

Gerçek Zamanlı Araç Hız Ölçümü ve Takip Sistemi Tasarımı

Emre DANDIL^{1*}, Esra DEMİR¹

ÖZET: Öncelikli amacı araçların konumunu takip etmek olan araç takip sistemlerinin teknolojik gelişmelere bağlı olarak son yıllarda birçok alanda kullanıldıkları görülmektedir. Gerçek zamanlı araç takibi ile araçların güvenliği, toplu taşıma sistemlerinin izlenmesi, filoların yönetimi gibi birçok uygulama gerçekleştirilmektedir. Ayrıca, küresel boyutta yollardaki araç sayısı da hızla artmaktadır. Bu nedenle, Global Konumlandırma Sistemini (GPS) ve Mobil İletişim için Global Sistem (GSM) kullanarak araçların takip sistemlerinin geliştirilmesi ile araçların konumlarına kolay bir şekilde ulaşılabilir. Bu çalışmada, GSM/GPRS ve GPS teknolojileri yardımıyla kullanışlı bir araç takip ve hız ölçüm sistemi önerilmiştir. Önerilen sistemde, öncelikle tasarlanan devre üzerinde GPS ile aracın konum bilgisi alınarak GSM modülü üzerinden bir web sunucusuna aktarılmaktadır. Sonraki aşamada, web sunucusuna gelen bilgiler bağlı bir web servis aracılığıyla, web ve mobil uygulamalara aktarılarak, aracın konumu harita üzerinde izlenebilmektedir. Ayrıca, sistemde belirli aralıklarla alınan konum bilgileri arasındaki mesafe ve zaman parametreleri kullanılarak, aracın hız bilgisi de gerçek zamanlı belirlenebilmektedir. Yürütülen test işlemlerinde, hareket halindeki bir araç içerisinde gerçek zamanlı olarak gerçekleştirilen 8 farklı hız değerinin ölçüm sonucu karşılaştırmasına göre, önerilen sistem ile ölçülen iki hız değerinin arasında mutlak ortalama hata 1.51 km/s olarak hesaplanmıştır. Ek olarak, önerilen sistem ile aracın tam konum bilgisi belirlendikten sonra, kullanıcı SMS ile bilgilendirilebilmektedir. Sonuç olarak, geliştirilen gerçek zamanlı araç takip sistemi özellik, işlevsellik ve maliyet bakımından mevcut çözümlerle karşılaştırıldığında daha avantajlı bir altyapı sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Araç takip sistemleri, konum tespiti, GPS, GSM, GPRS, araç hız ölçümü

Design of Real Time Vehicle Speed Measurement and Tracking System

ABSTRACT: Vehicle tracking systems, whose primary objective is to monitor the location of vehicles, is used in many areas in recent years due to technological developments. Many applications such as safety of vehicles, monitoring of public transportation systems, fleet management are realized thanks to real-time vehicle tracking. In addition, the number of vehicles on the roads is rapidly increasing globally. Therefore, development of vehicle tracking systems using the Global Positioning System (GPS) and the Global System for Mobile Communication (GSM) can be easily reached to location of vehicles. In this study, a useful vehicle tracking and speed measurement system proposed using GSM/GPRS and GPS technologies. In the proposed system, firstly, the location information of the vehicle is received via GPS on the designed circuit and transmitted to a web server via GSM module. In the next stage, the information coming to the web server can be transferred to the web and mobile applications using a connected web service and the location of the vehicle can be monitored on the map. Furthermore, the speed information of the vehicle can be determined in real time using the distance and time parameters between the position information received at certain intervals in the system. According to the comparison of the measurement results of 8 different speed values carried out in real time in a moving vehicle, the absolute average error between the two speed values measured using the proposed system is 1.51 km / h. Moreover, after the certain location information of the vehicle is determined using the proposed system, the user can be informed by SMS. As a result, the improved real-time vehicle tracking system offers a more advantageous infrastructure that can be used in real time compared to existing solutions in terms of feature, functionality and cost.

Keywords: Vehicle tracking system, location determination, GPS, GSM, GPRS, vehicle speed measurement

¹ Emre DANDIL (Orcid ID: 0000-0001-6559-1399), Esra DEMİR (Orcid ID: 0000-0003-3603-8425), Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Bilecik, Türkiye

*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Emre DANDIL, e-mail: emre.dandil@bilecik.edu.tr

GİRİŞ

Araç takip sistemleri hangi aracın, hangi zaman diliminde, nerede olduğunu görebilmek için ilk olarak ulaşım/taşıma endüstrisinde kullanılmıştır. Günümüzde, teknolojideki hızlı gelişmelere paralel olarak, otomatik araç takip sistemleri, gerçek zamanlı olarak araçların konumlarını takip etmek ve görüntülemek gibi birçok farklı amaç için kullanılmaktadır (Lee ve ark., 2014). Araç takip sistemlerinde temel amaç, özel hedef olarak belirlenmiş bir aracı veya diğer nesnelere izlemektir. Araca entegre edilmiş izleme cihazları sayesinde, aracın konum, hız gibi bilgileri GPS ve GSM teknolojileri üzerinden, izlemenin veya takibin yapılacağı sunucu sisteme aktarılmaktadır. Araç takip sistemleri ile bir filo takibi yapılabileceği gibi özel araç, motosiklet, otobüs, tren ve uzun araçların takibi yapılabilmektedir. Bir araç takip sistemi, filo yönetim sistemlerinde bulunması gereken en temel gerekliliklerden birisidir. Filo yönetim sistemleri, bir şirketin kaliteli ve etkili endüstri süreçlerinin oluşması için taşımacılık alanındaki hizmetlerinin yönetilmesini sağlamaktadır. Bu hedefe ulaşmak için, filonun yol güzergâhı üzerinde oluşabilecek tıkanıklıkların hızlı bir müdahale ile giderilmesi ve filonun konumunun gerçek zamanlı olarak bir harita üzerinde izlenebilmesi gerekmektedir (Al-Khedher, 2012). Araç takip sistemlerinin birçoğu GPS ve GSM teknolojileri kullanılarak tasarlanmaktadır (Tarapiah ve ark. 2013). Araç takip sistemlerinde, bir aracın anlık konum bilgisi en önemli bileşendir. Dünya üzerinde herhangi bir yerdeki konum ve zaman bilgileri ise GPS teknolojileri kullanılarak elde edilmektedir (Muruganandham ve Mukesh, 2010).

Araç takip sistemlerinde, kablosuz bir şekilde verilerin aktarılması için GSM ve SMS teknolojilerinden yaygın olarak yararlanılmaktadır. Araç takip sistemlerinde SMS, hem maliyetinin düşük olması hem de kolay olması nedeniyle, genellikle bir aracın konum bilgisini kullanıcıya bildirmek için kullanılmaktadır. Bu çalışmada ise araçların takip ve izlenmesini sağlamak için SMS bilgisinin yanında, harita ile desteklenmiş mobil ve web tabanlı uygulamalar da geliştirilmiştir. Sistemde, GPS modülünden alınan bilgiler bir Arduino mikrodenetleyici tarafından işlenerek, aracın takibinin ve izlenmesinin yapılacağı Google haritalar üzerinde işaretleme yapılabilen mobil ve web tabanlı uygulamalara aktarılmaktadır.

