

Sistemi Intelligenti Le intelligenze

Alberto Borghese

Università degli Studi di Milano
Laboratorio di Motion Analysis and Virtual Reality (MAVR)
Dipartimento di Scienze dell'Informazione
borgnese@dsi.unimi.it



A.A. 2004-2005

1/61

<http://homes.dsi.unimi.it/~borgnese/>



Sommario



- **Macchine e Mente**
- L'artificial life
- L'intelligenza collettiva

A.A. 2004-2005

2/61

<http://homes.dsi.unimi.it/~borgnese/>



Riassunto



La macchina di Turing universale consente di rappresentare un qualunque algoritmo e una qualunque funzione computabile.

E' basata su operazioni elementari su un alfabeto di simboli, molto simile al funzionamento di un calcolatore elettronico.

La macchina di Turing si pone quindi come soluzione operativa di un qualsiasi problema (risolvibile).

E' quindi uno strumento "intelligente"?

Non è in grado di generare conoscenza (simbolica).



Dalla macchina di Turing alla conoscenza: l'approccio filosofico



"It is rather as philosophers were to proclaim themselves expert explainers of the methods of a stage magician, and then, when we ask them to explain how the magician does the saw-the lady-in-half trick, they explain that it is really quite obvious: the magician doesn't really saw her in half; he simply makes it appear that he does. "But how does he do *that*?" we ask. "Not our department", say the philosophers. (Dennet, 1984).

Ipotesi dell'"Omuncolo"

Noi vogliamo arrivare a capire cosa c'è dietro. Qual è l'algoritmo la logica dietro un programma eseguito da una macchina di Turing.



Le ipotesi sull'AI



Le macchine possono essere costruite per agire **come se** fossero intelligenti? **Weak AI position.**

Il calcolatore è uno strumento molto potente per lo studio della mente umana. **Thinking rationally** (logica, AI).

Le macchine che agiscono intelligentemente hanno una mente (reale e conscia). **Strong AI position.**

Il calcolatore, convenientemente programmato, è di per se stesso una mente, in grado di comprendere e di avere altri stati cognitivi, diversi (inferiori) a quelli del cervello umano.

Obiettivo è **Thinking humanly** (cognitive science).



L'ipotesi debole o cauta sull'intelligenza artificiale



Funzionalismo: Funzionamento come se...

Una macchina può pensare? Può volare? Può nuotare?
Intelligenza simbolica, motoria, visiva,.... emotiva,...

“Il calcolatore non ha stampato perché pensava di essere collegato ad un'altra stampante.”

Come si può definire una “thinking machine”?

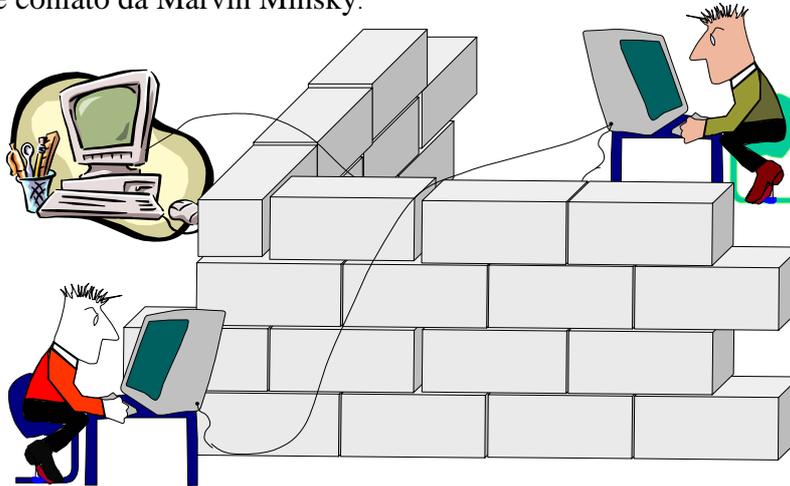
Approccio **sperimentale**: Test di Turing: “Computing Machinery and Intelligence” (1950).



Il test di Turing (1950)



La nascita dell'intelligenza artificiale, 2 anni prima che il termine fosse coniato da Marvin Minsky.



A.A. 2004-2005

7/61

<http://homes.dsi.unimi.it/~borghese/>



Contraddittorio sull'ipotesi debole



- 1) Una macchina non può originare nulla di nuovo, esegue dei programmi.
- 2) Il comportamento intelligente non può essere completamente replicato.
- 3) Il comportamento intelligente non può essere completamente catturato da regole formali (argument for informality).
- 4) Anche se un computer si comportasse in modo da superare il test di Turing, non sarebbe comunque classificato come intelligente.

