

AMBIENTI DI CALCOLO PER LA SIMULAZIONE NUMERICA

La simulazione numerica di sistemi continui, con lo sviluppo di modelli di calcolo sempre più raffinati, permette di indagare fenomeni fisici, chimici, biologici anche estremi ed è strumento fondamentale in molti campi della ricerca e dell'innovazione tecnologica. L'articolo presenta in breve lo stato attuale e le possibili evoluzioni future di infrastrutture e strumenti di calcolo che permettono di studiare la natura anche nei suoi aspetti più nascosti o elusivi e rendono possibile l'innovazione in molti settori avanzati della ricerca, della progettazione e della produzione.

1. INTRODUZIONE

Un sistema è un insieme di componenti che interagiscono ed operano nello spazio e nel tempo: in particolare nei sistemi continui possono essere continui sia lo spazio sia il tempo. Un modello è una rappresentazione semplificata di un sistema in un certo punto dello spazio o in un certo momento del tempo, ideato per permettere lo studio di un sistema reale e del suo funzionamento in un assegnato ambiente. Una simulazione è la manipolazione di un modello in modo da comprimere il tempo e/o lo spazio, permettendo così di cogliere e caratterizzare le interazioni tra le parti del sistema e con l'ambiente, interazioni che altrimenti non si potrebbero analizzare essendo troppo dilazionate nel tempo e/o distribuite nello spazio.

I modelli di sistemi dinamici continui sono modelli matematici alle equazioni differenziali, totali o parziali, la cui integrazione per mezzo di un calcolatore richiede appositi metodi numerici.

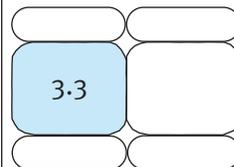
I sistemi e i processi citati hanno una carat-

teristica in comune: la *complessità*. Essa si presenta in svariate forme quali: l'esistenza di comportamenti altamente non lineari e/o di fenomeni aleatori, la coesistenza di scale multiple, l'elevato numero di componenti e la molteplicità delle loro interconnessioni, l'incompletezza della conoscenza dei meccanismi di base che li governano, la grande quantità di dati e le tecniche avanzate per la loro analisi.

In questo contesto è richiesto uno studio sistematico che includa: l'analisi del problema, la formulazione del modello, la soluzione analitica e/o numerica, la validazione del modello, l'interpretazione dei risultati e infine lo sviluppo di opportune strategie di controllo. Le competenze modellistiche e le possibilità di simulazione numerica giocano quindi un ruolo fondamentale in quanto permettono un'analisi accurata del fenomeno, la più completa possibile rispetto alle varie componenti, che possono essere atomi o batteri in campo fisico o biologico, oppure persone, macchine o aziende in un contesto socio-economico.



Ivo De Lotto
Giovanni Meloni
Giovanni Sacchi
Claudio Arlandini
Maurizio Cremonesi
Paride Dagna
Alice Invernizzi
Paolo Ramieri



I grandi progressi ottenuti nel campo dello sviluppo e della messa a punto di tecniche numeriche avanzate costituiscono un altro importante elemento per la simulazione, l'interpretazione e il controllo di fenomeni complessi. Si pensi, per esempio, all'impiego di metodi statistici e di ottimizzazione per la distribuzione dell'energia elettrica; alle diverse tecnologie (di tipo matematico e algoritmico) disponibili per la progettazione di strumenti per l'elaborazione dell'immagine in vista di una sua applicazione nei campi della biometria e dell'*imaging* medica; allo sviluppo dei cosiddetti metodi di *analisi isogeometrica* che rappresentano un nuovo strumento per la simulazione di problemi governati da equazioni a derivate parziali. Queste tecniche consentono di rappresentare il problema fisico di partenza utilizzando direttamente le approssimazioni CAD (*Computer Aided Design*) senza passare attraverso la discretizzazione FEM (*Finite Element Method*), riducendo notevolmente i tempi di progettazione e migliorando il rapporto accuratezza-tempo computazionale.

È infine necessario citare i *metodi di decomposizione di dominio*. Essi consentono di presentare la soluzione di un problema computazionale come successione di soluzioni di sottoproblemi, in generale più semplici da trattare e con un buon livello di indipendenza tra loro. Questa caratteristica rende i *metodi di decomposizione di dominio* particolarmente interessanti per applicazioni in ambienti di calcolo di tipo *High Performance Computing* (HPC) e *Grid*: infatti permettono di implementare, in modo naturale, sia un *parallelismo matematico* (a grana grossa) a livello della soluzione dei vari sottoproblemi sia un *parallelismo algoritmico* (a grana fine) a livello della risoluzione del singolo sottoproblema.

Un contributo importante per una descrizione e un controllo efficaci dell'evoluzione di sistemi e di processi di alta complessità è l'aumento costante della potenza di calcolo che le attuali architetture per l'HPC e il *Grid Computing* mettono a disposizione di una sempre più vasta e meno specializzata fascia di utenti. I sistemi HPC e *Grid* forniscono un supporto efficiente per lo sviluppo di applicazioni *compute-intensive* e *data-intensive*

in molteplici aree applicative scientifiche, industriali, economiche e commerciali. Tuttavia, per trarre beneficio dalla grande potenza di calcolo e dalle capacità offerte è necessario, da un lato, avere a disposizione strumenti (modelli, linguaggi ecc.) di programmazione in grado di permettere alle applicazioni di sfruttare al massimo le potenzialità di questi sistemi; dall'altro, è necessario disporre di tecniche di simulazione e di progettazione efficienti, affidabili e robuste.

Le previsioni meteorologiche per una data area geografica, la diffusione di un'infezione all'interno di una popolazione, la stabilità di una nave da crociera in funzione delle condizioni del mare, il disegno di nuovi materiali, l'analisi dei grandi *datasets* provenienti dai telescopi, l'analisi e l'interpretazione di immagini biomediche sono alcuni esempi di sistemi complessi il cui comportamento viene sempre più spesso studiato e descritto attraverso simulazioni al calcolatore.

Negli ultimi anni, l'approccio modellistico-simulativo si sta estendendo dalle scienze che tradizionalmente si basano sulla rappresentazione di problemi complessi tramite modelli (fisica, chimica, ingegneria), a molti altri ambiti scientifici, quali l'economia, la biologia, la medicina, la linguistica, la sociologia e, in generale, le scienze umanistiche. Inoltre, l'aumento della potenza di calcolo e il progresso nelle tecniche di simulazione permettono di affrontare problemi di crescente complessità, portando la simulazione a diventare in alcuni casi un complemento dell'esperimento, in altri casi un sostituto dell'esperimento tradizionale (per esempio perché troppo costoso o perché su una scala temporale troppo lunga per essere osservata), in altri casi ancora ad essere l'unica rappresentazione possibile di test non ripetibili. Si pensi, ad esempio, alla previsione degli effetti di un terremoto o alla simulazione della diffusione di sostanze inquinanti al fine di valutarne le conseguenze.

La continua evoluzione della potenza di calcolo disponibile permette ai ricercatori di affrontare problemi sempre più complessi, praticamente non pensabili nel passato perché richiedenti tempi per la soluzione assolutamente impossibili da gestire.

Assistiamo ad una continua rincorsa tra l'evo-

luzione delle architetture di calcolo e il progresso della ricerca nell'analisi e nella simulazione di fenomeni sempre più complessi.

Vengono quindi sviluppati e adattati metodi e algoritmi per la costruzione di potenti codici di simulazione in cui il tempo occorrente per la simulazione cresce linearmente con la complessità del modello da analizzare, per esempio con il numero di atomi componenti una molecola. Più potenza il ricercatore ha a disposizione, più è in grado di aggiungere atomi alla molecola di cui deve studiare le caratteristiche e le proprietà.

