

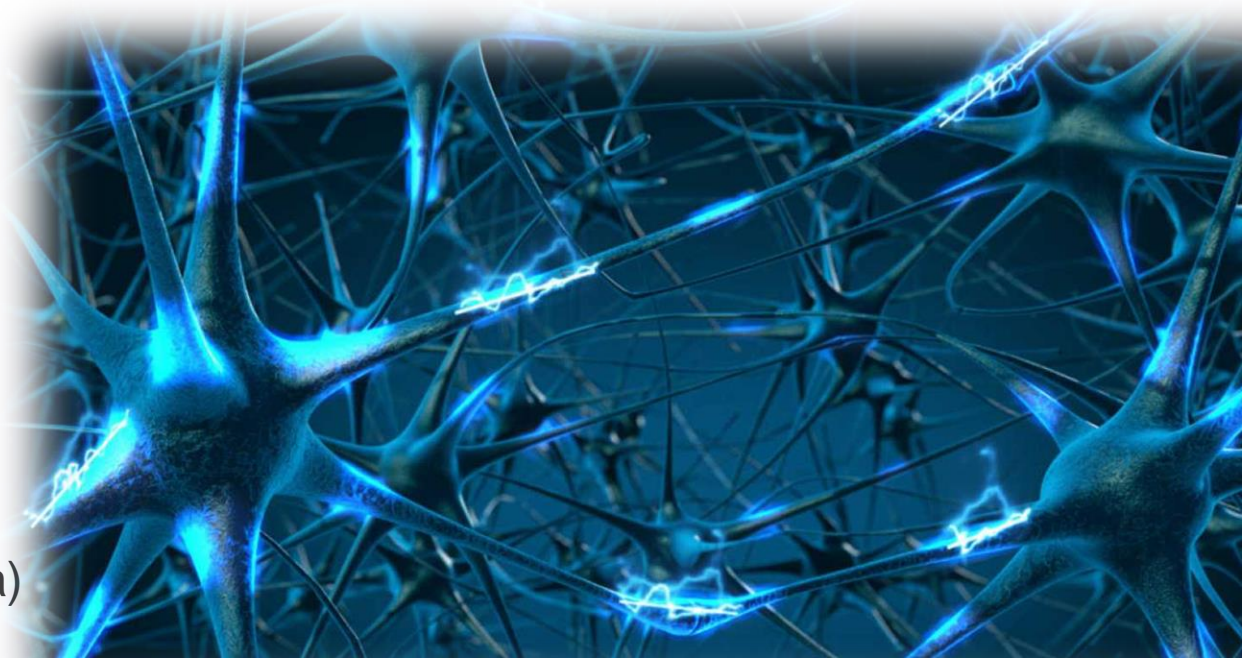
INTELLIGENZA ARTIFICIALE

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)



