

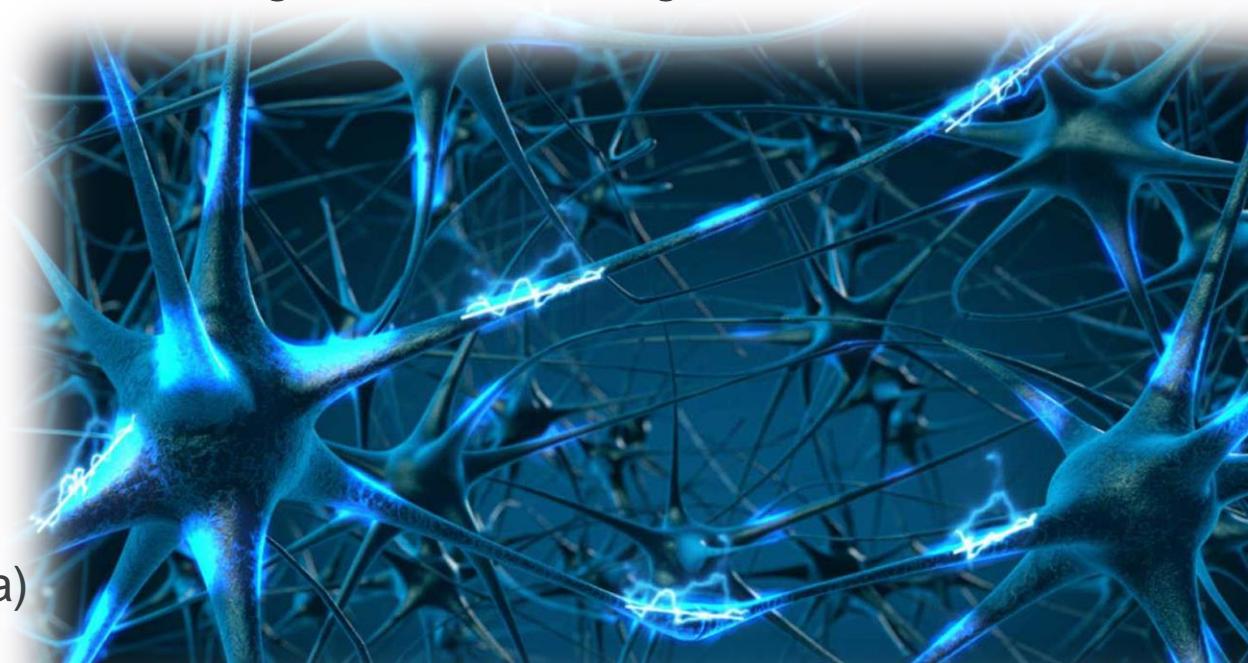
# INTELLIGENZA ARTIFICIALE

## KR: LOGICA E RAPPRESENTAZIONE DELLA CONOSCENZA (\*)

Corsi di Laurea in Informatica, Ing. Gestionale, Ing. Informatica,  
Ing. di Internet  
(a.a. 2021-2022)

Roberto Basili

(\*) alcune *slides* sono di  
Maria Simi (Univ. Pisa)



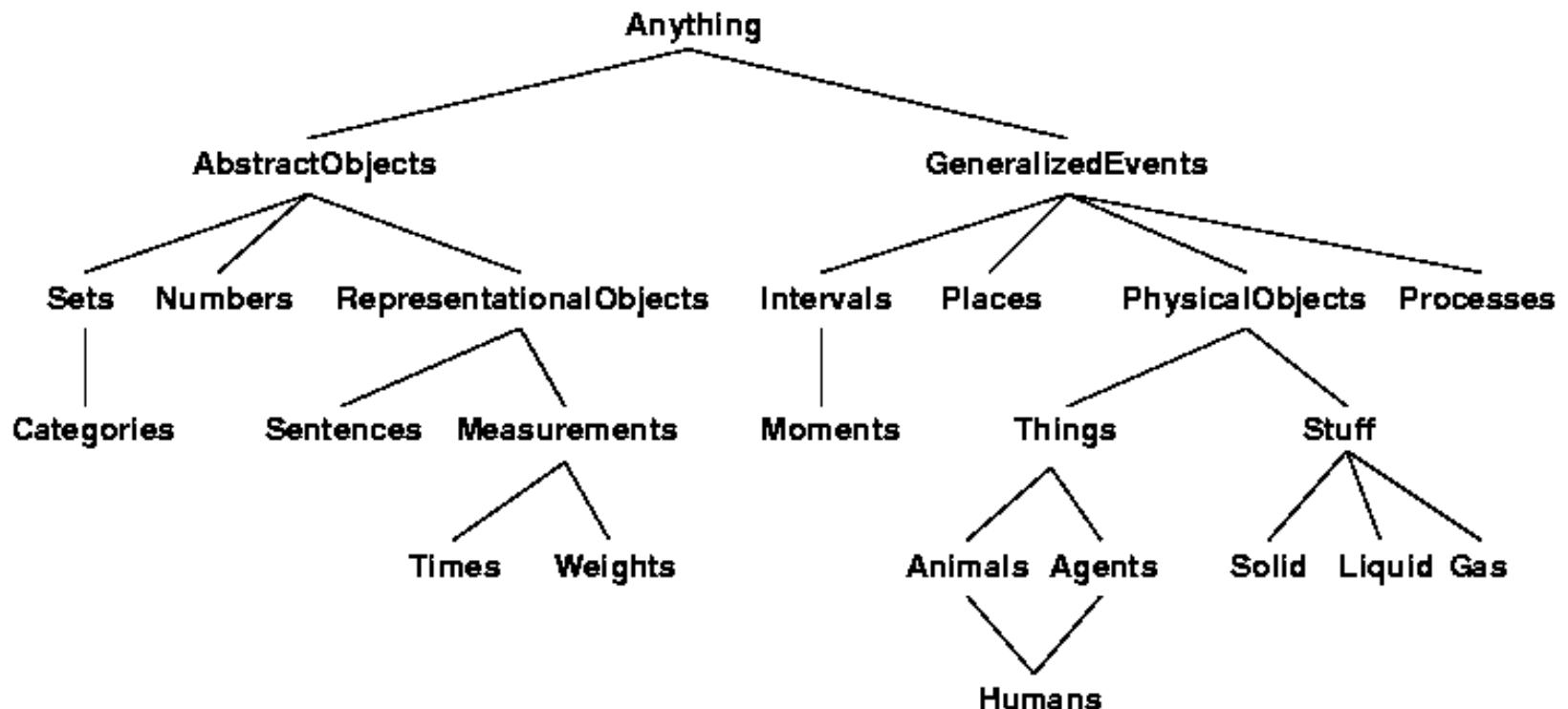
# Overview

- Ruolo del dominio:
  - Dal modello del mondo alla conoscenza
- Inferenza e conoscenza
  - Ontologia e Decision-making
- Reti semantiche
  - Esempi e formalismi grafici
  - Semantica
- Wordnet
- Framenet