Araç bulundurma veya kullanmaya bağlı olarak trafik kazası, aracın çalınması, araçta arıza meydana gelmesi, aracın doğal afete maruz kalması gibi birçok sorun ortaya çıkabilmektedir. En önemli trafik sorunlarından birisi de hız yapılmasından dolayı trafik kazalarının oluşmasıdır. Sürücüler yolda aşırı hız yaparak hem kendi hayatını hem de başkalarının hayatlarını tehlikeye atabilmektedirler ve bu nedenle can ve mal kaybı meydana gelebilmektedir (Tercan ve Beşdok, 2018). Bu sorunlar göz önüne alındığında, bu sorunların ortadan kaldırılması için aracın izlenmesi, çevrimiçi takip edilmesi gibi öneriler çözüme katkı sunulabilir.

Araç takip sistemleri araçların GPS uyduları sayesinde sürekli olarak internete bağlı bir bilgisayar, akıllı telefon, tablet gibi mobil cihazlar üzerinden anlık olarak takip ve kontrol edilmesini sağlayan sistemlerdir. Araç takip sistemleri genel olarak GPS, GSM/GPRS, sayısal haritalar ve özel yazılımlardan oluşan bir mimari içerisinde çalışmaktadır. Araçlara uygun bir yere takılan mobil veri takip cihazları, GPS uydularından aldıkları zaman, uydunun yörüngedeki konum ve hız bilgisini GSM/GPRS şebekesi üzerinden kontrol ve iletişim merkezine aktarmaktadır. Gelen bu bilgiler geliştirilen uygulama yazılımları ile derlenir ve sunucular üzerindeki veri tabanına kaydedilir. Kullanıcı tarafında ise yine mobil ve web tabanlı uygulama yazılımları sayesinde araçlar, internete bağlı bir bilgisayar, akıllı telefon ve diğer mobil cihazlar ile anlık olarak izlenebilir. Araç Takip Sistemlerinin genel çalışma altyapısı ve mimarisi Şekil 1’ de gösterilmiştir.



Şekil 1. Araç takip sistemlerinin genel mimarisi ve çalışma prensibi

Araç takip sistemlerinin kullanılma amaçlarından birisi de araçların hızlarının kontrol edilmesi gerekliliğidir. Yüksek hızda trafikte seyreden bir araç, durmasını gerektiren bir engelle karşılaştığı zaman, durmak için normale göre daha fazla mesafeye ihtiyaç duymaktadır. Araçlar da hız arttıkça aracın kontrol edilmesi o oranda güçleşmektedir. Bu durum bazı hallerde çevresel koşullarla birleşerek trafik kazalarına yol açabilmektedir. Buna benzer durumlarda, araçların hızlarının uzaktan izlenmesi, şoförlerin hız kurallarına daha fazla dikkat etmesini sağlayacaktır.

Araç takip sistemleri, dünyada konum takibi, hırsızlığa karşı izleme, filo takibi ve akıllı ulaşım sistemleri gibi birçok alanda kullanılmaktadır. Lau, (2013), otobüs takibi için önerdiği çalışmasında, öğrencileri taşımak için belirli bir rota izleyen eden otobüslerin takibini sağlamıştır. Öğrencilerin otobüsteki durumları tasarlanan bir LED panel ve mobil uygulama yazılımı ile görselleştirilmiştir. Hırsızlığa karşı geliştirilen takip sistemleri, araca yetkisiz kişilerin ulaşması ve kaçırılmalarını önlemek amacıyla kullanılmaktadır. Ramadan ve ark., (2012), çalışmalarında GSM ve GPS teknolojileri desteklenmiş, bu doğrultuda bir öneri sunmuşlardır. Önerilen sistemde araca yetkisiz girişler yapıldığında ve motoru çalıştırıldığında araç sahibi SMS ile bilgilendirilmektedir. Ayrıca aracın on anki konumu harita ile desteklenmiş bir uygulama ile izlenebilmektedir. Son yıllarda ise sosyal paylaşım platformları üzerinde sunulan bir web tabanlı servis altyapısı ile araçların takibi ve uzaktan komutlarla yönlendirilmesi de sağlanabilmektedir.

Literatürde bu konuda farklı teknolojiler kullanılarak yapılmış birçok çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmalarda farklı amaçlar var olsa da, geliştirilen devre ve yazılım çözümlerinin benzer yapıda olduğu görülmektedir. Bunlardan birisinde Ramani ve ark., (2013), çalışmalarında GSM ve GPS teknolojileri ile araç takip ve uzaktan kilitleme sistemi önermişlerdir. Bir başka çalışmada ise Chadil ve ark., (2008), GPS, GPRS ve Google Haritalar kullanarak gerçek zamanlı takip sistemi geliştirmişlerdir. Almomani ve ark., (2011), çalışmalarında, sürücülerin davranışlarını takip etmek amacıyla bir araç takip sistemi önermişlerdir. Mobil uygulamalar ile desteklenen çalışmada, GPS, GSM, GPRS teknolojileri ve SMS altyapısı da bulunmaktadır (Wang ve ark., 2016). Wang ve ark., (2016), çalışmalarında, yol üzerinde araç tespiti ve takibine yönelik olarak bir radar sistemi önermişlerdir (Özerdem ve Cengiz, 2018). Özerdem ve Cengiz, (2018), çalışmalarında, düşük maliyetli bir araç takip sistemi geliştirmişlerdir. Bir başka çalışmada Zein ve ark., (2018), belirlenen bir yörüngede hareket eden otonom olarak tasarlanan araçların takibi için GPS destekli bir mekatronik sistem önermişlerdir. Araç takibi konusunda sunulan bir başka çalışmada (Anandhalli ve Baligar, 2018), Raspberry Pi ve

kamera yardımıyla gerçek zamanlı bir yaklaşım geliştirilmiştir. Cui ve ark., (2019), ise çalışmalarında, lidar sensörü kullanarak yollarda otomatik araç takip sistemi geliştirmişlerdir.

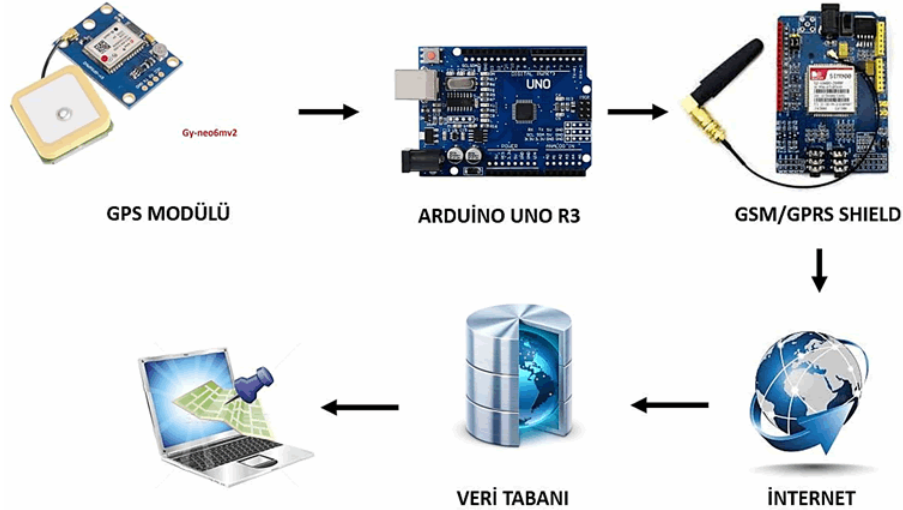
Bu çalışmada, kullanıcılara daha etkili servis ve maliyet hizmetleri sunmak için, mobil ve web uygulamaları destekli GPS/GSM/GPRS teknolojileri kullanılarak geliştirilmiş bir araç takip sistemi önerilmiştir. Çalışmada önerilen araç takip sistemi aşağıdaki özellikleri sağlayacak şekilde geliştirilmiştir.

