



Uyduların Yörünge Kontrolü

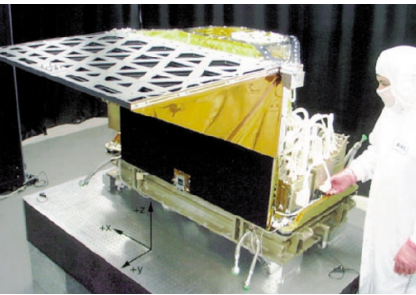
Dünya çevresinde dönmekte olan uydular, yörüngelerindeki hareketlerini bozan birçok etkiyle karşılaşır. Uydularda, bu sorunlarla başa çıkabilmek için yörünge kararlılığı sistemleri bulunur.

SPUTNİK 1'in yörüngeye oturtulmasıyla kimlik kazanan ve hızla yayılan uydü teknolojisinde, yıllarca süren titiz çalışmalar sonucunda, uydü yapımı hakkında çok önemli bilgiler elde edilmiştir. Bu süre boyunca yapılan denemelerde, milyonlarca dolar tutarındaki birçok uydü, hatalar ve uzaydaki tehlikeler yüzünden kontrolden çıkmış ve pahalı bir hurda haline gelmiştir. Tüm bu deneyimlerden çıkan sonuçların en önemlisi, bozucu etkilere rağmen uydunun yörüngesinde ilerleyebilmesi ve bu yörüngede yaptığı hareketlerin kontrol edilmesidir.

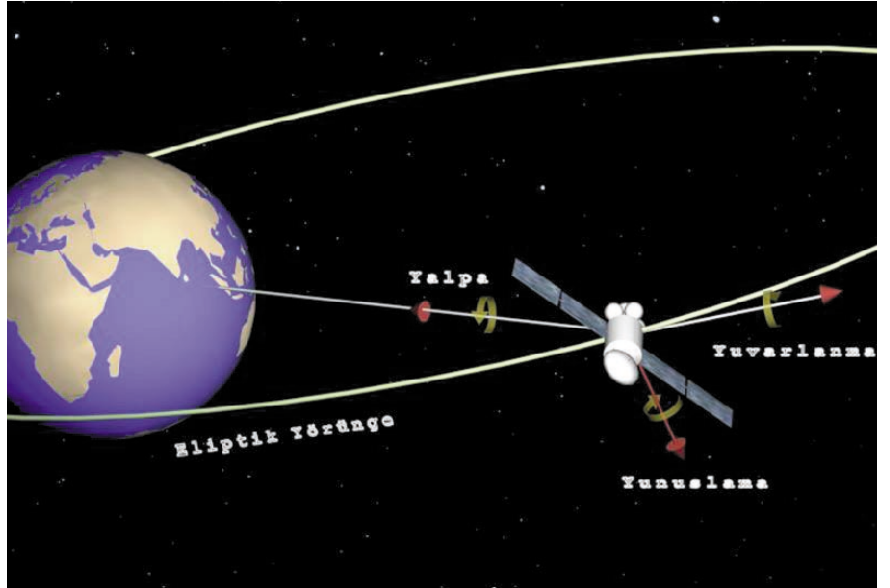
Dünya çevresinde dönen bir uydunun hareketi, uydunun kütle merkezine göre tanımlanır. Buna göre, uydunun kütle merkezi, Dünya etrafında hareket ederken, uydü da bu merkez etrafında dönerek hareket eder. Uydü kütle merkezinin dünya etrafındaki hareketine "yörünge" ve uydunun kendi merkezi etrafındaki hareketine "durum" hareketi denir. Uyduların durum hareketi, sabit bir referans sistemine göre belirlenir. Referans sisteminin merkezi, uydunun kütle merkezidir. Durum hareketleri üç açısız boyutta ifade edilir: Dünya'nın merkezine doğru yaptığı "yalpa" (yaw) açısı, uydunun yörüngesine teğet olan eksen etrafındaki

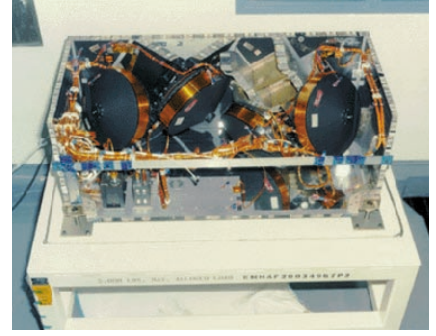
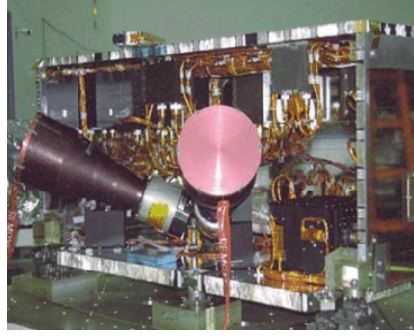
"yuvarlanma" (roll) açısı ve her ikisine dik yönde "yunuslama" (pitch) açısı. Bu açılar sayesinde, uydunun tüm durum hareketleri tanımlanıp kontrol edilebilir.