# Ingegneria della conoscenza

- Tra i vari problemi di rappresentazione
  - le ontologie generali e le categorie
  - oggetti fisici e sostanze
  - azioni e cambiamento
  - eventi, tempo
  - conoscenze, credenze ... attitudini mentali
  - il ragionamento non monotono, incerto, probabilistico ..
    - ... ci vorrebbe un corso intero
- Ne vediamo alcuni specifici:
  - Il ragionamento su categorie (ontologie e reti semantiche,
  - *I frame*
  - Le risorse enciclopediche come esempi di KB e Lessici
- Il calcolo di situazioni, strumentale per la pianificazione

# Ontologia generale o superiore



# Approccio psicologico-linguistico alla R.C.

- L' approccio *logico*: per formalizzare il ragionamento valido
  - nato per la matematica e poi esteso al ragionamento di "senso comune".
- L' approccio *cognitivo-linguistico*: pone l'enfasi sui meccanismi per l'acquisizione, strutturazione ed uso della conoscenza
- Forti sinergie con:
  - Studi di psicologia cognitiva
  - Studi sul linguaggio naturale

# Rappresentazioni a grafo

- Precursore: grafi esistenziali di Charles Pierce (1909)
- In logica i simboli sono manipolati sintatticamente a prescindere dal loro significato
$$\forall x \text{ } Fragola}(x) \Rightarrow Rossa(x)$$
  - La verità di una formula dipende unicamente dalla verità delle sue sotto-formule ma non dal significato dei simboli né dalle relazioni semantiche tra i simboli

# Organizzazione gerarchica dei concetti: esperimenti (Collins, Quillian, 1969)

- Date le seguenti domande:

1. “*Un canarino è un uccello?*”
2. “*Un canarino vola?*”
3. “*Un canarino respira?*”

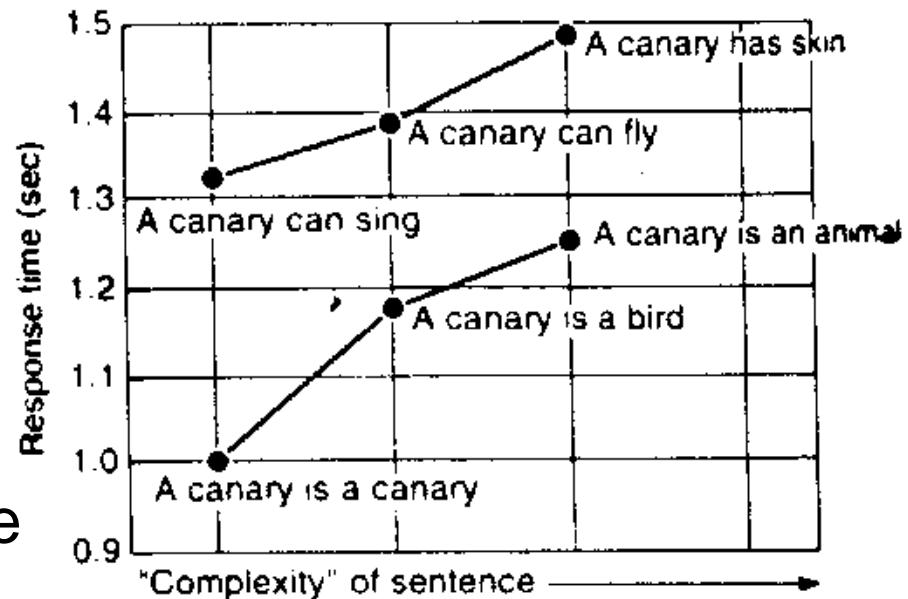
- Si osserva che i tempi di risposta  $T_i$  sono:

$$T_1 < T_2 < T_3$$

- Eccezioni a questa situazione sono risposte a domande quali:

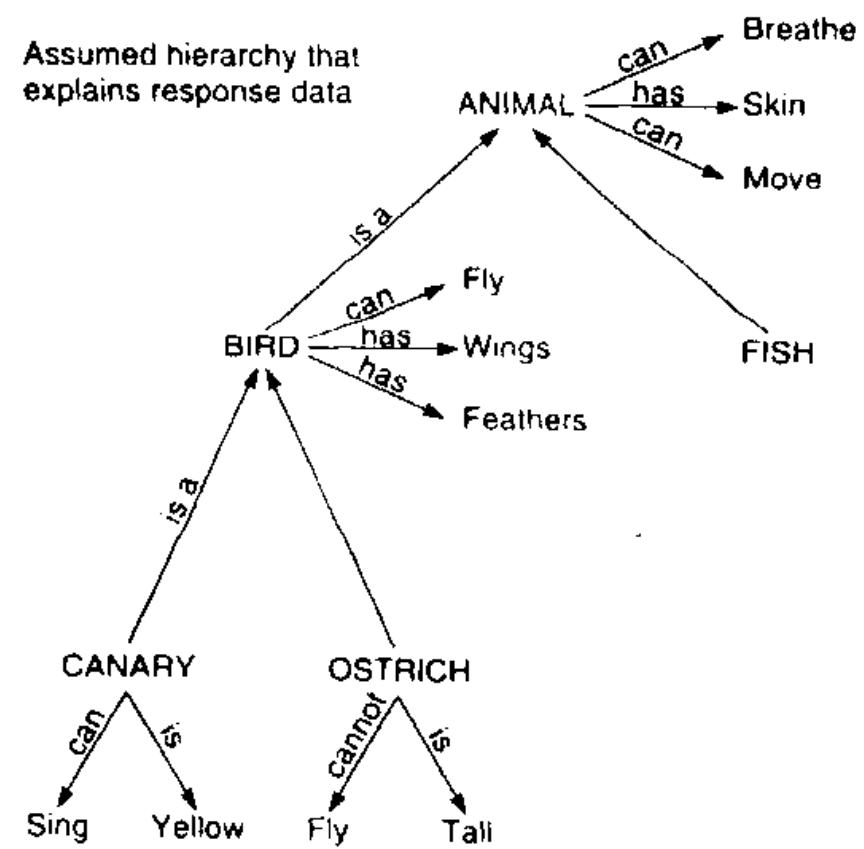
“*Uno struzzo vola?*”

