Universidad Nacional de La Matanza

Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas

Sistemas Operativos Avanzados

Sistema Embebido Arduino Auto Rastreable

INFORME FINAL

Integrantes:

Andrade, Martin	37181057
Argento, Juan Pablo	34670631
Boullon, Daniel	36385582
Lorenz Vieta, Germán	32022001

Índice:

1.Objetivo General del Proyecto

El objetivo del proyecto consiste en construir un dispositivo que deberá ser operado desde un dispositivo móvil conectado inalámbricamente, el cual pueda informar su posición relativa para permitir el seguimiento del mismo en el tiempo.

2.Solución Propuesta

La forma de hallar la posición de un cuerpo a partir de los datos es utilizando el acelerómetro, el procedimiento para hallar la posición con respecto al tiempo puede ser visto como una doble integración de la aceleración : $\iint a(t)dt\,dt$ donde a(t) es la aceleración. Para estimar la posición usando un dispositivo digital, es necesario aplicar la integración numérica.

3.Hardware utilizado

Sensores

- HC-SR04 x2
- MPU 6050
- MPU 9250

Actuadores:

- Servo SG90
- Motor CC con (reductora)
- Leds x6

Otros Componentes:

- Arduino UNO (ATMega 328P)
- Protoboard
- Puente H L293D
- Módulo Bluetooth HC-05
- Regulador 7805
- Batería EB-L1G6LLU x2
- Auto a Friccion
- Resistencias varias para leds
- Cables varios para conexionado con el protoboard
- Interruptor

Descripción

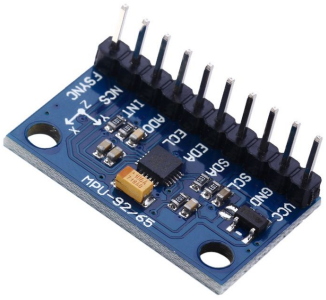
Arduino UNO

Arduino Uno es una placa electrónica basada en el microcontrolador ATmega328P. Cuenta con 14 entradas/salidas digitales, de las cuales 6 se pueden utilizar como salidas PWM (Modulación por ancho de pulsos) y otras 6 son entradas analógicas. Además, incluye un resonador cerámico de 16 MHz, un conector USB, un conector de alimentación, una cabecera ICSP y un botón de reset. La placa incluye todo lo necesario para que el microcontrolador realice su tarea, basta conectarla a un ordenador con un cable USB o a la corriente eléctrica a través de un transformador.

Sensor HC-SR04

Este sensor, se maneja con un trigger(disparador) de ultrasonido y un echo. El trigger envía una señal de ultrasonido, esta rebota contra el objeto más próximo y vuelve hacia el dispositivo que lo captura por el echo. Entonces este sensor mide en realidad, el tiempo que tarda en volver la señal del ultrasonido por medio del clock y realizando una operación se puede calcular la distancia, ya que la señal de ultrasonido viaja a una velocidad constante.

Sensor MPU 92/50



El sensor InvenSense MPU-9250 contiene un acelerómetro MEMS, un giroscopio MEMS (MPU-6050) y un magnetómetro MEMS (brújula) en un solo chip junto con un procesador que permite el mezclado de datos.

El giroscopio cuenta con un rango de escala de ± 250, ± 500, ± 1.000, ±2.000 °/s (dps) y el acelerómetro un rango de ± 2 g , ± 4 g , ± 8 g , y ± 16g y el magnetómetro ±4800μT.

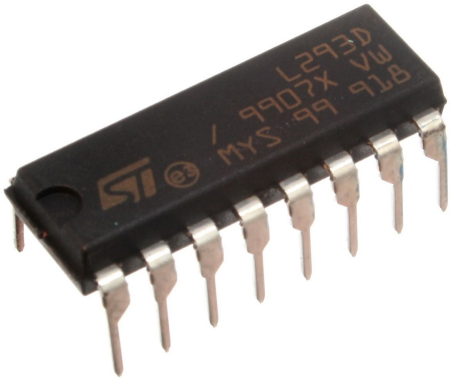
Servo SG90

En servo miniatura de gran calidad y diminutas dimensiones cuyos requerimientos de energía son bastante bajos y se permite alimentarlo con la misma fuente de alimentación que el circuito de control.

