

## NAVEGACIÓN, DEL ANIMAL AL ANIMAT

*Ing. Jorge Arturo Del Toro Saab*

*Incubador de empresas con base tecnológica en el Instituto Politécnico Nacional*

*torosaab@yahoo.com.mx*

*Ing. Alberto Isaac Pérez Sanpablo*

*Ayudante de investigador en Ciencias Médicas del Centro Nacional de Rehabilitación de la Secretaría de Salud*

*aisaac\_perez@yahoo.com*

*Ing. Elizabeth Victoria Ponce Arroyo*

*Guionista de Televisión Educativa para el proyecto Educación Media Superior a Distancia (EMSAD)*

*ellie\_ponce@hotmail.com*

## NAVEGACIÓN, DEL ANIMAL AL ANIMAT

### RESUMEN

Los robots móviles utilizan varios sistemas de navegación, algunos de los cuales están basados en los conocimientos que se tienen acerca de la navegación animal. La navegación de los animales se ve afectada por *taxes* de luz, de calor, de gravedad, de sonido, campos eléctricos, etc., los cuales son registrados por sus sensores naturales. En los robots dichos *taxes* pueden registrarse a través del uso de diferentes tipos de sensores.

**Palabras clave:** Navegación, Locomoción, Animat, Robots móviles, Artrópodos, Sensores, Taxes, Estímulos.

## NAVIGATION, FROM ANIMAL TO ANIMAT

### ABSTRACT

Mobile robots use several navigation systems, some of which are based on the animal navigation current knowledge. Animal navigation is affected by *taxes* of light, heat, gravity, sound, electric fields, etc. which are registered by their natural sensors. In robots, those *taxes* can be registered through different kinds of sensors.

**Keywords:** Navigation, Locomotion, Animat, Mobile robots, Arthropods, Sensors, Taxes, Stimulus.

## INTRODUCCIÓN

La *navegación* es un concepto que engloba las habilidades adaptativas necesarias para encontrar, aprender y regresar a sitios específicos y se basa en las respuestas de 3 preguntas fundamentales: ¿dónde estoy?, ¿dónde están los lugares importantes con respecto a mí? y ¿cómo llego ahí desde aquí?

Los métodos tradicionales empleados para la búsqueda de trayectorias están basados en técnicas de Inteligencia Artificial y de entre ellos el más común es el denominado *Sistemas Expertos*.

Éste método se basa en un conjunto de reglas que abarca todos los casos posibles del problema a resolver; las reglas se introducen a un motor inferencial en el que el caso particular se compara con cada regla y dependiendo de aquéllas que se cumplan se genera una nueva hipótesis, la cual es retroalimentada al motor inferencial hasta que se obtiene un resultado que no pueda ser procesado por el conjunto de reglas existentes.

Estos métodos no dan una relación muy favorable en cuanto a costo-beneficio, por ello se empezaron a tomar en cuenta los modelos de navegación de animales tales como peces, gatos, perros, aves, ratas y artrópodos como las abejas, hormigas y cochinillas.

Aunque los animales en general presentan rutas subóptimas en el sentido matemático, son de selección rápida, flexibles y muy adaptativas. De tal forma que los robots están inspirados biológicamente y se desarrollan mejor en ambientes cambiantes.

## NAVEGACIÓN

Las habilidades de navegación son muy importantes para los robots móviles. Sin embargo, los robots actuales tienen un conjunto limitado de posibles comportamientos y aunque son capaces de moverse eficientemente a través de un ambiente complejo evitando obstáculos, sus sistemas de navegación tienden a ser especializados y frágiles. Por esto, la navegación es una de las tareas más elaboradas que los robots móviles actuales tratan de llevar a cabo.

Este es un problema frecuente en áreas tales como nanotecnología, robótica, control, inteligencia artificial, la industria médica y la militar, y se ha propuesto resolverlo desde el enfoque de la *biónica* auxiliándose de la *bio-imitación* como una herramienta que permita aprovechar algunas de las características que les permiten a los animales navegar en la naturaleza.

