

ULUSAL AĞLAR

TÜRKİYE ULUSAL TEMEL GPS AĞI (TUTGA)



TÜRKİYE ULUSAL TEMEL GPS AĞI (TUTGA)

Türkiye de 1996-1998 yılları arasında Harita Genel Komutanlığı ve Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü tarafından birlikte yürütülen çalışmalar kapsamında **tesis edilmiştir.**

- Üç boyutlu jeosentrik koordinat sisteminde, (ITRF96 datumunda)
- Belirli bir zamanda (epok), **(1998.0, 2000.45, 2005.0)**
- Her noktasında üç koordinatı (X,Y,Z) ve ***hızları (v_x, v_y, v_z) ile ortometrik yükseklik (H) ve jeoit yüksekliği (N) bilinen,***
- Ülke yüzeyine 15-70 km aralıklarla homojen dağılmış, ulaşımı kolay, **pilye veya kayada özel bronz şeklinde tesis edilmiş,**
- Jeodezik nokta konumlama, navigasyon ve *jeodinamik amaçlarla kullanıma uygun,*
- Halen kullanımda olan ED-50 datumundaki Ulusal Temel Yatay Kontrol Ağı ile arasındaki dönüşümü sağlayan,
- GPS teknolojisine dayalı, yaklaşık 600 noktadan oluşan bir ağıdır.

TUTGA BİLEŞENLERİ

TUTGA 5 ana elemandan oluşmaktadır.

- ITRF-96'da, 1998.0 epoklu koordinatları bilinen GPS Ağı
- TUTGA-99A hız alanı
- TUTGA-99A ile ED-50 arasında koordinat dönüşümü
- Her noktasında Helmert ortometrik yüksekliği bilinen Türkiye Ulusal Düşey Kontrol Ağı-1999 (TUDKA-99)
- Türkiye Jeoidi-1999 (TG-1999)

REFERANS EPOĞU KAVRAMI

Koordinat Yayın Referans Epoğu:

(TUTGA koordinatlarının yayınlandığı herhangi bir epok);

1997-1999 arasında tesisi tamamlanan TUTGA'nın koordinatları **ITRF96** datumunda ve **1998.0** epoğunda tanımlanmıştır.

1999 Gölcük ve Düzce depremleri sonrasında deprem bölgesi için **2000.45** epoğu tanımlanmıştır.

Revizyon ölçüleri sonrasında ise **2005.0** epoğu tanımlanmıştır.

$$1998.0 = 1 \text{ Ocak } 1998$$

$$2000.45 = 2000 + 0.45 \cdot 366 = 13 \text{ Haziran } 2000$$

$$2005.0 = 1 \text{ Ocak } 2005$$

REFERANS EPOĞU KAVRAMI

Ölçü Epoğu :

Ölçülerin yapıldığı epok olup, hesaplamalarda kullanılacak tüm koordinatlar bu epoğa getirilmelidir.

25 Mart 2009 tarihli bir ölçme epoğu yıl biriminde;

$$2009 + (31 + 28 + 25)/365 = 2009.230$$

SABİT GPS/GNSS İSTASYONLARI

- GPS'in birçok farklı alan ve disipline yönelik uygulamaları dünyada ve ülkemizde bu tekniğin etkin kullanımını arttırmak amacıyla sabit (sürekli) GPS istasyonlarının oluşumunu sağlamıştır.
- Anlık veya yakın gerçek zamanlı DGPS düzeltme verileri üreterek duyarlı konumlama ve navigasyon imkanı ortaya koyma, RTK GPS uygulamaları için düzeltme verileri sağlama ve mühendislik amaçlı çalışmalarda sabit nokta hizmeti verme gibi birçok hizmet sunan bu istasyonlar ve oluşturdukları ağlar günümüzde oldukça önem kazanmıştır.

- Dünyada son yıllarda sayıları ve nitelikleri giderek artan bu sabit GPS istasyonlarından ülkemizde de çeşitli amaçlara yönelik olarak aktif olarak kullanılan (TUSAGA-Türkiye Ulusal Sabit GPS Ağı, MAGNET- Marmara Region Continuous GPS Observation Network) birçok istasyon ve bulunmaktadır.
- Kamu kurum ve kuruluşları ile akademik kurumların oluşturduğu bu istasyon ve ağların dışında, son yıllarda ticari amaçlı olarak belli firmalar tarafından da sabit GPS istasyonları kurularak, elde edilen veriler kullanıcılara belli ücretler karşılığında çeşitli iletişim teknolojileri vasıtasıyla sunulmaktadır.

