Consiglio Nazionale delle Ricerche
Istituto di Calcolo e Reti ad Alte Prestazioni

Descrizione di Scene Museali in CyC

Fabio Catalanotto, Giovanni Pilato, Salvatore Gaglio

RT-ICAR-PA-03-15 **dicembre 2003**

Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto di Calcolo e Reti ad Alte Prestazioni (ICAR)
– Sede di Cosenza, Via P. Bucci 41C, 87036 Rende, Italy, URL: *www.icar.cnr.it*
– Sezione di Napoli, Via P. Castellino 111, 80131 Napoli, URL: *www.na.icar.cnr.it*
– Sezione di Palermo, Viale delle Scienze, 90128 Palermo, URL: *www.pa.icar.cnr.it*

Consiglio Nazionale delle Ricerche
Istituto di Calcolo e Reti ad Alte Prestazioni

Descrizione di Scene Museali in CyC

Fabio Catalanotto[2], Giovanni Pilato[1], Salvatore Gaglio[1,2]

Rapporto Tecnico N.15:

RT-ICAR-PA-03-15 **dicembre 2003**

[1] Istituto di Calcolo e Reti ad Alte Prestazioni, ICAR-CNR, Sezione di Palermo Viale delle Scienze edificio 11 90128 Palermo

[2] Università degli Studi di Palermo Dipartimento di Ingegneria Informatica Viale delle Scienze 90128 Palermo

I rapporti tecnici dell'ICAR-CNR sono pubblicati dall'Istituto di Calcolo e Reti ad Alte Prestazioni del Consiglio Nazionale delle Ricerche. Tali rapporti, approntati sotto l'esclusiva responsabilità scientifica degli autori, descrivono attività di ricerca del personale e dei collaboratori dell'ICAR, in alcuni casi in un formato preliminare prima della pubblicazione definitiva in altra sede.

Descrizione di scene museali in Cyc

Fabio Catalanotto, Giovanni Pilato, Salvatore Gaglio

Sommario

Nel campo dell'Intelligenza Artificiale, il problema della comunicazione tra le persone riguarda il linguaggio utilizzato, gli strumenti software e le tecniche adottate per la condivisione e l'utilizzo delle conoscenze.

Il concetto di "ontologia", un insieme di conoscenze condivise, in un dato ambiente, può migliorare la comunicazione. Creare una ontologia significa analizzare tutte le conoscenze che riguardano il mondo reale, cercando di individuare l'area in cui si deve inserire la stessa, ed estrarre le informazioni che si ritiene siano utili per la comunicazione.

Il presenta lavoro illustra un'ontologia costruita in Cyc, la più grande e completa base di conoscenza di senso comune attualmente disponibile, e riguarda una visita guidata all'interno di un museo. Dopo avere definito la struttura del museo, è stata creata l'ontologia contenente i termini e le relazioni tra gli stessi e, successivamente, sono state effettuate delle domande per testare il funzionamento del motore di inferenza ed analizzare come lo steso rispondeva.

Il Capitolo 1 è dedicato alla definizione del termine "ontologia" e a tutti i passi che sono necessari per crearla.

Il Capitolo 2 studia l'ontologia Cyc e quindi i termini, gli insiemi, i predicati predefiniti, il funzionamento del motore di inferenza e le euristiche adottate per rispondere alle domande, gli eventi, le microteorie, gli errori e l'approccio da utilizzare per scrivere efficientemente una base di conoscenza.

Il Capitolo 3 analizza i metodi utilizzati per effettuare il trasferimento e l'integrazione dei termini da una ontologia sorgente ad una destinazione.

Nel Capitolo 4, partendo dalla base di conoscenza di Cyc, è illustrata la costruzione dell'ontologia relativa all'applicazione chiamata "Descrizione di scene museali in Cyc", una visita guidata all'interno di un museo virtuale ed è analizzato un esempio di domanda effettuata in Cyc con la corrispondente risposta ottenuta e la giustificazione alla stessa.

Introduzione 5

1. *Ontologie: principi, metodi ed applicazioni* 6

1.1. Definizione ed uso di ontologie 6

1.2. Metodologia per la costruzione di ontologie 8

1.3. Esempi di ontologie 9

2. *Cyc: una base enciclopedica ed un motore inferenziale per la conoscenza sul senso comune* 12

2.1. Caratteristiche di Cyc 12

2.2. Strati di Cyc KB 13

2.3. CycL: un linguaggio di rappresentazione della conoscenza 13

2.3.1. Costanti 14

2.3.2. Formule 15

2.3.3. Alcuni predicati importanti 15

2.3.4. Alcuni insiemi importanti 16

2.3.5. Proprietà di #$isa e #$genls 16

2.3.6. Eventi in Cyc 16

2.3.7. Microteorie: vantaggi derivanti dal loro utilizzo 17

2.3.8. Motore inferenziale di Cyc 19

3. *Ontologie in Cyc* 21

4. *Descrizione di scene museali in Cyc* 22

4.1. Scenario ipotizzato 22

4.2. Ontologia creata 24

4.3. Esempio di navigazione dello scenario 41

BIBLIOGRAFIA 44

Introduzione

Nel campo dell'Intelligenza Artificiale, il problema della comunicazione tra le persone riguarda il linguaggio utilizzato, gli strumenti software e le tecniche adottate per la condivisione e l'utilizzo delle conoscenze. Il concetto di "ontologia", un insieme di conoscenze condivise, in un dato ambiente, può migliorare la comunicazione.

Creare una ontologia significa analizzare tutte le conoscenze che riguardano il mondo reale, cercando di individuare l'area in cui si deve inserire la stessa, ed estrarre le informazioni che si ritiene siano utili per la comunicazione.

La costruzione di tale base di conoscenza deve permettere il suo utilizzo da parte di tutti gli utenti e quindi deve contenere le specifiche dei termini, le informazioni su come adoperarli, le relazioni che legano due o più concetti e tutti i dati che la rendano facilmente comprensibile. Una ontologia deve essere pensata come una raccolta di dati che può essere estesa con nuove informazioni, in modo da permettere l'utilizzo efficiente in aree che sono simili a quella in cui è stata costruita. L'inter-operabilità tra gli utenti, e quindi la condivisione della conoscenza, è garantita per permettere lo scambio di dati e quindi poter adoperare i risultati ottenuti dagli altri. Un attento studio delle pubblicazioni della letteratura scientifica, riguardanti i concetti relativi alla parola "ontologia" e l'analisi di alcuni dei linguaggi che possono essere utilizzati per la rappresentazione della conoscenza, hanno portato alla conclusione che Cyc si presta bene ad essere adoperato come base per lo sviluppo e l'estensione di una struttura dati che rappresenti i diversi punti di vista del mondo reale. In Cyc, un gruppo di persone esperte, partendo da concetti astratti, ha creato termini, insiemi, relazioni e funzioni per la descrizione del mondo. Tale ontologia è costituita da migliaia di asserzioni e regole che permettono di rappresentare tutte le conoscenze relativa al mondo reale, con concetti come "Walking" (Camminare), "Reading" (Leggere), "Communicating" (Comunicare). Tale base di conoscenza è stata costruita "al volo", ossia partendo dall'analisi di un determinato ambiente, e costruendo passo dopo passo la struttura inserendo nuove informazioni quando si riteneva necessario. Cyc è supportato anche da un motore di inferenza che permette di effettuare delle deduzioni logiche. Effettuando una domanda, il motore di deduzione risponde utilizzando le asserzioni e le regole definite nel mondo, fornendo anche una giustificazione alle risposte trovate.

Un altro vantaggio di Cyc è che l'utente (Cyclist) può creare un proprio mondo, partendo dai concetti e dalle relazioni predefinite, definendo nuovi termini, insiemi e regole. L'applicazione costruita riguarda una visita guidata all'interno di un museo.

Dopo avere definito la struttura del museo, è stata creata l'ontologia contenente i termini e le relazioni tra gli stessi e, successivamente, sono state effettuate delle domande per testare il funzionamento del motore di inferenza ed analizzare come lo steso rispondeva.

In definitiva la costruzione di una ontologia si presta ad essere applicata in diversi contesti dell'Ingegneria Elettronica. Ad esempio, può essere utilizzata come supporto software per la comunicazione tra due componenti elettronici che devono scambiarsi dati, oppure come un database che raccolga tutte le informazioni sui circuiti appartenenti ad un chip e, attraverso il meccanismo di deduzione di Cyc, fornisca dei suggerimenti per migliorare la resa dei circuiti.

Capitolo 1: Ontologie: principi, metodi ed applicazioni

Le persone, le organizzazioni ed i sistemi software hanno la necessità di comunicare tra loro. A seconda del contesto, però, ognuno può lavorare secondo un proprio punto di vista ed usare differenti gerghi con diversi concetti, strutture e metodi.

La mancanza di un linguaggio "comune" condiviso comporta una comunicazione non buona, con conseguente difficoltà nell'identificare le richieste, cioè definire le specifiche di un sistema. Per risolvere il problema è necessario ridurre, o ancora meglio eliminare, le confusioni terminologiche e concettuali.

1.1. Definizione ed uso di ontologie

Una definizione che si può fornire del termine "**ontologia**" è la seguente:

"*una conoscenza condivisa da alcuni domini di interesse, che può essere adoperata come una struttura concettuale unificante, per risolvere i problemi*".

Una ontologia contiene le conoscenze dei diversi punti di vista del mondo rispetto ad un dato dominio, per cui può essere anche definita come

"una rappresentazione esplicita di una concettualizzazione [2], o di una sua parte".

Un'altra definizione è ricavata dal **SRKB** (*Shared Re-usable Knowledge Bases*) [1]:

"Le ontologie sono accordi sulle concettualizzazioni condivise, che includono strutture concettuali per modellare i domini di conoscenza, i protocolli content-specific per le comunicazioni tra agenti inter-operanti e le rappresentazioni di particolari teorie di domini. Nel contesto di condivisione della conoscenza, le ontologie sono specificate nella forma di definizioni di vocabolari. Un caso molto semplice sarebbe una gerarchia tipo, che specifica le classi e le loro relazioni. Gli schemi di database relazionale servono anche come ontologie per specificare le relazioni che possono esistere in alcuni database condivisi ed i vincoli di integrità che devono essere mantenuti tra loro".

Un'ultima definizione di ontologia è formulata da John Sowa ed è manifestamente influenzata da Leibniz, come si evince da [42]:

"La materia dell'ontologia è lo studio delle categorie di cose che esistono o possono esistere in alcuni domini. Il prodotto di tali studi, chiamato ontologia, è un catalogo dei tipi di cose che si presuppone esistano nel dominio di interesse D, dalla prospettiva di una persona che usa un linguaggio L, per parlare di qualcosa che riguarda D. I tipi nell'ontologia rappresentano i predicati, i sensi delle parole, o i concetti ed i tipi di relazione del linguaggio L, quando è usato per discutere argomenti del dominio D".

Alcune descrizioni della struttura e degli scopi delle ontologie, si trovano nei documenti [3], [4], [5] e [6].

