



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 ile Konum Belirlemede Temel İlkeler

- GPS ile konum belirleme uydu-alıcı uzaklıklarının hesabına dayanan bir uzay geriden kestirme problemidir. Uydudan alınan sinyallerle uydu-alıcı uzunlukları hesaplanır.

Uydu-alıcı uzaklığı (pseudorange),

$$\rho_P^{SV} = c \cdot \Delta t \quad \text{eşitliğinden hesaplanır}$$

4 uydu alıcı saat hatasının giderilmesi için kullanılmaktadır.

GPS ile konum belirlemede navigasyon hizmetleri iki farklı kullanıcı seviyesinde sunulmaktadır. Birincisi standart konum belirleme hizmeti (SPS), diğeri duyarlı konum belirleme (PPS) hizmetidir. PPS yüksek doğrulukta konum, hız ve zaman belirleme hizmeti olup askeri kullanıcılara açıktır. SPS ise tüm kullanıcılara açıktır, doğruluğu daha düşüktür.

GPS nasıl çalışır? (5 kolay adım)

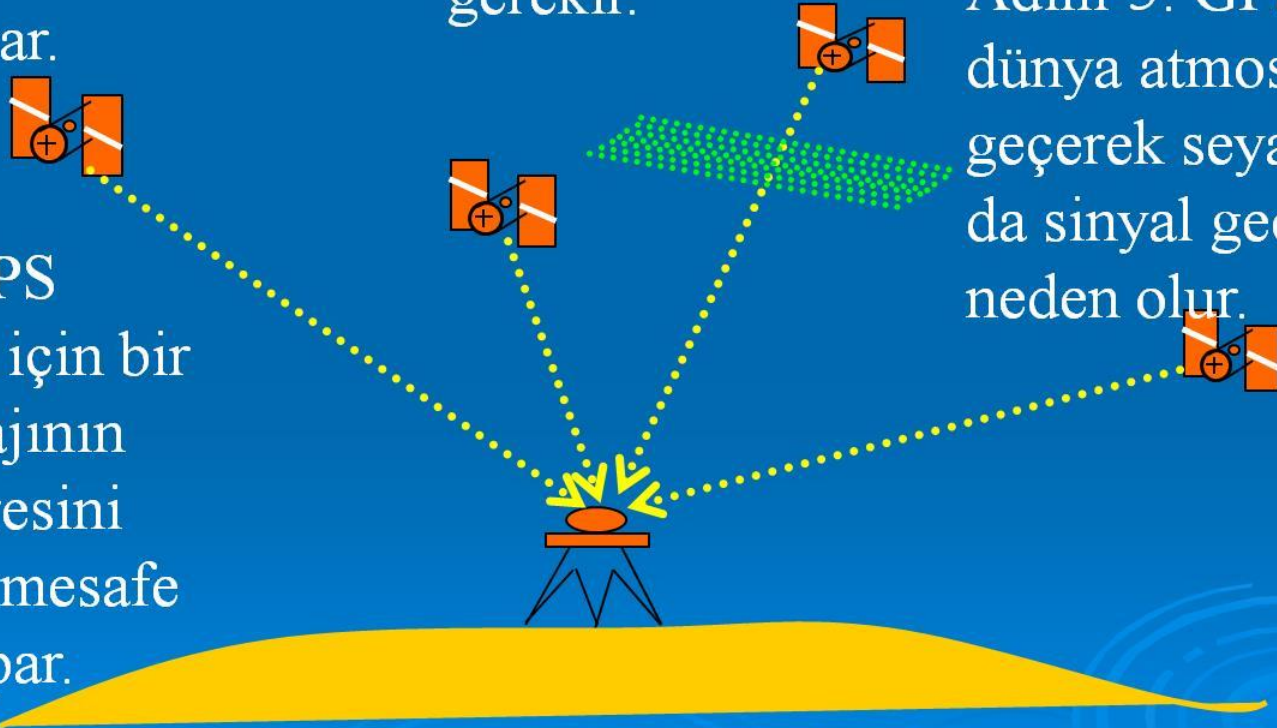
Adım 3: Seyahat süresinin ölçümü için GPS çok hassas saatlere ihtiyaç duyar.

Adım 2: GPS üçgenleme için bir radyo mesajının seyahat süresini kullanarak mesafe ölçümü yapar.

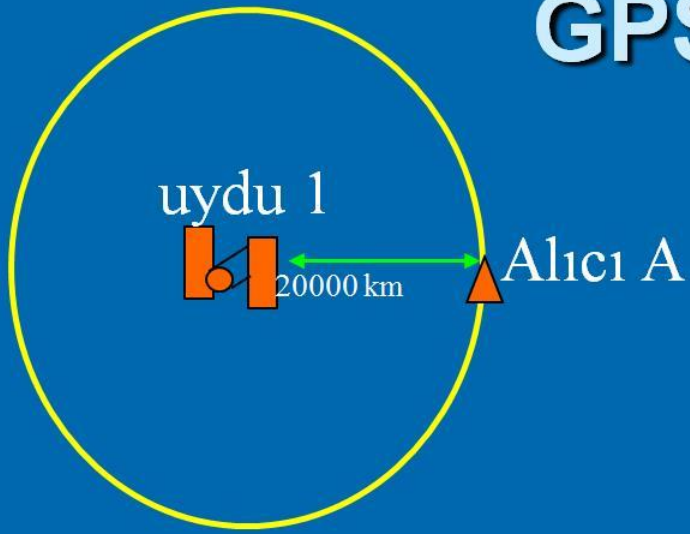
Adım 4: bir uyduya olan mesafe bilindiğinde bu sefer o uydunun uzaydaki konumunun bilinmesi gerekir.

Adım 5: GPS sinyali dünya atmosferinden geçerek seyahat eder, bu da sinyal gecikmelerine neden olur.

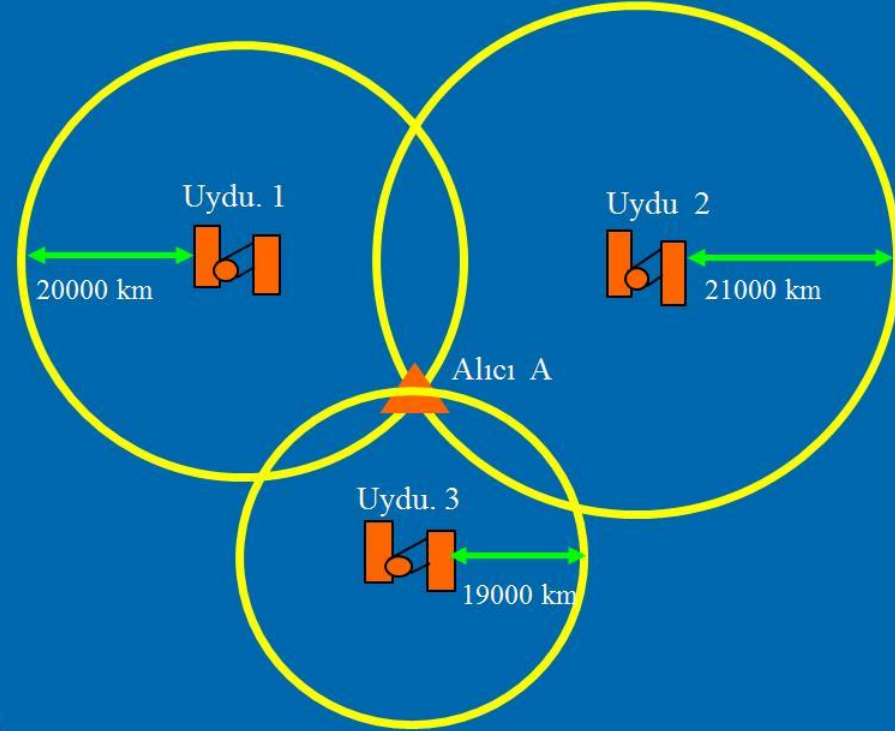
Adım 1: uydulardan üçgenleme GPS sisteminin temelidir



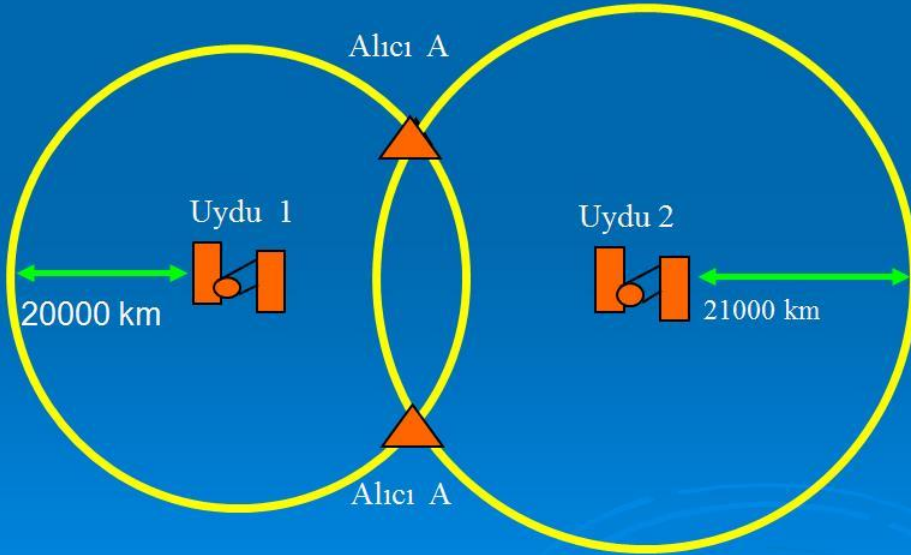
GPS konumlama



Alıcı A 20000km yarıçaplı bir çemberin herhangi bir noktasında olabilir.



Bilinir üç uzunluk Alıcı A için tanımlı bir konum verir.



