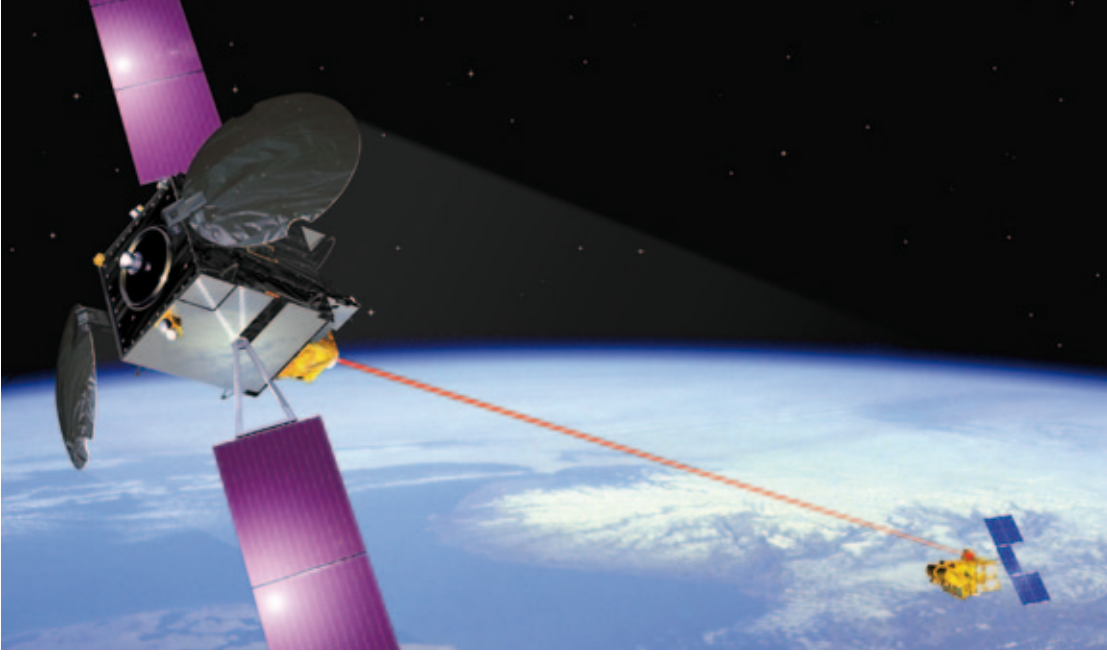


Nahit Ertongur

Mak. Y. Müh.,  
EADS-Astrium, Ottobrunn,  
Almanyadan emekli



# ARTEMIS Adlı Yapay Uydunun Kurtarılışı



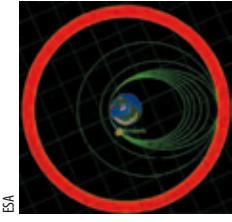
Öykümüz 12 Temmuz 2001'de başlar. O gün Fransa'nın Güney Amerika'daki kolonisi Guyana'daki Kourou Uzay Limanı'ndan kalkan 142 uçuş numaralı Ariane-5 taşıyıcı roketinin yük bölümünde şu iki uydu bulunmaktadır: Avrupa Uzay Ajansı ESA'ya ait ARTEMIS adlı gelişmiş teknolojik haberleşme ve konumlandırma uydusu ile Japonya'ya ait BSAT-2B adlı ticari haberleşme uydusu.

**B**aşlangıçta Ariane-5 taşıyıcı roketinin ilk 10 dakika çalışan, soğutulmuş sıvılaştırılmış gazlar kullanan ana basamağı ve iki adet katı yakıtlı takviye basamakları için her şey yolunda gitmişti. İlk iki dakika süresince saniyede toplam 3900 kg yakıt tüketen dev taşıyıcı, 11 milyon Newton'luk bir kuvvet yaratarak, 750 tonluk başlangıç kütesine yerçekiminin 1,5 katı bir ivme sağlamıştı ve bu ivme kütle azaldıkça gittikçe artmaktaydı. İlk basamak işini bitirip gövdeden ayrıldıktan sonra, depolanabilen sıvı yakıtla çalışan üst basamak motoru planlanan şekilde devreye girmişti. 29.500 Newton'luk Aestus adlı bu roketin motoru da ilk 15 dakikalık süre için mükemmel çalışmış, fakat 1100 saniyelik ömrünün son üç dakikasına girdiğinde dengesiz yanmanın yan etkileri nedeniyle aniden durmuştu.

