

## I Sistemi Multi Agente - Introduzione

Stefano Mizzaro

Dipartimento di matematica e informatica  
Università di Udine  
<http://www.dimi.uniud.it/~mizzaro>  
mizzaro@dimi.uniud.it  
PAOO, Lezione 23  
7/6/2004

## Calendario provvisorio

- Ve. 28/5
  - Qualità dei diagrammi UML (Baruzzo)
- Lu. 31/5
  - Il framework EasyLocal++ (Di Gaspero e Schaerf)
- Ve 4/6
  - ☺ Niente
- Lu. 7/6
  - OOA
  - Sistemi Multi Agente
- Me. 9/6
  - Caso di studio (con Coppola)
- Ve. 11/6
  - Cenni ai pattern di analisi
  - Chiusura corso
  - L'esame
  - Argomenti per tesi di laurea
- Seminari (?)

© S. Mizzaro - Sistemi MultiAgente

2

## Scaletta

- Definizioni
- Rassegna veloce
- Carotaggi mirati
- Relazioni con OO
- "Senso" di questo settore

© S. Mizzaro - Sistemi MultiAgente

3

## Agente

- Def.:
  - un sistema computerizzato
  - situato in un ambiente,
  - capace di azione autonoma nell'ambiente
  - al fine di raggiungere gli obiettivi per cui è stato progettato
- Autonomo: capace di effettuare decisioni indipendenti sul da farsi

© S. Mizzaro - Sistemi MultiAgente

4

## Sistema Multi Agente (SMA)

- Def.:
  - Un insieme di agenti
  - che interagiscono l'uno con l'altro,
  - tipicamente scambiandosi messaggi per mezzo di qualche infrastruttura di rete

© S. Mizzaro - Sistemi MultiAgente

5

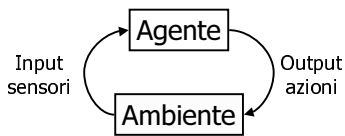
## Due problemi

1. Come costruire un agente con comportamento autonomo?
  - "Agent design", Progetto di un agente
2. Come costruire un insieme di agenti che interagiscono per raggiungere un obiettivo?
  - "Society design", Progetto di una società
  - Sono correlati
    - Ad es., in una società può essere (o meno) importante che i singoli agenti abbiano un modello degli altri agenti
  - Vediamo prima 1. poi 2.

© S. Mizzaro - Sistemi MultiAgente

6

## Interazione con l'ambiente



- Un agente interagisce con l'ambiente
- Ci sono ambienti di vario tipo
- Qualsiasi cosa può essere un agente
  - Es.: termostato, robot, sistema operativo

© S. Mizzaro - Sistemi MultiAgente

7

## Tipologie di ambiente

- Accessibile (Inaccessibile)
  - L'agente può ottenere informazioni complete
- Deterministico (Non deterministico)
  - Ogni azione ha un unico effetto
- Statico (Dinamico)
  - Rimane costante fra un'azione e l'altra
- Discreto (Continuo) [Finito/infinito]
  - Numero di stati finito

© S. Mizzaro - Sistemi MultiAgente

8

## Stati mentali

- Credenze (belief)
- Desideri (desire)
- Intenzioni (intention)
- Impegni (commitments)
- Qualsiasi cosa può avere stati mentali?
  - Es.: termostato, robot, sistema operativo
  - "Posizione intenzionale" ("Intentional stance", Dennett): solo se conviene/serve per capire/spiegare

© S. Mizzaro - Sistemi MultiAgente

9

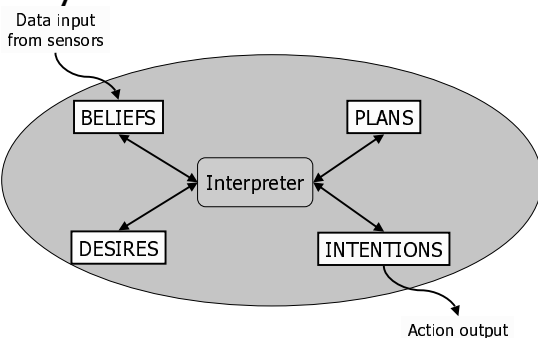
## Programmazione orientata agli agenti

- Programmare in termini di
  - Capacità dell'agente
  - Stati mentali
    - Credenze
    - Impegni
    - Desideri
  - Azioni sull'ambiente
- Es.: Se l'agente i ha fiducia nell'agente j e l'agente j comunica all'agente i che sta per piovere, l'agente i prende l'ombrello

© S. Mizzaro - Sistemi MultiAgente

10

## PRS: Procedural Reasoning System



© S. Mizzaro - Sistemi MultiAgente

11

## PRS

- Libreria di piani pre-compilati dal programmatore
  - Postcondizione (obiettivo), Precondizione, Corpo (azioni da compiere)
- Inizio: Beliefs+Overall goal/intention
- Ciclo:
  - Stack di intenzioni,
  - Piani con postcondizione = top dello stack e precondizione = true (...beliefs...)
  - Scelta di un piano: deliberazione

© S. Mizzaro - Sistemi MultiAgente

12

## Agenti e IA

- C'è molta Intelligenza Artificiale
  - Rappresentazione conoscenza, ragionamento, inferenze, pianificazione, ...
- Agenti  $\subseteq$  IA?
- IA  $\subseteq$  Agenti?
- Agenti  $\neq$  IA

© S. Mizzaro - Sistemi MultiAgente

13

## Sistemi Multi Agente

- Veniamo al problema 2.
- L'interazione è importante
  - "Non esistono agenti isolati"
- 2 agenti,  $i$  e  $j$ , per semplicità
  - Egoisti (ognuno fa i suoi interessi)
  - Stati dell'ambiente ( $\Omega = \{\omega_k\}$ )
  - Funzioni di utilità  $u_i: \Omega \rightarrow \mathbf{R}$  e  $u_j: \Omega \rightarrow \mathbf{R}$
  - Preferenze sugli stati dell'ambiente:  $\omega_1 >_i \omega_2 >_{i,\dots}$
  - Egoisti:  $i$  massimizza  $u_i$

© S. Mizzaro - Sistemi MultiAgente

14

## Esempio (1/2)

- 2 agenti,  $i$  e  $j$ 
  - Dotazione di azioni: Coopera (C) e Tradisci (T)
- Risultati come stati dell'ambiente:
  - $\omega_1 = \langle T, T \rangle$ ,  $\omega_2 = \langle T, C \rangle$ ,  $\omega_3 = \langle C, T \rangle$ ,  $\omega_4 = \langle C, C \rangle$
- Utilità:
  - $u_i(\omega_1) = 1$ ,  $u_i(\omega_2) = 1$ ,  $u_i(\omega_3) = 4$ ,  $u_i(\omega_4) = 4$
  - $u_j(\omega_1) = 1$ ,  $u_j(\omega_2) = 4$ ,  $u_j(\omega_3) = 1$ ,  $u_j(\omega_4) = 4$
- Preferenze:
  - $\omega_1 =_i \omega_2 <_i \omega_3 =_i \omega_4$  e  $\omega_1 =_j \omega_3 <_j \omega_2 =_j \omega_4$

© S. Mizzaro - Sistemi MultiAgente

15

## Esempio (2/2)

- Utilità:
  - $u_i(\langle T, T \rangle) = 1$ ,  $u_i(\langle T, C \rangle) = 1$ ,  $u_i(\langle C, T \rangle) = 4$ ,  $u_i(\langle C, C \rangle) = 4$
  - $u_j(\langle T, T \rangle) = 1$ ,  $u_j(\langle T, C \rangle) = 4$ ,  $u_j(\langle C, T \rangle) = 1$ ,  $u_j(\langle C, C \rangle) = 4$
- Preferenze:
  - $\langle T, T \rangle =_i \langle T, C \rangle <_i \langle C, T \rangle =_i \langle C, C \rangle$  e
  - $\langle T, T \rangle =_j \langle C, T \rangle <_j \langle T, C \rangle =_j \langle C, C \rangle$
- Quindi:
  - $i$  preferisce i due casi in cui C
  - $j$  preferisce i due casi in cui C
  - $i$  e  $j$ , razionalmente, scelgono C (non serve pensare a cosa fa l'altro)

© S. Mizzaro - Sistemi MultiAgente

16

## "Payoff matrix"

		$i$	
		C	T
$j$	C	4	1
	T	1	1

© S. Mizzaro - Sistemi MultiAgente

17

## Strategia dominante

- Def.:
  - Una strategia  $s_1$  (mossa, azione) domina un'altra strategia  $s_2$  sse
  - ogni risultato dell'ambiente ottenuto con  $s_1$  è preferito a tutti i risultati ottenuti con  $s_2$
- Nell'esempio, C è strategia dominante sia per  $i$  sia per  $j$
- La strategia dominante garantisce risultati migliori, dice ciò che l'agente deve fare

© S. Mizzaro - Sistemi MultiAgente

18

## Equilibrio di Nash

- 2 strategie  $s_1$  e  $s_2$  sono in equilibrio di Nash sse
  - Assumendo che l'agente  $i$  segua  $s_1$ ,  $j$  non può fare meglio che seguire  $s_2$  e
  - Assumendo che l'agente  $j$  segua  $s_2$ ,  $i$  non può fare meglio che seguire  $s_1$
- I due agenti sono "incastrati": a nessuno conviene uscire dall'equilibrio con, ad es.,  $s_3$
- $\neg(\exists! \text{ Equilibrio di Nash})$

© S. Mizzaro - Sistemi MultiAgente

19

## Il dilemma del prigioniero

- Due uomini
  - arrestati per un crimine
  - in 2 celle separate
    - Se non confessi e l'altro confessa, 3 anni e 0 anni
    - Se tutti e due confessate, 2 e 2
    - Se nessuno confessa, 1 e 1
- Confessare = Tradire
- Non confessare = Cooperare
- Cosa fareste?

