

Come ti sconfiggo l'entropia informazionale: automi cellulari e computazione reversibile

Francesco Berto, Gabriele Rossi e Jacopo Tagliabue¹

Abstract

Lo sviluppo delle nanotecnologie ha portato la *computer science* a dedicare sempre più attenzione alla realizzabilità fisica dei propri modelli computazionali. L'idea stessa di macchina di Turing intende esprimere, in forma idealizzata, i requisiti a cui qualsiasi processo di calcolo è soggetto. Non tutti i vincoli *fisici* della computazione sono però catturati dai modelli tradizionali. In particolare, non lo è il vincolo della *reversibilità*. Le leggi dinamiche della fisica sono reversibili a livello microscopico: distinti stati iniziali nell'evoluzione di un sistema microfisico portano sempre a distinti stati finali. Di conseguenza, chiunque voglia simulare procedure di computazione radicate nella natura delle entità di base che compongono il nostro universo fisico, dovrebbe ricorrere a regole dinamiche reversibili. Inoltre, la computazione irreversibile è dispendiosa: cancellare informazione genera calore e richiede energia. Quando un bit di informazione viene cancellato, in base alle leggi della termodinamica il bit viene semplicemente rilasciato nell'ambiente circostante aumentandone l'entropia.

Presentiamo qui un modello di “mondo fisico digitale”, basato su una semplice intuizione di fondo: la natura ultima dell'universo è *discreta e finita*, ed esiste un forte isomorfismo fra mondo fisico e informazionale. Il modello è un automa cellulare dalla dinamica perfettamente reversibile, in grado di conservare la totalità dell'informazione presente fin dall'inizio dell'universo, senza generare entropia. Il nostro universo fisico-informazionale realizza gli operatori logici e gli altri mattoni costitutivi della computazione universale. Di conseguenza, nel nostro mondo digitale possono svilupparsi ed esistere *computer*: macchine di Turing universali, capaci di calcolare (se si accetta la Tesi di Turing) tutto ciò che è calcolabile. Il modello fornisce quindi indicazioni importanti per la realizzazione di sistemi computazionali ad alte prestazioni: sistemi che utilizzano le risorse offerte dal mondo fisico nel modo più efficiente possibile – ad esempio, mostrando come sia possibile costruire circuiti logici a dissipazione di energia interna virtualmente nulla!

¹ Laboratori di Intelligenza Artificiale applicata iLabs srl, via Pattari, 6, 20122 Milano, Web site: www.ilabs.it
E-mail: info@ilabs.it Tel. +39 02 45 47 63 05 Fax +39 02 72 00 44 95.