



UNIVERSIDAD DE BURGOS
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR
Grado en Ingeniería Informática



**TFG del Grado en Ingeniería
Informática**

**Seguimiento de líneas basado
en openCV para AGVs**



Presentado por Antonio de los Mozos Alonso
en Universidad de Burgos — 23 de junio
de 2018

Tutor: Jesús Enrique Sierra García



UNIVERSIDAD DE BURGOS
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR
Grado en Ingeniería Informática



D. Jesús Enrique Sierra García, profesor del departamento de Ingeniería Civil, área de lenguajes y sistemas informáticos.

Expone:

Que el alumno D. Antonio de los Mozos Alonso, con DNI 71705119C, ha realizado el Trabajo final de Grado en Ingeniería Informática titulado Seguimiento de líneas basado en openCV para AGVs.

Y que dicho trabajo ha sido realizado por el alumno bajo la dirección del que suscribe, en virtud de lo cual se autoriza su presentación y defensa.

En Burgos, 23 de junio de 2018

Vº. Bº. del Tutor:

D. Jesús Enrique Sierra García

Resumen

Los AGV, vehículos de guiado autónomo, son ampliamente utilizados en la industria para transportar cargas. Actualmente estos AGV se guían mediante diferentes métodos, uno de ellos el guiado óptico mediante líneas.

La implementación actual del guiado óptico se basa en una cámara muy cercana y paralela al suelo, que permite detectar si el vehículo está encima de la línea guía o no.

Esta implementación no permite ver en perspectiva lo que el AGV tiene por delante, simplemente detecta si nos salimos de la línea.

En este proyecto veremos diferentes métodos para poder ver en perspectiva lo que el vehículo tiene por delante, y guiarlo de una forma más efectiva.

Descriptores

AGV, vehículo de guiado autónomo, binarización de imágenes, detección de líneas, distorsión por perspectiva, OpenCV, Python.

Abstract

AGV, automated guided vehicle, are widely used in the industry in order to transport loads. Currently these AGV are guided by different methods, one of them the optical track guidance.

The current implementation of the optical track guidance is based on a camera very close and parallel to the ground, which allows detecting if the vehicle is above the guideline or not.

This implementation does not allow to see in perspective what the AGV has in front of it, it simply detects if we get out of line.

In this project we will see different methods to see in perspective what the vehicle has in front, and guide it in a more effective way.

Keywords

AGV, automated guided vehicle, image binarization, line detection, perspective distortion, OpenCV, Python.

Índice general

Índice general	III
Índice de figuras	V
Índice de tablas	VI
Introducción	1
Objetivos del proyecto	3
2.1. Objetivos generales	3
2.2. Objetivos funcionales	3
2.3. Objetivos tecnológicos	4
Conceptos teóricos	5
3.1. Implementación hardware	5
3.2. Referencias	6
3.3. Imágenes	6
3.4. Listas de items	7
3.5. Tablas	8
Técnicas y herramientas	9
4.1. Técnicas de desarrollo	9
4.2. Herramientas de documentación	11
4.3. Herramientas de gestión	11
4.4. Herramientas de desarrollo	12
Aspectos relevantes del desarrollo del proyecto	15

Trabajos relacionados	17
Conclusiones y Líneas de trabajo futuras	19
Bibliografía	21

Índice de figuras

3.1. Autómata para una expresión vacía	7
--	---

Índice de tablas

3.1. Herramientas y tecnologías utilizadas en cada parte del proyecto	8
---	---

Introducción

Los AGV, vehículos de guiado autónomo, actualmente son ampliamente utilizados en el mundo industrial. Su función principal es la de llevar algún tipo de carga de una zona a otra dentro de un recinto. Para ello utilizan distintos métodos de guiado, desde detección de pulsos o bandas electromagnéticas, hasta guiado óptico con cámaras.

Los métodos actuales de guiado óptico se basan en colocar una cámara muy cerca del suelo, en una posición paralela a este, de tal forma que puedan ver una "guía", una línea de algún tono que contraste con el suelo, para guiarse. El problema de esta solución, es que la imagen que la cámara es capaz de ver es un pequeño fragmento de la línea, con el que únicamente es capaz de detectar si está o no sobre la línea, permitiendo corregir la trayectoria cuando se detecta que el AGV se desvía, cuando "pierde la línea".

