

# Arquitecturas de Control

Eduardo Morales, Enrique Sucar

INAOE

# Contenido

- 1 Pizarrón  
Hearsay-II  
OPM
- 2 Arquitectura de Capas  
MOLGEN
- 3 Sistemas Distribuídos
- 4 Inteligencia Artificial Dsistribuida (DAI)  
Agentes  
Ambientes  
Esquemas de Control

# Esquemas de Control

- Para resolver problemas complejos, a veces es necesario introducir mecanismos adicionales de control para distribuir tareas
- Existen 3 esquemas principales:
  - 1 Arquitectura de Pizarrón
  - 2 Sistema de Capas
  - 3 Sistemas de Agentes

# Arquitectura de Pizarrón

Arquitecturas  
de Control

Eduardo  
Morales,  
Enrique Sucar

Pizarrón

Hearsay-II  
OPM

Arquitectura  
de Capas  
MOLGEN

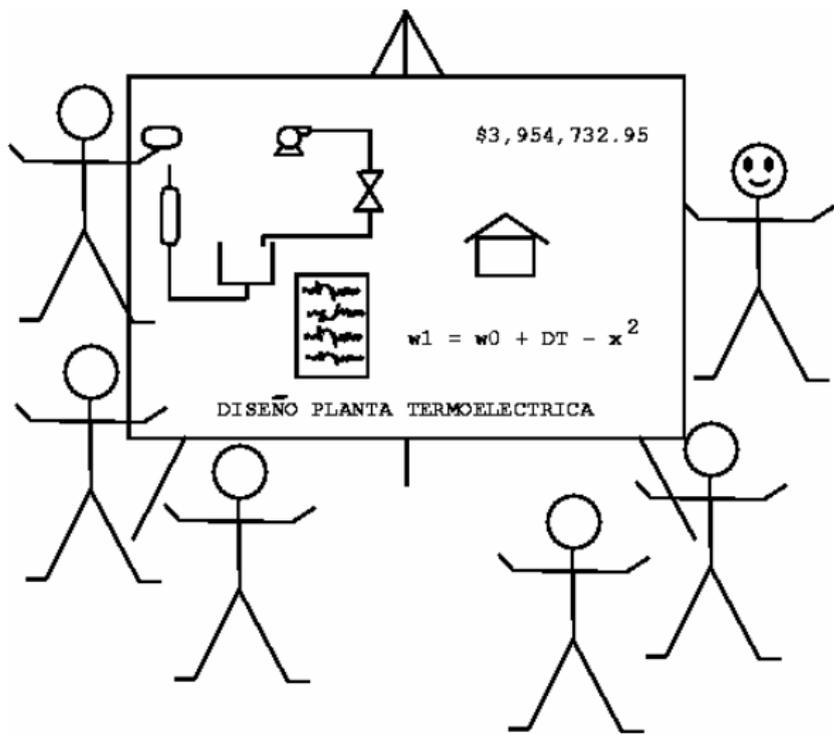
Sistemas  
Distribuidos

Inteligencia  
Artificial  
Distribuida  
(DAI)

Agentes  
Ambientes  
Esquemas de  
Control

- Surgió a principios de los 70's para resolver problemas en donde existían varios tipos de "expertos" independientes.
- Metáfora: una variedad de expertos cooperando a través de un pizarrón, cada experto contribuye cuando ve que el estado del pizarrón es tal, que puede hacer algo.

# Arquitectura de Pizarrón



Arquitecturas  
de Control

Eduardo  
Morales,  
Enrique Sucar

Pizarrón

Hearsay-II  
OPM

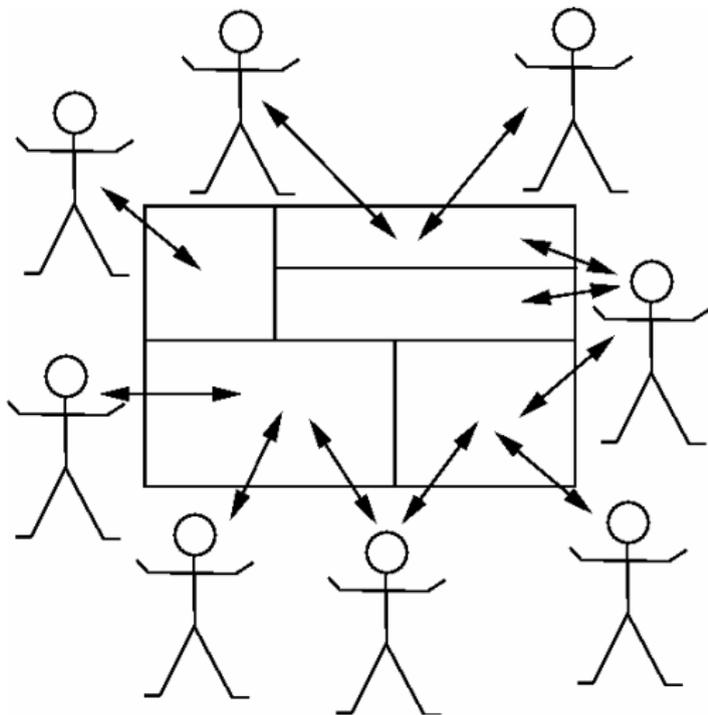
Arquitectura  
de Capas  
MOLGEN

Sistemas  
Distribuidos

Inteligencia  
Artificial  
Distribuida  
(DAI)

Agentes  
Ambientes  
Esquemas de  
Control

# Arquitectura de Pizarrón



Arquitecturas  
de Control

Eduardo  
Morales,  
Enrique Sucar

Pizarrón

Hearsay-II  
OPM

Arquitectura  
de Capas  
MOLGEN

Sistemas  
Distribuidos

Inteligencia  
Artificial  
Distribuida  
(DAI)

Agentes  
Ambientes  
Esquemas de  
Control

# Arquitecturas de Pizarrón

Arquitecturas  
de Control

Eduardo  
Morales,  
Enrique Sucar

Pizarrón

Hearsay-II  
OPM

Arquitectura  
de Capas  
MOLGEN

Sistemas  
Distribuidos

Inteligencia  
Artificial  
Distribuida  
(DAI)

Agentes  
Ambientes  
Esquemas de  
Control

Componentes:

- 1 Pizarrón: Una estructura de datos multi-dimensional
  - Juega el papel de memoria común de comunicación de las KS's
  - Almacena datos iniciales, soluciones parciales y finales, objetivos y toda la información relevante al problema
  - La información puede estar almacenada de diferentes maneras: Jerarquías, niveles de abstracción, número de hipótesis, etc
  - Puede tener información de control

# Arquitecturas de Control

Arquitecturas  
de Control

Eduardo  
Morales,  
Enrique Sucar

Pizarrón

Hearsay-II  
OPM

Arquitectura  
de Capas  
MOLGEN

Sistemas  
Distribuidos

Inteligencia  
Artificial  
Distribuida  
(DAI)

Agentes  
Ambientes  
Esquemas de  
Control

- ③ Fuentes de Conocimiento (KS's): se pueden ver como sistemas expertos sin explicación
  - Juegan el papel de operadores que transforman progresivamente los estados de solución del problema
  - Partes:
    - ① Activación (*trigger*): Condiciones para utilizarse
    - ② Evaluación: Estimación (subjetiva) de resultados
    - ③ Acciones: Solución de problemas

# Fuentes de Conocimiento

Arquitecturas  
de Control

Eduardo  
Morales,  
Enrique Sucar

Pizarrón

Hearsay-II  
OPM

Arquitectura  
de Capas  
MOLGEN

Sistemas  
Distribuidos

Inteligencia  
Artificial  
Distribuida  
(DAI)

Agentes  
Ambientes  
Esquemas de  
Control

- Las partes de precondición dicen bajo qué condiciones se debe de considerar la KS (normalmente con nuevas entradas al pizarrón).
- La evaluación da estimaciones (normalmente subjetivas) de la cantidad de recursos que necesita, el tiempo que va a consumir y el beneficio esperado (e.g., cuántas hipótesis va a generar y qué tan confiables son)

# Arquitecturas de Control

Arquitecturas  
de Control

Eduardo  
Morales,  
Enrique Sucar

Pizarrón

Hearsay-II  
OPM

Arquitectura  
de Capas  
MOLGEN

Sistemas  
Distribuidos

Inteligencia  
Artificial  
Distribuida  
(DAI)

Agentes  
Ambientes  
Esquemas de  
Control

Las fuentes de conocimiento pueden ser:

- Genéricas o específicas
- Únicas o redundantes
- Locales o distribuidas
- Homogéneas o híbridas

Las acciones pueden ser:

- Algorítmicas
- Heurísticas

# Arquitecturas de Control

Arquitecturas  
de Control

Eduardo  
Morales,  
Enrique Sucar

Pizarrón

Hearsay-II  
OPM

Arquitectura  
de Capas  
MOLGEN

Sistemas  
Distribuidos

Inteligencia  
Artificial  
Distribuida  
(DAI)

Agentes  
Ambientes  
Esquemas de  
Control

④ Mecanismo de Control (*scheduler*): Es el que lleva el razonamiento.

