

Robótica basada en comportamientos

Comportamiento Animal

**Instituto de Computación
Facultad de Ingeniería
Universidad de la República**

Comportamiento animal

- Relación entre control de robots y comportamiento animal
- Visión general del comportamiento animal desde el punto de vista de la robótica
- Ejemplos de aplicación

Introducción

Conducta: La conducta corresponde a las acciones observables de un individuo

Comportamiento: El comportamiento corresponde tanto a las acciones observables de un individuo como a los procesos mentales subyacentes a las mismas

La conducta es un subconjunto (el visible) del comportamiento total del individuo

¿Por qué explorar las ciencias biológicas?

¿Qué le ofrece el comportamiento animal a la Robótica?

Un poco de contexto...

- El progreso en robótica hacia los 70 se encontraba enlentecido
- Michael Arbib (1970-1980), investiga modelos de la inteligencia animal para integrar en robots
- Valentino Braitenberg, especula sobre experimentos a partir de los cuales podrían evolucionar máquinas inteligentes
- Muchos investigadores comenzaron a explorar las ciencias biológicas de manera de obtener inteligencia
- Hacia los 90 comienzan a publicarse los primeros resultados de investigaciones

Por qué estudiar las ciencias biológicas

- La evolución ha producido una gran variedad de organismos inteligentes desde insectos a humanos
 - El comportamiento animal es inteligente
 - El comportamiento animal es una prueba que la inteligencia es alcanzable
- Comparados con los robots estos organismos son mucho más flexibles, eficientes en su control y en la gestión de la energía
- Presentan otras características como agilidad, robustez y adaptabilidad relevantes para el estudio de la robótica

Por qué estudiar las ciencias biológicas

- Tanto los animales como los robots deben moverse en el mundo real utilizando sensores y actuadores
- El estudio del comportamiento animal brinda modelos que la robótica puede poner en práctica dentro de los sistemas robóticos
- La **Biorrobótica** puede definirse como la intersección de la robótica y la biología
 - Entender la biología para construir robots
 - Construir robots para entender la biología

Por qué estudiar las ciencias biológicas

La robótica basada en comportamientos estudia e interactúa con los resultados de las áreas de neurociencia, psicología y la etología

- Con un alto nivel de fidelidad a su “contraparte” animal
- Como “inspiradores” para los investigadores

Neurociencia: el estudio de la anatomía del sistema nervioso, su fisiología, bioquímica y biología molecular

Psicología: el estudio de la mente y el comportamiento

Etología: el estudio del comportamiento animal en condiciones naturales

Por qué estudiar las ciencias biológicas

Parte de la comunidad robótica identifica desventajas en dicho enfoque:

- El soporte físico subyacente es fundamentalmente diferente
 - Los sistemas biológicos cuentan con una gran cantidad de conocimiento evolucionado necesario para soportar el comportamiento inteligente, que no lo tienen sus contrapartes robóticas
- Nuestro conocimiento de las funciones de soporte físico es generalmente inadecuado para soportar la migración de un sistema a otro

Visión general del comportamiento desde la neurociencia, psicología y etología

Neurociencia

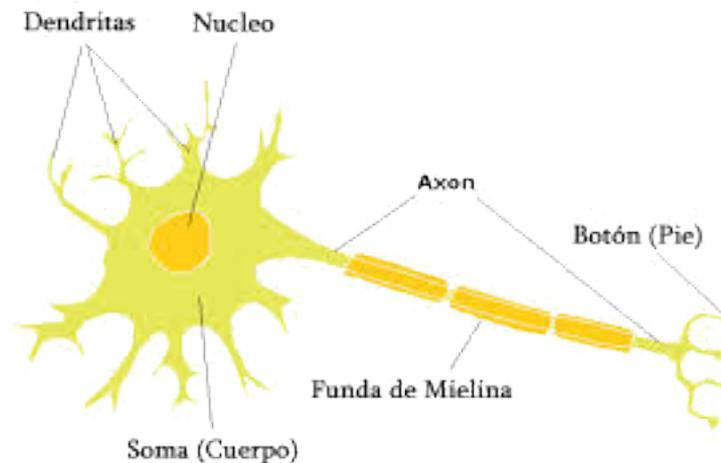
La neurociencia es el estudio de la estructura, función, desarrollo, química, farmacología, y patología del sistema nervioso central de los seres humanos y animales, y cómo los diferentes elementos del sistema nervioso dan origen a la conducta

- El estudio del sistema nervioso central es altamente complejo cuyo tratamiento justifica al menos la dedicación de un curso completo
- Por tanto en nuestro curso sólo se introducen conceptos básicos para entender sus derivaciones para la robótica basada en comportamientos

Neurociencia

Circuito neuronales: La Neurona

- Es la componente elemental del sistema nervioso



- Las neuronas tienen la capacidad de comunicarse con precisión, rapidez y a larga distancia con otras células, ya sean nerviosas, musculares o glandulares
- Las neuronas transmiten señales eléctricas denominadas impulsos nerviosos

Neurociencia

Circuito neuronales: La Neurona (cont.)

