Arquitectura Subsunción

Introducción a la Robótica Inteligente

16 Noviembre 2011

Índice

1. Introducción
2. Arquitectura Subsunción
3. Ejemplos
4. Conclusiones

1 Introducción

2 Arquitectura Subsunción

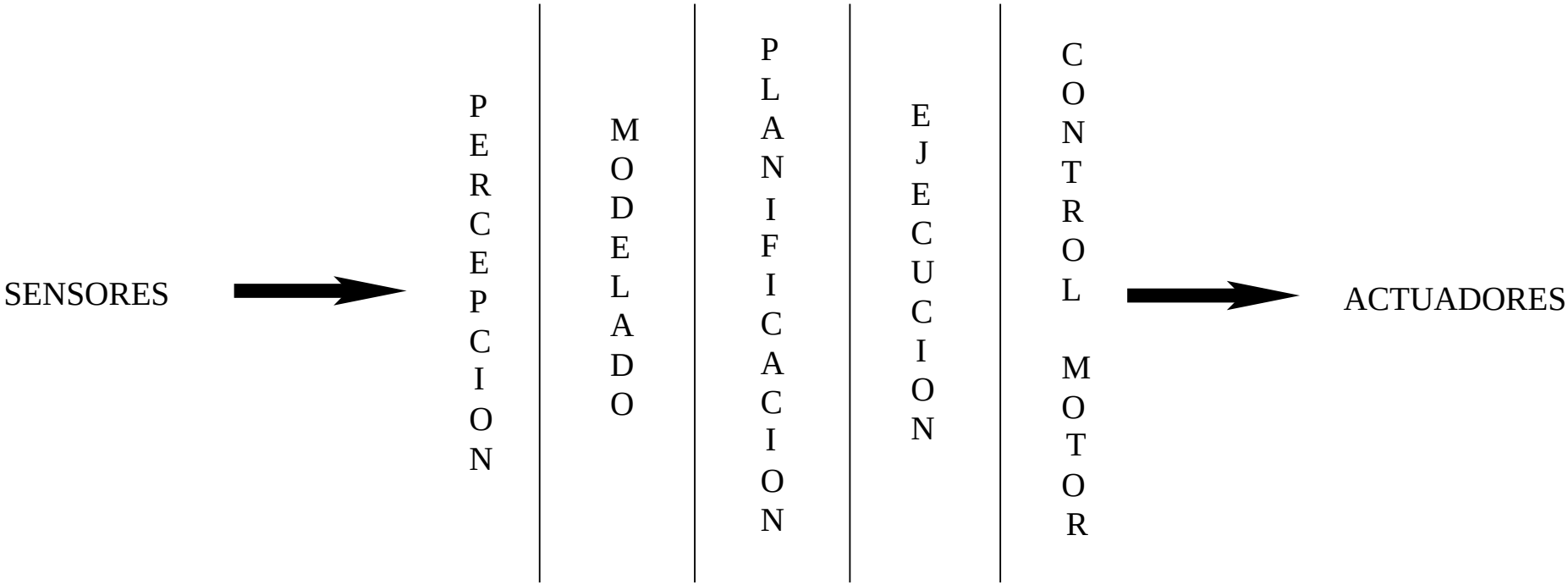
3 Ejemplos

4 Conclusiones

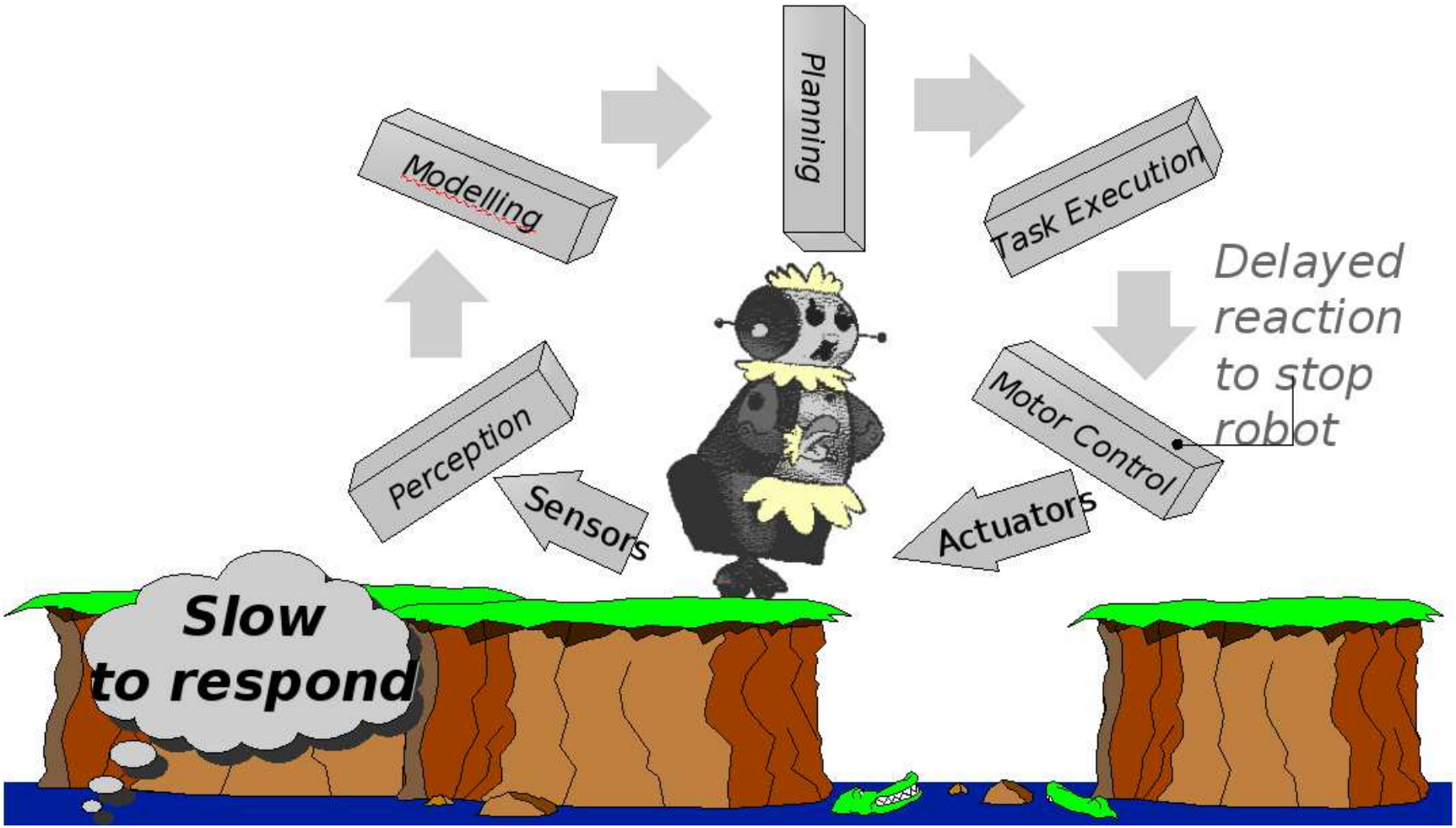
Un poco de historia

- 40’s: Turing y von Newman
- 50’s: Walter y Minsky
  - Walter -> Tortugas, Reactivos
  - Minsky -> Cognitivista, los programas
- 60’s: Problemas del Cognitivismo
  - Anclaje del símbolo
- 70’s: Conexionistas
- 80’s: Basados en el comportamiento
  - Brooks

IA Clásica: Arquitectura



IA Clásica: Arquitectura



Dibujo de Fitz Patrick (1996)

IA Clásica: Problemas Clásicos

- Modelos $\neq$ mundo real
- El **modelo** debe existir/ocurrir **antes** de que el robot **reaccione** a cambios en el entorno
- Existe un **mundo completo dentro** del robot
  - Es como descargarse internet !!!
- **Lento**
- Resuelve tareas complejas alejándose de la percepción
- Hace que tareas simples sean complicadas de resolver

IA Clásica: Más Problemas

- **Anclaje del Símbolo**
- Problema del **Marco**
- **Homúnculo**
- El problema de la **percepción no** está **resuelto**, y probablemente **no** lo esté en un **futuro próximo**
- El modelado asume que existen **modelos completos** y **perfectos** del mundo
- El sistema **no** puede responder en **tiempo real**
- La **mayoría** de estos robots han **fracasado**

Más problemas

- No se centra en aspectos importantes de la inteligencia
- Dependiente de la representación
- Dificultad en mapear valores de sensores en cantidades físicas
- No son robustos
- Respuestas lentas
- No son modulares
- Son díficiles de testear

Cambio en los 70's y 80's

Sistemas Reactivos

- Sistemas de conexiones simples
- No cambian con el tiempo
- Procesos débilmente acoplados
- Ej: Braitenberg
  - Tipo 1, 2, 3, ...

Conexionismo

- Redes de conexión de unidades simples
- Redes neuronales
  - Reactivas
  - Recurrentes
  - Eq. Diferenciales

Arquitecturas Basadas en el Comportamiento

- Descomposicón modular en **comportamientos**
- **Inspiración** de animales e insectos
- Sistemas **distribuidos** de módulos **autónomos o semi-autónomos**
- Tradicionalmente asociado a **sistemas reactivos** (Subsunción)
- También se diseñan sistemas no puramente reactivos

1 Introducción

2 Arquitectura Subsunción

3 Ejemplos

4 Conclusiones

Rodney. A. Brooks

- Profesor e investigador en Standford y en el MIT
- Director del laboratorio de IA del MIT
- En los 80's Brooks se hizo preguntas con respecto a la IA clásica y la inteligencia en general.
  - Como tantos otros ingenieros y filósofos anteriormente.
- Su paternidad: **Arquitectura Subsunción**
- Su meta: Desarrollar criaturas artificiales capaces de habitar en el **mundo real** y no en un mundo simplificado/simulado
- Actualmente es empresario (IRobot) y actor (Fast, Cheap and Out of Control)

Algunas Preguntas

- ¿Qué es la inteligencia?

Algunas Preguntas

- ¿Qué es la inteligencia?
- ¿Es una mosca inteligente?

