

1. Contexto

1.1 Planteamiento del problema.

Para el proyecto, es necesario crear una simulación robótica en la herramienta Gazebo, tan fiel a la realidad como fuera posible, incluyendo la física a los mismos y desplegando un robot que tenga una cámara integrada. Sin embargo, Gazebo únicamente ofrece herramientas de simulación, por lo que fue necesaria la investigación de otras herramientas que nos permitieran crear modelos 3D para poder subirlos a Gazebo y así poder realizar las simulaciones.

1.2 Marco teórico y estado del arte.

Se pretende desarrollar un software que pueda ser aplicado como una herramienta evaluativa útil para los diferentes tipos de software de visión artificial. Es de suma importancia tener en cuenta que, en todo desarrollo de software, se defina una metodología. Esta permite tener unas especificaciones y etapas de desarrollo del software, desde los requerimientos iniciales, hasta las pruebas finales, que haga que el software sea coherente y además formal.

En este capítulo abordaremos conceptos tomados en cuenta durante todo el proceso de elaboración del software del proyecto. Los conceptos que trataremos a continuación son Robot System Operating (ROS) y Gazebo, las cuales nos ofrecerán un mecanismo de control alternativo y un ambiente de simulación, respectivamente, para el desarrollo de pruebas enfocados al sector agrícola. A través de dichas herramientas, definimos un robot móvil como un sistema electromecánico controlado, el cual es capaz de trasladarse a un espacio determinado, mediante el uso de un módulo de visión artificial.

La librería Pygazebo realizará la comunicación entre el software y el aplicativo Gazebo, mediante la metodología Publisher-Subscriber; se recolectarán los datos necesarios para, posteriormente enviarlos al módulo de visión artificial para su respectivo análisis.

ROS

Para empezar, ROS son las siglas de Robot Operating System, es un framework flexible el cual, por medio de un conjunto de herramientas, librerías y convenciones tiene como principal objetivo simplificar la tarea de crear robots con comportamientos complejos y robustos que puedan ser usados en una amplia variedad de plataformas robóticas. El aporte de ROS es muy importante, debido a que crear software para robot que sea realmente robusto y que tenga propósitos generales es duro, especialmente desde la perspectiva de un robot; problemas que podrían parecer triviales para el ser humano varían frecuentemente entre varias instancias de tareas y ambientes.

Los componentes “core” de ROS son:

- **Infraestructura de Comunicaciones:** ROS provee de una interfaz que permite la comunicación entre procesos por medio del paso de mensajes, lo que comúnmente se conoce como middleware. Así este sistema integrado y probado permite ahorrar tiempo gestionando los detalles de la comunicación entre nodos distribuidos a través del mecanismo anónimo conocido como Publisher/Subscriber.
- **Características específicas para los robots:** Adicionalmente a los componentes de middleware, ROS provee librerías comunes y herramientas específicas para los robots, como formatos estándar de mensajes, una librería de geometría y una manera sencilla de realizar diagnósticos al robot.
- **Conjunto de herramientas:** las cuales soportan funciones de introspección, depuración, trazado y visualización sobre el sistema que está siendo desarrollado. Del mismo modo, ROS puede ser utilizado en su totalidad sin una interfaz gráfica, por lo que todas las funcionalidades pueden ser aprovechadas a través de los más de 45 comandos disponibles; aunque si se prefiere usar una interfaz gráfica, ROS también posee herramientas como rviz y rqt, las cuales proveen una cantidad igual o mayor de funcionalidades.

Gazebo

Gazebo es una herramienta de simulación la cual, por medio de motores gráficos de alta calidad, motores de física e interfaces gráficas, permite la importación de modelos 3D para la realización de pruebas a poblaciones de robots en entornos específicos. Nació de la necesidad de simular robots en ambientes cambiantes bajo distintas condiciones. Dentro de las características más importantes de Gazebo están:

- **Simulación dinámica:** a través de varios motores de física como ODE, Bullet, Simbody y DART.
- **Gráficas 3D avanzadas:** Gazebo provee una representación realista de ambientes incluyendo iluminación de alta calidad, sombras y texturas.
- **Sensores y ruido:** Gazebo permite generar datos con ruido desde los sensores laser, cámaras 2D y 3D, sensores de contacto y más.
- **Plugins:** por medio de los cuales se tiene acceso directo a la API de Gazebo. Así mismo, es posible crear nuestros propios plugins para el robot, los sensores y para el control del ambiente.
- **Herramientas de línea de comandos:** las cuales facilitan la introspección sobre la simulación y tener control sobre la misma.

