

## SIMULADOR PARA ROBOTS MOVILES, BASADO EN UNA SILLA DE RUEDAS AUTONOMA

### RESUMEN

Este artículo describe el avance en el desarrollo de un simulador de robots móviles autónomos. Como caso particular se aplica en la simulación de una silla de ruedas motorizada dotada con un sistema de sensores, la cual puede ser considerada como un robot móvil. El simulador esta en capacidad de probar algoritmos de movimiento usados como asistencia en su conducción. La simulación se realiza en un ambiente de interiores. La plataforma de desarrollo del software es Visual Basic y librerías de DirectX.

**PALABRAS CLAVES:** robots móviles, simulador.

### ABSTRACT

*This article describe the advance in the development of a mobile robot simulator. As a particular case is applied in the simulation a wheelchair motorized and equipped with a system of sensors, which can be considered as a mobile robot. The simulator is capable to prove used algorithms of movement for attendance in the drive. The simulation is do it in an atmosphere of interiors. The software is development in Visual Basic and libraries of DirectX.*

**KEYWORDS:** mobile robots, simulator.

### 1. INTRODUCCIÓN

El desarrollo de los simuladores de robots móviles ha estado asociado al desarrollo de robots específicos. Usualmente el robot se ha diseñado para estar en ambientes de piso plano y de pendiente nula, con uno ó dos tipos determinados de sensores a los cuales se puede cambiar pocos parámetros: su alcance o posición dentro del robot. Este permanece siempre con la misma configuración de movimiento y forma.

En la actualidad se encuentran simuladores de robots móviles tales como el descrito en [1], que tiene como base en su desarrollo un robot Nomad – 200 y simula bidimensionalmente robots móviles no autónomos y sólo dos tipos de sensores, de contacto y ultrasonido. Otro simulador descrito en las referencias como [2], también tiene un ambiente gráfico de dos dimensiones que permite la configuración de la distancia a sensar a partir de los sensores de ultrasonido, la cantidad y posición dentro del robot. En ambos simuladores la altura es una característica que no es tenida en cuenta, el robot siempre se encontrará en piso plano de pendiente cero. Los obstáculos creados en ambos simuladores son paredes cuadradas.

Los Vehículos Guiados Automáticamente (AGV's) son considerados robots móviles. Estos tienen como limitación su trayectoria, la cual se encuentra preestablecida. Los simuladores para este tipo de robot se encuentran en mayor cantidad y con diversos aspectos. Uno de ellos, el descrito en [3], maneja ambientes

### LUIS CARLOS FLOREZ GARCIA

Ingeniero Mecánico, Ms.C  
Profesor Auxiliar  
Universidad Tecnológica de Pereira  
luiscar@utp.edu.co

### CARLOS FRANCISCO RODRÍGUEZ

Ingeniero Mecánico, Ph.D.  
Profesor  
Universidad de los Andes.  
crodrigu@uniandes.edu.co

tridimensionales y varios tipos de sensores que interactúan con diferentes tipos de obstáculos.

En este artículo se describe un simulador de robots móviles autónomos en ambientes parcialmente estructurados. La realización de este simulador tiene como fin probar los algoritmos que comandan el comportamiento de un robot móvil autónomo. La característica nueva que aporta son manejar entornos parcialmente estructurados, tales como diferentes tipos de obstáculos, superficies como pisos planos, escaleras, rampas, etc. También permite el uso y configuración de diferentes robots móviles autónomos. El simulador permite definir nuevos sensores.

### 2. EL SIMULADOR

Una silla de ruedas motorizada dotada con un sistema de sensores, se puede considerar como un robot móvil. El simulador se aplica a este caso particular de robot móvil para su desarrollo.

El objetivo del simulador es permitir el desarrollo de nuevos algoritmos de movimiento y probar estos en diferentes ambientes para analizar su comportamiento. Cuenta con un ambiente gráfico en dos dimensiones con la finalidad de representar más fácilmente el entorno de prueba del robot móvil.