Alıcı A farklı yarıçaplı iki çemberin kesim noktalarından ikisinde de olabilir

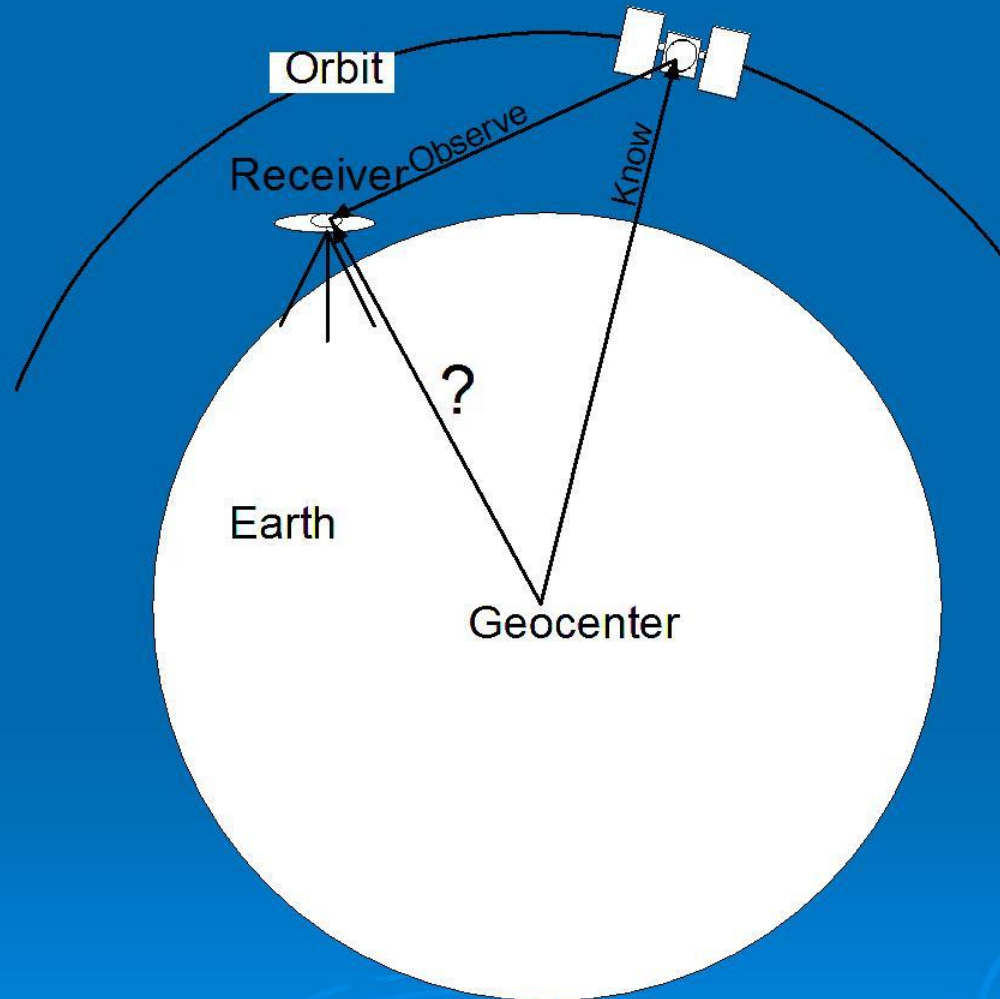
Konum Belirleme Yöntemleri

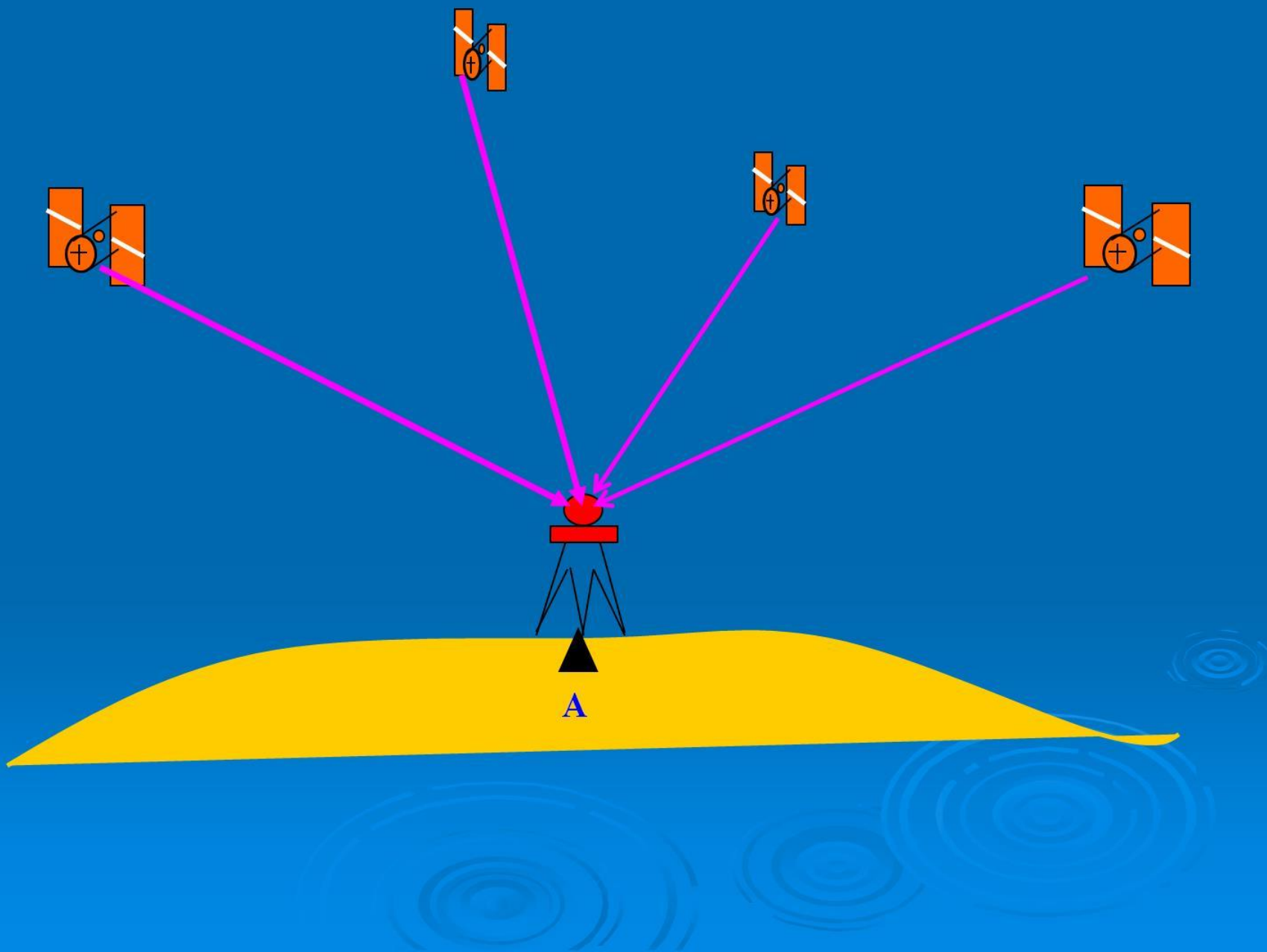
Mutlak Konum Belirleme

- Mutlak konum belirlemede tek bir alıcı ile 4 ya da daha çok uydudan kod gözlemleri yapılarak nokta koordinatları belirlenmektedir.
- Uzay geriden kestirme ile noktanın koordinatları belirlenir.
- Alıcı koordinatları kod bilgisine (P kod ve C/A kod) ve uydu geometrisine bağlı olarak anında ve mutlak anlamda belirlenmektedir.
- Bu yöntem alıcının sabit olması durumunda **statik**, hareketli olması durumunda ise **kinematik** konum belirleme olarak tanımlanmaktadır.
- Günümüzde mutlak konum belirleme ile birkaç metre doğruluğunda konum bilgisi elde edilebilmektedir.

**** Precise Point Positioning (PPP) / Hassas Nokta Konumlama tekniği**, mutlak konum belirlemenin özel bir şekli olarak geliştirilmiştir. Hem kod, hemde faz gözlemlerinin birlikte kullanıldığı PPP tekniği ile mutlak anlamda dm-cm mertebesinde konum bilgisi el edilebilmektedir.

