

UYDU YER YAZILIMLARININ UYDU BAĞIMSIZ TASARLANMASI

Melih SÜRME¹, Serkan ÇAKMAK², Göksu ERDOĞAN³, Elif KARAKAYA⁴
TAI, Ankara

ÖZET

TAI Uzay, Alçak İrtifa (Low-Earth Orbit) ve Yerdurağan (Geostationary) uydular başta olmak üzere tüm uydu türleri için uydu yönetim yazılımları geliştirmektedir. Uyduları yönetmek için kullanılan bu yazılım, işlevlerine göre dört alt sisteme bölünmektedir: Uçuş Yazılımı, Gözlem ve Kontrol Yazılımı, Görev Planlama Yazılımı ve Uçuş Dinamikleri Yazılımı. Bu yazılımların devam eden ve gelecekteki uydu projelerinin ihtiyaçlarını karşılayacak şekilde tasarlanmasında ortak bir yaklaşımın benimsenmesi büyük önem taşımaktadır. Yer yazılımları, Gözlem ve Kontrol Yazılımı, Görev Planlama Yazılımı ve Uçuş Dinamikleri Yazılımından oluşmaktadır. Bu çalışmada yer yazılımlarının operasyonel rolleri, mimarileri, tasarım yöntemleri ve kullanılan standartların önemi uydu bağımsız yazılım geliştirme bakış açısıyla açıklanmıştır.

GİRİŞ

Piyasada birçok ticari kullanıma hazır (COTS : Commercial off-the-shelf) yer yazılımı bulunmaktadır. Ancak bu yazılımların satın alınarak kullanılması her zaman tahmin edildiği gibi daha az maliyetli olmamaktadır. Örneğin, uyum faaliyetleri ve ihtiyaca bağlı yeni özelliklerin eklenmesi maliyetlerin artmasına sebep olmaktadır. Ticari yazılımları tercih etmenin bir diğer olumsuzluğu ise güvenlik sorunlarıdır. Çünkü bu ürünlerin tercih edilmesi yabancı firmalar ile uyduya özel bilgilerin paylaşılması ihtiyacını beraberinde getirmektedir. Bu olumsuzlukların giderilmesi için TAI Uzay yer yazılımları geliştirmektedir. Geliştirilen yazılımların herhangi bir dünya gözlem uydusunda kullanılacak şekilde geliştirilmesine önem verilmektedir. Bu yaklaşım aynı yazılımlar için tekrar tekrar geliştirme maliyeti çıkmasını engellemektedir. Örneğin, uydu görevlerindeki farklılıklara rağmen Gözlem ve Kontrol Yazılımının işlevleri büyük değişiklikler göstermemektedir. Uyduların yönetimi açısından önemli ve aktif olarak çalışılmakta olan diğer bir alan ise çoklu uydu yönetimidir [Bonnet, 2015; Grasset-Bourdel, 2011; Grasset-Bourdel, 2011 ve Jung, 2010]. Uydu bağımsız bir yaklaşım ve çoklu uydu desteği, yazılım geliştirme maliyetlerindeki düşüşe ek olarak operasyon ve operatör eğitimi maliyetlerinde düşüş sağlamaktadır.

Uydu yönetim sistemlerinin genel yapısı Şekil 1’de gösterilmektedir. Uydu yönetim sistemleri genel olarak uzay kesimi ve yer kesiminden oluşmaktadır. Uydunun görevini icra edebilmesi, her iki kesimde de yer alan Uydu Yönetim Yazılımları ile mümkün olmaktadır. Uyduda yalnızca Uçuş Yazılımı bulunmaktadır. Görev yükleri (sentetik açıklıklı radar, elektro-optik ya da haberleşme görev yükleri gibi) ve uydunun diğer alt-sistemlerinin kontrolü Uçuş Yazılımı tarafından sağlanmaktadır. Uçuş Yazılımı bir görevin icrasına yönelik komutları yer kesiminden almaktadır. Bu çalışmada yalnızca yer yazılımlarına odaklanılmıştır. Yer yazılımları Gözlem ve Kontrol Yazılımı (GKY), Görev Planlama Yazılımı (GPY) ve Uçuş Dinamikleri Yazılımı(UDY) olmak üzere üç temel yazılım bileşeninden oluşmaktadır. GKY, adından da anlaşılacağı üzere bir uydu görevinde gerçek zamanlı gözlem ve kontrol imkanları sunmaktan sorumlu yer birimidir. Ayrıca tüm geçmiş verilerin