El algoritmo de ejecución “típico” es:

- Ve las nuevas entradas que se hicieron al pizarrón (observa los cambios)
- Ve cuáles KS's pueden hacer algo
- Construye una agenda de registros de activación (*Knowledge Source Activation Records* KSAR's) con instancias de las precondiciones de los KS's
- Ordena la agenda con un algoritmo
- Evoca al KS ganador

# Mecanismo de Control

Arquitecturas  
de Control

Eduardo  
Morales,  
Enrique Sucar

Pizarrón

Hearsay-II  
OPM

Arquitectura  
de Capas  
MOLGEN

Sistemas  
Distribuidos

Inteligencia  
Artificial  
Distribuida  
(DAI)

Agentes  
Ambientes  
Esquemas de  
Control

El mecanismo de control funciona con base en un foco de atención el cual puede estar sobre:

- Las fuentes de conocimiento
- Los objetos del pizarrón
- Una combinación

En algunos sistemas de pizarrón, existen KS's cuyo trabajo es controlar la activación de otros KS's

# Arquitectura de Pizarrón

Arquitecturas  
de Control

Eduardo  
Morales,  
Enrique Sucar

Pizarrón

Hearsay-II  
OPM

Arquitectura  
de Capas  
MOLGEN

Sistemas  
Distribuidos

Inteligencia  
Artificial  
Distribuida  
(DAI)

Agentes  
Ambientes  
Esquemas de  
Control

- La arquitectura de pizarrón se puede ver como una generalización de un sistema para pasar mensajes
- Al pizarrón le entran mensajes que pueden ser vistos por todos, pero leídos por unos cuantos. Es como si se tuvieran mensajes anónimos (pueden existir muchos receptores o ninguno).
- La solución se hace en forma cooperativa.
- El proceso termina cuando no hay KSs que puedan activarse o cuando se llega a la solución.

# Ejemplo

Arquitecturas  
de Control

Eduardo  
Morales,  
Enrique Sucar

Pizarrón

Hearsay-II  
OPM

Arquitectura  
de Capas  
MOLGEN

Sistemas  
Distribuidos

Inteligencia  
Artificial  
Distribuida  
(DAI)

Agentes  
Ambientes  
Esquemas de  
Control

Resolver el siguiente problema de cripto-aritmética:

$$\begin{array}{r}
 \text{DONALD} \\
 + \text{GERALD} \\
 \hline
 \text{ROBERT}
 \end{array}$$

$$D = 5$$

# Fuentes de Conocimiento

Arquitecturas  
de Control

Eduardo  
Morales,  
Enrique Sucar

Pizarrón

Hearsay-II  
OPM

Arquitectura  
de Capas

MOLGEN

Sistemas  
Distribuidos

Inteligencia  
Artificial  
Distribuida  
(DAI)

Agentes

Ambientes

Esquemas de  
Control

FC1: Dados  $c$  (*carry*),  $X$  y  $Y$ , calcula  $S$  y el nuevo  $c'$

$$\begin{array}{r}
 c \\
 X \\
 + \quad Y \\
 \hline
 S
 \end{array}$$

$$S = c + X + Y$$

$$c' = 1 \text{ if } S > 9, \text{ else } c' = 0$$

# Fuentes de Conocimiento

Arquitecturas  
de Control

Eduardo  
Morales,  
Enrique Sucar

Pizarrón

Hearsay-II  
OPM

Arquitectura  
de Capas  
MOLGEN

Sistemas  
Distribuidos

Inteligencia  
Artificial  
Distribuida  
(DAI)

Agentes  
Ambientes  
Esquemas de  
Control

FC2: Calcula el valor de  $Y$  o del nuevo *carry*

$$\begin{array}{r}
 X \\
 + \quad \underline{Y} \\
 X
 \end{array}$$

$$Y = \{0, 9\}$$

Si  $Y = 9$ , entonces  $c' = 1$

# Fuentes de Conocimiento

Arquitecturas  
de Control

Eduardo  
Morales,  
Enrique Sucar

Pizarrón

Hearsay-II  
OPM

Arquitectura  
de Capas

MOLGEN

Sistemas  
Distribuidos

Inteligencia  
Artificial  
Distribuida  
(DAI)

Agentes

Ambientes

Esquemas de  
Control

FC3: Acota el valor de  $Y$  o de  $c$

$$\begin{array}{r}
 c \\
 X \\
 + \quad \underline{X} \\
 Y
 \end{array}$$

Si  $Y = \text{IMPAR}$ , entonces  $c = 1$

Si  $c = 1$ , entonces  $Y = \text{IMPAR}$

# Fuentes de Conocimiento

Arquitecturas  
de Control

Eduardo  
Morales,  
Enrique Sucar

Pizarrón

Hearsay-II  
OPM

Arquitectura  
de Capas  
MOLGEN

Sistemas  
Distribuidos

Inteligencia  
Artificial  
Distribuida  
(DAI)

Agentes  
Ambientes  
Esquemas de  
Control

FC4: Dados  $c$  y  $Y$ , calcula  $X$

$$c + \frac{X}{Y}$$

$$X = \frac{Y-c}{2} \text{ ó } X = \frac{Y-c+10}{2}$$

Si además conozco  $c'$

$$X = \frac{Y-c+10*c'}{2}$$

# Fuentes de Conocimiento

Arquitecturas  
de Control

Eduardo  
Morales,  
Enrique Sucar

Pizarrón

Hearsay-II  
OPM

Arquitectura  
de Capas

MOLGEN

Sistemas  
Distribuidos

Inteligencia  
Artificial  
Distribuida  
(DAI)

Agentes

Ambientes

Esquemas de  
Control

FC5: Acotar el valor de  $S$  o de  $Y$

$$c$$

$$X$$

$$+ \frac{Y}{S}$$

Si  $c' = 0$ , entonces  $S > X$  y  $S > Y$

Si  $c' = 0$  y conozco  $c$  y  $S$ , entonces  $Y = S - X - c$

# Fuentes de Conocimiento

Arquitecturas  
de Control

Eduardo  
Morales,  
Enrique Sucar

Pizarrón

Hearsay-II  
OPM

Arquitectura  
de Capas  
MOLGEN

Sistemas  
Distribuidos

Inteligencia  
Artificial  
Distribuida  
(DAI)

Agentes  
Ambientes  
Esquemas de  
Control

FC6: Realiza toda la actualización de valores

- Si una letra es IMPAR, sus posibles valores son  $\{1, 3, 5, 7, 9\}$
- Elimina de la lista de posibles valores de las variables los valores ya asignados
- Asigna a una letra un valor si es el único valor posible
- Elimina valores que violen restricciones