- **SAPOS Orneđi**

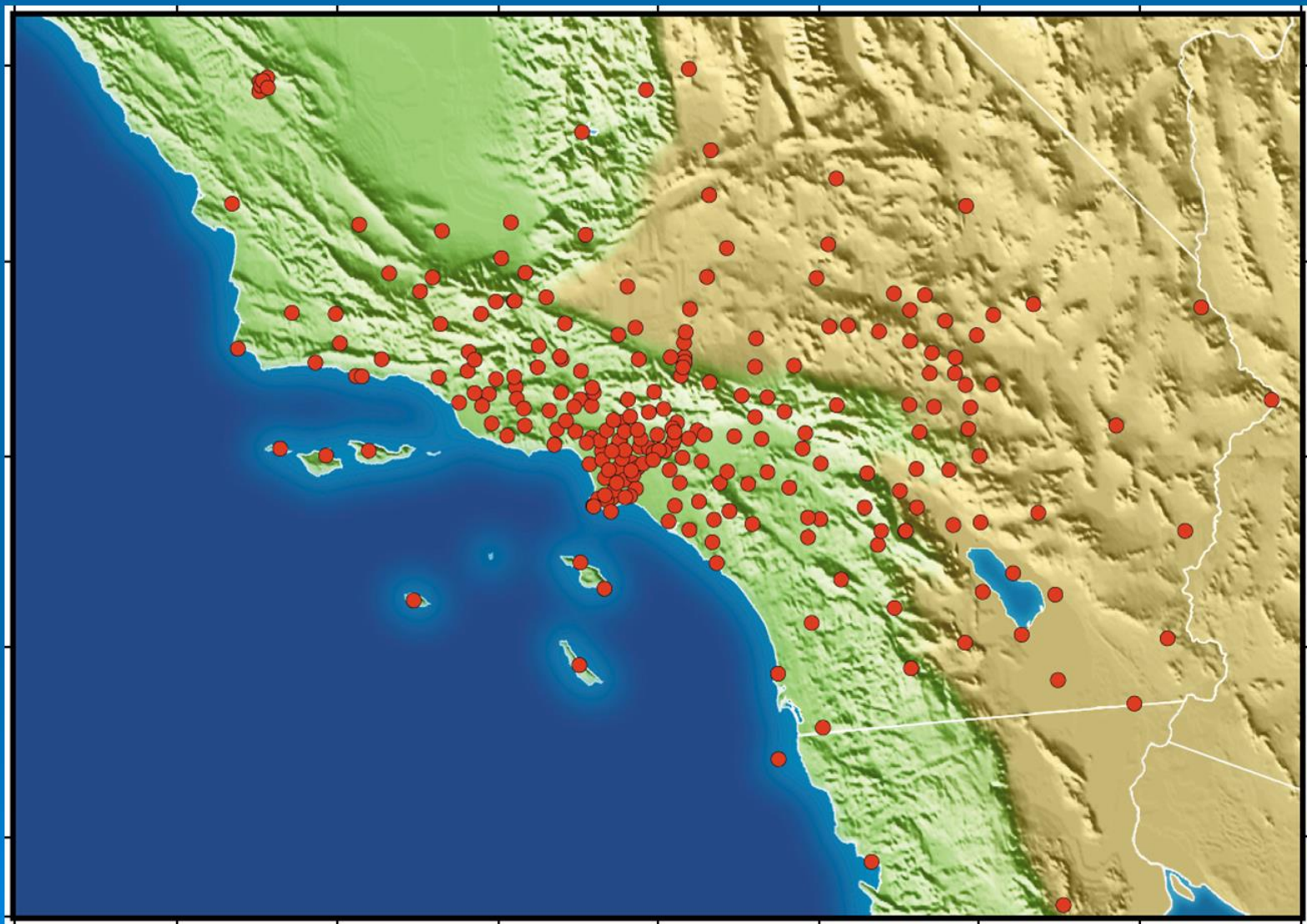
SAPOS (Satellite Positioning Service of the German State Survey), Almanya geneline yayılmış, tüm ülkeyi kapsayan 250'nin üstünde referans istasyonu ile hizmet vermektedir. Farklı kullanıcı grupları için 3 tür servis hizmeti sunmaktadır.

- SAPOS-HEPS (High Precision Real -Time Positioning Service); Real-time konumlama ile 1-2 cm doğruluk sunmaktadır
- SAPOS-EPS (Real-Time Positioning Service); Real-time ile 0,5-3 m doğruluğunda konumlama sağlayan bir servistir.
- SAPOS-GPPS / GHPS (Geodetic Precision Positioning Service / Geodetic High Precision Positioning Service); SAPOS-GPPS servisi post-process değerlendirme yöntemi ile 1 cm doğrulukla belirlemek istenilen konum doğruluğunu sağlar. SAPOS- GHPS ise uzun ölçüm verileri kullanarak post-process ile mm hassasiyetinde konum doğruluğu sağlamaktadır.



➤ **SCIGN Örneği**

Güney Kaliforniya Entegre GPS Ağı (Southern California Integrated GPS Network-SCIGN), Amerika'daki en kapsamlı GPS ağlarından birisidir. Yaklaşık 250 noktadan oluşur. Veriler her gün düzenli olarak analiz edilmekte ve istasyon noktalarına ait koordinatlar ile zaman serileri belirlenmektedir. Bu bilgiler internet yoluyla ilgili tüm kullanıcılar tarafından ücretsiz olarak elde edilebilmektedir.



ULUSAL SABİT GNSS AĞI- TUSAGA AKTİF ÖRNEĞİ



TUSAGA (CORSTR) Projesi

- Ağ ilkesiyle çalışan gerçek zamanlı kinematik (RTK/DGPS) prensipli sabit GPS istasyonlarının kurulması ve hücresel dönüşüm parametrelerinin belirlenmesine ilişkin araştırma ve uygulama projesidir.
- Ağın kurulumu, Harita Genel Komutanlığı, Tapu Kadastro Genel Müdürlüğü'nün denetiminde, İstanbul Kültür Üniversitesi'nin yürütücülüğünde, TÜBİTAK kurumunun desteğiyle gerçekleştirilmiştir.

- Mayıs 2009 itibariyle tamamlanarak sistem faaliyete geçirilmiştir.
- Projenin ana hedefleri: Tüm Türkiye’de 147 sabit GNSS istasyonu kurularak Ağ RTK düzeltme verilerinin sağlanması, bu verilerle gerçek zamanlı ve santimetre mertebesinde hassas konumlama yapılması, farklı koordinat sistemleri arasındaki (ITRF,WGS84,ED50) dönüşüm parametrelerinin hassas olarak belirlenmesi ve kadastral, haritacılık, jeodezik ve bilimsel çalışmalar için veriler sunulmasıdır

PROJENİN AMACI

- Ülke genelinde GPS kullanıcıları, statik veya RTK/DGPS (gerçek zamanlı) tekniklerinden yararlanarak, önce kendi baz istasyonlarını oluşturmakta sonra da gezici alıcılarla koordinatlarını hesaplamaktadırlar.
- Statik ölçülerde geziciler, baz uzunluğu ve uyguladıkları yönteme bağlı olarak, 15 dakikadan saatlere varan ölçü zamanına gereksinim duymaktadırlar.
- Klasik RTK kullanımı durumunda baz istasyonundan ancak 5-10 km uzaklığa kadar çözüm sağlayabilmektedirler.
- Bu kadar zahmetli ve pahalı bir yaklaşım sonucu belirlenen noktalar ise arazide, değişik boyutlarda beton tesislerle (beton blok, pilye vb.) işaretlenmektedir.

