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 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 *paradimi 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

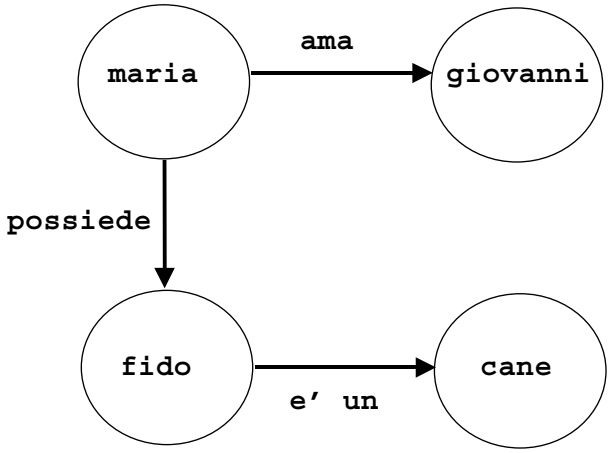
(Brachman, 1979)

- 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

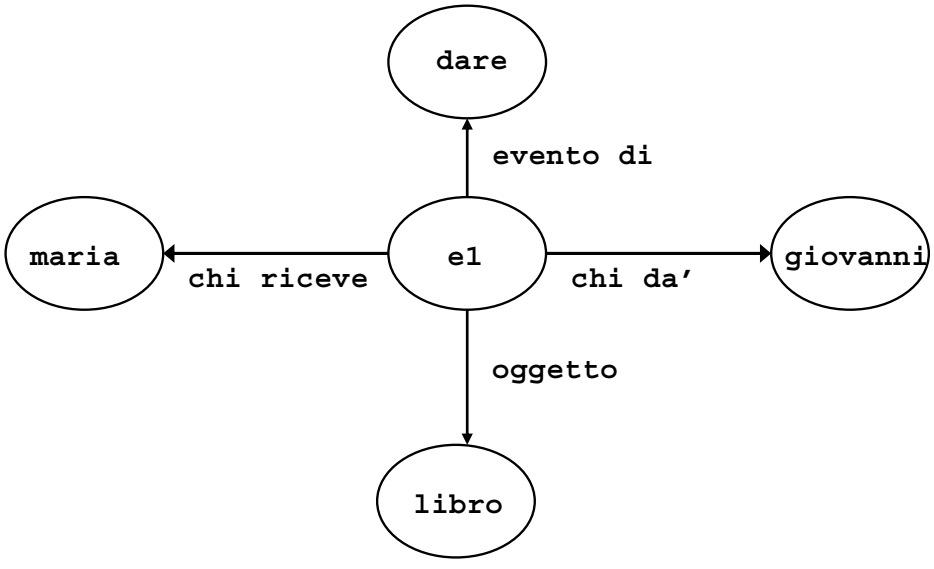
"giovanni dà un libro a maria".

- **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

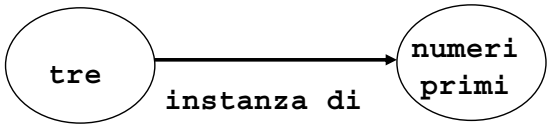


RETI SEMANTICHE

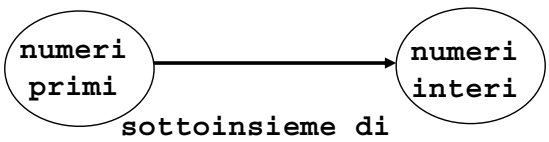
- **ESPRIMONO IN MODO IMPLICITO REGOLE PER:**
- Trattare concetti di EREDITARIETÀ (semplice o multipla) di proprietà;
- Permettere un ricoprimento di proprietà ritenute erronee o aggiornabili in base a nuova conoscenza acquisita (ECCEZIONI E DEFAULT).
- (semantica?).

NODI

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



  - **insiemi di entità**.

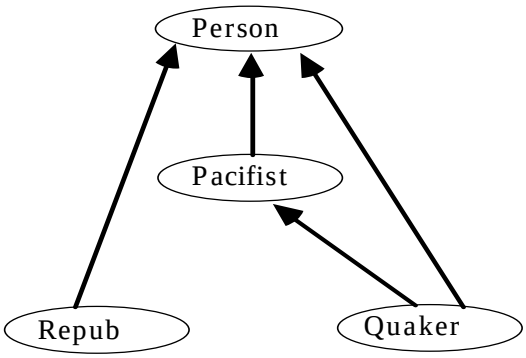


- Netta distinzione fra questi differenti tipi di nodi per ottenere maggiore chiarezza nella notazione.

