

# Sistemas Basados en Conocimiento

Eduardo Morales, Enrique Sucar



# Contenido

- 1 Introducción
- 2 Tipos de Sistemas Expertos
- 3 Arquitectura
- 4 Representación de Conocimiento
- 5 Ingeniería de Conocimiento
- 6 Ontologías
- 7 Ejemplo: Ontología para Video-Vigilancia

# Definición

Sistemas  
Basados en  
Conocimiento

Eduardo  
Morales,  
Enrique Sucar

Introducción

Tipos de  
Sistemas  
Expertos

Arquitectura

Representación de  
Conocimiento

Ingeniería de  
Conocimiento

Ontologías

Ejemplo:  
Ontología  
para Video-  
Vigilancia

Un sistema experto o sistema basado en conocimiento se puede definir como:

- “...sistema que resuelve problemas utilizando una representación simbólica del conocimiento humano”[Jackson 86].

# Separación Conocimiento / Inferencia

Tienen una separación entre:

- Conocimiento específico del problema: *Base de Conocimiento*
- Metodología para solucionar el problema: *Máquina de Inferencia*

# Características importantes

Sistemas  
Basados en  
Conocimiento

Eduardo  
Morales,  
Enrique Sucar

Introducción

Tipos de  
Sistemas  
Expertos

Arquitectura

Representación de  
Conocimiento

Ingeniería de  
Conocimiento

Ontologías

Ejemplo:  
Ontología  
para Video-  
Vigilancia

- Representación explícita del conocimiento
- Capacidad de razonamiento independiente de la aplicación específica
- Capacidad de explicar sus conclusiones y el proceso de razonamiento
- Alto rendimiento en un dominio específico
- Uso de heurísticas vs. modelos matemáticos
- Uso de inferencia simbólica vs. algoritmos numéricos

# Importancia del Conocimiento

- Basan su rendimiento en la cantidad y calidad del conocimiento de un dominio o campo de aplicación y no tanto en las técnicas de solución de problemas.
- “El poder está en el conocimiento”.

# Diferencia con otras técnicas:

- En ingeniería, teoría de control, ..., se intenta resolver el problema mediante su modelado (modelo del problema).
- En sistemas expertos se ataca el problema construyendo un modelo del experto o resolvidor de problemas (modelo del experto).

