

Kampüs İHA: 4G Şebeke Destekli Kampüs Güvenliği Artırma Projesi Campus Drone: 4G Network Assisted Campus Security Enhancement Project

*Farabi A. Tarhan, Mehmet Hasanzade, Aykut Çetin, Yunus Biçer, N. Kemal Üre,
Emre Koyuncu, Ramazan Yeniçeri, Gökhan İnalhan*

Uçak Mühendisliği Bölümü
İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul

{tarhanf, hasanzadem, cetinayk, biceryu, ure}@itu.edu.tr
{emre.koyuncu, yenicerir, inalhan}@itu.edu.tr

Özetçe

Üniversite ve fabrika kompleksleri gibi büyük alanlara yayılmış yerleşkelerde, öğrencilerin veya personelin kolayca acil yardım çağrısı yapabilmesi ve ihtiyaç duyduğu yardıma en kısa sürede ulaşacağını bilmesi, kampüs huzuru ve güvenliği açısından oldukça önem taşımaktadır. Bu yayında, oluşabilecek acil yardım çağrılarına cevap vermeye yönelik, dünyadaki teknolojik gelişmelere paralel bir mini insansız hava aracının ve destek sistemlerinin, operasyona elverişli bir şekilde geliştirilmesine yönelik yapılan çalışmalar anlatılmıştır. Bu hava aracı İHA operatörünün sürekli denetimi altında otonom olarak iniş/kalkış yapabilmekte ve acil yardım çağrısının geldiği bölgeye otonom olarak intikal edip faydalı yük donanımı ile görevini gerçekleştirmektedir. Hava aracı faydalı yükünden aldığı bilgiyi sürekli yer kontrol istasyonuna göndermek ve gerektiğinde yeni komutlar almak amacıyla 3G/4G destekli yüksek bant genişliğine sahip bir mobil şebeke modemi ile donatılmıştır. Bu proje kapsamında tam otonom yeteneklere sahip yerli bir otopilot sistemi, dikey iniş kalkış yapabilen mini bir İHA, aviyonik ölçüm sistemleri, haberleşme alt sistemleri, rota planlama arayüzü, faydalı yük kontrol sistemi ve güvenlik operatörü için anlık uyarı arayüzleri geliştirilmiş ve bu çalışmada sunulmuştur.

Abstract

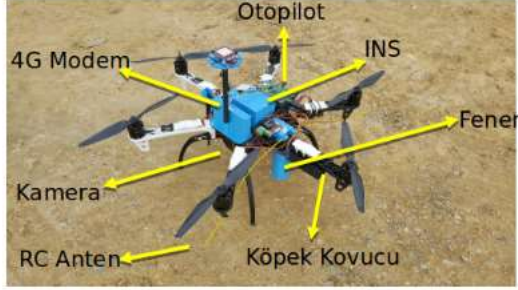
It is important to satisfy the students or employees, who are living and spending time in the large common areas such as universities and factories, in terms of sense of security by ensuring them that they can easily call for emergency help and get the needed help as soon as possible. In this paper, studies related to the development of a mini unmanned aerial vehicle in parallel to technological developments in the world and its subsystems, convenient to operate in a real operation, are presented. The developed vehicle has capabilities of take-off, return to base and land autonomously, in addition, it also can navigate to the emergency zone by itself while maintaining active communication with the operator located in the base. It is also equipped with a high-bandwidth 3G/4G cell modem to get further commands from the base and send the data collected by the payload. Within

the scope of this project, an indigenous autopilot system with fully autonomous flight features, a vertical take-off and landing capable drone, avionic measurement systems, communication subsystems, route planning framework, payload control system, and an instant warning and monitoring systems are developed and presented.