Esta solución, se puede mejorar si aplicáramos algunos de los métodos que se están usando para el guiado de vehículos autónomos en carretera, donde no solo se detecta si el coche está dentro de los márgenes del carril, sino que además son capaces de ver en perspectiva lo que tienen delante. Esto permite, además de guiar el vehículo, estimar la trayectoria que tiene que seguir en los siguientes instantes, permitiendo realizar ajustes más precisos tanto en la velocidad como en la dirección. Se podría decir que son capaces de ver su futuro, el sitio por el que tienen que pasar a continuación.

En este proyecto, se buscará implementar una funcionalidad que permita realizar este tipo de guiado en perspectiva, en el ámbito de la robótica industrial.

Objetivos del proyecto

2.1. Objetivos generales

Desarrollar un software capaz de interpretar una imagen, para generar un conjunto de instrucciones.

- Distinguir en esa imagen una línea guía.
- Obtener la trayectoria que sigue esa guía.
- Generar una serie de instrucciones capaces de dirigir a un vehículo de guiado autónomo (AGV).

2.2. Objetivos funcionales

- El usuario podrá elegir el tipo de binarización, por luminosidad o por color.
- El usuario podrá colocar la cámara en diferente ángulo respecto del suelo, dentro de los márgenes de un mínimo de 30 grados y un máximo de 70.
- El usuario podrá usar una plantilla para corregir la distorsión por perspectiva.
- El usuario podrá probar los distintos tipos de binarización fuera del flujo del programa principal, en vista de realizar ajustes y pruebas.

- El usuario podrá ver las distintas fases por las que pasa la imagen, desde que es capturada hasta que se detecta la trayectoria, en vista de realizar ajustes y pruebas.
- El usuario podrá ver las instrucciones de guiado, situación de luminosidad, fotogramas por segundo y situación de trayectoria en el flujo principal del programa.

2.3. Objetivos tecnológicos

- Obtener un flujo de imagen continuo, por lo que necesitaremos un hardware capaz de transmitir de forma continua.
- Obtener un procesamiento de imagen de más de 50 fotogramas por segundo, ya que el AGV requiere de una instrucción cada 2 centésimas de segundo.
- Desarrollo con interfaz en línea de comandos, para hacer la aplicación lo más ligera posible.
- Generar un conjunto de pruebas de todas las funciones creadas y/o probadas.
- Controlar la luminosidad en la imagen para poder reproducir el conjunto de pruebas.
- Utilización de OpenCV para el procesamiento de la imagen.
- Utilización de SciPy para generar funciones mediante regresión lineal.
- Utilización de SciPy para generar funciones mediante regresión lineal.
- Utilización de Matplotlib para crear ventanas donde ver comparaciones de imágenes.

Conceptos teóricos

3.1. Implementación hardware

En este proyecto trabajaremos con AGVs. Necesitaremos 3 elementos principales para implementarlo:

- Una cámara que capte imágenes, situada adecuadamente en el AGV.
- Una ordenador que ejecute el programa.
- Un elemento para transmitir las instrucciones que genere nuestro programa al sistema de control del vehículo.

Tras analizar los diferentes elementos y la forma de combinarlos, podemos obtener dos formas de organización de estos elementos, veamos ambas, y sus ventajas e inconvenientes.

Implementación total en el AGV

En esta implementación se colocarán todos los elementos en el AGV, ejecutando el programa en el ordenador del propio vehículo.

Ventajas

- No se necesita ningún elemento extra.
- La transmisión de la imagen y de las instrucciones es inmediata y por conexión física, lo que asegura una buena transmisión de la información.

Desventajas

- La capacidad de procesamiento del ordenador del vehiculo no es muy grande.
- Esta implementación dificulta el control simultaneo de varios AGVs.

Externalización del ordenador que ejecuta el programa

En esta implementación se externaliza el ordenador donde se ejecuta el programa, a un ordenador fijo, más potente.

Ventajas

- El ordenador externo nos ofrece mayor capacidad de procesamiento.
- Poder ver las instrucciones y situación en tiempo real que se están mandando.