In cui la risposta è immediata



# Organizzazione gerarchica dei concetti: interpretazione

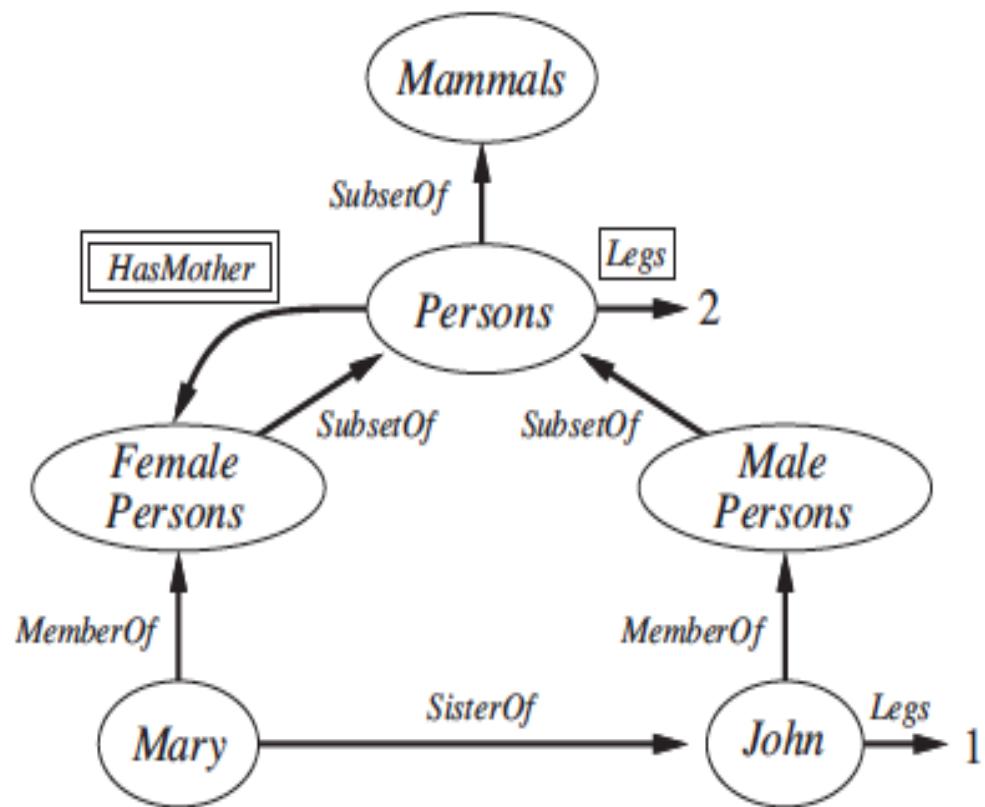
- Le proprietà sono "legate" al concetto più generale a cui si applicano
- Trattamento eccezioni
  - Le eccezioni sono memorizzate direttamente con l'oggetto
- Il successo della strutturazione gerarchica è anche confermato dalle tecniche di progettazione ad oggetti largamente influenti oggi nell'ingegneria del SW



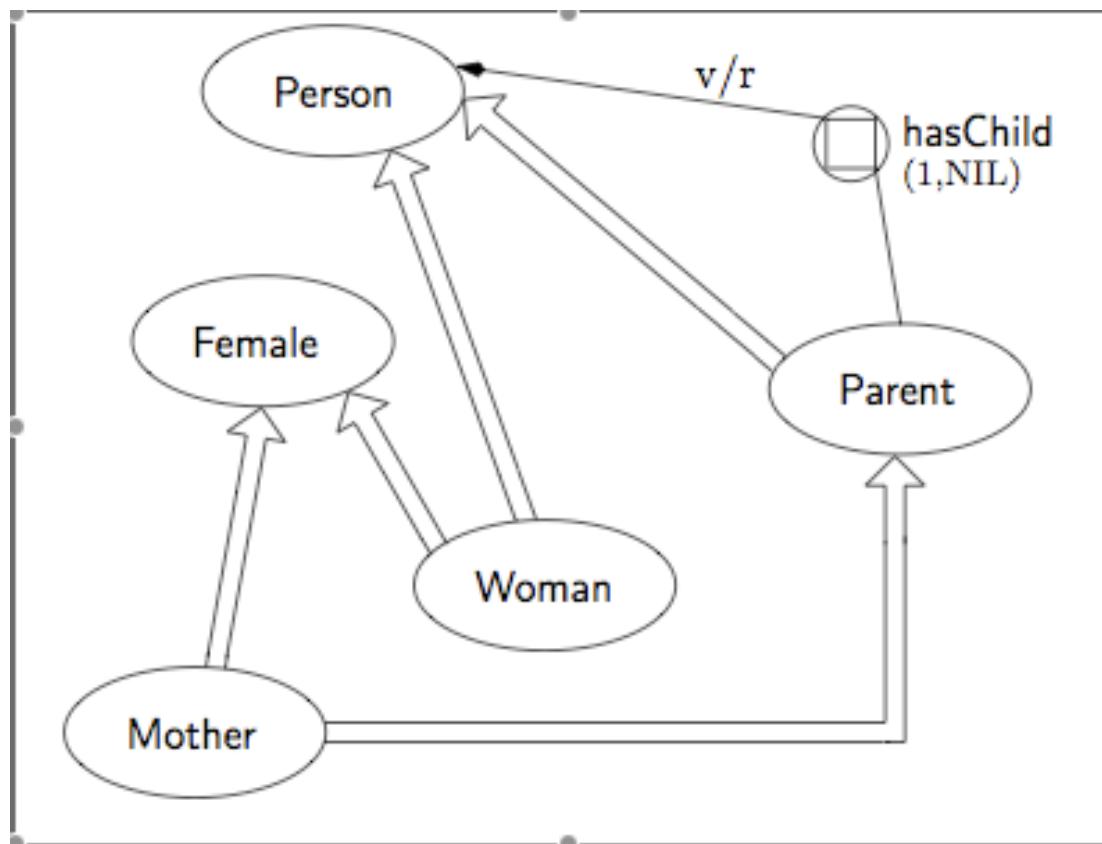
# Definizione di rete semantica

- Le reti semantiche sono una grande famiglia di schemi di rappresentazione "a grafo".
- Una rete semantica è un grafo in cui:
  - I **nodi**, etichettati, corrispondono a concetti (individui o classi)
  - Gli **archi**, etichettati e orientati, a relazioni binarie tra concetti (dette anche **ruoli**).
- Due particolari relazioni “primitive” sono sempre presenti:
  - IS, relazione di sotto-classe ( $\sqsubseteq$ )
  - IS-A, relazione di appartenenza ( $\in$ )