A.A. 2004-2005

8/61

<http://homes.dsi.unimi.it/~borghese/>



Una macchina non può originare nulla di nuovo



Una cosa che può fare una macchina è imparare dall'esperienza. Programma di scacchi. Algoritmi per la valutazione della sequenze di mosse, e da qui miglioramento della strategia di gioco. **Machine learning. Reinforcement learning.**

Apprendimento, patrimonio genetico e culturale formano intelligenza (come?).

Come si sviluppano gli umani dalla nascita all'età adulta?



Il comportamento intelligente non può essere completamente replicato (argument from disability)



Cosa non può fare una macchina?

“Essere gentile, bellissima, amichevole, avere iniziativa, essere spiritosa, distinguere il bene dal male, innamorarsi, essere golosa di fragole alla panna, fare innamorare qualcuno, imparare dall'esperienza, avere proprietà di linguaggio, riflettere su sé stessa, avere una varietà di comportamenti, essere veramente creativa” (A. Turing, 1940).

E' una questione di tempo e di conoscenze nel campo delle Scienze Cognitive?



Il comportamento intelligente non può essere completamente catturato da regole formali (argument from informality)



Il comportamento umano è troppo complesso per essere codificato in regole formali.

La conoscenza non è sempre codificabile in forma simbolica.

Rappresentazione sub-simbolica della conoscenza => intelligenza è una proprietà emergente dell'architettura neurale, conoscenza **sub-simbolica**, struttura + collegamenti + funzionamento).

C'è un'intelligenza anche se la conoscenza non è espressa in modo simbolico esplicito (conoscenza sub-simbolica).



La macchina che passa il test di Turing potrebbe non essere intelligente (potrebbe confutare l'ipotesi forte)



Manca di coscienza.

Non è sufficiente che la macchina replichi o interpreti il funzionamento di un'altra macchina. Occorre che sia anche conscia.

Occorre che un calcolatore non sia in grado solamente di replicare il funzionamento di un altro, ma che ne replichi gli algoritmi implementati dal Sistema Operativo.

L'intelligenza va al di là di "thinking rationally" o "thinking machine".



Ipotesi forte sulla AI



Le macchine che agiscono intelligentemente hanno una mente (reale e conscia). **Strong AI position.**

Il calcolatore, convenientemente programmato, è di per se stesso una mente, in grado di comprendere e di avere altri stati cognitivi propri del cervello umano. *Thinking humanly* (cognitive science).

“Fino a quando una macchina non sarà spinta a comporre un sonetto o un concerto dai suoi stati d’animo e dalla sua conoscenza, e, non semplicemente, da una statistica sulla composizione dei simboli, non possiamo pensare che quella macchina sia uguale alla nostra mente; non potremo cioè affermare che la macchina sia uguale alla nostra mente fino a quando non potremo affermare non solo che ha scritto il componimento, ma anche che sa di averlo scritto” (Turing, 1944).

Cos’è la coscienza?

A.A. 2004-2005

13/61

<http://homes.dsi.unimi.it/~borghese/>



La Stanza Cinese (J. Searle, 1980)



La persona (CPU).

Un libro di regole (Il programma).

Un pacco di fogli (la memoria).



Il calcolatore potrebbe dimostrare di essere intelligente al test di Turing, senza comprendere nulla. Il signore nella stanza cinese riceve in ingresso dei simboli che manipola secondo regole a lui ignote e poi fornisce le risposte.

Lui non conosce il cinese!

A.A. 2004-2005

14/61

<http://homes.dsi.unimi.it/~borghese/>



Contraddittorio



Ragionamento:

- 1) Alcuni oggetti non sono capaci di comprensione (del cinese).
- 2) La persona nella stanza, il libro di regole e la pila di fogli sono oggetti di questo tipo.
- 3) Se ciascuno di questi oggetti è privo di comprensione, allora un qualsiasi sistema costruito con questi oggetti è privo di comprensione.
- 4) Non c'è conoscenza nella stanza.

Dato che gli uomini sono costituiti da molecole, e le molecole non hanno COSCIENZA, l'uomo non ha coscienza?



La stanza di Maxwell (Churchland, 1986)



•Assioma 1. L'elettricità ed il magnetismo sono forze.

•Assioma 2. La proprietà essenziale della luce è la luminosità.

•Assioma 3. Le forze, da sole, non sono essenziali né sufficienti per dare la luminosità.

Tesi: Il movimento di un magnete in una stanza non produce apparentemente nulla.



Soluzione del contraddittorio



La coscienza è una **proprietà emergente** di sistemi di neuroni, propriamente disposti, ed attivi (*J. Searle, "The Rediscovery of Mind", 1992*). Questo punto di vista è condiviso dagli scienziati cognitivi.

[Esempio: un bambino che impara una lingua estera non è molto diverso dalla stanza cinese].