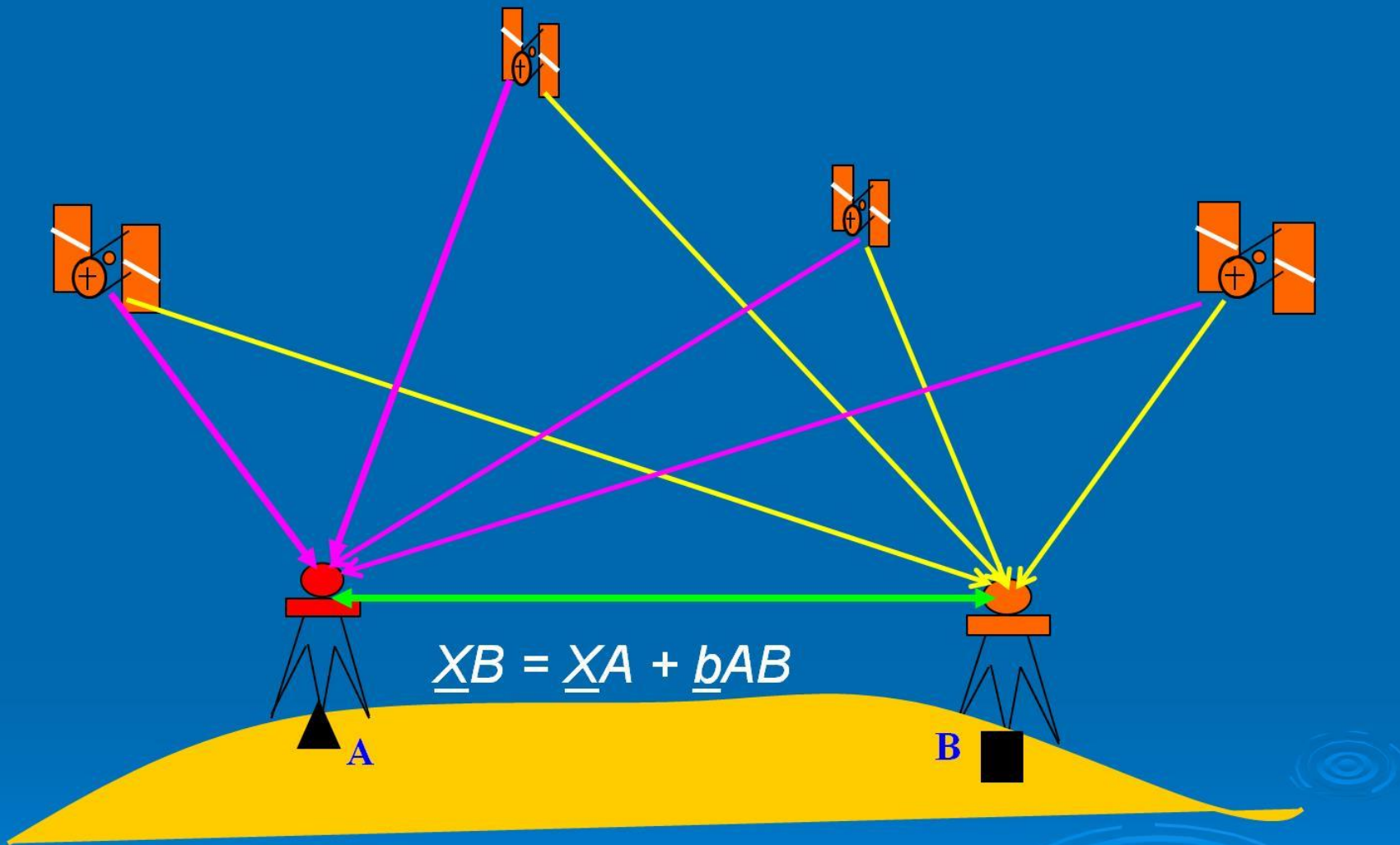
Satellite Positioning

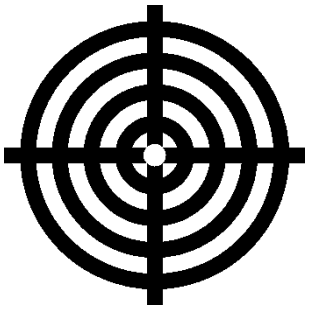




Bağıl (Rölatif) Konum Belirleme

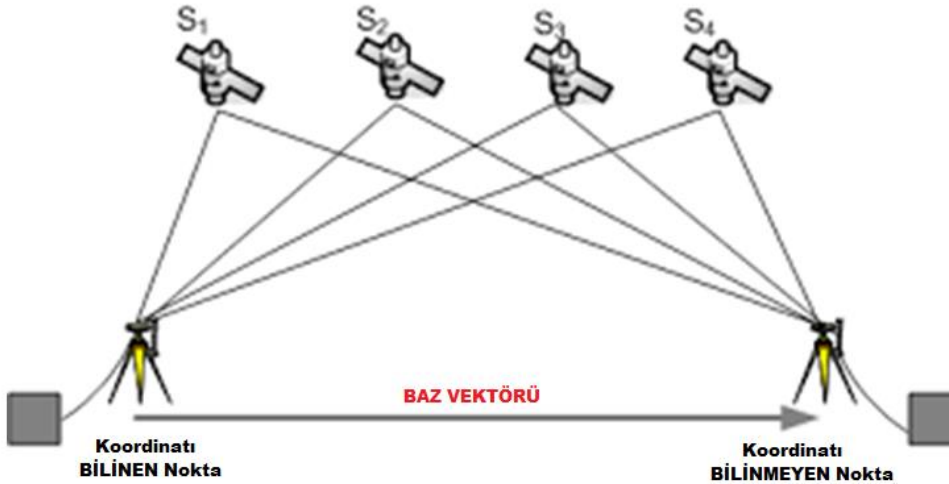
- Bağıl konum belirleme, koordinatları bilinen bir noktaya göre diğer nokta veya noktaların koordinatlarının belirlenmesidir. Başka bir deyişle bağıl konum belirleme ile iki nokta arasındaki baz vektörü belirlenmektedir.
- Bağıl konum belirlemede iki ayrı noktada kurulmuş iki alıcı ile aynı uydulara eş zamanlı kod veya faz gözlemi söz konusudur. Bağıl konum belirleme ile elde edilen doğruluk mutlak konum belirlemeden çok daha iyidir. Doğruluk 0.001 ile 100 ppm arasında değişmektedir





Rölatif (Bağıl/Görelî) Konumlama

Rölatif konumlama ilkesine dayalı tüm GNSS tekniklerinde **koordinatları bilinen bir ya da daha fazla referans noktasında yapılan eş zamanlı ölçülere gereksinim** vardır.

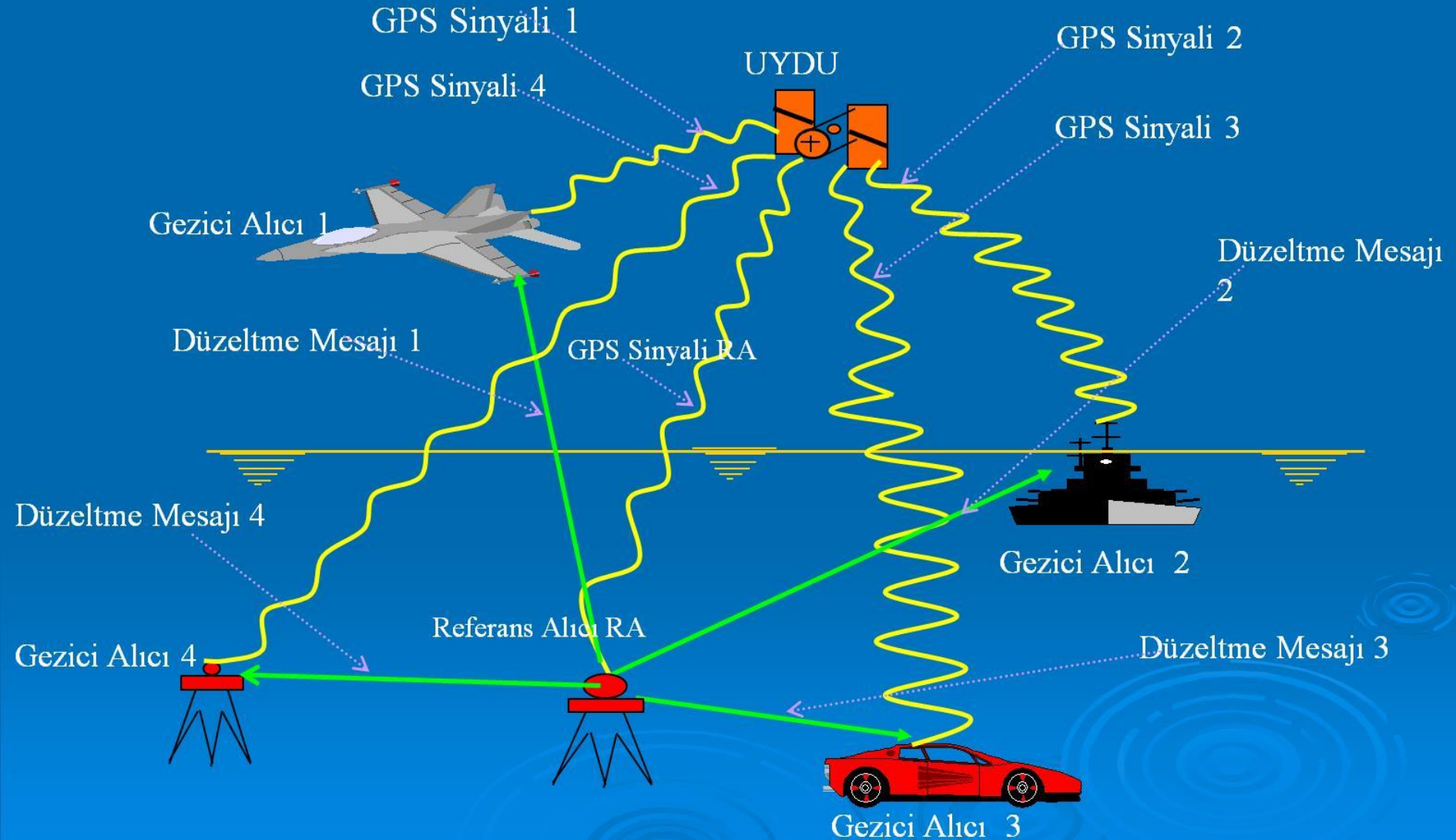


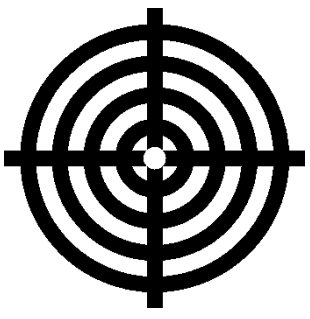
Statik gözlem modu
Jeodezik ve jeodinamik uygulamalar
Deformasyon analizi

En önemli dezavantajı konumu bilinen ve bilinmeyen noktalarda eş zamanlı gözlem yapılması gerekliliği.

Kullanılan alıcıların yüksek maliyete sahip, kaliteli jeodezik nitelikli alıcılar olması gerekmektedir.

