Laurea Specialistica in Informatica
a.a. 2006-2007

Interazione Uomo-Macchina II:

Interfacce Intelligenti

Valeria Carofiglio & Fiorella de Rosis

Programma del Corso

Introduzione

Prima parte: *Formalizzazione e Ragionamento*

1.1. Ragionamento logico:

- **Formalizzazione**
- Risoluzione

1.2. Ragionamento incerto

- Reti Causali Probabilistiche
- Reti dinamiche
- Apprendimento di Reti

Seconda parte: *Modelli di Utente*

2.1. Modelli logici

2.2. Modelli con incertezza

Terza parte: *Interazione in linguaggio naturale*

3.1. Generazione di messaggi

- Introduzione
- Teorie
- Metodi

3.2. Comprensione di messaggi

Quarta parte: *Simulazione di dialoghi*

Perché è importante imparare a formalizzare

I sistemi di simulazione di dialoghi e di generazione di messaggi in linguaggio naturale lavorano trasformando in forma simbolica
(ovvero di enunciati di un opportuno linguaggio formale)
frasi in LN
(e viceversa)
e ragionando sulla forma simbolica

Riprendiamo l’Es 2.4:
Un dialogo di ‘advice-giving’

S: Dovresti andare a correre, Giuseppe!

U: Perché?

S: Perché sei giovane, ci tieni alla tua salute, e correre fa bene alla salute.

U: Ma ti pare che, a vent’anni, già devo pensare alla salute?

S: Secondo me si. Ma comunque, correre aiuta anche a tenersi in forma.

U: E chi te l’ha detto?

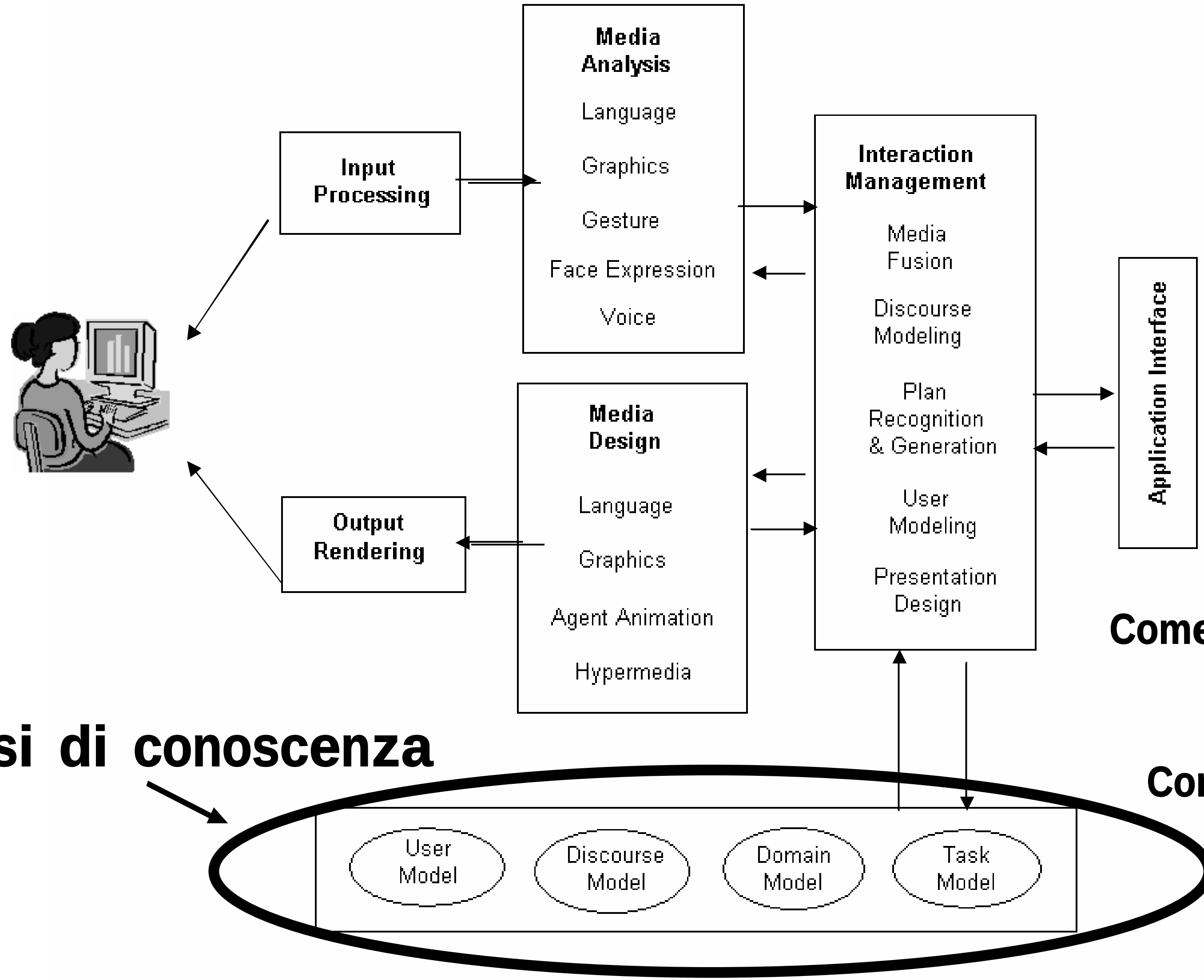
S: Lo dicono studi epidemiologici svolti in diversi paesi, da istituti di ricerca qualificati.