Gli stessi programmi di origine commerciale, nati dalla ricerca nel mondo accademico e poi ingegnerizzati per permetterne l'uso in modo efficiente in ambito industriale, hanno subito negli anni una profonda evoluzione. Si sono dovuti adattare ai cambiamenti delle architetture di calcolo: seriali, vettoriali, parallele distribuite e a memoria condivisa; tutto questo senza perdere di efficienza e di correttezza dei risultati numerici, introducendo nuove funzionalità e algoritmi, estendendo le possibilità di interazione con parti di codice sviluppato dall'utente, migliorando le prestazioni nei tempi di soluzione, elevando il grado di scalabilità in ambiente parallelo, inserendo interfacce utente sempre più duttili e facili da usare nella gestione dei dati di ingresso e di uscita.

Si sono sviluppati in questi anni anche linguaggi avanzati per la costruzione di codici di calcolo dotati di molte funzionalità per lo sviluppo di algoritmi, per la gestione dei dati, per l'esecuzione della simulazione, in grado di essere applicati ad un ampio spettro di applicazioni. Dotati di interfacce utente molto semplici da usare ma nello stesso tempo articolate e sofisticate, permettono un'efficiente gestione della visualizzazione dei dati di ingresso e di uscita e della costruzione del codice da eseguire. Nati per ambienti come PC e Workstation si sono via via evoluti in modo da sfruttare sia le nuove architetture parallele sia gli ambienti operativi di *grid* e *cloud computing*. Permettono quindi di trasformare le applicazioni in ambiente parallelo con minimi interventi di riadattamento mediante l'impiego di moduli e direttive specializzate.

Nei prossimi anni l'evoluzione degli strumenti

di calcolo verso architetture complesse dall'alto grado di parallelismo richiederà grossi sforzi per sviluppare nuove tecniche di gestione degli ambienti di calcolo in maniera efficiente, nella costruzione di programmi robusti in grado di sostenersi e di continuare l'esecuzione anche in caso di cedimento di alcuni dei componenti *hardware* sui quali sono in esecuzione (per esempio programmi che utilizzeranno centinaia di processori), nel pensare nuovi problemi di simulazione che chiederanno lo sforzo congiunto di gruppi di ricerca formati da numerosi esperti, geograficamente distribuiti, ma ben coordinati tra di loro.

2. ALCUNI ESEMPI DI APPLICAZIONI

I processi di simulazione nella maggior parte dei casi sono condotti al calcolatore numerico ed è a questi che fanno riferimento i contributi raccolti in questo volume di Mondo Digitale.

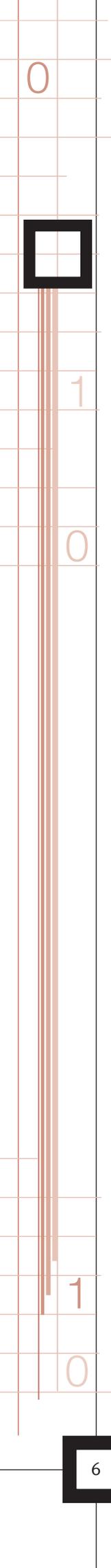
A livello propedeutico si è ritenuto opportuno presentare in un precedente numero di Mondo Digitale una valutazione filosofico - epistemologica della simulazione numerica [1] come strumento di indagine del comportamento di sistemi dinamici reali, visti la particolare natura del processo di simulazione e il ruolo dei modelli e della simulazione nello stesso processo conoscitivo e decisionale dell'uomo.

In questo numero, dato lo sviluppo inarrestabile delle tecnologie digitali, degli strumenti di calcolo e degli ambienti per il loro uso offerti all'utenza, si parlerà di simulazioni fatte attraverso l'utilizzo di sistemi di supercalcolo, per esempio quelli offerti dal consorzio CILEA.

In questa introduzione si presentano soprattutto gli sviluppi in corso per gli ambienti di calcolo, con riferimento alle tecnologie disponibili presso i grandi centri di supercalcolo e alle loro evoluzioni, quali quelle cosiddette *petascale* o addirittura *exascale*, del *green computing*, del *quantum computing* e dell'utilizzo delle tecnologie fotoniche, all'ecosistema dei centri di supercalcolo con riferimento al *cloud computing*, all'evoluzione delle tecnologie di rete, con particolare riferimento alla gestione di grandi quantità di dati e a internet 3D, e infine ai paradigmi di programmazione.

Come esempi applicativi si richiameranno in questo volume un'applicazione all'industria

0



automobilistica, un'applicazione nel progetto di circuiti integrati, la simulazione degli effetti di un terremoto in una valle alpina e sull'attuale città di Messina, l'applicazione alla fluidodinamica nella progettazione di barche a vela da regata e nello studio della circolazione sanguigna, la chimica computazionale, le nuove sfide della bioinformatica, le simulazioni meteorologiche per lo studio della qualità dell'aria e infine la finanza computazionale. Questi esempi non sono che un modesto campionamento dei molteplici settori dove la simulazione numerica è oggi proficuamente utilizzata, significativo tuttavia per farne comprendere l'importanza come strumento d'indagine e di progettazione.

3. L'HARDWARE COME MOTORE DELLA SIMULAZIONE

La qualità della simulazione cresce negli anni assieme alla potenza di calcolo disponibile. Quest'ultima ha seguito negli ultimi decenni un andamento conosciuto come prima legge di Moore. La legge è tratta da un'osservazione empirica di Gordon Moore, cofondatore di Intel con Robert Noyce: nel 1965 Gordon Moore, che all'epoca era a capo del settore R&D della Fairchild Semiconductor e tre anni dopo fondò la Intel, scrisse infatti un articolo su una rivista specializzata [2] nel quale illustrava come il numero di *transistor* che possono essere inseriti in maniera economicamente ragionevole su un circuito integrato raddoppia approssimativamente ogni due anni. Viene spesso enunciata in maniera non corretta come "raddoppia ogni 18 mesi", seguendo una citazione di David House dell'Intel. In realtà, attualmente il tempo di raddoppio è di circa 20 mesi. Poiché al diminuire delle dimensioni dei *transistor* la velocità alla quale possono operare aumenta e il numero di *transistor* è una misura approssimativa delle prestazioni computazionali, è prassi comune citare la legge di Moore per riferirsi all'evoluzione della potenza di calcolo per unità di costo.

La legge di Moore ha mantenuto la sua validità attraverso diversi cambiamenti tecnologici epocali, quali il passaggio alla tecnologia CMOS, tanto da aprire una discussione sul fatto che non sia in realtà una profezia autoavverante, perché ormai le industrie di semi-

conduttori usano la legge per stabilire la pianificazione e gli obiettivi a lungo termine di ricerca e sviluppo. L'ultimo cambiamento lo stiamo avvertendo ora, con l'avvento della tecnologia *multicore*. Per anni i produttori di microprocessori hanno ampliato la potenza di calcolo delle CPU, sfruttando l'aumento del numero di *transistor* per incrementare la frequenza di clock e il parallelismo a livello di istruzioni, con il vantaggio di avere codice seriale eseguito più velocemente su nuovi processori senza alcuna modifica. Poiché il calore dissipato è essenzialmente proporzionale al quadrato della frequenza di clock, mantenere immutato lo stesso andamento tecnologico avrebbe significato che nel giro di pochissimi anni la densità di calore sul chip, che ha ampiamente superato quella di un fornello elettrico, avrebbe raggiunto quella del *core* di un reattore nucleare. Non potendo ovviamente gestire in maniera semplice ed efficace il raffreddamento dell'oggetto, si è gioco-forza optato per un diverso approccio: mantenere la frequenza pressoché costante e approfittare dei progressi nella miniaturizzazione dei *gate* logici per collocare più *core* computazionali sullo stesso chip. In questo modo il mantenimento della legge di Moore è garantito per qualche anno in più, anche se è necessario riscrivere il software in maniera *multi-threaded* o multi-processo per consentire il pieno sfruttamento dell'hardware.

