

DESENVOLVIMENTO DE VEÍCULO AUTÔNOMO, UTILIZANDO SENSORES DE DISTÂNCIA E DESLOCAMENTO PARA NAVEGAÇÃO INDOOR E OUTDOOR

Guilherme Lima Franco (IC) e Laércio Alves Nogueira (Orientador)

Apoio: PIBIC CNPq

RESUMO

O desenvolvimento tecnológico muda constantemente com o passar do tempo, porém nada se compara com os dias atuais, em que se pensa em veículos autônomos, e a diferença que podem fazer em nossa vida como salvar vidas, entregas mais rápidas, podendo mudar completamente a rotina das pessoas. Com isso, o objetivo do artigo é desenvolver um veículo autônomo, no qual, tenha sensores a laser para calcular a distância, em que foi utilizado uma trena a laser conectada a um Arduino, utilize um acelerômetro para calcular o deslocamento, uma câmera para identificação de obstáculos, com o auxílio de um Lidar. Desta maneira, a trena a laser demonstrou grande precisão em suas medidas, porém, seu tempo de resposta é instável. O sensor ultrassônico demonstrou que somente em curtas distâncias sua eficiência é garantida, assim servindo em um veículo autônomo para auxiliar no estacionamento do veículo. O acelerômetro demonstrou não ter confiabilidade necessária para ser utilizado como sensor de deslocamento. Por limitações financeiras não foi possível obter um Lidar, o processamento de imagem feito pelo Darkflow, foi capaz de classificar alguns objetos o utilizando. O FPGA pela sua grande complexidade não é uma forma viável no momento para ser utilizado, contudo foi desenvolvido um veículo autônomo para locomoção indoor, utilizando um Raspberry Pi e uma Pi câmera.

Palavras-chave: Veículo Autônomo; Sensores; Rede Neural Artificial.

ABSTRACT

Technological development changes constantly with the passage of time, but nothing compares with the present day, when you think of autonomous vehicles, and the difference they can make in our lives as saving lives, faster deliveries, and can completely change the routine of people. The purpose of the article is to develop a stand-alone vehicle in which it has laser sensors to calculate the distance, using a laser system connected to an Arduino, using an accelerometer to calculate the displacement, a camera for obstacles identification with the aid of a Lidar. In this way, the laser tape has shown great accuracy in its measurements, however, its response time is unstable. The ultrasonic sensor showed that only in short distances its efficiency is guaranteed, thus serving in an autonomous vehicle to aid in the parking of the vehicle. The accelerometer showed no reliability needed to be used as a displacement sensor. Due to financial limitations it was not possible to obtain a Lidar, the image processing done by Darkflow, was able to classify some objects using it. The FPGA because of its great complexity is not a viable form at the moment to be used, however an autonomous vehicle was developed for indoor locomotion, using a Raspberry Pi and a Pi camera.

Keywords: Autonomous vehicle; Sensors; Artificial Neural Network.

1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento tecnológico muda constantemente com o passar do tempo, porém nada se compara com os dias atuais, em que se pensa em veículos autônomos, e a diferença que podem fazer em nossa vida como salvar vidas, entregas mais rápidas, podendo mudar completamente a rotina das pessoas. Com isso, o objetivo do artigo é desenvolver um veículo autônomo.

1.1 Justificativa

O veículo autônomo é uma das inovações do momento, em que pesquisas são realizadas em diferentes partes do mundo com o objetivo de substituir motoristas no transporte de produtos e no transporte de pessoas (Ozguner et al., 2007; Gonçalves, 2011). Por isso, trazendo essa realidade para o Brasil com veículos para transportes de produtos conseguiria reduzir o número de vítimas, por exemplo, segundo o Sistema de Informações Gerenciais de Acidentes de Trânsito do Estado de São Paulo só na cidade de São Paulo em 2017 foram 6303 casos de acidentes no trânsito de motociclistas (INFOSIGA, 2018).

1.2 Problema de pesquisa

Qual a melhor escolha dos sensores entre os vários no mercado que utilizam diversas tecnologias diferentes para a navegação do veículo autônomo indoor e outdoor?

1.3 Objetivo

O projeto tem como o objetivo desenvolver um veículo autônomo com câmeras para identificação de obstáculos, com o auxílio de um Lidar, sensores a laser para cálculo de distância e sensor de deslocamento, através processos por Arduino e 2 placas FPGA, sendo uma para tomada de decisões como uma rede neural, e o processamento da câmera por outra FPGA, para substituir os veículos motorizados, em entregas assim reduzir o número de acidentes.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Veículo autônomo

Carro robótico ou veículo autônomo são nomes dados a um tipo de veículo de transporte, de passageiros ou bens, dotado de um sistema de controle computacional que integra um conjunto de sensores e atuadores com a função de, a partir de um objetivo inicial (local para onde ir) estabelecida pelo usuário, navegar de forma autônoma e segura sobre a

superfície terrestre (Ozguner et al., 2007; Gonçalves, 2011). O veículo autônomo com vários sensores consiste em um veículo que busca trazer mais segurança para os passageiros, pelo grande tempo de reação da máquina (milissegundos) em comparação com humano (1,3 segundos), como também mais velocidade, já que não tem alterações de humor e cansaço, sendo capaz de viajar enquanto tiver combustível (Sousa et al., 2013).