Algunas Preguntas

- ¿Qué es la inteligencia?
- ¿Es una mosca inteligente?
- ¿Es esta mosca más inteligente que algunas de nuestras máquinas inteligentes?

Algunas Preguntas

- ¿Qué es la inteligencia?
- ¿Es una mosca inteligente?
- ¿Es esta mosca más inteligente que algunas de nuestras máquinas inteligentes?
- Por ejemplo ...

Más preguntas

- **No** es muy **probable** que esta mosca:
  - Cree **descripciones** 3D de los objetos que sobrevuela
  - **Razone** con respecto a los humanos que la rodean intentando matarla. Sobre todo sobre sus deseos, objetivos,...
  - Realice un **estudio** sobre cual es el mejor sitio para depositar los huevos
  - Construya una **teoría física** sobre **como aterrizar** en una mesa

Algunas Respuestas

- Es **más probable** que esta mosca:
  - Tenga **conexiones directas** entre sensores y actuadores
  - Tenga **comportamientos** pre-establecidos/ aprendidos
  - Tenga herramientas **simples de navegación**
  - Funcione prácticamente como una **máquina determinista**
- Aún así, esta mosca es **más eficiente en su movimiento en el mundo real** que cualquiera de los intentos en Inteligencia Artificial

Visón de Brooks sobre la Inteligencia

- La **Inteligencia Humana** es muy **difícil** de implementar actualmente
- No es el único tipo de inteligencia
- El "**divide y conquistarás**" ha hecho que la IA se dedique a **problemas irrelevantes**
- Hay que seguir el camino lógico, de la "**evolución**"
  - **Empezar** con "inteligencias"(comportamientos) más **sencillas**
  - Después de un éxito, **ir hacia** "inteligencias"(comportamientos) más **complejas**

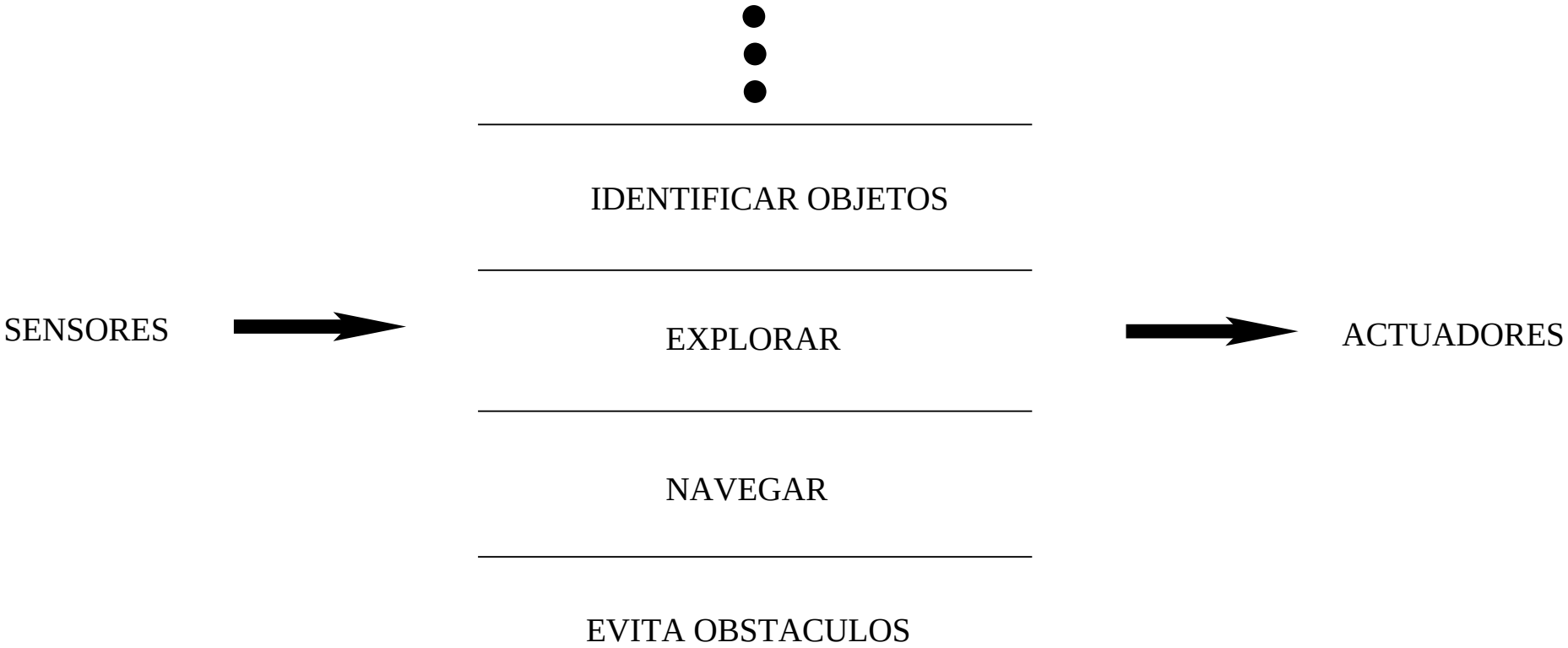
Requisitos para un robot autónomo e inteligente

- Varios objetivos:
  - Normalmente compitiendo entre ellos.
  - Ej. Evitar obstáculos vs. ir hacia la luz
- Varios sensores:
  - Solapados
  - Ruidosos
- Robustez:
  - Si algún sensor falla, el robot debe seguir realizando su tarea
  - Si el mundo cambia, el robot debe seguir realizando su tarea
- Escalabilidad:
  - Cuanto más sensores y capacidades, comportamientos más complejos.

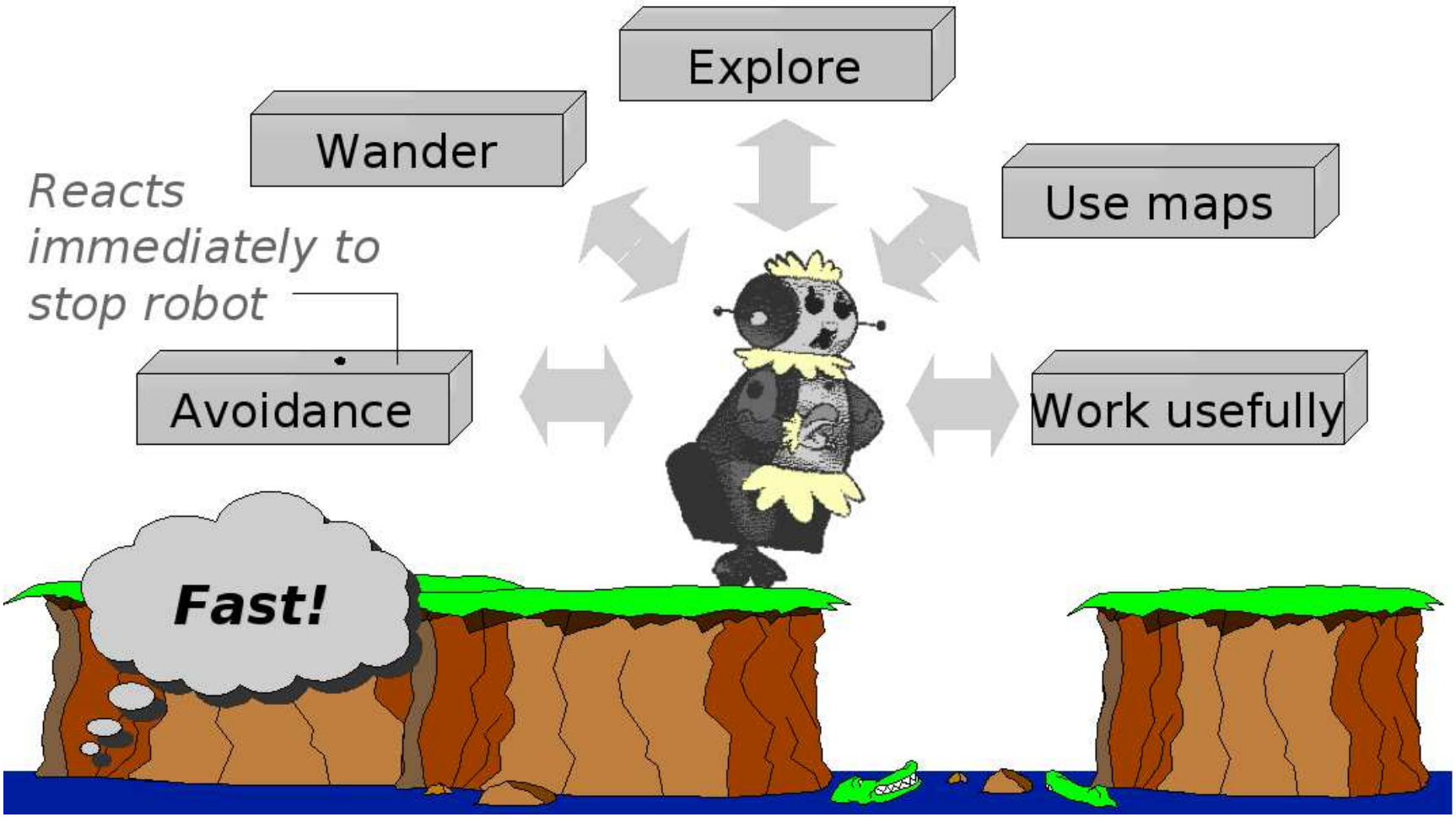
Hipótesis

- Comportamientos complejos $\neq$ controladores complejos
- Simplicidad
- Robots baratos
- Sistemas de coordenadas relativos
- No existen entornos reales hechos de poliedros
- Diferentes sensores
- Robustez
- Auto-suficiencia

