



Yıldız Teknik Üniversitesi
İnşaat Fakültesi
Harita Mühendisliği Bölümü



ÖLÇME BİLGİSİ 3 (HRT2322)

Doç.Dr. Taylan ÖCALAN

<https://avesis.yildiz.edu.tr/tocalan/>

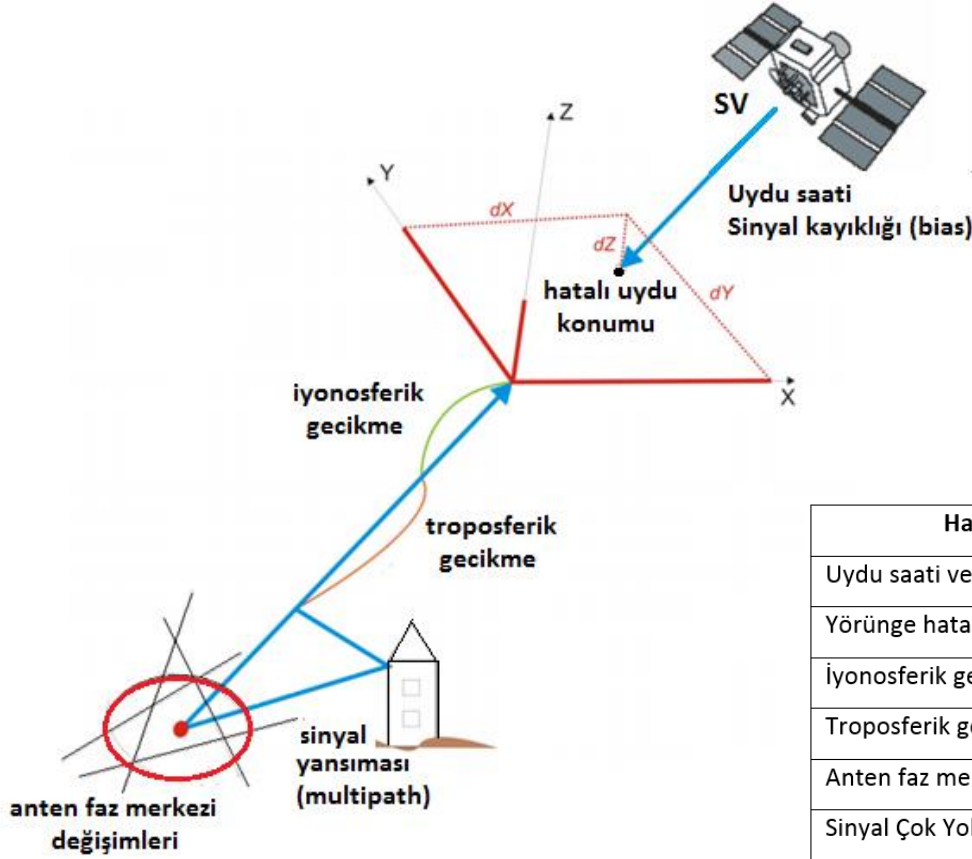
tocalan@yildiz.edu.tr

GPS/GNSS Hata Kaynakları





GPS/GNSS Temel Hata Kaynakları



Hata Bileşeni	Ortalama hata değeri (metre)
Uydu saati ve sinyal kayıklığı	~ 0.3 – 4
Yörünge hataları	~ 0.8
İyonosferik gecikme	~ 7
Troposferik gecikme	~ 0.2
Anten faz merkezi değişimleri	~ 0.01 – 0.02 (yatay) / ~ 0.1 (düşey)
Sinyal Çok Yolluluk	~ 0.1 – 3 C/A kod / ~ 0.05 taşıyıcı faz

GPS/GNSS temel hata kaynakları



GPS/GNSS Hata Kaynakları ve Düzeltme Modelleri

Düzeltme Türü
Uydu Kaynaklı Hatalar
Hassas uydu saat düzeltmeleri
Uydu anteni faz merkezi offset değerleri
Uydu anteni faz merkezi kayıklıkları
Hassas uydu yörüngeleri
Diferansiyel grup gecikmeleri (group delay)
Rölativite (görelilik) koşulu (relativity term)
Uydu anteni faz dönmesi (wind-up) hatası
Alıcı Kaynaklı Hatalar
Alıcı anteni faz merkezi offset değerleri
Alıcı anteni faz merkezi kayıklıkları
Alıcı anteni faz dönmesi (wind-up)
Jeofiziksel Modeller
Katı yeryuvarı gelgiti (Solid Earth Tide)
Okyanus yüklemesi (Ocean Loading)
Kutup gelgiti (Polar Tides)
Plaka tektonik hareketleri (Plate tectonic motion)
Atmosferik Modelleme
Troposferik gecikme
İyonosferik gecikme

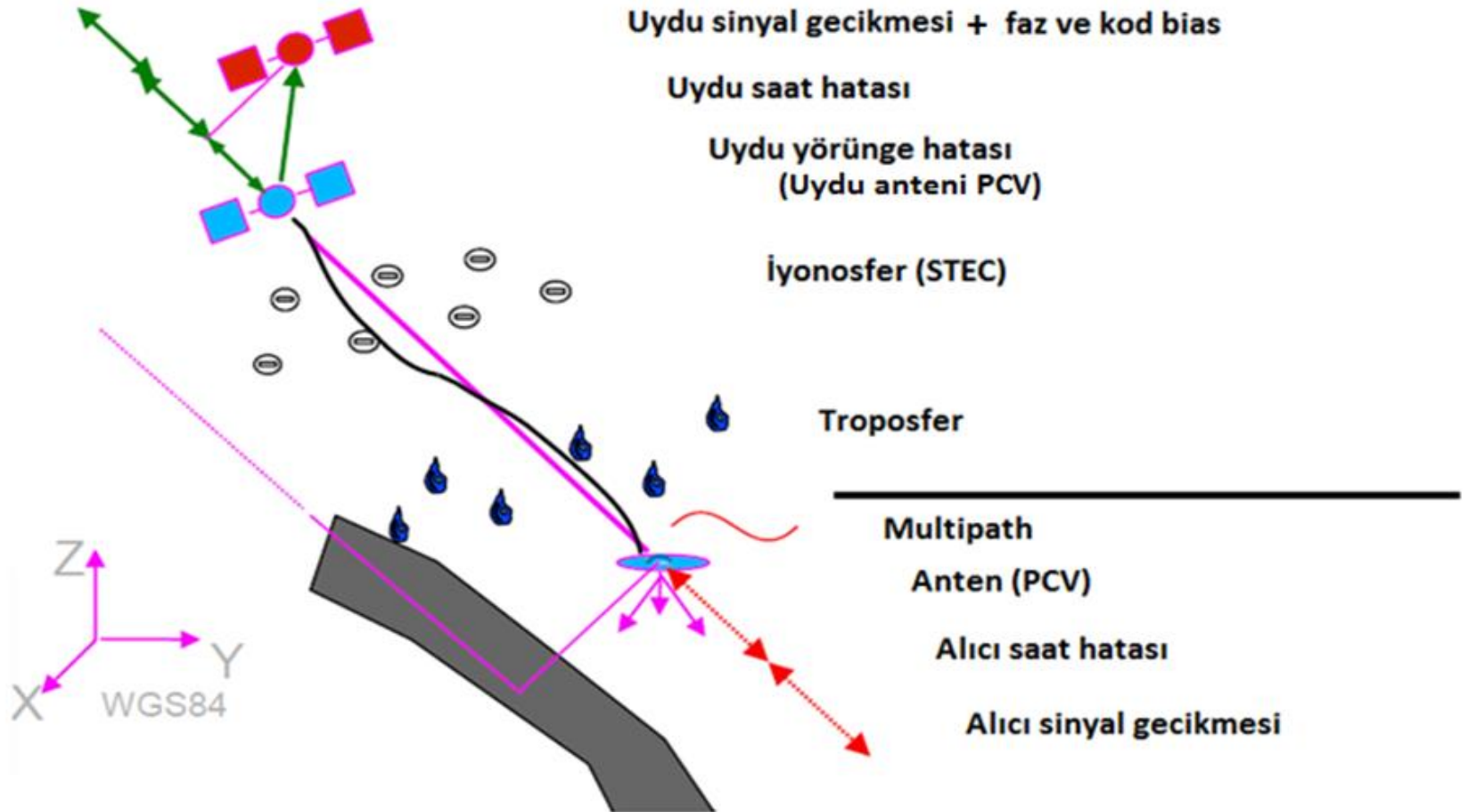
Özel hata kaynakları;

