

SEGUIMIENTO A SATÉLITES USANDO TÉCNICAS DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL

Ingeniero

Jorge Enrique Espíndola Díaz¹

jespindola@uptc.edu.co

Recibido: 01 de Marzo 2012

Aprobado: 15 de Marzo 2012

Resumen

Este artículo hace parte del proyecto “Diseño e implementación de una estación terrena para satélites de órbita LEO”, el cual pretende implementar una estación terrena en la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, ubicada en la ciudad de Tunja, Boyacá y determinar la técnica de Inteligencia Artificial (IA) a usar para desarrollar un algoritmo que permita predecir y hacer seguimiento a la órbita que hacen los satélites artificiales como los picosatélites. Se presenta en este documento la revisión bibliográfica que fundamenta esta investigación.

Palabras clave: Estación terrena, inteligencia artificial, picosatélite, seguimiento de orbitas.

Abstract

This article is part of the project “Design and implementation of a ground station for LEO satellites,” which aims to implement a ground station in the Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, located in Tunja, Boyacá and determine the technical artificial intelligence (AI) used to develop an algorithm to predict and track the satellites’ orbits. This document presents the literature review which supports this research.

Keywords: Ground station, artificial intelligence, pico satellite, tracking orbits.

1. Introducción

El proyecto del lanzamiento de un picosatélite al espacio, con el objetivo académico de hacer estudios de telemedicina y telemetría, tiene varios módulos, entre otros el de comunicaciones. Desde esta perspectiva de las comunicaciones, el desarrollo de algoritmos, desde la inteligencia artificial (IA), permite hacer pronósticos y controles a la órbita que hacen los satélites artificiales alrededor de la tierra.

Parte del módulo de comunicaciones, es el proyecto en el que se tiene como objetivo crear un algoritmo de seguimiento de las orbitas de los satélites LEO (Low Earth Orbit), se debe mencionar

que el proyecto de diseñar e implementar una estación terrena para satélites de órbita LEO del grupo de investigación INFELCOM² de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, utilizará el resultado (el algoritmo) en el seguimiento de la órbita del picosatélite Colombia 1 que será lanzado por la Universidad Distrital Francisco José de Caldas con su grupo de investigación GITEM³.

Este artículo describe los temas de esta primera etapa de la investigación correspondiente al fundamento teórico; estos contenidos permiten determinar la técnica de IA a usar. Para la construcción de esta base teórica, se tuvo en cuenta las áreas y disciplinas del conocimiento como la estación terrena, las antenas, la mecánica orbital, las diferen-

¹Ingeniero de Sistemas, Especialista en Telemática. Universidad Autónoma, MSc. Ciencias de la Información y las Comunicaciones. Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Docente Asistente Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia – UPTC, Director del grupo de Investigación en Informática, Electrónica y Comunicaciones - INFELCOM. Email: jespindola@uptc.edu.co.

²Grupo de Investigación en Informática, Electrónica y Comunicaciones de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja, Boyacá. Consultado en: <http://sites.google.com/site/infelcom/>

³Grupo de Investigación de Telemedicina de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá DC. Consultado en <http://gitem.udistrital.edu.co/>

tes técnicas de IA y el software usado para simular la descripción de órbitas de satélites artificiales, entre otras.

2. Conceptualización

La estación terrena en este proyecto es prioritaria, puesto que de ella depende el seguimiento al picosatélite y que la misión logre su éxito. Una estación terrena debe permitir la adecuación de las señales a transmitir o a recibir para controlar el estado del satélite y el de su órbita. Por lo menos debe contar con las antenas adecuadas UHF o VHF, los radios configurados en las frecuencias preestablecidas y unas interfaces tanto físicas como lógicas. El software de seguimiento de los satélites permite revisar el estado del mismo, las variaciones, la órbita y predecir que pasara con éste a lo largo del tiempo.

2.1 Consideraciones iniciales.

Las teorías físicas son muy importantes para la realización del algoritmo, entre otras tenemos las Leyes de Kepler que justifican el modelo heliocéntrico según el cual los planetas giran entorno al sol.

Los elementos Keplerianos son números que permiten calcular las órbitas de los satélites. Se necesitan 7 números para definir la órbita de un satélite. Este conjunto de números se denomina elementos orbitales o "Keplerianos" (por Johann Kepler [1571-1630]), o simplemente elementos, estos son: Epoch, Orbital Inclination, Right Ascension of Ascending Node, Argument of Perigee, Eccentricity, Mean Motion, Mean Anomaly and Drag.