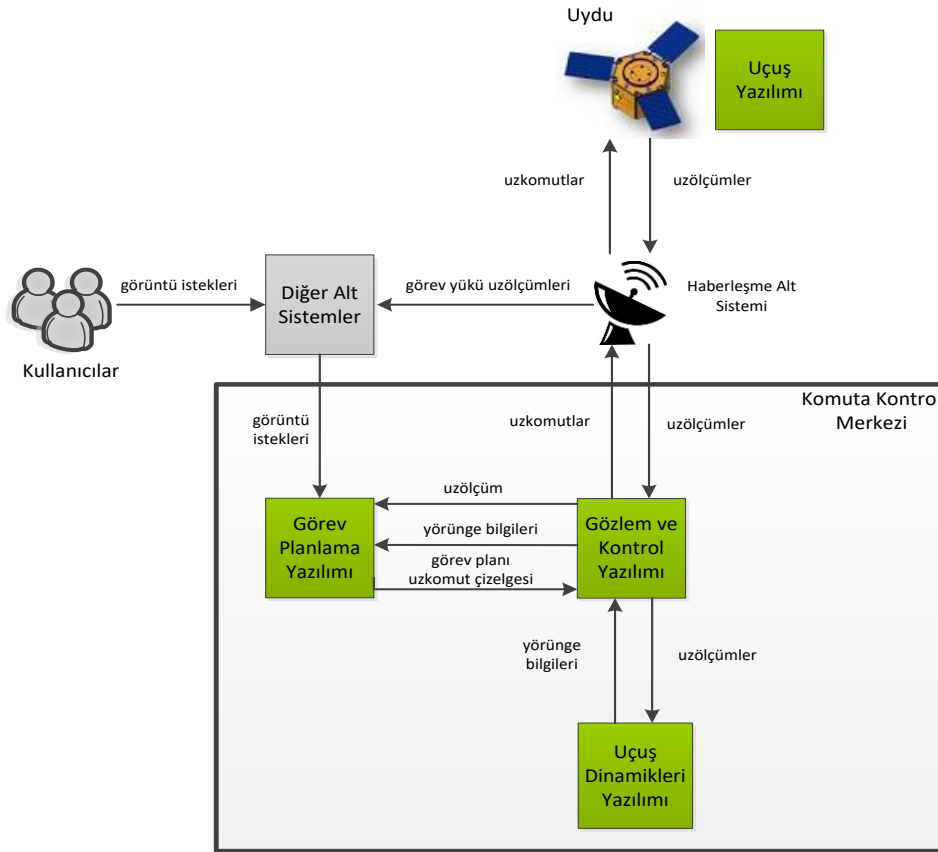
¹ Şef Mühendis, E-posta: tai-uzay@tai.com.tr

² Yazılım Mühendisi, E-posta: serkan.cakmak@tai.com.tr

³ Yazılım Mühendisi, E-posta: goks.erdogan@tai.com.tr

⁴ Yazılım Mühendisi, E-posta: elif.karakaya@tai.com.tr

saklanması, prosedür hazırlanması ve çalıştırılması, görev planı gerçekleştirimi ve uçuş yazılımı yönetimi işlevlerini gerçekleştirir. GPY ise uydunun etkili bir şekilde kullanılabilmesi için manevra, görüntüleme ve görüntü indirme aktivitelerini planlamaktadır. Yer yazılımlarının son bileşeni UDY, uydunun konumu ve hareketleriyle ilgili işlevleri yerine getirir. Kritik işlevlere sahip bu yazılımların geliştirilmesinde disipline edilmiş bir yaklaşımın uygulanması bir zorunluluk olarak ortaya çıkmaktadır. Bu bağlamda TAI Uzay, Avrupa Uzay Ajansının (European Space Agency) yazılım geliştirme sürecini disipline etmek için ortaya koyduğu standartlar üzerine kurulu bir yaklaşım benimsemiştir.



Şekil 1: Genel Uydu Yazılım Bileşenleri

YÖNTEM

Yaklaşımımız iki bölümde açıklanmaktadır. Öncelikle, yer yazılımlarının işlevlerinin daha iyi anlaşılabilmesi için GKY ve GPY yazılımlarının operasyonel rollerinden bahsedilmektedir. Devamında ise bu yazılımların uydu bağımsız geliştirilebilmesi için kullanılan yöntem detaylandırılmaktadır.

