



UNIVERSITÀ  
DI TORINO

# Algebre di Processi e le Origini della Nozione di Vera Concorrenza

Relatore  
Prof. Cardone Felice

Candidato  
Gismano Stefano  
Matricola 917723

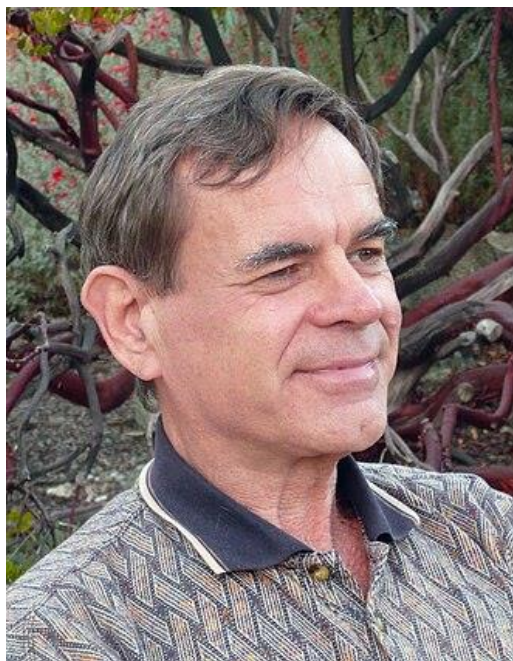
# Obiettivi della tesi



UNIVERSITÀ  
DI TORINO

- Introdurre alcuni concetti fondamentali nel contesto delle algebre di processi
- Analizzare uno scambio di mail tra alcuni dei maggiori esponenti nel campo della concorrenza, che ha avuto luogo sulla mailing list concurrency nell'autunno del 1990

# I protagonisti della corrispondenza



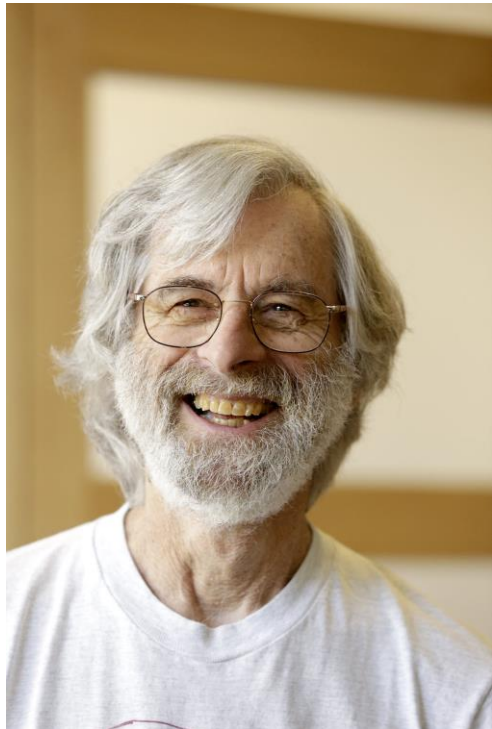
## Vaughan Pratt

- Professore al MIT dal 1972 al 1981 e alla Stanford University dal 1981 al 2000, dove è professore emerito
- Ha prodotto un centinaio di articoli nei campi della matematica, della logica, dell'analisi degli algoritmi e della chimica
- Group leader dello Stanford Concurrency Group
- Attualmente si interessa di speech recognition, tecnologie di propulsione di automobili e cambiamento climatico

# I protagonisti della corrispondenza



UNIVERSITÀ  
DI TORINO



## Leslie Lamport

- Ha prodotto 192 articoli, principalmente nei campi della logica temporale e della concorrenza tra processi
- Vincitore del Premio Turing nel 2013
- Padre del TLA+, linguaggio di specifica formale per la modellazione di sistemi concorrenti
- Inventore di LaTeX, linguaggio di composizione tipografica open source estremamente popolare

# Algebre di Processi e Sistemi di Transizione

- **Processi:** agenti che agiscono ed interagiscono continuamente con altri agenti simili e con l'ambiente a loro comune
- **Algebre di Processi:** linguaggi formali, con semantiche ben definite, che permettono di descrivere e verificare proprietà di sistemi concorrenti che comunicano tra loro

$$P, Q := \text{nil} \mid a \mid a.P \mid P+Q \mid P \parallel Q$$

$P+Q$ : Somma o scelta

$P \parallel Q$ : Composizione parallela

# Algebre di Processi e Sistemi di Transizione



UNIVERSITÀ  
DI TORINO

- **Sistema di Transizione:** una coppia  $(Q, \rightarrow)$ , dove  $Q$  è un insieme di stati e  $\rightarrow$  è una relazione binaria su  $Q$ , chiamata relazione di transizione
- **Sistema di Transizione Etichettato o LTS:** una tripla  $(Q, \rightarrow, \Sigma)$ , dove  $(Q, \rightarrow)$  è un sistema di transizione e ad ogni transizione è assegnato un nome appartenente all'insieme  $\Sigma$

# Ordini Parziali e Poset



UNIVERSITÀ  
DI TORINO

- **Ordine parziale:** un ordine parziale su un insieme  $S$  è la relazione  $\leq$  su  $S$  che è riflessiva, anti-simmetrica e transitiva. La coppia  $(S, \leq)$  è detta **poset**
- **Pomset:** poset in cui  $S$  è un multi-insieme
- **Estensione lineare:** dato un ordine parziale, una sua estensione lineare è un ordine totale che è compatibile con esso
- **Linearizzazione:** dato un poset  $(S, \leq)$ , una sua linearizzazione è un ordine totale degli elementi di  $S$  che rispetta la relazione  $\leq$ .
- **Teorema di Szpilrajn:** ogni ordine parziale è contenuto in un ordine totale, ed è inoltre l'intersezione di tutte le sue estensioni lineari



UNIVERSITÀ  
DI TORINO

# Dualità tra schedule e automi

- **Schedule:** insieme parzialmente ordinato di eventi

Per qualunque coppia di eventi  $(i,j)$ , si può definire un vincolo di precedenza  $i < j$ , che indica che  $j$  dipende causalmente da  $i$ .