Estos definen una elipse, la orientan con respecto a la tierra, y ubican el satélite en la elipse a un cierto tiempo determinado. En el modelo Kepleriano, las órbitas satelitales son modelos de forma y orientación constantes.

La mecánica orbital es usada para determi-

nar la forma como se comporta el satélite en su órbita alrededor de la tierra y como se describen las elipses como un modelo físico que nos permite verificar que la órbita es circular polar para el caso de los picosatélites.

2.2 Parámetros

Después de revisar la mecánica orbital lo más importante es conocer las variables que se requieren para hacer la descripción y la predicción de la órbita que hace el picosatélite, entre otras:

Perigeo. Punto de la órbita más cercano a la tierra. Ver figura 1

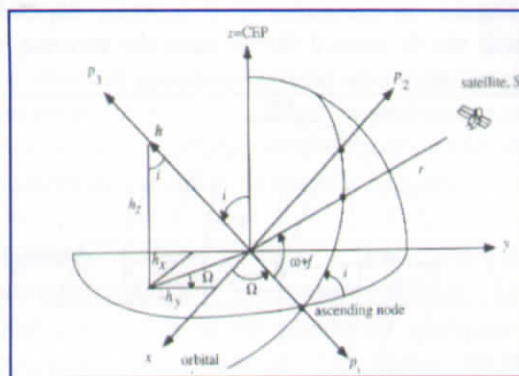


Figura 1. Elementos Keplerianos⁴

Apogeo. Punto de la órbita más alejado de la tierra.

Latitud. Indica la localización de una zona de la tierra situada al norte o al sur del Ecuador. En los mapas, las líneas de latitud aparecen representadas mediante líneas horizontales. Técnicamente, la latitud es el ángulo formado entre el paralelo de un lugar y el Ecuador, medido en grados, minutos y fracciones.

Longitud. Ángulo formado entre el meridiano del lugar y el de Greenwich, medida en grados, minutos y fracciones. Puede ser Este u Oeste.

Altitud. Altura de un punto de la tierra con relación al nivel del mar, medida en kilómetros.

⁴ÁVILA, Miguel A. Mecánica Celeste. Seminario Mecánica orbital. Pág. 26

Ángulo de elevación. Es el ángulo formado entre la dirección de viaje de una onda radiada desde una antena de estación terrena y la horizontal, o el ángulo de la antena de la estación terrena entre el satélite y la horizontal.

Azimet. Se define como el ángulo de apuntamiento horizontal de una antena. Se toma como referencia el Norte como cero grados, y si continuamos girando en el sentido de las agujas del reloj, hacia el Este, llegaremos a los 900 de Azimet. Hacia el Sur tendremos los 1800 de Azimet, hacia el Oeste los 2700 y por ultimo llegaremos al punto inicial donde los 3600 coinciden con los 00 del Norte.

El ángulo de elevación y el azimet, dependen ambos, de la latitud de la estación terrena, así como el satélite en órbita. Ver figura 2

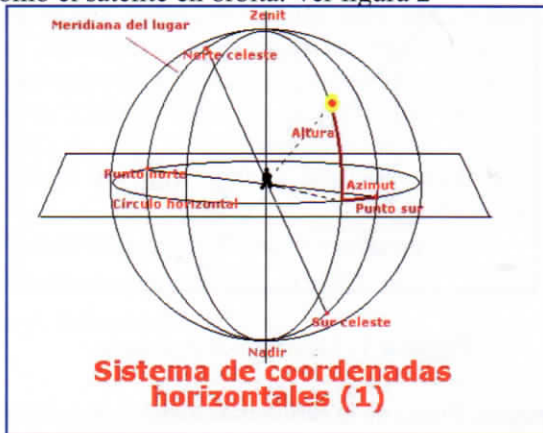


Figura 2. Coordenadas Horizontales ⁵

Slang Range. Es la distancia medida en kilómetros entre dos puntos que no están al mismo nivel en relación con un determinado dato. La distancia entre la antena de la estación terrena y el picosatélite.

Revoluciones. Cantidad de vueltas que da un satélite en un periodo de 24 horas.