# Un esempio di rete semantica

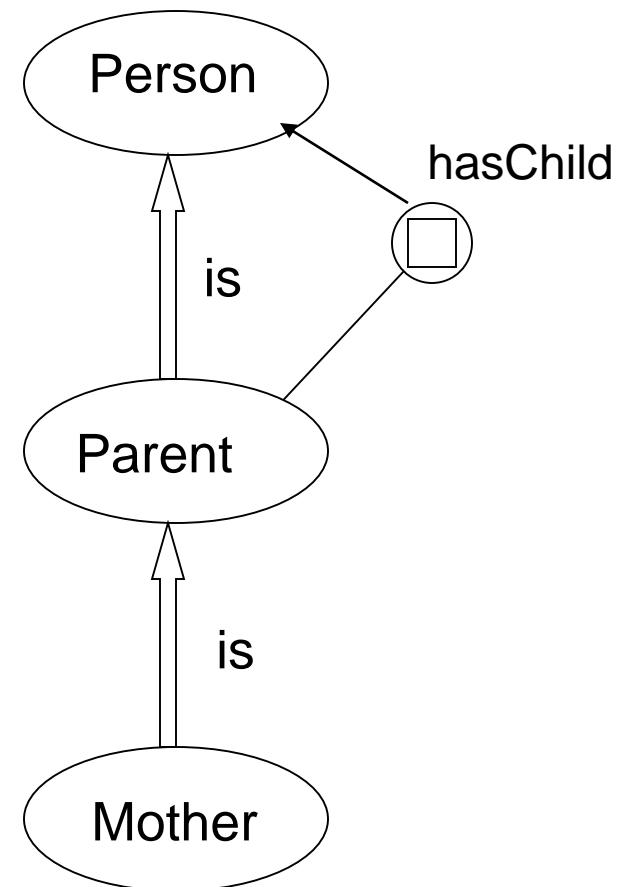


# Un esempio di rete



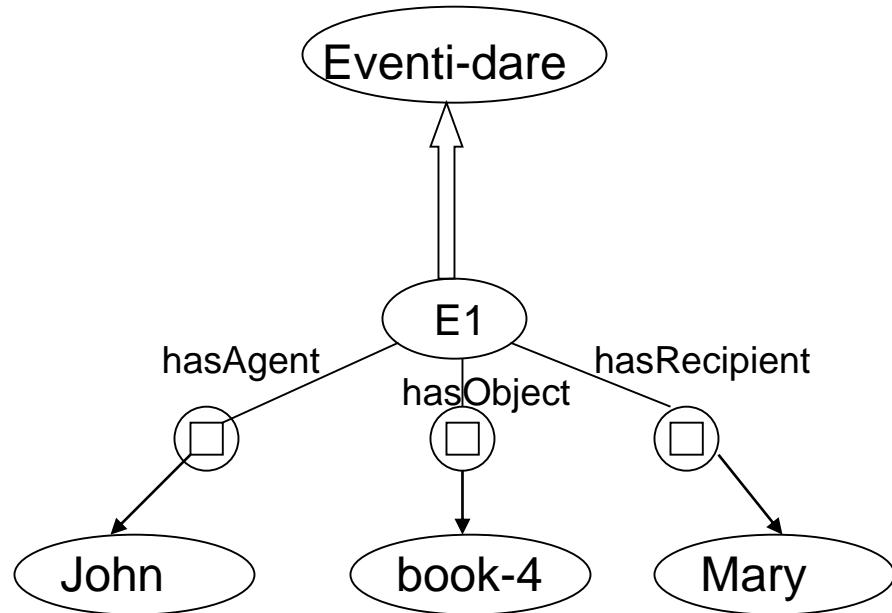
# Ereditarietà nelle reti semantiche

- *Ereditarietà* come una particolare inferenza legata alla transitività di IS
- Facilmente implementabile come *link traversal*
- Ereditarietà multipla

