

Yaşar Üniversitesi
Bilgisayar Mühendisliği Bölümü
COMP 4920 Mezuniyet Tasarım Projesi II, Bahar 2020
Bitirme Projesi Özeti

Proje Kodu ve Adı:	AUTOBOT: Autonomous Robot Car
Proje Takımı:	Aleyna Sarışın aleynasarsn@gmail.com Burak Küre burakkuree@gmail.com Doğukan Soysal dogukansoyal97@gmail.com
Proje Danışmanları:	Doç.Dr. Tuncay Ercan
Proje Çıktıları:	1. Final Report 2. Requirements Specifications Document 3. Design Specifications Document 4. Product Manual 5. Product-Hardware Subsystem 6. Product-Software Subsystem 7. Project Web Site 8. Project Powerpoint Presentation 9. Project Poster 10. 2D-3D Simulation Tool
Proje Web Adresi:	https://autobott.wixsite.com/autobotwebsite

Proje Özeti

1. Giriş:

İlk aşamada endüstriyel operasyonların çoğunun genellikle insanlar tarafından veya robotların manuel kullanımı ile sağlandığını gördük. Bu nedenle projenin konusunu seçerken ve işleyişini tasarlarken teknolojinin gelişimi ile beraber bir şekilde gelişmesinin takımımız için önemli olduğundan emindik. Bu doğrultuda gelişmeye ve yeniliklere her zaman uyum sağlayabilecek bir alt yapı tasarlamak ilk verilen kararlardan biriydi. Bir robot prototipi tasarlanmasının temel nedeni ise, günümüzde dünya çapında sanayileşmenin ve teknolojinin gelişmesiyle beraber insanların yapabildiği bir çok işi robotların daha az enerji ve zaman harcayarak yapabiliyor olmasıdır. İnsanların kontrol etmediği, otonom olarak hareket eden elektronik cihazların özellikle robotların, daha hızlı, verimli ve hatasız olduğu bilinmektedir. Bu proje kapsamında, manuel kullanımda oluşabilecek sorunların çözülmesi ve çözümlerin geliştirilmesi için yeni adımlar atmak temel amaçtır. Bu sorunları robota kazandırılan çeşitli fonksiyonellikler ile birlikte çözülmesi hedeflenmiştir. Geliştirdiğimiz robota eklenen en önemli özellik, çevre ile aktif iletişim halindeyken kapalı alanda bulunduğu ortamın haritasını çıkararak bulunduğu yeri algılayabilmesiydi. Bu hedefe ulaştıktan sonra bulunan ortamda engellerden kaçarken haritasını güncelleyerek istenilen noktaya gidişini aksatmaması robotu günümüzde sanayilerde ve kapalı alanlarda istenilen amaçla kullanıma daha uygun bir hale getirdi. Haritalama, lokalizasyon, yol planlama ve yol takip gibi işlevsellikler robota tamamen kazandırdıktan sonra kullanıcıların daha rahat ve hızlı bir şekilde robotun konumunu ve işleyişini takip edebilmesi için bir simülasyon ortamı oluşturulmuştur.

2. Gereksinimler

Gereksinimlerin özetini sistem çalışması ve etkin müşteri kullanımı için 3 ana bölüme ayırdık.

1. Müşteri Gereksinimlerinin Kullanımı

- Kullanıcı, sistemin düzgün çalıştığını görmelidir.
- Aktif iletişim sağlandıktan sonra testlerin başarılı olduğunu görmelidir.

- Sensörler yardımıyla elde edilen veriler sayesinde kullanıcı, robotun gitmek istediği konum için haritada oluşturulan yolları kolayca gözlemleyebilmelidir.
- Hedefe doğru giderken hatasız bir şekilde yolun takip edildiğini görebilmelidir.
- Kullanıcının, robotun hedefine ulaştığı konusunda bilgilendirildiğinden emin olunması gerekmektedir.

