

Ölçme Bilgisi 3



Dersin Amacı	Uydu bazlı konumlama yöntemleri ile uzayda bir noktanın üç boyutlu konumunun nasıl hesaplanacağını öğretilmesi amaçlanmıştır.
Dersin İçeriği	GNSS ağları, GNSS hata kaynakları, GNSS ile Ölçme ve Konum Belirleme Yöntemleri, GNSS Verilerinin Değerlendirilmesi ve GNSS ile Yükseklik Belirleme, Datum ve Koordinat dönüşümleri ve Büyük Ölçekli Harita Yapım Yönetmeliği'ne uygun olarak Ulusal GNSS Ağı ve Sıklaştırılması

Ders Öğrenim Çıktıları ▼

1. Dersin sonunda, öğrencilerin GNSS ölçme ve hesaplama prosedürlerini gerçekleştirebilmesi. (P.Ç. 7.4)
2. Dersin sonunda, öğrencilerin, Koordinat sistemi, datum, Ülke jeodezik altyapısı hakkında bilgi sahibi olması. (P.Ç. 1.2)
3. Dersin sonunda, öğrencilerin, GNSS tekniğinin hata kaynakları hakkında bilgi sahibi olması. (P.Ç. 1.2)
4. GNSS tekniği ile konumlama prosedürleri hakkında bilgi sahibi olması (P.Ç. 9.2)
5. GNSS ile yükseklik belirleme uygulamalarını yapabilme. (P.Ç. 3.1)
6. Ülke GNSS ve ağına sıklaştırılmasına yönelik ağ planlama ve tasarım prosedürü hakkında bilgi sahibi olması. (P.Ç. 3.1)

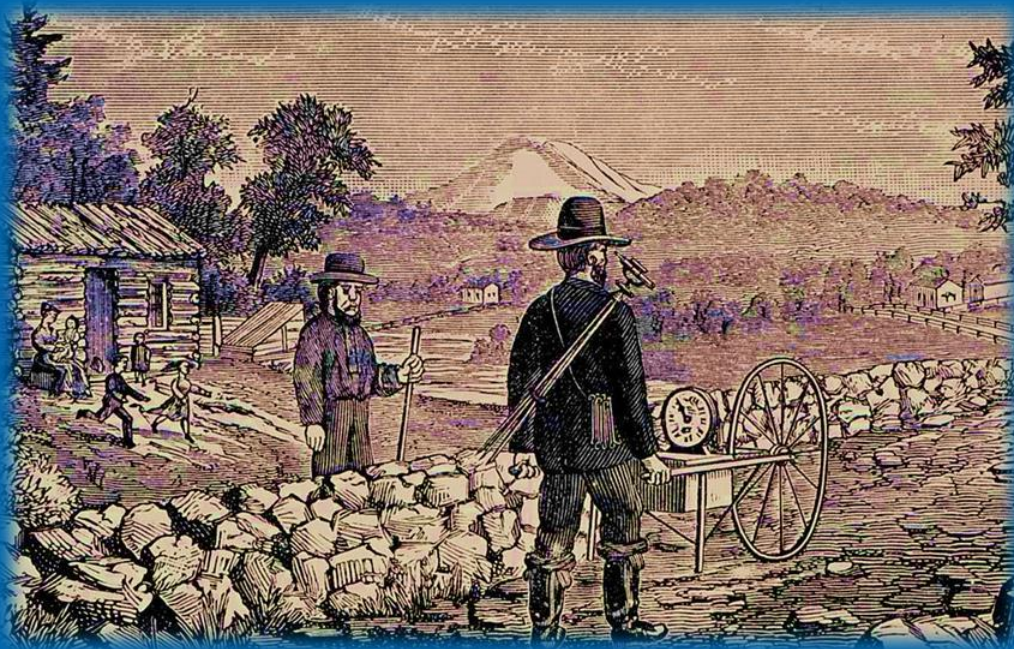
Haftalık Konular ve İlgili Ön Hazırlık Çalışmaları ✓

Hafta	Konular	Ön Hazırlık
1	Uydu ve Uzay Bazlı Konumlama	Ders Notları
2	GNSS Sistemleri	Ders Notları
3	GNSS Sistemlerinde Hata Kaynakları ve Doğruluk Ölçütleri	Ders Notları
4	GNSS Gözlemleri ve Matematiksel Modeller	Ders Notları
5	GNSS ile Ölçme ve Konum Belirleme Yöntemleri	Ders Notları
6	GNSS Verilerinin Değerlendirilmesi	Ders Notları
7	GNSS Verilerinin Değerlendirilmesi	Ders Notları
8	Ara Sınav 1 / Uygulama veya Konu Tekrarı	
9	Düşey Kontrol Ağları Ölçme ve Hesap stratejileri	NA
10	Ulusal GNSS Ağı ve Sıklaştırılması	Ders Notları
11	GNSS ağları ile jeodezik nokta konumlama	Ders Notları
12	Sabit GNSS ağı ve istasyonlarına dayalı konum belirleme	NA, Ders Notları
13	GNSS ile Yükseklik Belirleme, Datum ve Koordinat dönüşümleri	NA
14	Özel Amaçlı GNSS Uygulamaları	Ders Notları
15	Final	

GPS' İN GENEL ESASLARI

- İlk çağlarda ilkel yöntemlerle konum ve yer belirleme işleri yapılırken zamanla teknolojik gelişmelere paralel olarak konum belirleme ve navigasyon sistemlerinde önemli gelişmeler olmuştur.





- Uzunluk ölçüsünün elektromagnetik dalgalarla gerçekleştirilmesiyle başlayan gelişmeler Total Station aletlerinin üretilmesine kadar uzanmıştır.



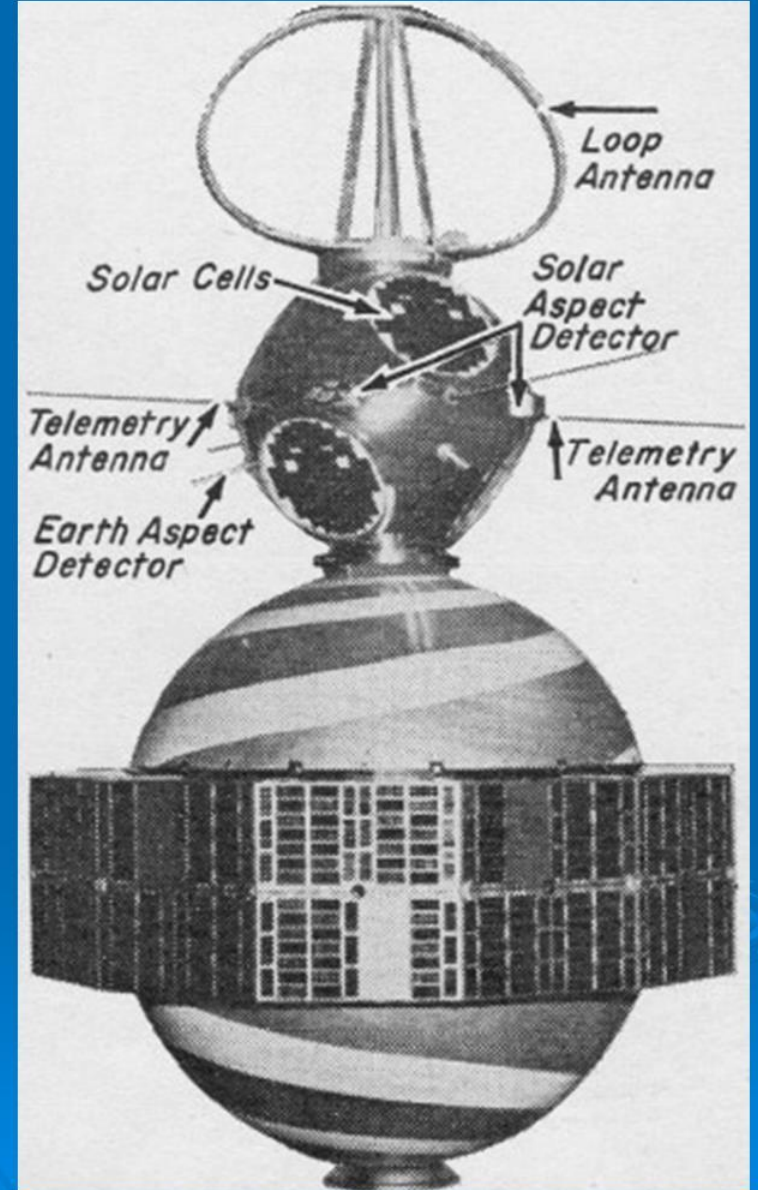
YAPAY UYDU SİSTEMLERİ

- Konum Belirleme ve Navigasyon Amaçlı Uydular (GNSS)
- Görüntü Amaçlı Uydular (Uzaktan Algılama/Yer Gözlem Uyduları)
- Gravite Uyduları
- Meteoroloji Uyduları (Hava Tahminleri)
- Telekomünikasyon (Haberleşme/İletişim) Uyduları
- vd.farklı nitelikteki uydu sistemleri