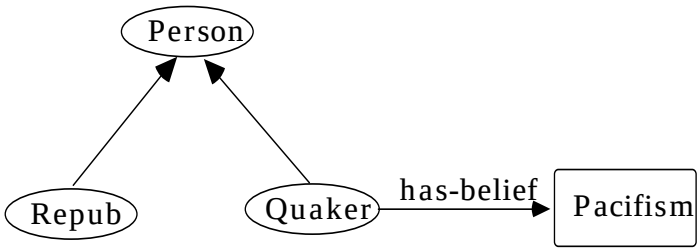
NODI

Sistemi :

- "di sole classi" (e istanze):



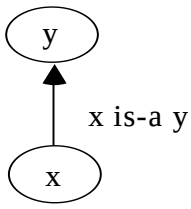
- "di classi e proprietà":



- 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)`**

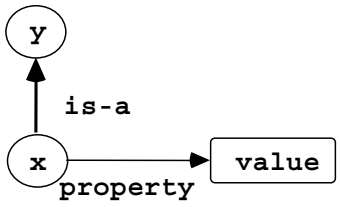
  Es: $\forall Z$ **`cane(Z)`** $\Rightarrow$ **`mammifero(Z)`**

TRASLAZIONE IN LOGICA

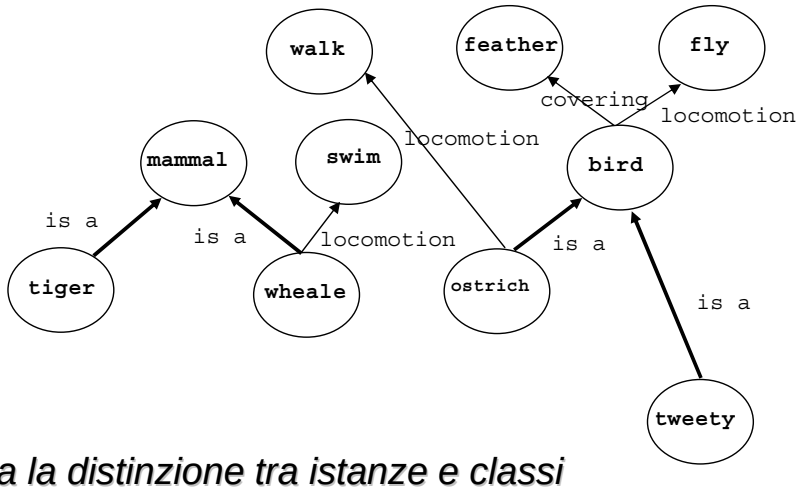
- Se una classe o un individuo ha delle proprietà, queste possono essere traslate in predicati binari

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

$property(x,value)$ *individuo*



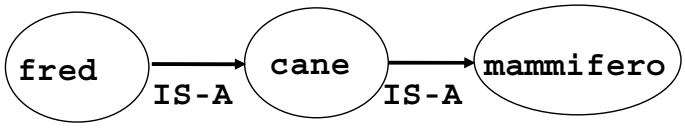
PROBLEMI DELLE RETI SEMANTICHE



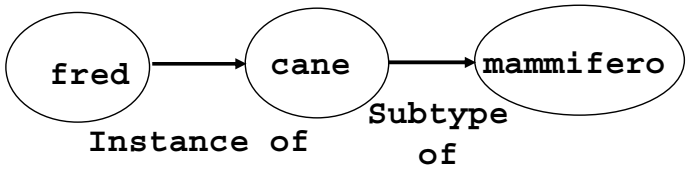
- *Manca la distinzione tra istanze e classi*
  - In realtà, l'unico link "*is-a*" è "sovraccaricato" (Woods, 1975)
  - Rappresenta sia la relazione di *appartenenza* sia quella di *sottoinsieme*.
  - Richiedono la presenza di un secondo link *"instance-of"* (ma anche *part-of*, etc.)