U: Ma io detesto correre.

...

Vediamo come formalizzare la conoscenza necessaria per simulare un dialogo di questo tipo

Architettura
di una interfaccia intelligente



Basi di conoscenza

Come rappresentian
questa base
conoscenza
Come ragioniamo s
questi dat

Es 2.4:

Un esempio nel campo della persuasione

1. Task model: le strategie persuasive di Walton

. *Appeal to positive consequences*

“Se ritieni che compiere una determinata azione comporti conseguenze importanti per te e sei in grado di compierla, dovresti farla”.

. *Appeal to negative consequences*

“Se ritieni che compiere una determinata azione comporti conseguenze che desideri evitare e puoi evitare di compierla, dovresti farlo”.

2. Domain model

“Fare sport fa bene alla salute e alla forma fisica. Fare una vita sedentari aumenta il rischio di ingrassare e di perdere tono muscolare”.

“Il running è un particolare tipo di sport. Tutti i giovani senza particolari problemi di salute sono in grado di fare running”.

... continuiamo l’ esempio...

3. User model

“Giuseppe è giovane,
non ha particolari problemi di salute
e tiene alla sua forma fisica.
Come molti giovani,
non si preoccupa invece, per ora, della sua salute.”

4. Discourse model

“Fare sport fa bene alla salute e alla forma fisica”, *oppure*
“Fare un po’ di sport ti fa sentire bene e in forma”... ecc
(stesso contenuto, diversa ‘realizzazione linguistica’, cioè diverso stile).

Problema:
Come faccio a convincere Giuseppe ad andare a correre?
Quali argomenti sono convincenti per lui?
Come formulo questo argomento? (con quale stile)?

Ho bisogno di un metodo per

- *Formalizzare* discorsi in linguaggio naturale e
- *Ragionare* sulla ‘conoscenza’ così espressa per derivare nuovi fatti (i quesiti a cui intendo rispondere).

Un "tuffo" nella logica

Studi logici hanno portato a identificare alcune **<u>famiglie di linguaggi formali</u>**

Un ragionamento di livello proposizionale:

"D'inverno piove o nevica. È inverno e non piove. Quindi nevica."

.----------------------------------

Utilizzeremo i seguenti *simboli proposizionali* o *enunciativi*:

- *I* sta per l'enunciato elementare "è inverno";
- *P* sta per l'enunciato elementare "piove";
- *N* sta per l'enunciato elementare "nevica".

Inoltre introduciamo i seguenti *connettivi booleani*:

- Ø per "non" (negazione);
- Ù per "e" (congiunzione);
- Ú per "o" (disgiunzione);
- ® per "se ... allora" (condizionale);
- « per "se e solo se" (bicondizionale).