REAL TIME KINEMATIC GPS (RTK)

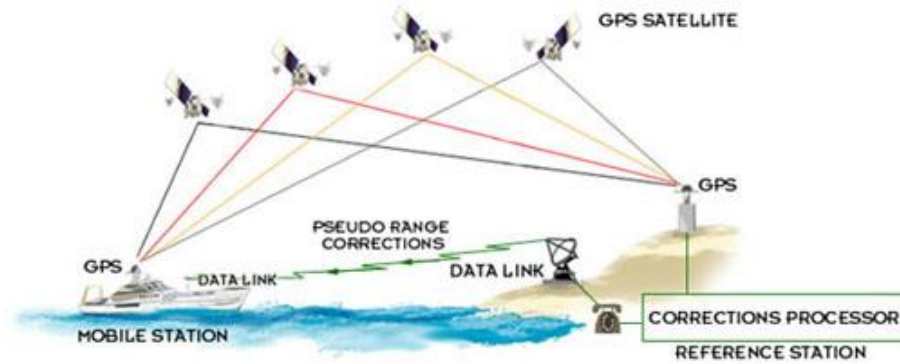




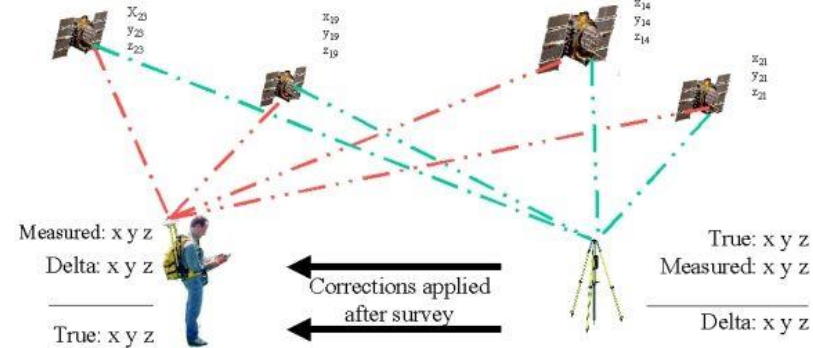
Gerçek Zamanlı Konumlama Türleri DGPS/DGNSS ve RTK

Temel olarak rölatif konumlama ilkesine dayalıdır.
Gerçek zamanlı kinematik uygulamalar için kullanılmaktadır.
Gezici alıcılara düzeltme veri iletimi gereklidir.

DGPS/DGNSS

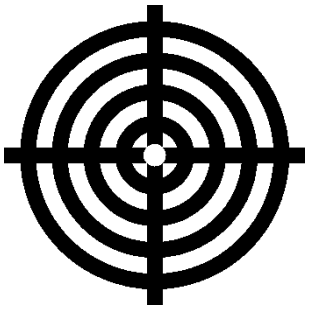


RTK Klasik-RTK Ağ-RTK



SPP' nin doğruluğunu arttırmak için geliştirilmiştir.
Tek frekanslı alıcılar ve kod ölçüleri kullanılmakta.
Deniz navigasyonu, CBS vb. uygulamalar.
m – dm doğruluğunda.

Çift/Çok frekanslı alıcılar ve faz ölçüleri kullanılmakta.
Ölçme amaçlı jeodezik uygulamalar.
cm doğruluğunda.



Rölatif ve Diferansiyel Konumlama

dm

cm

mm

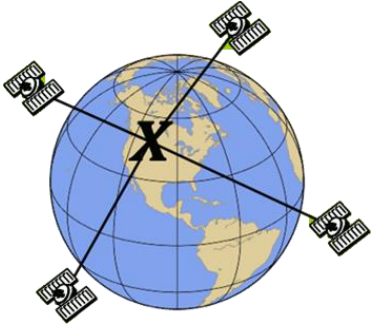
- △ Ölçme modu (statik yada kinematik)
- △ Ölçü süresi
- △ Kullanılan ekipman ve donanımlar
- △ Kullanılan sinyal ve kodlar
- △ Veri işleme algoritmaları
- △ Referans alıcı/alıcıları altyapısı
- △ Uydu-alıcı geometrisi
- △ Ölçü sonrası değerlendirme (Post-Processed)
ya da gerçek zamanlı (Real-Time) çalışma



Performans



GNSS HATA KAYNAKLARI



PPP Tekniği

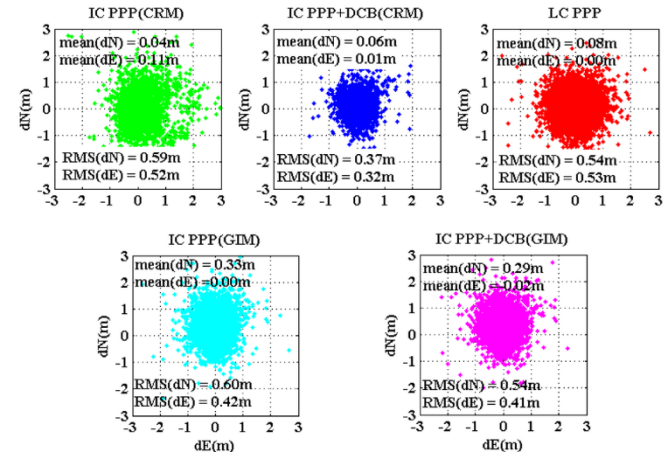


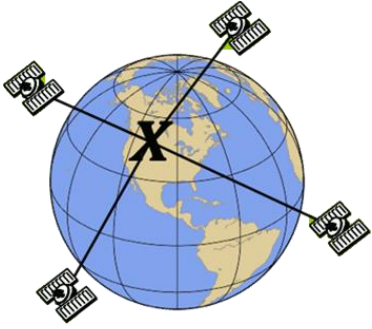
Tarihçe

PPP tekniğinin tarihsel gelişim süreci **Anderle, R.J. (1976)** yayını ile başlamaktadır. Anderle bu çalışmasında kutup hareketlerinin belirlenmesi için uydu Doppler (Transit) ölçmelerinde hassas yörünge çözümlerini sabit (fixed) almıştır.

PPP' nin GPS ile ilişkisini içeren ilk çalışma ise **Zumberge vd.(1997)** tarafından yapılmıştır. Bu araştırmada hem taşıyıcı faz hem de kod gözlemlerini kullanarak iyonosfer-bağımsız kombinasyonlar ile PPP' yi modellemişlerdir ve kuramsal temelini oluşturmuşlardır.

PPP' nin matematiksel modelinin oluşmasını ve geliştirilmesini sağlayan çalışmalar **Kouba and Héroux (2001)** ile **Gao ve Shen (2001)** yayınları.





PPP Tekniği

Tanımı

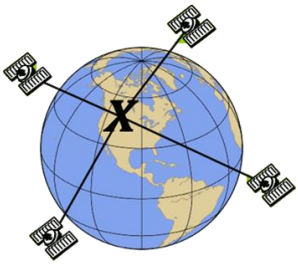
Zumberge vd. (1997) PPP' nin tanımını **SPP ilkesi yaklaşımıyla karşılaştırılarak** yapmışlardır.

SPP: Navigasyon mesajı içerisinde yayınlanan uydu yörünge parametrelerinin sabit (fixed) alındığı, kod gözlemlerine dayalı ölçülerin kullanıldığı ve tek bir alıcı kullanılarak mutlak konumlama ile nokta konumunun kestirildiği bir tekniktir.

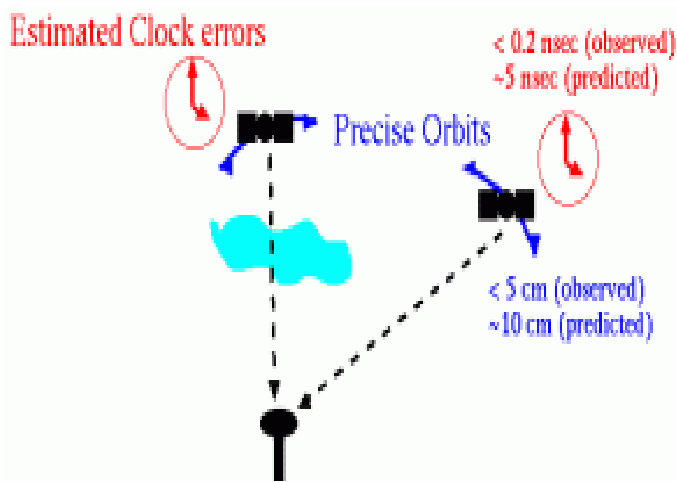
PPP: (1) Hem taşıyıcı faz gözlemleri, hem de kod gözlemleri kullanılmaktadır.

(2) Birkaç cm ve daha iyi konum doğruluğu için PPP' de yüksek kalitedeki hassas uydu parametreleri kullanılmaktadır. (Hassas yörünge ve saat bilgileri)

Gerekli olan uydu yörünge ve saat kestirimleri global olarak hizmet veren sabit GPS/GNSS referans istasyonları ağından sağlanmakta. En önemli kaynak IGS.



PPP Tekniği Tanımı



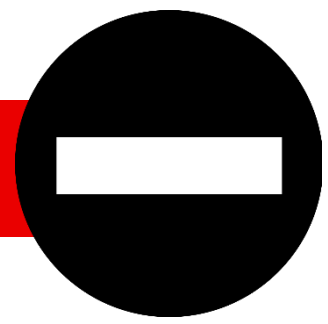
- ☐ tek bir GPS/GNSS alıcısı ile
- ☐ uydu yörünge ve saat düzeltme bilgileri kullanılarak
- ☐ mutlak anlamda
- ☐ yüksek konum doğruluğu sağlayan
- ☐ yöntem olarak geliştirilmiş ve kullanımı yaygınlaşmıştır.

PPP tekniğinde koordinatı belirlenecek noktada;

- ✓ çift frekanslı tek bir alıcı ile,
- ✓ kod ve taşıyıcı faz gözlemleri kullanılarak,
- ✓ fark almaksızın (un-differenced)
- ✓ iyonosfer-bağımsız (ionosphere-free) kombinasyonlarla,
- ✓ dm-cm mertebesinde nokta konum doğrulukları elde edilebilmektedir.