Uydu konumuna bağlı etkiler
uydu anteni faz merkezi kayıklıkları
uydu anteni faz dönmesi

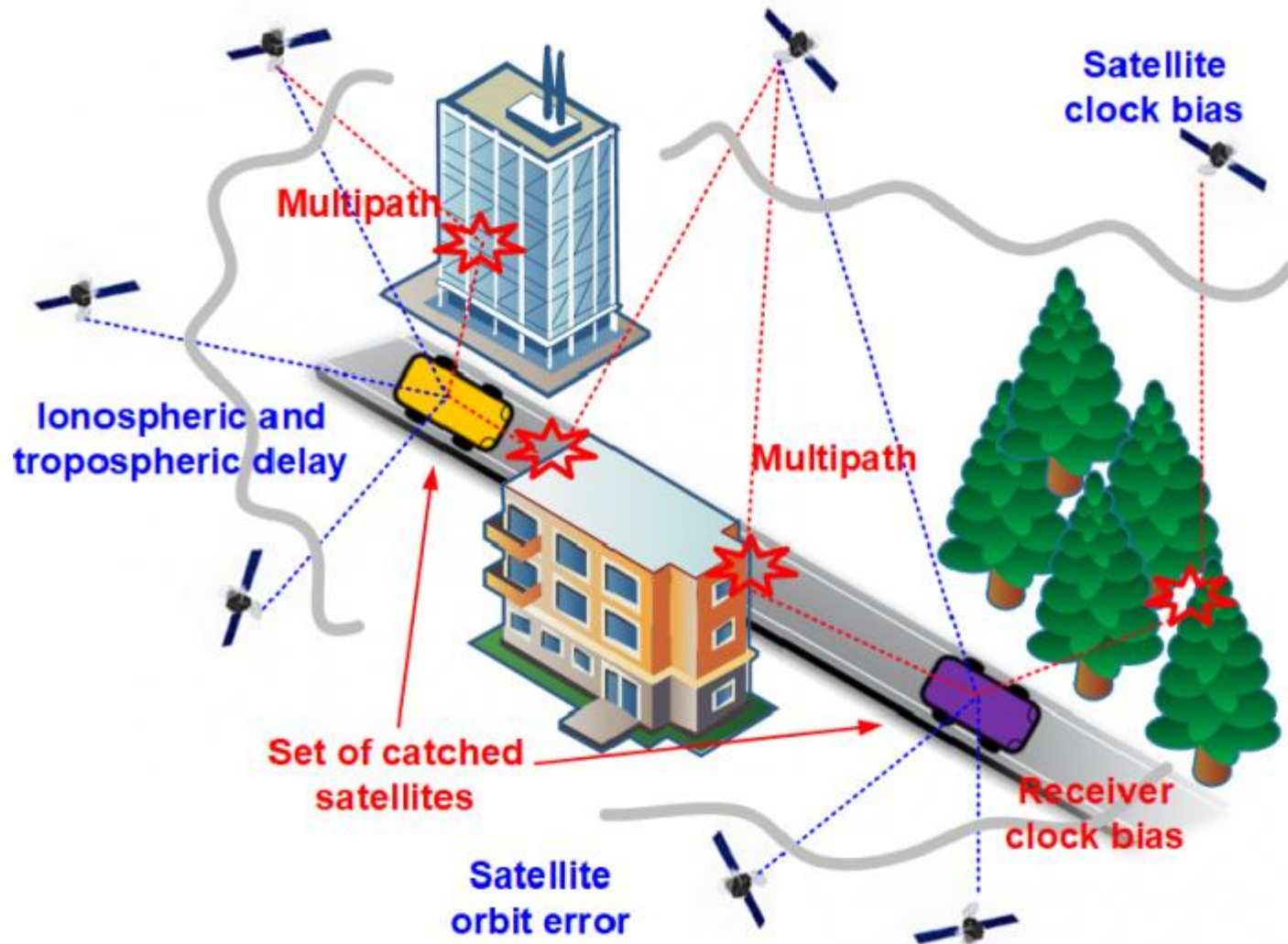
Yer değiştirme etkileri
katı yeryuvarı gelgiti
okyanus yüklemesi
yeryuvarı dönme parametreleri

Rölativistik etkiler (sagnac)