El simulador comprende tres componentes, modelo del entorno, modelo del robot y modelo de comportamiento. El modelo del entorno define el ambiente en que se encuentra el robot y los diferentes objetos con que interactúa. El modelo del robot comprende la forma, configuración y sensores de este. Y el modelo de comportamiento indica al robot como debe proceder dependiendo del tipo de información. A continuación se explicarán con más detenimiento estos tres componentes.

El simulador de robots móviles autónomos está basado en Visual Basic 6.0 y en las librerías de DirectX 9.0 de Microsoft.

**3. MODELO DEL ENTORNO**

El ambiente de simulación es constituido por diferentes objetos, los cuales se encuentran agrupados según algunas de las propiedades que comparten. Todo objeto tiene características que lo definen dentro del simulador, aquellas que todo objeto debe tener son nombre, material y posición. El modelo del entorno es cargado en el simulador a través de un archivo plano que indica los objetos que están en el ambiente, su material, su forma y posición. El modelo del entorno comprende dos grupos importantes de objetos, Pisos y Obstáculos.

**3.1. PISOS**

Los pisos se caracterizan por ser superficies planas que sirven de base de apoyo a los obstáculos y al robot móvil. Un piso sólo puede estar en contacto con otro piso a través de sus perímetros o bordes. Este primer grupo contiene varios subgrupos:

Planos los cuales están definidos por su característica de superficie plana, sólida, continua y de pendiente nula.

Rampas que tienen como característica ser superficies planas con una pendiente que une dos planos de diferente nivel.

**3.2. OBSTÁCULOS**

Otro grupo de clasificación son los obstáculos, que se caracterizan por estar en contacto con un piso. Indudablemente el robot móvil tiene que evadirlos para no colisionar con estos. Estos pueden ser paredes, sillas, escritorios, etc.

**4. MODELO DEL ROBOT**

El siguiente grupo es el robot móvil, un ente móvil que mantiene siempre contacto con un piso. El robot interactúa con el entorno en función de su cinemática. Comprende la cinemática diferencial, en la cual dos llantas genera tanto tracción como dirección. También la

cinemática correspondiente a tipo triciclo, donde la llanta delantera provee la dirección y las traseras la tracción.

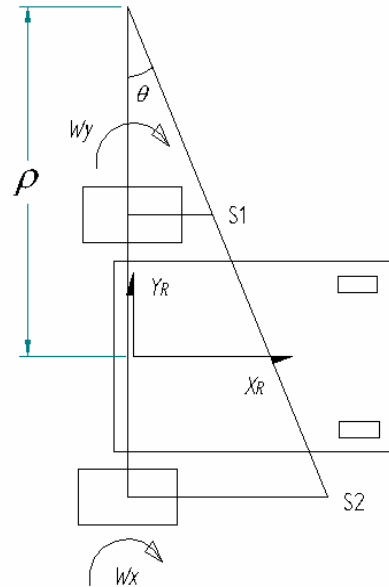


Figura 1. Cinemática tipo diferencial.

$$S1 = W_y \cdot r \quad S2 = W_x \cdot r \quad (1)$$

Donde r es el radio de la rueda. Para un movimiento hacia delante

$$S1 = S2 \quad (2)$$

Movimiento hacia los lados

$$S1 \neq S2 \quad (3)$$

$$X_R = \rho \cdot \text{Sen}(\theta) \quad (4)$$

$$Y_R = \rho \cdot \text{Cos}(\theta) \quad (5)$$

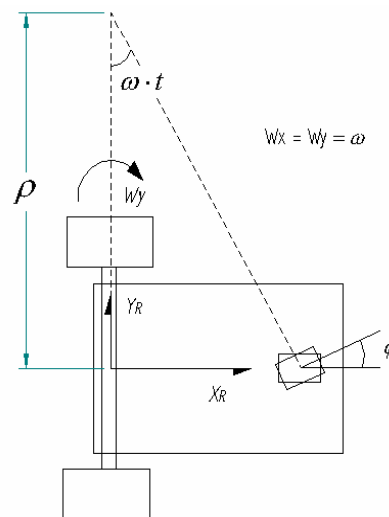


Figura 2. Cinemática tipo triciclo.