PPP'nin Dezavantajı



Geleneksel PPP tekniğinin avantajlarına karşın en önemli sorunu;

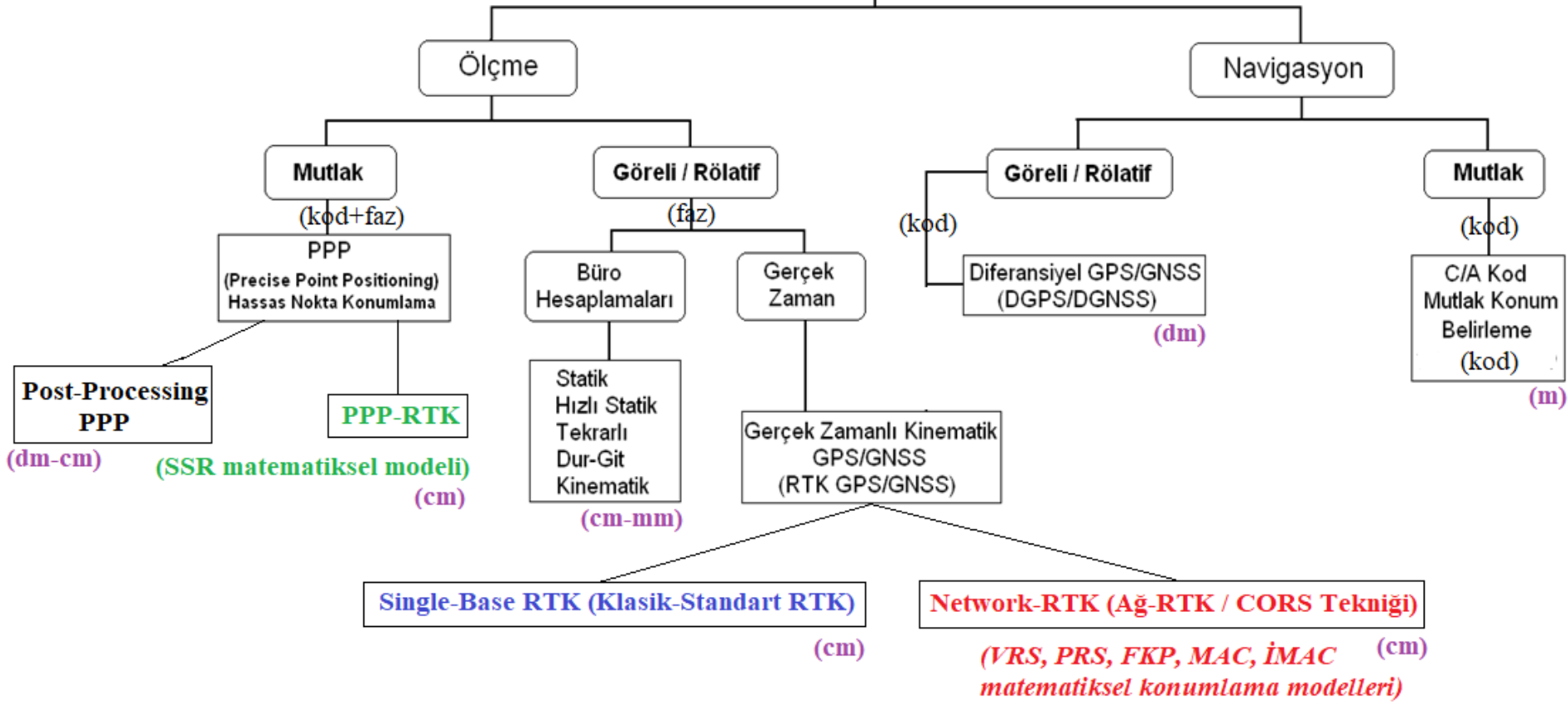
1. Taşıyıcı faz başlangıç tamsayı bilinmeyişi (integer ambiguity) çözümü için gereken yakınsama süresinin uzun olmasıdır.

2. Santimetre (cm) mertebesindeki doğruluklar için “ambiguity float” çözümlerinin yakınsamasında minumum 20 dakika veya daha fazla süre gözlem yapılması gerekmektedir.

Bu durum gerçek zamanlı uygulamalar açısından da önemli bir sorundur.



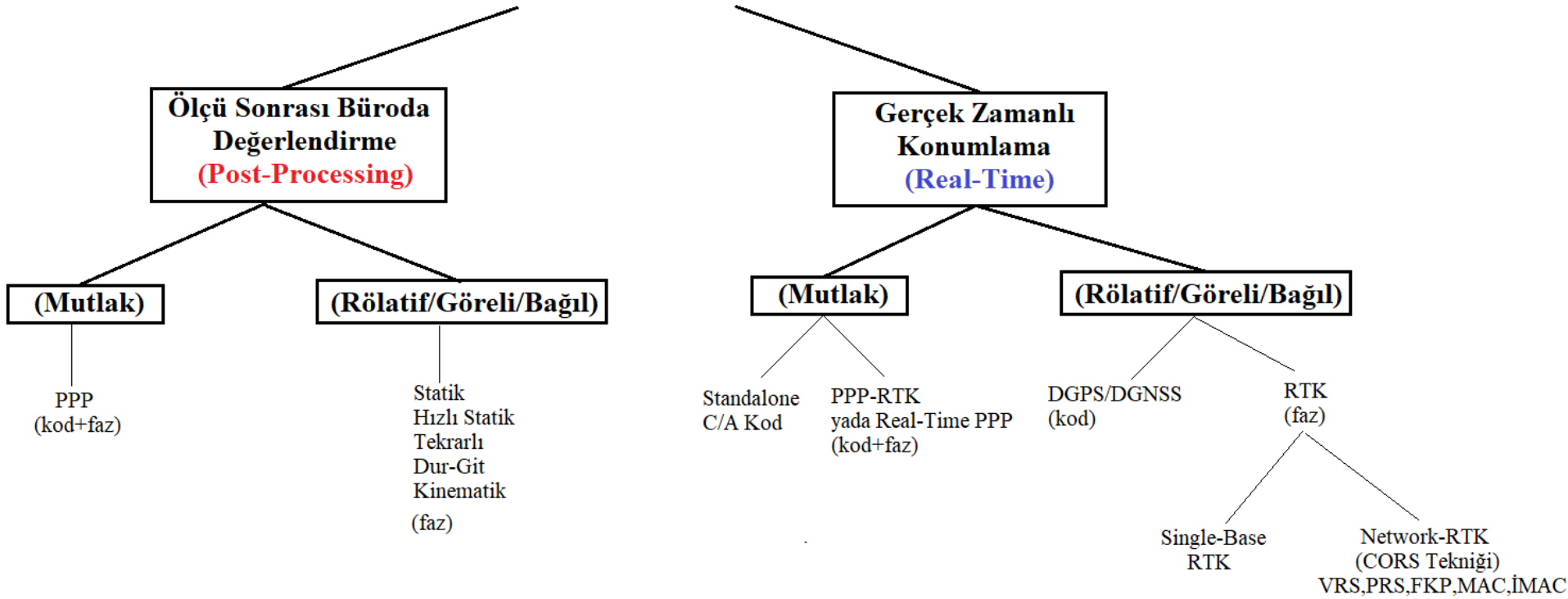
GPS/GNSS Konum Belirleme Yöntemleri



Post-Processing (Büroda Değerlendirme)

Real-Time (Gerçek Zamanlı)

**GPS/GNSS Konum Belirleme Tekniklerinin
Konum Bilgisinin (X,Y,Z) Elde Edilmesi Açısından
Sınıflandırılması**

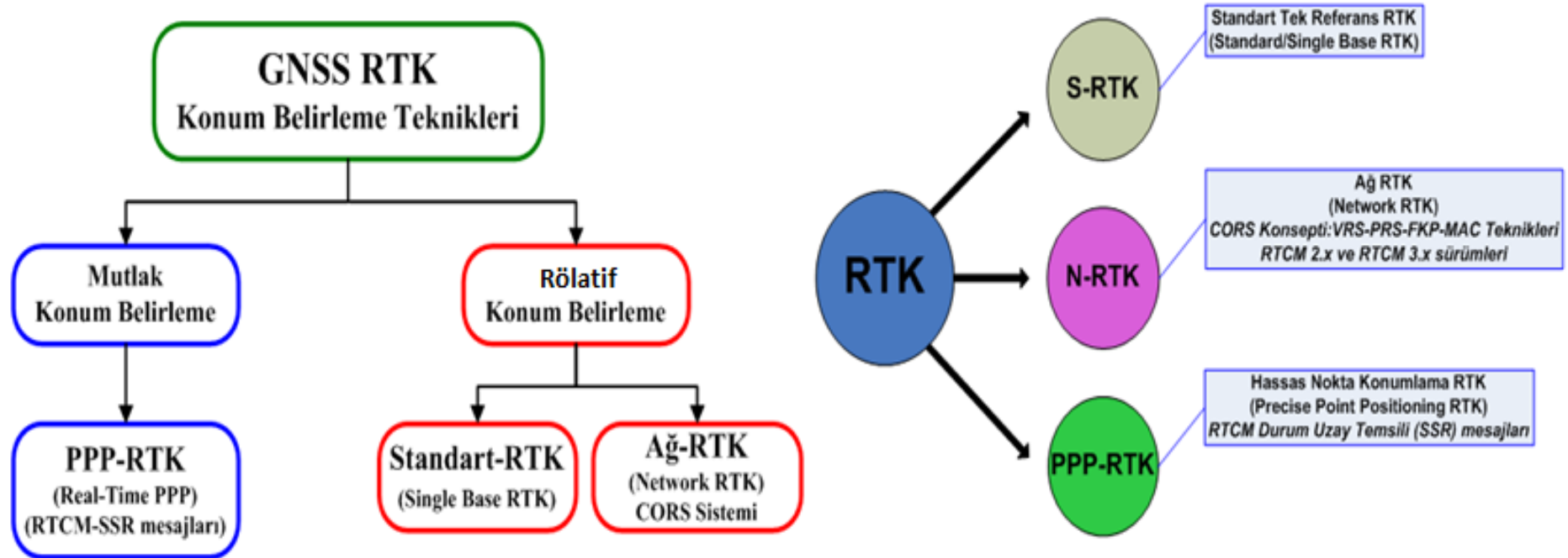


Typical values for GPS positioning accuracy, convergence time, and coverage area for different positioning concepts. Note: SF = single-frequency; DF = dual-frequency