I ® (*P* Ú *N*), *I* Ù Ø*P* |= *N*,

|= indica che l'enunciato *N* è conseguenza logica

Un “tuffo” nella logica

Studi logici hanno portato a identificare alcune
<u>famiglie di linguaggi formali</u>

Un ragionamento di livello predicativo (I°Ordine):

“Le banane sono gialle. Questa cosa non è gialla. Quindi questa cosa non è una banana.”

.----------------------------------

la costante a per indicare “questa cosa”

Utilizzeremo i seguenti *simboli predicativi*:

B(–) per “– è una banana”;

G(–) per “– è giallo”.

Inoltre introduciamo i due quantificatori:

" per “tutti” (quantificatore universale);

$ per “alcuni” (quantificatore esistenziale).

oltre ai connettivi booleani : Ø, Ú,· Ù, ®, «

" x (B(x) ® G(x)), Ø G(a) |= Ø B(a).

X è detta variabile individuale e serve per dare supporto alla quantificazione

Un “tuffo” nella logica

Studi logici hanno portato a identificare alcune
famiglie di linguaggi formali

Un ragionamento di livello predicativo (II°Ordine):

“Quest’oggetto è robusto, mentre quell’altro non lo è. Essere robusto è un pregio. Quindi quest’oggetto ha un pregio che quell’altro non ha.”

.----------------------------------

le costanti

a per indicare “questo oggetto”

b per indicare “quell’altro”

Utilizzeremo i seguenti *simboli predicativi*:

R(–) per “– è robusto” (predicato del I°Ordine);

P(–) per “– è un pregio” (predicato del II°Ordine).

Oltre ai due quantificatori: " **,** $

Ed ai connettivi booleani : Ø**,** Ú**,**· Ù**,** ®**,** «

$$R(a) \wedge \neg R(b), P(R) \;\mathbf{|=}\; \exists X (P(X) \wedge X(a), \neg X(b))$$

X è una **variabile predicativa**

X per esprimere la quantificazione su predicati implicita in “ha un pregio”.

Un “tuffo” nella logica

Studi logici hanno portato a identificare alcune
famiglie di linguaggi formali

Un ragionamento di livello modale:

“Pagare le tasse è senz’altro permesso, dato che è obbligatorio.”

.----------------------------------

introduciamo il simbolo proposizionale

PagareLeTasse per “pagare le tasse”,

i seguenti operatori modali :

- O per “permesso”;
- P per “possibile”.

O PagareLeTasse |= P PagareLeTasse.

Utilizzeremo una teoria del I° ordine per....

formalizzare discorsi in linguaggio naturale...

Ad esempio:

il contenuto di un modello di utente,

le strategie di generazione di discorsi in linguaggio naturale, ...

...e per ragionare su queste ‘basi di conoscenza’

Formalizziamo conoscenza su domini con un linguaggio del primo ordine

occorre scegliere in modo opportuno

gli elementi del linguaggio

e tradurre correttamente

le **frasi in linguaggio naturale**

in formule ‘valide’,

facendo sì che

la loro interpretazione sia ‘vera’

Elementi del linguaggio

l'idealizzazione di un frammento del linguaggio umano.

- ***i termini,***
  - utilizzati per *fare riferimento* a individui del dominio;
    - Costanti individuali (denotate con caratteri maiuscoli)
      - Marco
    - Variabili individuali (denotate con caratteri minuscoli)
    - Funtori (denotati con F°(t1,..,tn))
      - Padre di
- ***le formule atomiche***
  - utilizzate per *descrivere stati di cose* riguardanti gli individui del dominio.
    - Predicati n-ari (denotati con stringhe che iniziano con una maiuscola) applicati a n termini, che hanno valore T/F:
      - Father(x,y) per 'x è il padre di y'; Father(PIETRO,MARIA)
- ***Connettivi:*** $\wedge, \vee, \neg, \rightarrow$
- ***Quantificatori:*** $\forall$, $\exists$
- ***Formule:***
  - combinazioni appropriate di formule atomiche con connettivi e quantificatori

Cerchiamo gli errori

1. $\forall x\ (P(x)?\ \ Q(x))$
2. $\forall x\ \exists y\ (R(x, y)\ ?\ \ S(x, F°(y)))$
3. $\neg\forall x\ \exists y\ (R(x, y)\ ?\ \ S(x, F(x,y)))$
4. $\exists y\ \forall x\ (R(x, y)\ ?\ \ S(x, y))$
5. $\exists x\ R(x, y)$
6. $\forall x\ \neg\exists x\ R(x, y)$

Cerchiamo gli errori

Quali di queste formule sono vere
(nella vostra interpretazione del mondo)?