PROBLEMI DELLE RETI SEMANTICHE

- 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)

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:

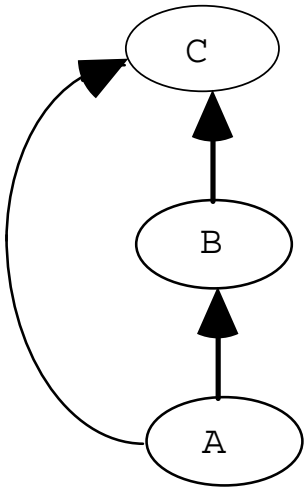
Nome	Attributo	Facet	Valore
• R1	Is-a	Uguale	Resistenza
	Valore	Uguale	5000
	Precisione	Uguale	1

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)

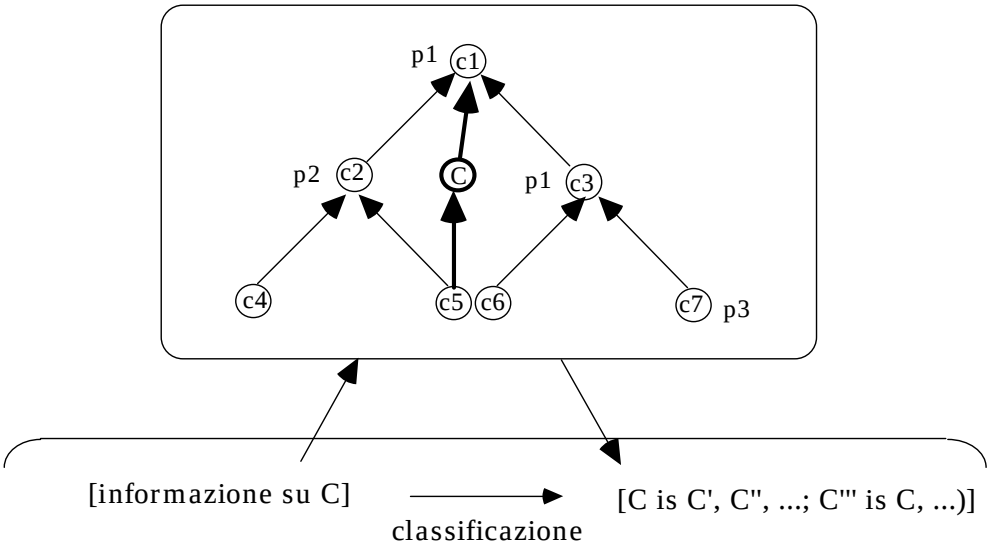


- Costruita la tassonomia, interrogazioni sui legami gerarchici tra oggetti presenti nella tassonomia sono risolte attraverso l'applicazione della chiusura transitiva