GPS/GNSS Hata Kaynakları



GPS/GNSS Hata Kaynakları



Hata Kaynakları

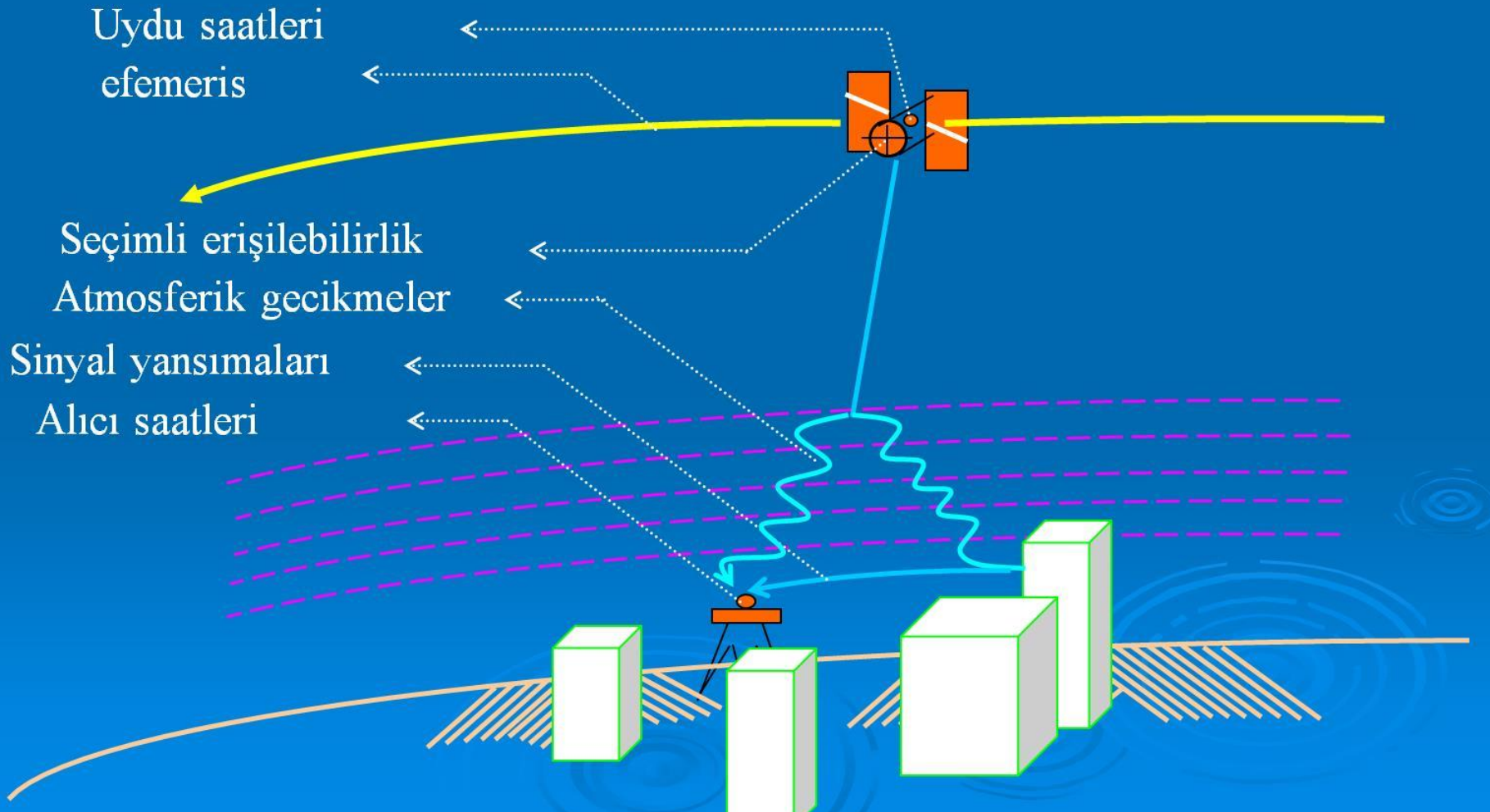
Uzunluk ölçmedeki hatalar

- Uydu efemeris hataları
- Uydu saat hataları
- Atmosferik hatalar
 - İyonosferik etki
 - Troposferik etki
 - Uydu eğim açısı
- Sinyal yansıma (Multipath) etkisi
- Anten faz merkezi hataları
- Taşıyıcı dalga faz belirsizliği (Ambiguity) ve faz kesiklikleri (cycle-slips)
- Seçimli doğruluk erişimi
- Uydu geometrisi

Alıcı hataları:

- Tek veya çift frekanslı alıcılar
- Datum seçimi
- Alıcının kurulumu

GPS Hata Kaynakları

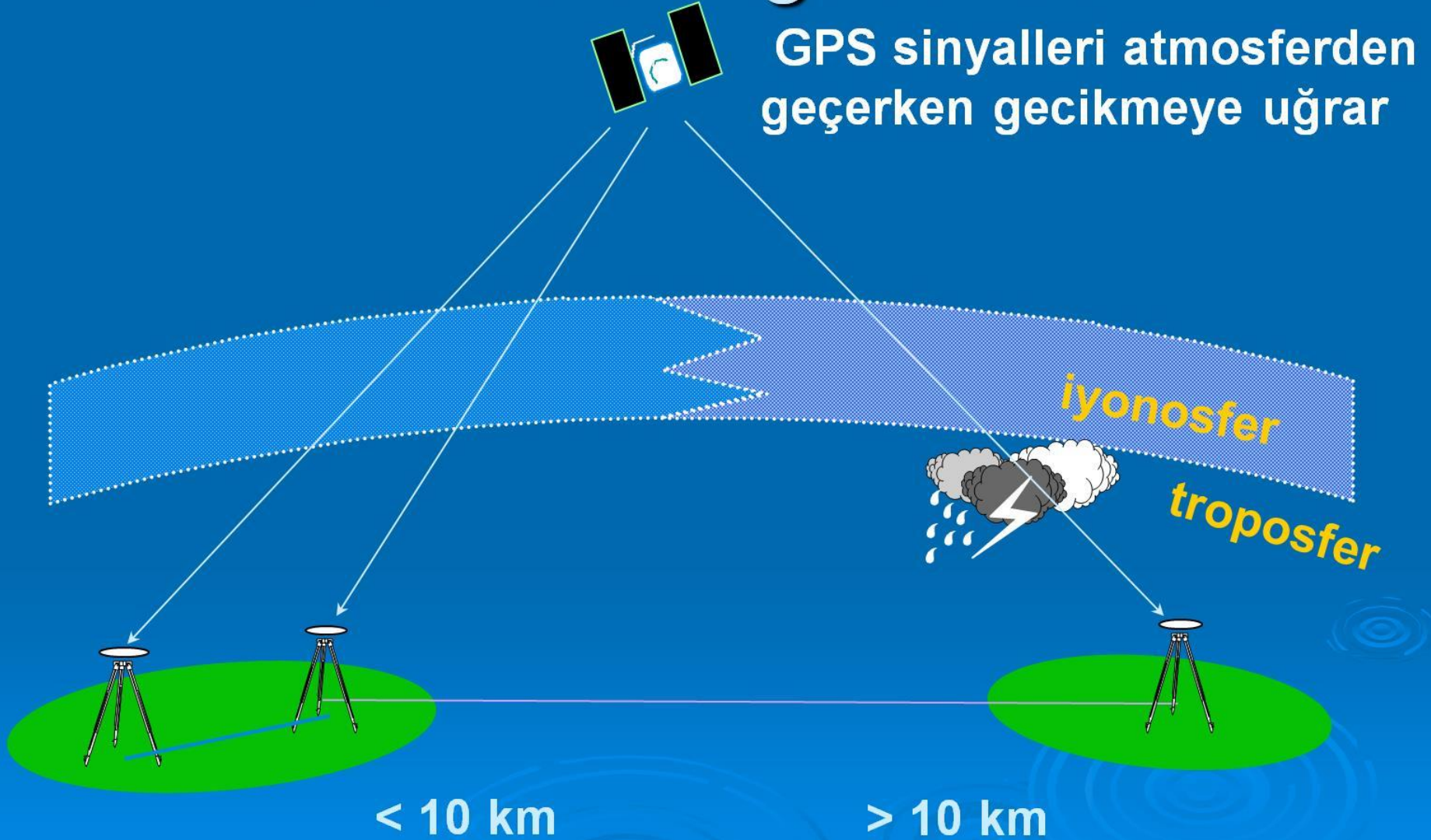


Uydu Efemeris Hataları

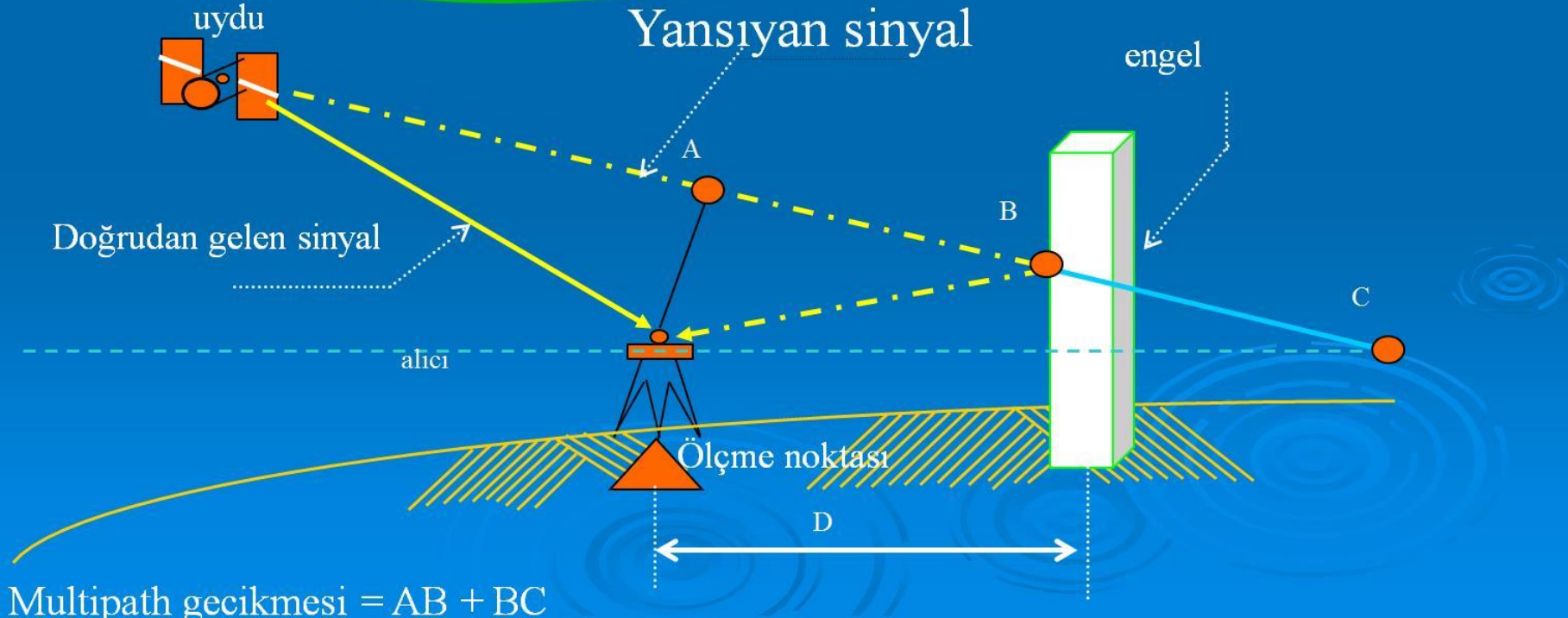
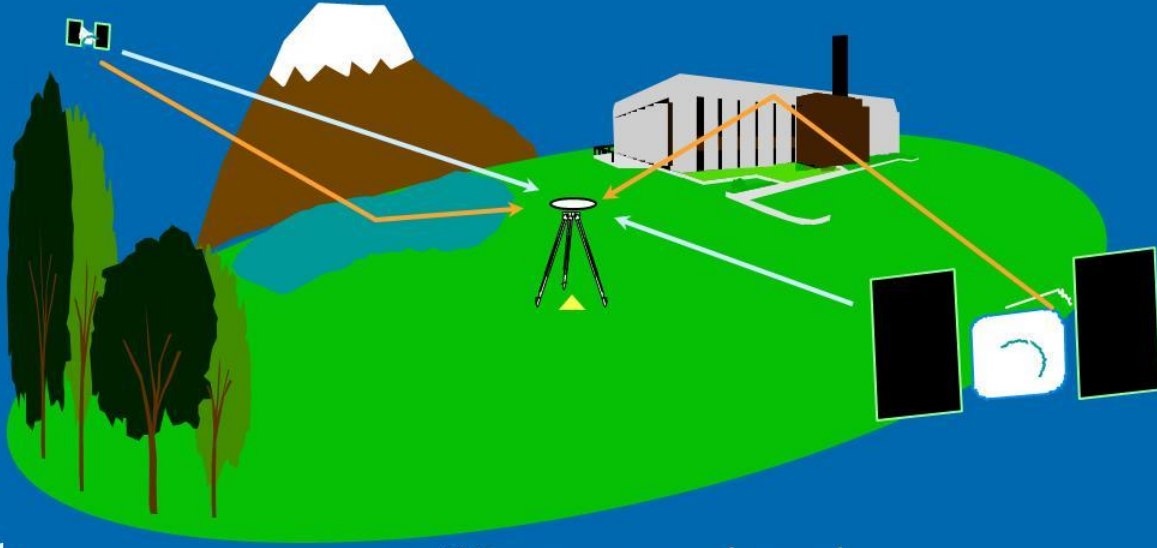
- GPS navigasyon mesajı içerisinde yayınlanan uydu konum bilgilerinin doğruluğunun düşük olduğu veya kasıtlı olarak yanlış yayınlanması durumunda karşılaşılan hataya efemeris hatası denilmektedir.
- Uydu efemeris hatası uydu yörüngelerinin daha duyarlı hesabını gerektirir. Bu da uydulara etki eden hataların çok iyi ölçülmesi ve modellenmesine bağlıdır.
- Birkaç kilometrelik bazlarda efemeris hatasının etkisi çok küçüktür. Baz büyüdükçe bu hatanın büyüklüğü de artmaktadır.

Atmosferik gecikme

GPS sinyalleri atmosferden
geçerken gecikmeye uğrar

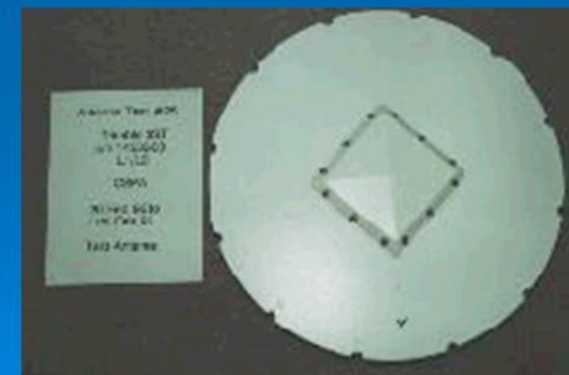
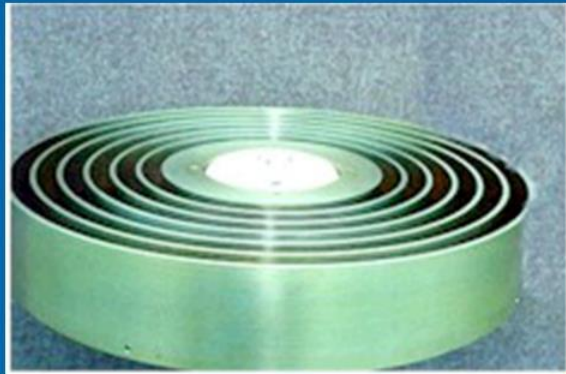


