

Global Konumlama Sistemi-II

Prof. Dr. Bahadır AKTUĐ

GPS Hata Kaynakları

GPS ile konumlamada duyarlılığı belirleyen çeşitli faktörler olup, GPS Hata Kaynakları olarak aşağıdaki şekilde gruplandırılabilir:

- Seçimli Doğruluk Erişimi (Selective Availability (SA))
- Alıcı saat hataları
- Alıcı gürültüsü
- Uydu Saat Hataları
- Yörünge Hataları
- İyonosferik Hatalar
- Troposferik Hatalar
- Çoklu-yansıma (Multipath)

Seçimli Doğruluk Erişimi

- Seçimli Doğruluk Erişimi (Selective Availability), Mayıs 2000'de kaldırılmakla birlikte diğer hata kaynaklarının etkisini vurgulamak için yararlıdır.
- Bu uygulama, US Savunma Bakanlığı tarafından sivil kullanımdaki konum duyarlılığını düşürmek amacıyla geliştirilmiş olup; yayınlanan bilgilerin doğruluğunu bilerek düşürmektedir.
- Sonucunda; Uydu Saat Bilgilerini , Uydu Yörünge Bilgisini bozmaktadır.
- SA uygulaması ile Uydu alıcı mesafesi ölçme duyarlılığı ~40 m ye düşürülerek konum doğruluğu %95 ihtimalle 100m olarak şekilde ayarlanmak istenmiştir.
- Günümüzde SA uygulaması kaldırılmıştır.

Alıcı Saat Hatası ve Gürültüsü

- Alıcı saat hataları en belirgin hata kaynağı olmakla birlikte, minimum sayıdan fazla uyduya gözlem yaparak giderilebilmektedir.
- Daha fazla sayıda uyduya ölçü yapılarak uydu saat hatası bir bilinmeyen olarak çözülür.
- Üç boyutta konumlamada temel bilinmeyen sayısı üçtür (üç koordinat bileşeni). Daha fazla sayıda uydu (en az 4) alıcı saat hatasını da bir bilinmeyen olarak elde edebilmek için gereklidir. Bu nedenle, GPS ile nokta konumlamada gerekli minimum uydu sayısı dört olur.

Alıcı Saat Hatası ve Gürültüsü

- Alıcı gürültüsü, alıcı elektroniği (termal gürültü vs.) ile ilgili bir hata kaynağı olup, anlık konumlamada giderilemez. Ancak donanımın geliştirilmesi ya da uzun süre ölçü yapılarak, hatasının etkisinin küçültülmesi mümkündür.
- Alıcı saat hataları ile ilgili diğer bir seçenek ise elbette yüksek duyarlıklı atomik saatlerin kullanılması olmakla birlikte bu durum alıcı maliyetlerini milyon \$ seviyesine çıkaracaktır.
- Diğer yandan alıcı saat hatalarının yüksek duyarlıklı (<100 Nanosaniye) hesaplanabilmesi, GPS'in zaman sunucularda da kullanılması olanağı yaratmıştır. Bu şekilde uydulardaki atomik saatlerle yüksek duyarlıkta senkronizasyon yapılabilmektedir.

Uydu Saat Hataları

- Uydularda hidrojen maser, cesium ve rubidium atomik saatler bulunmaktadır. Her bir uyduda dört adet bulunduğu değerlendirildiğinde uydulardaki saat hataları (10^{-12} - 10^{-15}) mertebesinde olup, son derece düşüktür.
- Navigasyon mesajında uydu saat hatalarının giderilmesi amacıyla 2. derecen polinom şeklinde uydu saat hata parametreleri yayınlanmaktadır.
- Yüksek duyarlık isteyen çalışmalarda uydu saat hataları ayrıca hesaplanarak yayınlanmaktadır.
- Sonuç olarak uydu saat hatalarının nokta konumlamadaki etkisi ihmal edilebilir düzeye getirilebilmektedir.