Lo spazio di utilizzo delle ontologie può essere suddiviso nelle seguenti categorie, come illustrato nella **Figura 1.1**:

- ***Comunicazione tra persone ed organizzazioni;***
- ***Inter-operabilità tra i sistemi;***
- ***Ingegneria dei sistemi.***

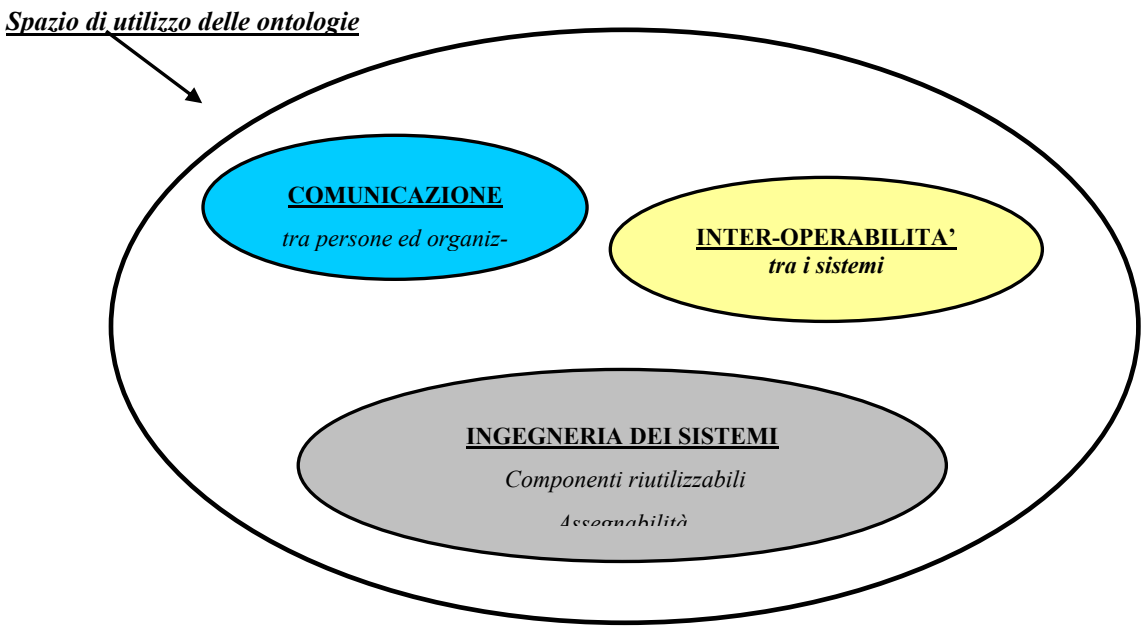

Figura 1.1. *Usi delle ontologie*

Il problema della comunicazione è il motivo principale per cui si costruiscono e si usano le ontologie. Il problema dell'inter-operabilità riguarda la necessità, da parte di diversi utenti, di scambiare, condividere e riutilizzare dati.

Una delle applicazioni di ontologie nell'ingegneria dei sistemi riguarda il progetto e lo sviluppo dei sistemi software.

Le ontologie devono supportare la riutilizzabilità, così da poter importare ed esportare i moduli attraverso diversi sistemi software per adattarli alle diverse classi di problemi ed ambienti ed inoltre devono essere estendibili, cioè permettere l'inserimento di nuove classi di vincoli e le specializzazioni di concetti per un particolare problema.

1.2. Metodologia per la costruzione di ontologie

Per creare ontologie è possibile applicare i seguenti accorgimenti:

a) **Identificare lo scopo e le intenzioni**: serve a chiarire perché è stata costruita l'ontologia e per cosa si intende utilizzarla;

b) **Identificare dei concetti chiave e delle relazioni** nel dominio di interesse;

c) **Produrre definizioni** precise e non ambigue per i concetti e le relazioni (**scoping**);

d) **Identificare i termini** per riferirsi a tali concetti e relazioni;

e) **Codificare le concettualizzazioni dei passi precedenti** in un linguaggio formale;

f) **Valutare l'ontologia**: Gòmez-Pérez, nel documento [9], forniscono una buona definizione di "valutazione" nel contesto di condivisione della conoscenza:

   "per ottenere un giudizio tecnico delle ontologie, i loro ambienti software associati, e la documentazione rispetto ad una struttura di riferimento … la struttura di riferimento può essere una specificazione di richieste, delle domande di competenza, e/o il mondo reale".

g) **Documentare le ontologie**: permette agli utenti la comprensione delle ontologie e delle basi di conoscenza. Uno dei problemi più frequenti è l'inadeguata documentazione. Una soluzione a questo problema, come si evince nel lavoro di Skuce [8], è quella di documentare i concetti principali definiti nell'ontologia e le primitive usate per esprimere le definizioni;

h) **Fornire istruzioni iniziali per progettare ontologie**: rappresentano le tecniche, i metodi ed i principi per ognuno degli stadi precedenti e l'indicazione delle relazioni che intercorrono tra loro.

Altri accorgimenti da seguire sono:

- produrre definizioni in NL quanto più precise possibili;
- assicurare la consistenza con i termini già in uso;
- indicare le relazioni con altri termini simili definiti;
- evitare la circolarità nella definizione dei termini;
- aggiungere informazioni essenziali per capire la definizione, utilizzando note integrative.
- fare esempi dove sembra appropriato.

1.3. Esempi di ontologie

- **Ontologie per l'inter-operabilità**

  Il **Process Interchange Format** (*PIF*) [7] permette lo scambio di modelli per l'elaborazione affari tra diverse rappresentazioni del processo.

  L'ontologia **Knowledge Representation Specification Language** (*KRSL Ontology*) di **ARPA,** descritta da [11], serve per rappresentare i progetti e le loro Informazioni.

- **Ontologie come standard**

  a) **Workflow Management Coalition** (*WfMC*) [12] è una struttura comune per diversi venditori dei sistemi di gestione dei flussi di lavoro;

  b) **STEP** [1] è un'**inter-lingua** per la definizione e la specificazione di prodotti che utilizza il linguaggio **EXPRESS** [13];

  c) **CORBA** [14] è uno standard per il recupero degli oggetti e per effettuare operazioni sugli stessi attraverso una rete;

d) **KIF** e **Conceptual Graphs** [10] e [15].

- ## Ontologie implementate ed integrate

a) **CYC** fornisce le basi per ragionare in senso comune, sviluppando ontologie per una ampia varietà di applicazioni a dominio specifico. Tutte le conoscenze sono rappresentate in asserzioni nella variante della logica del primo ordine chiamata **CYCL**. Lo studio completo su **CYC** ed il suo linguaggio di rappresentazione **CYCL** si trova nel **Capitolo 2;**

b) **KACTUS** [1], [4] e [6] supporta il riutilizzo di conoscenze su sistemi tecnici durante il loro ciclo di vita;

c) **Plinius** [16] permette di estrarre, in maniera semi-automatica, la conoscenza da testi in **NL** (**Natural Language – Linguaggio Naturale**).

- ## Altre ontologie

a) **OBSERVER** permette di effettuare l'elaborazione di una domanda nei **GIS** (*Global Information Systems*) e rispondere ([25] e [26]);

b) **SHOE** [27], [28] e 29], è un linguaggio di rappresentazione della conoscenza che permette la gestione multipla di ontologie in ambienti distribuiti come il web;

c) **Open Mind Common Sense** [30] è un progetto che permette la costruzione di database di conoscenza di senso comune;

d) **ONTOMORPH,** [32] e [33], permette di rappresentare trasformazioni sintattiche complesse e quindi di tradurre una base di conoscenza sorgente (*Source knowledge base*) **KBs** in una base di conoscenza destinazione (*Target knowledge base*) **KBt**, descritte da un insieme di frasi in notazione testuale e lineare;

e) **DARPA HPKB**, [34, 35, 40] è stato un progetto per sviluppare nuove tecnologie per i sistemi basati sulla conoscenza;

f) **Ontolingua** [4, 41] si riferisce al linguaggio per rappresentare le ontologie ed alla implementazione e, come si evince da [17], è stato il primo tentativo di dimostrare

l'ontologia come una idea di **inter-lingua** che facilitasse il ri-uso, la condivisione, e la cooperazione;

g) **ONIONS** [42] è una metodologia per l'analisi e l'integrazione di ontologie che risolve il problema della eterogeneità dei concetti, descritta da [43], [44] e [45];

h) **OWL** (*Ontology Web Language*) [65] è un linguaggio semantico per la pubblicazione e la condivisione delle ontologie nel web; ha origine dalla combinazione dei linguaggi **DAML** e **OIL**.

Capitolo 2: Cyc: una base enciclopedica ed un motore inferenziale per la conoscenza sul senso comune.

2.1. Caratteristiche di Cyc

Vi sono molti metodi per rappresentare la conoscenza tra cui i documenti scritti, i files di testo, i databases, etc.

Cyc [31] contiene 10^5 concetti generali sulla realtà umana e circa 10^6 assiomi di senso comune. Invece di inserire tutte le esperienze e le conoscenze maturate negli anni in libri, dizionari e giornali, gli autori di **Cyc** hanno creato nella loro base enciclopedica le asserzioni sul mondo.

La base di conoscenza può essere utilizzata come una ontologia standard per il web ed il commercio elettronico, per il recupero delle informazioni, l'integrazione ed il controllo della consistenza. L'idea alla base di **Cyc** è la seguente:

"uno scopo è facilmente risolvibile se già si hanno delle informazioni relative alla domanda".

Costruendo **Cyc** si sono sviluppati metodi e strumenti per navigare e creare immense conoscenze di base (*Knowledge Bases*) inserendo delle nuove informazioni sul mondo.

Le asserzioni costruite dovrebbero essere considerate vere solo in certi contesti, che sono distinguibili dalle assunzioni che si fanno.

Cyc, invece, assume ogni asserzione vera per default, e poi può contenere assunzioni aggiuntive che affermano "**Asserzione A è meno probabile di B**".

Il linguaggio utilizzato è basato sul calcolo dei predicati del I° ordine con una serie di estensioni del II° ordine, le cui descrizioni si trovano in [46] e [47].

Cyc è stato costruito con quanti meno assiomi possibili, senza preoccuparsi del numero di ridondanze, ed inoltre esistono circa 12 contesti generali.

Lo scopo di **Cyc** è quello di estendere, giornalmente, i contesti in modo da ottenerne di più specializzati.

2.2. Strati di Cyc KB

Gli strati in cui può essere suddiviso **Cyc** [48] sono i seguenti:

a) **Ontologia superiore**: contiene concetti astratti e relazioni molto astratte tra questi concetti. Il concetto più generale è "**Thing**" (*Cosa*);

b) **Teorie fondamentali**: rappresenta fatti generali come tempo, spazio e causalità.

   Contiene le teorie che sono quasi tutte essenziali per il ragionamento di senso

   comune;

c) **Teorie a dominio specifico**: è più specifico del livello precedente in quanto contiene aree speciali come, ad esempio, movimenti militari, chimica, finanza, etc.

   In questo livello sono presenti le teorie che rendono **Cyc** particolarmente utile, ma

   non sono necessarie per il ragionamento di senso comune;

d) **Fatti (Database)**: contiene affermazioni su particolari singoli nel mondo.

La figura successiva mostra gli strati in cui può essere suddiviso **Cyc** [48]:

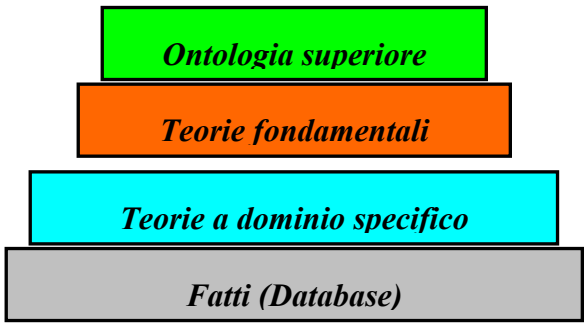

Figura 2.1. *Strati di Cyc KB*

2.3. CycL: un linguaggio di rappresentazione della conoscenza

CycL [48] e [49] è un linguaggio di rappresentazione basato sulla logica il cui principale vantaggio, rispetto agli altri sistemi, è l'uso di un linguaggio formale in cui le connessioni deduttive tra concetti ed affermazioni sono codificate in un modo accessibile alla macchina.

In **CycL** vi sono oltre 100K termini atomici assiomatizzati da un insieme di oltre 1M di asserzioni, affermate in calcoli di predicati dell'n-ordine che impiegano circa 10K predicati. Il mo-

tore di deduzione permette di elaborare le frasi per ottenere delle nuove conoscenze. Se, ad esempio, si possiedono frasi del tipo:

"**tutti gli animali hanno la spina dorsale**", "**tutti i cani sono animali**",
"**il mio animale preferito è un cane**"

la macchina può trarre delle nuove conclusioni da queste affermazioni, ad esempio,

"il mio animale preferito ha la spina dorsale",

Il problema dell'espressività e dell'ambiguità, tipici di un **NL**, possono essere superati utilizzando un linguaggio basato sulla logica, in quanto è possibile identificare i concetti comuni e poi utilizzare relazioni logiche per formulare delle regole su questi concetti.