FC7: Búsqueda exhaustiva

# Hearsay-II

Arquitecturas  
de Control

Eduardo  
Morales,  
Enrique Sucar

Pizarrón

Hearsay-II  
OPM

Arquitectura  
de Capas  
MOLGEN

Sistemas  
Distribuidos

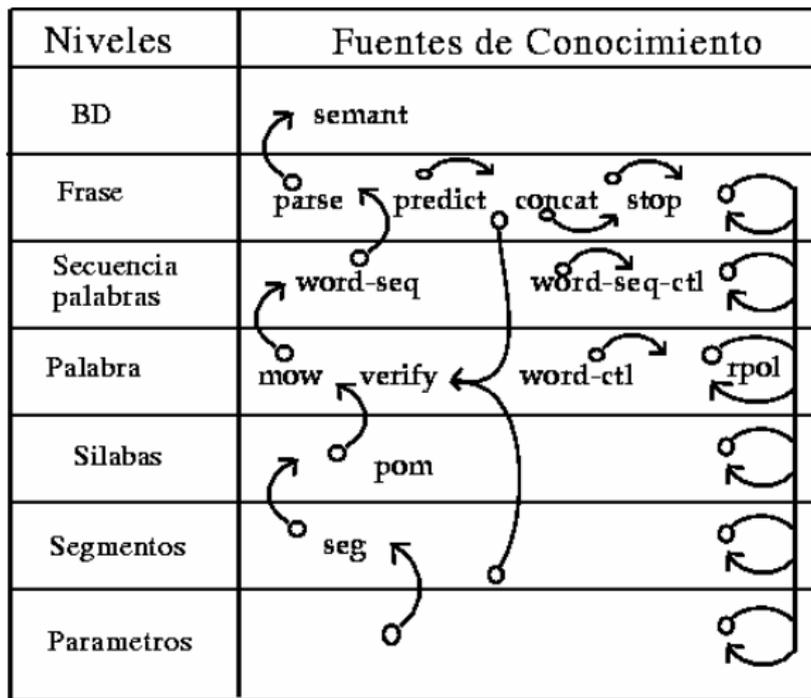
Inteligencia  
Artificial  
Distribuida  
(DAI)

Agentes  
Ambientes  
Esquemas de  
Control

El primer sistema de pizarrón, construido para entender voz.  
Resultado de un concurso de ARPA (71) para crear un sistema para 1976 que:

- Aceptara voz continua
- A través de un buen micrófono
- En una sala silenciosa
- 1,000 palabras
- Tiempo real

# Arquitectura de Pizarrón



# Hearsay-II

Arquitecturas  
de Control

Eduardo  
Morales,  
Enrique Sucar

Pizarrón

Hearsay-II

OPM

Arquitectura  
de Capas

MOLGEN

Sistemas  
Distribuidos

Inteligencia  
Artificial  
Distribuida  
(DAI)

Agentes

Ambientes

Esquemas de  
Control

- Por ejemplo: **word-seq** ve hipótesis a nivel de palabras y crea o modifica hipótesis a nivel de secuencias de palabras.
- Las dimensiones del pizarrón son: Niveles, Tiempo (desde que empieza la frase), y Número de hipótesis.

# OPM

Arquitecturas  
de Control

Eduardo  
Morales,  
Enrique Sucar

Pizarrón

Hearsay-II

OPM

Arquitectura  
de Capas

MOLGEN

Sistemas  
Distribuidos

Inteligencia  
Artificial  
Distribuida  
(DAI)

Agentes

Ambientes

Esquemas de  
Control

- Sistema de planeación.
- Diferencia: El mecanismo de control está determinado por un conjunto de fuentes de conocimiento que razonan acerca de control.
- Dimensiones del pizarrón: Nivel (salida, diseño, procedimiento, operación) y tiempo.

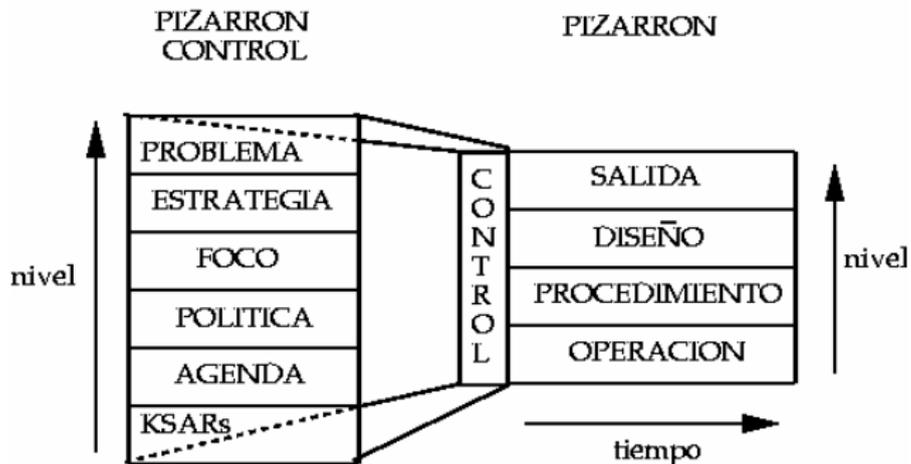
# OPM

La parte de control (que se puede ver como otro pizarrón) tenía los siguientes niveles:

- Problema: Descripciones generales del problema
- Estrategia: Decisiones generales, e.g., top-down, bottom-up
- Foco: Restricciones para guiar la atención (e.g., ve a diseño)
- Política: Decisiones de criterios (e.g., considera primero los más confiables)
- Agenda: Entradas a la agenda
- KSAR: Una entrada indicando la fuente de conocimiento a utilizar

# OPM

OPM



Arquitecturas  
de Control

Eduardo  
Morales,  
Enrique Sucar

Pizarrón

Hearsay-II

OPM

Arquitectura  
de Capas

MOLGEN

Sistemas  
Distribuidos

Inteligencia  
Artificial  
Distribuida  
(DAI)

Agentes

Ambientes

Esquemas de  
Control

# Arquitecturas de Capas

Arquitecturas  
de Control

Eduardo  
Morales,  
Enrique Sucar

Pizarrón

Hearsay-II  
OPM

Arquitectura  
de Capas

MOLGEN

Sistemas  
Distribuidos

Inteligencia  
Artificial  
Distribuida  
(DAI)

Agentes  
Ambientes  
Esquemas de  
Control

- Idea: Extender la idea de las agendas a diferentes niveles con un solucionador a cada nivel.
- La idea fundamental es organizar los operadores y la información en capas (*layers*).
- La capa inferior tiene operadores que actúan directamente sobre el estado de solución del problema.

# Arquitecturas de Capas

Arquitecturas  
de Control

Eduardo  
Morales,  
Enrique Sucar

Pizarrón

Hearsay-II  
OPM

Arquitectura  
de Capas

MOLGEN

Sistemas  
Distribuidos

Inteligencia  
Artificial  
Distribuida  
(DAI)

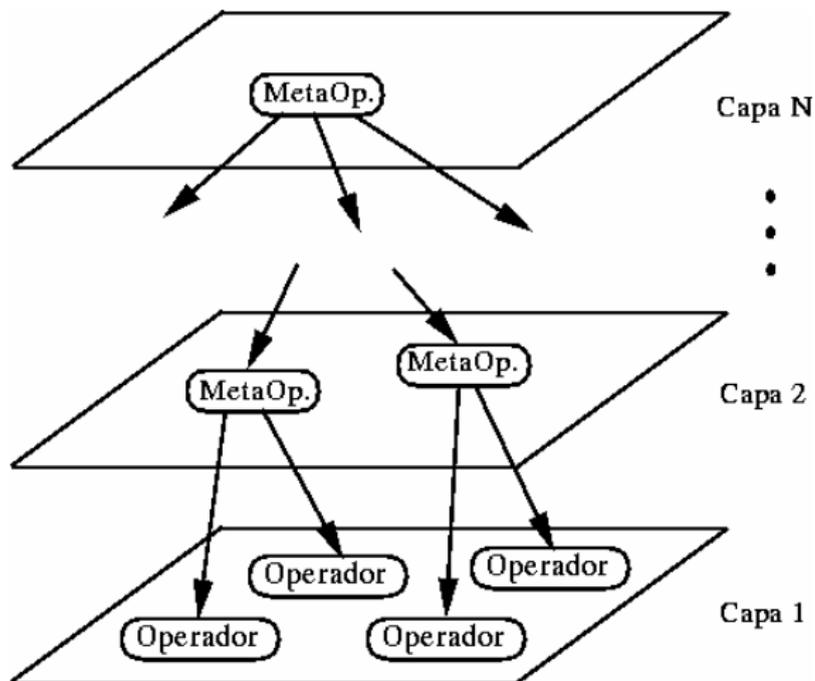
Agentes

Ambientes

Esquemas de  
Control

- Las capas superiores tienen *meta*-operadores que actúan sobre los operadores de la capa inmediata inferior.
- El control se implementa capa por capa, siendo la responsabilidad de una capa controlar la ejecución de los operadores (o *meta*-operadores) de la capa inmediata inferior.
- La comunicación entre capas se realiza por medio de mensajes.