Positioning concept	Accuracy (1-sigma)	Convergence time	Coverage area
SF SPP	< 10 m	Instantaneous	Global
SF PPP (GIM-based)	1–2 dm	< 10 min	Global
DF PPP (ionosphere-float)	< 1 dm	30 min (static) 60 min (kin.)	Global
Single-baseline (code-based) DGNSS	1–5 m	Instantaneous	Regional/local
Wide area DGNSS	0.5–2m	Instantaneous	Regional
SF RTK-short baseline	< 1 dm	10 min	Local
DF RTK-short baseline	< 1 dm	Instantaneous to few min	Local
Network RTK	< 1 dm	< 10 min	Regional
SF PPP-RTK (precise iono corrections)	< 1 dm	< 10 min	Regional
DF PPP-RTK	< 1 dm	30 min (static)	Global
(ionosphere-float)	< 1 dm	90 min (kin.)	Regional

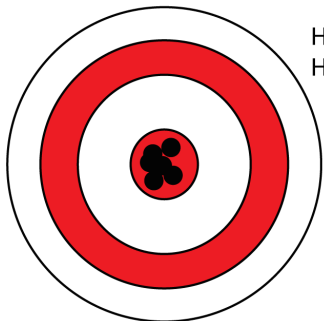


RTK Teknikleri

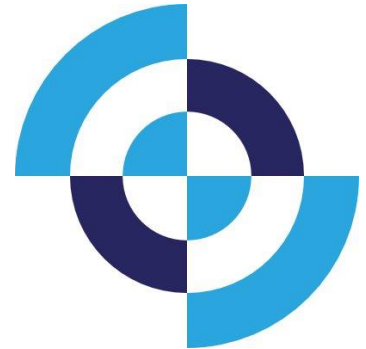
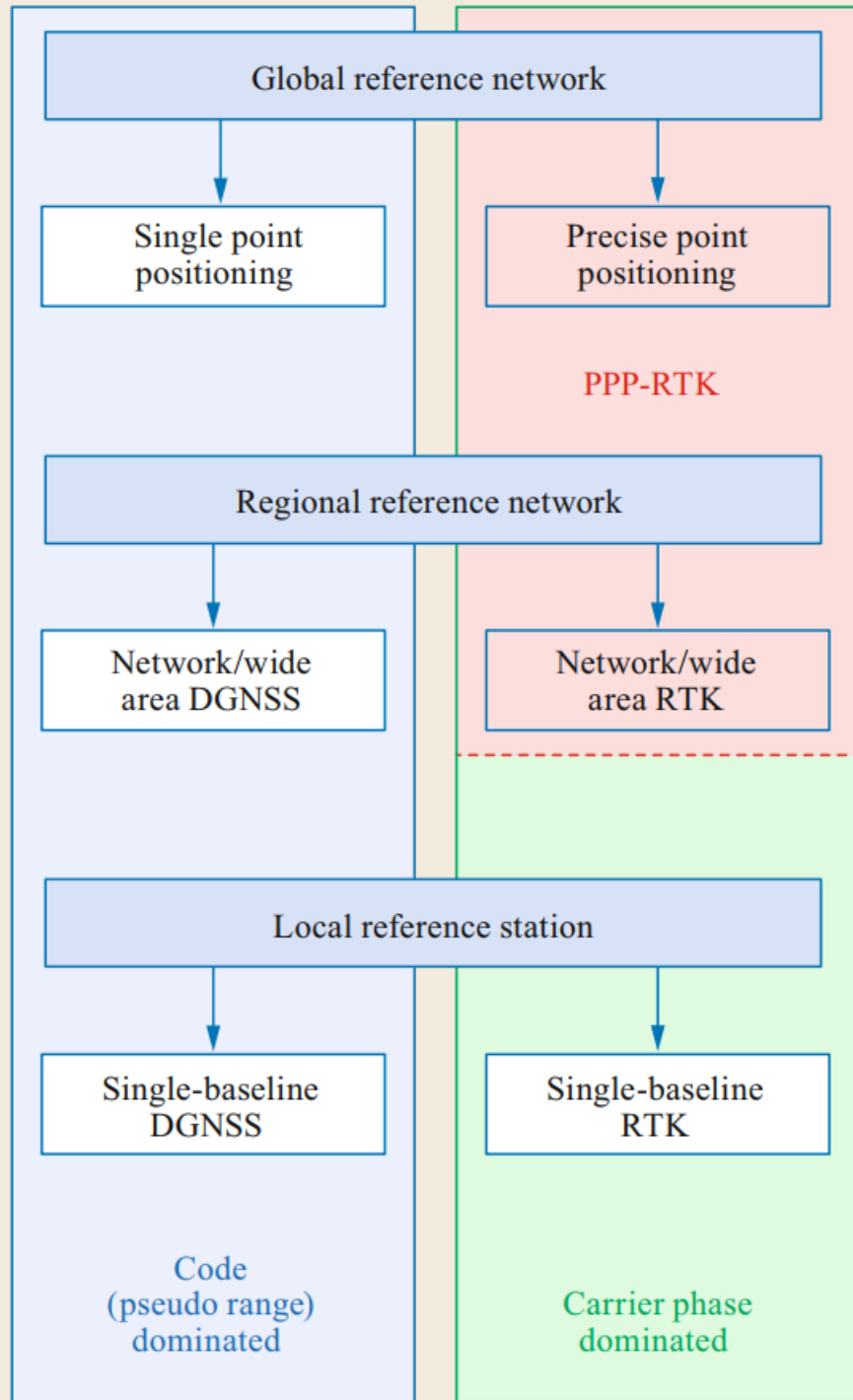


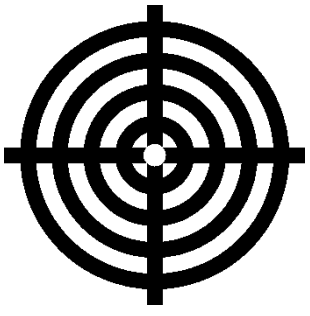
OSR (Observation Space Representation)
Klasik-RTK ve Ağ-RTK

SSR (State Space Representation)
Real-Time PPP & PPP-RTK



High accuracy
High precision





Konumlama Tekniklerinin Karşılaştırılması



Konum belirleme teknikleri arasında **zaman, maliyet, işgücü ve doğruluk** gibi kriterler açısından bir karşılaştırma yapıldığında, en iyi teknik budur demek, doğru bir yaklaşım değildir.



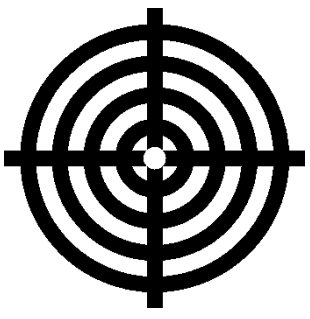
Zira kullanıcılar açısından **çalışmanın amacı ve niteliği** ile **beklenen doğruluk**, konum belirleme tekniğinin seçiminde dikkate alınmalıdır.



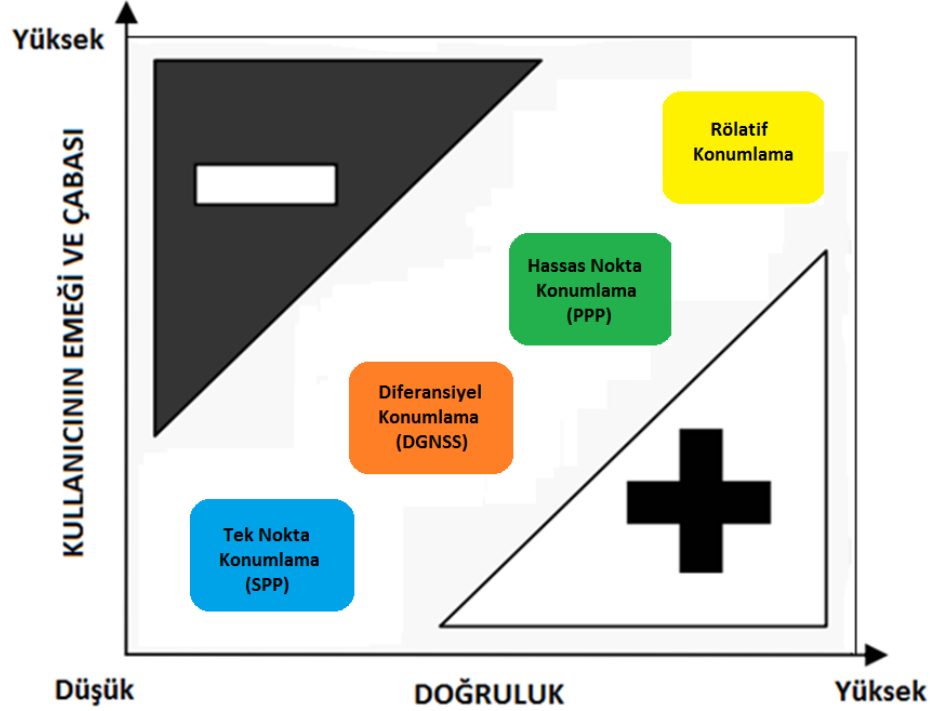
Farklı konum belirleme tekniklerinin birbirine göre **avantaj ve dezavantajları** bulunmaktadır.



Temel olarak tüm kullanıcıların beklentisi ise **az emek ve maliyetle, en yüksek konum doğruluğunun** elde edilmesidir. Bu yaklaşım ve kriterle gelecekte PPP tekniğinin etkin kullanımı planlanmaktadır.