Multipath Hatası



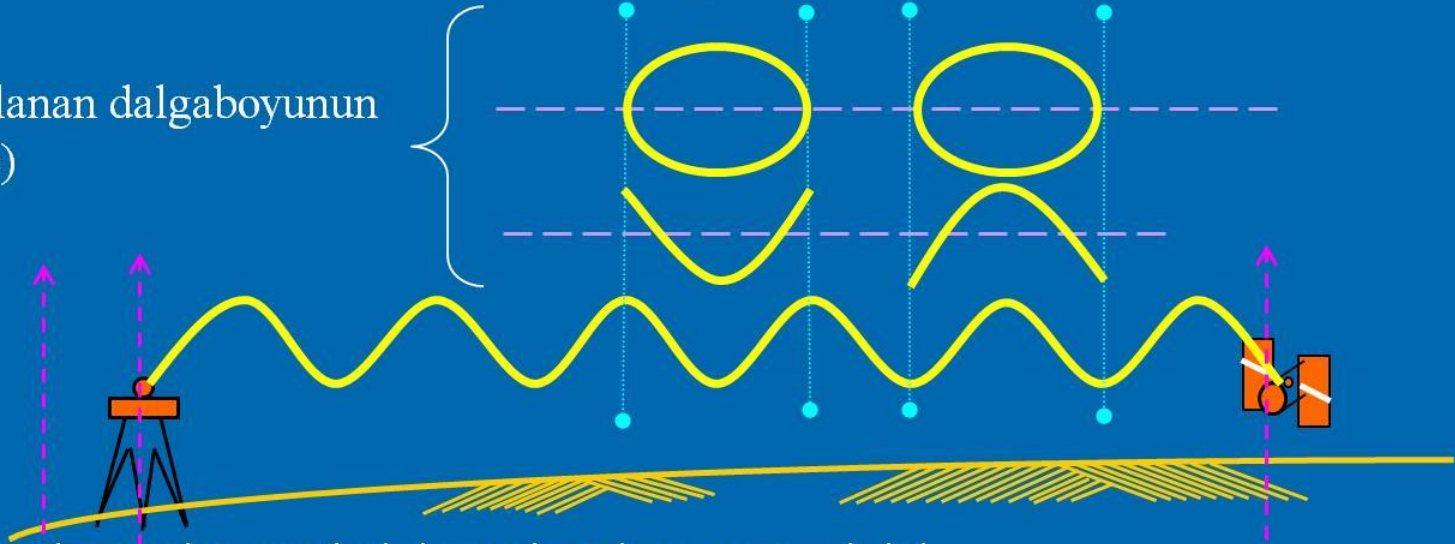
GPS Antenleri (hassas konumlama için)

- Halkalar choke-rings olarak adlandırılır (multipathı engellemek için)

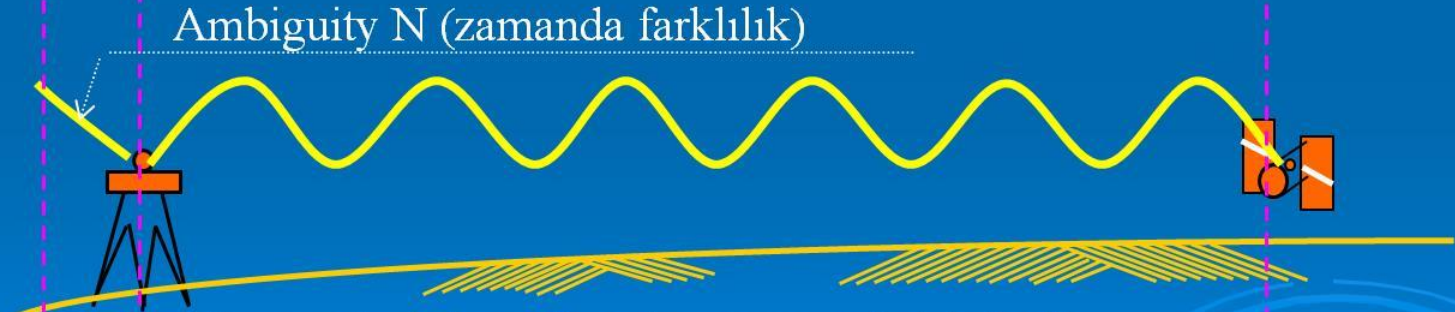


Ambiguity

A- tamamlanan dalgaboyunun şekli (daire)



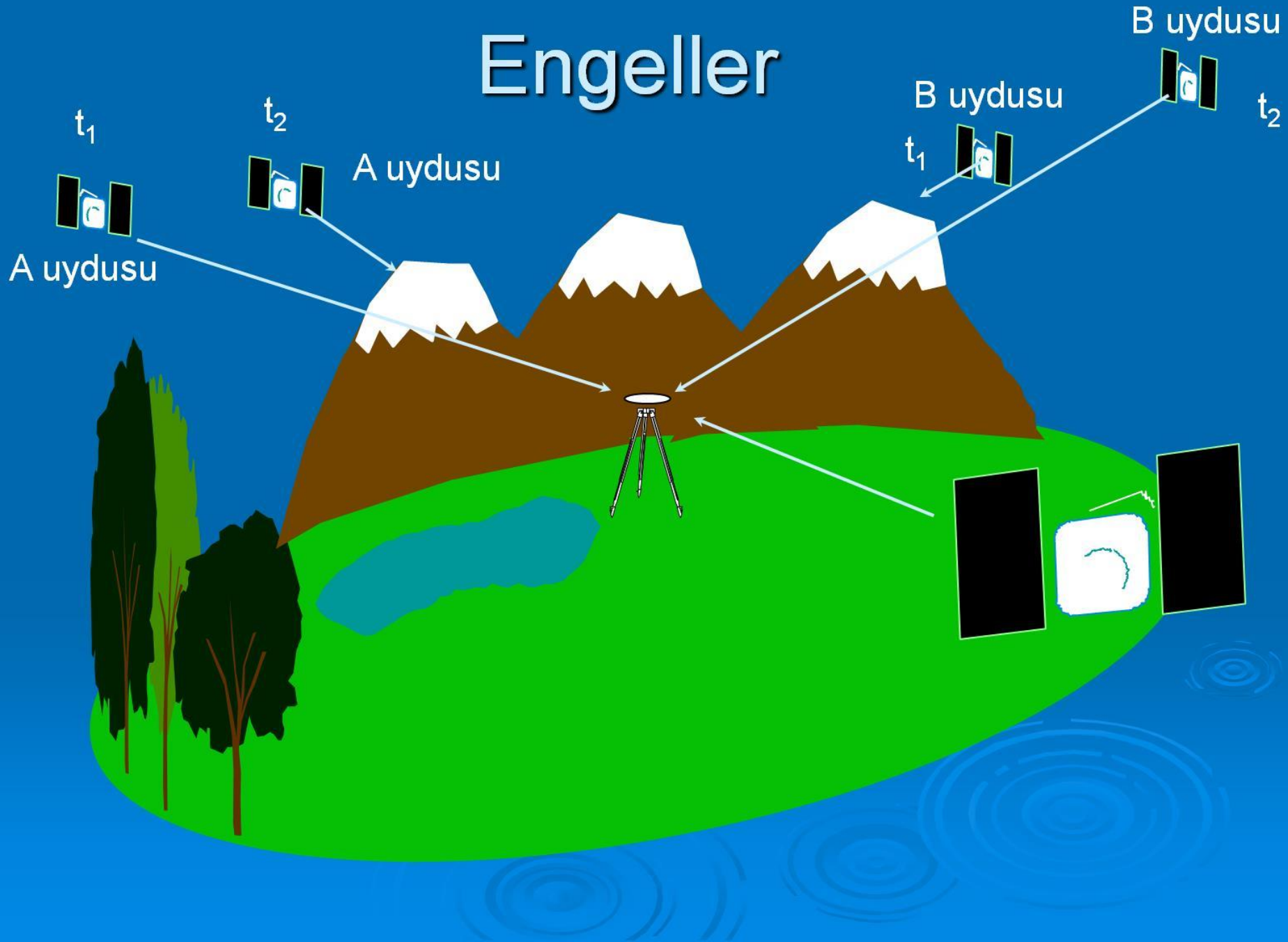
B- uydu ve alıcı saatlerinin senkronizasyonu çok iyi