Para un movimiento hacia delante

$$X_R = \omega \cdot r \quad \phi = 0 \quad (6)$$

Movimiento a un lado, a través de la llanta delantera  
 $\phi \neq 0$

$$X_R = \rho \cdot \text{Sen}(\omega \cdot t) \quad (7)$$

$$Y_R = \rho - \rho \cdot \text{Cos}(\omega \cdot t) \quad (8)$$

El robot móvil tiene un conjunto de sensores, los cuales proveen información del medio. Los sensores tienen diferentes características según el tipo.

### 5. MODELO DE COMPORTAMIENTO

Es aquel que dicta el comportamiento del robot móvil dentro del ambiente en que interactúa. Este modelo comprueba los algoritmos de movimiento, permitiendo crearlos y editarlos.

#### 5.1. Detección de colisiones

El robot se encuentra en un ambiente con objetos los cuales pueden ser obstáculos que obstruyen el movimiento, tales como paredes, sillas, escritorios y otros. Por tanto se hace necesario verificar si existe o no colisión, esta verificación se lleva a cabo por varias comprobaciones. Se inicia con una comprobación simple hasta llegar a una más exhaustiva.

##### 5.1.1. Círculos

Círculos circunscritos a los objetos y el robot. No existe colisión entre estos si los círculos no se intersecan.

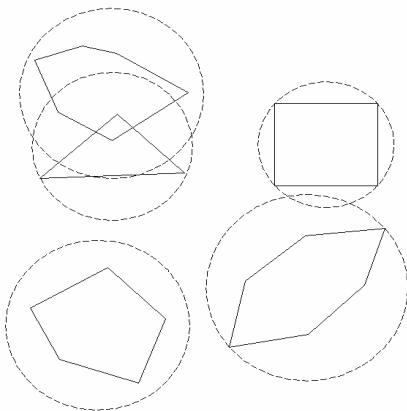


Figura 3. Detección de colisiones. Verificación por círculos

##### 5.1.2. Mínimo y Máximo

Verifica que si la mínima coordenada de un objeto ó robot en alguna de las direcciones, es mayor que la máxima coordenada de un objeto ó robot en la misma dirección, no existe colisión.

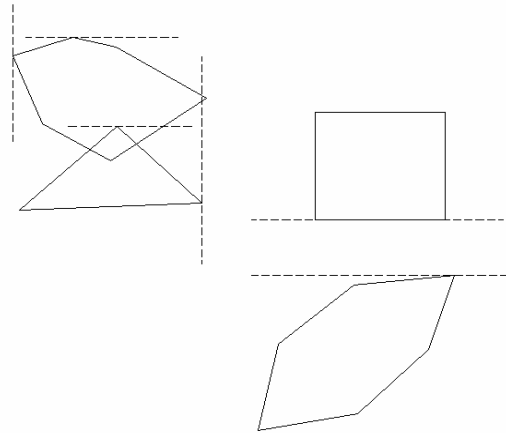


Figura 4. Detección de colisiones. Verificación por Mínimo y Máximo

##### 5.1.3. Cuadrilátero

Se envuelve el objeto en un cuadrilátero al igual que el robot, y si no existe colisión entre los dos cubos tampoco existe entre el objeto y el robot.