Los animales están desplazándose continuamente, sus movimientos pueden abarcar desde pequeñas áreas en torno suyo hasta kilómetros cuando realizan migraciones. El mecanismo que les permite desplazarse y sobrevivir es muy complejo: depende de su anatomía, sistema sensorial, programación genética, reflejos, experiencia previa y necesidades particulares de cada especie. Este sistema controla la posición del cuerpo, su ubicación en el entorno inmediato y los cambios de ambas conforme el individuo se dirige hacia un punto en particular, independientemente de la distancia que lo separe del mismo.

En los animales, hay básicamente dos tipos de navegación, la de corta y la de larga distancia. Se llama navegación de corta distancia cuando la distancia recorrida es pequeña con relación al tamaño del animal, su velocidad y la duración de esta actividad. En este tipo se incluyen los ataques, huidas y patrullajes, entre otros. La de larga distancia se presenta cuando se mueven en una secuencia tal que los lleve lejos de su punto de inicio, donde no solo la distancia es enorme con relación al tamaño del animal, sino también a su velocidad y en el que su duración es mucho mayor de los periodos de actividad normal, como las migraciones.

En este artículo nos enfocaremos principalmente a la navegación de corta distancia, específicamente a la estrategia denominada *Aproximación a la Meta*. Esta estrategia esta basada en las respuestas a los estímulos (movimientos tipo *taxes*, del griego colocación, ó *taxis* en singular).

Las respuestas tipo *taxes* tienen varias funciones, sirven tanto para mantener una posición normal que permita iniciar el movimiento, alejarse de estímulos riesgosos o bien ser auxiliares para encontrar una ruta.

En general, las respuestas tipo *taxes* pueden ser positivas (hacia la fuente de estímulo) o negativas (alejándose de la fuente del estímulo) y pueden producir un efecto al combinarse.

Debido a que los *taxes* afectan el movimiento de los individuos, su efecto debe ser corregido o aprovechado según sea el caso ya que pueden ocasionar desviaciones de la ruta hacia la meta. A continuación se da una lista de los diferentes *taxes* que afectan a los animales (Tabla 1).

Tipo de taxis	Efecto ocasionado
Fototaxis	Movimiento dirigido por la luz
Termotaxis	Movimiento dirigido por el calor
Geotaxis	Movimiento dirigido por la gravedad
Magnetotaxis	Movimiento dirigido por el magnetismo
Electrotaxis	Movimiento dirigido por campos eléctricos
Quemotaxis(Quimiotaxis)	Movimiento dirigido por químicos
Fonotaxis	Movimiento dirigido por el sonido
Klinotaxis	Orientación resultante de la comparación de los estímulos provenientes de diferentes lados del cuerpo. Puede ser incluso por un solo órgano sensorial que se mueve de uno a otro lado
Tropotaxis	Orientación resultante de la comparación simultánea de estímulos provenientes de órganos sensoriales pareados
Telotaxis	Orientación con respecto a un estímulo como si éste fuera la meta. Puede ocurrir movimientos en zigzag cuando se perciben estímulos pareados
Orientación transversal	Orientación a un cierto ángulo con respecto a la dirección del estímulo. No es necesario que ocurra la locomoción y cuando ocurre, el movimiento no se da directamente hacia el estímulo ni alejándose de él
Respuesta a la brújula de la luz (Menotaxis si hay locomoción)	Orientación a un ángulo fijo respecto a los rayos de luz, puede ser temporal o ajustable con el tiempo para mantener una dirección constante hacia una meta
Respuesta dorsal (o ventral) a la luz	Orientación de tal forma que la luz se mantenga perpendicular al eje normal del cuerpo
Respuesta ventral a la tierra (gravedad transversal)	Orientación tal que la fuerza de gravedad actúe perpendicularmente al eje normal del cuerpo.

**Tabla 1.** Diferentes *taxes* que afectan a los animales

Otro tipo de respuesta es la cinética, que involucra todas aquellas reacciones locomotoras no dirigidas y en las que como resultado de la intensidad del estímulo varían la velocidad o fuerza del movimiento.

Los reflejos pueden ser de tipo taxis, cinéticos o más complejos cuando la intensidad del estímulo no solo influye en la velocidad o fuerza del movimiento sino que cambia completamente el tipo de respuesta generada.