Arquitectura Basada en Comportamientos

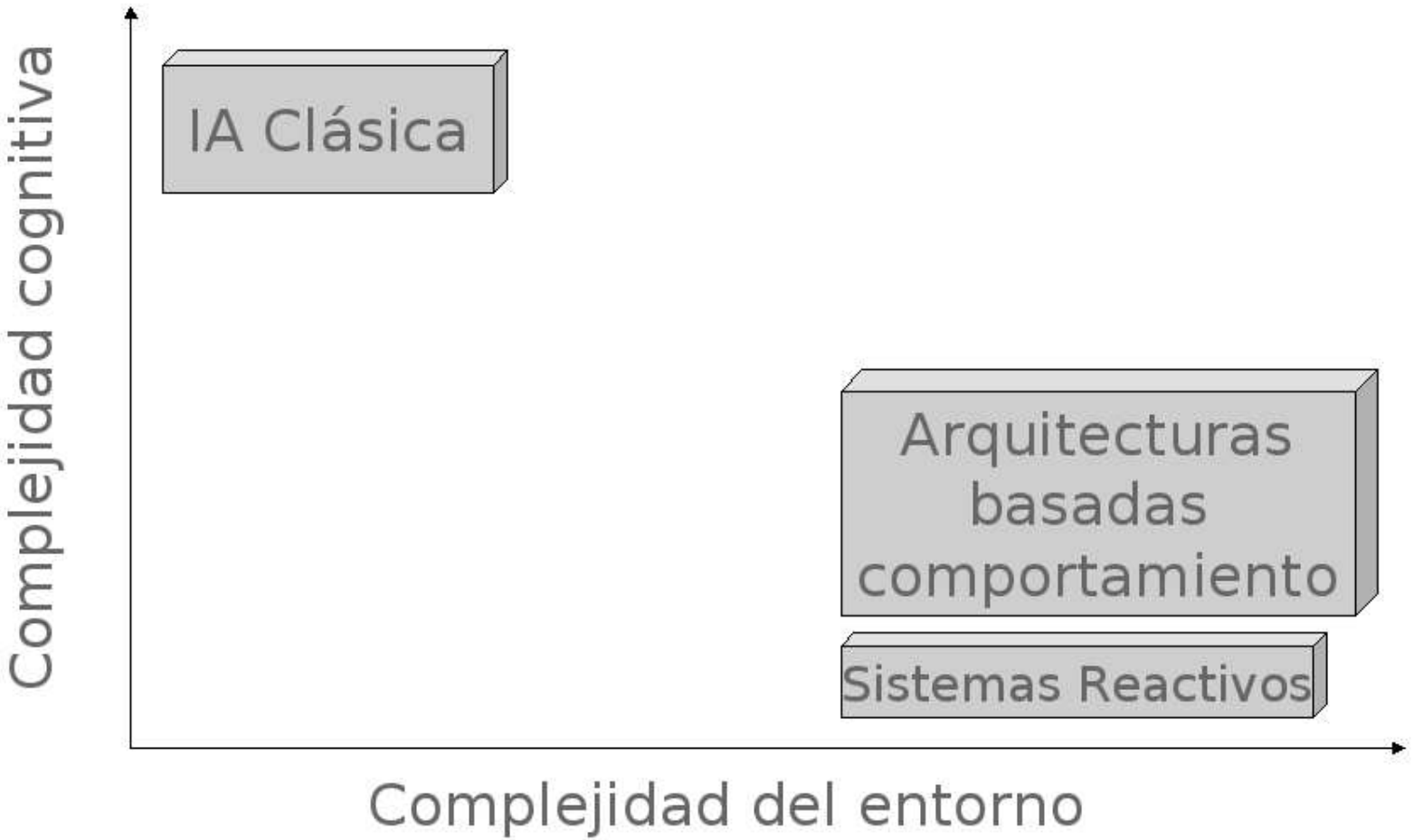


Arquitectura Basada en Comportamientos

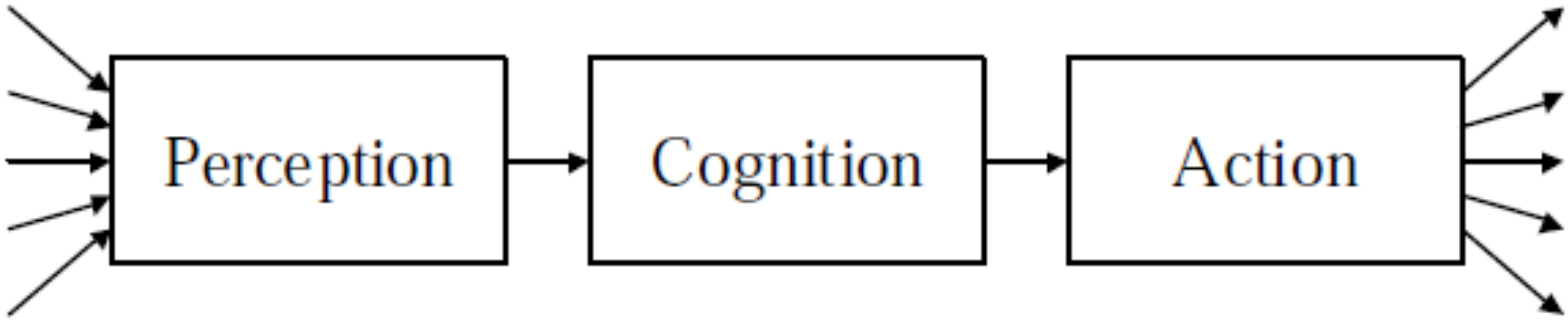


Dibujo de Fitz Patrick (1996)

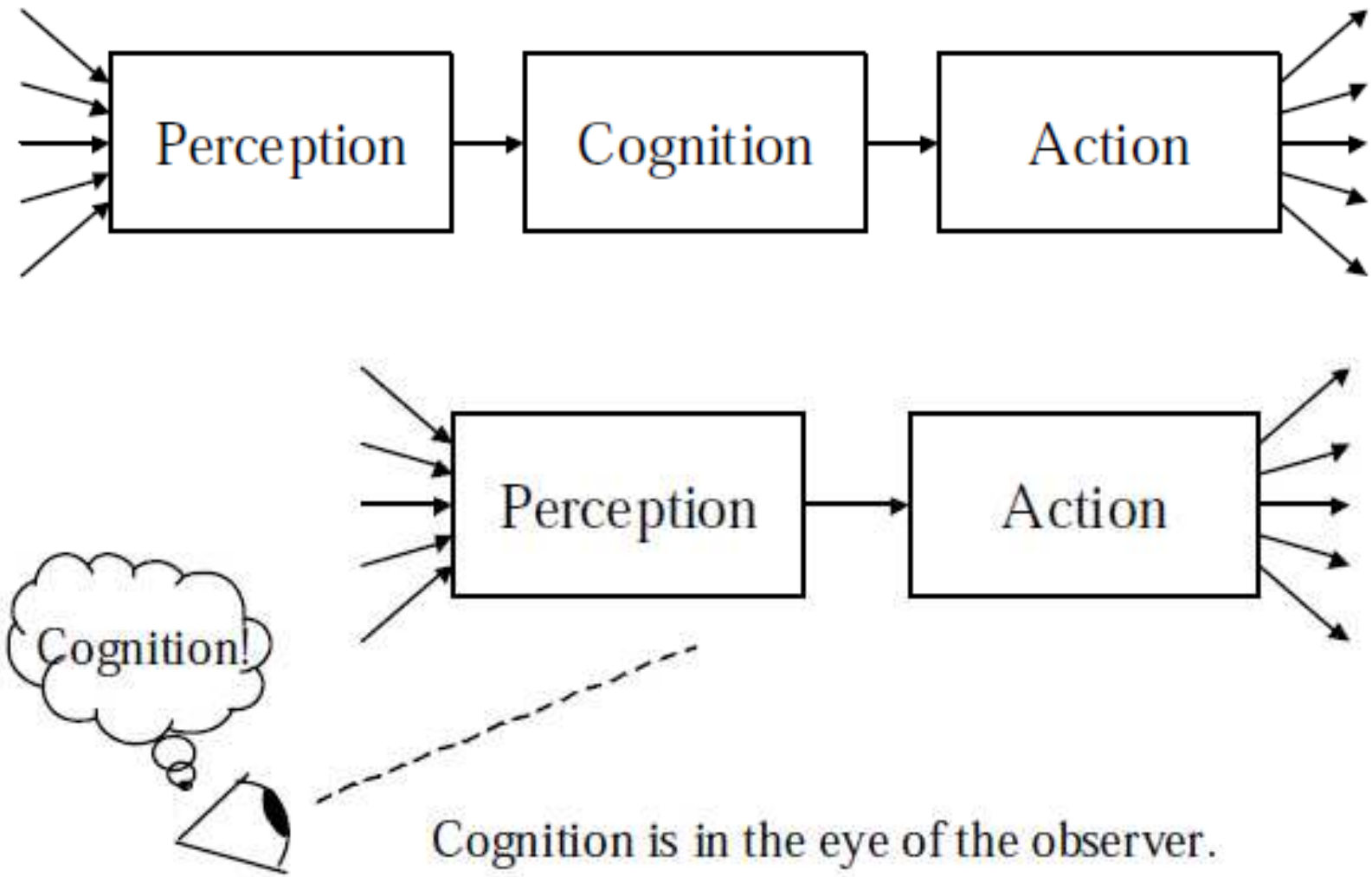
IA Clásica vs Arq. Basadas en Comportamientos



IA Clásica vs Arq. Basadas en Comportamientos



IA Clásica vs Arq. Basadas en Comportamientos



Principales Aspectos

- Situacionalidad
- Corporeización
- Emergencia

Situacionalidad

- Un robot es una máquina cuyas **entradas** son **sensores conectados al entorno** y cuyas **salidas** son **actuadores conectados al entorno**
- El mundo es el mejor modelo
- No se puede trabajar con dominios simbólicos abstractos
- No es posible que haya “resolvedores de problemas” no participando en el mundo como agentes
- No es posible que no haya una relación con el mundo exterior (real)

Corporeización

- Conexión del robot con el **medio físico**
- Atendiendo a Brooks:
  - Sólo un robot corporeizado es válido para trabajar en el mundo
  - Sólo a través de un conexión con el mundo, una representación simbólica puede tener sentido

Emergencia

- “Es la aparición de nuevas propiedades en sistemas completos” (Moravec 1988)
- “Funciones globales emergen de la interación paralela de comportamientos locales” (Steels 1990)
- “La inteligencia emerge de iteraciones de componentes simples del sistema con el mundo real” (Brooks 1991)
- “Funciones emergentes aparecen gracias a la interacción entre componentes no diseñados para una particular función”