# Arquitectura de Capas



Arquitecturas  
de Control

Eduardo  
Morales,  
Enrique Sucar

Pizarrón

Hearsay-II  
OPM

Arquitectura  
de Capas

MOLGEN

Sistemas  
Distribuidos

Inteligencia  
Artificial  
Distribuida  
(DAI)

Agentes  
Ambientes  
Esquemas de  
Control

# MOLGEN

Arquitecturas  
de Control

Eduardo  
Morales,  
Enrique Sucar

Pizarrón

Hearsay-II  
OPM

Arquitectura  
de Capas  
MOLGEN

Sistemas  
Distribuidos

Inteligencia  
Artificial  
Distribuida  
(DAI)

Agentes  
Ambientes  
Esquemas de  
Control

- MOLGEN (Stefik, '81): sistema que planea la realización de experimentos en genética molecular.
- MOLGEN utiliza restricciones para reducir la búsqueda e incorpora algoritmos para *formular, propagar y satisfacer* restricciones.

# MOLGEN

Arquitecturas  
de Control

Eduardo  
Morales,  
Enrique Sucar

Pizarrón

Hearsay-II  
OPM

Arquitectura  
de Capas  
MOLGEN

Sistemas  
Distribuidos

Inteligencia  
Artificial  
Distribuida  
(DAI)

Agentes  
Ambientes  
Esquemas de  
Control

Las restricciones sirven para:

- 1 Limítar posibles valores
- 2 Forzar ciertos valores
- 3 Comunicación entre subproblemas

# MOLGEN

Arquitecturas  
de Control

Eduardo  
Morales,  
Enrique Sucar

Pizarrón

Hearsay-II  
OPM

Arquitectura  
de Capas  
MOLGEN

Sistemas  
Distribuidos

Inteligencia  
Artificial  
Distribuida  
(DAI)

Agentes  
Ambientes  
Esquemas de  
Control

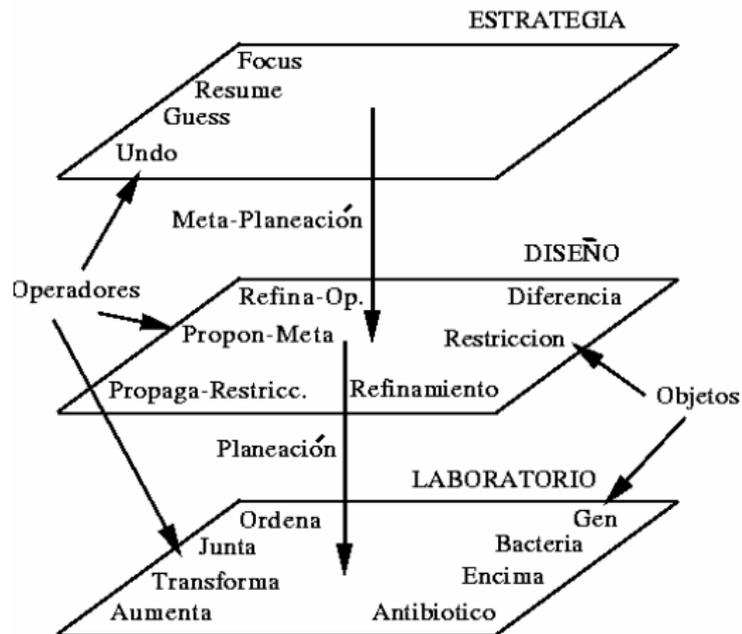
- MOLGEN tiene 3 capas (cada una con operadores y objetos).
- Cada capa controla la creación y ordenamiento de los pasos de la capa inferior.

# Capas

- 1 Espacio de laboratorio (o del dominio): Tiene conocimiento de objetos y operaciones de un laboratorio genético (i.e., lo que se puede hacer pero no cuando hacerlo – es lo más específico)
- 2 Espacio de diseño: Conocimiento acerca del diseño de planes (modela las acciones de un diseñador de experimentos – genera planes)
- 3 Espacio de estrategia: Sigue heurísticas y *least-commitment* (genera meta-planes)

# MOLGEN

## MOLGEN



# Sistemas Distribuidos

Arquitecturas  
de Control

Eduardo  
Morales,  
Enrique Sucar

Pizarrón

Hearsay-II  
OPM

Arquitectura  
de Capas

MOLGEN

Sistemas  
Distribuidos

Inteligencia  
Artificial  
Distribuida  
(DAI)

Agentes  
Ambientes  
Esquemas de  
Control

- Jerarquía Simple:
- Jerarquía Múltiple:
- Equipo:
- Mercado Libre:

# DAI

## Arquitecturas de Control

Eduardo Morales,  
Enrique Sucar

## Pizarrón

Hearsay-II  
OPM

## Arquitectura de Capas

MOLGEN

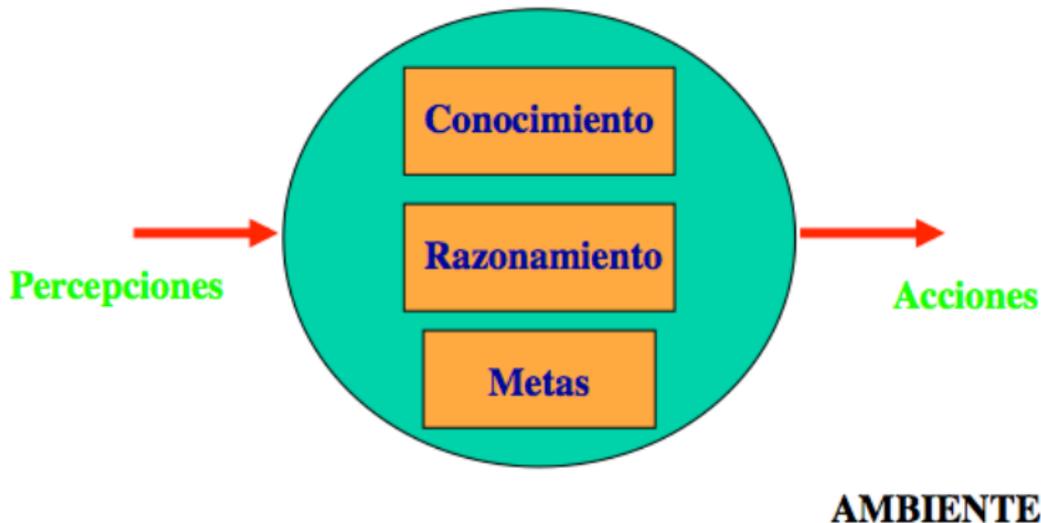
## Sistemas Distribuidos

## Inteligencia Artificial Distribuida (DAI)

Agentes  
Ambientes  
Esquemas de Control

- Inteligencia Artificial Distribuida: Se puede ver como continuación en la línea de los sistemas de pizarrón.
- Estudia como un grupo de agentes inteligentes (no necesariamente computacionales) debe de coordinar sus actividades para lograr sus metas (i.e., resolver problemas difíciles mediante la distribución de partes del problema entre agentes inteligentes).

# Agente



Arquitecturas  
de Control

Eduardo  
Morales,  
Enrique Sucar

Pizarrón

Hearsay-II  
OPM

Arquitectura  
de Capas  
MOLGEN

Sistemas  
Distribuidos

Inteligencia  
Artificial  
Distribuida  
(DAI)

Agentes

Ambientes

Esquemas de  
Control

# Agentes

Arquitecturas  
de Control

Eduardo  
Morales,  
Enrique Sucar

Pizarrón

Hearsay-II  
OPM

Arquitectura  
de Capas  
MOLGEN

Sistemas  
Distribuidos

Inteligencia  
Artificial  
Distribuida  
(DAI)

Agentes

Ambientes

Esquemas de  
Control

- Un *agente* es cualquier cosa que se pueda ver como *percibiendo* su ambiente a través de *sensores* y *actuando* en el ambiente por medio de *efectores*.
- Un agente racional es un agente que hace “buenas” acciones.
- Para ésto, necesitamos saber cómo y cuándo evaluar al agente.
- Usamos una medida de desempeño para el cómo.

