



UNIVERSIDAD DE BURGOS
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR
Grado en Ingeniería Informática



**TFG del Grado en Ingeniería
Informática**

**Detección de objetos con
láser de Seguridad**



Presentado por Álvaro Ruifernández Palacios
en Universidad de Burgos — 12 de enero
de 2019

Tutor: Jesús Enrique García Sierra



UNIVERSIDAD DE BURGOS
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR
Grado en Ingeniería Informática



D. Jesús Enrique García Sierra, profesor del departamento de Ingeniería Civil, área de Sistemas de la información.

Expone:

Que el alumno D. Álvaro Ruifernández Palacios, con DNI 71365383V, ha realizado el Trabajo final de Grado en Ingeniería Informática titulado Detección de objetos con láser de Seguridad.

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, 12 de enero de 2019

Vº. Bº. del Tutor:

Vº. Bº. del co-tutor:

D. nombre tutor

D. nombre co-tutor

Resumen

En este proyecto se desarrolla una aplicación del láser para detectar objetos que pueden ser utilizada para la mejora en el funcionamiento de los AGVs. Su funcionamiento básico es el análisis del mar de puntos que crea el láser y analizar las diferentes variaciones para saber donde se encuentran los objetos con el objetivo de poder evitarlo.

Descriptores

Láser, Ethernet, MTX-GTW, AGV...

Abstract

A **brief** presentation of the topic addressed in the project.

Keywords

keywords separated by commas.

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 técnicos	4
Conceptos teóricos	5
3.1. Organización de la infraestructura	5
3.2. Procesado de datos	8
Técnicas y herramientas	15
4.1. Desarrollo de la memoria	15
4.2. Desarrollo del código	16
4.3. Planteamiento de las tareas	16
4.4. Metodología de gestión y herramientas asociadas	17
4.5. Patrones de diseño empleados	17
4.6. Herramienta de manejo de láser	17
4.7. Python	18
4.8. Cableado	18
Aspectos relevantes del desarrollo del proyecto	21
5.1. Definición del trabajo como proyecto de investigación	21

5.2. Conocimientos utilizados aprendidos en el grado	21
5.3. Conocimientos externos a lo aprendido en el grado	22
Trabajos relacionados	25
Conclusiones y Líneas de trabajo futuras	27

Índice de figuras

3.1. Implementación externa	6
3.2. Implementación interna	7
3.3. Mensaje de petición al láser	10
3.4. Mensaje de respuesta del láser	11
3.5. Mensaje de respuesta del láser ante comando AR02	13
3.6. Traducción de datos a decimal	14

Índice de tablas

3.1. Resumen de las características de cada comando AR	10
--	----

Introducción

Los AGV son una de las últimas innovaciones en el mundo de la industria. Son robots autónomos que sustituyen al trabajo humano en el sentido de transporte de objetos o mercancías entre las distintas secciones de las industrias.

Para la realización de sus propósitos estos aparatos, además de sus aparatos de guiado, necesitan aparatos que les permitan reconocer si en su camino existe algún obstáculo o si el objeto con el que trabaja (mercancía) se encuentra cerca de ellos. Para esto, los AGVs llevan incorporado, como norma general, un láser de seguridad, el cual recoge un gran conjunto de datos sobre el entorno que lo rodea.

Actualmente, esta tecnología se basa en la configuración de áreas en las cuales el láser detecta las variaciones de puntos que se localizan dentro de estas áreas. Un inconveniente de esta configuración es la necesidad de que el área tenga uno de sus límites en el origen de coordenadas del gráfico trazado por las coordenadas obtenidas de las lecturas del láser por lo que para detectar si existe un objeto en un determinado límite situado en la zona media del gráfico antes mencionado pero no más cerca, se debe manejar y configurar más de un área.

En este proyecto se desarrollará un sistema con el que se pretende solventar el problema antes descrito, reduciendo el número de áreas a necesitar con lo que se conseguirá una mayor eficiencia en el análisis de entorno.

En este caso vamos a utilizar el Hokuyo Safety Laser Scanner (UAM-05LP-T301). Este aparato es capaz de desarrollar tres áreas de detección dependiendo de la distancia a la que detecte un elemento (puede ser de 20,

10 y 5 metros).