CORSTR Ağ yaklaşımı sayesinde statik ve RTK konum belirleme çok daha kısa sürelerde gerçekleştirilmektedir. RTK kullanımı durumunda baz istasyonundan 50-75 km uzaklığa kadar çözüm sağlanabilmektedir.

24 saat hizmet veren CORSTR sistemi ile

- Ülke savunması ve kalkınması amaçlı konum verilerini elde edilebilmek,
- Her türlü navigasyon için sağlıklı konum belirlenmesini sağlamak,
- Hücresel dönüşüm parametrelerinin belirlenmesi konusunda TKGM ve HGK başta olmak üzere tüm kurumların temel sorununu çözmek

Proje kapsamında uygulanan ana çalışmalar 4 ana başlıkta ifade edilebilir:

- CORS-TR Tasarımı (İstasyon Yeri, Yazılım, Donanım)
- CORS-TR Sisteminin Kurulması, İşletilmesi
- Datum Dönüşüm Modellerinin Geliştirilmesi
- Araştırma ve Geliştirme Faaliyetleri

Bu sistemde noktaların yerlerinin seçimi, sürekli gözlem yapan istasyonların, her ilde en az bir adet, yoğun yapılaşmaya sahip şehirlerde ve bölgelerde ise ihtiyaca bağlı olarak iki veya daha fazla sayıda kurulması düşüncesiyle gerçekleştirilmiştir. Böylece istasyonlar arası mesafe 80-100 km civarında olacak şekilde noktalar tesis edilmiştir.

Tüm ülkeyi kapsayan TUSAGA-Aktif ağı sayesinde; jeodezik ve mühendislik amaçlı uygulamalarda nirengi, poligon tesisi gereksinimi kalmadığı gibi, gerçek zamanlı kinematik konumlama uygulamalarında da referans istasyonuna gerek kalmamakta ve binlerce alıcı eş zamanlı olarak bu ağın noktalarına bağlı olarak düzeltme bilgilerini alabilmektedirler.

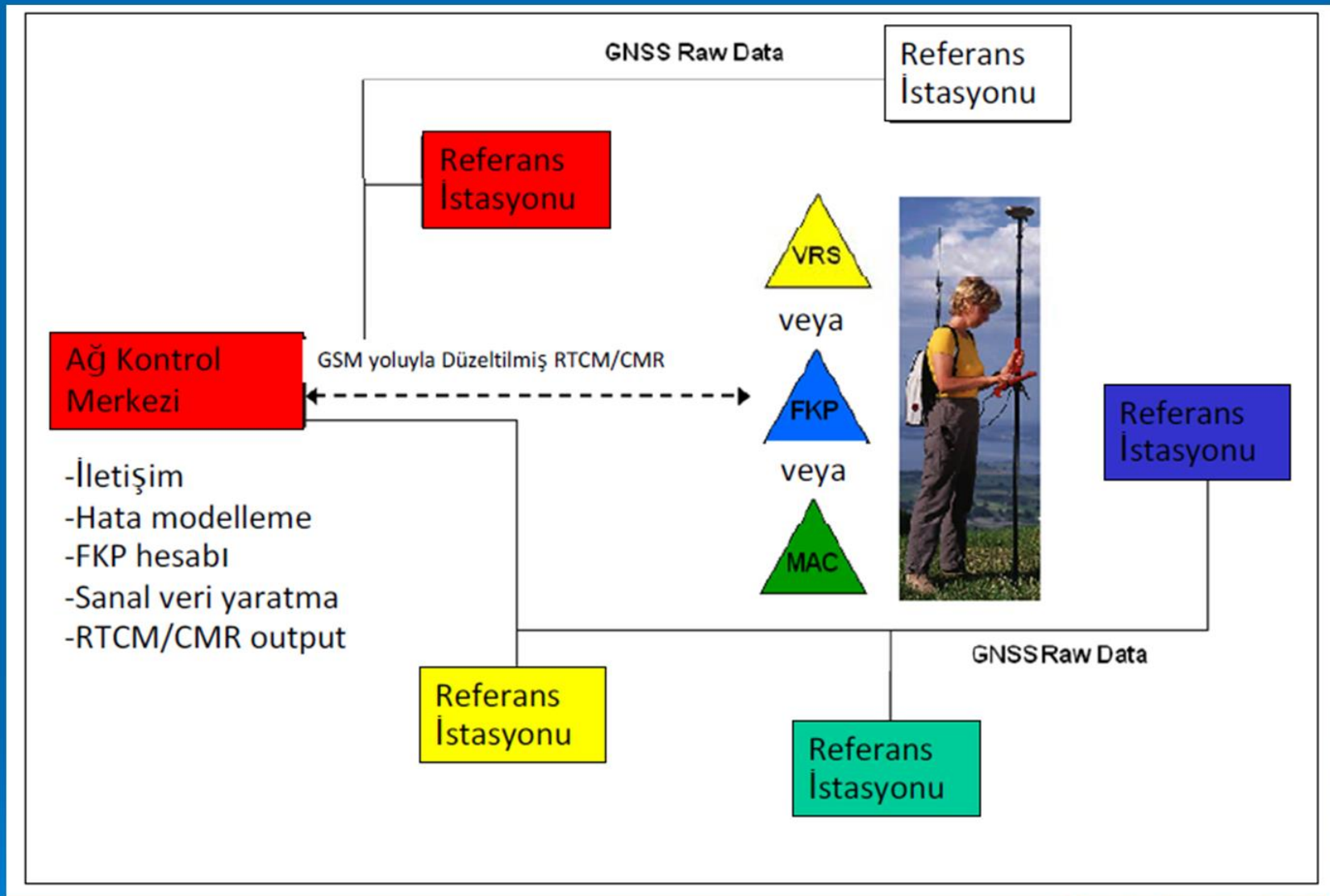
TUSAGA-Aktif ağının en önemli katkılarından biri de, üretilen koordinat bilgilerinin tek anlamlı ve ulusal bir formatta olmasıdır.