- GPS ve GSM modülleri kullanarak geliştirilen ve araç içine yerleştirilen bir cihaz ile gerçek zamanlı olarak aracın coğrafi konum ve hız bilgilerinin alınması,
- Aracın konum ve hız bilgilerinin belirli zaman aralıklarında web sunucularına aktarılması,
- Aracın konum bilgilerinin tasarlanan bir veri tabanında tutulması,
- Yer ve zaman kısıtları olmadan, geliştirilen mobil ve web tabanlı uygulamalar ile haritalar üzerinde aracın konumunun gerçek zamanlı takip edilmesi ve izlenmesi,
- Önerilen sistem ile aracın tam konum bilgisi belirlendikten sonra, kullanıcının SMS ile bilgilendirilebilme desteğinin olması

MATERYAL VE YÖNTEM

Tasarlanan Sistemin Mimarisi

Çalışmada gerçek zamanlı olarak, araç içerisine yerleştirilen devre içerisinde bulunan GPS modülü uydudan alınan konum bilgisine ulaşmaktadır. GPS modülü uydudan enlem/boylam bilgisini alarak Arduino UNO R3 mikrodenetleyicisine aktararak aracın hareket halinde aldığı mesafe ve hız hesaplanmıştır. Aynı zamanda GPS üzerinden alınan konum bilgisi ve hesaplanan hız bilgisi web servis aracılığı ile veri tabanına kaydedilerek web sitesi üzerindeki haritaya eklenerek anlık çekilmekte ve konum bilgisi sürekli yenilenmektedir. Çalışma kapsamında araçların takibi ve hız ölçümü için tasarlanan devrenin sistematik blok diyagramı Şekil 2’de gösterilmiştir.



Şekil 2. Araçların takibi ve hız ölçümü için tasarlanan devrenin sistematik blok diyagramı

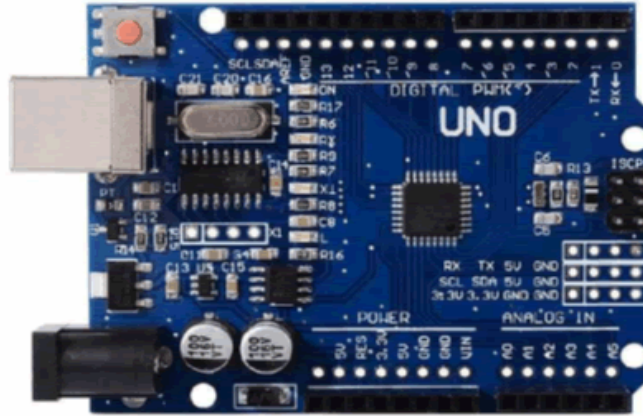
Donanımsal Altyapı

Araç takibi ve gerçek zamanlı hız ölçümü için tasarlanan sistemde, Arduino UNO R3 mikrokontrolcü, GY-NEO6MV2 GPS donanımı ve SIMCom SIM900 GSM/GPRS modülü kullanılarak oluşturulan devrenin fiziksel bağlantıları gerçekleştirilmiştir.

Arduino UNO R3 mikrodenetleyicisi

Arduino bir giriş-çıkış kartı olup, Atmel'in AVR tabanlı mikrodenetleyicileri üzerine kurulmuş bir fiziksel programlama platformudur. Arduino giriş ve çıkışları kullanılarak, çevre birimlerin kontrol edilmesini sağlayan programlar geliştirilebilmektedir. Arduino kartlarının donanım yapısında, bir adet Atmel AVR mikrodenetleyicisi bulunmakta olup, programlama yapabilme ve diğer çevre birimleri ile bağlantılar için yardımcı elemanlar bulunmaktadır (Dandil ve Gültekin, 2017).

Arduino kartlarının donanım özelliklerine göre yapıları birbirlerinden farklı olan çeşitleri bulunmaktadır. Bu çalışmada, araç takip sisteminin kontrolü için Arduino UNO R3 geliştirme kartı kullanılmıştır. Arduino UNO mikro kontrolcü kartında 14 sayısal giriş ve çıkış pini ile 6 analog giriş bulunmaktadır (Ferdoush ve Li, 2014). Atmega 328 tabanlı Arduino UNO R3 mikrodenetleyicisi araç takip sisteminin merkezi işlem birimi olarak görev yapmaktadır. Arduino kartı üzerine monte edilen GPS ve GSM/GPRS modüllerini kullanarak giriş-çıkış operasyonlarını yürütebilmektedir. Sistemin devresini kontrol etmek için geliştirilen C programlama dili tabanlı program parçası derlenerek, mikrodenetleyicinin belleğine aktarılmaktadır. Arduino UNO R3 mikrodenetleyici kartının donanımsal yapısı Şekil 3' te sunulmuştur.

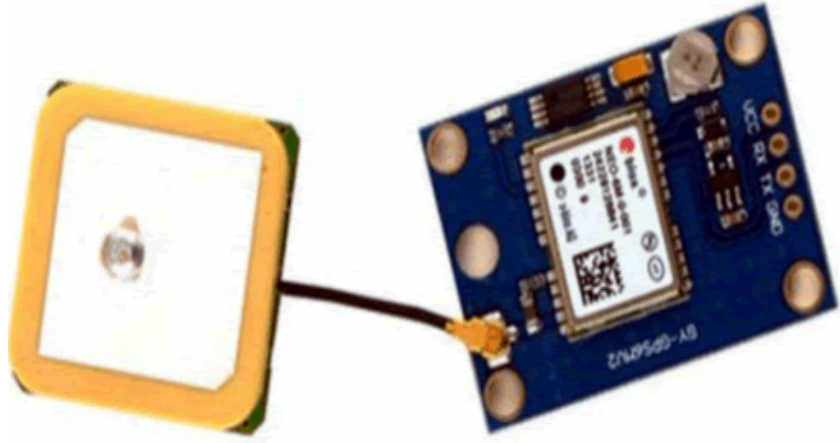


Şekil 3. Arduino UNO R3 mikrodenetleyici kartı

GPS (Global Positioning System) modülü

GPS askeri servisler için başlatılan, ancak daha sonra ticari faaliyetler için de izin verilen Birleşik Devletlerin 24 tane uydu ağından oluşan bir sistemdir. Uydular, GPS alıcıları için periyodik olarak kısa dalga radyo sinyalleri yayarlar. Bir GPS alıcısı mesafe hesabı için birinci seçenek olarak, en az üç uydudan sinyal alır ve bu hesaplama için iki boyutlu düzlemde (enlem ve boylam) üçgen tekniğini kullanır. İkinci seçenek olarak ise, en az dört uydudan sinyal alarak üç boyutlu düzlemde (enlem, boylam ve rakım/yükselti) hesaplama yapar (Chadil ve ark., 2008). Konum hesaplandıktan sonra, ortalama hız ve hareket yönü de bulunabilir. Bu yüzden, GPS nesnelerin konum bilgilerinin hesaplanması için anahtar bir rol oynar.

