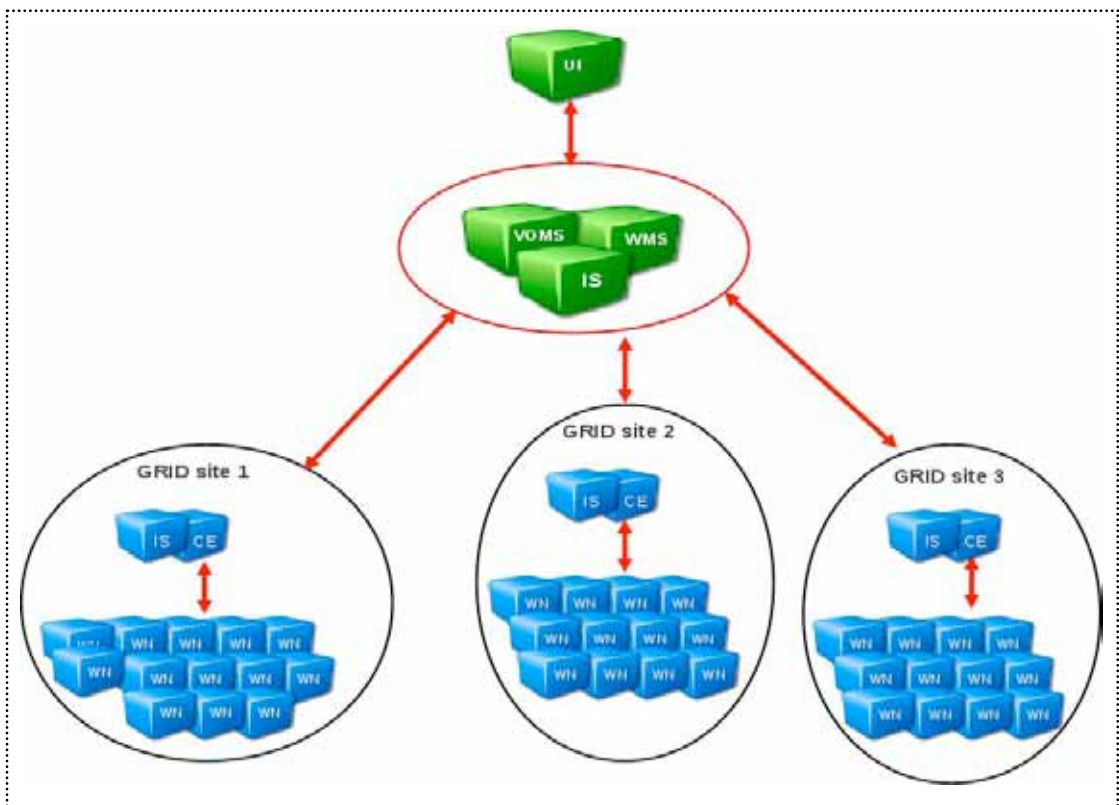


Fig 1 - Esempio di infrastruttura Grid basata sul middleware EMI

sonalizzazione dell'infrastruttura Grid da parte dell'utente. Infatti, se dalla verifica del punto 3 emerge che non ci sono sufficienti risorse di calcolo, non è possibile aggiungere *Worker Nodes* a una coda di esecuzione già presente. Oppure, se non è presente una libreria necessaria all'esecuzione del job, non è possibile per l'utente installare quella libreria senza l'intervento dell'amministratore del sito. Questa caratteristica di staticità dell'ambiente Grid può essere superata mediante tecniche di integrazione dei modelli Grid con quelli Cloud.

3. Stato dell'arte dell'integrazione dei modelli Grid e Cloud

Negli ultimi anni, diversi gruppi di ricerca hanno dedicato la propria attività all'integrazione dei modelli Grid e Cloud, ognuno differenziando il proprio lavoro rispetto agli altri o per il modo di combinare i due modelli (*Grid-su-Cloud*, *Cloud-su-Grid*) o per la scelta delle tecnologie di deployment.

Utilizzando un modello di integrazione di tipo Cloud-su-Grid, l'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN) ha sviluppato WNoDeS [4], una soluzione che virtualizza risorse di calcolo e le rende disponibili mediante interfacce locali Grid o Cloud. L'architettura di riferimento è un ambiente Grid basato sul middleware EMI. I WN virtuali sono istanziati mediante l'utilizzo di Grid job speciali detti job di *power on*, definiti dall'utente selezionando immagini di macchine virtuali personalizzate, che vengono poi eseguite sulle risorse di calcolo (WN fisici) gestite dai CE.