Beacon. Señal que utilizan los dispositivos de navegación usado para la ubicación del mismo. El radio beacon es un transmisor que se ubica en el picosatélite, que transmite una señal de radio

continua o periódica con contenido de información limitada y esta contenido en protocolo AX.25 ⁶.

Código NASA. Es un archivo tipo texto que una vez lanzado el picosatélite nos da los parámetros iniciales de ubicación. Este archivo esta compuesto por dos líneas donde encontramos entre otros datos el año del lanzamiento, el día, la fracción del día, la inclinación orbital, ascensión recta, excentricidad, perigeo, anomalía media, revoluciones día, y revoluciones a la fecha ⁷.

Algunos de estos datos son constantes y otros variables, se encuentran en la web actualizados en forma permanente ⁸.

2.3 Estación Terrena

Con el diseño de la estación terrena podemos obtener datos necesarios como el ancho de banda a usar, la potencia del picosatélite, las bandas de frecuencias a usar en UHF y VHF para Rx y Tx respectivamente ⁹.

De igual forma la trayectoria de la orbita basada en el posicionamiento global de la estación terrena en cuanto a la latitud, longitud, y altura sobre el nivel del mar.

Otros parámetros que se establecen son la modulación a usar, ya sea FSK, MSK o GMSK, las características del canal, el margen de enlace y la ubicación y tipos de antenas a usar en este caso yagi.

El proyecto Colombia 1 cuenta con cuatro estaciones terrenas diseñadas en su totalidad por estudiantes de pregrado y posgrado de las universidades Distrital, Amazonía, Surcolombiana y la UPTC, estas están ubicadas en las ciudades de Bogota, Florencia, Neiva y Tunja. Ver Figura 3.

⁵Ibid. p. 71

⁶Consultado en http://en.wikipedia.org/wiki/Radio_beacon

⁷Consultado en <http://www.astrosurf.com/astronosur/TLE.swf>

⁸Consultado en <http://www.celestrak.com/>

⁹PRATT, Timothy y BOSTIAN, Charles W. Satellite Communications. Wiley editorial. Pag 355



Figura 3 Estaciones terrenas para Colombia 1

2.4 Técnicas de Inteligencia Artificial

Con el auge de la informática, de la IA y el desarrollo de los métodos heurísticos, han emergido muchas técnicas computarizadas para la resolución de problemas que en algunos aspectos son similares. Esta sección explica algunas de estas técnicas.

Se estudiaron técnicas como: Agentes inteligentes, agentes racionales, redes neuronales, lógica difusa, algoritmos genéticos, entre otras. Cada una de ellas tienen su aporte y se destreza para hacer eventos inteligentes como en los sistemas expertos.

Algoritmos genéticos (AG). Es una técnica de programación que imita a la evolución biológica como estrategia para resolver problemas. Dado un problema específico a resolver, la entrada del

AG es un conjunto de soluciones potenciales a ese problema, codificadas de alguna manera, y una métrica llamada función de aptitud que permite evaluar cuantitativamente a cada candidata. Estas candidatas pueden ser soluciones que ya se sabe que funcionan, con el objetivo de que el AG las mejore, pero se suelen generar aleatoriamente ¹⁰.

Lógica difusa. La lógica difusa o fuzzy proporciona un mecanismo de inferencia sobre la incertidumbre. Los sistemas fuzzy son más favorables porque su comportamiento puede ser explicado con base en reglas difusas y de esta forma, su desempeño puede ser ajustado modificando estas reglas. Sin embargo, la adquisición del conocimiento es difícil, y además, el universo de cada variable necesita ser dividido en intervalos, por lo que las aplicaciones de los sistemas fuzzy se restringen a problemas en los cuales el conocimiento está disponible en un número de variables de entrada pequeño ¹¹.

Agentes Inteligentes. La inteligencia computacional es el estudio de los agentes inteligentes. Un agente puede ser cualquier cosa que actúa en un entorno. Un agente inteligente es un agente que actúa inteligentemente y tiene la capacidad de adecuación de las acciones a los fines y circunstancias, flexibilidad a los cambios de entornos y fines, aprendizaje de la experiencia y sobre todo toma decisiones adecuadas considerando las limitaciones perceptivas y computacionales ¹². Hoy en día se habla de agentes inteligentes, agentes móviles, agentes software, agentes autónomos y sistemas multiagente.