Il *laptop* che avete sul vostro tavolo ha già con tutta probabilità un processore *quad-core*. Intel ha appena lanciato sul mercato la nuova CPU denominata Westmere a tecnologia 32 nm a 6 *core* [3]. AMD, che aveva CPU a 6 *core* già dal 2009, lancerà tra poche settimane la nuova CPU denominata Magny-Cours a 8 e 12 *core* [4]. La guerra dei *core* impazza. Intel ha già inviato un prototipo di CPU a 48 *core* (progetto Barrelfish [5]) a università e centri di ricerca nel mondo per riceverne un *feedback* e trasformarlo in un prodotto. Allo stesso tempo fornisce alla ricerca una piattaforma sulla quale cominciare a lavorare per definire il software del futuro.

Le cose poi si complicano ulteriormente con l'introduzione di architetture eterogenee a livello di nodo, che sono diventate attrattive negli ultimi anni per diverse ragioni: rispetto alla sola CPU tradizionale offrono un'alta pre-

stazione di picco e hanno un'elevata efficienza energetica e/o un buon rapporto prezzo/prestazioni. Le tecnologie più comuni di questo tipo affiancano ad una CPU *general purpose* una o più unità di tipo *Cell Broadband Engine Architecture*, *General Purpose Graphics Processing Units* (GPGPU), o *Field Programmable Gate Arrays* (FPGA). Una panoramica aggiornata e approfondita sullo stato dell'arte ed una visione sul futuro del calcolo eterogeneo si può trovare nell'articolo di Brodtkorb et al [6].

La miniaturizzazione dei gate logici della tecnologia CMOS ha ancora margini di incremento per qualche anno, prima di arrivare al prossimo limite tecnologico. Se uno dei problemi, il *leakage* della corrente di gate, sembra essere ridotto usando ossido di afnio invece di ossido di silicio, molto più minacciosi appaiono quelli legati alla natura quantica della materia, con il *quantum-tunneling* degli elettroni tra circuiti adiacenti che diventa tanto più probabile quanto più la distanza tra due *transistor* si riduce. 11 nm potrebbero essere il limite invalicabile, facilmente raggiungibile in una decina d'anni [7].

Se le attuali tecnologie arriveranno ai propri limiti nei prossimi 10 anni, quali ne prenderanno verosimilmente il posto?

Nel 1982 Richard Feynman suggerì l'idea di calcolatori quantici [8]. L'idea di base è di utilizzare al posto dei *bits* dei calcolatori odierni dei *quantum bits*, detti *qubits*, implementati usando sistemi quantomeccanici a due stati, ovvero sistemi non confinati ai due stati base 0 e 1, ma che possono assumere anche sovrapposizioni degli stessi, cioè essere contemporaneamente in entrambi. L'idea si può espandere: un registro composto da n *qubits* può contenere contemporaneamente 2^n valori e su di esso si possono eseguire 2^n operazioni contemporanee.[9] I problemi di costruire calcolatori quantici sono squisitamente ingegneristici. Più *qubits* interagenti sono coinvolti, più difficile è ingegnerizzare l'interazione che mostri il risultato dell'operazione, perché aumenta la probabilità che l'informazione quantica contenuta sul componente di calcolo interferisca con l'ambiente in cui è immerso. Questo processo è detto "decoerenza". È necessario quindi costruire sistemi sub-microscopici in cui *qubits* interagiscano tra loro, ma non con

l'ambiente. Ottime introduzioni si possono trovare su questi articoli precedentemente pubblicati dalla rivista [10, 11].

L'entusiasmo per il quantum computing esploso qualche anno fa sembra essere largamente scemato. Le grandi case, HP e IBM in testa, che avevano investito notevoli cifre nel settore pochi anni fa, paiono avere chiuso i rispettivi laboratori con poco clamore, segno che i tempi per la maturità di questa tecnologia sono ancora lontani, una ventina d'anni almeno. I progressi comunque ci sono: un gruppo di ricerca americano [12] ha appena pubblicato di aver calcolato lo spettro di energia della molecola più semplice, quella di idrogeno, a 20 *bits* di precisione usando un sistema quanto-fotonico a 2 *qubits*. Questo rappresenta, di fatto, la nascita della chimica computazionale con questa tecnologia di calcolatori.

C'è molto clamore anche sul cosiddetto *DNA-computing*. Leonard Adleman nel 1994 infatti dimostrò come si poteva risolvere il problema matematico del percorso Hamiltoniano tra 7 punti usando del DNA.[13] Da allora varie macchine di Turing sono state realizzate con questa tecnologia. Per alcuni problemi specializzati calcolatori a DNA saranno certamente più piccoli e più veloci di sistemi tradizionali. Tuttavia, sussistono serie limitazioni alla possibilità di costruire calcolatori "general purpose" in questo modo. Rimandiamo il lettore all'ottima panoramica di Giancarlo Mauri sullo scorso numero della rivista [14].

Se quindi ragionevolmente tra dieci anni non vedremo *qubits* o fialette di enzimi a bordo delle *workstations*, ci sono comunque un paio di nuove tecnologie che daranno un forte impulso alla simulazione.

La prima è quella del "memristore". È dagli anni '70 che in linea teorica si sa che oltre ai tre elementi passivi fondamentali dell'elettronica, resistori, condensatori e induttori, dovrebbe esistere un quarto, un resistore di memoria, o *memristore* [15]. Ma solo nel 2008 i ricercatori degli HP Labs sono riusciti a realizzarne uno [16]. Le proprietà dell'oggetto sono di mantenere il proprio ultimo livello di resistività quando la tensione viene ridotta a zero e conservarlo indefinitamente fino a quando la tensione è riattivata. Richiedono quindi molta meno energia per funzionare delle memorie attuali, e secondo le previsioni entro 3-

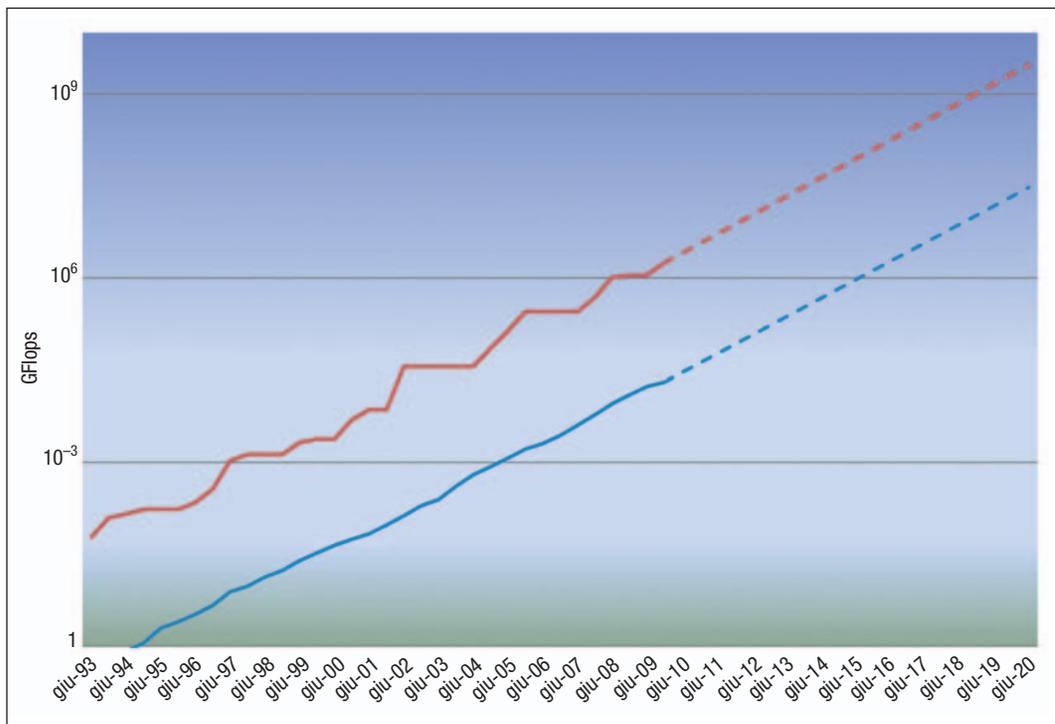


FIGURA 1

L'evoluzione della potenza sostenuta di calcolo nella classifica TOP500 a partire dalla sua prima edizione (giugno 1993) fino a novembre 2009, con un'estrapolazione degli andamenti fino al 2020. In rosso i valori corrispondenti alla posizione n. 1 e in blu quelli relativi alla n. 500

5 anni saranno disponibili sul mercato. Non solo ci permetteranno di avere a disposizione RAM di un ordine di grandezza superiore a quelle attualmente disponibili, con densità di 20 GB/cm² già entro il 2013, ma saranno sufficientemente veloci da consentire di creare processori che vedano accoppiate unità computazionali e memorie di grandi capacità. E questo potrebbe risultare veramente rivoluzionario per quanto riguarda le prestazioni dei codici applicativi.

