

GNSS VERİSİNİN GERÇEK ZAMANLI İLETİMİ İÇİN ULUSLARARASI STANDARTLAR VE GELİŞMELER

Taylan Öcalan, Metin Soycan

¹Yıldız Teknik Üniversitesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Ölçme Tekniği Anabilim Dalı, Esenler-İstanbul
tocalan@yildiz.edu.tr, soycan@yildiz.edu.tr

ÖZET

Giderek büyüyen ve gelişen GNSS konsepti ile beraber bu sistemlerin kullanımından yararlananların sayısı da önemli ölçüde artmıştır. Özellikle gerçek zamanlı konum belirleme kapsamında DGNSS ve RTK uygulamaları ölçme ve navigasyon amaçlı birçok çalışma için etkin olarak kullanılır hale gelmiştir. Dünyada sayıları giderek artan GNSS/CORS ağları ile birlikte bu uygulamaların niteliği daha da artmıştır. Bu dinamik süreç gerçek zamanlı uygulamalar için uluslararası GNSS veri standartlarının oluşumunu ve gelişimini de sağlamıştır. Bu bağlamda bu çalışmada farklı kullanıcı seviyeleri için, değişik nitelikteki birçok çalışmada kullanılan gerçek zamanlı konum belirleme sistemlerinin veri iletim mekanizmaları tartışılacaktır. Bu mekanizmaları oluşturan veri formatlarının (RTCM, NMEA, CMR/CMR+), veri iletim protokollerinin (NTRIP, RTIGS) ve veri iletişim linklerinin (VHF, UHF, GSM, GPRS, EDGE, UMTS) gerçek zamanlı GNSS veri iletimindeki önemi vurgulanarak, özelinde NTRIP protokolü ile RTCM veri formatı mesaj yapısı, mesaj türleri ve içerikleri, farklı sürümleri hakkında kapsamlı bilgi verilecektir.

Anahtar Sözcükler: GPS/GNSS, CORS, Ölçme Standartları, RTCM, NTRIP

ABSTRACT

INTERNATIONAL STANDARDS AND DEVELOPMENTS FOR REAL-TIME DELIVERY OF GNSS DATA

Together with the concept of developing and growing GNSS, the users of these systems have increased significantly. Especially, in the concept of real-time point positioning, the applications of DGNSS and RTK have become effectively used for surveying and navigation facilities in many works. By the help of widely increasing GNSS/CORS networks around the world, the quality of these facilities has also been developed. This dynamic process has provided the formation and development of GNSS data standards for real-time applications. In this context, the data transmission mechanism of real-time point positioning systems used in many different-quality applications will be discussed in this study for different user levels. The importance of the data formats (RTCM, NMEA, CMR/CMR+), transmission protocols (NTRIP, RTIGS) and data communication links (VHF, UHF, GSM, GPRS, EDGE, UMTS) in real-time GNSS data delivery will be emphasized, and comprehensive information will be presented particularly for NTRIP protocol, message structure of RTCM data format, message types and contents in different versions.

Keywords: GPS/GNSS, CORS, Surveying Standards, RTCM, NTRIP

1. GİRİŞ

Günümüzde, konuma ve mekâna bağlı bilgilerin temini, elektronik, bilgisayar, yazılım, telekomünikasyon ve uydu sistemleri gibi teknolojik unsurlar ile dinamik bir gelişim süreci sergilemektedir. Yer'e (geo) ilişkin bilgilerin, istenilen standartlarda, güvenli, ekonomik ve yaygın bir şekilde işlenerek sunulması, artan mali değeriyle Harita (Geomatik/Jeodezi ve Fotogrametri) Mühendisliğinin güçlü kaynakları ve uygulama alanları arasında yerini almıştır. Özellikle konuma ilişkin veri niteliğindeki bilgiler uydu bazlı global ölçme ve konumlama sistemleri ile elde edilmektedir.