Otros Aspectos importantes

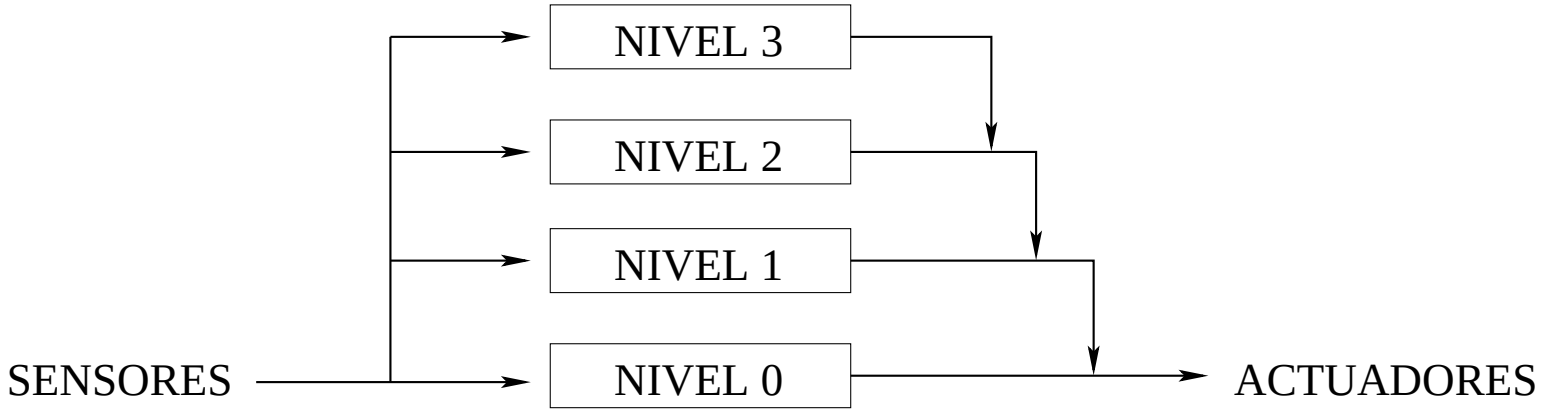
- **No** existe un **modelo** del mundo
- **No** hay un lugar **centralizado** de control
- **No** hay **separación** entre los sistemas de percepción, central y de actuación
- Los comportamientos se mejoran añadiendo nuevos niveles de competencia
- **No** hay un desarrollo **jerárquico**
- Los comportamientos se ejecutan en **paralelo**

Arquitectura Subsunción

- Descomposición de controladores en **niveles de competencia**
- Añade comportamientos incrementalmente
- Las capas de alto nivel se sustentan en las de bajo nivel
- Las capas de alto nivel pueden **subsumir** las de bajo nivel
- Las capas se activan en **paralelo**
- Cada capa trabaja **independientemente**
- **No** existe un control **jerárquico**
- Acoplamientos directos entre los sensores y actuadores con un pequeño procesamiento interno

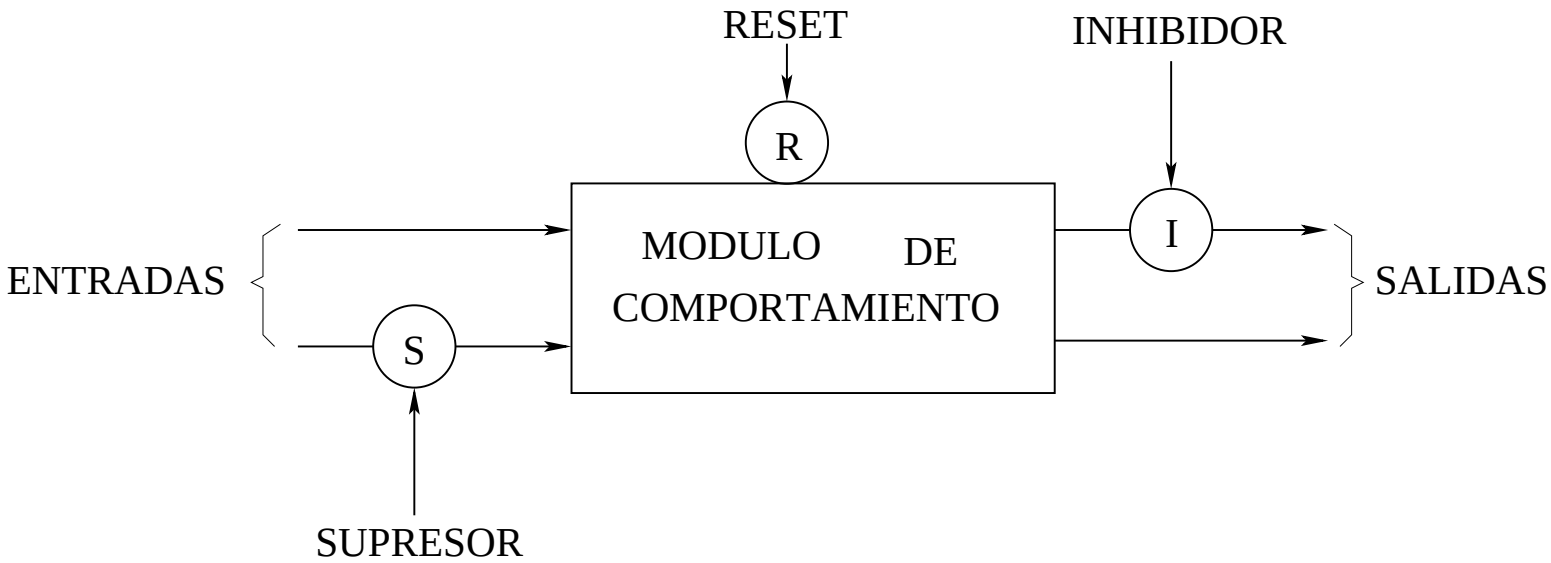
Arquitectura Subsunción - Niveles de competencia

- **Niveles de competencia**:
  - Define los comportamientos deseados: Evitar Obstáculos, Explorar, traer comida,...
  - Cada nivel se puede implementar independientemente
  - Permite una gran escalabilidad
  - Compuestos de varios módulos

