



TAŞKÖPRÜ
MESLEK
YÜKSEKOKULU

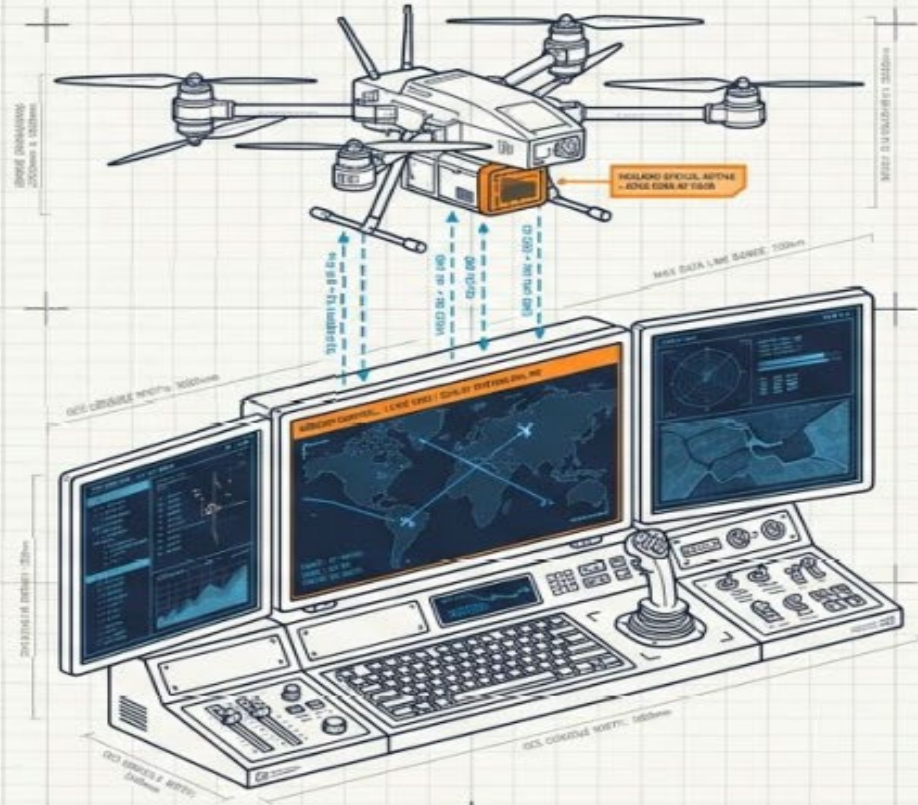
ELEKTRONİK VE OTOMASYON BÖLÜMÜ İNSANSIZ ARAÇ TEKNİKERLİĞİ

İAT102 İNSANSIZ ARAÇ SİSTEMLERİ TASARIMI

13. HAFTA/2 İNSANSIZ HAVA ARACI TASARIMI

YER KONTROL İSTASYONU (GCS)

İnsansız Hava Araçlarının Dijital Beyni ve Yönetim Merkezi



İki Dünya Arasındaki Dijital Köprü

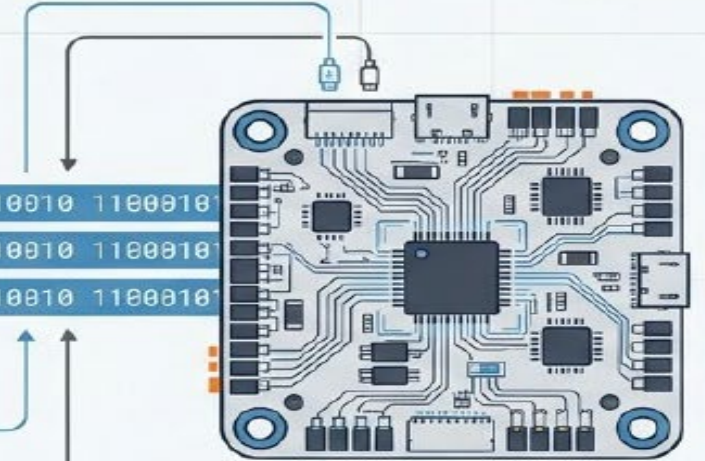
Yer Kontrol İstasyonu (GCS), uçağın "beyni" olan uçuş kontrolcüsü ile yerdeki operatör arasında komuta, kontrol ve telemetri sağlayan donanım ve yazılım sistemidir.