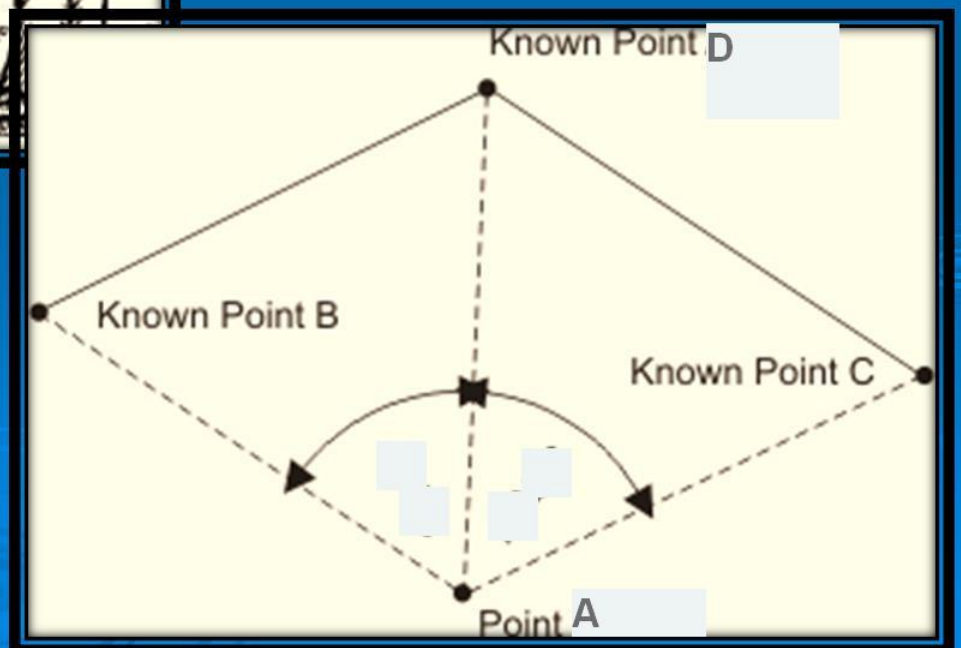
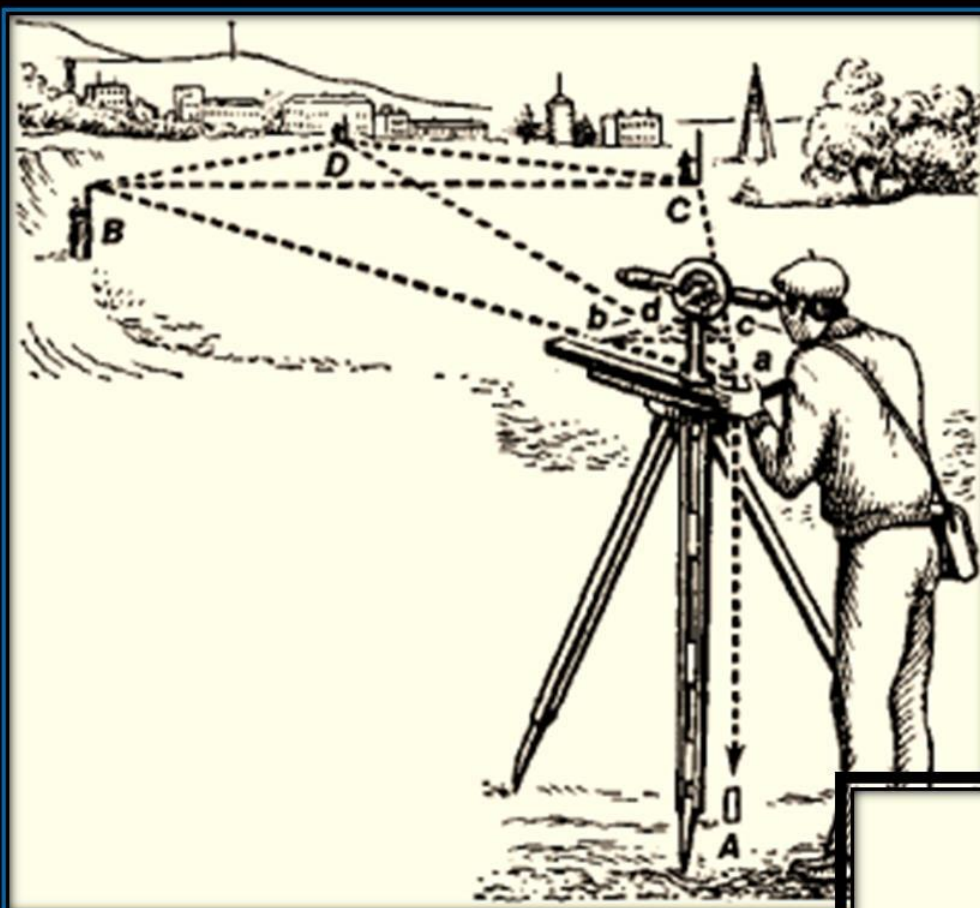
➤ Yersel ölçülerde bu gelişmeler yaşanırken, 60' ılı yıllarda Transit uydusu geliştirilmiş jeodezik konum belirleme çalışmalarında kullanılmaya başlanmıştır.

➤ Transit sisteminin zayıf yönlerini ortadan kaldırmak için GPS, geliştirilmiştir.



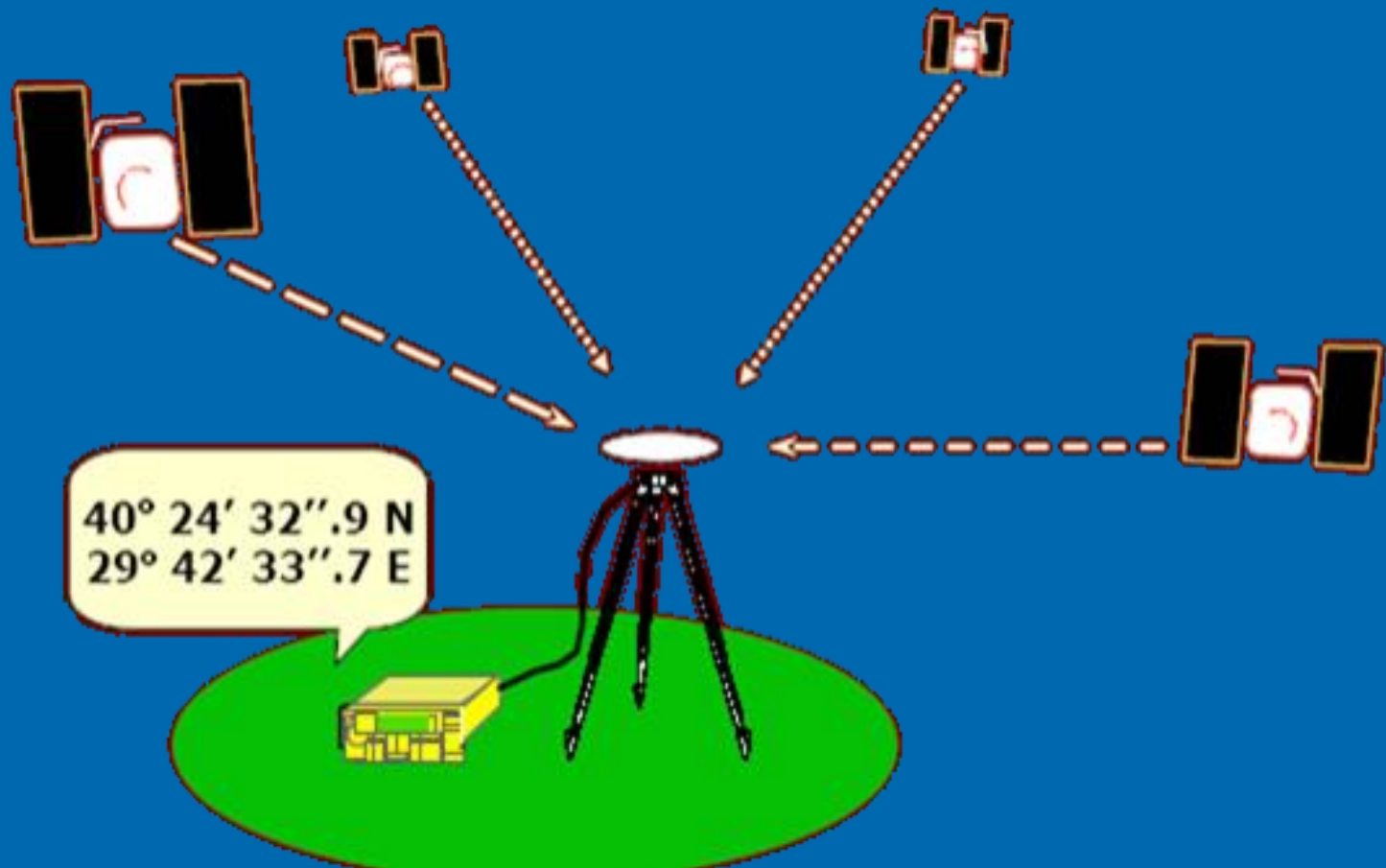
GPS' İN GENEL ESASLARI

- Sistem temel olarak jeodezideki en eski tekniklerden biri olan 'geriden kestirme' esasına dayanır.
- Geriden kestirme, konumu bilinmeyen bir noktadan konumu bilinen noktalara yapılan gözlem ve hesaplar ile bilinmeyen noktanın koordinatlarını hesaplamaya dayanır.



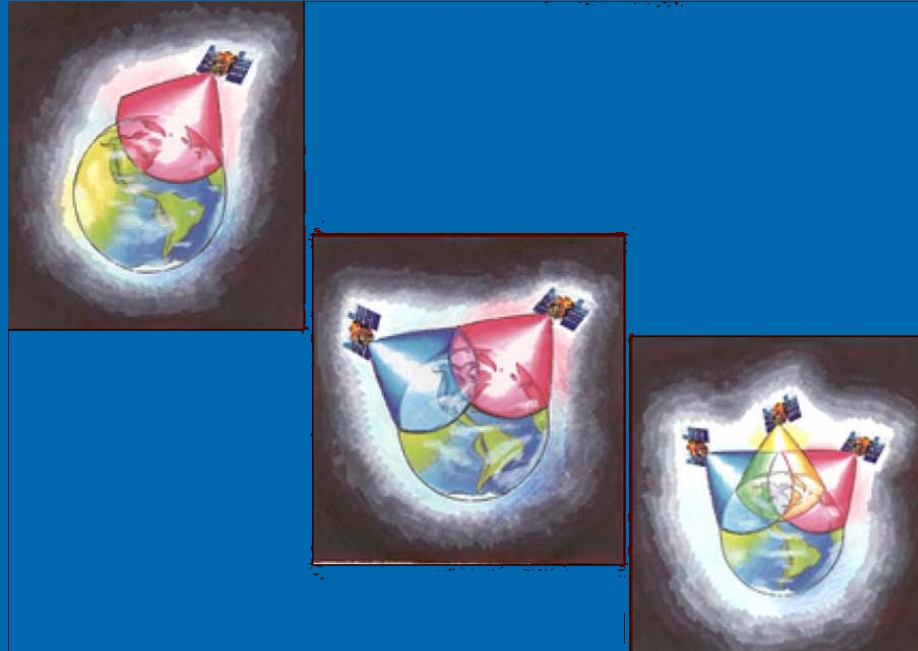
GPS' İN GENEL ESASLARI

- Amerika Savunma Bakanlığı tarafından navigasyon amaçlı geliştirilen ve bilim adamlarının çabasıyla jeodezik problemlerin çözümünde de kullanılan,
- Dünya üzerinde her türlü hava koşullarında,
- 24 saat esasına göre,
- En az 4 uydudan kod-faz varış zamanının ölçülmesi esasına dayanan,
- Herhangi bir noktaya ait konum, hız ve zaman bilgileri sağlayan,
- Uzay tabanlı bir ölçme sistemidir.