TUTGA ağı ile entegre edilen bu ağın noktaları, ITRF koordinat sisteminde, 2005 epoğunda ve 1996 datumunda hesaplanmıştır

Kurulan istasyonlarda birer adet GNSS alıcısı, ADSL/GPRS bütünleşik modem, akü, akü şarj aleti, yıldırım koruma adaptörü, telefon hat koruması, 4 adet fan, sigorta ve standart donanım kabini ile alıcıya bağlı bir jeodezik GNSS anteni bulunmaktadır.

Sabit GPS istasyonları ile kontrol merkezi arasındaki iletişim, ADSL/GPRS üzerinden sağlanmaktadır. Ayrıca, ADSL hattında sorun olduğunda veri iletimi GPRS ile sürmektedir.

Kontrol merkezlerinde bulunan sunucular, tüm istasyonlarda n bir saniye aralıklı gelen ham gözlem verilerden yararlanarak atmosferik modelleme yapmakta ve hassas düzeltme verileri hesaplamaktadır.



CORS sisteminin genel çalışma şeması



BOZÜYÜK



AKHİSAR



EŞME



KONYA



MENTEŞ



MİHALIÇCIK



YUNAK



ŞUHUT



ELMALI



BUCAK



TAVAS



ÇİNE

Aktif İstasyon Yapısı

- Veri aktarım ve iletişim donanımlarının tümüyle gerçek zamanda, anlık ya da tanımlı küçük gecikme zaman dilimlerinde tüm kullanıcılara hizmet verecek şekilde düzeltme verilerini yayınladığı sistemlerdir.
- Özellikle DGPS ve RTK uygulamaları başta olmak üzere, coğrafi bilgi sistemleri uygulamaları içinde etkin olarak kullanılan bu ağlar, ağ-RTK (network RTK) yapısındaki ağlar ya da GNSS/CORS ağları olarak da adlandırılmaktadır.

Pasif İstasyon Yapısı

- Bu istasyonlardan sağlanan veri ve ürünler ölçü sonrası değerlendirme (post-processing) çalışmalarında kullanılmaktadır.
- Ülkemizde bu bağlamdaki ilk çalışma Harita Genel Komutanlığı (HGK) tarafından Türkiye Ulusal Sabit GPS Ağı-Pasif (TUSAGA- Pasif) ile gerçekleştirilmiştir.
- Bunun yanında deprem ve yerkabuğu hareketlerinin belirlenmesi çalışmaları için TÜBİTAK-MAM tarafından Marmara Bölgesi'nde kurulan ve işletilen MAGNET isimli bir ağ bulunmaktadır.

➤ **MAGNET Örneği**

Marmara Bölgesi Sürekli GPS Gözlem Ağı (MAGNET), 24 saat sürekli kayıt yapan GPS istasyonlarından oluşan, 14 istasyonluk dinamik bir gözlem ağıdır ve Harita Genel Komutanlığı, Boğaziçi Üniversitesi-Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, İstanbul Teknik Üniversitesi, MIT ([Massachusetts Institute of Technology](#)) ve TÜBİTAK-MAM-YDBAE (Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu, Marmara Araştırma Merkezi, Yer ve Deniz Bilimleri Araştırma Enstitüsü) tarafından ortaklaşa gerçekleştirilen çalışmaların sonucunda elde edilen bilgilerin ışığında Marmara Bölgesi'ni sürekli izleyerek, olası deprem yerleri ile büyüklüklerini saptamak amacı ile kurulmuştur.

- Projenin temel amacı, Kuzey Anadolu Fayı'nın (KAF) batı ve orta kısmı gibi yerleşimin ve endüstrinin yoğun olarak bulunduğu, büyük milli yatırımların yoğunlaştığı yerlerdeki aktif fayların üzerindeki gerilme birikimlerini saptamak ve buna bağlı olarak deprem riskini ortaya çıkarmaktır.
- Toplanan tüm veriler, GAMIT/GLOBK yazılımı ile işlenmekte, elde edilen sonuçlar farklı disiplinlerin (jeoloji, jeofizik) yardımı ile yorumlanmakta ve modellenmektedir.



MAGNET AĞI ÇALIŞMA PRENSİBİ



İLETİŞİM

Ortak GPS veri biçimleri

RINEX (Receiver Independent Exchange Format)

Ham GPS verisi, statik veri, değerlendirme ve arşiv amacıyla

NMEA (National Marine Electronics Association)

Standart elektronik cihazlar arası veri iletişimi.

GPS alıcısının konumunu diğer araçlara iletmede.

Gerçek zamanlı konumlamada

RTCM SC-104 (Radio Technical Commission for Maritime Services
Special Committee (SC) 104)

GPS referans istasyonundan düzeltme verisini GPS gezicisine
iletmede

DGPS/RTK kullanıcıları için.

İLETİŞİM

Protokoller

Bir protokol iki veya daha fazla iletişim kuran bağımsız ünitenin arasındaki mesajların formatı ve düzeni yanı sıra mesajın gönderilme ve/veya alınması esnasında yapılacak işlemleri açıklar.

Ortak protokol kullanımı demek, uyumluluk ve dahili çalışma demektir.

GPS verisinin değişimi için birçok protokol olmasına rağmen bunlardan iki tanesi standartlaşmıştır. NMEA0813 ve RTCM

İLETİŞİM

RTCM 3.0 özellikle RTK mesajlarını destekleyecek şekilde dizayn edilmiştir.

