

TUNGA SAYE TAKIMI

Otonom iniş-kalkış kumanda üzerinde bulunan Auto ve RTL modları kullanılması planlanmıştır.

Nesnelerin algılanması ,“YOLOv5x” algoritması ile tespit ediliyor.

Yer kontrol istasyonu; bilgisayar, telemetri, Gps alıcısı (Emlid Reach M+ RTK), görüntü alıcısı (Powerbeam 5AC Lite) ve telemetri (RFD 868X)’den oluşmaktadır. Yer kontrol yazılımı olarak **Mission Planner** kullanıldı. Yer istasyonunda görüntü işleme veya kilitlenme algoritması gibi işlemler yapılmamaktadır.

HABERLEŞME

Kamera ve Rocket R5AC Lite’nin Jetson ile haberleşmesi, Jetson’ın Raspberry Pi, Pixhawk’ın Raspberry Pi ile haberleşmesi ve Telemetrinin, GPS ’in ve kumandanın Pixhawk ile haberleşmesi olmak üzere 3 çeşit İHA içi haberleşme vardır.

-Jetson ile uyumlu olması sebebiyle, kamera olarak “Jetson Xavier NX Kamerası” kullanıldı

-Jetson ile Raspberry Pi USB protokolü ile haberleşirken, Raspberry Pi ile Pixhawk UART aracılığı ile haberleşmektedir.

-Pixhawk’ın GPS ile haberleşmesi için Pixhawk üzerinde bulunan GPS portu kullanılmaktadır. Manuel kumanda alıcısı için R9DS alıcısını, Pixhawk’ın üzerinde bulunan RCIN portu kullanılmaktadır. İHA verilerini YKİ’ye iletilmesi için Pixhawk’ın “Telem” portu kullanılarak haberleşme gerçekleştirilmektedir.

ARAYÜZ TASARIMI

Kullanıcı arayüz tasarımı olarak hem açık kaynak kodlu olması hem de Pixhawk uçuş kontrol kartı ile uyumlu olması sebebi ile Mission Planner programı kullanıldı

Mission Planner gelişmiş bir simülasyon sistemine sahiptir. Simülasyon sayesinde gerçek uçuş yapılmadan, gerçek uçuşa yakın seviyede bir uçuş simüle edilir ve olası problemler için erkenden önlem alınır. Böylelikle gerçek uçuş daha sağlıklı şekilde yapılır. İHA tarafından toplanan anlık veriler (hız, yükseklik, yalpalanma açısı, yuvarlanma açısı, yunuslama açısı, konum vb.) arayüzde gösterilir. Uçağa anlık komutlar iletebilir.

OTONOM KİTLENME

İHA'nın önüne sabitlenmiş olan kamera görüntüleri Jetson Kartı yardımıyla işlenerek rakip İHA'ların otonom tespiti yapılması, hemen ardından otonom takibe başlanması ve en son olarak 4 saniye boyunca takibi gerçekleştiren başarılı vuruş paketin yarışma sunucusuna gönderilmesi şeklinde olmasına karar verildi

OTONOM TESPİT

OpenCV kütüphanesi ve C++ yazılım dili kullanılmıştır.

YOLO Algoritması gerçek zamanlı nesne tespiti yapabilen, GPU ile çalışabilen derin öğrenme tabanlı en gelişmiş algoritmalarından biridir, en önemli özelliklerinde biri de görüntüden alınan her kareyi tek seferde işleyerek ve herhangi bir vakit kaybına sebep olmadan nesne tespiti gerçekleştirebilmesidir. BU yüzden YOLOv5 kullanılmaya karar verilmiş.

VEGA TAKIMI

OTONOM KİTLENME

İlk bölümde; YOLOv5 kullanılarak eğitilen yapay zeka modeli ile İHA tespiti yapılmıştır. Ayrıca OpenCV KCF algoritması kullanarak tespit algoritması geliştirilmiştir. Rota planlama modülü ile serbest uçuş modu, GPS konumuna gitme modu ve kaçış modu modellenmiştir

İHA TESPİT MODÜLÜ

İHA tespiti için en çok kullanılan nesne tespit algoritmaları araştırılmış ve test edilmiştir. Burada YOLO, SSD ve Faster R-CNN olmak üzere üç algoritma öne çıkmaktadır. YOLO ve SSD algoritmaları tek zamanlı algılama yaptığı için yüksek performanslı ve gerçek zamanlı çalışmaya uygundur

OTONOM TAKİP

Otonom takip yarışma için en kritik alandır. Bu modülde görüntü işlemeden gelen verilere göre tespit edilen nesneyi takip ve kilitlenmesi yapılmıştır. Gerçek zamanlı nesne takibi oldukça zor bir işlemdir. Bunun için farklı teknikler geliştirilmiştir. İHA tespit modülünden gelen veriye göre tespit edilen nesnenin kameranin orta noktasına getirilmektedir. Tespit edilen nesnenin kameradaki konumu bulunup kameranin ortasına denk getirilmesi için uçağın pitch, roll ve yaw eksenlerinde hareket etmesi gerekmektedir. Örneğin, tespit edilen nesne kameranin sağında ise uçağın sağa doğru

hareket etmesi gerekmektedir. Ancak bu hareketi yaparken yumuşak bir şekilde olması gerekmektedir. Bu hareketlerin yumuşak ve yüksek doğrulukta olması için geri beslemeli kontrol fonksiyonları kullanılmaktadır. Geri beslemeli fonksiyonlar geri besleme yolu ile girişe gönderilen sinyali giriş sinyaliyle karşılaştırıp elde edilen hatayı hesaplar. Bu hata değeri 0 değerine ulaşana kadar fonksiyon tekrarlanır. Hedef İHA'ya kilitlenmek ve 3 ekseninde hareket edebilmek için PID geri beslemeli fonksiyondan yararlanılmıştır. PID (oransal, integral, türev) denetleyici geri beslemeli fonksiyon elektronik, robotik, mekanik cihazlarda oldukça fazla kullanılır. PID fonksiyonu 3 temel kontrol yapmaktadır. Oransal, Türevsel ve İntegral kontrol yapan PID, bu üç kontrolü kullanarak çıktı sinyali oluşturmaktadır.

HABERLEŞME

Yarışma boyunca kamera görüntüsü, kilitlenme bilgisi, telemetri bilgisi gibi verilerin aktarımı için hava aracı ile yer istasyonu arasında sürekli bir bağlantı olma ihtiyacı bulunmaktadır. Bu iki yönlü bağlantıyı sağlamak için birden fazla veri yolu kullanılacaktır. Hava aracı üzerindeki kameradan alınan görüntünün bant genişliği yüksek olduğu için WiFi bağlantısı aracılığıyla yer istasyonuna aktarılacaktır. Kilitlenme verisi de bu WiFi bağlantısı kullanılarak farklı bir port üzerinden aktarılacaktır.

Pixhawk – NVIDIA Jetson Nano Haberleşmesi

Yarışma sürecince Xavier NX kullanılarak yapılan otonom kilitlenmeler esnasında İHA'nın da hareket etmesi gerekmektedir. Bu nedenle NVIDIA Jetson Xavier NX ile Pixhawk arasında UART protokolü kullanılarak haberleşme sağlanacaktır. Pixhawk'ın telem2 portuna Jetson üzerindeki J8 ve J10 pinlerine takılı kablo ile haberleşme sağlanacaktır. Gönderilen veriler MAVLink protokolüne uygun olarak gönderilecektir. İHA'nın mevcut konumu Pixhawk'tan alınarak otonom kilitlenme algoritmasına göre yeni koordinat hesaplanacaktır. Örneğin algılanan düşman İHA bir yöne doğru ilerliyorsa hava aracına da o yöne hareket edilecek şekilde MAVLink paketi gönderilecektir. Bu işlem otonom kilitlenme algoritması çalıştığı sürece devam edecektir. Aynı zamanda herhangi bir hava aracı algılanmadığı durumlarda hava aracı bulmak için yer istasyonundan gelen telemetri verilerine göre yeni koordinat hesaplanacaktır.

GÖK-TEK SİHA TAKIMI

ALGORİTMA SEÇİMİ VE GELİŞİMİ

Otonom sistemimiz iki ana bölüme ayrılabilir: Algılama ve takip. Algılama, YOLOv3 algoritmasını ve kayan pencere (sliding window method) yöntemini temel alır. Takip, GOTURN (Regresyon Ağlarını Kullanarak Genel Nesne İzleme) algoritmasına dayanmaktadır, nesneleri yüksek hızda izlemeyi sağlar. Otonom izlemeyi gerçekleştirmek ve doğruluğu artırmak için GOTURN (Generic Object Tracking Using

Regression Networks) ve YOLOv3 birlikte kullanılarak hibrit bir “Algılama Yoluyla Takip” kombinasyonu geliştirilmiştir

GELİŞTİRİLEN HİBRİT TAKİPÇİ

Hızdan taviz vermemek için YOLO yöntemini C dilinde yazılmış orjinal implementasyonunun derlenmiş dinamik kütüphanesindeki fonksiyonları, Python dilinde çağrılarak kullanılmıştır. Bu kısımdan sonra GOTURN(şması için optimize edilmeye ihtiyacı vardır. Bu sebeple Geliştirilen Hibrit Takipçide (GHT), YOLO ilk framede nesnenin konumunu belirlemede ve takip edicinin başarısız olduğu durumlarda kullanılırken, GOTURN yöntemi ise diğer durumlarda nesneyi takip amaçlı kullanılmıştır) ve YOLO yöntemleri için sırasıyla, takipçi ve algılayıcı sözcükleri kullanılmıştır. Sonuç olarak, Geliştirilen Hibrit Yöntem GOTURN’den hız, tek hedefe kilitlenme ve sürekli sonuç üretme avantajlarını alırken, YOLO’yu da takipçide oluşacak kötü durumları kurtarması ve en-boy oranını dinamik olarak güncellemesi için kullanmıştır.

OTONOM KİLİTLENME ALGORİTMASI

Kamera görüntüsünde hedef bir İHA tespit edilmesi durumunda, hedefin kilitlenme kamerasının görüntüsünün tam ortasına gelmesi için geliştirilen hibrit takipçi (GHT) algoritması yardımıyla gerekli olan İHA yönelimi hesaplanır. Bu hedef yönetime gelinerek aracın görüntünün tam ortasında olması sağlanır ve İHA, hedef İHA’ya otonom olarak kilitlenme görevini gerçekleştirir. Bu hedef yönelimlerin otopilota aktarılması için Robot Operating System (ROS) yazılımı kullanılır. ROS ile birlikte kullanılan MAVROS paketi sayesinde otopilot ile görev bilgisayarı arasındaki iletişim sanal bir ağ yardımıyla kurulur. Bu iletişim kurulduktan sonra tüm veri alışverişi daha kolay olmaktadır.

OTONOM YÖNELİM ALGORİTMASI

İHA hedef arama durumunda iken yarışma sunucusundan sağlanan konum verileri bazı tahmin algoritmalarından geçirilecek hedef İHA’ların gerçek konumları tahmin edilerek hava aracımızın hedef İHA’ya yönelme uçuşu sağlanacaktır. Otonom sistemimizde algılama ve izleme algoritmalarının yanında yarışma sunucusunun bize sağladığı rakip insansız hava araçlarının telemetri verileri, yer istasyonundan hava aracımıza telemetri haberleşme ile gönderilecektir. Görev bilgisayarı (Nvidia Jetson Xavier NX) yer istasyonundan gelen bu verilerle rakip İHA’ların gps verilerini analiz ederek kendi oluşturduğumuz 3 boyutlu bir haritalama algoritmasıyla iha kamerasından hedef algılaması yapılamadığı durumlarda bu algoritma sayesinde yardımcı yönlendirme ile rakip İHA’ların tespitini kolaylaştıracaktır.

HABERLEŞME

Yer İstasyonu-İHA Haberleşmesi

İHA üzerinde yapay zeka bilgisayarı tarafından elde edilen görüntünün gerçek zamanlı ve sekans kontrollü olarak iletimini sağlamak amacıyla yapay zeka bilgisayarı üzerine kurulacak RTSP sunucusu ile aktarımı için RTP (Gerçek Zamanlı Aktarım Protokolü) kullanılacaktır. yapay zeka bilgisayarı tarafından alınan video akışının yer istasyonuna canlı olarak aktarılması için hava ünitesinde, 300MBit/s veri iletim hızlarına ulaşabilen, anten kazancı yüksek Mikrotik GrooveA-52HPacn Wi-Fi modülü ve yer istasyonunda Wi-Fi AP olarak da Mikrotik OmniTIK 5 kullanılacaktır.

Yer istasyonu – Yarışma Sunucusu Haberleşmesi

Telemetri Modülü: İHA üzerinde ve yer istasyonunda bulunmak üzere iki adet RFD 868X telemetri modülü kullanılacaktır. RFD 868X telemetri modülü, Pixhawk ve MAVLink ile uyumlu olup +40 km menzile sahip olmasından dolayı seçilmiştir.

Radio Alıcı-Verici: Yarışma alanında diğer takımlar ile sinyal karışıklığı olmaması için yüksek çıkış sinyaline sahip 433MHz bandında çalışan EZUHF alıcı ve FrSky Taranis X9D+ kumanda kullanılacaktır.

MISSION PLANNER

Kullanılacak olan otopilot kartı (Pixhawk The Cube Orange) ve otopilot yazılımı (Ardupilot) ile uyumlu çalışan Mission Planner arayüzünün kullanılmasında karar kılınmıştır. Bu başlık altında Mission Planner arayüzü takip paneli, harita ve konfigürasyon ekranları, başlıkları altında detaylı bir şekilde açıklanacaktır. Mission Planner'ın Yer Kontrol İstasyonu arayüz programı olarak kullanılmasındaki ana sebepler şu şekilde sıralanabilir;

1. Uçağa ait birçok parametrenin ayarlanması ile gerçek uçuşlara yakın seviyede hazırlanan simülasyon ortamı (Software In The Loop (SITL)) üzerinde uçuş öncesi testler yapılabilmektedir.
2. Anlık uçuş değerleri (altitude, attitude (roll, yaw, pitch), speed (air, ground) vs.) gözlemlenebilir ve uçağa anlık komutlar iletilebilir.
3. Uçuş sonrasında uçuş kayıtlarının tutulduğu log dosyalarının yine Mission Planner tarafından sunulan kapsamlı arayüz yardımıyla ayrıntılı analizleri yapılabilmekte, araca ait aviyonik alt sistemlerin kalibrasyonları kolayca ayarlanabilmekte ve yine araca ait parametreler istelere göre yeniden ayarlanabilir.

4. Birçok kişi ve takım tarafından kullanıldığı için güçlü bir komünitesi var, düzenli ve ayrıntılı hazırlanmış dokümantasyona sahip

5. Açık kaynak kodlu olduğu için kendi isterlerimize göre yeni özellikler eklenebilmektedir.