1. $\forall x\ (\text{Donna}(x)?\ \ \text{Bella}(x))$
2. $\forall x\ \exists y\ (\text{Amico}(x, y) \wedge \text{Litiga}(x, y))$
3. $\forall x\ \exists y\ (\text{Amico}(x, y) \wedge \text{Litiga}(x, \text{Fratello}^{\circ}(y)))$

4. $\forall x\ \forall y\ ((\text{Female}(x) \wedge \text{SpettacoloSportivo}(y))\ ?\ \ \text{Detesta}(x,y))$
5. $\exists y\ \forall x\ ((\text{Female}(x) \wedge \text{SpettacoloSportivo}(y))\ ?\ \ \text{Detesta}(x,y))$
6. $\exists y\ \text{SpettacoloSportivo}(y) \wedge \forall x\ (\text{Female}(x)\ ?\ \ \text{Detesta}(x,y))$

Equivalenza di formule

Queste formule sono equivalenti?

hanno l'identico significato?

1. $\forall x\ \exists y\ ((\mathrm{Female}(x) \wedge \mathrm{SpettacoloSportivo}(y))\ ?\ \ \mathrm{Detesta}(x,y))$

2. $\forall x\ \forall y\ ((\mathrm{Female}(x) \wedge \mathrm{SpettacoloSportivo}(y))\ ?\ \ \mathrm{Detesta}(x,y))$

3. $\forall y\ (\mathrm{SpettacoloSportivo}(y)\ ?\ \ \forall x\ (\mathrm{Female}(x)\ ?\ \ \mathrm{Detesta}(x,y)))$

4. $\exists y\ \mathrm{SpettacoloSportivo}(y) \wedge \forall x\ (\mathrm{Female}(x)\ ?\ \ \mathrm{Detesta}(x,y))$

Come verifichiamo l'equivalenza di formule?

Applicando regole note di trasformazione
oppure con le tavole di verità

Esempio: quali di queste formule sono equivalenti?

1. $A \wedge B \wedge C$
2. $A \wedge B \rightarrow C$
3. $A \vee B \rightarrow C$
4. $\neg A \vee \neg B \vee C$
5. $\neg (\neg A \vee \neg B \vee \neg C)$

Primo Esempio: Mondo dei blocchi*

On(C,A): C è sopra A

Clear(C): C non ha nessun blocco sopra di lui

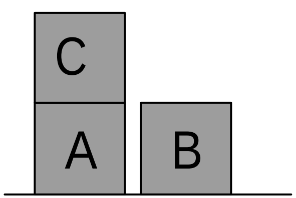
Clear(B): B non ha nessun blocco sopra di lui

Table(B): B è sul tavolo

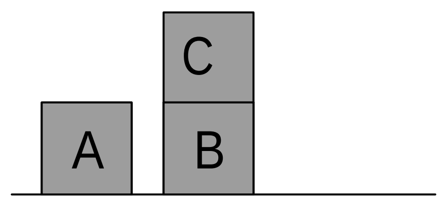
Table(A): A è sul tavolo

Conoscenza *specifica* sullo stato del mondo

Stato attuale del mondo



On(C,B)
Clear(A)



Stato del mondo da raggiungere

Un dominio semplice, utilizzato spesso per descrivere metodi di IA

Primo Esempio: Mondo dei blocchi

Possiamo rappresentare, con lo stesso linguaggio, le *azioni* che è possibile compiere sui blocchi.