01011001 10100110 01110010 11000101 010101 01011001 10100110 01110010 11000101
01011001 10100110 01110010 11000101 010110 01011001 10100110 01110010 11000101
01011001 10100110 01110010 11000101 000111 01011001 10100110 01110010 11000101

Başka Bir ifade ile; İHA'nın uçuş öncesi planlamasının yapıldığı, uçuş sırasında komuta-kontrol edildiği, araçtan gelen telemetri (hız, irtifa, batarya durumu vb.) ve faydalı yük (kamera, sensör) verilerinin izlendiği birimdir.

- Uçuş öncesi görev planlama
- Gerçek zamanlı uçuş izleme ve otonom kontrol
- Telemetri ve faydalı yük (kamera/sensör) verilerini kaydetme ve analiz etme



Uçuş Kontrolcüsü - İHA'nın Beyni

DONANIM

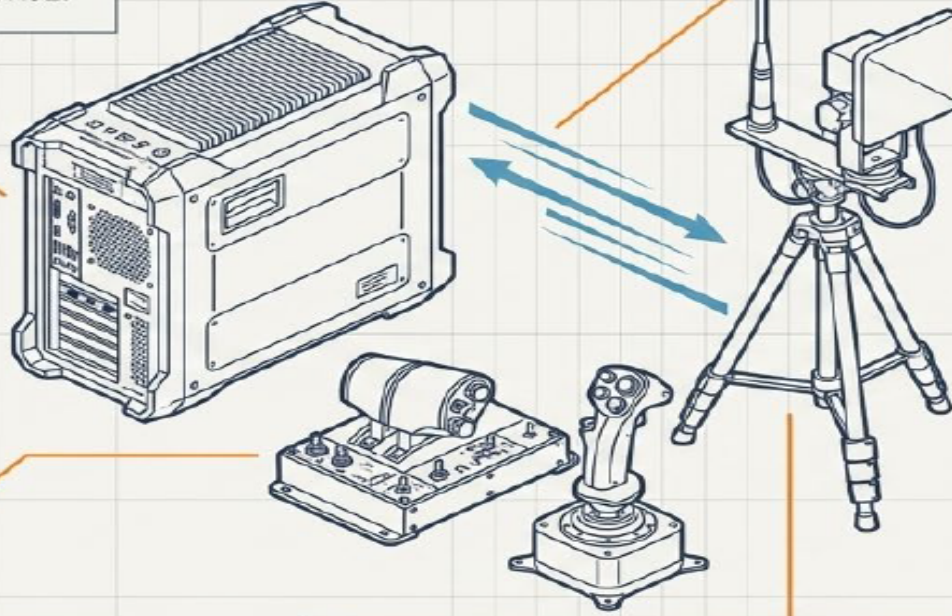
İşleme Birimi (Bilgisayar):
Yer istasyonu yazılımının çalıştığı,
tüm verilerin işlendiği ana merkez.

Haberleşme Linkleri (Data Link):
Yere inen veriler (Downlink) ve
uçığa giden komutlar (Uplink).

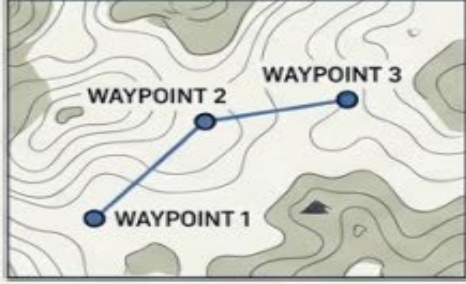
Kontrol Arayüzleri:
Manuel yönetim için joystick,
HOTAS (gaz kolu ve lövyeye) veya
klavye/fare.