GPS' İN GENEL ESASLARI

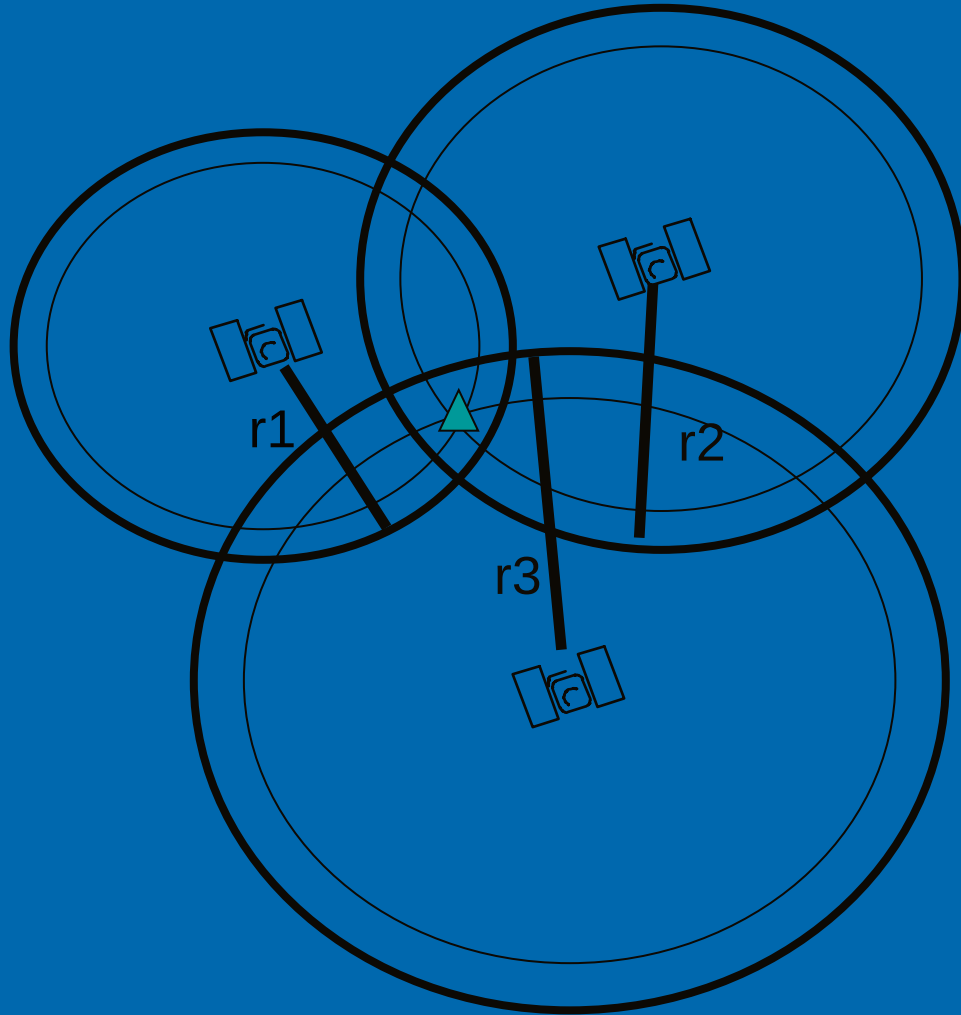
- Sistem temel olarak jeodezideki en eski tekniklerden biri olan 'geriden kestirme' esasına dayanır.
- Geriden kestirme, konumu bilinmeyen bir noktadan konumu bilinen noktalara yapılan gözlem ve hesaplar ile bilinmeyen noktanın koordinatlarını hesaplamaya dayanır.



GPS' İN GENEL ESASLARI

- GPS sisteminde konumu bilinen noktalar GPS uydularıdır.
- Bilinmeyenler, bulunulan noktanın kartezyen koordinatlarıdır (X,Y,Z).
- Matematiksel olarak 3 bilinmeyenli bir denklemin çözümü için 3 bilinene ihtiyaç vardır.
- Burada 3 bilinen yetiyor gibi gözükse de, saat hatalarını ortadan kaldırmak için en az 4 tane bilinene ihtiyaç vardır.
- Bu nedenle GPS, 4 boyutlu bir sistemdir **(X, Y, Z, t)**.
- Bu modelde kullanılan mesafeler radyo dalgalarıyla elde edilen uzaysal mesafe ölçüleri, kullanılan nirengi noktaları ise yörünge (efemeris) bilgileri vasıtasıyla belirli bir andaki koordinatları bulunabilen GPS uydularıdır.

ÜÇ BOYUTLU UZAY GERİDEN KESTİRME



$$\text{UZAKLIK} = \text{HIZ} \times \text{ZAMAN}$$

GPS' in Tanımı ve Kullanım Alanları

- Askeri Kullanım Alanları : Kara, deniz ve hava araçlarının navigasyonu, arama-kurtarma, uçakların iniş ve kalkışları, hedef bulma ve diğer amaçlar.
- Sivil Kullanım Alanları : Kara, deniz ve hava araçlarının navigasyonu, GPS Ülke jeodezik ağlarının ölçülmesi ve sıklaştırılması, detay ölçmeleri, aplikasyon uygulamaları, kadastral ölçmeler, deformasyon ölçmeleri, araç takip sistemleri, CBS için veri toplama gibi birçok alanda kolaylık sağlayan, çalışmalara hız ve ekonomi getiren bir yöntemdir.
- Turizm, tarım, ormancılık, spor, güvenlik, hidrografik çalışmalar, CBS' nin veri tabanının geliştirilmesi ve diğer alanlar.

GPS' in klasik sisteme göre üstün ve zayıf yönleri :

- Noktalar arasında görüş zorunluluğu ortadan kalkmıştır.
- Ölçü noktalarının yükseklerde seçilmesi zorunluluğu yoktur.
- GPS ölçüleri büyük oranda hava koşullarından etkilenmez.
- Gece-gündüz 24 saat ölçü yapılabilir.
- Noktaların konum doğruluğu oldukça yüksektir.

GPS' in zayıf tarafları ise;

- GPS' in sinyalleri mikrodalga sinyaller gibi güçlü değildir. Kapalı yerlerde, çok sık ağaçlıklı alanlarda, sualtında ve binaların yoğun oldu olduğu yerleşim yerlerinde, tünellerde ve maden galerilerinde ölçü yapılamaz.
- Ağır yağışta, güçlü radyo yayınının yapıldığı ya da yayın ntenlerinin olduğu yerlerde verimli değildir.
- GPS koordinatları WGS-84 datumundadır. Lokal datuma dönüşüm gerekir.
- Elde edilen yükseklikler Ortometrik değil, elipsoidal yüksekliklerdir

GPS' in Bölümleri

- **Uzay Bölümü**
- **Kontrol Bölümü**
- **Kullanıcı Bölümü**

GPS Üç Bölümden Oluşur

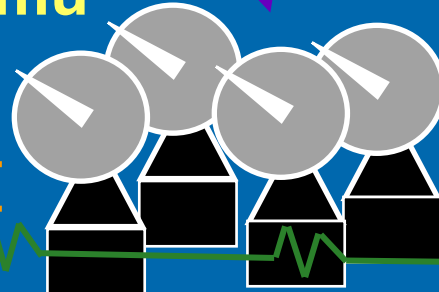
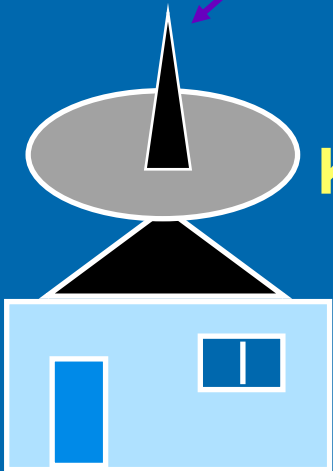
Uzay Bölümü



Kullanıcı Bölümü



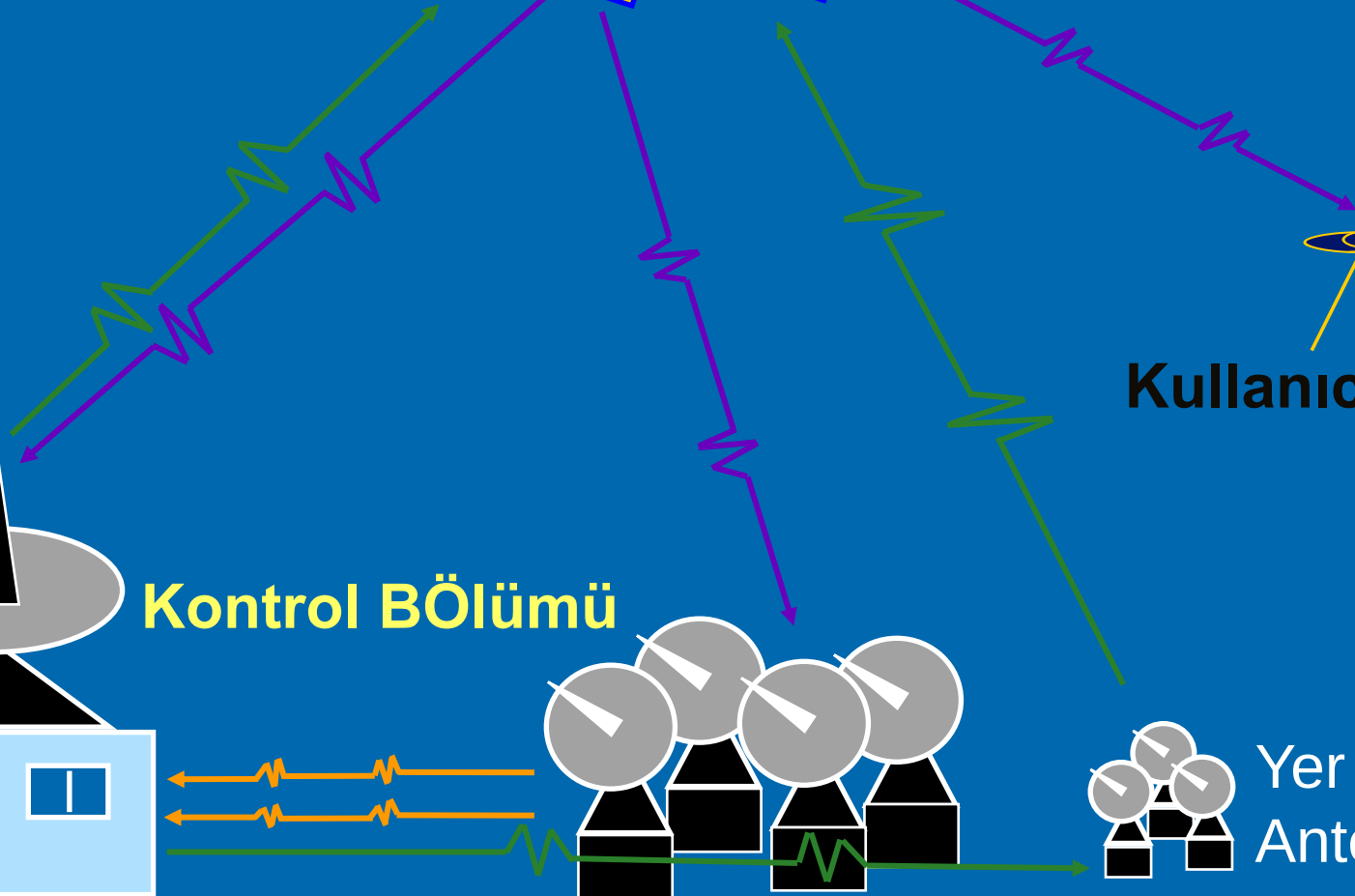
Kontrol Bölümü



Yer
Antenleri

İzleme İstasyonları

Ana İstasyon



Uzay Bölümü

- Uzay bölümü uydulardan oluşur.
- Uydular ekvator düzlemi ile yaklaşık 55° lik açı yaparlar,
- 6 yörünge düzleminden oluşur
- 28 aktif, 4 yedek olmak üzere toplam 32 uydudan oluşmaktadır.
- Yedek uydular esas uydulardan birinde sorun olması durumunda devreye girerler.