Çalışmada konum almak için GY-NEO6MV2 GPS donanım modülü kullanılmıştır. Bu GPS modülü; UART haberleşme arayüzü ile kolay kullanılabilen, yerleşik bataryası bulunan ve 9600 Kbps veri hızına sahip bir donanım bileşenidir. Çalışmada kullanılan GPS donanım modülü Şekil 4'te gösterilmiştir.



Şekil 4. GY-NEO6MV2 GPS modülü

GSM/GPRS modülü

GSM/GPRS modülü, GPS teknolojisinden alınan konum bilgisini GSM altyapısı tarafından sağlanan GPRS servisi kullanarak web sunuculara belirli aralıklarla aktarmak için kullanılır. Ayrıca bu modül üzerine takılan bir SIM kart ile internete bağlantı sağlanabilmekte, sesli aramalar yapılabilmekte ve kısa mesaj (SMS) gönderilip alınabilmektedir. Bu çalışmada GPS modülünden gelen konum bilgileri, SIMCom SIM900 GSM/GPRS modülü ile sunucu veri tabanlarına kaydedilmektedir. SIMCom SIM900 modülü, GSM bünyesindeki frekanslarda çalışabilen çift bantlı bir yapıya sahiptir (Salim ve Idrees, 2013). Çalışmada kullanılan GSM modülü Şekil 5’te sunulmuştur.

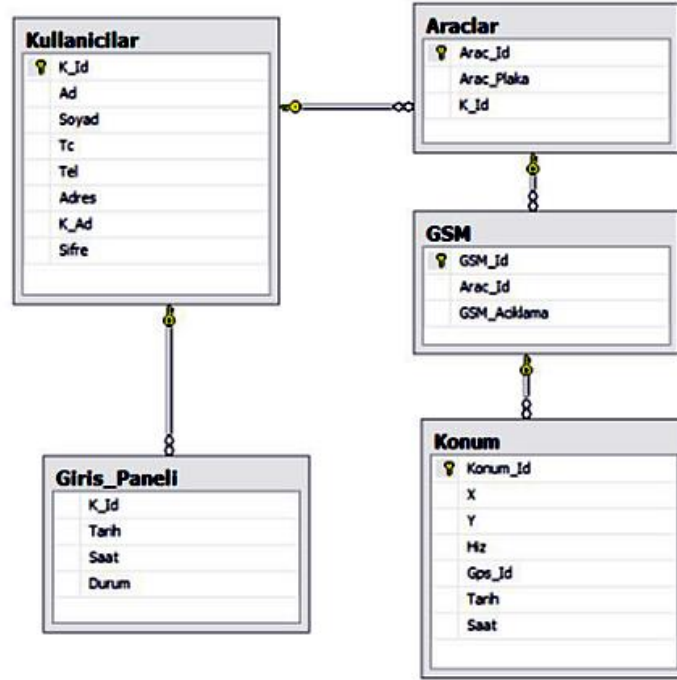


Şekil 5. SIMCom SIM900 GSM/GPRS modülünün donanımsal yapısı

Yazılımsal Altyapı

Sistem veri tabanı

Araç takibi ve hız ölçümü için önerilen sistemde GPS modülünden alınan konum bilgilerinin ve hesaplanan hız bilgisinin mobil ve web uyumlu uygulamalar tarafından bir web servis aracılığıyla kullanılabilmesi için bir veri tabanı gerekmektedir. Bu işlemler için MS SQL Server veri tabanı yönetim sistemi ile oluşturulan veri tabanına ait ilişkiyel diyagram Şekil 6’ da gösterilmiştir.



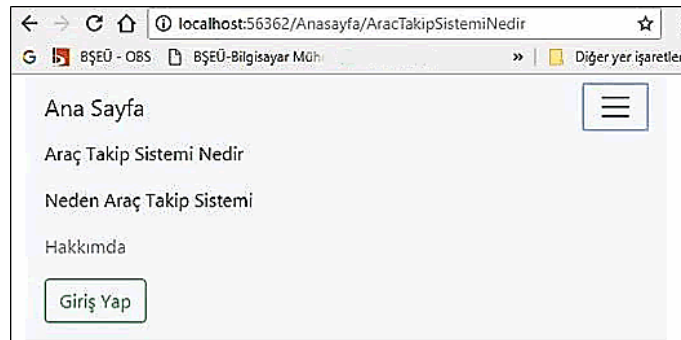
Şekil 6. MS SQL Server ile oluşturulan sisteme ait veri tabanı

Mobil ve masaüstü uyumlu web tabanlı takip uygulamaları

Çalışma kapsamında harita üzerinde araçların takibinin yapılabilmesi için MVC (Model-View-Controller) mimari örüntüsü ile hem masaüstü hem de mobil cihazlara uyumlu web uygulamaları geliştirilmiştir. Ayrıca geliştirilen uygulamalar bootstrap CSS altyapısı ile masaüstü, tablet, mobil cihaz ve tüm tarayıcılara uyumlu web siteleri haline getirilmiştir. Önerilen araç takip sistemi kapsamında hem masaüstü hem de mobil uyumlu web uygulamaları Şekil 7 ve Şekil 8’de sunulmuştur.



Şekil 7. MVC mimarisi ile geliştirilen masaüstü cihazlar ile uyumlu web sitesi uygulaması

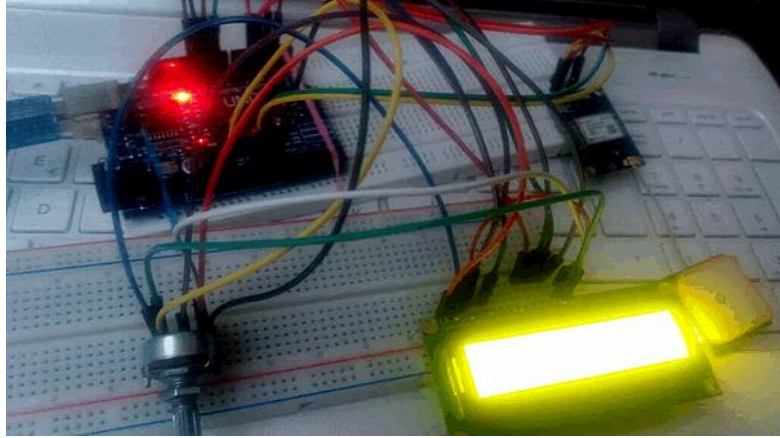


Şekil 8. MVC mimarisi ile geliştirilen mobil cihaz uyumlu web sitesi uygulaması

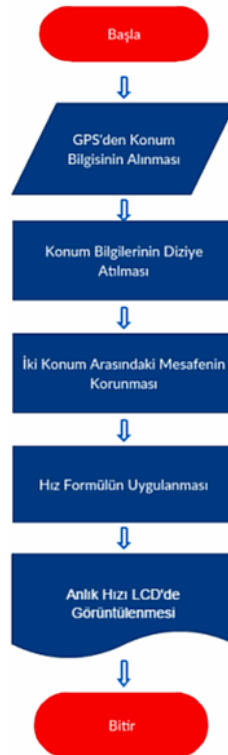
BULGULAR VE TARTIŞMA

Araç Takip ve Hız Ölçüm Sistemi

Çalışma kapsamında, gerçek zamanlı araç takibi ve hız ölçüm sistemi için Arduino mikro kontrolcü, GPS ve GSM modülleri kullanılarak tasarlanan devrenin fiziksel bağlantılarının yapılmış hali Şekil 9'da gösterilmiştir. Aynı zamanda aracın konum bilgisinin alınması ve hız ölçümünün yapılması için oluşturulan akış diyagramı Şekil 10'da gösterilmiştir.