Sistemas  
Basados en  
Conocimiento

Eduardo  
Morales,  
Enrique Sucar

Introducción

Tipos de  
Sistemas  
Expertos

Arquitectura

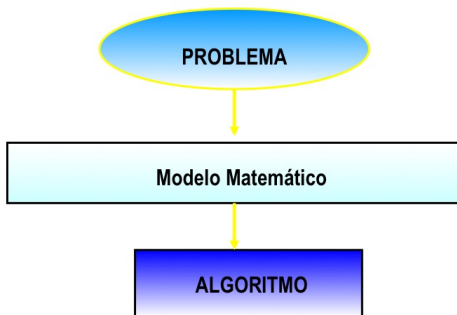
Representación de  
Conocimiento

Ingeniería de  
Conocimiento

Ontologías

Ejemplo:  
Ontología  
para Video-  
Vigilancia

# Enfoque tradicional



Sistemas  
Basados en  
Conocimiento

Eduardo  
Morales,  
Enrique Sucar

Introducción

Tipos de  
Sistemas  
Expertos

Arquitectura

Representación de  
Conocimiento

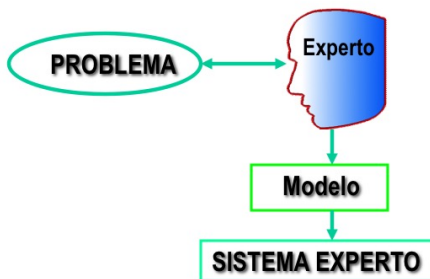
Ingeniería de  
Conocimiento

Ontologías

Ejemplo:  
Ontología  
para Video-  
Vigilancia



# Enfoque de SBC



Sistemas  
Basados en  
Conocimiento

Eduardo  
Morales,  
Enrique Sucar

Introducción

Tipos de  
Sistemas  
Expertos

Arquitectura

Representación de  
Conocimiento

Ingeniería de  
Conocimiento

Ontologías

Ejemplo:  
Ontología  
para Video-  
Vigilancia

# Clasificación

## Sistemas de análisis / interpretación

- Identificación
- Monitoreo
- Diagnóstico
- Predicción
- Control

# Clasificación

## Sistemas de síntesis / construcción

- Especificación
- Diseño
- Configuración
- Planeación
- Ensamble
- Modificación

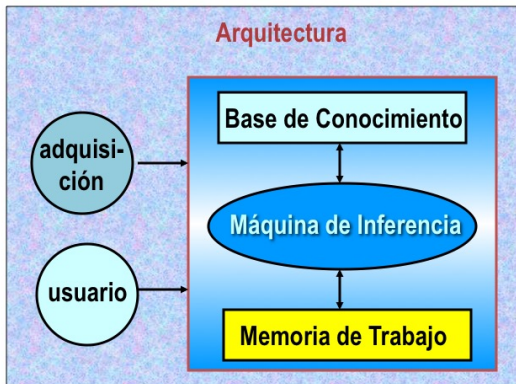
# Clasificación

- Identificación → Predicción → Control
- Especificación → Diseño → Ensamble

# Componentes

- Base de Conocimiento (KB): almacena el conocimiento del problema
- Máquina de Inferencia: utiliza el conocimiento y los datos del problema para llegar a resultados y/o conclusiones
- Memoria de Trabajo: almacena los datos iniciales y resultados intermedios de un problema
- Interfaz de usuario: permite la interacción del usuario con el sistema (datos y resultados)
- Interfaz de adquisición: facilita la captura del conocimiento con los expertos (o el aprendizaje)

# Arquitectura



Sistemas  
Basados en  
Conocimiento

Eduardo  
Morales,  
Enrique Sucar

Introducción

Tipos de  
Sistemas  
Expertos

Arquitectura

Representación de  
Conocimiento

Ingeniería de  
Conocimiento

Ontologías

Ejemplo:  
Ontología  
para Video-  
Vigilancia

# Ejemplo

Sistemas  
Basados en  
Conocimiento

Eduardo  
Morales,  
Enrique Sucar

Introducción

Tipos de  
Sistemas  
Expertos

Arquitectura

Representación  
de  
Conocimiento

Ingeniería de  
Conocimiento

Ontologías

Ejemplo:  
Ontología  
para Video-  
Vigilancia

- Un sistema experto “mecánico” de autos incluye el conocimiento experto de los mecánicos para diagnosticar y reparar autos.
- El sistema requiere de alguna forma de *representar* el conocimiento de los expertos
- Una forma común son “reglas de producción”(aunque existen otras formas de representar conocimiento)

# Ejemplo



Sistemas  
Basados en  
Conocimiento

Eduardo  
Morales,  
Enrique Sucar

Introducción

Tipos de  
Sistemas  
Expertos

Arquitectura

Representación de  
Conocimiento

Ingeniería de  
Conocimiento

Ontologías

Ejemplo:  
Ontología  
para Video-  
Vigilancia



# Ventajas

Sistemas  
Basados en  
Conocimiento

Eduardo  
Morales,  
Enrique Sucar

Introducción

Tipos de  
Sistemas  
Expertos

Arquitectura

Representación de  
Conocimiento

Ingeniería de  
Conocimiento

Ontologías

Ejemplo:  
Ontología  
para Video-  
Vigilancia

Resolver problemas para los que no existe un modelo matemático adecuado o su solución es muy compleja, como en:

- Medicina
- Exploración minera / petrolera
- Diagnóstico de sistemas complejos
- Educación
- Finanzas

# Ventajas

Sistemas  
Basados en  
Conocimiento

Eduardo  
Morales,  
Enrique Sucar

Introducción

Tipos de  
Sistemas  
Expertos

Arquitectura

Representación de  
Conocimiento

Ingeniería de  
Conocimiento

Ontologías

Ejemplo:  
Ontología  
para Video-  
Vigilancia

Preservar el conocimiento de expertos y hacerlo accesible a más personas (administración de conocimiento o *knowledge management*).