Bu sistemlerin başında gelen global navigasyon uydu sistemleri (GNSS)'nin gerçek zamanlı (real-time) uygulamaları ise birçok farklı disiplin ve kullanıcı tarafından tercih edilen etkin sistemler haline gelmiştir. Bu bağlamda, ağ-RTK (NRTK-RTN) prensibinde çalışan GNSS/CORS ağları, gerçek zamanlı diferansiyel düzeltme hesap teknikleri (VRS, FKP, MAC), GPS/GNSS kullanıcı ekipman, donanım ve yazılımları ile telekomünikasyon teknolojileri gerçek zamanlı uygulamalar dikkate alındığında ön plana çıkmaktadır. Başta bilimsel çalışmalar olmak üzere, günlük yaşantımızdaki uygulamalar için dahi etkin bir şekilde kullanılan bu sistemler, gelişen ve değişen teknolojiye paralel olarak her geçen gün kullanıcıya yüksek doğrulukta daha üstün hizmetler sunmaktadırlar (Öcalan ve Soycan, 2011).

Bugün GPS ve GLONASS sistemlerinin faal kullanımının yanı sıra yakın bir gelecekte GALILEO ve COMPASS gibi diğer global sistemlerin devreye girmesi, bölgesel sistemler (QZSS, IRNSS vb.) ile kapsama alanı genişletici/augmentation (WAAS, EGNOS, MSAS, GAGAN vb.) diğer sistemleri de içeren GNSS konseptinin her yerde, her zaman, doğru ve güvenilir olarak etkin kullanımını sağlamak amacıyla uluslararası standartlar oluşturulmuştur (Öcalan ve Tunalioglu, 2010).

Bu standartlar içerisinde GNSS verisinin gerçek zamanlı iletimi için geliştirilen ve kullanılan çeşitli veri formatları ve veri iletim protokolleri ise, günümüzde özellikle diferansiyel konum belirleme kapsamında DGNSS ve RTK

uygulamaları, mutlak konum belirleme kapsamında gerçek zamanlı PPP (Real-Time PPP) uygulamaları için oldukça önem kazanmıştır. Genel olarak ölçme ve navigasyon amaçlı kullanılan bu sistemlerden DGNSS tekniği, bir alıcı ve bir uydu arasındaki sinyalin seyahat süresinin hesabı için kod ölçülerini kullanırken, buna karşın RTK tekniği taşıyıcı faz ölçülerini kullanmaktadır. Her iki teknikte konumu iyi bilinen bir ya da birden fazla referans istasyonundan yayınlanan düzeltme verilerini mobil kullanıcılara/alıcılara iletmek için bir kablosuz iletişim linkine ihtiyaç duymaktadır.

Son yıllarda IGS vb. kurum ve organizasyonların sağladığı yakın gerçek zamanlı (near real-time) ve gerçek zamanlı (real-time) veri ve ürünler, mutlak anlamda konumlama için Precise Point Positioning (PPP) tekniğinin geliştirilmesini sağlamıştır. Özellikle uydu yörünge bilgileri ile alıcı ve uydu saat bilgilerinin sunumu ile gerek büro hesapları, gerekse gerçek zamanlı uygulamalarda yüksek doğruluk sağlayan bu yöntemin yakın bir gelecekte etkin kullanımı için çalışmalar yürütülmektedir (Öcalan, 2011). Yürütülen bu çalışmalar DGNSS/RTK/PPP tekniklerini destekleyecek ve geliştirecek nitelikte katkılar sağlamaktadır.

Yukarıda bahsedilen gelişmeler ışığında, bu çalışmada özellikle kara, deniz ve hava navigasyonu için standart DGNSS uygulamaları ile farklı marka ve modeldeki alıcılardan oluşabilen ağ RTK ilkesi ile çalışan GNSS/CORS ağlarının entegrasyonu, birlikte çalışabilirliği ve yönetimi için geliştirilmiş ve kullanılmakta olan veri formatları, veri iletim protokolleri ve veri iletişim linkleri ele alınacaktır. Bu noktada gerçek zamanlı veri iletiminde kullanılmamasına karşın, alıcıdan bağımsız GNSS veri değişim formatı olarak bilinen ve uluslararası bir standart olan RINEX formatı ve çeşitli güncel sürümleri kısaca ele alınacak, gerçek zamanlı uygulamalar için RTCM SC-104 (The Radio Technical Commission for Maritime Services Special Committee-104) tarafından geliştirilen ve etkin olarak kullanılan RTCM formatının farklı sürümleri, mesaj yapısı, mesaj türleri ve içerikleri kapsamlı olarak irdelenecektir. Bunun yanı sıra, GNSS verisinin internet üzerinden iletimi için geliştirilen NTRIP ve RTIGS gibi ağ iletim protokolleri ile veri iletişim linki olarak kullanılan VHF/UHF bantları, GSM, GPRS, EDGE ve UMTS gibi kablosuz ağ teknolojilerinin gerçek zamanlı GNSS uygulamalarındaki önemi vurgulanacaktır.