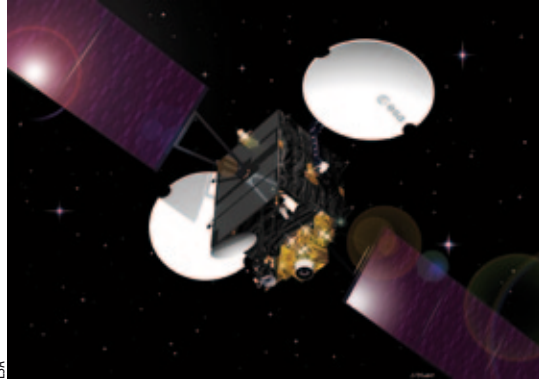
İşte ne olduysa bu anda olmuş ve kalkıştan yarım saat sonraki son etaptaki arıza nedeniyle yapay uydu ancak daha küçük yarı eksenli bir eliptik yörüngeye yerleştirilmişti. Çünkü Newton kanunlarına göre uydunun o anda ulaştığı hızın ve yüksekliğin yol açtığı

merkezkaç etkisi, ancak bu yükseklikteki bir yerçekimi kuvvetiyle dengelenmekteydi. Bu yörünge yeröre (Dünya'ya en uzak) uzaklığı 17.500 km, yerberi (Dünya'ya en yakın) uzaklığı ise 600 km idi. Halbuki Dünya'ya uyumlu bir yörünge için gerekli transfer yörüngesinin yeröre uzaklığı için 36.000 km, yerberi uzaklığı içinse 860 km gerekiyordu. Yani bu transfer yörüngesinin yeröre ve yerberi uzaklıklarının mutlaka yükseltilmesi gerekiyordu, ama nasıl olacaktı bu iş? Bu 850 milyon dolarlık uydunun kaderine terk edilmesi ihtimalini kimse düşünmek bile istemiyordu. Çünkü normal şartlar altında sıradan bir haberleşme uydusunda, taşıyıcı rokette olabilecek bu türden bir arızayı gidermek için gereken yakıt yoktur. Uydunun taşıdığı yakıt miktarı sadece transfer yörüngesini yer-sabit yörüngeye (bu uzaklıktaki uyduların dolanma süresi Dünya'nın dönüş süresine eşittir; dolayısıyla yeryüzünden bakıldıklarında gökyüzünde sabit görünürler) dönüştürmeye ve daha sonra da ömrü boyunca ihtiyaç duyulacak ufak pozisyon düzeltme manevralarına yetecek kadardır. Fakat ARTEMIS sıradan bir uydu değildi ve üzerinde RITA adıyla bilinen, sadece deneme amaçlı 4 adet iyon-itici motor daha vardı.

Yeni geliştirilen iyon motorları geleneksel kimyasal roket motorlarından en az 10 kat daha verimlidir. Bilindiği üzere herhangi bir roket motorunun çalışması prensibi, kütesinin yakıt ve yakıcıdan oluşan bir kısmının yakılarak oluşan gazların yüksek bir hızla gövdenin dışına atılmasına dayanır. Geleneksel kimyasal roket motorları, yanıcı ve yakıcı arasındaki kimyasal tepkime sonucu ortaya çıkan sıcak gaz molekül-