Motor CC con reductora

Utilizamos un motor CC de lectora de CD para acelerar o desacelerar la marcha del vehículo. Su movimiento se lo trasladamos a la reductora del Auto a fricción a través de un sistema de polea. Utilizamos un capacitor para aumentar su fuerza al comenzar los movimientos

Puente H L923D



Un Puente en H es un circuito electrónico que permite a un motor CC girar en ambos sentidos un motor, pero también puede usarse para frenarlo (de manera brusca), al hacer un corto entre las bornas del motor, o incluso puede usarse para permitir que el motor frene bajo su propia inercia, cuando desconectamos el motor de la fuente que lo alimenta

Módulo Bluetooth HC-05

Es un módulo Bluetooth que tiene la particularidad de que puede ser configurado como maestro o como esclavo. Se lo implementó para la conexión con el dispositivo android bajo el protocolo RS 232 Serial, configurado como esclavo ya que la conexión se realizará con un solo dispositivo Android a la vez.

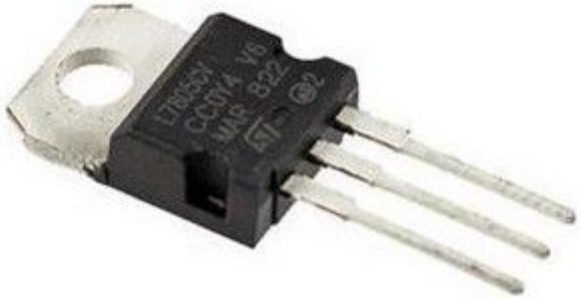
TP4056

Módulo que se alimenta de una tensión que puede ser desde 4V a 8V y permite la carga de una batería (en nuestro caso, batería de Litio) aplicando una corriente de hasta 1000 mA a 4.2V.

Led

Utilizamos los leds en nuestro vehículo como actuadores que indican el encendido del vehículo, las luces delanteras y traseras. También combinamos la información del sensor lumínico del celular para que enciendan automáticamente en ambientes de poca luz. También en el caso de detectar cercanía con un obstáculo y dar marcha atrás el vehículo para evitar la colisión.