# Agentes

Arquitecturas  
de Control

Eduardo  
Morales,  
Enrique Sucar

Pizarrón

Hearsay-II  
OPM

Arquitectura  
de Capas  
MOLGEN

Sistemas  
Distribuidos

Inteligencia  
Artificial  
Distribuida  
(DAI)

Agentes  
Ambientes  
Esquemas de  
Control

- Hay que tomar en cuenta lo que puede percibir y las acciones que puede tomar.
- Un agente racional depende en todo momento de:
  - Una medida de desempeño que define su grado de éxito
  - Todo lo que el agente ha percibido o secuencia de percepción (*percept sequence*)
  - Lo que sabe del ambiente
  - Las acciones que puede tomar

# Agentes

Arquitecturas  
de Control

Eduardo  
Morales,  
Enrique Sucar

Pizarrón

Hearsay-II  
OPM

Arquitectura  
de Capas  
MOLGEN

Sistemas  
Distribuidos

Inteligencia  
Artificial  
Distribuida  
(DAI)

Agentes

Ambientes  
Esquemas de  
Control

- Para cada posible secuencia de percepción, un agente racional ideal debe de tomar la acción con la que espera maximizar su medida de desempeño, con base en la evidencia dada por su secuencia de percepción y cualquier conocimiento incorporado que tenga.
- Las acciones se pueden usar para obtener información útil.
- Idealmente, hay que hacer un mapeo entre las posibles acciones y las posibles secuencias de percepción (en la práctica pueden ser infinitos).

# Agentes

Arquitecturas  
de Control

Eduardo  
Morales,  
Enrique Sucar

Pizarrón

Hearsay-II  
OPM

Arquitectura  
de Capas  
MOLGEN

Sistemas  
Distribuidos

Inteligencia  
Artificial  
Distribuida  
(DAI)

Agentes

Ambientes  
Esquemas de  
Control

- A veces se pueden dar especificaciones (más que enumerarlas) de lo que hay que hacer.
- Un sistema es *autónomo* en la medida en que su comportamiento está determinado por sus propias experiencias.
- Inicialmente se le tiene que proveer de cierto conocimiento para no actuar de manera aleatoria.

# Estructura de un Agente

$$\textit{Agente} = \textit{Arquitectura} + \textit{Programa}$$

- Podemos describir agentes en términos de sus percepciones, acciones, metas y ambiente.
- No importa tanto si es ambiente “real” o “artificial” (e.g., *softbots*) sino la interacción entre percepción, comportamiento, ambiente y metas.

# Tipos de Agentes

Tipo	Percepción	Acciones	Metas	Ambiente
Sistema diagnóst. médico	Síntomas, respuestas pacientes	Preguntas, pruebas, tratamientos	Paciente sano, costo mínimo	Paciente, hospital
Análisis imágenes satélite	Píxeles de diferente color intensidad	Imprimir una categorización de la imagen	Categorización correcta	Imágenes satélites
Robot que toma partes	Píxeles de diferente intensidad	Levantar partes y ordenarlas	Poner partes en lugar adecuado	Banda transport. con partes
Control refineria	Temp., presión	Abrir/cerrar válvulas, ajustar temp.	Minimizar contamin., max. segur.	Refineria
Tutor interactivo de Inglés	Palabras	Ejercicios, sugerencias, correcciones	max. calif. estudiantes	Estuds.
Taxista	Camaras, veloc., GPS, micrófono, sonar	Bolante, acelerador, frenos, hablar con pasajero	Seguro, rápido, maximizar ganancias	Camino, coches, gente, señales

Arquitecturas de Control

Eduardo Morales, Enrique Sucar

Pizarrón

Hearsay-II  
OPM

Arquitectura de Capas

MOLGEN

Sistemas Distribuidos

Inteligencia Artificial Dsitribuida (DAI)

Agentes

Ambientes  
Esquemas de Control

# Agentes

Arquitecturas  
de Control

Eduardo  
Morales,  
Enrique Sucar

Pizarrón

Hearsay-II  
OPM

Arquitectura  
de Capas  
MOLGEN

Sistemas  
Distribuidos

Inteligencia  
Artificial  
Dsitribuida  
(DAI)

Agentes

Ambientes  
Esquemas de  
Control

- El usar una tabla acciones – secuencia de percepciones en general no es adecuada por que:
  - Requiere tablas muy grandes
  - Mucho tiempo para construir la tabla
  - No hay autonomía, por lo que si cambia el ambiente el agente deja de saber que hacer
  - Aunque se le de aprendizaje, necesaria mucho tiempo para aprender todas las entradas de la tabla

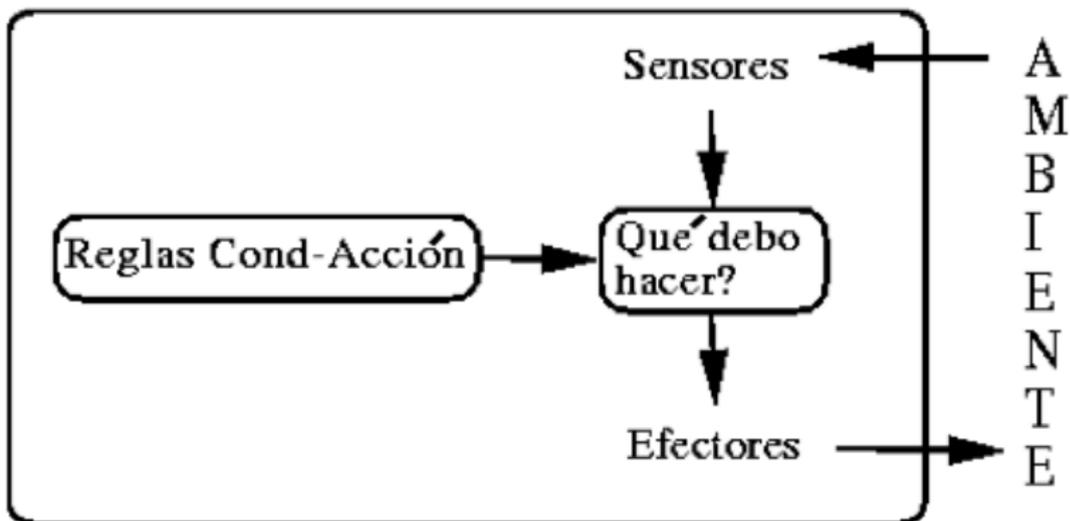
# Tipos de Agentes

Para construir un mapeo entre percepciones y acciones podemos pensar en varios tipos de agentes.

- *Agentes de reflejos simples*: Construir una tabla es imposible, pero podemos considerar algunas asociaciones comunes en términos de reglas *situación–acción*. e.g.,

IF	el coche de enfrente está frenando
THEN	empieza a frenar

# Agente de Reflejos Simples



Arquitecturas  
de Control

Eduardo  
Morales,  
Enrique Sucar

Pizarrón

Hearsay-II  
OPM

Arquitectura  
de Capas  
MOLGEN

Sistemas  
Distribuidos

Inteligencia  
Artificial  
Dsistribuida  
(DAI)