Il focus di questo corso è proprio sull'**emergent intelligence**, collective intelligence. L'intelligenza che emerge "dal basso", mediante interazione tra elementi relativamente semplici.



Com'è fatta la mente?



Robotica. The Brain Prosthetic Experiment (*H. Moravec, 1988*).
Cosa succede se sostituisco uno ad uno tutti i neuroni nella corteccia con un dispositivo elettronico?

Risposta funzionalista (la mente è una scatola nera, i costituenti possono essere diversi, la mente rimane).

Risposta strutturalista (e.g. Searl, ad un certo punto la coscienza svanisce).



Perché è importante per i sistemi intelligenti?



La macchina di Turing potrebbe eseguire tutti i procedimenti mentali trasformandoli in un procedimento formale di passaggi da uno stato all'altro, ma

- Inoltre la macchina di Turing manipola simboli di cui non conosce il significato, a differenza della mente umana.
- Dall'analisi ripetitiva delle sequenze di simboli, può derivare un'intelligenza? Machine learning, Reinforcement learning, Biological learning. Dal sub-simbolico, al simbolico, all'intelligenza.
- Esperimento di Moravec: the prosthetic brain. Sostituisco un neurone alla volta con un dispositivo elettronico e viceversa, cosa succede alla coscienza?



Sommario



- Macchine e Mente
- **L'artificial life**
- L'intelligenza collettiva



Artificial life



“The term "artificial life" describes research into synthetic systems that possess some of the essential properties of life.

Its field of study partly overlaps with AI, but AL has more in common with biology and physics.

It is based on a SW support with respect to robotics, which has a HW support.

This interdisciplinary field includes biologists, computer scientists, physicists, chemists, geneticists, and others. Artificial life may be viewed as an attempt to *understand high-level behavior from low-level rules*--for example, how the simple interactions between ants and their environment lead to complex trail-following behavior.

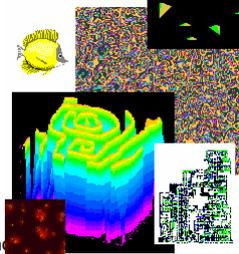
An understanding of such relationships in particular systems can suggest novel solutions to complex real-world problems such as disease prevention, stock-market prediction, and data mining on the Internet.”

<http://www.alife.org/links.html>

A.A. 2004-2005

21/61

<http://www.alife.org/links.html>



Obiettivi dell'Artificial life



“The objective of AL is to study evolution process in a computer-simulated artificial world. We hope that, like in the real world, despite randomness and aimlessness of basic evolution mechanisms, it will lead to creation of more and more efficient artificial organisms, still better and better adapted to the artificial world conditions”.

For many years people used computers to simulate Nature.

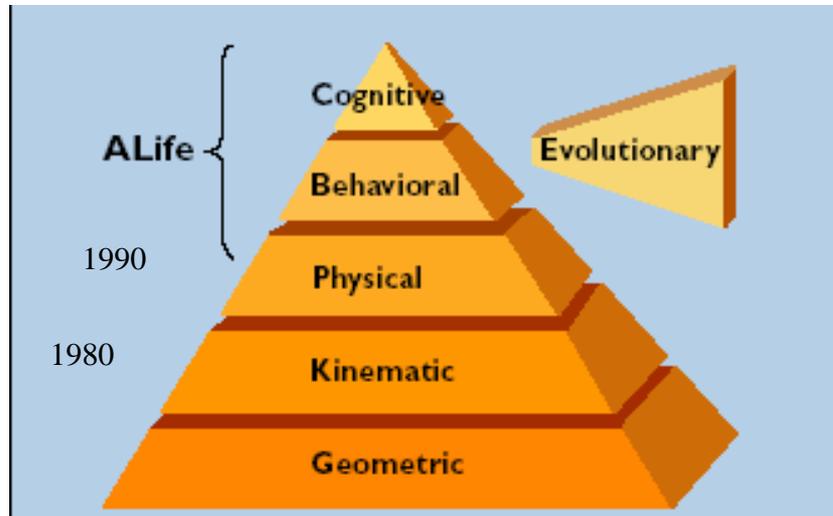
“Scientists studying AL concentrate on various fields and serve many purposes. Rules of simulated worlds do not have to be like real ones, but such models seem more interesting (perhaps because you are able to directly compare simulation results with reality).”

Simulations are based on observing natural phenomena: birth, death, growth, development, natural selection, evolution, perception, motion, objects manipulation, adaptation, learning, and intelligence.