Arduino

Arduino é um sistema de controle responsável por receber, processar e analisar os dados recebidos pelos sensores, em que utiliza um micro controlador da família Atmel. Dessa forma, Arduino uma ferramenta “open source” que vem sendo muito utilizado no meio acadêmico para a realização e desenvolvimento de diferentes projetos (Gaier, 2011).

Sensor Ultrassom

O sensor ultrassônico ou sensor ultrassom é um dispositivo que seu funcionamento está baseado na emissão de uma onda sonora de alta frequência, e na medição do tempo levado para a recepção do eco produzido quando esta onda se choca com um objeto capaz de refletir o som, quando um objeto reflete estes pulsos, o eco resultante é recebido e convertido em um sinal elétrico, conforme na Figura 1 representa o funcionamento do sensor (JUNIOR et al., 2011).

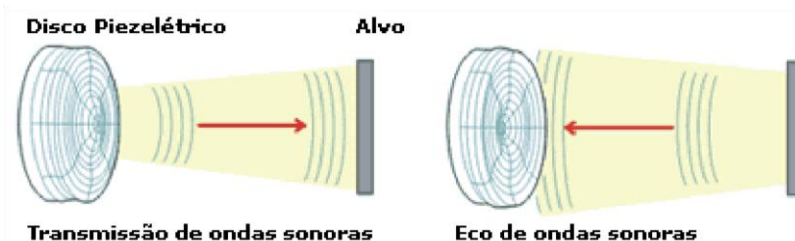


Figura 1 - Funcionamento de um sensor ultrassônico (AUTOMATIZESENSORES, 2008)

$$D = (V * T)/2 \quad (1)$$

Na expressão 1, o cálculo da distância entre o dispositivo (sensor) e um determinado obstáculo é utilizada a Equação da Velocidade Média em D é distância, T o tempo e V a velocidade do som (340,29 m/s) (Educação Uol, 2007).

Sensor de Medição Inercial unitário (IMU)

Um acelerômetro é um instrumento capaz de medir a aceleração sobre objetos. Ao invés de posicionar diversos dinamômetros (instrumentos para medir a força) em lugares

diferentes do objeto, um único acelerômetro é capaz de calcular qualquer aceleração exercida sobre ele (STARLINO, 2013).

$$\int a(t) dt = v(t) \quad \text{e} \quad \int \int a(t) dt = s(t) \quad (2)$$

Na expressão 2, em que “a” é a aceleração “d” é a distância e “v” é a velocidade e “s” é o deslocamento.

Laser

O sensor a LASER (LASER: Light Amplification by Stimulated Emission of Radiance) é um dispositivo que emite feixe de ondas em direção aos objetos. Ao atingir a superfície dos objetos, este feixe é refletido e um eco retorna ao sistema, que faz o papel de emissor e sensor da energia. Decorrido entre a emissão e a captação do eco. A partir da intensidade do sinal de retorno é possível derivar informações a respeito da natureza da superfície do objeto, mas o dado mais relevante é o tempo decorrido entre a emissão e o registro do eco, pois a partir dele é possível obter informações como a distância entre o sensor e o objeto pode ser calculada. Assim como a fórmula da distância pelo sensor ultrassom o LASER usa mesma fórmula, porém a velocidade é a da luz (299.792.458 m/s) (CENTENO, 2001).

LIDAR

O lidar (Light Detection and Ranging, termo definido por analogia com o radar) é um sistema ativo que emite feixes e detecta um eco. O Lidar, ou altimetria a laser é um sistema remoto ativo que utiliza o laser (LEFSKY, 2002) destacam a importância dessa tecnologia de sensoriamento remoto para análises espaciais ao universo tridimensional (PIRES, 2005).

FPGA

Field-Programmable Gate Arrays (FPGAs) são dispositivos lógicos programáveis capazes de serem configurados para reproduzir o comportamento de um hardware, ou seja, sendo capaz de ser configurado como desejar e capaz de ser desenvolvido para processar de melhor forma possível aplicação desejada. Estes dispositivos são formados por blocos lógicos programáveis. Estes recursos permitem a criação de circuitos lógicos em FPGA, sendo limitados pela área e a memória disponível. O uso de FPGAs visa obter o desempenho de aplicações em dispositivos dedicados (ASIC) com a flexibilidade de aplicações em software (Gomes, 2009).

Sua flexibilidade é dada pela configuração através de uma programação de hardware escrita em VHDL ou Verilog. Essas linguagens permitem a programação do comportamento de um circuito lógico e facilita a criação de novas aplicações em hardware (Gomes,2009).

Processamento de imagem

O Processamento Digital de Imagens (PDI) envolve um conjunto de tarefas. Inicia se com a captura de uma imagem, a qual, realizada através de um sistema de aquisição. Após a captura passa por um processo de digitalização, uma imagem precisa ser representada de forma apropriada em duas ou mais dimensões. O primeiro passo efetivo de processamento é a filtragem de ruídos introduzidos pelos sensores e a correção de distorções geométricas causadas pelo sensor. Uma cadeia maior de processos é necessária para a análise e identificação de objetos (Queiroz et al,2001).