- Las neuronas conforman e interconectan los tres componentes del sistema nervioso: sensitivo, motor e integrador o mixto
- Un estímulo que es captado en alguna región sensorial entrega cierta información que es conducida a través de las neuronas y es analizada por el componente integrador
- El integrador puede elaborar una respuesta, cuya señal es conducida a través de las neuronas (respuesta)
- La respuesta es ejecutada mediante una acción motora, como la contracción muscular o secreción glandular

Neurociencia

Combinación de neuronas

- La combinación de neuronas da lugar a circuitos neuronales que pueden ser muy complejos
- Se ha descubierto la función de pequeños sistemas de neuronas especializados:
 - sonar en los murciélagos
 - locomoción de las cucarachas
 - ubicación de objetos con electricidad en peces eléctricos
 - coordinación del motor visual en moscas y ranas

La robótica ha tomado estos modelos para crear formas similares de comportamiento en máquinas

Neurociencia

Estructura y Función del cerebro

El cerebro animal se presenta en gran variedad de tamaños.

Ejemplos:

- vertebrados pequeños: 10^7 neuronas
- humanos: 10^{10} - 10^{11} neuronas

Características comunes

- ubicación: estructuralmente organizadas en diferentes zonas con funcionalidad especializada
- ocurren “subespecializaciones” dentro del cerebro. Los modelos a este nivel han sido usados por la robótica basada en comportamientos

Neurociencia

Estructura y Función del cerebro (cont.)

El control de movimientos

- Grupos de investigación argumentan que el control motor se basa en el uso de vectores
 - Modelo de Arbib y House 1987, experimentan con sapos: usan un modelo matemático para explicar la generación de campos repulsivos alrededor de los obstáculos y fuerzas atractivas hacia las fuentes de comida.
 - MIT 1991, experimenta con ranas: microestímulos de diferentes regiones de la médula espinal generan campos de potencial específicos que mueven directamente las extremidades anteriores a ubicaciones particulares (puntos de equilibrio).
 - Múltiples estímulos generan nuevos puntos de equilibrio, resultado de suma de vectores

Neurociencia

Modelo abstractos neurocientíficos

El conocimiento actual acerca del funcionamiento del cerebro es muy superficial. Avanzando, pero aún muy lejos de entender su funcionamiento

- La clave para la investigación en neurociencia es la generación de modelos: abstracciones de la función del cerebro
- Muchos de estos modelos se llevan a la robótica
- Ambas áreas científicas se benefician del uso de estos modelos

Neurociencia

Modelos abstractos neurocientíficos (cont.)

Los modelos más conocidos se conocen como:

- Teoría de esquemas (descomposición funcional, alto nivel de abstracción)
Esquema: unidad básica de actividad desde la cual se pueden construir comportamientos complejos. Un esquema consiste del conocimiento de cómo actuar y percibir, y del proceso que es usada para realizar la actividad
1981, Arbib: Primera vez que se considera la aplicación de estos modelos a la robótica
- Redes neuronales (estructura neuronal, bajo nivel de abstracción)
Sistema de interconexión de neuronas en una red que colaboran para producir un estímulo de salida
Simulan las propiedades de los sistemas neuronales biológicos a través de modelos matemáticos
1943, McCulloch - Pitts: Primeros trabajos en esta área

Ambos modelos son altamente compatibles

Un esquema, una vez formulado, puede traducirse a un modelo de red neuronal

Psicología

- La psicología se enfoca en el concepto de mente y comportamiento, y no en el cerebro en sí mismo
- Cambia sustancialmente la perspectiva dependiendo de la corriente de pensamiento:

Conductista

- El comportamiento se define únicamente por la observación; los datos son obtenidos de la observación de lo que un organismo hace o dice.
- Considera mecanismo de estímulo-respuesta para la expresión de comportamiento

Ecológica

- Captura las relaciones que el agente tiene con su entorno
“El entorno es lo que el organismo percibe. El mundo real difiere del entorno, es decir, es más que el mundo que describe la física”

Cognitiva

- Estudia la mente desde el punto de vista del conocimiento: cómo se adquiere, se organiza y se usa el conocimiento.

Psicología

- La robótica puede obtener beneficios considerables del entendimiento de las diferentes perspectivas
- Su valor radica en que pueden oficiar como inspiradoras en la construcción de autómatas basados en comportamiento.