La seconda è quella della "fotonica basata sul silicio", un settore nel quale IBM e Intel stanno investendo moltissimo. Lo scopo è quello di sviluppare un insieme di tecniche e tecnologie ottiche capaci di andare progressivamente a sostituire le normali connessioni in rame all'interno di un calcolatore e, ancora più oltre, all'interno dei chip e dei microprocessori. L'obiettivo è duplice: minori consumi perché usando fotoni invece di elettroni per trasportare informazione si riduce l'energia dissipata, e, di conseguenza, una maggior integrazione. Il grande vantaggio di questa tecnologia è che richiede un semplice adattamento delle

procedure usate per costruire circuiti CMOS [17]. Il primo laser a germanio, capace di produrre luce a lunghezze d'onda utilizzabili per la comunicazione ottica è stato annunciato quest'anno dal MIT [18].

In sostanza, la previsione che la prima legge di Moore rimanga valida per i prossimi 10 anni appare più che fondata. Come si traduce questo in termini di potenza di calcolo a disposizione di un ricercatore? Per saperlo non ci resta che estrapolare i trend della classifica TOP500 [19].

Quello che ci aspettiamo (Figura 1) è quindi che nel 2020 il calcolatore più potente al mondo abbia una potenza sostenuta di 3 *exaflop/s* (10¹⁸ operazioni in virgola mobile al secondo) e che esistano almeno 500 sistemi con una potenza superiore a 30 *petaflop/s* (10¹⁵ operazioni in virgola mobile al secondo). Giusto per dare un confronto, l'attuale numero 1, *Jaguar dell'Oak Ridge National Laboratory*, supera di poco il *petaflop*. Questo apre notevoli possibilità, ma l'hardware è naturalmente solo uno degli aspetti del problema della simulazione del futuro.

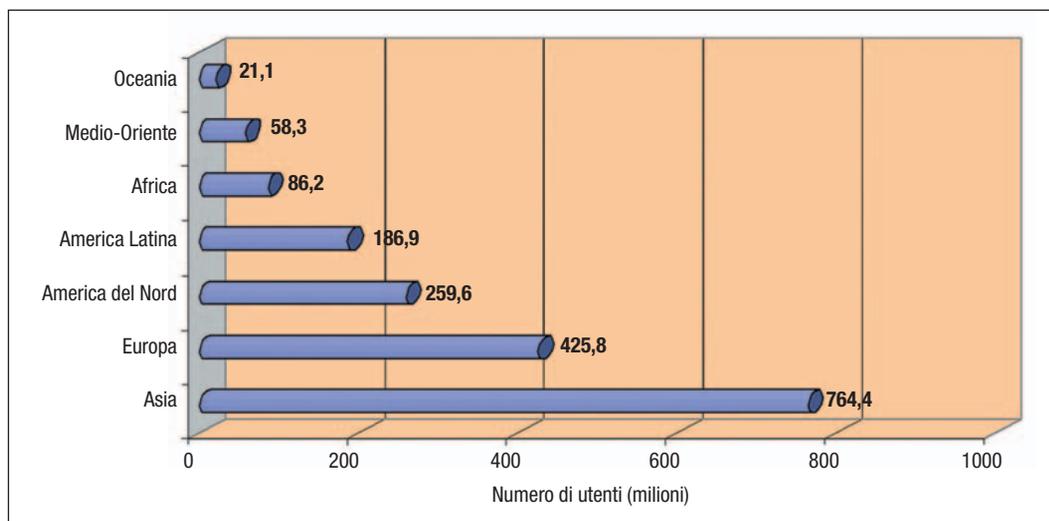


FIGURA 2
Distribuzione
utenti Internet
nel mondo (2009)

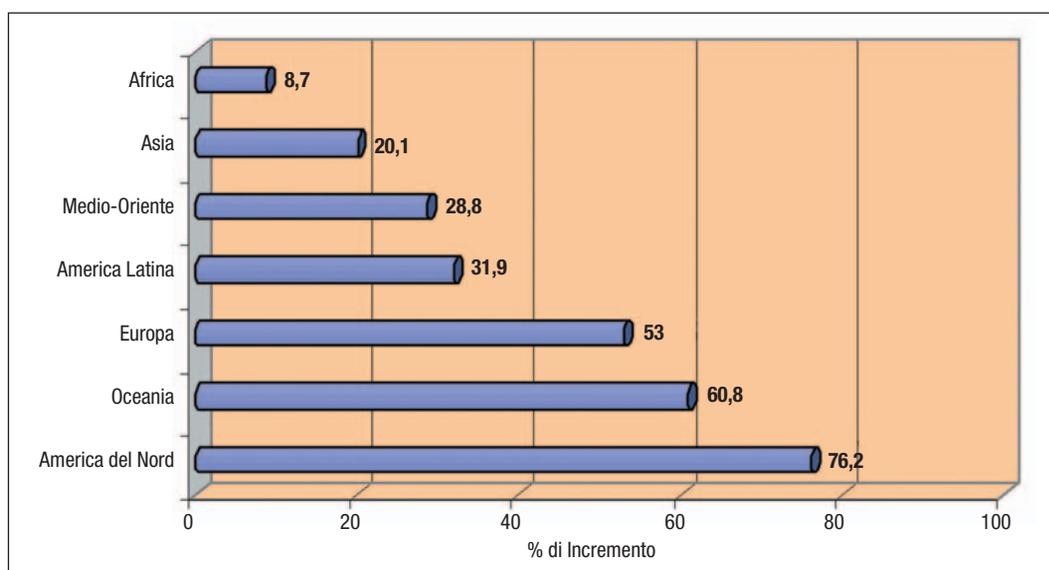


FIGURA 3
Tasso di incremento
del numero di utenti
tra il 2008 e il 2009

4. L'INFRASTRUTTURA DI RETE PER LA SIMULAZIONE DEL FUTURO

Si deve al Web tradizionale l'innescò della diffusione e del successo di Internet, intesa come rete di comunicazione basata su protocollo IP, come nuova frontiera della comunicazione e dello scambio di dati. Osservando le statistiche di utilizzo ci si accorge che Internet ha conosciuto negli anni una crescita di tipo esponenziale. I fattori che ne hanno favorito l'incremento sono molteplici. In primo luogo il numero di utenti, che ad oggi, ha quasi raggiunto i due miliardi di individui [20] come mostrato nella figura 2 e nella figura 3. In secondo luogo il traffico del singolo utilizzatore medio, che è cresciuto grazie anche alla moltitudine di ap-

plicazioni attualmente disponibili, quali l'evoluzione dei *social network*, dell'*e-commerce*, del *p2p file sharing*, e del *semantic web*. Per sostenere la crescente domanda di utilizzo, crescono di conseguenza le infrastrutture di rete sottostanti in termini di banda passante mentre la latenza *point-to-point* si abbassa. La ricerca scientifica non può che beneficiare dell'evoluzione crescente dell'infrastruttura di rete. Scienza ed evoluzione tecnologica vanno avanti di pari passo: sono spesso le esigenze della ricerca scientifica di base a fare da traino e da lancio per importanti innovazioni tecnologiche. Ricordiamo infatti che è proprio al CERN che agli inizi degli anni '90 videro la luce il primo server e il primo browser di pagine html della storia.