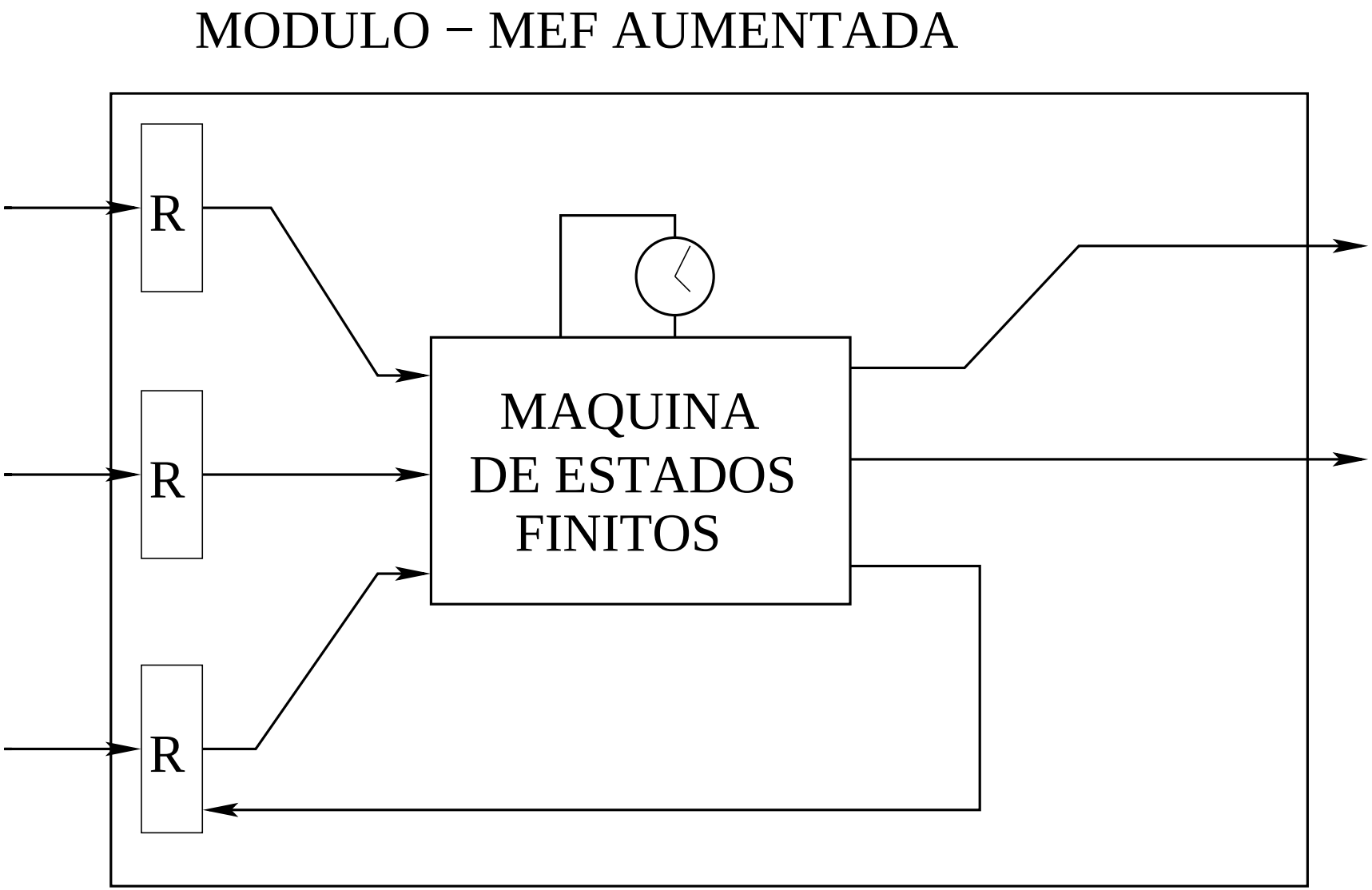


Arquitectura Subsunción - Módulos

- **Módulos**: Son Máquinas de Estados Finitos Aumentadas



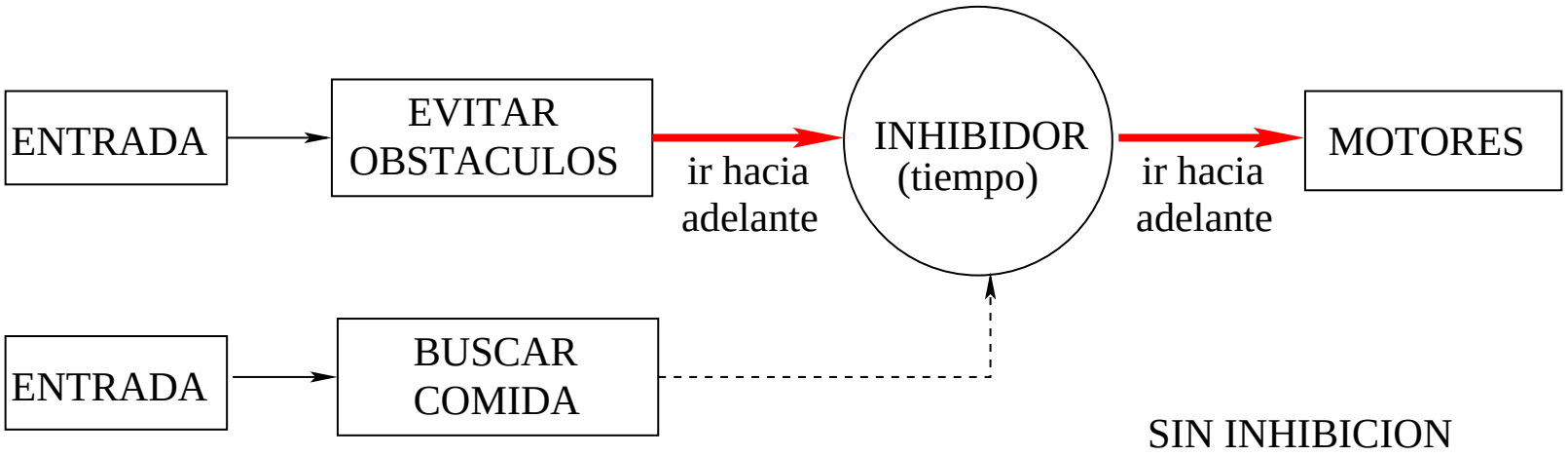
Arquitectura Subsunción - Módulos

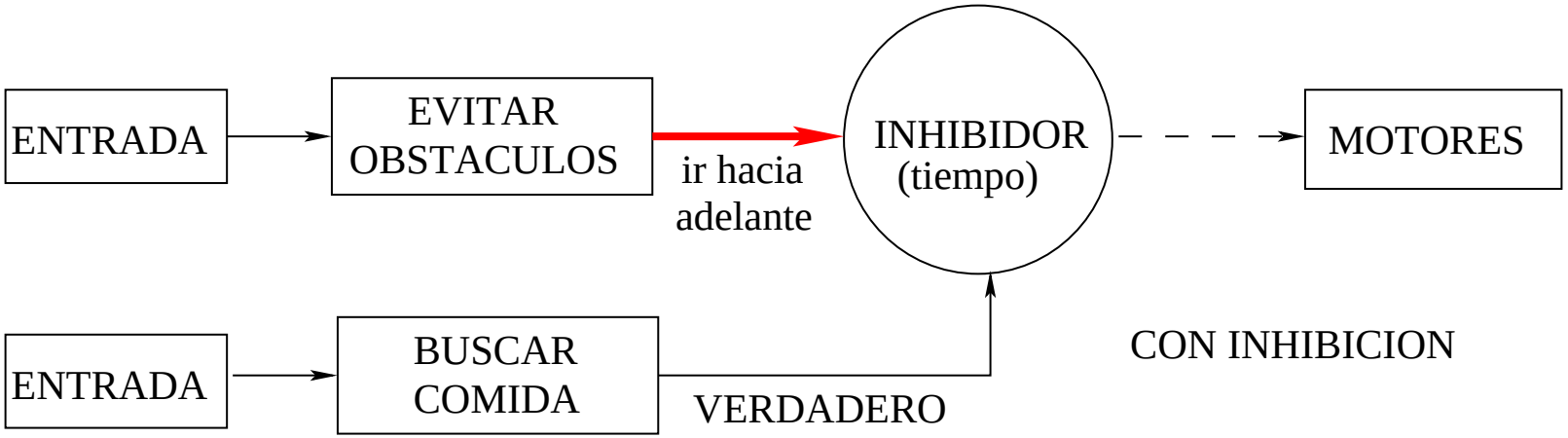


Arquitectura Subsunción - Módulos

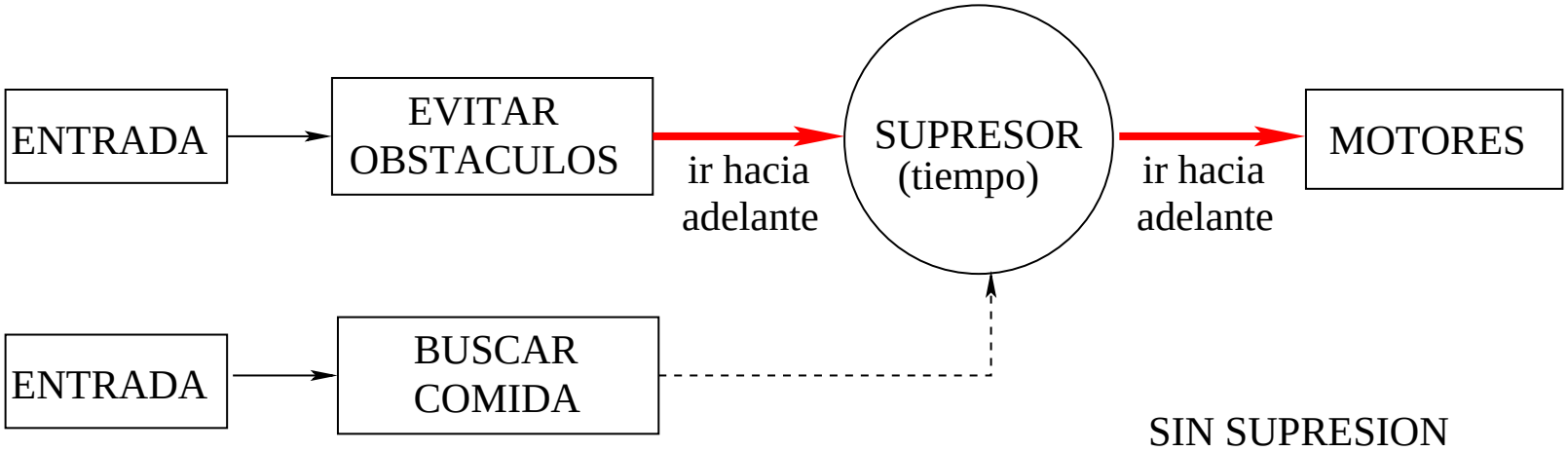
- Los aspectos más importantes son:
  - Las **salidas** son **funciones** sencillas de las **entradas** y variables locales
  - Las entradas/salidas se pueden inhibir/suprimir
    - Los módulos de los niveles de competencia superiores pueden inhibir a los inferiores
    - Los niveles de competencia inferiores siguen funcionando como si no existieran los niveles superiores