Her bir GPS uydusu ,

- Senkronize (eşzamanlı) zaman sinyallerini,
- Tüm diğer uydularla ilgili konum bilgilerini,
- Yörünge parametrelerine ilişkin bilgileri iki taşıyıcı frekanstan (L_1 , L_2) yayınlar;
- Kontrol bölümü tarafından yayınlanan bilgileri alır.

Uzay bölümünün özellikleri

- Uydular yeryüzünden yaklaşık 20200 km, yer merkezinden 26500 km uzaktadırlar,
- Yörüngelerindeki bir tam devirlerini 11h 58' da tamamlarlar.
- Yeryüzünün herhangi bir yerinde gözlenebilecek en az uydu sayısı 4 olup en az yaklaşık olarak 5 saat ufuk üzerinde kalır.
- Türkiye'de gözlenebilen en çok uydu sayısı 10 dur.

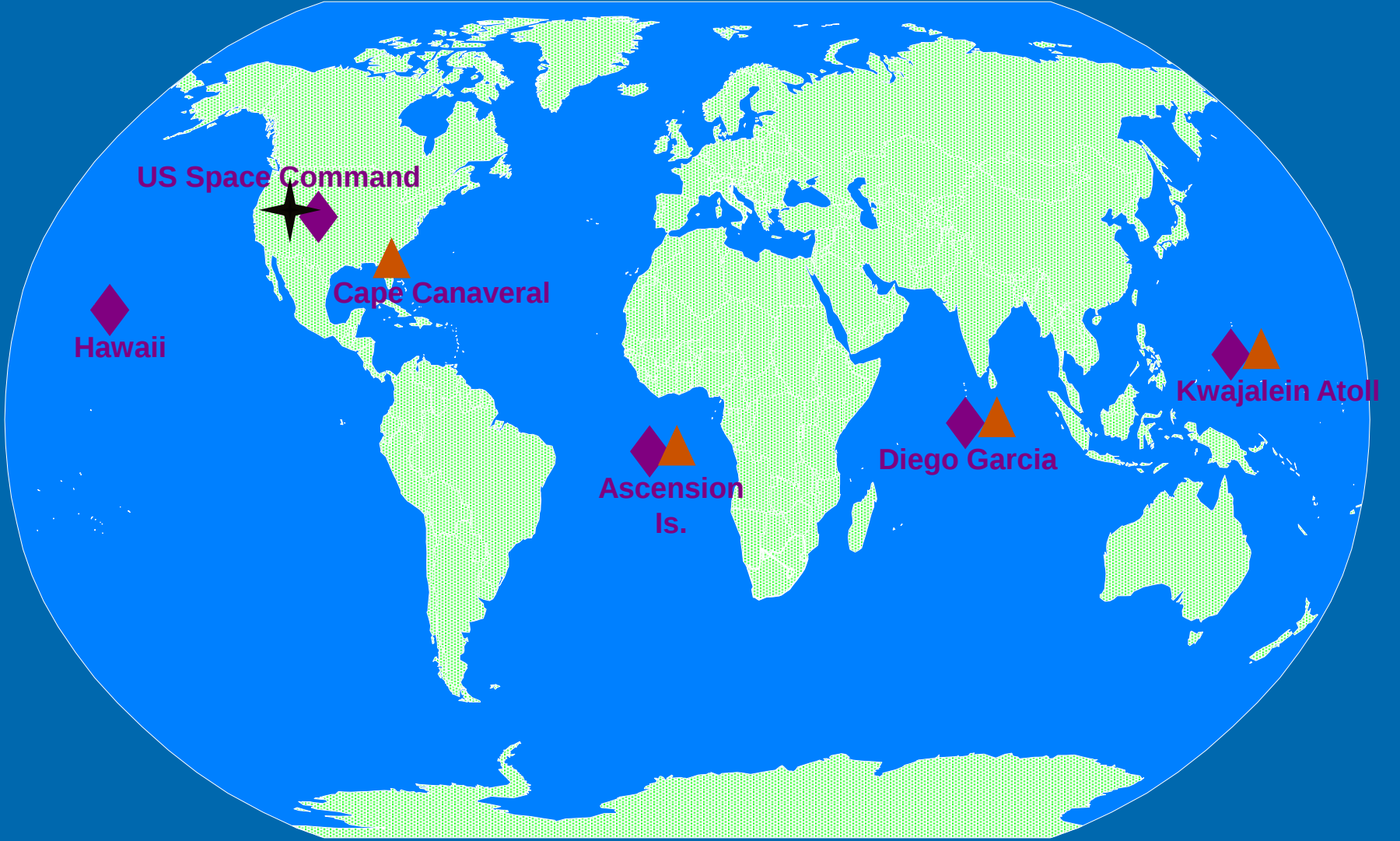


- Uydu yörünge zamanı (ortalama yıldız zamanı) ile yer dönmesi (ortalama güneş zamanı) arasında yaklaşık 4 dak./gün fark vardır. Bu nedenle yeryüzündeki bir gözlemci aynı uyduyu her gün 4 dakika erken gözlemektedir.

Kontrol Bölümü

- Bu bölüm yeryüzünün çeşitli yerlerine dağılmış 1 ana ve 5 izleme istasyonundan oluşmaktadır.
- Ana istasyon Colorado'da (USA) dır.
- Bunun dışındakiler izleme istasyonlarıdır.
- GPS uyduları
- Dünya üzerine uygun dağılmış,
- Çok hassas saatlerle donatılmış,
- Konumu iyi bilinen,
- 6 sabit izleme istasyonu tarafından izlenmektedir.

Kontrol Bölümü



✦ Ana Kontrol İstasyonu ◆ İzleme İstasyonu ▲ Yer Anteni

Bu istasyonların görevi;

- Günlük olarak uyduların sağlıklı şekilde çalışmalarını sağlamak,
- Toplanan verileri irdeleyerek uydu yörüngelerini belirlemek,
- Uydu saat düzeltmelerini hesaplamak ve SA etkileri gibi bilgileri uydulara yüklemektir.

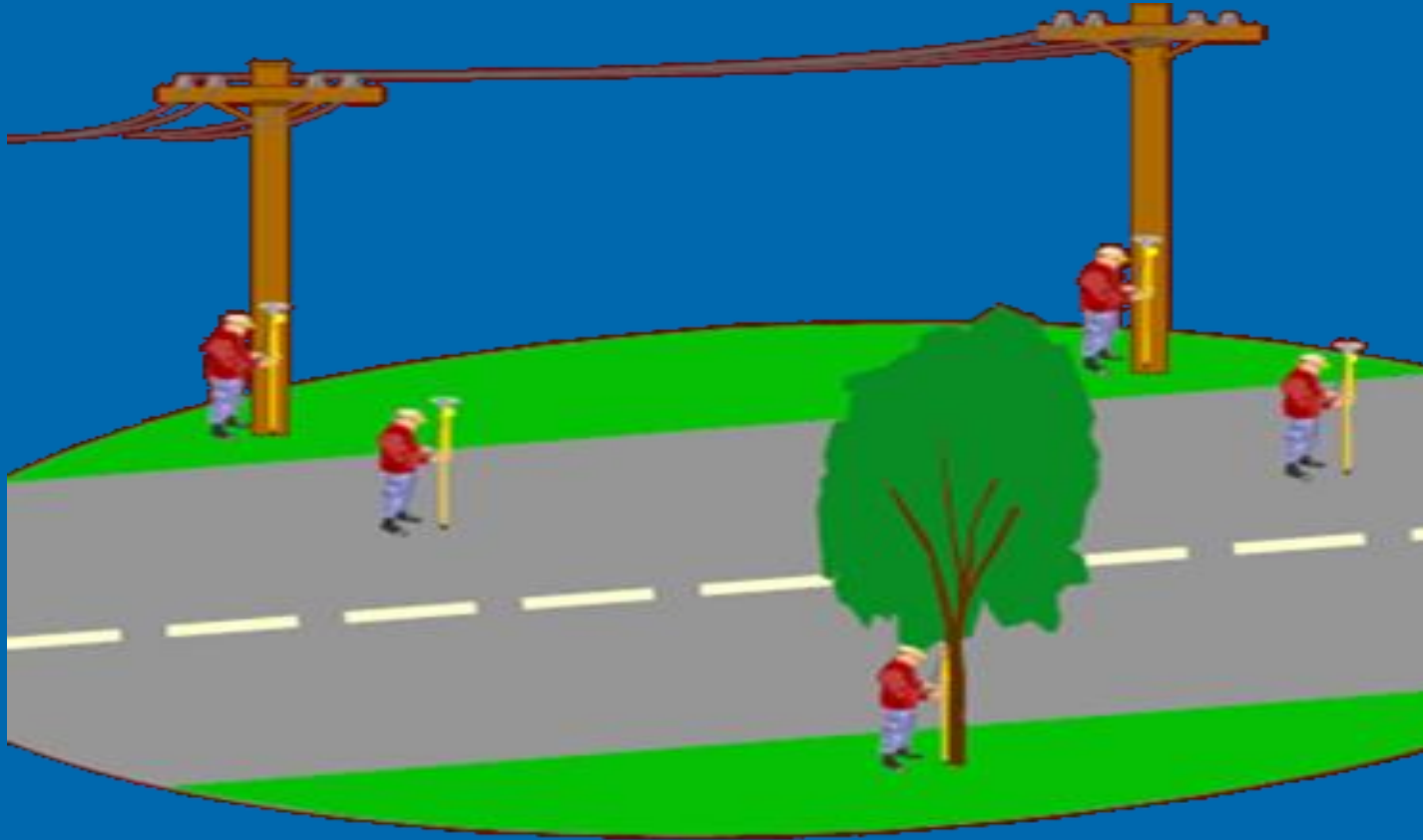
Ana kontrol istasyonu;

- Tüm sistemin kontrolünden,
- Her bir uydu için uydu efemeris bilgilerinin saat düzeltmelerinin hesabından sorumludur.