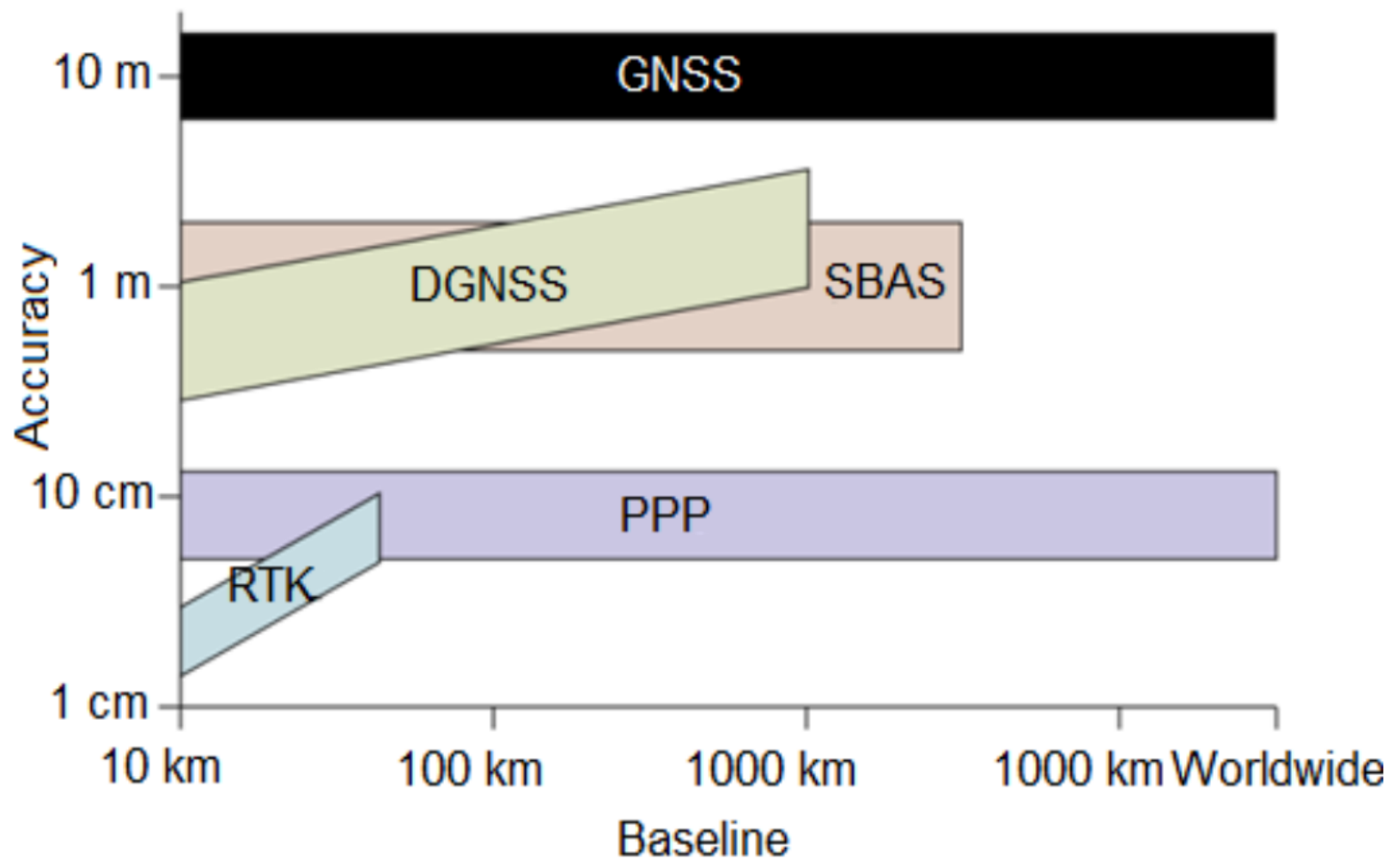
Konumlama Tekniklerinin Karşılaştırılması



GNSS kinematik gözlem tekniklerinin karşılaştırılması

Gözlem Tekniği	Kapsama Alanı	Doğruluk	Yakınsama süresi
SPP	Global	birkaç metre	yok
DGNSS	Yerel	m	yok
Klasik-RTK	Yerel	cm	2 dakikaya kadar
Ağ-RTK	Bölgesel	cm	2 dakikaya kadar
PPP	Global	cm - dm	90 dakikaya kadar
Sabit (Fixed) PPP	Global	cm - dm	90 dakikaya kadar

GNSS Positioning Techniques





Ölçü Sonrası Büroda Değerlendirme (Post-Processing) YAZILIMLARI

- 1.) Bilimsel yazılımlar**
- 2.) Ticari yazılımlar**
- 3.) İnternet (web) Tabanlı Online Servisler**

Bilimsel Yazılımlar: Bernese GNSS Software, GAMIT/GLOBK, GipsyX, ...
RTK-LIB, BNC, ...

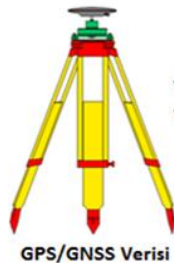
Ticari Yazılımlar: Trimble Business Center, Leica Geo Office,
Leica Infinity, Topcon's Magnet Office Tools,
Spectrum Survey Office Pro, Javad Justin ve Giodis,
CHC Geomatics Office, ...

**İnternet (web)
Tabanlı Online
Servisler:** AUSPOS, OPUS, SCOUT
CSRS-PPP, APPS, GAPS, magicGNSS, Trimble Center Point RTX-PP

İnternet (Web) Tabanlı Online GNSS Veri Değerlendirme (Post-Processing) Servisleri

Free online GNSS post-processing services.

	Online services	Specifications							
		Service long name	Company/ agency	Processing method, data source	GNSS supported	Reference frame; geoid model	Input data format	Observations mode	Submittal page
rölatif teknik	AUSPOS	Australian On-line GPS Processing Service	Geoscience Australia	Relative (IGS stations and data, AFN, ARGN)	GPS	ITRF, GDA 94/2020; AUSGeoid 98/09/2020	L1, L1+L2 RINEX	Static	http://www.ga.gov.au/bin/gps.pl
rölatif teknik	OPUS	Online Positioning User Service	NOAA National Geodetic Survey (NGS)	Relative (NGS CORS, IGS)	GPS	IGS08, NAD83(2011); NAVD88, GEOID12A	L1, L1+L2 RINEX	Static	https://www.ngs.noaa.gov/OPUS/index.jsp
rölatif teknik	SCOUT	Scripps Coordinate Update Tool	Scripps Orbit and Permanent Array Center (SOPAC), University of California	Relative (IGS stations)	(no data)	ITRF08, WGS84	RINEX, Hatanaka	Static	http://sopac.ucsd.edu/scout.shtml
PPP teknik	Trimble CenterPoint RTX	Trimble CenterPoint RTX Post Processing	Trimble Inc.	PPP (Trimble CORS network)	GPS GLONASS Galileo BeiDou	ITRF1988..2014, NAD83 (+mods), ETRS89..2000-R05, GDA94,SIGRAS etc.	L1+L2 RINEX, Trimble formats	Static	https://www.trimblertx.com
PPP teknik	APPS	Automatic Precise Positioning Service	NASA – Jet Propulsion Laboratory (JPL)	PPP (JPL)	GPS	ITRF08, ITRF14	L1+L2 RINEX, Hatanaka, GIPSY *.tdp	Static, kinematic (members only)	http://apps.gdgps.net
PPP teknik	CSRS-PPP	Canadian Spatial Reference System – Precise Point Positioning	Natural Resources Canada (NRCan)	PPP (IGS, NRCan)	GPS GLONASS	ITRF08, IGB08/ NAD83; CGDV28/2013	L1, L1+L2 RINEX, Hatanaka	Static, kinematic	https://webapp.geod.nrcan.gc.ca/geod/tools-outild/ppp.php
PPP teknik	GAPS	GPS Analysis and Positioning Software	University of New Brunswick (UNB)	PPP (IGS MGEX, NRCan)	GPS BeiDou Galileo	IGB08, ITRF2000	L1+L2 RINEX, some receiver formats	Static, kinematic	http://gaps.gge.unb.ca
PPP teknik	MagicGNSS/ ppp	MagicPPP – Precise Point Positioning Solution	GMV Innovating Solutions	PPP (IGS, GMV)	GPS GLONASS Galileo	ETRS, ITRF08	L1+L2 RINEX, Hatanaka	Static, kinematic	http://magicgnss.gmv.com/ppp



Verilerin RINEX formatında web arayüzüne aktarılması (upload)



Sonuçların e-posta ile gönderilmesi



GNSS Verisi İçin Uluslararası Standartlar

GNSS alıcısı üreten birçok firma kendine özgü veri formatını geliştirmekte ve korumaktadır. Üretici firma tanımlı bu veri formatları çoğunlukla alıcı markasına bağımlı **“binary”** formatta olup, bazı firmalar tarafından **“ASCII”** formatta da geliştirilmektedir.

- Ashtech: *MBEN ve PBEN*
- Javad: *JVS*
- Leica: *LB2*
- Trimble: *RT17 ve RT27*
- Topcon: *TPS*
vb.



Üretici firma tanımlı
"binary" yapıdaki
bazı veri
formatlarından
örnekler

GNSS Verisi İçin Uluslararası Standartlar

GNSS' nin doğru, güvenilir ve etkin kullanımını sağlamak amacıyla çeşitli **uluslararası standartlar** oluşturulmuştur.

RINEX

Büro Çalışmaları
(Post-Processing)
ASCII

RTCM

SC-104

Gerçek Zamanlı
Uygulamalar
(Real-Time)
Binary

?