Desventajas

- Se necesita hardware extra, además del que lleva el AGV.
- Necesitamos hardware que nos permita un buen flujo de imágenes hacia el ordenador, y una buena transmisión de las instrucciones hacia el vehículo.

3.2. Referencias

Las referencias se incluyen en el texto usando cite [2]. Para citar webs, artículos o libros [1].

3.3. Imágenes

Se pueden incluir imágenes con los comandos standard de \LaTeX , pero esta plantilla dispone de comandos propios como por ejemplo el siguiente:



Figura 3.1: Autómata para una expresión vacía

3.4. Listas de items

Existen tres posibilidades:

- primer item.
- segundo item.

1. primer item.

Herramientas	App	AngularJS	API REST	BD	Memoria
HTML5		X			
CSS3		X			
BOOTSTRAP		X			
JavaScript		X			
AngularJS		X			
Bower		X			
PHP			X		
Karma + Jasmine		X			
Slim framework			X		
Idiorm			X		
Composer			X		
JSON		X	X		
PhpStorm		X	X		
MySQL				X	
PhpMyAdmin				X	
Git + BitBucket		X	X	X	X
MikTeX					X
TeXMaker					X
Astah					X
Balsamiq Mockups		X			
VersionOne		X	X	X	X

Tabla 3.1: Herramientas y tecnologías utilizadas en cada parte del proyecto

2. segundo item.

Primer item más información sobre el primer item.

Segundo item más información sobre el segundo item.

■

3.5. Tablas

Igualmente se pueden usar los comandos específicos de \LaTeX o bien usar alguno de los comandos de la plantilla.

Técnicas y herramientas

4.1. Técnicas de desarrollo

Metodología ágil

Este proyecto se ha resuelto mediante metodología ágil.

Cabe destacar que este proyecto no es un proyecto software común en el que tenemos unos requisitos iniciales mas o menos claros, y tenemos alguna idea del final. En este caso lo que buscamos es probar diferentes códigos, herramientas, librerías para satisfacer un primer requisito esencial, la detección de líneas en el suelo. Si conseguimos satisfacer ese requisito, podremos proponer nuevos requisitos en base al resultado obtenido.

Entonces, no hay un objetivo final claro, si bien, lo ideal sería avanzar lo máximo posible, también se puede dar el caso de probar y probar diferentes elementos, y no llegar a obtener un resultado esperado.

Por ser un proyecto software, las ventajas de usar una metodología ágil son claras:

- Las personas que participan en el desarrollo adquieren roles diferenciados.
- El desarrollo es incremental, por etapas. Al final de cada etapa se entrega una parte del software funcional al cliente.
- Partimos de unos requisitos básicos y podemos ir añadiendo más a lo largo del desarrollo, o modificar alguno de los existentes.
- La comunicación con el cliente se hace a lo largo de todo el desarrollo, favoreciendo que el producto final sea lo que esperaba.

Una de las metodologías ágiles más usadas es Scrum, cuyo principio clave es que los clientes pueden cambiar de idea sobre lo que quieren y necesitan. En Scrum hay 3 roles diferenciados:

- Product Owner: es el cliente. Propietario de la idea o proyecto a desarrollar.
- ScrumMaster: experto en Scrum, ayuda tanto al Product Owner como al Equipo Scrum a alcanzar los objetivos finales del proyecto.
- Equipo Scrum: equipo de personas que va a realizar el proyecto. Es conveniente que sea un equipo multidisciplinario, en el que cada persona sea experta o conocedora de un campo diferente a las demás. El equipo debe de ser de 5 a 9 personas, para favorecer la comunicación y fluidez del desarrollo.

Se basa en 3 principios básicos, en comparación con metodologías antiguas:

- Favorecer la comunicación del equipo en lugar de la excesiva documentación.
- Buscar la calidad del resultado en los conocimientos de las personas que han participado en el desarrollo, y no en los procesos empleados para hacerlo.
- Solapar las fases de desarrollo en lugar de hacerlas de forma secuencial o en cascada.

Para este proyecto en concreto, el alumno tomara el rol de Equipo Scrum y ScrumManager. El profesor actuará como cliente.