£



Artificial life



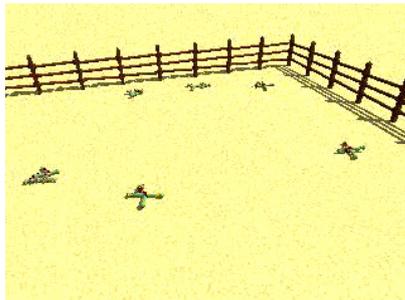
A.A. 2004-2005

23/61

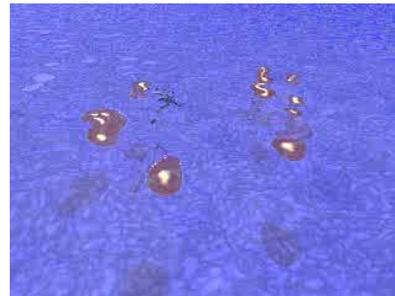
<http://homes.dsi.unimi.it/~borghese/>



Esempi di Alife



Inseguimento
sulla terra ferma



Inseguimento
nell'acqua

<http://www.frams.alife.pl>

A.A. 2004-2005

24/61

<http://homes.dsi.unimi.it/~borghese/>



Esempi di Alife



Planet life



Swimmer

<http://www.frams.alife.pl>

A.A. 2004-2005

25/61

<http://homes.dsi.unimi.it/~borghese/>



Artificial plants



A synthetic model of the topiary garden at Levens Hall, England, by

R. Mëch, P. Prusinkiewicz, and M. James. "Garden of L" (inset) by P. Prusinkiewicz,

F. Fracchia, J. Hanan, and D. Fowler; see www.cpsc.ucalgary.ca/~pwp

L-systems

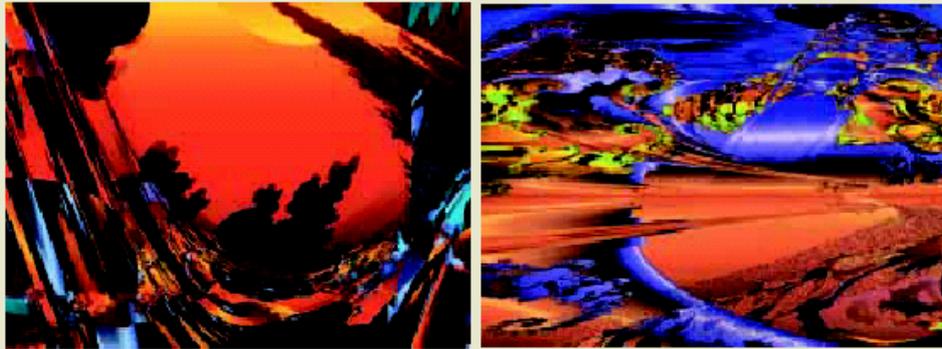
<http://homes.dsi.unimi.it/~borghese/>



L'evoluzione artificiale



Pioniere è stato Karl Sims, 1991 => Sims city



"In the Beginning" (left); "The High Plains of Kilimanjaro" (right).

IMAGES BY STEVEN ROOKE; SEE WWW.CONCENTRIC.NET/~SROOKE



Sommario



- Macchine e Mente
- **L'artificial life: i flock**
- L'intelligenza collettiva



I sistemi particellari ed i flocks



Presentano un *collective behavior*.

Sistemi particellari.

- Grande quantità di particelle che costituiscono un conglomerato fuzzy.
- Ciascuna particella è molto semplice ed ha un comportamento molto semplice.
- Le interazioni sono definite solamente con l'ambiente.

Flocks

- Gli elementi sono in numero minore.
- Hanno un comportamento fisico più complesso ed una quantità (limitata) di intelligenza.

L'impressione di un comportamento unitario è un *emergent behavior*.

A.A. 2004-2005

29/61

<http://homes.dsi.unimi.it/~borghese/>



Flock = gregge, stormo



- Limitato numero di elementi.
- Elementi di dimensioni maggiori; non è prevista penetrazione.
- Interattività tra gli elementi a vari livelli, non solo a livello basso (comportamento in seguito ad urto).
- Minimo sforzo da parte del programmatore per generare ed animare la scena.

Pioniere è stato Craig Reynolds.

Nel campo gli agenti si parla di **boids** (acronimo di birdoids).

A.A. 2004-2005

30/61

<http://homes.dsi.unimi.it/~borghese/>



Motori di movimento di un flock



Locali:

- **Collision avoidance.** Spazio vitale + ostacoli esterni. Regola: allontanati quando arrivi “troppo” vicino ad un ostacolo (Q: in che direzione ci si allontana? Cosa vuol dire troppo?)
- **Flock centering.** Forza di coesione. Rappresentazione locale: ogni elemento tende ad avvicinarsi all’elemento vicino. Forza di coesione. Attrazione verso il centro “locale” degli elementi vicini, orientamento parallelo a quello degli elementi “vicini”.

Globale:

- **Leader following.** Il comportamento di un flock è determinato dal comportamento del **leader**.