Uydu Yörünge Hataları

- Uydu yörüngeleri kontrol merkezinde hesaplanarak yükleme (upload) istasyonlarından uydulara yüklenmekte ve navigasyon mesajı olarak kullanıcılara diğer ölçülerle birlikte ulaştırılmaktadır.
- Standart bir navigasyon mesajında uydu yörüngeleri Kepler elemanları ve bunların zamana bağlı değişimleri olarak 2 saatlik dilimler halinde yayınlanmaktadır.
- Nokta konumlamada uydu yörünge hataları (uydu koordinat hataları) doğrudan nokta konumu üzerinde etkili iken, görelî konumlamada bu etki baz uzunluğunun bir fonksiyonudur.
- Navigasyon mesajındaki uydu koordinatlarının doğruluğu günümüzde 1-2 m'ye inmiştir.

İyonosferik Hatalar

- İyonosfer yeryüzünden yaklaşık 50-1000 km arasında yer alan ve güneş radyasyonu sonucunda iyonize olmuş atomları barındıran katmandır.
- GPS sinyallerine etkisi, uydu dan gelen sinyallerin alıcıya ulaşmadan önce geciktirilmesi ile gerçekleşir. Bu şekilde Uydu-Alıcı mesafesi olması gerekenden daha fazla ölçüleceğinden doğrudan konum duyarlığını etkiler.
- İyonosferik değişim son derece hızlı olduğundan, sinyaller üzerindeki etkisinin modellenmesi çok zordur.
- Etkisi, birkaç metreden onlarca metreye kadar değişebilir. Gündüz iyonosfer etkisi daha fazla iken, geceleri daha azdır.