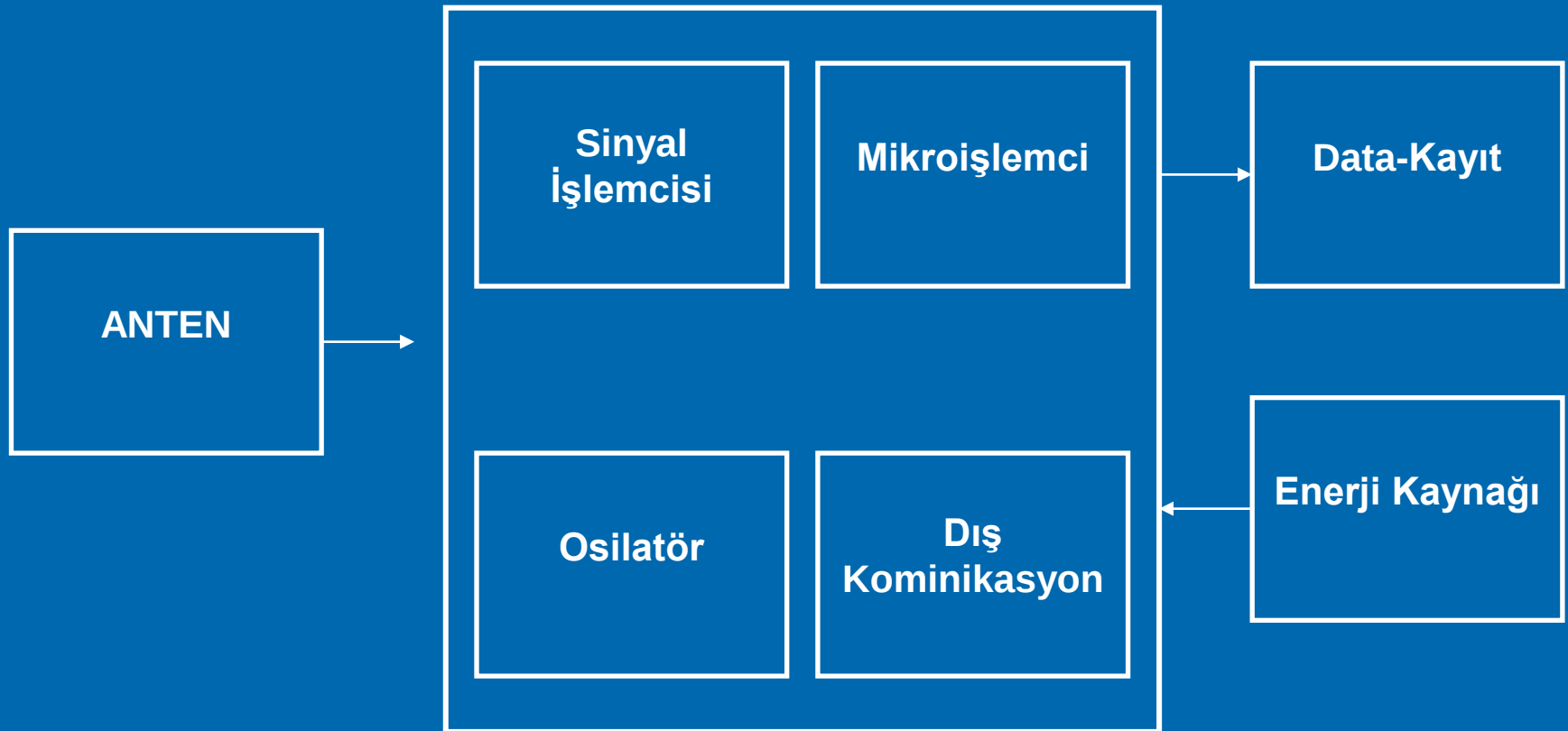
Diğer 5 istasyon, gözleme istasyonu görevi yapar ve uydu efemerislerinin belirlenmesi için gerekli verileri toplarlar.

Kullanıcı Bölümü

GPS uyduları tarafından gönderilen verileri alabilen GPS alıcıları ve bunların fonksiyonel parçalarından oluşmaktadır.



GPS alıcıları 7 bölümden oluşur.





➤ Anten

Uydudan gelen sinyalleri alır, bu sinyalleri güçlendirdikten sonra sinyal işlemcisine gönderir.

➤ Sinyal değerlendirme bölümü

Anten tarafından alınan sinyal, sinyal işlemcisi tarafından değerlendirilir.

➤ Mikroişlemci

Koordinat hesaplamalarının yapılabilmesi için GPS alıcılarında mikroişlemciler bulunmaktadır.

➤ Data Kayıt

Yapılan ölçülerin kayıt edildiği bölümdür.

➤ Dış kominikasyon

Bu bölümünde klavye ve ekran birimleri vardır.

➤ Osilatör

Işık akımını elektrik akımına dönüştüren bölümdür. Kristal osilatörler gibi gelişmiş osilatörler kullanılmaktadır

GPS Alıcısının Çalışması

- GPS alıcısı açıldığında sinyal alma aşaması başlamıştır.
- GPS alıcısı sinyal almaya başladığında ilk önce hafızasındaki uydulara ait navigasyon bilgilerine bakar eğer bu veriler işlevsel değilse gökyüzünü taramaya başlar.
- Çok kanallı GPS alıcıları tarama işlemleri sonucunda sinyali aldıkları uyduları kanalları ile ayrı ayrı ilişkilendirir. Daha sonra hesapladığı mesafelere göre ve aldığı bilgilere göre konum belirleme işlemini yapar.
- Sinyaller taşıyıcı izleme döngüsü ve kod izleme döngüsü ile takip edilir.
- Yazılımlarla ve donanımlarla desteklenen her iki döngünün neticesinde uydulara kilitlenilir ve konum belirlenir.

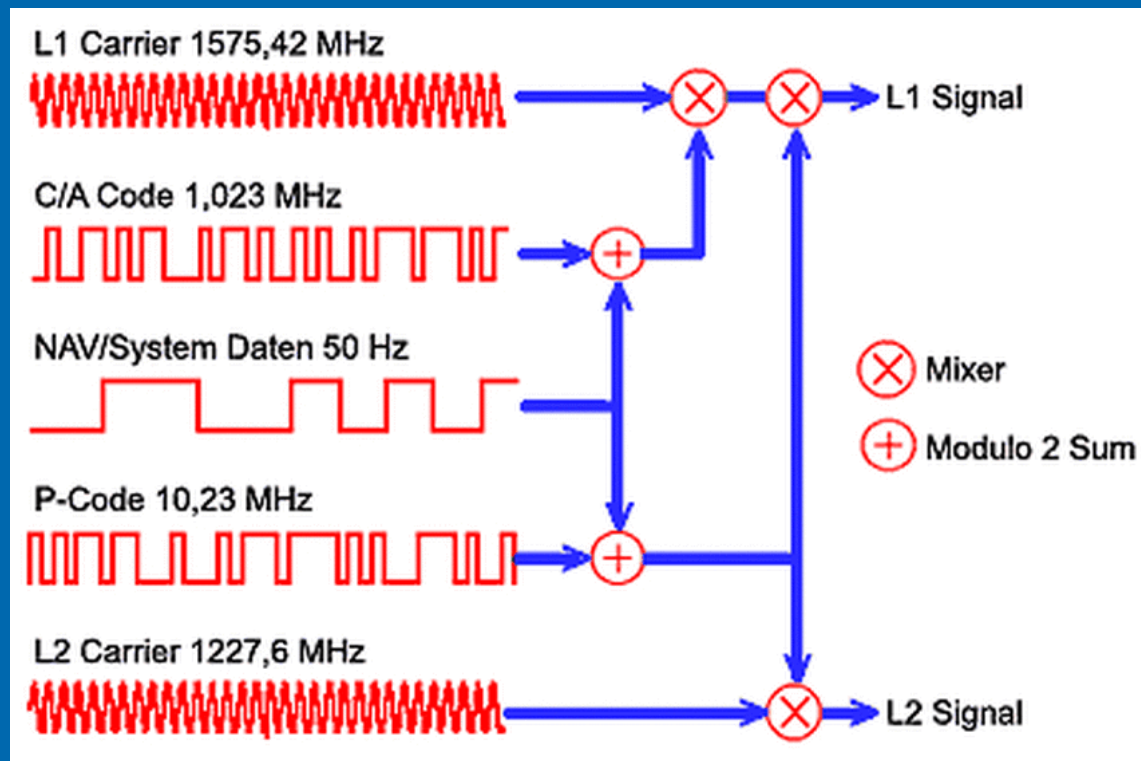
GPS' de Kullanılan Sinyaller

- GPS ölçmelerinde elektromagnetik dalgalar kullanılarak uydulardan kullanıcı bölümüne veri akışı sağlanmaktadır.
- Kontrol bölümü ile uydular arasında **S-band**,
- İyonosferik etkilerin etkisinin az olmasından dolayı uydu ile kullanıcı bölümü arasında **L-band** kullanılmaktadır.
- Sinyaller iki farklı frekansta taşıyıcı dalga üzerinden iletilirler.
- Bunlar L_1 ve L_2 sinyalleridir.
- Uydular bu sinyallerle **faz** ve **kod** ölçüleri ile kendi konum bilgilerini (efemeris) yayınlarlar.

- Bu sinyallerin frekansları, bir temel frekansın ($f_0=10,23\text{MHz}$) 154 ve 120 katları alınarak belirlenmiştir.