Controllo locale del flock



Per ciascun elemento posso definire:

- Il comportamento fisico. Urto tra la struttura degli elementi (possono essere basati su scheletro) e l’ambiente.
- La percezione (il sistema sensoriale).
- Il ragionamento. Simile agli AVATAR. Elaborazione delle forze introdotte da flock centering e collision avoidance + forze originate dalla percezione + stato interno dell’elemento.
- L’azione (il sistema motorio).



Proprietà di un flock



La percezione è fondamentale affidata alla **vista**.

Modellazione statica del flock dal punto di vista dell'elemento.
Analisi di alcuni elementi più vicini.

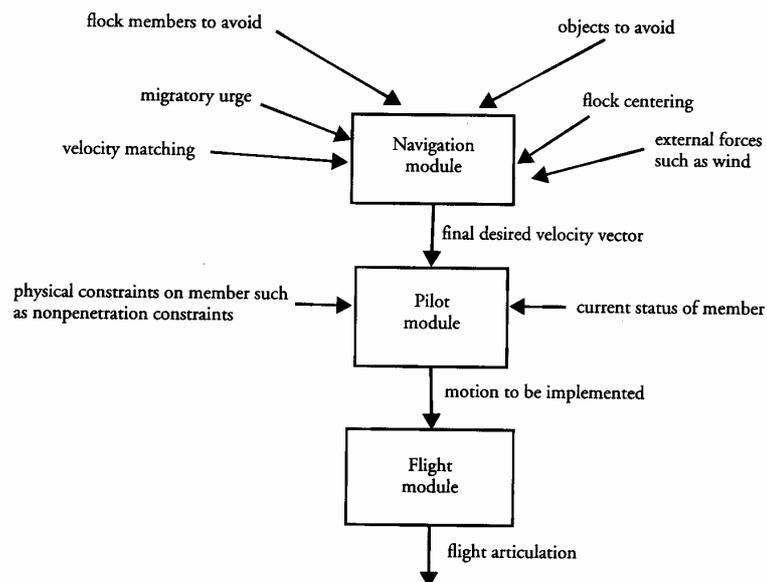
Modellazione dinamica. Stima delle velocità relative degli elementi vicini.

Chorus line effect: uno spostamento di direzione nel gregge si propaga come un'onda.

Gli elementi possono: seguire il leader, seguire l'istinto migratorio o seguire il gregge o un mix.



Come viene prodotto il movimento





Applicazioni di tecniche di Flocking (Terzopoulos, 1999)



Table 1. Examples of behavioral animation in the movies.

Year	Title	Director	Producer
1987	<i>Stanley and Stella in: Breaking the Ice</i> (short)	L. Malone	Symbolics
1988	<i>Behave</i> (short)	R. Allen	R. Allen
1989	<i>The Little Death</i> (short)	M. Elson	Symbolics
1992	<i>Batman Returns</i>	T. Burton	Warner Brothers
1993	<i>Cliffhanger</i>	R. Harlin	Carolco Pictures
1994	<i>The Lion King</i>	R. Allers, R. Minkoff	Walt Disney Productions
1996	<i>From Dusk Till Dawn</i>	R. Rodriguez	Miramax Films
1996	<i>The Hunchback of Notre Dame</i>	G. Trousdale, K. Wise	Walt Disney Productions
1997	<i>Hercules</i>	R. Clements, J. Musker	Walt Disney Productions
1997	<i>Spawn</i>	M. Dippé	New Line Cinema
1997	<i>Starship Troopers</i>	P. Verhoeven	TriStar Pictures
1998	<i>Mulan</i>	T. Bancroft, B. Cook	Walt Disney Productions
1998	<i>Antz</i>	E. Darmell, L. Guterman, T. Johnson	Dreamworks SKG/PDI
1998	<i>A Bug's Life</i>	J. Lasseter, A. Stanton	Walt Disney Productions/Pixar
1998	<i>The Prince of Egypt</i>	B. Chapman, S. Hickner, S. Wells	Dreamworks SKG
1999	<i>Star Wars: Episode 1—The Phantom Menace</i>	G. Lucas	Lucasfilm

A.A. 2004-2005

35/61

<http://homes.dsi.unimi.it/~borghese/>



The animats



<http://www.isab.org.uk/sab02/>

<http://www.animats.com/>

A.A. 2004-2005

36/61



Sommario



- Macchine e Mente
- **L'artificial life: gli agenti**
- L'intelligenza collettiva



Gli agenti



“An agent is an autonomous software system: a system that can decide for itself what it needs to do.”

“Two main "religions" appear to have emerged with respect to agents: the *intelligent agents* community, and the *mobile agents* community. Intelligent agents are essentially agents that can do reasoning or planning. Mobile agents are agents that can transmit themselves across a computer network (e.g., the internet) and recommence execution on a remote site.”