Como antes se ha explicado, este no es un proyecto software común, por lo que partiremos desde un requisito inicial, y cuando el cliente lo considere válido y completado, propondrá mas requisitos.

En cada sprint se explorarán diferentes herramientas en busca de un objetivo, se harán pruebas con alguna de esas herramientas, estableciendo los parámetros iniciales de cada prueba, el resultado esperado y obtenido. El software evolucionará con cada prueba.

4.2. Herramientas de documentación

LaTeX

Latex es un sistema de composición de texto, que busca la creación de documentos con una alta calidad tipográfica.

Para la documentación de este proyecto se ha usado TexMaker, que es gratuito bajo la licencia GPL.

Página oficial editor Latex: <http://www.xmlmath.net/texmaker/>

También se ha usado MikTeX como implementación de Latex para windows. En su página dicen que por ser un conjunto de paquetes, no tienen una licencia concreta como en otros casos, aun así siguen las directrices de la FSF, y establecen una serie de pautas de uso distribución y modificación.

Página oficial MikTeX: <https://miktex.org/>

4.3. Herramientas de gestión

Trello

Trello es una herramienta online de gestión de tareas intuitiva y simple. Podemos crear diferentes tableros y crear tareas dentro de estos. La vamos a usar principalmente para comunicarnos entre profesor y alumno. Crearemos 3 tableros, tareas por hacer, tareas en desarrollo y tareas completadas.

Página de trello: <https://trello.com/>

GitHub

Github es una plataforma online para albergar proyectos desarrollados mediante un sistema de control de versiones git. Es una herramienta mundialmente conocida en el mundo del desarrollo de software, y una de las más usadas para este tipo de propósitos.

Principalmente tiene 3 tipos de elementos:

- Milestones: Son puntos temporales de importancia dentro de la planificación del proyecto.
- Issues: Tareas a realizar. Pueden ser asignadas a un Milestone.

- Commits: Son el elemento que permite ir realizando cambios en el repositorio: añadir elementos, modificar, eliminar... Sirven para ir resolviendo las tareas que vayan surgiendo.

La usaremos para albergar el código del proyecto, y para aplicar metodologías ágiles y scrum. Los Sprints los representaremos con Milestones. Las tareas que vayan surgiendo en cada Sprint como Issues, y la resolución de las diferentes tareas se harán con commits. He elegido esta herramienta por haberla usado en alguna asignatura en la carrera y estar familiarizado con ella, y por ser uno de los repositorios de git más usados.

ZenHub

Es una extension para Google Chrome. Extiende las posibilidades de GitHub, añadiendo elementos como tableros para organizar las tareas, nuevas medidas para evaluar el desarrollo del proyecto y gráficas asociadas a estas medidas. He elegido esta herramienta por ser un gran añadido a GitHub, y por haberla usado en alguna asignatura de la carrera.

4.4. Herramientas de desarrollo

Python

El lenguaje de programación usado para este proyecto es python. Ha sido elegido, primero porque las librerías de OpenCV están para este lenguaje, lo cual es un requisito imprescindible; y segundo por la facilidad de uso, la versatilidad y la gran cantidad de librerías externas con las que cuenta.

Concretamente se ha usado python en su versión 2.7.5. Nos hubiera gustado dar el salto a python 3, pero no hay librerías de OpenCV de forma oficial para esta versión, solo librerías traducidas de python 2 a python 3, por usuarios, por lo que no contamos con un soporte oficial y nos podemos encontrar con errores y sorpresas desagradables.

PyLint

PyLint es una herramienta para analizar y encontrar errores en códigos python. Se puede añadir a IDEs de forma sencilla, y se pueden personalizar los distintos avisos que proporciona. Además permite refactorizar código y cuenta con los estándares para el desarrollo de códigos en python.

OpenCV

OpenCV es una librería software de vision artificial y machine learning. Nos proporcionará todos los elementos software necesarios para poder obtener y procesar imágenes. OpenCV se distribuye bajo licencia BSD. Esta librería está implementada para varios lenguajes de programación, aunque la elección fue python por la facilidad de uso, la ligereza del lenguaje, y las posibilidades de extension que ofrece.

Visual Studio Code

Visual Studio Code es el IDE elegido para este proyecto. Es un IDE sencillo, compatible con una gran variedad de lenguajes de programación y compatible con Linux, Windows y MacOS.