Con **Cyc** è possibile rappresentare in maniera precisa i concetti ed assegnare ad ognuno di essi il corretto significato del termine.

Un altro vantaggio dei linguaggi basati sulla logica è il cosiddetto "**calcolo dei significati**" tramite gli operatori logici che permettono di ottenere delle conclusioni senza conoscere il significato delle parole non logiche.

2.3.1. Costanti

Le costanti **CycL** [50],[51] e [52], sono delle stringhe precedute da "**#$**" e possono essere suddivise in elementi **singoli** (*individuals*) ed **insiemi** (*collections*).

Una **collection**, dal punto di vista logico, può essere pensata come un insieme costituito da un certo numero di elementi (detti **istanze**) che condividono tutti le stesse caratteristiche. Un **individual** è un termine singolo e quindi non è un insieme.

Gli **individuals** non possono avere istanze in quanto non sono insiemi, ma possono avere parti. Un esempio è il termine **#$EiffelTour** (la *Torre Eiffel*).

Una classe particolare di **collections** è quella in cui le istanze sono a loro volta degli insiemi. Due **collections** sono disgiunte se non hanno istanze in comune.

2.3.2. Formule

1.1 Una formula [51] è una relazione applicata ad argomenti e può essere di due tipi:

- ***Frase CycL:*** utilizza una **funzione verità** (*truth function*), una relazione, che comincia sempre con la lettera minuscola, applicata ad un certo numero di argomenti. Alcuni tipi di **truth functions** sono:
  - *Predicati;*
  - *Connettivi logici;*
  - Quantificatori.
- ***NAT (Non-atomic Term – Termine non atomico):*** utilizzano una **funzione denotazionale** (*denotational function*), una relazione, che termina di solito con "**Fn**", applicata ad un certo numero di argomenti. Quando un **NAT** viene creato può essere utilizzato come una qualunque costante in **CycL** per formare frasi più complesse.

Affinché una frase abbia senso è necessario che tutti i predicati e le funzioni siano applicate ad un certo numero e tipo di argomenti. In particolare il numero di argomenti richiesti dal predicato o dalla funzione allo scopo di ottenere una frase sintatticamente corretta è detto "**arity**", mentre il tipo argomento "**argument type**" è il tipo di argomenti che sono richiesti dal predicato o dalla funzione affinché il concetto sia semanticamente corretto. Una frase non può essere completamente corretta rispetto al tipo argomento se non lo è rispetto alla sua **arity**.

2.3.3. Alcuni predicati importanti

Due dei predicati più importanti, trattati nei documenti [50], [52], [53], [54], [55], sono:

a) ***#$isa***: utilizzato per definire l'appartenenza di una istanza **X** ad un insieme **Y**. La forma del predicato è la seguente: **(#$isa X Y)** e significa "**X è una istanza**

della collezione Y";

b) ***#$genls***: utilizzato per definire l'inclusione di un insieme **X** in un altro **Y**.

La forma è la seguente **(#$genls X Y)** e significa

"***ogni istanza dell'insieme X è anche una istanza dell'insieme Y***"

In termini insiemistici **X** è un sottoinsieme di **Y**, mentre in **CycL** si dice che

"***Y è una generalizzazione di X***" ed "***X è una specializzazione di Y***".

2.3.4 Alcuni insiemi importanti

Tra gli insiemi più importanti, trattati da [52], [55] e [56] vi sono, oltre a **#$Individual** e **#$Collection**:

a) ***#$BinaryPredicate***: identifica l'insieme dei predicati che richiedono due argomenti;

b) ***#$BinaryFunction***: identifica l'insieme delle funzioni che richiedono due argomenti.

2.3.5. Proprietà di #$isa e #$genls

I predicati #$isa e #$genls godono di alcune proprietà,come si evince da [52, 55].

a) **#$genls** gode delle proprietà di **transitività** e **riflessività**: ciò significa che ogni istanza di un insieme lo è anche di una sua qualunque generalizzazione;

b) **#$isa** non è **né transitivo nè riflessivo, ma è antiriflessivo.**

Dato che ogni istanza di un insieme è anche una istanza di una sua qualunque generalizzazione, allora le seguenti affermazioni sono vere:

- "***#$isa*** *trasferisce attraverso* ***#$genls***"
- "***#$isa*** *NON trasferisce attraverso* ***#$isa***"

2.3.6. Eventi in Cyc

Gli eventi [57, 58, 59] sono rappresentati come termini singoli che appartengono all'insieme chiamato **#$Event**. Tali termini sono caratterizzati dal fatto che hanno componenti, non sono estensioni vuote di spazio e di tempo ed hanno parti.

Gli eventi possono essere anche situazioni, cioè configurazioni o combinazioni. Hanno limiti temporali e possono cambiare allo scadere del tempo.

Le regole tra eventi [60] sono predicati speciali per legare gli eventi singoli alle loro componenti. Avendo a disposizione regole per descrivere particolari situazioni ed eventi e ragionando in termini generali, è possibile introdurre delle nuove conoscenze.

2.3.7. Microteorie: vantaggi derivanti dal loro utilizzo

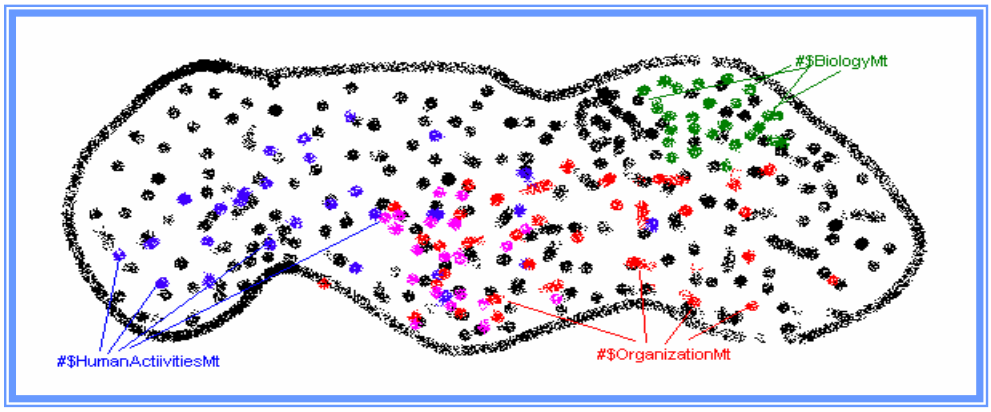

Figura 2.2 Organizzazione delle microteorie

Una microteoria (*mt*) [61], può essere pensata come un insieme di asserzioni, scelte da **KB**, facente parte di una organizzazione.

Ciascuna microteoria è basata su:

- ***un insieme condiviso di assunzioni*** da cui dipendono le verità delle asserzioni;
- ***un argomento condiviso***, ad esempio la geografia del mondo (*world geography*), i tumori del cervello (*brain tumors*), il football professionale (*pro football*), etc;
- ***una sorgente condivisa*** (ad esempio CIA World Fact Book 1997, FM101-5, USA Today, etc.).

Le asserzioni all'interno di ciascuna microteoria non devono essere contraddittorie (si parla di "consistenza localizzata" in ogni mt), mentre quelle in diverse microteorie possono essere inconsistenti.

L'utilizzo di una microteoria permette di costruire la conoscenza di base in maniera efficiente, in quanto è possibile sviluppare l'ontologia raggruppando le informazioni più

importanti insieme, facendo lavorare il costruttore dell'ontologia (KB Builder) solamente sui dati rilevanti, evitando di dovere spaziare nell'intero campo di asserzioni.

Due dei predicati più utilizzati sono:

- ***#$ist***: utilizzato per affermare che una asserzione in una microteoria è vera.

  La sua forma è la seguente: **(#$ist MT FORMULA)** e significa:

  "*la formula FORMULA nel secondo argomento è vera nella microteoria MT specificata nel primo argomento*";

- ***#$genlMt*:** utilizzata per specificare la relazione tra due mts.

  La sua forma è la seguente: **(#$genlMt MT1 MT2)** e significa:

  "ogni asserzione che è vera nella microteoria MT2 specificata nel secondo argomento è anche vera nella microteoria MT1 specificata nel primo argomento".

  Ciò vuol dire che la prima mt ha accesso alle asserzioni della seconda.

  Come per il predicato **#$genls**, una caratteristica di **#$genlMt** è la transitività.

Un aspetto piuttosto importante riguarda dove inserire una microteoria appena creata all'interno di una gerarchia dato che:

- una asserzione è "visibile" soltanto nelle microteorie che ereditano da quelle in cui sono contenute;
- ad una domanda si risponde utilizzando tutte e sole le asserzioni nelle microteorie "visibili" da quella nella quale la query è stata eseguita;
- affinché una domanda sia ben formulata, è necessario che le informazioni sui termini usati nella query siano "visibili" dalle microteorie dove la domanda è stata posta.

Se si vuole costruire una mt che sia ovunque "visibile", occorre inserirla in una delle posizioni più in alto della gerarchia in modo che tutte le altre microteorie possano ereditare da quella inserita. In caso contrario è necessario inserire la mt in una posizione più in basso in modo da migliorare l'efficienza.

Dopo aver trovato il posto giusto nella gerarchia, è necessario aggiungere i collegamenti **#$genlMt** alle altre mts.

Due importanti microteorie sono **#$BaseKB** ed **#$EverythingPSC**; in particolare la prima è in cima alla gerarchia e quindi è visibile ad ogni microteoria in basso. Rappresenta il vocabolario della teoria universale, ossia ogni cosa che è vera. **#$EverythingPSC** si trova in fondo all'ontologia delle mts e quindi eredita da ogni altra. Non ha significati consistenti logicamente, ma ha grande utilità pratica data la possibilità di ereditarietà dalle altre mts.

2.3.8. Motore inferenziale di Cyc

La deduzione (*inference*) [62] è il meccanismo utilizzato per concludere nuovi fatti, a partire da quelli già esistenti e dalle regole nel sistema.

L'inference usa la deduzione attraverso tutti gli strumenti di **Cyc** ossia regole, fatti, **NAT**, predicati, formule, logica e funzioni. Il meccanismo logico standard adottato da **Cyc** è detto **risoluzione principale** (*resolution principle*).

La struttura dell'inference [63] può essere vista come una sequenza di deduzioni logiche concatenate tra loro che si possono ottenere seguendo diversi percorsi ed il cui numero è variabile, dipendendo dal punto da cui parte la deduzione.

L'inference può quindi essere studiata come un problema di ricerca in un albero, dove la domanda è il nodo radice. I nodi figli rappresentano una potenziale deduzione logica che può portare dalla dimostrazione della query originale a quella di una diversa domanda ottenuta utilizzando questo passo deduttivo. Partendo dal nodo radice si può iniziare una prova potenziale espandendo i nodi figli sperando di riuscire ad ottenere una prova che abbia successo. La prova giunge al termine quando si arriva ad un nodo foglia, dove non vi è più nulla da dimostrare (il nodo è detto anche **goal node**). Nel caso in cui si raggiunga un **goal node**, il percorso relativo a tutti i nodi superiori rappresenta un unico insieme di risposte per le variabili nella domanda.

In problemi logici complessi, l'albero di possibilità è molto grande e quindi le prove potenziali sono teoricamente infinite.

Sorgono quindi due problemi [63] :

a) "**Problema di arresto**": non è possibile stabilire se un algoritmo di ricerca terminerà sempre con una risposta;

b) **"Problema dell'incompletezza"**: dipende dal limite delle risorse [64] e può essere risolto ricorrendo a strategie di ricerca nell'albero dell'Intelligenza Artificiale, per esempio la ricerca "**prima in profondità**" (*Depth-first*) o la strategia "**prima in ampiezza**"(*Breadth-first*).

In particolare **Cyc** [63] non utilizza nessuna delle due strategie di ricerca precedenti, ma tenta di identificare il percorso più promettente ed espande ciascun nodo per trovare quello che sembra il migliore in ciascun passo. Utilizzando tale **euristica di ricerca** si assegna a ciascun nodo uno dei seguenti stimatori: **buono**, **veramente buono**, **migliore**, **goal node** e si lavora solo con i nodi etichettati come i più promettenti.