NMEA

0183

Gerçek Zamanlı
Uygulamalar
(Real-Time)
ASCII

GNSS Verisi İçin Uluslararası Standartlar

RINEX

RTCM

NMEA

RINEX, RTCM, NMEA formatlarının genel özellikleri

RINEX	Farklı GNSS alıcısı üreten firmaların, üretici firma tanımlı verilerinin kombine edilmesi sağlar.
	Özellikle statik verilerin değerlendirilmesi (post-processing) ve arşivlenmesinde kullanılmaktadır.
RTCM	GNSS alıcıları arasında veri iletimini sağlar.
	Örneğin Referans Alıcı (Base) → Gezici Alıcı (Rover)
	“Binary” dosya yapısındadır. Kompakt yapıda olmasına karşın anlaşılması güçtür.
NMEA	Özellikle gerçek zamanlı DGNSS/RTK uygulamalarında düzeltme verisinin iletiminde kullanılır.
	GNSS alıcıları ile diğer cihaz ve aletler arasındaki veri iletimi için kullanılmaktadır.
	Örneğin GNSS anteni → CBS için ArcPad yazılımlı PDA
	Gerçek zamanlı konum belirleme uygulamaları için kullanılmaktadır.

Genel olarak RINEX, RTCM ve NMEA gibi formatların yanında uluslararası anlamda bilinen **CMR/CMR+, RTCA, SP3, BINEX** gibi farklı içerik ve nitelikteki uluslararası standart formatlar da bulunmaktadır. Bunların dışında üretici firma tanımlı (raw data) birçok veri formatı da geliştirilmiştir.

RINEX - receiver independent exchange (**rinex**) format

GNSS için alıcadan bağımsız veri değişim formatı

Genel olarak GNSS alıcısı üreten birçok firma kendine özgü veri formatını geliştirmekte ve korumaktadır. Üretici firma tanımlı bu veri formatları çoğunlukla alıcı markasına bağımlı “binary” yapıdadır.

Bilimsel çalışmalarda, ölçme ve jeodezik amaçlı uygulamalarda GPS/GNSS verisinin değişimi için geliştirilen RINEX ise “ASCII” tabanlıdır.

Formatın, RINEX 2.10, RINEX 2.11, RINEX 3.00, RINEX 3.01, RINEX 3.02, RINEX 3.03 gibi farklı sürümleri vardır. Son olarak RINEX 3.04 sürümü geliştirilmiştir.

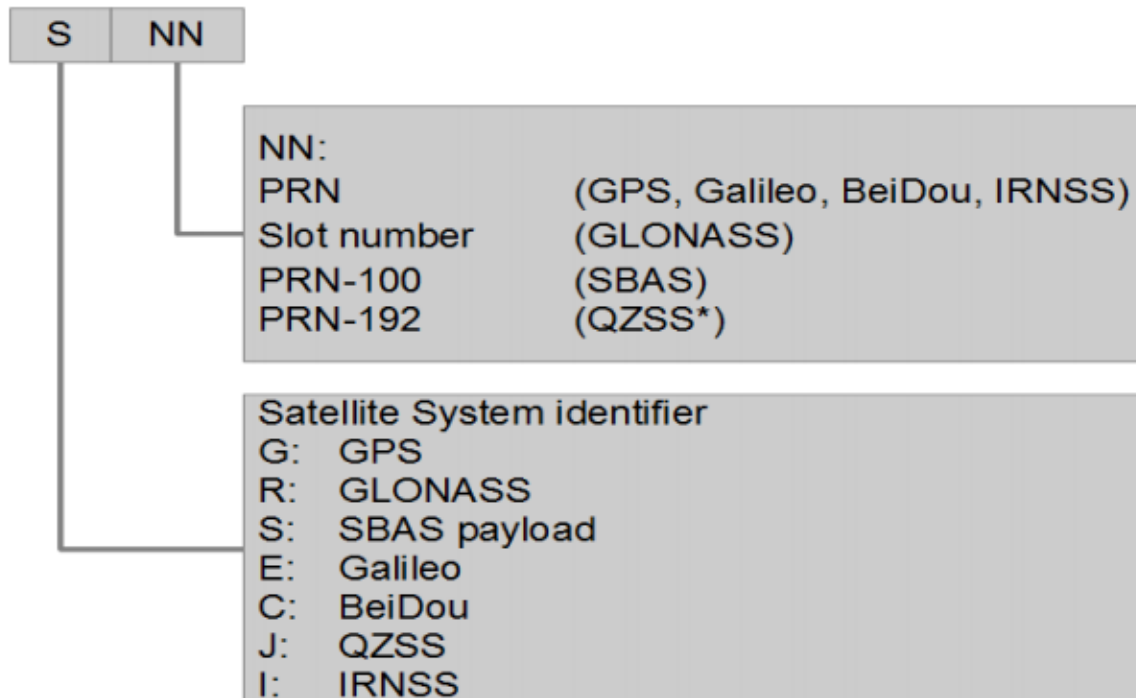
Kapsamlı bilgi: <https://kb.igs.org/hc/en-us/articles/201096516-IGS-Formats>

RINEX

GNSS konseptinin gelişimine paralel olarak...

Satellite numbers

Starting with RINEX Version 2 the former two-digit satellite numbers **nn** are preceded by a one-character system identifier **s** as shown in Figure 1.



RINEX 2.10

RINEX 2.11

RINEX 3.00

RINEX 3.01

RINEX 3.02

RINEX 3.03

Son olarak RINEX 3.04

RINEX

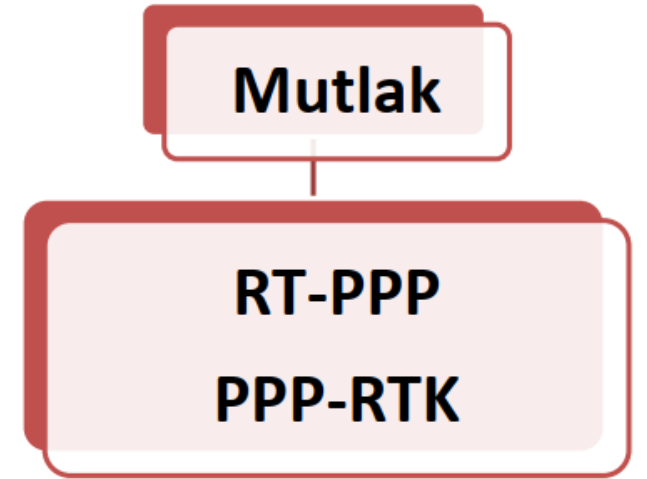
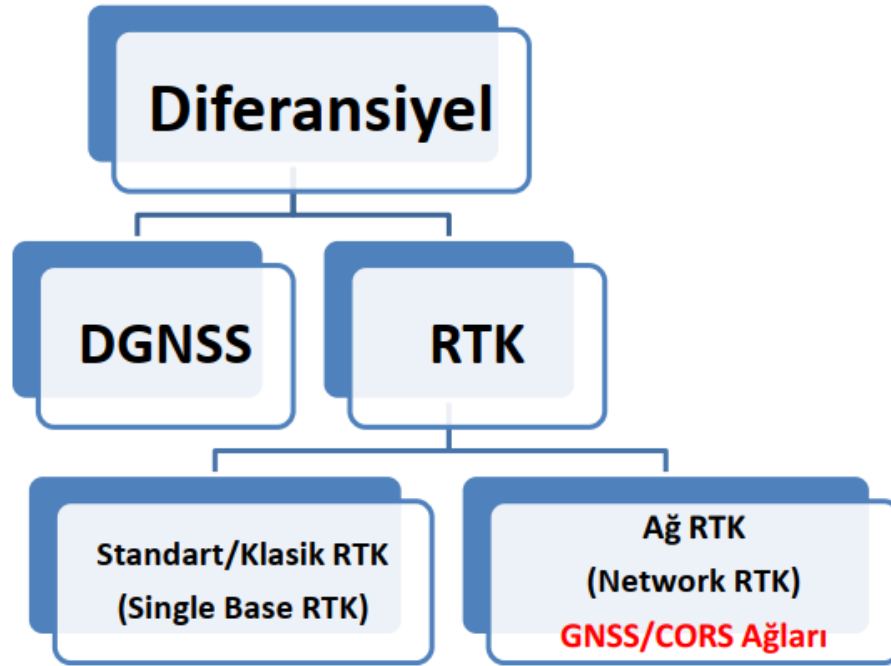
The Receiver Independent Exchange Format

Version 3.04

International GNSS Service (IGS), RINEX Working Group and Radio Technical Commission for Maritime Services Special Committee 104 (RTCM-SC104)

November 23, 2018

Ölçme ve Navigasyon Amaçlı Uygulamalar İçin Gerçek Zamanlı (Real-Time) Konumlama Teknikleri



RT: Real-Time
PPP: Precise Point Positioning



Gerçek Zamanlı Veri İletim Standartları: **RTCM, NMEA, CMR/CMR+**

Gerçek zamanlı konum belirleme uygulamalarında (DGNSS & RTK & RT-PPP)

GNSS bilgilerinin gerçek zamanlı iletimi ve teslimi için 3 temel bileşen bulunmaktadır.

3

Veri iletişim linkleri
(*data communications link*)
(Telekomünikasyon Sistemleri)

VHF/UHF – Radyo linki
GSM/GPRS/EDGE/UMTS
Uydu haberleşme

2

Veri iletim protokolleri
(*transmission protocol*)

NTRIP, RTIGS

1

Veri formatları
(*data format*)

RTCM, NMEA, CMR/CMR+

Veri iletişim linkleri; Tüm bilgilerin bir yerden diğer bir yere taşıma aracı olarak kullanılmaktadır.

Veri iletim protokolleri; İlgili formattaki GNSS bilgilerini içeren dosyaların bir ağ üzerinde güvenilir akış kontrol mekanizmalarını sağlayarak, veri iletimini yönetirler.

Veri formatları; anlamlı GNSS bilgilerini “bit” dizileri şeklinde içeren ve bu bilgilerin belli bir sözleşme ile iletimini sağlayan dosya yapısındadırlar. (Binary yada ASCII)