L_1 frekansı $1575,42\text{MHz}$ ($10,23\text{MHz} * 154$), dalga boyu 19 cm

L_2 frekansı $1227,60\text{MHz}$ ($10,23\text{MHz} * 120$), dalga boyu 24 cm



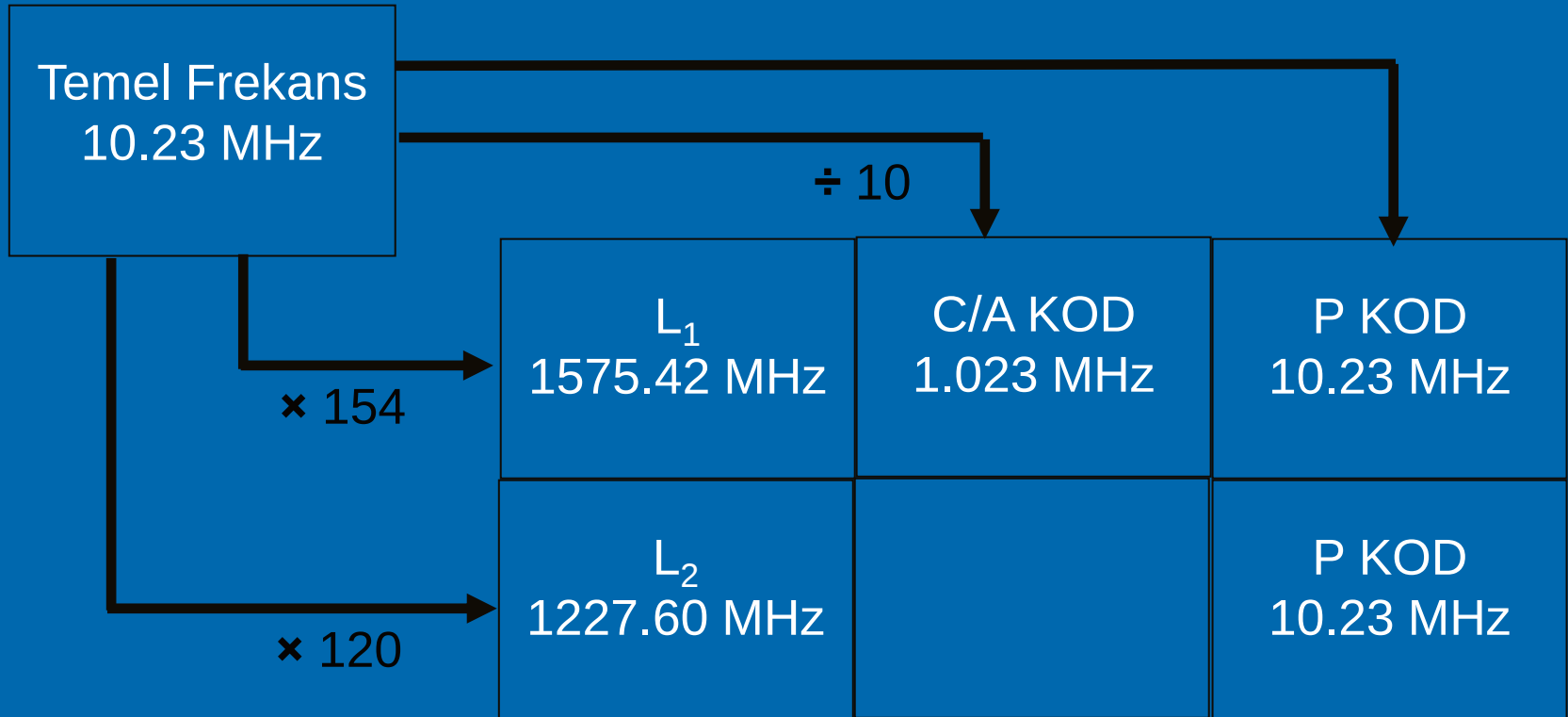
Yeni uydularla birlikte 3 yeni sivil sinyal

İkinci sivil sinyal: L2C

Üçüncü sivil sinyal: L5

Dördüncü sivil sinyal: L1C

Band	Signal	Frequency (MHz)	Code length chips	Code rate (MHz)	Data rate (bps/sps)
L1	P(Y)	1575.42	n/a ^a	10.23	50/50
	C/A	1575.42	1023	1.023	50/50
	L1C	1575.42	10 230	1.023	50/100
	L1C	1575.42	10230/1800	1.023	–
	M	1575.42	n/a ^a	5.115	n/a ^a
L2	P(Y)	1227.60	n/a ^a	10.23	50/50
	L2 CM	1227.60	10 230	0.5115	50(25)/50
	L2 CL	1227.60	767 250	0.5115	–
	M	1227.60	n/a ^a	5.115	n/a ^a
L5	I5	1176.45	10230/10	10.23	50/100
	Q5	1176.45	10230/20	10.23	–



- Frekans: Birim zamanda bir noktadan geçen dalga tepesi sayısı.
- Dalga Boyu: Dalga tepeleri arasındaki uzunluk.
- Frekans ve dalga boyu arasında ters orantı vardır. Uzun dalga boyu, düşük frekans demektir.
- GPS kısa dalga boylu (yüksek frekanslı) radyo dalgaları kullanır

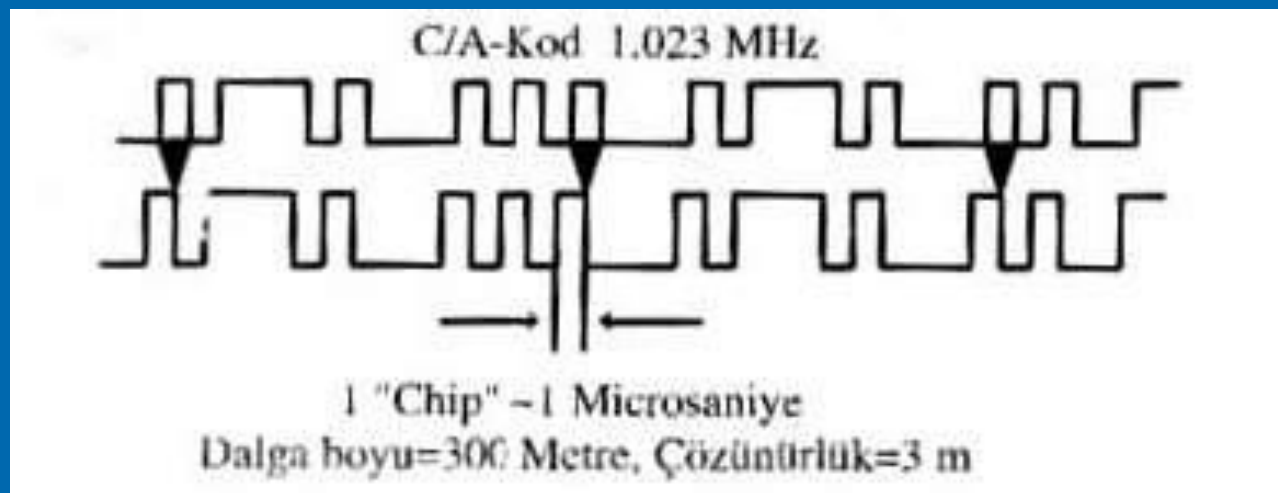
GPS sisteminde çift frekans kullanılmasının nedeni ???

- L_1 frekansı herhangi bir nedenle kesildiğinde L_2 frekansı görev yapar.
- Çift frekans özelliğinden yararlanarak iyonosferik düzeltme olanağı sağlamaktadır.

- L_1 ve L_2 taşıyıcı frekansları, uydu saat düzeltmeleri, yörünge parametreleri gibi bilgilerin yeryüzündeki alıcıya ulaştırılabilmesi amacıyla kodlarla ve navigasyon mesajı verileri ile modüle edilmişlerdir.
- Tüm uydular aynı taşıyıcı frekansla veri yayını yapmasına karşın, uydu sinyalleri kod modülasyonu tekniği nedeniyle birbirini ile karışmamaktadır.
- L_1 ve L_2 taşıyıcı frekansları üzerinde C/A ve P kodları ile navigasyon mesajı verileri modüle edilmiştir.

C/A Kod Özellikleri

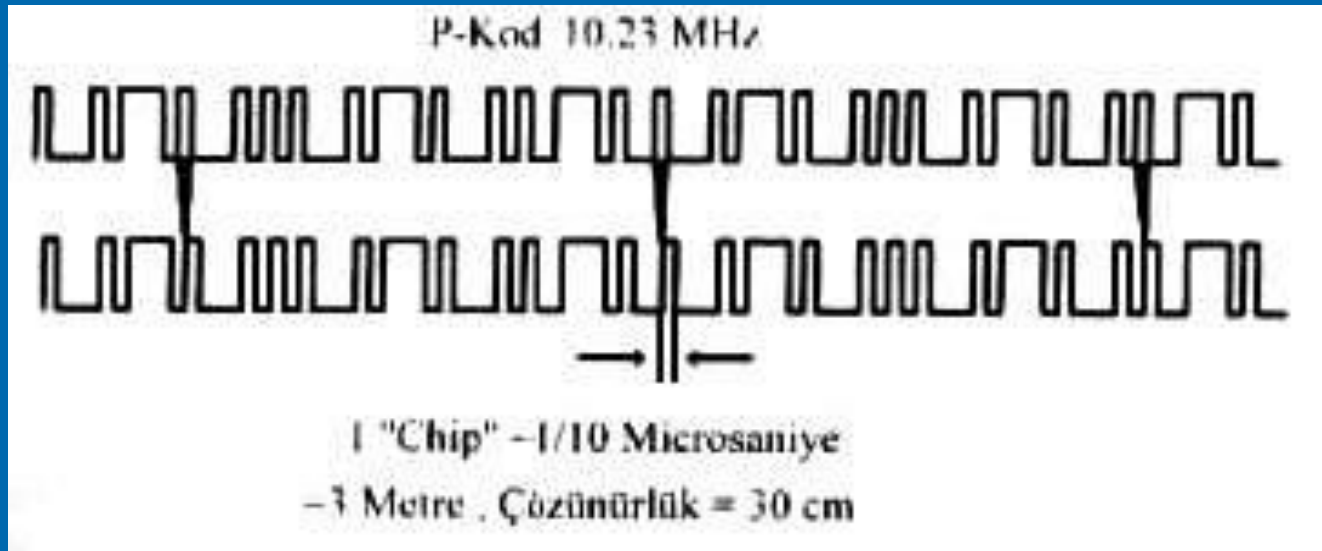
- C/A kod (Coarse Acquisition) L_1 taşıyıcısı üzerine modüle edilmiştir. Her milisaniyede bir tekrar etmektedir. Periyodunun kısa seçilmesinin amacı, GPS alıcılarının uydulara en kısa sürede kilitlenmesini sağlamaktır. Sivil amaçlı kullanıcılar için tasarlanmıştır.
- C/A kodun dalga boyu 300 m, çözünürlüğü 3 m dir.



- “Selective Availability” adı verilen bir yöntem ile C/A kodun hassasiyeti ~100 m. olacak şekilde uydu saati ve yörünge bilgileri kasıtlı olarak bozulmuştur.
- Selective Availability 2 Mayıs 2000 tarihinde kaldırılmış ve konum belirleme hassasiyeti 10 m.’ye kadar inmiştir.

P Kod Özellikleri

- P kod (Precise) L_1 ve L_2 taşıyıcı frekansları üzerine modüle edilmiş olup yaklaşık 266,4 günlük kod uzunluğundadır.
- P kodun dalga boyu 30 m, çözünürlüğü 30 cm dir.
- Askeri kullanıcılar için tasarlanmıştır.
- W kod adı verilen bir kod ile şifrelenmiş, sadece askeri amaçlı GPS alıcılarının doğrudan çözebileceği Y kod ortaya çıkmıştır.
- Bu özellik Anti-Spoofing olarak adlandırılmaktadır.