Agentes Racionales. Un agente racional es aquel que hace lo correcto ¹³. Según Stuart Russell ¹⁴, un agente es todo aquello que puede considerarse que percibe su ambiente mediante sensores y que responde o actúa en tal ambiente por medio de efectores.

Sistema Multiagente. Es aquel que se diseña e implementa pensando en que estará compuesto por

¹⁰ ANDRE, David y ASTRO Teller. "Evolving team Darwin United" En RoboCup-98: Robot Soccer World Cup II, Minoru Asada and Hiroaki Kitano (eds). Lecture Notes in Computer Science, vol. 1604, p.346-352.

¹¹ ZÚÑIGA, Andres y JORDÁN, Carlos. Aplicación de redes adaptables y sistemas de inferencia fuzzy para la previsión de caudales afluentes en centrales hidroeléctricas. Facultad de ingeniería en electricidad y computación. 2005

¹² STUART Russell, METEY Norving. Inteligencia artificial Un enfoque moderno. Prentice Hall, México, 2000, p. 71

¹³ Ibid. p. 33

¹⁴ Ibid. p. 86

varios agentes que interactuarán entre sí, de forma que juntos permitan alcanzar la funcionalidad deseada. En este caso hay que hacer un mayor esfuerzo de abstracción, identificar mecanismos de aprendizaje, coordinación, negociación, etc.¹⁵.

Redes Neuronales. Una red neuronal esta constituida por nodos, o unidades, que están unidas mediante conexiones. A cada conexión se le asigna un peso numérico. Los pesos constituyen el principal recurso de memoria de largo plazo en las redes neuronales, y el aprendizaje usualmente se realiza con la actualización de tales pesos¹⁶.

Las redes neuronales artificiales (RNA) son modelos matemáticos que intentan reproducir el funcionamiento del sistema nervioso. Como todo modelo, realizan una simplificación del sistema real que simulan y toman las características principales del mismo para la resolución de una tarea determinada.

Sistema Experto Basado en el Conocimiento. Es un programa computacional que se comporta como un experto en un dominio de aplicación. Un experto reduce rápidamente la búsqueda al reconocer situaciones (patrones) y utiliza los métodos y reglas adecuados para descubrir la solución. El conocimiento heurístico no representa un análisis en profundidad del problema, sino una solución "aceptable" y el número de posibilidades a analizar es grande.

El conocimiento heurístico en los sistemas expertos no se refiere a conocimiento general para guiar la búsqueda y es el conocimiento específico aplicable a cada situación específica del dominio.

3. Diseño básico del algoritmo

La existencia de programas capaces de realizar el seguimiento de orbitas ya sea online o no como Winorbit¹⁷, Nova for Windows¹⁸, STK¹⁹, Orbitron²⁰, ODTK5²¹, entre otros nos mostró una guía para la realización del algoritmo ya que

la mayoría de ellos permiten hacer simulación de la descripción de las orbitas. En la figura 4 encontramos los iconos del software mencionado.

Después de revisar las diferentes técnicas de IA, se decidió entrenar una RNA que permita hacer predicción del paso del picosatélite por el rango de vista de la estación terrena. El algoritmo primero toma los valores iniciales del archivo con el formato tipo NASA, luego en forma inteligente ubica las antenas de la estación terrena y empieza el seguimiento al picosatélite, cada vez que lo ubique, estos datos son guardados como "éxitos" que irán a la base de conocimiento usada para hacer predicción de la ubicación del picosatélite. En la figura 5 vemos un diagrama de los pasos usados en el algoritmo planteado.

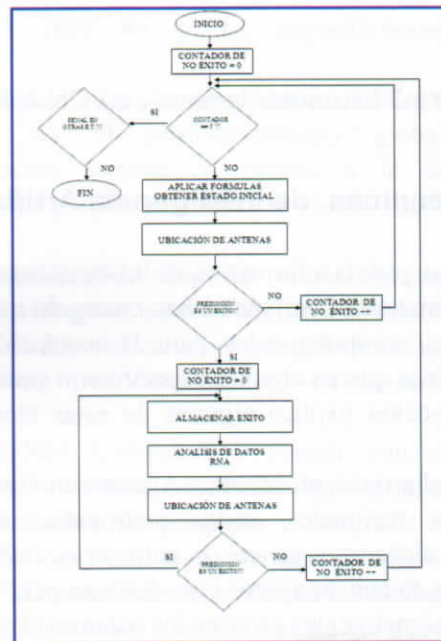


Figura 4 Ejemplos de software existente.
Fuente: Autor

¹⁵FONER, L. & CRABTREE, I. B. (1997), "Multi-Agent Matchmaking", in Nwana, H. S. & Azarmi, N. (Eds.), Software Agents and Soft Computing: Concepts and Applications, Heidelberg: Springer-Verlag, p.100-115