2. Sistemin Düzgün Çalışması için Gereksinimler

- Sistemin donanım entegrasyonu sağlanmalıdır.
- Bilgisayar ve AUTOBOT arasında iletişimin doğru işlediğinden emin olunmalıdır.
- AUTOBOT işlevlerini kontrol etmek için ilk testlerin yapılması gerekmektedir.
- Lidar yardımıyla çevrede engel varlığının taraması gerekmektedir.
- Robotun yol bulma algoritmaları yardımıyla en kısa ve uygun yolu seçerek hedef noktaya ulaşması gerekmektedir.
- Hedeflerden kaçarak yol takibi sağlanmalıdır.
- Hedefe ulaştığında geri bildirim vermelidir.

3. Robotun Hedeflenen Fonksiyonellikler için Gereksinimler

- Gerekli donanım bileşenleri kullanılmalıdır.
- AUTOBOT'un hareket edip başarılı bir şekilde çalışabilmesi için ideal/doğru sensörlerin kullanılması gerekmektedir.
- Kullanıcı ve AUTOBOT arasındaki iletişimin başlatılması gerekmektedir.
- Yol planlaması için bir hedef tanımlanmalıdır.
- AUTOBOT'un oluşturduğu harita gözlemlenebilmelidir.
- Belirtilen işlemler yerine getirilmelidir.
- AUTOBOT'un kullanılacağı ortamın tanıtılması gerekmektedir (Harita oluşturma).
- Çevreyi temsil eden gözlemlenebilir bir grafik oluşturulmalıdır.
- Oluşturulan harita yeniden kullanabilmek için kaydedilmelidir.
- AUTOBOT'un konumunu ve takip etmesi gereken yönü bulması gerekmektedir.
- Gidilecek en kısa ve en iyi rotanın belirlenmesi gerekmektedir.
- Kısa mesafedeki engellerin tespit edilmesi gerekmektedir.
- Yol planlamasında engellerden kaçınarak ilerlemektedir.
- AUTOBOT' mevcut konumunu minimum toleransla belirlemelidir.
- Çevrenin 2D/3D haritası oluşturulmalıdır.

3. Tasarım

AUTOBOT projesinin prototip olarak belirtilen tüm işlevselliklerini yerine getirmesi için yazılımsal ve donanımsal katmanlarının doğru bir şekilde tasarlanması ve kullanılması gerekmektedir. Donanım bileşenleri olarak Nvidia'nın Jetson Nano gömülü bilgisayarı, Arduino Mega, L298N motor sürücüler ve mesafe ölçümü için lidar kullanılmıştır. Bu mesafe ölçümleri haritalama, navigasyon ve engellerden kaçınma için kullanılacaktır. Arduino mega'yı bir mikroişlemci olarak seçtik çünkü birçok I/O portu bulunmaktadır, bu yüzden sensörlerimiz ve motorlarımız için yeterli I/O portumuz bulunmaktadır. Robotun motorlarını L298N motor sürücülerini kullanarak kontrol edilmiştir. Arduino motorlarının hız ve yön bilgilerini L298N motor sürücü kartına göndererek kullanılmıştır. Robot ve uzak bilgisayar arasındaki iletişim Kablosuz bir ağ üzerinden uygulanmıştır. Yazılım platformu ise Arduino IDE, Visual Studio, ROS (Robotic Operating System), Matlab araçları birleştirilerek oluşturuldu. Jetson Nano, donanımdaki verileri işlemek için sistemdeki ana bilgisayar olarak kullanılacaktır bu nedenle temel yapıtaşımızdır. Yazılım mimarimiz çok işlemlidir. Projemizde katmanlı yazılım sistem mimarisine sahip olduğumuz için projemizi hiyerarşik mimariyle tasarladık. Bu katmanlı yapı, lidar ile veri okuma ile başlar. İkinci katmanda bu verileri yerleştirme,gezinme(yol bulma) ve engellerden kaçınma için kullanıyoruz. Genel olarak, robotumuzun yönü ve hareketleri bu katmanlardan sonra belirlenir. İstenilen işlevsellikleri sağlamak için, yazılım alt sistemlerimizin çoğu, gerekli olduğu bir durumda birbirleriyle iletişim kurabilecek şekilde tasarlanmış bulunmaktadır. Robotun temel olarak gerçekleştirdiği 4 işlevselliği bulunmaktadır. Bunlar sırasıyla şu şekilde tasarlanmıştır,