Objetivos del proyecto

En este apartado se explican los distintos objetivos identificados en este proyecto, distinguiendo entre los objetivos generales del proyecto y los objetivos técnicos.

2.1. Objetivos generales

Los objetivos generales que se han planeado para este proyecto son:

- Conocer el entorno en el que el programa desarrollado en el proyecto. En este caso, el programa desarrollado sera integrado con el resto de utilidades de los AVG para que reconozca objetos en las zonas importantes para su funcionamiento (donde están los objetivos o los obstáculos).
- Leer los datos obtenidos de las lecturas del láser para a través de su interfaz escogiendo los contactos del RS232 del GMT-GTW para saber por cual de ellos se recogen dichos datos.
- Crear un programa que, una vez analizados los datos sepa detectar si en las áreas deseadas por el usuario existe un objeto. Esto puede utilizarse para la detección de obstáculos antes mencionada o para minimizar el tiempo de recogida de objetos (dependiendo de la función de cada AGV).
- Comprender y utilizar los conocimientos a cerca de sistemas distribuidos que se han ido adquiriendo a lo largo del grado.

2.2. Objetivos técnicos

Los objetivos técnicos planteados para este proyecto son:

- Aprender el uso de Python para la creación del código del proyecto, a través de todas sus funcionalidades previstas con el objetivo de la lectura de datos de las lecturas del láser.
- Usar librerías de Python no empleadas hasta el momento en ninguna asignatura del grado como `binascii` o `re`, las cuales han servido para poder manejar los datos recibidos y desarrollar el comportamiento deseado.
- Encontrar todos los elementos hardware necesarios para la creación del sistema hardware necesario para el proyecto.
- Crear un proyecto el cual implementa la funcionalidad que se requiere en los objetivos del proyecto, es decir, que realice la lectura, tratamiento y análisis de los datos del láser.
- Utilizar un sistema de control de versiones como es Git, más concretamente uno de sus servicios centrales más utilizados conocido como GitHub. Esta herramienta es útil en el caso de producirse algún error grave en alguna de las partes del proyecto ya que se puede restaurar la versión previa (la cual se considera estable).

Conceptos teóricos

En este proyecto se deben de emplear una gran cantidad de conocimientos adquiridos a lo largo de las asignaturas del grado. En esta sección se describirán cuales son esos conceptos además de la forma en la que se aplican en este proyecto.

3.1. Organización de la infraestructura

Para la implementación del sistema que nos va a permitir el desarrollo del programa que tiene como objetivo este proyecto se necesitarán tres elementos principales:

- Láser: esta parte es la que se encarga de obtener los datos de su entorno. Estos datos serán enviados a través de una interfaz hacia la unidad de tratamiento de datos. En este caso, el láser del que se dispone, y por lo tanto con el que se va a desarrollar el proyecto es el Hokuyo Safety Laser Scanner (UAM-05LP-T301). Este aparato es capaz de desarrollar tres áreas de detección dependiendo de la distancia a la que detecte un elemento (puede ser de 20, 10 y 5 metros). Aunque sea este láser con el que se va a realizar el proyecto, el principal objetivo es el de poder hacer que el programa pueda funcionar en diferentes tipos de láser con diferentes formas de obtención de datos.
- Cable ethernet: es el soporte a través del cual se transportan tanto los mensajes enviado por el ordenador hacia el láser como las respuestas y los datos de lectura que este manda al PC demandante. Esta es la que, en la descripción del anterior elemento se conoce como la

interfaz. En el caso de este proyecto se usará un UAM-NET, un cable Ethernet de 3 metros de longitud desarrollado por Hokuyo, misma empresa desarrolladora del láser empleado, lo que hace que resulte idóneo para evitar problemas de incompatibilidad y asegurar así el correcto funcionamiento del sistema.

- PC: es la parte principal del proyecto, ya que es la encargada de permitir al usuario tanto introducir las áreas donde se necesita detectar los objetos, como las órdenes que el usuario desea transmitir al láser para recibir la información. Además también es la encargada de recibir y procesar las respuestas del láser para poder mostrar al usuario los resultados de la comparación de los datos y las coordenadas de las áreas introducidas. La utilización de este aparato es debida a que este proyecto sería destinado a ser introducido dentro de un AGV pero se necesita hacer visible al usuario a través de una pantalla.