Para entender plenamente como funcionan los taxis, es necesario también saber que todos los animales tienen una posición y orientación normales. La posición normal es aquella que adopta el individuo cuando está en reposo y a partir de ella pueden iniciar cualquier movimiento. Unos ejemplos sencillos son la posición de la mano cuando está relajada y la del pez que flota sumergido con la parte dorsal hacia arriba.

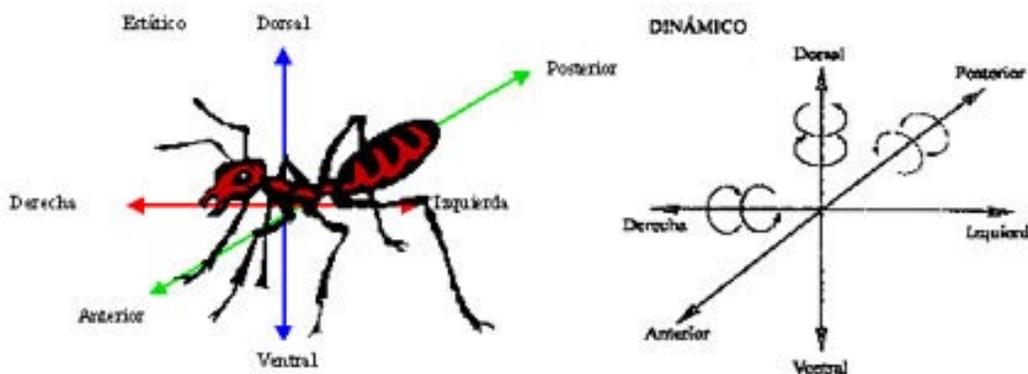
Esta posición solo se manifiesta cuando el individuo está vivo (un pez muerto flota de lado en la superficie del agua) y mantenerla es un proceso que requiere un monitoreo y control continuos de la posición (balanceo) en todo momento esta es la función del reflejo de enderezado, el cual generalmente se auxilia del sentido del equilibrio que se encuentra en el oído. Cuando el animal está desorientado utiliza este reflejo para regresar a su posición normal (o de referencia).



**Figura 1.** En el primer esquema se muestra la posición de reposo de un pez, a partir de la cual es capaz de iniciar cualquier movimiento y una vez terminado éste, le es posible recuperarla.

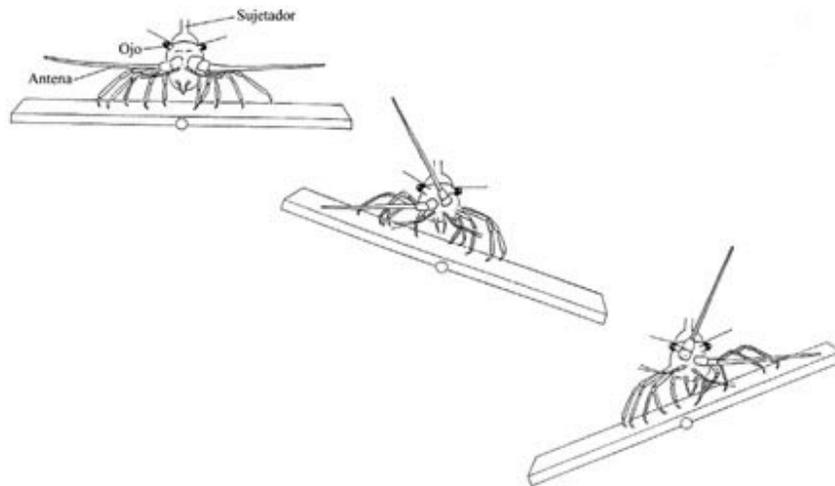
La gravedad y la inercia son de gran importancia para mantener la posición normal de los animales: la fuerza de gravedad, al jalar los cuerpos hacia el centro de la tierra permite establecer las direcciones de referencia horizontal y vertical, y la inercia (incapacidad de los cuerpos para modificar su estado de reposo o movimiento) permite determinar la dirección de las fuerzas.

La mayoría de los animales poseen una simetría bilateral definida por 3 ejes perpendiculares que les permite saber cual es su posición de reposo y tratar de recuperarla cuando se ha perdido. En la figura 2 se muestran estos ejes.



