

SCIENZE APPLICATE ■ Ferrovie, elettricità e Internet sono studiate come ecosistemi dai comportamenti prevedibili

Sarà la fisica a salvare le grandi reti

Modelli matematici individuano i punti deboli dei network per minimizzare i danni derivanti da attacchi o collassi

Portare al massimo grado di efficienza reti complesse come l'aeroporto, la ferroviaria o quella della distribuzione di energia. Impostare un programma di immunizzazione automatica antivirus per proteggere Internet, rete complessa per eccellenza, e per ottimizzare, nello stesso tempo, i suoi algoritmi di trasmissione dei dati. Scoprire la funzione di ogni singola proteina al lavoro nella cellula, usando la struttura della rete generale delle proteine. Individuare i nodi cruciali di un ecosistema (quelli che non possono essere attaccati senza che l'intero ecosistema salti) e tenerne

Lo scopo delle ricerche è individuare i nodi cruciali dei sistemi complessi

conto nelle valutazioni di impatto ambientale. Prevenire, o ridurre al minimo, il rischio di diffusione di epidemie trasmesse attraverso le reti di trasporto. Per raggiungere tutti questi obiettivi molto reali, si sta impegnando a fondo la scienza della complessità, un raffinato fronte di ricerca interdisciplinare che coinvolge centinaia di specialisti — per lo più esperti di fisica statistica — in laboratori europei e americani.

Per realizzare i loro progetti, si servono di strumenti matematici, fanno ricorso alla teoria della probabilità, ai modelli, alle simulazioni numeriche. Quella della complessità è una scienza teorica, almeno in partenza; eppure gli studi di questi specialisti sono ormai maturi e si stanno traducendo in tecnologie avanzate e in applicazioni che riguardano la vita di tutti i giorni, spiega Alessandro Vespignani, che insegna Fisica teorica all'Università di Parigi Sud. A Bruxelles, la commissione "Information technology" ha dato il via a un progetto di studi sulla complessità nei sistemi tecnologici e sociali (Cosin), nel quale l'Italia ha un ruolo di primo piano; vi partecipano dieci gruppi europei, coordinati da Guido Caldarelli, dell'Istituto nazionale di fisica della materia, che lavora alla «Sapienza» di Roma.

Soluzioni tecnologiche di grande rilievo sono necessarie per proteggere meglio Internet o almeno i suoi nodi più importanti (hub). Gli esperti della complessità individuano i punti deboli del sistema e li indicano agli ingegneri infor-



Ecco Internet al suo primo boom (1993): le linee colorate rappresentano le connessioni alle principali dorsali

I tre «moschettieri» italiani in prima linea



Alessandro Chessa

■ Sono una super squadra gli studiosi italiani di scienza della complessità, disciplina nata ai primi dell'800, ma sviluppatasi nel Novecento, durante gli anni Settanta e Ottanta. Alessandro Vespignani è uno specialista nello studio dell'architettura delle reti complesse. Insegna nel Laboratorio di fisica teorica dell'Università di Parigi-Sud e ha stretti rapporti di collaborazione con l'équipe dell'Abdus Salam international center for theoretical physics (ictp) di Trieste. Per scoprire le interazioni tra le proteine, ha fatto ricorso a una descrizione probabilistica della loro rete, applicando gli strumenti della meccanica statistica. Guido Caldarelli, dell'Istituto nazionale di fisica della materia, alla «Sapienza» di Roma, coordina il progetto europeo

«Coevolution and self-organization in dynamical networks». Nel quadro di questo progetto, dieci gruppi si occupano del promettente campo di ricerca che comprende modelli e algoritmi per le reti complesse e le tecnologie del futuro. Alessandro Chessa studia i sistemi complessi, ma con particolare riferimento alle architetture di calcolo ad alte prestazioni, presso il dipartimento di Fisica dell'Università di Cagliari e collabora a un progetto di Algebra computazionale con il dipartimento di Matematica della stessa università. Ha lavorato a Boston e a Trieste (per un progetto di calcolo parallelo) ed è stato responsabile scientifico di importanti aziende dell'Information and communication technology. **L.D.A.**

matici, ai computer scientist; saranno questi a riscrivere il programma. Si tratta di difendere Internet da una serie di pericoli micidiali. La rete è robusta e resistente, sopporta benissimo i piccoli danni, quelli casuali (se un computer smette di funzionare, nessuno se ne accorge). Ma si è sviluppata concentrando sui nodi principali, quelli con centinaia di migliaia di connessioni. E se gli hub vengono danneggiati, la rete ne soffre fortemente, rileva Vespignani.