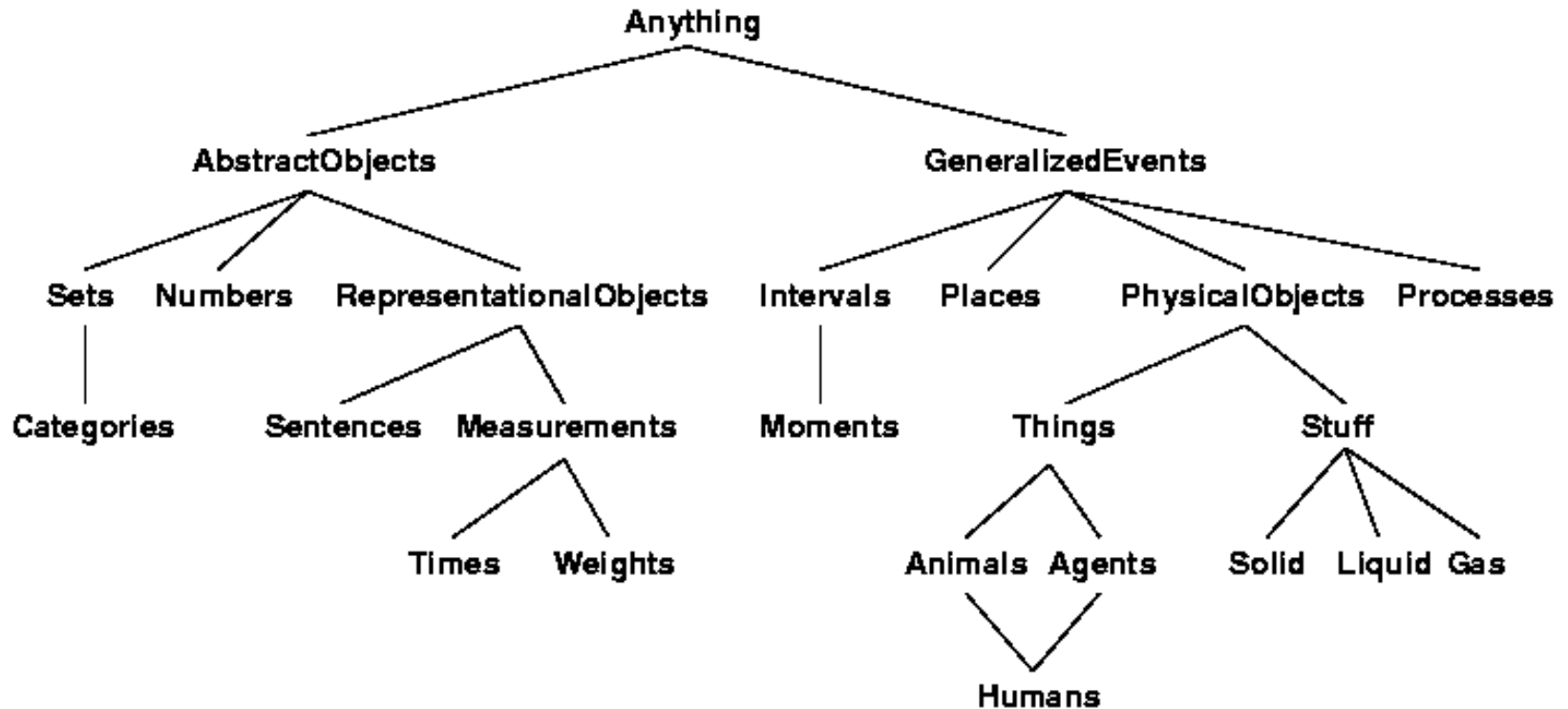
Overview

- 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

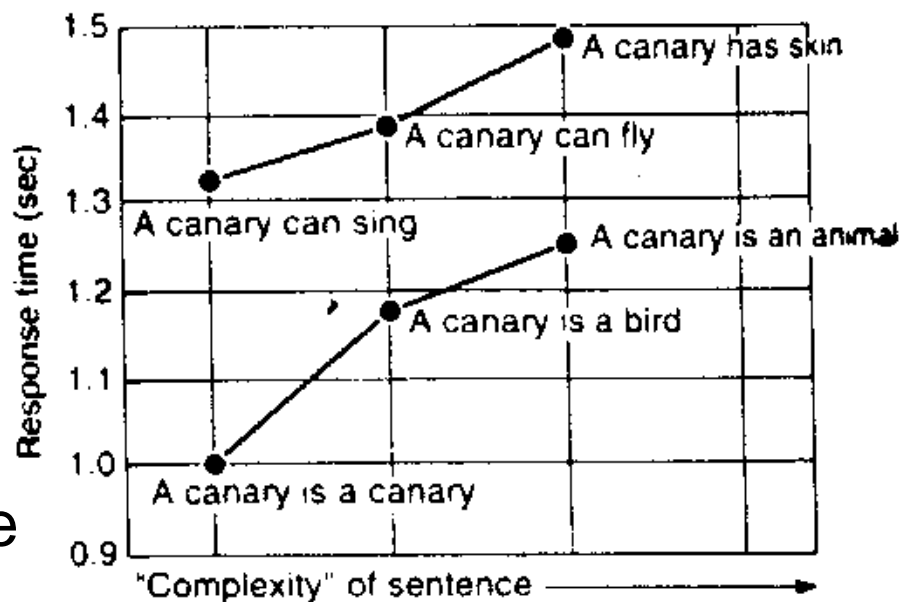
- Precursore: grafi esistenziali di Charles Pierce (1909)
- In logica i simboli sono manipolati sintatticamente a prescindere dal loro significato
 - $\forall x \text{ Fragola}(x) \Rightarrow \text{Rossa}(x)$
- La verità di una formula dipende unicamente dalla verità delle sue sotto-formule ma non dal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