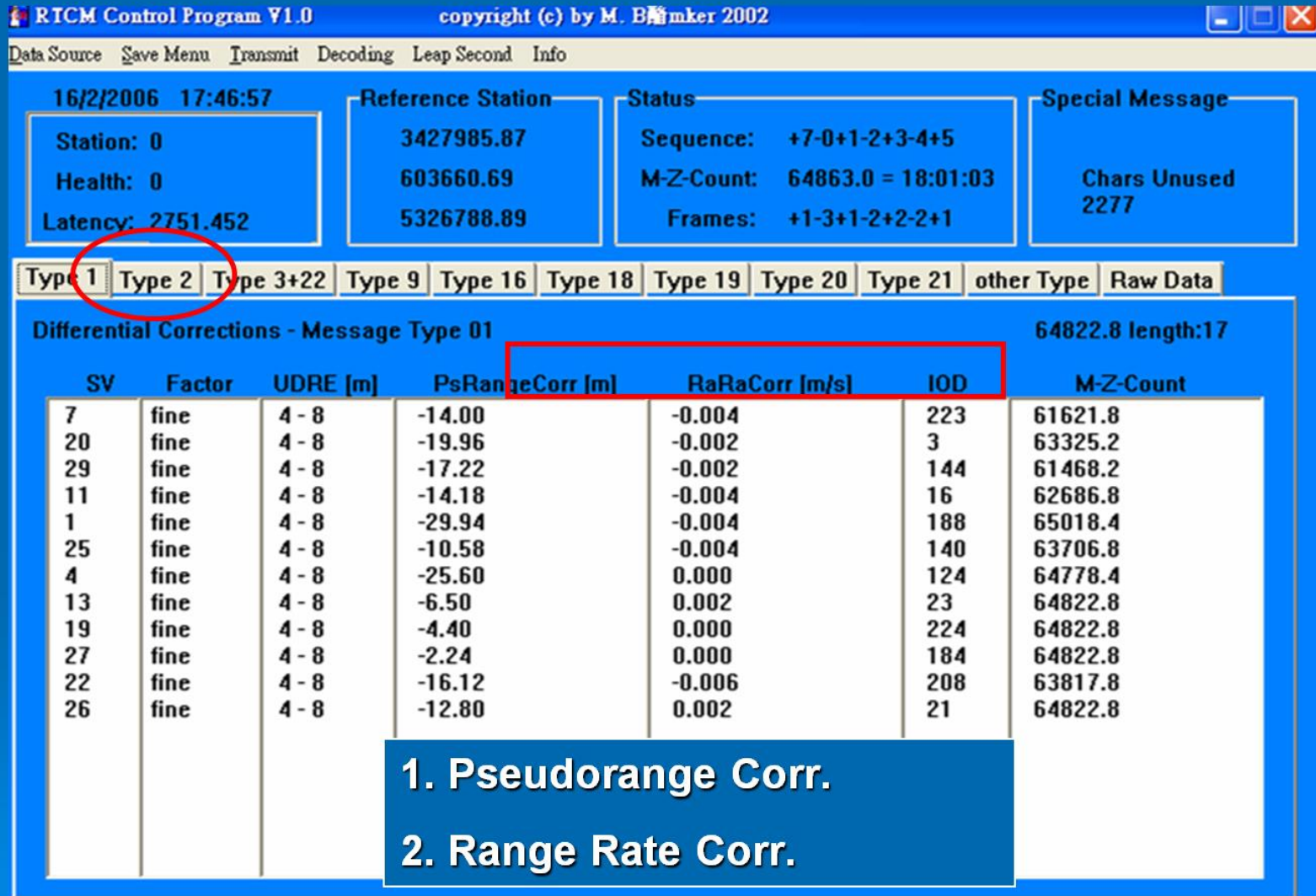
Bu protokol GPS ve Glonass RTK çalışmalarına yönelik verinin yanı sıra, code, taşıyıcı faz gözlemleri, anten ve çevresel parametreleri içerir.

Bu format üzerinde değişikliklere olanak verecek şekilde geliştirilmiştir.

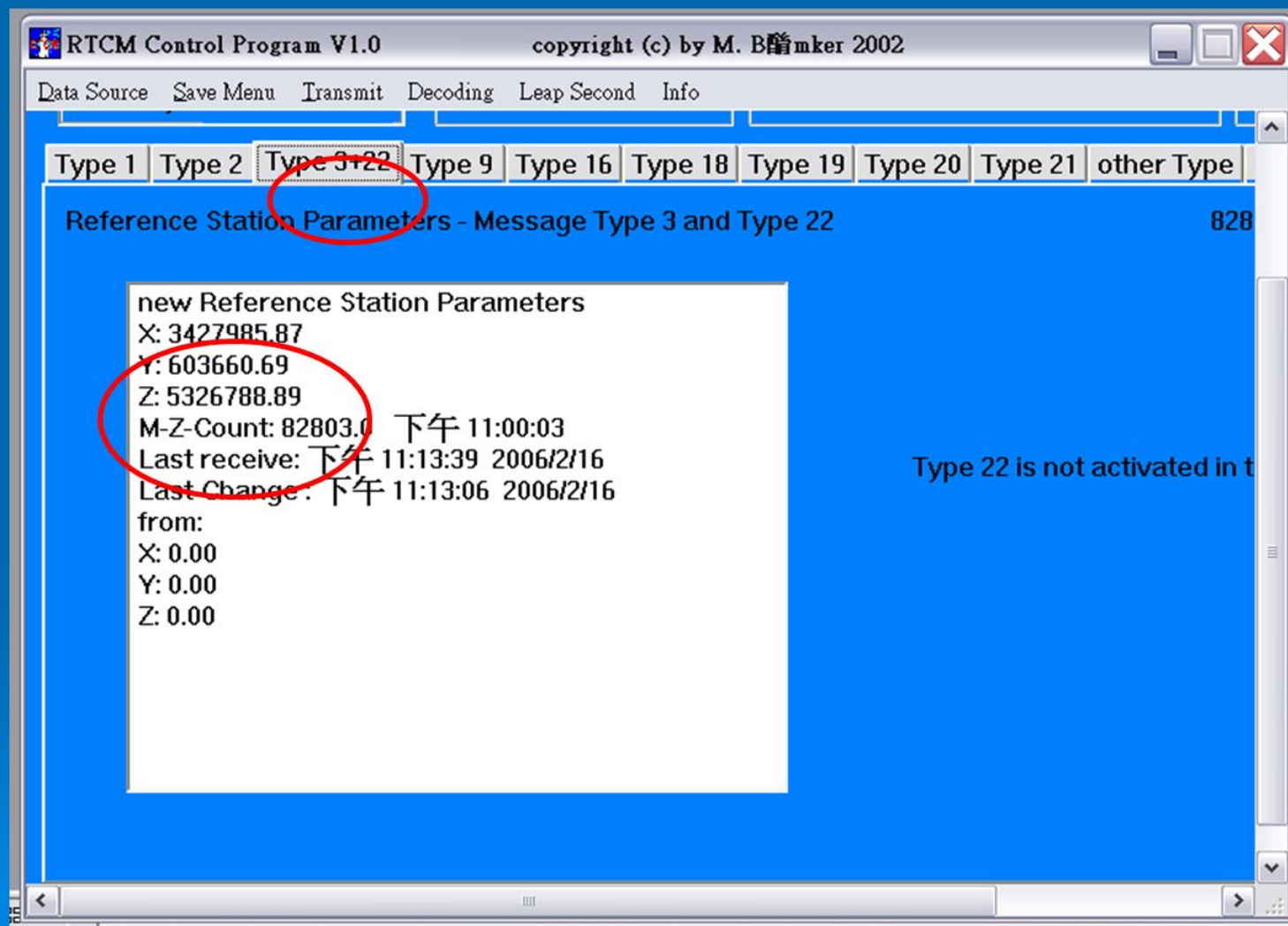
RTCM'de her bir veri çeşitli içeriğe sahip bir çok mesaj içerir.