- Robotun bir hedeften diğer bir hedefe gidebilmesi için öncelikle haritalama işleminin gerçekleştirilmesi,
- Lokalizasyon işlemi olarak robotun oluşturulan map üzerinde lidar ve odometri verilerinin kullanılarak anlık olarak nerede olduğunun hesaplanması,
- Haritalama ve lokalizasyon işlemini tamamladıktan sonra istenilen noktaya ulaşmak için en kısa ve verimli yol planının oluşturulması,

- Yol Takip Etme işlemi, robotun oluşturulan yol üzerindeki noktaları olabildiğince yakın şekilde takip edebileceği, aynı zamanda yol üzerinde bir engel ile karşılaşırsa bu engelden kaçınmak için gideceği yönü tekrar hesaplayabileceği şekilde tasarlanmıştır.

Robotun hedeflenen işlevselliklerden haritalamayı ve lokalizasyonu gerçekleştirebilmesi için GPS yerine, bulunduğu ortamı tanınması ve bu ortamdaki yerini belirlemesi için SLAM (Eş Zamanlı Lokalizasyon ve Haritalama) teknolojisi kullanılmıştır. Bunun nedeni ise, iç mekânlarda GPS ve benzeri teknolojilerin hata payı metrelerle temsil edilmektedir. Örnek olarak robotun kendini bulunduğu konumdan 1-2 metre ileride olduğunu hesaplamasıyla istenmeyen kötü sonuçlar oluşabilir.

4. Uygulama ve Testler

Kullanılan Robot Araç Kiti, tekerlekleri, enkoderli motorları ve çerçeveleri içerir. Lidar, haritalama ve lokalizasyon uygulamalarında kullanılmak üzere robotun bulunduğu ortamdan mesafe bilgilerini toplamak için kullanılır. Arduino Mega, robotun motorlarını kontrol etmek için kullanılmıştır. L298N motor sürücüsü, motorların yönünü ve hızını kontrol etmek için kullanılmıştır. Bir L298N motor sürücüsü iki motorun kontrolünü sağlar, bu yüzden prototip robotun dört motoru için iki L298N motor sürücüsü kullanılmıştır.

Projemiz yazılımsal ve donanımsal bileşenlere sahip olduğu için uygulamaları ve test etme aşamaları iki adımda tamamlanmıştır. Bu adımlar da uygulama kısmı, donanımsal bileşenlerin uygulaması ve yazılımsal bileşenlerin uygulaması olarak ayrılmıştır. Donanımsal uygulamalar ilk olarak, robot araba (tekerlekler, motorlar ve araba kiti) kurulduktan sonra, kontrol edebilmek için robotun üzerine L298N motor sürücüleri ve arduino mega yerleştirilerek ve basit kontroller sağlayarak gerçekleştirilmiştir. Ardından, gömülü bilgisayar robota yerleştirilmiştir ve arduino mega ile seri iletişim bağlantısı kurulmuştur. Daha sonra kapalı ortam hakkında mesafe bilgilerini almak için önemli donanımsal bileşenlerden olan lidar robotun üzerine yerleştirilmiştir. Daha sonra, robot ağ üzerinden uzak bir bilgisayarla kontrol edilmiştir ve test edildiği ortam hakkında mesafe bilgisine erişilmiştir. Projenin yazılım uygulamalarının geliştirme aşamaları aşağıdaki gibi açıklanabilir.