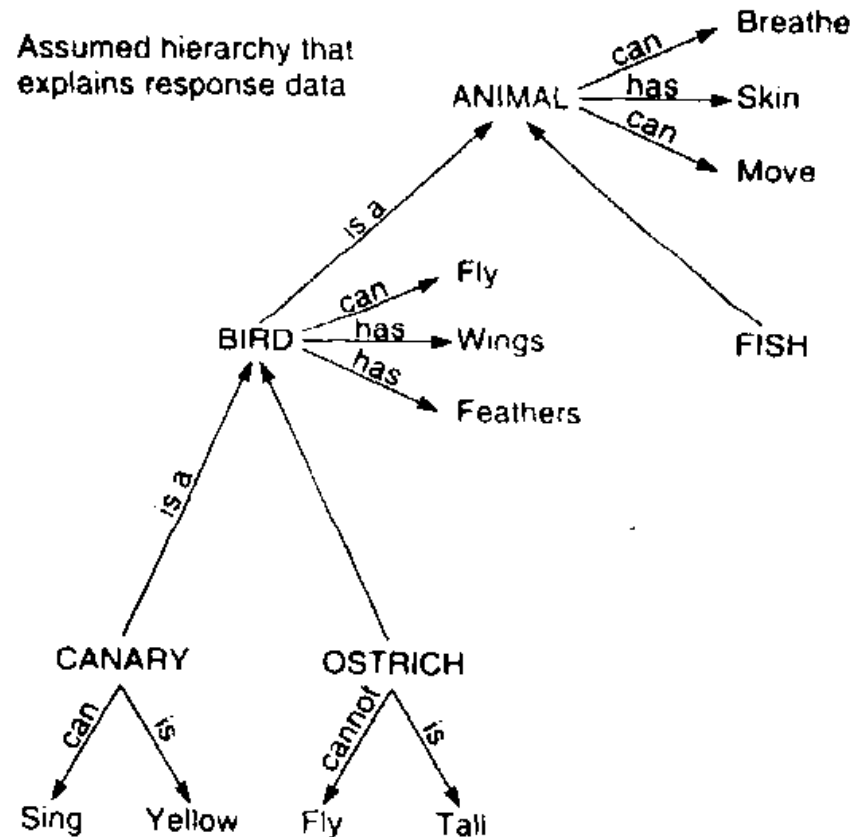
“Uno struzzo vola?”

In cui la risposta è immediata



Organizzazione gerarchica dei concetti: interpretazione

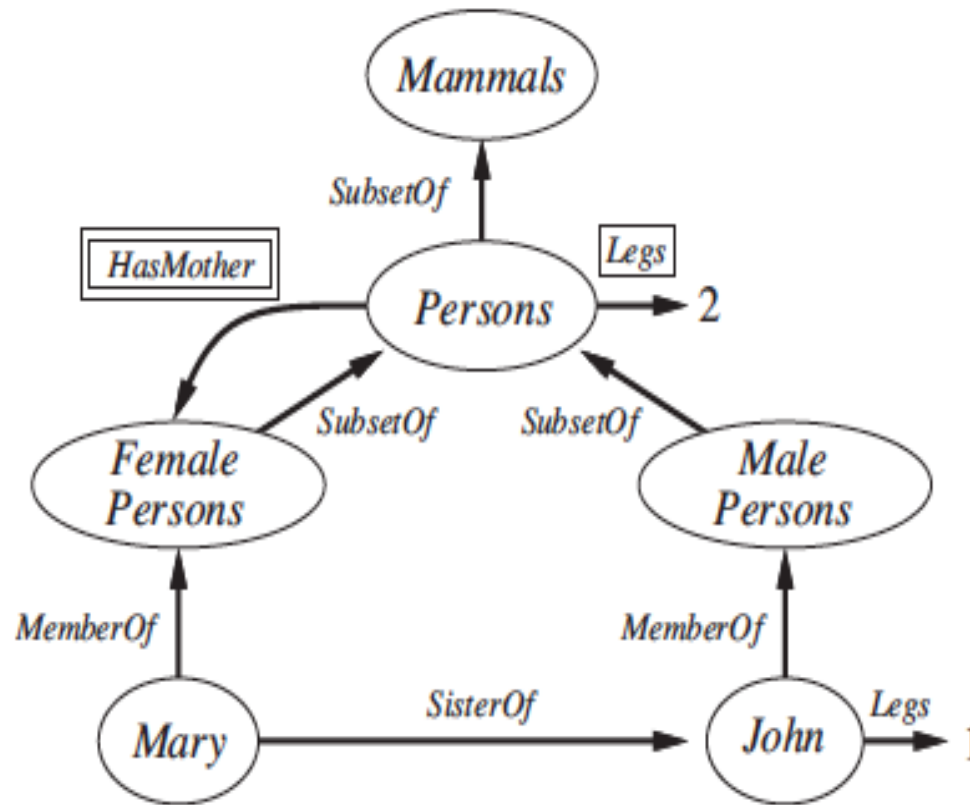
- Le proprietà sono "legate" al concetto più generale a cui si applicano
- Trattamento eccezioni
 - Le eccezioni sono memorizzate direttamente con l'oggetto
- Il successo della strutturazione gerarchica è anche confermato dalle tecniche di progettazione ad oggetti largamente influenti oggi nell'ingegneria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