FORME DI INFERENZA

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

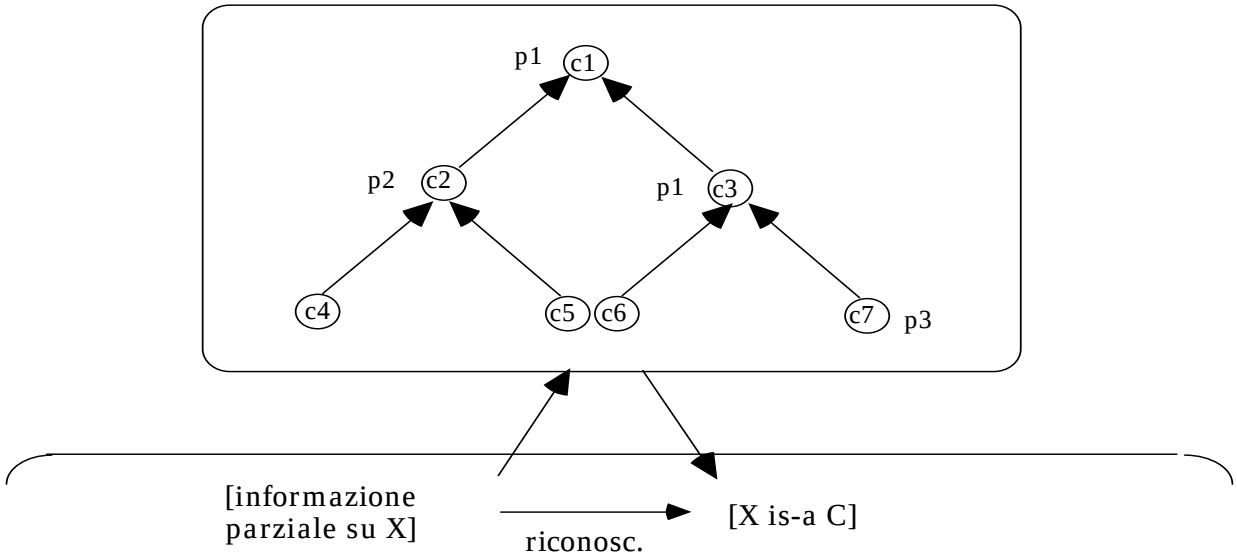
CLASSIFICAZIONE



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

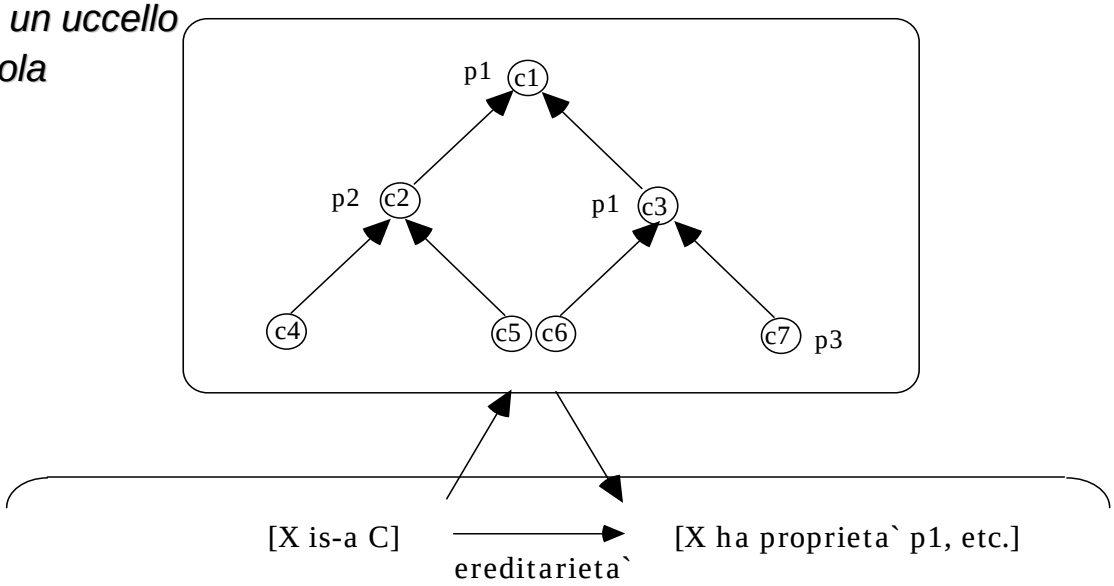


RICONOSCIMENTO

- 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*

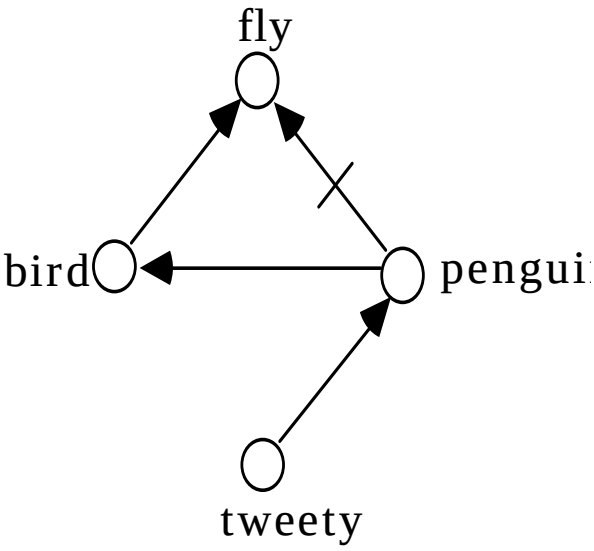


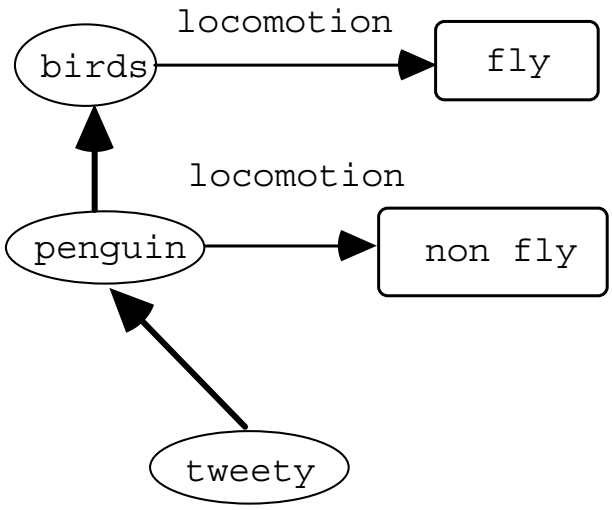
EREDITARIETA'

- Molto spesso ereditarietà, classificazione, riconoscimento sono combinati tra loro