Kullanılmakta olan birçok uydü, yaklaşık olarak Dünya çevresinde iki odaklı, eliptik bir yörüngede döner. Dünya, eliptik yörüngenin bir odağında bulunur. Bu yüzden, yörünge üzerindeki dönüş süresi içinde, uydunun Dünya'ya olan uzaklığı değişir. Uydü, kütlelerinden dolayı Dünya tarafından sürekli çekilir; Çekim Dünya'ya olan uzaklığın karesiyle ters orantılıdır. Bu, özellikle büyük üzerinde güneş panelleri olan, ya da içinde uydü kütle merkezini değiştirebi-



Bir haberleşme uydusu durum kontrol sistemlerinin uydü gövdesine montajı (üstte). Dünya çevresinde dönen bir uydunun hareketi, uydunun kütle merkezine göre tanımlanır. Buna göre, uydunun kütle merkezi, hem dünya hem de kendi eksenini etrafında hareket eder. Uydü kütle merkezinin dünya etrafındaki hareketine "yörünge" ve kendi etrafındaki hareketine "durum" hareketi denir (sağda).





İtki sistemleri, uyduların durum kontrolü için kullanılır. Aynı uyduda üzerinde birkaç farklı güçte itki sistemi bulunabilir. Bu sistemlerin güçleri, çalışma ilkelerine göre sınıflandırılır. Katı yakıtlı itki sistemleri (solda ve ortada), döner tekerlekli itki sistemlerine (sağda) göre daha güçlüdür.

lecek kadar hareket eden bir parça bulunan, büyük kütleli uydularda (örneğin bilimsel amaçlı bir uyduda) meydana getirdiği bir dönme momenti dolayısıyla durum bozulmasına yol açabilir. Uydularda bulunan durum kararlılık sistemi, bu tip sorunlara karşı önlem alır. Sorunların bir başkasını da güneş ışınları yaratır. Güneş'ten gelen ışınlar, uyduda bulunan ve büyük bir yüzey alanına sahip güneş panellerine basınç uygular. Bu yüzden paneller, uyduda hem bir öteleme kuvveti ve hem de dönme momenti yaratır. Sürtünmesiz bir ortamda bulunan ve özellikle büyük yüzey alanına sahip uydularda, güneş ışınlarının etkisi, durum kararlılığı açısından bir sorun yaratır. Öte yandan, Dünya'nın

manyetik özellikleri yüzünden oluşan çekim kuvvetleri de, durum kararlılığını bozabilir; ancak bu, öteki doğal etkilerden denli güçlü değildir.

Durum kararlılık sistemleri, uydunun bozucu doğal etkiler karşısındaki kararlılığını ve uydunun kullanım amacına göre manevra yapmasını sağlar. Günümüzde "aktif" durum kararlılık sistemleri kullanılır. Durum kararlılık sistemi, uydunun konum bilgisini kullanarak, oluşan kaymayı düzeltmek ya da manevra yapmak için itki sistemini orantılı olarak devreye sokar. İtki sistemleri, uyduların yunuslama, yalpa, ya da yuvarlanma eksenlerietrafındaki düzeltme hareketlerine uygundur. Aynı uyduda üzerinde farklı güçte birkaç itki sis-

temi kullanılabilir. Bu sistemlerin güçleri, çalışma ilkelerine göre sınıflandırılabilir. Son derece az bir itki oluşturan elektromanyetik itki sistemi, Dünya'nın manyetik alanından yararlanır. Uydunun gövdesinde bulunan elektromıknatıslar, içlerinden geçen akımın şiddetiyle orantılı bir kuvvet üretir. Bu kuvvetin yarattığı dönme momenti, çok zayıf durum bozucu etkilere karşı kullanılır. Aynı düzeyde itki yaratabilen güneş yelkenleri ise, güneş ışınlarının basıncını kullanır. Mevcut güneş panellerini bir yelken gibi kullanan ve panelleri istenilen kuvveti yaratmak için döndüren sistem, tıpkı elektromanyetik itki sistemi gibi, zayıf bozucu etkilere karşı kullanılabilir. Daha kuvvetli itki yaratmak için döner tekerlekli sistem kullanılır. Bu sistem yerde dönen bir topacı sıvri ucu üzerinde dengede tutan momentten yararlanır. Uyduda, bir motorun döndürdüğü ağır bir tekerlek bulunur. Bu tekerleğin dönme eksenindeki değişim, uydunun belirli bir eksen eürafında dönme momenti oluşturur. Bu moment sayesinde uyduda durum kararlılığını sağlar. Durum kararlılığını sağlamak için geliştirilmiş daha