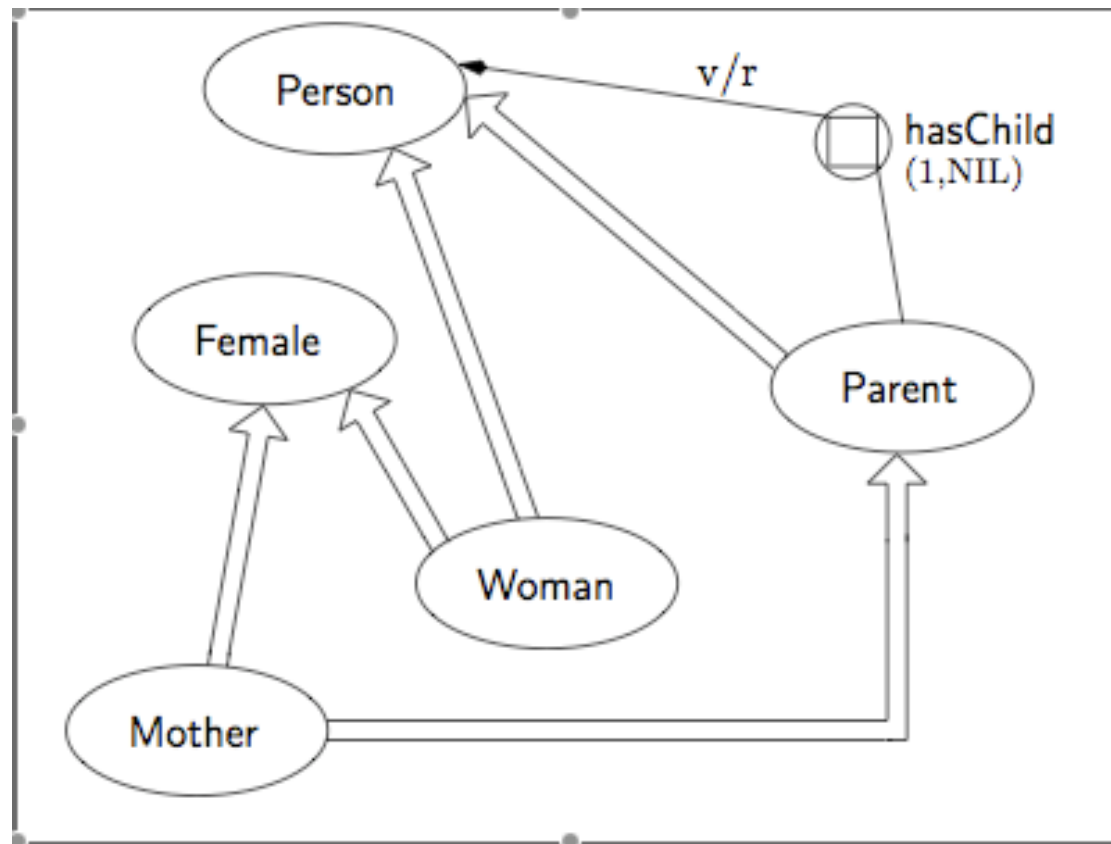
Definizione di rete semantica

- 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 (\subseteq)
 - IS-A, relazione di appartenenza (\in)