**Figura 2.** Los ejes de orientación de los animales

Los receptores visuales, auditivos y olfatorios generalmente están ubicados en el extremo correspondiente a la cabeza. Además, todos los sensores con que cuentan los animales están en una posición especial y bien definida del cuerpo. Esto es muy importante porque el funcionamiento adecuado de la mayoría de los canales perceptuales necesarios para la navegación depende de que estén correctamente ubicados. Los apéndices (brazos, piernas, extremidades, cabeza, antenas u ojos) son generalmente utilizados para compensar las desviaciones de los ejes cuando se está en una situación de asimetría, tratando de mantener la orientación normal con respecto a la gravedad.



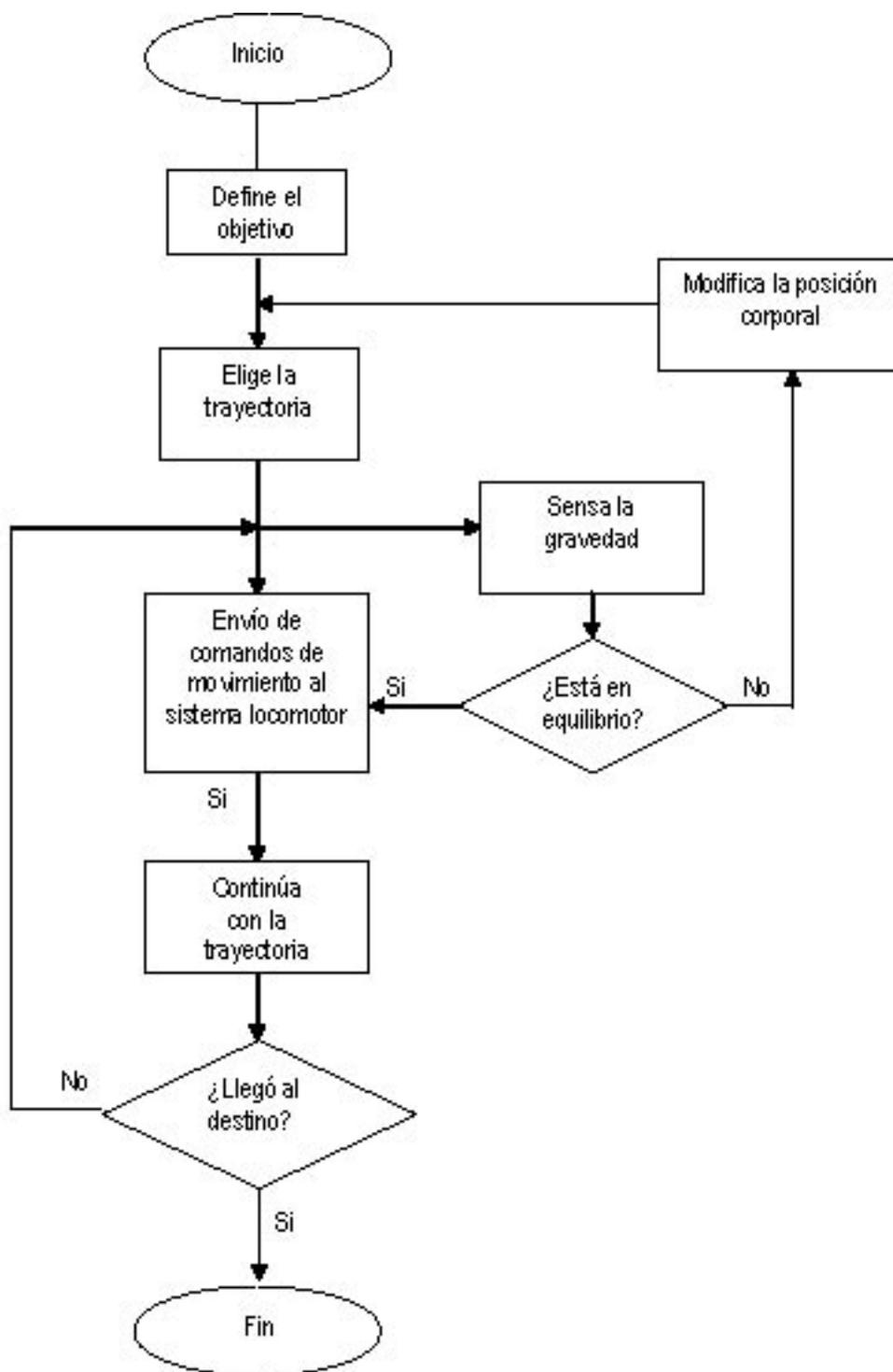
**Figura 3.** Uso de los apéndices para mantener la posición normal del cuerpo