Il progresso del calcolo su larga scala è strettamente legato all'evoluzione delle tecnologie di rete. Sarebbe, infatti, impensabile la distribuzione di una grande mole di dati da un punto all'altro del Pianeta senza un'infrastruttura veloce e affidabile. Pensiamo per esempio agli esperimenti del Large Hadron Collider del CERN che producono più di 15 *petabyte* di dati all'anno, che devono essere distribuiti ed elaborati in centri ed università sparse in più parti del mondo.

L'infrastruttura di rete italiana ha ottenuto sviluppi notevoli grazie al Consortium GARR che gestisce e sviluppa la rete informatica della ricerca italiana. L'attuale rete GARR-X, basata su fibra ottica, è dotata di capacità 40 volte maggiori della precedente GARR-G e mette in condizioni di poter sfruttare il protocollo IPv6 *multicast*.

A fronte della crescita dell'infrastruttura di rete che si ha a disposizione si aprono nuove prospettive di utilizzo che offrono potenzialità inusitate per lo scienziato che si occupa di simulazione: ad esempio il passaggio dall'internet delle persone all'internet degli oggetti, e il passaggio dall'internet 2D all'internet 3D.

Internet sta penetrando sempre di più nella vita quotidiana, entrando negli oggetti di uso comune. Una delle sfide tecnologiche alla base dell'internet del futuro è rappresentata proprio dallo sviluppo di una "internet degli oggetti", che permetterà ad oggetti a distanza di comunicare tra loro. L'introduzione della tecnologia RFID (*Radio Frequency Identification*), che garantisce un meccanismo di identificazione univoco, viene considerato il punto di partenza per lo sviluppo dell'internet delle cose. Questa tecnologia è già adottata in diversi settori industriali e permette agli oggetti di dialogare con l'utilizzatore e tra loro: nella grande distribuzione e nei punti vendita, nell'identificazione ospedaliera dei pazienti, nella fruizione di servizi nel trasporto pubblico, per citare qualche esempio. L'internet del futuro sta cercando di vincere una nuova sfida: mettere in rete milioni di oggetti in grado di comunicare tra loro a distanza, connessi ad una Rete Globale. La tecnologia RFID combinata con un indirizzo IP, assegnato a ciascun oggetto, consentirà a oggetti distanti di poter parlare. Con l'internet degli oggetti viene aggiunta una nuova dimensione al mondo della comunica-

zione e dell'informazione: dalla connessione in ogni luogo e ad ogni momento, si aggiunge la connessione ad ogni cosa.

Il paradigma del *Pervasive Computing* è strettamente associato al concetto di Internet delle cose. Il termine sta ad indicare la diffusione e il coordinamento di piccoli dispositivi di calcolo e di comunicazione all'interno dell'ambiente fisico ed è contrapposto al concetto di realtà virtuale. La realtà virtuale inserisce idealmente le persone in un mondo virtuale, il *pervasive computing* all'opposto è integrato nel mondo fisico. Una panoramica più dettagliata sull'argomento si trova in questo articolo della rivista [21]. Con la prospettiva di un ambiente totalmente connesso e di una capacità di calcolo distribuita ovunque, molti sono i pre-requisiti tecnologici affinché questo paradigma diventi realtà, grazie all'evoluzione delle tecnologie RFID in veri e propri *smart object*, oggetti intelligenti in quanto dotati di microprocessori, memoria e *device* per la comunicazione Wireless.

L'evoluzione del modo di lavorare dello scienziato che si occupa di simulazione è evidente: scomparirà, o tenderà a scomparire la differenza tra il ricercatore che lavora in vitro e quello che lavora in silico. Strumenti di misura o di laboratorio comunicheranno in maniera diretta con il calcolatore consentendo indagini al momento impensabili. Allo stesso modo nasceranno nuove figure trasversali e interdisciplinari di scienziato.

Scaturiscono, tuttavia, numerose implicazioni, non solo a livello tecnologico, dal tentativo di applicare questo nuovo paradigma. La standardizzazione delle tecnologie, che in alcuni settori risulta ancora troppo frammentata, è il primo obiettivo da raggiungere per consentire alla più vasta quantità di oggetti di avere accesso alla rete. Sul fronte sicurezza e privacy, lo sviluppo dell'internet degli oggetti deve garantire il rispetto per la vita privata e la protezione dei dati personali, nonché la libertà del singolo di accedere alla rete con implicazioni evidenti sulle normative inerenti la sicurezza dell'informazione e sulla gestione dell'identità digitale di cose e persone.

L'internet degli oggetti non è l'unica frontiera che si prospetta sul lato dell'evoluzione delle tecnologie internet. Con 3D Internet si intendono le tecnologie 3D utilizzate per la visualiz-

zazione delle informazioni su Web. Secondo Sean Koehl, esperto dell'Intel Lab, la tecnologia sta evolvendo al punto tale che le applicazioni 3D diventeranno parte integrante del Web nei prossimi 5-10 anni. Il 3D Internet consente una navigazione interattiva nel Web garantendo la gestione di un mondo virtuale più complesso della semplice consultazione di riviste, audio, video e animazioni disponibili con il 2D Internet.

Il 3D Internet unisce a informazione e interazione, già presenti nel Web tradizionale, un ambiente 3D immersivo. La struttura tecnologica del web tradizionale non risulta però adeguata a coprire le esigenze del 3D Internet. Gli oggetti virtuali non sono più semplici documenti statici, ma sono automi in grado di rispondere a determinati input, programmi che eseguono specifiche operazioni: con il 3D Internet appare evidente la necessità di un ambiente intelligente. La latenza delle reti, inoltre, è un problema cruciale in un mondo virtuale dove l'interattività è un requisito essenziale. Le reti vanno pertanto riprogettate per garantire tempi di risposta ridotti tra server e client.

Quali sono le implicazioni che seguono l'evoluzione delle tecnologie Internet nell'ambito della simulazione scientifica? Second Life ha trovato applicazioni anche nell'ambito della chimica computazionale [22]. La tecnologia alla base di Second Life garantisce la possibilità di visualizzazione di dati 3D, di simulazioni di reazioni chimiche e la facilità di *scripting* rendendola uno strumento appetibile anche per applicazioni in ambito scientifico. A questo si aggiungono le funzionalità del *Social Network* che permettono di creare una vera e propria comunità scientifica, garantendo la collaborazione su progetti comuni.

Questo non è l'unico esempio di applicazioni del 3D Internet in ambito scientifico. ScienceSim [23], presentato al SCO9, è una piattaforma per la visualizzazione di dati 3D via Web basata su tecnologia *opensource* OpenSim pensato per creare una comunità scientifica virtuale.

La visualizzazione scientifica (e non solo) può trarre beneficio dall'introduzione di una nuova piattaforma per la visualizzazione via Web. La piattaforma Nvidia RealityServer coniuga la potenza dell'hardware Nvidia Tesla con software per servizi 3D via Web. Reality Ser-

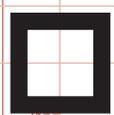
ver si appoggia ad un ambiente GPGPU-based accessibile via Web tramite PC, *netbook*, *smartphone* garantendo interattività e visualizzazione di dati 3D. Con questa soluzione le capacità elaborative su lato client sono ridotte al minimo. La manipolazione e il processamento dei dati avvengono su lato server, al client vengono inviati unicamente dati video compressi. La larghezza di banda minima richiesta rimane pressoché costante indipendentemente dalla complessità del dato 3D. In questo prodotto le tecnologie di visualizzazione 3D convergono con la necessità di un ambiente HPC in grado di garantire scalabilità, parallelismo e performance per la manipolazione di dati 3D via Web.

5. VERSO UN ECOSISTEMA DEL SUPERCALCOLO EUROPEO

Nel 2001 il Consiglio dei Ministri Europeo ha invitato la Commissione Europea, in collaborazione con gli Stati Membri, a esplorare nuovi approcci per affrontare i problemi relativi alle infrastrutture per la ricerca scientifica.