Etología

- Es el estudio del comportamiento animal en su entorno natural
- El animal es sólo un componente del sistema global, el cual debe incluir al entorno en el cual el reside

Definición de Comportamiento animal

Es la asignación de una entrada sensorial a un patrón de acciones motoras que son usadas para alcanzar una tarea



Identificado un patrón de acciones, cuál es la entrada sensorial que lo “dispara”?

Etología

Tipos de Comportamiento

- **Reflexivo**
 - Estímulo-respuesta (S-R). El estímulo está directamente conectado a la respuesta
 - Ej.:reflejo al golpe en la rodilla
- **Reactivo**
 - Aprendido o memoria muscular
 - Pueden ser ejecutados sin “razonarlos”
 - Ej.: andar en bicicleta
- **Conciente**
 - Deliberativo
 - Ej.: andar en bicicleta sobre un puente muy angosto

Etología

Comportamiento Reflexivo

- No implica ningún tipo de proceso cognitivo: *si senso - actúo*
- Para la robótica: elimina cómputo y garantiza mejores tiempos de ejecución
- Categorías:

Reflejos Respuestas involuntarias automáticas disparadas por determinado estímulo del entorno. La respuesta reflejo sólo persiste mientras persista el estímulo, y es proporcional a la intensidad del estímulo.

Taxismo o taxes la respuesta al estímulo es moverse a una orientación particular. Ocurre en respuesta a un fenómeno visual, químico, mecánico, etc., en una gran variedad de animales

Patrones de acción fija Son patrones de respuesta que se extienden en el tiempo, más allá de la duración del estímulo. Son reflejos “aprendidos”, motivados no sólo por el estímulo sino también por el estado interno del animal, influenciado por cosas tales como el apetito

Estas categorías no son mutuamente excluyentes

Etología

Mecanismos de comunicación animal

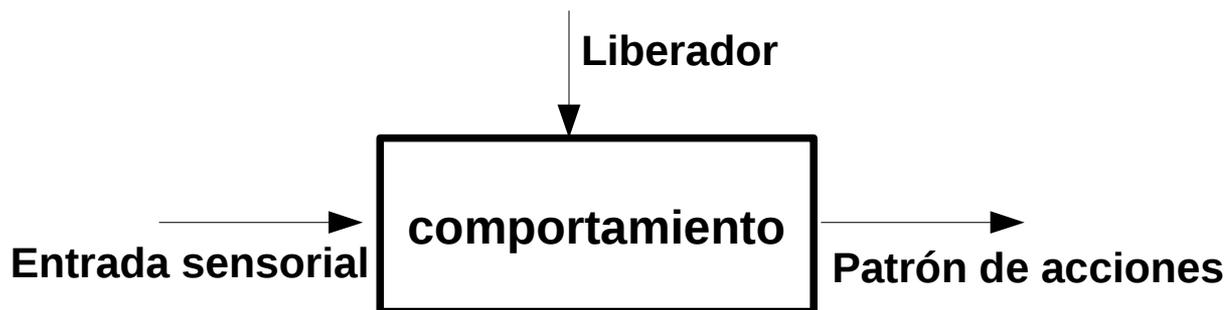
- Están altamente relacionados con los sistemas robóticos multiagentes
- El comportamiento como forma de comunicación
 - Ejecutar un comportamiento implica la señalización de la información. Ej.: por cambios en la postura, o en una actividad
 - Son en general comportamientos reflexivos de la categoría “patrón de acción fija”. Pueden ser visibles, audibles, táctiles, químicos, eléctricos (canto de pájaros, cambios de color en peces, etc.)
 - Los mensajes en sí mismos pueden ser mecanismos para selección de comportamientos, habilitando al receptor a responder adecuadamente en una situación dada (peligro, etc.)

Etología

Coordinación y control de comportamientos

IRM: Innate Releasing Mechanisms (Lorenz y Tinbergen)

- Trata de aclarar como los comportamientos se coordinan y controlan
- IRM presupone que hay un estímulo específico (externo o interno) que libera o desencadena el modelo estereotipado de acción
- El IRM activa el comportamiento
- El liberador actúa como una señal de control para activar el comportamiento
- Si un comportamiento no se libera, no responde a los estímulos sensoriales y no produce salida motora



Etología

Coordinación y control de comportamientos

Ejemplo IRM

```
enum Releaser = {PRESENT, NOT_PRESENT};  
Releaser predator;  
while (TRUE){  
    predator = sensePredators()  
    if (predator == PRESENT)  
        flee();  
}
```

Etología

Comportamientos concurrentes

- Los comportamientos pueden ejecutarse concurrentemente
- Algunos comportamientos pueden ignorar el secuenciamiento cuando aparecen estímulos conflictivos en el entorno
- Categorías de interacción:
 - Equilibrio
 - Dominancia
 - Cancelación