- 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), cioè che amme Molto spesso ereditarietà, classificazione, riconoscimento sono combinati tra loro

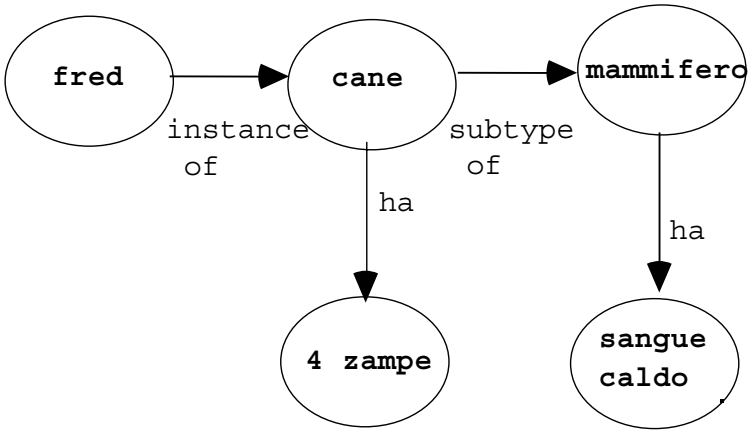
EREDITARIETA'

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



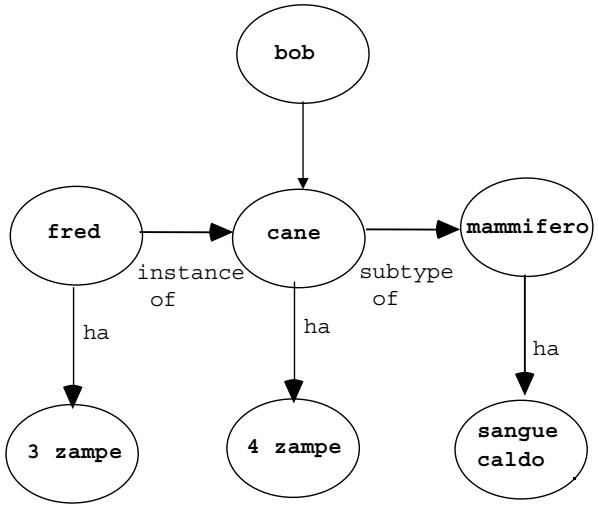


GERARCHIA ED EREDITARIETÀ DI PROPRIETÀ



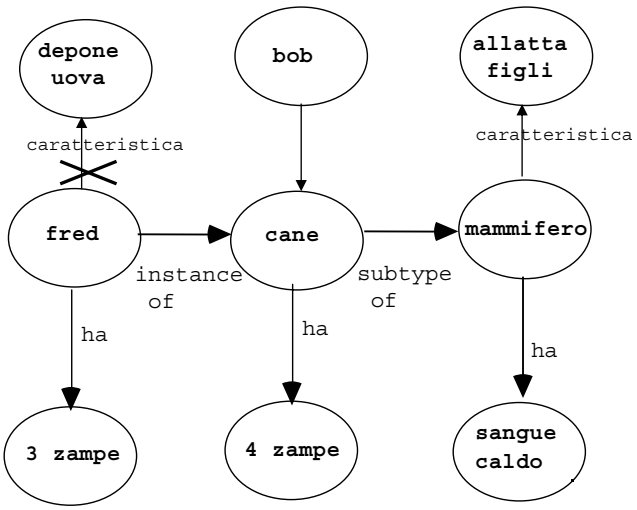
- fred è un cane allora:
- ha 4 zampe e ha il sangue caldo.