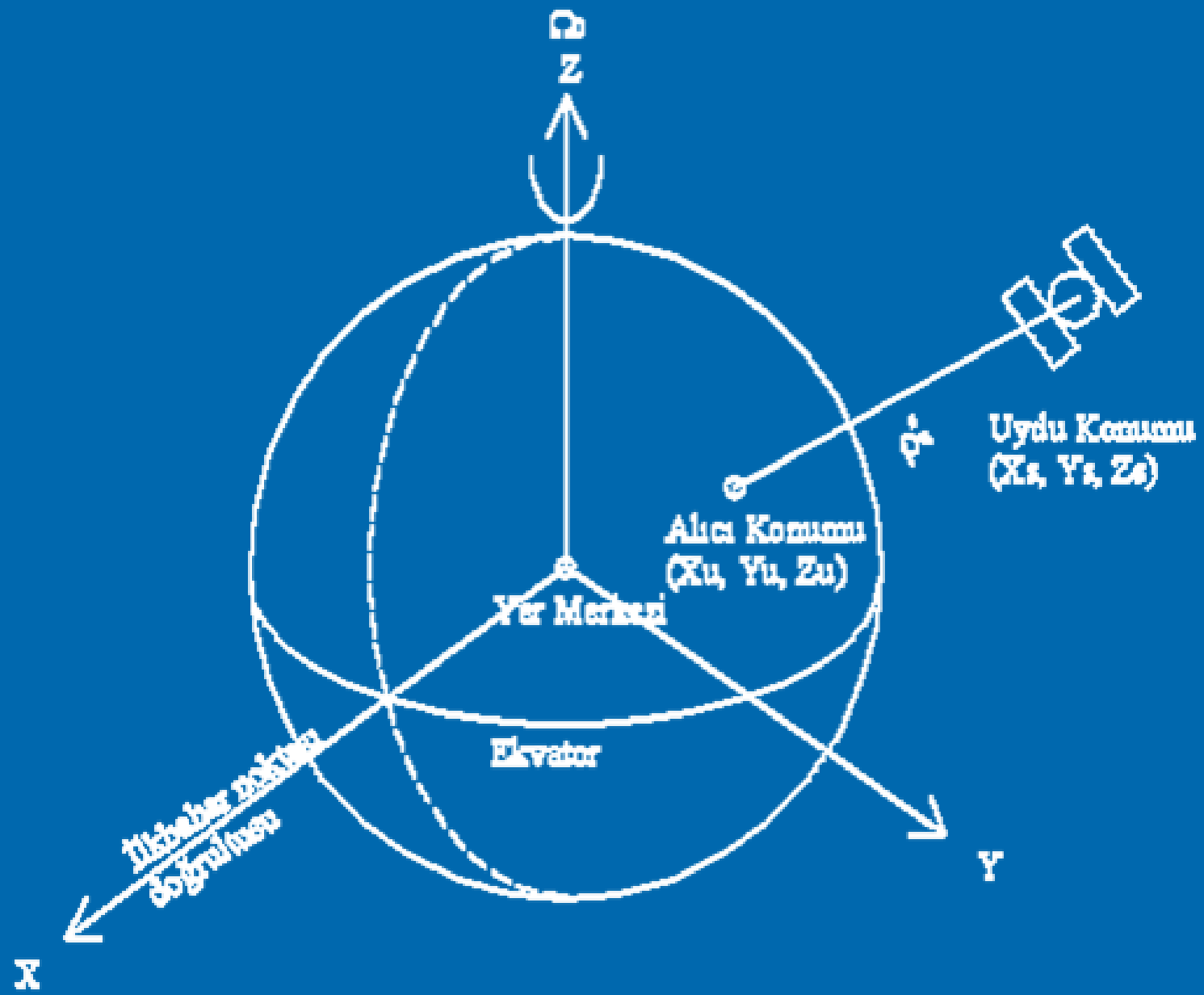
Bileşenin Adı	Frekansı (MHz)	Dalga Boyu (λ)
Temel Frekans	$f_0 = 10,23$	---
L_1 taşıyıcı	$154f_0 = 1575,42$	$\sim 19,0$ cm
L_2 taşıyıcı	$120f_0 = 1227,60$	$\sim 24,4$ cm
P Kod	$f_0 = 10,23$	30 m
C/A Kod	$f_0/10 = 1,023$	300 m
N Kod	$f_0/20 = 0,5115$	---
Navigasyon Mesajı	$f_0/204600 = 50.10^{-6}$	---

GPS' de Kullanılan Koordinat Sistemleri

- Referans sistemleri, Uluslararası Jeodezi Birliği (IAG) ile Uluslararası Astronomi Birliği (IAU)'nin organizasyonunda IERS tarafından yürütülmektedir.
- Her bir uydu jeodezisi tekniği için (VLBI, SLR, LLR, GPS) IERS analiz merkezleri kurulmuştur.
- Bu merkez bürosu sonuçları birleştirip yayınlar. ICRF ve ITRF sistemlerini tanımlar.
- Uydulara dayalı koordinat belirlerken iki temel koordinat sistemi kullanılmaktadır.
 - Uzay sabit koordinat sistemi (inertial)
 - Yer sabit koordinat sistemi

Yer Merkezli İnertial Koordinat Sistemi (ECI)

- GPS tekniğinde kullanılan uydu yörüngelerinin ölçülmesi ve belirlenmesinde ECI koordinat sistemi kullanılmaktadır.
- Bu koordinat sisteminin başlangıç noktası yer merkezidir.
- ECI koordinat sisteminde XY düzlemi yer ekvator düzlemi ile çakışık, Z eksenini kuzey kutbu doğrultusundadır.

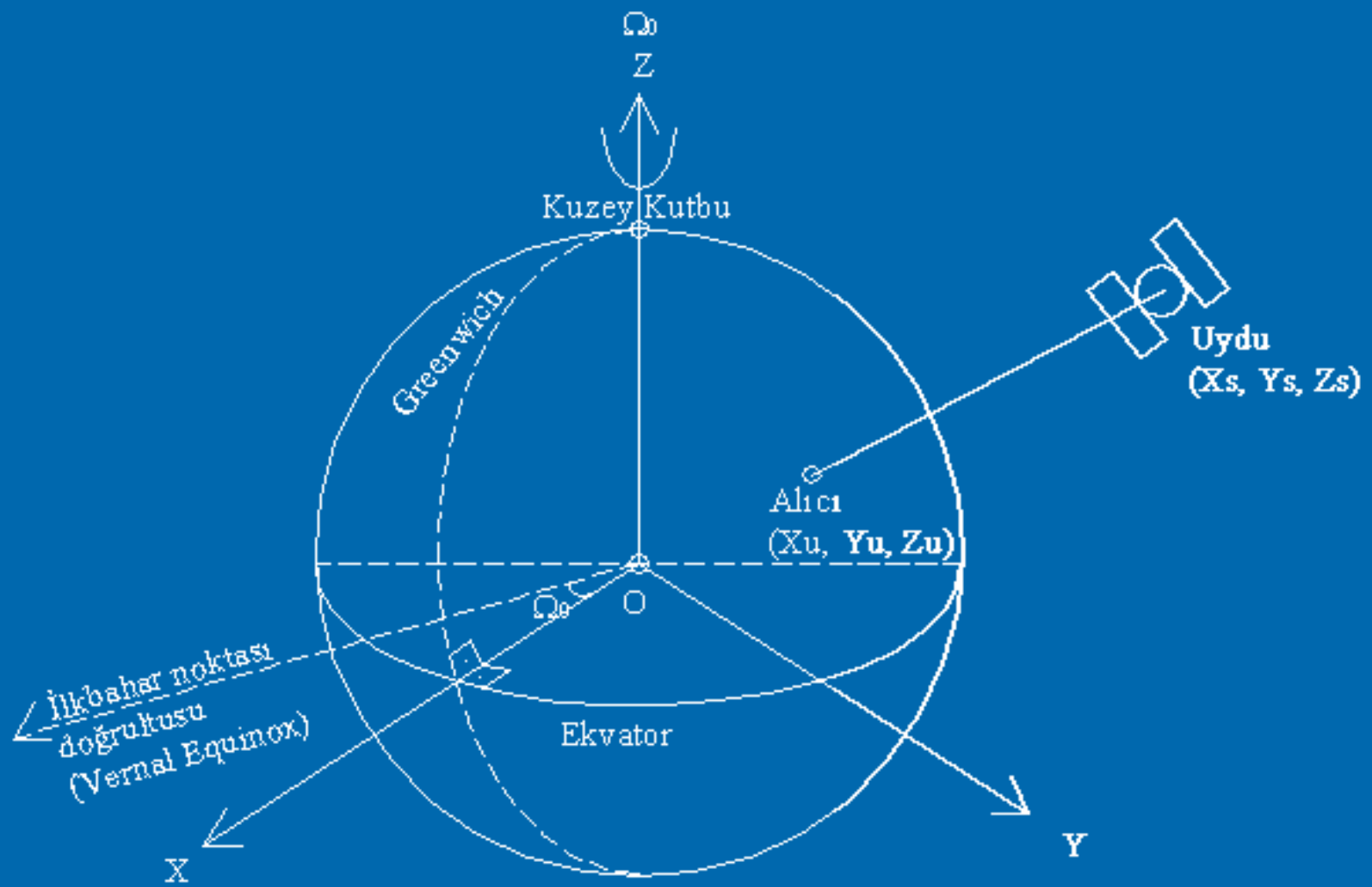


- ECI koordinat sistemini tanımlarken yeryüzünün düzensiz hareketlerinden dolayı birtakım sorunlar ortaya çıkmaktadır.
- Ay ve Güneşin ekvator üzerindeki çekim etkisi nedeniyle ekvator düzlemi gök küreye göre hareket halindedir.
- X eksenini gök küreye, Z eksenini ekvator düzlemine göre tanımlandığından yerin güneş etrafındaki hareketindeki düzensizlikler ECI sisteminin yukarıda tanımlandığı gibi tam anlamıyla inersiyal olmamasına neden olmaktadır.
- **Bu sorunun çözümü için koordinat sistemi eksenlerinin yönlendirilmesi belirli bir an veya epoka göre tanımlanmaktadır.**
- GPS ECI koordinat sistemi 01 Ocak 2000 tarih 12:00 UTC zamanındaki ortalama ekvator ve ekinoks ile çakışık kabul edilmektedir.
- Bu şekilde tanımlanan koordinat sisteminde
- +X eksenini yeryüzü kitle merkezinden ilkbahar noktası doğrultusunda,
- +Y ve +Z eksenleri yukarıda açıklandığı şekildedir.