Capitolo 3. Ontologie in Cyc

Diverse ontologie di varia complessità sono state trasferite o integrate in Cyc. Utilizzando CycL è possibile effettuare il trasferimento (mapping), la fusione (merging) e l'integrazione (integrating) di varie ontologie.

L'ontologia da cui si raccolgono i termini da trasferire è detta sorgente (source ontology), mentre quella in cui vengono inserite le nuove conoscenze è detta bersaglio (target ontology). Alcuni esempi di ontologie di questo tipo [18] sono:

- ***SENSUS;***
- ***FIPS 10-4*** [19]
- ***diverse raccolte farmaceutiche;***
- ***porzioni di WordNet*** [21];
- ***MeSH/Snomed/UMLS*** [20];
- ***CIA World Factbook*** [22].

Il **DARPA Agent Markup Language** (*DAML*) può essere importato ed esportato da **Cyc**. Gli elementi più importanti dell'**Unified Modeling Language** (**UML**) [23] sono stati trasferiti in **Cyc** ed inoltre, come si evince da [24], è possibile effettuare il trasferimento in Cyc di una **sorgente di conoscenza strutturata** (*Structured Knowledge Source* - *SKS*) come un database, un testo etichettato **XML** o **DAML**, dati **GIS** o una pagina web.

Capitolo 4: Descrizione di scene museali in Cyc

In questo capitolo è descritta l'ontologia creata in **Cyc** chiamata "**Descrizione di scene museali**". Partendo dalla base di conoscenza definita in **Cyc**, è stata costruita una ontologia per effettuare una visita guidata all'interno di un museo virtuale.

Lo scopo di questa applicazione è analizzare le risposte che fornisce il motore di inferenza alle domande che gli vengono poste.

4.1. Scenario ipotizzato

Lo scenario ipotizzato in questa applicazione è il seguente:

a) ***L'ambiente creato è un museo virtuale d'arte, formato da 8 stanze:***

- **Ingresso principale** (*FrontDoor*);
- **Atrio** (*Hall*);
- **Stanza d'arte n°1** (*ArtRoom1*);
- **Stanza d'arte n°2** (*ArtRoom2*);
- **Stanza d'arte n°3** (*ArtRoom3*);
- **Stanza d'arte n°4** (*ArtRoom4*);
- **Stanza d'arte n°5** (*ArtRoom5*);
- **Uscita** (*Exit*).

b) ***Il museo ha un unico ingresso*** (*FrontDoor*) ***ed un'unica uscita*** (*Exit*)***;***

c) ***Ogni stanza è delimitata da quattro pareti che la separano dalle altre stanze;***

d) ***Ogni stanza può essere accessibile/accedere da/ad altre attraverso un corridoio o una apertura.*** Una stanza può essere collegata a più corridoi o avere più aperture per andare in qualche altro luogo. Non esiste una stanza che è collegata direttamente con un'altra attraverso un corridoio ed una apertura.

Partendo dall'ingresso principale è possibile raggiungere, attraverso uno o più percorsi, tutte le stanze del museo.

e) ***Ogni stanza contiene degli oggetti che sono localizzati al suo interno.***

In particolare, in ogni muro della stanza è appeso un quadro. I quadri possono essere di cinque tipi:

- **Quadro ad olio** (*OilPainting*);
- **Quadro a tempera** (*TemperaPainting*);
- **Quadro ad acquarello** (*WaterColourPainting*);
- **Quadro a pastello** (*PastelPainting*);
- **Affresco** (*Fresco*).

<u>Ogni stanza contiene un solo tipo di quadro</u>, in particolare:

- La **stanza d'arte n°1** (*ArtRoom1*) contiene **quadri ad olio della pittura italiana** (*ItalianOilPainting*);
- La **stanza d'arte n°2** (*ArtRoom2*) contiene **quadri a tempera della pittura spagnola** (*SpanishTemperaPainting*);
- La **stanza d'arte n°3** (*ArtRoom3*) contiene **quadri ad acquarello della pittura olandese** (*DutchWaterColourPainting*);
- La **stanza d'arte n°4** (*ArtRoom4*) contiene **affreschi della pittura francese** (*FrenchFrescoPainting*);
- La **stanza d'arte n°5** (*ArtRoom5*) contiene **quadri a pastello della pittura inglese** (*EnglishPastelPainting*);

Le stanze che non contengono quadri sono l'ingresso, l'atrio e l'uscita.

Ogni stanza d'arte, oltre ai quadri, può contenere:

- una **statua in pietra** (*StoneStatue*);
- una **statua in marmo** (*Statua in marmo*);
- entrambe.

In ogni stanza del museo ed in ogni corridoio, sono presenti 3 oggetti:

- un **estintore** (*FireExtinguisher*);
- una **luce al neon** (*NeonLight*);
- una **panca** (*Bench*).

Inoltre, nella **Hall** sono localizzati altri due oggetti:

- una **fontana** (*Fountain*);
- una **pianta di fiori** (*FloveringPlant*).

La rappresentazione grafica dello scenario ipotizzato, con le connessioni tra le stanze, è il seguente (**Figura 4.1**):

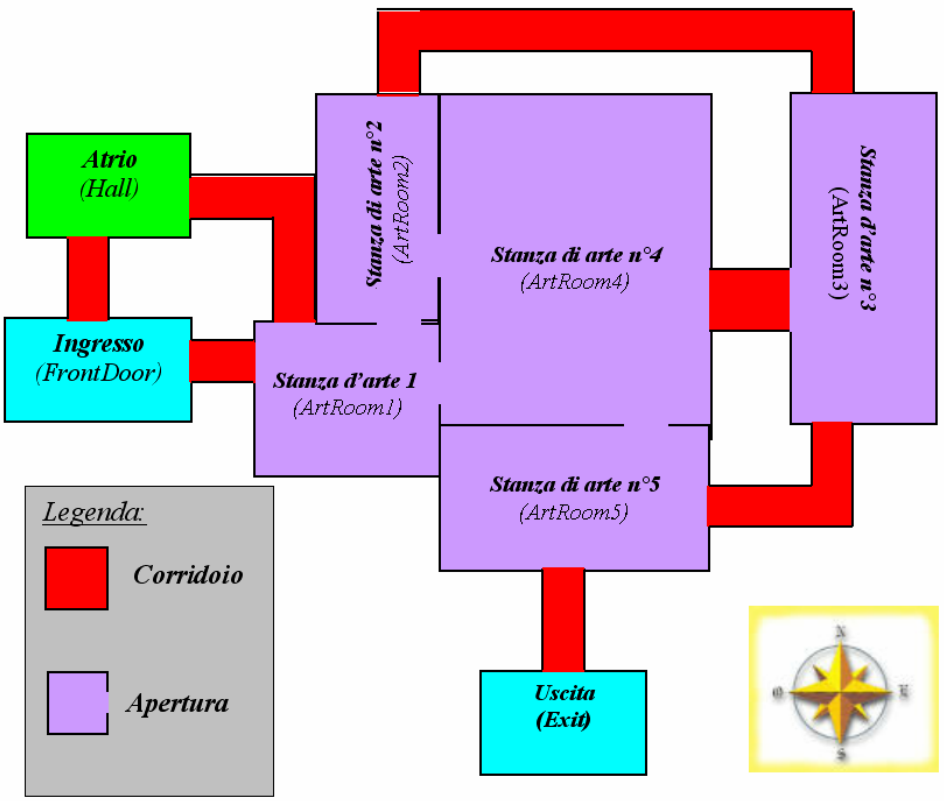

Figura 4.1. Lo scenario ipotizzato

4.2. Ontologia creata

Dopo avere analizzato quali fossero le costanti, gli insiemi, le relazioni e le funzioni predefinite in **Cyc**, sono stati creati i termini utili per l'applicazione.

L'ontologia predefinita fornita da **Cyc** corrisponde allo strato superiore della conoscenza di base, contenente quindi i termini più generali. E' stato quindi necessario creare la maggior parte dei concetti partendo da quelli già implementati.

Per rappresentare la struttura museale, sono state create:

- ***costanti;***
- ***collezioni;***
- ***predicati;***

e sono state utilizzate alcune collezioni ed alcuni predicati predefiniti.

Le collezioni create

- ***Museum*** (*Museo*) è stato definito come una istanza di **Collection** (*Collezione*), quindi rappresenta l'insieme di tutti i musei. E' una specializzazione di **ConstructionArtifact** (*Costruzione eseguita dall'uomo*), quindi "eredita" tutti i predicati e le funzioni che si possono applicare alla collezione. Una istanza definita all'interno della collezione **Museum** è **ArtMuseum** (*Museo d'arte*)**,** il museo che si vuole visitare. La collezione **Museum** è stata definita all'interno della microteoria **FixedStructureVocabularyMt** che rappresenta "*la microteoria vocabolario di FixedStructureMt, usata per assiomatizzare le conoscenze sulle FixedStructure* (*le strutture fisse*)".

- ***RoomInMuseum*** (*Stanza nel museo*) è stato definito come una **Collection** (l'insieme delle stanze che si trovano in un museo), una specializzazione di **RoomInAConstruction** (*Stanza in una costruzione*) ed una generalizzazione di **ArtRoomInMuseum** (*Stanza d'arte nel museo*) e **OtherRoomInMuseum** (*Altra stanza nel museo*) nella microteoria **FixedStructureVocabolaryMt.**
  Le istanze di **RoomInMuseum** sono **FrontDoor** (*Ingresso principale*), **Hall** (*Atrio*), **ArtRoom1** (*Stanza d'arte n°1*), **ArtRoom2** (*Stanza d'arte n°2*), **ArtRoom3** (*Stanza d'arte n°3*), **ArtRoom4** (*Stanza d'arte n°4*), **ArtRoom5** (*Stanza d'arte n°5*) ed *Exit* (*Uscita*). Tali istanze non sono state definite nella collezione utilizzando la forma **(isa Room RoomInMuseum)**, dove **Room** è una delle stanze definite sopra, in quanto **RoomInMuseum** eredita le istanze delle sue sottocollezioni **ArtRoomInMuseum** (*Stanza d'arte nel museo*) e **OtherRoomInMuseum** (*Altra stanza nel museo*).

- ***ArtRoomInMuseum*** (*Stanza d'arte nel museo*) è una collezione (l'insieme di tutte le stanze d'arte nel museo) ed una specializzazione di **RoomInMuseum** in **FixedStructureVocabularyMt**. Le istanze di **ArtRoomInMuseum** sono **ArtRoom1**, **ArtRoom2**, **ArtRoom3**, **ArtRoom4** ed **ArtRoom5**.

- ***OtherRoomInMuseum*** (*Altra stanza nel museo*) è la collezione di tutte le stanze del museo che non sono **ArtRoomInMuseum** ed una specializzazione di **RoomInMuseum** in **FixedStructureVocabularyMt**. Le istanze di **OtherRoomInMuseum** sono **FrontDoor**, **Hall** ed **Exit**.

- ***ArtRoomWithStatue*** (*Stanza d'arte con statua*) è la collezione di tutte le stanze è localizzata almeno una statua. **ArtRoomWithStatue** è definita come una specializzazione di **ArtRoomInMuseum** (*Stanza d'arte nel museo*). E' anche una generalizzazione di **ArtRoomWithStoneStatue** (*Stanza d'arte con statua in pietra*) e **ArtRoomWithMarbleStatue** (*Stanza d'arte con statua in marmo*) in **FixedStructureVocabularyMt**. Le istanze di **ArtRoomWithStatue** vengono ereditate dalle sue sottocollezioni, e sono **ArtRoom1**, **ArtRoom3**, **ArtRoom5**.

- ***ArtRoomWithStoneStatue*** (*Stanza d'arte con statua in pietra*) è la collezione delle stanze con una **StoneStatue** (*Statua in pietra*), ed una specializzazione di **ArtRoomWithStatue** (*Stanza d'arte con statua*) in **FixedStructureVocabularyMt**. Le istanze di **ArtRoomWithStoneStatue** sono **ArtRoom1** ed **ArtRoom5**.