Un modello di integrazione Grid-su-Cloud è invece quello scelto da StratusLab [2] che punta a sviluppare un'architettura Cloud completa ed open source che può essere inserita in ambienti Grid di produzione sia accademici che industriali. StratusLab fornisce servizi Grid utilizzando le risorse della sua infrastruttura Cloud (StratusLab IaaS). L'infrastruttura Grid prodotta sfrutta quindi la natura dinamica del Cloud Computing per fornire, on demand, risorse e servizi selezionati e personalizzati dall'utente. Le risorse e i servizi personalizzati sono memorizzati e resi disponibili

grazie all'utilizzo di un *marketplace*.

Nel paragrafo 4 è descritta invece la soluzione GaaS (Grid as a Service) per l'integrazione dei modelli Grid e Cloud. In particolare è riportata l'esperienza fatta per la progettazione e la realizzazione di un'infrastruttura di calcolo flessibile che fa uso di risorse Cloud locali o remote (fisiche o virtuali), allo scopo di adattare un ambiente Grid di produzione alle reali esigenze dell'utenza, in nome di un utilizzo più efficiente e consapevole dell'infrastruttura di calcolo stessa.

4. GaaS: il modello e i servizi

GaaS nasce dalla duplice esigenza di fornire da un lato un modello di accesso Grid alle risorse già familiare a molte comunità di utenti, dall'altro di avere un'infrastruttura flessibile come quelle Cloud. Dal momento che il servizio fornito è un ambiente Grid, personalizzato sulla base delle esigenze degli utenti ed integrato in un ambiente di produzione preesistente, il nostro modello può essere classificato, secondo il NIST, come un Platform as a Service (PaaS) applicato ad ambienti Grid.

Attualmente il lavoro riguarda la possibilità di estendere la flessibilità degli ambienti Grid relativamente ai soli servizi di calcolo. A tal fine sono stati sviluppati i quattro servizi illustrati in Fig. 2.

Il servizio GaaS_WNS (*Worker Node Service*) consente l'integrazione di nodi di calcolo in code di esecuzione già attive su un CE. Il sistema acquisisce risorse da Cloud pubbliche o private, le configura come WN e avvia una procedura di riconfigurazione del CE al fine di inserire queste risorse in una coda di esecuzione e renderle in tal modo accessibili. Questo servizio è utile in situazioni in cui è necessario ampliare on demand l'insieme di nodi di calcolo.

Il servizio GaaS_QS (*Queue Service*) gestisce l'integrazione di nuove code di esecuzione su un CE. In questo caso l'utente ha la possibilità di modificare lo schema logico di aggregazione delle risorse di calcolo. Il sistema richiede la riconfigurazione del CE. Questo servizio è utile in casi in cui è necessario, su una parte dei nodi