lerini yaklaşık 2,5-3,5 km/s hızla dışarı atarlar. İyon motorlarını da içine alan elektriksel yakıt sistemlerinde ise asal bir gaz olan ksenon molekülleri önce iyonlaştırılır (elektron uzaklaştırılarak yüklü hale getirilir), daha sonra elektrostatik bir alanda çok yüksek bir hıza ulaştırılıp motor dışına atılır. Dışarı atma hızı kolaylıkla 10-35 km/s arası değerlere ulaşabilmektedir. Tabii bu iyonlar dışarı atılmadan önce elektronlarla bombardıman edilerek yüksüz hale getirilmelidir. Aksi halde motora tekrar geri dönerek tepkiyi yoker ederler. İyon motorlarının önemli tek mahsuru, yarattıkları toplam itme kuvvetinin çok düşük olmasıdır. ARTEMIS'in taşıdığı iyon motorlarının sağladığı kuvvet de 15-18 mN (mili Newton) civarında idi, yani orta büyüklükteki bir arının Dünya'daki ağırlığı kadar! Bu motorların uydularda kullanılması için öngörülen başlıca alanlar düşük itme kuvveti gerektiren pozisyon tutma ve yörünge eğimini azaltma manevraları idi. Tipik bir uydunun yaşamı süresince, bu motorların toplam kullanım süresi bir kaç yüz saati kesinlikle geçmezdi.



Acaba bu iyon motorları, elde yeterince zaman olduğu takdirde, kuramsal olarak transfer yörüngesinin yer-sabit bir yörüngeye dönüştürülmesi işinde kullanılabilir miydi? Fakat zaman çok azdı. ARTEMIS'in bulunduğu eliptik yörünge, Dünya'nın çevresindeki Van Allen adlı kalın ışınım kuşağının içinden günde iki kez geçiyordu. Uzun bir süre bu şekilde bir ışınım bombardımanı, başta ana bilgisayar olmak üzere uydudaki tüm elektronik aygıtlar için mutlak bir ölüm fermanı gibiydi. Transfer yörüngesinin ana eksenini kısa bir süre içinde mutlaka büyütülmeliydi. Bu iş için eldeki kimyasal yakıtın büyük bir kısmı feda edilerek, yörüngenin enöte mesafesi 10 gün içerisinde yaklaşık 31.000 km'ye yükseltildi. Artık park yörüngesi adıyla da anılan bu yeni yörünge, yassı bir elips yerine daireselleşmişti. ARTEMIS bu park yörüngesinde, Dünya ve Güneş algılayıcılarının yardımıyla, bir yüzü Dünya'ya kilitlenmiş olarak ve yörüngeye göre açılabilir konumunu sabit tutarak uzunca bir süre kalabilirdi.

Bataryaları da yeterince Güneş gördüğü için artık hep doluydu ve Van Allen radyasyon kuşağı geride kalmıştı. "Uydunun keyfi yerindeydi" denilebilirdi yani, fakat görevini henüz yerine getirmemişti ki! Yapımı için 5 yıl beklemiş olan müşteri haklı olarak uydusunu istemekteydi.

Sıra şimdi yeryüzünden 31.000 km yükseklikteki park yörüngesinden, ortalama 35.800 km yükseklikteki yer-sabit yörüngeye ulaşmaya gelmişti. Fazla bir şey yok gibi görünüyordu; şunun şurasında 4800 km'lik bir mesafe idi söz konusu olan! Fakat uzay mekaniğinin değişmez yasaları her şeye hükmediyordu ve bu 4800 km'lik mesafenin enerji bedeli, uydudaki imkanlarla öyle kolay ödenecek cinsten değildi. Daha önce olduğu gibi, bundan sonra yapılacak işlemlerin de en ince detaylarıyla düşünülp planlanarak uygulanması gerekiyordu. ARTEMIS'in taşıdığı iyon motorlarının ikinci bir sakıncası daha vardı: İtme kuvvetinin ana doğrultusu Dünya'ya yönelikti! Bu kuvvetin ARTEMIS'in yörünge hızını artırmak üzere kullanılabilmesi için, bu doğrultunun yörüngeye teğet bir konumda olması gerekiyordu. Yani ARTEMIS'in yörüngesi yükselirken aynı zamanda Dünya'yı da görmesi mümkün değildi; bu süre içerisinde kör gibi olacaktı. Bu durumda, yörüngeye göre konumunu başka bir yöntemle tahmin etmesi sağlanmalıydı. Bu yöntem, jiroskoplar ve Güneş algılayıcıları kullanan, 3-boyutlu, yeni bir atalet ölçüm ve konumlandırma sisteminin tasarlanıp geliştirilmesini ve işleme koyulmasını gerektiriyordu.