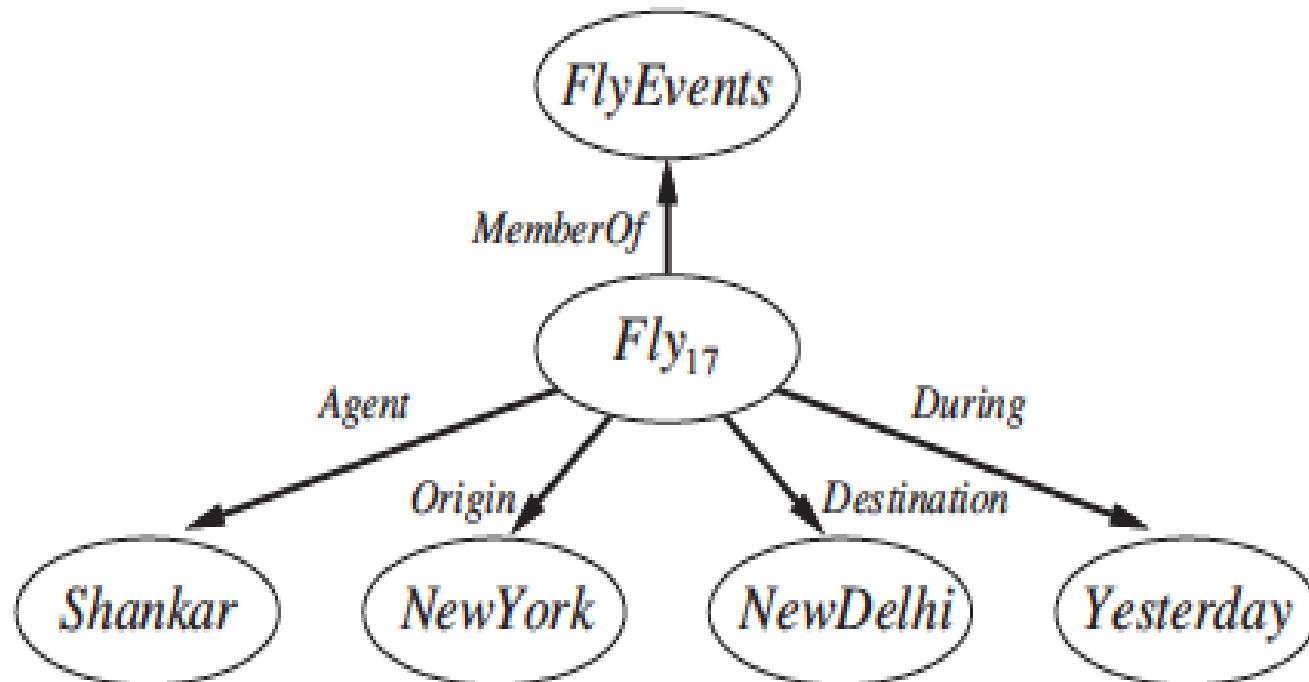


# Gestione relazioni $n$ -arie ( $n > 2$ )

- dare(John, Mary, book)  
*“John da un libro a Mary”*
- Viene reificata la azione/situazione in un istanza di una classe (Eventi-dare)
- Questa tecnica viene denominata ‘rappresentazione tramite struttura di casi’ (*case structure representation*)
  - i ruoli dei partecipanti agli eventi vengono (implicitamente) tipizzati dalle posizioni nella struttura
  - Quindi ad. esempio *Agent o Object*) per gli Eventi-dare corrspondono alle posizioni 1 e 2 rispettivamente)



# Rappresentazione per casi: esempio *prenotazione dei voli*



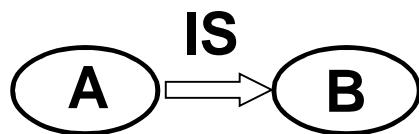
# Dov'è la “semantica” nelle reti semantiche?

- Woods [75] e altri mettono in luce ambiguità e incongruenze nell'uso di nodi e archi, ... ovvero la *mancanza di semantica*
- La semantica talvolta non è chiara o è unicamente ricavabile (come conseguenza) delle assunzioni che fanno i programmi che usano le reti
- Esempi di confusione
  - Stessa relazione per appartenenza e per sotto-insieme
  - Istanza canonica o un classe di oggetti?
  - Significato diverso delle relazioni (tra classi, tra classi e oggetti, tra oggetti)

# Reti semantiche e logica

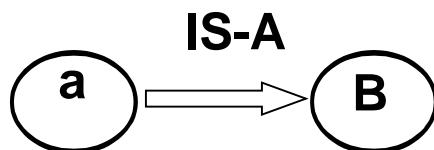
- Le reti semantiche costuiscono una *notazione conveniente* per una parte del FOL, ma sono pur sempre riconducibili ad un formalismo logico
- Alcuni aspetti però sono complessi da trasformare in una pura forma logica, poichè dipendono da aspetti extra-logici o costituiscono informazioni procedurali

# Traduzione in logica

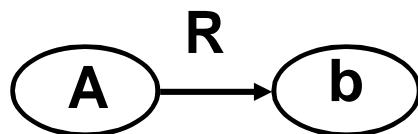


NOTA: In maiuscolo le classi,  
in minuscolo gli individui

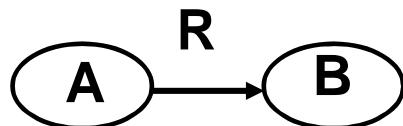
$$\forall x A(x) \Rightarrow B(x)$$



$$B(a)$$

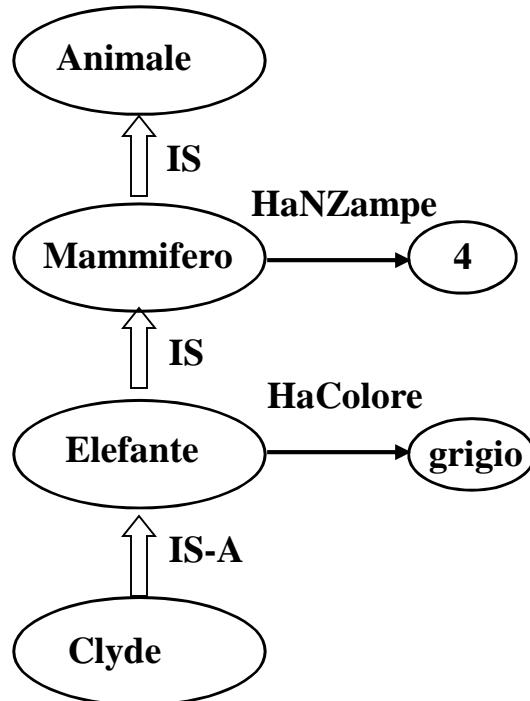


$$\forall x \ x \in A \Rightarrow R(x, b)$$



$$\forall x \ x \in A \Rightarrow \exists y \ y \in B \wedge R(x, y)$$

# Un esempio di traduzione



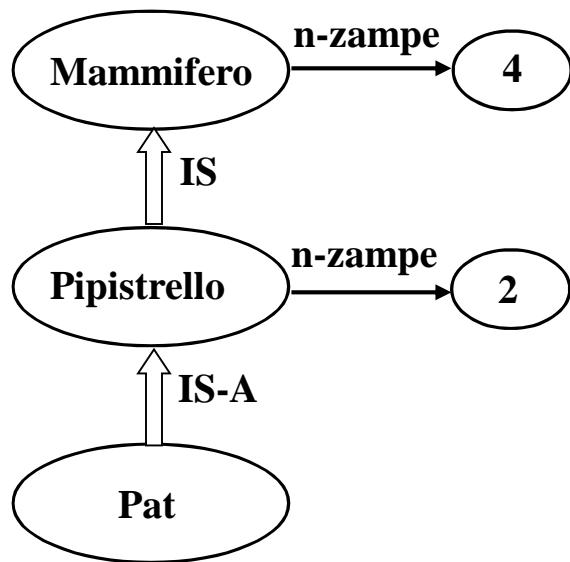
$\forall x \text{ Mammifero}(x) \Rightarrow \text{Animale}(x)$   
 $\forall x \text{ Mammifero}(x) \Rightarrow \text{HaNZampe}(x, 4)$   
 $\forall x \text{ Elefante}(x) \Rightarrow \text{Mammifero}(x)$   
 $\forall x \text{ Elefante}(x) \Rightarrow \text{HaColore}(x, \text{grigio})$   
 $\text{Elefante}(\text{Clyde})$

È possibile dedurre:

$\text{Animale}(\text{Clyde})$   
 $\text{Mammifero}(\text{Clyde})$   
 $\text{HaNZampe}(\text{Clyde}, 4)$   
 $\text{HaColore}(\text{Clyde}, \text{grigio})$

L'*ereditarietà* scaturisce dalla semantica del quantificatore  $\forall E$ , del MP e dalla transitività della relazione  $\Rightarrow$