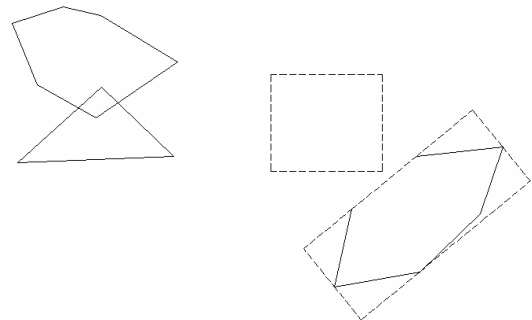


Figura 5. Detección de colisiones. Verificación por cuadrilátero.

##### 5.1.4. Polígonos

Se comprueba que el punto este dentro del objeto, evaluando que este detrás de todas sus líneas.

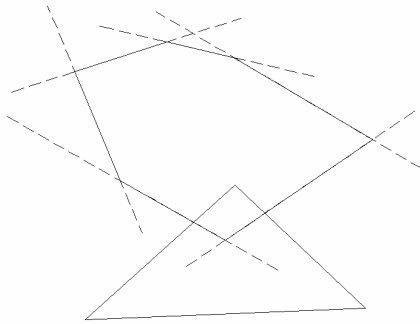


Figura 6. Detección de colisiones. Verificación por polígonos

## 5.2. SENSORES

Existen tres tipos de sensores configurados en el simulador, son el infrarrojo, el de ultrasonido y el de visión. Las características principales de los dos primeros son el punto donde se desean colocar en el robot, su dirección y alcance, y para el caso del ultrasonido el ángulo de apertura. Para el sensor de visión se simula una cámara posicionada sobre la silla, tomando siempre como dirección el frente de esta.

### 5.2.1. Sensor Infrarrojo

La simulación de un sensor infrarrojo se realiza por medio de detección de colisiones y gráficamente tiene la forma de una línea, la cual tiene una distancia igual al alcance o al objeto con que colisiona. El algoritmo usado para la colisión es el mismo tipo de verificación usado en el modelo de comportamiento del robot

### 5.2.2. Sensor Ultrasonido

La simulación de un sensor de ultrasonido se realiza asemejando un cono, con un barrido desde el punto donde está situado el sensor y que inicia de un extremo al otro extremo del cono. La colisión se detecta al igual que en el sensor infrarrojo.

### 5.2.3. Sensor Visión

El sensor de visión muestra el ambiente de simulación en tres dimensiones, este no tiene ningún proceso de detección de colisiones, se da la opción de que el usuario realice el procesamiento de imágenes.

## 6. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

Diferentes resultados de las variables que hacen necesarios el uso del simulador son presentados al usuario por medio de gráficas, tablas de Excel y archivos planos. Las gráficas son generadas en tiempo de simulación ó luego de finalizada la simulación. Los resultados son mostrados por medio de una tabla de Excel los cuales pueden ser copiados y pegados en cualquier programa de office.

Las variables exhibidas por el simulador son velocidad de los motores, aceleración, torque, posición de la silla, y distancia sensada por los sensores infrarrojo y de ultrasonido.

## 7. CONTROL

El simulador permite probar algoritmos de movimiento usados para el control del robot móvil. Estos algoritmos relacionan las variables de las que el simulador tiene algún conocimiento o gobierno y las relaciona con funciones tales como parar o cambio de velocidad de los motores.

El algoritmo puede analizar los datos entregados por los sensores y modificar el comportamiento del robot móvil. De esta forma se prueban en un ambiente de interiores simulado sin necesidad de exponer el robot o el usuario.

## 8. ARCHIVOS MAPAS

Los *archivos mapas* son archivos planos que indican al simulador que contiene el entorno, la posición y diferentes propiedades de los objetos que se encuentran en este. El archivo principal hace evocación al grupo de *pisos*, les proporciona un nombre y las diferentes relaciones con otros pisos y el nombre de un archivo. Este archivo revela la forma del piso, el material, las paredes que lo rodean y los objetos que se encuentran en este.

Los objetos al igual que los pisos tienen su arreglo en otro archivo, estos son cargados en el simulador cuando un piso hace referencia a estos.

