

HACIA LA NAVEGACIÓN AUTÓNOMA DE ROBOTS A PARTIR DE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN MÉTODO DE LOCALIZACIÓN Y MAPEO SIMULTÁNEOS (SLAM) MEDIANTE EL USO DE UN SISTEMA DE VISIÓN 3D

Miguel A. Realpe¹, Boris Vintimilla Burgos²

¹Ingeniero en Computación 2006; email: mrealpe@fiec.espol.edu.ec

²Director de Tesis, Ingeniero Industrial, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 1995, Ph.D España, Universidad Politécnica de Cataluña, 2001. Profesor de ESPOL desde 2002; email: boris.vintimilla@espol.edu.ec

RESUMEN

El presente trabajo ha sido desarrollado como un proyecto de tesis de graduación de la FIEC [1]. El principal objetivo es generar mapas tridimensionales de ambientes reales a partir de imágenes de profundidad que son adquiridas desde una cámara de estéreo visión montada sobre un robot móvil que explora dichos ambientes y, a la vez, estimar la localización del robot dentro del ambiente. Debido a la complejidad y para facilitar su implementación, se ha decidido dividir en proyecto en tres fases que son: sistema de adquisición 3D, sistema de localización, sistema de mapeo 3D.

The present project has been development in partial fulfillment of the requirements for the degree of computer engineer [1]. The aim is to generate three-dimensional maps of real environments from depth images acquired with a stereo camera mounted on a mobile robot, and also, to estimate the robot localization in the environment. The project has been divided into three phases: 3D acquisition system, localization system and 3D mapping system.

1. INTRODUCCIÓN

Uno de los aspectos importantes en la navegación autónoma de robots es el conocimiento del medio y su relación con el robot. La finalidad de los métodos de localización y mapeo simultáneos (SLAM) es que un robot pueda construir de forma incremental un mapa de su medio de navegación, y mientras utiliza este mapa estime la trayectoria realizada por el robot al recorrer el ambiente desconocido sin ninguna información previa, de esa forma el robot tendrá la información necesaria para realizar tareas como planificar caminos, generar trayectorias, evitar obstáculos, entre otras cosas.

Para un mejor entendimiento, se ha dividido el proyecto en 3 sistemas que son: sistema de adquisición 3D, sistema de localización, sistema de mapeo 3D. El sistema de adquisición 3D tiene como objeto obtener información del medio por el que navega el robot, el sistema de localización determina en que posición se encuentra el robot dentro del ambiente de navegación, y el sistema de mapeo 3D se refiere a representar tridimensionalmente el ambiente de navegación del robot.

2. CONTENIDO

2.1 Sistema de adquisición 3D

Una habilidad esencial para la navegación autónoma de robots es la capacidad para obtener información del medio que rodea al robot. Por lo que se ha desarrollado un sistema de adquisición 3D que utiliza una cámara de estéreo visión, modelo Digiclops, fabricada por Point Grey Research Inc [2], el cual ha sido montado sobre un robot móvil.

La cámara Digiclops permite la adquisición de un conjunto de imágenes al momento que el robot realizaba un recorrido determinado. Cada imagen representa una vista del ambiente del robot. El proceso de adquisición se realiza de una manera rápida sin tener la restricción de detener el movimiento del robot, como sucedería en el caso de usar un sensor de escáner láser.

En cada proceso de adquisición tres imágenes 2D son obtenidas. Estas imágenes son usadas por la librería Triclops SDK [3] para establecer una relación entre los puntos que conforman cada imagen. La información obtenida de esta relación son valores de profundidad (disparidad) del ambiente sensado. Luego, con la información geométrica de la cámara y con el valor de disparidad se calcula la distancia a la que se encuentran los puntos del entorno, obteniendo así una nube de puntos 3D del ambiente de navegación del robot.

El sistema de adquisición 3D entrega como resultado varios conjuntos de puntos 3D (nubes de puntos) que representan a varias escenas del medio que ha recorrido el robot.

2.2 Sistema de localización

El sistema de localización permite al robot determinar en que posición se encuentra dentro de su ambiente de navegación. El sistema de localización ha sido implementado a partir de las nubes de puntos proporcionadas por el sistema de adquisición 3D, la localización del robot se la obtiene calculando el movimiento realizado al adquirir las imágenes por medio del registro de un par de nubes de puntos consecutivas. El registro de las nubes de puntos se lo realiza a través del algoritmo ICP por medio de un proceso iterativo que reduce una función de minimización de distancias que en cada iteración acerca de manera global los dos conjuntos de puntos hasta lograr que ambos converjan.

En el algoritmo de ICP utilizado primero se realiza un muestreo de puntos de forma uniforme, luego se encuentra una correspondencia entre el par de nubes de puntos a través del vecino más cercano haciendo uso de árboles kd por medio de la librería ANN [4]. Posteriormente, se desestima los pares correspondientes que no cumplen con un filtro de color en el espacio HSI por medio de la lectura de una tabla LUT creada con anterioridad, por último la transformación que representa el movimiento de las nubes de puntos es estimada por medio del método basado en la descomposición de valores singulares (SVD), propuesto en [5], de donde se obtiene la rotación y translación realizada por la cámara. A partir del movimiento realizado por la cámara se estima el movimiento del robot y su localización, tomando como referencia su posición anterior.

2.3 Sistema de mapeo 3D

El mapeo 3D se refiere a la creación de una representación del medio que rodea al robot en la cual se almacene información tridimensional del mismo. El sistema de mapeo 3D utiliza las transformaciones obtenidas por el sistema de localización y las nubes de puntos adquiridas por el sistema de adquisición 3D para crear los mapas 3D del ambiente de navegación del robot.

