

Movimientos concurrentes sobre superficies rugosas

Farid García Lamont & Matías Alvarado Mentado

farid@computacion.cs.cinvestav.mx, matias@cs.cinvestav.mx

Departamento de Computación, Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN

La navegación de vehículos autónomos y el desplazamiento de robots es de interés al ser necesarios en la exploración espacial [1], la navegación en misiones a través de un terreno desconocido [2], o juegos colectivos [6]. Diversas técnicas consideran la textura, rugosidad o aspereza –palabras sinónimas aquí– del terreno en la navegación. El juego colectivo de robots en el fútbol implica competir por espacios en la cancha y el balón. Así, debe controlarse el acceso de los jugadores a cada parte de la cancha y al balón a fin de evitar choques, lo cual se logra aplicando técnicas de Control de Concurrencia [5].

En [1] se utiliza el método basado en vibraciones para la clasificación exitosa de terrenos en el reconocimiento de planetas. Un acelerómetro es montado a la estructura del robot y las vibraciones son captadas “online” durante una excursión; estas se clasifican basándose en su similitud a las vibraciones observadas durante la fase “offline” del entrenamiento supervisado. El algoritmo emplea técnicas de procesamiento de señales estándar, incluyendo análisis de componentes principales y análisis de discriminante lineal. Los algoritmos de detección de obstáculos y construcción de mapas locales [2], son suficientes para la navegación “cross-country”. En arquitectura basada en comportamiento, estos algoritmos controlan la velocidad del vehículo a velocidades significativamente más altas que las que serían posibles con un sistema que planea una ruta óptima a través de un mapa de alta resolución del terreno. En [3] se presenta un método que habilita a un vehículo adquirir un estimador de rugosidad para navegar a altas velocidades. Se utiliza aprendizaje auto supervisado, lo que permite al vehículo aprender a detectar terrenos ásperos mientras se está moviendo y sin entrenamiento humano. La información de entrenamiento se obtiene de un análisis de filtrado de información inercial adquirido en el núcleo del vehículo. Esta información se emplea para entrenar un clasificador que predice la aspereza del terreno desde un láser.

Nosotros proponemos emplear Visión Basada en Apariencias (VBA) para el análisis y reconocimiento de rugosidades, para con esto calcular la fricción del desplazamiento del robot sobre diferentes texturas. El VBA calcula las componentes principales de la distribución de objetos, es decir, los vectores propios de la matriz de covarianza de un conjunto de imágenes de objetos. Una imagen es un punto en un espacio hiperdimensional. Para el reconocimiento de las texturas se emplea una Red Neuronal (RN) por su eficiencia, poder de generalización y capacidad para reconocimiento de patrones. El conjunto de imágenes de entrenamiento proyectadas al espacio propio, componentes principales, es utilizado para entrenar la RN. Estos son vectores ortogonales linealmente independientes, por lo que el entrenamiento de la RN tarda unos cuantos segundos ya que las componentes principales son separadas fácilmente.

Para calcular el modelo de las texturas de la superficie se emplean imágenes de la misma pero, si se toma la imagen de toda la superficie como una sola, entonces se obtiene el modelo de la superficie como un objeto y sin tomar en cuenta lo que se encuentra dentro de la superficie, es decir, no se puede obtener información detallada de las rugosidades. Para resolver esto, se divide la superficie en cuadros, cuadrículado. El cuadrículado permite modelar e identificar las texturas y características que tiene la superficie con mayor detalle. El cuadrículado de un terreno ofrece las siguientes ventajas:

- Los detalles de rugosidad pueden ser finamente modeladas utilizando información de diferentes imágenes de entrenamiento, tales que los detalles de las superficies sean integradas al modelo.
- Este último criterio aplica para el modelado de irregularidades.
- Entre más divisiones se hagan a la superficie, más exacto es el modelo de la superficie.
- El entrenamiento de la RN es robusto y el reconocimiento de rugosidad es ágil y preciso.

El reconocimiento de rugosidades es un problema de clasificación, donde el conjunto de entrenamiento está constituido por todos los vectores propios. Para resolver este problema se emplea una RN. La RN trabaja como una función que mapea puntos discretos, es decir las texturas a identificar, a su correspondiente coeficiente de fricción. El vector de entrada es una proyección de la imagen al espacio propio, mientras que el coeficiente de fricción es la salida.

Un aspecto importante tanto en el cálculo del modelo y reconocimiento de texturas es la iluminación. Las variaciones en la iluminación, incluso las más ligeras, alteran el reconocimiento de enormemente. La fuente de iluminación debe ser totalmente perpendicular y a la mitad de la superficie, a una altura conveniente, de tal forma que ilumine uniformemente la superficie. Si el ángulo de iluminación es diferente o la altura de la fuente de iluminación no es adecuada, las irregularidades pueden generar sombras, lo que conlleva a que el reconocimiento no sea confiable.

La fricción, es importante en actividades como caminar, sujetar y/o apilar objetos. La fricción es una fuerza tangencial a las superficies de dos cuerpos en contacto, que se opone al movimiento de tales

cuerpos. El coeficiente de fricción es un valor adimensional que depende de los materiales de los cuerpos involucrados, como madera sobre acero, acero sobre concreto, etc. El valor de la rugosidad se emplea para calcular la fuerza que es necesaria para mover un cuerpo, la cual no siempre es pequeña. La rugosidad de la superficie esta directamente relacionada con el coeficiente de fricción de la superficie.