¹⁶STUART Russell, METER Norving. Inteligencia Artificial Un enfoque moderno. Prentice Hall, México, 2000, Pág. 599

¹⁷Página oficial consultado en <http://www.sat-net.com/winorbit/>

¹⁸Página oficial consultado en <http://www.nlsa.com/>

¹⁹Página oficial consultado en <http://www.agi.com/>

²⁰Página oficial consultado en <http://www.stoff.pl>

²¹Página oficial consultado en <http://www.agi.com/>

4. Conclusiones y Recomendaciones

Después de revisar la información acerca de técnicas de IA utilizadas para hacer predicción, se definió usar RNA del tipo “backpropagation” para predecir la órbita que describirá el picosatélite en estudio.

Existen varios algoritmos que permiten ir corrigiendo el error de pronóstico; uno de los más usados es el denominado “backpropagation”, que consiste básicamente en propagar el error hacia atrás, desde la capa de salida hasta la de entrada, permitiendo así la adaptación de los pesos con el fin de reducir dicho error²².

Dependiendo del tipo de aplicación y sus características, se han desarrollado distintos tipos de redes neuronales, que se aplican en reconocimientos de voz, sistemas de control, procesamiento, clasificación de patrones en imágenes satelitales, determinación de variables climáticas, procesos químicos y procesos de gestión.

La utilización de las RN para la predicción de fenómenos relacionados con el clima puede encontrarse en investigaciones de Clair y Ehrman²³. También existen aplicaciones de RN en hidrología para la predicción de los fenómenos de lluvia y escorrentía en cuencas con distintas características²⁴.

Por último, existen programas de computador capaces de hacer predicción orbital, tracking y auto-tracking; así mismo, éstos permiten transmisión y recepción de datos. Lo más importante de este proyecto es el uso de técnicas de IA para hacer predicción.

5. Reconocimiento

Se debe expresar un reconocimiento especial al grupo GITEM de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, al igual que el grupo INFELCOM de la UPTC, especialmente al semillero de

investigación ciencia y tecnología aeroespacial conformado por estudiantes de Ingeniería de Sistemas y Computación de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.

Bibliografía

ANDRE, David y ASTRO Teller. “Evolving team Darwin United”. En RoboCup-98: Robot Soccer World Cup II, Minoru Asada and Hiroaki Kitano (eds). Lecture Notes in Computer Science, vol. 1604

ÁVILA, Miguel A. Mecánica Celeste. Seminario Mecánica orbital.

FONER, L. & CRABTREE, I. B. (1997), “Multi-Agent Matchmaking”, in Nwana, H. S. & Azarmi, N. (Eds.), Software Agents and Soft Computing: Concepts and Applications, Heidelberg: Springer-Verlag,

PRATT, Timothy y BOSTIAN, Charles W. Satellite Communications. Wiley editorial.

STUART Russell, METER Norving. Inteligencia artificial Un enfoque moderno. Prentice Hall, México, 2000

ZÚÑIGA, Andres y JORDÁN, Carlos. Aplicación de redes adaptables y sistemas de inferencia fuzzy para la previsión de caudales afluentes en centrales hidroeléctricas. Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación. 2005

²²HILERA, J.R., y MARTÍNEZ, V.J.. 2000. Redes neuronales artificiales. Fundamentos, modelos y aplicaciones. Editorial Alfaomega Ra-Ma, Madrid, España. p. 390

²³CLAIR, T.A., and EHRMAN, J.M.. 1998. Using neural networks to assess the influence of changing seasonal climates in modifying discharge, dissolved organic carbon, and nitrogen export in eastern Canadian rivers. Water Resources Research p. 447-455.

²⁴BRAHM, B., y VARAS C.E.. 2003. Disminución de los tiempos de entrenamiento en redes neuronales artificiales aplicadas a hidrológica. Ingeniería Hidráulica en México. México p. 334