IL MODELLO A OGGETTI IN IA

Premessa:

- Concetto di *oggetto* riconducibile a settori dell'informatica sviluppatisi storicamente in modo alquanto disgiunto e indipendente:
  - **linguaggi di programmazione**
  - **basi di dati**
  - **intelligenza artificiale**

- Necessità di una migliore ***integrazione*** tra sottosistemi diversi (basi di dati, pacchetti applicativi, reti di comunicazione, supervisori intelligenti)
- Modello ad oggetti come fattore di ***aggregazione*** sia a livello concettuale sia realizzativo
- Come perseguire questa integrazione è ancora un problema aperto
- Esiste un insieme di ***concetti comuni*** per dare una caratterizzazione largamente accettabile del paradigma ad oggetti?
- Importanza dei formalismi per Semantic Web

CONCETTO DI OGGETTO

- ***Oggetto*** = "Knowledge grain"

per rappresentare ***concetti*** del mondo reale

A knowledge representation framework should not merely prescribe how small bits of information ought be represented, but it should also detail how the totality of information ought to be ***structured*** *and organized so that information may be* ***retrieved*** *and relevant* ***inferences*** *may be drawn* ***efficiently*** (Shastri, 1989)

RAPPRESENTAZIONE A OGGETTI VS. RAPPRESENTAZIONE RELAZIONALE

Dipendenza dal modo con cui si rappresentano i dati

- *Rappresentazione relazionale*: **dati raggruppati concettualmente attraverso le loro proprietà**
  - `person(john)`
  - `job(john,employee)`
  - `project(john,cnr1234)`

- *Rappresentazione ad oggetti*: **i dati sono concettualmente tutti raggruppati all'interno dello stesso oggetto**

```
object    john: is-a person
          job -> employee
          project -> cnr1234
```

RAPPRESENTAZIONE A OGGETTI VS. RAPPRESENTAZIONE RELAZIONALE

- L'utente può accedere a *tutte* le informazioni di un oggetto mediante l'identificatore unico (logico o fisico) dell'oggetto stesso

- Si possono individuare altre proprietà (opzionali).

- Anche se storicamente i linguaggi ad oggetti adottano uno stile di programmazione procedurale, i *paradigmi di rappresentazione* (dichiarativo, procedurale) *e programmazione* (funzionale, imperativo, dichiarativo) possono essere concepiti come *ortogonali* rispetto al concetto di sistema *"object-oriented"*

APPROCCI

- ***Approccio Logico o Dichiarativo**:*
  - Usato nelle reti semantiche, nella logica terminologica o descrittiva (famiglia KL-ONE).
  - Un oggetto è una congiunzione di ***proprietà*** e può essere rappresentato come clausole della logica

- ***Approccio Procedurale:***
  - Usato nei sistemi di rappresentazione della conoscenza basati su *frames* e nei linguaggi di programmazione ad oggetti
  - Un oggetto è una struttura dati con uno ***stato*** e un ***comportamento*** (behaviour)
  - Le proprietà di un oggetto possono essere attributi, relazioni e procedure (slots, subslots, tipi, cardinalità, vincoli)
  - Conoscenza procedurale espressa mediante demoni (attaccati agli attributi) e metodi (attaccati agli oggetti)

RETI SEMANTICHE

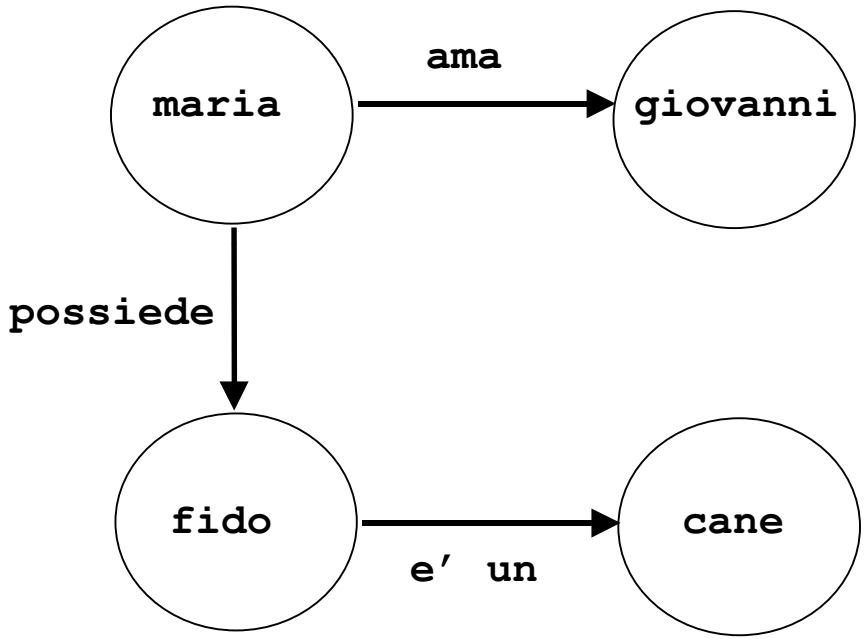
(Brachman, 1979)

- Non sono di chiara origine e definizione;
- Particolarmente utili per il linguaggio naturale, descrizione e comprensione di forme, elaborazione di modelli psico-cognitivi.
- Oggetto o ***concetto*** rappresentato da un nodo
- Relazioni gerarchiche (*is-a*, *istance-of*)

- Valori di proprietà rappresentati come nodi legati attraverso archi etichettati

- **CONOSCENZA: OGGETTI E RELAZIONI BINARIE**
  - OGGETTI = NODI di un grafo diretto etichettati;
  - RELAZIONI = ARCHI etichettati con una direzione per evitare ambiguità

ESEMPIO



CARATTERISTICHE

- La duplicazione di nodi che rappresentano lo stesso concetto viene sempre evitata.

- NON RIDONDANZA:
  - NODI: singola locazione di memoria
  - ARCHI: strade concettuali, ma anche fisiche (puntatori), per raggiungere in modo efficiente i concetti interessati.

- **Rappresentazione = Conoscenza + Metodi di Accesso** (Newell)
- Corrispondono a una LOGICA DEI PREDICATI CON RELAZIONI BINARIE (senza duplicazione)
  - Rappresentazione binaria:
  - modificabilità;
  - modularità.

ESEMPIO

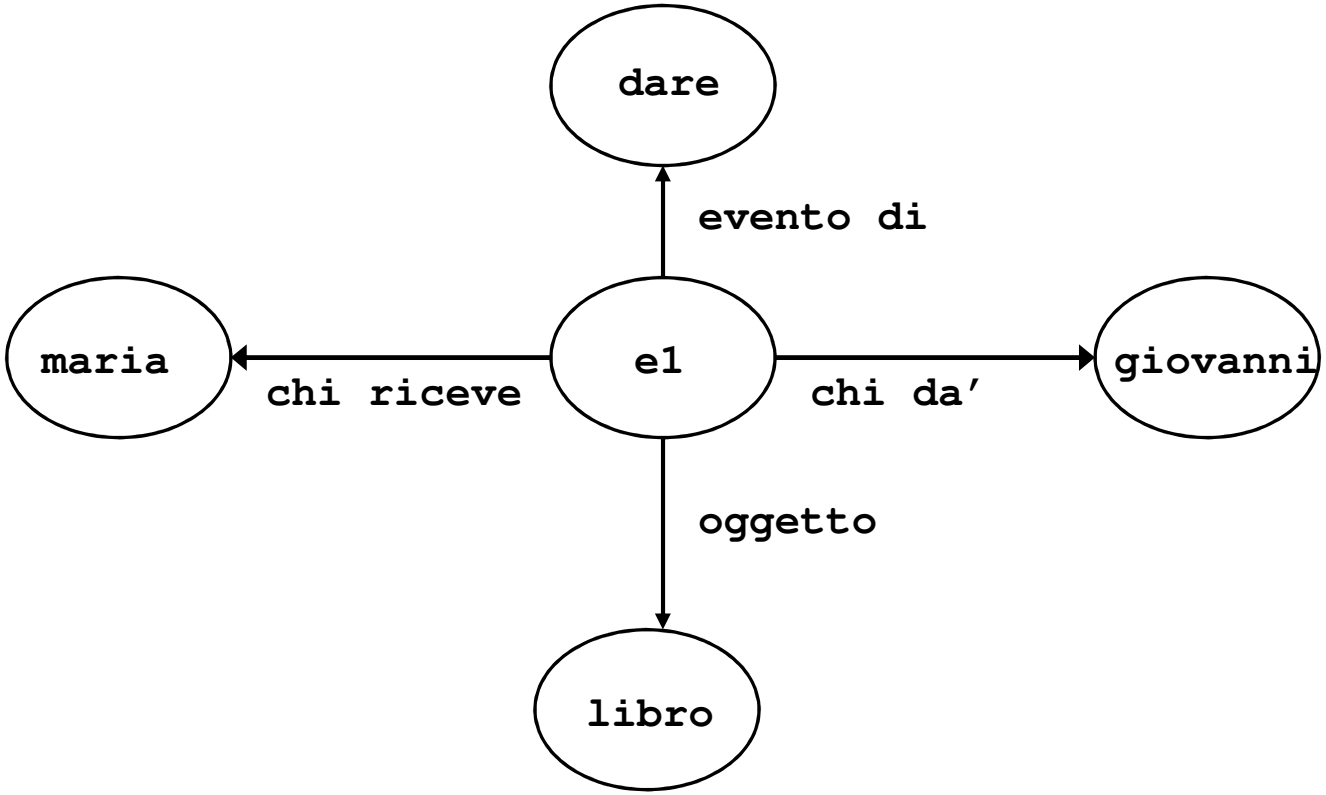
"giovanni dà un libro a maria".