DEFAULT

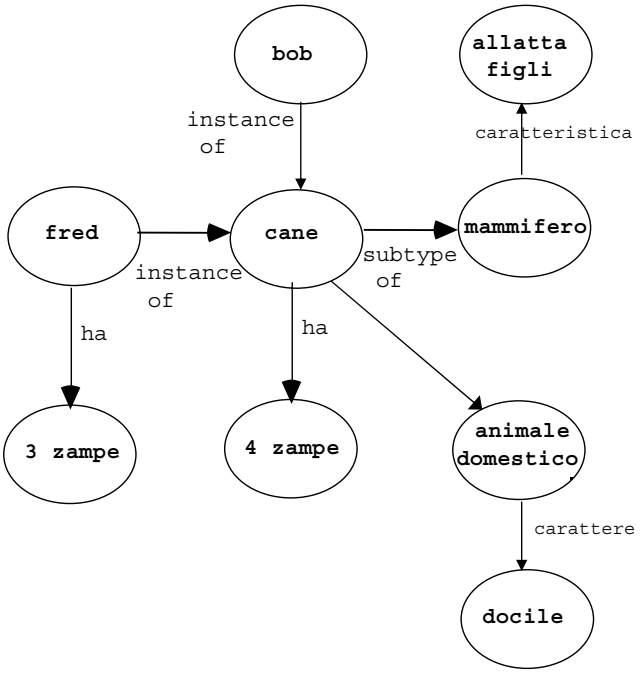


- mediante ricopertura di proprietà ai livelli più bassi della gerarchia
- fred ha tre gambe (eccezione).
- ATTENZIONE!!! ci sono proprietà che non possono essere ricoperte: (alcune sono quantificazioni universali)

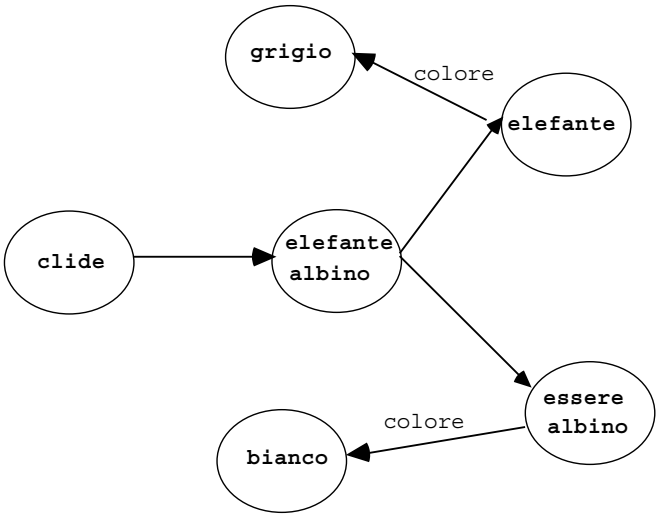
EREDITARIETÀ MULTIPLA:



EREDITARIETÀ MULTIPLA:



PROBLEMI: EREDITARIETÀ DI PROPRIETÀ IN CONTRADDIZIONE

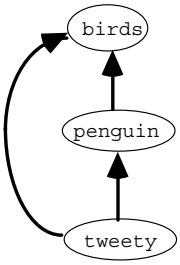


- Si deve indicare un VERSO DI PERCORRENZA
- Normalmente depth-first con backtracking da sinistra verso destra.