Regulador 7805

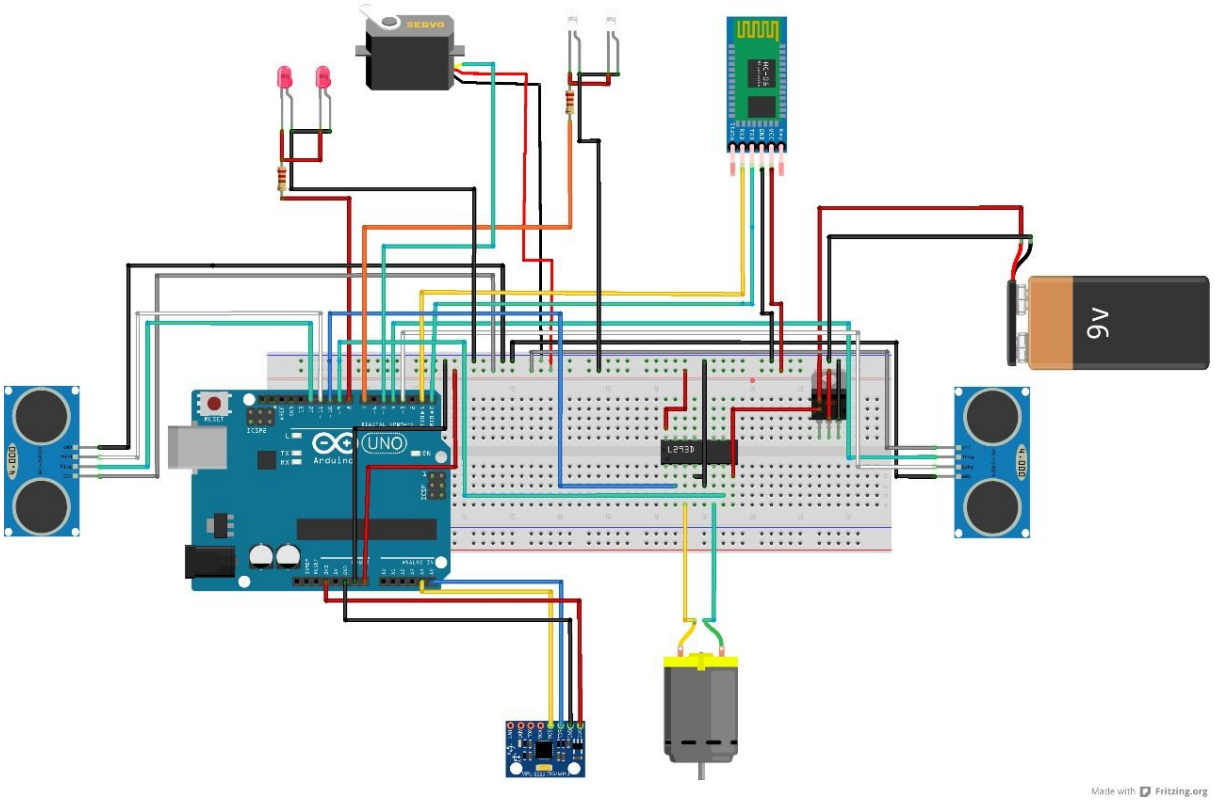


Es un dispositivo electrónico que tiene la capacidad de regular voltaje positivo de 5V a 1A de corriente. Lo utilizamos para garantizar una fuente de alimentación constante.

Software

- Android Studio 2.3, JRE 1.8.0
- Arduino 1.8.2

4. Diagrama de conexión



5. Implementación

Sistema embebido

Una vez hecho todas las conexiones pertinentes expuestas en la ilustración anterior, se pasa a implementar el código en el SE.

Librerías

Servo.h

Se debe definir el pin a utilizar (en nuestro caso elegimos el 5). Declaramos el objeto con servoMotor y utilizamos las funciones

servoMotor.attach(intpinServo): inicia el servo para trabajar con el pin indicado.

servoMotor.write(intangulo): desplaza el servo al ángulo especificado.

Ultrasonic.h

Esta librería nos simplifica los cálculos del ultrasonido, pero de igual manera son de sencilla aplicación: Distancia = {(Tiempo entre Trig y el Echo) * (V.Sonido 340 m/s)}/2

Wire.h

Esta biblioteca le permite comunicarse con dispositivos I2C. Con esta librería seremos capaz de conectarnos con el mpu-9250.

mpu9050.h

Biblioteca para obtener los datos de los 3 sensores en crudo. Son 9 ejes, 3 del acelerómetro (ax,ay,az), 3 del giroscopio (gx, gy,gz) y 3 del magnetómetro (mx,my,mz), datos raw.

Setup()

Se inicializa la comunicacion I2C con el dispositivo analogico mpu 9250.
Luego pasa por inicializar el motor poniendo el pin y ángulos mínimo y máximos.
Se define los pines de entrada y salida al arduino.
Y finalmente se inicializa el mpu 9250.

loop()

Único proceso donde se recibe los datos enviados por el bluetooth, y se procesa la entrada que será un char que se guardará en una variable *estado*, donde controlará a través en un switch para cada estado su acción correspondiente

Acción	Estado
ADELANTE	W
REVERSA	S
PARAR	P
DOBLAR HACIA LA DERECHA	D
DOBLAR HACIA LA IZQUIERDA	I
ENDEREZAR	X
APAGAR	O
ENCENDER	F
MAX VELOCIDAD	J
ENCENDER LED DELANTERO	L
APAGAR LED DELANTERO	K

Luego se verifica que no hay obstáculos, si se está moviendo hacia delante verifica que no haya algún obstáculo enfrente, y si está en reversa verifica que no hay obstaculos detras.

Aplicación Android

Actividades

En la aplicación utilizamos un solo activity (MainActivity.class) con su layout asociado (activity_main.xml). En el cual nos conectamos a través de bluetooth al HC-05, manejamos el auto utilizando el acelerómetro y dibujamos las coordenadas (x,y) que obtenidas a partir del procesamiento de los datos obtenidos por el acelerómetro.