Primeiramente, características ou atributos das imagens precisam ser extraídos, tais como as bordas, texturas, vizinhanças e o movimento. Em seguida, objetos precisam ser separados do plano de fundo (background), o que significa que é necessário identificar, através de um processo de segmentação, características constantes e descontinuidades. Portanto, é necessárias técnicas mais sofisticadas como regularização e modelagem. Essas técnicas usam várias estratégias de otimização para minimizar o desvio entre os dados de imagem e um modelo que incorpora conhecimento sobre os objetos da imagem. A partir da forma geométrica dos objetos, resultante da segmentação, pode-se utilizar operadores morfológicos para analisar e modificar essa forma bem como extrair informações adicionais do objeto, as quais podem ser úteis na sua classificação. A classificação é considerada como uma das tarefas de mais alto nível e tem como objetivo reconhecer, verificar ou inferir a identidade dos objetos a partir das características e representações obtidas pelas etapas anteriores do processamento (Queiroz et al,2001).

ORB-SLAM

O ORB-SLAM é uma solução SLAM versátil e precisa para câmeras Monoculares, Estéreo e RGB-D. Sendo capaz de calcular em tempo real o espaço filmado da câmera, reconstruindo em 3D a cena, de forma que analise pontos de mais importância na imagem, para que possam ser usados mais tarde (Mur-Artal et al ,2016).

Rede Neural Artificial

Redes Neurais Artificiais (RNA) é um tipo de Machine Learning que procura imitar a maneira como nossos cérebros funcionam como a ideia de neurônios interconectados, em que entram diversos valores que são processados em uma segunda etapa conhecida como “layers” em que na figura 2 abaixo, é representada como o segmento intermediário

chamado “Hidden” em que envolve os diversos valores de entrada com pesos diferente para serem processados utilizando matemática avançada para obter uma ou mais saída, dessa forma utiliza se a biblioteca Tensorflow para a realização dos cálculos necessários. (SANTIAGO et al, 2017).

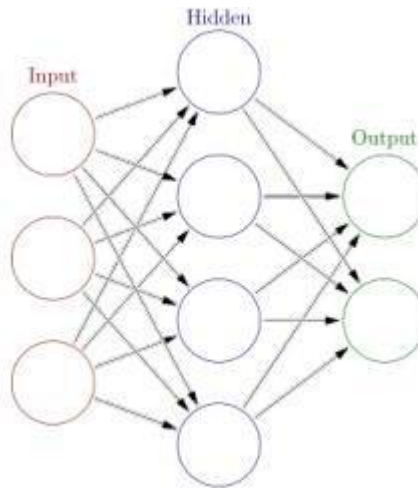


Figura 2 - A estrutura Geral da Rede Neural Artificial (ANDERSSON SANTIAGO et al, 2017).

Tensorflow

O TensorFlow é uma biblioteca de código aberto para computação numérica e aprendizado de Machine Learning, que consiste em diversas funções de matemática avançada para realização de cálculos para utilização em diversas áreas, na qual é disponibilizada pelo Google, principalmente utilizado em Python (Araújo et al,2017).

Movidius

O Movidius™ Neural Compute Stick, o primeiro kit de aprendizado de inteligência artificial (AI) do mundo baseado na tecnologia USB, que fornece capacidades dedicadas de processamento de rede neural para uma ampla gama de dispositivos (Intel Newsroom, 2017).

Raspberry Pi

O Raspberry Pi assim como arduino é uma plataforma capaz de ser programada para realização de projetos, porem, em comparação com o Arduino é mais potente sendo considerado um computador de pequeno porte, capaz de instalar um sistema operacional chamado Raspbian (ROSCOE et al ,2017)..

Donkey Car

Donkey Car é um veículo autônomo simples para treinar uma rede neural artificial que se utiliza Python. Foi desenvolvido com foco na facilidade de fazer experimentos com veículo

autônomos, em que funciona com uma raspberry pi, uma câmera e um drive de motor para comandar o sistema de deslocamento do veículo (ROSCOE et al ,2017).

3. METODOLOGIA

Lista de materiais utilizados:

Arduino UNO
Sensor ultrassom HC-SR04
Sensor IMU MPU6050
Kit FPGA EE03
Câmera VGA ov7670
Shield Arducam v2
Cartão de memória 8GB
Trena laser UNI-T UT390B
Jumpers
Vortex Wltoys A959
Raspberry Pi 3
Pi câmera
Modulo PWM Pca9685
ESC BDESC-S10E-RTR
Bateria ANKER 6700 mAh
Ferramentas diversas (alicate, chave de fenda, chave Philips, ferro de soldar etc....)

Tabela 1 – tabela dos materiais utilizados no projeto.

O desenvolvimento do veículo autônomo foi dividido em algumas partes, o uso de sensores para aquisição de dados como o ultrassom, o IMU e o laser. A segunda parte é a do processamento de imagem recebida por uma câmera, para ser processada através do FPGA. Por fim, a terceira parte é a da rede neural para a tomada das decisões usando outro FPGA.

Para a Utilização dos sensores foi necessário o seu entendimento de suas limitações, para assim realiza de alguns testes nos sensores:

O sensor ultrassom utilizado foi o HC-SR04, tem uma distância máxima de detecção de 5 metros, segundo o manual. Por isso, realizou se alguns testes com distancias de até 500 cm. Sendo que a distância calculada pela fórmula 1, de 50 cm em 50 cm (Iteadstudio,2010).

Sensor de Medição Inercial unitário (IMU)

O sensor IMU utilizado foi o MPU6050, tem acelerômetros nos 3 eixos, o cálculo do deslocamento se encontra como mostra na fórmula 2 em que é necessária a dupla integração. Por isso, foi necessária uma biblioteca de Integral, realizou se alguns testes de movimento em cada um dos 3 eixos (x,y,z), e com eles em conjunto para saber o desempenho do sensor.