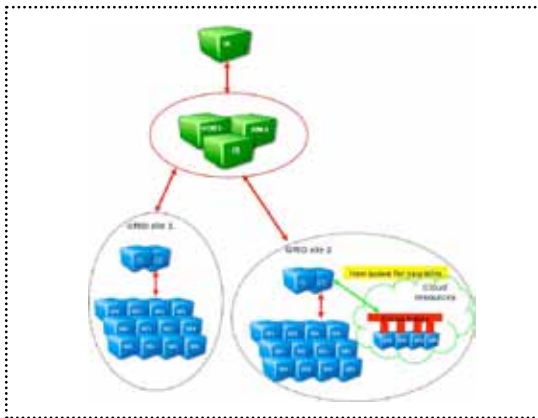


Fig 2a - GaaS_WNS

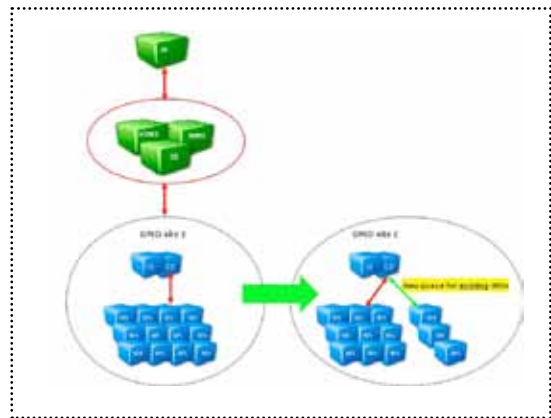


Fig 2b - GaaS_QS

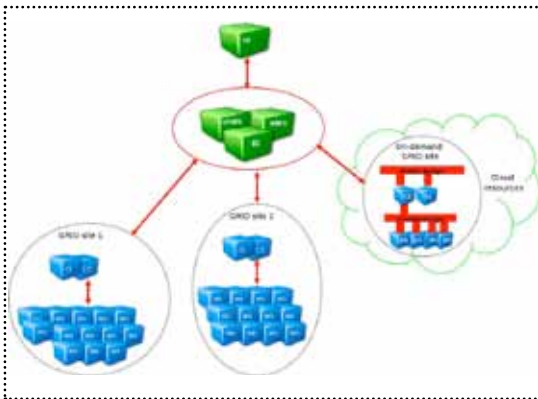


Fig 2c - GaaS_GSS

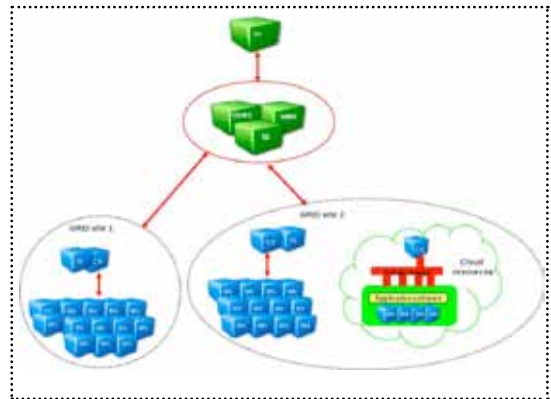


Fig 2d - GaaS_AES

di calcolo, modificare on demand e per un certo periodo, le politiche di accesso e di utilizzo delle risorse di calcolo (ad es. aumentando parametri come il tempo massimo di esecuzione, o modificando le priorità dello scheduler).

Il servizio GaaS_GSS (*Grid Site Service*) gestisce l'integrazione, in un'infrastruttura Grid completa e dotata di servizi di alto livello, di un sito Grid completo (CE e WN, SiteBDII) che sarà reso disponibile ad una VO esistente. Il sistema acquisisce le risorse Cloud (pubbliche o private), istanzia i servizi GaaS_WNS e GaaS_QS, e configura un sistema informativo al fine di integrare i servizi Grid configurati nell'infrastruttura Grid ospitante. Un possibile caso di utilizzo di questo servizio è relativo ad esempio a una comunità di utenti che necessita di condividere risorse con altre comunità, nell'ambito di un progetto di durata limitata e non desidera, o non può, affrontare i costi di acquisizione e gestione di risorse hardware da dedicare al progetto.

Il servizio GaaS_AES (*Application Environment Service*) fornisce, combinando opportunamente i servizi GaaS_WNS, GaaS_QS ed eventualmente GaaS_GSS, un ambiente Grid in cui sui nodi di calcolo è presente uno strato software ottimizzato, e più o meno ricco, configurato sulla base delle richieste degli utenti. Il risultato è un ambiente di calcolo che, dalle configurazioni del sistema operativo fino alle librerie per il calcolo scientifico, è realizzato su misura per l'utente che ne fa richiesta.

5. Caso di studio e strategie di deployment

I servizi descritti nel paragrafo 4 sono stati sviluppati ed integrati in un prototipo inserito nel contesto del datacenter S.Co.P.E. dell'Università di Napoli "Federico II". Le risorse di S.Co.P.E sono inserite in una Grid di produzione che è parte di IGI (Italian Grid Infrastructure) e di EGI. Inoltre essa è dotata di tutti i servizi di alto livello, utilizzati dalle comunità dell'Ateneo e rap-

presenta, pertanto, il caso di studio ideale per il deployment e la verifica di GaaS.

Per la realizzazione del prototipo di GaaS, sono stati valutati e utilizzati, nei due anni di lavoro, differenti hypervisor (VMWARE, XEN) e sistemi di gestione Cloud (Eucalyptus, OpenNebula). Durante la fase realizzativa del prototipo, molto lavoro è stato dedicato:

- alla scrittura dei file di contestualizzazione, necessari alla personalizzazione delle macchine virtuali (VM) come servizi Grid (CE, WN e BDII);
- all'individuazione e all'utilizzo di metodologie più adatte a garantire il fast provisioning delle VM.