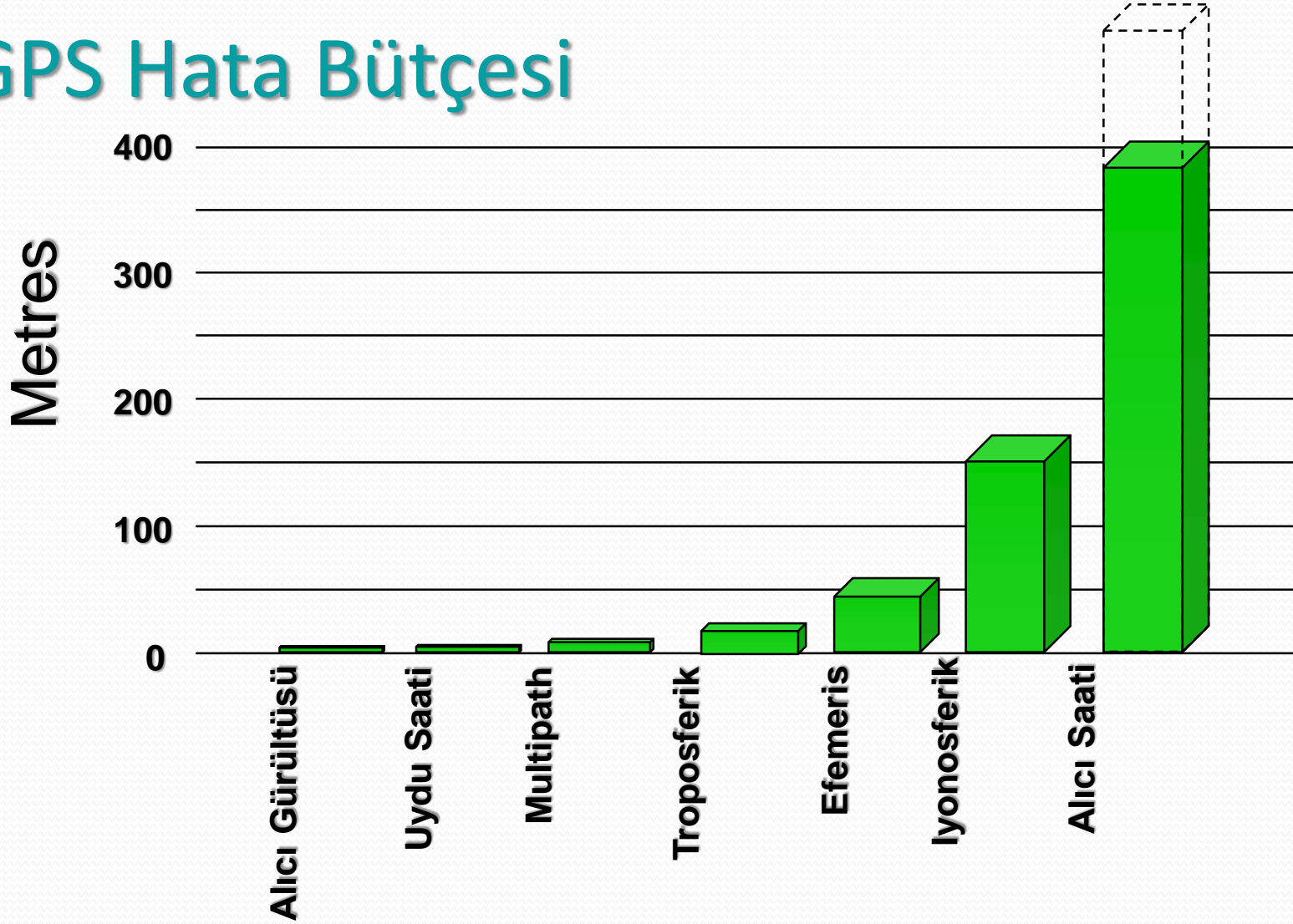
Troposferik Hatalar

- Troposfer, nötür atmosfer katmanı olarak düşünülebilir. Yeryüzünden yaklaşık 0-20 km ler arasında yer almakta olup, tüm hava olaylarının (yağış, sıcaklık vs.) meydana geldiği katmandır.
- Havadaki tüm su buharının neredeyse tamamı troposferdedir. Bu nedenle, troposferin elektromanyetik sinyallere etkisi, kuru ve ıslak bileşenler olarak ayrı ayrı incelenir.
- Kuru bileşenin GPS sinyallerine etkisi basınç, sıcaklık ve yaklaşık enlemin bir fonksiyonu olarak modellenenebilirken, ıslak bileşen çok daha değişken bir etki gösterir.

Yansima

- Uydudan gelen sinyallerin alıcıya en kısa olacak şekilde gelmesi beklenir.
- Yansıtıcı yüzeyler (göl, bina, direk vs.) nedeniyle sinyal alıcıya ulaşmadan önce yansırsa yansima (multipath) oluşur.
- Yansima doğrudan uydu – alıcı mesafesinin değiştirdiğinden konumlamada etkisi büyük olabilir.
- Yansima etkisini en aza indirmek için, GPS ölçüsü yapılan noktanın çevresinde engel olmayacak şekilde seçilmesi, yansima etkisini azaltan özel antenlerin kullanılması gereklidir.
- Kod ölçülerindeki etkisi metrelerce olabilirken, faz ölçülerinde dalga boyunun $\frac{1}{4}$ 'ünü geçemez.

GPS Hata Bütçesi



Geometrik Etkenler

- Herhangi bir andaki nokta konum doğruluğu uydu – alıcı mesafesinin ölçüm doğruluğu ile uydu-alıcı geometrisine bağlı olarak ifade edilebilir.
- Uydu alıcı geometrisini ifade etmek için Dilution of Precision (DOP) ölçütleri kullanılmakta ve anlık konumlama sırasında kullanıcı tarafından da görülebilmektedir.
- Yüksek DOP (>4), o anki uydu geometrisinin yeterli derecede konum duyarlılığı sağlayamayacağı anlamına gelir.
- Nokta konum doğruluğu kısaca;
DOP*mesafe ölçüm duyarlılığı
şeklinde hesaplanabilir.