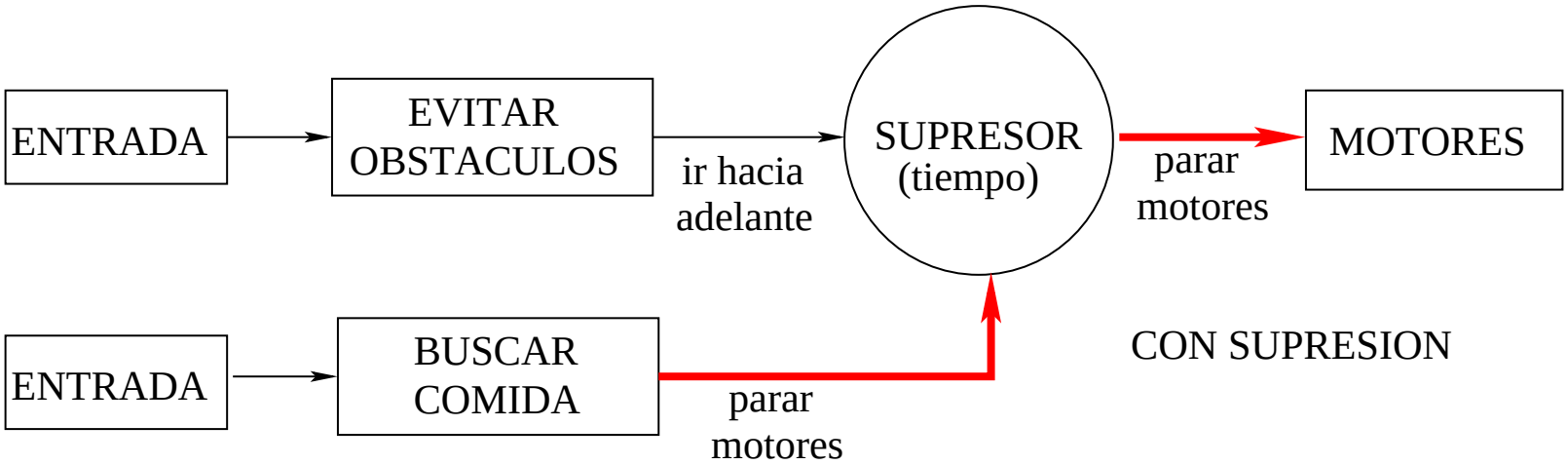
Arquitectura Subsunción - Inhibición





Arquitectura Subsunción - Supresión





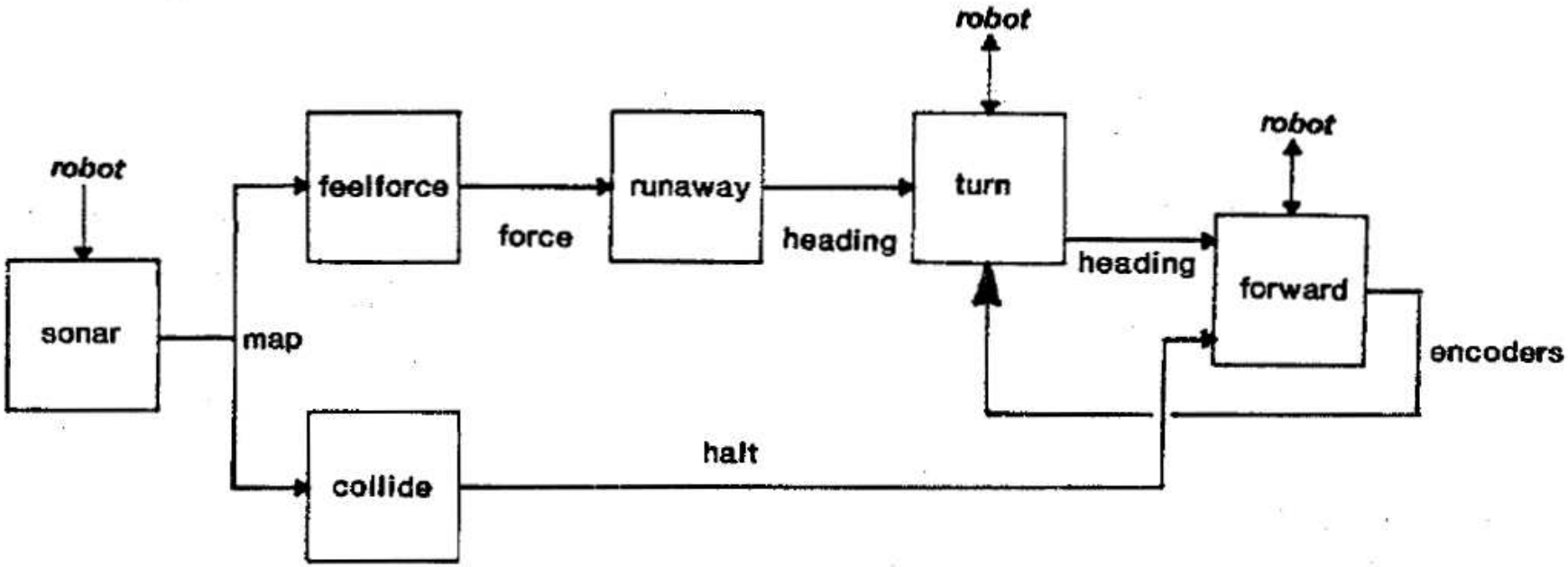
1 Introducción

2 Arquitectura Subsunción

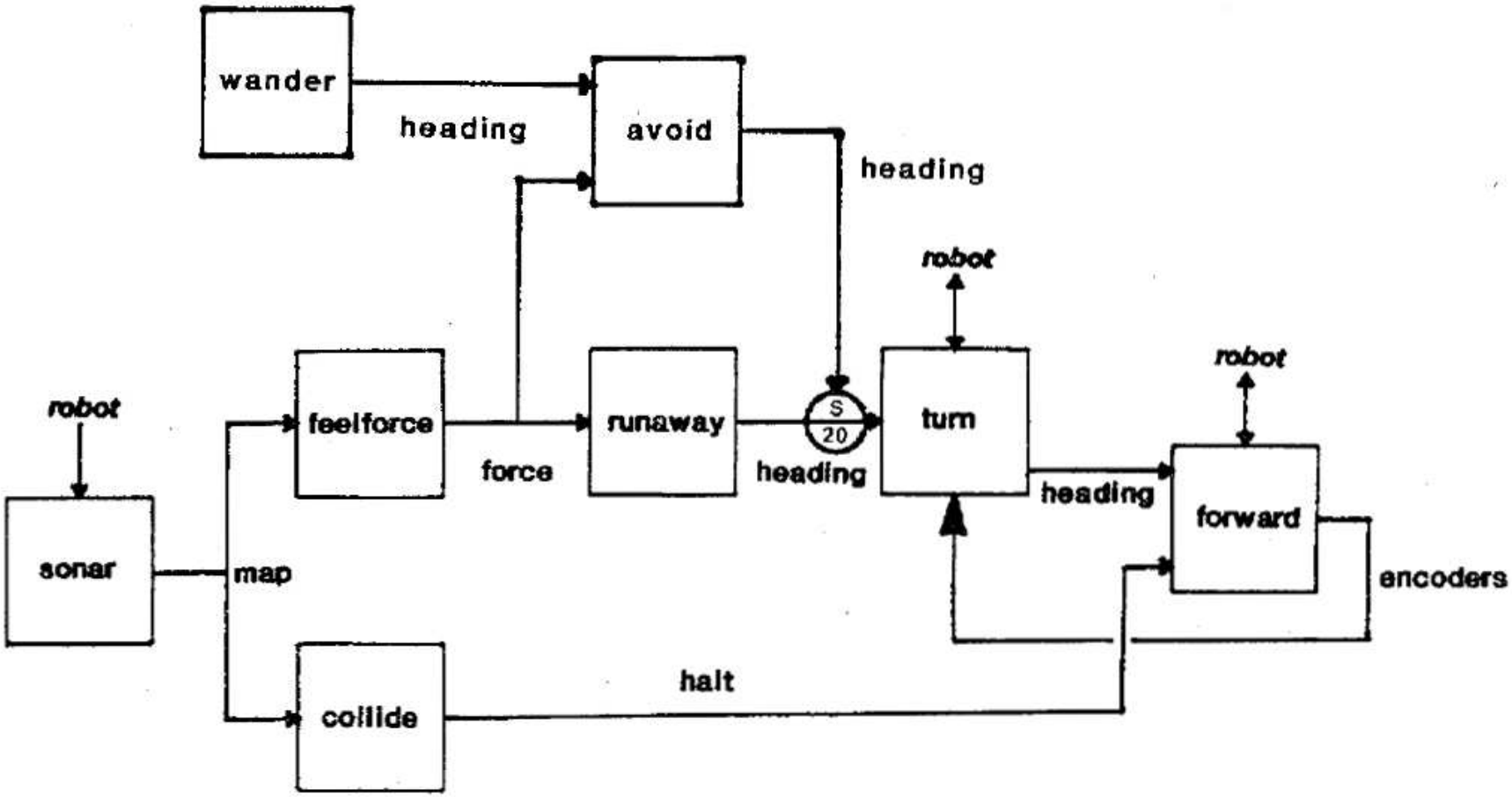
3 Ejemplos

4 Conclusiones

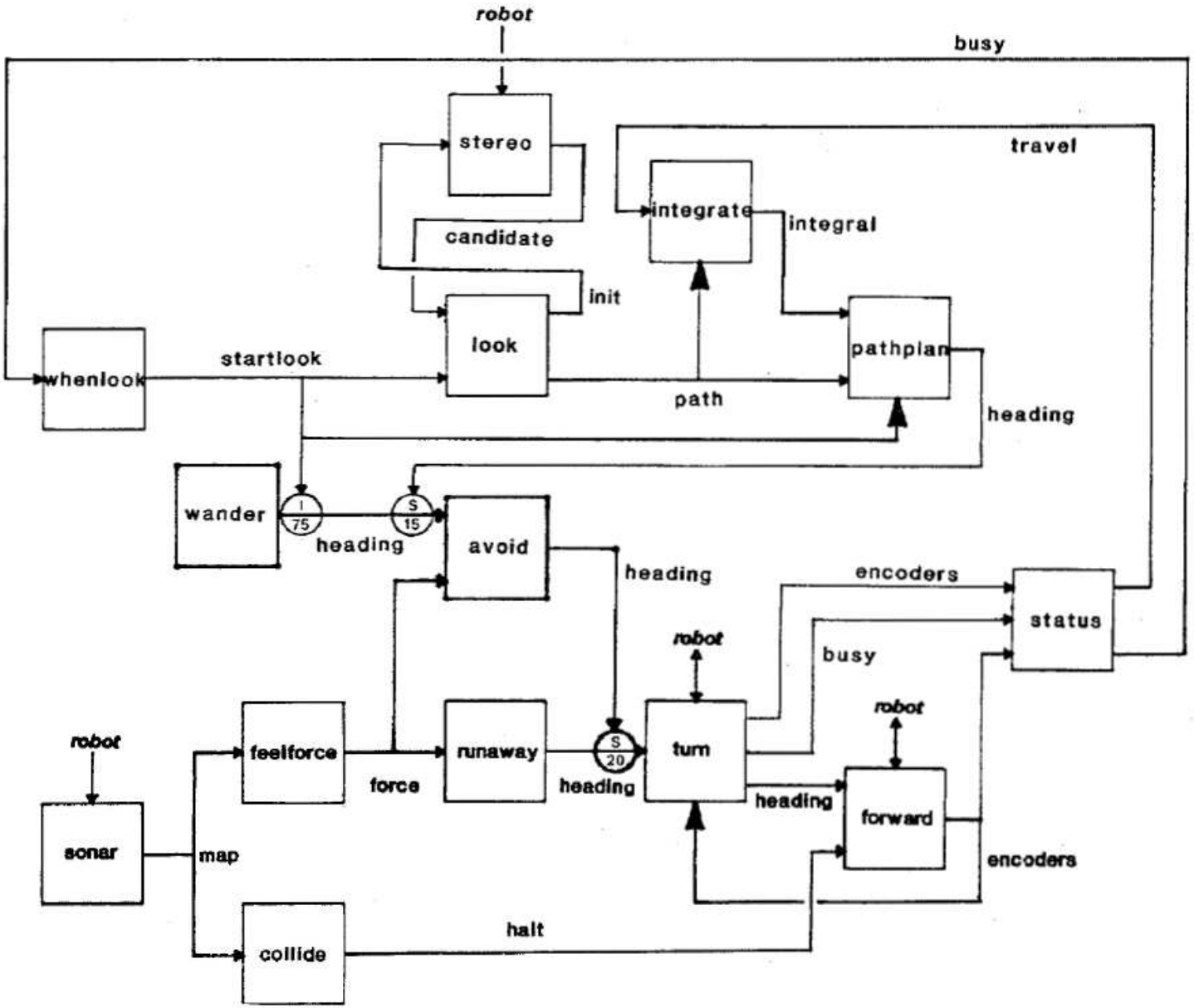
Ejemplo 1 - Nivel 0



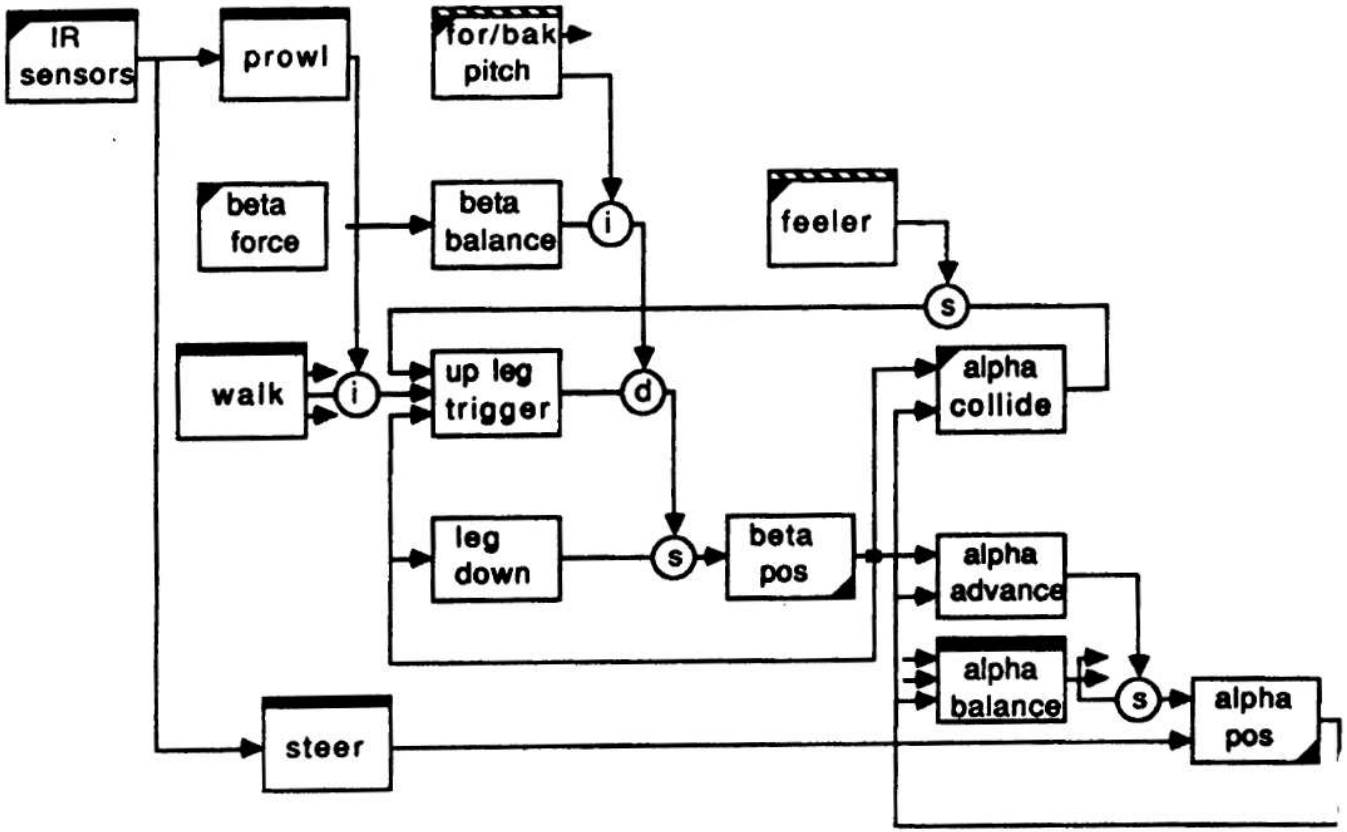
Ejemplo 1 - Nivel 0 y 1



Ejemplo 1 - Nivel 0, 1 y 2



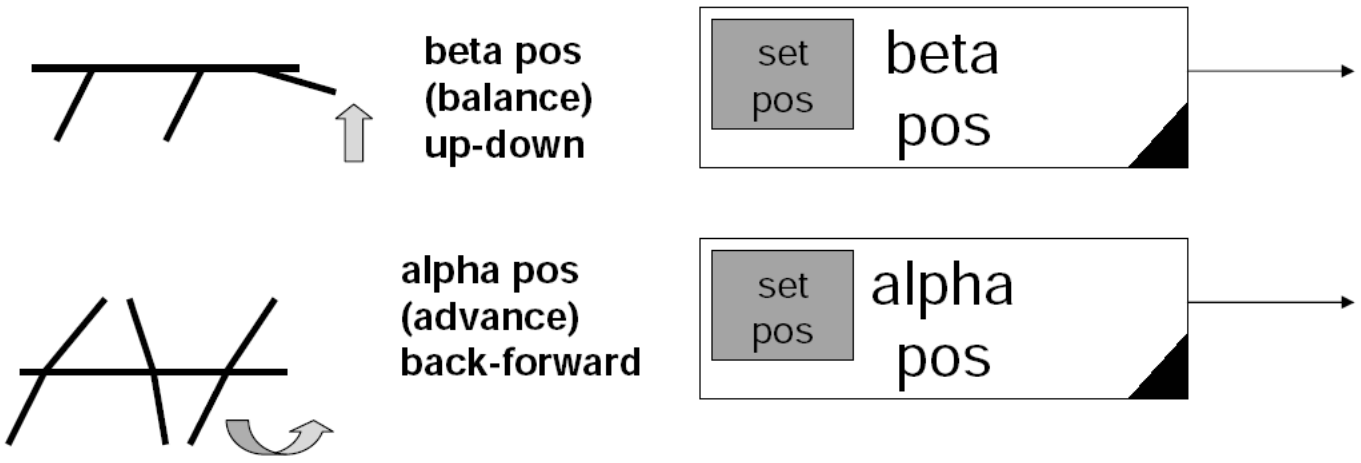
Ejemplo 2 - Genghis



- Robot de 6 patas
- Caminar
- 57 AFSMs

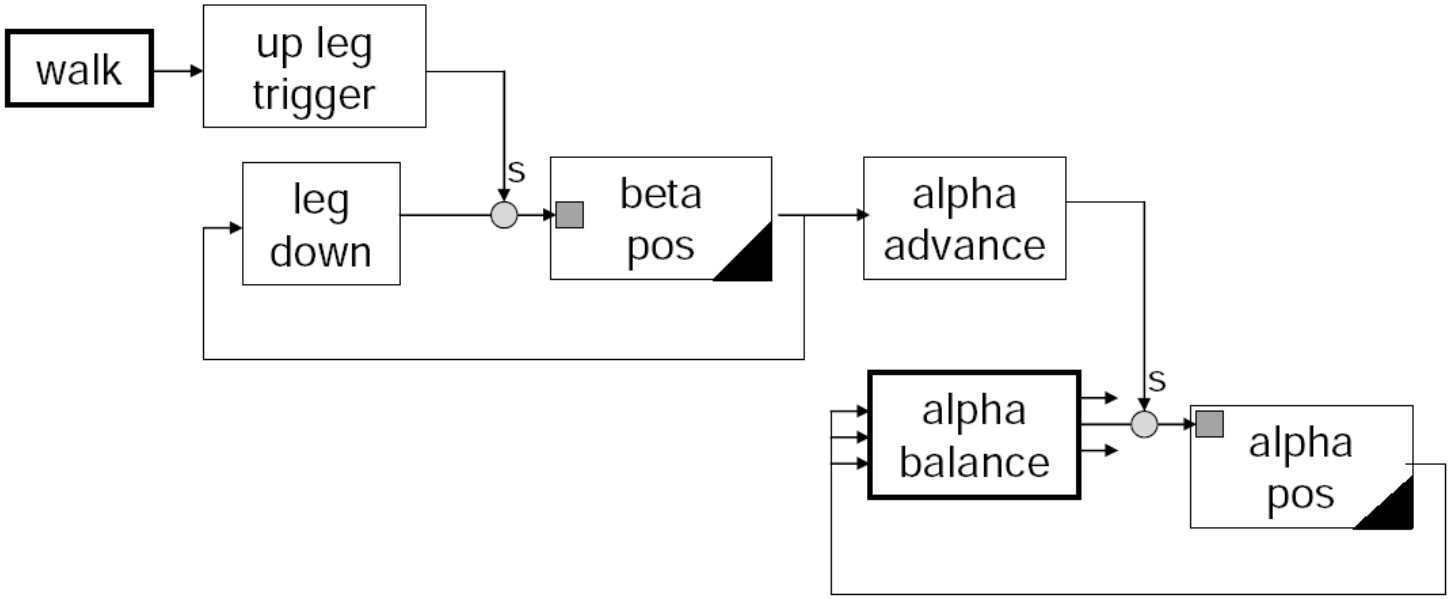
Ejemplo 2 - Genghis

- Mantenerse de pie



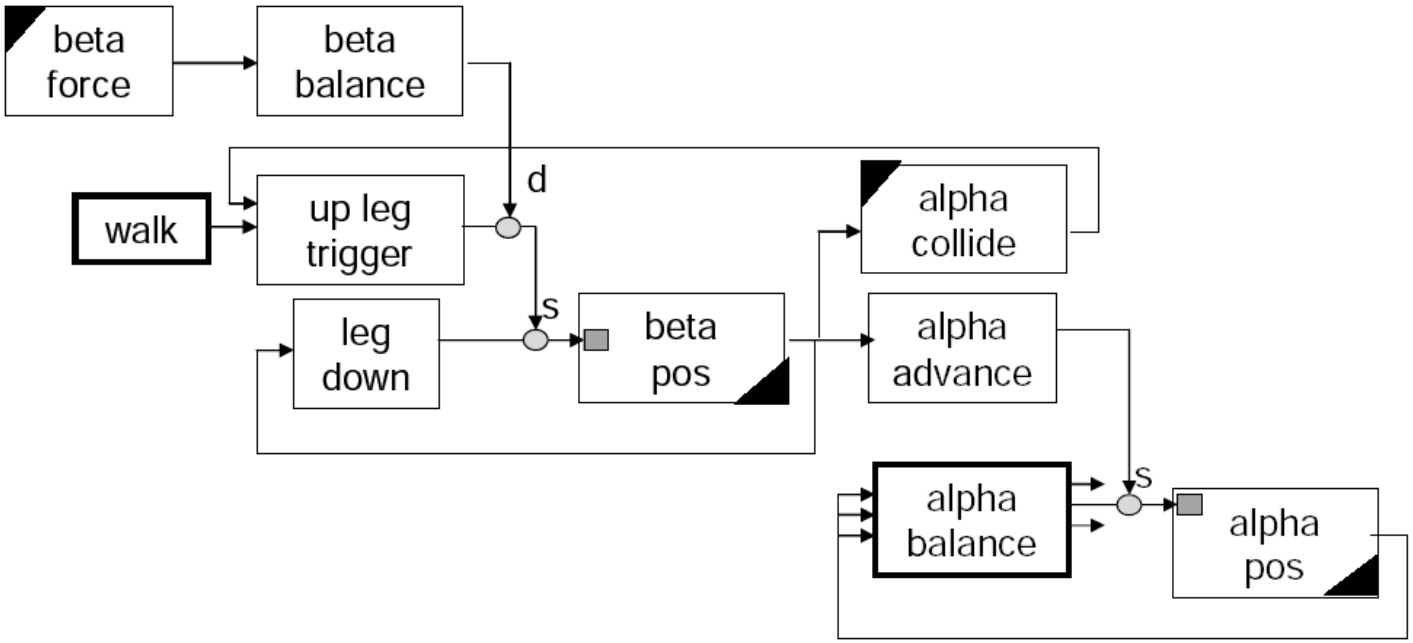
Ejemplo 2 - Genghis

- Caminar en terreno plano



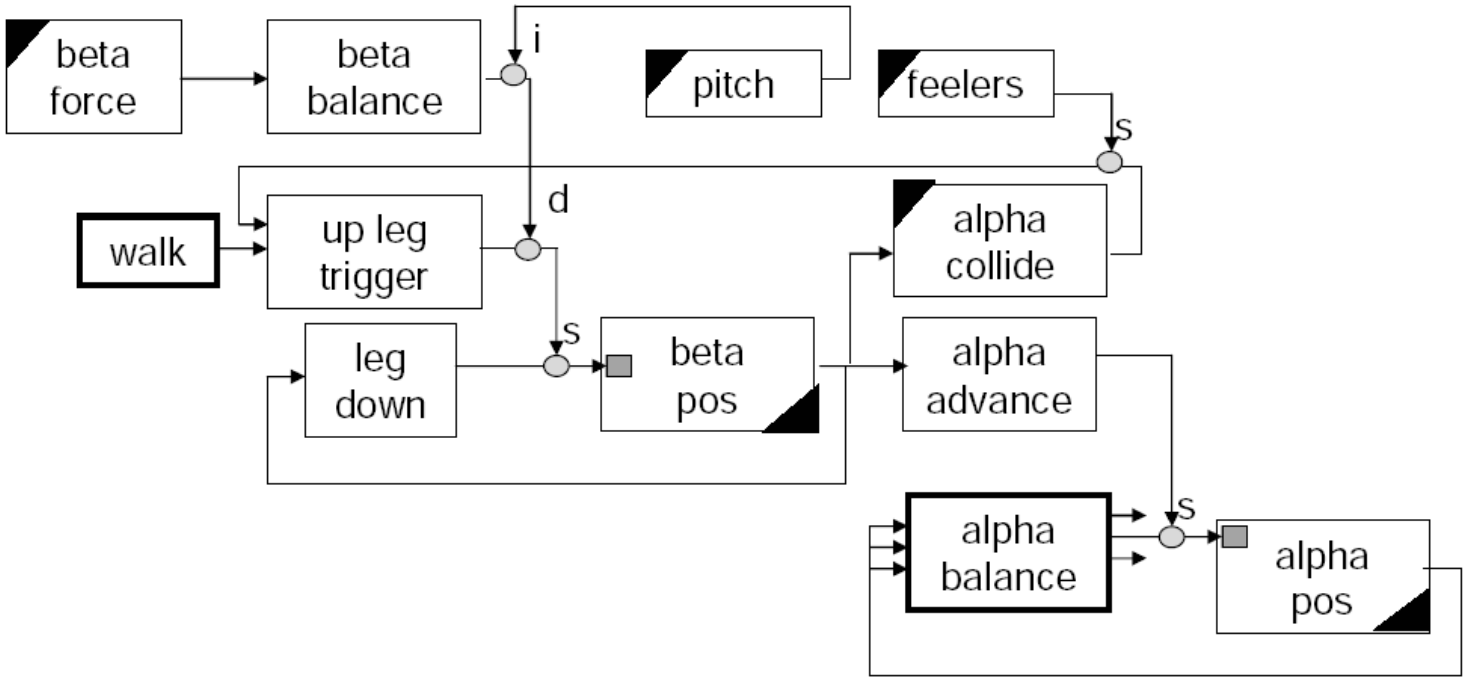
Ejemplo 2 - Genghis

- Caminar en terreno accidentado (Detección de choque)



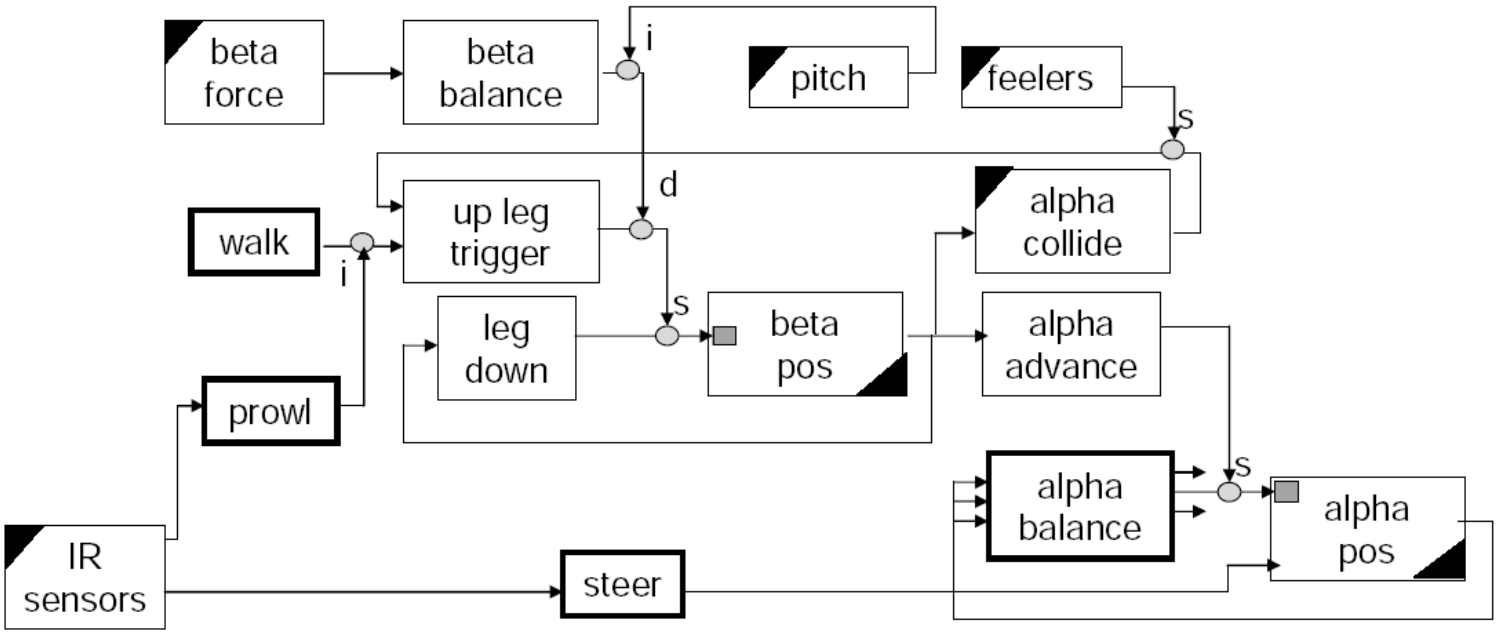
Ejemplo 2 - Genghis