Sensor a laser

Pelo alto custo de um sensor a laser, foi utilizado uma trena a laser UNI-T UT390B, como sensor a laser através de um método de engenharia reversa em que se solda jumpers nos conectores conforme a imagem 1 a seguir, e os conecta no Arduino conforme mostra na imagem 2. Com isso, fica possível receber os dados da trena a laser para o Arduino, utilizando uma biblioteca específica para a trena, consegue descriptografar os dados e converte em números do conjunto dos Reais para que possa ser utilizado (FULLER,2016).



Imagem 1 – Trena laser UNI-T UT390B parte traseira local onde coloca as pilhas, pinos correspondentes descoberto na engenharia reversa, da esquerda para direita GND terra, RX e TX são pinos para comunicação serial entre a trena e o arduino, 2,7v alimentação da trena (FULLER,2016).

Connecting to an Arduino

Be aware, that the UT390B runs at 2.7V. A 5V Arduino or even a 3.3V would fry it when connected directly. This is how I connected mine to a 5V Arduino:

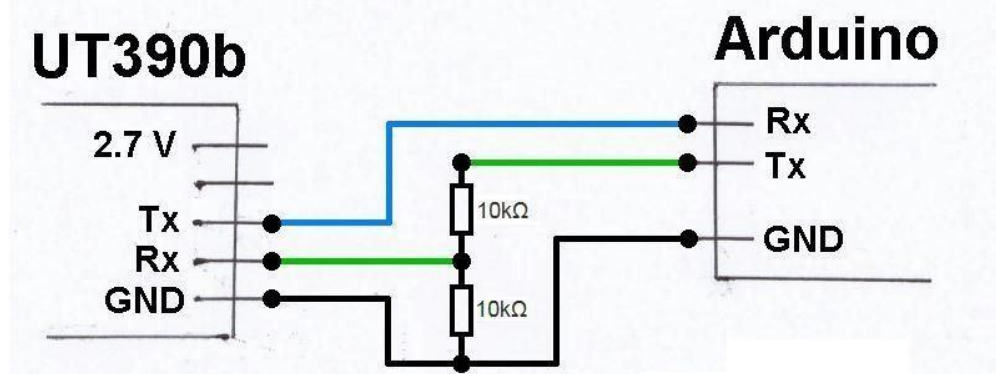


Imagem 2 – forma conexão da trena a laser UNI-T UT390B ao Arduino (FULLER,2016).

Processamento de Imagem

O processamento de imagem começa do momento que a foto foi tirada do Módulo da câmera VGA OV7670. Por isso, começou com testes da câmera com o arduino, usando o modulo arducam V2 em que é capaz de armazenar a imagem em um cartão de memória como a câmera com baixa resolução de até 640 x 480 Pixels, em preto e branco, para que o processamento tenha a menor quantidade dos dados possíveis para serem analisados, assim utilizando em seguida as imagens salvas para identificação de objetos com o Darkflow que consiste em uma biblioteca para Python para processamento de imagem.

A Rede Neural Artificial

O uso da Rede Neural Artificial pode ser desenvolvido para diferentes propósitos, com o proposito de desenvolver um veículo autônomo, a rede Neural foi utilizada para função de auxiliar o processamento de imagem e o controle dos atuadores para movimentação do veículo. Com isso, para verificar sua capacidade de aprendizagem para redução de erros, começou se com testes de identificação de objetos em imagens e vídeos com a biblioteca Darkflow.

FPGA

O FPGA é um Hardware programável com linguagem paralela, em vez da estruturada do C como no arduino, utiliza uma linguagem diferente o VHDL. Portanto, com objetivos de programar o FPGA para realizar o Processamento de Imagem, e assim como programar para fazer uma Rede Neural Artificial, é fundamental ter pleno conhecimento sobre a linguagem VHDL, com isso foi utilizado o Kit FPGA EE03 para adquirir conhecimento sobre o VHDL, conforme mostra na imagem 3.

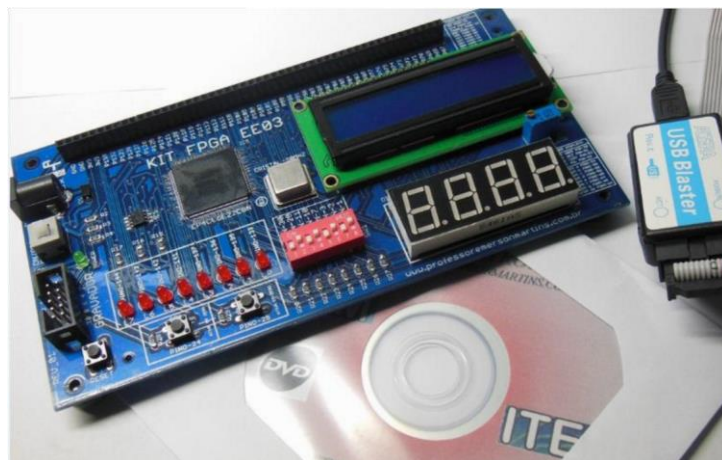


Imagem 3 – kit FPGA EE03 (MARTINS,2017).