- **LOGICA DEI PREDICATI:**
  - a1) **`dà( giovanni, libro, maria );`**
    - a1 può essere considerato come un evento **`e1`** con le seguenti caratteristiche:
  - a2) **`evento(e1,dare,giovanni,libro,maria);`**

- oppure alternativamente:

  - a3) **`evento(e1,dare) and chi-da(e1,giovanni) and chi-riceve(e1,maria) and oggetto(e1,libro)`**

RETI SEMANTICHE



RETI SEMANTICHE

- **ESPRIMONO IN MODO IMPLICITO REGOLE PER:**

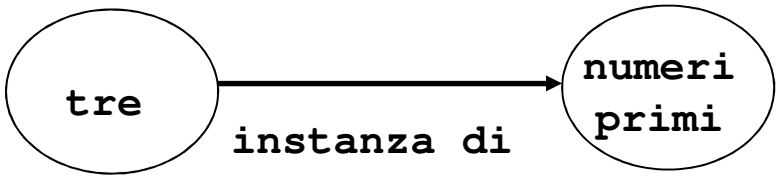
- Trattare concetti di ereditarietà (semplice o multipla) di proprietà;

- Permettere la sovrascrittura di proprietà ritenute erronee, aggiornabili, o più semplicemente sconosciute in base a nuova/vecchia conoscenza acquisita (eccezioni e default).

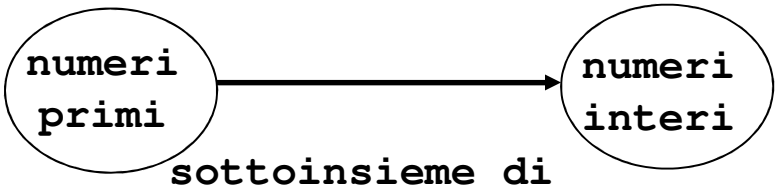
- Semantica? Spesso riconducibile a frammenti di FOL

NODI

- NODI: possono rappresentare diverse entità semantiche
  - **singole entità individuali**.



  - **Insiemi (categorie) di entità**.

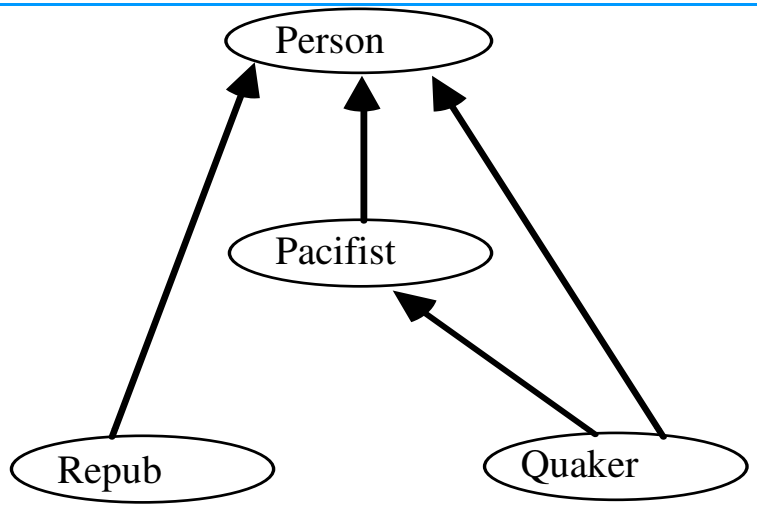


- Netta distinzione fra questi differenti tipi di nodi per ottenere maggiore chiarezza nella notazione.

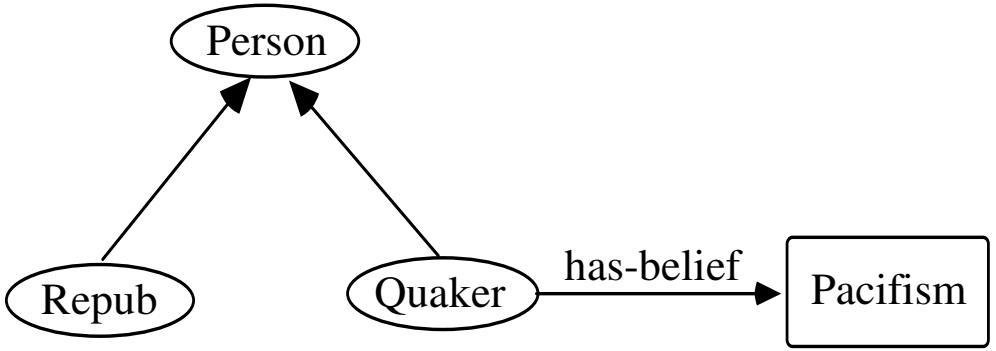
NODI

Sistemi :

- “di sole categorie (classi)” (e istanze):



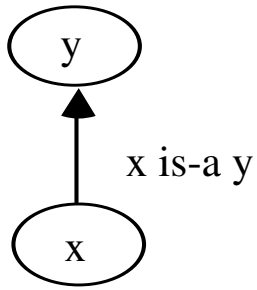
- “di categorie e proprietà”:



- Rappresentabili in Logica dei Predicati del I Ordine

TRASLAZIONE IN LOGICA

- Se x è un individuo e y una classe il legame:



- Può essere interpretato come la formula logica:

  `y(x)` Es: **`cane(fred)`**

- Se **`x`** e **`y`** sono classi, il legame tra loro può essere interpretato come la formula logica:

  $\forall$**`Z x(Z)`** $\Rightarrow$**`y(Z)`**

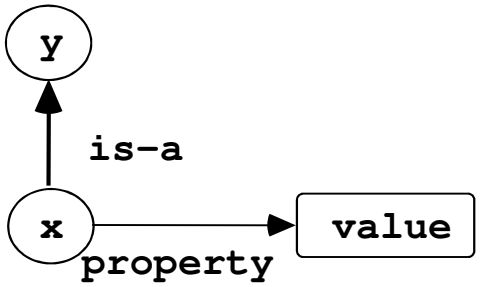
  Es: $\forall$**`Z cane(Z)`** $\Rightarrow$**`mammifero(Z)`**