El robot también tiene su configuración tanto física como dinámica, la cantidad de sensores y su respectivo arreglo en otro archivo.

Este tipo de uso en los *archivos mapas* tiene como ventaja el crear rápidamente ambientes de simulación, puesto que el arreglo de un *piso* ó un obstáculo pueden ser usados en cualquier momento. Como desventaja la

cantidad de archivos planos creados para describir los diferentes objetos que contiene el entorno.

## 9. EJEMPLO

En la figura 7 se puede observar el uso de *archivos mapas* haciendo llamado a dos archivos piso y un archivo robot. El primer archivo piso representa un pasillo y el segundo una oficina con un escritorio y una silla. Este segundo archivo piso es relacionado varias veces con el primero y se carga según el número de relaciones. Por último el archivo robot que sitúa a este en un piso y una posición referente a un piso. En la esquina superior izquierda se detalla el sensor de visión.

## 10. CONCLUSIONES

El simulador se presenta como una herramienta útil en el momento de decidir la posición de los sensores, la cinemática, la configuración física y el tipo de control que deba tener el robot móvil. En otras palabras sirve en el diseño y la programación interna de un robot móvil.

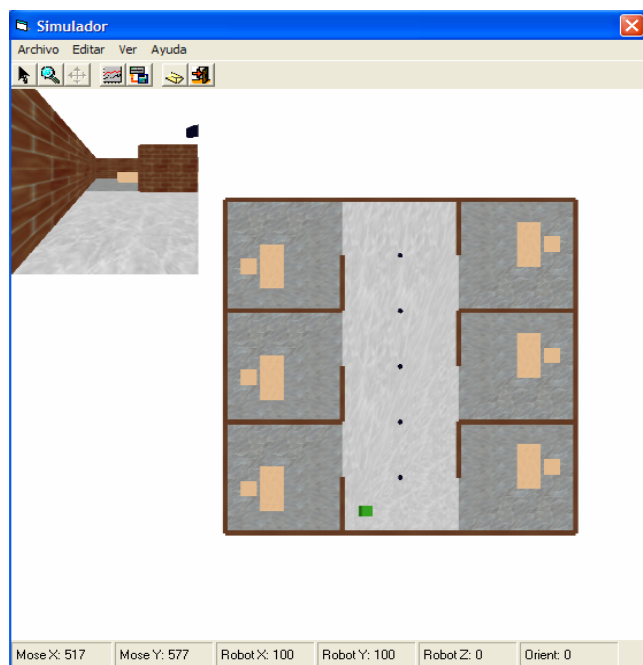


Figura 7. Ejemplo de un ambiente de oficina, usando sólo dos archivos de pisos.

El simulador es un software de fácil uso, no se limita a la programación modular interna. El usuario con conocimientos básicos de Visual Basic puede crear sus propios módulos para aumentar la funcionalidad del simulador de acuerdo a sus propias necesidades.

## 11. BIBLIOGRAFIA

- [1] Lope Asiaín J., "Mobile Robot Simulator", 2001.
- [2] Univesitat Rovira I Virgili, "Simulador en Matlab de Robots Móviles", 2001.
- [3] Adrián Cantú. "Simulación y Control de un Manipulador tipo PUMA y un Motor Sincrónico para un AGV". Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. Monterrey, 1998.
- [4] Latombe, Jean-Claude. "Robot motion planning", Boston: Kluwer Academic Publishers, c1991.
- [5] Pamela Renton, Michael Greenspan, Hoda A. Elmaraghy, Hassen Zghal. "Plan-N-Scan: A Robotic System for Collision-Free Autonomous Exploration and Workspace Mapping", Journal of Intelligent and Robotic Systems, Volume 24 Issue 3. 1999.
- [6] AKBARALLY, Huzefa and KLEEMAN, Lindsay. A sonar sensor for accurate 3D target localisation and classification. IEEE International conference on robotics and automation. 1995.