Capacidad de explicar al usuario el proceso de razonamiento.

Resolver problemas para los cuales no se cuenta con suficientes datos para aplicar aprendizaje.

# Representación de Conocimiento

Sistemas  
Basados en  
Conocimiento

Eduardo  
Morales,  
Enrique Sucar

Introducción

Tipos de  
Sistemas  
Expertos

Arquitectura

Representación  
de  
Conocimiento

Ingeniería de  
Conocimiento

Ontologías

Ejemplo:  
Ontología  
para Video-  
Vigilancia

- Representación: “... un conjunto de convenciones sintácticas y semánticas que hacen posible el describir cosas”[Winston 74].
- Representación de conocimiento = escribir en un lenguaje descripciones del mundo:
  - Sintaxis: símbolos y conjunto de reglas para combinarlos.
  - Semántica: significado de las expresiones construidas.

# Ingredientes básicos

Sistemas  
Basados en  
Conocimiento

Eduardo  
Morales,  
Enrique Sucar

Introducción

Tipos de  
Sistemas  
Expertos

Arquitectura

Representación de  
Conocimiento

Ingeniería de  
Conocimiento

Ontologías

Ejemplo:  
Ontología  
para Video-  
Vigilancia

- un lenguaje de representación,
- capacidad de inferencias,
- explicación de comportamiento,
- capacidad para construir sistemas inteligentes,
- poder representar “sentido común”.

# Criterios

Sistemas  
Basados en  
Conocimiento

Eduardo  
Morales,  
Enrique Sucar

Introducción

Tipos de  
Sistemas  
Expertos

Arquitectura

Representación de  
Conocimiento

Ingeniería de  
Conocimiento

Ontologías

Ejemplo:  
Ontología  
para Video-  
Vigilancia

- **Capacidad Lógica:** Que sea capaz de expresar el conocimiento que deseamos expresar.
- **Poderío Heurístico:** Capacidad para resolver problemas.
- **Conveniencia de la Notación:** Simplicidad para acceder el conocimiento y facilidad de entendimiento

# Criterios

Sistemas  
Basados en  
Conocimiento

Eduardo  
Morales,  
Enrique Sucar

Introducción

Tipos de  
Sistemas  
Expertos

Arquitectura

Representación  
de  
Conocimiento

Ingeniería de  
Conocimiento

Ontologías

Ejemplo:  
Ontología  
para Video-  
Vigilancia

La representación determina la facilidad con la que podemos resolver ciertos problemas y utilizar el conocimiento [Marr 82].

Ejemplo:

- Representación de números romanos vs arábigos

# Tipos de representaciones

- Lógicas (lógica proposicional, lógica de predicados, extensiones)
- Procedurales (reglas de producción)
- Estructurales (redes semánticas, frames)
- Probabilísticas (redes bayesianas)
- Representaciones temporales, cualitativas, analógicas
- Representaciones sub-simbólicas (redes neuronales)

# Aspectos difíciles de representar

Sistemas  
Basados en  
Conocimiento

Eduardo  
Morales,  
Enrique Sucar

Introducción

Tipos de  
Sistemas  
Expertos

Arquitectura

Representación de  
Conocimiento

Ingeniería de  
Conocimiento

Ontologías

Ejemplo:  
Ontología  
para Video-  
Vigilancia

- Definiciones vs. hechos
- Universales vs. valores por omisión (defaults)
- Razonamiento no-monotónico
- Incertidumbre
- Sustancias (leche vs. litro de leche)
- Causalidad y tiempo
- Creencias, deseos, intenciones