Implementación final en el AGV

Con esta estructura, el sistema puede ser implementado en AGVs que no posean movimiento, es decir, aquellos cuyas partes móviles no hagan desplazar toda la estructura del vehículo, ya que se necesita un ordenador para visualizar los resultados del análisis.

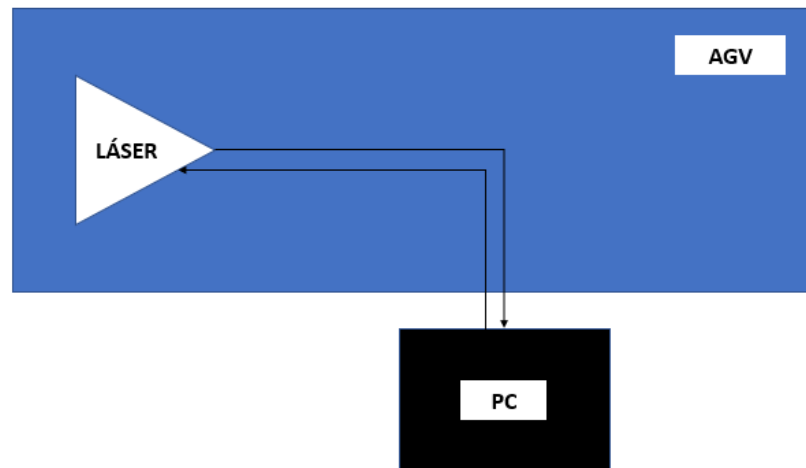


Figura 3.1: Implementación externa

Esta primera opción de implementación tiene ciertas ventajas pero también posee ciertos inconvenientes: Ventajas:

1. Visualización de la gráfica que representa tanto las lecturas del láser como el resultado del análisis de forma más visual y fácil de analizar por el usuario.
2. Facilidad para el cambio de coordenadas de cada uno de los límites que conforman cada una de las áreas a analizar.

Desventajas:

1. Necesidad de un PC externo que realice el análisis de datos.

Aunque si se obvia esta característica de la detección de objetos (reduciendo ese proceso a datos booleanos) si que es posible emplear el sistema con AVGs móviles.

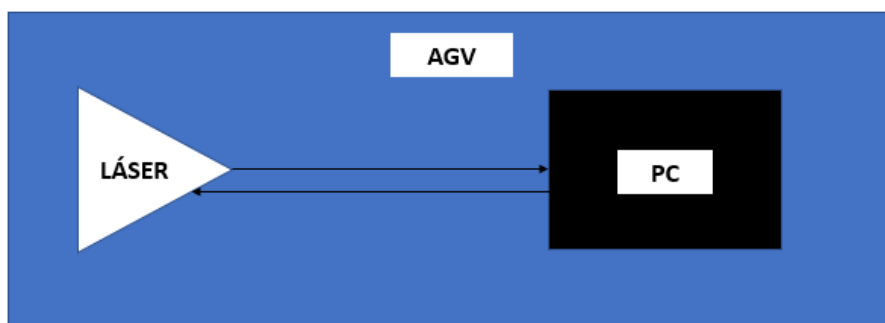


Figura 3.2: Implementación interna

Aunque esta opción también tiene sus ventajas e inconvenientes, al igual que la anterior: Ventajas:

1. Independencia de ningún PC externo que realice el análisis.
2. Reducción de utilización de recursos (tanto hardware como software) en la ejecución del sistema, debido a la omisión de la representación gráfica.

Desventajas:

1. Incapacidad de visualización de los resultados del análisis debido a la ausencia de representación antes mencionada.

3.2. Procesado de datos

Cuando el programa desarrollado se comunica con el láser, este debe recibir las tramas que el láser crea al analizar su área de observación, las cuales deben de ser tratadas para separar la información importante de las cabeceras y demás datos que el láser usa para interactuar con su aplicación. Una vez hemos conseguido extraer ese tipo de datos, hemos de descartar aquellos datos correspondientes a las zonas donde el láser no detecta ningún objeto, quedándonos solo con aquellas lecturas con valor significativo para la función principal del programa. Tras esto, se analizarán los datos para ver si se encuentran dentro de los límites establecidos por cada una de las áreas a analizar según las preferencias del usuario.