- ***ArtRoomWithMarbleStatue*** (*Stanza d'arte con statua in marmo*) è la collezione di tutte le stanze con una **MarbleStatue** (*Statua in marmo*), ed una specializzazione di **ArtRoomWithStatue** (*Stanza d'arte con statua*) in **FixedStructureVocabularyMt.** Le istanze di **ArtRoomWithMarbleStatue** sono **ArtRoom3** ed **ArtRoom5**.

- ***WallInRoom*** (*Muro nella stanza*) è la collezione dei muri che si trovano nelle stanze, una specializzazione di **WallOfAConstruction** (*Muro di una costruzione*) ed una generalizzazione di **NorthWall** (*Muro a nord*), **SouthWall** (*Muro a sud*), **WestWall** (*Muro a ovest*), **EastWall** (*Muro ad est*) in **FixedStructureVocabularyMt**. **WallOfAConstruction** è una collezione "*le cui istanze rappresentano muri nella parte e-*

sterna di un edificio, così come il muro all'interno di una struttura per separare due stanze".

- ***NorthWall*** (*Muro sul lato nord*) è la collezione di tutti i muri sul lato nord, ed una specializzazione di **WallInRoom** in **FixedStructureVocabularyMt**.

- ***SouthWall*** (*Muro sul lato sud*) è la collezione di tutti i muri sul lato sud, ed una specializzazione di **WallInRoom** in **FixedStructureVocabularyMt**.

- ***WestWall*** (*Muro sul lato ovest*) è la collezione di tutti i muri sul lato ovest, ed una specializzazione di **WallInRoom** in **FixedStructureVocabularyMt**.

- ***EastWall*** (*Muro sul lato est*) è la collezione di tutti i muri sul lato est, ed una specializzazione di **WallInRoom** in **FixedStructureVocabularyMt**.

- ***PortalInMuseum*** (*Apertura nel museo*) è la collezione di tutte i collegamenti (corridoi o aperture) tra le stanze, una specializzazione di **Path-Simple** (*Percorso semplice*) in **FixedStructureVocabularyMt**. Le istanze sono ereditate dalle sue sottocollezioni **Passage** (*Corridoio*) e **Opening** (*Apertura*):
    - PassageInNorthSideExit (*Corridoio sul lato nord dell'uscita*);
    - PassageInNorthSideFrontDoor (*Corridoio sul lato nord dell'ingresso*);
    - PassageInNorthSideArtRoom1 (*Corridoio sul lato nord della stanza 1*);
    - PassageInSouthSideArtRoom5 (*Corridoio sul lato sud della stanza 5*);
    - PassageInSouthSideHall (*Corridoio sul lato sud dell'atrio*);
    - PassageInSouthSideArtRoom3 (*Corridoio sul lato sud della stanza 3*);
    - PassageInWestSideArtRoom1 (*Corridoio sul lato ovest della stanza 1*);
    - PassageInWestSideArtRoom3 (*Corridoio sul lato ovest della stanza 3*);
    - PassageInEastSideHall (*Corridoio sul lato est dell'atrio*);
    - PassageInEastSideArtRoom2 (*Corridoio sul lato est della stanza 5*);
    - PassageInEastSideArtRoom3 (*Corridoio sul lato est della stanza 3*);
    - PassageInEastSideArtRoom4 (*Corridoio sul lato est della stanza 4*);
    - PassageInEastSideArtRoom5 (*Corridoio sul lato est della stanza 5*);
    - OpeningInNorthSideArtRoom1 (*Apertura sul lato nord della stanza 1*);
    - OpeningInNorthSideArtRoom4 (*Apertura sul lato nord della stanza 4*);

- OpeningInNorthSideArtRoom5 (*Apertura sul lato nord della stanza 5*);
- OpeningInSouthSideArtRoom2 (*Apertura sul lato sud della stanza 2*);
- OpeningInSouthSideArtRoom4 (*Apertura sul lato sud della stanza 4*);
- OpeningInWestSideArtRoom2 (*Apertura sul lato ovest della stanza 2*);
- OpeningInWestSideArtRoom4 (*Apertura sul lato ovest della stanza 4*);
- OpeningInEastSideArtRoom1 (*Apertura sul lato est della stanza 1*).

- ***Passage*** (*Corridoio*) è la collezione di tutti i corridoi nel museo, una specializzazione di **Path-Simple** (*Percorso semplice*) ed una generalizzazione di **PassageInNorthSide** (*Corridoio sul lato nord*), **PassageInSouthSide** (*Corridoio sul lato sud*), **PassageInWestSide** (*Corridoio sul lato ovest*) e **PassageInEastSide** (*Corridoio sul lato est*) in **FixedStructureVocabolaryMt**. **Path-Simple**, nell'applicazione, è la collezione di tutti i percorsi semplici che uniscono due stanze.

  Le istanze di **Passage**, ereditate dalle sue sottocollezioni, sono: **PassageInNorthSideExit**, **PassageInNorthSideFrontDoor**, **PassageInNorthSideArtRoom1**, **PassageInSouthSideArtRoom5** **PassageInSouthSideHall**, **PassageInSouthSideArtRoom3** **PassageInWestSideArtRoom1**, **PassageInWestSideArtRoom3** **PassageInEastSideHall**, **PassageInEastSideArtRoom2** **PassageInEastSideArtRoom3**, **PassageInEastSideArtRoom4** e **PassageInEastSideArtRoom5**.

- ***Opening*** (*Apertura*) è la collezione di tutte le aperture nel museo, una specializzazione di **Path-Simple** (*Percorso semplice*) ed una generalizzazione di **OpeningInNorthSide** (*Apertura sul lato nord*), **OpeningInSouthSide** (*Apertura sul lato sud*), **OpeningInWestSide** (*Apertura sul lato ovest*), **OpeningInEastSide** (*Apertura sul lato est*) in **FixedStructureVocabolaryMt**.

  Le istanze di **Opening**, ereditate dalle sue sottocollezioni sono: **OpeningInNorthSideArtRoom1**, **OpeningInNorthSideArtRoom4**, **OpeningInNorthSideArtRoom5**, **OpeningInSouthSideArtRoom2**, **OpeningInSouthSideArtRoom4**, **OpeningInWestSideArtRoom2**, **OpeningInWestSideArtRoom4**, **OpeningInEastSideArtRoom1**

- ***PassageInNorthSide*** (*Corridoio nel lato nord*) è la collezione di tutti i corridoi collegati al lato nord di una stanza, ed una specializzazione di **Passage** (*Corridoio*) in **FixedStructureVocabularyMt**. Le sue istanze sono **PassageInNorthSideExit**, **PassageInNorthSideFrontDoor** e **PassageInNorthSideArtRoom3**.

- ***PassageInSouthSide*** (*Corridoio sul lato sud*) è la collezione di tutti i corridoi collegati al lato sud di una stanza, ed una specializzazione di **Passage** (*Corridoio*) in **FixedStructureVocabularyMt**. Le sue istanze sono: **PassageInSouthSideArtRoom3**, **PassageInSouthSideHall** e **PassageInSouthSideArtRoom5**.

- ***PassageInWestSide*** (*Corridoio nel lato ovest*) è la collezione di tutti i corridoi collegati al lato ovest di una stanza, ed una specializzazione di **Passage** (*Corridoio*) in **FixedStructureVocabularyM**. Le sue istanze sono: **PassageInWestSideArtRoom1** e **PassageInWestSideArtRoom3**.

- ***PassageInEastSide*** (*Corridoio nel lato est*) è la collezione di tutti i corridoi collegati al lato est di una stanza, ed una specializzazione di **Passage** (*Corridoio*) in **FixedStructureVocabularyMt**. Le sue istanze sono: **PassageInEastSideHall**, **PassageInEastSideFrontDoor**, **PassageInEastSideArtRoom2**, **PassageInEastSideArtRoom3**, **PassageInEastSideArtRoom4** e **PassageInEastSideArtRoom5**.

- ***OpeningInNorthSide*** (*Apertura nel lato nord*) è la collezione di tutte le apertura collegate al lato nord di una stanza, ed una specializzazione di **Opening** in **FixedStructureVocabularyMt**. Le sue istanze sono: **OpeningInNorthSideArtRoom1**, **OpeningInNorthSideArtRoom4** e **OpeningInNorthSideArtRoom5**.

- ***OpeningInSouthSide*** (*Apertura nel lato sud*) è la collezione di tutte le apertura collegate al lato sud di una stanza, ed una specializzazione di **Opening** in **FixedStructureVocabularyMt**. Le sue istanze sono: **OpeningInSouthSideArtRoom2** e **OpeningInSouthSideArtRoom4**.

- ***OpeningInWestSide*** (*Apertura nel lato ovest*) è la collezione di tutte le apertura collegate al lato ovest di una stanza, ed una specializzazione di **Opening** in **FixedStruc-**

tureVocabularyMt. Le sue istanze sono: **OpeningInWestSideArtRoom2** e **OpeningInWestSideArtRoom4**.

- ***OpeningInEastSide*** (*Apertura nel lato est*) è la collezione di tutte le apertura collegate al lato est di una stanza, ed una specializzazione di **Opening** in **FixedStructureVocabularyMt**, la cui unica istanza è **OpeningInEastSideArtRoom1**.

- ***ObjectInMuseum*** (*Oggetto nel Museo*) è la collezione degli oggetti che si trovano nel museo, una specializzazione di **SpatialThing-Localized** (*Cosa localizzata nello spazio*) ed una generalizzazione di **ObjectInRoom** (*Oggetto nella stanza*), **ObjectInHall** (*Oggetto nell'atrio*), in **ObjectInExit** (*Oggetto nell'uscita*) e **ObjectInFrontDoor** (*Oggetto nell'ingresso*) in **FixedStructureVocabularyMt**. La collezione **SpatialThing-Localized** rappresenta *"l'insieme di tutte le cose spaziali, tangibili o intangibili, che hanno un luogo o una posizione empiricamente osservabile nel contesto in questione"*. Le istanze di **ObjectInMuseum** sono **Fountain** (*Fontana*) e **FloveringPlant** (*Pianta di fiori*) ereditate dalle sottocollezione **ObjectInHall**.

- ***ObjectInRoom*** (*Oggetto nella stanza*) è la collezione di tutti gli oggetti che si possono trovare nelle stanze, una specializzazione di **ObjectInMuseum** (*Oggetto nel museo*) ed una generalizzazione di **ObjectOnWall** (*Oggetto nel muro*), **StoneStatue** (*Statua in pietra*) e **MarbleStatue** (*Statua in marmo*) in **FixedStructureVocabularyMt**.

- ***ObjectInHall*** (*Oggetto nell'atrio*) è la collezione degli oggetti che si trovano nell'atrio, una specializzazione di **ObjectInMuseum** (*Oggetto nel museo*) in **FixedStructureVocabularyMt**. Le sue istanze sono **Fountain** (*Fontana*), **FloveringPlant** (*Pianta di fiori*).

- ***ObjectInExit*** (*Oggetto nell'uscita*) è la collezione degli oggetti che si trovano nell'uscita ed una specializzazione di **ObjectInMuseum** (*Oggetto nel museo*) in **FixedStructureVocabularyMt**.

- ***ObjectInFrontDoor*** (*Oggetto nell'ingresso*) è la collezione degli oggetti che si trovano nell'ingresso ed una specializzazione di **ObjectInMuseum** (*Oggetto nel museo*) in **FixedStructureVocabularyMt**.

- ***ObjectOnWall*** (*Oggetto sul muro*) è la collezione degli oggetti che si trovano sul muro di ogni stanza, una specializzazione di **ObjectInRoom** (*Oggetto nella stanza*) ed **ArtObject** (*Oggetto d'arte*), ed una generalizzazione di **Painting** (*Quadro*) in **FixedStructureVocabularyMt**. Ciascuna istanza di **ArtObject** è "*un oggetto fisico che è un lavoro, o una riproduzione di un lavoro, di pittura, scultura, etc.*".