L'operazione di '*Stack di x su y*' consiste nel sovrapporre il blocco x al blocco y; richiede che x sia sulla tavola e che entrambi i blocchi siano clear:

Azione: Stack(x,y)

Precondizioni: $Clear(y) \wedge Clear(x) \wedge Table(x)$

Effetti: $On(x,y) \wedge \neg Clear(y) \wedge \neg Table(x)$

L'operazione di '*Unstack di x da y*' è quella inversa:

Azione: Unstack(x,y)

Precondizioni: $Clear(x) \wedge On(x,y)$

Effetti: $\neg On(x,y) \wedge Clear(y) \wedge Table(x)$

Conoscenza *generale* sulle azioni
Che si possono effettuare sul mondo

Secondo Esempio: Frasi in linguaggio naturale

Da Es 2.5

Oz: Il mio nome è Valentina

Name(S,Valentina)

Da Es 2.5

*Oz: Mangiare a orari fissi **aiuta ad** evitare di saltare i pasti*

$\forall$x (Person(x) $\wedge$ EatAtFixedTime(x) $\rightarrow$ AvoidJumpMeal(x))

Da Es 2.3

S: That's United flight 659; it arrives back into San Jose at 6.42

Company(F, United) $\wedge$ Arrives(F, SanJose, 6.42)

Da Es 2.5

Oz: Sono qui per darti dei suggerimenti su come migliorare la tua dieta

Goal(S, Suggest(S, HowToImprove°(diet)))

* Vedremo il ruolo dell'incertezza!!

Esercizio

Conoscenza generale:

I cavalli sono, in generale, più veloci dei cani e c'è un levriero che è più veloce di qualsiasi coniglio.

Conoscenza specifica:

Fulmine è un cavallo; Roger è un coniglio.

Domanda:

Fulmine è più veloce di Roger?

Formalizziamo

$\forall x \forall y\ (Cavallo(x) \wedge Cane(y) \rightarrow PiuVeloce(x,y))$

$\exists y\ Levriero(y) \wedge \forall z\ (Coniglio(z) \rightarrow PiuVeloce(y,z))$

$Cavallo(F)$

$Coniglio(R)$

e aggiungiamo la conoscenza generale implicita:

$\forall x\ \forall y\ \forall z\ ((PiuVeloce(x,y) \wedge PiuVeloce(y,z)) \rightarrow PiuVeloce(x,z))$

$\forall y\ Levriero(y) \rightarrow Cane(y)$

Esercizio

<u>Conoscenza generale:</u>

Tutti gli uccelli volano, tranne gli struzzi.

Con l'eccezione delle balene, tutti i mammiferi vivono sulla terra.

Conoscenza specifica:

Pippo è uno struzzo, Bianca è una balena.

<u>Domanda:</u>

Chi dei due vola?

Formalizziamo

$\forall x\ (Bird(x) \wedge \neg Ostrich(x)) \rightarrow Flies(x)$

$\forall y\ (Mammal(y) \wedge \neg Whale(y)) \rightarrow OnGround(y)$

$Ostrich(P)$

$Whale(B)$

e aggiungiamo la conoscenza generale implicita:

$\forall x\ (Ostrich(x) \rightarrow Bird(x))$

$\forall y\ (Whale(y) \rightarrow Mammal(y))$

Ora possiamo porci quesiti del tipo: qual è la sostituzione che rende true Ø Flies(x)?

Riprendiamo a ragionare sull’Es 2.4

L’ esempio nel campo della persuasione

Task model: le strategie persuasive di Walton

a. Appeal to positive consequences

“Se *ritieni che* compiere una determinata azione comporti conseguenze importanti per te e sei in grado di compierla, dovresti farla”.

$$\forall x\ \forall a\ \forall g\quad (Implies(a,g) \wedge Likes(x,g) \wedge CanDo(x,a)) \rightarrow (ShouldDo(x,a))$$

b. *Appeal to negative consequences*

“Se ritieni che compiere una determinata azione comporti conseguenze che desideri evitare e sei in grado di evitarle di compierla, dovresti farlo”.

$$\forall x\ \forall a\ \forall g\ (Implies(a,g) \wedge \neg\ Likes(x,g) \wedge CanAvoid(x,a)) \rightarrow \neg\ (ShouldDo(x,a))$$

Domain model

"Fare sport fa bene alla salute e alla forma fisica."