GKY ve GPY Yazılımlarının Operasyonel Rollerini

GKY, temelde uzkomut ve uzölçümleri kullanarak uydunun kontrol edilmesini sağlamaktadır. Uzölçümler özelinde uzölçümlerin uydudan alınması, alınan uzölçümlerin kaydedilmesi ve bu uzölçümlerin operatöre gösterilmesi işlevlerini sunmaktadır. Uzkomutlar özelinde ise uzkomutların hazırlanması, hazır uzkomutların uyduya iletilmesi ve bu uzkomutların kaydedilmesi işlevlerini sunmaktadır. Uzkomut ve uzölçüm işlevlerine ek olarak test ve operasyon sırasında kullanılmak üzere prosedür yazma aracı sağlamaktadır. GKY bir uydu projesinin tüm aşamalarında yer alması dolayısıyla önemli bir bileşendir. Yer aldığı aşamalar şunlardır: Fırlatma Öncesi Yer Testleri Aşaması, Fırlatılma Aşaması, Fırlatma Sonrası Erken Yörünge Aşaması (Early Orbit Phase) ve Görevini İcra Etme Aşaması.

GPY, uydunun güncel konumunu, uydu kısıtlarını, görev yükü kısıtlarını ve çevresel faktörleri dikkate alarak uydunun yönelim, görüntü çekme ve indirme görevlerini icra etmesi için gerekli planı üretmektedir. Uydunun görev zamanının kısıtlı olması, uydunun en etkili şekilde kullanılmasını

gerektirmektedir. Örneğin, bahsedilen kısıtlar altında mümkün olan en fazla görüntünün çekilmesinin ve indirilmesinin sağlanması görev planlama yazılımının sorumluluğunda gerçekleştirilmektedir.

UDY, uydunun konumu ve hareketleriyle ilgili yörünge belirleme, yörünge ilerletme, yörünge düzeltme işlevlerini yerine getirir. Bu işlevlere ek olarak, diğer alt sistemlerin ihtiyaç duyduğu uydunun konumu, hızı, yörüngedeki pozisyonu ve yörünge olay dizileri gibi verileri hesaplar ve ilgili alt sistemlere gönderir.

Çoklu-uydu yönetimi (Constellation), adında anlaşılabilir olduğu gibi birden fazla uydunun yönetilebilmesi uydu yönetimi açısından ayırt edici bir özelliktir. Çoklu uydu desteğiyle, tek bir yazılım ile birden çok uydu yönetilebilmektedir. Buna bağlı olarak her uydu için tekrar yazılım geliştirme maliyeti ortadan kalkmaktadır. Örneğin, GPY bir görüntü için planlama yaparken yönettiği uydulardan en erken görüntüleyebileceği uyduya planlama gerçekleştirebilir. GKY ise gelen planı yalnızca ilgili uyduya göndererek görevin gerçekleşmesini sağlayabilmektedir. Diğer bir önemli özellik ise çoklu-görev yönetimidir. Bu özellik sayesinde GKY ve GPY yazılımları farklı görev tanımları olan uyduların yönetimini konfigürasyon güncellemeleri ve görev tabanlı uyum çalışmaları ile gerçekleştirebilmektedir.

GKY ve GPY yazılımları sunduğu servislerle operatörün işinin kolaylaştırılmasını hedeflemektedir. Bu yazılımlar sayesinde operatör daha kolay, hızlı ve güvenilir bir şekilde uydu yönetimini gerçekleştirebilmektedir.

Uydu Bağımsız GKY ve GPY Yazılımı Geliştirme Yöntemi

Uydu bağımsız bir GKY geliştirmek için yaygın kullanılan standartlara uyum sağlanmaktadır. Herhangi bir uzay görevinin icrası için gereken Consultative Committee for Space Data Systems (CCSDS) ve Avrupa Uzay Ajansı standartları baz alınarak TAI Uzay GKY geliştirilmektedir. XML Telemetric and Command Exchange (XTCE) standardı [CCSDS, 2012] uzölçüm ve uzkomut veri modelinin tanımlanması ve içe aktarılması için gerekli bilgileri içerir. Bir diğer önemli özelliği ise uydu iletişim sistemleri ve elektronik yer destek ekipmanı arasındaki iletişimi tanımlayan Space Link Extension (SLE) protokolüdür [CCSDS, 2006].