Şekil 9. Devrenin fiziksel bağlantılarının yapılmış hali



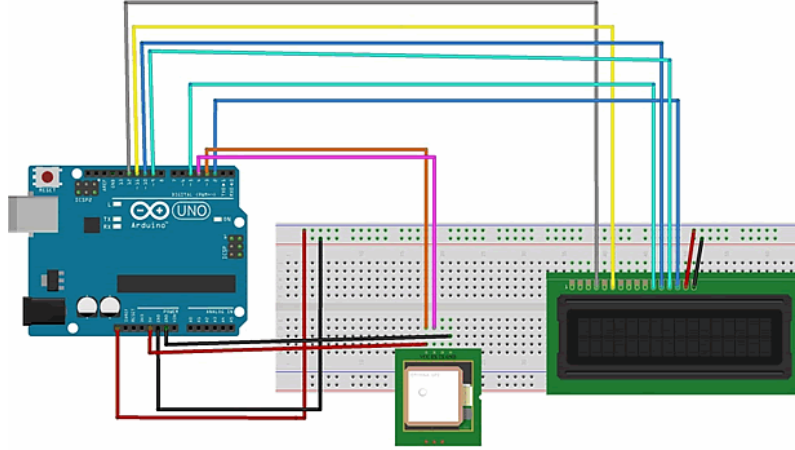
Şekil 10. Aracın konum bilgisinin alınması ve hız ölçümünün yapılması akış diyagramı

Tasarlanan sistemde ilk olarak Arduino UNO R3 mikrodenetleyicisi ile GPS modülünün fiziksel bağlantıları yapılmıştır. Daha sonrasında gerekli kod parçacıkları oluşturularak GPS modülü ile uydudan enlem ve boylam bilgileri elde edilmiştir. Alınan konum bilgisi, internete çıkışı sağlanan GSM/GPRS modülü ile masaüstü ve mobil uyumlu web uygulamalarındaki haritalar üzerinde gösterilmek amacıyla yazılan bir web servis ile http aracılığıyla veri tabanına kaydedilmiştir. Veri

tabanındaki konum bilgileri web uygulamaları tarafından alınarak belli aralıklarla aracın anlık konumu harita üzerinde işaretlenmiştir. Ayrıca uydudan alınan konum bilgileri sayesinde hareket eden aracın 5 saniye süresince aldığı mesafe ölçülerek araç hareket halinde iken anlık hızı hesaplanarak devre üzerindeki LCD ekran üzerinde gösterilmiştir.

Araç takip sistemi

Aracın konum bilgisinin alınabilmesi için tasarlanan devrede Arduino mikrodenetleyisi, GPS modülü ve LCD ekranın bağlantıları Şekil 11'deki gibi olmalıdır. Arduino UNO R3 ile GPS modülünün pin bağlantıları ise Çizelge 1'deki gibi yapılmalıdır.



Şekil 11. Konum bilgisinin alınması için tasarlanan devre bağlantıları

Çizelge 1. Arduino UNO R3 ile GPS modülünün pin bağlantıları

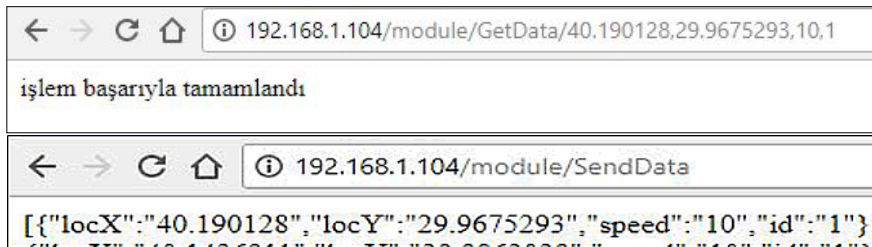
Arduino UNO R3 Pin	GPS Modül Pin
+5 V	VCC
Pin 3	Pin RX
Pin 4	Pin TX
GND	GND

Devrenin bağlantıları yapıldıktan sonra GY-NEO6MV2 GPS modülü ile Arduino mikrodenetleyicisi için yazılan uygulama yazılımı kullanılarak konum bilgileri alınmıştır. GPS modülü ile alınan konum bilgilerinin bir kısmı Şekil 12'de sunulmuştur. Alınan konum bilgisinin doğruluğu teyit edildikten sonra 1 saniye aralıkla konum bilgisinin sürekli alınmasına devam edilmektedir. Bu enlem ve boylam değerlerinin iki konum arasındaki mesafeyi ölçmek için bir dizi içerisinde saklanması sağlanmıştır. Dizi içerisine 5 saniyelik periyotlar ile yeni konum bilgisi alınmaktadır. Dizi işlemlerinde ilk giren ilk çıkar temeline dayanan kuyruk veri yapısı mantığı kullanılmıştır. Alınan ilk konum dizinin birinci ayrılan bölümünde tutulmaktadır daha sonra alınan yeni bir konum ikinci ayrılan bölümde tutulmaktadır. Periyotlar ile alınan konum bilgileri ikinci bölümden birinci bölüme aktarılıp, ikinci bölüm boş bırakılarak yeni alınan konum bilgisini almaktadır. Böylece ilk giren ilk çıkar algoritması ile bir kaydırma işlemi yapılır. Sürekli konum bilgisi yenilenerek son iki konum bilgisi bellekte saklanmaktadır.

Sats	HDOP	Enlem (deg)	Boylam (deg)	Fix	Zaman	Tarih	GPS'den	Kurs	Uzaktan Ders	Kart	Kare	CÂmle	Sorğular	Fail
4	214	40.172454	29.974874	237	05/19/2017 11:53:11	358	581.60	316.29	5.91	NW	2625	308.77	NW	467 2 0
4	214	40.172451	29.974863	262	05/19/2017 11:53:12	377	583.10	316.29	1.11	NW	2625	308.77	NW	859 4 0
4	214	40.172439	29.974851	266	05/19/2017 11:53:13	382	585.40	316.29	0.22	NW	2625	308.77	NW	1259 6 0
4	214	40.172435	29.974851	280	05/19/2017 11:53:14	395	587.40	316.29	0.19	NW	2625	308.77	NW	1659 8 0
4	214	40.172431	29.974849	282	05/19/2017 11:53:15	398	587.90	316.29	0.74	NW	2625	308.77	NW	2059 10 0
4	215	40.172431	29.974851	294	05/19/2017 11:53:16	409	588.40	316.29	0.24	NW	2625	308.77	NW	2485 12 0
4	215	40.172431	29.974845	301	05/19/2017 11:53:17	417	588.80	316.29	1.89	NW	2625	308.77	NW	2911 14 0
4	215	40.172435	29.974826	300	05/19/2017 11:53:18	422	589.30	310.37	7.11	ENE	2625	308.77	NW	3365 16 0

Şekil 12. GPS modülü ile konum bilgilerinin alınması

GPS modülü ile konum bilgisi alındıktan sonra bu konum bilgisinin web uygulamaları tarafından alınabilmesi için, veri tabanına kaydedilmesi gerekmektedir. Web servisler, http protokolünün kullanımını hizmet sağlayan yapılardır. Bu çalışmada da bir http link üzerinden gönderilen enlem, boylam, hız ve GSM'e ait kimlik numarasını GSM modülü ile veri tabanına kaydeden bir web servis yazılmıştır. Şekil 13'te gösterildiği gibi bilgisayarın aldığı ip adresi ile *ipadres/module/GetData/enlem,boylam,hız,kimlik adresi* çalıştırıldığında gönderilen bilgiler web servis ile MS SQL Server ile oluşturulan veri tabanına kaydedilmektedir. Web servis ile veri tabanına kaydedilen bilgiler Şekil 14'te gösterilmiştir.