Comandos disponibles

Para que el láser devuelva los datos de sus lecturas se le debe de mandar un comando específico dependiendo de la forma de lectura que deseamos que realice. Hay muchos tipos de comandos disponibles para enviar al láser pero para los objetivos de este proyecto vamos a emplear un único tipo, los comandos AR.

Estos comandos son los que le indican al láser la orden de enviar los datos de lectura. Dependiendo del comando AR enviado, se enviará un determinado conjunto de datos u otro. Algunos de estos comandos sirven para detener el funcionamiento provocado por otros comandos del mismo tipo. Los comandos de este tipo son 6:

1. AR00: envía la medición de las distintas distancias de una única lectura del entorno.
2. AR01: envía las mediciones de las distintas distancias e intensidades de una única lectura del entorno.
3. AR02: envía las mediciones de las distintas distancias de cada una de las lecturas del entorno que realiza de forma continua.
4. AR03: sirve para detener el comportamiento continuado del comando AR02, se recibe después un mensaje de confirmación.
5. AR04: envía las mediciones de las distintas distancias e intensidades de cada una de las lecturas del entorno que realiza de forma continua.

6. AR05: sirve para detener el comportamiento continuado del comando AR04, se recibe después un mensaje de confirmación.

Comandos	Continuo	Unico	Distancia	Distancia-Intensidad	Parada
AR00		X	X		
AR01		X		X	
AR02	X		X		
AR03					X
AR04	X			X	
AR05					X

Tabla 3.1: Resumen de las características de cada comando AR

Envío y recepción de mensajes

Tras haber escogido el comando a utilizar, se debe construir el mensaje que se va a enviar desde el PC hacia el láser. Para esta construcción se debe de seguir una estructura específica basada en estos campos.

Host » UAM

STX 1 char	Command Size 4 char	Header 2 char	Sub Header 2 chars	CRC 4 char	ETX 1 char
----------------------	-------------------------------	-------------------------	------------------------------	----------------------	----------------------

Figura 3.3: Mensaje de petición al láser

- **STX:** Carácter, habitualmente correspondiente a "2" codificado como Bytes, que indica al láser el comienzo del mensaje que se le desea enviar.
- **Command size:** como su propio nombre indica, es el tamaño del mensaje que el láser va a recibir incluyendo los caracteres de inicio y fin. Para los comandos que se van a emplear en este proyecto, los 4 caracteres que representan esta parte del mensaje van a ser siempre "000E" ya que siempre tienen la misma extensión de 14 caracteres.
- **Header:** o cabecera, es la parte del mensaje que indica el tipo de comando que se está mandando desde el ordenador. En este caso ".AR".

- Subheader: después de haber expresado el tipo de comando, se especifica en este campo que comando del tipo escogido se va a enviar.
- CRC (Cyclical Redundancy Checking): o verificación de redundancia cíclica, es un código que se añade al mensaje para que el láser verifique la ausencia de fallos en la creación o transmisión del mensaje recibido. Existen muchos tipos de CRC, pero en el caso del láser empleado se usa el CRC Kermit.
- EXT: Carácter, habitualmente correspondiente a "3" codificado como Bytes, que indica al láser el final del mensaje que se le desea enviar.

Tras recibir este mensaje, el láser analiza este mensaje, para comprobar que no falte ninguna de las partes descritas anteriormente y la corrección del CRC (evitando fallos de transmisión). El mensaje de respuesta también obedece a una estructura muy estricta:

Host « UAM							
STX	Reply Size	Header	Sub Header	Data*	Status	CRC	ETX
1 char	4 char	2 char	2 chars	N char	2 char	4 char	1 char

Figura 3.4: Mensaje de respuesta del láser

- STX y ETX: Son los caracteres de inicio y final del mensaje enviado por el láser. su definición es idéntica a la de sus homólogos en el anterior mensaje descrito.
- Reply size: al igual que en el anterior se especifica el tamaño del mensaje en 4 caracteres que representan este valor en hexadecimal aunque a diferencia con esta, este tamaño si que es variable ya que no siempre se van a mandar la misma cantidad de datos.
- Header y Subheader: son la cabecera y el número del comando recibido por el láser en el anterior mensaje. Sirve de confirmación al usuario de la correcta comprensión del láser a cerca del comando enviado.
- Data: como indica su nombre, son los datos de las lecturas realizadas por el láser. Este campo es el único en toda la comunicación el cual no es obligatorio ya que hay casos en los que se puede omitir. Se destacan dos casos:

- Mensaje de error: en los mensajes de error (cuando alguna de las comprobaciones no se ha verificado o la lectura realizada por el láser no se ha terminado con éxito) este campo se omite ya que no hay datos a enviar.
- Comandos continuos: en los comandos que provocan un comportamiento de lectura del láser continua (AR02 o AR04) se envía primero un mensaje con la respuesta que se está describiendo y después se envían mensajes sucesivos (con el mismo comienzo y fin que los otros) donde se muestran los datos.
- Status: es el estado del mensaje. A no ser que el mensaje sea un mensaje de error, el resto debería de ser "00." similar. En caso de que sea un error, estos dos caracteres cambiarán dependiendo del error que ocurra.
- CRC: es el código de verificación que demuestra que no ha habido errores en la transmisión, de forma idéntica a su homólogo en el mensaje enviado en la otra dirección.

En el comando empleados en este proyecto (AR02) la forma que posee estos mensajes de respuesta es la siguiente:

Host « UAM

*First response of UAM (contains only the status without any data)

STX	Length	A	R	0	2	Status	CRC	ETX
1 char	4 char	1 char	1 char	1 char	1 char	2 char	4 char	1 char

*Scan data response of UAM

STX 1 char	Length 4 char	A 1 char	R 1 char	0 1 char	2 1 char	Status 2 char			
Operating Mode 1 char		Area Number 2 char		Error Status 1 char		Error Code 2 char		Lockout Status 1 char	
OSSD 1 State 1 char		OSSD 2 State 1 char		Warning 1 State 1 char		Warning 2 State 1 char			
OSSD 3 State 1 char		OSSD 4 State 1 char		Reserved (0) 1 char		Reserved (0) 1 char			
Muting/Override State 1 1 char			Muting/Override State 2 1 char						
Reset Request 1 1 char		Reset Request 2 1 char		Encoder Speed 4 char					
Time Stamp 8 char		Laser off Status 1 byte		Reserved (0) 7 char		Distance Data 4324 char		CRC 4 char	ETX 1 char

Figura 3.5: Mensaje de respuesta del láser ante comando AR02

Como se puede observar, dentro del mensaje que posee los datos de las lecturas se pueden encontrar una gran cantidad de datos que indican otra información relevante sobre la lectura realizada aunque irrelevante para los objetivos de este proyecto, como puede ser el estado de las áreas predeterminadas, los estados de alguno de los puertos de salida, el tiempo que se ha tardado en realizar la lectura, etc.

Por todo esto se debe analizar cada trama para extraer la parte en la que exclusivamente aparecen los datos, los cuales después se deben traducir.

Traducción de los datos

Después de haber aislado los datos y haberlos dividido en sus correspondientes partes (ya que cada lectura de entorno es enviada por el láser como una cadena de gran longitud) se debe traducir cada uno de los datos (que posee una longitud de 4 caracteres lo cual se deduce de los 4324 caracteres recibidos divididos entre las 1081 lecturas realizadas por cada lectura de entorno del láser) según una serie de pasos a seguir:

1. Se extra el equivalente en hexadecimal de cada uno de los 4 caracteres.
2. Si el dato hexadecimal está entre los 30_h y 39_h , se le resta 30_h . Por le contrario, si el dato se encuentra entre los 41_h y 46_h , se le resta 37_h .

3. Se traduce cada dato transformado a codificación binaria.
4. El conjunto de caracteres binarios transformados en una cadena conjunta se traduce a decimal para extraer el dato expresado en milímetros.