C- uydu ve alıcı saatlerinin senkronizasyonu çok iyi değil

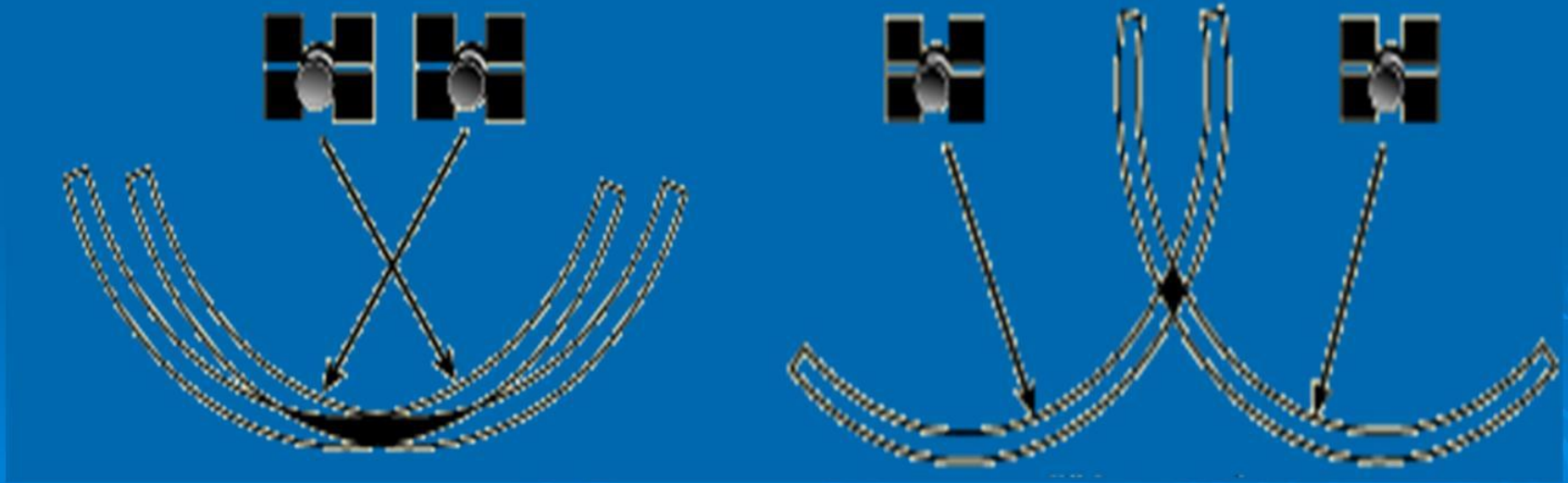


Engeller

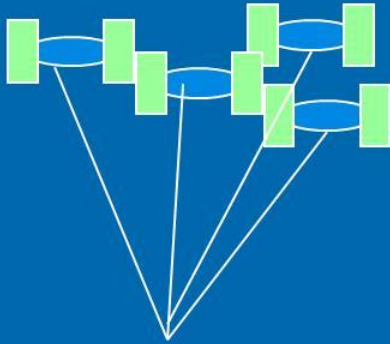


Geometri & GPS Doğruluğu

- Birbirine çok yakın uyar = kötü geometri
- ölçülen Duyarlılığın konum bozukluğu (Position Dilution of Precision) (PDOP):
 - PDOP >6 birçok uygulama için kötü/uygun olmayan geometri
- Alıcının kurulması kilit nokta