A Why agents are important?



“They are seen as a natural metaphor for conceptualising and building a wide range of complex computer systems (the world contains many passive objects, but it also contains very many *active* components as well);

They cut across a wide range of different technology and application areas, including telecoms, human-computer interfaces, distributed systems, WEB and so on;

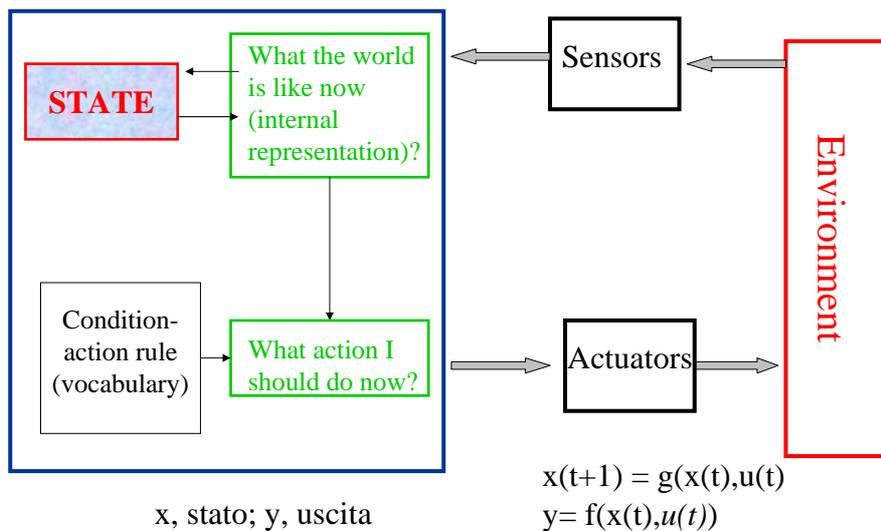
They are seen as a natural development in the search for ever-more powerful abstractions with which to build computer systems.“

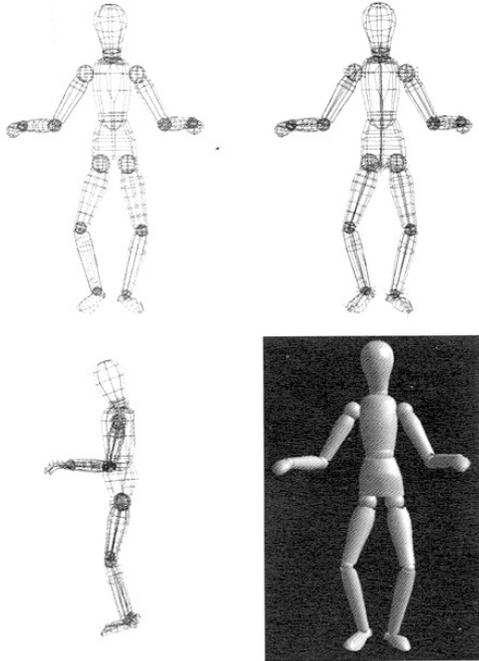
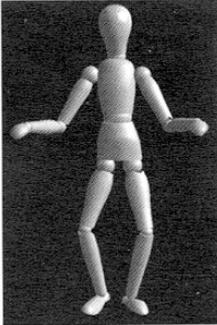


Schematic diagram of simple reflex agent



Agent




Gli Avatar

A.A. 2004-2005 41/61 <http://homes.dsi.unimi.it/~borghese/>



Cosa sono gli AVATAR



- Sono secondo etimologia divinità discese da cielo.
- Comportamento autonomo.
- Personalità autonoma (comportamento che segue all'interazione con l'ambiente).



<http://www.ccon.org/conf01/>

A.A. 2004-2005 42/61 <http://homes.dsi.unimi.it/~borghese/>



AVATAR BEHAVIOR



**Human
Animal**

**Cartoon
Best Bang for the Buck
(500 vertices or less)**

**Fantasy
Animation** (may be combined with any of the previous categories)

<http://www.plmsolutions-eds.com/products/efactory/jack/moviesandimages.shtml>

A.A. 2004-2005

43/61

<http://homes.dsi.unimi.it/~borghese/>



Daniel and Nadia Thalman



<http://vrlab.epfl.ch>

A.A. 2004-2005

44/61

<http://homes.dsi.unimi.it/~borghese/>



Fattori cognitivi.



Componenti:

- Sensori: visione, tatto e udito.
- Motore inferenziale (AI).
- Comportamenti (vocabolario motorio, parametrizzato).
- Fattori stocastici.

Matrimonio tra Animazione e Sistemi Intelligenti (AI)

Controllo autonomo di essere inanimati.
Umanizzazione di elementi della scena.
Preludio ai robot umanoidi.