1. Giriş

Üniversite kampüslerinde öğrencilerin ve personelin acil durumlarda kolayca yardım çağrısı yapabilmesi ve gerekli güvenlik araçlarının koordine edilmesi güvenliğinin sağlanması için önem teşkil eden bir husustur. Oluşabilecek acil bir durumda, çağrının yapıldığı bölgenin en kısa sürede gözlemlenmesi ve araç gönderilmesi büyük önem taşır. Özellikle geniş kampüslerde bütün kampüs alanının etkili şekilde gözetlenmesinde ve acil durum müdahalesinde standart kamera donanımları ve güvenlik araçları yetersiz kalabilmektedir. Son yıllarda otonom insansız hava araçlarının (İHA) üretiminin ve tasarımının daha kolay hale gelmesi ile bu araçlar üniversite kampüslerinde güvenliğinin etkili şekilde sağlanması için ideal bir platform haline gelmişlerdir. Kampüste istenilen bölgeye çağrılabilen bir İHA hızlı şekilde çağrı bölgesine ulaşabilir ve taşıdığı faydalı yükler ile acil duruma yönelik eylemler yapılabilir. Ek olarak, İHA'ların üzerine entegre edilecek kamera ve kablosuz iletişim sistemleri ile mobil güvenlik kamera sistemi olarak kullanılabilirler ve kampüslerdeki acil durumların hızlı şekilde gözetlenmesi ve müdahale edilmesi için etkili bir araç haline gelebilirler. Bu bağlamda kampüslerde İHA kullanımına yönelik olarak Massachusetts Teknoloji Enstitüsü, gelen ziyaretçilere gidecekleri yere kadar İHA ile rehber olmak üzere bir çalışma yapmıştır [1]. Ayrıca, Güney Politeknik Devlet Üniversitesinde Dr. Adeel Khalid'in danışmanlığında kampüs polisine yardımcı olmak ve gerçek zamanlı görüntü aktarımı yapmak amacıyla İHALardan oluşan Otonom Devriye ve Gözetleme Sistemi(ODGS) geliştirmek üzere bir çalışma daha yapılmıştır [2]. İHA üzerine kızılötesi kamera koyarak kampüs güvenliğine yardımcı olmayı amaçlayan diğer bir çalışma ise Alabama Üniversitesi tarafından yapılmıştır [3].

Bu çalışma kapsamında Şekil 1'de görüldüğü gibi kamera, ışık sistemi ve köpek kovucu gibi faydalı yükleri taşıyan, yer komuta istasyonuna 3G/4G mobil haberleşme hattı üzerinden



Şekil 1: Hava aracının genel görünümü.

komut gönderilebilen otonom mini sınıfı insansız hava aracı platformu geliştirilmesi ve bu platformun İTÜ Maslak kampüsü güvenlik sistemine entegre edilmesi anlatılmıştır. Bu bildiri aşağıdaki gibi altı kısım halinde düzenlenmiştir. İlk kısımda insansız hava aracını kontrol eden donanımdan, kontrol sisteminden ve genel akış diyagramından bahsedilmiştir. 2. kısımda hava aracının dengede kalabilmesi ve verilen koordinatlara tam otonom gidebilmesi için tasarlanan ataletsel ölçüm ünitesinden, global pozisyonlama ünitesinden ve manyetik alan sensöründen bahsedilmiştir. Kısım 3'te hava aracı üzerindeki faydalı yüklerden ve mekanizmalardan bahsedilmiş olup, verilen koordinatlara ulaştıktan sonra ana merkeze hangi önemli bilgileri aktardığı, ortamda ne gibi müdahalelerde bulunduğu anlatılmıştır. 4. kısımda aracın ana merkezdeki operatörlerle hangi bilgileri nasıl paylaştığından, hangi komutları aldığından bahsedilmiştir. 5. kısımda ise tüm sistemin kullanıcı ile etkileşim ayağını oluşturan Kampüs İHA Mobil uygulaması ve kampüs güvenlik yazılımı ile entegre çalışan tarayıcı tabanlı ara yüz tanıtılmıştır. Son kısımda ise saha testlerinden görsellere yer verilmiştir.

2. Otopilot Sistemi

Bu çalışmada hava aracının kararlılığını ve istenilen bölgeye tam otonom bir şekilde intikal etmesini sağlamak, verilen komutları uygulamak, operatöre uçuş bilgilerini canlı olarak göndermek ve araç üzerindeki bir depolama ünitesine kaydetmek, araç sağlığını kontrol eden tekdüze işlemleri yapmak ve faydalı yükü kontrol etmek amacıyla tamamen özgün bir otopilot sistemi geliştirilmiştir. Bu kısımda sistemin modeline, tasarlanan kontrol sistemine, geliştirilen donanım bileşenlerinin haberleşme yapısına, rota planlamaya ve genel akış diyagramına yer verilmiştir.

2.1. Modelleme

Özellikle askı uçuşu yapabilen hava araçları doğaları gereği stabil olmayan davranışlara sahiptirler. Bu davranışların ortaya çıkarılması ve ne tür kontrol sistemlerinin uygulanması gerektiğini bulabilmek için bu araçların matematiksel modellerinin incelenmesi gerekir. Bu çalışmada çok rotorlu hava aracının stabil bir şekilde verilen yörünge dizilerini izlemesi beklenmektedir. Bu nedenle bu hava aracının hem dinamik hem de kinematik olarak modellenmesi gerekmektedir. Dinamikleri Newton-Euler yaklaşımı ile elde edilen aşağıdaki doğrusal olmayan model tasarlanan hava aracı için geçerlidir [4].

$$m\ddot{x} = U_z(\cos\phi\sin\theta\cos\psi + \sin\phi\sin\psi) - k_{dx}\dot{x} \quad (1)$$

$$m\ddot{y} = U_z(\cos\phi\sin\theta\sin\psi - \sin\phi\cos\psi) - k_{dy}\dot{y} \quad (2)$$

$$m\ddot{z} = U_z(\cos\phi\cos\theta) - mg - k_{dz}\dot{z} \quad (3)$$

$$I_{xx}\ddot{\phi} = U_\phi + J_r\dot{\theta}\Omega_r - \dot{\theta}\dot{\psi}(I_{yy} - I_{zz}) \quad (4)$$

$$I_{yy}\ddot{\theta} = U_\theta + J_r\dot{\phi}\Omega_r - \dot{\phi}\dot{\psi}(I_{zz} - I_{xx}) \quad (5)$$

$$I_{zz}\ddot{\psi} = U_\psi + J_r\dot{\Omega}_r - \dot{\phi}\dot{\theta}(I_{xx} - I_{yy}) \quad (6)$$

Bu denklemlerde kullanılan parametrelerin açıklamaları Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1: Sistem modelinde kullanılan parametreler

Sembol	Parametre
m	Kütle
l	Kol Uzunluğu
b	Taşıma Katsayısı
d	Sürüklenme Katsayısı
I_{xx}	X Eksenindeki Eylemsizlik Momenti
I_{yy}	Y Eksenindeki Eylemsizlik Momenti
I_{zz}	Z Eksenindeki Eylemsizlik Momenti
ω_i	i . Motorun Açısal Hızı
U_i	Kontrol Sinyali
J_r	Rotor Eylemsizlik Momenti
k_d	Sürtünme Katsayısı

Hava aracının verilen koordinatlara ilerleyebilmesi için hareket denklemlerinden görüldüğü gibi yunuslama (θ), yuvarlanma (ϕ) ve sapma (ψ) eksenleri ile beraber doğrusal hareketleri de önem taşımaktadır. Tüm bu parametreleri içeren tam durum denklemi (7) denkleminde verilmiştir.

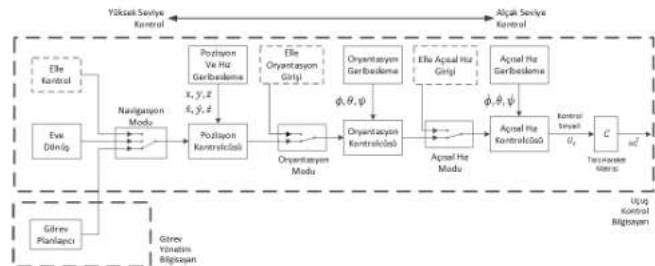
$$X = [x \ y \ z \ \dot{x} \ \dot{y} \ \dot{z} \ \phi \ \theta \ \psi \ \dot{\phi} \ \dot{\theta} \ \dot{\psi}]^T \quad (7)$$

Sistem giriş matrisi ise sistem eksik tahrikli olduğundan (8) denklemindeki gibidir.

$$U = [U_z \ U_\phi \ U_\theta \ U_\psi]^T \quad (8)$$

2.2. Kontrol Sistemi

Hareket denklemlerinden görüldüğü gibi sistem sadece 4 giriş ile kontrol edilmektedir. Bu girişler dikey kuvveti için U_z , yunuslama momenti için U_ϕ , yuvarlanma momenti için U_θ ve sapma momenti için U_ψ 'dir. Bu kuvvet ve moment girişlerinin kombinasyonu hava aracını hareket ettirmekte veya dönmesine neden olmaktadır. Bu yüzden bu aracı stabil bir şekilde yönlendirebilmek için bir kontrol sistemine ihtiyaç vardır. Bu çalışmada Şekil 2'de verilen kaskat kontrol yapısı kullanılmıştır [5].



Şekil 2: Tam otonom hava aracının kontrol sistemi

Şekil 2'de görüldüğü gibi otopilot sisteminin 3 ana kontrol girişi vardır. Bunlar elle yönlendirme, eve dönüş ve görev

planlayıcıdır. Elle yönlendirme fonksiyonu hava aracının testlerinde kullanılan bir fonksiyon olup aracın tam otonom seyrinde bir fonksiyonu yoktur. Eve dönüş modunda ise hava aracı bulunduğu yerden varsa daha önceden belirlenen bir koordinata veya kalkış yaptığı koordinatlara gelip otomatik iniş yapmaktadır. Görev planlayıcı modunda ise yer kontrol istasyonundan gelen yörünge dizileri takip edilmekte, bu sayede intikal edeceği noktaya direk olarak değil, verilmiş ise engel oluşturabilecek koordinatların etrafından geçerek gitmektedir.

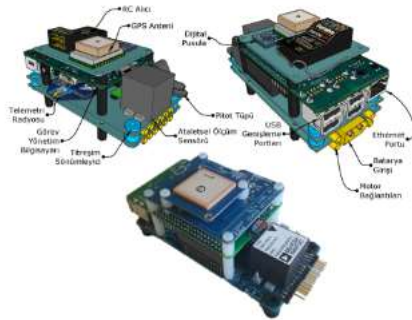
Giriş koordinatları verildikten sonra alt seviye kontrolcüler olan pozisyon kontrolcüsü, oryantasyon kontrolcüsü ve açısal hız kontrolcüsü sırasıyla çalışmaktadır. Açısal hız kontrolcüsünden çıkan kontrol sinyalleri C hareket matrisi yardımı ile aracın geometrisine göre motorlara dağıtılmaktadır. Bu şekilde bir dizi kontrol alt sisteminden geçerek gelen koordinat veya yörünge gibi yüksek seviye girişler, motor açısal hızlarına dönüştürülerek hava aracının dönüşlerini ve hareketini kontrol etmektedir.

Sistemde kullanılan tüm seviyedeki kontrolcüler araç modelinden yararlanılarak Matlab/Simulink ortamında tasarlanan Oransal-Integral-Türevsel Denetleyici (PID)'den oluşmaktadır. Parametreler kök yer eğrisi yöntemi ile bulunmuş olup otopilot sistemine entegre edilmiştir [4].

2.3. Donanım

Özgün olarak geliştirilen bu otopilot kontrol sisteminin koştugu alt seviye işleri yapan bir uçuş kontrol bilgisayarını ve görev yönetimi yapan bir de görev yönetim bilgisayarından oluşmaktadır. Otopilot sisteminin uçuş kontrol bilgisayarında ST firmasının ürettiği F4 ailesinden bir mikrodenetleyici kullanılmıştır. Üzerinde koşan kontrolcülerin yanında, bu kontrolcülerini besleyen durum verilerini sağlayan bir çok sensörden de veri alması gereken bu otopilot sisteminde I2C, SPI, CANBus ve Uart gibi çeşitli haberleşme yapıları kullanılmıştır [6].

Şekil 3'te 3B ortamda ön dizaynı yapılmış ve komponentleri yerleştirilmiş otopilotun görseline yer verilmiştir. Bu otopilot üzerinde uçuş kontrol bilgisayarını, görev yönetim bilgisayarını, telemetri radyosu, ataletsel ölçüm ünitesi, pitot tüpü, global pozisyonlama sistemi, dijital pusula ve kumanda radyo alıcısı gibi elektronik komponentlerin yanısıra, batarya girişleri, motor bağlantıları, ek sensör bağlantıları ve titreşim sönümleyiciler de yerleştirilmiştir.



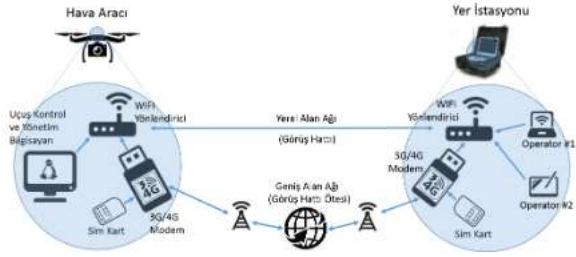
Şekil 3: Otopilot sisteminin detaylı 3B çizimi ve komponentleri yerleştirilmiş görseli

Görev yönetim bilgisayarını ise, uçuş yörüngelerinin tayini, operatör ile haberleşme, faydalı yükü kumanda etme, uçuş ve

lerini kaydetme ve aktarma gibi görevlere sahiptir. Üst seviye yoğun görevlerinden dolayı görev yönetim bilgisayarı 4 çekirdekli ve 1.2GHz saat hızına sahip linux tabanlı Raspberry-Pi-3 bilgisayarından oluşmaktadır.

2.4. Haberleşme

Hava aracı ile operatör arasındaki iletişim operasyonun başarılı bir şekilde ilerlemesi için oldukça büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle Şekil 4'te verildiği gibi yedekli bir haberleşme hattı kurulmuştur. Bir haberleşme hattında mobil şebeke hattı olan 3G/4G modemden yararlanılmış olup, diğer haberleşme hattında RF modemler kullanılmıştır.



Şekil 4: Yedekli haberleşme sistemi.

Her bir haberleşme hattının birbirine göre avantajı ve dezavantajı vardır. 3G/4G hattı yüksek bant genişliğinde ve ufuk ötesinde çalışabilmektedir. Fakat sürekli olarak mobil şebeke ağının kapsama alanında bulunması gerekmektedir. Yoğun kullanıcı olan veya sinyali düşük olan bölgelerde iletişim kopukluğuna neden olabilmektedir. Bir diğer haberleşme hattı olan RF haberleşme sisteminde ise veriler düşük bir bant genişliği üzerinden iletilmektedir. Bu nedenle görüntü nakli yerine hava aracı için önemli bilgiler ve faydalı yük kontrol sistemine ait komutlar aktarılmaktadır. Fakat bu sistemin bir diğer dezavantajı ise sadece görüş hattı boyunca çalışabiliyor olmasıdır.

Geliştirilen hava aracı tam otonom bir araç olmasından dolayı haberleşme sistemindeki kopmalar hava aracının varlığını tehlikeye atmaz hatta görevini icra etmesine engel olmaz. İyi tasarlanmış bir görev planında bu tarz acil durumlar göz önüne alınmış olmalıdır. Bu tarz bir durumda verilen bir rota üzerinden araç ana merkeze geri gelebileceği gibi, belli bir süre görevine devam edip daha sonra dönüş safhasına da geçebilmektedir.

2.5. Rota Planlama

Tüm yerleşke boyunca hizmet vermesi gereken bir hava aracının kalkış noktasından ihtiyaç duyulan noktaya gitmesi çeşitli zorlukları barındıran bir problemdir. Uçuş güzergahında bulunan ağaçlar, binalar, elektrik direkleri ve engebeli arazi koşulları başlıca zorluklardır. Bunları aşmak için akla gelen ilk çözüm yeterli yüksekliğe çıkılıp seyrin bu yükseklikte gerçekleştirilmesi olabilir. Fakat bu durumda sivil havacılık kurallarını ihlal etmiş ve insanlı hava taşıtlarının güvenliği tehlikeye sokulmuş olur. Bu nedenle, bahsedilen kısıtları gözetenek acil durum bölgesine ulaşmanın en pratik ve uygulanabilir yöntemi olarak görünebilirlik grafi metodu kullanılmıştır. Algoritma 1'de bu metodun basamakları verilmiştir. Algoritma en kısa rotayı hesaplayabilmek için engeller kümesi S' 'e, başlangıç noktası B' 'ye ve varış noktası V' 'ye ihtiyaç duymaktadır. Algoritmanın

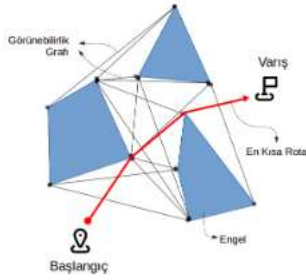
2. basamağında bu girişler göz önüne alınarak bir graf oluşturulmaktadır. Bu graf Şekil 5'te gösterilmiştir. 3. basamakta her bir graf kenarı öklid uzaklığına göre ağırlıklandırılmıştır. Son basamakta ise Dijkstra algoritması ağırlıklandırılmış graf içerisinden en kısa rota bulunmaktadır [7].

Algoritma 1 Görünebilirlik Grafi Algoritması

Giriş: Engeller Kümesi S , Başlangıç B , Varış V

Çıkış: B, V arasındaki en kısa rota

- 1: **procedure** EnKısaRota(S, B, V) ▷
- 2: $G \leftarrow$ *GorunebilirlikGrafi*($S \cup \{B, V\}$) ▷
- 3: $\bar{v}w_k \leftarrow$ *OklidUzakligi*(v_i, w_j)
- 4: $rota \leftarrow$ *Dijkstra*(G, B, V)
- 5: **return** $rota$



Şekil 5: Görünebilirlik algoritmasının görselleştirilmesi

Bu algoritma hava aracının otopilot sistemine entegre edilmiştir. Şekil 6'da verilen iki nokta ve engeller kümesi arasındaki en kısa rotanın bu algoritma ile bulunduğu gösterilmektedir.



Şekil 6: Engeller arasında en kısa rotanın bulunması

2.6. Akış Diyagramı

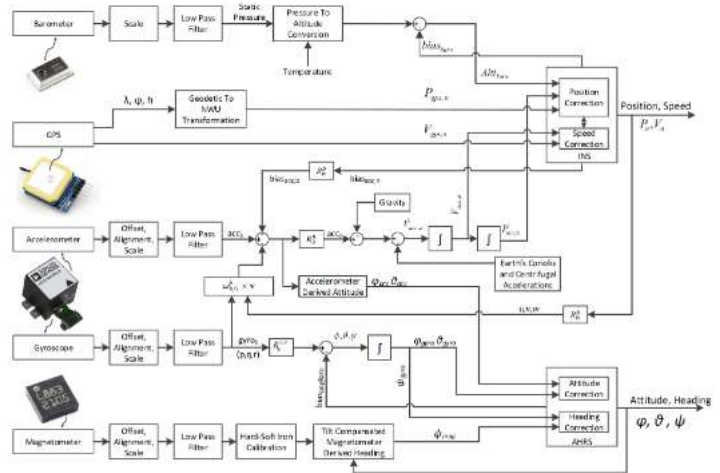
Bu proje kapsamında geliştirilen sistemler temel olarak Şekil 8'de verilen senaryoyu gerçeklemek için tasarlanmıştır. Bu detaylı senaryoda operasyonun başlangıcından sonuna kadar tüm adımlar verilmiştir. Sistemin açılmasıyla beraber ilk olarak otopilot tarafından bir dizi donanım kontrolleri yapılmaktadır. Bu kontroller arasında ataletsel navigasyon ünitesindeki ivmeölçer, jiroskop, gps ve manyetometre sensörlerinin doğru çalışıp çalışmadığına dair prosedürler vardır.

Daha sonra tam otonom operasyon moduna alınmış bir araç sürekli olarak acil durum çağrısının gelip gelmediğini ortak bir veritabanından kontrol etmektedir. Eğer böyle bir çağrı gelmişse, çağrının geldiği koordinatlara doğru bir rota planlanır ve güvenlik için operatörden bu rotanın uygunluğunun onaylanmasını ister. Olumlu bir yanıt alınırsa hava aracı otomatik ola-

rak kalkış yapar ve belirlenen bu rota boyunca ilerlemeye başlar. Bu sırada nerede olduğunu, hızını, batarya bilgisini ve diğer sensör bilgilerini sürekli olarak kumanda istasyonuna gönderir. Böylece operatör hava aracının yerini anlık olarak takip edebilir. Araç hedefe ulaştığı takdirde, üzerindeki optik algılayıcılar, köpek kovucu veya fener gibi çeşitli faydalı yükleri kullanması için operatörden komut bekler. Operatör bu tam otonom aracı üst seviye komutlarla kontrol edebilir. Belirli bir cismi takip edebilir, ortamı aydınlatılabilir veya köpek kovucuyu açıp saldırgan hayvanları ortamdaki uzaklaştırabilir. Görev bitiminde yeni bir rota çizilir ve araç ana merkeze dönmek üzere ilerlemeye başlar.

3. Ataletsel Ölçüm ve Navigasyon Sistemi

Hava aracının kontrol sistemi ataletsel ölçüm ve navigasyon sisteminden geri besleme almaktadır. Bu sistem içerisinde 3' eksen ivmeölçer, jiroskop ve manyetik alan sensörü, 1 adet barometrik sensör ve 1 adet küresel pozisyonlama sistemi alıcısı yer almaktadır. Jiroskoplar hava aracının açısal hızını sürekli olarak ölçüp otopilotun aracı dengede tutmasını sağlamaktadır. İvmeölçerler ise jiroskopların en büyük sorunu olan sapma hatasını yer çekimini referans alarak düzeltmektedir. Bunun yanında ivmeölçerlerin her 3 ekseninde de ölçtüğü ivmeler navigasyon sisteminde yer değiştirmeyi bulmak için kullanılmaktadır. Manyetik alan sensörü hava aracının baş açısını ölçmekte jiroskopların sapma hatasını ortadan kaldırmak için kullanılmaktadır. Barometre ise hava basıncını ölçmede ve sıcaklık düzeltmesiyle beraber aracın deniz seviyesinden yüksekliğini bulmada kullanılmaktadır. Ayrıca GPS'in yükseklik ölçümünde destek sağlamaktadır. Tüm bu alt ölçüm sistemleri kalman filtresi ile birleştirilerek ortaya tümleşik bir navigasyon sistemi çıkarılmıştır [8]. Şekil 7'de navigasyon sistemini oluşturan bloklar yer almaktadır.



Şekil 7: Ataletsel Navigasyon Sistemi.

4. Faydalı Yükler

Şekil 1'de görüldüğü üzere hava aracı üzerinde otopilot, sensör sistemi ve haberleşme sistemi yanısıra güvenlik ve caydırıcı-

6.1. Mobil Uygulama ve Operatör Uyarı Arayüzü

Kullanıcının mobil cihazındaki uygulama ekranı Şekil 12'de görülmektedir. Acil yardıma ihtiyacı olduğu anda bu uygulamadaki yardım butonuna basan kullanıcı koordinatlarını ve daha önceden sisteme girdiği kimliğini güvenlik operatörüne göndermiş olmaktadır.



Şekil 12: Mobil uygulama(üst) ve Operatör uyarı arayüzü(alt).

Mobil uygulaması ile sisteme çağrı bırakan kullanıcının çağrısı Şekil 12'te görülen operatör ekranında bir uyarı halinde ikazda bulunmaktadır. Güvenlik operatörü suistimal edildiğini düşündüğü çağrıları filtreleyip iptal edebilme yetkisine sahiptir. Eğer çağrıyı onaylarsa bu çağrı komuta kontrol sistemine düşer, ve şartlar uygunsa araç havalanır.

7. Saha Testleri

Geliştirilen otonom hava aracı platformunun faydalı yükleri ve mobil yer istasyonu ile fonksiyonel uyumluluğu, ve haberleşme hattı güvenilirliği gerçek ve gerçeğe yakın saha testleri ile desteklenerek teknolojik gösterimi yapılmıştır. Şekil 13 ve 14'te saha testlerinden görsellere yer verilmiştir. Şekil 13'te hava aracının geliştirilen navigasyon ünitesi sayesinde, rüzgar gibi dış bozuculara rağmen kararlı bir şekilde verilen rotayı izlediği görülmektedir.



Şekil 13: KapüşİHA verilen bir rotayı takip ederken.

8. Sonuçlar

Bu çalışmada üniversite ve fabrika gibi büyük yerleşkelerde zamanlarının büyük bir bölümünü geçiren öğrenci veya çalış-

şanların kampüs içerisindeki güven hissini arttırmaya yönelik konsept bir sistem geliştirilmiştir. Bu konseptte tam otonom bir araç, yer kontrol ve kumanda sistemi ile beraber çeşitli tarayıcı tabanlı anlık uyarı ve takip sistemleri geliştirilmiştir. Yapılan simülasyon ve saha testlerinde otonom olarak hareket eden bir aracın acil yardımın geldiği bölgeye kendi başına intikal edip, mobil şebekeler üzerinden yüksek bant genişlikli veri aktararak acil yardım durumlarında, mobil güvenlik birimlerinin olay yerine ulaşana kadar öncü kuvvet olarak kullanılabilceği görülmüştür.



Şekil 14: KapüşİHA kalkış esnasında ve canlı yayın yaparken

9. Teşekkür

Bu çalışma İstanbul Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri(BAP) Birimi ve Bilgi İşlem Daire Başkanlığı(BİDB) tarafından desteklenmiştir.

10. Kaynakça

- [1] S. McKenzie, "SkyCall: The drone that's your personal tour guide," *CNN International ed. Retrieved July 3*, (2013),2014.
- [2] A. Khalid, "Autonomous Patrol and Surveillance System (APSS) - A Student Project to Help Aid the Campus Police," *120th ASEE Annual Conference and Exposition*, Haziran 23-26,2013.
- [3] P. Gattis, "UAH unveils drone-like Uavs to aid police with campus safety," <http://blog.al.com>, Erişim tarihi: Temmuz 2017
- [4] F. A. Tarhan, "Modelling, Control and Implementation of an Unmanned Vertical Take-off and Landing Aircraft," *İstanbul Teknik Üniversitesi, Kontrol ve Otomasyon Müh. Programı, Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul, 2014.
- [5] G. Szafranski, R.C., "Different Approaches of PID Control UAV Type Quadrotor," *Proceedings of the International Micro Air Vehicles Conference*, 2011
- [6] STMicroelectronics, "STM32F407 Reference manual," <http://www.st.com>, RM0090 Rev. 14, 2017
- [7] E. W. Dijkstra, "A note on two problems in connexion with graphs," *Numerische Mathematik*, vol. 1, (1),pp.269-271,1959
- [8] M. Hasanzade, "Development of Inertial Navigation System with Applications to Airborne Collision Avoidance," *İstanbul Teknik Üniversitesi, Kontrol ve Otomasyon Müh. Programı, Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul, 2016.