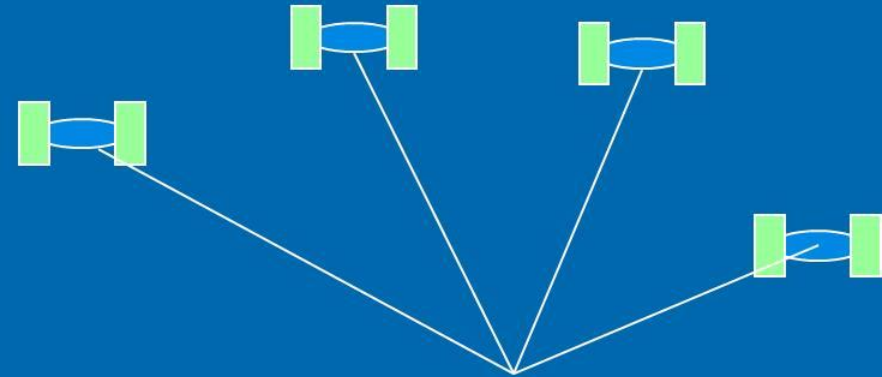


PDOP
HDOP

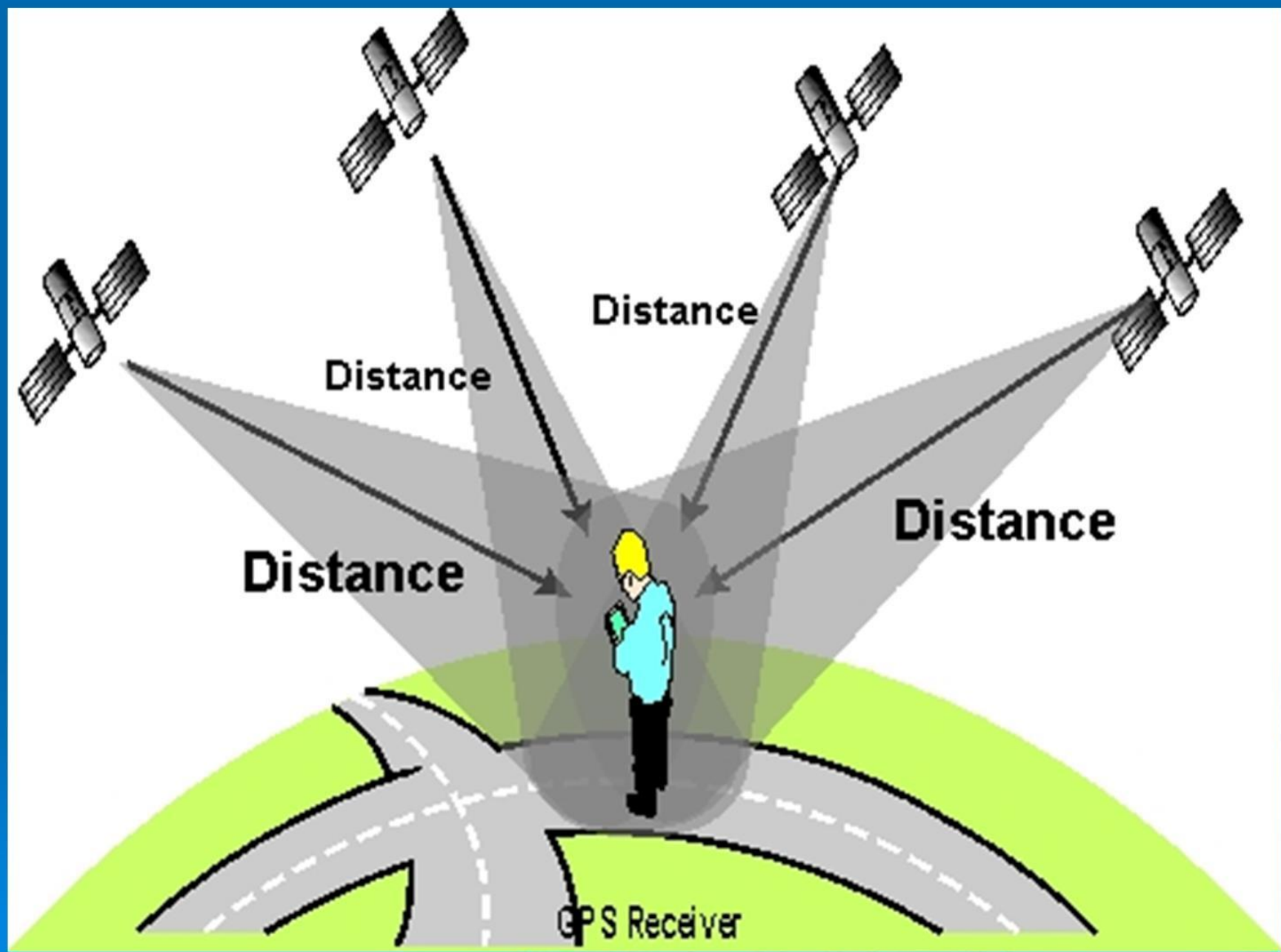


Uydular bir arada Toplanmış
PDOP kötü > 6

Position Dilution of Precision
Horizontal Dilution of Precision



Uydular geniş alana yayılmış
PDOP iyi < 3



GPS ile yapılan Gözlemler ve Kullanılan Matematiksel Modeller

- GPS gözlemleri, alıcı tarafından alınan ile alıcı tarafından üretilen sinyallerin zaman ya da faz farklarından oluşmaktadır.
- Elektronik Uzaklık Ölçme Sistemlerinin (EDM) aksine, GPS' de tek taraflı uzaklık ölçme söz konusudur.

GPS ile iki temel büyüklük gözlenmektedir.

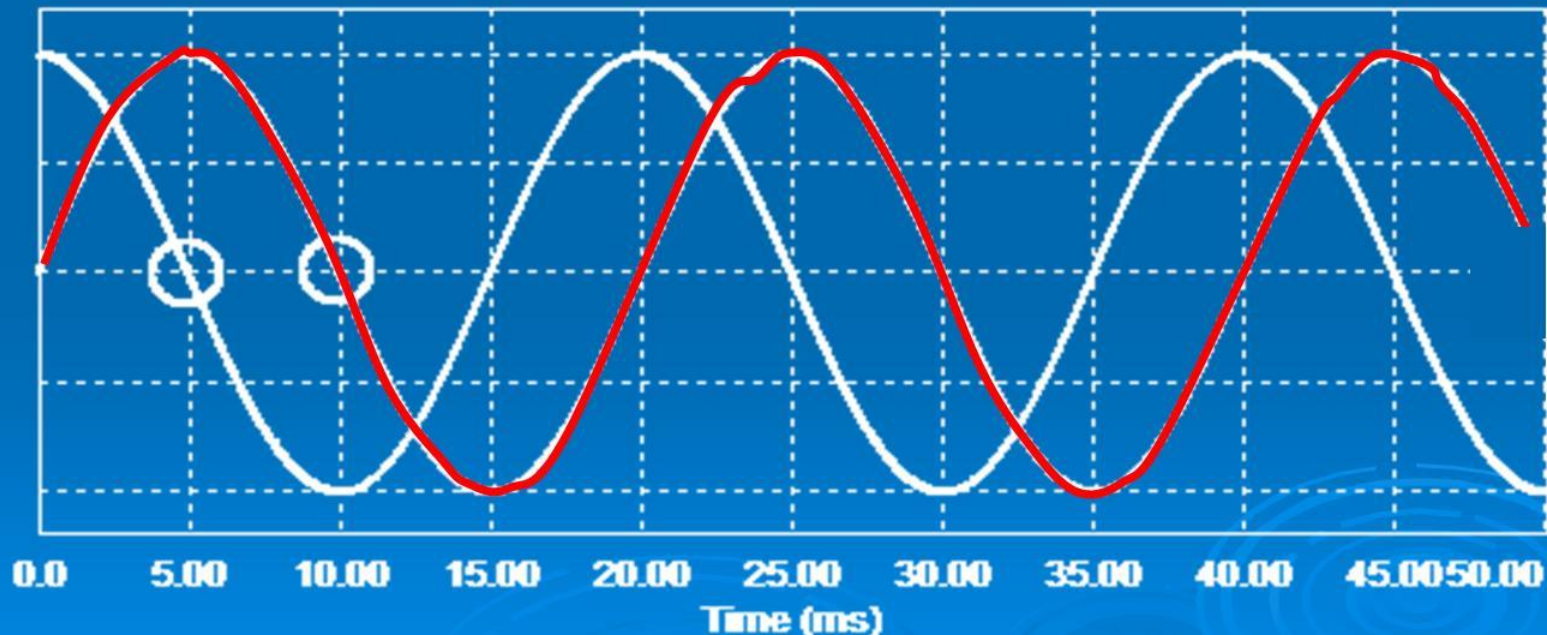
- Kod Gözlemleri
- Faz Gözlemleri (L_1 , L_2)
- Yüksek doğruluk gerektiren uygulamalarda ve bilimsel çalışmalarda faz gözlemleri, navigasyon amaçlı uygulamalarda ise kod gözlemleri kullanılmaktadır.
- Jeodezik amaçlı GPS ölçülerinde doğrudan faz gözlemleri kullanmak yerine bunlardan yararlanarak elde edilen lineer kombinasyonlar ve fark gözlemleri kullanılmaktadır.

Kod Gözlemleri

- Uydu ile alıcı arasındaki uzaklık, uydudan yayınlanan sinyalin uydudan çıkış anı ile alıcıya ulaştığı ana kadar geçen zamanın (ΔT) ışık hızı ile çarpılmasıyla elde edilen ham uzunluktur.
- Sinyalin uydudan alıcıya ulaşana kadar geçen zaman, alıcı ve uydu tarafından üretilen PRN kodlarının karşılaştırılması ile elde edilmektedir.
- Uydu ile alıcı saatlerindeki hatalardan dolayı elde edilen uzunluk gerçek geometrik uzunluktan farklıdır.
- Saat hatalarının neden olduğu sapmalar nedeniyle elde edilen uzaklığa ham uzunluk (pseudorange) denir.

Faz Gözlemleri

- Faz, herhangi bir dalganın herhangi bir referansa göre durumuna verilen addır. Referans değiştirildikçe faz değeri de değişmektedir.



Faz Gözlemleri

- Faz gözlemleri GPS ölçmelerinde en çok kullanılan gözlemlerdir.
- Taşıyıcı dalganın C/A ve P kodları yerine modüle edilmemiş L_1 ve L_2 sinyalleri ile yapılmaktadır.
- Uydudan yayınlanan fazın benzeri alıcı içerisinde de üretilmekte ve bunlar arasında korelasyon sağlanmaktadır.
- Başka bir deyişle t_s zamanında uydudan yayınlanan sinyalin L_1 ve L_2 taşıyıcı fazı ile t_R zamanında alıcı tarafından üretilen sinyalinin fazı arasındaki fark olarak tanımlanmaktadır.