# Consideraciones

Sistemas  
Basados en  
Conocimiento

Eduardo  
Morales,  
Enrique Sucar

Introducción

Tipos de  
Sistemas  
Expertos

Arquitectura

Representación de  
Conocimiento

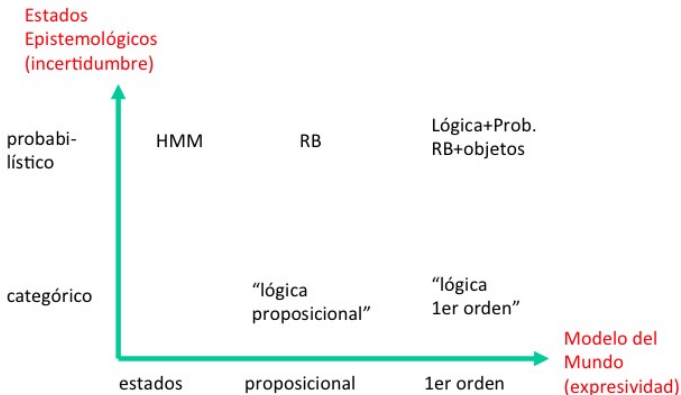
Ingeniería de  
Conocimiento

Ontologías

Ejemplo:  
Ontología  
para Video-  
Vigilancia

- Hacer explícito lo que se considere importante
- Exhibir las restricciones inherentes al problema
- Completo y preciso
- Entendible
- Fácil de usar
- Computacionalmente factible

# Espacio de Representaciones



Sistemas  
Basados en  
Conocimiento

Eduardo  
Morales,  
Enrique Sucar

Introducción

Tipos de  
Sistemas  
Expertos

Arquitectura

Representación  
de  
Conocimiento

Ingeniería de  
Conocimiento

Ontologías

Ejemplo:  
Ontología  
para Video-  
Vigilancia

# Ing. de Conocimiento

Sistemas  
Basados en  
Conocimiento

Eduardo  
Morales,  
Enrique Sucar

Introducción

Tipos de  
Sistemas  
Expertos

Arquitectura

Representación de  
Conocimiento

Ingeniería de  
Conocimiento

Ontologías

Ejemplo:  
Ontología  
para Video-  
Vigilancia

- Proceso de construir una base de conocimientos
- El elemento esencial es el lenguaje de representación
- Este debe ser expresivo, conciso, no ambiguo y efectivo

# Consumidores

Sistemas  
Basados en  
Conocimiento

Eduardo  
Morales,  
Enrique Sucar

Introducción

Tipos de  
Sistemas  
Expertos

Arquitectura

Representación de  
Conocimiento

Ingeniería de  
Conocimiento

Ontologías

Ejemplo:  
Ontología  
para Video-  
Vigilancia

Una base de conocimiento tiene dos principales tipos de consumidores:

- Humanos (usuarios, desarrolladores, expertos)
- Procesos de inferencia (sistema basado en conocimiento)

# Representación de conceptos

Sistemas  
Basados en  
Conocimiento

Eduardo  
Morales,  
Enrique Sucar

Introducción

Tipos de  
Sistemas  
Expertos

Arquitectura

Representación de  
Conocimiento

Ingeniería de  
Conocimiento

Ontologías

Ejemplo:  
Ontología  
para Video-  
Vigilancia

- Es importante al *nombrar* los conceptos en el dominio, que estos sean adecuados tanto para su uso en el proceso de inferencia como para su interpretación por los humanos.
- En particular se deben expresar de forma que sean reusables: lo que expresemos en una situación debe poder usarse en otras.
- Por ejemplo: *vehiculo – terrestre – sedan(Beetle)* – no es una buena forma de expresar un concepto ...