Yer Merkezli Yer Sabit Koordinat Sistemi (ECEF)

- (ECEF) Koordinat Sisteminde yeryüzünde ölçü yapılan bir noktanın koordinatları yeryüzü ile birlikte dönen bir koordinat sisteminde tanımlanmaktadır.
ECEF koordinat sistemi şöyle tanımlanmaktadır.
- Merkezi yer kütle merkezi ile çakışıkır.
- Z eksenini coğrafi kuzey doğrultusunda ekvator düzlemine diktir.
- X eksenini ortalama Greenwich meridyeni ile çakışık olup, doğrultusu sıfır derece boylamdır.
- Y eksenini 90° doğu boylam doğrultusunda olup sağ el koordinat sistemini oluşturur.

- Bu tanımlara göre X , Y eksenleri yer ile birlikte dönmektedir.
- ECEF, yeryüzünde tesis edilmiş çok sayıdaki yer kontrol noktasında yapılan ölçümler sonucu belirlenmiş Jeosentrik (Yer merkezli) koordinatlar (X , Y , Z) ile tanımlanmıştır.
- Bu sabit noktaların çoğuna SLR ve VLBI aletleri tesis edilmiştir.
- Bu referans sistemine örnek olarak IERS verilebilir. IERS tarafından bu şekilde kurulmuş olan referans sistemine ITRF adı verilmektedir.



ITRF SİSTEMİ

- 1988 yılında IERS tarafından gerçekleştirilmiştir.
- VLBI, SLR, LLR istasyonlarındaki ölçülerin birlikte değerlendirilmesiyle hesaplanmıştır.
- İlk olarak ITRF-88 adını almış ve güncelleştirildikçe ITRF-89, ITRF-90.....ITRF-2000 koordinat sistemi ve istasyonların kartezyen koordinatları ve hız vektörleri hesaplanmıştır.
- ITRF' in güncelleştirmeleri arasındaki dönüşümler dönüşüm parametreleri ve hız vektörleri kullanılarak gerçekleştirilir.
- Eksenleri WGS-84 sistemi gibi yönlendirilir.

WGS 84 Sistemi

- Bu sistem Dünya Jeodezik Sistemi 1984 olarak da tanımlanmaktadır. Sistemin kurucusu ABD savunma dairesi (DoD)'dur.
- GPS uydularından yayınlanan Navigasyon mesajı içersindeki uydu yörünge bilgileri WGS-84 sistemindedir.
- Orijini yerin ağırlık merkezidir
- Z eksenini, 1984 yılının başlangıcındaki kutba yönelik.
- X eksenini 1984 yılının başlangıcı için Greenwich ortalama astronomik meridyeni ile Z eksenine yerin ağırlık merkezinde dik ekvator düzleminin arakesiti
- Y eksenini iki eksene dik ve sağ sistem oluşturacak doğrultuda belirlenmiştir.

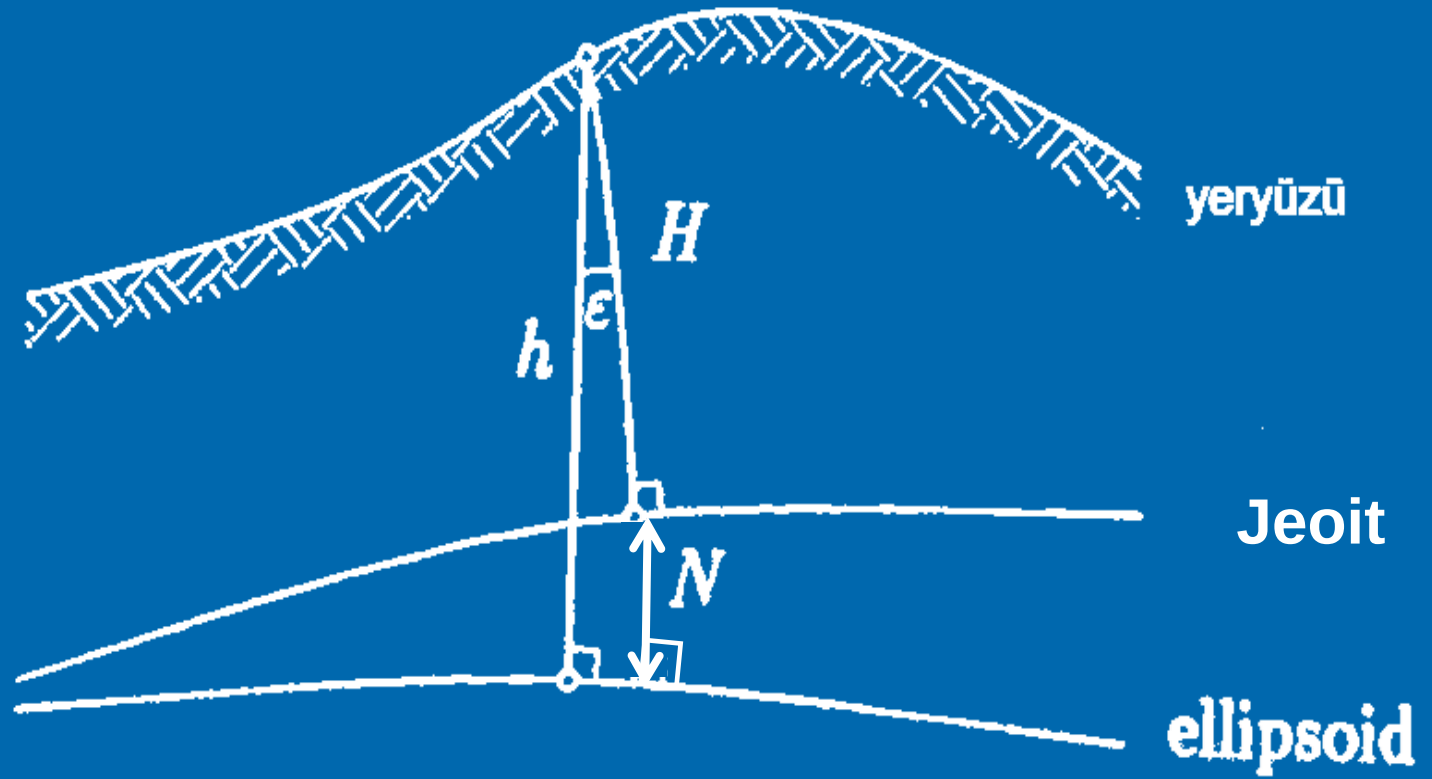
- WGS84 sistemi ülkemizde kullanılmayan bir sistemdir.
- Bu datum için GRS80 elipsoidi temel alınmıştır.
- GRS80 ITRF için de referans elipsoidi olarak seçilmiştir.
- WGS84 ulusal bir datumdur, ancak GPS uydu yörüngeleri bu datumda yayınlandığından, bu sistemin diğer sistemlerle ilişkisi kurulmalıdır.

WGS-84 ile ITRF arasındaki bağıntı

- WGS-84 sistemi ile ITRF sistemi arasındaki ilişkiyi belirlemek ve WGS-84 sisteminin doğruluğunu arttırmak için 24 IGS ve 10 DoD noktasında eşzamanlı GPS ölçüsü yapılmış,
- 8 IGS noktasının ITRF-91 koordinatları sabit alınarak DoD noktalarının koordinatları yeniden hesaplanmıştır.
- Nokta koordinatlarını ortak bir epoka getirmek için NUVEL NNR-1 plaka hareketi modeli kullanılmıştır.
- Daha sonra 11 adet IGS noktasının ITRF-94 koordinatları esas alınarak GPS ölçüleri yapılmış ve WGS-84 ITRF' e yaklaştırılmıştır.
- Bunun sonucu olarak elde edilen referans sistemi WGS-84(G873) olarak adlandırılmıştır.

GPS ve Yükseklik

- Yükseklik için;
- $h = H + N$
- eşitliği kullanılır. Bu eşitlikte,
- h : P noktasının elipsoit yüksekliği
- H : P noktasının ortometrik yüksekliği
- N : P noktasının jeoit yüksekliği



Jeodezik Koordinatlardan (φ, λ, h) ECEF Koordinatlarına (X, Y, Z) Dönüşüm

Jeodezik koordinatlardan ECEF koordinatları aşağıdaki eşitlikten bulunur. h noktanın elipsoit yüksekliği, N meridyen yarıçapıdır.

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} (N + h) \cdot \cos \varphi \cdot \cos \lambda \\ (N + h) \cdot \cos \varphi \cdot \sin \lambda \\ (1 - e^2) \cdot (N + h) \cdot \sin \varphi \end{bmatrix}$$

$$N = \frac{a_0}{\sqrt{1 - e^2 \sin^2 \varphi}}$$

GPS ve ÜLKE SİSTEMİ

GPS' in ülkemizde kullanışlığını artırmak için, GPS ile Ülke Sistemi arasındaki ilişkilerin tanımlanması gerekmektedir.

Her iki sistemin jeodezik altyapısı farklıdır. Sistemler farklı datumlara sahiptir ve farklı koordinat sistemleri ile çalışmaktadır.

GPS ile elde edilen bir koordinat bilgisinin Ülke Sistemi içinde kullanılabilmesi için bazı ilişkilere ihtiyaç vardır.

	Ülke Sistemi	GPS	TUTGA
Datum	ED50	WGS84	ITRF96
Elipsoid	Hayford	WGS84	GRS80
Koordinatlar	2D+H	3D	3D
Projeksiyon	TM, UTM	TM, UTM	TM, UTM

- TUTGA (Türkiye Ulusal Temel GPS Ağı), ülkemizdeki GPS kullanımının altyapısını oluşturmaktadır.
- Ülkedeki koordinat bütünlüğünü sağlamak için GPS ile yapılan gözlemler TUTGA'ya bağlanmalıdır.
- GPS ile yapılan çalışmaların Ülke Sistemi ile olan ilişkisi dönüşüm ile kurulmalıdır.
- (TUTGA); ITRF koordinat sisteminde 1-3 cm doğruluğunda, üç boyutlu koordinatları ve bu koordinatların zamana bağlı değişimleri (hızları) ile uygun yükseklik sisteminde yüksekliği (H) ve jeoid yüksekliği (N) bilinen, nokta aralığı 25-30 km jeodin hızlı değişim gösterdiği bölgelerde 15 km olan, olabildiğince homojen dağılımda 594 noktadan oluşan bir ağıdır.

- Datum, herhangi bir noktanın yatay ve düşey konumunu tanımlamak için başlangıç alınan referans yüzeyidir.
- Datum, Yer'in şeklini ve boyutunu tanımlayan bir referans sistemidir.
- Yatay datum: Koordinatlar için referans alınan başlangıç yüzeyi,
- Düşey datum: Yükseklikler için referans alınan başlangıç yüzeyidir.
- Bir datum; elipsoidi, enlem-boylamı ve fiziksel bir orijini ile tanımlanır.