Agentes

Ambientes  
Esquemas de  
Control

# Tipos de Agentes

Arquitecturas  
de Control

Eduardo  
Morales,  
Enrique Sucar

Pizarrón

Hearsay-II  
OPM

Arquitectura  
de Capas  
MOLGEN

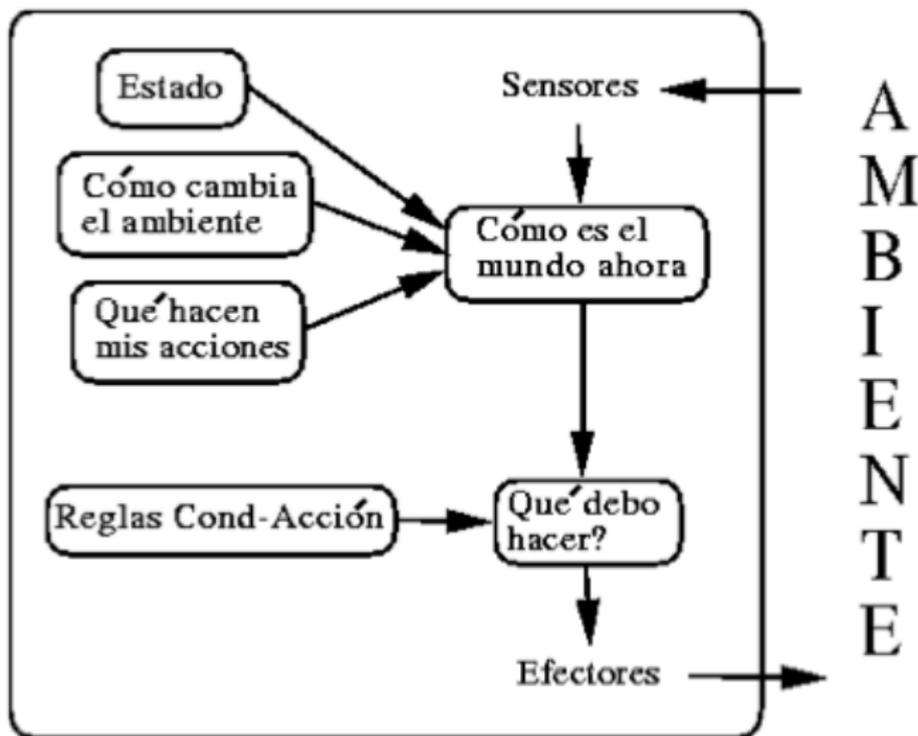
Sistemas  
Distribuidos

Inteligencia  
Artificial  
Distribuida  
(DAI)

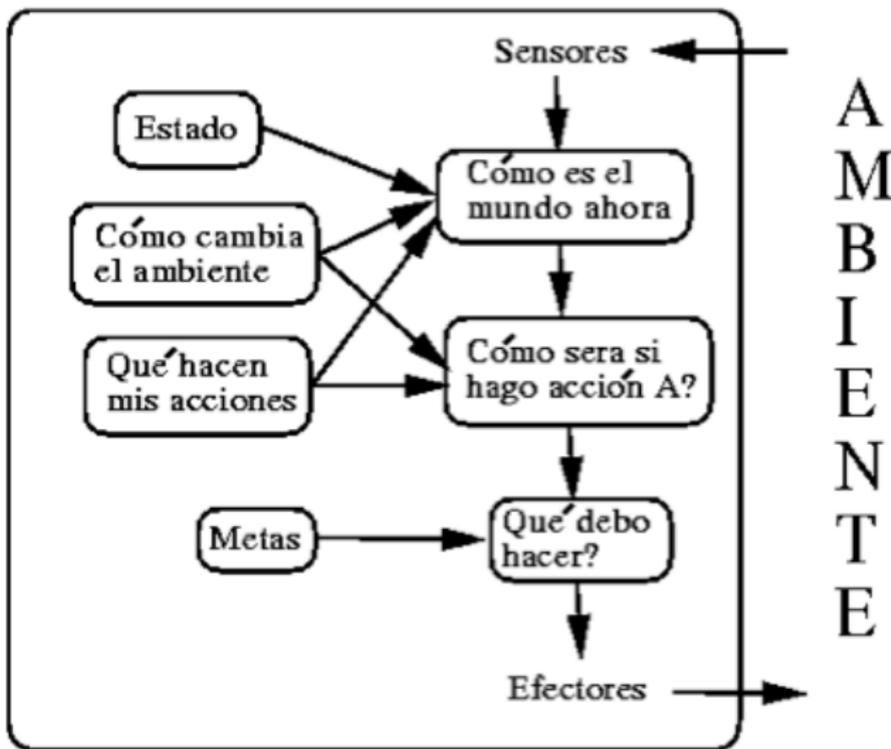
Agentes  
Ambientes  
Esquemas de  
Control

- *Agentes de reflejos simples y estado interno.* Esto es muy simple, y normalmente se necesita un estado interno para: (i) Ver cómo cambia el ambiente independientemente del agente y (ii) cómo afectan las acciones del agente al ambiente.
- *Agentes con información de metas.* El agente necesita información de sus metas para escoger qué acciones las pueden cumplir (pueden usarse técnicas de búsqueda y planificación). Esto lo puede hacer más flexible (e.g., si está lloviendo ajustar la efectividad de los frenos).

# Agente de Reflejos Simples y Estado Interno



# Agente con Información de Metas



A  
M  
B  
I  
E  
N  
T  
E

# Tipos de Agentes

Arquitecturas  
de Control

Eduardo  
Morales,  
Enrique Sucar

Pizarrón

Hearsay-II  
OPM

Arquitectura  
de Capas  
MOLGEN

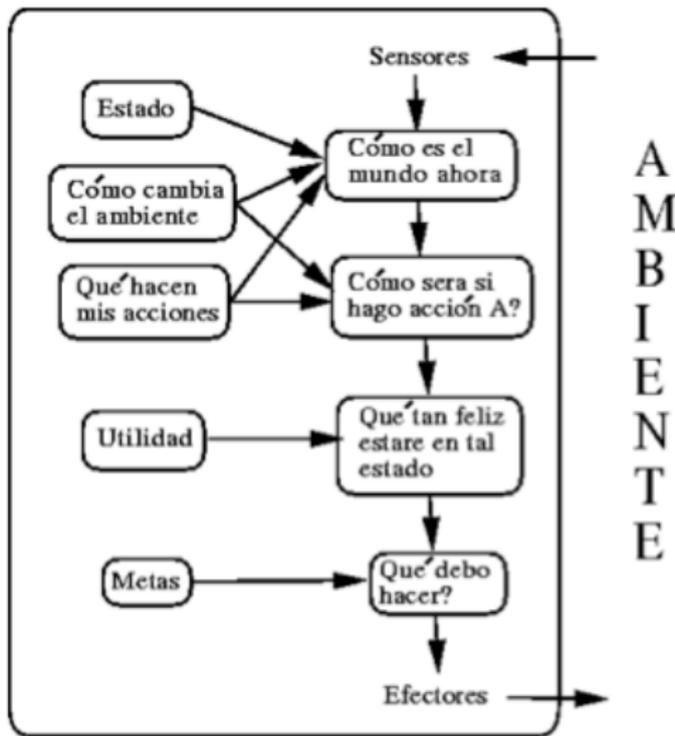
Sistemas  
Distribuidos

Inteligencia  
Artificial  
Distribuida  
(DAI)

Agentes  
Ambientes  
Esquemas de  
Control

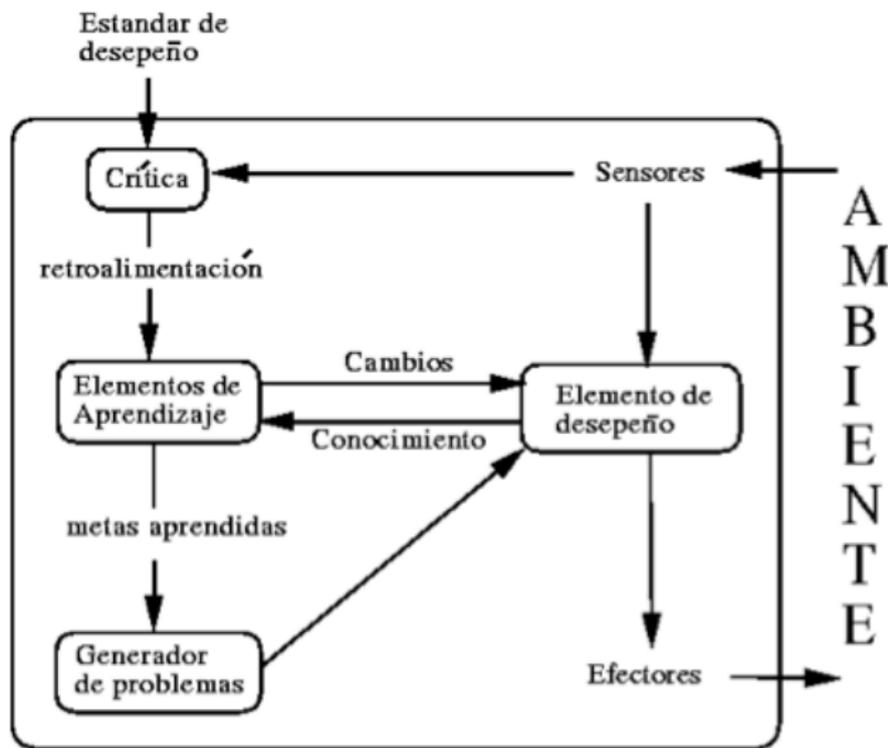
- *Agentes con medida de utilidad.* Las metas por si solas no son suficientes para generar un comportamiento de buena calidad. Para esto necesitamos una medida de utilidad (función que mapea un estado o secuencia de estados con un número real).
- *Agentes con aprendizaje.* La idea es que las percepciones no se usen solo para actuar, sino también para mejorar su desempeño en el futuro.