Donkey Car

O desenvolvimento do Donkey Car tem como objetivo de juntar diversos conhecimentos e serem aplicados em conjunto para ser desenvolvido um veículo simples contendo o mínimo necessário para ser capaz de ser considerado um veículo autônomo indoor. Portanto, o desenvolvimento do veículo autônomo, em que tem um processamento de imagem assim com uma Rede Neural Artificial assim sendo autônomo. Por isso, com base no modelo do Donkey Car foi necessária uma estrutura de locomoção em que tenha liberdade de movimento para mover se para frente e para trás através de um motor DC e com capacidade de controlar a direção através de um Servo motor, por isso, usou se Vortex Wltoys A959 um carro de controle remoto de tamanha 1/18, com baixo custo.

Além disso, para a parte de comando que é atarefado de processar as imagens recebidas e assim como de operar uma rede neural para a locomoção autônoma usou se o Raspberry PI 3. Com isso, foram necessários periféricos conectados ao Raspberry PI para aquisição de imagem e para transmissão de comandos para o motor e o Servo motor, para aquisição de imagem usou a PI câmera e para o

controle do motor e servo motor usou um modulo PWM Pca9685.

Com isso, foi necessário o desenvolvimento de uma pista para treinar o veiculo assim como, obter os dados de forma que possa ser usado no treinamento da Rede Neural Artificial para desenvolver o deslocamento autônomo do veículo.

4. RESULTADO E DISCUSSÃO

Com objetivo de desenvolver um veículo autônomo Outdoor, foram realizados diversos testes, com objetivo de avaliar os sensores para utilizar no veículo autônomo, assim como o desenvolvimento do veículo Indoor Donkey Car.

Sensor ultrassônico

Pelo ângulo da emissão faz com que distâncias a partir de 100 cm sejam muito difíceis de serem medidas conforme mostra na imagem 4 a seguir conforme consta no manual, demonstra que o raio de detecção de objetos e que recomenda um ângulo de 30° para utilização. Além disso, pela fórmula do cálculo precisa ser ajustado modificando por base da velocidade dos veículos, pois, isso a fórmula refere-se ao objeto estando parado e o sensor em movimento ou o contrário o sensor parado e o objeto em movimento, pois, para garantir a confiança na medida, entretanto para garantir segurança não pode utilizar sensores em que tenha erros consideráveis dependendo da velocidade dos veiculo.

Porem isso não descarta o uso dos sensores em veículos autônomos, só define que não podem ser utilizados em longas distância, em curtas distâncias é um bom sensor, servindo para um sistema de estacionamento.

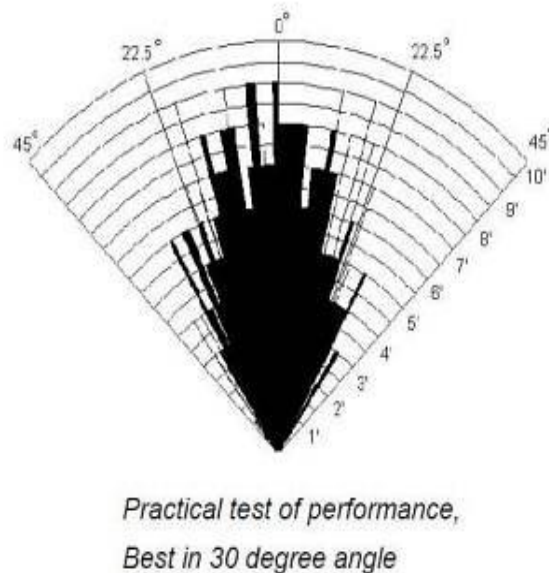


Imagem 4 - alcance do sensor ultrassônico definido pelo ângulo (ITEADSTUDIO,2010).

Sensor IMU

A biblioteca de Integração para o sensor do IMU funcionou de forma a integrar o valor, para o deslocamento, porem os pequenos erros decorrentes dos ruídos do sensor ser de baixa qualidade são amplificados de forma que fica muito incorreto o valor do deslocamento calculado pelo sensor IMU, variando constantemente mesmo parado, com erros crescendo exponencialmente, na tabela 2 a seguir, mostra uma tabela de um artigo realizado por um fabricante de sensores, sobre o deslocamento de cada eixo, demonstrando o crescimento de erro de um sensor IMU, em que em 10 segundos tem erro de 1.7 metros e após 10 minutos de operação o erro cresce para 6120 metros, demonstrando incapacidade de ser utilizado em um veículo autônomo.

Angle Error (degrees)	Acceleration Error (m/s/s)	Velocity Error (m/s) at 10 seconds	Position Error (m) at 10 seconds	Position Error (m) at 1 minute	Position Error (m) at 10 minutes	Position Error (m) at 1 hour
0.1	0.017	0.17	1.7	61.2	6120	220 e 3
0.5	0.086	0.86	8.6	309.6	30960	1.1 e 6
1.0	0.17	1.7	17	612	61200	2.2 e 6
1.5	0.256	2.56	25.6	921.6	92160	3.3 e 6
2.0	0.342	3.42	34.2	1231.2	123120	4.4 e 6
3.0	0.513	5.13	51.3	1846.8	184680	6.6 e 6
5.0	0.854	8.54	85.4	3074.4	307440	11 e 6

Tabela 2 – Erros do acelerômetro em relação ao tempo decorrido (CHRobotics,2017)

Sensor a laser

O desempenho da trena a laser como sensor a laser apresentou medidas extremamente precisas como informa o manual do equipamento na imagem 5, com erros de no máximo 2 milímetros. Demonstrando a necessidade de sensores a laser para o desenvolvimento do projeto. Porém, a trena a laser UT390B em caso de medidas em objetos com movimento, teve demora em apresentar resultados até alguns segundos, após isso obteve pelo manual que o delay para mostrar resultados pode chegar até 4s conforme a imagem 5, mesmo para distancia menor de 1 metro.