Uydularda Yönelme ve Konum Bilgisi

Gökhan Yüksel
TÜBİTAK-ODTÜ BİLTEN, Uydular Teknolojileri Grubu
Uzman Araştırmacı

Dünyada olsun, uzayda olsun bir noktadan diğerine gitmek için, en genel anlamda iki bilgiye gereksinimimiz vardır. Bunlardan ilki bulunduğumuz noktanın konumu, öteki ise varmak istediğimiz noktanın konumudur. Bulduğumuz noktadan varmak istediğimiz noktaya doğru yola çıktığımız anda, belli bir yönelme bilgisi ışığında hareket etmeye başlarız. Demek ki iki bilgi; yönelme ve konum bilgisi; bu noktalar arasında hareket etmek için büyük önem taşır.

Uzayda, gerek Dünya çevresinde dönen uydular, gerekse gezegenler arasında yolculuk eden uzay araçları için, yönelme ve konum bilgisi büyük önem taşır. Bu iki bilgi de bir referans sistemine göre verileceği için, her zaman böyle bir sistem (ya da noktalar) aranır.

Dünya çevresinde dönen uydular, temel başvuru noktası olarak Güneş, Dünya ya da yıldızları kullanırlar. Dünya algılayıcıları temel olarak Dünya'nın uzay ile ayırımı çizgisini (ufuk çizgisi) algılar ve Dünya'ya göre yönelmeyi bu bilgi sayesinde hesaplar. Güneş algılayıcıları Güneş'ten gelen ışınların geliş açısını saptar ve Güneş'e göre yönelmeyi bu bilgi sayesinde hesaplar. Yıldız algılayıcıları Dünya ve Güneş algılayıcılarından farklı olarak, değişik yıldızlara

ya da takımyıldızlara göre yönelmesini saptar. Uyduda üzerindeki CCD (charge coupled device) kamera üzerine uzaydaki bir yıldız ya da takımyıldızın görüntüsü düşürülür. CCD'nin üzerine düşen görüntü, uyduda üzerindeki bilgisayarın veri tabanındaki bir katalogdakilerle karşılaştırılarak yönelme ya da konum bilgisi elde edilebilir.

Bu yöntemlerin dışında, yakın yörüngelerde (1000 km dolayındaki düşük irtifalı yörüngeler) Dünya'nın çekim alanındaki değişim, etkili bir biçimde hissedilerek de yönelme bilgisi elde edilebilir.

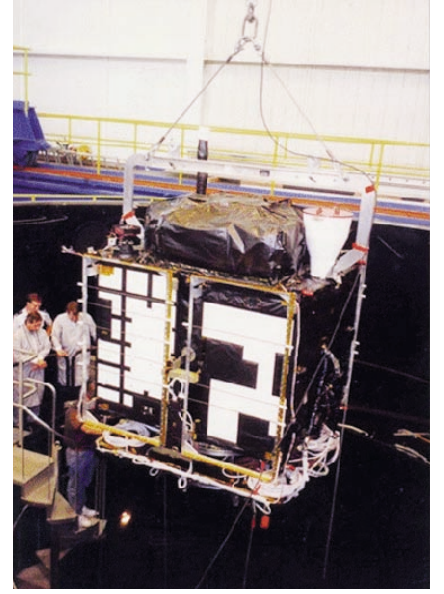
Buraya kadar bahsedilen yöntemler, doğal başvuru noktalarını kullanan yöntemlerdir. Bunlardan başka Dünya'nın çevresine yerleştirilmiş GPS (Global Positioning System - Küresel Konum Belirleme Sistemi) uydularından işaret alarak konum bilgisi elde etmek de mümkündür.

Gezegenler arası yolculuk etmek üzere tasarlanan uzay araçları, sürekli Dünya'dan uzaklaşacakları için, doğal olarak Dünya algılayıcılarını, GPS işaretlerini ya da Dünya'nın çekim alanını kullanamazlar.

Yönelme ve konum bilgisini daha iyileştirmek için çalışmalar günümüzde sürdürülmektedir. Algılayıcı teknolojisindeki gelişmeler bu yöntemleri de kuşkusuz olumlu yönde etkileyecektir.



Uyduların gövdesinin birleştirilmesi



Durum kontrol sistemlerinin montajı bitmiş bir uydunun gövdesi

birçok düşük güçlü itki sistemi bulunur. Bunların yanında, kimi önemli manevralarda, ya da zayıf itki sistemlerinin yetmediği durumlarda devreye giren, kuvvetli itki sistemleri de kullanılır. Genellikle kimyasal yakıt kullanan bu sistemlerin, iyon motorlarından hidrazinli motorlara kadar, farklı çalışma ilkeleri ve çok farklı itki kuvvetleri vardır.