TRASLAZIONE IN LOGICA

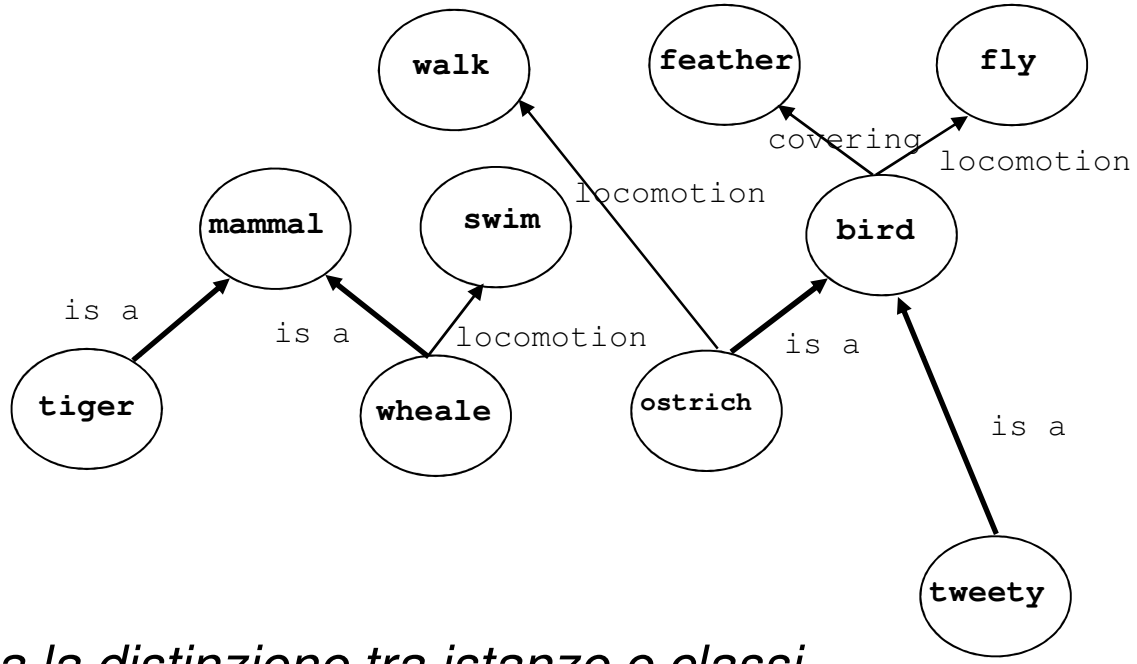
- Se una classe o un individuo ha delle proprietà, queste possono essere traslate in predicati binari

$\forall$**Z y(Z)** $\Rightarrow$ **property(Z,value)** *classe*

property(x,value) *individuo*



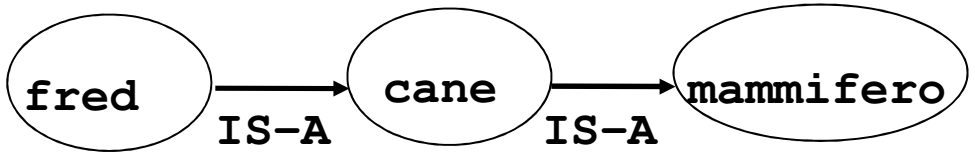
PROBLEMI DELLE RETI SEMANTICHE



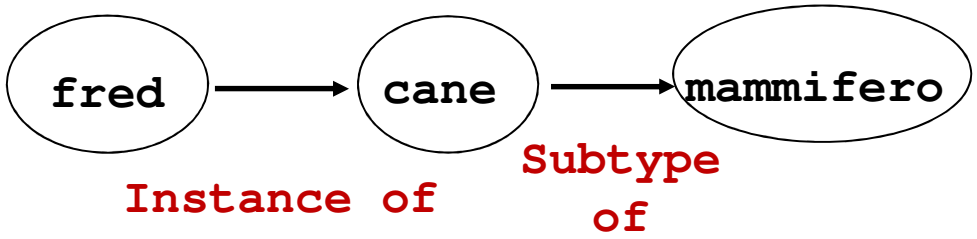
- *Manca la distinzione tra istanze e classi*
  - In realtà, l'unico link "*is-a*" è "sovraccaricato" (Woods, 1975)
  - Rappresenta sia la relazione di *appartenenza* ad una classe, sia quella di *sottoclasse*.
  - Richiedono la presenza di un secondo link *"instance-of"* (ma anche *part-of*, etc.)

PROBLEMI DELLE RETI SEMANTICHE

Significato di “IS-A”...



- "fred è un cane"
- "il cane è un mammifero".



- Due significati diversi:
  - 1) member-of; instance-of;
  - 2) Is-a; subset-of; subtype-of.

- Non esiste distinzione tra attributi associati a una classe e attributi (ereditati) dalle istanze della classe

ATTRIBUTI DI CLASSI E ISTANZE

Esempio:

- *Gli elefanti sono una specie in via di estinzione*
- *Clyde è un elefante*
- *Clyde è in via di estinzione*

- *Gli elefanti sono numerosi*
- *Clyde è un elefante*
- *Clyde è numeroso*

Semantica formale:

- Manca una semantica formale (almeno nelle prime versioni)
- Aumento del potere espressivo e semantica:

- ***grafi concettuali*** (Sowa, 1984)
- famiglie dei ***linguaggi terminologici*** (alla KL-ONE)

Logiche terminologiche o descrittive

Possono essere viste come:

1. *Evoluzioni "logiche"* di linguaggi di KR basati sulle nozioni di *frame* e *reti semantiche*
2. *Contrazioni* della logica del prim'ordine (FOL) per ottenere migliori proprietà computazionali

- Verso gli anni '80 si ha una sterzata verso la logica delle reti semantiche
- Il processo di formalizzazione consiste nel …
  - riformulare i costrutti secondo i canoni della logica
  - eliminare i costrutti che non si prestano a tale riformulazione (*default* ed *eccezioni*)

Esempio

La seguente è una formula di una delle LT:

(and paper
(atmost 2 author)
(atleast 2 author))[paper372]

equivalente a:

$\text{paper}(\text{paper372}) \wedge$
$\exists x\ \text{author}(\text{paper372}, x) \wedge$
$\exists y\ \text{author}(\text{paper372}, y) \wedge x \neq y \wedge$
$\text{author}(\text{paper372}, z) \Rightarrow (z = x) \vee (z = y)$

Concetti e ruoli

- Ogni LT è caratterizzata da operatori per la costruzione di termini di due tipi:
  - *concetti* (corrispondenti a relazioni unarie)

    con operatori and, or , not, all, some, atleast, atmost, … per la costruzione di concetti complessi
  - *ruoli* (corrispondenti a relazioni binarie)

FRAMES

- Molto simili al formalismo delle reti semantiche
- Utilizzati assieme a regole in gran parte degli ambienti evoluti per sistemi esperti

- Introdotti per la prima volta da Minsky nel 1975 (Minsky, 1975)

  - *"Quando si incontra una nuova situazione (o si fa un sostanziale cambiamento nel modo di concepire un certo problema) si seleziona dalla memoria una struttura chiamata **frame** che è uno **schema concettuale** precedentemente memorizzato che viene adattato per rappresentare la realtà ..."*
  - *"Un **frame** è una struttura dati per rappresentare una **situazione stereotipata**, come essere in un certo tipo di camera o andare al compleanno di un bambino. **Attaccate a ogni frame** ci sono vari tipi di **informazioni** . Alcune sono relative a **come utilizzare il frame**, altre a cosa può richiamare in seguito ..."*

FRAMES

Concetto intuitivo: Modulo di conoscenza che descrive qualcosa in termini delle sue ***proprietà***

- Ha un ***nome*** che identifica ciò che è descritto
- Ognuna delle proprietà possedute è rappresentata mediante una coppia ***slot/valore*** (KRL, NETL, KEE, KAPPA, ART)

- ***Esempio:***

Nome	**Slot**	**Valore *(default)***
Volpe	**Is-a**	**Piccolo-Animale**
	Colore	**Fulvo**
	Furbizia	**Molto-sviluppata**
Volpe_albina	**Is-a**	**Volpe**
	Colore	**Bianco**

FRAMES

- Differentemente dai linguaggi terminologici, l'***appartenenza a una categoria*** (classe o concetto) non viene caratterizzata mediante proprietà ***necessarie e sufficienti***, ma nei termini di una maggiore o minore ***somiglianza*** rispetto a membri tipici della categoria detti ***prototipi***

- In generale, tutti i sistemi a frame permettono di ragionare su classi di oggetti usando ***rappresentazioni prototipali*** che, valide in linea di massima, devono essere adattate e modificate (***eccezioni***)

- Le descrizioni dei prototipi non sono nemmeno condizioni necessarie

- I valori per ***default*** vengono usati come valori ***provvisori*** e ***approssimativi***, in assenza dei valori reali

- Come nelle reti semantiche, le ***connessioni*** fra un frame e gli altri e i rispettivi ruoli che devono rappresentare nella conoscenza globale sono determinati da valori attribuiti a specifici slots.