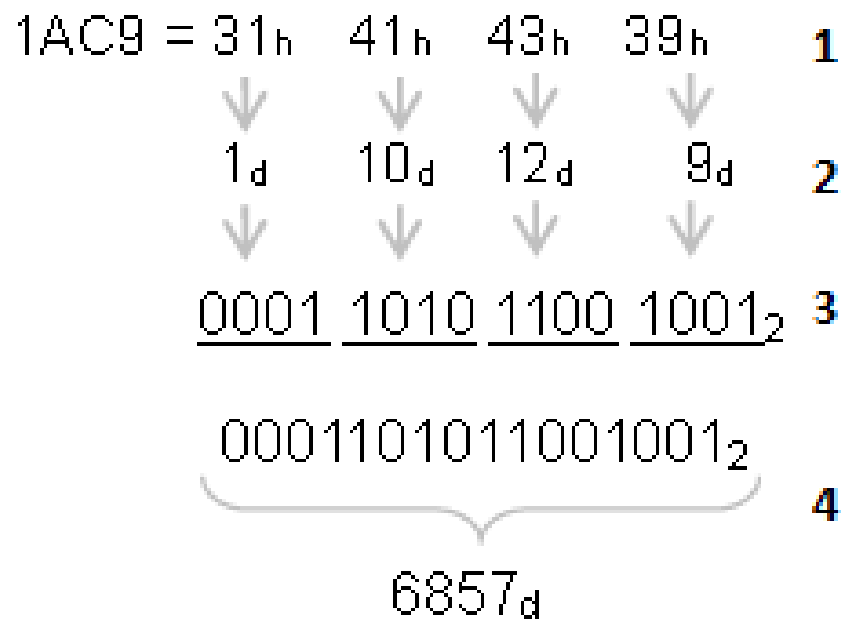


Figura 3.6: Traducción de datos a decimal

Técnicas y herramientas

Esta parte de la memoria tiene como objetivo presentar las técnicas metodológicas y las herramientas de desarrollo que se han utilizado para llevar a cabo el proyecto. Si se han estudiado diferentes alternativas de metodologías, herramientas, bibliotecas se puede hacer un resumen de los aspectos más destacados de cada alternativa, incluyendo comparativas entre las distintas opciones y una justificación de las elecciones realizadas. No se pretende que este apartado se convierta en un capítulo de un libro dedicado a cada una de las alternativas, sino comentar los aspectos más destacados de cada opción, con un repaso somero a los fundamentos esenciales y referencias bibliográficas para que el lector pueda ampliar su conocimiento sobre el tema.

4.1. Desarrollo de la memoria

En este aspecto se ha querido emplear LaTeX en contraposición a otros programas de propósito similar como pueden ser Microsoft Word o Open Office Writer ya que esta aplicación nos permite una mayor cantidad de posibles acciones a realizar en el documento crear.

Por poner un ejemplo de estas ventajas antes mencionadas, la presentación del documento puede quedar más limpia ya que el usuario puede manejar el espacio de cada hoja a su antojo y poder disponer de todo él ya que se puede variar los márgenes de las páginas de una forma sencilla (introducción de un comando), lo que en los otros programas antes mencionados resultaría demasiado complicado a demás de ser potencialmente peligroso debido a que, gracias a las acciones automáticas que poseen, podrían desajustar todo el contenido de la hoja en sí haciendo que el usuario tenga que ajustar cada uno de los elementos que antes poseía. LaTeX permite saltarse los

márgenes establecidos, por ejemplo, para insertar una imagen. en cuanto a los encabezados, pies de página y numeración de página también se puede realizar con un simple comando.

Con todo esto y con la característica de que permite guardar el archivo directamente en PDF sin realizar ninguna conversión (aunque para ello necesite crear algún archivo debido a la compilación) es por la que se ha escogido para este

4.2. Desarrollo del código

Jupyter Notebook

Debido a que este entorno de desarrollo ya se ha empleado en algunas asignaturas del grado, lo cual lo hace más amigable y facil de usar, se ha decidido emplear Jupyter Notebook para el desarrollo del código. Además de ser compatible con el sistema operativo, este entorno tiene la ventaja de poder obtener la conexión con el láser, y por lo tanto el intercambio de mensajes y datos con el mismo, sin necesidad de instalar ningún complemento para poder desarrollar el código sin dificultades añadidas. Este entorno, además de las ventajas antes descritas, permite desarrollar y ejecutar (y por lo tanto testar) partes del código por separado. Por este motivo, es más fácil comprobar el correcto funcionamiento del código desarrollado antes de realizar otras partes del código siendo después más difícil rectificar dicho error.