Geometrik Etkenler

Konumlamada sadece uydu geometrisinden kaynaklanan hataları ifade eder

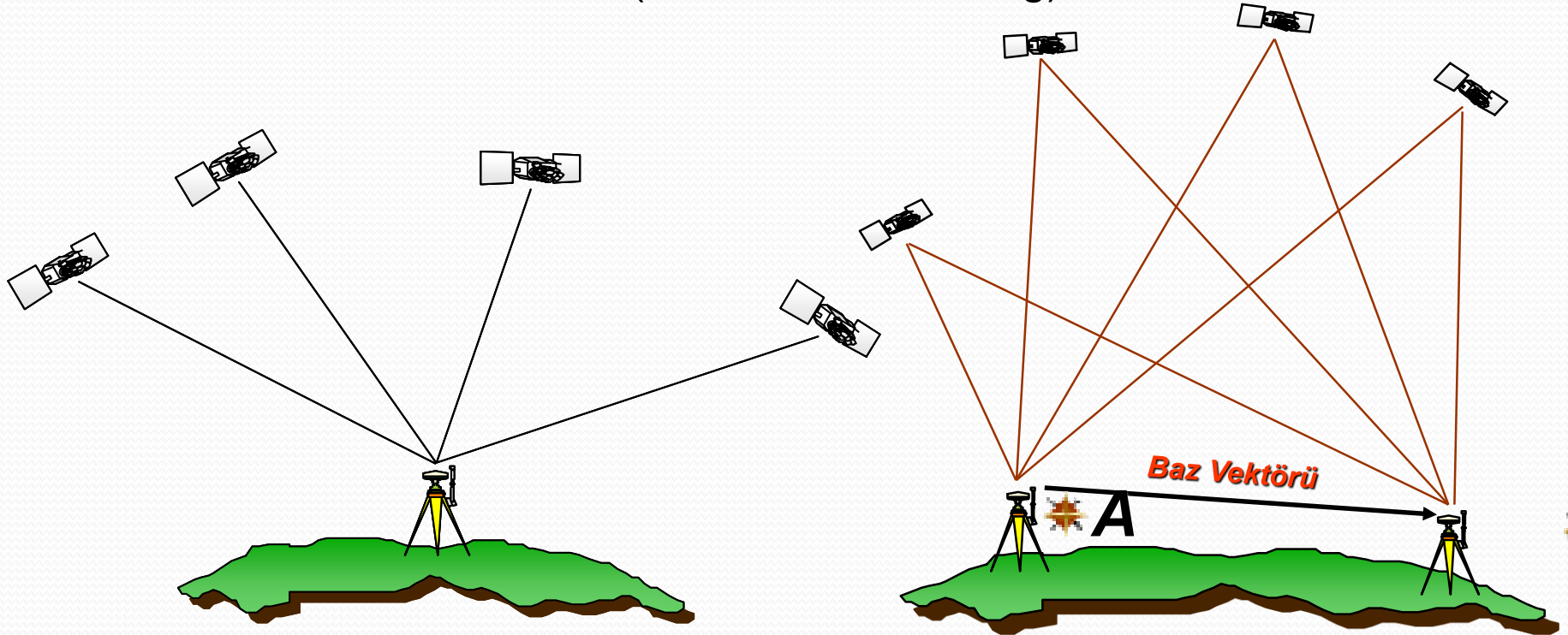
Ölçü anında izlenen uyduların geometrik gücünün göstergesidir

- **GDOP** (Geometric Dilution of Precision)
 - ◆ Enlem, Boylam, Yükseklik & Zamanı kapsar
- **PDOP** (Position Dilution of Precision)
 - ◆ Enlem, Boylam & Yüksekliği kapsar
- **HDOP** (Horizontal Dilution of Precision)
 - ◆ Enlem & Boylamı kapsar
- **VDOP** (Vertical Dilution of Precision)
 - ◆ Sadece Yüksekliği kapsar
- **TDOP** (Time Dilution of Precision)
 - ◆ Sadece Zamanı kapsar

Konumlama Yöntemleri

GPS İle Konum Belirleme Yöntemleri iki grupta incelenir:

- Nokta Konumlama (Point Positioning)
- Göreli Konumlama (Relative Positioning)