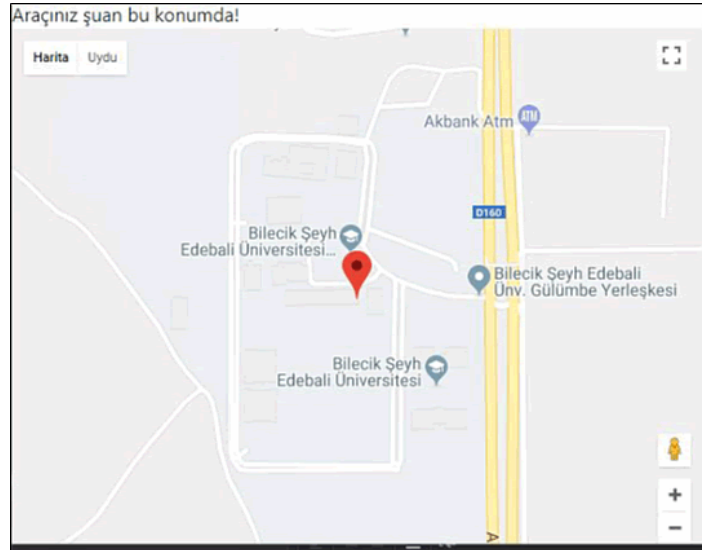


Şekil 13. Web servis ile verilerin veri tabanına gönderilmesi

ID	X	Y	Hiz	Gps_Id	Tarih
15	40.1899102	29.9669259	20	1	2018-04-27 02:36:25.767
16	40.190128	29.9675293	10	1	2018-04-27 02:40:25.010

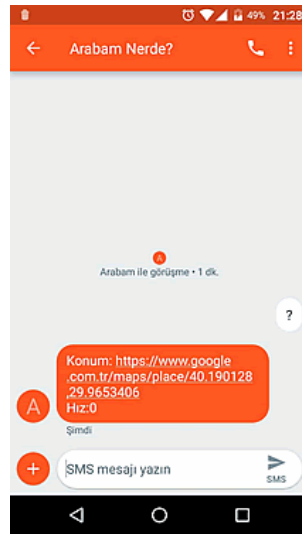
Şekil 14. Web servis ile verilerin veri tabanına kaydedilmesi

Araçtan GPS modülü ile alınan konum bilgisi GSM modülü ve web servis aracılığıyla veri tabanına kaydedildikten sonra mobil ve masaüstü uyumlu web uygulamaları üzerindeki Google haritalar üzerinde işaretlenmektedir. Mobil ve masaüstü uyumlu web uygulamalarında kullanıcı girişi yapıldıktan sonra Şekil 15'te gösterildiği gibi alınan bir konuma göre harita üzerinde aracın konumunun işaretlenmesi gösterilmiştir.



Şekil 15. Araç konumunun Google harita üzerinde işaretlenmesi

Geliştirilen sistemde, ayrıca aracın konumu ile ilgili olarak kullanıcıya Şekil 16’ da olduğu gibi istenirse belli zaman aralıklarında otomatik olarak, istenirse GSM/GPRS modülüne “Arabam Nerede?” sorusu gönderildiğinde aracın konumu kısa mesaj da (SMS) iletebilmektedir.



Şekil 16. Aracın konumu ile ilgili kullanıcıya SMS gönderilmesi

Araç hız ölçümü

Konumu belirlenen bir araçta hız ölçümü yapabilmek için, hareket halindeki bir aracın ilerlediği mesafenin ölçülmesi gerekmektedir. Bunun için aracın son bulunduğu iki konum arasındaki mesafenin ölçümünün yapılması sağlanmalıdır. Bunun için Eşitlik 1’de verilen Öklid mesafe ölçümünden yararlanılmıştır. Bu eşitlikte d iki konum arasındaki mesafenin ölçümünü göstermektedir.

$$d = \sqrt{(\text{Son Enlem} - \text{ilk Enlem})^2 + (\text{Son Boylam} - \text{ilk Boylam})^2} \quad (1)$$

Hareket halinde sürekli değişen konum bilgilerinin sayesinde ölçülen mesafe bilgileri ile aracın kat edilen yol bilgisi ve zaman bilgisi (5 saniye) ile hareket halindeki aracın o anki hız bilgisine ulaşılmıştır. Eşitlik 2’de verildiği gibi aracın hızı, iki konum arası hesaplanan mesafesinin periyodik konum bilgisinin alınma süresine bölünerek hesaplanmaktadır. Bu eşitlikte V araç hızını temsil etmektedir.

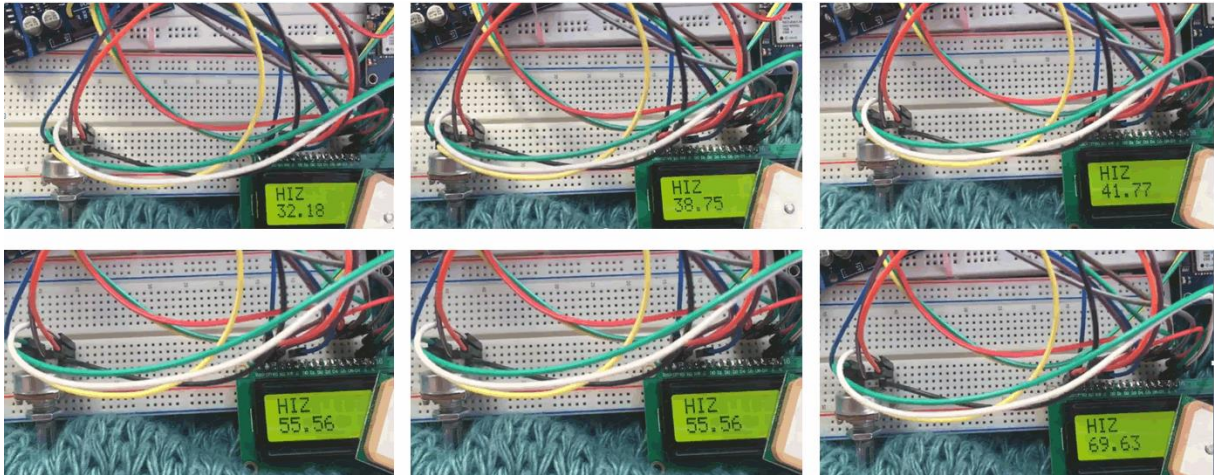
Gerçek Zamanlı Araç Hız Ölçümü ve Takip Sistemi Tasarımı

$$V = \frac{\text{iki konum arası mesafe (d)}}{\text{zaman (periyodik konum alma süresi)}} \quad (2)$$

Arduino UNO R3 ile GPS modülünden alınan konum bilgilerine göre aracın aldığı mesafe ve gerçek zamanlı olarak hızının hesaplanması ile ilgili sonuçlar Şekil 17’ de sunulmuştur. Tasarlanan devre ile LCD ekran üzerinde görüldüğü gibi araç içerisinde bir aracın gerçek zamanlı olarak hız ölçüm sonuçları Şekil 18’ de sunulmuştur.