SUBSLOT O FACET

- Gli slot possono contenere *informazioni aggiuntive* sui valori associati (default, tipo, quantità, etc.)

- *Informazioni procedurali:*
  - Connesse anch'esse agli slot del frame (*procedural-attachment*)
  - Indicano come utilizzare tale frame, come trovare i valori per gli slots, etc.

- *Integrazione* di conoscenza *dichiarativa* e *procedurale*
  - Le procedure (*demoni*) sono spesso individuate da particolari "facet" che attivano la procedura associata durante:

  - la ricerca di valori di uno slot — if-needed
  - l'aggiunta di valori — if-added
  - la cancellazione di valori — if-removed

ESEMPIO

Nome	Attributo	Facet	Valore
• Resistenza	Is-a	Uguale	Componente
	Valore	Unit	Ohm
	Precisione	Dominio	(1 5 10)
		Default	5
	Potenza	If-needed	Request

Istanza di nome R1:

Nome	Attributo	Facet	Valore
• R1	Is-a	Uguale	Resistenza
	Valore	Uguale	5000
	Precisione	Uguale	1

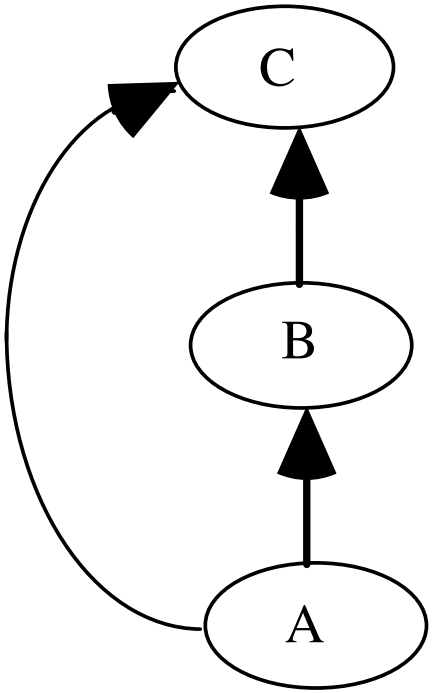
ORGANIZZAZIONE DI OGGETTI E INFERENZE

- Gli oggetti vengono organizzati in una *gerarchia* o *ordinamento parziale* detta *gerarchia di ereditarietà* o *tassonomia*
- *Oggetti* rappresentati da nodi
- *Relazioni gerarchiche* tra oggetti rappresentate connettendo nodi via archi “is-a” o “instance-of”
- Cattura il principio base di organizzazione sia delle reti semantiche, dei sistemi a frames e dei sistemi a oggetti
- La *tassonomia* viene utilizzata per memorizzare informazioni al livello più appropriato di generalità, rendendole automaticamente disponibili agli oggetti più specifici mediante il meccanismo di *ereditarietà*

TASSONOMIA

- La *tassonomia* può essere *costruita*:
  - *direttamente* dal programmatore, asserendo i legami “is-a” tra coppie di concetti (reti semantiche, sistemi a frames e a oggetti)
  - *automaticamente* inferendo i legami “is-a” tra coppie di concetti (ad esempio a partire dalla loro struttura nella famiglia KL-ONE dei linguaggi terminologici)

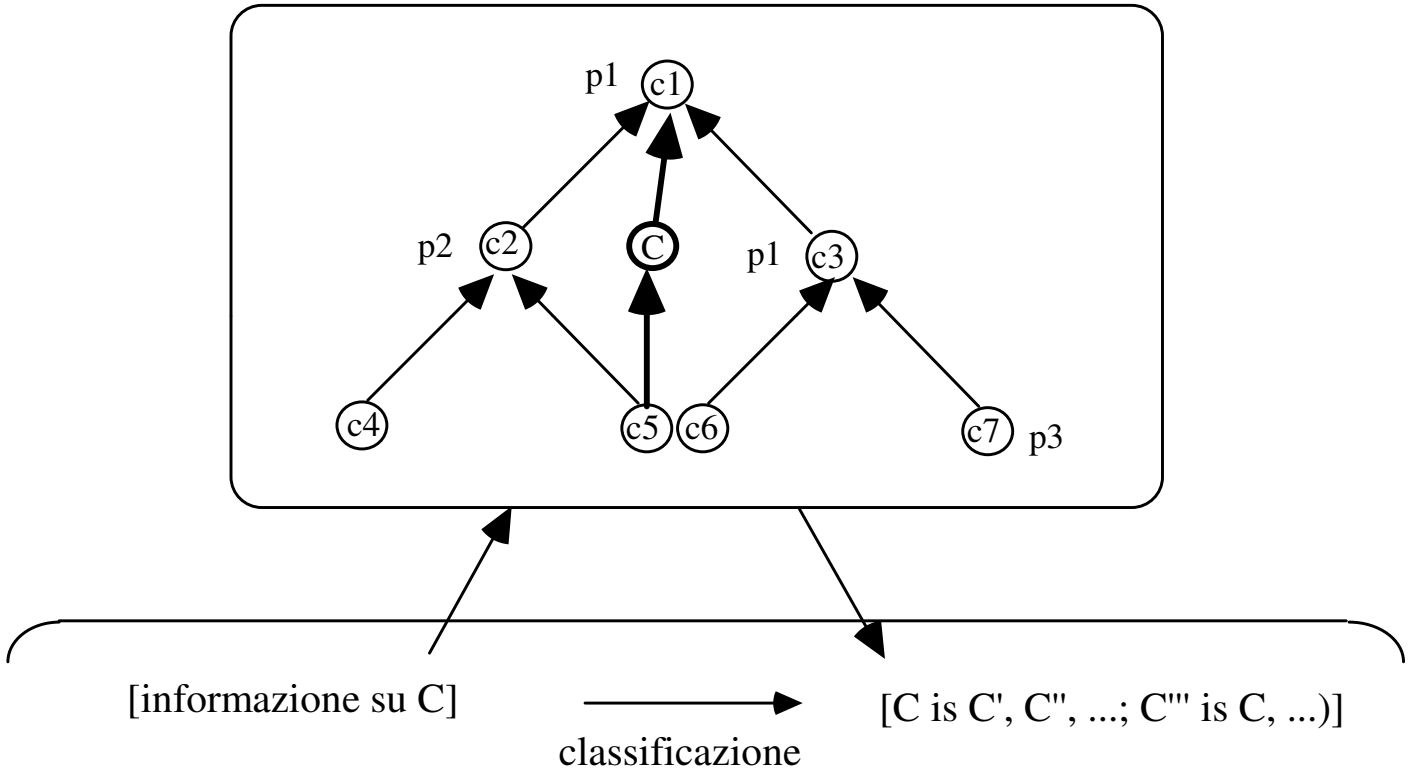
- Costruita la tassonomia, interrogazioni sui legami gerarchici tra oggetti presenti nella tassonomia sono risolte attraverso l'applicazione della chiusura transitiva



FORME DI INFERENZA

- **Tre tipi di inferenze:**
  - *classificazione*
  - *riconoscimento*
  - *ereditarietà*