Tornando a trena inviável para o projeto.

UT390B OPERATING MANUAL	
UNI-T®	
VI Technical specifications Technical Parameters:	
Measuring Range	0.05~45m
Measuring Accuracy (Standard Deviation)	±2.0mm
Measuring Unit	m, ft, in, ' "
Laser Type	620~690nm
Laser Class	II, < 1mW
Laser Spot @ Distance	6mm@10m, 30mm@50m
Single Measurement Time	0.25~4s
IP Protection	IP40
Operating Temperature	0~+40°C
Storage Temperature	-20~+65°C
Batteries	AAA (Alkaline), 2×1.5V
Measurements Per Battery Set	> 8000
Weight Without Batteries	Approx.92g
Dimensions (L×W×H)	112×48×25mm
Implementation of national Standards	GB/T 14267-2009

Imagem 5 – Especificações técnicas da Trena a laser T-390 (Manual de utilização).

LIDAR

O LIDAR é um dos sensores essenciais para o funcionamento do carro autônomo, entretanto, tem uma grande desvantagem do LIDAR, tem um custo muito alto. Velodyne's 64-laser LIDAR custa \$75.000,00 dólares, foi o primeiro LIDAR a ter um ângulo de 360° com grande detalhamento de mapeamento 3D, conforme mostra na imagem 6. Recentemente, Velodyne começou a oferecer modelos menores com 32 e 16 lasers em 2014. Porém, ainda com um grande valor de \$7.999,00 dólares pelo modelo de 16-laser. Velodyne recentemente anunciou um novo modelo de 128laser embora não tenha informação sobre o preço. Então, LIDAR custava \$75,000. Porém, especialistas acreditam que o valor caia para valores menores que \$100 dólares com a popularização do veículo autônomo (Lee, 2018).

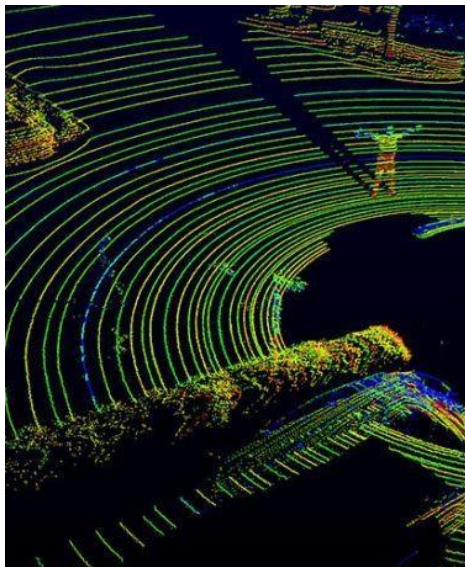


Imagem 6 – imagem do resultado de captação do LIDAR, detectando assim a estrutura do terreno assim como seus obstáculos nas 3 dimensões pelo Velodyne 64-laser LIDAR (Lee, 2018).

FPGA

O VHDL tem poucos pontos em comum com C em que isso se deve pelo fato de C ser uma linguagem estruturada e VHDL paralela, essa é a principal diferença, pois isso faz com que o VHDL execute todos os comandos ao mesmo tempo, para que tenha que seguir uma ordem, tem que utilizar referência pelo número de Clocks. Com isso, o VHDL tem diversas configurações em que aumentam a complexidade do uso, que são devidas para ser capaz de modificar o Hardware. Os FPGAs mostram um potencial de grande desempenho em relação às GPUs para utilização de Redes Neurais Artificiais pela flexibilidade oferecida capaz de funcionar com diferentes tipos de dados, porém pela sua grande complexidade para realização de simulações para o estudo de machine learning é inviável para ser realizado a curto período de tempo (FALLAHLALEHZARI, 2018). Por isso, foi uma opção válida utilizar as

GPUs, por enquanto em relação ao FPGAs, para continuar a pesquisa de forma a conseguir desenvolver um veículo autônomo.

Processamento de imagem

O processamento de imagem realizado utilizando a câmera VGA OV7670, demonstrou alguns problemas de conexão com o shield arducam V2 de forma que não fosse possível salvar a foto tirada com a câmera, porém funcionou corretamente utilizando o software direto no computador, assim como utilizou o Darkflow para identificar alguns objetos nas imagens. Além do Darkflow existe a alternativa encontrada da utilização do ORB-SLAM em que é uma biblioteca de Python para utilizar uma câmera RGB-D (vermelho verde Azul com maior profundidade), em que a biblioteca processa a imagem de forma que deixa visíveis pontos de maior importância, como formas de obstáculos, identificado pela câmera conforme a imagem 7 abaixo (Mur-Artal et al ,2016).