# Representación de conceptos

Sistemas  
Basados en  
Conocimiento

Eduardo  
Morales,  
Enrique Sucar

Introducción

Tipos de  
Sistemas  
Expertos

Arquitectura

Representación de  
Conocimiento

Ingeniería de  
Conocimiento

Ontologías

Ejemplo:  
Ontología  
para Video-  
Vigilancia

Una mejor forma de expresar lo mismo, usando lógica de predicados, es la siguiente:

- $sedan(Beetle)$
- $\forall(X) sedan(X) \rightarrow terrestre(X)$
- $\forall(X) terrestre(X) \rightarrow vehiculo(X)$

# Vocabulario

- Al desarrollar un sistema basado en conocimiento es importante el decidir que se debe incluir en la KB: que objetos, hechos, ... se tienen que tener y cuáles ignorar
- En términos de lógica, decidir el vocabulario de predicados, funciones y constantes
- Es decir; definir los *conceptos* relevantes, y como se relacionan estos conceptos
- El resultado de esto es una **Ontología** – puede ser conveniente definir esta conceptualización en forma más amplia que lo requerido en un aplicación particular, lo cual permite reutilizarla para diferentes aplicaciones

# Ontología

Sistemas  
Basados en  
Conocimiento

Eduardo  
Morales,  
Enrique Sucar

Introducción

Tipos de  
Sistemas  
Expertos

Arquitectura

Representación  
de  
Conocimiento

Ingeniería de  
Conocimiento

Ontologías

Ejemplo:  
Ontología  
para Video-  
Vigilancia

- Conceptos seleccionados para describir un dominio
- Vocabulario de predicados, funciones y constantes
- Seleccionar alternativas - como nombrar los conceptos, cuando usar funciones, variables o constantes, etc.
- Decidir como *organizar* dichos conceptos (relaciones, jerarquías)

Puede haber desde ontologías muy específicas para un problema, ontologías más amplias para un dominio, hasta ontologías genéricas



# Elementos de una Ontología

Sistemas  
Basados en  
Conocimiento

Eduardo  
Morales,  
Enrique Sucar

Introducción

Tipos de  
Sistemas  
Expertos

Arquitectura

Representación de  
Conocimiento

Ingeniería de  
Conocimiento

Ontologías

Ejemplo:  
Ontología  
para Video-  
Vigilancia

- **Categorías** – incluyen objetos con propiedades comunes arregladas en taxonomías jerárquicas.
- Se puede inferir la categoría de un objeto con base a sus propiedades, y hacer predicciones de otras propiedades del objeto.
- Se pueden obtener propiedades de un objeto de sus super-clases a través de *herencia*.
- Las categorías permiten organizar y simplificar la adquisición del conocimiento.

# Elementos de una Ontología

Sistemas  
Basados en  
Conocimiento

Eduardo  
Morales,  
Enrique Sucar

Introducción

Tipos de  
Sistemas  
Expertos

Arquitectura

Representación de  
Conocimiento

Ingeniería de  
Conocimiento

Ontologías

Ejemplo:  
Ontología  
para Video-  
Vigilancia

- **Medidas** – relaciona objetos a cantidades de tipos particulares (v.g., masa, edad, precios, etc.)
- Las medidas cuantitativas son en general fácil de representar
- Otras medidas no tienen una escala de valores única (problemas, sabor, belleza, etc.)

# Elementos de una Ontología

Sistemas  
Basados en  
Conocimiento

Eduardo  
Morales,  
Enrique Sucar

Introducción

Tipos de  
Sistemas  
Expertos

Arquitectura

Representación de  
Conocimiento

Ingeniería de  
Conocimiento

Ontologías

Ejemplo:  
Ontología  
para Video-  
Vigilancia

- **Objetos compuestos** – objetos complejos que se describen por su estructura constitutiva (partes)
- Se pueden tener jerarquías de tipo partes-de (*parts-of*)
- Se pueden tener objetos compuestos sin estructura.