Bluetooth

Para poder utilizar el bluetooth declaramos los respectivos permisos en el AndroidManifest:
“android.permission.BLUETOOTH”
"android.permission.BLUETOOTH_ADMIN" Es necesaria para que la app inicie la detección de dispositivos y controle los ajustes de Bluetooth.
"android.permission.ACCESS_COARSE_LOCATION"
"android.permission.ACCESS_FINE_LOCATION"
"android.permission.BLUETOOTH_PRIVILEGED"

Se importan las siguientes bibliotecas en el main activity
android.bluetooth.BluetoothAdapter;
android.bluetooth.BluetoothDevice;

BluetoothAdapter representa el adaptador local de Bluetooth.
BluetoothDevice representa un dispositivo bluetooth remoto.

Sensores

Para poder utilizar los sensores tuvimos que implementar en el main activity la interfaz *SensorEventListener* para el registro de cambios en el sensor.

Esta interfaz nos obliga a implementar 2 métodos:

onSensorChange() a cual nos permite implementar las acciones a realizar cuando un sensor registra un cambio.

onAccurancyChange() en la cual se implementan las acciones a realizar cuando se cambia la precisión de un sensor. En nuestro caso no lo utilizamos ya que no era de utilidad.

Para poder utilizar cada sensor tuvimos que implementar la clase SensorManager
sensorManager = (SensorManager) getSystemService(***SENSOR_SERVICE***);

y así instanciar cada sensor…

Sensor de proximidad

sensorAproximidad = **sensorManager**.getDefaultSensor(Sensor.***TYPE_PROXIMITY***);

Se utilizó este sensor para cuando detecte una proximidad en el celular menos a 5 cm, se frene el vehículo por completo.

Acelerómetro

acelerometro = **sensorManager**.getDefaultSensor(Sensor.***TYPE_ACCELEROMETER***);

Se utilizó el acelerómetro

Sensor Luminosidad

sensorLuminosidad = **sensorManager**.getDefaultSensor(Sensor.***TYPE_LIGHT***);

Al utilizar esta interfaz y clase el Android Studio nos importa las siguientes bibliotecas

android.hardware.Sensor;

android.hardware.SensorEvent;

android.hardware.SensorEventListener;

android.hardware.SensorManager;

Servicio de conexión Bluetooth

Con la clase BluetoothConnectionService creamos el servicio de bluetooth que corre en background. Importamos las siguientes clases

android.bluetooth.BluetoothAdapter;

android.bluetooth.BluetoothDevice;

android.bluetooth.BluetoothServerSocket;

android.bluetooth.BluetoothSocket;

BluetoothSocket representa la interfaz de un socket de Bluetooth. Este es el punto de conexión que permite que una aplicación intercambie datos con otro dispositivo Bluetooth a través de InputStream y OutputStream.

BluetoothServerSocket representa un socket de servidor abierto que recibe solicitudes entrantes. A fin de conectar dos dispositivos Android, un dispositivo debe abrir un socket de servidor con esta clase. Cuando un dispositivo Bluetooth remoto realice una solicitud de conexión a este dispositivo, el BluetoothServerSocket mostrará un BluetoothSocket conectado una vez que la conexión se acepte.

Dentro de esta clase BluetoothConnectionServer tenemos tres clases que se encargan de establecer la conexión con el HC-05 o con algún otro dispositivo. Estas clases son

AcceptThread, ConnectThread y ConnectedThread, las cuales extienden de la clase Thread.

AcceptThread va a estar corriendo escuchando conexiones entrantes, corre hasta que una conexión es aceptada. El HC-05 está diseñado para estar parado acá, en el acceptThread, esperando que algún dispositivo se quiera conectar. En este caso nuestro celular.

Los dos dispositivos van a estar con el acceptThread corriendo, hasta que el connectThread de alguno de ellos arranque, en este caso nuestro cel, y agarre el socket y se conecte a él.

Este thread se ejecuta al intentar realizar una conexión de salida con el otro dispositivo. Funciona hasta que la conexión tiene éxito o falla

El ConnectedThread que es el responsable de mantener la conexión Bluetooth, enviando data y recibiendo informacion entrante a través de los input/output streams respectivamente.