Imagem 7- Câmera RGB-D com ORB-SLAM (Mur-Artal et al ,2016)

Rede Neural Artificial

A Rede Neural Artificial foi utilizada para analisar algumas fotos capturadas pela câmera VGA OV7670 com o Darkflow, para demonstrar a capacidade das redes neurais, assim para entender seu funcionamento, de forma que usando uma Rede Neural Artificial para a classificação e identificação de objetos através do processamento de imagem digital em que foi usado o Python em um sistema do Linux, com a biblioteca tensorflow, que é necessário para usar as Redes Neurais Artificiais. Contudo, foi exigido consideravelmente do computador de forma em que demora se varias horas para treinar a Rede Neural Artificial, para obter resultados eficientes.

Além disso, uma opção encontrada seria a utilização do Movidius em que é capaz de realizar o processamento da rede neural e de processamento de imagem sem utilizar o computador, para acelerar o treinamento para utilizar uma rede neural mais complexa.

Donkey Car

O desenvolvimento do Veículo foi realizado sem grandes dificuldades, para o suporte do Raspberry Pi e da câmera foi impresso por uma impressora 3d conforme mostra na imagem 8 abaixo.



Imagem 8 – Veículo autônomo baseado no Donkey Car, desenvolvido durante o projeto.

O desenvolvimento de uma pista simples para teste, para ser usado no treinamento e teste de deslocamento autônomo foi realizado sem problemas. Dessa forma, para aquisição de dados foi necessário fazer uma conexão SSH, em que consiste de um protocolo de rede para conexão usado pelo Raspberry Pi com o computador para assim controlar e obter os dados do veículo. Desse modo, a aquisição de dados do veículo locomovendo na pista criada, pode ser definido em 4 passos, a captura da imagem, o comando usado no momento, o comando executado no veículo alterando parâmetros de potência e ângulo fazendo o veículo se movimentar, por fim, as imagens e os parâmetros de potência e ângulo utilizados no instante são salvos como arquivo formato json.

Com isso, para o treinamento foi utilizado os dados com formato json no código fornecido pelo tutorial do Donkey Car em python para realizar o treinamento da rede neural. Após isso, foi testado o resultado do treinamento no veículo, ativando a função de locomover de forma autônoma, sendo a precisão de sua locomoção é diretamente ligada à precisão na aquisição de dados. Por fim, o veículo foi capaz de se mover de forma autônoma com precisão.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O projeto ainda tem um longo caminho ainda antes de alcançar o objetivo de desenvolver um veículo de transporte para substituir os veículos motorizados, a trena a laser demonstrou o potencial dos sensores a laser provou serem bem precisos necessitando a compra e o teste sobre o tempo necessário para realizar cada medição. O sensor ultrassônico demonstrou que somente em curtas distancia sua eficiência é garantida, assim servindo em um carro autônomo para auxiliar no estacionamento do carro. O sensor IMU demonstrou não ter um grau de confiabilidade necessária para ser utilizado como sensor de deslocamento. O processamento de imagem feito pelo Darkflow foi capaz de classificar alguns objetos o usando, porém, não é a melhor Rede Neural Artificial com processamento de imagem, para ser usado no veículo autônomo. Além disso, o FPGA pela sua grande complexidade não é uma forma viável no momento para ser utilizado em pesquisa de curto prazo, com a necessidade de programar uma Rede Neural Artificial e o processamento de imagem no FPGA.

Entretanto, o desenvolvimento de montar o veículo indoor Donkey Car, foi realizado com capacidade de se mover de forma autônoma sem problemas, o treinamento realizado demonstrou que com uma pista maior, o grau de precisão no deslocamento aumentara, porém, ainda assim obteve resultados satisfatórios. Com o objetivo de continuar o desenvolvimento de um veículo autônomo, como projetos futuros é obter um sensor a laser de maior qualidade, assim como obter um LIDAR, desenvolver códigos em FPGA para realização de uma Rede Neural Artificial, para assim desenvolver um veículo que possa se locomover outdoor, capaz de evitar obstáculos em tempo real.

6. REFERÊNCIAS

Araújo, F. H. D.; Carneiro, C.; Silva A. R. V.; Romuere et al. Redes Neurais Convolucionais com Tensorflow: Teoria e Prática. 1. ed. Anais - Artigos e Minicursos, ISBN: 978-85-7669-395-6, 2017. Disponível em: <<http://www.eripi.com.br/2017/images/anais/minicursos/7.pdf>>. Acesso em: 25 jul. 2018.

Automatize. Sensores Ultra-sônicos Siemens. Disponível em:<<http://www.automatizesensores.com.br/ultrasonicos.html>>. Acesso em 02 de abril de 2017.

CENTENO, S. J. "IDENTIFICAÇÃO DE PRÉDIOS A PARTIR DE DADOS ALTIMÉTRICOS OBTIDOS COM LASER SCANNER".2001. Disponível em: <https://docs.ufpr.br/~centeno/publications/download/2001/centeno_sbc2001.pdf >. Acesso em: 02 de abril. 2017.

Educação Uol. Ondas sonoras -b: Velocidade do som, eco e limites de audibilidade.2007 Disponível em:

<<https://educacao.uol.com.br/disciplinas/fisica/ondas-sonora--b-velocidade-do-someco-e-limites-de-audibilidade.htm>>. Acesso em: 02 de abril. 2017.

Fallahlehzari, F. FPGA vs GPU for Machine Learning Applications: Which one is better? - Blog - Company - Aldec. Aldec.com. Disponível em:

<<https://www.aldec.com/en/company/blog/167--fpgas-vs-gpus-for-machine-learningapplications-which-one-is-better>>. Acesso em: 20 jul. 2018.