Spyder

Este programa, desarrollado tambien por Anaconda (misma empresa que desarrolla Jupyter) tambien ha sido empleado a la hora de crear el código del proyecto ya que, además de no usar un soporte web para funcionar (lo que lo hace más eficiente) permite al usuario poder ejecutar archivos con extensión .py (propios de Python), lo cual permite desarrollar y probar código que otros usuarios pueden utilizar en sus propias plataformas, al contrario que Jupyter el cual usa archivos de extensión exclusiva para dicho programa.

4.3. Planteamiento de las tareas

Para organizar las actividades a realizar se ha escogido la aplicación Trello. Esta aplicación se ha escogido debido a su facilidad de uso (debido a que su interfaz de usuario es muy intuitiva), a demás de otros muchos aspectos como el hecho de que a un tablero (unidades organizativas en las

4.4. METODOLOGÍA DE GESTIÓN Y HERRAMIENTAS ASOCIADAS

que se gestionan las tareas de los diferentes proyectos que se puede gestionar desde una misma cuenta de usuario) se puede acceder más de un usuario. Esta característica permite que tanto el alumno como el profesor pueden acceder al mismo tablero para gestionar las tareas a realizar.

4.4. Metodología de gestión y herramientas asociadas

Para este proyecto se ha decidido utilizar la metodología de SCRUM. Esta metodología esta basada en entregas incrementales pero funcionales. Para la realización de esta metodología, perteneciente a las denominadas metodologías ágiles, se va a utilizar la aplicación ZenHub. Esta aplicación se puede emplear para presentar los sprints y se puede planificar la fecha de comienzo y final cada una de las tareas.

4.5. Patrones de diseño empleados

4.6. Herramienta de manejo de láser

UAM Project Designer

Aunque el manejo de este elemento del proyecto se va a realizar a través de funciones presentes en Eclipse y el código implementado para el proyecto, se va a utilizar una aplicación instalada vía CD llamada UAM Project Designer. Esta aplicación, cuando el equipo en el que se instala está conectado al láser, permite observar los datos relacionados con la nube de puntos creada por este aparato al realizar sus operaciones de lectura de su entorno.

En este caso esta herramienta será utilizada para la comprobación de que el código desarrollado para alcanzar los objetos del proyecto funciona de forma correcta comparando los resultados obtenidos por el código y la aplicación, los cuales deberían de coincidir.

Como bien se ha dicho al principio de esta sección, la aplicación se ha instalado utilizando el CD presente en el paquete en el que el láser se encuentra almacenado.

RealTerm

Este programa, consistente en una terminal para TCP y puerto serie (TCP/Serial port terminal) consiste en, como su propio nombre indica,

transmitir mensajes via TCP a través del puerto serie. Su funcionamiento principal consta de 3 fases:

- Elegir la forma de transmisión de mensajes entre los dispositivos conectados por este puerto (duplex, full duplex...).
- Configurar los parámetros como la frecuencia, el puerto, la dirección IP....
- Escribir el mensaje a transmitir separando por comas (',') cada elemento y escoger entre la transmisión como número o como carácter ASCII

4.7. Python

El lenguaje de programación con este nombre es aquel desarrollado en 1991 con el objetivo de crear código con una sintaxis que favorezca un código legible.

Además de esta característica, es importante destacar el hecho de que se trata de un lenguaje multiparadigma, ya que puede desarrollarse código orientado a objetos, programación imperativa y, en menor medida, programación funcional.

Ha sido seleccionado debido a la sencillez que proporciona a la hora de programar distintos procedimientos que en otros lenguajes (Java, C, C++ ...) resultarían mucho más complicados como es la implementación de un socket para comunicarse (enviar mensajes y recoger datos) con el láser.

4.8. Cableado

Para que el proyecto pueda ser desarrollado y ejecutado para la comprobación de su correcto funcionamiento es necesario suministrar corriente eléctrica al láser y comunicarlo de forma física con el PC. Para ello se han tenido que buscar dos cables diferentes:

- Comunicación col el PC: para este aspecto del proyecto se ha empleado un cable ethernet 100BASE-TX con conexión resistente al agua, el cual es desarrollado por la misma empresa que desarrolla el láser empleado lo cual lo hace idóneo para comunicar ambos dispositivos.