Clase Lienzo y dibujo con Canvas

La clase Lienzo es una clase que extiende de view, dicha view es utilizada en activity_main.xml para poder graficar en ella media el método “dibujar” declarado en la clase. El cual grafica un punto en base a las coordenadas obtenidas por el acelerómetro del arduino.

```
public void dibujar(float x, float y){
    drawCanvas.drawPoint(x,y,drawPaint);
    invalidate();
}
```

El método invalidate nos permite pintar el lienzo, e ir “refrescando” cada vez que recibe una nueva coordenada

En dicha clase se implementaron las siguientes librerías que hacen posible la utilización de clases y métodos para dibujar.

```
android.graphics.Bitmap;
android.graphics.Canvas;
android.graphics.Paint;
```

Con el método setupDrawing() configuramos el área sobre la que pintar y el pincel, en nuestro caso drawpaint, como el color del mismo y el grosor del trazo por ejemplo.

DeviceListAdapter

La clase DeviceListAdapter, es un Adapter. Un objeto Adaptador actúa como puente entre un AdapterView (en nuestro caso, device_adapter_view.xml) y los datos de una Vista (en nuestro caso la ListView de los dispositivos Bluetooth). El adaptador permite el acceso a los elementos de datos, éste también es responsable de crear una vista para cada elemento en la colección de datos.

Para poder trabajar con los Adapter que veremos en esta entrega, tenemos que realizar los siguientes pasos:

1. Definir el estilo de nuestra lista a través de un layout (XML), en nuestro caso device_adapter_view.xml
2. Crear una clase (Adapter) que extienda de ArrayAdapter<?>, en donde ? puede ser un objeto o un tipo de dato. En nuestro caso BluetoothDevice que son los dispositivos remotos que se van detectando.
3. Agregar un Tag o elemento GridView o ListView(como en nuestro caso) según sea el caso al layout de la actividad en la cual deseamos incluir el listado; si deseamos que nuestro listado tenga forma de lista: Debemos utilizar ListView; si deseamos que nuestro listado sean cuadrículas: Debemos utilizar GridView.
4. Invocar al Adapter desde una Activity.

6. Funcionamiento

Sistema embebido

El sistema embebido debe responder a las órdenes enviadas desde la aplicación Android (avance, detención, retroceso, giro) al mismo tiempo que le envía a la misma los datos como:

· Datos sobre su desplazamiento en forma de valores de x e y.

· Presencia de obstáculo delante o detrás del vehículo.

Aplicación android

La aplicación es la encargada de establecer la conexión entre el dispositivo Android y el sistema embebido vía Bluetooth, debiendo seleccionar a éste último de entre los dispositivos que aparezcan dentro del alcance.

Al momento de establecerse la conexión, la aplicación comienza a recibir la información referente al desplazamiento del vehículo y, a medida que éste se desplaza, grafica la trayectoria recorrida por el mismo tomando como referencia la posición en la que se produjo la conexión como punto inicial.

Sumado a ésto, desde la aplicación se le envían las órdenes correspondientes al encendido del vehículo, avance, retroceso, giro o detención utilizando la inclinación del dispositivo (mediante la implementación del acelerómetro del mismo).

Como función adicional, la aplicación detecta la disminución de la luz ambiente mediante el sensor lumínico del dispositivo (si es que éste dispone de uno) y, llegado a cierto nivel de luz, procede a enviar la orden al vehículo de que encienda las luces delanteras.

7. Problemáticas

Diseño

En un principio tomamos el diseño de prototipos tales como el Charly F1 1.2 para la carcasa y el giro pero encontramos la dificultad de no poder centrar las ruedas de direccionamiento. Posteriormente nos basamos en el Auto RC y creamos la estructura, pero luego al tener que utilizar la protoboard y no poder diseñar un circuito o shield para la arduino uno, lo descartamos.

Por último nos basamos para la entrega en el prototipo del Auto RC con conexión Bluetooth y la mecánica del giro de las ruedas en el Auto F1

Mecánicos

Dirección

El sistema de dirección fue parte de la problemática del Diseño en todo momento dado que posteriormente solo con un giro suave podríamos obtener información precisa del giróscopo del IMU. Para ello nos basamos en el Auto F1. Utilizamos el Servo para centrar las ruedas y girarlas y el método descrito en la referencia para trasladar el movimiento del Servo a las ruedas.

Traslación

Para la traslación utilizamos un motor CC de lectora de CD con su reductora. Dado el tamaño de la misma optamos por utilizar la reductora que incorpora el Auto a Friccion con un diseño de polea para transmitirle el giro del mismo

Electrónicos

Alimentación a componentes sensibles

Dada la necesidad de alimentación de los sensores, la arduino uno y los leds se utilizó un regulador 7805 para que los 5V de alimentación a menos de 1 amperio sea estable.