Neticede, bu yeni konumlandırma sistemini kullanacak 3-eksenli, yeni bir uçuş kontrol sistemi tasarlanıp geliştirilmeliydi. Bu iş için kısa bir süre içinde yepyeni bir yazılımın hazırlanması, denenmesi ve uygulamaya sokulması gerekiyordu. Üstelik bu yeni yazılımı kullanmak için yer istasyonuna yönelik yeni süreçlerin hazırlanması ve istasyon personelinin eğitilmesi de fazladan bir yükü. Astrium/Ottobrunndaki ADCS mühendislerince üstlenilen bütün bu işler Avrupada bir haberleşme uydusu için daha önce hiç uygulanmamıştı.

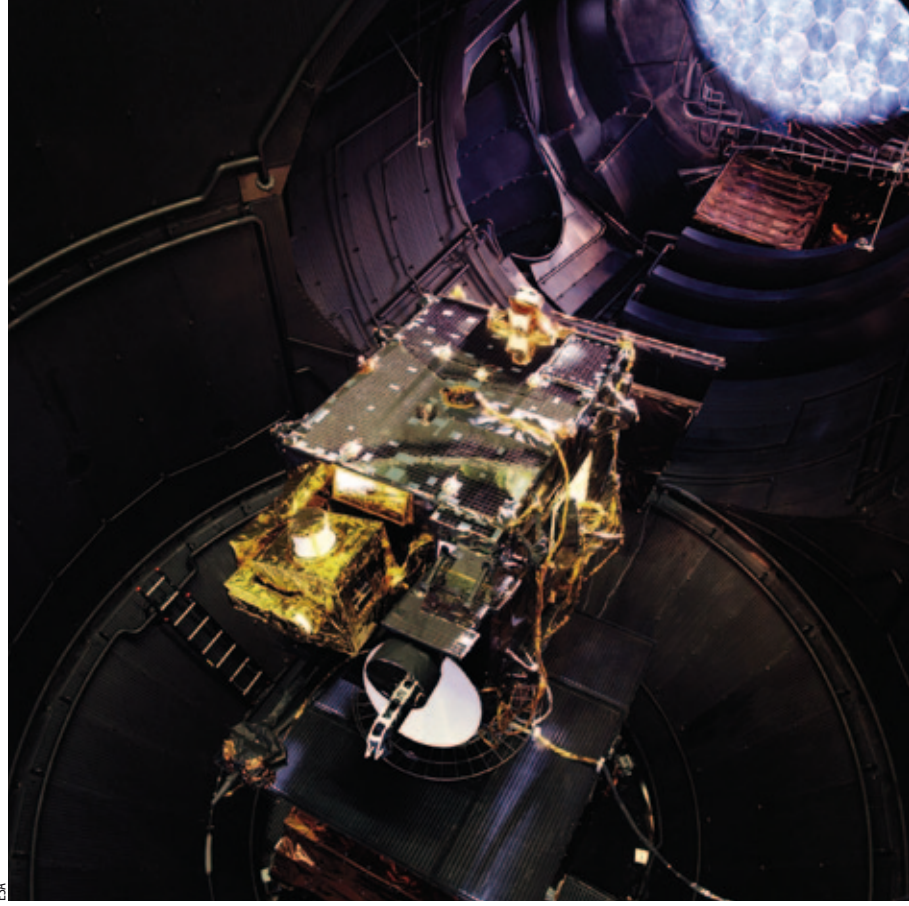
Ocak 2002 başlarında, yani Ariane-5 taşıyıcı roketinin kazasından 5 ay sonra, yukarıda bahsedilen atalet ölçüm ve konumlandırma sistemleri ile gerekli uçuş kontrol yazılımı hazır duruma gelmişti ve uydu için özel olarak hazırlanmış yer simülatoründe gerçek zamanlı testlere tabi tutulmaktaydı. Uydu bilgisayarının başlangıçta sahip olduğu yazılımın yaklaşık % 20'si yeniden yazılarak radyo frekans "up-link" kanalıyla gönderilmiş ve değiştirilmişti. Bütün bu hazırlıklar sürerken, ARTEMIS'in üstlendiği diğer görevleri yerine getirip getiremeyeceği de sorgulanmaktaydı.

