

# Apprendimento ed evoluzione in sistemi artificiali

## □ **Corso di laurea in Informatica** (anno accademico 2024/2025)

- Insegnamento: Apprendimento ed  
evoluzione  
in sistemi artificiali
- Docente: Marco Villani

UNIMORE  
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI  
MODENA E REGGIO EMILIA



Dipartimento di  
Scienze Fisiche,  
Informatiche  
e Matematiche

E' vietata la copia e la riproduzione dei contenuti e immagini in qualsiasi forma. E' inoltre vietata la redistribuzione e la pubblicazione dei contenuti e immagini non autorizzata espressamente dall'autore o dall'Università di Modena e Reggio Emilia

## Agenti

- Cosa sono gli agenti, e perché sono utili
- Tre temi chiave:
  - Agenti autonomi
  - Sistemi multiagente
  - Emergenza

Si ringrazia Franco Zambonelli per il materiale riguardo  
i sistemi multiagente e l'emergenza

# Il concetto di agenzia

- Agency - from the Webster Dictionary
  1. how a result is obtained or an end is achieved; "a means of control"; "an example is the best agency of instruction"; "the true way to success"
  2. a business that serves other businesses
  3. an administrative unit of government; "the central Intelligence Agency"; "the Census Bureau"; "Office of Management and Budget"; "Tennessee Valley Authority"
  4. the state of serving as an official and authorized delegate or agent
  5. the state of being in action or exerting power; "the agency of providence"; "she has free agency"
- Dal latino «agentis» - «colui che agisce»
  - Un agente è qualcuno che agisce in nome di qualcun altro, con il potere di agire su delega

## Esempi di agenti del mondo reale

- Agenti segreti
- Agenti di commercio
- Agenti di viaggio
- Agenti sportivi
- Agenti immobiliari
- Cosa hanno in comune?
  - Hanno ognuno uno scopo ben preciso (caccia alle spie, vendita, ricerca di un impiego, organizzazione di un viaggio...)
  - Sono delegati da qualcun altro (governo, proprietario di immobile, sportivo, ...)
  - Sanno come fare (hanno il potere ed il permesso di agire)

# Agente: altri ambiti

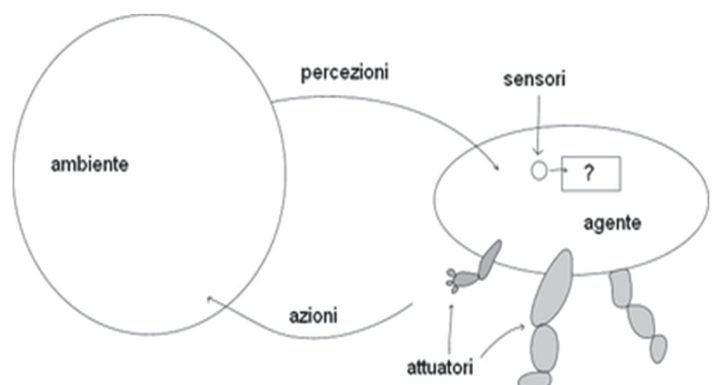
- Un tipo di virus (biologia)
- Un nome che effettua un'azione (linguistica)
- Una persona che decide su questioni che coinvolgono gli interessi del titolare (microeconomia)
- User agents, management agents.. (informatica)

- Definizione «corporea»

## Agenti

*«Un agente è un'unità computazionale, come un programma software od un robot, che può essere in grado di percepire ed agire nel suo ambiente e ha un comportamento autonomo che almeno parzialmente dipende dalla sua esperienza personale»*

- Gli agenti sono entità
  - computazionali
    - manipolano informazione
  - autonome
    - il semplice atto di eseguire un ordine non qualifica un'entità come un agente
- collocate in un ambiente
  - spazio (reale o virtuale) in cui le azioni avvengono



- Definizione «sociale»

# Agenti

*«Gli agenti sono delle «persone» delle società artificiali. Ogni agente ha degli stati interni e delle regole comportamentali. Alcuni stati sono fissi nella vita dell'agente, mentre altri cambiano attraverso l'interazione con gli altri agenti o con l'ambiente esterno»*

- Gli stati (dati, conoscenza) degli agenti possono essere costanti nel tempo, oppure variabili

*«Gli agenti interagiscono direttamente fra di loro e macro strutture sociali emergono da queste interazioni»*

- Gli agenti possono interagire con gli altri agenti
- Ciò può comportare l'emergenza di strutture di più alto livello