Alimentación Autónoma

Para la alimentación autónoma tomamos la decisión de usar baterías de litio de celular, específicamente dos EB-L1G6LLU dado que ofrecen en serie 2100mA a 7.4V y en paralelo 4200mA a 3.7V.

Alimentación al Sistema General

Para cargar cada batería de litio utilizamos un TP4056 y un circuito serie- paralelo con un switch que nos permite desconectar los componentes sensibles, los motores para cargar individualmente o en conjunto ambas baterías y también nos permite desconectar los TP4056 para alimentar en serie con ambas baterías todos los componentes

Alimentación a los motores

Para la alimentación de los motores utilizamos un Puente H conectado directamente a la alimentación de las baterías que nos permite utilizar su máxima potencia (≈ 8.4V, ≈2A) y administrar la misma desde la arduino con pines PWM

Tabla de Consumos

La siguiente tabla representa los consumos estimados de todos los componentes bajo las peores condiciones (máximo consumo de motores y máximo procesamiento del ATmega328P)

Cant.	Componente	Voltaje	Amperaje	Potencia	Total
1	Arduino UNO	5V	46mA	0.23W	0.23W
1	Bluetooth HC-05	5V	50mA	0,25W	0,25W
1	Puente H L293D	5V	30mA	0,15W	0,15W
1	Motor CC	6V	600mA	3,6W	3,6W
1	Servo SG90	5V	650mA	3,25W	3,25W
1	MPU	3.3V	4mA	0,013W	0,013W
2	Ultrasonido HCSR04	5V	15mA	0,075W	0,15W
6	Led	3V	20mA	0,06W	0,36W
Total					7,77W
2	Batería EB-L1G6LLU	3,7	2100mA	7,77	15,54W
Margen de consumo en el peor caso					7,77W

Físicos

Determinar aceleración lineal con sensor

Para determinar la aceleración lineal del auto utilizamos un MPU 6050 y posteriormente el MPU 9250 dado que incorpora un acelerómetro para tal fin.

Los problemas que hemos tenido aquí son que las mediciones del acelerómetro tiene ruido y errores de todo tipo, estas reducen la precisión de los resultados. Algunos son producto de

las condiciones ambientales (como la temperatura, campos magnéticos, etc.) mientras que otros se deben al muestreo y procesado de la señal.

Determinar Giro con sensor

Para determinar el giro del auto se utilizó la información del giróscopo incorporado en el MPU 6050 y posteriormente el MPU 9250.

A diferencia del acelerómetro, da las medidas con mucha precisión. Pero al realizar los cálculos del ángulo es inevitable que se produzca un pequeño error, que con el tiempo va acomulandose hasta que se defasa el angulo. Este error es el denominado drift.

Error de la inclinación

La orientación afecta a la salida del acelerómetro y consecuentemente a la estimación de la posición basadas en esos datos.

Determinar Coordenadas relativas

Para la determinación de las coordenadas relativas investigamos sobre los métodos de integración numérica y recomendamos con datos viables la utilización del método de trapecios sobre simpson según la Tesis del cuadricóptero y la Tesis sobre Localización peatonal

Filtrar información de los sensores

Cuando se estableció el proyecto, nos indicaron el requisito de representar en el dispositivo móvil la posición relativa del auto. Cuando establecimos los objetivos empezamos a priorizar las tareas más complejas intentamos determinar con exactitud la aceleración lineal del auto que integrada dos veces nos ofrecería la posición relativa.

Para ello utilizamos la información del sensor MPU 6050 y comenzamos a investigar cómo funciona el mismo. La información RAW que ofrece el MPU 6050 y el MPU 9250 por defecto en el acelerómetro tiene varios factores de error. Estos son el ruido que se elimina utilizando el filtro de Kalman, factores de corrección de la gravedad que se solucionan calibrando y compensando en tiempo real la información del sensor, mezclando su información con la del giróscopo según las Tesis del cuadricóptero, la Tesis sobre Localización peatonal y la Tesis de análisis ergonométrico de riesgo laboral

Según la experiencia de estudio desarrollada durante las etapas del proyecto del área de detección de movimiento usando sensores inerciales es recomendable la utilización de filtro especial de carácter estadístico , llamado filtro de Kalman o filtro de Kalman Extendido, lamentablemente el uso del filtro comprende uso de matemática de alto nivel lo que hubiese demandado mucho tiempo de aprendizaje y desarrollo, algo complicado dadas las diferentes ramas de este proyecto y el tiempo limitado para su realización.