Pioniere: Bruce Blumberg, 1995: ALIVE.
<http://web.media.mit.edu/~bruce/>



A.A. 2004-2005

45/61



Avatar e movimento



- **Elementi cognitivi** (ambiente). L'ambiente deve essere modellato per l'interazione (affordances tra oggetti ed interazione).
- **Stati emozionali.**
 - Comandi. Qualcosa che deve essere fatto pena la morte.
 - Desideri. Cose che dovrebbero essere fatte, se il sistema di controllo lo consente.
 - Suggerimenti.
- **Livello di dettaglio.** Gerarchia nella pianificazione del movimento.

A.A. 2004-2005

46/61

<http://homes.dsi.unimi.it/~borghese/>



Ciclo di azione - reazione di un avatar



*Comportamento: pianificazione ed esecuzione
(e valutazione)*

Dato un certo input:

Ragionamento (AI): cosa devo fare?

Pianificazione (Intelligenza motoria): come posso farlo?

Esecutore: traduzione in macro-comandi motori.

Valutazione: come l'ho fatto?

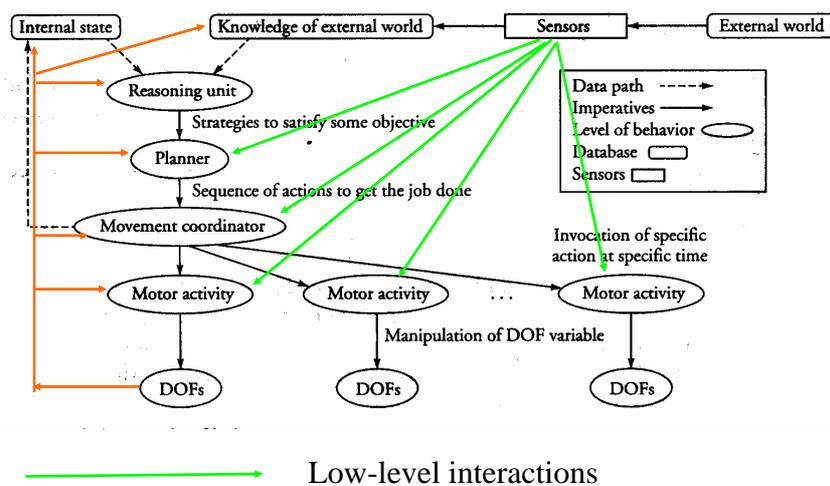
A.A. 2004-2005

47/61

<http://homes.dsi.unimi.it/~borghese/>



Retroazione



A.A. 2004-2005

48/61

<http://homes.dsi.unimi.it/~borghese/>



Il movimento biologico



Firma spazio-temporale.

Variabilità intra-individuale ed inter-individuale.

Complessità computazionale.

Vocabolario motorio (unione di chunk motori).

Determinanti (cinematici, cinetici) dell'intelligenza motoria (algoritmi).

Molto lavoro da fare basato sul Motion Capture (e.g. studio della scrittura, delle espressioni facciali, della manipolazione...).

A.A. 2004-2005

49/61

<http://homes.dsi.unimi.it/~borghese/>





Affective behavior



Studio della comunicazione affettiva (Animazione facciale + Emotional intelligence).

La comunicazione è **bimodale** (udito + visione).

Tutto il corpo partecipa, ma in particolare il volto.

Field deformation (persona-based transmission).

Key points (features).

Il pioniere: Frederic Parke (1970)

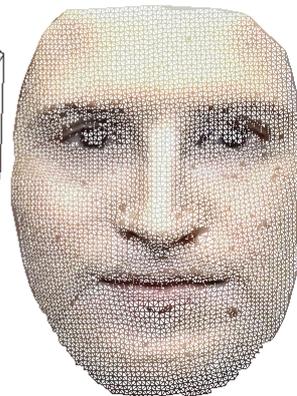
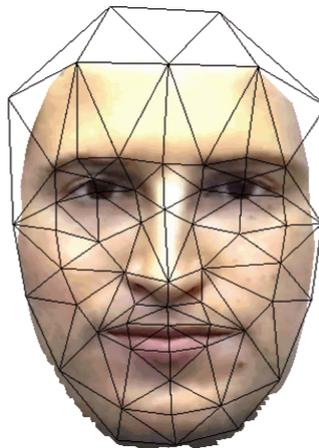
A.A. 2004-2005

51/61

<http://homes.dsi.unimi.it/~borghese/>



Two-layers technique



- Deformation of a topological mesh induced by a control mesh.
- The control mesh connects the marker points.