Anten Sistemleri:
Omni (her yöne), Directional (yönlü)
veya uzun menzil için İHA'yı otomatik
takip eden "Antenna Tracker" sistemleri.

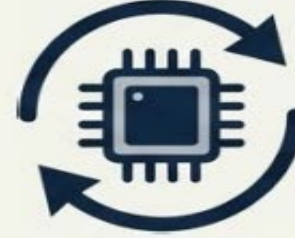
Görüntüleme Birimleri:
Yüksek parlaklıklı monitörlerde
harita, yapay ufuk çizgisi ve canlı
video yayını.



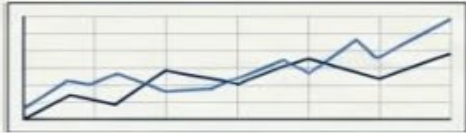
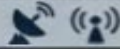
Yazılımsal İşlevler: Operatörün Gözünden



Görev Planlama:
Harita üzerinde
"Waypoint" (rota
noktaları) belirleme,
kalkış ve iniş set etme.



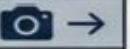
Otonom Kontrol:
Aracın belirlenen rotada
kendi kendine ilerleyişini
izleme ve müdahale.



TELEMETRİ VERİLERİ

GPS: 98% RTK | RÜZGAR: 5 m/s KB
BATARYA: 85% 21.6V | MOTOR: 45°C
ROLL: +2.5° | PITCH: -1.0° | YAW: 180°

Telemetri Takibi:
GPS kalitesi, rüzgar hızı,
batarya, motor sıcaklığı,
roll, pitch, yaw gibi
hayati verilerin anlık
grafikleri.



Faydalı Yük Yönetimi:
Kamera açısını
değiştirme, termal
lense geçiş veya
mühimmat/paket
bırakma.

Ölçeklendirme: Yer Kontrol İstasyonu Türleri



El Tipi (Handheld)

Özellik: Tablet veya kumanda üzerine entegre ekran.

Kullanım Alanı: Hobi dronları, küçük keşif İHA'ları.



Taşınabilir (Suitcase)

Özellik: Rugged (dayanıklı) çanta içine yerleştirilmiş laptop, batarya ve anten sistemi.

Kullanım Alanı: Endüstriyel haritalama, tarım, arama-kurtarma.



Mobil (Konteyner)

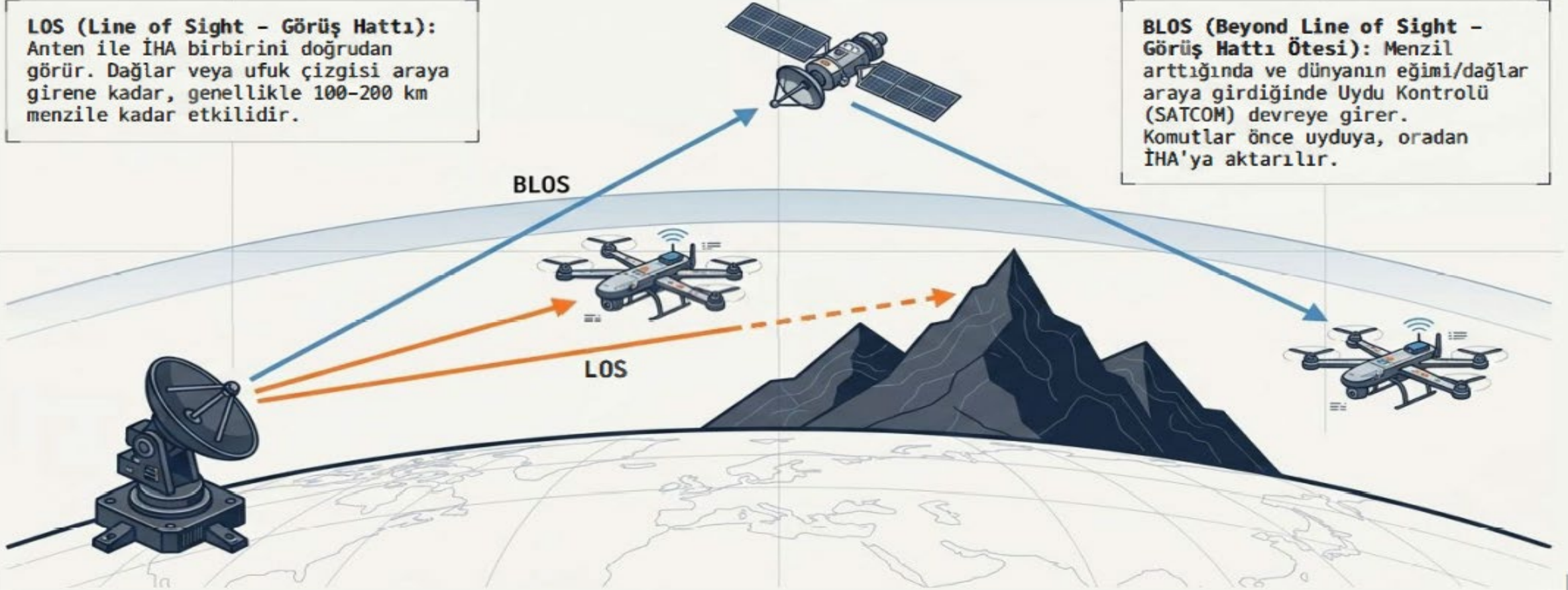
Özellik: Kamyon arkasına veya konteynere kurulu tam teşekküllü operasyon merkezi.

Kullanım Alanı: Askeri İHA'lar (Bayraktar TB2, Anka vb.), çok uzun menzilli operasyonlar.

Haberleşme Mimarisi: Menzil ve Engelleri Aşmak

LOS (Line of Sight - Görüş Hattı):
Anten ile İHA birbirini doğrudan görür. Dağlar veya ufuk çizgisi araya girene kadar, genellikle 100-200 km menzile kadar etkilidir.

BLOS (Beyond Line of Sight - Görüş Hattı Ötesi): Menzil arttığında ve dünyanın eğimi/dağlar araya girdiğinde Uydu Kontrolü (SATCOM) devreye girer. Komutlar önce uyduya, oradan İHA'ya aktarılır.



Frekans Spektrumu: Veri Trafikini Yönetmek

2.4 GHz: Pilot Kumanda Kontrolü (Manuel uçuş komutları).



900/415 MHz: Telemetry ve Uçuş Yazılımı (Ardupilot/Pixhawk ile GCS arasındaki hayati iletişim).



5.8 GHz: Yüksek boyutlu Canlı Video Aktarımı.



Sinyal Güvenliği: Sinyallerin birbirini baskılamasını (Interference) önlemek için 3 ayrı kanal kullanılır. Modern askeri ve endüstriyel sistemlerde ise tüm bu veriler 'Data Link' üzerinden tek bir kanalda şifreli ve ayrıştırılmış olarak iletebilir.

Kapalı Döngü Sistemi: Operasyonel Çalışma Mantığı



1. Yer kontrol istasyonu komut gönderir Bu

komutlar neler olabilir?

- Kalkış (Takeoff)
- İniş (Land)
- Belirli koordinata git (Waypoint)
- Hız değiştir
- Kamera aç/kapat
- Acil dönüş (Return to Home)

Komut → MAVLink gibi protokollerle paketlenir

Telemetri modülü → RF sinyali olarak gönderir

2. Uçuş kontrol kartı (örneğin Pixhawk) komutu işler

- Uçuş kontrolcüsü;
- Gelen komutu çözer
- Sensör verileri ile karşılaştırır
- Motorlara gönderilecek sinyali hesaplar

Örneğin;

- PID kontrol algoritmaları çalışır
- “Ben 50 metreye çıkmalıyım → şu an 30 metredeyim → motor gücünü artır”

Veya

Yer Kontrol İstasyonu: “100 metreye çık”

Drone:

- GPS → 60 metre
- PID hesaplar → motor hızını artır
- Yavaş yavaş 100 metreye ulaşır

3. Drone hareket eder

- ESC (Electronic Speed Controller) motorlara güç verir
- Pervaneler döner
- Drone hareket eder

5. GCS (Yer Kontrol İstasyonu) bu verileri analiz eder

- Harita üzerinde konum gösterir
- Grafikler oluşturur
- Uyarı verir
- Operatöre karar desteği sağlar

4. Sensör verileri geri gönderilir

Gönderilen veriler:

- GPS konumu, İrtifa, Hız, Batarya seviyesi
- Motor durumu, Uçuş modu, Kamera görüntüsü

Nasıl gönderilir?

- Telemetry modülü üzerinden
- Aynı protokol: MAVLink

Örnek:

Drone uçarken:

- “Batarya %25 kaldı”
- “Rüzgar nedeniyle sapma var”
- “Konum: 41.234 / 33.456”

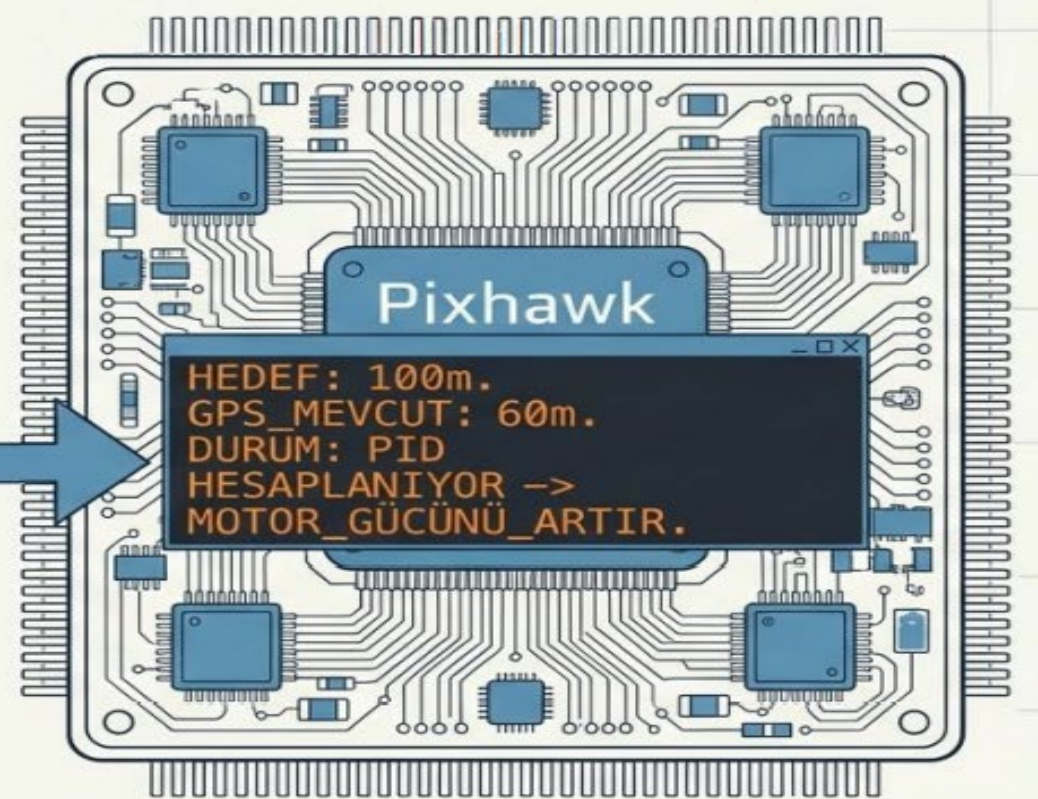
Faz 1 & 2: Komuttan Algoritmaya



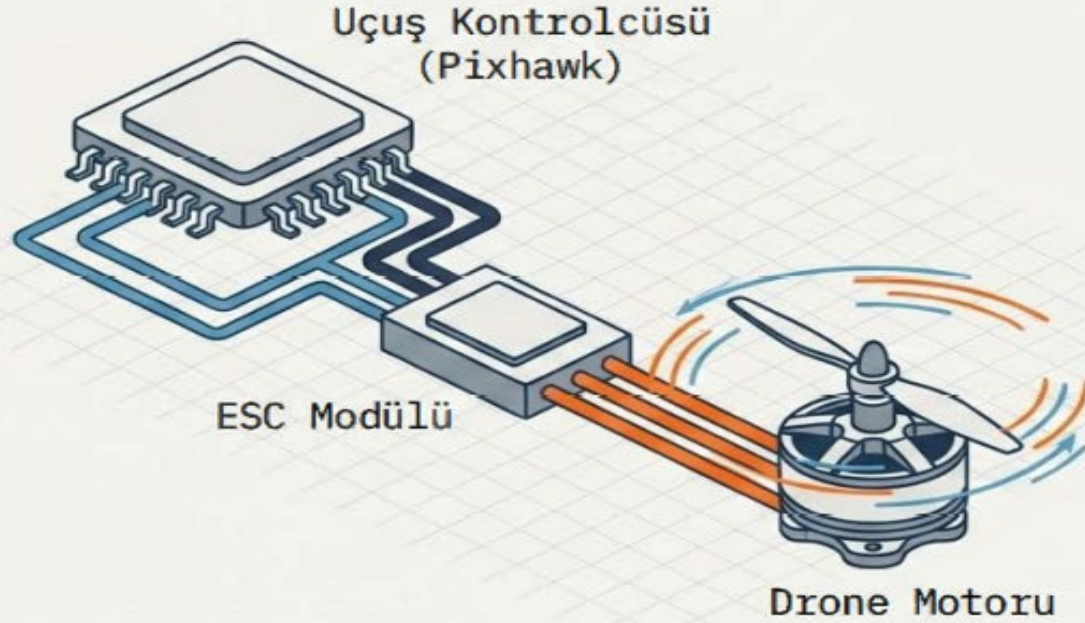
Komutun İletimi: Operatör '100 metreye çık' komutunu verir. Bu komut RF sinyali üzerinden MAVLink protokolüyle paketlenerek gönderilir.



Pixhawk ve PID Döngüsü



Faz 3 & 4: Fiziksel Eylem ve Telemetry Dönüşü



Hareket: ESC, uçuş kontrolcüsünden gelen matematiksel hesabı elektrik gücüne çevirir, motorlara güç verir ve pervaneler döner.

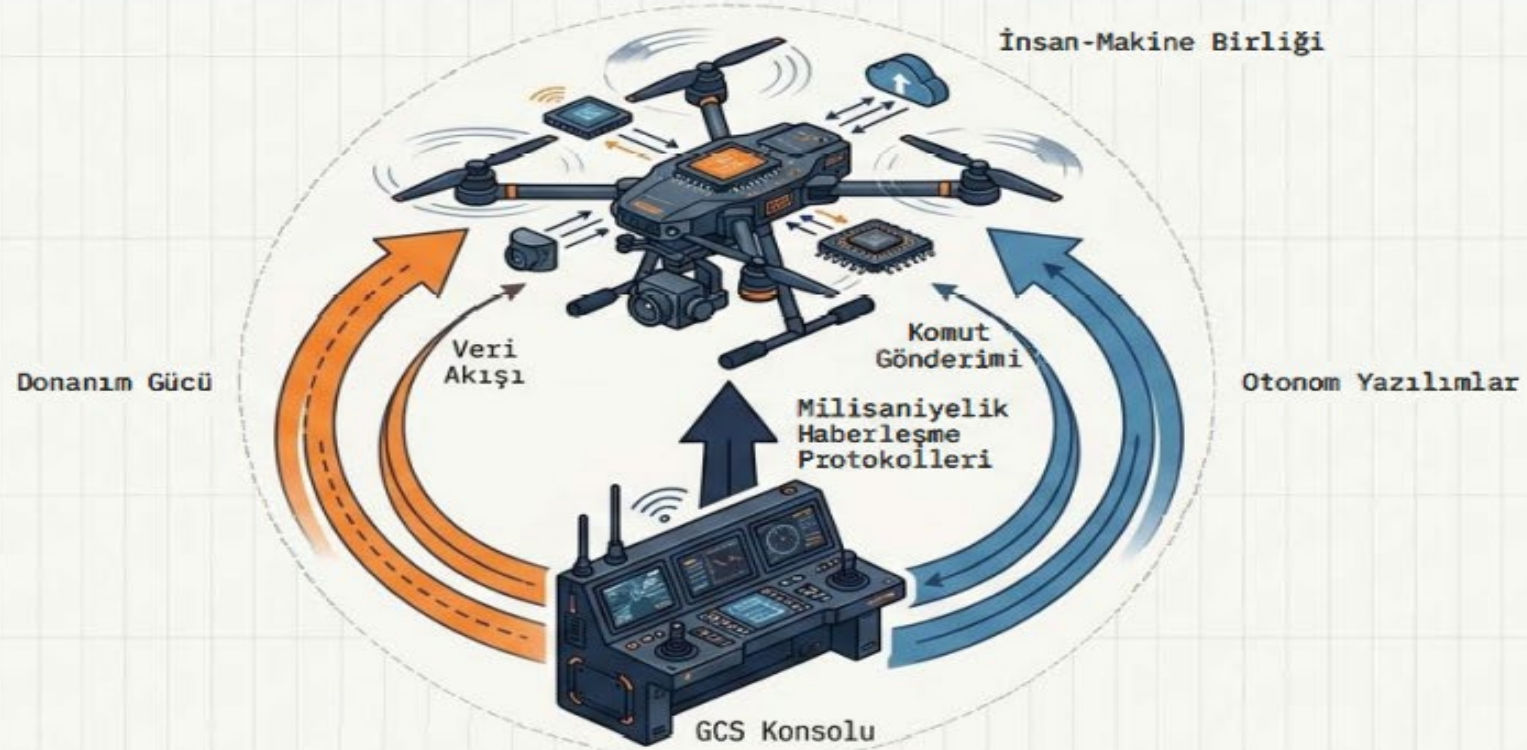
Geri Bildirim (Telemetry):

Hareket gerçekleştiği an sistem yere hayati verileri (MAVLink üzerinden) kucar:

- [Batarya %25 kaldı]
- [Rüzgar nedeniyle sapma var]
- [Konum: 41.234 / 33.456]

Özüt: Uzaktan Kumandadan Fazlası

Yer Kontrol İstasyonları (GCS) basit bir yönlendirme aracı değildir. Donanım gücü, milisaniyelik haberleşme protokolleri ve otonom yazılımların kusursuz uyumuyla çalışan; insan ve makineyi birleştiren nihai karar-destek merkezidir.



- Farahan, S. B., Machado, J. J. M., de Almeida, F. G., & Tavares, J. M. R. S. (2022). 9-DOF IMU-based attitude and heading estimation using an extended Kalman filter with bias consideration. *Sensors*, 22(9), 3416.
- Liu, X., Li, X., Shi, Q., Xu, C., & Tang, Y. (2021). UAV attitude estimation based on MARG and optical flow sensors using gated recurrent unit. *International Journal of Advanced Robotic Systems*, 18(2).
- Ko, N. Y., Youn, W., Choi, I. H., Song, G., & Kim, T. S. (2018). Features of invariant extended Kalman filter applied to unmanned aerial vehicle navigation. *Sensors*, 18(9), 2855.
- Champion, M., Ranganathan, P., & Faruque, S. (2018). UAV swarm communication and control architectures: A review. *Journal of Unmanned Vehicle Systems*, 7(2), 93–106.
- Kangunde, V., Jamisola, R. S., & Theophilus, E. K. (2021). A review on drones controlled in real-time. *International Journal of Dynamics and Control*, 9(4), 1832–1846.



TEŞEKKÜRLER