Sonuç olarak, gerçek zamanlı GNSS verisinin iletim mekanizmalarını oluşturan veri iletişim linkleri, veri iletim protokolleri, veri formatları, mesaj yapıları, mesaj türleri ve içerikleri ile RTCM SC-104 tarafından tanımlanan farklı sürümdeki formatlar uluslararası gelişmeler ışında ele alınacaktır. Özellikle RTCM formatına vurgu yapılarak, yapı ve biçim özellikleri bakımından RTCM SC-104 v2.x (kısaca RTCM 2.x) ile RTCM SC-104 v3.x (kısaca RTCM 3.x) sürümleri karşılaştırılarak, benzer ve farklı yanları, avantaj ve dezavantajları, kullanılan bant genişliği ve verimliliği ele alınacaktır.

2. GNSS VERİ DEĞİŞİMİ İÇİN ULUSLARARASI STANDARTLAR

Günümüzde ölçme ve navigasyon amaçlı konum belirleme uygulamalarında GNSS verisinin değişimi için geliştirilmiş 2 temel standart kullanılmaktadır. Bunlardan ilki özellikle diferansiyel (görelî/rölatif/bağıl) konumlamada ölçü sonrası değerlendirme (post-processing) çalışmaları ile veri arşivleme için geliştirilmiş, gerçek zamanlı veri iletimi için uygun olmayan RINEX formatıdır. İkincisi ise gerçek zamanlı (real-time) uygulamalar için geliştirilmiş olan RTCM formatıdır. Bu standartların dışında gerçek zamanlı uygulamalar için GPS/GNSS alıcıları ile diğer cihazlar (örneğin PDA) arasında veri iletimi için NMEA formatı kullanılmaktadır.

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” formatta olup, bazı firmalar tarafından “ASCII” formatta da geliştirilmektedir. Bazı durumlarda GNSS alıcısı üreten firmalar, değişik modeldeki alıcılar ve uygulamaya yönelik olarak farklı veri formatları da oluşturabilmektedirler. Ashtech MBEN ve PBEN, Javad JVS, Leica LB2, Trimble RT17 ve RT27 ve Topcon TPS bu kapsamda iyi bilinen üretici firma tanımlı veri formatlarıdır. GNSS ölçmelerinde gözlenen tüm veriler çoğunlukla alıcı markasına bağımlı “binary” veri formatında kaydedilerek, ölçü sonrası değerlendirme (post-processing) işlemi için bilgisayara aktarılmaktadır (Heo vd., 2009).

Ancak kullanıcılar tarafından farklı marka ve modeldeki GNSS alıcı, ekipman ve donanımları ile ticari/akademik veri değerlendirme yazılımlarının kullanılıyor olması, gözlenen verilerin alıcıdan bağımsız bir veri değişim formatına dönüştürülerek her türlü yazılımla değerlendirilmesine olanak tanıyan uluslararası endüstriyel bir standardın oluşumunu zorunlu kılmıştır.

Bu nedenle 1980’li yılların sonlarına doğru, EUREF89’ un oluşturulması sürecinde Avrupa kapsamında yapılan GPS kampanyalarını değerlendirme aşamasında, İsviçre’deki Bern Üniversitesi Astronomi Enstitüsü tarafından bilimsel ve jeodezik uygulamalarda GPS verisinin değişimi için “ASCII” dosya formatında RINEX (Receiver INdependent EXchange) formatı geliştirilmiştir. RINEX formatının ilk sürümü olan “RINEX Version 1”, 1989 yılında Las Cruces’ da düzenlenen 5. Uluslararası Uydularla Konum Belirleme Jeodezi Sempozyumu’nda alıcıdan bağımsız veri değişim formatı olarak uluslararası bir standart olarak kabul edilmiştir. “RINEX Version 2” de, 1990 yılında Ottawa’da düzenlenen 2. Uluslararası Global Konum Belirleme Sistemleri ile Duyarlı Konumlama Sempozyumu’nda sunularak, GLONASS ve SBAS uydu sistemlerinin verileri de eklenmiş olarak kabul edilmiştir (Gurtner and Estey, 2007).