- corriente eléctrica: para este aparato se han utilizado un adaptador a corriente alterna ya que este láser necesita alimentarse con 24 V de este tipo de corriente. Este cable ha sido buscado y encontrado por el alumno.

Aspectos relevantes del desarrollo del proyecto

5.1. Definición del trabajo como proyecto de investigación

Un aspecto que hay que destacar de este proyecto es que su enfoque, además de ser el de crear un sistema funcional que cumpla los requisitos establecidos en puntos anteriores, es el de crear una simulación del entorno en el que posteriormente se implementará este sistema, buscando los elementos tanto hardware como software (programas, lenguajes, librerías, recursos...) necesarios para que un sistema ya implantado en su entorno de trabajo pueda utilizar el sistema desarrollado para realizar algunas de sus tareas. Como resumen, se podría decir que es un trabajo que pretende desarrollar un sistema para la investigación de la implementación de un nuevo sistema de detección de objetos.

5.2. Conocimientos utilizados aprendidos en el grado

Algunos de los conocimientos que se han empleado en este proyecto se han adquirido a lo largo de las diferentes asignaturas de los 4 cursos del grado.

Codificación en Python

El conocimiento principal que ha permitido desarrollar el código funcional de este proyecto es el conocimiento a cerca de la creación de código en lenguaje Python. Gracias a algunas asignaturas como son Sistemas Inteligentes (1^{er} semestre del 3^{er} curso), Algoritmia (2^o semestre del 3^{er} curso), Nuevas Tecnologías y empresa y Minería de Datos (ambas del 2^o semestre del 4^o curso).

Gracias a haber recibido clases de estas asignaturas se han podido conocer y aprender a manejar algunas de las librerías que se han empleado en la creación de este sistema software, como pueden ser Numpy, Matplotlib o Math, además de los conocimientos a cerca de las características principales de este lenguaje de programación.

Conocimiento sobre sockets

Aunque en este sistema se ha tratado este asunto con poco detalle, el manejo de sockets también es un concepto que se ha sabido emplear gracias a alguna asignatura del grado. Un ejemplo de estas asignaturas es Sistemas Distribuidos (2^o semestre del 4^o curso). Gracias a los conocimientos adquiridos en esta asignatura se ha podido configurar y gestionar el comportamiento del socket lógico creado para la comunicación entre el láser y el ordenador.

Conocimiento a cerca de la gestión del proyecto

Este aspecto es uno de los más relevantes ya que es la parte del proyecto la cual ayuda a gestionar el tiempo que se usa para llegar al objetivo marcado por los requisitos del proyecto. Los conceptos de la definición, aspectos y formas de aplicación de las metodologías ágiles, SCRUM en el caso de este proyecto, han sido adquiridos gracias a haber recibido las clases de la asignatura de Gestión de Proyectos (1^{er} semestre del 3^{er} curso).

5.3. Conocimientos externos a lo aprendido en el grado

También existen conocimientos aprendidos gracias al desarrollo de este proyecto los cuales no se han adquirido a lo largo del grado.

En cuanto a este proyecto, se ha de destacar uno solo de estos conocimientos, la creación de los mensajes. Como ya se ha explicado en apartados anteriores, para comunicarse con el láser, el PC debe enviar una serie muy concreta de comandos, los cuales deben de tener una codificación específica. Esta codificación se basa en que algunas de las partes del mensaje (inicio y final del mensaje y CRC) se deben enviar codificadas como Bytes mientras que el resto deben ser enviados como código ASCII. Ninguna de estas codificaciones ha sido impartida en ninguna de las asignaturas que imparten código en Python mencionadas en el punto anterior.

Estos conocimientos tienen la ventaja de que, al ser conceptos sobre uno de los lenguajes de programación más usados, es sencillo encontrar mucha información al respecto por internet, por lo que se pueden encontrar diferentes formas de obtener el mismo resultado (utilizando diferentes librerías o creando métodos con las librerías que están por defecto en el propio lenguaje) con lo que el programador puede escoger la que le parezca más idónea para su propósito.

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.