# Agenti

- (allargando sempre più...) Un agente è un'entità fisica o virtuale *(in giallo corsivo le sole caratteristiche essenziali)*
  - *che è in grado di percepire parzialmente il suo ambiente*
  - *che ha solamente una rappresentazione parziale del suo ambiente (e forse anche nessuna)*
  - *che è in grado di agire nel suo ambiente*
  - *che possiede abilità e può fornire servizi*
  - che è guidato da una serie di tendenze (obiettivi, funzioni di soddisfazione da ottimizzare)
  - che può comunicare direttamente con altri agenti
  - che può essere in grado di riprodurre se stesso
  - il cui comportamento tende verso la realizzazione dei suoi obiettivi, considerando le abilità e le risorse disponibili ed in base alla sua percezione, le sue rappresentazioni e le comunicazioni che riceve

# Agenti: paradigmi

## Paradigma debole

- Un agente è un sistema con le seguenti proprietà:
  - autonomia
  - reattività (percepire l'ambiente e reagire ai suoi cambiamenti)
  - pro-attività (comportamento diretto ad obiettivi)
  - abilità sociale (comunicazione con altri agenti, con umani)

## Paradigma forte

- Alle proprietà precedenti vengono aggiunte caratteristiche di più alto livello ed «umane», come
  - conoscenza
  - intenzioni
  - emozioni
  - senso di obbligo
  - scopi
  - ...

## ATTENZIONE...

- Spesso alludiamo a sistemi software come se fossero esseri senzienti:
  - Il sistema non trova il file
  - Il database vuole un formato differente
  - Il mio programma non accetta questo tipo di dato: si aspetta prima il cognome
- Ciò è detto «posizione intenzionale»
- Può essere comoda
- ma anche tremendamente fuorviante
  - che grado «reale» di autonomia ha un sistema artificiale?

# Altri attributi

- Altre caratteristiche spesso discusse:
  - mobilità - in un ambiente
  - veridicità (truth) – correttezza nella produzione di informazioni
  - benevolenza – correttezza delle azioni
  - razionalità – coerenza fra azioni ed obiettivi
    - caso particolare: razionalità limitata (dalle proprie caratteristiche e dalle informazioni in proprio possesso – anche Einstein....)

## Architetture di agente

- Si possono considerare diverse classi di agente
  - Logic-based – in cui la parte di decisione è realizzata tramite deduzioni logiche (manipolazione di simboli)
  - Reactive - in cui la parte di decisione è realizzata tramite forme di mappatura diretta dalla situazione all'azione
  - Belief-desire-intention (BDI) - in cui la parte di decisione dipende dalle manipolazioni delle strutture dati che rappresentano aspettative (idee sul mondo), desideri (motivazioni interne) ed intenzioni (stati deliberativi) dell'agente
  - Layered – in cui la parte di decisione è realizzata attraverso vari livelli, ciascuno dei quali è più o meno esplicitamente dotato di capacità cognitive riguardo l'ambiente

# Architetture di agente

- Comportamenti
  - Con comportamento teleonomico – diretto verso uno scopo esplicito
  - Con comportamento riflessivo – regolato sulle proprie percezioni interne
- Agenti cognitivi e reattivi
  - Cognitivo – con rappresentazione esplicita del mondo
  - Reattivi «embodied» - con rappresentazione sub-simbolica del mondo, integrata nelle sue capacità sensorie e motorie

## Agenti cognitivi e reattivi

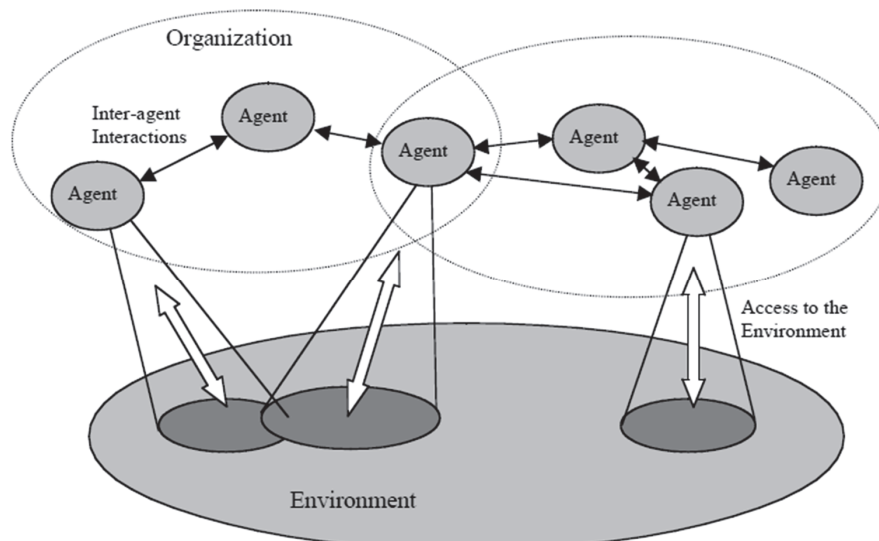
- Gli agenti cognitivi possono
  - Reagire basandosi su rappresentazioni del mondo
  - Memorizzare situazioni da analizzare
  - Pianificare il proprio comportamento
  - Prevedere le conseguenze delle proprie azioni
  - Costruire dei piani ed ottimizzare il numero dei movimenti (agenti deliberativi)
- Gli agenti reattivi «embodied»
  - Possono reagire ad eventi
  - Non possiedono piani prestabiliti
  - Possono fare emergere comportamenti complessi, anche se modellati con regole semplici