- Caminar en terreno accidentado (Detección de obstáculos)



Ejemplo 2 - Genghis

- Búsqueda de objetivos



1 Introducción

2 Arquitectura Subsunción

3 Ejemplos

4 Conclusiones

Conclusiones

- **Técnicas** de diseño **ingenieriles** sobre principios cognitivos
- **División** en niveles de competencias
- Cada nivel recibe **información sensorial** del mundo y actúa sobre el mismo
- Cada capa es completamente **autónoma**
- Criticada por su poca relación con el diseño de sistemas inteligentes
- Sin embargo:
  - Realiza una **descomposición funcional**: No pregunta como procesar información sensorial sino como acoplarla a los actuadores
  - Está ligada al concepto de **corporeizado**
  - Es **distribuida**
  - Combina el diseño de robots con principios evolutivos

Problemas de Subsunción

- Las **prioridades** deben ser evaluadas en el **momento de diseño**
- Necesita que los **comportamientos** estén **bien definidos**
- Los **comportamientos no** se pueden **combinar**, sólo inhibir/suprimir
- Se maximiza el número de niveles de competencia
- **Rígida** en tiempo de ejecución

Críticas a Subsunción

- ¿Es posible implementar **comportamientos complejos**?
- ¿Es una **evolución**?
- ¿Capacidad de **aprendizaje**?
- ¿Serán necesarias **representaciones**?

Referencias

- R. Pfeifer and C. Scheier. **Understanding Intelligence**. The MIT Press, Cambridge, MA. (2001)
- R. A. Brooks. **A Robust Layer Control System For A Mobile Robot**. IEEE Journal of Robotics and Automation, RA-2(1), pp. 14-13. (1986)
- R. A. Brooks. **A Robot that Walks; Emergent Behaviors from a Carefully Evolved Network**. Neural Computation, 1(2), pp. 253-262, (1989)
- R. C. Arkin. **Behavior-Based Robotics**. The MIT Press, Cambridge, MA (1998)

Gracias

GRACIAS!!

Gracias

GRACIAS!!