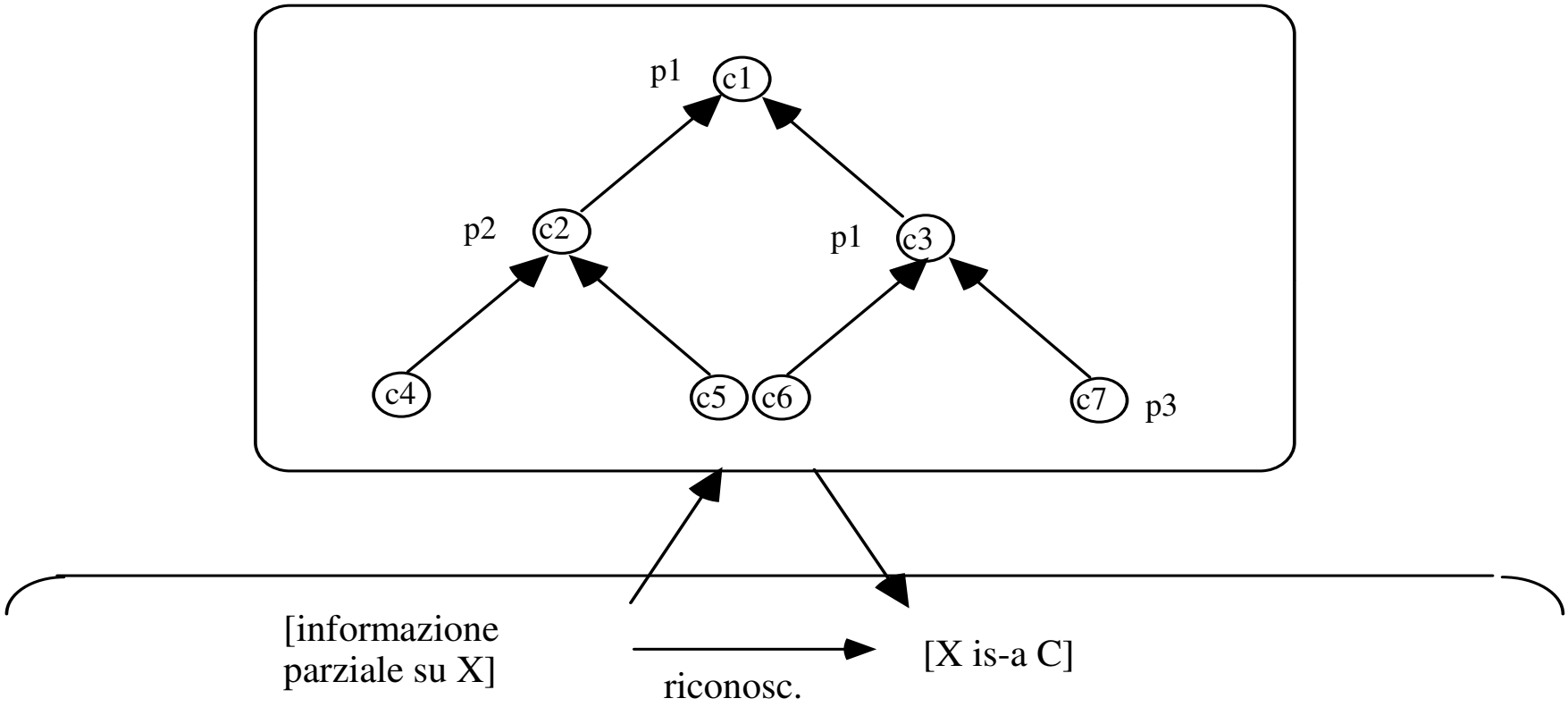
CLASSIFICAZIONE



CLASSIFICAZIONE

- Inserisce un concetto nella tassonomia al livello più appropriato (linguaggi terminologici)
- Utilizza il test di sussunzione
- L'algoritmo di classificazione di un nuovo oggetto (concetto) C consiste di due parti:
  - *most specific subsumers*, per individuare i concetti più specifici che sussumono C
  - *most general subsumees*, per individuare i concetti più generali sussunti da C
- Richiede che le classi siano descritte da proprietà necessarie e sufficienti

RICONOSCIMENTO

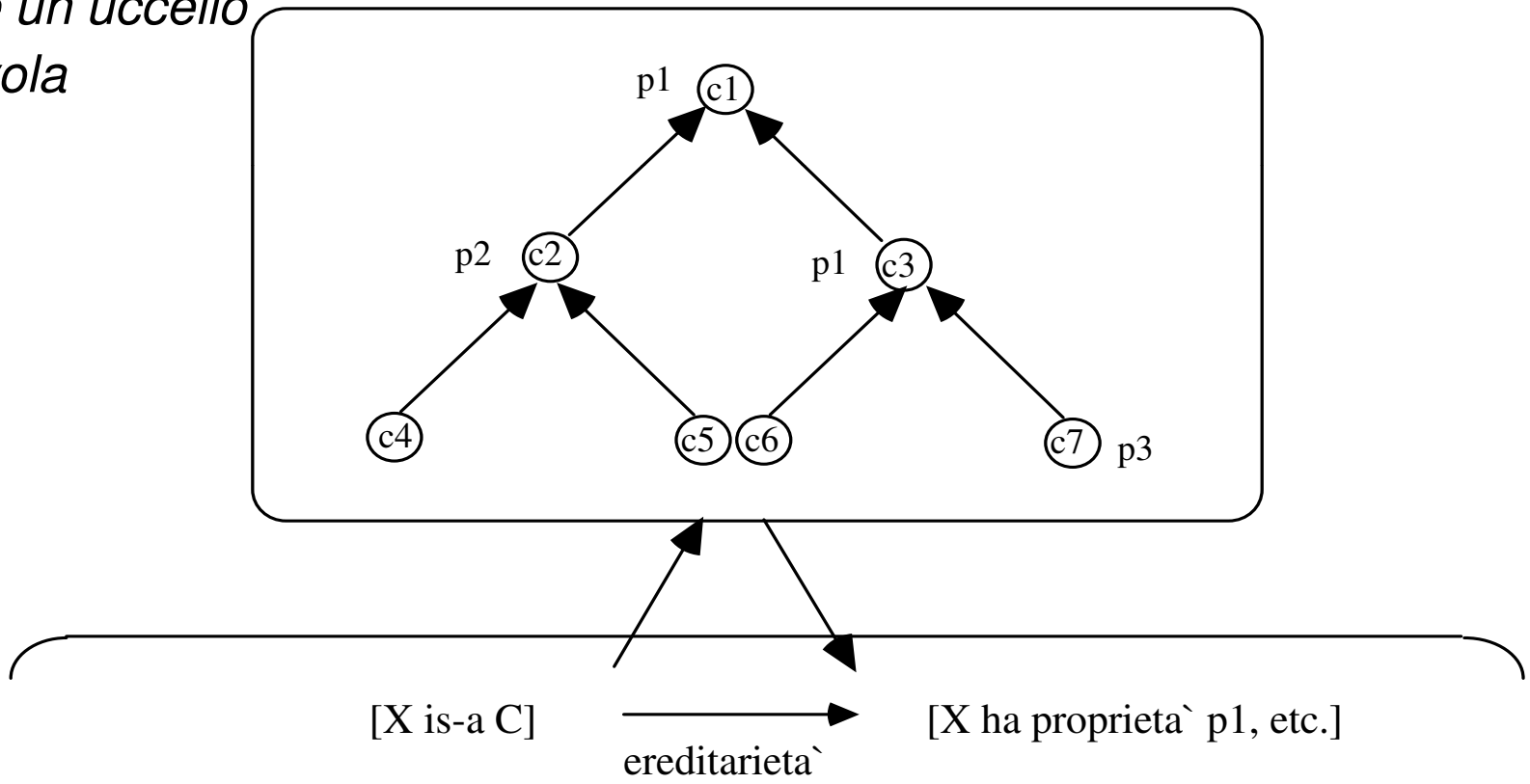


RICONOSCIMENTO

- Data una tassonomia, è l'operazione con cui si "classificano" individui cioè istanze (linguaggi terminologici)
- Data una descrizione che consiste di un insieme di proprietà, trovare un concetto che *meglio* corrisponde alla descrizione data
- Inserimento di un individuo sotto i suoi *most specific subsumers* (prima parte dell'algoritmo di classificazione)
- Inferenza corretta nel caso di descrizioni complete (*necessarie* e *sufficienti*)

EREDITARIETA'

- È una forma di inferenza che consente di determinare le proprietà di un oggetto basandosi sulle proprietà dei suoi *antenati*
- *Gli uccelli volano*
- *Titti è un uccello*
- *Titti vola*