- **Automa:** grafo in cui i vertici rappresentano gli stati e gli archi sono transizioni da uno stato a un altro





UNIVERSITÀ  
DI TORINO

# I difetti degli ordini lineari

Gli ordini lineari catturano quelli parziali solo quando valgono certe premesse:

1. Granularità fissa
2. Nessuna variabilità degli eventi atomici
3. Assenza di autocorrenza
4. Processi single-poset
5. Assenza di competizioni
6. Modello a singolo osservatore
7. Tempo discreto



UNIVERSITÀ  
DI TORINO

# I vantaggi degli ordini parziali

$$ab+ba = a||b?$$

Il modello delle tracce lineari non li distingue, quello dei poset sì.

Per ovviare a questo problema è possibile introdurre gli automi di dimensione superiore, proposti da Pratt in *Modeling Concurrency with Geometry*.

# Ordini lineari contro ordini parziali o interleaving contro true concurrency?



UNIVERSITÀ  
DI TORINO

La diatriba tra ordini parziali e ordini totali è in realtà solo un dettaglio trascurabile in un discorso più grande, quello che mette in contrapposizione interleaving e vera concorrenza.

L'equazione  $ab+ba = a||b$  è centrale: è un assioma delle teorie interleaving, ma porta a escludere da esse alcuni concetti importanti:

1. Osservazioni di simultaneità
2. Osservazioni della stessa computazione da parte di più osservatori sequenziali in locazioni distribuite
3. Raffinamento delle azioni atomiche

# I pionieri della vera concorrenza

- Carl Adam Petri e Anatol W. Holt (anni 60-70)
- *Semantics of Communicating Parallel Processes*, di Irene Greif, 1975
- *On Partial Languages*, di Jan Grabowski, 1981
- *Petri Nets, Event Structures and Domains*, di Nielsen, Plotkin e Winskel, 1981

# I filosofi della vera concorrenza secondo Leslie Lamport



UNIVERSITÀ  
DI TORINO

Usando formalismi basati sull'interleaving

- Non è possibile ragionare su sistemi distribuiti
- Non è possibile gestire cambiamenti nella granularità delle azioni atomiche
- Non è possibile ragionare sul tempo reale non discreto
- Non è possibile ragionare su programmi senza assumere una granularità fissa



UNIVERSITÀ  
DI TORINO

# I quesiti di Pratt a Lamport

Pratt propone nuovamente i suoi quesiti a Lamport in maniera più chiara:

1. Come distinguere la competizione implicita in  $a||b$  dalla situazione senza competizione implicita in  $ab+ba$ ?
2. Come ragionare sulle osservazioni effettuate da un gruppo di osservatori distribuiti che sono d'accordo su quali eventi sono accaduti ma non sul loro ordine?
3. Come discutere i possibili interlacciamenti di due onde sinusoidali?

# Lamport e le teorie del tutto



UNIVERSITÀ  
DI TORINO

“Non lo so e non mi interessa. Queste questioni non si presentano mai nel mio lavoro.”

Qualunque scienza si occupa del mondo reale: ogni teoria è composta da un formalismo matematico e di un modo di relazionarlo al mondo reale.

Qualunque teoria scientifica utile ha un dominio di applicazione limitato: una teoria del tutto è inutile.



UNIVERSITÀ  
DI TORINO

# Lamport e le teorie del tutto

Gli informatici tendono a pensare che le proprie teorie siano applicabili a qualunque contesto.

Ci sono due motivi per cui un concetto che è importante per una teoria A potrebbe essere assente in una teoria B:

1. Il concetto è irrilevante per il dominio di applicabilità di B
2. Il concetto appartiene al formalismo matematico di A, e non è traducibile nel modello utilizzato da B.

Molti informatici non sono scienziati, bensì matematici.





UNIVERSITÀ  
DI TORINO

# Le risposte di Pratt e colleghi

- L'approccio di Lamport alla teoria potrebbe rivelarsi una camicia di forza: è possibile che alcuni aspetti della concorrenza che egli trova inutili potrebbero rivelarsi fondamentali anche per la pratica, in futuro.
- Le teorie scientifiche più di successo sono spesso molto simili a quelle appartenenti alla matematica pura
- La teoria della concorrenza è una teoria del tutto tanto quanto lo sono la teoria dei numeri e quella dei gruppi: semplicemente essa cerca di astrarre dai "cavi e dal silicio" per arrivare ad avere applicazioni più generiche.

# Le risposte di Pratt e colleghi

Pratt identifica due possibili strade future:

- La strada "conservativa", che tiene in mente i cavi e il silicio
- La strada "liberale", che sostituisce *computer science* con *information science*

# Conclusioni



UNIVERSITÀ  
DI TORINO

- La concorrenza come interleaving è indubbiamente efficace
- È difficile passare da un modello ben esplorato, a cui si è abituati e con strumenti largamente utilizzati, a uno più sperimentale
- Le strade individuate da Pratt non sono necessariamente alternative
- Il dibattito tra Pratt e Lamport ha fatto emergere un'idea per il trattamento della vera concorrenza con automi di dimensione superiore.



**UNIVERSITÀ  
DI TORINO**

**Grazie**