Questa iniziativa ha portato alla creazione di ESFRI (*European Strategy Forum on Research Infrastructures*), costituito nel 2002, con il mandato di supportare un piano strategico per lo sviluppo coerente delle infrastrutture per la ricerca europea e incoraggiare iniziative per un utilizzo più efficiente delle stesse. ESFRI è costituito da rappresentanti degli stati membri della Comunità Europea, dei Paesi associati e della Commissione Europea. Soltanto il sesto programma quadro, attivo negli anni 2002-2006 aveva un finanziamento di 18 miliardi di Euro, mentre per gli anni 2007-2013 il settimo programma quadro mette a disposizione della ricerca scientifica in Europa più di 50 miliardi di Euro. Queste risorse sono destinate alla realizzazione di diverse infrastrutture scientificamente rilevanti, che assumono in questi anni di crisi economica un importante ruolo di sostegno della capacità di innovazione tecnologica dei Paesi europei. Lo scopo non è solo di sostenere l'economia in settori tecnologicamente avanzati, ma anche di preparare un ambiente di ricerca che sia un polo attrattivo per le nuove generazioni di scienziati [24].

Limitandoci al contesto del calcolo ad alte prestazioni per la ricerca scientifica è particolar-



Paesi aderenti all'iniziativa PRACE

Austria
Bulgaria
Cipro
Finlandia
Francia - partner principale
Germania - partner principale
Grecia
Irlanda
Italia - partner principale
Norvegia
Paesi Bassi - partner principale
Polonia
Portogallo
Regno Unito - partner principale
Repubblica Ceca
Serbia
Spagna - partner principale
Svezia
Svizzera
Turchia

TABELLA 1
L'elenco dei Paesi aderenti all'iniziativa PRACE

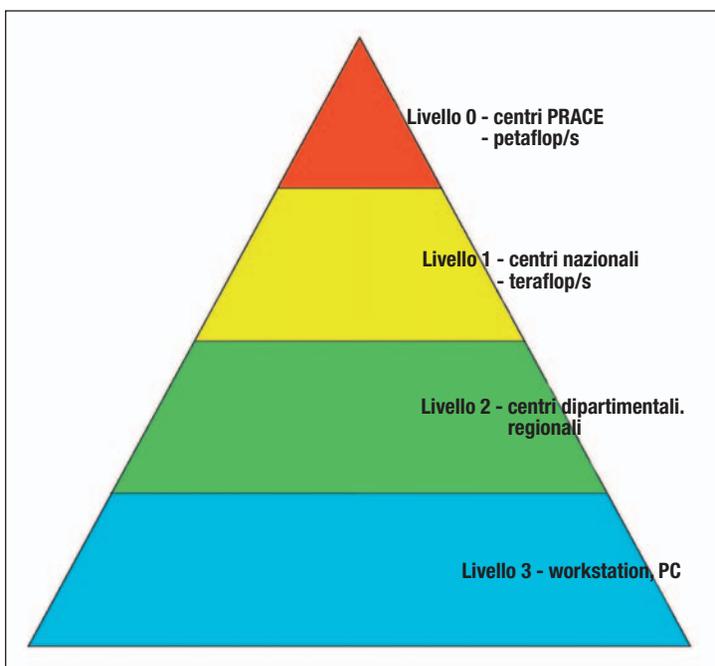


FIGURA 4
Schematizzazione della piramide del supercalcolo europeo

mente rilevante l'iniziativa PRACE (*Partnership for Advanced Computing in Europe*), nata per volontà di 14 Paesi europei tra cui l'Italia. Questa iniziativa è sostenuta anche da un progetto, finanziato da ESFRI per gli anni 2008-2009 con 10 milioni di Euro. L'obiettivo è la costruzione di un'infrastruttura di calcolo ad alte prestazioni permanente con capacità di calcolo allo stato dell'arte dei massimi livelli mondiali, ma soprattutto si vuole creare un'organizzazione che coinvolga i centri e le comunità di ricerca nazionali, per garantire la sostenibilità dell'infrastruttura e lo sviluppo delle conoscenze necessarie per poter usufruire di questa importante realizzazione nei modi più efficaci. Altri Paesi si sono poi aggregati all'iniziativa PRACE; nella tabella 1 sono elencati i 20 Paesi aderenti, compresi quelli che hanno espresso l'intenzione di ospitare e gestire gli elaboratori di potenza più elevata (partner principali).

Il concetto di ecosistema del supercalcolo è stato introdotto nel 2007 dall'*High Performance Computing in Europe Taskforce* (HET), che ha avuto il compito, come attività iniziale del progetto PRACE, di individuare una strategia per sviluppare infrastruttura e servizi di calcolo per la scienza in Europa, con un'enfasi particolare nella creazione e nel mantenimento di centri di calcolo con potenze dell'ordine del *petaflop*. Questa impresa più che rappresentare una sfida tecnologica e organizzativa è una necessità per mantenere la ricerca scientifica europea ai massimi livelli mondiali. Il rapporto della *taskforce* HET presenta infatti una lista piuttosto nutrita di grandi sfide [25], ovvero problemi scientifici che necessitano di risorse di calcolo a partire dal *petaflop* per poter essere affrontati con successo.

Dal lavoro della *taskforce* europea per il supercalcolo nasce l'idea di organizzare l'ecosistema del supercalcolo europeo come "piramide del calcolo". Interpretando il concetto di ecosistema in senso ampio come l'insieme delle figure professionali coinvolte, delle conoscenze scientifiche e tecnologiche oltre che degli strumenti tecnologici utilizzati, l'infrastruttura del supercalcolo europeo può essere schematizzata come una piramide a 4 livelli, legati da una rete di professioni, conoscenze, tecnologia e comunicazioni (Figura 4).

Il livello 3, quello più basso, è il più popolato e

vicino alla maggioranza dei ricercatori. Esso è costituito soprattutto dagli utenti finali, ricercatori e studenti e dagli strumenti di calcolo più comuni ovvero terminali, *workstation* e personal computer. Il livello appena successivo è popolato da ricercatori e studenti che usano le risorse di calcolo dei centri locali, come quelli di ateneo o i centri regionali minori.

Il livello 1 è costituito da ricercatori e studenti che per le loro indagini necessitano di strumenti di calcolo con elevate capacità computazionali e di grandi capacità di memorizzazione dei dati e quindi usano i calcolatori disponibili presso i centri di calcolo regionali o nazionali. Afferiscono a questo livello personale altamente specializzato, produttori di hardware e sviluppatori di codici di calcolo parallelo. I centri di calcolo di livello 1 hanno, infatti, nell'ambito dell'ecosistema, l'importante compito di preparare l'utenza all'uso delle risorse di calcolo più prestigiose afferenti al livello 0, l'ultimo e il più esclusivo della piramide del supercalcolo europeo.

Gran parte dell'attività svolta dall'iniziativa PRACE è rivolta alla definizione e integrazione dei centri di supercalcolo di livello 0, che ospiteranno i calcolatori con le prestazioni più elevate, dell'ordine dei *petaflops*. A questo livello della piramide afferisce personale fortemente specializzato nella gestione di elaboratori dalle caratteristiche molto particolari, che dovrebbero essere in grado di fornire risposte a diverse tra le sfide più ardue che l'umanità abbia mai affrontato. L'accesso a questi elaboratori sarà inevitabilmente molto selettivo e ristretto ai gruppi di ricerca che dimostreranno di saper sviluppare e utilizzare programmi di calcolo adatti e poter gestire le ingenti quantità di dati prodotti. Le preziose risorse di calcolo di livello 0 saranno gestite in modo da formare un'unica risorsa disponibile per la ricerca da qualunque Paese europeo. Questo progetto è particolarmente ambizioso in quanto le risorse di calcolo di livello 0 devono essere rinnovate ogni 2-3 anni per mantenere le prestazioni ai massimi livelli mondiali. Il costo per la loro realizzazione è stimato nell'ordine dei 200-400 milioni di Euro, da rinnovare ogni triennio circa, mentre il costo di mantenimento annuale si prevede intorno ai 100-200 milioni.