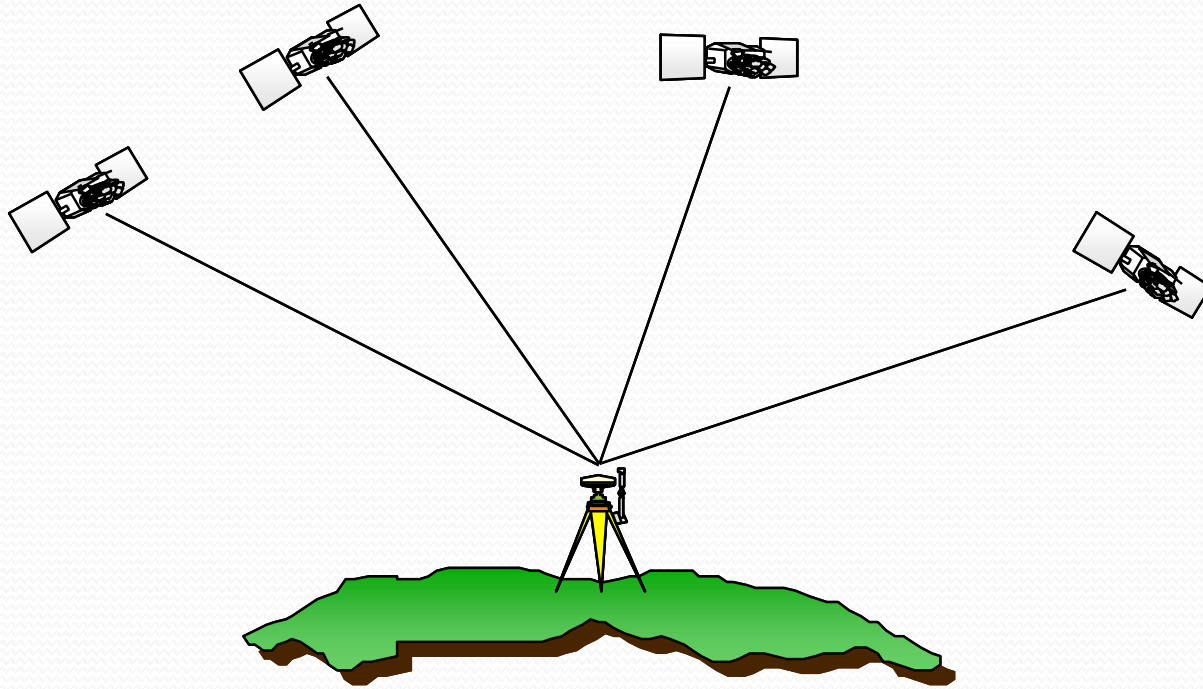
GPS Nokta Konumlama

- Nokta konumlama, başka bir istasyona ihtiyaç duyulmadan bağımsız konumlama anlamına gelmektedir.
- Bağımsız konumlamanın **faz ölçülerinden** yapılması birtakım karmaşık algoritmaları da beraberinde getirmektedir.
- Ancak, faz ölçüleri ile yapılan nokta konumlamanın, kod ölçüleri ile yapılanın aksine gerçek zamanlı değildir.
- Nokta konumlama özellikle kod ölçüleri ile kullanılmakta iken günümüzde yüksek duyarlıklı nokta konumlama tekniği de yaygınlaşmaktadır.

GPS Nokta Konumlama

- Nokta konumlamada elde edilmeyenler doğrudan koordinat bileşenleridir.
- Kod ve faz ölçülerine düzeltme yayınlanmasıyla, faz ölçüleri ile de anlık nokta konumlama yapılmakla birlikte bu sistemler bağımsız olmamaları nedeniyle genel olarak nokta konumlama kapsamında incelenmez.
- Sonuç olarak yardımcı sistemler (RTK, DGPS) olmadan gerçek zamanlı (anlık) konumlama yeteneğinin kod ölçüleri ile sınırlı olduğu söylenebilir.
- Navigasyon için ihtiyaç duyulan konum duyarlılığının genel olarak düşük olması ve anlık ihtiyaç duyulması nedeniyle, navigasyonda ağırlıklı olarak nokta konumlama kullanılır.

GPS Nokta Konumlama



GPS ile Göreli Konumlama

- Göreli konumlama bağımsız konumlama yerine başka bir istasyona göre göreli koordinat değişimlerinin elde edilmesi anlamına gelmektedir.
- Göreli konumlamanın hem faz hem de kod ölçüleri ile yapılabilmeyle birlikte, GPS ile elde edilebilecek en yüksek duyarlık **faz ölçülerinin göreli konumlamada kullanılmasıyla elde edilir.**
- Göreli konumlama anlık olarak da gerçekleştirilebilir. Ancak duyarlığı sonradan (post-process) yapılan göreli konumlama kadar yüksek değildir.

GPS ile Göreli Konumlama