In generale il tempo necessario all'operazione di copia, configurazione ed allocazione delle VM configurate sulla macchina fisica che le ospiterà, rimane un fattore critico nel deployment di infrastrutture Cloud. Esso dipende da molti fattori connessi sia alle dimensioni delle immagini da copiare, sia alle caratteristiche dell'infrastruttura di rete e di storage sottostanti. Per ottimizzare l'utilizzo delle risorse e, allo stesso tempo, ridurre il tempo di *provisioning*, sono state adottate alcune strategie:

- è stata utilizzata un'unica immagine "minimale" della distribuzione Linux di riferimento per il middleware EMI (Scientific Linux) in modo da avere un unico template di VM (memorizzato in un repository);
- sono stati poi realizzati i file di contestualizzazione (anch'essi memorizzati nel *repository*) per la configurazione dei servizi Grid a partire dall'immagine di base della VM;
- sono state sfruttate le peculiarità del *Logical Volume Manager* (LVM) di Linux, che mediante *snapshots* e "delta meta-data", è in grado di ricostruire l'immagine attuale di un *file system* a partire da un Volume Logico di riferimento e dalle successive copie incrementali.

In tal modo è stato possibile ottenere il deployment dei servizi in qualche decina di secondi. L'approccio utilizzato ricorda quello seguito da StratusLab. Sussistono tuttavia alcune differenze che riguardano

essenzialmente:

- le strategie di *provisioning*;
- l'utilizzo di un'unica immagine di VM da configurare sulla base dei diversi file di contestualizzazione in alternativa ad un marketplace di immagini di VM distinte (una per ogni ruolo Grid).

6. Conclusione e sviluppi futuri

Il lavoro svolto ha consentito di realizzare GaaS: un insieme di servizi che consentono, combinando i paradigmi Grid e Cloud, di produrre infrastrutture di Grid Computing configurabili on demand. Il prototipo realizzato, utilizzando come caso di studio il datacenter S.Co.P.E. dell'Università degli Studi di Napoli "Federico II", può essere considerato come una valida prova di principio dell'approccio utilizzato. Inoltre esso costituisce un utile banco di prova per la risoluzione di problemi ancora aperti legati all'integrazione Grid-Cloud e all'utilizzo dei data center in ottica Green [1].

Riferimenti bibliografici

- [1] Barone, G., Bifulco, R., Boccia, V., Bottalico, D., Carracciolo, L.: Toward a flexible, environmentally conscious, on demand high performance computing service. In: Data Compression, Communications and Processing (CCP), 2011 First International Conference on. pp. 136-138 (June 2011)
- [2] Loomis, C., Airaj, M., Begin, M., Floros, E., Kenny, S., O'Callaghan, D.: StratusLab Cloud Distribution. In: Petcu, D., Vazquez-Poletti, J. (eds.) European Research Activities in Cloud Computing, pp. 260-282. Cambridge Scholars Publishing (2012)
- [3] Mell, P., Grance, T.: The NIST definition of Cloud Computing
- [4] Salomoni, D., Italiano, A., Ronchieri, A.: WNoDeS, a tool for integrated Grid and Cloud access and computing farm virtualization. In: Proceedings of the International Conference on Computing in High Energy and Nuclear Physics (CHEP 2010). pp. 18-35 (2011)

Ringraziamenti

Il presente lavoro è parte delle attività di un gruppo interdisciplinare denominato GTT (Gruppo Tecnico Trasversale) che è responsabile della gestione e dell'utilizzo efficiente del datacenter S.Co.P.E. dell'Università degli Studi di Napoli Federico II. Il lavoro è anche svolto nel contesto delle attività dell'*Italian Grid Infrastructure* (IGI).



Vania Boccia

vania.boccia@na.infn.it

PhD in Scienze Computazionali e Informatiche. La sua attività di ricerca scientifica e tecnologica si è svolta nell'ambito di diversi progetti nazionali (FIRB Grid.it e i PON SPACI, S.Co.PE.) ed europei (E-GEE ed EGI Inspire). Attualmente è tecnologo a tempo determinato presso l'INFN di Napoli.