È facile capire perché l'infrastruttura del calcolo europeo è organizzata a livelli se si tiene

conto che diversi problemi scientifici non hanno bisogno delle risorse di calcolo con le prestazioni più elevate, che un singolo centro di calcolo non può fornire servizi in modo efficiente a tutti i possibili utenti europei e che le risorse di maggior pregio non possono essere sprecate con programmi inadatti o per lo sviluppo dei codici.

Tuttavia la piramide del supercalcolo prevede una rete di interconnessione tra i livelli che permetta la condivisione delle risorse a livello pan-europeo. Questa rete deve intendersi sia come tecnologia capace di connettere centri di calcolo di tutta Europa, sia come insieme di accordi e iniziative che garantiscano l'accesso alle risorse, anche le più prestigiose, da parte dei ricercatori di qualunque Paese europeo.

Esempi importanti di collaborazioni simili, cui PRACE fa riferimento per la definizione dell'infrastruttura europea del supercalcolo, sono il consorzio DEISA (*Distributed European Infrastructure for Supercomputing Applications*) e GEANT2.

DEISA ha lo scopo di organizzare i centri di calcolo nazionali, con elaboratori della classe dei *teraflows* (10^{12} operazioni in virgola mobile al secondo), in un unico ambiente globale di calcolo utilizzando tecnologie *Grid*.

GEANT2 è la rete che unisce i centri per la ricerca in Europa e collega 34 nazioni e 30 reti nazionali, con tratte fino a 10 Gbit/s [26].

In prospettiva quindi i centri di calcolo che faranno parte dell'ecosistema europeo saranno federati in una griglia di calcolo globale basata sulla coordinazione dei *Grid* nazionali. Per realizzare questo risultato sarà preziosa l'esperienza del progetto EGEE (*Enabling Grid for E-science in Europe*), che attualmente comprende 250 istituzioni di 51 Paesi diversi.

La difficoltà sia economica che tecnologica di realizzare e gestire calcolatori con prestazioni dell'ordine del *petaflop* limita il numero dei centri di calcolo in grado di ospitarli a una decina circa, distribuiti tra i Paesi più sviluppati della Comunità Europea. Proprio quest'anno si conclude il lavoro organizzativo e preparatorio del progetto PRACE con l'individuazione di nove prototipi architettonici che dovrebbero dimostrare come realizzare al meglio i prossimi super calcolatori europei. Può essere interessante notare che alcune di queste macchine sono costruite accoppiando i più diffusi pro-

sibilmente *open source* che permettano la massima cooperazione da parte della comunità scientifica internazionale. Al momento, gli esperti afferenti a IESP si sono occupati di mettere a punto una *roadmap* dove sono state inserite le sfide che dovranno essere affrontate nel prossimo futuro, con particolare attenzione a tre diversi fattori critici:

- raggiungere in tempi rapidi un miglioramento dell'accesso alla crescente potenza informatica a disposizione;
- superare la chiara inadeguatezza delle attuali infrastrutture software al fine di supportare il miglioramento delle performance;
- ovviare alla quasi completa mancanza di coordinamento nel mondo scientifico nell'affrontare gli enormi ostacoli tecnologici che andranno superati.

La *roadmap* è stata realizzata dopo circa un anno di studio in base ai consigli e alle raccomandazioni della comunità mondiale che si occupa di software per il calcolo scientifico ad alte prestazioni. Al suo interno sono stati delineati un insieme di obiettivi e una serie di problematiche che dovranno essere affrontate in merito ai diversi aspetti che concorreranno alla creazione di un software adatto alla gestione di un calcolatore di tipologia *exascale*, tenendo anche conto dei possibili mutamenti delle esigenze scientifiche e delle disponibilità economiche e tecnologiche, prestando particolare attenzione alla rivoluzione architetture dei prossimi sistemi di calcolo.

L'idea è quella di raggiungere una piattaforma integrata di software scientifici, denominata *X-stack*, utilizzabile entro il 2018-2020, che abbia le seguenti specifiche:

- permettere di progettare applicativi capaci di sfruttare al massimo le risorse dei più potenti sistemi di calcolo. Basti pensare che le applicazioni con la migliore efficienza parallela attualmente disponibile sono in grado di scalare fino ad alcune decine di migliaia di *threads*, cifra del tutto inadeguata per i supercomputer progettati per l'*exascale*, dove le applicazioni dovranno essere in grado di scalare fino ad un milione di *threads*, ovvero con un salto di circa 2 ordini di grandezza; risulta pertanto evidente che la sfida tecnologico-scientifica e concettuale è davvero impressionante;
- gestire codici caratterizzati da differenti livelli di parallelismo e necessità computazio-

nali, venendo incontro alle esigenze di tutti i gruppi di ricerca che li utilizzeranno;

- essere altamente modulare, al fine di facilitare l'utilizzo di componenti alternativi (co-processori) che potrebbero caratterizzare le future architetture *multicore* quali GPGPU e schede FPGA, componenti altamente e intrinsecamente parallele capaci di una notevole potenza di calcolo;

- essere *open source*, favorendo in tal modo lo scambio e l'integrazione di parti di codice sviluppati da gruppi di lavoro indipendenti.

Le diverse fasi di sviluppo di *X-stack* sono state dettagliate e delineate secondo precise scadenze temporali. Ogni aspetto implementativo è stato analizzato a fondo e, per far meglio comprendere quanto sia complessa e articolata questa impresa, è sufficiente scorrere l'elenco dei componenti da sviluppare:

- un nuovo sistema operativo che permetta un miglior *scheduling* delle risorse a disposizione, comprensivo di strategie per la gestione energetica e delle *fault tolerance*;
- un nuovo sistema per la gestione e l'ottimizzazione delle risorse hardware in funzione delle richieste delle applicazioni;
- un accesso ai dati che permetta l'utilizzo ottimale ed efficiente di *file system* paralleli;
- nuovi modelli di programmazione;
- piattaforme orientate al calcolo scientifico;
- compilatori in grado di recepire le nuove funzionalità software e hardware;
- adeguate librerie e algoritmi numerici;
- nuovi strumenti per il *debug* delle applicazioni;
- nuovi strumenti per la visualizzazione e l'analisi dei dati.

Parallelamente all'*International Exascale Software Project*, la comunità scientifica internazionale e alcuni organismi come quelli preposti alla difesa militare e del territorio, stanno già portando avanti diversi progetti che prevedono lo sviluppo di linguaggi di programmazione innovativi basati sul paradigma di programmazione parallela PGAS (*Partitioned Global Address Space*) [31] fra cui X10 [32], Chapel [33], Fortress [34], Co-Array Fortran [35], UPC [36] e Titanium [37] rappresentano una realtà in notevole fermento.