Los animats (animales artificiales) pueden hacer uso de esta estrategia de navegación para mejorar su funcionamiento. Por ejemplo, si se incluye un sensor de gravedad o inercia se puede disparar un evento que permita que el animat recobre su posición normal y a partir de ella sea capaz de continuar con la trayectoria de larga distancia que se desea.

Cuando el sensor de gravedad de un animal detecta un cambio en su posición, con respecto a lo que está dentro de los rangos permitidos, ocasiona como respuesta que la posición del cuerpo de éste cambie para mantenerse en equilibrio. Puede ser que solo mueva los apéndices y eso sea suficiente, o bien, que cambie de trayectoria debido a que la ruta actual lo llevó a una pendiente muy pronunciada.

Cuando esto se aplica a la navegación de los animats, es muy útil debido a que al igual que para los animales, las respuestas tipo *taxes* les permiten mantenerse dentro de los rangos de seguridad de las distintas variables físicas que pueden detectar, pero también permiten llegar a una posición específica (como cuando una luz o sonido indica la meta). Es por ello que las *taxes* pueden ser positivas o negativas.

Resumiendo todo lo anterior, podemos proponer un algoritmo básico de navegación donde estén consideradas las respuestas tipo *taxes* como se ve en la figura 4.



**Figura 4.** Algoritmo básico de navegación considerando las respuestas tipo taxes para mejorar el rendimiento del algoritmo de navegación

## BIBLIOGRAFÍA

ALÍ, Khaled S. y Ronald C. Arkin. "Implementing Schema-theoretic Models of Animal behavior in Robotic system"[en línea]. <http://www.cc.gatech.edu/ai/robot-lab/online-publications/coimbra.pdf> [Consulta: 1 Octubre 2004]

CUENCA S, Yohoni. "Orientación reactiva en robots LEGO al interior de un entorno de trabajo no estructurado" [en línea]. Capítulo estudiantil ACM-UMSA, 2003. <http://www.umsanet.edu.bo/informatica/acm/link4/estudiantes/vol1/articulo1.pdf> [Consulta: 1 Octubre 2004]

DE LOPE, J; D. Maravall y J.G. Zato. "Estrategias de exploración para la construcción autónoma de modelos topológicos en robots móviles" [en línea]. <http://www.dia.fi.upm.es/~jdllope/Docs/caepia99.pdf> [Consulta: 1 Octubre 2004]

FRAENKEL, Gottfried S., Donald L. Gunn. *The orientation of animals, Kinesis, Taxes and compass reactions*. New York: Dover Publications Inc., 1961.

FUMIYA, Lida. "Goal-Directed navigation of an autonomous flying robot using biologically inspired cheap vision"[en línea]. International Symposium on Robotics, 19-21 Abril 2001. <http://www.ifi.unizh.ch/ailab/people/iida/research/ISR393iida.pdf> [Consulta: 1 Octubre de 2004]

LEWIS, M. Anthony. "Visual Navigation in a Robot using Zig-zag behavior" [en línea]. NIPS,1997. <http://www.iguana-robotics.com/people/tlewis/publications/nips97.PDF> [Consulta: 1 Octubre 2004]

TRULLIER, Oliver; Sidney Wiener, Alain Berthoz and Jean Arcady Meyer. "Biologically-based artificial navigation systems:Review and prospects" [en línea]. Progress in Neurobiology, Vol.51, pp. 483 to 544. 1997, Elsevier Science Ltd. doi:10.1016/S0301-0082(96)00060-3 [Consulta: 1 Octubre 2004]

WATERMAN, Talbot H. *Animal Navigation*. New York: Scientific American Library: Distributed by W.H. Freeman, 1989.