# Agente con Medida de Utilidad



A  
M  
B  
I  
E  
N  
T  
E

# Agente con Aprendizaje



# Ambientes

- *Accesibles* (los sensores detectan todos los aspectos relevantes y no se necesitan estados internos) o *inaccesibles*
- *Determinísticos* (el siguiente estado está determinado por el actual y las acciones del agente) o *no determinísticos*. En ambientes complejos se considera un ambiente determinístico o no desde el punto de vista del agente
- *Episódicos* (la calidad de la acción depende sólo del episodio) o *no episódicos*
- *Estáticos* o *dinámicos* (si el ambiente puede cambiar mientras el agente piensa) o *semi-dinámicos* (el desempeño del agente cambia)
- *Discretos* (número limitado y distinguible de percepciones y acciones) o *continuos*

# Agentes

- Los agentes son capaces de intercambiar y compartir información / conocimiento (metas y soluciones parciales), representar la información desde puntos de vista diferentes, y cooperar para llegar incrementalmente a una solución.
- Cuando tienen metas comunes o que se traslapan, deben actuar en forma cooperativa.
- Si tienen metas con conflictos, deben competir inteligentemente.

# Comunicación

Arquitecturas  
de Control

Eduardo  
Morales,  
Enrique Sucar

Pizarrón

Hearsay-II  
OPM

Arquitectura  
de Capas  
MOLGEN

Sistemas  
Distribuidos

Inteligencia  
Artificial  
Dsitribuida  
(DAI)

Agentes  
Ambientes  
Esquemas de  
Control

- Su protocolo de comunicación a veces involucra “actos de habla” (*speech acts*) que reflejan creencias, intenciones, etc., de los agentes.
- DAI es apropiado cuando se tiene distribuída: La experiencia y el diseño, la información (e.g., oficina), los datos (e.g., sensores), las decisiones (e.g., control de manufactura), las bases de conocimiento se desarrollan independientemente y pueden interconectarse y reutilizarse.

# Características de arquitecturas distribuidas

- Concurrencia
- Procesamiento asíncrono
- Indeterminismo
- Influencia restringida de cada agente (i.e., modularidad y encapsulamiento de agentes)
- Control descentralizado
- Negociación entre agentes
- Habilidad de manejar información inconsistente
- Evolución continua

# Elementos que se distribuyen

- Acciones
- Foco de atención
- Autoridad/responsabilidad
- Credibilidad
- Confiabilidad
- Interpretación
- Conocimiento
- Percepción
- Recursos
- Evaluación
- Trabajo

# Ejemplo

Arquitecturas  
de Control

Eduardo  
Morales,  
Enrique Sucar

Pizarrón

Hearsay-II  
OPM

Arquitectura  
de Capas  
MOLGEN

Sistemas  
Distribuidos

Inteligencia  
Artificial  
Distribuida  
(DAI)

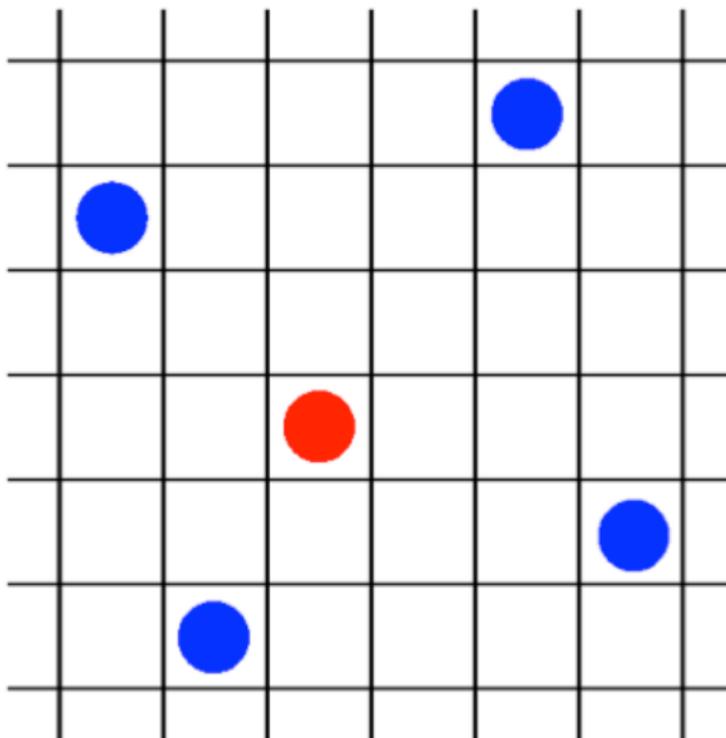
Agentes  
Ambientes  
Esquemas de  
Control

Se tiene una ficha roja (R) y 4 azules (A1, A2, A3, A4) en un tablero de  $N \times N$ . El propósito del juego es capturar a la ficha roja.

Reglas:

- En cada paso, cada ficha puede quedarse donde está o moverse hacia arriba, abajo, izquierda o derecha
- Los azules ganan si ocupan los 4 cuadros alrededor del rojo
- Los azules pierden si el rojo llega a un borde

# Ejemplo



Arquitecturas  
de Control

Eduardo  
Morales,  
Enrique Sucar

Pizarrón

Hearsay-II  
OPM

Arquitectura  
de Capas

MOLGEN

Sistemas  
Distribuidos

Inteligencia  
Artificial  
Dsistribuida  
(DAI)

Agentes

Ambientes

Esquemas de  
Control

# Ejemplo

- En general, cada agente tiene una representación interna (que puede ser parcial o incorrecta) del problema que puede diferir de la de los otros agentes, e.g.,
  - 1 Cada  $A_i$  puede tratar de ocupar un punto que rodea a  $R$ . Por si solo cada agente no resuelve el problema original, pero en conjunto si lo solucionan
  - 2 Un agente es el que controla y el resto son sus esclavos. En este caso, sólo el que controla debe de conocer el problema, el resto sólo sigue ordenes y pueden no tener representado nada

# Esquemas de Control

Arquitecturas  
de Control

Eduardo  
Morales,  
Enrique Sucar

Pizarrón

Hearsay-II

OPM

Arquitectura  
de Capas

MOLGEN

Sistemas  
Distribuidos

Inteligencia  
Artificial  
Dsitribuida  
(DAI)

Agentes

Ambientes

Esquemas de  
Control

## 1) Control central

Un agente (A1) controla todo y ordena a los demas (A2, A3 y A4) que hacer.