Estado del Arte: Simulación de Robots

Este proyecto se apoyará de una serie de conceptos abiertamente aceptados, a partir de los cuales se intenta avanzar hacia los objetivos propuestos. Es necesario hacer un repaso del estado actual de las tecnologías de las que se hará uso y algunos conceptos sobre los que se apoya.

Este proyecto tiene como base los robots autónomos y la importancia de exactitud en los datos recogidos por diferentes sensores. Los robots autónomos tienen la característica de que no son guiados por ninguna persona. remotamente se puede controlar por una persona o por el contrario actúan por sí solo, tomando las decisiones convenientes en cada situación, sin la ayuda de ninguna persona. La toma de decisiones está condicionada por los datos recogidos de los diferentes sensores que pueda tener un robot autónomo. Por el motivo de la fiabilidad de los datos de los sensores y el conocimiento detallado de los propios dispositivos es un punto tan importante, ya que es muy posible que los simuladores de robots arrojen datos equívocos de los sensores y necesiten correcciones debido a pequeños errores o desviaciones en las mediciones, con el fin de no tomar decisiones equivocadas.

Lo más importante en este aspecto, son los motores físicos, visuales y la programación de los sensores, para que el simulador pueda recolectar la información necesaria para que el robot pueda tomar decisiones precisas.

Simuladores Robóticos

USARSIM: Simulador desarrollado para la investigación y la educación en el área de la robótica para apoderar el interés de los estudiantes.

USARSIM, es un simulador multi-robot que recoge los grandes detalles que se debe de llegar a necesitar en una competencia de robots, como el personal especializado y laboratorios.

Es una herramienta de alta fidelidad que resultó ser excelente para la simular competencia como la “robotcup” que participan anualmente, millones de personas, entre ellos niños, jóvenes y adultos y con potencial de convertirse en una herramienta educativa.

En él se basa las siguientes característica importantes que tiene el simulador:

- Es asequible a un motor de juego comercial, con el impulso de la industria de los juegos, es ventajoso la utilización de UsarSim, con un realismo y una simulación física.
- Está disponible gratuitamente bajo las condiciones GPL.
- Es altamente configurable y extensible. Permite a los usuarios añadir nuevos sensores o modelar nuevos robots. Encaminando a un desarrollo viable, ya que, se tiene modelos prediseñados en la cual pueden ser personalizados
- Se puede interconectar con usuarios, con un popular middleware utilizado para controlar robots diferentes y en gran cantidad. Se sigue un código de

desarrollo dentro de la programación de UsarSim para facilitar el cambio moverse de forma transparente a plataformas reales sin realizar cambio alguno.

- Interactúa con el sistema jerárquico de Mobility Open Architecture Simulation and Tools framework (MOAST), asegurando un control modular funcional, para que los usuarios puedan tener control sobre la plataforma, capaces de crear robots más extensibles con la opción de adicionar nuevo comandos o re diseñar algoritmos de cualquier módulo.
- El resultado cuantitativo de los sensores tiene una mínima diferencia con los resultados de vida real.
- El funcionamiento es independiente del sistema operativo a utilizar.

ARGoS:

ARGoS (Autonomous Robots Go Swarming), es un simulador basado en nuevos principios de diseño, a través del cual se consigue una flexibilidad y eficiencia al mismo tiempo.

Para lograr flexibilidad, ARGoS fue desarrollado de una forma modular en todos los niveles. Todos los componentes arquitectónicos principales se implementan como módulos de software seleccionables en tiempo de ejecución (complementos).

Los usuarios pueden reemplazar o ampliar los complementos existentes para lograr una mayor personalización completamente en el simulador para cualquier ambiente generado. Los plug-ins incluyen código de control de robot, sensores y actuadores, así como motores de física y visualizaciones.

Los robots y otros objetos simulados también son plug-ins, y pueden ser contruidos a partir de componentes simples. La implementación múltiple de cualquier componente es posible y Las variaciones en las implementaciones suelen diferir en el coste computacional.

Aunque la eficiencia no sólo se logra mediante la asignación adecuada de recursos computacionales. Además, la arquitectura de ARGoS es paralela y diseñada para maximizar el uso de modernas CPUs multi-core.

Finalmente, la característica más distintiva de ARGoS es la posibilidad de dividir el espacio simulado en sub-espacios que no se superponen y asignar cada sub-espacio a un motor de física independiente.

Los motores de la física pueden ser de diferentes tipos (por ejemplo, dos o tres dimensiones, cinemática / dinámica, etc.) y se ejecutan en paralelo.