Faz Farkı Modelleri

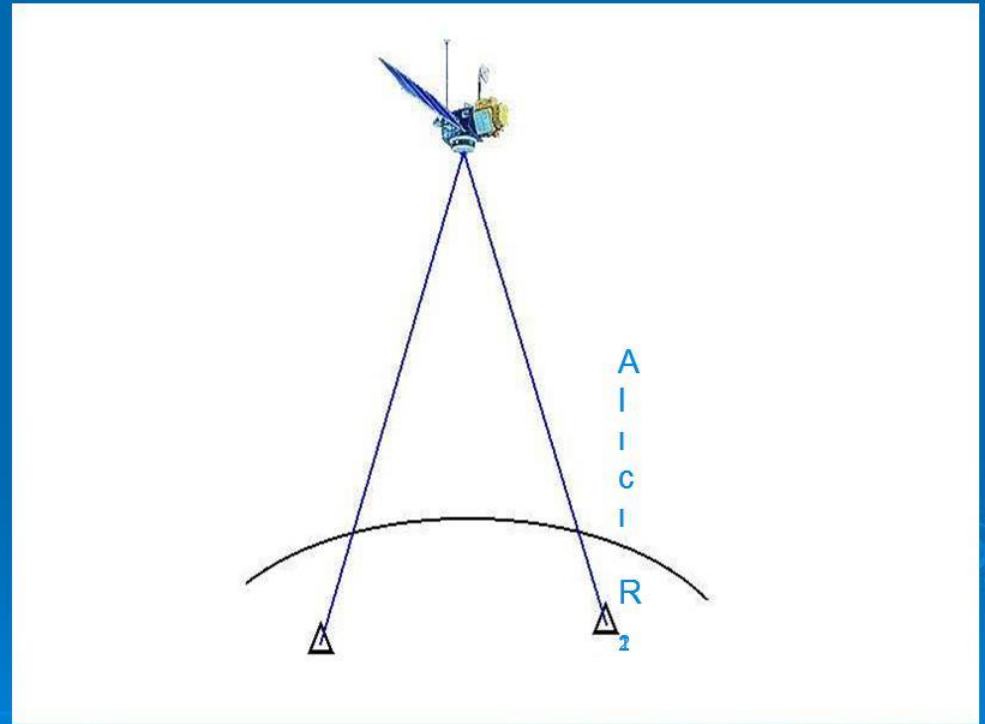
Kod ve faz gözlemlerinden yararlanarak oluşturulan farklarla alıcı saat hataları, uydu saat hataları ve faz başlangıç belirsizliği gibi birçok ortak hata giderilebilmektedir. GPS gözlemlerinde fark kombinasyonları farklı şekilde yapılmaktadır. Fark gözlemleri genellikle

- Alıcılar arasında
- Uydular arasında
- Ölçü epokları arasında veya
- L_1 ve L_2 frekansları arasında yapılmaktadır

Tekli Farklar

$$\Delta\phi_{R2R1}^{SV1}(t) = \phi_{R2}^{SV1}(t) - \phi_{R1}^{SV1}(t)$$

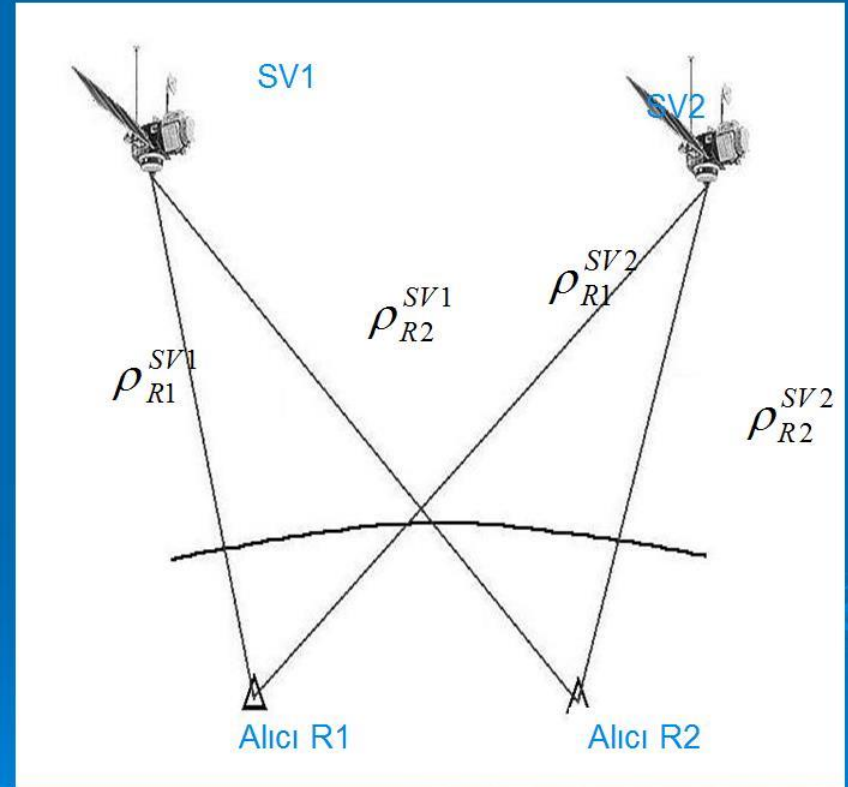
- İki farklı alıcı noktasında aynı uyduya eş zamanlı olarak yapılan faz gözlemleri arasındaki farklar anlaşılır. Bu yöntemle temel olarak uydu saat hataları giderilmektedir. Tekli fark, uydular arasında aynı bir alıcı için oluşturulursa bu durumda alıcı saati hataları giderilmiş olur.



İkili Farklar

$$\Delta\Delta_{R1R2}^{SV1SV2}(t) = \Delta_{R1R2}^{SV1}(t) - \Delta_{R1R2}^{SV2}(t)$$

- İki tekli farkın farkı olarak tanımlanabilir. Başka bir anlamda, aynı epokta iki farklı uydu için oluşturulan tekli farklar arasındaki farktır. Bu yöntemle uydu ve alıcı saat hatalarının her ikisi birden giderilmektedir. Genel olarak bu eşitlik GPS ölçülerini değerlendirme yazılımlarında temel gözlem eşitliği olarak kullanılmaktadır. Ayrıca bu yöntemle kısa baz uzunluklarında troposferik ve iyonosferik etkiler de giderilmektedir.



Üçlü Farklar

$$\Delta\Delta\Delta_{R1R1}^{SV1SV2}(t_i, t_{i+1}) = \Delta\Delta_{R1R1}^{SV1SV2}(t_{i+1}) - \Delta\Delta_{R1R1}^{SV1SV2}(t_i)$$

- Üçlü fark, iki farklı epokta oluşturulan iki ikili fark arasındaki fark olarak tanımlanmaktadır. Üçlü fark gözlemleri için genel eşitlik aşağıdaki şekilde verilmektedir. Üçlü fark gözlemlerinin oluşturulmasının temel amacı taşıyıcı faz belirsizliğinin (ambiguity) giderilmesidir.