XTCE çalışmaları Object Management Group tarafından başlatılmıştır. Yapılan çalışmalar sonucunda CCSDS önerilen standart olarak yayınlanmıştır. Kontrol sistemine gelen uzölçümlerin ya da kontrol sisteminden gönderilen uzkomutların işlenmesi için gereken veri modeli formatı sağlamaktadır. XTCE standardında tüm uzölçüm ve uzkomut verisi için argümanlar, parametreler, paket yapısı, verinin kodlanması ve çözülmesi, kalibrasyon formülleri, parametre ve argüman sınır değerleri, matematiksel formüllerle veya algoritmalarla tanımlanan türetilmiş parametreler seviyesinde detaylı bilgiler içermektedir. GKY, desteklediği bu standartla işlevsel özellikleri göreve özel uzay sistem veri modelinden ayırmaktadır.

Desteklenen standartlara ek olarak, GKY ve GPY yazılımları servis tabanlı bir mimariye sahiptir. Böylece yazılımlarımıza yeni özellikler kolaylıkla eklenebilmekte ve yazılımlarımız bu sayede hızla gelişen teknolojiye ayak uydurabilmektedir. Yalnızca teknolojik gelişmeler doğrultusunda değil aynı zamanda yeni görevler söz konusu olduğunda da yazılımımıza kolaylıkla entegre edilebilmektedir. Örneğin, GPY'nin benzetimini yapan batarya, veri depolama ve ısı gibi uydu alt sistem modelleri uyduya bağımlı özelliklerdir. Dolayısıyla uydudan uyduya farklılık göstermektedir. Bu farklılıkları ele alabilmek için her alt sistem modeli ortak bir bileşen arayüzü olarak kabul edilmiştir. Bu ortak arayüz sayesinde farklı bir uydu söz konusu olduğunda değişen bir alt sistem için yeni modelin eklenmesi doğrudan yapılabilir. Değişen alt sistemlere ek olarak, uydunun parametrelerinde de değişiklikler olmaktadır. GPY, uyduya bağlı ortaya çıkan farklılıkları ele almak ve planlamada dinamik olarak kullanılabilmesi amacıyla kullanıcılara konfigürasyon ayarları yapmaya imkan veren bir arayüz sağlanmaktadır. Örneğin, batarya modelinin maksimum güneş paneli akımı değeri uydudan uyduya değişmektedir ve konfigürasyon parametresi olarak kullanıcı arayüzünde tanımlanabilmekte ve batarya modelinin benzetimi bu parametrenin o anki değerine göre yapılabilir.

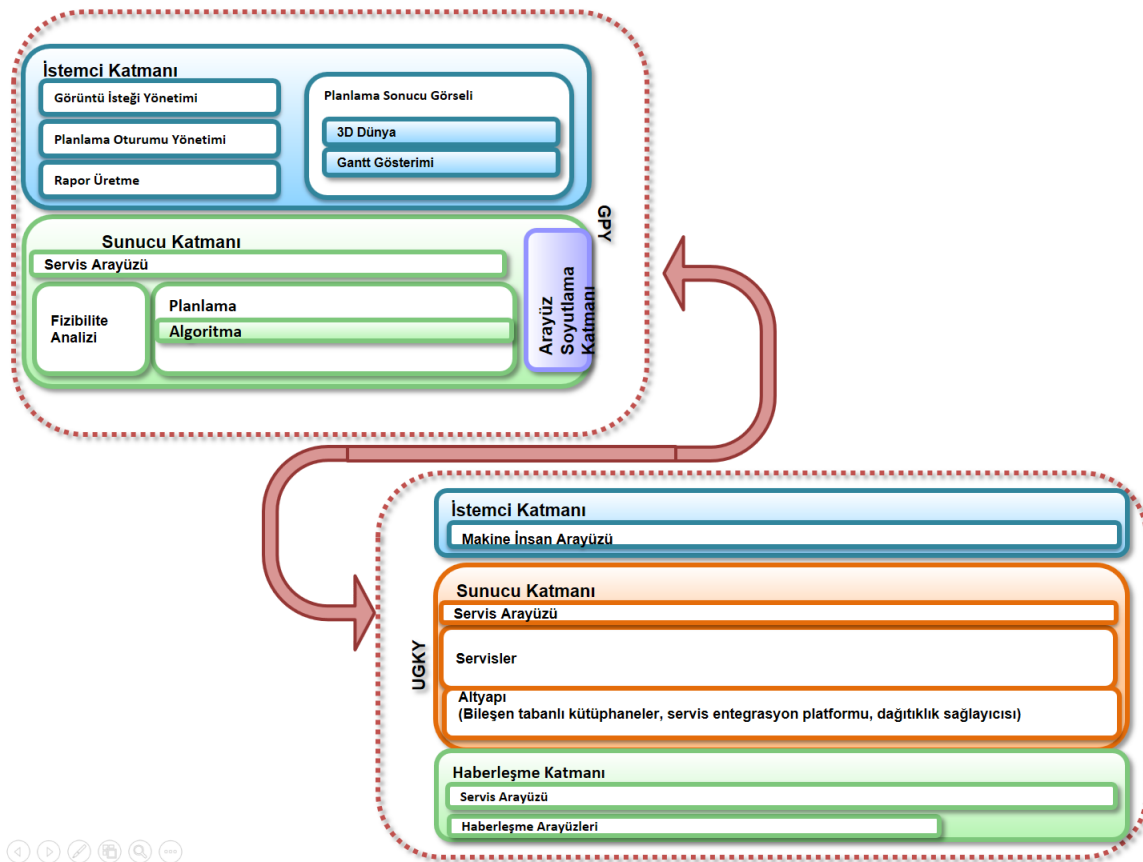
Arayüz soyutlama katmanı (interface abstraction layer) sayesinde farklı arayüz tipleriyle çalışma sağlanabilmektedir. Böylece arayüz tipinde meydana gelen değişikliklerin en aza indirgenmesi hedeflenmektedir. GKY ve GPY yazılımları bu hedefe yönelik olarak arayüz bağımlılıkları ortadan kalkacak şekilde tasarlanmıştır.