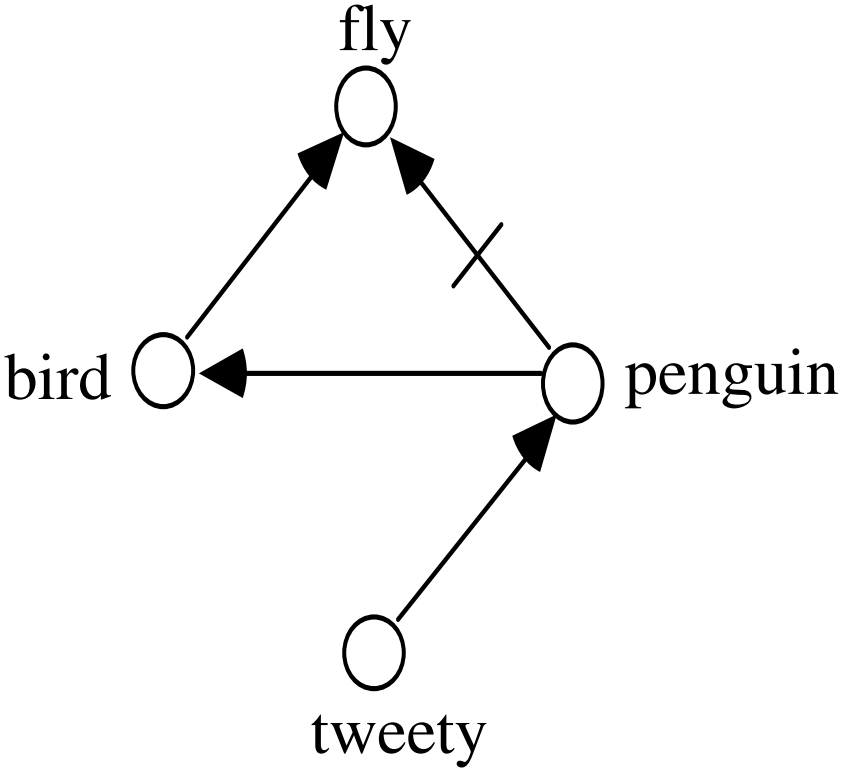
EREDITARIETA'

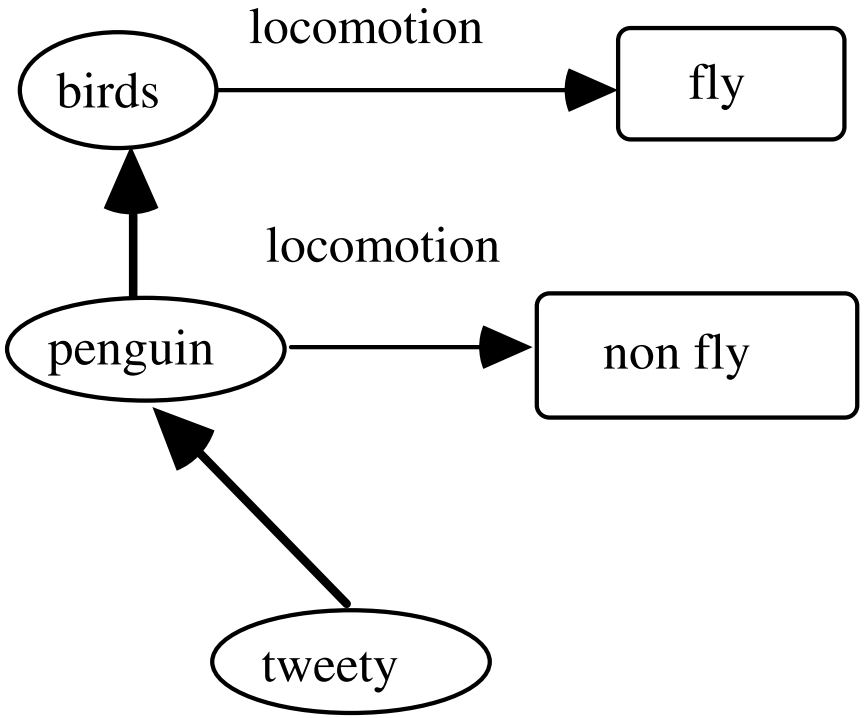
Molto spesso ereditarietà, classificazione, riconoscimento sono combinati tra loro

- Problema: possibile presenza di proprietà in conflitto (eccezioni, ereditarietà multipla)
- Molti sistemi sono *non-monotoni*
- *Non-monotonicità:*
  - Un sistema di ereditarietà è *non monotono* se ammette archi "annullabili" (defeasible)

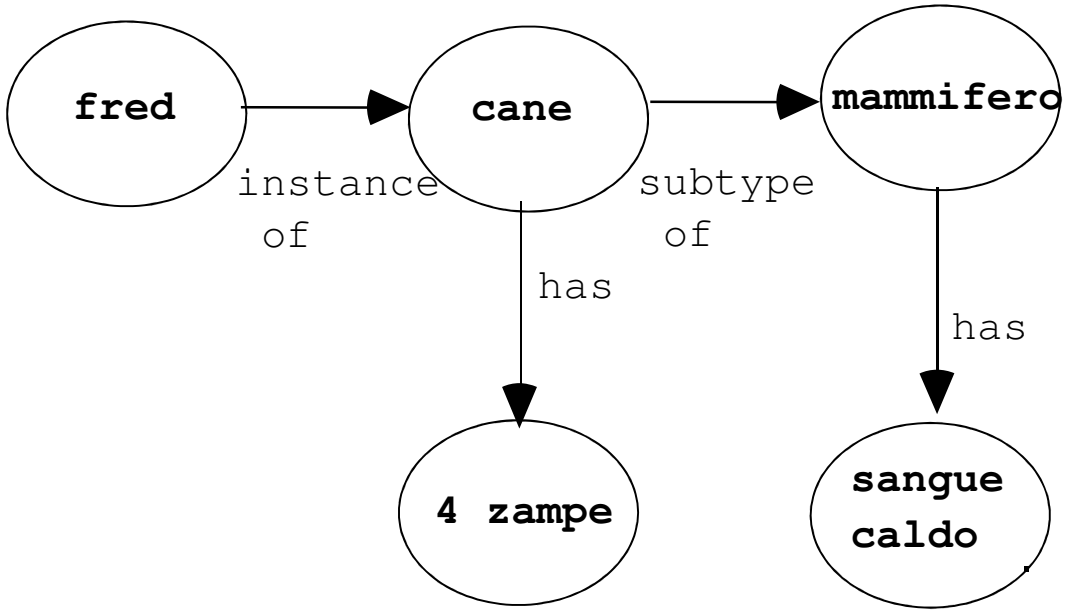
EREDITARIETA'

- Attraverso archi *is-not-a* (reti di ereditarietà) oppure *overriding* di proprietà (frame, oggetti)