# Elementos de una Ontología

Sistemas  
Basados en  
Conocimiento

Eduardo  
Morales,  
Enrique Sucar

Introducción

Tipos de  
Sistemas  
Expertos

Arquitectura

Representación de  
Conocimiento

Ingeniería de  
Conocimiento

Ontologías

Ejemplo:  
Ontología  
para Video-  
Vigilancia

- **Tiempo, Espacio y Cambio** – para permitir acciones y eventos con diferentes duraciones y que puedan ocurrir simultáneamente
- La noción general es que el universo es continuo tanto en tiempo como en espacio
- **Eventos y Procesos** – eventos individuales ocurren en un tiempo y lugar particular. Los procesos son eventos continuos y homogéneos por naturaleza

# Elementos de una Ontología

Sistemas  
Basados en  
Conocimiento

Eduardo  
Morales,  
Enrique Sucar

Introducción

Tipos de  
Sistemas  
Expertos

Arquitectura

Representación  
de  
Conocimiento

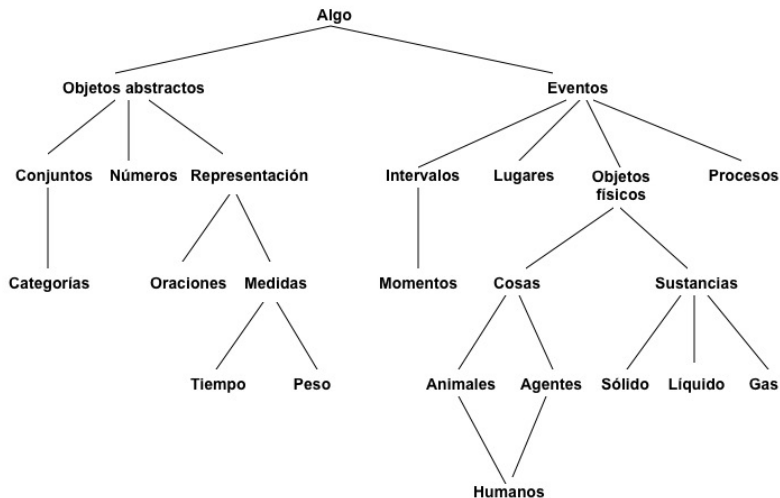
Ingeniería de  
Conocimiento

Ontologías

Ejemplo:  
Ontología  
para Video-  
Vigilancia

- **Objetos Físicos** – al extender las cosas en tiempo y espacio, los objetos físicos tienen mucho en común con los eventos. A veces les llaman “fluentes”( *fluents*)
- **Substancias** – temporales y espaciales (v.g., mantequilla). Existen propiedades intrínsecas que son de la sustancia del objeto más que del objeto mismo (color, temperatura en que se derrite, etc.), y propiedades extrínsecas (peso, forma, etc.)
- **Objetos Mentales y Creencias** – se tiene que razonar acerca de creencias del mundo

# Ontología General



Sistemas  
Basados en  
Conocimiento

Eduardo  
Morales,  
Enrique Sucar

Introducción

Tipos de  
Sistemas  
Expertos

Arquitectura

Representación  
de  
Conocimiento

Ingeniería de  
Conocimiento

Ontologías

Ejemplo:  
Ontología  
para Video-  
Vigilancia

## Ejemplo de Ontología

- Dentro del proyecto “VIVA”(VIdeo Vigilancia Automática) se desarrolló una ontología general para sistemas de video vigilancia
- La idea es incluir todos los conceptos, objetos, eventos, etc. que son importantes en este dominio
- También se espera usar para realizar cierto tipo de inferencias en base a la ontología (otra ventaja de estas representaciones)



# Ontología VIVA

Sistemas  
Basados en  
Conocimiento

Eduardo  
Morales,  
Enrique Sucar

Introducción

Tipos de  
Sistemas  
Expertos

Arquitectura

Representación de  
Conocimiento

Ingeniería de  
Conocimiento

Ontologías

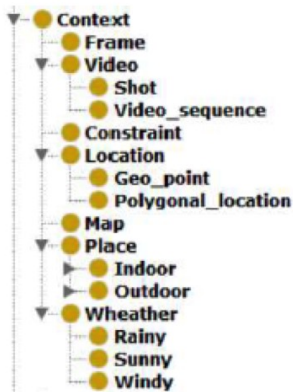
Ejemplo:  
Ontología  
para Video-  
Vigilancia