# Sistemi multi agente

- Vi sono numerosi esempi di modelli ad agente, tuttavia le applicazioni più interessanti sono quelle in cui molti agenti interagiscono in modo concorrente in un unico sistema
- Sistemi multi agente
  - Con nuove caratteristiche – e con nuove sfide da affrontare

# Sistemi multi agente

*«In informatica un sistema multi agente è un sistema composto da numerosi agenti, in grado di instaurare interazioni reciproche. L'interazione può essere sotto forma di scambio di messaggi o attraverso la modifica del loro ambiente comune»*





# Perché sistemi multi agente?

- Un solo agente è limitato
  - Ha limiti nella quantità di conoscenza che può acquisire/processare in un certo tempo
    - Es. un agente che deve analizzare vaste zone di un enorme spazio di ricerca
- Distribuzione
  - Molti problemi sono intrinsecamente distribuiti
  - Spesso la conoscenza può essere acquisita solo in loco
  - Spesso occorre/(può essere comodo) concentrare più agenti in luoghi maggiormente densi di informazione
    - Es. agenti che devono identificare i contorni all'interno di un'immagine

# Perché sistemi multi agente?

- Le interazioni possono avvenire fra agenti «personalizzati»
  - Molti problemi richiedono l'interazione fra diverse competenze
    - Es. sito di e-commerce, che richiede acquirenti, distributori e venditori, ognuno con proprie intenzioni e possibilità
- Sistemi multiagente sono «simili a» organizzazioni reali
  - Sistemi software di supporto al lavoro di organizzazioni umane
    - Occorre che «qualche cosa» riproduca la struttura del mondo reale, per minimizzare la distanza concettuale fra le organizzazioni reale e simulata

# Perché sistemi multi agente?

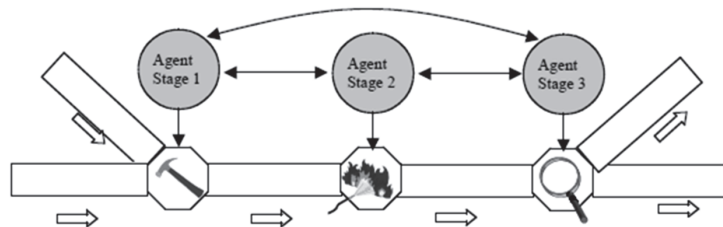
- Più in generale...
- Per maneggiare sistemi complessi è più facile pensare in termini di «sistemi multiagente» che in altri termini
  - Dopo tutto, noi viviamo in un mondo pieno di interazioni fra agenti autonomi (esseri umani), ognuno di essi con razionalità limitata, interagenti per raggiungere comuni obiettivi, ma partendo ognuno da scopi personali
    - Es. al lavoro, con gli amici, praticando sport, ...

# Perché sistemi multi agente?

- Più in generale...
- Molti sistemi informatici attuali sono di fatto «multiagente»
  - fatti da componenti distribuiti (sensori, repliche, sistemi mobili, ....)
  - interagenti fra di loro in modi complessi (reti p2p, ambienti pervasive computing, ...)
  - situati in un ambiente (fisico o simulato)

# Controllo di processo

- Agenti «embedded» in sistemi di controllo automatici
  - Per controllare il lavoro di uno strumento specifico in modo autonomo
  - Gli agenti possono interagire fra di loro allo scopo di coordinarsi
- Esempio: catena di montaggio
  - Agenti differenti per differenti stadi di lavorazione
  - Interazione per assicurare il corretto funzionamento dell'intero processo

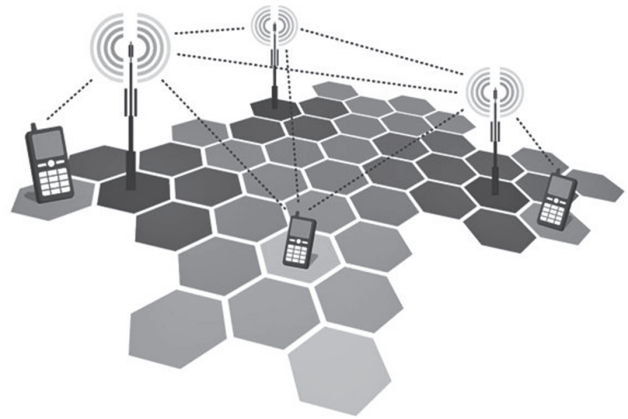


# Controllo di processo

- Industria
  - Per controllare la produzione di beni di consumo
    - Fabbriche automatizzate di automobili
- Casa e ufficio
  - Controllo della temperatura di ambienti od interi edifici
- «Smart cities»
  - Controllo del traffico
    - Agenti assegnati ad ogni semaforo allo scopo di facilitare localmente lo scorrimento del traffico
    - In grado di comunicare fra di loro per massimizzare la performance globale