«Finora Internet non ha mai subito attacchi molto gravi; tuttavia, dopo l'attentato alle Twin Towers — dove erano in funzione computer di una certa importanza — ci furono contraccolpi sulla rete, a livello mondiale; per alcune ore, gli Stati Uniti rimasero isolati. Internet è oggi particolarmente vulnerabile di fronte al rischio di danneggiamenti mirati». Sotto questo profilo, la struttura di Internet è simile alla rete che le proteine formano

all'interno della cellula, attivandosi e interagendo fra loro, segnalando gli scienziati della complessità. Anche la rete del genoma e quella delle proteine sopportano bene gli errori casuali (non rari, nella cellula, durante la riproduzione dei messaggi, e subito corretti) ma, quando vengono danneggiati punti strategici, il bio-network entra in crisi.

L'obiettivo di proteggere Internet esige manovre calibrate. La sua vulnerabilità è infatti il rove-

scio della medaglia, il lato negativo della proprietà di cui la rete va fiera: la sua straordinaria capacità di trasportare informazioni. «I virus sono pacchetti di informazione che viaggiano negli stessi canali in cui passano i dati e le e-mail, e sono distruttivi. Solo studiando e comprendendo la complessità, di Internet e delle reti analoghe, possiamo arrivare a impedire che un input nocivo si diffonda in modo catastrofico», dice Vespignani.

Conoscenze sulla complessità, accumulate nel corso di un secolo, sono state utili ai fisici per scoprire le caratteristiche più profonde di Internet e degli altri large critical infrastructure network. «Internet si è autoevoluta fino a formare spontaneamente un sistema dalle strutture assolutamente inaspettate e dalle proprietà emergenti, non contemplate nel progetto. Internet è stata progettata perché i computer collegati possano "parlarsi"; è dotata di protocolli di comunicazione, di regole per poter funzionare e di una sorta di lingua universale; certo non è frutto di un processo caotico. Ma non esiste un progettista che ne abbia supervisionato la crescita.

L'analisi delle vulnerabilità arma efficace contro il terrorismo

«È un sistema naturale, dalla dinamica non prefissata», sottolinea Vespignani. E, come tutti i sistemi complessi, Internet ha due proprietà essenziali: è uno small world e possiede un'invarianza di scala. È un piccolo mondo, perché è formata da centinaia di milioni di computer eppure, per andare da un computer a un qualsiasi altro computer della rete, bastano non più di venti passaggi. Inoltre, è vulnerabile solo negli hub di comunicazione. Per spiegare fino in fondo che cos'è un sistema complesso, Vespignani mette a confronto Internet con un Boeing 747. Questo è composto da circa tre milioni di pezzi ma, pur essendo complicatissimo, non è complesso. «Anzi è veramente semplice, perché risponde, in tutto e per tutto, a un progetto preciso».

È enorme la mole di dati da raccogliere per poter agire su una rete complessa. In Italia, Alessandro Chessa, ricercatore del dipartimento di Fisica dell'Università di Cagliari, in collaborazione con il professor Gianni Mula ha realizzato un sistema di calcolo ad altissime prestazioni, proprio per analizzare le reti complesse. Dice Chessa: «Garantire la sicurezza di una rete non significa soltanto prevenire. Se si sta già diffondendo un virus, informatico o biologico, se una rete elettrica sta andando in crisi, occorrono sistemi di calcolo che permettano di dare risposte immediate all'emergenza».

LUIGI DELL'AGLIO

in t

MEDI
Ebo
che

■ Seco
gli stu
contro

gli an
implic
sangu
condu
malati

CHIM
Mol
si a

■ L'at
costitu
su se l
contra
hanno
ricerc
dell'U
una m
seguel
ritene
sarebb
dimos
«Natu
la str
speri

TLC
Fib
per
■ Un
dell'I
Mass

sareb
Gli st
«Nati
fibre
foton
luce.