Un esempio di rete semantica

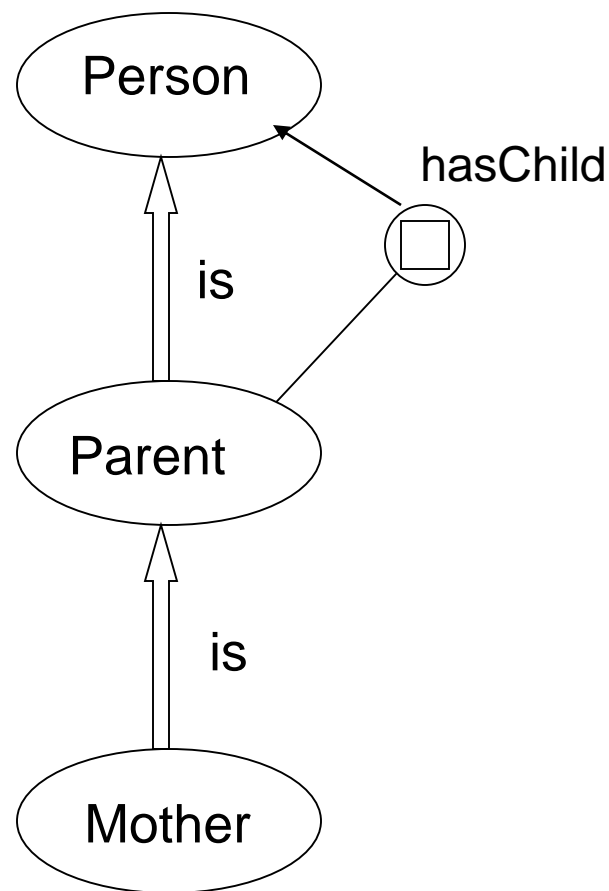


Un esempio di rete



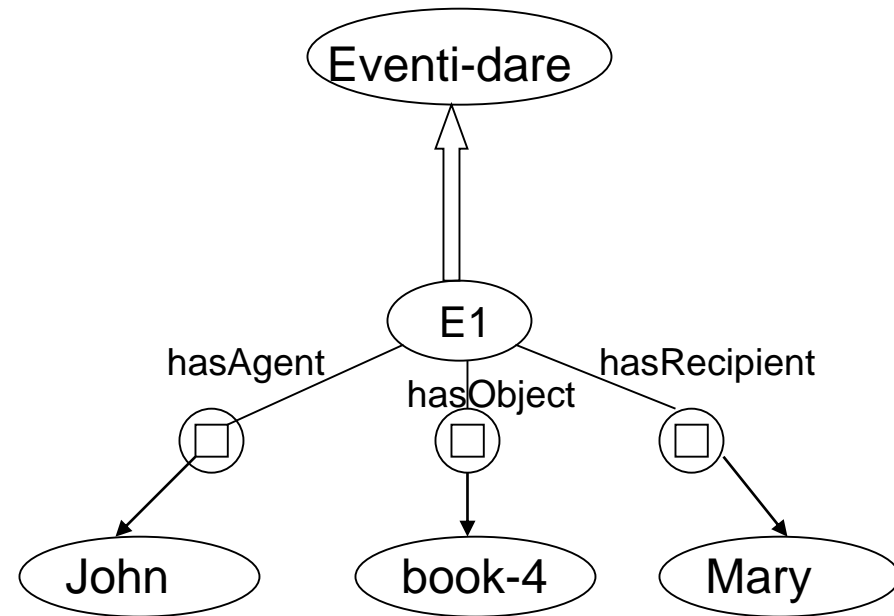
Ereditarietà nelle reti semantiche

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

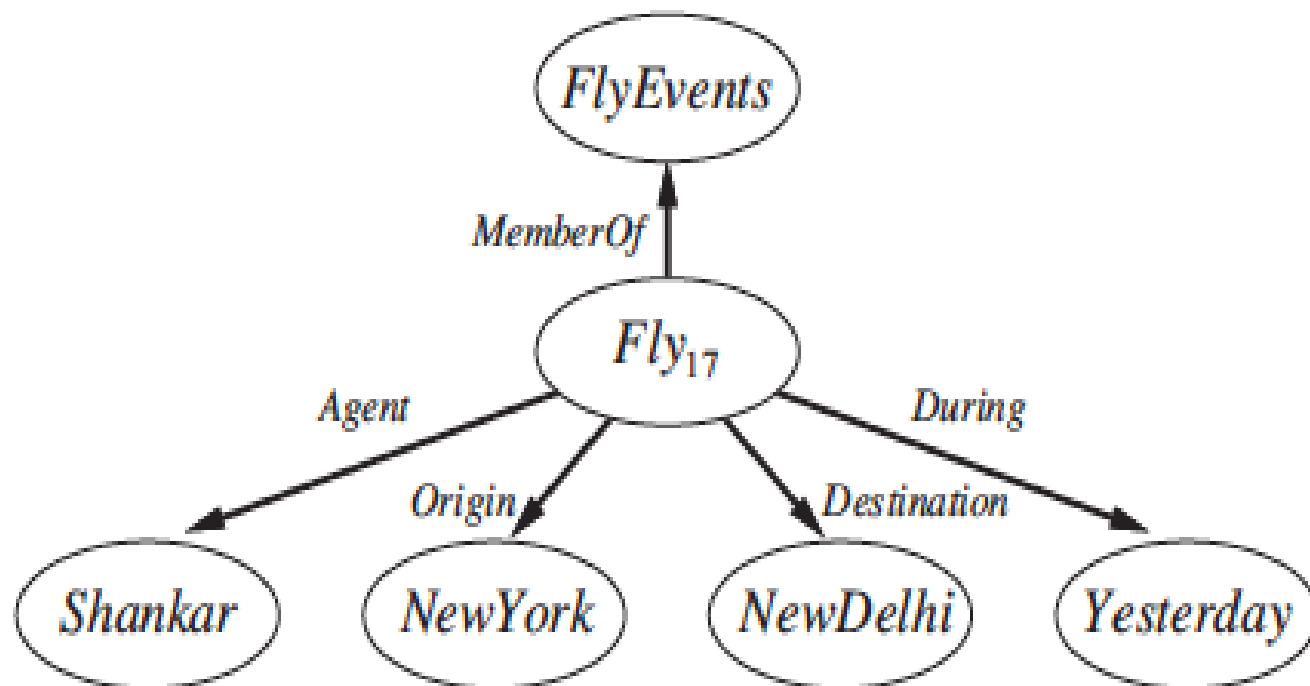


Gestione relazioni n -arie ($n > 2$)

- `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` corrispondono alle posizioni 1 e 2 rispettivamente)



Rappresentazione per casi: esempio *prenotazione dei voli*



Dov'è la “semantica” nelle reti sematiche?

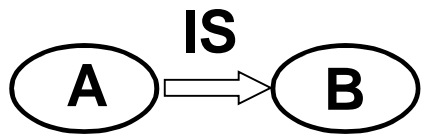
- Woods [75] e altri mettono in luce ambiguità e incongruenze nell'uso di nodi e archi, ... ovvero la *mancaanza di semantica*
- La semantica talvolta non è chiara o è unicamente ricavabile (come conseguenza) delle assunzioni che fanno i programmi che usano le reti