$\forall$s Sport(s) $\rightarrow$ Implies(s,GoodHealth)

$\forall$s Sport(s) $\rightarrow$ Implies(s,GoodShape)

"Il running è un particolare tipo di sport". Tutti i giovani senza particolari problemi di salute sono in grado di fare running.

Sport(R)

$\forall$x $\forall$s ((Sport(s) $\wedge$ Person(x) $\wedge$ Young(x) $\wedge$ Healthy(x)) $\rightarrow$ CanDo(x,s))

User model

“Giuseppe è giovane,
non ha particolari problemi di salute
e tiene alla sua forma fisica.
Come molti giovani,
non si preoccupa invece, per ora, della sua salute.”

Young(G)
Healthy(G)
Likes(G,GoodShape)
……

Facciamo il lavoro inverso:

Da formule a discorsi

Traduciamo queste formule in buone frasi in linguaggio naturale:

1. $\forall x\ (SiFerma(x) \rightarrow Perduto(x))$
2. $\forall x\ (Luccica(x) \rightarrow Oro(x))$
3. $\forall x\ \exists y\ (Padre(y, x) \wedge Litiga(y, Moglie°(y)))$
4. $\forall x\ \exists y\ \exists z\ (Padre(y, x) \wedge Moglie(z, y) \wedge Litiga(y,z))$
5. $\forall x\ \forall y\ ((Person(x) \wedge Hungry(x) \wedge Food(y)) \rightarrow ShouldEat(x,y))$

   "Bisognerebbe mangiare solo se si ha fame" (Es 2.5)

6. $\forall x\ HealthyDiet(x) \rightarrow FewFats(x)$

   "Limitare la dose di grassi … rappresenta un elemento fondamentale di una dieta sana" (Es 2.5)

Ragioniamo, ora,
sulla conoscenza formalizzata

Come si può fare inferenza?

Da:

$\forall x \forall y\ (Cavallo(x) \wedge Cane(y)) \rightarrow PiuVeloce(x,y)$

$\exists y\ Levriero(y) \wedge \forall z\ (Coniglio(z) \rightarrow PiuVeloce(x,z))$

$Cavallo(F)$

$Coniglio(R)$

$\forall x\ \forall y\ \forall z\ (PiuVeloce(x,y) \wedge PiuVeloce(y,z)) \rightarrow PiuVeloce(x,z)$

$\forall y\ (Levriero(y) \rightarrow Cane(y))$

Si può derivare:

$PiuVeloce(F,R)$? *(domanda di tipo 'yes/no')*

Regole di Inferenza (un esempio!!) (sistema di Genesereth e Nilsson)

MP: modus ponens: $(\varphi?\ \psi) \land \varphi + \psi$

MT: modus tollens: $(\varphi \leftarrow \psi) \land \neg\varphi + \neg\psi$

AE: and elimination: $(\varphi \land \psi) + \varphi , \psi$

AI: and introduction: $\varphi , \psi + (\varphi \land \psi)$

UI: universal instantiation: $\forall x\ \varphi + \varphi$ con x/A

EI: existential instantiation: $\exists x\ \varphi + \varphi$ con $x/F°(x_1, x_2,...x_n)$

Coniglio(R)

y Levriero(y) Ù ("z Coniglio(z) ® PiuVeloce(x,z))

EI: Levriero(L) $\wedge$ ($\forall$z Coniglio(z) $\rightarrow$ PiuVeloce(L,z))

AE: Levriero(L); ($\forall$z Coniglio(z) $\rightarrow$ PiuVeloce(L,z))

UI: Coniglio(R) $\rightarrow$ PiuVeloce(L,R)

MP: PiuVeloce(L,R)

y Levriero(y) ® Cane(y)

UI: Levriero(L) $\rightarrow$ Cane(L)

MP: Cane(L)

Cavallo(F)

x "y Cavallo(x) Ù Cane(y) ® PiuVeloce(x,y)

UI: Cavallo(F) $\wedge$ Cane(L) $\rightarrow$ PiuVeloce(F,L)

AI: Cavallo(F) $\wedge$ Cane(L)

MP: PiuVeloce(F,L)

x "y "z PiuVeloce(x,y) Ù PiuVeloce(y,z) ® PiuVeloce(x,z)