Por medio del sistema realizado se representan en un mismo sistema de coordenadas a varias imágenes 3D pertenecientes a un ambiente. Para realizar la alineación de todas las nubes de puntos se representan las matrices de transformación en coordenadas homogéneas, de esa forma la integración de las imágenes se realiza multiplicando la matriz de transformación correspondiente a una nube de puntos y añadiéndola a la nube de puntos de referencia, disminuyendo el tiempo de procesamiento que se requeriría al realizar por separado el cálculo de la rotación y translación.

2.4 Pruebas experimentales

El desarrollo de las pruebas experimentales de adquisición para este proyecto se ha llevado a cabo en el Laboratorio de Visión por Computador - Vislab del Instituto de Sistemas e Robótica – ISR, perteneciente a la Universidade Técnica de Lisboa (Portugal), como parte de las actividades de los Proyectos de Investigación: “Programación Asistida de Robots para Tareas Industriales (PARTI)” y de la “Red Iberoamericana de Robótica (RIBERO)”, financiados por la Agencia Española de Cooperación Internacional (AECI) a través del Programa CYTED (Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo), Subprograma VII: Electrónica e Informática Aplicadas, en los que el Centro de Visión y Robótica de la ESPOL participa.

El robot utilizado para realizar las pruebas experimentales fue el TRC Labmate de HelpMate Robotics Inc, el cual consiste en una plataforma móvil de control diferencial al que se le ha montado la cámara de estéreo visión Digiclops. (Figura 1).



Figura 1.- Sistema de visión estéreo montado sobre robot móvil.

En las pruebas experimentales se realizaron varios recorridos con el robot, en donde se obtuvieron una serie de imágenes 3D mediante el sistema de adquisición, las imágenes adquiridas consisten en una serie nubes de puntos con su respectivo valor de color. En la Figura 2 se muestra una nube de puntos obtenida durante uno de los recorridos del robot.



Figura 2.- (izquierda) Imágenes a color del ambiente; (central) Nubes de puntos B/N; (derecha) Nubes de puntos colores.

Mediante el sistema de localización se estimó el movimiento realizado por el robot a través de las imágenes obtenidas, en la Figura 3 se muestra el recorrido realizado por el robot (rojo) y la estimación realizada en base al algoritmo de SLAM (azul).

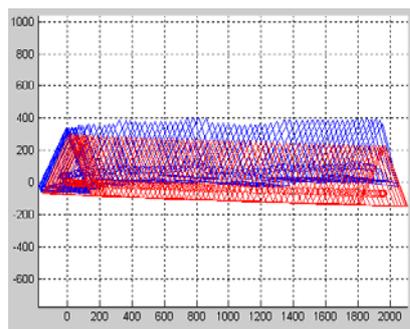


Figura 3.- Recorrido realizado por el robot: (rojo) movimiento real, (azul) estimado con el algoritmo propuesto.

Por medio del sistema de mapeo 3D se creó una representación tridimensional del ámbito de navegación del robot tomando como fuente las imágenes obtenidas en el sistema de adquisición y la información proporcionada por el sistema de localización. En la Figura 4 se muestra el mapa 3D de un ambiente de navegación del robot en uno de sus recorridos.



Figura 4.- Mapa 3D de ambiente de navegación del robot

3. CONCLUSIONES

El proyecto implementado es una pieza importante para el desarrollo de futuras implementaciones en el campo de la navegación de robots, ya que proporciona información necesaria para que los robots puedan desempeñar tareas de forma autónoma. Las principales metas logradas son la obtención de mapas 3D del medio por el cual se desplaza un robot y la localización del robot dentro del medio, a través de las imágenes 3D que adquiere.

El sistema de adquisición ha sido realizado mediante visión estereó con el uso de una cámara de estereó visión, modelo Digiclops, fabricada por Point Grey Research Inc [2]. Por medio de esta cámara se han adquirido una serie de imágenes mientras el robot realizaba un recorrido determinado sin tener la restricción de detener el movimiento del robot, como sucedería en el caso de utilizar otro tipo de sensores.

El sistema de localización se lo realizó mediante el algoritmo ICP, el cual permite estimar el movimiento que existe entre un par de imágenes y el sistema de mapeo 3D se realiza por medio de una alineación de todas las imágenes adquiridas por el robot, obteniendo así mapas 3D del ambiente.

Así se puede mencionar que el desarrollo del presente proyecto tuvo éxito y logró alcanzar el objetivo planteado, trazando las bases para el desarrollo de futuros trabajos de investigación relacionados a las áreas de robótica y visión por computador.

4. REFERENCIAS

1. M.A. Realpe, B.X.Vintimilla, “Hacia la navegación autónoma de robots a partir de la implementación de un método de localización y mapeo simultáneos (SLAM) mediante el uso de un sistema de visión 3D” (Tesis, Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 2006)
2. Digiclops™ Stereo Vision System, “Installation Guide and Camera Control API Command Reference Version 2.4” Copyright 2001 Point Grey Research Inc
3. “Triclops Stereo Vision System Manual Version 3.1” Copyright 2002 Point Grey Research Inc.
4. David Mount, Sunil Arya, “ANN: A Library for Approximate Nearest Neighbor Searching”
5. K. S. Arun, T. S. Huang, S. D. Blostein, “Least square fitting of two 3-d point sets”, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 9(5):698- 700, 1987.