- Robotu uzak bir bilgisayar kontrol etmek,
- Lidar verilerine erişim,
- Uzak bilgisayara anlık lidar verileri gönderme,
- Robotu uzak bir bilgisayarla kontrol etmek, bulunduğu ortamda manuel olarak sürmek ve lidar verilerini toplamak,
- Toplanan lidar verilerini kullanarak haritalama,
- Robotu önceden belirlenmiş bir noktadan başlatarak konum bilgisini hesaplama,
- Harita üzerinde seçilen nokta için yol planlaması,
- Robotun 7. adımda oluşturulan yolu takip etmesi,
- Robotun oluşturulan yolda hareket ederken engellerden kaçınması.

Test aşamalarımız da aynı şekilde yazılımsal ve donanımsal bileşenlerin testini yapma şeklinde gerçekleştirilmiştir. Donanımsal bileşenler proje için önemli olduğu için, aktif ve sorunsuz olarak çalıştığından emin olunması projenin doğru bir şekilde işleyiş gösterebilmesi adına önemlidir. Donanımsal bileşenlerin test edilmesi süreci;

- Tüm bileşenlerin bilgisayara başarıyla bağlandığının test edilmesi,
- Motor sürücülerin ve motorların arduino ile doğru şekilde kontrol edildiğinin test edilmesi,
- Lidar bağlantısının USB portu üzerinden Jetson Nano'ya bağlandığının test edilmesi,
- Motorların performansının farklı koşullar ve ortamlarda test edilmesi,
- Jetson Nano ve uzak bilgisayar arasındaki bağlantı kablosuz iletişim ile sağlandığından, uzak bilgisayarın kablosuz bileşeninin (Wi-Fi bağlantısı) test edilmesi,
- Şeklinde gerçekleştirilmiştir. Yazılımsal bileşenlerinin testi ise, haberleşme, harita oluşturma, navigasyon ve kullanıcı kontrolü yaparak sağlanmıştır.

Genel olarak prototipin test aşamaları ise şu şekildedir;

- Robot ile olan kablosuz bağlantıda tüm verilerin doğru şekilde ulaştığının test edilmesi,
- Robotun manuel kontrol etmek için gerekli tuş kombinasyonları ile robotun hareketleri arasındaki doğruluğun test edilmesi,
- Anlık olarak lidar verilerine erişilerek doğruluğunun test edilmesi,
- Harita çıkarmak için toplanılan lidar verilerinin depolandığının test edilmesi,

- Lidar verileri kullanılarak oluşturulan haritanın, robotun bulunduğu ortam ile tutarlılığının test edilmesi,
- Lokalizasyon işleminin doğru şekilde çalıştığından emin olmak için hesaplanan konum bilgileri ile gerçek konum bilgilerinin gözlemlenerek test edilmesi,
- Yol planlama algoritmaları kullanılarak oluşturulan yolun harita üzerindeki kalıcı engeller ile olan yakınlığının robota engel olup olmadığının test edilmesi (robotun, engeller ile arasında belirli bir mesafe olmalıdır),
- Oluşturulan yolun doğru şekilde takip edildiğinin test edilmesi,
- Oluşturulan yolu takip ederken engellerden kaçınıldığının test edilmesi,
- Simülasyon ortamında robotun konumunun doğru olarak belirtildiğinin test edilmesi,
- Simülasyon ortamında, oluşturulan yolun doğru şekilde gösterildiğinin test edilmesi.

Sonuçlar:

Yapılan bu projede ortaya bir prototip çıkmasını istememizin temel nedeni olarak teknolojik gelişmelerin artmasıyla birlikte robot veya otonom araçların da öneminin artmasını gösterebiliriz. Tasarlanan bu prototip ile bu alana giriş yapmış olup, isteğe göre geliştirilebilecek bir altyapı sağladık. Genel olarak prototipe kazandırmayı hedeflediğimiz Haritalama, Lokalizasyon, Yol Planlama, Yol Takip Etme (Navigasyon) ve Unity Simülasyonu işlevselliklerini tamamlamış bulunuyoruz. Harita, robotu kendi ortamında hareket ettirerek ve lidar verilerini toplayarak oluşturulur. Robotun bulunduğu ortamda lidar bileşeni yardımıyla topladığı veriler ile çevresinin haritasını çıkartılır. Ayrıca, robotun gerçek zamanlı konumu, anlık lidar ve odometri verileri kullanılarak elde ediliyor. Yol Planlaması, robotun bulunduğu noktadan, harita üzerinde seçilen herhangi bir noktaya ulaşması için yapılıyor. Daha sonra sonra yol takibi(navigasyon), robotun hedef noktaya ulaşmak için yoldaki noktaları etrafındaki engellerden kaçarak takip etmesi, ve otonom bir şekilde hareket etmesi sağlanıyor. Bu basamaklar sayesinde robot istenilen işlevsellikleri göstermiş oluyor. Bunlara ek olarak, kullanıcıların robotun konumunu ve hareketlerini rahatlıkla izleyebilmesi için 2D/3D Simülasyon ortamı sağlanmıştır. Yaptığımız proje otonom olarak kullanılabilen araçlarda görülen işlevsellikleri göstermektedir. Bu nedenle, bu alanda geliştirilen projenin otonom alanda yapılabilecek gelişmeleri destekleyecek altyapıya sahip olduğunu belirtmek isteriz. Bu prototipin şu sağladığı ve sağlayabileceği yararlar ;

- Otonom bir şekilde bu işlevselliklerin gerçekleştirilmesine ve yeni özellikler eklenmesine altyapı sağlamaktadır.(Örneğin Otonom Haritalama)
- Kullanıcıların yararı için tasarlanmış Simülasyon ve Kullanıcı arayüzü ile kullanıcılar programlama bilgisine sahip olmadan, robotun konumunu ve hareketlerini daha kolay takip edebilecek ve yönetebileceklerdir.
- Toplanan lidar verileri ile oluşturulan haritayı kullanan simülasyon programı, robotun yol takibi ve engellerden dinamik olarak kaçınma gibi işlemleri yapay zeka ile öğrenmesi için uygun bir ortam oluşturabilecek durumdadır.
- Rutin işlerde geliştirilmiş verimlilik ve hız sağlayabilir.
- İnsanlar için ortaya çıkabilecek tehlikeleri en aza indirir ve böylelikle tehlikeli bölgelerdeki insan sayısını azaltabilir.
- Üretimi arttırabilir. İnsanlardan farklı olarak, robotlar yorulmaz ve sürekli olarak çalışabilir ve üretimin yavaşlama olmadan devam etmesine izin verir.
- İşçilik maliyetlerini azaltabilir. Bazı basit rutin çalışmalarda, bir insandan çok daha ucuza mal olur.
- İnsanların iş kalitesini arttırmada yarar sağlayabilir. AUTOBOT rutin işleri yapabileceğinden, bu işlerde çalışan insanlar daha kaliteli işlerde zamanlarını harcayabilirler.
- AUTOBOT, insanlar tarafından yapılan manuel kontrol hatalarını ortadan kaldırabilir, çünkü insanlardan daha hatasız bir şekilde çalışabilir.

Son olarak, gelecekte AUTOBOT projesine eklenen işlevsellikler geliştirilerek robota tümüyle otonom çalışma yeteneği eklenebilir. Otonom çalışmayı destekleyecek bir işlevsellik olarak Otonom Haritalama örnek gösterilebilir. Bu sayede haritayı otonom bir şekilde oluşturarak tümüyle insansız kullanımı sağlayabilir. Çeşitli alanlarda daha hızlı, verimli ve hatasız çalışma sağlayabilir. 3D lidar kullanılarak ve 3D Haritalama kullanılarak, çevrenin daha detaylı ve renkli bir haritası çıkarılabilir. Çeşitli kullanım alanları için gereksinim duyulduğunda, AUTOBOT farklı boyutlarda tekrar tasarlanabilir ve aktif hale getirilebilir.