# ... e le eccezioni?



$\forall x \text{ Mammifero}(x) \Rightarrow \text{NZampe}(x, 4)$   
 $\forall x \text{ Pipistrello}(x) \Rightarrow \text{Mammifero}(x)$   
 $\forall x \text{ Pipistrello}(x) \Rightarrow \text{NZampe}(x, 2)$   
 $\text{Pipistrello}(\text{Pat})$

Si deduce:

$\text{NZampe}(\text{Pat}, 2)$

... ma anche

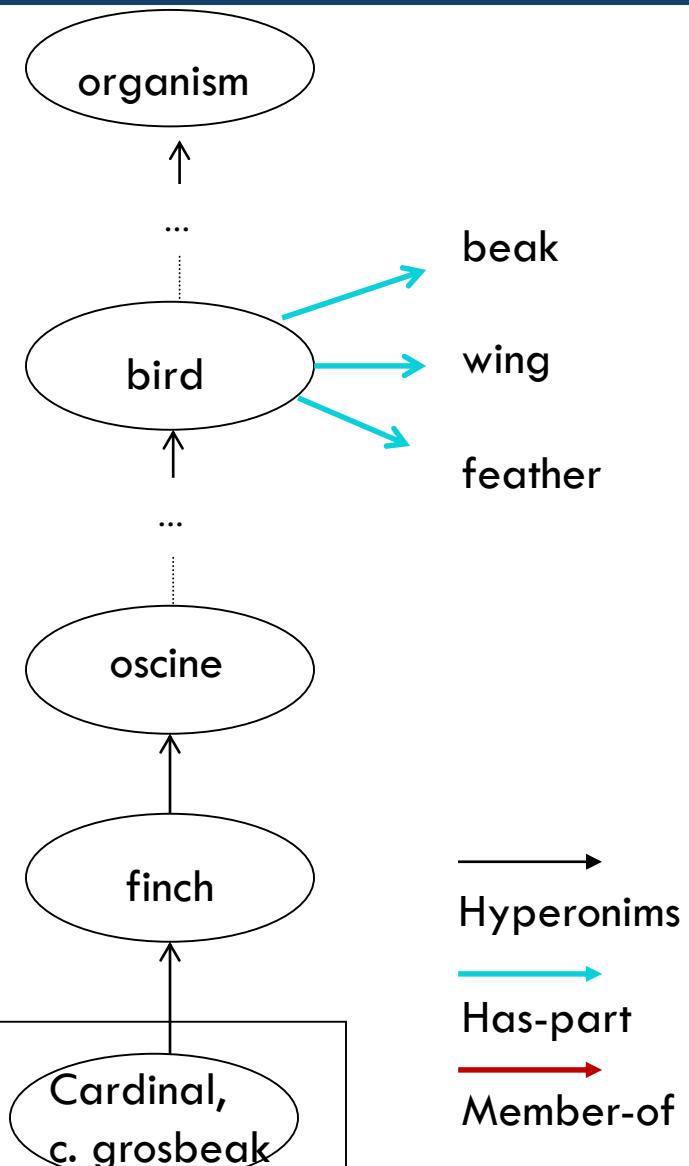
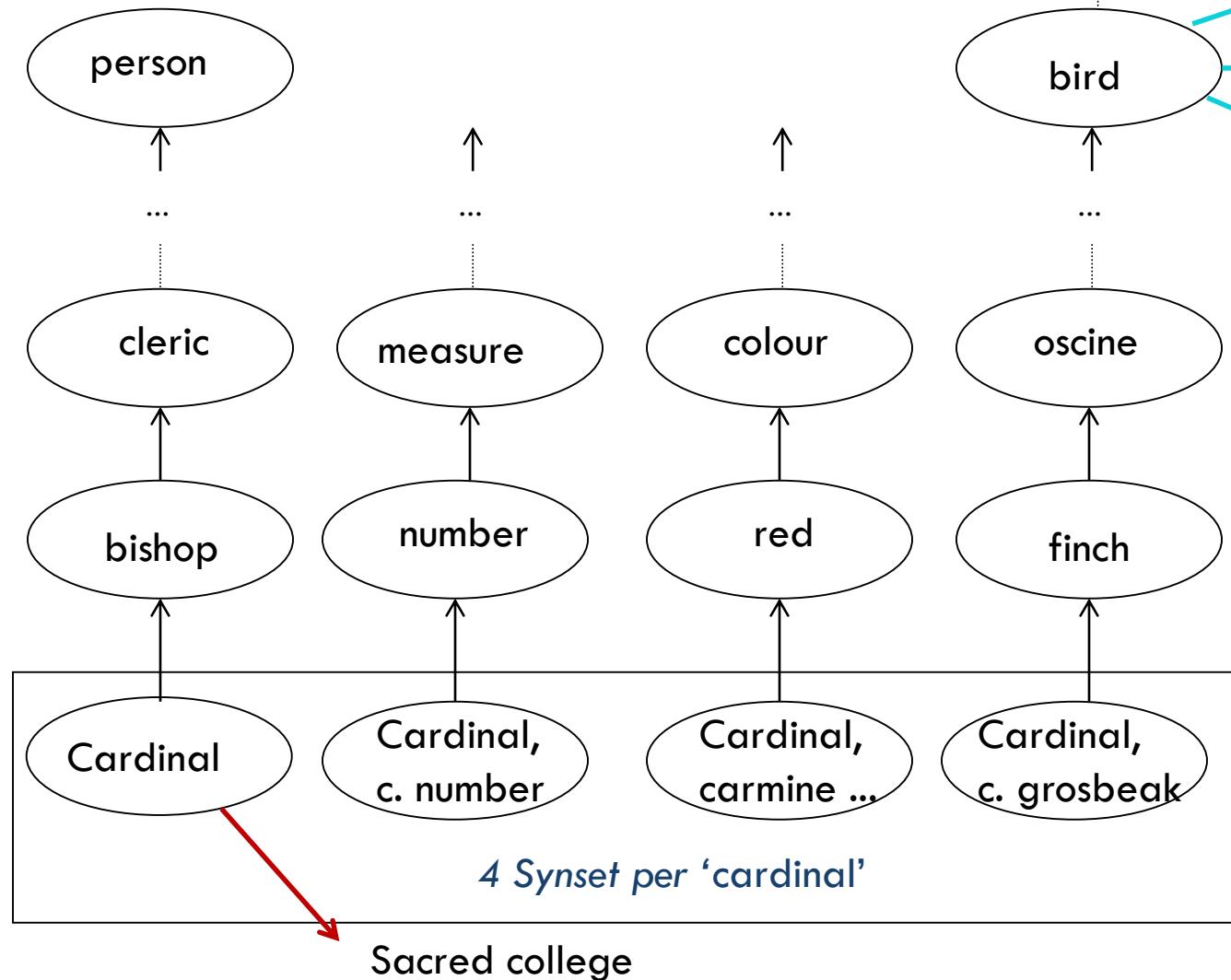
$\text{NZampe}(\text{Pat}, 4)$  ???