Sats	HDOP	Enlem (deg)	Boylam (deg)	Fix	Age	Zaman	Tarih	Age	GPS'den	Kurs	Uzaktan Ders	KartA	Kare	CÄeme	SorgularA	Fail					
													---	HÄzÄ	KartÄ	--	to London	----	RK	RK	
													63	0				1			
LAT[0]=	*****	LAT[1]=	*****	LNG[0]=	*****	LNG[1]=	*****	MESAFE=	*****	HIZ=	*****										
7	117	40.171936	29.974922	342	05/19/2017	12:35:55	466	606.70	135.85	59.47	W	2625	308.77	NW	2478	10	1				
LAT[0]=	0.000000	LAT[1]=	40.171936	LNG[0]=	0.000000	LNG[1]=	0.000000	MESAFE=	0.000000	HIZ=	0.000000										
7	117	40.171344	29.975496	357	05/19/2017	12:36:00	481	609.40	147.75	59.54	NNE	2625	308.77	NW	4893	20	1				
LAT[0]=	40.171936	LAT[1]=	40.171344	LNG[0]=	29.974922	LNG[1]=	29.974922	MESAFE=	0.000824	HIZ=	59.376411										
6	165	40.170703	29.975976	379	05/19/2017	12:36:05	504	612.40	153.68	59.17	WSW	2625	308.77	NW	7288	30	1				
LAT[0]=	40.171344	LAT[1]=	40.170703	LNG[0]=	29.975496	LNG[1]=	29.975496	MESAFE=	0.000801	HIZ=	57.715160										
7	117	40.170032	29.976333	390	05/19/2017	12:36:10	514	613.70	160.07	53.62	SSE	2625	308.77	NW	9693	40	1				
LAT[0]=	40.170703	LAT[1]=	40.170032	LNG[0]=	29.975976	LNG[1]=	29.975976	MESAFE=	0.000760	HIZ=	54.772895										
6	164	40.169376	29.976615	407	05/19/2017	12:36:15	531	613.30	166.20	57.32	ENE	2625	308.77	NW	12086	50	1				
LAT[0]=	40.170032	LAT[1]=	40.169376	LNG[0]=	29.976333	LNG[1]=	29.976333	MESAFE=	0.000714	HIZ=	51.460807										
7	117	40.168724	29.976734	418	05/19/2017	12:36:20	541	611.00	176.10	49.39	NRW	2625	308.77	NW	14491	60	1				
LAT[0]=	40.169376	LAT[1]=	40.168724	LNG[0]=	29.976615	LNG[1]=	29.976615	MESAFE=	0.000663	HIZ=	47.762657										
7	117	40.168106	29.976774	436	05/19/2017	12:36:25	560	606.00	175.93	50.50	NW	2625	308.78	NW	16914	70	1				
LAT[0]=	40.168724	LAT[1]=	40.168106	LNG[0]=	29.976734	LNG[1]=	29.976734	MESAFE=	0.000619	HIZ=	44.616546										
7	117	40.167449	29.976833	449	05/19/2017	12:36:30	573	601.50	176.23	53.02	NRW	2625	308.78	NW	19331	80	1				
LAT[0]=	40.168106	LAT[1]=	40.167449	LNG[0]=	29.976774	LNG[1]=	29.976774	MESAFE=	0.000659	HIZ=	47.463024										

Şekil 17. Gerçek zamanlı olarak aracın hız bilgisinin hesaplanması



Şekil 18. Tasarlanan devre üzerinde gerçek zamanlı araç hızının ölçümü (ölçülen hızın birimi: km/s)

Çizelge 2’de aracın gerçek hızı ve tasarlanan sistem ile yapılan hız ölçüm sonuçları verilmiştir. Bu sonuçlardan da görülebileceği gibi ölçülen hız değeri ile aracın gerçek hız değerinin birbirine yakın olduğu görülmektedir. Çalışmada, LCD ekranda her bir hız ölçüm değeri 5 saniye tutulmaktadır Araç hız ölçüm testleri, gerçek zamanlı olarak araç içerisinde 10 kez yapılmıştır. Her bir test işleminde benzer ölçümlerin yapıldığı görülmüştür. Bu test işlemlerinde ölçülen son 8 farklı hız sonucu karşılaştırmasına göre, iki hız değerinin arasında mutlak ortalama hata 1.51 km/s olarak hesaplanmıştır. Ayrıca, önerilen sistemde ortalama karesel hataları gösteren ve Eşitlik (3)’e göre hesaplanan RMSE (Root Mean Squared Error) değeri ise 1.87 olarak bulunmuştur. Ortalama hataların belirlenmesinde önemli bir kriter olan RMSE eşitliğinde N veri sayısını, v_1 ve v_2 ise bir önceki ve bir sonraki hızları temsil etmektedir.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (v_1 - v_2)^2} \quad (3)$$

Çizelge 2. Aracın gerçek hızı ve tasarlanan sistem ile yapılan hız ölçüm sonuçları

Aracın Gerçek Hızı (km/s)	Önerilen Sistemle Hesaplanan Hız (km/s)	Hata Oranı (km/s)
0	0	0
10	8.44	-1.56
20	19.51	-0.49
30	32.04	+2.04
35	35.24	+0.24
40	41.77	+1.77
50	53.19	+3.19
60	62.81	+2.81
 Mutlak Ortalama Hata 		1.51
RMSE		1.87

Her ne kadar literatürde bulunan araç hız ölçüm sistemlerinin, benzer altyapılar ve yöntemlerle hız ölçümü yapmadıkları için başarımlarını karşılaştırmalarının yapılması zor olsa da, bu çalışmada önerilen yöntem ve literatürde araç hız ölçümü için önerilen bazı çalışmaların kıyaslaması Çizelge 3'te sunulmuştur. Buradan da görülebileceği gibi, önerilen çalışma araç hız ölçümü ile ortaya çıkan hata değerleri kabul edilebilir düzeyde olduğu söylenebilir.

Çizelge 3. Araç hız ölçümü için önerilen literatür çalışmalarının karşılaştırılması

Çalışma	Ortalama Hata (km/s)	RMSE (km/h)	Maksimum Hata Tolerans Aralığı (km/s)
Tang vd. (Tang ve ark., 2018)	Belirtilmemiş	6.59	Belirtilmemiş
Luvizon vd. (Luvizon ve ark., 2016)	-0.5	1.36	[-4.68, +6.00]
Önerilen sistem	1.51	1.87	[-1.56, +3.19]

GSM/GPRS teknolojisi çalışmamızda, kullanıcıların SMS ile bilgilendirilmesi ve aracın elde edilen hız, konum gibi bilgilerinin web ve mobil uygulama yazılımlarında gösterilmek üzere, veri tabanına kaydedilmesi için kullanılmaktadır. Önceki bölümlerde bahsedildiği gibi, verilerin işlenmesinde kuyruklama tekniği kullanılmaktadır. GSM şebekesinin olmadığı durumlarda veriler kuyrukta tutulmakta ve GSM erişimleri sağlandığı zaman veri tabanına kayıtları sağlanmaktadır. Yine de bu durum bir bellek kullanımı gerektirdiği için, GSM şebekesinin çok uzun süre olmadığı durumlarda bellek sıkıntısını ortaya çıkarabilir.