Fuller, A. Arduino laser distance meter. Solder and Flux. Disponível em:

<<http://blog.qartis.com/arduino-laser-distance-meter/>>. Acesso em: 20 jun. 2017.

Gaier, M. B. Aprendendo a Programar em Arduino. 2011. Disponível em:

<<http://commitlinux.com.br/wp-content/uploads/2016/06/Aprendendo-a-Programarem-Arduino-Apostila.pdf>>. Acesso em: 02 de abril. 2017.

Gomes, V. C. F.; Charão, A. S.; Velho, H. F. C. Field Programmable Gate Array - FPGA Mini-curso de Computação Híbrida Reconfigurável. Santa Maria: [s.n.], 2009.

Gonçalves, L. F. S. (2011). Desenvolvimento de Navegação Autônoma por GNSS. 2011. 192f. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Universidade de São Paulo, São Paulo.

INFOSIGA. Movimento Paulista de Segurança no Trânsito. Disponível em:

<<http://www.infosiga.sp.gov.br/Home/Relatorio>>. Acesso em: 20 jul. 2018.

Intel Newsroom. Intel apresenta o Movidius Neural Compute Stick com foco no desenvolvimento de Inteligência Artificial. Disponível em:

<<https://newsroom.intel.com.br/news-releases/intel-apresenta-o-movidius-neuralcompute-stick-com-foco-no-desenvolvimento-de-inteligencia-artificial/>>. Acesso em: 25 jul. 2018.

ITEADSTUDIO.

Disponível

em:

<<https://www.electroschematics.com/wpcontent/uploads/2013/07/HC-SR04-datasheet-version-2.pdf>> Acesso em: 22 jul. 2018

Junior, J. C. V.; Ventura, L. A. G. "AUTOMAÇÃO DO PROCESSO DE PULVERIZAÇÃO DE DEFENSIVOS E MAPEAMENTO DE PLANTIO DA PRODUÇÃO". 2011. Disponível em: < <http://www.up.edu.br/blogs/engenharia-dacomputacao/wp-content/uploads/sites/6/2015/06/2011.14.pdf> >. Acesso em: 02 de abril. 2017.

Lee, T. Why experts believe cheaper, better lidar is right around the corner. Ars Technica. Disponível em: <<https://arstechnica.com/cars/2018/01/driving-aroundwithout-a-driver-lidar-technology-explained/>>. Acesso em: 14 jul. 2018.

Lefsky, M.A. Application of lidar remote sensing to testmation of forest canopy and stand structure. Departament of Environmental Science. University Charlottesville,1997

Martins, E. KIT FPGA - EE03 - ITEM - Instituto de Tecnologia Emerson Martins.

Professoremersonmartins.com.br. Disponível em:

<<http://www.professoremersonmartins.com.br/site/products/KIT-FPGA-%252dEE03.html>>. Acesso em: 11 nov. 2017.

Mur-artall, R. ; TARDÓS, J. D. ; MONTIEL, J. M. M. et al. ORB-SLAM Project Webpage. Webdiis.unizar.es. Disponível em:
<<http://webdiis.unizar.es/~raulmur/orbslam/>>. Acesso em: 22 jul. 2018.

Ozguner, U.; Stiller, C; Redmil, K. "Systems for Safety and Autonomous Behavior in Cars: The DARPA Grand Challenge Experience". Proceedings of IEEE. v. 95, n.2, 2007, p.397-412.

Pires J.M. Uso do lidar (light detection and ranging) para estimação da altura de arvores em povoamentos de eucalipto. Universidade Federal de Viçosa. 2005

Queiros, J. E. R.; Gomes, H. M. Introdução ao Processamento Digital de Imagens. Revista RITA: instruções para preparação de documentos em Word, n. Vol. VIII Nº 1, p. 2-3, 2001. Disponível em:
<<http://www.dsc.ufcg.edu.br/~hmg/disciplinas/graduacao/vc-2014.1/Rita-TutorialPDI.pdf>>. Acesso em: 20 jul. 2018.

Roscoe, W; Conway, A. Donkey Car. Donkey Car. Disponível em:
<<http://www.donkeycar.com/>>. Acesso em: 5 jan. 2018.

Santiago A.; Martin G. F. Analysis and Evaluation of Recurrent Neural Networks in Autonomous Vehicles. Masters, 2017.

Souza, L. A. P.; Ribeiro, P.C. M. TEMPO DE PERCEPÇÃO E REAÇÃO DOS MOTORISTAS EM INTERSEÇÕES SEMAFORIZADAS, 2013. Disponível em:
<<http://redpgv.coppe.ufrj.br/index.php/es/produccion/articulos-cientificos/2013-1/769tempo-de-percepcao-e-reacao-dos-motoristas-em-intersecoes-semaforizadas/file>>. Acesso em: 02 de abril de 2017

STARLINO; "A Guide to using IMU (Accelerometer and Gyroscope devices) in Embedded Applications". Disponível em: http://www.starlino.com/imu_guide.html. Acesso em: 10 de Abril de 2017

Using Accelerometers to Estimate Position and Velocity | CH Robotics. Chrobotics.com. Disponível em: <<http://www.chrobotics.com/library/accel-positionvelocity>>. Acesso em: 10 jun. 2018.

Contatos: guilhermelimafranco@hotmail.com, laercioalvesnogueira@gmail.com