Etología

Dos funciones de la Percepción

- Liberar un comportamiento
- Percibir la información necesaria para llevar adelante un comportamiento

En ambos casos, la percepción filtra la información de acuerdo a la tarea que se está realizando (percepción orientada por la acción)

Varios animales han evolucionado detectores que simplifican la percepción

Desde el comportamiento animal

Características más importantes que el comportamiento animal ofrece a la robótica

- Los comportamientos complejos deben ser construidos desde comportamientos simples e independientes, que acoplen fuertemente sensado con actuación
- Con el fin de simplificar el sensado, la percepción debe filtrar el sensado y considerar sólo lo que es relevante para el comportamiento (percepción orientada a la acción).
- Los comportamientos competitivos deben estar coordinados por mecanismos de selección, arbitraje o de algún otro tipo
- El comportamiento robótico debe vincularse con su entorno, ajustándose a un nicho ecológico particular.

Ejemplos de Bio-Robots

Chemotaxis de las hormigas

chemotaxis: fenómeno por el cual determinados organismos dirigen sus movimientos de acuerdo a químicos en el ambiente (feromonas)

El sensado químico, inspirado en el comportamiento de las hormigas, puede ser usado para el seguimiento de caminos en robots



Ejemplos de Bio-Robots

Visión de la mosca

La visión de la mosca podría ser una forma útil en la que el robot conoce el mundo

El sistema de navegación visual de la mosca consiste de aproximadamente de 1000000 neuronas que constantemente ajustan amplitud, frecuencia y giro de las alas

El modelo fue desarrollado como un robot reactivo que usa este sistema de control visual.

El único objetivo del robot es moverse de forma segura, evitando obstáculos que detecta por vía visual, manteniendo una distancia relativa entre sí mismo y el entorno

Principales características biológicas explotadas:

- uso de diseño óptico generando una visión panorámica
- el diseño del circuito de detección de movimiento se basó en el análisis electrofisiológico de la mosca
- la locomoción consiste en sucesiones de traslaciones seguidas de rotaciones abruptas



1992: C.N.R.S - Francia

Ejemplos de Bio-Robots

Locomoción de la cucaracha

1990: se desarrolla modelo neural para emular el comportamiento de la cucaracha

El modelo usado era el más fiel a la biología usada hasta el momento en el área de redes neuronales

Modelo simulado (completamente neural)

sensores: boca y antena

comportamientos: navegación errante, seguimiento de línea, orientación al apetito y atracción a la comida, etc.

1993-1994: implementan una porción del modelo simulado sobre un hexápodo comprobando los resultados simulados

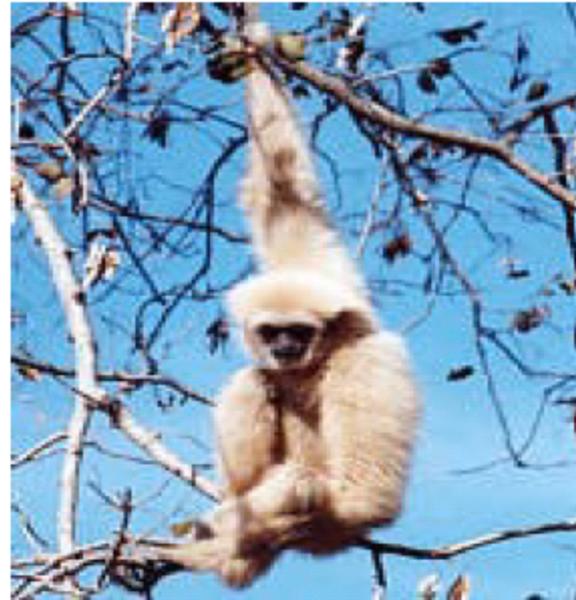
Investigación realizada por *Case Western Reserve University*



Ejemplos de Bio-Robots

Balanceo de un primate

- Desarrollan un prototipo robótico que imita el mecanismo de locomoción de los primates Gibón
- El prototipo aprende la secuencia de movimientos para imitar el traslado
- Se recupera de caídas



Enfoque: se inspira en la biología para obtener la idea, pero la implementación no sigue la línea biológica

Ejemplos de Bio-Robots

Abejas robóticas

Hipótesis del proyecto: las abejas utilizan sonido y movimiento para transmitir mensajes (ej.: ubicación del lugar donde hay comida dentro de su entorno)

Objetivo: implementar un modelo que imite el sonido y movimiento de las abejas reales

Resultado: se comprobó la hipótesis

Ambas áreas de la ciencia se beneficiaron del proyecto

1994: Kirchner and Towne



Referencias

“Behavior-Based Robotics”, capítulo 2,
Arkin, MIT Press, 0262011654, 1998.

“Introduction to AI Robotics”, capítulo 3,
Murphy R. R., MIT Press, 2000.