Los robots, mientras navegan por el entorno, migran sin problemas de motor a motor.

ARGoS está diseñado en C ++ y tiene licencia GPL3. Actualmente se ejecuta bajo Linux y MacOSX.

Estado del Arte: Simulación para la evaluación de la Visión Artificial

La Visión Artificial tiene un papel más protagónico en varias áreas importantes en la actualidad. Ésta hace parte de un área aún más grande, conocida como la Inteligencia Artificial, dentro de la cual tienen espacio profesionales especializados en informática, matemáticas, física, medicina y muchas otras. La Visión Artificial posee especial importancia en la actualidad, principalmente en el aumento del rendimiento al momento de realizar tareas repetitivas que requieran alta precisión. Del mismo modo, la Visión Artificial trae consigo mejoras en procesos de fabricación, aumentando la calidad de los productos y reduciendo los costos en los mismos. Así mismo, la Visión Artificial enfrenta varios retos, los cuales tienen que ver principalmente con las numerosas variaciones lumínicas que existen principalmente en entornos exteriores, las cuales pueden causar errores en los algoritmos de procesamiento de imágenes utilizados.

Actualmente, la Visión Artificial tiene varios campos de aplicación, dentro de los cuales los más importantes son:

- **Investigación Genética:** la Visión Artificial es usada principalmente en estudios enfocados a curar la ceguera, por medio del reemplazo del circuito deficiente dentro del ojo por varios elementos electrónicos, como cámaras diminutas y microprocesadores conectados al sistema nervioso.
- **Entornos Industriales:** específicamente en entornos de fabricación de productos, así como inspección y control de la calidad de los mismos, donde la Visión Artificial puede llegar a automatizar varias tareas, incrementando la precisión en la realización de estas y disminuyendo los costos. Ésta área se beneficia particularmente de entornos cerrados, en los cuales la iluminación y el ambiente pueden ser controlados, con el fin de obtener imágenes de mejor calidad.
- **Dispositivos autónomos:** existen empresas actualmente cuyo principal objetivo es proveer de “ojos” a varios dispositivos, como drones y vehículos autónomos, por medio del uso de la Visión Artificial, en conjunto con cámaras y procesadores.
- **Agricultura:** probablemente el campo en el cual la Visión Artificial entra con mayor fuerza, debido a que puede ser de gran ayuda principalmente en identificación de frutos o cultivos florales, siendo de gran ayuda en la automatización de tareas tediosas, haciéndolas con gran precisión y en poco tiempo.

1.3 Objetivos del proyecto: General y específicos

Objetivo general:

- Dar continuidad al proyecto “Módulo de visión artificial para tareas de agricultura de precisión” mediante la construcción de un entorno simulado que simplifique la evaluación tanto de los planes de control de los robots como de las técnicas de visión artificial.

Objetivos específicos:

- Apropiar un entorno de simulación robótico 3D de fuente abierta e integrar en éste las técnicas de visión artificial desarrolladas en proyectos anteriores, de manera que las imágenes procesadas no provengan de una captura real sino de un escenario virtual.
- Implementar modelos robóticos y escenarios de aplicación en los cuales se pueda evaluar el desempeño de las técnicas de visión artificial.
- Proponer y evaluar (en el entorno virtual) enfoques más eficientes -o mejoras para los existentes de detección y seguimiento de objetos.
- Implementar un adaptador o plugin para el ambiente de simulación, de manera que en dicho ambiente sea posible incorporar diferentes mecanismos de control.

1.4 Justificación

Después de la terminación del proyecto “Módulo de visión artificial para tareas de agricultura de precisión”, se buscó tener una simulación robótica adecuada, con el fin de realizar pruebas exhaustivas a dicho módulo, evaluar su desempeño y así mismo lograr una integración eficiente entre el módulo y la simulación, con el fin de hacer transparente el proceso para el desarrollador, logrando así un afinamiento mayor de los algoritmos de visión artificial probados.

1.5 Área de aplicación del producto resultado del proyecto

El producto que resultó del proyecto se usará principalmente para acompañar proyectos de Ingeniería Electrónica que involucren la realización de pruebas de control y obtención de imágenes desde cualquier tipo de robot. Del mismo modo, se espera que el resultado del proyecto tenga gran acogida en proyectos de visión artificial, específicamente en proyectos enfocados al área agrícola, en los cuales sea necesario realizar pruebas a algoritmos de visión artificial en entornos simulados antes de realizarlas en entornos reales.