UI: PiuVeloce(F,L) $\wedge$ PiuVeloce(L,R) $\rightarrow$ PiuVeloce(F,R)

AI: PiuVeloce(F,L) $\wedge$ PiuVeloce(L,R)

MP: PiuVeloce(F,R)

MP: modus ponen

MT: modus tollen

AE: and eliminatio

AI: and introductio

UI: univ. instantiatio

EI: exist. instantiatio

1. "x Bird(x) Ù ØOstrich(x) ® Flies(x)

2. "x Bird(x) Ù Ostrich(x) ® Ø Flies(x)

3. "y Mammal(y) Ù ØWhale(y) ® OnGround(y)

4. "y Mammal(y) ÙWhale(y) ® ØOnGround(y)

5. "y OnGround(y) ® ØFlies(y)

6. "y Ø OnGround(y) ® Flies(y)

7. "x Ostrich(x) ® Bird(x);

8. "y Whale(y) ® Mammal(y)

9. Ostrich(P); 9b. Whale(B)

====================

MP: modus ponens
MT: modus tollens
AE: and elimination
AI: and introduction
UI: univ. instantiation
EI: exist. instantiation

10. UI: Ostrich(P) $\rightarrow$ Bird(P); (7)

11. MP: Bird(P) (9, 10)

12. UI: Bird(P) $\wedge$ Ostrich(P)$\rightarrow$ $\neg$ Flies(P) (2)

13. AI: Bird(P) $\wedge$ Ostrich(P); (9,11)

14 MP: $\neg$ Flies(P) (12, 13)

15 UI: Whale(B) $\rightarrow$ Mammal(B) (8)

16 MP: Mammal(B) (15,9b)

17 UI: Mammal(B) $\wedge$ Whale(B) $\rightarrow$ $\neg$ OnGround(B) (4)

18 AI: Mammal(B) $\wedge$ Whale(B) ; (16,9b)

19 MP: $\neg$ OnGround(B) (17,18)

…………….

Ci sono molti altri modi di fare inferenza

Ne studieremo, in particolare, uno:

Quello basato sul

Principio di Risoluzione.

Ricerca delle soluzioni nello spazio degli stati

Due direzioni possibili:

Si parte dall'obiettivo che s'intende raggiungere ('stato goal') e si applicano gli inversi degli 'operatori' di trasformazione disponibili, fino ad arrivare ad uno stato che corrisponde allo 'stato iniziale (*backward*).

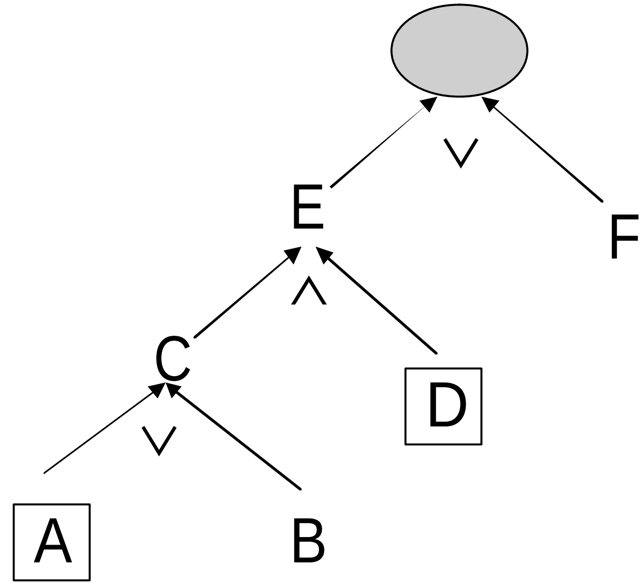
Si parte dallo stato iniziale, e si applicano gli operatori fino a raggiungere lo stato 'goal' (*forward*).