EREDITARIETA' MULTIPLA

Def (1): (Touretzky 1987)

- Un sistema ad ereditarietà multipla è un sistema di ereditarietà che non vincola i nodi ad avere grado di uscita al più uno

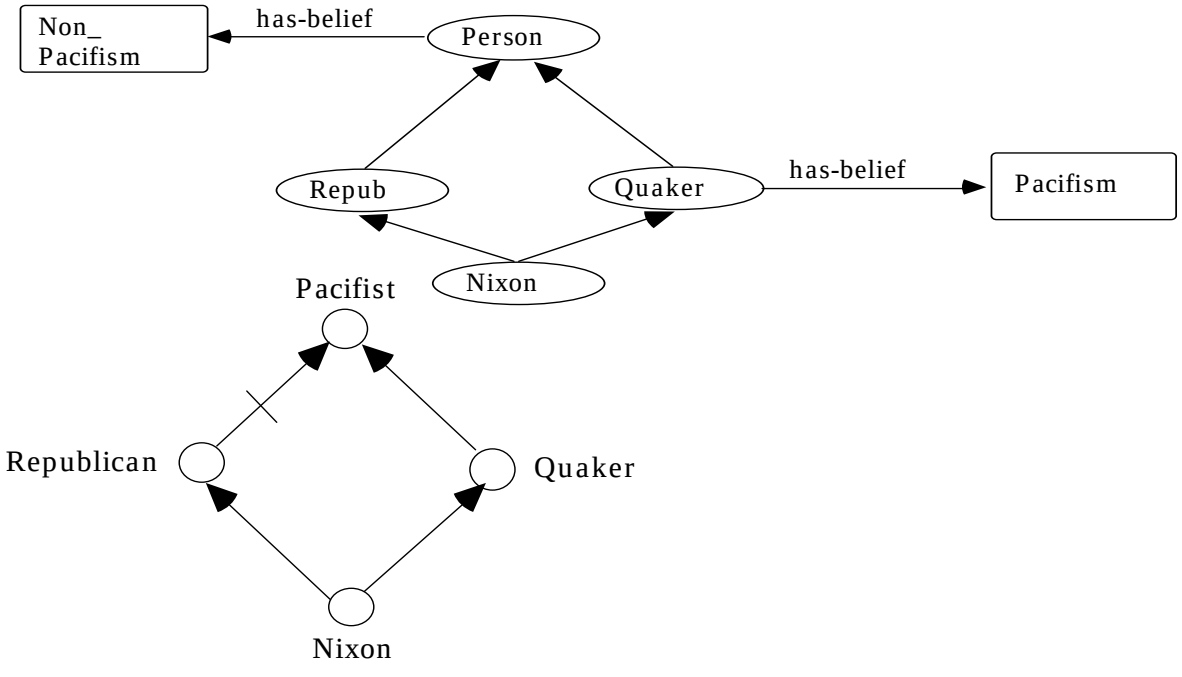


- Definita in termini di *cammini* in una rete (alcuni dei quali possono essere generati da archi is-a ridondanti)

Def (2): (Shastri, 1991)

- I legami is-a definiscono un ordinamento parziale << sugli oggetti
- Si genera se un oggetto A ha due antenati B e C così che A<<B e A<<C, ma nè B<<C nè C<<B
- Questa definizione non è quella più ampiamente usata

EREDITARIETA' MULTIPLA



EREDITARIETA'

Consideriamo 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 (C++)*
  - si ereditano attributi (variabili) e metodi (operazioni)
  - sia le variabili sia le operazioni ereditabili possono essere ridefinite (overriding)
  - in alcuni c'è ereditarietà multipla

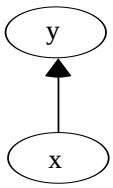
RETI DI EREDITARIETA'

- (Touretsky 1987) In generale, è un grafo diretto (aciclico) etichettato i cui nodi rappresentano individui e classi e gli archi relazioni "is-a" e "is-not-a" tra i nodi
- Due tipi di archi:

is-a

$y(x)$

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



x is-a y

is-not-a

$\neg\ z(x)$

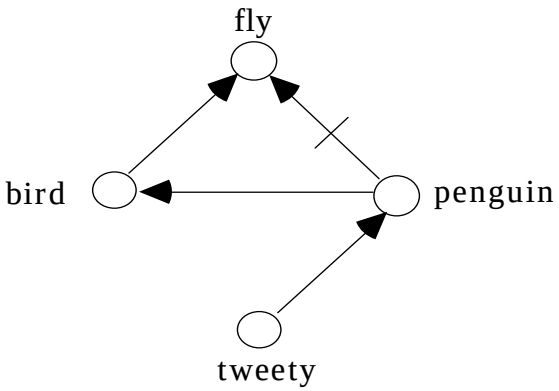
$\forall Z\ x(Z) \Rightarrow \neg\ z(Z)$

x is-not-a z

- Un sistema di ereditarietà è *bipolare* se ha sia archi is-a che is-not-a. È *unipolare* se ha solo archi is-a