Message 1, Message2.... Message N

İLETİŞİM



İLETİŞİM



İLETİŞİM

RTCM 3.1 Mesaj Türü

Mesaj Türü	İçerik	Veri aralığı
1003	GPS L1/L2 kabakenar ölçüsü ve Taşıyıcı faz ölçüsü	1 saniye
1004	GPS L1/L2 kaba kenar ölçüsü, taşıyıcı faz ölçüsü + zaman ve CNR	1 saniye
1005	Anten referans nokta koordinatları	60 saniye
1006	Anten referans nokta koordinatları ve yükseklik bilgisi	60 saniye
1007	Anten tanımlayıcısı	60 saniye
1008	Anten tanımlayıcısı ve seri numarası	60 saniye
1011 (opsiyonel)	GLONASS L1/L2 kaba kenar ölçüsü ve taşıyıcı faz ölçüsü	1 saniye
1012 (opsiyonel)	GLONASS L1/L2 kabakenar ölçüsü, taşıyıcı faz ölçüsü + zaman	1 saniye
1019	Yörünge bilgisi	Değiştikçe

İLETİŞİM

NTRIP (Networked Transport of RTCM via Internet Protocol)

Internet protokolü üzerinden RTCM verisinin ağ dağıtımıdır.

Bu bir uygulama tabakası protokolü olup, GNSS verisinin Internet üzerinden dağıtılması için kullanılır.

Bu protokolü Alman Federal Kartografya ve Jeodezi Dairesi geliştirmiştir.

Ntrip diferansiyel düzeltme veya diğer tür GNSS verisinin sabit veya gezici kullanıcılara internet üzerinden yayınlanması için geliştirilmiştir.

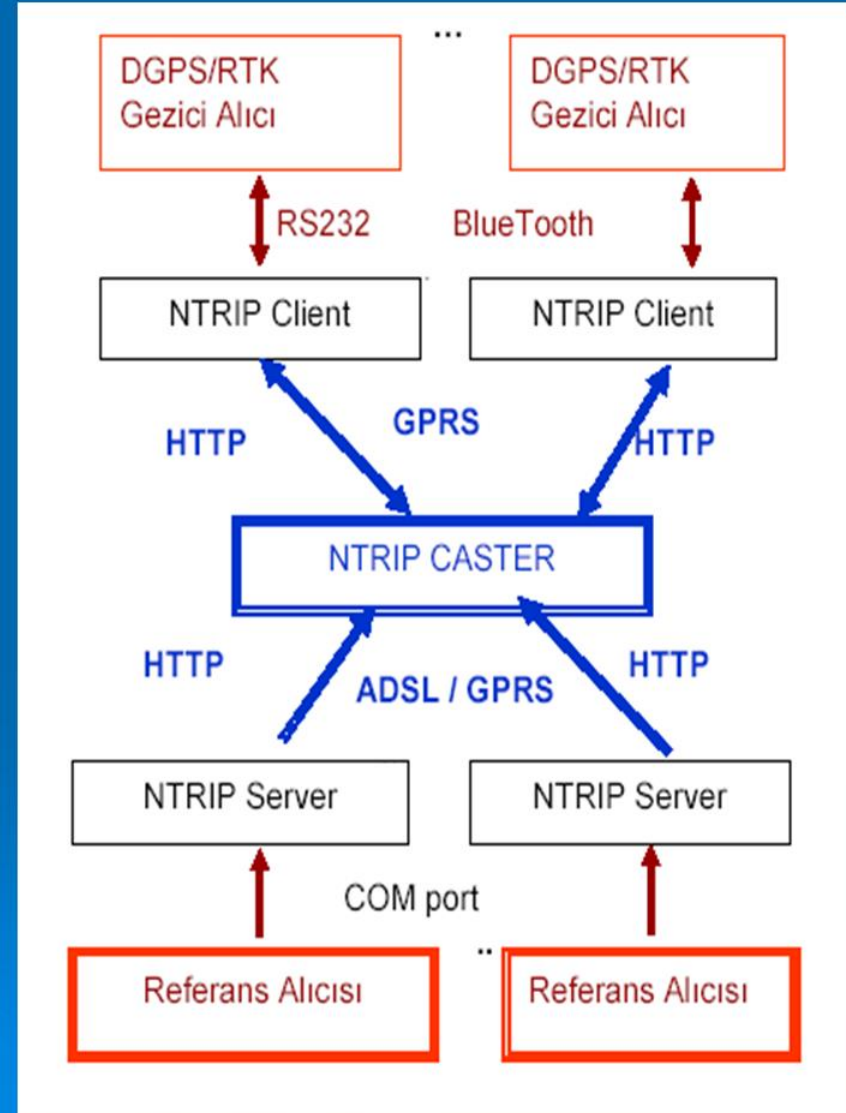
Ntrip, GSM,GPRS, EDGE veya UMTS gibi Mobil IP ağları üzerinden internete kablosuz ulaşımı destekler.