2. Requerimientos

2.1. Descripción del sistema

Como resultado del proyecto “Plataforma para la experimentación con visión artificial basada en escenarios virtuales”, se tiene un producto que tiene como propósito principal facilitar la integración de un entorno de simulación personalizado con cualquier algoritmo de visión artificial, lo que, como consecuencia, permite realizar pruebas a dichos algoritmos de una manera mucho más eficiente y precisa, lo que ahorra tiempo y dinero, al mismo tiempo que permite una mejor afinación de los algoritmos probados. Del mismo modo, y al ser los entornos simulados personalizables, se garantiza que éstos serán muy parecidos a entornos reales y que las pruebas realizadas por medio de la plataforma proveerán retroalimentación acertada antes de realizar dichas pruebas en entornos reales.

2.2. Visión y alcance

El resultado final del proyecto pretende ser, principalmente, una herramienta que facilite el proceso de integración entre un entorno personalizado, creado por el usuario de acuerdo a sus necesidades específicas por medio de Gazebo y Blender, y cualquier algoritmo de visión artificial del cual se requieran pruebas exhaustivas en entornos que sean lo más parecidos posibles a los reales. Así, sin tener que preocuparse por integrar todos los elementos, el desarrollador únicamente tendrá que preocuparse por realizar la mayor cantidad de pruebas posibles, lo que le ahorrará tiempo, costos y, más importante, le permitirá tener un algoritmo mucho más refinado al final de las pruebas. Lo anterior tendrá como consecuencia la obtención de resultados esperados y posibles escenarios de fallos en la simulación, lo que permitirá obtener una retroalimentación eficiente antes de realizar las pruebas en entornos reales.

De este modo, se tiene un producto que encapsula la conexión entre el entorno de simulación y el algoritmo de visión artificial el cual, a su vez, permite controlar el o los robots que están siendo simulados, así como obtener las imágenes captadas por la cámara del robot, lo que permite realizar las pruebas respectivas a los algoritmos, sin que el desarrollador deba preocuparse por dicha integración.

2.3. Usuarios

Los principales usuarios del sistema creado son principalmente los desarrolladores de algoritmos de visión artificial que necesiten realizar pruebas a los mismos de manera personalizable, eficiente y precisa. Del mismo modo, cualquier profesional en el área de Ingeniería Electrónica, específicamente en el área de la Robótica, que desee realizar pruebas a cualquier robot. Así mismo, diseñadores de entornos

virtuales que posean las habilidades para crear entornos virtuales tan parecidos a los reales como sea posible.

3. Liberación

3.1. Configuración ambiente mínima/ideal

Requerimientos Mínimos:

- **Sistema operativo:** Ubuntu 14.04 LTS
- **Espacio en Disco Duro:** 100GB
- **Memoria RAM:** 2GB
- **Tarjeta de Video:** NVIDIA NVS 310 con 2 GB

Requerimientos Ideales:

- **Sistema operativo:** Ubuntu 14.04 LTS
- **Espacio en Disco Duro:** 200GB
- **Memoria RAM:** 4GB
- **Tarjeta de Video:** NVIDIA GeForce GT 625 con 2GB

3.2. Manual técnico

Los manuales técnicos se pueden encontrar en el enlace del repositorio:

<https://github.com/ECI-Robotics/computer-vision-testing-platform>

3.3. Herramientas

Gazebo

Gazebo es una herramienta de simulación la cual, por medio de motores gráficos de alta calidad, motores de física e interfaces gráficas, permite la importación de modelos 3D para la realización de pruebas a poblaciones de robots en entornos específicos.

Blender

Blender es un software de modelado 3D, gratis y de fuente abierta, el cual permite realizar una gran variedad de acciones como modelado, animación, simulación, representación y composición sobre los modelos 3D. Del mismo modo, Blender permite agregar efectos visuales y texturas a los modelos, lo que permite esculpir una gran variedad de entornos virtuales tan parecidos a los de la vida real como sea posible.

ROS

ROS son las siglas de Robot Operating System, es un framework flexible el cual, por medio de un conjunto de herramientas, librerías y convenciones tiene como principal objetivo simplificar la tarea de crear robots con comportamientos complejos y robustos que puedan ser usados en una amplia variedad de plataformas robóticas.

OpenCV

OpenCV es una librería de funciones de programación enfocada principalmente en la visión artificial en tiempo real. OpenCV tiene varias áreas de aplicación dentro de la visión artificial como lo son sistemas de reconocimiento facial, reconocimiento de gestos, ratreo de movimiento y realidad aumentada, entre otras.