UYGULAMALAR

Bu bölümde GKY ve GPY yazılımlarında tercih edilen mimari açıklanmaktadır.

GKY ve GPY Yazılımlarının Mimarisi

GKY ve GPY yazılımlarında servis tabanlı istemci-sunucu mimarisi tercih edilmiştir. Sunucu katmanı veri işleme mantığından ve çalışma katmanından oluşmaktadır. Diğer taraftan istemci katmanı yazılı ve görsel kullanıcı arayüzlerinden sorumludur. GK Y ve GPY yazılımlarında kullandığımız mimari Şekil 2’de detaylandırılmıştır.



Şekil 2: GKY ve GPY yazılım mimarisi

SONUÇ

Çalışmamızda TAI Uzay olarak geliştirdiğimiz farklı görevler için kullanılacak çoklu uydu desteği bulunan uydu bağımsız yapıdaki Gözlem ve Kontrol yazılımı ve Görev Planlama yazılımına yaklaşımımız açıklanmaktadır. Bu yazılımlar sayesinde uydunun etkili kullanılmasını ve otomatik ve elle kullanım olanakları ile operatörün iş yükünün azaltılmasını sağlayan milli yer yazılımları kazanılması sağlanmaktadır.

Kaynaklar

Bonnet, J., Gleizes, M. P., Kaddoum, E., Rainjonneau, S. ve Flandin, G. (2015). *Multi-satellite mission planning using a self-adaptive multi-agent system*, In Self-Adaptive and Self-Organizing Systems (SASO), 2015 IEEE 9th International Conference on (pp. 11-20). IEEE, September.

- CCSDS (2012). *Report Concerning Space Data System Standards, XTCE – Element Description, Informational Report*, CCSDS.
- CCSDS (2006). *Report Concerning Space Data System Standards, Cross Support Concept Part 1: – Space Link Extension Services*, Informational Report, CCSDS.
- Grasset-Bourdel, R., Verfaillie G. ve Flipo A., (2011). *Planning and replanning for a constellation of agile Earth observation satellites*, Proc. of the ICAPS-11 Workshop on Scheduling and Planning Applications, Freiburg, Germany.
- Grasset-Bourdel, R., Verfaillie G. ve Flipo A., (2011). *Building a really executable plan for a constellation of agile earth observation satellites*, IWPSS-International Workshop on Planning & Scheduling for Space, Darmstadt.
- Jung. O, Chung D., Park S., Hyun D. ve Chun. Y, (2010). *Advanced Concepts and Design of the Multi-satellite Operations Systems*, SpaceOps, Alabama, 25-30 April.