SONUÇ

Bu çalışmada, GSM/GPRS ve GPS teknolojileri kullanılarak her zaman, her yerden ulaşılabilecek şekilde kullanılacak düşük maliyetli ve kolay adapte edilebilir bir araç takip ve hız ölçüm sistemi geliştirilmiştir. Yürütülen test çalışmalarında, geliştirilen gerçek zamanlı araç takip sisteminin özellik, işlevsellik ve maliyet bakımından mevcut çözümlerle karşılaştırıldığında daha avantajlı bir altyapı sunduğu görülmüştür.

Çalışmada, aracın takibi ve hız ölçümünün yapılabilmesi için, araç içine yerleştirilebilecek yapıda olan Arduino mikrodenetleyici kontrollü bir devre tasarlanmıştır. Böylece, aracın konum ve hız bilgilerinin belirli zaman aralıklarında web sunucularına aktarılması sağlanmıştır. Sunuculara aktarılan bilgiler kullanılarak, geliştirilen sistem ile takip edilen araçların konumları, hızları, hareketleri ve duruş/kalkışları izlenebilmektedir. Bunun yanında, tasarlanan araç takip sisteminde gerçek zamanlı olarak aracın hız bilgisi alınabilmekte ve konum bilgileri ile birlikte geliştirilen bir web servis

aracılığıyla veri tabanında saklanmaktadır. Sistemde, aracın anlık konumunun takibi için MVC mimarisine dayalı hem masaüstü hem de mobil cihazlarla uyumlu olacak şekilde web tabanlı uygulamalar geliştirilerek, yer ve zaman kısıtları olmadan aracın konumu harita üzerinde gerçek zamanlı olarak izlenebilmesi sağlanmıştır. Ek olarak, önerilen sistem ile aracın tam konum bilgisi belirlendikten sonra, aracın konumu ve hız bilgisi gerekli hallerde araç sahibine/kullanıcıya SMS olarak ulaştırılabilmektedir.

Geliştirilen araç takip ve hız ölçüm sisteminde yürütülen test işlemlerinde, hareket halindeki bir araç içerisinde gerçek zamanlı olarak gerçekleştirilen 8 farklı hız değerinin ölçüm sonucu karşılaştırmasına göre, önerilen sistem ile ölçülen iki hız değerinin arasında mutlak ortalama hata 1.51 km/s olarak hesaplanmıştır. Bundan sonraki çalışmalarda, araçların takibi için gelişmiş kullanıcı arayüzüne mobil uygulamalar gibi daha fazla servisin entegrasyonu sağlanabilir.

KAYNAKLAR

- Al-Khedher MA, 2012. Hybrid GPS-GSM localization of automobile tracking system. arXiv preprint arXiv:1201.2630.
- Almomani I M, Alkhalil NY, Ahmad EM, Jodeh RM, 2011. Ubiquitous GPS vehicle tracking and management system. IEEE Jordan Conference on Applied Electrical Engineering and Computing Technologies (AEECT), 6-8 December 2012, Jordan.
- Anandhalli M., Baligar VP, 2018. A novel approach in real-time vehicle detection and tracking using Raspberry Pi. Alexandria engineering journal, 57(3):1597-1607.
- Chadil N, Russameesawang A, Keeratiwintakorn P, 2008. Real-time tracking management system using GPS, GPRS and Google earth. 5th International Conference on Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology, 14-17 May 2008, Thailand.
- Cui Y, Xu H, Wu J, Sun Y, Zhao J, 2019. Automatic Vehicle Tracking with Roadside LiDAR Data for the Connected-Vehicles System. IEEE Intelligent Systems, 45-51.
- Dandil E, Gültekin S, 2017. Web Service-based Automation System for Duration Scheduling and Remote Control of Traffic Signal Lights. International Conference on Computer Science and Engineering (UBMK), 5-8 October 2017, Turkey.
- Ferdoush S, Li X, 2014. Wireless sensor network system design using Raspberry Pi and Arduino for environmental monitoring applications. Procedia Computer Science, 34: 103-110.
- Lau E C-W, 2013. Simple bus tracking system. Journal of Advanced Computer Science and Technology Research, 3(1).
- Lee S, Tewolde G, Kwon J, 2014. Design and implementation of vehicle tracking system using GPS/GSM/GPRS technology and smartphone application. IEEE world forum on internet of things (WF-IoT), 6-8 March 2014, South Korea.
- Luvizon DC, Nassu BT, Minetto R, 2016. A video-based system for vehicle speed measurement in urban roadways, IEEE Trans. Intell. Transp. Syst., 18 (6):1393-1404.
- Muruganandham PM, Mukesh R, 2010. Real time web based vehicle tracking using GPS. World Academy of Science, Engineering and Technology, 61(1): 91-99.
- Özerdem MS, Cengiz R, 2018. GSM Tabanlı Çoklu Takip Sistem Uygulaması. DÜMF Mühendislik Dergisi, 9(1): 153-160.
- Ramadan MN, Al-Khedher MA, Al-Kheder SA, 2012. Intelligent anti-theft and tracking system for automobiles. International Journal of Machine Learning and Computing, 2(1): 83.
- Ramani R, Valarmathy S, SuthanthiraVanitha N, Selvaraju S, Thiruppathi M, Thangam R, 2013. Vehicle tracking and locking system based on GSM and GPS. IJ Intelligent systems and Applications, 9: 86-93.
- Salim KA, Idrees IM, 2013. Design and Implementation of Web-Based GPS-GPRS Vehicle Tracking System. International Journal of Computer Science Engineering & Technology, 3(12).

- Tang Z, Wang G, Xiao H, Zheng A, Hwang J-N, 2018. Single-camera and inter-camera vehicle tracking and 3D speed estimation based on fusion of visual and semantic features,' IEEE Conf. Comput. Vis. Pattern Recognit. Workshops, pp. 108_115.
- Tarapiah S, Atalla S, AbuHania R, 2013. Smart on-board transportation management system using gps/gsm/gprs technologies to reduce traffic violation in developing countries. International Journal of Digital Information and Wireless Communications (IJDIWC), 3(4): 96-105.
- Tercan E, Beşdok E, 2018. Trafik Kazalarına Etki Eden Faktörler Arasındaki İlişkilerin TBA Biplot Analiz Yöntemi İle Değerlendirilmesi. Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 8(1):103-111.
- Zein Y, Darwiche M, Mokhiamar O, 2018. GPS tracking system for autonomous vehicles. Alexandria engineering journal, 57(4): 3127-3137.
- Wang X, Xu L, Sun H, Xin J, Zheng N, 2016. On-road vehicle detection and tracking using MMW radar and monovision fusion.IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems,17(7):2075-2084.