- ***Painting*** (*Quadro*) è la collezione di tutti i quadri nel museo, una specializzazione di **ObjectOnWall** ed una generalizzazione di **OilPainting** (*Quadro ad olio*), **TemperaPainting** (*Quadro a tempera*), **WaterColourPainting** (*Quadro ad acquarello*), **PastelPainting** (*Quadro a pastello*) e **Fresco** (*Affresco*), in **FixedStructureVocabularyMt**.

- ***OilPainting*** (*Quadro ad olio*) è la collezione di tutti i quadri ad olio, una specializzazione di **ObjectOnWall** (*Oggetto sul muro*) ed una generalizzazione di **ItalianOilPainting** (*Quadro ad olio della pittura italiana*) in **FixedStructureVocabularyMt**.

- ***TemperaPainting*** (*Quadro a tempera*) è la collezione di tutti i quadri a tempera, una specializzazione di **ObjectOnWall** (*Oggetto sul muro*) ed una generalizzazione di **SpanishTemperaPainting** (*Quadro a tempera della pittura spagnola*) in **FixedStructureVocabularyMt**.

- ***Fresco*** (*Affresco*) è la collezione di tutti gli affreschi, una specializzazione di **ObjectOnWall** (*Oggetto sul muro*) ed una generalizzazione di **FrenchFresco** (*Affresco della pittura francese*) in **FixedStructureVocabularyMt**.

- ***WaterColourPainting*** (*Quadro ad acquarello*) è la collezione di tutti i quadri ad acquarello, una specializzazione di **ObjectOnWall** (*Oggetto sul muro*) ed una generalizzazione di **DutchWaterColourPainting** (*Quadro ad acquarello della pittura olandese*) in **FixedStructureVocabularyMt**.

- ***PastelPainting*** (*Quadro a pastello*) è la collezione di tutti i quadri a pastello, una specializzazione di **ObjectOnWall** (*Oggetto sul muro*) ed una generalizzazione di **Engli-**

shPastelPainting (*Quadro a pastello della pittura inglese*) in **FixedStructureVocabularyMt**.

- ***ItalianOilPainting*** (*Quadro ad olio della pittura italiana*) è la collezione di tutti i quadri ad olio della pittura italiana, una specializzazione di **OilPainting** in **FixedStructureVocabularyMt**.

- ***SpanishTemperaPainting*** (*Quadro a tempera della pittura spagnola*) è la collezione di tutti i quadri a tempera della pittura spagnola, una specializzazione di **TemperaPainting** in **FixedStructureVocabularyMt**.

- ***FrenchFresco*** (*Affresco della pittura francese*) è la collezione di tutti gli affreschi della pittura francese, una specializzazione di **Fresco** in **FixedStructureVocabularyMt**.

- ***DutchWaterColourPainting*** (*Quadro ad acquarello della pittura olandese*) è la collezione di tutti i quadri ad acquarello della pittura olandese, una specializzazione di **WaterColourPainting** in **FixedStructureVocabularyMt**.

- ***EnglishPastelPainting*** (*Quadro a pastello della pittura inglese*) è la collezione di tutti i quadri a pastello della pittura inglese, una specializzazione di **PastelPainting** in **FixedStructureVocabularyMt**.

- ***Plant*** (*Pianta*) è una collezione predefinita in **Cyc** che rappresenta l'insieme di tutte le piante in **BiologyVocabularyMt**, microteoria vocabolario di **BiologyMt** (contenente informazioni generali su cose viventi).

- ***FireExtinguisher*** (*Estintore*) è la collezione di tutti gli estintori che si trovano nel museo, una specializzazione di **MechanicalDevice** (*Dispositivo meccanico*), **ObjectInRoom**, **ObjectInHall**, **ObjectInExit** e **ObjectInFrontDoor** in **FixedStructureVocabularyMt**.

- ***NeonLight*** (*Luce al neon*) è la collezione di tutti i neon che si trovano nel museo, una specializzazione di **LightingDevice** (*Dispositivo di illuminazione*) , **ObjectInRoom**,

ObjectInHall, **ObjectInExit** e **ObjectInFrontDoor** in **FixedStructureVocabularyMt**.

- ***Bench*** (*Panca*) è la collezione di tutti le panche che si trovano nel museo, una specializzazione di **ConstructionArtifact**, **ObjectInRoom**, **ObjectInHall**, **ObjectInExit** e **ObjectInFrontDoor** in **FixedStructureVocabularyMt**.

- ***StoneStatue*** (*Statua in pietra*) è la collezione di tutte le statue in pietra che si trovano nel museo, una specializzazione di **ArtObject** (*Oggetto d'arte*) e di **ObjectInRoom** in **FixedStructureVocabularyMt**.

- ***MarbleStatue*** (*Statua in marmo*) è la collezione di tutte le statue in marmo che si trovano nel museo, una specializzazione di **ArtObject** (*Oggetto d'arte*) e di **ObjectInRoom** in **FixedStructureVocabularyMt**.

- ***Artist*** (*Artista*) è una collezione predefinita in **Cyc**, specializzazione di **Person** (*Persona*) in **HumanSocialLifeMt**. Ciascuna istanza di **Artist** è "*una persona che produce o esegue lavori d'arte*". **HumanSocialLifeMt** è la microteoria per "rappresentare gli aspetti generali delle relazioni umane, principalmente quelli culturali e sociali".

- ***MechanicalDevice*** (*Dispositivo meccanico*) è una collezione predefinita in **Cyc**, specializzazione di **PhysicalDevice** (*Dispositivo fisico*) in **ArtifactGVocabularyMt** (la microteoria che è il vocabolario di **ArtifactGMt**, ossia l'assiomatizzazione di tutti gli artefatti). Ogni istanza di **MechanicalDevice** rappresenta "*un dispositivo fisico che presenta almeno una parte che si muove rispetto ad un'altra*".

- ***LightingDevice*** (*Dispositivo di illuminazione*) è una collezione predefinita in **Cyc**, specializzazione di **PoweredDevice** (*Dispositivi di potenza*) in **ArtifactGVocabularyMt**. Ogni istanza di **LightingDevice** rappresenta "*un dispositivo che fornisce luce*".

- ***PartiallyTangible*** (*Parzialmente tangibile*) è una collezione predefinita in **Cyc**, le cui istanze hanno una parte tangibile ed una estensione temporale.

- ***Path-Simple*** (*Percorso semplice*) è una collezione predefinita in **Cyc**, le cui istanze sono percorsi con due distinti punti che non si sovrappongono tra loro.

- ***Thing*** (*Cosa*) è una collezione universale predefinita in **Cyc**, cioè contiene ogni cosa che esiste.

- ***ConstructionArtifact*** (*Artefatto costruzione*) è una collezione predefinita in **Cyc**, le cui istanze sono una struttura progettata e costruita dalle persone.

- ***SpaceInAHOC*** (*Spazio trovato all'interno di un posto occupato da persone*) è una collezione predefinita in **Cyc**, le cui istanze sono spazi che si trovano dentro una costruzione occupata dall'uomo.

- ***CavityWithWalls*** (*Cavità con muri*) è una collezione predefinita in **Cyc**, le cui istanze sono termini che comprendono nello spazio una regione intangibile dentro una cavità e le superfici che costituiscono i muri interni della cavità.

- **SpatialThing-Localized** (*Cosa localizzata nello spazio*) è una collezione predefinita in **Cyc** le cui istanze rappresentano cose spaziali, tangibili o intangibili, che si trovano in un luogo o una posizione nell'universo osservabile empiricamente del contesto in questione".

- ***Portal*** (*Apertura*) è una collezione predefinita in **Cyc**, le cui istanze rappresentano "una apertura, in una superficie, attraverso un tubo, o altro, con o senza copertura".

Costanti

- ***ArtMuseum*** (*Museo d'arte*) è una istanza definita all'interno della collezione **Museum** (*Museo*) in **FixedStructureVocabularyMt** e rappresenta il museo che si vuole visitare.

- ***FrontDoor*** (*Ingresso principale*) è una istanza di **OtherRoomInMuseum** (*Altra stanza in un museo*) in **FixedStructureVocabularyMt** e rappresenta l'ingresso principale.

- ***Hall*** (*Atrio*) è una istanza di **OtherRoomInMuseum** (*Altra stanza in un museo*) in **FixedStructureVocabularyMt** e rappresenta l'atrio.

- ***ArtRoom1*** (*Stanza d'arte n°1*) è una istanza di **ArtRoomInMuseum** (*Stanza d'arte in un museo*) in **FixedStructureVocabularyMt** e rappresenta la stanza d'arte n°1.

- ***ArtRoom2*** (*Stanza d'arte n°2*) è una istanza di **ArtRoomInMuseum** (*Stanza d'arte in un museo*) in **FixedStructureVocabularyMt** e rappresenta la stanza d'arte n° 2.

- ***ArtRoom3*** (*Stanza d'arte n°3*) è una istanza di **ArtRoomInMuseum** (*Stanza d'arte in un museo*) in **FixedStructureVocabularyMt** e rappresenta la stanza d'arte n°3.

- ***ArtRoom4*** (*Stanza d'arte n°4*) è una istanza di **ArtRoomInMuseum** (*Stanza d'arte in un museo*) in **FixedStructureVocabularyMt** e rappresenta la stanza d'arte n°4.

- ***ArtRoom5*** (*Stanza d'arte n°5*) è una istanza di **ArtRoomInMuseum** (*Stanza d'arte in un museo*) in **FixedStructureVocabularyMt** e rappresenta la stanza d'arte n°5.

- ***Exit*** (*Uscita*) è una istanza di **OtherRoomInMuseum** (*Altra stanza in un museo*) in **FixedStructureVocabularyMt** e rappresenta l'uscita.

- ***PassageInNorthSideExit*** (*Corridoio sul lato nord dell'uscita*) è una istanza di **PassageInNorthSide** e rappresenta un corridoio che collega il lato nord dell'uscita con un'altra stanza.

- ***PassageInNorthSideFrontDoor*** (*Corridoio sul lato nord dell'ingresso*) è una istanza di **PassageInNorthSide** e rappresenta un corridoio che collega il lato nord dell'ingresso con un'altra stanza.

- ***PassageInNorthSideArtRoom1*** (*Corridoio sul lato nord della stanza 1*) è una istanza di **PassageInNorthSide** e rappresenta un corridoio che collega il lato nord della stanza 1 con un'altra.

- ***PassageInSouthSideArtRoom5*** (*Corridoio sul lato sud della stanza 5*) è una istanza di **PassageInSouthSide** e rappresenta un corridoio che collega il lato sud della stanza 5 con un'altra.

- ***PassageInSouthSideHall*** (*Corridoio sul lato sud dell'atrio*) è una istanza di **PassageInSouthSide** e rappresenta un corridoio che collega il lato sud dell'atrio con un'altra stanza.

- ***PassageInSouthSideArtRoom3*** (*Corridoio sul lato sud della stanza 3*) è una istanza di **PassageInSouthSide** e rappresenta un corridoio che collega il lato sud della stanza 3 con un'altra.

- ***PassageInWestSideArtRoom1*** (*Corridoio sul lato ovest della stanza 1*) è una istanza di **PassageInWestSide** e rappresenta un corridoio che collega il lato ovest della stanza 1 con un'altra stanza.

- ***PassageInWestSideArtRoom3*** (*Corridoio sul lato ovest della stanza 3*) è una istanza di **PassageInWestSide** e rappresenta un corridoio che collega il lato ovest della stanza 3 con un'altra.

- ***PassageInEastSideHall*** (*Corridoio sul lato est dell'atrio*) è una istanza di **PassageInEastSide** e rappresenta un corridoio che collega il lato est dell'atrio con un'altra stanza.

- ***PassageInEastSideArtRoom2*** (*Corridoio sul lato est della stanza 5*) è una istanza di **PassageInEastSide** e rappresenta un corridoio che collega il lato est della stanza 2 con un'altra.

- ***PassageInEastSideArtRoom3*** (*Corridoio sul lato est della stanza 3*) è una istanza di **PassageInEastSide** e rappresenta un corridoio che collega il lato est della stanza 3 con un'altra.

- ***PassageInEastSideArtRoom4*** (*Corridoio sul lato est della stanza 4*) è una istanza di **PassageInEastSide** e rappresenta un corridoio che collega il lato est della stanza 4 con un'altra.