- Modellare ragionamento default richiede logiche non monotone

# WordNet [Miller]

- Grossa risorsa lessicale organizzata a rete semantica (122.000 termini)
  - i nomi, i verbi, gli aggettivi, gli avverbi sono organizzati in insiemi di sinonimi (*synset*) che rappresentano un concetto (117.000 *synset*);
- Ad una parola è tipicamente associato un insieme di *synset*: i sensi della parola
- <http://wordnet.princeton.edu/>

# WordNet: la struttura



# WordNet

- Home page:
  - <http://wordnetweb.princeton.edu/perl/webwn>

WordNet Search - 3.1  
- [WordNet home page](#) - [Glossary](#) - [Help](#)

Word to search for:

Display Options:

Key: "S:" = Show Synset (semantic) relations, "W:" = Show Word (lexical) relations  
Display options for sense: (gloss) "an example sentence"

**Noun**

- **S: (n) meaning, significance, signification, import** (the message that is intended or expressed or signified) "*what is the meaning of this sentence*"; "*the significance of a red traffic light*"; "*the signification of Chinese characters*"; "*the import of his announcement was ambiguous*"
  - [direct hyponym / full hyponym](#)
  - [direct hypernym / inherited hypernym / sister term](#)
  - [derivationally related form](#)
- **S: (n) meaning, substance** (the idea that is intended) "*What is the meaning of this proverb?*"

**Verb**

- **S: (v) mean, intend** (mean or intend to express or convey) "*You never understand what I mean!*"; "*what do his words intend?*"

# WordNet: esempi di uso

- Espansione di interrogazioni con sinonimi o iperonimi nella ricerca basata su parole chiave (bisogna in primo luogo identificare il senso giusto)
- Distanza semantica tra parole
- Categoria semantica del termine o *supersense*:
  - persona, organizzazione, luogo, misura ...

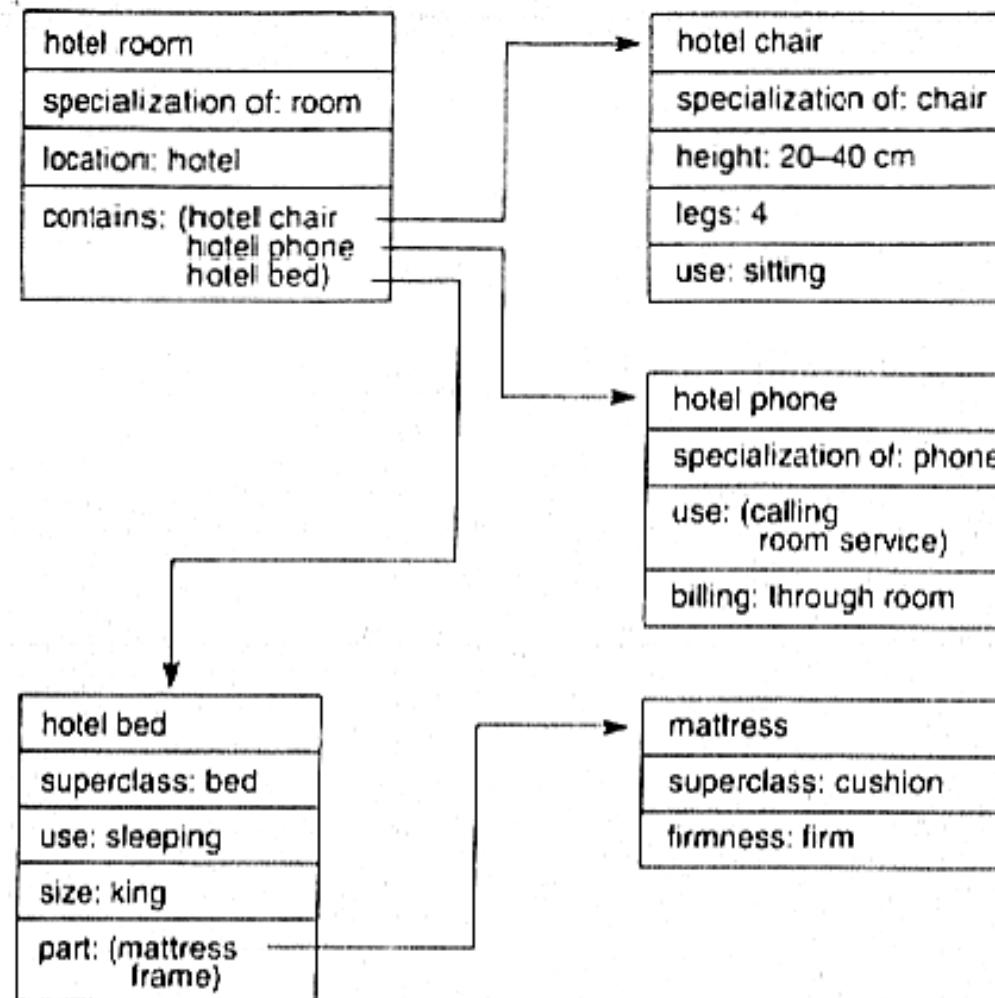
# I “frame”

- La conoscenza è organizzata in strutture mentali complesse, i *frame* [Minsky, 1974].
- Essenza della teoria: *“Quando si incontra una situazione nuova, o imprevista, viene evocata dalla memoria una struttura mentale complessa, la quale, mediante un processo di istanziazione, viene adattata alla situazione specifica e fornisce una chiave di interpretazione per essa”*
- Struttura dati per rappresentare "stereotipi", ruolo fondamentale dei *default*

# I “frame” come struttura dati

- Condizioni per l'attivazione
- Collezione di coppie *slot-filler* (attributo-valore)
- I *filler* possono avere diversi aspetti (*facet*)
  - valore specifico
  - restrizione sul valore, riferimento ad altro *frame*
  - valore default
  - una procedura da attivare quando lo slot riceve un valore (*if-added*) o è richiesto il valore dello slot (*if-needed*) ⇒ *demoni* o *allegati procedurali*
- Slot particolari sono IS e IS-A per organizzazione gerarchica dei *frame* in sistemi di *frame*

# Esempio: una stanza d'albergo



# I *frame* e la logica

- I concetti naturali, a differenza dei concetti matematici, raramente ammettono definizioni del tipo necessario e sufficiente

Quadrilatero(x)  $\Leftrightarrow$  Poligono(x)  $\wedge$  N-lati(x,4)

Uccello(x)  $\Leftrightarrow$  Bipede(x)  $\wedge$  Pennuto(x)  $\wedge$  Vola(x) ... ?