No se pudo obtener correctamente los datos de la posición en el sistema embebido y, debido a ésto, no es posible dibujar la trayectoria recorrida por el vehículo en la aplicación.

Matemático

Al intentar a realizar la doble integral de forma numérica nos surgió el inconveniente de que método usar. Por trapezoide o por Simpson.

La forma trapezoidal proporciona más errores que Simpson. Pero Simpson el número de puntos N tiene que ser impar para la regla de Simpson, lo cual es un claro inconveniente con datos de muestreo.

Por eso se aconseja utilizar trapezoidal una vez obtenido los datos filtrado de la aceleración.

Procesamiento

La complejidad de los cálculos matemáticos, de los filtros para mejorar la precisión de los datos y de las integrales en tiempo real para obtener la posición implican una capacidad de procesamiento superior a la que posee ATmega328P (16Mhz) una solución posible sería utilizar un procesador Cortex ARM que apoye estos cálculos según la librería de Kris Winner.

8. BIBLIOGRAFÍA

Bibliografía que se utilizó para la construcción de la Aplicación Android

Sitio Android developer, sección de Bluetooth
https://developer.android.com/guide/topics/connectivity/bluetooth.html?hl=es-419

Tutorial para habilitar y deshabilitar Bluetooth
https://www.youtube.com/watch?v=y8R2C86BIUc

Tutorial para habilitar descubribilidad del dispositivo
https://www.youtube.com/watch?v=QVD_8PrvG4Q&t=2s

Tutorial para buscar dispositivos
https://www.youtube.com/watch?v=hv_-tX1VwXE

Tutorial sobre cómo emparejar los dispositivos
https://www.youtube.com/watch?v=YJ0JQXcNNTA&t=10s

Tutorial para enviar y recibir datos a través de bluetooth
https://www.youtube.com/watch?v=Fz_GT7VGGaQ&t=3s

Tutorial que usamos para aprender a dibujar en canvas
https://www.youtube.com/watch?v=hPYy5fidpqs

Tutorial con el que aprendimos el manejo de sensores
https://www.youtube.com/watch?v=-yDx9Bjs970

Bibliografía que se utilizó para el arduino

Datasheet Arduino Uno
https://www.farnell.com/datasheets/1682209.pdf

Datasheet Microcontrolador ATMega 328P
http://www.atmel.com/Images/Atmel-42735-8-bit-AVR-Microcontroller-ATmega328-328P_Datasheet.pdf

Datasheet Regulador 7805
https://www.sparkfun.com/datasheets/Components/LM7805.pdf

Datasheet Sensor Ultrasonico HC-SR04
http://www.micropik.com/PDF/HCSR04.pdf
https://docs.google.com/document/d/1Y-yZnNhMYy7rwhAgyL_pfa39RsB-x2qR4vP8saG73rE/edit

Datasheet Modulo Bluetooth HC-05
http://www.electronicaestudio.com/docs/istd016A.pdf
http://www.electronicoscaldas.com/modulos-rf/452-modulo-bluetooth-hc-05.html

Datasheet Sensor MPU 6050
https://www.invensense.com/wp-content/uploads/2015/02/MPU-6000-Datasheet1.pdf

Datasheet Sensor MPU 9250
https://www.invensense.com/wp-content/uploads/2015/02/PS-MPU-9250A-01-v1.1.pdf

Datasheet Servo SG90
http://www.micropik.com/PDF/SG90Servo.pdf
https://www.minitronica.com/producto/tower-pro-sg90/

Datasheet Puente H L293D
http://www.ti.com/lit/ds/symlink/l293.pdf

Datasheet TP4056
https://dlnmh9ip6v2uc.cloudfront.net/datasheets/Prototyping/TP4056.pdf