# Gestione risorse

- Ogni agente è specializzato nel massimizzare lo sfruttamento/l'utilità di una risorsa specifica
  - Interagendo con altri per assicurare un bilanciamento generale
- Esempio: allocazione risorse in una rete di telefonia mobile
- Un sottoinsieme delle chiamate può essere allocata in più di una cella
- Ogni cella è controllata da un agente
- La competizione (oppure altri tipi di approccio derivati dall'economia) può essere una possibile soluzione per raggiungere il massimo rendimento



# Gestione risorse

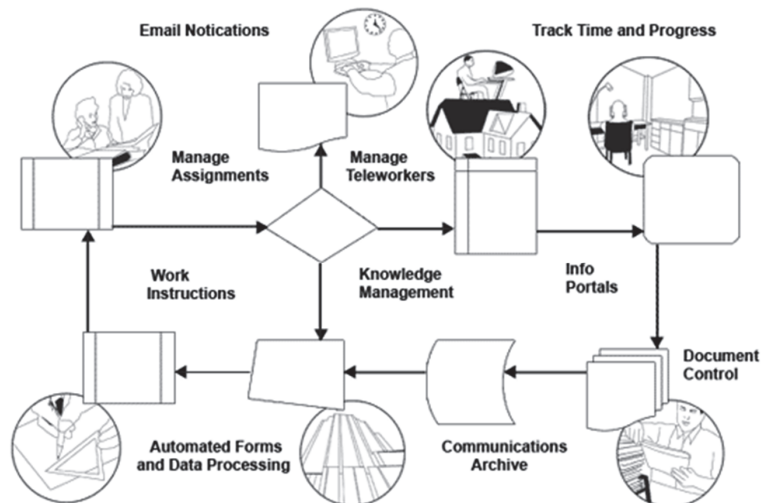
- Reti elettriche
  - Agenti in ogni centrale di potenza o di distribuzione
  - che controllano la produzione ed il consumo
  - ed interagiscono per assicurarsi che tutta la potenza venga correttamente utilizzata
  - Possono autonomamente regolare la produzione o limitare il consumo in modo da evitare blackout
- Reti di computer
  - Reti di server intelligenti per supportare memorizzazione o computazione distribuita
    - Es. i dati del CERN di Ginevra

# Workflow management

- Gestione dei gruppi di lavoro collaborativi
  - Gli agenti possono agire autonomamente, o come «avatar» di esseri umani, in un processo di lavoro distribuito
  - allo scopo di mantenere la consistenza dei vari passi di produzione

- Esempi

- Controllo della produzione di un complesso documento multi-autore
- Gestione di coalizioni temporanee (es. partenariati di progetti europei)



## Simulazioni

- Analitiche (basate su equazioni differenziali)
  - Sistemi dinamici
  - Evoluzione nello spazio delle fasi
  - Difficoltà nel maneggiare sistemi discreti o con «condizioni al contorno» complicate
- Simulazioni multiagente
  - Modellano sistemi «multi agente» reali
  - tramite un'esecuzione di componenti autonome ed interagenti
  - Semplici da realizzare, con notevoli possibilità di analisi successive - «con la stessa architettura» della realtà da simulare
- Esempi: traffico stradale
  - che non ha molto a che fare con modelli idraulici
  - mentre è basato su «particelle» eterogenee, autonome ed interagenti

# Simulazioni

- Traffico stradale
- Ecosistemi
  - Agenti modellano gli individui delle specie da seguire
  - ad esempio, in cerca di cibo
- Società umane
  - Situazioni di panico (fuga da edifici di grandi dimensioni, cinema, stadi sportivi, navi)
  - Scenari economici (chi fa cosa, ed in quali situazioni? Che comportamento complessivo scaturisce dalle scelte individuali?)
  - Epidemie (attraverso quali vie l'infezione si propaga, e come fare per ostacolarla?)
- Intrattenimento
  - Videogiochi, effetti speciali («Batman begins»)

# Ottimizzazione

- Molti dei sistemi «classici»
  - modellano i sistemi introducendo parametri
  - ed analizzano il comportamento dei sistemi nello spazio dei parametri
- Una ottimizzazione multiagente
  - si basa su agenti che analizzano situazioni locali
  - ed interagiscono fra di loro per costruire una soluzione globale
- Esempi
  - Ant per la selezione del percorso minimo
  - Particle Swarm Optimization