Se pueden añadir extensiones de una forma muy sencilla dentro del propio IDE, de hecho es el propio IDE el que nos sugiere instalar algunas extensiones dependiendo del lenguaje de programación que estemos usando.

En mi caso, en cuanto detecto que en mi repositorio había ficheros python, me recomendó instalar la extension de python, la cual incluye pylint, el debugger de python y alguna otra herramienta más.

Además de todo esto, es compatible con git de una forma muy sencilla, simplemente abrimos la carpeta de nuestro repositorio y ya entra en funcionamiento el control de versiones.

Por todo esto, considero que esta herramienta es la más adecuada y la que mejor se adapta a mis requisitos para realizar este proyecto.

Su propietario es Microsoft y sus licencias son:

- Código fuente, licencia del MIT.
- Binarios, licencia FreeWare.

IPWebcam

Aplicación android, con dos versiones, gratuita y de pago. Actualmente se usa la versión gratuita. Su funcionalidad es crear un streaming online en directo, accesible desde una url. Es útil puesto que me permite tener la cámara totalmente libre, sin ataduras, pudiéndola mover como desee.

A la hora de realizar pruebas esto es una gran ventaja, en lugar de estar moviendo el ordenador portátil de un lado a otro con la webcam propia del

equipo, o con una cámara conectada por cable; simplemente puedo tener el móvil en un pequeño soporte con ruedas y moverlo libremente a lo largo de la línea. Además me permite tenerlo en diferentes entornos con diferentes luminosidades. Y también hay que tener en cuenta que la cámara de un smartphone es mucho mejor que la de un ordenador portátil, en cuanto a calidad de imagen y captación de luz, por lo que ofrece mayor versatilidad de cara a trabajar en diferentes entornos. Es por esto que he elegido un dispositivo como un smartphone y esta aplicación para la obtención de la imagen con la que voy a trabajar en el proyecto.

Aspectos relevantes del desarrollo del proyecto

Este apartado pretende recoger los aspectos más interesantes del desarrollo del proyecto, comentados por los autores del mismo. Debe incluir desde la exposición del ciclo de vida utilizado, hasta los detalles de mayor relevancia de las fases de análisis, diseño e implementación. Se busca que no sea una mera operación de copiar y pegar diagramas y extractos del código fuente, sino que realmente se justifiquen los caminos de solución que se han tomado, especialmente aquellos que no sean triviales. Puede ser el lugar más adecuado para documentar los aspectos más interesantes del diseño y de la implementación, con un mayor hincapié en aspectos tales como el tipo de arquitectura elegido, los índices de las tablas de la base de datos, normalización y desnormalización, distribución en ficheros³, reglas de negocio dentro de las bases de datos (EDVHV GH GDWRV DFWLYDV), aspectos de desarrollo relacionados con el WWW... Este apartado, debe convertirse en el resumen de la experiencia práctica del proyecto, y por sí mismo justifica que la memoria se convierta en un documento útil, fuente de referencia para los autores, los tutores y futuros alumnos.

Trabajos relacionados

Este apartado sería parecido a un estado del arte de una tesis o tesina. En un trabajo final grado no parece obligada su presencia, aunque se puede dejar a juicio del tutor el incluir un pequeño resumen comentado de los trabajos y proyectos ya realizados en el campo del proyecto en curso.

Conclusiones y Líneas de trabajo futuras

Todo proyecto debe incluir las conclusiones que se derivan de su desarrollo. Éstas pueden ser de diferente índole, dependiendo de la tipología del proyecto, pero normalmente van a estar presentes un conjunto de conclusiones relacionadas con los resultados del proyecto y un conjunto de conclusiones técnicas. Además, resulta muy útil realizar un informe crítico indicando cómo se puede mejorar el proyecto, o cómo se puede continuar trabajando en la línea del proyecto realizado.

Bibliografía

- [1] John R. Koza. *Genetic Programming: On the Programming of Computers by Means of Natural Selection*. MIT Press, 1992.
- [2] Wikipedia. Latex — wikipedia, la enciclopedia libre, 2015. [Internet; descargado 30-septiembre-2015].