Se divide en 3 clases principales:

- Contexto – contiene todos los elementos sobre el contexto de donde se está capturando video.
- Sistema – define todos los elementos de HW y SW del sistema
- Contenido – incluye todos los elementos visuales que se obtienen de los videos



# Contexto



Sistemas  
Basados en  
Conocimiento

Eduardo  
Morales,  
Enrique Sucar

Introducción

Tipos de  
Sistemas  
Expertos

Arquitectura

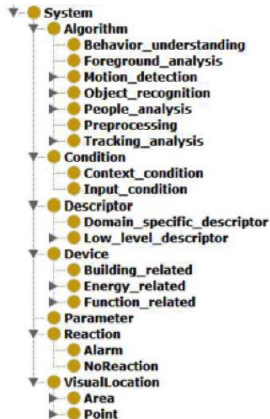
Representación de  
Conocimiento

Ingeniería de  
Conocimiento

Ontologías

Ejemplo:  
Ontología  
para Video-  
Vigilancia

# Sistema



Sistemas  
Basados en  
Conocimiento

Eduardo  
Morales,  
Enrique Sucar

Introducción

Tipos de  
Sistemas  
Expertos

Arquitectura

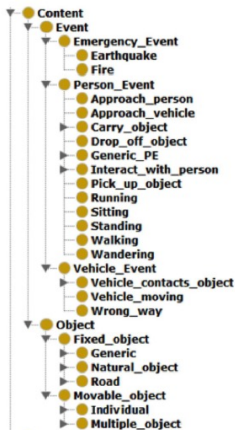
Representación de  
Conocimiento

Ingeniería de  
Conocimiento

Ontologías

Ejemplo:  
Ontología  
para Video-  
Vigilancia

# Contenido



Sistemas  
Basados en  
Conocimiento

Eduardo  
Morales,  
Enrique Sucar

Introducción

Tipos de  
Sistemas  
Expertos

Arquitectura

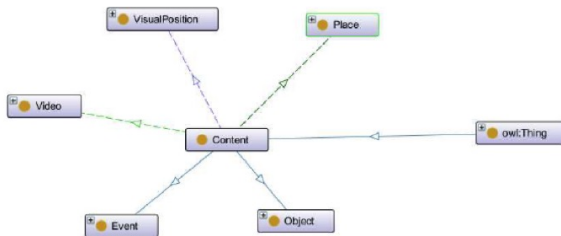
Representación de  
Conocimiento

Ingeniería de  
Conocimiento

Ontologías

Ejemplo:  
Ontología  
para Video-  
Vigilancia

# Relaciones Contenido



# Herramientas

- Existen diversas herramientas para crear, mantener y usar ontologías
- Un ejemplo es *OWL - Ontology Web Language* – es básicamente un lenguaje para publicar y compartir ontologías en el WWW
- Algunas de estas herramientas incluyen métodos de inferencia que pueden generar nueva información a partir de la existente usando por ejemplo herencia

# Tarea

- Definir una ontología para algún dominio / problema particular que conozcas o tengas acceso a un experto.
- De preferencia un problema complejo al que valdría la pena aplicar SBC.
- Incluir los principales conceptos en el dominio y las relaciones entre estos conceptos considerando diferentes puntos de vista (es un (subclase), parte-de, etc.)
- Identificar para que tipo(s) de SBC se podría utilizar la ontología (diagnóstico, predicción, ensamble, ...)

# Referencias

- Russel y Norvig - Cap. 6, 8
- Jackson - Cap. 1
- VIVA Project: Ontology for Video Surveillance, Final Report, INAOE, Junio 2017.

Sistemas  
Basados en  
Conocimiento

Eduardo  
Morales,  
Enrique Sucar

Introducción

Tipos de  
Sistemas  
Expertos

Arquitectura

Representación de  
Conocimiento

Ingeniería de  
Conocimiento

Ontologías

Ejemplo:  
Ontología  
para Video-  
Vigilancia