- Esempi di confusione
 - Stessa relazione 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

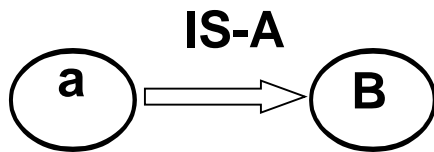
- Le reti semantiche costituiscono una *notazione conveniente* per una parte del FOL, ma sono pur sempre riconducibili ad un formalismo logico
- Alcuni aspetti però sono complessi da trasformare in una pura forma logica, poichè dipendono da aspetti extra-logici o costituiscono informazioni procedurali

Traduzione in logica

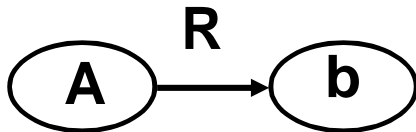
NOTA: In maiuscolo le classi,
in minuscolo gli individui



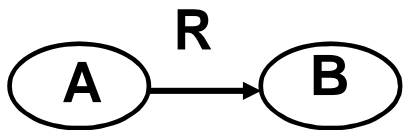
$$\forall x A(x) \Rightarrow B(x)$$



$$B(a)$$

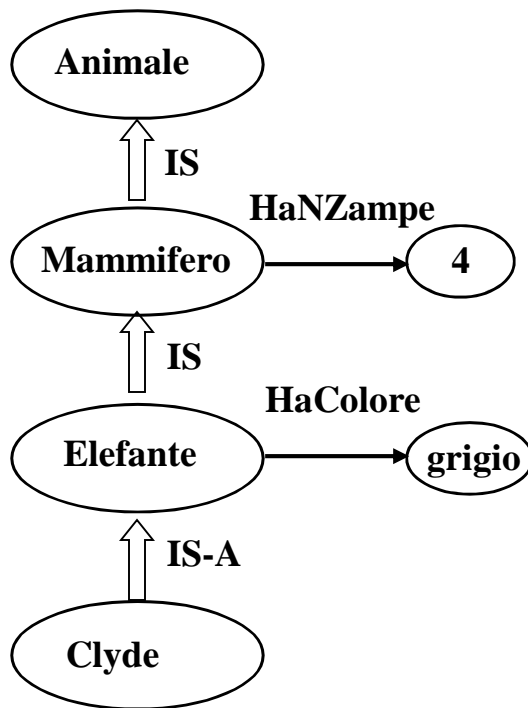


$$\forall x x \in A \Rightarrow R(x, b)$$



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

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:

$\text{Animale}(\text{Clyde})$

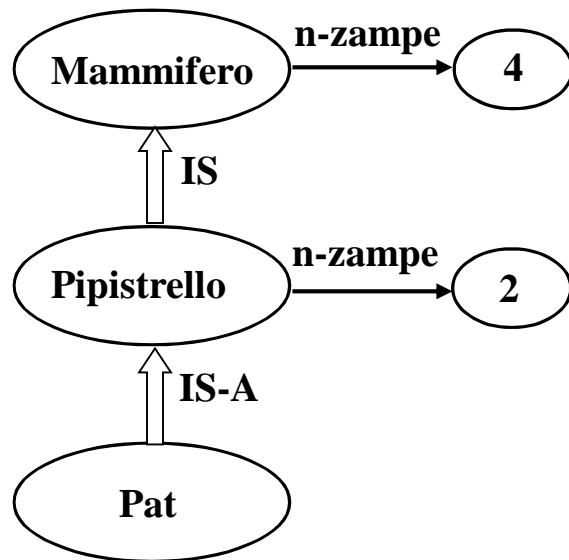
$\text{Mammifero}(\text{Clyde})$

$\text{HaNZampe}(\text{Clyde}, 4)$

$\text{HaColore}(\text{Clyde}, \text{grigio})$

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

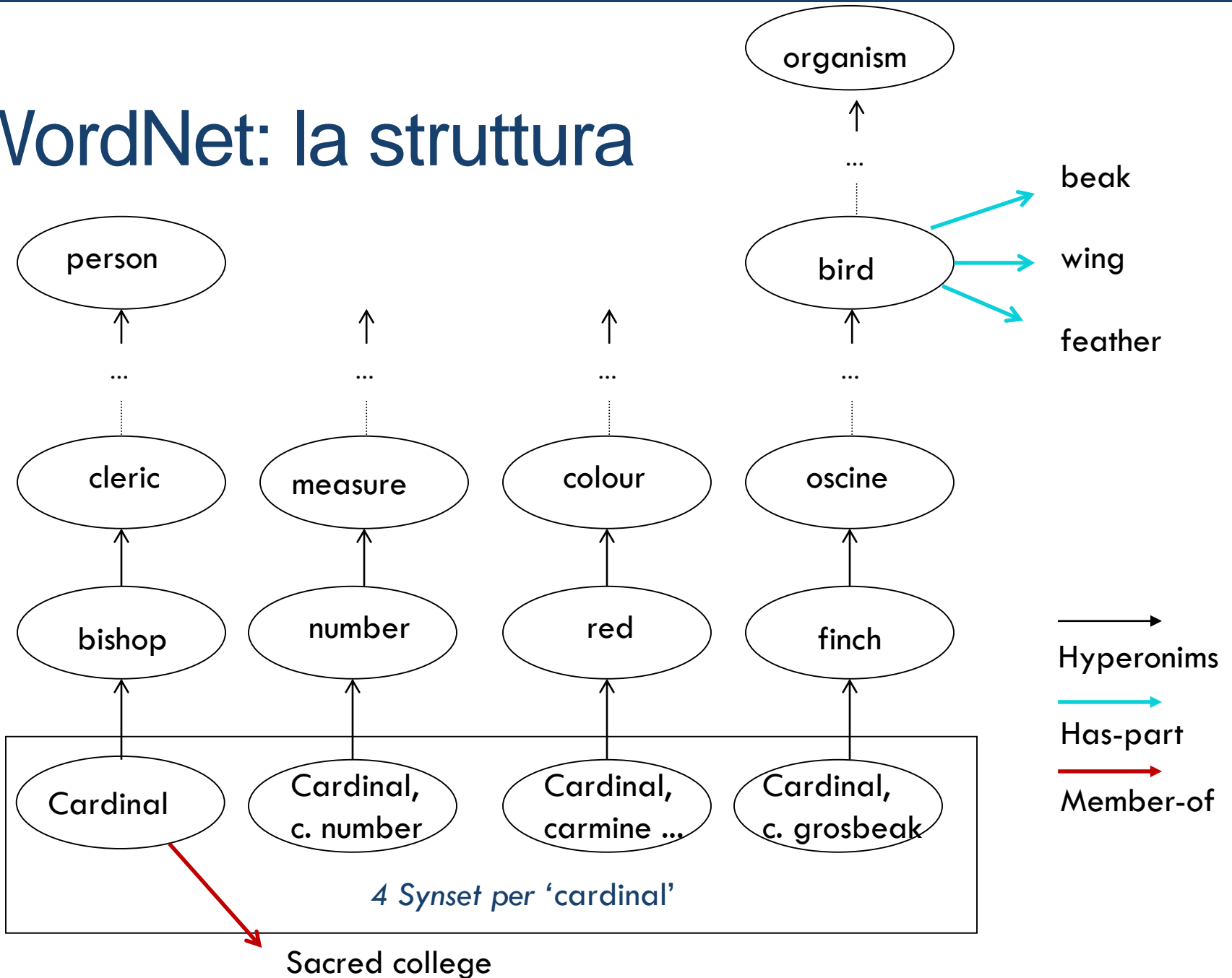
$\text{NZampe}(\text{Pat}, 4) ???$

- 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 ...

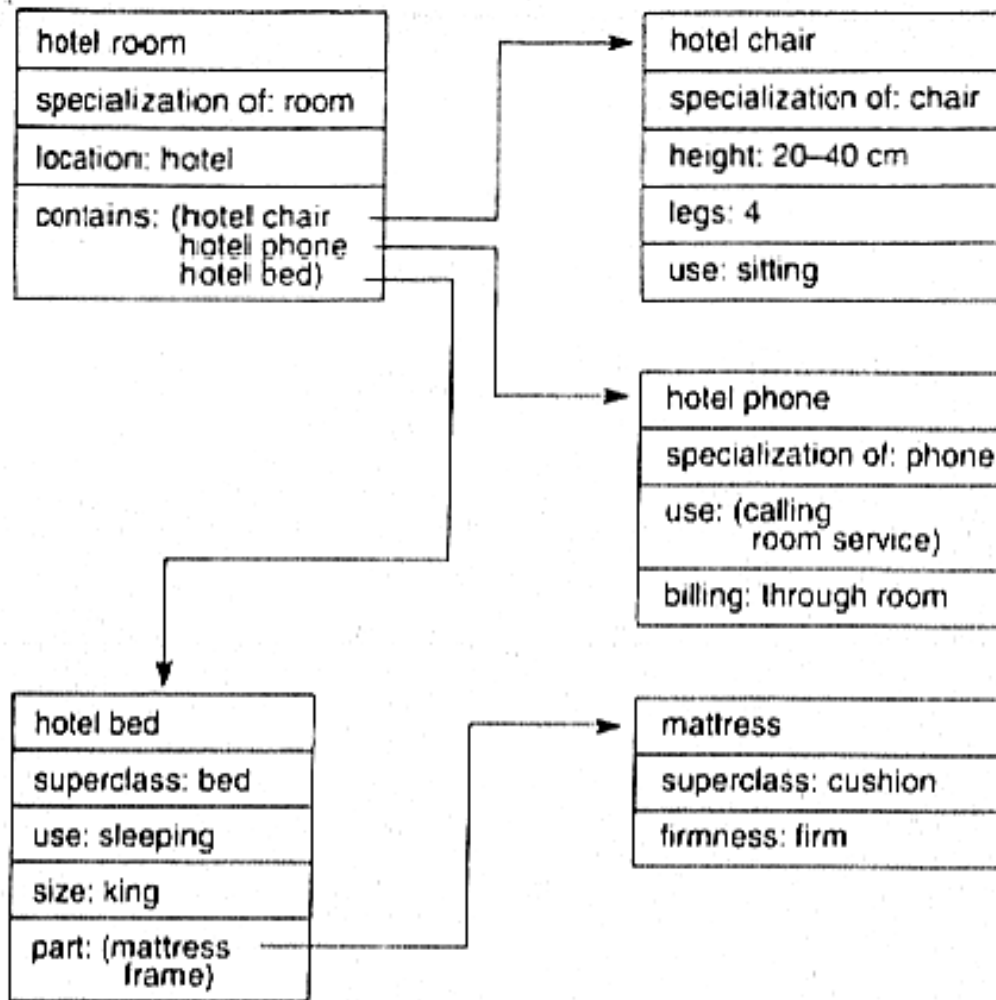
I “frame”

- 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 istanziamento, 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 John <u>drowned</u> Martha.
	VICTIM John <u>drowned</u> Martha .
	MEANS The flood <u>exterminated</u> the rats by cutting off access to food .
	CAUSE The rockslide <u>killed</u> nearly half of the climbers.
	INSTRUMENT It's difficult to <u>suicide</u> with only a pocketknife .
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