Bu görevlerden biri SILEX adlı, uydulararası yüksek kapasiteli "optik-linkle" gerçekleştirilecek olan haberleşme idi. Bu iş için CNES'e (Fransız Ulusal Uzay Kuruluşu) ait SPOT-4 yer gözlem uydusunun aldığı görüntüler lazer aracılığıyla ARTEMIS'e gönderildi ve oradan da Toulouse şehrindeki yer istasyonuna defalarca başarıyla aktarıldı. Bu arada diğer testler, ARTEMIS'in S-bantı, K<sub>a</sub>-bantı ve L-bantı frekanslarındaki haberleşme yeteneklerinin hâlâ sağlam olduğunu kanıtladı.

Nihayet bütün sistemlerin hatasız çalıştığı kanıtlanmış ve 19 Şubat 2002 tarihinde iyon motorları kullanılarak yapılan yörünge yükseltme işlemi fiilen başlatılmıştı. Bu operasyon, dev bir transatlantiğin arkadan takma bir motorla itilmesine benzetilebilirdi. İyon motorlarının düşük itme kuvveti ve sadece bir çift motorun aynı anda kullanılabilmesi yörünge günde ancak ortalama 15 km kadar yükselmesine imkân tanıyordu. Bu durumda en az 320 günlük bir çalışma süreci gerekli görünüyordu. Bu süre uygulamadaki çeşitli ufak gecikmeler nedeniyle 346 güne çıktı ve 31 Ocak 2003 tarihinde ARTEMIS yersabit yörüngeye ulaştı. Başlangıçta çalışma süreleri bir kaç yüz saat tahmin edilen çelimsiz iyon motorlarının gerçek işlevsel yaşamlarının bundan en az 10 kat uzun olduğu kanıtlanmıştı böylelikle; hiç de küçümsenecek bir sonuç değildi bu!

Son anlarda ARTEMIS'in kimyasal motorlarının yeniden ateşlenerek yörünge kaymasının yavaşça frenlenmesi gerekiyordu. Buna rağmen geri kalan kimyasal yakıt miktarı ARTEMIS'e en az 5-7 yıllık bir ömür biçilmesine yol açıyordu. Bu haber çok sevindiriciydi. Kısa bir süre, üstlenilen tüm görevler yeniden yörünge üzerinde testlere tabi tutulduktan sonra, ARTEMIS hâlâ uzun sayılabilecek bir hizmet süresi için kullanıcılarının emrine hazır hale gelecekti. Bu kullanıcılar arasında SPOT4, ENVISAT, EGNOS ve EUTELSAT gibi uydu sahiplerinin olduğu hatırlanırsa,

ARTEMIS'in kurtarılma işleminin insanlığa gerçekten değerli hizmet veren bu kuruluşların gelecekteki daha da garantilemiş olduğu ortaya çıkmaktadır.



ARTEMIS hâlâ yörüngesinde ve ESA'nın bilimsel çalışmalarına katkıda bulunuyor. Fakat yörünge eğimi düzeltilmesi için kullanılacak ne kimyasal ne de iyon yakıtı kalmadığı için yörüngesi her yıl ekvatorun yaklaşık 1 derece daha kalkmaktadır. Bu nedenle şu sıralarda eğimi 8 dereceyi aşmış durumda olup görevlerinin bir kısmını artık yerine getirememektedir.

Buna rağmen ARTEMIS kurtarma operasyonu, uzaycılara bir takım ilkleri de tattırdı. Bir haberleşme uydusunun yörüngedeyken yeniden programlanması, iyon motorları aracılığıyla yer-merkezli yörüngeye yükseltilmesi ve yörüngedeki uydular arasında optik-bağlantı aracılığıyla haberleşme bu ilklerden bazılarıydı.

Bu konularda kazanılan her yeni bilgi, edinilen her yeni tecrübe bu sahalarda önemli birer kilometre taşı olmuştur. Uzay çağı için ARTEMIS'in, başlangıçtaki talihsizliğine rağmen, gerçekten parlak ve umutla dolu bir geleceğin habercisi olduğu artık rahatlıkla söylenebilir.