La fricción de la superficie se emplea para establecer la velocidad adecuada con la que un robot puede moverse sin riesgo de resbalarse y caerse, ya sea subiendo o bajando pendientes o al realizar movimientos abruptos de frenado repentino. Primeramente, como fase de entrenamiento, se hace un muestreo de la superficie desde una perspectiva superior (aérea). Después se obtiene el modelo matemático de la rugosidad por medio de espacios propios, y se realizan pruebas sobre superficies con diversas rugosidades [4].

Concurrencia de movimientos: En fútbol soccer se compite por el balón y la posición en el terreno de juego. Un jugador puede tomar el balón y ocupar cualquier parte del campo de juego. Esto obliga a tener un control de concurrencia (CC) para sincronizar dos o más procesos que cooperan para realizar una tarea; los procesos se coordinan mediante variables compartidas. Sin embargo estas variables son modificadas por un único proceso a la vez [5]. En este caso la tarea es el juego de fútbol y se tiene un proceso por cada jugador; el CC es necesario para evitar las siguientes situaciones:

- Choques entre jugadores cuando compiten por una posición en el campo.
- Disputas por el balón, entre compañeros de equipo, cuando uno de ellos lo maneja.

Para implementar el CC es necesario conocer la ubicación de los jugadores, tanto compañeros como adversarios, su distribución sobre el campo, y determinar la distancia entre ellos, el balón y la portería de interés. Con un sistema de coordenadas puede dividirse el terreno de juego y elaborar un mapa útil para localizar a los jugadores y proceder al control de sus movimientos. Se divide la superficie y se establece que pueda haber solo un jugador por cuadro, el que llegue primero, lo cual garantiza que los jugadores no colisionen.

En la simulación de fútbol soccer el equipo con el balón busca posición de ventaja para meter gol, evitando la marca del rival. Cada defensor persigue a un atacante previamente asignado. El entrenador del equipo atacante indica a cada jugador hacia que lugar del terreno debe moverse. El entrenador del equipo contrario localiza la posición de cada atacante y les indica a sus jugadores la ubicación del contrario a marcar. Pese a que cada entrenador es monitor de los movimientos de los jugadores, no advierten el riesgo de choque entre ellos. Cada jugador se encarga de bloquear y liberar los cuadros que necesita para completar su trayectoria a la posición que le han indicado. Antes de avanzar, el jugador verifica si esta ocupado el cuadro al que se va a mover; Si no esta ocupado, el jugador coloca un "candado" al cuadro y lo ocupa. Al colocar el "candado" ningún otro jugador puede entrar al cuadro hasta que el ocupante actual decide moverse y libere dicho "candado" una vez que desocupo el cuadro. Si el cuadro esta ocupado, el jugador debe rodearlo si es posible ó esperar la indicación del entrenador. De las simulaciones de juego con dos equipos y cinco jugadores por equipo, se concluye que el mecanismo de control de concurrencia propuesto es exitoso al evitar que los jugadores sufran colisiones y el juego puede desarrollarse con normalidad, sobre superficies lisas, en terreno totalmente plano.

Utilizando la metodología VBA deberá hacerse un modelado tal que permita identificar las diferentes texturas del terreno. El objetivo futuro es controlar la velocidad de los jugadores considerando la fricción, la cual depende de la rugosidad o textura del terreno, usualmente diferente en diferentes sectores del campo. Al agregar la variable rugosidad al mecanismo de CC, se lograrían robots que jueguen fútbol con capacidad de movilidad adaptable (adaptativa) al campo de juego, dependiendo de la textura del mismo. Para esto, el sistema de visión debe incorporar la vista aérea del campo al modelar el terreno de juego e identificar las rugosidades. Así se simularía un juego más apegado a la realidad, sobre canchas con irregularidades, agujeros y/o pendientes. En un trabajo futuro inmediato, irregularidades con pendientes no mayores de 15 grados, suficientes para alterar la dinámica de los jugadores. El objetivo es incluir la fricción correspondiente a la rugosidad del terreno en el cálculo de la velocidad de desplazamiento, de manera tal que se evite el riesgo de caídas.

Referencias

- [1] Brooks, A.C. 2005, Vibration-Based Terrain Classification for Planetary Exploration Rovers. *IEEE Transactions on Robotics* 21(6), 1185-1191.
- [2] Langer, D., Rosenblatt, J. K., Herbert, M., 1994. A Behavior-Based System for Off-Road Navigation, *IEEE Transactions on Robotics and Automation* 10(6), 776-783.
- [3] Stavens, D., Thrun, S., 2006. A Self-Supervised Terrain Roughness Estimator for Off-Road Autonomous Driving. *22nd Conference on Uncertainty in artificial Intelligence*, Cambridge, MA, USA.
- [4] García, F., Alvarado, M., 2007. Surface Recognition using Roughness Information. *Pattern Recognition Letters*. En revisión, enviado en Noviembre 2007.
- [5] Andrews, G., Concurrent Programming, Principles and Practice, *The Benjamin/Cummings Publishing Company*, 1991.
- [6] www.robocup.org