Prototipo Auto RC con conexión Bluetooth
http://www.instructables.com/id/Arduino-Bluetooth-RC-Car-Android-Controlled/

Prototipo Charly F1 1.2
https://www.youtube.com/watch?v=2V7IKw5eCoU

Prototipo Auto RC para basarnos en dirección y tracción
https://www.youtube.com/watch?v=PHdtGIrSu4o

Prototipo de Sistema de Dirección para Auto F1
https://www.youtube.com/watch?v=mTw6DAnpZ9k

Calcular desplazamiento usando acelerometro y giroscopio (MPU6050)
https://stackoverflow.com/questions/26476467/calculating-displacement-using-accelerometer-and-gyroscope-mpu6050

Formas simples para calibrar magnetometro po Kriss Winner
https://github.com/kriswiner/MPU6050/wiki/Simple-and-Effective-Magnetometer-Calibration

Utilizando Datos Serie del IMU CurieIMU para Arduino/Genuino 101
https://www.arduino.cc/en/Tutorial/Genuino101CurieIMURawImuDataSerial

Explicación del Método del Filtro de Kalman
http://www.convict.lu/htm/rob/imperfect_data_in_a_noisy_world.htm
http://www.bccr.fi.cr/investigacioneseconomicas/metodoscuantitativos/Filtro_de_Kalman.pdf

Clases que explican el funcionamiento del Filtro de Kalman
https://www.youtube.com/watch?v=-7fsC2fCw-8

Explicacion simple del Filtro de Kalman
http://www.bzarg.com/p/how-a-kalman-filter-works-in-pictures/

Filtro de Kalman extendido
http://bionanouni.wdfiles.com/local--files/teaching-mt227-horario-2009ii/Clase13-01.pdf

Filtro de Kalman aproximado unidimensional
https://github.com/bachagas/Kalman

Ejemplo Filtro de Kalman
http://iaci.unq.edu.ar/materias/control2/web/tp/Kalman.pdf

Filtro de Kalman en Java para procesar desde el celular
https://imagej.nih.gov/ij/plugins/download/Kalman_Filter.java

Métodos de Integración y Derivación Numérica

http://forum.arduino.cc/index.php?topic=278844.0
https://previa.uclm.es/profesorado/evieira/asignatura/meccomp/book/sistemas/integracion/integracion.pdf

Método de Simpson en C
https://elrincondelc.com/foros/viewtopic.php?t=17731
http://www.dailyfreecode.com/code/simpsons-13-rule-2390.aspx

Determinar la orientación con arduino y el IMU MPU-6050
https://www.luisllamas.es/arduino-orientacion-imu-mpu-6050/

HC-SR04 Arduino – Tutorial Con Código Incluido
http://www.educachip.com/hc-sr04-arduino-tutorial/

Librería de Jeff Rowberg para MPU 6050
https://github.com/jrowberg/i2cdevlib/tree/master/Arduino/MPU6050

Librería de Kris Winer para MPU 9250
https://github.com/kriswiner/MPU9250

Explicación Sensores Acelerómetro Giróscopo
http://www.prometec.net/imu-mpu6050/

Manejo de potencia para motores con el integrado L293D
http://robots-argentina.com.ar/MotorCC_L293D.htm

Tesis sobre Localización peatonal para ambientes y la problemática de los mismos
https://www.cl.cam.ac.uk/research/dtg/www/files/publications/public/abr28/ojw28_thesis.pdf

Condensador Motor CC
http://smf.edaboard.com/topic-11084301.0.html

Crear Reductora con Motor CC
https://www.youtube.com/watch?v=xKupqDPYvtY&t=73s

Usar arduino con los IMU de 9dof MPU-9150 y MPU-9250
https://www.luisllamas.es/usar-arduino-con-los-imu-de-9dof-mpu-9150-y-mpu-9250/

Exposicion de defectos y correccion de los mismos
https://www.youtube.com/watch?v=C7JQ7Rpwn2k

Tesis sobre Implementación de un dron cuadricóptero con Arduino
http://academica-e.unavarra.es/bitstream/handle/2454/19208/TFG%20Jose%20Etxeberria.de

Análisis ergonométrico de riesgo laboral
http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/7508/1/UPS-CT004422.pdf

Librería para MPU 9250 de Kris Winner
https://github.com/kriswiner/MPU9250