Il modello PGAS nasce da una fusione e un'evoluzione delle note direttive per la comunicazione interprocessuale MPI (*Message Passing Interface*) e OpenMP (*Open Multi-Proces-*

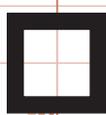
- [13] Adleman L.M.: Molecular Computation Of Solutions To Combinatorial Problems. *Science*, Vol, 266, n. 11, 1994, p. 1021-1024.
- [14] Mauri G.: Il computer vivente: calcolo molecolare e cellulare. *Mondo Digitale*, n. 1, 2010, p. 3-15.
- [15] AA.VV.: *The Mysterious Memristor*. <http://spectrum.ieee.org/semiconductors/design/the-mysterious-memristor>
- [16] Strukov D.B.: The missing memristor found. *Nature*, Vol. 453, 2008, p. 80-83.
- [17] AA.VV.: *Silicon Photonics*. <http://techresearch.intel.com/articles/Tera-Scale/1419.htm>
- [18] AA.VV.: *First germanium laser*. <http://web.mit.edu/newsoffice/2010/first-germanium-laser.html>
- [19] AA.VV.: *TOP500*. <http://www.top500.org>
- [20] AA.VV.: *World Internet Users and Population Stats*. <http://www.internetworldstats.com/stats.htm>
- [21] Saracco R.: Ubiquitous Computing. *Mondo Digitale*, n. 3, 2003, p. 19-30.
- [22] Lang A., Bradley J.: Chemistry in Second Life. *Chemistry Central Journal*, Vol, 3, n. 14, 2009.
- [23] AA.VV.: *ScienceSim*. <http://www.sciencesim.com/wiki/doku.php>
- [24] AA.VV.: *European Roadmap for Research Infrastructures, Implementation Report 2009*. Luxembourg Office for Official Publications of the European Communities, 2009.
- [25] AA.VV.: *Towards a Sustainable High-Performance Computing Ecosystem through Enabling Petaflop Computing in Europe*. <http://www.hpcineurope-taskforce.eu>
- [26] Llubra R., Dias A.B.S.: *Academic Supercomputing in Europe*. Facilities & Policies, fall 2009 - Eleventh edition, <http://www.nwo.nl/ncf>
- [27] AA.VV.: *PRACE*. NEWSletter, Vol. 8, 2009.
- [28] AA.VV.: *e-IRG Roadmap 2010*. <http://www.e-irg.eu/publications/roadmap.html>
- [29] *Cloud computing*. Wikipedia, http://en.wikipedia.org/wiki/Cloud_computing
- [30] AA.VV.: *International Exascale Software Project*. <http://www.exascale.org>
- [31] AA.VV.: *Partitioned Global Access Space*. <http://www.pgas.org/>
- [32] AA.VV.: *X10 Language*. <http://x10-lang.org/>
- [33] AA.VV.: *Chapel Language*. <http://chapel.cray.com/>
- [34] AA.VV.: *Fortress Language*. <http://projectfortress.sun.com/Projects/Community>
- [35] AA.VV.: *Co-array Fortran Language*. <http://www.co-array.org/>
- [36] AA.VV.: *UPC Language*. <http://upc.gwu.edu/>
- [37] AA.VV.: *Titanium Language*. <http://titanium.cs.berkeley.edu/>
- [38] AA.VV.: *Parallel Linear Algebra for Scalable Multi-core Architectures*. <http://icl.cs.utk.edu/plasma/index.html>
- [39] AA.VV.: *Heterogeneous Adaptive Reconfigurable Networked SyStem*. <http://www.csm.ornl.gov/harness/>
- [40] AA.VV.: *Fault Tolerant MPI*. <http://icl.cs.utk.edu/ftmpi/index.html>

Ivo DE LOTTO è professore ordinario di Calcolatori Elettronici dal 1971 presso la Facoltà d'Ingegneria di Pavia. Ricercatore presso Nuclit, Euratom, CNR, CISE, Università di Bologna e di Pavia ha pubblicato oltre 250 lavori. Ha insegnato Elettronica Nucleare, Strumentazione Elettronica, Elettrotecnica, Calcolatori Elettronici, Reti Logiche, Intelligenza Artificiale, Grafica 3D, Sistemi informativi direzionali. Ha ricoperto varie funzioni organizzative tra le quali Direttore del CILEA (1975-89), Preside della Facoltà d'Ingegneria di Pavia (1996-02), Presidente di AICA (2003-06). Nel 1988 è medaglia d'oro del Ministero quale benemerito della scuola, arte e cultura.
E-mail: ivo.delotto@unipv.it

GIOVANNI MELONI ha conseguito la Laurea Magistrale in Ingegneria Elettrica. Dal 1970 si occupa di applicazioni ingegneristiche. Dal 1988 è Dirigente della Sezione Calcolo ad alte prestazioni ed Applicazioni Scientifiche e Ingegneristiche del CILEA. È stato responsabile CILEA in alcuni progetti europei nel calcolo ad alte prestazioni e in ambito beni culturali. È responsabile da oltre 10 anni del progetto CILEA Digital Library che mette a disposizione della ricerca più di 7.000 riviste scientifiche in formato digitale.
E-mail: meloni@cilea.it

CLAUDIO ARLANDINI si è laureato in Fisica all'Università di Torino nel 1996 e ha conseguito il Dottorato di Ricerca in Astrofisica Nucleare presso l'Università di Heidelberg. Svolge la sua attività presso il Consorzio CILEA, dove è Tecnologo coordinatore del gruppo di competenza per il calcolo ad alte prestazioni. È coautore di circa 50 pubblicazioni internazionali.
E-mail: arlandini@cilea.it

MAURIZIO CREMONESI, laureato in matematica all'"Università degli Studi di Milano" nel 1984, dallo stesso anno lavora al CILEA, dove si è occupato dello studio e diffusione delle problematiche relative alla ottimizzazione del software su calcolatori vettoriali e paralleli. È stato coinvolto nel progetto EU CAPRI-PIERS, ambiente di calcolo parallelo per l'affidabilità di impianti industriali e nel progetto FIRB LitBio. I suoi interessi attuali riguardano lo studio delle prestazioni di programmi di calcolo parallelo e l'organizzazione di corsi di programmazione su elaboratori ad alte prestazioni.
E-mail: cremonesi@cilea.it



PARIDE DAGNA si è laureato in Fisica nel 2001 presso l'università del Piemonte Orientale sede di Alessandria. Dal 2002 lavora nel gruppo di High Performance Computing del CILEA dove si occupa della gestione, dell'ottimizzazione e dello sviluppo di applicazioni tecnico-scientifiche su architetture massicciamente parallele. In tale ambito i suoi interessi riguardano la parallelizzazione ed il porting degli applicativi su tali architetture e su piattaforme GPGPU based. È inoltre docente dei corsi di programmazione per l'HPC tenuti all'interno del CILEA riguardanti i linguaggi Fortran, C/C++, Cuda.
E-mail: dagna@cilea.it

ALICE INVERNIZZI ha conseguito la Laurea Magistrale in Ingegneria Matematica presso il Politecnico di Milano nel 2007, con specializzazione in metodi numerici per la scienza e l'ingegneria. Dal 2007 è parte dello staff di Supercalcolo presso il CILEA dove si occupa di management e assistenza di codici e software per l'analisi strutturale. È inoltre coinvolta nell'insegnamento di linguaggi e tecniche per la programmazione in ambito scientifico, con particolare interesse per i linguaggi C/C++ e metodologie OO, programmazione scientifica in Python, GPGPU Computing e GUI programming.
E-mail: invernizzi@cilea.it

PAOLO RAMIERI ha conseguito la Laurea Magistrale in Fisica (1998) presso l'Università di Torino, sede di

Alessandria. Dal settembre 1999 è nel Team di Supercalcolo del CILEA, dove è responsabile della gestione dei software per la CFD e si occupa di corsi di formazione relativi a linguaggi e tecniche di programmazione per l'HPC, di infrastrutture per l'utilizzo dei cluster di calcolo via web, dell'assistenza agli utenti per l'ottimizzazione di codici e l'uso dei sistemi HPC. Ha collaborato a progetti europei (BioInfoGrid) e FIRB (LitBio) ed è stato per due anni docente di Calcolo Parallelo presso l'Università di Bergamo.

E-mail: ramieri@cilea.it

GIOVANNI SACCHI è Dirigente di Ricerca presso l'Istituto di Matematica Applicata e Tecnologie Informatiche CNR, Pavia e responsabile del Progetto Modellistica e Simulazione di Sistemi Complessi del Dipartimento Tecnologie dell'Informazione e delle Comunicazioni del CNR. Interessi di ricerca: modellistica e simulazione numerica di problemi provenienti dal calcolo strutturale; implementazione di algoritmi e codici di simulazione numerica; sviluppo, implementazione e porting di codici di calcolo su architetture ad alte prestazioni. Attività Didattica: titolare del corso di Calcolo Scientifico e Modellistica Numerica presso il Dottorato in Matematica e Statistica dell'Università degli Studi di Pavia.
E-mail: gianni.sacchi@imati.cnr.it