ESEMPIO 1

- Ad esempio, i frame e i linguaggi a oggetti sono particolari sistemi unipolari. La traslazione non è sempre adeguata
- *Esempio (1):*

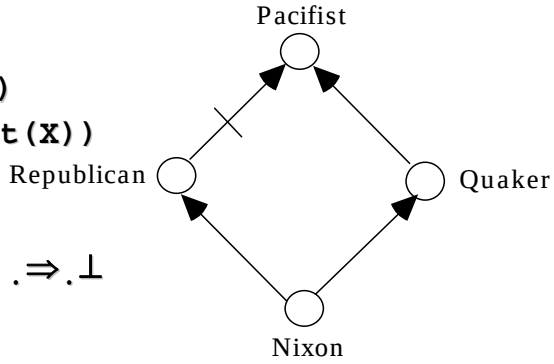


- $\forall$ `X (bird(X)` $\Rightarrow$`. fly(X))`
- $\forall$ `X (penguin(X)` $\Rightarrow$`.. ¬ fly(X))`
- $\forall$ `X (penguin(X)` $\Rightarrow$`bird(X))`
- $\forall$ `enguin(tweety)`
- $\forall$ `X (fly(X), ¬ fly(X))` $\Rightarrow$`.` $\bot$

- Il sistema è inconsistente

ESEMPIO 2

- $\forall$ `X (quacker(X)` $\Rightarrow$`.. pacifist(X))`
- $\forall$ `X (republican(X)` $\Rightarrow$`.. ¬ pacifist(X))`
- `quacker(nixon)`
- `republican(nixon)`
- $\forall$ `X (pacifist(X),.¬ pacifist(X))` $\Rightarrow$`.` $\bot$



- È richiesto *ragionamento non monotono*
- Traslazione in logiche modali e *default*
- La corrispondente teoria nella logica default ha *due estensioni*, una che conclude che Nixon è pacifista e la seconda che conclude che Nixon non è pacifista

PATH-BASED REASONING

- Sistemi di ragionamento basato su cammini
- Ampiamente accettato perché intuitivo e di facile realizzazione
- *Eccezioni:* (vedi esempio (1))
- 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)*

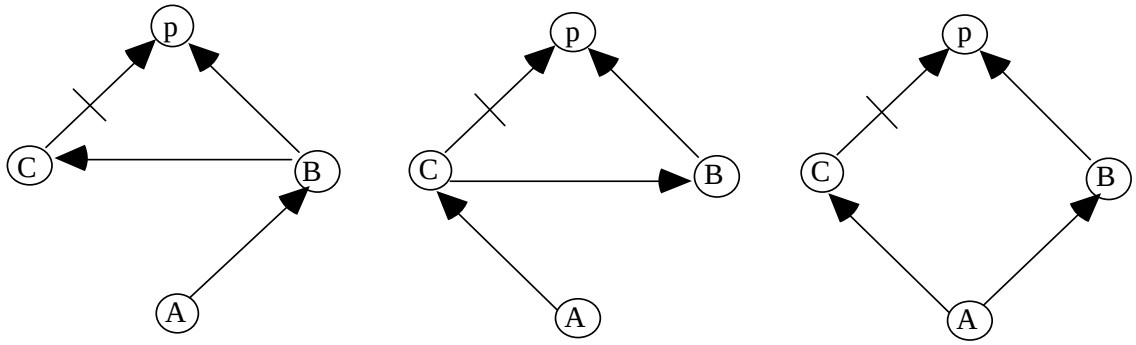
AMBIGUITA’ (vedi esempio 2)

- 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*
- 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

PRINCIPLE OF INFERENTIAL DISTANCE ORDERING (PIDO)

(Touretsky 1987)

- Intuitivamente cattura il principio che una sottoclasse può ricoprire le proprietà di una superclasse
- Se A eredita p da B e ¬p da C, allora:
  - se esiste un cammino di ereditarietà da A a C via B e non viceversa, per A concludi p
  - se esiste un cammino di ereditarietà da A a B via C e non viceversa, per A concludi ¬p
  - altrimenti, ambiguità



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