- ***PassageInEastSideArtRoom5*** (*Corridoio sul lato est della stanza 5*) è una istanza di **PassageInEastSide** e rappresenta un corridoio che collega il lato est della stanza 5 con un'altra.

- ***OpeningInNorthSideArtRoom1*** (*Apertura sul lato nord della stanza 1*) è una istanza di **OpeningInNorthSide** e rappresenta una apertura a nord nella stanza 1 che permette l'accesso all'altra stanza.

- ***OpeningInNorthSideArtRoom4*** (*Apertura sul lato nord della stanza 4*) è una istanza di **OpeningInNorthSide** e rappresenta una apertura a nord nella stanza 4 che permette l'accesso all'altra stanza.

- ***OpeningInNorthSideArtRoom5*** (*Apertura sul lato nord della stanza 5*) è una istanza di **OpeningInNorthSide** e rappresenta una apertura a nord nella stanza 5 che permette l'accesso all'altra stanza.

- ***OpeningInSouthSideArtRoom2*** (*Apertura sul lato sud della stanza 2*) è una istanza di **OpeningInSouthSide** e rappresenta una apertura a sud nella stanza 2 che permette l'accesso all'altra stanza.

- ***OpeningInSouthSideArtRoom4*** (*Apertura sul lato sud della stanza 4*) è una istanza di **OpeningInSouthSide** e rappresenta una apertura a sud nella stanza 4 che permette l'accesso all'altra stanza.

- ***OpeningInWestSideArtRoom2*** (*Apertura sul lato ovest della stanza 2*) è una istanza di **OpeningInWestSide** e rappresenta una apertura ad ovest nella stanza 2 che permette l'accesso all'altra stanza.

- ***OpeningInWestSideArtRoom4*** (*Apertura sul lato ovest della stanza 4*) è una istanza di **OpeningInWestSide** e rappresenta una apertura ad ovest nella stanza 4 che permette l'accesso all'altra stanza.

- ***OpeningInEastSideArtRoom1*** (*Apertura sul lato est della stanza 1*) è una istanza di **OpeningInEastSide** e rappresenta una apertura ad est nella stanza 1 che permette l'accesso all'altra stanza.

- ***Leonardo, Raffaello, Cimabue e Giotto*** sono istanze di **Artist** (*Artista*) e rappresentano gli artisti che hanno dipinto i quadri ad olio italiani che si trovano nella stanza d'arte n° 1.

- ***Ribera, Zurbaran, Velasquez e Goya*** sono istanze di **Artist** (*Artista*) e rappresentano gli artisti che hanno dipinto i quadri a tempera spagnoli che si trovano nella stanza d'arte n° 2.

- ***Hals, Vermeer, Hobbuma e Rembrandt*** sono istanze di **Artist** (*Artista*) e rappresentano gli artisti che hanno dipinto i quadri ad acquerello olandesi che si trovano nella stanza d'arte n° 3.

- ***Fouquet, LeSueur, Perroneau e Gros*** sono istanze di **Artist** (*Artista*) e rappresentano gli artisti che hanno dipinto gli affreschi francesi che si trovano nella stanza d'arte n° 4.

- ***Reynolds, Lawrence, Gainsborough e Hogarth*** sono istanze di **Artist** (*Artista*) e rappresentano gli artisti che hanno dipinto i quadri a pastello inglesi che si trovano nella stanza d'arte n° 5.

- ***Michelangelo e Bernini*** sono istanze di **Artist** (*Artista*) e rappresentano gli artisti che hanno creato le sculture in marmo nelle stanze d'arte n° 5 e n° 3, rispettivamente.

- ***Maillol e Puget*** sono istanze di **Artist** (*Artista*) e rappresentano gli artisti che hanno creato le sculture in pietra nelle stanze d'arte n° 5 e n° 1, rispettivamente.

Predicati

- ***startingRoom*** (*Stanza di partenza*) è un predicato unario che è applicato all'istanza **FrontDoor** della collezione **OtherRoomInMuseum** ed afferma "*la stanza di partenza è l'ingresso principale*".

- ***endingRoom*** (*Stanza di arrivo*) è un predicato unario che è applicato all'istanza **Exit** della collezione **OtherRoomInMuseum** ed afferma "*la stanza di arrivo è l'uscita*".

- ***canGo*** (*Poter andare*) è un predicato binario che è applicato a due istanze della collezione **RoomInMuseum** ed è utilizzato nella parte consequenziale della regola che utilizza il predicato **portalConnectsRegions** (*Apertura che collega due regioni*) per controllare se esiste un percorso diretto tra due stanze. Se la frase **(canGo ROOM1 ROOM2)** restituisce un valore vero, vuol dire che esiste un percorso diretto (apertura o corridoio) che collega le due stanze **ROOM1** e **ROOM2**. Tale predicato può essere utilizzato per effettuare delle domande; ad esempio **(canGo ArtRoom1 ?ROOM2)** significa "*quali sono le stanze che si possono raggiungere direttamente dalla stanza ArtRoom1 tramite una apertura o un corridoio?*".

- ***goTo*** (*Andare in*) è un predicato binario che è applicato a due istanze della collezione **RoomInMuseum**, e la cui forma è **(goTo ROOM1 ROOM2)** che significa: "*vai dalla stanza ROOM1 alla stanza ROOM2*". Tale predicato è utilizzato nella regola che sfrutta **canGo**. In particolare, se esiste un percorso tra **ROOM1** e **ROOM2**, cioè **(canGo ROOM1 ROOM2)** restituisce valore vero, allora è possibile spostarsi, attraverso una apertura o un corridoio nell'altra stanza.

- ***portalConnectsRegions*** (*Apertura collegata alle regioni*) è un predicato ternario predefinito in **Cyc**, definito nella microteoria **NaivePhysicsVocabularyMt** (la microteoria vocabolario di **NaivePhysicsMt**). Nell'applicazione il predicato viene utilizzato nella forma **(portalConnectsRegions PATH ROOM1 ROOM2)** dove **PATH** è una istanza di **Portal** mentre **ROOM1** e **ROOM2** sono istanze di **PartiallyTangible** (*Parzialmente Tangibile*) e significa "*esiste un percorso diretto PATH che collega ROOM1 e ROOM2*". **NaivePhysicsMt** è la microteoria che contiene informazioni sui comportamenti dei corpi fisici sottoposti a delle condizioni fisiche.

- ***hasRooms*** (*Ha stanze*) è un predicato predefinito in **Cyc**, applicato a 2 argomenti: il primo deve essere una istanza di **ConstructionArtifact** (*Artefatto costruzione*), il secondo di **SpaceInAHOC** (*Spazio trovato all'interno di un posto occupato da persone*). La sua forma è **(hasRooms BUILD ROOM)** e significa: "*l'edificio BUILD ha ROOM come sua stanza*". **ROOM**, nell'applicazione, è una istanza di **RoomInMuseum**, mentre **BUILD** rappresenta una istanza di **Museum**.

- ***cavityhasWall*** (*la cavità ha un muro*) è un predicato binario predefinito in **Cyc,** il cui primo argomento deve essere una istanza di **CavityWithWalls** (*Cavità con muri*), mentre il secondo di **SolidTangibleThing** (*Cosa tangibile solida*). La sua forma è **(cavityHasWall CAV WALL)** e significa "*la cavità* CAV *possiede* WALL *come uno dei suo muri*". Tale predicato è stato utilizzato per definire i muri all'interno di ogni stanza.

- ***objectFoundInLocation*** (*Oggetto che si trova nel luogo*) è un predicato binario predefinito in **Cyc**. La sua forma è **(objectFoundInLocation OBJECT LOCATION)** e significa "*l'oggetto OBJECT si trova nel posto LOCATION*". **OBJECT** e **LOCATION** devono essere entrambi istanze di **SpatialThing-Localized**. Tale predicato è utilizzato per elencare quali sono gli oggetti che si trovano in una stanza.

- ***ArtisticWorksCreated*** *(Lavoro creato dall'artista)* è un predicato binario predefinito in **Cyc**, i cui argomenti sono una istanza di **Artist** (*Artista*) ed una istanza di **ArtObject** (*Oggetto d'arte*), rispettivamente. La forma del predicato è **(artisticWorksCreated ARTIST ARTOBJECT)** e significa: "*l'artista ARTIST ha creato l'oggetto d'arte ARTOBJECT*".

- ***pathBetween*** (*Percorso tra*) è un predicato ternario predefinito in **Cyc**. La sua forma è del tipo **(pathBetween PATH X Y)** e significa "*il percorso PATH collega X ed Y*". **PATH** deve essere una istanza di **Path-Simple**, mentre **X** e **Y** istanze di **Thing**. Tale predicato è usato nell'applicazione per verificare se esiste un percorso tra due stanze.

Microteorie

- ***MuseumMt*** è la microteoria che comprende tutte le definizioni precedenti. In particolare la microteoria è stata definita come una specializzazione delle microteorie **FixedStructureVocabularyMt**, **BiologyVocabularyMt**, **PathSystemsVocabularyMt**, **ArtifactGVocabularyMt** e **NaivePhysicsVocabularyMt**, così da poter "ereditare" tutti i predicati e le funzioni che fanno parte delle microteorie.

- ***FixedStructureVocabularyMt*** (*Il vocabolario delle strutture fisse*) è una microteoria predefinita di **Cyc**, e rappresenta "*il vocabolario di FixedStructureMt*, *la microteoria usata per assiomatizzare le conoscenze sulle* FixedStructure (*le strutture fisse*)".

- ***BiologyVocabularyMt*** (*Vocabolario della biologia*) è una microteoria predefinita di **Cyc**, e rappresenta "*il vocabolario di BiologyMt*, *la microteoria contenente informazioni generali su cose viventi*".

- ***PathSystemsVocabularyMt*** (*Vocabolario dei sistemi di percorso*) è una microteoria predefinita di **Cyc**, e rappresenta "*il vocabolario di PathSystemsMt*, *la microteoria che raccoglie tutte le relazioni e costanti di* PathSystems).

- ***NaivePhysicsVocabularyMt*** (*Vocabolario della fisica semplice*) è una microteoria predefinita di **Cyc**, e rappresenta "*il vocabolario di NaivePhysicsMt*, *la microteoria che contiene informazioni sui comportamenti dei corpi fisici sottoposti a delle condizioni fisich")*.

4.2.3. Esempio di navigazione nel museo

L'esempio che viene ora mostrato è una delle possibili domande che possono essere eseguite per ottenere delle informazioni sul museo.

Una volta effettuata la domanda **Cyc** risponde (se non trova soluzione alla domanda scrive "**No answer**" ossia *nessuna risposta*) motivando anche come ha ottenuto la risposta stessa (cioè quali deduzioni logiche sono state eseguite).

I parametri della deduzione sono impostati in modo da effettuare tutte le trasformazioni ed i tagli possibili. In particolare il parametro relativo alla trasformazione è molto importante perché è quello che permette di valutare le regole inserite nel mondo. Se tale parametro non è

impostato come "**unlimited transformation**" (*trasformazioni illimitate*), **Cyc** cerca solo le soluzioni che si ottengono direttamente, ossia quelle definite attraverso i fatti.

DOMANDA: "**Esiste un percorso diretto tra l'atrio e la stanza d'arte n°1?**" (**Figura 4.2**):

Mt: MuseumMt

```
(#$pathBetw een ?PATH #$Hall #$ArtRoom1)
```

Figura 4.2. *Domanda*

Il primo argomento applicato a **pathBetween** è incognito, in quanto nella domanda si vuole conoscere l'eventuale percorso di collegamento (cooridoio o apertura). Gli altri due argomenti rappresentano la stanza di partenza e quella di arrivo, rispettivamente.
La soluzione che fornisce Cyc è la seguente (**Figura 4.3**): un corridoio che collega il lato ad est dell'atrio con la stanza d'arte1.