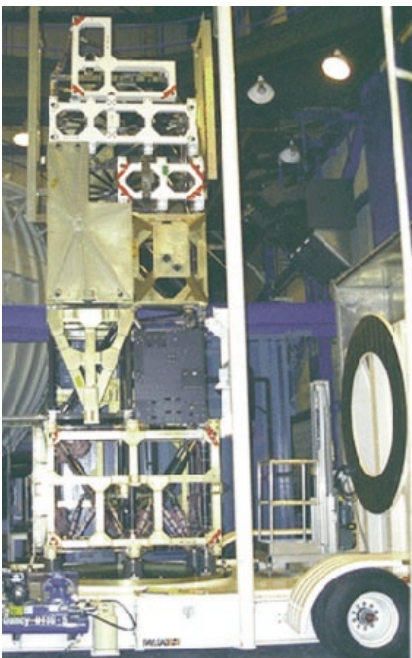
Durum kararlılık sistemleri, kontrol yöntemine göre iki farklı yapıya sahiptir. Akıllı durum kontrol sistemlerinde, uydunun içinde bir durum kararlılık bilgisayarı bulunur. Bilgisayar,

konum bilgisi sensörlerinden gelen bilgiler doğrultusunda, uydunun yapması gereken manevraları hesaplayıp, gerekli itki sistemlerini devreye sokar. Diğer kontrol sistemiyse, yeryüzünde bulunan uydunun kontrol istasyonuna bağlıdır. Bu istasyon, uydunun konumuna göre yapması gereken manevraları uyduya bildirir. Uydunun yeryüzü istasyonunca hesaplanmış manevra bilgilerine göre, itki sistemlerini kullanır.

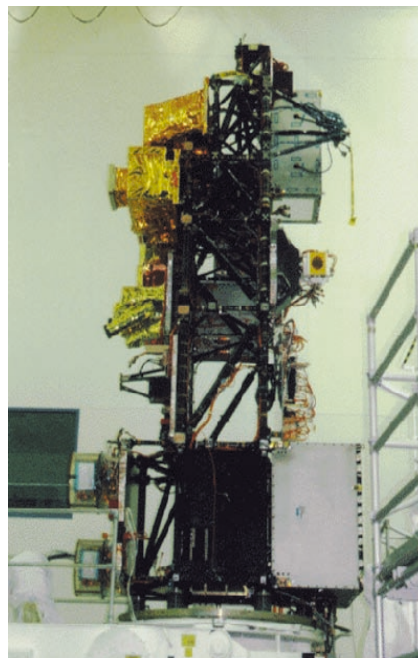
Uydularda kullanılan durum kararlılık sistemlerinde duyarlılık önemlidir. Özellikle iletişim uydula-

rında, yalpa açısını derecenin binde birine kadar kontrol eden sistemler kullanılır. Bu sistemlerin hassasiyeti kadar uzun dönem kararlılığı da önemlidir. Durum kontrol sisteminin belli bir dönem içinde (genellikle bir hafta) yapacağı çok küçük hatalar bile, bir yıllık çalışma süresi sonunda önemli durum açısı ve yörünge kaymalarına yol açabilir. Uzun dönemde yapılan hataların toplamı, yer istasyonlarınca sürekli kontrol edilerek gerekli düzeltmeler yapılır. Durum kararlılık sistemlerinin bir başka özelliği ise sistemin güvenilir olmasıdır. Bu tip sistemlerde kullanılan hareketli parçalar, sistemin güvenilirlik sınırını belirler. Durum kontrol sistemi için kullanılan mikrobilgisayar ve diğer elektronik donanımlar, uzaydaki yüksek enerjili parçacıklardan etkilenebilirler. Özellikle mikro işlemcilerde kullanılan sayısal hafızalar, bu parçacıklar yüzünden hata yapabilir. Bu yüzden, bir durum kontrol sisteminin güvenilirliğinin en önemli göstergesi, sistemin belli bir süre başarıyla kullanılmış olmasıdır. Bu nedenle, teknolojik gelişmeleri oldukça yavaş izleyen bu sistemler, ancak uluslararası komisyonların onayladığı firmalarca üretilir.

Okan Demirel



Dünya etrafında dönen uydular, oldukça büyük ve karmaşık olabilirler. Fotoğrafta, bilimsel amaçlı bir uydunun yapımı görülmektedir.



Kaynaklar
 "Nasıl Çalışır? ", Gelişim Yayınları, 1980
 Hans C. Ohanian, "Physics", Rensselaer Polytechnic Institute, 1989
 James R. Wertz, "Spacecraft Attitude Determination and Control", Kluwer Academic Publish, 1997
 Maral G., "Satellite Communications Systems", John Wiley & Sons, 1998
 cosam.gsfc.nasa.gov