# Definizioni di prototipi

- Quello che caratterizza tipicamente un concetto ...
  - Condizioni necessarie (*per X è necessario che Y*)  
 $\text{Uccello}(x) \Rightarrow \text{Vertebrato}(x)$   
 $\text{Uccello}(x) \Rightarrow \text{Bipede}(x)$
  - Condizioni tipicamente necessarie (*default*)  
 $\text{Uccello}(x) \Rightarrow_{\text{Tip}} \text{Vola}(x)$   
 $\text{Uccello}(x) \Rightarrow_{\text{Tip}} \text{Pennuto}(x)$
  - Condizioni sufficienti (*criteriali*) (*Y è sufficiente a stabilire X*)  
 $\text{Canarino}(x) \Rightarrow \text{Uccello}(x)$   
 $\text{Struzzo}(x) \Rightarrow \text{Uccello}(x)$
  - Condizioni tipicamente sufficienti  
 $\text{Vola}(x) \wedge \text{Cinguetta}(x) \Rightarrow_{\text{Tip}} \text{Uccello}(x)$   
 $\text{Pennuto}(x) \Rightarrow_{\text{Tip}} \text{Uccello}(x)$
- Anche il ragionamento con prototipi è fonte di non monotonia

# FrameNet [Lowe, Baker, Fillmore]

- Risorsa costituita da collezioni di frasi annotate sintatticamente e semanticamente, organizzata a *frame*.
- Semantica basata su *frame*: il significato delle parole scaturisce dal ruolo che esse hanno nella struttura concettuale delle frasi
- La conoscenza è strutturata in 16 domini generali: time, space, communications, cognition, health ...
- 6000 elementi lessicali; 130.000 frasi annotate
- <http://www.icsi.berkeley.edu/~framenet/>

# FrameNet: un esempio

**FRAME:** communication

**FRAME DESCRIPTION:** A person (**COMMUNICATOR**) produces some linguistic object (**MESSAGE**) while addressing some other person (**ADDRESSEE**) on some topic (**TOPIC**)

**FE:** COMMUNICATOR ...

**FE:** MESSAGE ...

**FE:** ADDRESSEE ...

**FE:** TOPIC ..

# FrameNet: un esempio (cnt.)

- *Pat communicated the message to me.*
- *Management should develop and communicate to all employees a vision of where the organization is going.*
- *Videotapes of school activities are useful means of communicating about work undertaken at school.*
- *[Pat] communicated [the message] [to me].*
- *[Management] should develop and communicate [to all employees] [a vision of where the organization is going].*
- *Videotapes of school activities are useful means of communicating [about work undertaken at school].*

# Frame Semantics

Frame: KILLING	
A KILLER or CAUSE causes the death of the VICTIM.	
Frame Elements	
KILLER	<b>John</b> <u>drowned</u> Martha.
VICTIM	John <u>drowned</u> <b>Martha</b> .
MEANS	The flood <u>exterminated</u> the rats <b>by cutting off access to food</b> .
CAUSE	<b>The rockslide</b> <u>killed</u> nearly half of the climbers.
INSTRUMENT	It's difficult to <u>suicide</u> <b>with only a pocketknife</b> .
Predicates	annihilate.v, annihilation.n, asphyxiate.v, assassin.n, assassinate.v, assassination.n, behead.v, beheading.n, blood-bath.n, butcher.v, butchery.n, carnage.n, crucifixion.n, crucify.v, deadly.a, decapitate.v, decapitation.n, destroy.v, dispatch.v, drown.v, eliminate.v, euthanasia.n, euthanize.v, ...

# I linguaggi a “frame” e le “shell”

- Sono ambienti per la progettazione di sistemi intelligenti (un tempo detti sistemi esperti) con formalismi per la descrizione dei domini basata sui *frame*
- Potenti perché integrano logica e conoscenza di tipo procedurale. Un esempio: KEE (Fikes-Kehler, 85)
- Tali ambienti sono detti “*gusci*” – *shell* – perché sono sistemi esperti “svuotati” della conoscenza del dominio)
- Architettura tipica di un sistema “ibrido”:
  - Linguaggio a *frame* (o linguaggio ad oggetti)
  - Linguaggio a *regole* (o linguaggio di programmazione logica)

# SummarAlzing

- La logica consente un *approccio modulare alla rappresentazione della conoscenza*: all'aumentare degli ambienti (e mondi/domini) a cui un agente può essere applicato è possibile comporre basi di conoscenza logiche caratterizzanti i singoli ambienti in una KB complessiva che preserva globalmente le informazioni e le conoscenze locali
- Tali integrazione spinge a concentrarsi su aspetti generali (cioè riusabili) della conoscenza a formulare modelli portabili, le ontologie.
- Le *ontologie* si basano sul consenso trasversale a diversi domini e stabiliscono il *perimetro semantico delle applicazioni di AI*
  - Cioè che esiste e le sue proprietà, indipendentemente dalla/e applicazione/i sottostante

# SummarAlzing

- Le *reti semantiche* sono formalismi agili per la rappresentazione della conoscenza che facilitano l'uso, la progettazione e la gestione di basi di conoscenza di grandi dimensioni
- Esse enfatizzano (e facilitano) alcune inferenze fondamentali (sussunzione e classificazione) per il ragionamento ed hanno una diretta interpretazione logica
- Le reti però sono anche caratterizzate da un uso spesso non proprio dal punto di vista logico che va gestito opportunamente
  - I programmi possono usare le reti in modo improprio confondendo la semantica di relazioni diverse (ad es. IS cioè  $\subseteq$  e IS-A, cioè  $\in$ )
  - Le eccezioni introducono aspetto di non monotonia nelle interpretazione logiche che vanno gestiti in modo puntuale (*default*)
- Una special famiglia di reti logiche sono costituite dai frame che colgono i vantaggi del ragionamento tassonomico ed i default.
- Due modelli semantici largamente usati nei sistemi di NLP (ad es. Dialogo come Alexa) sono
  - *Wordnet* un modello di lessico mentale per la descrizione dei sensi delle parole di una lingua
  - *Framenet*, un sistema lessicalizzato di situazioni (frame) progettato per rappresentare aspetti concettuali del lessico delle lingue