İLETİŞİM

Trip sistemi üç yazılım bileşeninden oluşur;

- NtriClient,
- NtripServer
- NtripCaster.

NtripCaster gerçek http server yazılımı olup, NtripClient ve NtripServer http client olarak davranır. Yandaki şekilde NtripServer bir kaynaktan veri almakta ve bunu NtripCaster'a iletmektedir. NtripCaster bir “telefon santrali” gibi davranmakta ve NtripClient’ları istedikleri veri dizilerine bağlamaktadır



TUSAGA-Aktif Sistemi Düzeltme Parametreleri

TUSAGA-Aktif Sistemi FKP, VRS ve MAC düzeltme bilgilerinin tamamını NTRIP protokolü gereğince yayınlamaktadır.

Sistem;

- FKP düzeltme bilgilerini RTCM 2.3 standardında,
- VRS düzeltme bilgilerini RTCM 3.1 standartlarında,
- MAC düzeltme bilgilerini de RTCM3Net standardında
- DGPS düzeltme bilgilerini RTCM 2.1 standardı ile göndermektedir.

Yayınlanan düzeltme verileri içeriğinde;

- FKP ve DGPS yöntemleri sadece GPS,
- VRS ve MAC yöntemlerinde ise GPS ve GLONASS uydu sinyalleri birlikte kullanılmaktadır.

FKP (Flachen Korrektur Parameter) Alan Düzelme Tekniği

Bu yöntemde ile düzelme parametrelerinin hesabında yüzeyler referans olarak kullanılır.

En basit yüzey, üç nokta arasında gerilmiş olan bir düzlemdir.

Coğrafi koordinatları bilinen bu üç nokta arasındaki düzelme parametreleri, Kuzey-Güney ve Doğu-Batı yönündeki eğim değerleri ile tanımlanır.

Bu yüzeyi tanımlayan parametreler alan düzelme parametreleri olarak adlandırılır.

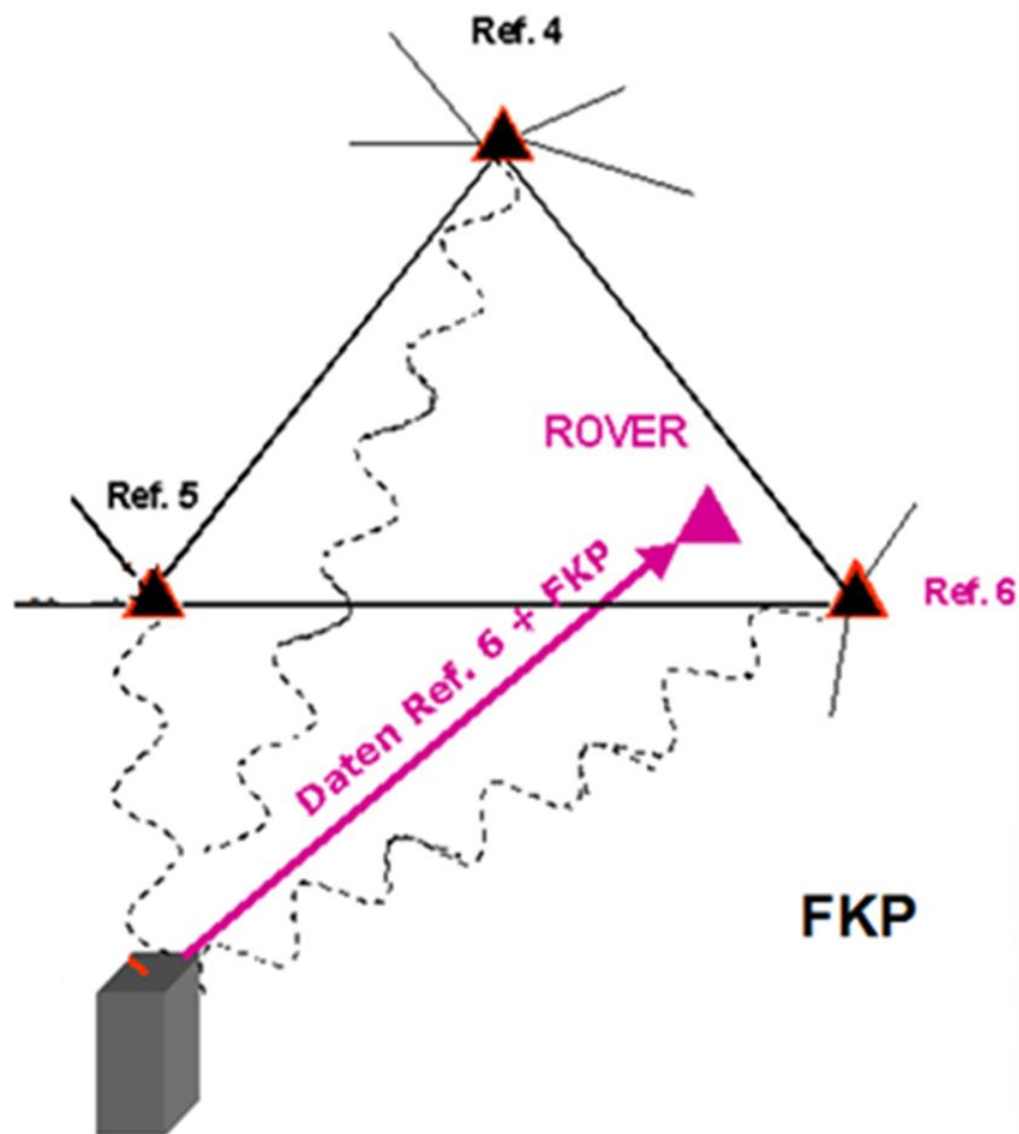
Gezen alıcı kontrol merkezinden «alan» düzeltme parametreleri alır. Diğer koordinat belirlemeye yönelik işlemler alıcı tarafından gerçekleştirilir.