Algoritmo:

- 1 A1 ve la posición de R y de los Aks
- 2 A1 calcula *cuadrantes* y asigna uno por agente (dependiendo de su posición)
- 3 A1 dice cómo moverse para entrar a los cuadrantes
- 4 Los esclavos se mueven

# Control Central

Arquitecturas  
de Control

Eduardo  
Morales,  
Enrique Sucar

Pizarrón

Hearsay-II  
OPM

Arquitectura  
de Capas  
MOLGEN

Sistemas  
Distribuidos

Inteligencia  
Artificial  
Dsitribuida  
(DAI)

Agentes  
Ambientes  
Esquemas de  
Control

Para determinar los movimientos:

- IF R no se mueve, moverse más cerca a R
- IF R se mueve (a un cuadrante) entonces:
  - Si se mueve junto a  $A_k$ ,  $A_k$  no se mueve
  - Un  $A_k$  se debe de mover para permanecer en su cuadrante
  - El agente en el cuadrante opuesto debe de seguir a R
  - Los otros, se deben de mover perpendicularmente a R y dentro de su cuadrante

# Control Central

Arquitecturas  
de Control

Eduardo  
Morales,  
Enrique Sucar

Pizarrón

Hearsay-II  
OPM

Arquitectura  
de Capas  
MOLGEN

Sistemas  
Distribuidos

Inteligencia  
Artificial  
Dsitribuida  
(DAI)

Agentes  
Ambientes  
Esquemas de  
Control

## Requerimientos:

- A1 debe de saber la posición de R y de los Aks todo el tiempo
- A1 debe de poder calcular cuadrantes
- A1 sabe qué comandos obedecen los Aks y sabe cómo comunicarlos
- A1 puede calcular movimientos adecuados
- Los esclavos deben de percibir comandos (no necesitan reportar nada, porque A1 sabe todo el tiempo su posición)

# Esquemas de Control

Arquitecturas  
de Control

Eduardo  
Morales,  
Enrique Sucar

Pizarrón

Hearsay-II  
OPM

Arquitectura  
de Capas  
MOLGEN

Sistemas  
Distribuidos

Inteligencia  
Artificial  
Dsitribuida  
(DAI)

Agentes  
Ambientes  
Esquemas de  
Control

## 2) Control central + agentes con percepción

Ahora los agentes pueden percibir su posición y se la reportan a A1 el cual debe de poder combinarla para decidir como actuar.

## 3) Control central + agentes buscan a R

Todos los agentes tienen la capacidad de detectar la posición de R dentro de un rango limitado.

# Esquemas de Control

Arquitecturas  
de Control

Eduardo  
Morales,  
Enrique Sucar

Pizarrón

Hearsay-II  
OPM

Arquitectura  
de Capas  
MOLGEN

Sistemas  
Distribuidos

Inteligencia  
Artificial  
Distribuida  
(DAI)

Agentes  
Ambientes  
Esquemas de  
Control

Variación al algoritmo:

- 1 Cada  $A_k$  informa su posición
- 2 A1 asigna una región a cada  $A_k$
- 3 A1 comanda que cada  $A_k$  “patrulle” su región
- 4 Cada  $A_k$  busca a R y si lo detecta le informa a A1

# Requerimientos

Arquitecturas  
de Control

Eduardo  
Morales,  
Enrique Sucar

Pizarrón

Hearsay-II  
OPM

Arquitectura  
de Capas  
MOLGEN

Sistemas  
Distribuidos

Inteligencia  
Artificial  
Distribuida  
(DAI)

Agentes  
Ambientes  
Esquemas de  
Control

## Requerimientos:

- A1 sabe el rango de visibilidad de cada  $A_k$  y puede calcular su región de patrullaje
- Los esclavos pueden transmitir la posición de R al controlador

# Esquemas de Control

Arquitecturas  
de Control

Eduardo  
Morales,  
Enrique Sucar

Pizarrón

Hearsay-II  
OPM

Arquitectura  
de Capas  
MOLGEN

Sistemas  
Distribuidos

Inteligencia  
Artificial  
Dsitribuida  
(DAI)

Agentes  
Ambientes  
Esquemas de  
Control

## 4) Control central con comandos abstractos

- Los agentes pueden ejecutar comandos más complejos por sí solos e.g, *patrullar*, *ir a su región designada*, *acercarse al rojo*, por lo que tienen cierta planeación limitada
- A1 no necesita saber las acciones de los Aks
- A1 debe de calcular los comandos de alto nivel para los esclavos y los de bajo nivel sólo para él.
- El esclavo puede ahora transmitir su posición sólo cuando se le pide o cuando se mueve a una nueva región.

# Esquemas de Control

## Arquitecturas de Control

Eduardo Morales,  
Enrique Sucar

Pizarrón

Hearsay-II  
OPM

Arquitectura de Capas  
MOLGEN

Sistemas Distribuidos

Inteligencia Artificial Distribuida (DAI)

Agentes  
Ambientes  
Esquemas de Control

## 5) Control distribuído

- Todos los agentes pueden participar en las decisiones globales. Una simplificación es que cada agente comunica toda su información a los otros agentes y todos usen el mismo método global para decidir qué tareas hacer.

Algoritmo:

- Todos los agentes dan su posición a los otros
- Cada agente calcula la asignación global de agentes a regiones para patrullar y sigue su propia tarea
- El que detecta a R lo anuncia
- Cada agente calcula los cuadrantes y se va al que le corresponde

# Requerimientos

Arquitecturas  
de Control

Eduardo  
Morales,  
Enrique Sucar

Pizarrón

Hearsay-II  
OPM

Arquitectura  
de Capas

MOLGEN

Sistemas  
Distribuidos

Inteligencia  
Artificial  
Dsitribuida  
(DAI)

Agentes

Ambientes

Esquemas de  
Control

- Cada agente anuncia a los otros
- Cada agente calcula una asignación global (siempre viendo lo óptimo desde una perspectiva global)

# Esquemas de Control

Arquitecturas  
de Control

Eduardo  
Morales,  
Enrique Sucar

Pizarrón

Hearsay-II  
OPM

Arquitectura  
de Capas  
MOLGEN

Sistemas  
Distribuidos

Inteligencia  
Artificial  
Distribuida  
(DAI)

Agentes  
Ambientes  
Esquemas de  
Control

## 6) Control distribuido + agentes individuales

- Los agentes calculan sus costos locales (información local) pero tratan de optimizar sobre estimaciones globales.
- Se supone que los agentes son “honestos”.  
Algoritmo:
  - Cada agente estima su propio costo de ocupar diferentes regiones en el tablero
  - Cada agente anuncia su estimación a los otros agentes
  - Cada agente hace una estimación global
  - ...

# Requerimientos

- Cada agente estima su costo y puede determinar una asignación global dado un conjunto de estimaciones
- Se necesita tener una representación (preferiblemente explícita) de lo que saben los agentes y de sus capacidades.

# ¿Qué se requiere especificar?

- Los estados del ambiente y de los agentes
- Las transiciones de estados legales del ambiente
- Restricciones en el estado del ambiente
- Las habilidades de los agentes (razonamiento, percepción, comunicación, acciones permisibles)
- Los recursos disponibles de los agentes y cómo tratan de optimizar su uso
- La organización de los agentes
- Esto se puede simplificar, especificando los protocolos de comunicación de los agentes en las diversas organizaciones y sus habilidades y disposición en la organización.

# Sistemas Reactivos

- El ambiente cambia rápidamente y de manera impredecible
- Los agentes tienen razonamiento limitado
- Los agentes pueden percibir una pequeña parte del ambiente
- Los agentes pueden actuar concurrentemente entre ellos y con los eventos del ambiente
- Agentes que dan servicios a otros son vistos como recursos.
- Si un agente no interactúa con otro es mejor ignorarlo o tratarlo como parte del medio ambiente.

# Sistemas Reactivos

La información de cada agente puede ser:

- El estado del medio ambiente de acuerdo al agente
- El problema que el agente quiere resolver
- Un plan abstracto de su ejecución
- Una agenda de tareas por hacer
- Las tareas actuales (algunas derivadas de cambios en el medio ambiente)
- Los recursos disponibles (protocolo de acceso, métrica de costo, modelo de uso del recurso, el estado del recurso)
- Asignación de recursos a las tareas actuales
- Las acciones que se están realizando

# Tendencias

- Combinación de métodos centralizados y distribuidos.
- Interacción Humanos – Agentes Computacionales.
- Agentes con aprendizaje
- Incluir teoría de juegos y conceptos de economía

Arquitecturas  
de Control

Eduardo  
Morales,  
Enrique Sucar

Pizarrón

Hearsay-II  
OPM

Arquitectura  
de Capas  
MOLGEN

Sistemas  
Distribuidos

Inteligencia  
Artificial  
Distribuida  
(DAI)

Agentes  
Ambientes  
Esquemas de  
Control