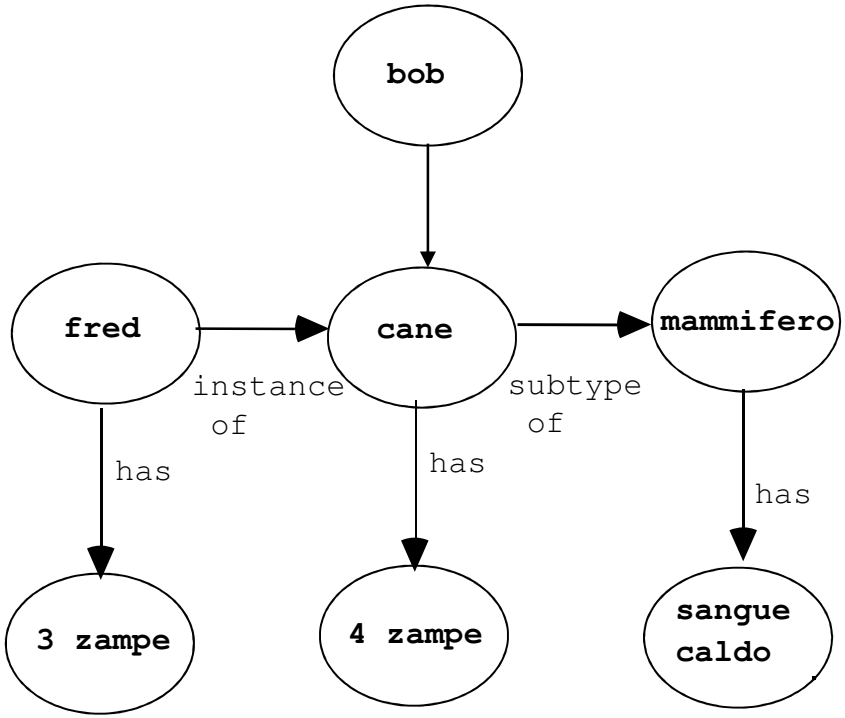


GERARCHIA ED EREDITARIETÀ DI PROPRIETÀ



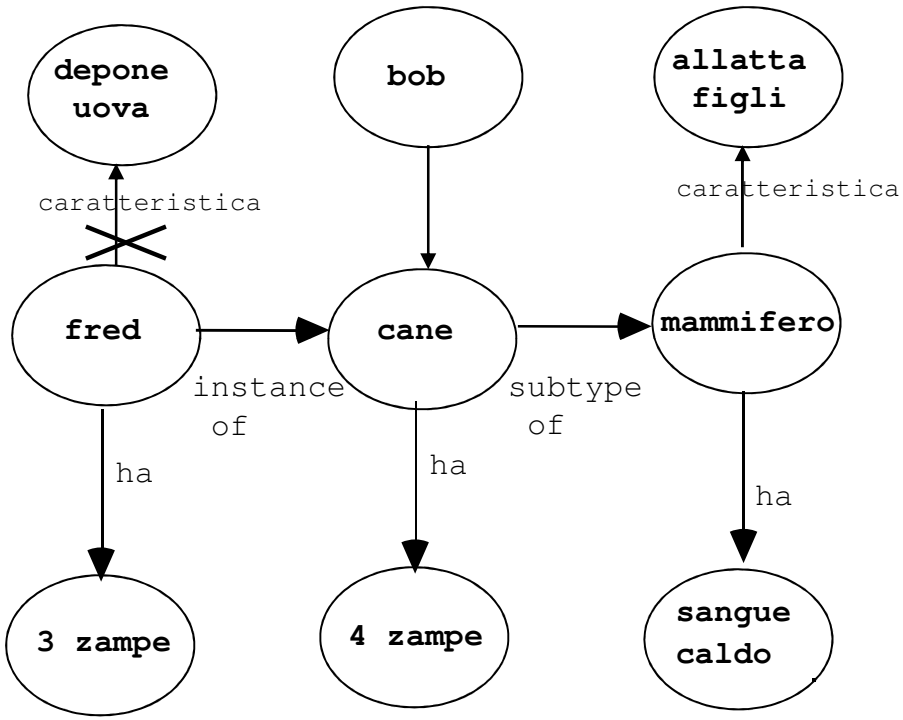
- fred è un cane allora:
- ha 4 zampe e ha il sangue caldo.

DEFAULT

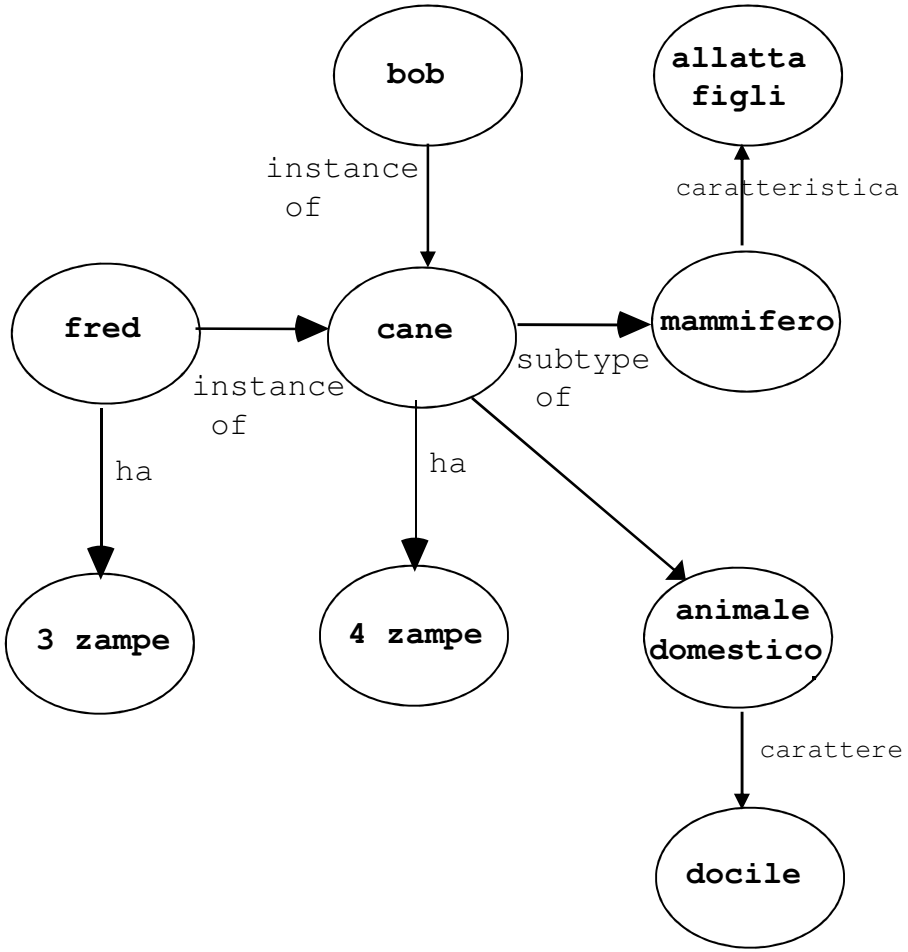


- mediante ricopertura di proprietà ai livelli più bassi della gerarchia
- fred ha tre gambe (eccezione).
- ATTENZIONE!!! ci sono proprietà che non possono essere ricoperte: (alcune sono quantificazioni universali)

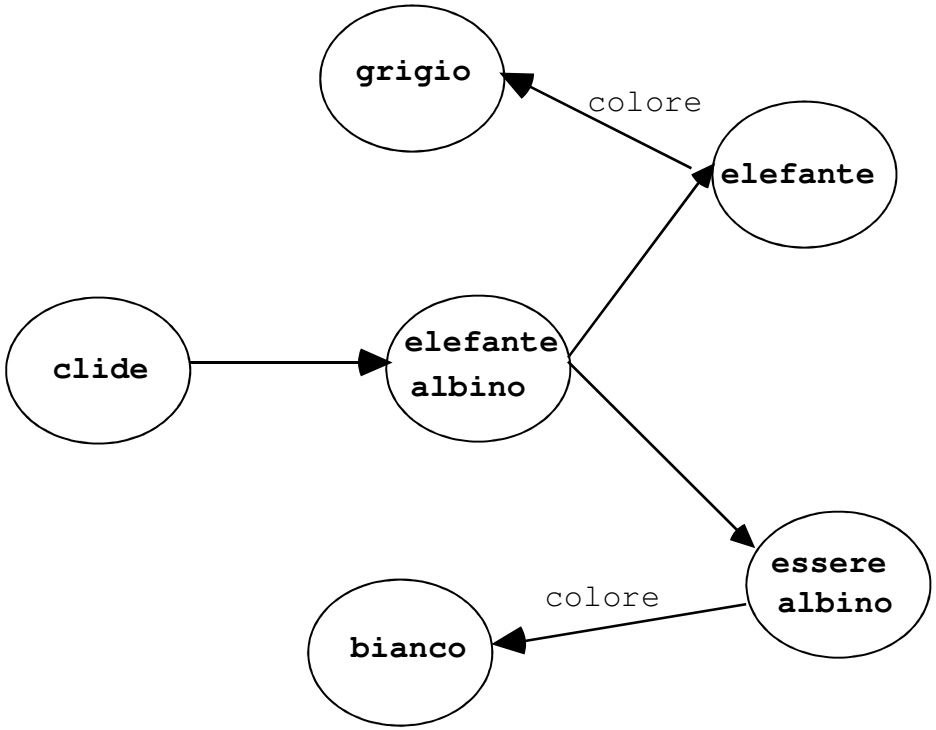
RICOPRIRE VALORI DI PROPRIETA`



EREDITARIETÀ MULTIPLA:

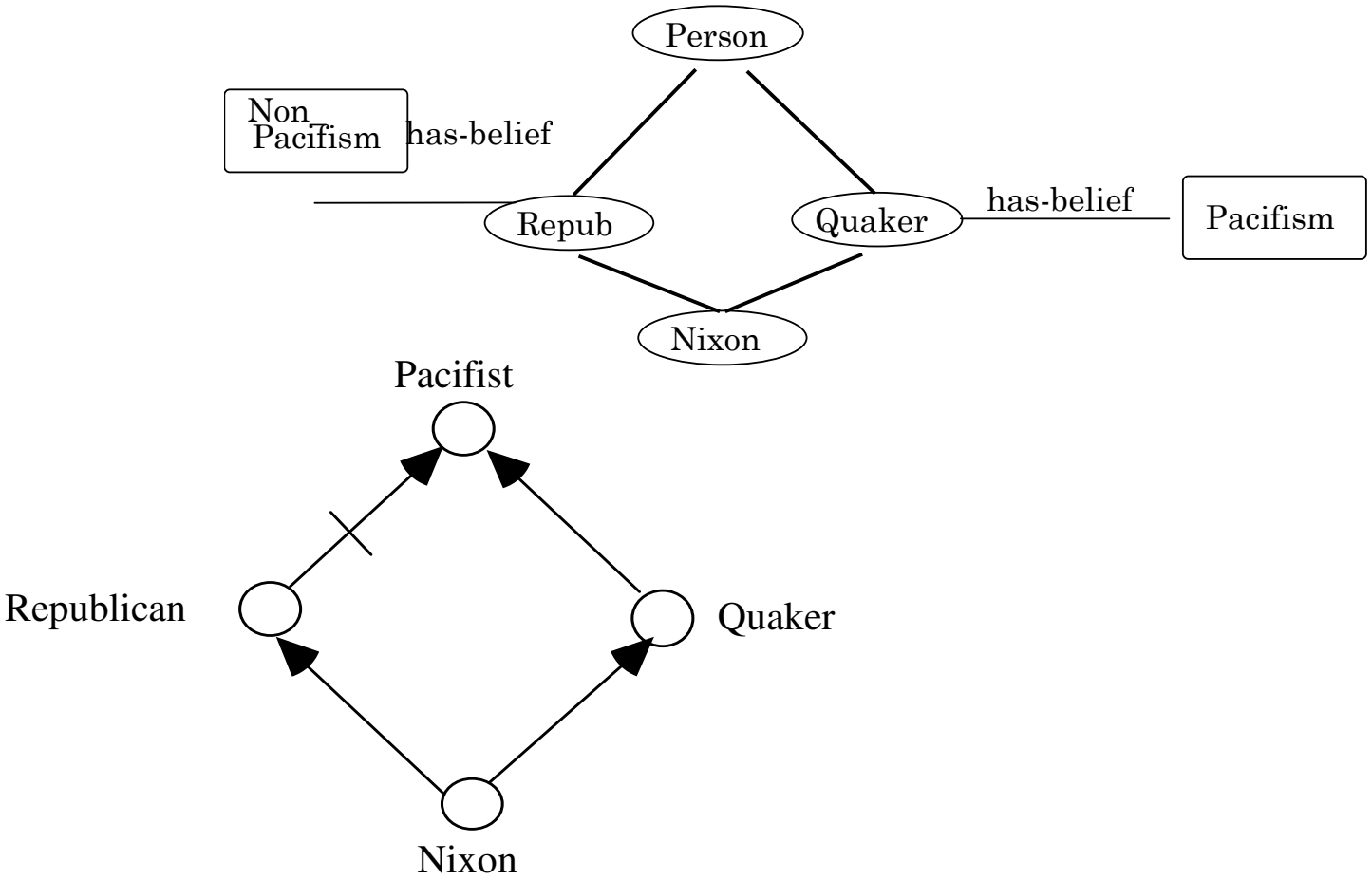


PROBLEMI: EREDITARIETÀ DI PROPRIETÀ IN CONTRADDIZIONE



- Si deve indicare un VERSO DI PERCORRENZA
- Normalmente depth-first con backtracking da sinistra verso destra.

EREDITARIETA' MULTIPLA



EREDITARIETA'

Due approcci:

- nell'ambito della rappresentazione della conoscenza *reti di ereditarietà*
  - derivano dalle reti semantiche
  - si ereditano proprietà
  - esistono archi defeasible ("is-not-a")
  - ereditarietà multipla

- nell'ambito del linguaggi di programmazione, *linguaggi a oggetti (Java,C++, C#)*
  - si ereditano attributi (variabili) e metodi (operazioni)
  - sia le variabili sia le operazioni ereditabili possono essere ridefinite (overriding)
  - in alcuni (ad es. C++) c'è ereditarietà multipla, in altri si fa una scelta più tranquilla (Java, C#)

PATH-BASED REASONING

- Sistemi di ragionamento basato su cammini
- Ampiamente accettato perché intuitivo e di facile realizzazione
- *Eccezioni* (vedi esempio di “fred è un cane a tre zampe”)
- I concetti che hanno valori di proprietà in conflitto possono essere ordinati totalmente all'interno della gerarchia is-a
- Il conflitto può essere risolto sulla base della *locazione* identificando il concetto “più vicino” (il *più specifico*) e utilizzando l'informazione in esso *(overriding)*

AMBIGUITA'

- Il conflitto *non* può essere risolto sulla base della locazione dei concetti nella gerarchia (si veda l'esempio di Nixon)

Possibili soluzioni:

- *Approccio credulo*
  - Enumerazione delle risposte possibili
  - Stessi risultati ottenuti con la traslazione nella logica default
  - *Nixon è Pacifista*
  - *Nixon non è Pacifista*
- *Approccio scettico*
  - Non trae alcuna conclusione
  - *Non posso concludere nulla su Nixon*
- NOTA: l'*ereditarietà scettica ideale* dovrebbe trarre quelle conclusioni che sono vere in *ogni* estensione credula
- *Priorità*
  - Aumento della potenza espressiva del linguaggio
  - È più probabile che un Repubblicano sia Pacifista piuttosto che un Quacchero sia non Pacifista

EREDITARIETA' PROCEDURALE

- Usata nei sistemi a frame e ad oggetti
- È definita solo in termini di un algoritmo che opera sulla struttura dati rappresentante il grafo di ereditarietà
- Algoritmo:

  Dato un oggetto A e una proprietà P, trovarne il valore V:

  1. Se c'è un valore per la proprietà P in A restituisci quel valore.
  2. Altrimenti, sia Class l'insieme di tutte le classi che sono puntate da archi che escono da A;
  3. Se Class è vuoto restituisci fallimento;
  4. Altrimenti seleziona una classe C in Class. Se in C c'è un valore per la proprietà P restituisci quel valore. Altrimenti aggiungi a Class tutte le classi puntate da archi che escono da C.
  5. Ritorna al passo 3.
- Nel caso di ereditarietà semplice si percorre un unico cammino nella gerarchia
- Nel caso di ereditarietà multipla, la struttura dati (ad esempio coda o pila) utilizzata per memorizzare l'insieme Class corrisponde alle due strategie di ricerca breadth-first e depth-first

Abbiamo visto che:

- Molti dei ragionamenti che si fanno sono sulle categorie piuttosto che sugli individui
- Se organizziamo la conoscenza in categorie (e sottocategorie) è sufficiente classificare un oggetto, tramite le proprietà percepite, per inferire le proprietà della categoria a cui appartiene (ereditarietà)

In conclusione...

- Le relazioni di sottoclasse organizzano la conoscenza in tassonomie (come in botanica, biologia, nelle scienze librarie …)
- Ontologie di dominio = tassonomie specializzate
- Molte delle idee delle reti semantiche e dei frame sono state raccolte in logiche specializzate (terminologiche o descrittive)
- Queste logiche sono alla base delle proposte per il *Web semantico*