Ricerca delle soluzioni nello spazio degli stati

$A \vee B \rightarrow C$

$C \wedge D \rightarrow E$

$E \vee F \rightarrow G$



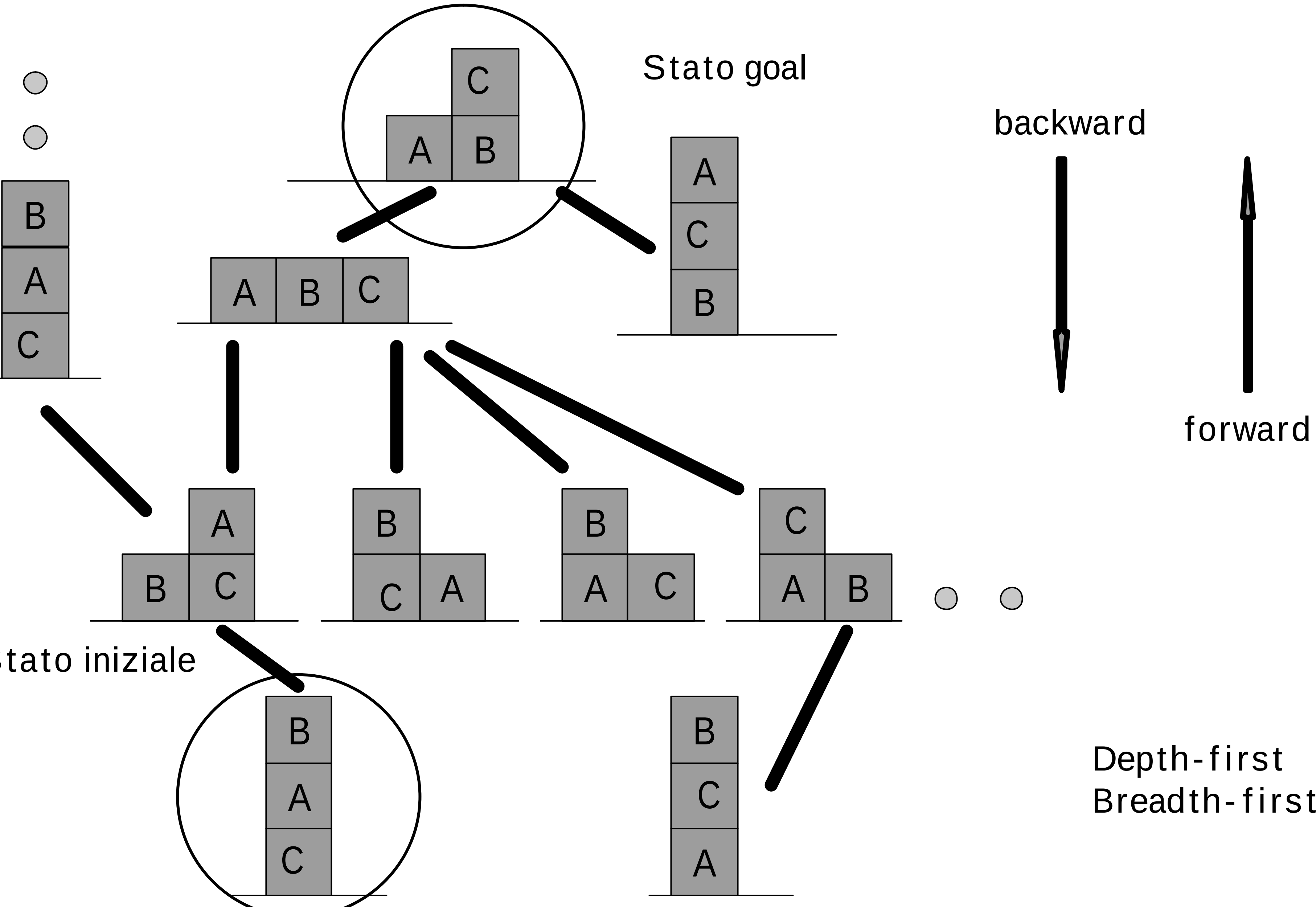
Stato iniziale: A, D

Goal: G

Ricerca backward: G?; E? or F?; E?: C? and D?; D; C?: A? or B?; A
G = T

Ricerca forward: A; C; D; E; G
G = T

Ricerca delle soluzioni: un altro esempio



Ricerca delle soluzioni nello spazio degli stati

Vedremo come il Principio di Risoluzione permetta di simulare i due metodi di ricerca

e come la convenienza del metodo dipenda dalla struttura del problema.

Esempio: