İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

TÜRKSAT
Model Uydu Yarışması 2019

Kritik Tasarım İnceleme Raporu

Critical Design Review (CDR)

Versiyon 1.1

43413

Apis 8A

İçindekiler

Bölüm	Sunucu	Alt Başlıklar	No:
Sisteme Genel Bakış	Aykut ÜÇTEPE	G.Ö.-S.İ.Ö-M.U.T.-S.K.İ-F.T.-G.H.M.U.U	6-29
Sensör Alt Sisteminin Tasarımı	Resul DAGDANOV	S.A.S.G.B.-S.A.S.G.-G.A.B.T.-B.S.B.T.-S.S.B.T.-P.G.S.B.T.-A.S.S.T-K.S.T	30-44
İniş Kontrol Sisteminin Tasarımı	Aykut ÜÇTEPE	İ.K.S.G.B-İ.K.S.G-.T.İ.K.S.-G.Y.İ.K.S.-İ.H.T.	45-51
Mekanik Alt Sistemin Tasarımı	Sercan SALDAMLI	M.A.S.G.B.-M.A.S.G.-G.Y.M.K.B.D.-G.Y.İ.M.S.-T.M.K.B.D.-T.İ.M.S.-T.G.Y.A.-D.S.-K.B.	52-72
HAVİ Alt Sisteminin Tasarımı	Çağlar YILMAZ	H.A.V.İ.G.B.-H.A.V.İ.G-İ.S.T.-H.B.S.T.-G.Z.S.-K.H.K.-G.Y.A.B.T.-T.F.-T.E.	73-91
Elektrik Alt Sisteminin Tasarımı	Gizem AYDIN	E.A.S.G.B- E.A.S.G- E.B.Ş- G.Y.B.B.T.- P.G.Ö.Y- G.B	92-108
Uçuş Yazılımı Tasarımı	Resul DAGDANOV	U.Y.G.B-U.Y.G.-U.Y.D.D.-Y.G.P.	109-122
Yer İstasyonu Tasarımı	Petek Dilan ÇAĞLI	Y.İ.G.B.-P.S.Y.D.-Y.İ.İ.-Y.İ.A.T.-Y.İ.Y.	123-134
Model Uydunun Entegrasyonu ve Testi	Sercan SALDAMLI	M.U.B.A.T.G.B.-A.S.S.T.P.G.-S.A.S.T.P.-H.A.S.T.P.-E.A.S.T.P.-U.Y.A.S.T.P.-Y.İ.A.S.T.P.-M.T.A.S.T.P.-İ.K.A.S.T.P.-S.S.T.P.-Ç.T.P.	135-146
Görev Operasyonu ve Analizler	Aykut ÜÇTEPE	O.G.S.G.B.-O.Y.K.Ç.-M.U.K.T.K.O.	147-150
İsterlerin Uyumu	Petek Dilan ÇAĞLI	İ.U.G.B.-İ.U.	151-157
Yönetim	Aykut ÜÇTEPE	M.U.B.-D.M.-G.-P.T.-SO.	158-169

Takım Organizasyonu

ORGANİZASYON ŞEMASI

Kısaltmalar (1/3)

G.	Gelirler	İ.K.A.S.T.P.	İniş Kontrol Alt Sistem Test Planı
İ.U.G.B.	İster Uyumuna Genel Bakış	H.A.S.T.P.	HAVİ Alt Sistem Test Planı
İ.U.	İster Uyumları	E.A.S.T.P.	Elektrik Alt Sistem Test Planı
A.S.S.T.P.G	Alt Sistem Seviyesi Test Planına Genel Bakış	U.Y.A.S.T.P.	Uçuş Yazılımı Alt Sistem Test Planı
S.A.S.T.P.	Sensör Alt Sistem Test Planı	Y.İ.A.S.T.P.	Yer İstasyonu Alt Sistem Test Planı
TGG	Tasarım Gözden Geçirme	M.T.A.S.T.P.	Mekanik Tasarım Alt Sistem Test Planı
M	Muayene	**Ç.T.P.**	Çevresel Testlerin Planı
M.U.B	Model Uydu Bütçesi	**O.G.S.G.B.**	Olayların Görev Sırasına Genel Bakış
T.E.	Telekomut	**O.Y.K.Ç**	Operasyon Yönetimi Kontrol Çizelgesi
E.A.S.G.B.	Elektrik Alt Sistemine Genel Bakış	**M.U.K.T.K.O**	Model Uydunun Konumunun Tespiti ve Kurtarma Operasyonu
E.A.S.G.	Elektrik Alt Sistemi Gereksinimleri	**A**	Analiz
E.B.Ş.	Elektrik Blok Şeması	**D.M.**	Diğer Masraflar
G.Y.B.B.T.	Görev Yükünün Bataryasının Belirlenmesi ve Temini	**P.T.**	Proje Takvimi
P.G.Ö.Y.	Pil Geriliminin Ölçüm Yöntemi	**SO**	Sonuçlar
U.Y.G.B.	Uçuş Yazılımına Genel Bakış	**H.A.V.İ.G.B.**	HAVİ Genel Bakış
U.Y.G.	Uçuş Yazılımının Gereksinimleri	**M.U.B.A.T.G.B.**	Model Uydunun Birleştirme Aşamalarına ve Testlerine Genel Bakış
U.Y.D.D.	Uçuş Yazılımı Durum Diagramı	**E.S.T.P.**	Ekipman Seviyesi Test Planı
Y.G.P.	Yazılım Geliştirme Planı	**Y.İ.G.**	Yer İstasyonunun Gereksinimleri
Y.İ.G.B.	Yer İstasyonuna Genel Bakış	**Y.İ.A.B.T.**	Yer İstasyonun Anteninin Belirlenmesi ve Temini

Kısaltmalar (2/3)

G.Ö.	Görev Özeti	**K.S.T**	Kamera Seçimi ve Temini
S.İ.Ö.	Sistem İsterlerinin Özeti	**İ.K.S.G.B.**	İniş Kontrol Sistemine Genel Bakış
M.U.T.B.	Model Uydu Tasarımının Belirlenmesi	**İ.K.S.G.**	İniş Kontrol Sisteminin Gereksinimleri
S.K.İ.	Sistem Konseptinin İşleyişi	**T.İ.K.S.**	Taşıyıcı İniş Kontrol Stratejisi
F.T.	Fiziksel Tasarım	**G.Y.İ.K.S.**	Görev Yükü İniş Kontrol Stratejisi
G.H.M.U.U.	Göreve Hazır Model Uydunun Uyumluluğu	**İ.H.T.**	İniş Hızı Tahminleri
S.A.S.G.B.	Sensör Alt Sistemine Genel Bakış	**M.A.S.G.B.**	Mekanik Alt Sistemine Genel Bakış
S.A.S.G.	Sensör Alt Sisteminin Gereksinimleri	**M.A.S.G.**	Mekanik Alt Sisteminin Gereksinimleri
G.A.B.T.	GPS Alıcısının Belirlenmesi ve Temini	**G.Y.M.K.B.D.**	Görev Yükünün Mekanik Komponentlerinin Belirlenmesi ve Düzeni
B.S.B.T.	Basınç Sensörünün Belirlenmesi ve Temini	**G.Y.İ.M.S.**	Görev Yükü İçin Malzeme Seçimleri
S.S.B.T.	Sıcaklık Sensörünün Belirlenmesi ve Temini	**T.M.K.B.D.**	Taşıyıcının Mekanik Komponentlerinin Belirlenmesi ve Düzeni
P.G.S.B.T.	Pil Gerilim Sensörünün Belirlenmesi ve Temini	**T.İ.M.S.**	Taşıyıcı İçin Malzeme Seçimleri
H.B.S.T.	Hafıza Birimi Seçimi ve Temini	**T.G.Y.A.**	Taşıyıcı ile Görev Yükünün Arayüzü
G.Z.S.	Gerçek Zamanlı Saat	**D.S.**	Dayanım ve Sürdürülebilirlik
G.Y.A.B.T.	Görev Yükünün Anteninin Belirlenmesi ve Temini	K.B.	Kütle Bütçesi
K.H.K.	Kablosuz Haberleşme Konfigürasyonu	T.E.	Telekomut
Y.İ.Y.	Yer İstasyonu Yazılımı	**İ.S.T.**	İşlemci Seçimi ve Temini
T.F.	Telemetri Formatı	**H.A.V.İ.G**	Hanerleşme ve Veri İletimi Gereksinimleri
G.B.	Güç Bütçesi	**A.S.S.T.**	Auto-Gyro Sensör Seçimi ve Temini

Kısaltmalar (3/3)

Y.İ.Y.	Yer İstasyonu Yazılımı	**Ç.T.P.**	Çevresel Testlerin Planı
M.U.B.A.T.G.B.	Model Uydunun Birleştirme Aşamalarına ve Testlerine Genel Bakış	**O.G.S.G.B.**	Olayların Görev Sırasına Genel Bakış
A.S.S.T.P.	Alt Sistem Seviyesi Test Planı	**O.Y.K.Ç**	Operasyon Yönetimi Kontrol Çizelgesi
S.S.T.P.	Sistem Seviyesi Tespit Planı	**M.U.K.T.K.O**	Model Uydunun Konumunun Tespiti ve Kurtarma Operasyonu
T	Test	P.D.S.Y.D.	PDR'dan Sonra Yapılan Değişiklikler

Sisteme Genel Bakış

Aykut ÜÇTEPE

Görev Özeti (1/2)

2019 Türksat Model Uydu Yarışması'nda gerçekleştirilmesi beklenen temel görevler:

- Model Uydu, Taşıyıcı ve Görev Yükü olmak üzere iki kısımdan oluşmalıdır.
- Model Uydu'nun ağırlığı 500 +/- 20 gr olmalıdır.
- Taşıyıcı ve Görev Yükü 400 m yüksekliğe kadar 8-10 m/s arası bir hızla iniş yapmalı ve 400 m'de otonom olarak birbirinden ayrılmalıdır.
- Ayrılmadan sonra Görev Yükü, 4-6 m/s hızla yere inmelidir.
- Model Uydu'nun yere inmesi hasarsız bir şekilde sağlanmalıdır.
- Model Uydu ölçtüğü verileri, sürekli bir şekilde, verilen telemetri formatına uygun paketler halinde, yer istasyonuna her saniye (1 Hz) göndermelidir ve bu telemetri verileri bir SD karta yazdırılmalıdır.
- Model uydu, uçuş boyunca kamera görüntüsünü yer istasyonuna göndermelidir.
- Yer istasyonundan uyduya gönderilen telekomut kodu, SD karta kaydedilecektir.
- Görev yükü yere iniş yaptığında buzzer çalacak ve kurtarma operasyonu gerçekleştirilecektir.

Görev Özeti (2/2)

İTÜ İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ 1773

INOVATIM

Apis 8A üyeleri, aynı zamanda bu yıl NASA Cansat Competition, Teknofest Yüksek İrtifa Roket Yarışması ve Tübitak İHA Yarışması'na katılım gösterecek olan İTÜ Apis Ar-Ge Takımı'nın üyesidir. Takım, çalışmalarını İTÜ Kimya Metalurji Fakültesi'nde sürdürmektedir. Bu süreçte TAI, ISBAK, SBK HOLDING ve INOVATIM'den sponsorluk desteği alınmaktadır.

PDR'dan Sonra Yapılan Değişiklikler

Yapılan Değişiklikler	Bölüm
Ayrılma mekanizmasında servo yerine mosfet kullanılmasına karar verilmiştir.	Elektronik
Güç bütçesi değiştirildi.	
Elektrik blok şeması değiştirildi.	
Kamera devresi için kullanılacak pil değiştirildi.	
Ayrılma mekanizması değiştirildi.	Mekanik
Pil yuvaları kaldırıldı.	

Sistem İsterlerinin Özeti (1/9)

No	Gereksinim/İster Tanımı	Yorum/Açıklama	Öncelik	İlişkili İster	Doğrulama Matrisi			
					T	A	TGG	M
SASG-01	Model uydunun elemanları 10 G şoka dayanacak şekilde seçilmelidir.	Temel Gereksinim	Yüksek	MASG-06		✓	✓	
SASG-02	Görev yükü, görev yaptığı sürede sıcaklık, basınç, yükseklik, iniş hızı, konum, pil gerilimi ve eksen verilerini toplamalıdır.	Temel Gereksinim	Yüksek	EASG-03		✓	✓	
SASG-03	Kamera video çözünürlüğü en az 640x480 olmalıdır.	Temel Gereksinim	Yüksek	EASG-04		✓	✓	✓
SASG-04	Alkalin, Ni-MH, Lityum Ion piller kullanılmalıdır.	Temel Gereksinim	Yüksek	EASG-06		✓	✓	
İKSG-01	400 metre yüksekliğine kadar model uydunun iniş hızı 8-10 m/s olmalıdır.	Temel Gereksinim	Yüksek	İKSG-03		✓		
İKSG-02	400 metre yükseklikte Taşıyıcı ve Görev yükü otonom ayrılmalıdır.	Temel Gereksinim	Yüksek	İKSG-05		✓		

Sistem İsterlerinin Özeti (2/9)

No	Gereksinim/İster Tanımı	Yorum/Açıklama	Öncelik	İlişkili İster	Doğrulama Matrisi			
					T	A	TGG	M
İKSG-03	Ayrılmadan sonra Görev yükü pasif veya aktif iniş sistemi ile iniş hızı 4-6 m/s olmalıdır.	Temel Gereksinim	Yüksek	İKSG-01		✔		
İKSG-04	Model uydu hasarsız bir şekilde yere inmelidir.	Temel Gereksinim	Yüksek	-		✔		
İKSG-05	Pasif iniş sistemi seçilirse görev yükünün paraşütü kırmızı, taşıyıcınınki ise sarı olmalıdır.	Temel Gereksinim	Yüksek	İKSG-02		✔	✔	✔
MASG-01	Model Uydu, Taşıyıcı ve Görev Yükü olmak üzere iki kısımdan oluşacaktır.	Temel Gereksinim	Yüksek	-		✔		✔
MASG-02	Model Uydu'nun ağırlığı 500 +/- 20 gr olacaktır.	Temel Gereksinim	Yüksek	MASG-03		✔		
MASG-03	Model Uydu, silindir şeklinde yüksekliği 180 mm, çapı 80 mm olmalıdır.	Temel Gereksinim	Yüksek	MASG-02		✔		

Sistem İsterlerinin Özeti (3/9)

No	Gereksinim/İster Tanımı	Yorum/Açıklama	Öncelik	İlişkili İster	Doğrulama Matrisi			
					T	A	TGG	M
MASG-04	Taşıyıcı, hiçbir yere takılmayacak şekilde tasarlanacaktır ve Görev Yükü'nü koruyacak yapıda üretilecektir.	Temel Gereksinim	Yüksek	SASG-04		✓		✓
MASG-05	400 metre yüksekliğine kadar model uydunun iniş hızı 8-10 m/s olmalıdır.	Temel Gereksinim	Yüksek	-		✓		
MASG-06	Model uydunun bağlantı elemanları ve ekipmanları en az 10 G şoka dayanacak şekilde seçilecek veya tasarlanacaktır.	Temel Gereksinim	Yüksek	SASG-04		✓	✓	
MASG-07	Bütün elektronik donanımlar ve birleşecek mekanik parçalar konektör, vida ve yüksek performanslı yapıştırıcılar gibi uygun birleştiriciler kullanılacaktır.	Temel Gereksinim	Yüksek	-		✓	✓	✓
HAVI-01	Her takım kendi yer istasyonunu geliştirecektir.	Temel Gereksinim	Yüksek	YIG-01, 02		✓	✓	✓

Sistem İsterlerinin Özeti (4/9)

No	Gereksinim/İster Tanımı	Yorum/Açıklama	Öncelik	İlişkili İster	Doğrulama Matrisi			
					T	A	TGG	M
HAVI-02	Model uydu ölçtüğü verileri, telemetri formatına uygun paketler halinde yer istasyonuna her saniye gönderecektir.	Temel Gereksinim	Yüksek	YIG-02		✔	✔	
HAVI-03	Model uydu, sistem çalışmaya başladığı andan itibaren video görüntüsünü ve telemetri verilerini yer istasyonuna gönderecektir.	Temel Gereksinim	Yüksek	EASG-04, YIG-04		✔	✔	
HAVI-04	Model uydudan yer istasyonuna veri iletimi kablosuz haberleşme modülleri kullanılacaktır.	Temel Gereksinim	Yüksek	-		✔	✔	
HAVI-05	Görev yükü yere iniş yaptıktan sonra 1 dakika boyunca telemetri ve görüntü yayınına devam edecektir.	Temel Gereksinim	Yüksek	-		✔		
HAVI-06	Görev yüküne yer istasyonundan gönderilen 5 haneli şifre SD karta kaydedilecektir.	Temel Gereksinim	Yüksek	-		✔	✔	

Sistem İsterlerinin Özeti (5/9)

No	Gereksinim/İster Tanımı	Yorum/Açıklama	Öncelik	İlişkili İster	Doğrulama Matrisi			
					T	A	TGG	M
HAVI-07	Görev yükü yere iniş yaptıktan sonra 1 dakika boyunca telemetri ve görüntü yayınına devam edecektir.	Temel Gereksinim	Yüksek	YIG-04		✔	✔	
HAVI-08	Telemetri verileri görev yükünde bulunan SD karta ayriyeten yazdırılacaktır.	Temel Gereksinim	Yüksek	-	✔	✔		
EASG-01	Model uydunun elemanları 10 G şoka dayanacak şekilde seçilmelidir.	Temel Gereksinim	Yüksek	-		✔	✔	
EASG-02	Seçilecek pilin sistemin 1 saatlik çalışma süresi boyunca yeterli olması gerekmektedir.	Temel Gereksinim	Yüksek	EASG-05	✔	✔	✔	✔
EASG-03	Bakış açısı yerküreye bakacak şekilde konulan kamera görüntüleri SD karta video olarak kaydedilmelidir.	Temel Gereksinim	Yüksek	YIG-04		✔	✔	

Sistem İsterlerinin Özeti (6/9)

No	Gereksinim/İster Tanımı	Yorum/Açıklama	Öncelik	İlişkili İster	Doğrulama Matrisi			
					T	A	TGG	M
EASG-04	Kamera video çözünürlüğü en az 640x480 olmalıdır.	Temel Gereksinim	Yüksek	YIG-04		✔	✔	✔
EASG-05	Elektronik devrede uygun bağlantılar kullanılmalıdır.	Temel Gereksinim	Yüksek	MASG-07		✔	✔	
EASG-06	Alkalin, Ni-MH, Lityum Ion piller kullanılmalıdır.	Temel Gereksinim	Yüksek	-		✔	✔	
EASG-07	Görev Yükü'nün açma kapama düğmesi olup düğmenin, görev yükü taşıyıcının içindeyken bile ulaşılabilecek bir konumda olması gerekmektedir.	Temel Gereksinim	Yüksek	-		✔	✔	
EASG-08	Görev yükü, görev yaptığı sürede sıcaklık, basınç, yükseklik, iniş hızı, konum, pil gerilimi ve eksen verilerini toplamalıdır.	Temel Gereksinim	Yüksek	UYG-01		✔	✔	

Sistem İsterlerinin Özeti (7/9)

No	Gereksinim/İster Tanımı	Yorum/Açıklama	Öncelik	İlişkili İster	Doğrulama Matrisi			
					T	A	TGG	M
UYG-01	Telemetri verileri görev yükünde bulunan SD karta ayriyeten yazdırılacaktır.	Temel Gereksinim	Yüksek	EASG-08		✔		
UYG-02	Bakış açısı yerküreye bakacak şekilde konulan kamera görüntüleri SD karta video olarak kaydedilmelidir.	Temel Gereksinim	Yüksek	EASG-08		✔		
UYG-03	Model uydu, sistem çalışmaya başladığı andan itibaren video görüntüsünü ve telemetri verilerini yer istasyonuna gönderecektir.	Temel Gereksinim	Yüksek	EASG-08		✔		
UYG-04	Görev yükü yere iniş yaptıktan sonra 1 dakika boyunca telemetri ve görüntü yayınına devam edecektir.	Temel Gereksinim	Yüksek	HAVI-07		✔		
UYG-05	400 metre yükseklikte Taşıyıcı ve Görev yükü otonom ayrılmalıdır.	Temel Gereksinim	Yüksek	YIG-01		✔		

Sistem İsterlerinin Özeti (8/9)

No	Gereksinim/İster Tanımı	Yorum/Açıklama	Öncelik	İlişkili İster	Doğrulama Matrisi			
					T	A	TGG	M
UYG-06	Ayrılmama durumunda yer istasyonundan gelen komutla model uydu ayrılacaktır.	Temel Gereksinim	Yüksek	YIG-07		✓		
UYG-07	Model uydu yere temas ettiğinde sesli ikaz vermelidir.	Temel Gereksinim	Yüksek	-		✓	✓	
UYG-08	Hakemler tarafından atanan 5 haneli şifre telekomut olarak yer istasyonundan uçuş anında Görev yüküne iletmelidir.	Temel Gereksinim	Yüksek	YIG-08		✓	✓	
UYG-09	Görev yükü, görev yaptığı sürede sıcaklık, basınç, yükseklik, iniş hızı, konum, pil gerilimi ve eksen verilerini toplamalıdır.	Temel Gereksinim	Yüksek	YIG-02		✓	✓	
YIG-01	Ayrılmama durumunda yer istasyonundan gelen komutla model uydu ayrılacaktır.	Temel Gereksinim	Yüksek	HAVI-01		✓		✓
YIG-02	Görev yükünden gelen telemetri verileri yer istasyonunda kaydedilmeli ve gerçek zamanlı gösterilmelidir.	Temel Gereksinim	Yüksek	HAVI-01,02		✓		

Sistem İsterlerinin Özeti (9/9)

No	Gereksinim/İster Tanımı	Yorum/Açıklama	Öncelik	İlişkili İster	Doğrulama Matrisi			
					T	A	TGG	M
YIG-03	Yer istasyonunda telemetri verileri doğru birimlerle grafiklere gerçek zamanlı olarak çizilmelidir.	Temel Gereksinim	Yüksek	HAVI-01,02, 07		✓		
YIG-04	Video yer istasyonunda gerçek zamanlı izlenmeli ve kaydedilmelidir.	Temel Gereksinim	Yüksek	HAVI-01,03, 04		✓		
YIG-05	Yer istasyonu bilgisayarının en az iki saat dayanacak şarjı olmalıdır.	Temel Gereksinim	Yüksek	HAVI-01,08	✓	✓	✓	✓
YIG-06	Model uydunun duruş bilgisi jiroskop sensöründen gelen veriler doğrultusunda simüle edilecektir.	Temel Gereksinim	Yüksek	HAVI-09		✓		✓
YIG-07	Ayrılmama durumunda yer istasyonundan gelen komutla model uydu ayrılacaktır.	Temel Gereksinim	Yüksek	HAVI-01		✓		
YIG-08	Hakemler tarafından atanan 5 haneli şifre telekomut olarak yer istasyonundan uçuş anında Görev yüküne iletmelidir.	Temel Gereksinim	Yüksek	HAVI-01		✓		

Model Uydu Tasarımı

Belirlenen tasarımın kriterleri;

- Kolay takılıp sökülebilir.
- Ni-krom telle ayrılmayı sağlamak için uygundur.
- Görev yükü paraşütü için yeterli hacme sahiptir.
- İskelette kullanılan çubuklar uyduya yüksek mukavemet sağlamaktadır.
- Optimum kütle/hacim oranına sahiptir.

Sistem Konseptinin İşleyişi (1/3)

Sistem Konseptinin İşleyişi (2/3)

Yarışma Alanına Varış

- ★ Anten ve yer istasyonunun kurulumu.
- ★ Uydunun çalışırlığının kontrolü.

Yerleştirme

- ★ Uydu ile yer istasyonunun haberleştiğinden emin olunması.
- ★ Uydunun rokete/drone'a yerleştirilmesi.

Veri Analizi

- ★ SD karta kaydedilen verilerin incelenmesi ve jüriye teslimi.
- ★ Alınan verilerin grafiklere dökülmesi.
- ★ PFR Hazırlanması.

Kurtarma

- ★ Taşıyıcı ve Görev Yükünün yerlerinin tespit edilmesi ve bulunması.
- ★ Hasar kontrolü.

Uçuş

- ★ Yükselişten alçalışa, tüm telemetri verisinin ve video kaydının yer istasyona gönderilmesi ve SD karta kaydedilmesi.
- ★ Otonom olarak ayrılmanın gerçekleşmesi.

Sistem Konseptinin İşleyişi (3/3)

Yer İstasyonu	Petek Dilan
Görev Yönetimi	Aykut
Kurtarma	Çağlar-Gizem
PFR	Resul-Sercan

Fiziksel Tasarım(1/5)

Konteyner Fiziksel Tasarımı

Fiziksel Tasarım(2/5)

Görev Yükü Fiziksel Tasarımı

Fiziksel Tasarım(3/5)

Montaj Şeması

Fiziksel Tasarım(4/5)

ELEKTRİK ELEMANLARININ BOYUTLARI VE KONUMLARI

Fiziksel Tasarım(5/5)

AYRILMA MEKANİZMASI

Model uydu inişe başlayıp 400 metreye alçaldığında görev yükünde bulunan ni-krom tel ısınacak ve misina eriyecektir. Ni-krom tel devre kartı tarafından yönetilecektir, yay ise gerekli itişi sağlayarak ayrılma süresini kısaltacaktır.

Göreve Hazır Model Uydu'nun Uyumluluğu

BOYUTLARIN KARŞILAŞTIRILMASI

- Sistem gereksinimlerindeki değerlere uygun olarak taşıyıcımız 80 mm çapında 180 mm uzunluğunda tasarlanmıştır.
- Görev yükünün çapı 72 mm, yüksekliği ise 162 mm'dir.
- Yandaki şekillerde görüldüğü gibi görev yükümüz taşıyıcıya sığmaktadır.

Sensör Alt Sisteminin Tasarımı

Resul DAGDANOV

Sensör Alt Sistemine Genel Bakış

Sensör Tipi	Sensör Modeli	Kullanım Amacı
Küresel Konum Belirleme	Adafruit Ultimate GPS	Model uydunun küresel konumunu ve iniş hızını belirle.
Basınç Sensörü	Adafruit BME 280	Hava basıncını ve yükseklik ölçme.
Sıcaklık Sensörü	Adafruit BME 280	Hava sıcaklığını ölçme.
Pil Gerilim Sensörü	Teensy 3.5 Analog Pini	Güç kaynağının gerilimini ölçme.
Auto - Gyro Sensörü	MPU 9250	Model uydunun 3 eksendeki verilerini alma.
Kamera	Turbowing Cyclops 3 V3	Uçuş boyunca video çekme.

PDR' dan Sonra Yapılan Alt Sistem Değişiklikleri

«Değişiklik Yapılmamıştır!»

Sensör Alt Sisteminin İsterleri

No	Gereksinim/İster Tanımı	Yorum/Açıklama	Öncelik	İlişkili İster	Doğrulama Matrisi			
					T	A	TGG	M
SASG-01	Model uydunun elemanları 10 G şoka dayanacak şekilde seçilmelidir.	Temel Gereksinim	Yüksek	MASG-06		✓	✓	
SASG-02	Görev yükü, görev yaptığı sürede sıcaklık, basınç, yükseklik, iniş hızı, konum, pil gerilimi ve eksen verilerini toplamalıdır.	Temel Gereksinim	Yüksek	EASG-03		✓	✓	
SASG-03	Kamera video çözünürlüğü en az 640x480 olmalıdır.	Temel Gereksinim	Yüksek	EASG-04		✓	✓	✓
SASG-04	Alkalin, Ni-MH, Lityum Ion piller kullanılmalıdır.	Temel Gereksinim	Yüksek	EASG-06		✓	✓	

GPS Alıcısının Özellikleri ve Temini

Model	Haberleşme Arayüzleri	Doğruluk	Çalışma Gerilimi	Fiziksel Boyutu	Ağırlığı	Fiyatı
Adafruit Ultimate GPS	UART	±1.8 m	3.0 V - 5.5 V	25 mm x 35 mm x 6.5 mm	8.5 g	230 TL

GPS Alıcısı: Adafruit Ultimate GPS

- Geçmişte katıldığımız yarışmalarda başarılı ve stabil sonuç vermiştir. Bu nedenle PDR'dan sonra bir değişikliğe ihtiyaç duyulmamıştır.
- Yurtdışından kargo ile temin edilmiştir.
- Sipariş teslim alınmıştır.

Basınç Sensörünün Özellikleri ve Temini

Model	Haberleşme Arayüzleri	Doğruluk	Çalışma Gerilimi	Fiziksel Boyutu	Ağırlığı	Fiyatı
Adafruit BME 280	I²C, SPI	±1 hPa	1.7 V - 3.6 V	19 mm x 18 mm x 3 mm	1 g	116 TL

Basınç Sensörü: Adafruit BME 280

- Yaptığımız testlerde başarılı sonuç vermiştir. Bu nedenle PDR'dan sonra bir değişikliğe ihtiyaç duyulmamıştır.
- Yurtdışından kargo ile temin edilmiştir.
- Sipariş teslim alınmıştır.

Sıcaklık Sensörünün Özellikleri ve Temini

Model	Haberleşme Arayüzleri	Doğruluk	Çalışma Gerilimi	Fiziksel Boyutu	Ağırlığı	Fiyatı
Adafruit BME 280	I²C, SPI	±0.5 °C	1.7 V - 3.6 V	19 mm x 18 mm x 3 mm	1 g	116 TL

Sıcaklık Sensörü: Adafruit BME 280

- Yaptığımız testlerde başarılı sonuç vermiştir. Bu nedenle PDR'dan sonra bir değişikliğe ihtiyaç duyulmamıştır.
- Yurtdışından kargo ile temin edilmiştir.
- Sipariş teslim alınmıştır.

Pil Gerilim Sensörünün Özellikleri ve Temini

Model	Haberleşme Arayüzleri	Doğruluk	Çalışma Gerilimi	Fiziksel Boyutu	Ağırlığı	Fiyatı
Teensy 3.5 Analog Pini	Analog	±0.03 %	0 V - 5 V	2 mm x 1 mm x 0.5 mm	0.5 g	(Teensy 3.5'in fiyatına dahildir.)

Pil Gerilimi Sensörü: Teensy 3.5 Analog Pini

- Ölçümü Teensy 3.5 üzerindeki A2 pini üzerinden ölçüm yapılacaktır. Kullanılacak formül ve elektrik devresi yanda gösterilmiştir.
- Yurtdışından kargo ile temin edilmiştir.
- Sipariş teslim alınmıştır.

$$V_{out} = V_{in} \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

Auto-Gyro Sensör Özellikleri ve Temini (1/2)

Model	Haberleşme Arayüzleri	Çalışma Prensibi	Çalışma Gerilimi	Fiziksel Boyutu	Ağırlığı	Fiyatı
MPU 9250	I²C, SPI	MEMS	2.4 V - 3.6 V	15 mm x 25 mm x 3 mm	2.2 g	46 TL

Auto-Gyro Sensörü: MPU 9250

- Yaptığımız testlerde başarılı sonuç vermiştir. Bu nedenle PDR'dan sonra bir değişikliğe ihtiyaç duyulmamıştır.
- Yurt içinden kargo ile temin edilmiştir.
- Sipariş teslim alınmıştır.

Auto-Gyro Sensör Özellikleri ve Temini (2/2)

Çalışma Prensibi:

Birbirlerine göre ters tarafa doğru hareket eden kütleler, açısal momentum uygulandığında coriolis kuvveti nedeniyle açısal momentum ve hızlarının yönüne dik doğrultuda hareket ederler.

$$2m\vec{\omega} \times \vec{v}_r$$

Coriolis kuvveti

Bu hareket sistemin kapasitansını değiştirir. Karşılıklı iki kütlenin kapasitansı yardımıyla uygulanan açısal hız bulunabilir.

$$\bar{\omega} = \frac{\Delta\theta}{\Delta t}$$

Açısal Hız

Pitch, Roll ve Yaw ise ilk zaman değerleriyle aradan geçen süre kadar açısal hızın eklenmesiyle bulunur.

Kamera Özellikleri ve Temini

Model	Haberleşme Arayüzleri	Çözünürlük	Çalışma Gerilimi	Fiziksel Boyutu	Ağırlığı	Fiyatı
Turbowing Cyclops 3 V3	Dijital	1280p x 720p	5 V	18 mm x 18 mm x 8 mm	4.8 g	130 TL

Kamera: Turbowing Cyclops 3 V3

- Geçmişte katıldığımız yarışmalarda tüm beklentilerimizi karşılamıştır ve başarılı sonuç vermiştir. Bu nedenle PDR'dan sonra bir değişikliğe ihtiyaç duyulmamıştır.
- Yurtdışından kargo ile temin edilmiştir.
- Sipariş teslim alınmıştır.

İniş Kontrol Sisteminin Tasarımı

Aykut ÜÇTEPE

İniş Kontrol Sistemine Genel Bakış (1/2)

İniş Kontrol Sisteminde Temel Görevler:

- ★ Roketten (drone) ayrılma gerçekleştiğinde Taşıyıcı'nın paraşütünün açılması ve 400m'ye kadar Model Uydu'nun 8-10 m/s aralığında bir hızla iniş yapması.
- ★ 400m yükseklikte Görev Yükü ile Taşıyıcı otonom olarak ayrıldıktan sonra Görev Yükü'nün paraşütünün açılması ve hızının 4-6 m/s aralığına indirilmesi.
- ★ Taşıyıcının inişine devam etmesi.

İniş Kontrol Sistemine Genel Bakış (2/2)

500 metrede model uydu, roketten ayrılır.

Model uydu 9.23 m/s hızla serbest düşüşe başlar.

500 Metre

400 Metre

Roket fırlatılır.

Taşıyıcı 5.27 m/s hızla iner.

400 metrede taşıyıcı ve görev yükü ayrılır.Görev yükü 5.31 m/s hızla iner.

PDR' dan Sonra Yapılan Alt Sistem Değişiklikleri

«Değişiklik Yapılmamıştır!»

İniş Kontrol Sisteminin İsterleri

No	Gereksinim/İster Tanımı	Yorum/Açıklama	Öncelik	İlişkili İster	Doğrulama Matrisi			
					T	A	TGG	M
İKSG-01	400 metre yüksekliğine kadar model uydunun iniş hızı 8-10 m/s olmalıdır.	Temel Gereksinim	Yüksek	İKSG-03		✓		
İKSG-02	400 metre yükseklikte Taşıyıcı ve Görev yükü otonom ayrılmalıdır.	Temel Gereksinim	Yüksek	İKSG-05		✓		
İKSG-03	Ayrılmadan sonra Görev yükü pasif veya aktif iniş sistemi ile iniş hızı 4-6 m/s olmalıdır.	Temel Gereksinim	Yüksek	İKSG-01		✓		
İKSG-04	Model uydu hasarsız bir şekilde yere inmelidir.	Temel Gereksinim	Yüksek	-		✓		
İKSG-05	Pasif iniş sistemi seçilirse görev yükünün paraşütü kırmızı, taşıyıcınınki ise sarı olmalıdır.	Temel Gereksinim	Yüksek	İKSG-02		✓	✓	✓

Taşıyıcı İniş Kontrol Stratejisi

SEÇİLEN İNİŞ KONTROL STRATEJİSİ: **Kubbe Tipi Paraşüt**

İniş kontrol stratejisi için gerekli elemanlar:

- 30d naylon Paraşüt kumaşı,
- Paraşüt İpleri,
- Fırdöndü.

Paraşüt iplerinin birbirine dolanmaması için fırdöndü kullanılacaktır.
İniş sırasında taşıyıcının kolayca takip edilebilmesi için, taşıyıcının paraşüt rengi olarak fosforlu sarı seçildi.

★ ***Taşıyıcıda delikler açılacak ve paraşüt ipleri bu deliklerden geçirilip düğümlenecektir böylece montaj tamamlanacaktır.***

★ ***Ayrılma ise bu düğümlerin çözülmesi ile sağlanacaktır.***

Görev Yükü İniş Kontrol Stratejisi

SEÇİLEN İNİŞ KONTROL STRATEJİSİ: **Kubbe Tipi Paraşüt**

İniş kontrol stratejisi için gerekli elemanlar:

- 30d nylon Paraşüt kumaşı,
- Paraşüt İpleri,
- Fırdöndü.

Paraşüt iplerinin birbirine dolanmaması için fırdöndü kullanılacaktır.
İniş sırasında taşıyıcının kolayca takip edilebilmesi için, taşıyıcının paraşüt rengi olarak **fosforlu kırmızı** seçildi.

➔ **Görev yükünün tepesinde açılacak olan bir deliğe fırdöndünün bir ucu takılacaktır.** Fırdöndünün diğer ucu açılıp kapanabilir olduğundan ipler bu uca geçirilecektir. Böylece kolaylıkla **ayrılma ve birleştirme** gerçekleştirilecektir. Paraşüt istiflenerek görev yükünün üstüne konacaktır.

İniş Hızı Tahminleri (1/4)

Model Uydu (Taşıyıcı+Görev Yükü) İniş Hızı Tahmini:

$$V = \sqrt{\frac{2 \times m \times g}{A \times \rho \times C_d}} = \sqrt{\frac{8 \times (0.4918\ kg) \times (9.81\ m/s^2)}{\pi \times (0.14m) \times (0.14m) \times (1.225kg/m^3) \times 1.5}} = 9.23\ m/s$$

V = Terminal Hız

m = Kütle (Taşıyıcı+Görev Yükü)

A = Alan (Paraşütün Alanı = π x R x R)

ρ = 1.2 kg/m^3 (Hava Yoğunluğu)

g = 9.81 ^m/s^2 (Yerçekimi İvmesi)

C = Sürükleme Katsayısı

İniş Hızı Tahminleri (2/4)

Görev Yükü İniş Hızı Tahmini:

$$V = \sqrt{\frac{2 \times m \times g}{A \times \rho \times C_d}} = \sqrt{\frac{8 \times (0.3318\ kg) \times (9.81\ m/s^2)}{\pi \times (0.2m) \times (0.2m) \times (1.225 kg/m^3) \times 1.5}} = 5.31\ m/s$$

V = Terminal Hız

m = Kütle (Görev Yükü)

A = Alan (Paraşütün Alanı = π x R x R)

ρ = 1.2 kg/m^3 (Hava Yoğunluğu)

g = 9.81 ^m/s^2 (Yerçekimi İvmesi)

C_d = Sürükleme Katsayısı

İniş Hızı Tahminleri (3/4)

Taşıyıcı İniş Hızı Tahmini:

$$V = \sqrt{\frac{2 \times m \times g}{A \times \rho \times C_d}} = \sqrt{\frac{8 \times (0.16\ kg) \times (9.81\ m/s^2)}{\pi \times (0.14m) \times (0.14m) \times (1.225kg/m^3) \times 1.5}} = 5.27\ m/s$$

V = Terminal Hız

m = Kütle (Taşıyıcı)

A = Alan (Paraşütün Alanı = π x R x R)

ρ = 1.2 kg/m^3 (Hava Yoğunluğu)

g = 9.81 ^m/s^2 (Yerçekimi İvmesi)

C_d = Sürükleme Katsayısı

İniş Hızı Tahminleri (4/4)

Test ile Teorik Hesaplamaların Karşılaştırılması

Karşılaştırma	Teorik Hesaplama	Test Sonucu	Hata Payı (%)
Model Uydunun Ayrılmadan Önceki Hızı	9.23 m/s	8.5 m/s	8
Taşıyıcı'nın, Görev Yükü Ayrıldıktan Sonraki Hızı	5.27 m/s	4.7 m/s	11
Görev Yükü'nün, Taşıyıcı Ayrıldıktan Sonraki Hızı	5 m/s	5.3 m/s	6

Paraşüt testleri, yarışmada kullanılması planlanan paraşütlerin su şişesine bağlanıp çatıdan atılmasıyla yapıldı. Şişeler Model Uydu, taşıyıcı ve görev yükünü temsil edecek şekilde su ile dolduruldu.

Test Linki: *https://youtu.be/iydKhR32XF0*

Mekanik Alt Sistemin Tasarımı

Sercan SALDAMLI

Mekanik Alt Sisteme Genel Bakış (1/3)

Önemli Yapısal Elemanlar	Seçilen Malzeme
Taşıyıcı	Fiberglass Kumaş / Kontrplak
Görev Yükü	Fiberglass Çubuk / Kontrplak
Paraşüt	30d Naylon 66 Kumaş
Ayrılma Mekanizması	Ni-krom tel/Misina/Alüminyum Silikat/Misina

Bağlantı Elemanları
Epoksi Yapıştırıcı (İskelet Parçaları Montajı)
Ahşap Tutkalı (Kontrplak Montajı)
Fırdöndü / Misina (Paraşüt Montajı)
Vida / Çift Taraflı Bant (PCB Montajı)

Mekanik Alt Sisteme Genel Bakış (2/3)

TAŞIYICI

GÖREV YÜKÜ

Mekanik Alt Sisteme Genel Bakış (3/3)

ARAYÜZ TANIMLARI

- 3 katmanlı tasarımdaki plakalar sayesinde elektronik ve mekanik komponentler görev yükü paraşütünden ayrılmaktadır.
- Taşıyıcı ile görev yükü arasında bir ara plaka bulunmaktadır. Bu ara plaka sayesinde taşıyıcı paraşütü ile görev yükü paraşütü birbirinden ayrılmaktadır.
- Bir ucu taşıyıcıya sabitlenmiş ve ayrılma mekanizmasından geçen misina görev yükü ve taşıyıcıyı 400 metreye kadar beraber tutmaktadır.

PDR'dan Sonra Yapılan Alt Sistem Değişiklikleri

Yapılan Değişiklikler	Nedenleri
Ayrılma mekanizması için servo motora bağlı yardımcı mil yerine ni-krom tel mekanizması kullanılacaktır.	Servolu sistem görev yükünde fazla yer kaplamaktadır ve olası takılmaların önüne geçme amacıyla değiştirilmiştir.
Bağlantı çubuklarına bağlı pil yuvaları kaldırıp piller alt katmana yerleştirilecektir.	Piller devre kartından uzaklaştırılarak kısa devre riski azaltılmış ayrıca ağırlık merkezi aşağı kaydırılarak stabil bir uçuş amaçlanmıştır.

- Taşıyıcı'nın tasarımı ve boyutlarında bir değişiklik yapılmamış, sadece taşıyıcı ara plakasında misinanın bağlanacağı delik açılmıştır.

Mekanik Alt Sistemin İsterleri (1/2)

No	Gereksinim/İster Tanımı	Yorum/Açıklama	Öncelik	İlişkili İster	Doğrulama Matrisi			
					T	A	TGG	M
MASG-01	Model Uydu, Taşıyıcı ve Görev Yükü olmak üzere iki kısımdan oluşacaktır.	Temel Gereksinim	Yüksek	-		✔		✔
MASG-02	Model Uydu'nun ağırlığı 500 +/- 20 gr olacaktır.	Temel Gereksinim	Yüksek	MASG-03		✔		
MASG-03	Model Uydu, silindir şeklinde yüksekliği 180 mm, çapı 80 mm olmalıdır.	Temel Gereksinim	Yüksek	MASG-02		✔		
MASG-04	Taşıyıcı, hiçbir yere takılmayacak şekilde tasarlanacaktır ve Görev Yükü'nü koruyacak yapıda üretilecektir.	Temel Gereksinim	Yüksek	SASG-04		✔		✔
MASG-05	400 metre yüksekliğine kadar model uydunun iniş hızı 8-10 m/s olmalıdır.	Temel Gereksinim	Yüksek	-		✔		

Mekanik Alt Sistemin İsterleri (2/2)

No	Gereksinim/İster Tanımı	Yorum/Açıklama	Öncelik	İlişkili İster	Doğrulama Matrisi			
					T	A	TGG	M
MASG-06	Model uydunun bağlantı elemanları ve ekipmanları en az 10 G şoka dayanacak şekilde seçilecek veya tasarlanacaktır.	Temel Gereksinim	Yüksek	SASG-04		✓	✓	
MASG-07	Bütün elektronik donanımlar ve birleşecek mekanik parçalar konektör, vida ve yüksek performanslı yapıştırıcılar gibi uygun birleştiriciler kullanılacaktır.	Temel Gereksinim	Yüksek	-		✓	✓	✓

Görev Yükü'nün Mekanik Komponentlerinin Belirlenmesi ve Düzeni (1/2)

Üst Katman:
Paraşütün yerleşeceği kısım.

Orta Katman:
Elektronik komponentlerin yerleşeceği kısım.

Alt Katman:
Kamera, batarya ve devre anahtarının yerleşeceği kısım.

Ni-krom Tel Mekanizması

Bağlantı Çubukları

PCB Yuvası

Ni-krom tel mekanizması:
Taşıyıcı ve görev yükünü bir arda tutan misinayı istenen yükseklikte eritip ayrılmayı sağlar.

Görev Yükü'nün Mekanik Komponentlerinin Belirlenmesi ve Düzeni (2/2)

Görev Yükünün Kaplaması:

Görev yükündeki elektronik elemanları güneş ışınlarından korunması ve yer istasyonuna gönderilecek sinyallerin engellenmemesi amacıyla transparan folyo (cam filmi) ile kaplanması uygun bulundu.

Görev Yükü İçin Malzeme Seçimleri (1/2)

Görev yükünün iskelet yapısı için malzeme olarak (3 mm) kontrplak ve (4 mm) fiberglas çubuklar seçildi.

Kontrplak Özellikleri	Değerler
Yoğunluk (kg/m^3)	550 - 620
Bükülme Mukavemeti (N/mm^2)	88 - 95
MOE Bükülme (N/mm^2)	10600 - 14500
Kesme Mukavemeti (N/mm^2)	8.8 - 10.9
Kopma Noktasında Uzama	% 5.2
Basınç Mukavemeti	45 - 62

Ara plaka olarak kontraplak kullanılarak görev yükünün şiddetli darbelere dayanması sağlanmıştır.

Fiberglas çubuklar ise hafif olması nedeniyle tercih edilmiş ara plakaları birleştirmede kullanılmıştır.

Görev Yükü İçin Malzeme Seçimleri (2/2)

Ayrılma Mekanizması için ni-krom tel ve misina kullanılacaktır.

Ayrıca yalıtımı sağlamak için alüminyum silikat kaplama kullanılacaktır.

Ni-krom tel üzerinden akım geçirildiğinde kısa sürede yüksek ısı üretebilme özelliğine sahiptir. Ayrılma mekanizmasında misinayı eritmede kullanılacaktır.

Görev yükü için paraşüt 0.4m çapında 30d naylon 66 kumaştan üretilmiştir.

1 m² 'si 66 gramdır. Yüksek mukavemete sahiptir. Esnektir ve aşınma direnci yüksektir.

Bağlantı Elemanları
Epoksi Yapıştırıcı (İskelet Parçaları Montajı)
Vida / Çift Taraflı Bant (Devre Kartı Montajı)
Fırdöndü / Misina (Paraşüt Montajı)
Alüminyum Folyo Bant (Küçük Elemanların Montajı)

Taşıyıcı'nın Mekanik Komponentlerinin Belirlenmesi ve Düzeni

Taşıyıcı İçin Malzeme Seçimleri

Komponent	Kullanılacak Malzeme	Bilgi
Konteyner Yapısı	Fiberglass kumaş / Kontrplak levha	- 1 m² si 86 gram - Desensiz sık örgülü kumaş tipi - 3 mm kalınlığa sahip sıkıştırılmış karaağaç kontrplak
Paraşüt	30d Naylon 66 Kumaş	- 1 m² si 66 gram - Yüksek mukavemete sahip - Esnek - Aşınma direnci yüksek
Paraşüt ipi	Sentetik İp	- Yüksek mukavemete sahip - Nem emmez - Termofikse edilebilir
Fırdöndü	Metal Halkalar	- Uç uca eklenmiş serbest bir düzlemde iki halka birbirlerinin dönmesini engellemektedir.
Yay	0.50 mm Çelik Tel	- Ham metal yay olarak şekillendirilip ısıl işlem uygulayarak istenen sertlikte olması sağlandı.

Taşıyıcı Bağlantı Elemanları
Epoksi Yapıştırıcı (Ara Plaka Montajı)
Fırdöndü/Misina (Paraşüt Montajı)

Taşıyıcı ile Görev Yükü Arayüzü (1/2)

AYRILMA MEKANİZMASI

- Bir ucu Taşıyıcı ara plakasına sabitlenmiş olan misina görev yükündeki ayrılma mekanizmasından geçirilip gerilerek en alt katmana bağlanır ve görev yükü konteynere sabitlenmiş olur.
- Model uydu inişe başlayıp paraşüt ile 400 metre yüksekliğe alçaldığında ni-krom tel ısınmaya başlar ve misinayı eriterek ayrılmayı gerçekleştirir. Konteynere bağlı olan yay gerekli itişi sağlayıp ayrılma sürecini hızlandırır.

- Konteyner ve görev yükü kendi paraşütleri vasıtasıyla pasif inişe devam eder.

Taşıyıcı ile Görev Yükü Arayüzü (2/2)

MONTAJ

- Görev Yükü Taşıyıcı içine geçecek ve misina ile görev yükü taşıyıcıya sabitlenecektir. Görev yükü ve Taşıyıcı arayüzünde taşıyıcı ara plakasına bağlı yay bulunmaktadır. Montajdan sonra yay sıkışık durumda bulunur.
- Montaj tamamlandıktan sonra devre anahtarı açılarak elektronik komponentlere güç verilecektir.
- Misina geçirildikten sonra alüminyum silika kaplı ayrılma mekanızması kapağı yerine yerleştirilecektir.

Çalışma prensibi:

- Model uydu 500 metreden 400 metreye indiğinde ni-krom tel ısınarak misinayı eritecek ve Görev Yükü Taşıyıcı'dan ayrılacaktır.

Dayanım ve Sürdürülebilirlik (1/4)

- Elektronik komponentler devre kartındaki yerlerine lehimlenerek sabitlenecektir. (Kolay takılıp sökülmesi gereken parçalar için soket kullanılabilir.)
- Elektrik komponentlerin bağlantıları makaron ile sarılıp yalıtım ve koruma sağlanacaktır.
- Pil yuvası yerleştirilecek Görev Yüküne taşıyıcı çubuklara sabitlenecek, bağlantı kabloları makaron ile dış çevre şartlarından korunacaktır. (pil yuvasından kolaylıkla çıkarılabilecektir.)
- Elektronik parçaların tamamı yalıtım katmanı ile korunacaktır.
- Elektronik parçaların tamamı Görev Yükü'nün içinde bulunacaktır. Görev Yükü'nün kaplaması sayesinde de dış ortam koşullarından korunacaktır.

Dayanım ve Sürdürülebilirlik (2/4)

- Kamera ve batarya ağırlığın dengeli dağıtılması gerektiğinden en alt odaya yerleştirilecektir.
- Paraşüte takılan ve taşıyıcıya sabitlenen fırdöndü ile titreşimler önlenecektir ve daha stabil bir iniş sağlanacaktır.
- Teknik isterlerden dolayı model uydunun bağlantı elemanları (vida epoksi yapıştırıcı çift taraflı bant) ve ekipmanları 10G şoka dayanıklı olmak zorundadır. Bu isterler öncelikle okulumuzdaki laboratuvarlarda Ansys 18.2 ile analiz edilmiş ve sayfa 70'te gösterilmiştir.
- Titreşim testleri ve serbest düşüş testleriyle (Multikopter vb.) analiz edilecektir. Bu testler başarılı olmadığı takdirde model uydunun iskelet yapısı sağlamlaştırılacaktır.

ALT SİSTEMLERİN KOLAY TAKILIP SÖKÜLEBİLİRLİĞİ

- Görev yükü PCB, bataryalar ve kamera'nın rahatça yerleşebileceği kısımlara sahiptir.
- Antenler için görev yükünde uygun delikler açılmıştır.
- Paraşüt misina ve fırdöndü vasıtasıyla model uyduya kolayca takılıp sökülebilmektedir.
- Küçük parçalardan başlayarak sırasıyla bütün parçalar monte edilecektir. Böylece daha kolay bir montaj sağlanacaktır.

Dayanım ve Sürdürülebilirlik (4/4)

Ansys 18.2 kullanılarak model uydumuz sayısal olarak test edilmiştir ve kritik bir bozulma oluşmamıştır.

Kütle Bütçesi (1/2)

Görev Yükü:

Komponent	Ağırlık (g)	Marjin (g)	Data Tipi
Yapı	115	-	Kesin
Elektronik Sensörler	43	-	kesin
Kamera	4.8	-	Kesin
Devre Kartı	25	-	Kesin
Kamera anteni	17	-	Kesin
Xbee ve anteni	22	-	Kesin
Bağlantı Ekipmanları	20	2.0	Tahmini
Bataryalar	64	-	Kesin
Paraşüt	21	-	Kesin

Görev Yükü Toplam Ağırlığı (g)
331.8 (+-2)g

Tahmini veriler için hata payı %10 alınmıştır.

Kütle Bütçesi (2/2)

Taşıyıcı:

Taşıyıcı Toplam Ağırlığı (g)
160(+- 0.2) g

Komponent	Ağırlık (g)	Marjin (g)	Data Tipi
Konteyner	140	-	Kesin
Paraşüt	13	-	Kesin
Paraşüt ipi	5	-	Kesin
Fırdöndü	2	0.2	Tahmini

Toplam Ağırlık Taşıyıcı + Görev Yükü (g)
491.8 (+- 2.2)g

Tahmini veriler için hata payı %10 alınmıştır.

Haberleşme ve Veri İşleme Alt Sisteminin Tasarımı

Çağlar YILMAZ

HAVİ Genel Bakış

PDR' dan Sonra Yapılan Alt Sistem Değişiklikleri

«Değişiklik Yapılmamıştır!»

HAVİ İsterleri (1/2)

No	Gereksinim/İster Tanımı	Yorum/Açıklama	Öncelik	İlişkili İster	Doğrulama Matrisi			
					T	A	TGG	M
HAVIG-01	Her takım kendi yer istasyonunu geliştirecektir.	Temel Gereksinim	Yüksek	YIG-01, 02		✓	✓	✓
HAVIG-02	Model uydu ölçtüğü verileri, telemetri formatına uygun paketler halinde yer istasyonuna her saniye gönderecektir.	Temel Gereksinim	Yüksek	YIG-02		✓	✓	
HAVIG-03	Model uydu, sistem çalışmaya başladığı andan itibaren video görüntüsünü ve telemetri verilerini yer istasyonuna gönderecektir.	Temel Gereksinim	Yüksek	EASG-04, YIG-04		✓	✓	
HAVIG-04	Model uydudan yer istasyonuna veri iletimi kablosuz haberleşme modülleri kullanılacaktır.	Temel Gereksinim	Yüksek	-		✓	✓	
HAVIG-05	Görev yükü yere iniş yaptıktan sonra 1 dakika boyunca telemetri ve görüntü yayınına devam edecektir.	Temel Gereksinim	Yüksek	-		✓		

HAVİ İsterleri (2/2)

No	Gereksinim/İster Tanımı	Yorum/Açıklama	Öncelik	İlişkili İster	Doğrulama Matrisi			
					T	A	TGG	M
HAVIG-06	Görev yüküne yer istasyonundan gönderilen 5 haneli şifre SD karta kaydedilecektir.	Temel Gereksinim	Yüksek	-		✔	✔	
HAVIG-07	Görev yükü yere iniş yaptıktan sonra 1 dakika boyunca telemetri ve görüntü yayınına devam edecektir.	Temel Gereksinim	Yüksek	YIG-04		✔	✔	
HAVIG-08	Telemetri verileri görev yükünde bulunan SD karta ayriyeten yazdırılacaktır.	Temel Gereksinim	Yüksek	-	✔	✔		

İşlemci Seçimi ve Temini

Model	İşlemci Hızı	Haberleşme Arayüzü(PIN)	Çalışma Gerilimi	Çalışma Akımı	Hafıza Birimi ve Boyutu	Fiziksel Boyutu	Ağırlığı	Fiyatı
Teensy 3.5	120 MHz	SPI - 3 I2C - 3 UART - 3	5 V	50 mA	Flash - 512 KB RAM - 192 KB EEPROM-4KB	45 mm x 18 mm	4.8 g	240 TL

Seçilen İşlemci: Teensy 3.5

- Geçmişte katıldığımız yarışmalarda tüm beklentilerimizi karşılamıştır ve başarılı sonuç vermiştir. Bu nedenle PDR'dan sonra bir değişikliğe ihtiyaç duyulmamıştır.
- Yurtdışından kargo ile temin edilmiştir.
- Sipariş teslim alınmıştır.

Hafıza Birimi Seçimi ve Temini

Hafıza Birimi	Haberleşme Arayüzü	Çalışma Gerilimi	Çalışma Akımı	Hafıza Birimi ve Boyutu	Fiziksel Boyutu	Ağırlığı	Fiyatı
SanDisk 32 GB SD Kart	SPI	2.7 V - 3.6 V	100 mA	32 GB	24 mm x 32 mm	2 g	34.90 TL

Seçilen Hafıza Birimi: SanDisk 32 GB SD Kart

- Uzun süreli video kaydı için gerekli olan hafıza boyutuna sahiptir.
- Uygun fiyatlıdır.
- Kamera modülüne entegresi kolaydır.
- Çarpma ve sarsıntılara dayanıklıdır.
- Yurt içinden kargo ile temin edilmiştir.
- Sipariş teslim alınmıştır.

Gerçek Zamanlı Saat

Model	Çalışma Gerilimi	Çalışma Akımı	Reset Toleransı	Hassasiyeti	Fiyatı	Yazılımsal / Donanımsal	Telemetri Verisi Örneği
Teensy 3.5 Oscillator	1.71 V - 3.6 V	4 mA	Reset sonrasında harici saat ölçümüne devam edecektir.	+/- 500 ppm	(İşlemciye Dahil)	Donanımsal	22/04/2019 - 05:49:12

Seçilen Gerçek Zamanlı Saat: Teensy 3.5 Oscillator

- Gerçek zamanlı saat verisi işlemci üzerindeki modül ile elde edilecektir.
- İşlemci yurtdışından kargo ile temin edilmiştir.
- Sipariş teslim alınmıştır.

Görev Yükü'nün Anteninin Belirlenmesi ve Temini (1/3)

Model	Bağlantı Tipi	Frekans	Yön	Kazanç	Çekim Mesafesi	Fiyatı
Taoglas FXP70	BNC	2.4 Ghz	Her Yöne	5 dBi	3 km	27 TL

Anteninin Işıma Örüntüsü

(Düşey düzlem)

(Yatay düzlem)

Seçilen Görev Yükü Anteni: Taoglas FXP70

- Görev yüküne yerleştirilmek için müsait boyuttadır.
- Zorlayıcı hava şartlarına dirençlidir.
- XBee Serisi 2-C ile uyumlu SMA bağlantılarına sahiptir.
- Yurtdışından temin edilmiştir.
- Sipariş teslim alınmıştır.

Görev Yükü'nün Anteninin Belirlenmesi ve Temini (2/3)

Anten Çekim Mesafesi Hesabı

Formül:

$$P_{RX} = P_{TX} + G_{TX} + G_{RX} - L_{TX} - L_{FS} - L_P - L_{RX}$$

P_{RX} = Elde edilen güç (dBm)
P_{TX} = Verici çıkış gücü (dBm)
G_{TX} = Verici anten kazancı (dBi)
G_{RX} = Alıcı anten kazancı (dBi)
L_{TX} = Gönderim besleyici ve buna bağlı kayıplar (dB)
L_{FS} = Boşluk kaybı veya yol kaybı (dB)
L_P = Çeşitli sinyal yayılım kayıpları (dB)
L_{RX} = Alıcı besleyici ve buna bağlı kayıplar (dB)

Görev Yükü'nün Anteninin Belirlenmesi ve Temini (3/3)

Anten Çekim Mesafesi Tahminleri ve Tolerans

- Gönderici çıkış gücü: 18 dB
- Çeşitli sebeplerden güç kaybı: 5 dB (tahmini)
- XBee alıcı hassasiyeti: -102 dBm
- Alıcı anten kazancı: 14 dBi
- Verici anten kazancı: 5 dBİ

Tahmini maksimum iletim mesafesi: 3 km

- Boşluk kaybı d = 3000 metre ve f = 2.4 GHz alınarak 89.45 dB olarak hesaplanmıştır.
- POUT -76.45 dBm olarak hesaplanmış olup -76.45 dBm > -102 dBm 'dir. Yani, tolerans -25.55 dBm olup yeterlidir.

Kablosuz Haberleşme Konfigürasyonu (1/2)

- Yer istasyonu ve görev yükünde XBee Serisi 2-C kablosuz haberleşme modülü kullanıldı.
- İki adet XBee Serisi 2-C ile yer istasyonu ve görev yükü arasındaki radyo iletişimi sağlandı.
- XBee'ler için NET ID numarası takımımıza yarışma tarafından atanan numara olan 43413 olarak belirlendi.
- Görev yükündeki XBee'nin iletim hızı 1 Hz olarak ayarlandı.
- Radyo ayarları iki XBee için de X-CTU yazılımı ile yapılandırılmıştır.
- Yer istasyonundaki XBee koordinatör olarak, görev yükündeki XBee ise bitiş noktası olarak belirlendi.
- Görev yükündeki XBee, telemetri verilerinin koordinatör XBee'ye iletilmesi için bitiş noktası olarak ayarlandı.
- Telemetri verilerini almak için yer istasyonundaki XBee koordinatör olarak belirlendi.
- Video çekimine başla komutu, koordinatör XBee'den bitiş noktası XBee'ye gönderildi.
- Yer istasyonunda girilecek 5 haneli şifrenin SD karta iletimi iki adet XBee ile sağlandı.

Kablosuz Haberleşme Konfigürasyonu (2/2)

Telemetri Formatı (1/4)

Verinin Boyutu	Verinin Formatı	Verinin Açıklaması	Verinin Örneği
1 Byte	<TAKIM NO>	Takım numaramız “43413” olarak belirlendi.	43413
1 Byte	<PAKET NUMARASI>	Gönderilen veri paketine atanan numaradır.	15
1 Byte	<GÖNDERME ZAMANI>	Veri alış-verişi saatini gerçek zamanlı olarak gösterir.	21/09/2019 - 15:49:07
1 Byte	<BASINÇ>	Atmosferik basınç ölçümü değeridir.	10105.2
1 Byte	<YÜKSEKLİK>	Uçuşa başlanan noktayı yüzey kabul ederek hesaplanan yükseklik.	15.62
1 Byte	<İNİŞ HIZI>	GPS tarafından ölçümü gerçekleştirilir. Birimi m/s’dir.	12.4

Telemetri Formatı (2/4)

Verinin Boyutu	Verinin Formatı	Verinin Açıklaması	Verinin Örneği
1 Byte	<SICAKLIK>	0.01 derece hassasiyetle ölçülür. Birimi C derecedir.	32.23
1 Byte	<PİL GERİLİMİ>	Görev yükünün güç durumunu gösterir. Birimi Volt'dur.	3.75
1 Byte	<GPS LATITUDE>	Görev yükünün enlemsel konumudur.	29.15486
1 Byte	<GPS LONGITUDE>	Görev yükünün boylamsal konumudur.	45.97315
1 Byte	<GPS ALTITUDE>	Görev yükünün GPS'den alınan yükseklik değerini verir.	201.15
1 Byte	<UYDU STATÜSÜ>	Bağlantı kontrol verisidir.	Yükselme

Telemetri Formatı (3/4)

Verinin Boyutu	Verinin Formatı	Verinin Açıklaması	Verinin Örneği
1 Byte	<PITCH>	Yunuslama açısıdır. Birimi derecedir.	11.3
1 Byte	<ROLL>	Yuvarlanma açısıdır. Birimi derecedir.	1.5
1 Byte	<YAW>	Yalpalanma açısıdır. Birimi derecedir.	65.3
1 Byte	<DÖNÜŞ SAYISI>	İniş süresince roll etrafındaki dönüş sayısıdır.	8

Telemetri Formatı (4/4)

Telemetri Verilerinin Hızı ve Gönderim Şekli :

- Veriler 1 Hz olarak yer istasyonuna gönderilecektir.

- Veriler anlık yayın yapılarak gönderilecektir.

Telemetri Veri Formatı :

<TAKIM NO>, <PAKET NUMARASI>, <GÖNDERME SAATİ>, <BASINÇ>, <YÜKSEKLİK>, <İNİŞ HIZI>, <PİL GERİLİMİ>, <GPS LATITUDE>, <GPS LONGITUDE>, <GPS ALTITUDE>, <UYDU STATÜSÜ>, <PITCH>, <ROLL>, <YAW>, <DÖNÜŞ SAYISI>

Örnek Telemetri Paketi :

43413, 15, 21/09/2019 - 15:49:07, 10105.2, 15.62, 12.4, 32.23, 3.75, 29.15486, 45.97315, 201.15, Yükselme, 11.3, 1.5, 65.3, 8

Veri paketi gönderimi örnek sistem prototipi ile gerçekleştirildi.

Telemetri «APİS 8A_43413.csv» olarak yer istasyonu bilgisayarına kayıt edilecektir.

Telekomut (1/2)

Çalışma Prensibi

Yer istasyonu arayüzünde hakemler tarafından takıma verilen şifrenin girilmesi için bir **şifre paneli** konulmuştur. Bu kısma şifre girildikten sonra **'Gönder' düğmesi**ne basıldığında yer istasyonu yazılımı şifreyi 'string' (karakter dizilimi) olarak kaydedip uyduya XBee yazılımı sayesinde yollar. Uyduda da bir döngü telemetri paketi haricinde bir paket gelişini kontrol eder. Eğer gelen paket karakterlerden oluşuyorsa SD karta kaydeder.

Arayüzdeki Şifre Giriş Paneli

Telekomut (2/2)

Telekomut Şifrenin Akış Diyagramı

Yer istasyonunun yazılımında bir döngü sürekli düğmenin basılma durumunu kontrol eder. Eğer basılmışsa kullanıcı arayüzüne yazılmış şifreyi kaydettikten sonra model uyduya **telekomut** olarak gönderir.

Model uyduda da bir döngü telemetri paketi haricinde herhangi bir şifre paketinin gelip gelmediğini kontrol eder. Eğer gelmişse SD Karta yazdırır.

Elektrik Alt Sisteminin Tasarımı

Gizem AYDIN

Elektrik Alt Sistemine Genel Bakış (1/2)

İŞLEMCİ DEVRESİ

Li-İon Batarya

Anahtar

Voltaj Regülatörü

Teensy 3.5

KAMERA DEVRESİ

11.1 V

11.1 V

5 V

x3 Li-Ion Batarya

Anahtar

Verici

Kamera

PDR' dan Sonra Yapılan Alt Sistem Değişiklikleri

Yapılan Değişiklikler	Nedenleri
Ayrılma mekanizmasında servo yerine mosfet kullanılmasına karar verilmiştir.	Yapılan testler sonucunda daha kesin sonuçlar alınacağına karar verilmiştir.
Güç bütçesi değiştirildi.	Servo kullanılmayacağından servo güç bütçesinden kaldırıldı.
Elektrik blok şeması değiştirildi.	Servo kullanılmayacağından servo elektrik blok şemasından kaldırıldı, yerine mosfet konuldu.
Kamera devresi için kullanılacak pil değiştirildi.	Yeni seçilen pil daha yüksek mAh değerine sahiptir, daha makul görülmüştür.

Elektrik Alt Sistemin İsterleri (1/2)

No	Gereksinim/İster Tanımı	Yorum/Açıklama	Öncelik	İlişkili İster	Doğrulama Matrisi			
					T	A	TGG	M
EASG-01	Model uydunun elemanları 10 G şoka dayanacak şekilde seçilmelidir.	Temel Gereksinim	Yüksek	-		✓	✓	
EASG-02	Seçilecek pilin sistemin 1 saatlik çalışma süresi boyunca yeterli olması gerekmektedir.	Temel Gereksinim	Yüksek	EASG-05	✓	✓	✓	✓
EASG-03	Bakış açısı yerküreye bakacak şekilde konulan kamera görüntüleri SD karta video olarak kaydedilmelidir.	Temel Gereksinim	Yüksek	YIG-04		✓	✓	
EASG-04	Kamera video çözünürlüğü en az 640x480 olmalıdır.	Temel Gereksinim	Yüksek	YIG-04		✓	✓	✓
EASG-05	Elektronik devrede uygun bağlantılar kullanılmalıdır.	Temel Gereksinim	Yüksek	MASG-07		✓	✓	
EASG-06	Alkalin, Ni-MH, Lityum Ion piller kullanılmalıdır.	Temel Gereksinim	Yüksek	-		✓	✓	

Elektrik Alt Sistemin İsterleri (2/2)

No	Gereksinim/İster Tanımı	Yorum/Açıklama	Öncelik	İlişkili İster	Doğrulama Matrisi			
					T	A	TGG	M
EASG-07	Görev Yükü'nün açma kapama düğmesi olup düğmenin, görev yükü taşıyıcının içindeyken bile ulaşılabilecek bir konumda olması gerekmektedir.	Temel Gereksinim	Yüksek	-		✔	✔	
EASG-08	Görev yükü, görev yaptığı sürede sıcaklık, basınç, yükseklik, iniş hızı, konum, pil gerilimi ve eksen verilerini toplamalıdır.	Temel Gereksinim	Yüksek	UYG-01		✔	✔	

Elektronik Blok Şeması (1/3)

Elektronik Blok Şeması (2/3)

3 Adet seri bağlı
3.7 Voltluk
bataryalar

Elektrik Blok Şeması (3/3)

Devre Anahtarı

Şekilde görüldüğü üzere anahtar ulaşılabilirliğinin kolay olması açısından görev yükünün en altına konumlandırılmıştır. Bu sayede konteynerin içindeyken bile model uyduya güç verme işlemi kolaylıkla gerçekleşebilecektir.

Görev Yükü'nün Bataryasının Belirlenmesi ve Temini (1/4)

İŞLEMCİ DEVRESİ BATARYASI

Kullanılacak Batarya :	ORION 26650
Gerilim Değeri :	3.7 V
Kapasitesi :	5000 mAh
Pil Tipi :	Li-Ion
Boyutları :	26 mm x 66 mm
Ağırlığı :	26.5 g

Görev Yükü'nün Bataryasının Belirlenmesi ve Temini (2/4)

Seçtiğimiz batarya ORION 26650 çalışma grafiği aşağıdaki gibidir.

Görev Yükü'nün Bataryasının Belirlenmesi ve Temini (3/4)

KAMERA DEVRESİ BATARYASI

Kullanılacak Batarya :	ORION 14500
Gerilim Değeri :	3.7 V
Kapasitesi :	900 mAh
Pil Tipi :	Li-Ion
Boyutları :	14.5 mm x 50 mm
Adet Ağırlığı :	12.5 gr

3 adet kullanılacaktır. Seri bağlanacaktır.

Görev Yükü'nün Bataryasının Belirlenmesi ve Temini (4/4)

ORION 14500 bataryasının zamana bağlı çalışma grafiği aşağıdaki gibidir.

Pil Geriliminin Ölçüm Yöntemi

Pil gerilimi Teensy 3.5'in analog A0 pini üzerinden voltaj bölücüler yardımı ile ölçülecektir. A0 pini 0-5 V arasını ölçer bu yüzden iki direnç kullanarak yüksek voltaj değerlerini uygun aralığa getirip ölçmek işimize yarayacaktır. Aşağıdaki formül ile çıkış gerilimi ayarlanabilir:

$$Vout = Vin\left(\frac{R2}{R1+R2}\right)$$

Güç Bütçesi (1/3)

Bileşen	Voltaj (V)	Akım (mA)	Güç (mW)	Güç Tüketimi (mWx1h)	Görev Süresi (%)	Tolerans Değeri (%V)	Bilgilerin Kaynak
Teensy 3.5	5	45	225	225	100	~ 2.2	Datasheet
Adafruit BME 280	3.3	0.0042	0.01386	0.01386	100	~ 0.3	Datasheet
Buzzer	3.3	30	99	99	25	~ 0.2	Datasheet
MPU 9250	3.3	3.2	10.56	10.56	100	~ 0.3	Datasheet
Adafruit Ultimate GPS	5	20	100	100	100	~ 0.3	Datasheet
XBEE S2C (Görev Yükü)	5	120	600	600	100	~ 1.7	Datasheet

Güç Bütçesi (2/3)

Toplam Tüketilen Güç (1 saat):	1034.574 mW x 1 h = **1034.574 mWh**
Toplam Tüketilen Akım (1 saat):	218.204 mA x 1 h = **218.204 mAh**
Bataryanın Güç Kapasitesi:	5000 mAh x 3.7 V = **18500 mWh**
Bataryanın Akım Kapasitesi:	5000 mAh

Güç Toleransı (1 saat):	18500 mWh - 1034.574 mWh = **17465.426 mWh**
Akım Toleransı (1 saat):	5000 mAh - 218.204 mAh = **4781.796 mAh**

Görüldüğü üzere görev yükü pili sistemin 1 saat sorunsuz çalışabilmesi için yeterli kapasiteye sahiptir.

Batarya Li-Ion şarj aleti kullanılarak şarj edilecektir.

Güç Bütçesi (3/3)

Kamera devresi için ayrı bir pil kullanıldığından güç tüketimini de ayrı hesaplamak uygun görülmüştür. (Kamera devresi için 3 tane 3.7 V'luk 900 mAh'lık seri bağlı piller kullanılacaktır.)

Bileşen	Voltaj (V)	Akım (mA)	Güç (mW)	Güç Tüketimi (mWx1h)	Görev Süresi (%)	Tolerans Değeri (%V)	Bilgilerin Kaynak
Turbowing Cyclops 3V3	5	25	125	125	100	~ 1	Datasheet
Eachine TS832	11.1	600	6660	6660	100	~ 4.9	Datasheet

Toplam Tüketilen Güç (1 saat):	6785 mWh
Bataryanın Güç Kapasitesi:	9990 mWh
Akım Toleransı (1 saat):	2700 mAh - 625 mAh = **2075 mAh**
Güç Toleransı (1 saat):	9990 mWh - 6785 mWh = **3205 mWh**

Tablolardan görüldüğü üzere kamera devresi için seçilen pil kamera devresinin 1 saatlik çalışma süresi boyunca yetecek güce sahiptir.

Batarya Li-İon şarj aleti kullanılarak şarj edilecektir.

Uçuş Yazılımı Tasarımı

Resul DAGDANOV

Uçuş Yazılımına Genel Bakış (1/2)

Uçuş Yazılımına Genel Bakış (2/2)

Geliştirme Platformları :

- Arduino İDE ve Dev C++

Uçuş Yazılımının Genel Yapısı :

- Görev yükündeki sensörlerden gelen telemetre verileri Teensy 3.5 kullanılarak işlenecektir.
- Sensörlerden toplanılan veriler paket sayısı ve görev zamanı ile beraber yer istasyonuna gönderilecektir. Her paket iletimi sonrası paket numarası ve görev süresi 1 arttırılacaktır.
- Gönderilen telemetre verileri aynı zamanda görev yükünde yer alan SD karta kaydedilecektir.
- Görev süresince görev yükündeki kamera yer istasyonuna canlı video aktarımı yapacak ve bu videoyu kamera üzerinde bulunan SD karta kaydedecektir.
- Model uydu inişe geçtikten sonra 400 metreye geldiğinde mikro denetleyici tarafından verilen komut ile servo harekete geçecek ayrılma gerçekleşecektir. Ayrılma gerçekleşmemesi durumunda yer istasyonundan verilen komut ile direkt servo aktive edilecek ve görev yükünü taşıyıcıdan ayıracaktı.
- Yer istasyonundan gönderilen bir telekomut mesajı geldiğinde mikro işlemci bunu anlayacak ve SD karta bu veriyi kaydedecektir.
- Uydu yere indikten sonra sesli ikaz verecek ve 1 dakika boyunca yer istasyonuna telemetre verisini göndermeye devam edecektir. GPS sensöründen alınan canlı konum verisi kullanılarak uçuş sonrası model uydunun indiği yerin tespiti yapılacaktır.

Kullanılan Programlama Dilleri :

- C / C++

PDR' dan Sonra Yapılan Alt Sistem Değişiklikleri

«Değişiklik Yapılmamıştır!»

Uçuş Yazılımının İsterleri (1/2)

No	Gereksinim/İster Tanımı	Yorum/Açıklama	Öncelik	İlişkili İster	Doğrulama Matrisi			
					T	A	TGG	M
UYG-01	Telemetri verileri görev yükünde bulunan SD karta ayriyeten yazdırılacaktır.	Temel Gereksinim	Yüksek	EASG-08		✔		
UYG-02	Bakış açısı yerküreye bakacak şekilde konulan kamera görüntüleri SD karta video olarak kaydedilmelidir.	Temel Gereksinim	Yüksek	EASG-08		✔		
UYG-03	Model uydu, sistem çalışmaya başladığı andan itibaren video görüntüsünü ve telemetri verilerini yer istasyonuna gönderecektir.	Temel Gereksinim	Yüksek	EASG-08		✔		
UYG-04	Görev yükü yere iniş yaptıktan sonra 1 dakika boyunca telemetri ve görüntü yayınına devam edecektir.	Temel Gereksinim	Yüksek	HAVI-07		✔		
UYG-05	400 metre yükseklikte Taşıyıcı ve Görev yükü otonom ayrılmalıdır.	Temel Gereksinim	Yüksek	YIG-01		✔		

Uçuş Yazılımının İsterleri (2/2)

No	Gereksinim/İster Tanımı	Yorum/Açıklama	Öncelik	İlişkili İster	Doğrulama Matrisi			
					T	A	TGG	M
UYG-06	Ayrılmama durumunda yer istasyonundan gelen komutla model uydu ayrılacaktır.	Temel Gereksinim	Yüksek	YIG-07		✓		
UYG-07	Model uydu yere temas ettiğinde sesli ikaz vermelidir.	Temel Gereksinim	Yüksek	-		✓	✓	
UYG-08	Hakemler tarafından atanan 5 haneli şifre telekomut olarak yer istasyonundan uçuş anında Görev yüküne iletmelidir.	Temel Gereksinim	Yüksek	YIG-08		✓	✓	
UYG-09	Görev yükü, görev yaptığı sürede sıcaklık, basınç, yükseklik, iniş hızı, konum, pil gerilimi ve eksen verilerini toplamalıdır.	Temel Gereksinim	Yüksek	YIG-02		✓	✓	

Uçuş Yazılımı Durum Diyagramı (1/5)

Uçuş yazılımı durum diyagramı yandaki şekilde görüldüğü gibidir. Görünebilirliği artırmak için üç ayrı slayt halinde incelenmiştir.

Uçuş Statüsü 1 - Başlatma
Uçuş Statüsü 2 - Yükselme
Uçuş Statüsü 3 - Alçalma
Uçuş Statüsü 4 - Ayrılma Sonrası Alçalma
Uçuş Statüsü 5 - İniş

Uçuş Yazılımı Durum Diyagramı (2/5)

Uçuş Yazılımı Durum Diyagramı (3/5)

Uçuş Yazılımı Durum Diyagramı (4/5)

Uçuş Yazılımı Durum Diyagramı (5/5)

İşlemcinin Yeniden Başlaması Durumu:

- Yükseklik, paket numarası, telekomut (varsa) verileri ve uçuş süresi kullanılarak model uydunun statüsü belirlenecektir.
- Bütün telemetre verileri 1 Hz ile yer istasyonuna ve SD karta gönderilirken aynı zamanda mikro işlemcinin EEPROM'una da kaydedilecektir. İşlemcinin yeniden başlaması durumunda bu veriler yeniden güncellenerek en son kaldığı paket numarası, uçuş süresi verilerinin üzerine yazdırmaya devam edecektir.

Yere İnişte Kurtarma İçin Kullanılacak Veriler:

- Yere inişte GPS sensöründen alınan 3 boyutlu konum veriler yer istasyonundan okunacak. Bu veriler Model Uydu'nun konumunu bulmak için kullanılacaktır.
- Yere inişini gerçekleştirmiş Model Uydu'dan çıkan sesli ikaz ile kurtarma gerçekleşecektir.

Yazılım Geliştirme Planı (1/3)

Yazılım Geliştirme Planı:

- Her bir sensörün C++ kütüphaneleri yarışma isteklerine göre incelendi ve düzenlendi.
- Sensörlerin kendi C++ kodlarının çalıştığı kontrol edildi.
- Seçilen sensörlerin I2C adresleri kontrol edildi ve yanlış veri göndermeleri engellendi.
- Bütün sensörlerin kodları yüklendi ve düzgün çalıştığı test edildi.
- Sensörlerden daha sağlıklı veri almak için kalibrasyonları yapılacak.

Prototipleme ve Başlangıç Testleri:

- Seçilen bütün sensörler breadboard üzerinde ayrı ayrı test edildi.
- Ayrı ayrı düzgün veri verdiklerine emin olduktan sonra bütün sensörler aynı devrede test edildi.
- Sensörlerden gelen verileri hem görev yükü devresinde bulunan sd karta kaydettiği hem de canlı olarak serial ekranda gösterildiği görülmüştür.
- Başarılı geçen testler sonucu Altium Designer programı ile devre kartı çizimine başlanmıştır.

Yazılım Geliştirme Planı (2/3)

Yazılım Geliştirme Planı (3/3)

Gelecekte Yapılması Planlananlar:

- Devre kartının basımından sonra bütün elektronik sensörleri bir araya getirilecek ve devre kartı ayrılma komutu ile beraber testi yapılacak.
- Sensörlerin kalibrasyonu yapılacak ve doğru ve düzgün değerlerde veri gönderildiğinden emin olunacak.
- Görev yükü kameradan yer istasyonuna canlı görüntü aktarımını kesintisiz ve yeterli sürede yapabileceği test edilecektir.
- Kameranın çektiği videonun aynı zamanda üzerinde bulunan sd karta kaydettiği görülecek.
- Otonom olarak 400 metrede ayrılmanın gerçekleşmesini sağlayacak olan algoritma test edilecek.
- Yer istasyonundan gelen telekomut bilgisini görev yükü devrede bulunan bulunan sd karta kaydettiği görülecek.

BreadBoard Üzerinde Sensörlerin Test Edilmesi

Yazılım Geliştirme Ekibi:

- Resul Dagdanov
- Petek Dilan Çağlı

Yer İstasyonu Tasarımı

Petek Dilan ÇAĞLI

Yer İstasyonuna Genel Bakış (1/2)

Sensör Telemetrinin Yer İstasyonu

Yer İstasyonuna Genel Bakış (2/2)

Kameranın Yer İstasyonu

PDR' dan Sonra Yapılan Alt Sistem Değişiklikleri

«Değişiklik Yapılmamıştır!»

Yer İstasyonunun İsterleri (1/2)

No	Gereksinim/İster Tanımı	Yorum/Açıklama	Öncelik	İlişkili İster	Doğrulama Matrisi			
					T	A	TGG	M
YIG-01	Ayrılmama durumunda yer istasyonundan gelen komutla model uydu ayrılacaktır.	Temel Gereksinim	Yüksek	HAVI-01		✓		✓
YIG-02	Görev yükünden gelen telemetri verileri yer istasyonunda kaydedilmeli ve gerçek zamanlı gösterilmelidir.	Temel Gereksinim	Yüksek	HAVI-01,02		✓		
YIG-03	Yer istasyonunda telemetri verileri doğru birimlerle grafiklere gerçek zamanlı olarak çizilmelidir.	Temel Gereksinim	Yüksek	HAVI-01,02, 07		✓		
YIG-04	Video yer istasyonunda gerçek zamanlı izlenmeli ve kaydedilmelidir.	Temel Gereksinim	Yüksek	HAVI-01,03, 04		✓		
YIG-05	Yer istasyonu bilgisayarının en az iki saat dayanacak şarjı olmalıdır.	Temel Gereksinim	Yüksek	HAVI-01,08	✓	✓	✓	✓
YIG-06	Model uydunun duruş bilgisi jiroskop sensöründen gelen veriler doğrultusunda simüle edilecektir.	Temel Gereksinim	Yüksek	HAVI-09		✓		✓

Yer İstasyonunun İsterleri (2/2)

No	Gereksinim/İster Tanımı	Yorum/Açıklama	Öncelik	İlişkili İster	Doğrulama Matrisi			
					T	A	TGG	M
YIG-07	Ayrılmama durumunda yer istasyonundan gelen komutla model uydu ayrılacaktır.	Temel Gereksinim	Yüksek	HAVI-01		✔		
YIG-08	Hakemler tarafından atanan 5 haneli şifre telekomut olarak yer istasyonundan uçuş anında Görev yüküne iletmelidir.	Temel Gereksinim	Yüksek	HAVI-01		✔		

Yer İstasyonu Anteni ve Temini (1/3)

Model	Bağlanma Tipi	Frekans	Yön	Kazanç	Mesafe	Fiyat
TL-ANT2414A	N-Tipi	2.4 Ghz	Tek Yönlü	14 dBi	1.5 km	278 TL

Kullanılacak Anten: TL-ANT2414A

- Tek yönlü olmasına rağmen güçlü sinyal alma
- Uygun kapsama alanı
- Uygun sinyal radyasyon dağılımı
- Uygun Frekans

Kullanılacak Antenin Işıma Modeli

Yer İstasyonu Anteni ve Temini (2/3)

Model	Bağlanma Tipi	Frekans	Yön	Kazanç	Mesafe	Fiyat
Aomway ANT005	SMA Male	5.8 Ghz	Tek Yönlü	14 dBi	1.5 km	89.90 TL

Canlı Görüntü Aktarımı için Seçilen Anten: Aomway ANT005

- Tek yönlü olmasına rağmen güçlü sinyal alması.
- Uygun fiyatlı olması.
- Uygun frekansta olması.
- Kolaylıkla temin edilebilir olması.
- Yurt içinden kargo ile temin edilecektir.
- Sipariş teslim alınmıştır.

Kullanılacak Antenin Performans Ölçüm Tablosu

Yer İstasyonu Anteni ve Temini (3/3)

Seçilen Anten Taşıma Stratejisi: Elde Taşıma

- *Tripoda kıyasla daha hafif olması.*
- *Bütçemize daha uygun fiyatlı olması.*
- *Üretiminin kolay olması.*
- *Tasarımının pratik olması.*
- *Antenle uyumlu olması.*
- *Takımda benzerinin daha önce deneyimlenmiş olması.*

Dipnot: Bu dizayn 3D Yazıcı teknolojisi ile iki ayrı parça şeklinde basılıp daha sonra epoksi ile bir araya getirilebilir.

Anten Düzeneğinin Kurulumu ve Güvenlik Önlemleri

- Yarışma alanına korunakli bir çanta içinde getirilen anten, yer istasyonuna yakın konumlandırılacaktır.
- Anteni elinde taşıması içinde biri görevlendirilecektir.
- Görevlendirilen kişi anteni uçuş boyunca model uyduya doğrultacaktır.
- Çevredeki insanların takılmaması için antenin kablosu kısa tutulup yere değmemesi sağlanacaktır.
- Yer istasyonunun bulunduğu bölgeye emniyet şeridi çekilecektir.
- Antenin kullanıldığı bölgeye giriş çıkışı engellemesi için biri görevlendirilecektir.

Yer İstasyonu Yazılımı (1/3)

Kullanılacak Yazılım Paketleri

- Matlab GUI
- XCTU Digi XBee Software

Telemetri Paketi Modeli

<TAKIM NO>,<PAKET NUMARASI>,<GÖNDERME ZAMANI>,<BASINÇ>,<YÜKSEKLİK>,<İNİŞ HIZI>,<SICAKLIK>,<PİL GERİLİMİ>,<GPS LATITUDE>,<GPS LONGITUDE>,<GPS ALTITUDE>,<UYDU STATÜSÜ>,<PITCH>,<ROLL>,<YAW>,<DÖNÜŞ SAYISI>

- Her bir değer virgülle ayrılacaktır.

Verilerin Arşivlenmesi ve Arayüze Geri Alınması

- Veriler MATLAB'da yazılmış komut yazılımı kullanılarak oluşturulan yer istasyonuna kaydedilecektir.
- Veriler komut yazılımında gerçek zamanlı kaydedilip Matlab GUI yardımıyla canlı olarak grafiğe çevrilecektir.

Verilerin Yarışma Görevlilerine Teslimi

- Veriler bilgisayarda .CSV formatında virgülle ayrılmış vaziyette bulunacaktır.
- Dosya «APİS 8A_43413.csv» şeklinde isimlendirilecektir.
- Yarışma görevlilerine flash bellek ile teslim edilecektir.

Yer İstasyonu Yazılımı (2/3)

Yer İstasyonu Kullanıcı Arayüzü Prototipi

Yer İstasyonu Yazılımı (3/3)

5.2 Uydu Eksen Duruş Simülasyonunun Oluşturulması

Catia'da çizilmiş STL formatındaki uydu modelinin, Matlab'e geçirildikten sonra jiroskop sensörünün devre kartı üzerinde konumuna göre kalibre edilecektir. Yer istasyonu döngü halinde simülasyonun geçerli oryantasyon değerleriyle model uydudan gelen değerleri karşılaştırıp eğer fark varsa matlab'te simülasyona aktarıp grafikte görülen kopyayı döndürecektir.

Model Uydunun Entegrasyonu ve Testi

Sercan SALDAMLI

Model Uydu'nun Birleştirme Aşamalarına ve Testlerine Genel Bakış

Sensör ve Uçuş Yazılımı Alt Sistemi Testleri: Sensörler Arası Haberleşmenin Kontrolü, Telemetrinin Kontrolü.

Haberleşme Alt Sistemi Testleri: Alınan Telemetrinin İletilmesi Testi, Yer İstasyonunda Grafiklerin Çiziminin Kontrolü.

Elektrik Alt Sistemi Testleri: Sistem Çalışma Süresi Testi, PCB Çalışma Testi, Lehimlerin Kontrolü, Sıcaklık Testi.

İniş Alt Sistemi Testleri: Paraşüt Açılma Testi, Gerekli Hızın Sağlanması Testi, Paraşüt Bağlantı Noktalarının Sağlamlık Testi.

Mekanik Alt Sistem Testleri: Titreşim Testi, Şok Testi, Sıcaklık Testi, Ağırlık Testi.

Alt Sistem Seviyesi Test Planına Genel Bakış

Sensör Alt Sistem Test Planı

Sensör Alt Sistem Testleri *(Sırasıyla Verilmiştir)*:

1-Sensörlerin Breadboard Üzerinde Testi: Siparişi teslim alınan sensörler önce breadboard üzerinde tek tek stabil çalıştığı test edildi. Sonra kullanımına karar verilen sensörlerin hepsi beraber breadboard üzerinde doğru ve stabil çalışması başarılı şekilde test edildi. ***Başarı Kriteri:*** Sensörlerin doğru verileri vermesi, breadboard üzerinde ortak çalışmaları.

2-Sensörlerin Devre Kartı Üzerinde Testi: Sensörlerin hepsi beraber breadboard üzerinde sağlıklı test edilmesinden sonra devre kartı üzerinde lehimlendiler. Devre kartı üzerinde sensörler tek tek stabil çalıştığı test edildikten sonra yine bütün sensörlerden beraber doğru ve stabil veri alındığı test edildi. ***Başarı Kriteri:*** Lehimlerin kısa devre yapmaması, sensörlerin verileri doğru ve koordine vermesi.

HAVI Alt Sistem Test Planı

Haberleşme ve Veri İşleme Alt Sistem Testleri*(Sırasıyla Verilmiştir)*:

1-XCTU Bağlantısının Kurulması: Görev Yükü'nde bulunacak verici XBEE'nin ve yer istasyonunda bulunacak alıcı XBEE'nin bilgisayar üzerinde XCTU bağlantılarının kurulması testi. ***Başarı Kriteri:*** Kesintisiz bir bağlantının kurulması.

2-XCTU Üzerinde Haberleşme Testi: Verici Xbee ve alıcı Xbee'nin, önce XCTU üzerinde aynı anda haberleştikleri kontrol edilecektir. ***Başarı Kriteri:*** Alıcı Xbee'den gönderilen telekomut şifresinin verici olarak görev yapacak olan Xbee'ye ulaştığı gözlemlenecektir.

3-Telemetri Verisinin Gönderilmesi Testi: Kullanacağımız bütün elektronik sensörlerden gelen telemetri verilerinin Görev Yükü Xbee'sinden yer istasyonu Xbee'sine iletilmesi. ***Başarı Kriteri:*** Stabil ve güvenilir bir şekilde 1 Hz frekansta verilerin aktarılması.

4-İşlemci Reset Durumu Testi: Görev Yükü devresinde bulunan işlemcinin olası reset yeme durumunda dahil telemetri verilerinden görev süresi, paket numarası, uydu statüsü gibi verilerde kopukluk meydana gelmeden veri akışının kopmaması test edilecektir. ***Başarı Kriteri:*** Reset durumundan sonra uydunun kaldığı yerden devam etmesi.

5-Mesafe Testi: Görev Yükü Xbee'si ile yer istasyonu Xbee'si arasındaki uzun mesafeden dolayı kaynaklanabilecek veri kesintilerinin önlenmesi test edilecektir. ***Başarı Kriteri:*** Paket atlamadan kesintisiz veri aktarımının sağlanması.

Elektrik Alt Sistem Test Planı

Elektrik Alt Sistem Testleri *(Sırasıyla Verilmiştir)*:

1-Sistemin Çalışma Süresi Testi: Toplam uçuş ve bekleme süreleri toplandığında elektrik alt sisteminin toplamda 2 saat çalışması test edilecektir.
Başarı Kriteri: Uydunun tüm sistemler açıkken 2 saat kesintisiz çalışması.

2-Devre Kartı Besleme Testi: Görev Yükünde kullanılacak olan bataryaların devre kartındaki sensörlerin ihtiyaç duyacağı kadar yeterli gücü vermesi test edilecektir.
Başarı Kriteri: Sensörlerin ve haberleşme modülünün bir arada stabil şekilde çalışması.

3-Akım ve Voltaj Testi: Bataryaların yeterli akım ve voltaj verebildikleri test edilecektir. Canlı görüntü aktarımında kullanılacak olan bataryaların doğru bir şekilde seri bağlandığı kontrol edilecektir. ***Başarı Kriteri:*** Canlı görüntü aktarımının sağlanması.

4-Kısa Devre Testi: Devre kartı üzerinde oluşabilecek herhangi kısa devre olayları önlemi test edilecektir. ***Başarı Kriteri:*** Kısa devre yaşanmaması.

5-Devre Kartı Çalışma Testi: Görev Yükünde yer alan sensörlerin devre kartı üzerinde doğru bir şekilde lehimlenmesi yapıldı. Devre kartına lehimlenen sensörlerin doğru çalıştığı test edildi. ***Başarı Kriteri:*** Herhangi bir devre yolunun yanmadan işlevini sürdürmesi.

6-Ayrılma Mekanizması Testi: Ayrılma mekanizmasında ni-krom telin yeterli kadar akım alarak üzerinden geçen misinayı eriterek ayrılmanın gerçekleşmesi test edilecektir. ***Başarı Kriteri:*** Misinanın erimesi.

Uçuş Yazılımı Alt Sistem Test Planı

Uçuş Yazılımı Alt Sistem Testleri *(Sırasıyla Verilmiştir)*:

1-Ayrılma Algoritmasının Testi: Görev Yükü alçalıştayken 475m - 425m arasındayken otonom olarak ayrılma komutunu vermesi test edilecektir. ***Başarı Kriteri:*** Yükseklik sensöründen gelen veriyle ayrılma algoritmasının çalışması.

2-Uydu Statüslerinin Belirlenmesi Testi: Görev Yükü bütün uçuş süresi boyunca doğru uydu statüslerini (sırasıyla, başlama, yükselme, alçalma, ayrılma sonrası alçalma ve iniş) eksiksiz görmesi test edilecektir. ***Başarı Kriteri:*** Tüm statülerin doğru olarak gösterilmesi.

3-Telekomut Testi: Görev Yükü alçalma veya ayrılma sonrası statüslerinde yer istasyonundan gelecek telekomut şifresini kontrol edecektir. Eğer şifre geldiği takdirde onu Görev Yükü devresinde bulunan SD Karta kaydının yapılması test edilecektir. ***Başarı Kriteri:*** Telekomutun gönderilmesi ve SD karta kaydedilmesi.

4-İniş Sonrası Algoritma Testi: Görev Yükünün inişi sonrası 1 dakika boyunca veri aktarımına devam etmesi test edilecektir. 1 dakika sonra da veri aktarmasını otonom olarak durdurması test edilecektir. ***Başarı Kriteri:*** Görev yükünün iniş sonrası 1 sakika boyunca veri aktarması ve otonom olarak durması.

5-EEPROM Testi: Uçuş süresince Görev Yükünün yeniden başlaması durumunda kurtarılması gereken verilerin kaldığı yerden devam etmesi kontrol edilecektir. ***Başarı Kriteri:*** Görev yükü yeniden başlatıldığında paket sayısının kaldığı yerden devam etmesi.

Yer İstasyonu Alt Sistem Test Planı

Yer İstasyonu Alt Sistem Testleri *(Sırasıyla Verilmiştir)*:

1-Arayüzü Çalışma Testi: Yer istasyonu arayüzünün istenilen şekilde çalıştığı test edilmiştir. ***Başarı Kriteri:*** Verilerin düzgün şekilde grafiğe dökülmesi.

2-Telekomut Şifresi Testi: Yer istasyonu arayüzündeki telekomut şifresi için ayarlanmış şifre paneline yazılan yazıyı Görev Yükündeki Xbeeye başarılı bir şekilde iletmiştir. ***Başarı Kriteri:*** Yer istasyonu yazılımının girilen şifreyi Görev Yüküne göndermesi.

3-Manuel Ayrılma Testi: Yer istasyonu arayüzünden gönderilen manuel ayrılma komutunun başarılı bir şekilde çalışması test edilecektir. ***Başarı Kriteri:*** Yer istasyonundan verilen komutla ayrılmanın gerçekleşmesi.

4-CSV Formatında Dosyayı Oluşturmak: Görev süresince yer istasyonuna aktarılan bütün telemetri verileri eksiksiz bir şekilde yer istasyonu bilgisayarında oluşturulan csv formatındaki dosyaya kayıt edilmesi başarılı bir şekilde test edilmiştir. ***Başarı Kriteri:*** Gönderilen verilerin yer istasyonunda csv dosyasına kaydedilmesi.

5-Canlı Görüntü Aktarımı Testi: Görev Yükü üzerinde bulunan kameradan yer istasyonuna canlı görüntü aktarımı test edilecektir. ***Başarı Kriteri:*** Kamera görüntülerinin yer istasyonunda görüntülenmesi.

Mekanik Tasarım Alt Sistem Test Planı

Mekanik Tasarım Alt Sistem Testleri *(Sırasıyla Verilmiştir)*:

1-Boyutların Ölçümü: Üretimi tamamlanan Taşıyıcı ve Görev Yükü'nün boyutlarının kumpas ile kontrol edilmesi. Eğer boyutlar yarışma isterlerini sağlamıyorsa, yeni üretim yapılacaktır. ***Başarı Kriteri:*** Yarışma isterlerindeki boyutların sağlanması.

2-Sağlıklı Entegrasyonun Sağlanması: Üretimi tamamlanan Görev Yükü'ne antenler, devre kartı ve pilin sağlıklı bir şekilde yerleştirilmesinin kontrolü. Eğer entegrasyonda sıkıntı yaşanırsa bir sonraki üretimde düzeltmeler yapılacaktır.
Başarı Kriteri: Tüm parçaların kırılmadan görev yükünün içine sığması.

3-Darbe Testi: Üretilen prototiplerden biri çeşitli yüksekliklerden yere bırakılacak ve hangi hızla yere çarptığında kırıldığı bulunacaktır.
Başarı Kriteri: Yarışma isterlerindeki hızla düşen parçaların kırıma uğramaması.

4-Düşme Testi: Görev Yükü esnemeyen bir ipin ucuna bağlanacak ve 1 metre yükseklikten serbest bırakılacaktır. Zarar gören noktalar olması halinde bunların tespiti gerçekleştirilecek ve sağlamlaştırmalar yapılacaktır.
Başarı Kriteri: Mekanik sistemin 10G şoka maruz kaldıktan sonra çalışabilirliğini koruması.

5-Sıcaklık Testi: Görev Yükü 2 saat süreyle 60 santigrat derece sıcaklıktaki fırında bırakılacak ve sonrasında çıkarılacaktır. Fırından çıkarıldıktan sonra kompozit malzemelerin dayanıklılıklarını sürdürüp sürdürmediği gözlenecektir.
Başarı Kriteri: Haberleşmenin kesilmemesi ve yapının sağlamlığını sürdürmesi.

İniş Kontrol Alt Sistem Test Planı

İniş Kontrol Alt Sistem Testleri *(Sırasıyla Verilmiştir)* :

1-Açılma Testi: Üretilen paraşütlerin katlandıktan sonra ne kadar sürede açıldığı test edilecektir. Bu testlerde paraşütler su şişelerine bağlanacak ve fakülte terasından aşağıya atılacaktır.

Başarı Kriteri: Katlı haldeki paraşütün aşağıdan gelen hava akımıyla 3 saniye içerisinde tam olarak açılması.

2-İniş Hızı Testi: Üretilen paraşütler görev yükü ve taşıyıcıyı temsil eden ağırlıklara bağlanacak ve terastan serbest düşüşe bırakılacaktır. Uçuşlar video kaydına alınacak ve bırakılan yükseklikler uçuş süresine bölünerek iniş hızları hesaplanacaktır. Hesaplamalar ile gerçek sonuçlar arasındaki farka göre yeni üretimler yapılacaktır.

Başarı Kriteri: Hesaplamalar ile test sonuçları arasındaki farkın %15'ten az olmasının sağlanması.

3-Paraşüt İpi Dayanıklılık Testi: Paraşüt iplerine farklı ağırlıklar bağlanacak ve ne kadar taşıyabildikleri ölçülecektir. Görev Yükü ve Taşıyıcı'nın yaratabildiği maksimum şok miktarı incelenecek ve en uygun ip türü seçilecektir.

Başarı Kriteri: Paraşüt iplerinin 10G büyüklüğündeki bir şok karşısında zarar görmemesi.

Sistem Seviyesi Test Planı

Haberleşme Testi: Haberleşme testi öncelikle okul içerisinde kısa mesafelerde yapılacak, sağlıklı bağlantı sağlandıktan sonra drone ile 750 metre mesafede bağlantı ve telemetri iletimi test edilecektir. Bu testte kesintisiz iletişim hedeflenmektedir.

Mekanizma Testleri: Öncelikle tüm mekanizmaların sağlamlık testleri yerde yapılacaktır. Tüm parçalar testleri geçtikten sonra drone ile düşüş testi yapılacaktır. Bu testler sonucunda uydunun ve mekanizmaların bütünlüğünü koruması hedeflenmektedir.

Ayrılma Testleri: Ayrılma sistemi algoritması yükseklik verisine bağlı olduğundan ilk önce düşük yüksekliklerde ayrılma test edilecektir. Sistemin sağlıklı çalıştığından emin olunduktan sonra ayrılma drone ile test edilecektir. Pürüzsüz bir ayrılma sağlanması hedeflenmektedir.

Çevresel Testlerin Planı

Düşme Testi: Paraşüte 1 m uzunluğunda bir ip bağlanacak ve model uydu 1m yüksekten bırakılıp parçaların şoka olan tepkisi gözlemlenecektir. Ayrıca drone ile bırakılacak ve yerle çarpışma sonrası uydunun son durumu gözlemlenecektir. Bu test sonucunda uydunun sağlamlığını koruması hedeflenmektedir.

Termal Test: İTÜ Uçak ve Uzay Bilimleri Fakültesinde bulunan test fırını kullanılacak ve sıcaklık dereceleri 60'a kadar yükseltilecektir. Bu test sonucunda yüksek sıcaklıklarda haberleşmenin kesilmemesi ve kompozit malzemelerin sağlamlığını koruması hedeflenmektedir.

Titreşim Testi: Titreşim testi, İTÜ Uçak ve Uzay Bilimleri Fakültesi küp uydu laboratuvarında elektrodinamik test ekipmanıyla yapılacaktır. Bu test sonucunda uydudan dışarı hiçbir parçanın fırlamaması ve telemetri iletiminin kesintisiz gerçekleştirilmesi hedeflenmektedir.

Görev Operasyonu ve Analizler

Aykut ÜÇTEPE

Olayların Görev Sırasına Genel Bakış

Yarışma Alanına Varış	Uçuş Öncesi	Yerleştirme	Uçuş	Kurtarma	Analiz
Yarışma alanına vardıktan sonra anten ve yer istasyonunun kurulumu gerçekleştirile cektir. Yer istasyonu kurulduktan sonra anten bilgisayara bağlanacaktır.	Mekanik ve Elektronik ekip tarafından uydunun uçuşa hazırlığı ve hasar kontrolü yapılacaktır. Bilgisayarın 2 saatlik şara sahip olması sağlanacaktır.	Uydunun yer istasyonuyla sağlıklı şekilde haberleştiğinden emin olduktan sonra, uydu drone'a yerleştirilecektir.	Uydu iniş boyunca telemetri ve görüntü aktarımı yapacaktır. Ayrıca konteyner ile görev yükünün otonom olarak ayrılması sağlanacaktır.	Görev yükü ve taşıyıcı fosforlu renkleri sayesinde iniş boyunca takip edilecektir. Ayrıca görev yükü yere indiğinde buzzer aktifleşecek ve kurtarma sağlanacaktır.	Alınan ve SD karta kaydedilen telemetri ve görüntü verileri incelenecek ve jüriye teslim edilecektir. Alınan veriler görselleştirilecek ve PFR hazırlanacaktır.

Yer İstasyonu:

Petek Dilan

Kurtarma:
Çağlar (Taşıyıcı)
Gizem (Görev Yükü)

Görev Koordinatörü:
Aykut

PFR:

Resul-Sercan

Operasyon Yönetimi Kontrol Çizelgesi Ana Hatları

1. Yer İstasyonu ve Anten Kurulumu
2. Uçuş Öncesi Hasar Kontrolü ve Haberleşmenin Sağlanması
3. Uçuş Süresince Verilerin Yer İstasyonuna Aktarılması ve Grafiklerinin Çizdirilmesi
4. İniş Sonrası Hasar Kontrolü ve Buzzerın Kontrolü
5. Elde Edilen Telemetri ve Kamera Görüntülerinin Analizi, PFR Hazırlanması

Çizelge Temmuz sonunda tamamlanacaktır ve telli bir dosya ile 2 nüshası yarışma alanına getirilecektir.

Model Uydu'nun Konumunun Tespiti ve Kurtarma Operasyonu

KONTEYNER

Fosforlu sarı paraşüt rengi sayesinde iniş boyunca takip edilebilecektir. Konteyner fosforlu kırmızı renkte olacaktır.

GÖREV YÜKÜ

Fosforlu kırmızı paraşüt rengi sayesinde iniş boyunca takip edilebilecektir. GPS'ten alınan son veri ile tahmini iniş yeri bulunacaktır. Ayrıca buzzerdan çıkan ses kurtarmaya yardımcı olacaktır.

Etiket Örneği:

APIS 8A
#43413

+905343952519

ISTANBUL TEKNIK ÜNİVERSİTESİ

apisarge@gmail.com

Etiket hem görev yükünde hem de taşıyıcıda bulunacaktır.

İsterlerin Uyumu

Petek Dilan ÇAĞLI

İster Uyumuna Genel Bakış

Bütün isterler incelenmiştir ve uydumuzun hepsine uyumlu olduğu tespit edilmiştir. Hiçbir kısmi uyumluluk veya uyumsuzluk durumuna rastlanmamıştır.

İster Uyumları (1/5)

İsterler	Uyumlu/ Uyumsuz / Kısmi Uyumlu	Uyumu Gösteren referans slaytlar	Takım Yorumları
Model Uydu, Taşıyıcı ve Görev Yükü olmak üzere iki kısımdan oluşacaktır.	Uyumlu	T.G.Y.A.(1)	Uyumlu
Model Uydu'nun ağırlığı 500 +/- 20 gr olacaktır.	Uyumlu	K.B.(1-2)	Uyumlu
Model Uydu, 180 mm yükseklik ve 80 mm çap ölçülerinde, silindirik yapıda tasarlanmalıdır.	Uyumlu	G.H.M.U.U.	Uyumlu
Taşıyıcı, görev süreci boyunca hiçbir yere takılmayacak şekilde tasarlanmalı ve Görev Yükü 'nü koruyacak yapıda üretilmelidir.	Uyumlu	G.H.M.U.U.	Uyumlu
400 metre yüksekliğe (irtifaya) kadar, Model Uydu (Taşıyıcı + Görev Yükü) pasif veya aktif bir iniş sistemiyle 8-10 m/s hızla inmelidir. (İrtifa yarışma hakemleri tarafından mücbir sebeplerden dolayı uçuş günü değişiklik gösterebilir.)	Uyumlu	İ.H.T.(1), İ.K.S.G.B.(2)	Uyumlu
400 (+/- 10) metre yükseklikte Taşıyıcı ile Görev Yükü bir mekanizma ile otonom olarak ayrılmalıdır.	Uyumlu	F.T.(5)	Uyumlu
Ayrılma mekanizması için patlayıcılar ve kimyasallar kullanılmamalıdır.	Uyumlu	F.T.(5)	Uyumlu
Ayrılmadan sonra Görev Yükü, pasif veya aktif bir iniş sistemi ile 4-6 m/s hızla yere inmelidir.	Uyumlu	İ.H.T.(2), İ.K.S.G.B.(2)	Uyumlu

İster Uyumları (2/5)

İsterler	Uyumlu/ Uyumsuz / Kısmi Uyumlu	Uyumu Gösteren referans slaytlar	Takım Yorumları
Model Uydu'nun bağlantı elemanları ve ekipmanları en az 10 G şoka dayanacak şekilde seçilmeli veya tasarlanmalıdır.	Uyumlu	G.Y.İ.M.S.(2), T.İ.M.S., D.S.(2)	Uyumlu
Bütün elektronik donanımlar ve birleşecek mekanik parçalar; konektör, vida ve yüksek performanslı yapıştırıcılar gibi uygun birleştiriciler kullanılıp sabitlenerek monte edilmelidir.	Uyumlu	G.Y.İ.M.S.(2), D.S.(3)	Uyumlu
Görev Yükü, uçuş süresince sıcaklık, basınç, yükseklik, iniş hızı, konum, pil gerilimi ve eksen verilerini toplamalıdır.	Uyumlu	T.F.(1-4)	Uyumlu
Model Uydu ölçtüğü verileri, sürekli bir şekilde, verilen telemetri formatına uygun paketler halinde, yer istasyonuna her saniye (1 Hz) göndermelidir.	Uyumlu	T.F.(1-4), K.H.K.(1)	Uyumlu
Telemetri paketi, görev zamanını içermelidir. Görev süresince, işlemcinin yeniden başlaması durumunda bile, zaman verisi korunmalıdır. (Bunun için bir jeton pil kullanılabilir.)	Uyumlu	T.F.(1), G.Z.S.(1)	Uyumlu
Uçuş yazılımı, gönderilen paketlerin sayısını muhafaza etmeli ve 1'den başlayarak her paket iletiminde sayıyı bir artırmalıdır. Eğer işlemci yeniden başlarsa paket sayısı kaldığı yerden devam etmelidir.	Uyumlu	T.F.(1), U.Y.D.D.(1)	Uyumlu
Telemetri verileri aynı zamanda uydu içinde yer alan bir SD karta da yazdırılmalıdır.	Uyumlu	U.Y.G.B.(1), U.Y.D.D.(1)	Uyumlu
Görev Yükü üzerinde, yere bakan bir kamera olmalıdır. Kamera görüntüleri tüm uçuş süresince bir SD karta video olarak kayıt edilmelidir. Video çözünürlüğü en az 640x480 olmalıdır.	Uyumlu	H.B.S.T.	Uyumlu

İster Uyumları (3/5)

İsterler	Uyumlu/ Uyumsuz / Kısmi Uyumlu	Uyumu Gösteren referans slaytlar	Takım Yorumları
Kamera bakış açısı yeryüzüne doğru bakacak model uydu, görev sürecince(sistem çalışmaya başladığı andan itibaren) video görüntüsünü yer istasyonuna göndermelidir.	Uyumlu	Y.İ.G.B.(2)	Uyumlu
Alkalin, Ni-MH, Lityum Ion piller kullanılabilir. (Lityum polimer pillerin yanıcı özelliği olduğu için kullanılması yasaktır.)	Uyumlu	G.Y.B.B.T.(1)	Uyumlu
Seçilecek pil, sistemin 1 saatlik süre boyunca çalışmasına yeterli olmalıdır.	Uyumlu	G.B.(2-3)	Uyumlu
TELEKOMUT(v1.1): Her takım için hakemler tarafından tanımlanacak 5 haneli şifre bilgisi (Örn: X123C) telekomut olarak yer istasyonu arayüzünden uçuş anındaki model uyduya gönderilecektir. Görev yükü şifreyi SD Karta kaydedecektir.	Uyumlu	T.E.(1-2)	Uyumlu
Ayrılmama durumunda, yer istasyonundan gönderilen komutla ayrılma gerçekleştirilmelidir.	Uyumlu	U.Y.D.D.(1)	Uyumlu
Görev Yükü'nün açma kapama düğmesi olmalıdır. Bu düğme; Görev Yükü, Taşıyıcı'nın içindeyken bile erişilebilecek şekilde tasarlanmalıdır.	Uyumlu	G.H.M.U.U.	Uyumlu
Elektronik donanımların montajı mekanik aksama sabitlenerek yapılmalıdır. Elektronik devrede temassızlığa veya çıkmaya sebep olacak konektörler kullanılmamalıdır.	Uyumlu	D.S.(3)	Uyumlu
Model Uydu yere hasarsız şekilde indikten sonra en az 1 dakika boyunca telemetri ve görüntü yayınına devam etmelidir. Telemetri paketindeki konum bilgisi ile uydunun yeri tespit edilebilmelidir.	Uyumlu	U.Y.D.D.(1)	Uyumlu

İster Uyumları (4/5)

İsterler	Uyumlu/ Uyumsuz / Kısmi Uyumlu	Uyumu Gösteren referans slaytlar	Takım Yorumları
Model Uydu, yere temas ettiği anı algılayarak sesli ikaz vermeye başlamalıdır.	Uyumlu	E.B.Ş.(1), U.Y.D.D.(1), M.U.K.T.O.	Uyumlu
Her takım kendine ait yer istasyonunu geliştirmelidir.	Uyumlu	Y.İ.Y.(2)	Uyumlu
Telemetri verilerini ve görüntüyü yer istasyonuna göndermek için kablosuz haberleşme modülleri kullanılmalıdır.	Uyumlu	Y.İ.G.B., G.Y.A.B.T.	Uyumlu
Yer istasyonu arayüzünde Görev Yükü'nden gelen telemetri verileri gerçek zamanlı gösterilmelidir.	Uyumlu	Y.İ.Y.(1-2)	Uyumlu
Yer istasyonu yazılımında Görev Yükü'nden gelen telemetri verileri kaydedilmeli ve zamana bağlı grafikleri doğru mühendislik birimleriyle gerçek zamanlı olarak çizdirilmelidir.	Uyumlu	Y.İ.Y.(2)	Uyumlu
Video yer istasyonunda gerçek zamanlı olarak izlenmeli ve yer istasyonuna kayıt edilmelidir.	Uyumlu	Y.İ.Y.(1-2)	Uyumlu
GYRO (v1.1.): Görev yükü üzerinde bulunan gyro sensörü, yer istasyonu arayüzünde model uydunun duruş bilgisini en az bir düzlemde (x-y) 2 boyutlu olarak simüle edecektir. Ek 5.2' de eksen duruş bilgisi verilmiştir.	Uyumlu	Y.İ.Y.(3)	Uyumlu
Pasif iniş sistemi ile inen görev yükünün paraşüt rengi kırmızı, taşıyıcının paraşüt rengi ise kontrast oluşturacak şekilde sarı kullanılmalıdır.	Uyumlu	T.İ.K.S., G.Y.İ.K.S., M.U.K.T.O.	Uyumlu

İster Uyumları (5/5)

İsterler	Uyumlu/ Uyumsuz / Kısmi Uyumlu	Uyumu Gösteren referans slaytlar	Takım Yorumları
Model Uydu'nun yere inmesi hasarsız bir şekilde sağlanmalıdır.	Uyumlu	O.G.S.B	Uyumlu
Model Uydu'nun yere inişinden sonra kırılan veya ayrılan parçaları için hasar kontrolü gerçekleştirilmelidir.	Uyumlu	O.G.S.B	Uyumlu
Yer istasyonu yazılımının çalıştırılacağı bilgisayarın en az iki saat çalışacak durumda olmalıdır.	Uyumlu	O.G.S.B	Uyumlu

Yönetim

Aykut ÜÇTEPE

Model Uydu Bütçesi (1/4)

Elektronik						
Bileşen	**Model**	**Miktar**	**Adet Fiyatı [TL]**	**Toplam [TL]**	**Sipariş Tarihi**	**Teslim Alınan Tarih**
Barometre	Adafruit BME 280	1	116,00 (Gerçek)	116,00	15.04.2019	22.04.2019
Kamera	Turbowing Cyclops 3 V3	1	130,00 (Gerçek)	130,00	25.05.2019	11.06.2019
SD Kart	SANDISK 32GB	2	34,90 (Gerçek)	69,80	15.04.2019	22.04.2019
XBee	XBee Serisi 2-C	1	194,00(Gerçek)	194,00	15.04.2019	22.04.2019
Anten (Görüntü)	Aomway ANT005	1	89,00(Gerçek)	89,00	15.04.2019	26.04.2019
Pil	Orion 26650	1	49,90(Gerçek)	49,90	15.04.2019	26.04.2019
Piller (Kamera)	Orion 14500	3	14,39(Gerçek)	43,17	15.04.2019	26.04.2019

Model Uydu Bütçesi (2/4)

Elektronik						
Bileşen	**Model**	**Adet**	**Adet Fiyatı [TL]**	**Toplam [TL]**	**Sipariş Tarihi**	**Teslim Alınan Tarih**
Anten (Görev Yükü)	Freedom FXP70	1	16,00 (Gerçek)	16,00	12.05.2019	25.05.2019
Mikrokontrolcü	Teensy 3.5	1	240,00 (Gerçek)	245,74	09.04.2019	16.04.2019
Gerçek Zamanlı Saat	Teensy 3.5 Oscillator	1	(Teensy'e Dahil)	Teensy	09.04.2019	16.04.2019
Buzzer	Buzzer	1	35,82 (Gerçek)	35,82	09.04.2019	16.04.2019
GPS	Adafruit Ultimate GPS	1	230,00 (Gerçek)	230,00	25.04.2019	12.05.2019
Pil Gerilim Sensörü	Teensy 3.5 Analog Pini	1	(Teensy'e Dahil)	Teensy	09.04.2019	16.04.2019
MOSFET	IRF 540	1	2,5	2,5	12.05.2019	17.05.2019

Model Uydu Bütçesi (3/4)

Mekanik						
Bileşen	**Model**	**Miktar**	**Adet Fiyatı [TL]**	**Toplam [TL]**	**Sipariş Tarihi**	**Teslim Alınan Tarih**
Konteyner	Fiberglas Kumaş (86 gr/m2)	1 m2	m2'si 45 (Gerçek)	44,85	15.04.2019	22.04.2019
Paraşüt	30d silikon naylon 66 kumaş	1 m2	m2'si 10,00 (Gerçek)	10,00	15.04.2019	24.04.2019
Ayrılma mekanizması	Ni-Krom Tel	1 m	m'si 5 (Gerçek)	5	25.03.2019	02.04.2019
Görev Yükü İskeleti	Fiberglass Çubuk	1 m	m'si 26,44 (Gerçek)	26,44	15.04.2019	22.04.2019
Diğer araçlar	Yapıştırıcı, kontraplak bant,ip v.b	Değişken	Değişken	50,00 (Tahmin)	15.04.2019	24.04.2019

Model Uydu Bütçesi (4/4)

ELEKTRONİK TUTAR: 1221,93 TL
MEKANİK TUTAR: 136,29 TL
TOPLAM TUTAR: 1358,22 TL

Diğer Masraflar (1/3)

Yer İstasyonu						
Bileşen	**Model**	**Miktar**	**Adet Fiyatı [TL]**	**Toplam [TL]**	**Sipariş Tarihi**	**Teslim Alınan Tarih**
XBee	XBee Serisi 2-C	1	194,00 (Gerçek)	194,00	15.04.2019	22.04.2019
XBee'nin Adaptörü	XBee Explorer Dongle	1	154,85 (Gerçek)	154,85	15.04.2019	22.04.2019
Anten(Yer)	TL-ANT2414A	1	399,90(Gerçek)	399,90	25.04.2019	21.06.2019
Bilgisayar	Monster Abra A5	1	Kişisel	Kişisel	-	-

TOPLAM TUTAR : 748,75 TL

Diğer Masraflar (2/3)

Diğer Masraflar	Miktar	Adet Fiyatı [TL]	Toplam [TL]
Seyahat	-	-	-
Mekanik Prototip	3	125,00 (Tahmini)	375,00
Test tesisleri ve ekipmanları	Okul tarafından karşılandı	Okul tarafından karşılandı	Okul tarafından karşılandı

TOPLAM TUTAR : 375,00 TL

Yarışma İstanbul'da düzenleneceğinden, takımımız için seyahat masrafı bulunmamaktadır.

Diğer Masraflar (3/3)

Kategoriler	Tutar [TL]
Elektrik,mekanik masraflar	1358,22
Yer İstasyonu ve Diğer Masraflar	1123,75
TOPLAM	**2481,97**

Gelirler

GELİR :	1000 TL (INOVATIM)
	1500 TL (SBK HOLDING)
	1000 TL (ASELSAN)
	1000 TL (ISBAK)

Proje Takvimi (1/2)

TÜRKSAT Model Uydu Yarışması

	TMUY2019	Start Date	Cal. Days	Due Date	Task Prog.
0	YÖNETİM	28/Feb	207d	22/Sep	60%
1	Takıma Yeni Arkadaşların Katılması	28/Feb	6d	05/Mar	100%
2	İlk Toplantının Yapılışı	12/Mar	1d	12/Mar	100%
3	Görev Paylaşımının Yapılması	12/Mar	3d	14/Mar	100%
4	POR	28/Feb	18d	17/Mar	100%
5	PDR	17/Mar	43d	28/Apr	100%
6	CDR	28/Apr	71d	07/Jul	100%
7	Katılım Belgelerinin Teslimi	28/Feb	139d	16/Jul	90%
8	QR	16/Jul	55d	08/Sep	0%
9	OYK	17/Sep	6d	22/Sep	0%
10	Uçuş	17/Sep	6d	22/Sep	0%
11	PFR	17/Sep	6d	22/Sep	0%
12	MEKANİK EKİP	28/Feb	207d	22/Sep	60%
13	Konteyner Tasarımı	28/Feb	34d	02/Apr	100%
14	Görev Yükünün Tasarımı	28/Feb	41d	09/Apr	100%
15	Ayrılma Mekanizması Tasarımı	09/Apr	7d	15/Apr	100%
16	Malzeme Seçimi	15/Apr	5d	19/Apr	100%
17	Gerekli Mekanik Siparişlerin Verilmesi	19/Apr	4d	22/Apr	100%
18	Prototiplerin Üretilmesi	30/Apr	14d	13/May	100%
19	Mekanik Testler	13/Jun	19d	01/Jul	100%
20	Tasarım Üzerinde Modifikasyonlar Yapılması	01/Jul	36d	05/Aug	0%
21	Yarışmada Kullanılacak Model Uydunun Üreti…	05/Aug	22d	26/Aug	0%

Zaman Çizelgesinde Mevcut Konumumuz

Proje Takvimi (2/2)

22	ELEKTRONİK EKİP	28/Feb	207d	22/Sep	60%
23	Mikrokontrolcü Seçimi	28/Feb	33d	01/Apr	100%
24	Sensörlerin Belirlenmesi	28/Feb	47d	15/Apr	100%
25	Elektronik Malzemelerin Siparişi	15/Apr	5d	19/Apr	100%
26	Pil Seçimi	19/Apr	4d	22/Apr	100%
27	Uçuş Yazılımı	22/Apr	64d	24/Jun	100%
28	Breadboard Üzerinde Sistemin Test Edilmesi	24/Jun	5d	28/Jun	100%
29	Devrenin Tasarlanması	28/Jun	18d	15/Jul	50%
30	XBee ile Haberleşme Testlerinin Yapılması	15/Jul	29d	12/Aug	0%
31	Test Sonuçlarına Göre Modifikasyonlar Yapıl…	12/Aug	8d	19/Aug	0%
32	AKADEMİK TAKVİM	04/Feb	187d	09/Aug	80%
33	Bahar Yarıyılı	04/Feb	117d	31/May	100%
34	Yaz Tatili	31/May	71d	09/Aug	50%

Zaman Çizelgesinde Mevcut Konumumuz

Sonuçlar

Mekanik

- Taşıyıcı tasarımı tamamlandı.
- Görev Yükü tasarımı tamamlandı.
- Malzeme seçimleri tamamlandı.
- Malzemeler temin edildi.
- Üretimler ve dayanım testleri devam etmekte.

Elektronik

- Sensör seçimleri tamamlandı.
- Haberleşme araçlarının seçimi tamamlandı.
- Yer istasyonu arayüzü oluşturuldu.
- Devre çizimi devam etmekte.
- Malzemeler temin edildi.

Yönetim

- PDR tamamlandı.
- CDR tamamlandı.
- Zaman çizelgesi oluşturuldu.
- Takım tişörtleri bastırıldı.

Sonuç: **Apis 8A, dönem başında yapılan planla aynı doğrultuda gitmektedir, herhangi bir gecikme mevcut değildir. Apis 8A takımı uçuş gününe geçmek için hazırdır.**