© S. Mizzaro - Sistemi MultiAgente

20

## "Payoff matrix"

		$i$	
		C (non confessare)	T (confessare)
$j$	C (non confessare)	(-1, -1)	(-3, 0)
	T (confessare)	(0, -3)	(-2, -2)

© S. Mizzaro - Sistemi MultiAgente

21

## Dilemma

- Cosa scegliere? Non chiaro come negli esempi precedenti (no strategia dominante)
  - Mettiamoci nei panni di, ad es.,  $j$ . Se confesso,
    - e l'altro non confessa sono libero (0 anni)
    - Ma se l'altro confessa, 2 anni...
  - Se io non confesso,
    - e l'altro non confessa, 1 anno
    - Ma se l'altro confessa, 3 anni...

© S. Mizzaro - Sistemi MultiAgente

22

## Alla fine....

- Entrambi tradiranno (confesseranno), con un guadagno (perdita!) di -2 a testa
- Cooperando entrambi (non confessando) avrebbero potuto avere un guadagno di -1 a testa

© S. Mizzaro - Sistemi MultiAgente

23

## Caso generale

- Due agenti si incontrano
- Possono Cooperare o Tradire
- Se Cooperano entrambi guadagnano
- Se Tradiscono entrambi ci rimettono un po'
- Ma se io Coopero e l'altro Tradisce ci rimettono ben di più

© S. Mizzaro - Sistemi MultiAgente

24

## Egoismo

- Ma allora è razionale essere egoisti?
- No. Dilemma del prigioniero ripetuto
  - Strategia vincente è: "provare a cooperare"; se l'altro non coopera pazienza lo punisco dopo
- Ma se ripetuto un numero finito e noto a priori di volte? Eh...
  - L'ultima volta T così lo frego...
  - Ma allora anche la penultima...
  - Induzione! ...

© S. Mizzaro - Sistemi MultiAgente

25

## Torneo di Axelrod

- Agenti/strategie
  - Colomba (sempre C)
  - Falco (sempre T)
  - Random (a caso)
  - TIT-FOR-TAT
    - Comincia con C e poi fai quello che l'altro ha fatto l'ultima volta
  - ... un sacco di strategie complesse

© S. Mizzaro - Sistemi MultiAgente

26

## Agenti e oggetti (1/2)

- Similitudini
  - Incapsulamento
  - Comunicazione, Scambio messaggi
  - Esecuzione azioni/metodi
- Differenze
  - Autonomia: un agente decide cosa fare, un oggetto no ( $x.m()$  come invocazione di metodo o richiesta)
  - Un agente esibisce comportamento flessibile, reattivo, autonomo, sociale, proattivo
  - Agenti in un SMA spesso in competizione, gli oggetti collaborano
  - Concorrenza: ogni agente lavora in modo asincrono

© S. Mizzaro - Sistemi MultiAgente

27

## Agenti e oggetti (2/2)

- Metodologie OO → Metodologie OA
- UML x agenti
  - Espressione di thread d'interazione concorrenti (multicast)
  - Ruolo (un agente può interpretare molti ruoli)
  - ...

© S. Mizzaro - Sistemi MultiAgente

28

## Cosa non sono i SMA

- Sistemi distribuiti/concorrenti
  - Gli agenti sono autonomi
  - Gli agenti sono egoisti, pensano ai propri interessi, non cooperano
- Intelligenza artificiale
  - IA: pezzi dell'intelligenza; SMA: integrazione
  - SMA: attenzione agli aspetti sociali
- Economia (Teoria dei giochi)
  - Aspetti computazionali
- Scienze sociali
  - Studiano società umane

© S. Mizzaro - Sistemi MultiAgente

29

## Interdisciplinarietà

- Informatica
- Intelligenza artificiale
- Logica
- Teoria dei sistemi
- Economia
- Teoria dei giochi
- Sociologia
- Linguistica
- ...

© S. Mizzaro - Sistemi MultiAgente

30

## Settori (alcuni...)

- Metodi formali
  - Agente: ragionamento, dimostratori di teoremi
  - Logiche (modali) per SMA (belief, ...)
- Comunicazione
  - Terminologie, ontologie, XML, FIPA, ...
- Mechanism (society) design
- Negoziazione, Aste, Discussione
- Agenti mobili (Aglets)
- Metodologie "Ing. SW"
- Applicazioni
  - (Meta)agenti per information retrieval
- Simulazione di società umane
- ...

© S. Mizzaro - Sistemi MultiAgente

31

## Mie conclusioni

- Interdisciplinare, divertente
- Giovane (15 anni)
- "Tutto è un agente"?
- "Hype"?
- Boh...

© S. Mizzaro - Sistemi MultiAgente

32

## Riassunto

- Def.
  - Agente
  - Sistema Multi Agente
- Rassegna veloce
- Carotaggi mirati
- Relazioni con OO
- "Senso" di questo settore

© S. Mizzaro - Sistemi MultiAgente

33

## Riferimenti

- Michael Wooldridge, *An Introduction to MultiAgent Systems*, John Wiley and Sons, 2002
- Yoav Shoham, Agent Oriented Programming, *Artificial Intelligence*, 60(1), 51-92, 1993
- (Richard Dawkins, *Il gene egoista*, Mondadori, 1992)

© S. Mizzaro - Sistemi MultiAgente

34