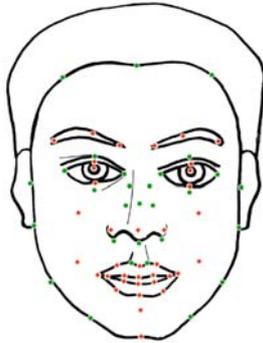
A.A. 2004-2005

52/61

<http://homes.dsi.unimi.it/~borghese/>



Markers disposition



Position of the feature points according to MPEG-4 standard:

- ◆ principali
- secondari

Problems with:
Eyes and tongue.
Nose basis (visibility).

A.A. 2004-2005

53/61

<http://homes.dsi.unimi.it/~borghese/>



Felicità



Progetti: biologia e modeling delle emozioni e dei loro determinanti.

A.A. 2004-2005

54/61

<http://homes.dsi.unimi.it/~borghese/>



Sommario



- Macchine e Mente
- L'artificial life
- **L'intelligenza collettiva**



Ant colonies <http://iridia.ulb.ac.be/~ants/ants2004/>



Fourth International Workshop on Ant Colony Optimization and Swarm Intelligence.

“Researchers in ethology and animal behavior have proposed many models to explain interesting aspects of social insect behavior such as self-organization and shape-formation. Recently, algorithms inspired by these models have been proposed to solve difficult computational problems.

*An example of particularly successful research direction in swarm intelligence is **ant colony optimization**, which focuses on discrete optimization problems. Ant colony optimization has been applied successfully to a large number of difficult discrete optimization problems including the traveling salesman, the quadratic assignment, scheduling, vehicle routing, etc., as well as to routing in telecommunication networks.*

*Another example of interesting research direction is **swarm robotics**, where the focus is on applying swarm intelligence techniques to the control of large groups of cooperating autonomous robots”.*

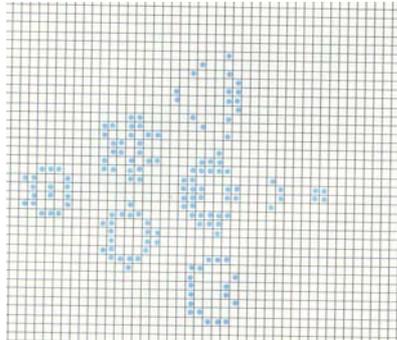
Bonabeau e Theraulaz, Swarm Smarts, Scientific American, 2000.



Automati cellulari



Automati cellulari, es: gioco della vita



Insieme di sistemi dinamici identici, detti **celle**, connessi tra loro **localmente**.

Un automa cellulare è una **macchina a stati finiti** (automa) composta da più cellule cooperanti. A seconda delle regole di transizione, il sistema può essere in continua evoluzione o raggiungere uno stato stabile

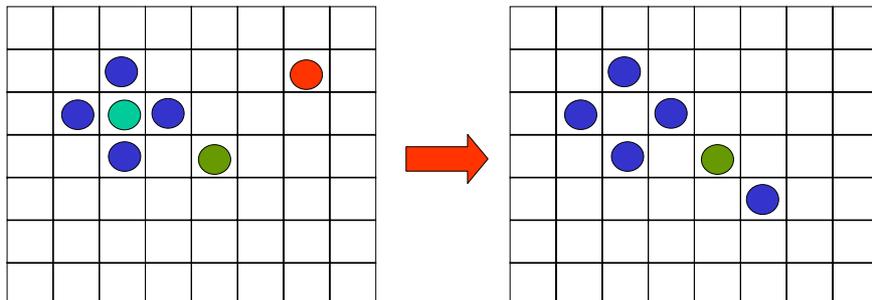
A.A. 2004-2005

57/61

<http://homes.dsi.unimi.it/~borghese/>



Esempio di regole del gioco della vita



- Soccombe (isolato)
- Soccombe (soffocato)
- Si riproduce (un unico vicino)
- Permane immutato

A.A. 2004-2005

58/61

<http://homes.dsi.unimi.it/~borghese/>



Applicazioni degli automi cellulari



- Computer graphics
- Simulazione di sistemi biologici (mappe ECG)
- Simulazione di fenomeni fisici (flusso di calore, di fluidi,...)
- Progettazione di calcolatori paralleli
- Simulazione di fenomeni sociali o economici.

“Studying Artificial Life with Cellular Automata” Christopher Langton 1986- Physics D, 22, 120.149.



Sommario



- Macchine e Mente
- L'artificial life
- L'intelligenza collettiva



Riflessioni



- **Mente ed Intelligenza:** cosa ci possono dire le nostre osservazioni?
- **Come disporreste i filoni legati all'Artificial Life e alla Collective computation** rispetto alle discipline metodologiche: AI, Algoritmi, Connessionismo, Scienze Cognitive, Robotica, Cibernetica....?
- **Quale complessità si può individuare nel passare dal singolo al gruppo** (e.g. dagli animats all'artificial life)?
- **Che relazione c'è tra agenti ed avatar?**