Düzeltilme parametresi iyonosferik ve geometrik bileşen olarak iki bileşenden oluşur. Geometrik bileşen troposferik zaman gecikmesi ve yörünge hatalarını içermektedir.

FKP yönteminde konum belirlemesi, tüm ağ ile ilgili hesaplardan bağımsız olarak gerçekleştirilebilmektedir.

Gezici, ağ düzeltmesini sabit istasyonların birinden alır. Çift yönlü haberleşmede bu istasyonu merkez olarak belirler. Tek yönlü haberleşmede kullanıcı, kendisine yakın olan bir istasyonu kendi seçmek durumundadır.

Prinzip der FKP



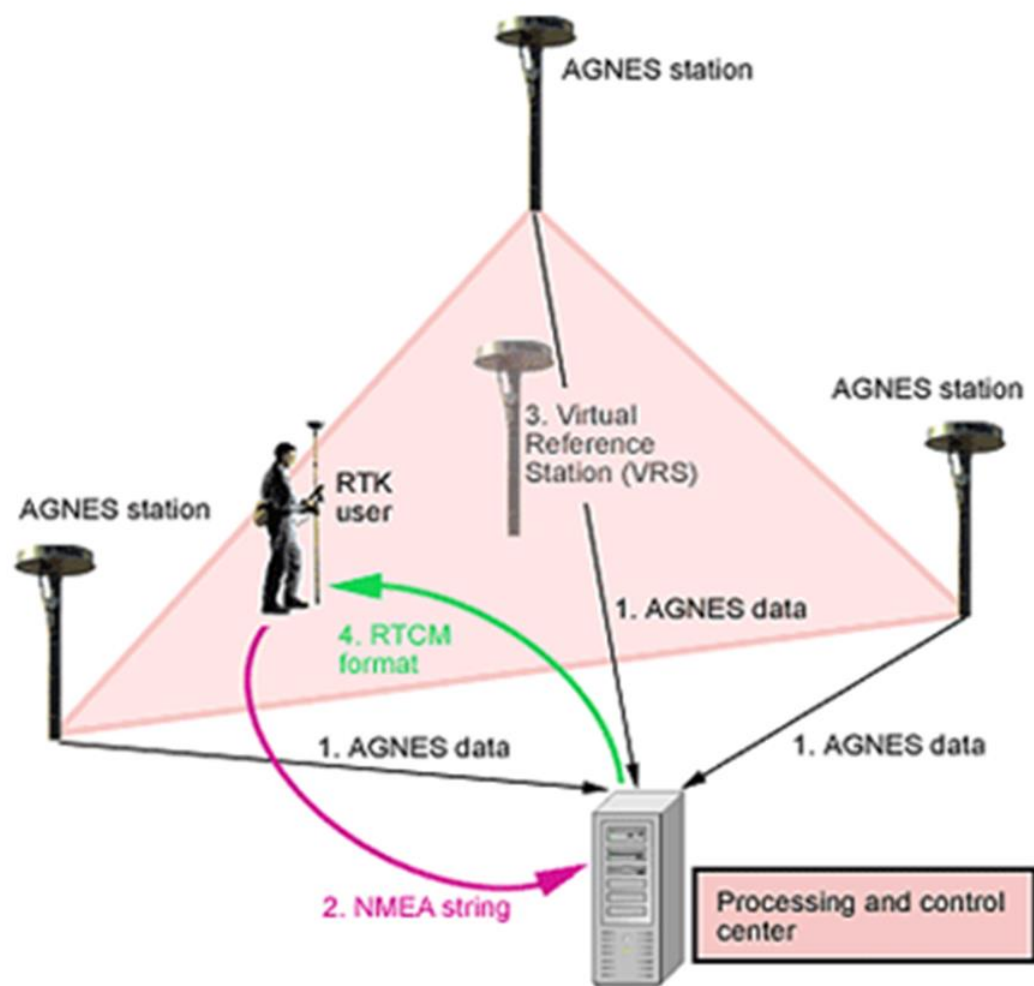
VRS (Virtual Reference Stations) Sanal Referans İstasyonları Tekniği

Gezici alıcının çok yakınında bir sanal istasyon oluşturarak gezici alıcının konumunun oluşturulan sanal istasyon yardımı ile belirlenmesine dayanır.

Böylelikle mesafeye bağımlı hatalar elimine edilmiş olur.

Gezicinin koordinatları, gezici ve sanal referans istasyonu arasında oluşturulan baz hattının koordinat farkı bileşenlerinin sanal referans istasyonunun üç boyutlu koordinatlarına eklenmesi ile elde edilir.

Gezici alıcıya oluşturulan sanal referans istasyonuna göre düzeltme bilgisi RTCM formatında gönderilir.



MAC (Master Auxiliary Concept) Ana Yardımcı İstasyon Düzeltme Tekniği

Bir adet ana istasyon (master) ve birden çok yardımcı istasyondan (auxiliary) oluşan ağ içerisinde gezici alıcının konumunun belirlenmesine dayanır.

Bu yöntemde hesaplamaların büyük bir kısmı gezici alıcıda yapılır. Gezicinin yaklaşık koordinatlarını kontrol merkezine göndermesiyle kontrol merkezi gezici için tüm referans istasyonları içinden bir ana istasyon ve birden çok (en fazla 14 adet) yardımcı istasyon belirlemektedir.

Ana istasyonun alıcıya en yakın istasyon olması gerekmez. Önemli olan alıcı ile aynı uydulara gözlem yapmış olmasıdır.

Ana istasyonun işlevi düzeltme bilgilerini yayınlamaktır. Ana istasyonun herhangi bir nedenle işlevini yerine getirememesi durumunda bu görevi yardımcı istasyonlardan biri üstlenmektedir.

1 Common Satellites



2

Server Software

Generate and
send i-MAX
Corrections

Netw. Solutn.

Netw. Ambig.

3

i-MAX
corr'n

4

RTK Solution