Answer	**?PATH**
*[Explain]	PassageInEastSideHall

Figura 4.3. *Risposta alla domanda*

Cliccando su **[Explain]**, la giustificazione data alla soluzione è la seguente (**Figura 4.4**):

Answer Bindings :

?PATH → PassageInEastSideHall

Justifications :

(portalConnectsRegions PassageInEastSideHall Hall ArtRoom1) in FixedStructureVocabularyMt

:GENLPREDS (genlPreds portalConnectsRegions pathBetween) in MuseumMt

Figura 4.4. *Giustificazione alla risposta*

La giustificazione della soluzione riguarda una delle proprietà dei predicati del secondo ordine: **genlPreds** [50]. Tale predicato, della forma **(genlPreds SPEC-PRED GENL-PRED)**, significa che **GENL-PRED** è una generalizzazione di **SPEC-PRED** e quindi "eredita" tutte le asserzioni del predicato che è una sua specializzazione.

Il motore di deduzione trova l'asserzione **(portalConnectsRegions PATH ROOM1 ROOM2)** che afferma "*esiste un percorso PATH che collega le due regioni ROOM1 e ROOM2*)". Ciò vuol dire che il corridoio nel lato est dell'atrio permette l'accesso alla stanza 1 e quindi, dalla proprietà di ereditarietà, l'asserzione **(pathBetween ?PATH Hall ArtRoom1)** ha soluzione. Cliccando su **:GENLPREDS** viene fornita la microteoria nella quale è valida l'ereditarietà tra i due predicati (**Figura 4.5**):

Justification :

(genlPreds portalConnectsRegions pathBetween) in NaivePhysicsVocabularyMt

Figura 4.5. *Microteoria in cui è valida la proprietà di ereditarietà tra i predicati*

La microteoria **MuseumMt** eredita da **NaivePhysicsVocabularyMt** e quindi la soluzione fornita è effettivamente valida.

Bibliografia:

1. *M. Uschold & M. Gruninger. Ontologies: Principles, Methods and Applications. AIAI-TR-191, The University of Edinburgh, February 1996.*
2. *T. Gruber. http://www-ksl.stanford.edu/kst/what-is-an-ontology.html*
3. *N. Guarino and P. Giaretta. Ontoligies and knowledge bases - towards a terminological clarification. In N.J. Mars, editor,* Towards Very Large Knowledges Bases - Knowledge Building and Knowledge Sharing 1995*, pages 25-32. IOS Press, Amsterdam, 1995.*
4. *T. Gruber. A translation approach to portable ontology specifications.* Knowledge Acquisition*, 5 (2) : 199-220, 1993.*
5. *G. Schreiber, B. Wielinga, and W. Jansweijer. The kactus view on the 'o' word. In* Workshop on Basic Ontological Issues in Knowledge Sharing*. International Joint Conference on Artificial Intelligence, 1995.*
6. *R. Wielinga, G. Schreiber, W. Jansweijer, A. Anjewierden, and F. van Hamelen. Framework and formalism for expressing ontologies. Technical report, Unversity of Amsterdam, 1994. Esprit Project 8145 Deliverable DO1b1, disponibile da http://www.swi.psy.uva.nl/projects/Kactus/Reports.html*
7. *J. Lee, G. Yost, and PIF Working Group. The pif process interchange format and framework. Technical Report 180, MIT Center for Coordination Science, 1995.*
8. *D. Skuce. Conventions for reaching agreement on shared ontologies. In* Proceedings of the 9th Knowledge Acquisition for Knowledge Based Systems Workshop*, 1995.*
9. *A. Gòmez-Pérez, N. Juristo, and J. Pazos. Evaluation and assessment of knowledge sharing technology. In N. J. Mars, editor,* Towards Very Large Knowledges Bases - Knowledge Building and Knowledge Sharing 1995*, pages 289-286. IOS Press, Amsterdam, 1995.*
10. *M. R. Genesereth and R. E. Fikes. Knowledge interchange format, version 3.0 reference manual. Technical Report Logic-92-1, Computer Science Department, Stanford University, 1992.*
11. *N. Lehrer. Knowledge representation specification language. Technical report, DARPA/Rome Laboratory Planning and Scheduling Initiative, 1993. Reference Manual.*
12. *Workflow Management Coalition Members. Glossary – a workflow management coalition specification. Technical report, The Workflow Management Coalition, 1994.*
13. *Initial release of international standard (is) 10303. Technical Report IS 10303, International Standards Organization, 1994.*
14. *T. J. Mowbray and R. Zahavi.* The ESSENTIAL COBRA: System Integration Using Distributed Objects*. John Wiley and Object Management Group, 1995.*
15. *J. Sowa. Conceptual Structures:* Information Processing in Mind and Machine*. Addison Wesley, Reading, MA, 1984.*
16. *P. van der Vet and N. Mars. Structured system of concepts for storing, retrieving, and manipulating chemical information.* Journal of Chemical Information and Computer Sciences*, 33 : 564-568, 1993.*

17. *R. Fikes, M. Cutkosky, T. Gruber, and J. van Baalen. Knowledge sharing technology project overview. Technical Report KSL-91-71, Stanford University, Knowledge Systems Laboratory, 1991.*

18. *S. L. Reed and D. B. Lenat. Mapping Ontologies into Cyc. Cycorp, Inc. 3721 Executive Center Dr., Austin, Texas.*

19. *Federal Information Processing Standards Publication 10-4, 1995. Countries, Dependencies, Areas of Special Sovereignty, and Their Principal Administrative Divisions.*

20. *National Library of Medicine, 2002. Medical Subject Headings.*

URL: http://www.nlm.nhi.gov/pubs/factsheets/mesh.html

21. *Fellbaum, C. editor, 1998.* ***WordNet*** An Electronic Lexical Database*. The MIT Press.*

22. *Central Intelligence Agency, 2001.* The CIA World Factbook

URL: http://www.cia.gov/cia/publications/factbook/

23. *Rumbaugh, J., Jacobson, I. And Booch, G. 1998.* The Unified Modeling Language Reference Manual*. Addison-Wesley.*

24. *J. Masters. Structured Knowledge Source Integration and its applications to information fusion. Cycorp, Inc. 3721 Executive Center Dr. Austin, TX.*

25. *E. Mena, V, Kashyap, A. Sheth, and A. Illarramendi. OBSERVER: An Approach for Query Processing in Global Information Systems based on Interoperation across Pre-existing Ontologies. In* Proc. of the First IFCIS International Conference on Cooperative Information Systems (CoopIS'96), Brussels (Belgium)*, June. IEEE Computer Society Press, 1996.*

26. *E. Mena, V, Kashyap, A. Illarramendi, and A. Sheth. Domain specific ontologies for semantic information brokering on the global information infrastructure. In* Proc. of the International Conference on Formal Ontologies in Information Systems (FOIS'98). Trento (Italy)*, June 1998.*

27. *J. Hefling and J. Hendler. Dynamic Ontologies on the Web, Department of Computer Science, University of Maryland College Park, MD 20742.*

28. *Luke S., Spector L., Rager D., and Hendler J., 1997. Ontology-based Web Agents. In* Proceedings of the First International Conference on Autonomous Agents*, 59-66. New York, NY: Association of Computing Machinery.*

29. *Hefling J., Hendler J., and Luke S., 1999. SHOE: A Knowledge Representation Language for Internet Applications, Technical Report, CS-TR-4078 (UNIACS TR-99-71), Dept. of Computer Science, University of Maryland.*

30. *P. Singh. The Public Acquisition of Commonsense Knowledge, MIT Media Lab20 Ames St., Cambridge, USA.*

31. *Lenat D. B., 1995. CYC: A large-scale investment in knowledge infrastructure.* Comminications of the ACM *38 (11) : 33-38.*

32. *H. Chalupsky. Ontomorph: A Translation System for Symbolic Knowledge, USC Information Sciences Institute, Marina del Rey, USA.*

33. *A. G. Cohn, F. Giunchiglia, and B. Selman, editors, Principles of Knowledge Representation and Reasoning:* Proceedings of the Seventh International Conference (KR2000)*, Morgan Kaufmann Publishers.*

34. *P. Cohen, R, Schrag, E. Jones, A. Pease, A. Lin, B. Starr, D. Gunning, and M. Burke. The DARPA Hogh-Performance Knowledge Bases Project, American Association for AI, 1998.*

35. *www.teknowledge.com/HPKB*

36. *www.teknowledge.com/HOKB/meetings/Year1meeting*

37. *www.iet.com/Projects/HPKB/Y1Eva/*

38. *www.iet.com/Projects/HPKB/Combined-Cps.doc,*

39. *eksl-www.cs.umass.edu:80/research/hpkb/scores*

40. *Patil R., Fikes R., Patel-Schneider P., Mackay D., Finin T., Gruber T., and Neches R. 1992. The DARPA Knowledge Sharing Effort: Progress Report. In KRR-92. pp 777-788.*

41. *T. R. Gruber. Ontolingua: A Mechanism to Support Portable Ontologies. Knowledge Systems Laboratory, Stanford University, final revision June 1992.*

42. *A. Gangemi, D. M. Pisanelli, G. Steve. Ontology Integration: Experience with Medical Terminologies. ITBM-CNR, Roma, Italy.*

43. *Gangemi A., Steve G., Giacomelli F., "ONIONS : An Ontological Methodology for Taxonomic Knowledge Integration" In P. van der Vet (ed.)* Proceedings of the Workshop on Ontological Engineering, ECA196*, 1996.*

44. *Steve G., Gangemi A., "ONIONS Methodology and Ontological Commitment of Medical Ontology ON8.5",* Proceedings of Knowledge Acquisition Workshop*, Banff, participants edition, 1996.*

45. *Steve G., Gangemi A., Pisanelli DM, "Integrating Medical Terminologies with ONIONS Methodology", in Kangassalo H, Charrel JP (eds.)* Information Modelling and Knowledge Bases VIII*, Amsterdam, IOS Press 1997.*

46. *Guha R. V. and Lenat D. B. CYC:Enabling agents to work together.* Commun. ACM 37*, 7 (July 1994).*

47. *Pittman K. And Lenat D. B. Representing knowledge in CYC-9. MCC Tech. Rep. CYC-175-93P, 1993.*

48. *http://www.cyc.com/doc/tut/ppoint/Introduction_files/frame3.htm*

49. *http://www.cyc.com/doc/tut/ppoint/why_use_logic_files/frame3.htm*

50. *http://www.cyc.com/doc/tut/ppoint/FundamentaExpressionTypes_files/frame3.htm*

51. *http://www.cyc.com/doc/tut/ppoint/CycLSintax_files/frame3.htm*

52. *http://www.cyc.com/doc/tut/ppoint/CollectionsIndividuals_files/frame3.htm*

53. *http://www.cyc.com/doc/tut/ppoint/Arity_files/frame3.htm*

54. *http://www.cyc.com/doc/tut/ppoint/ArgumentTypes_files/frame3.htm*

55. *http://www.cyc.com/doc/tut/ppoint/MoreOnFunctions_files/frame3.htm*

56. *http://www.cyc.com/doc/tut/ppoint/TheBasicsOfPredDenoFun_files/frame3.htm*

57. *http://www.cyc.com/doc/tut/ppoint/EventTypes_files/frame3.htm*

58. *http://www.cyc.com/doc/tut/ppoint/TimeAndDates_files/frame3.htm*

59. *http://www.cyc.com/doc/tut/ppoint/EventsInCyc_files/frame3.htm*

60. *http://www.cyc.com/doc/tut/ppoint/RolesAndEventPredicates_files/frame3.htm*

61. *http://www.cyc.com/doc/tut/ppoint/Microtheories_files/frame3.htm*

62. *http://www.cyc.com/doc/tut/ppoint/InferenceLogicalAspects_files/frame3.htm*

63. *http://www.cyc.com/doc/tut/ppoint/InferenceIncompleteness_files/frame3.htm*

64. *http://www.cyc.com/doc/tut/ppoint/InferenceResourceBounds_files/frame3.htm*

65. *F. van Harmelen, J. Hendler, I. Horrocks, D. McGuinness, P. F. Patel-Schneider and L. A. Stein.* Web Ontology Language (OWL) Reference Version 1.0*, W3C Working Draft 21 February 2003, editors M. Dean and G. Schreiber.*