RINEX formatının, RINEX 2.10, RINEX 2.11, RINEX 2.12, RINEX 2.20, RINEX 3.00 gibi farklı sürümleri vardır. Son olarak RINEX 3.01 sürümünün IGS tarafından onayı beklenmektedir (Gurtner ve Estey, 2007; URL-1; URL-4).

GNSS veri değişimi için geliştirilmiş uluslararası bir diğer standartta gerçek zamanlı uygulamalarda kullanılan RTCM formatıdır. Özellikle farklı marka ve modeldeki alıcılardan oluşabilen GNSS/CORS ağlarının birlikte çalışması ve entegrasyonu ile bu ağlardan mobil kullanıcılara (gezici alıcılara/rover) iletilen gerçek zamanlı verilerin bir protokol ve veri formatında gönderilmesi, kullanıcılar tarafından da bunların kabul edilebilir olması gerekmektedir. Bu nedenle uluslararası bir standart olarak geliştiren RTCM, başta DGNS olmak üzere günümüzde RTK uygulamalarında etkin olarak kullanılan bir veri formatıdır.

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) daha birçok veri formatı da geliştirilmiştir.

Tablo 1: RINEX, RTCM, NMEA formatlarının genel özellikleri (Choi, 2011)

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.
	Özellikle gerçek zamanlı DGNS/RTK uygulamalarında düzeltme verisinin iletiminde kullanılır.
NMEA	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.

3. GNSS VERİSİ İÇİN GERÇEK ZAMANLI İLETİM MEKANİZMALARI

GNSS bilgilerinin gerçek zamanlı iletimi ve teslimi için üç temel bileşen bulunmaktadır. Bu bileşenler kullanılan “veri iletişim linkleri (*data communications link*)”, “veri iletim protokolleri (*transmission protocol*)” ve “veri formatları (*data format*)”dır.

Üretici firma tanımlı özel veri formatlarının dışında günümüzde uluslararası standart olarak kabul edilmiş RTCM, NMEA ve CMR/CMR+ gibi formatlar bulunmaktadır. Bu formatlar anlamlı GNSS bilgilerini “bit” dizileri şeklinde içeren ve bu bilgilerin belli bir sözleşme ile iletimini sağlayan dosya yapısındadırlar. Veri iletim protokolleri ise ilgili formattaki GNSS bilgilerini içeren dosyaların bir ağ üzerinde güvenilir akış kontrol mekanizmalarını sağlayarak, veri iletimini yönetirler. Günümüzde GNSS verileri için geliştirilmiş NTRIP ve RTIGS gibi veri iletim protokolleri bulunmaktadır. Tüm bu bilgileri bir yerden diğer bir yere taşıma aracı olarak ise veri iletişim linkleri (telekomünikasyon sistemleri) kullanılmaktadır. Genel anlamda veri iletişim linkleri de tek yönlü ve çift yönlü olmak üzere 2 türdedir (Heo vd., 2009).

3.1 Veri İletişim Linkleri

Veri iletişim linkleri (telekomünikasyon sistemleri) gerçek zamanlı diferansiyel konumlama için oldukça önemlidir. DGNS ve RTK uygulamalarında ham veriler ile kod ve faz ölçü düzeltmelerinin, referans (base) ve gezen (rover) alıcılar arasında alınması ve gönderilmesi gerekmektedir.

Bu bilgilerin aktarılmasında kullanılacak olan veri iletişim linklerinin belirlenmesinde çeşitli unsurlar etken olmaktadır. Uzaklık, kapsama alanı, bant genişliği, güvenilirlik vb. teknik nedenler, kullanılacak sistemlerin maliyeti ve bu konudaki ilgili yasal mevzuat bu veri iletişim linklerinin belirlenmesindeki en önemli etkenler olmaktadır (Kahveci, 2009).

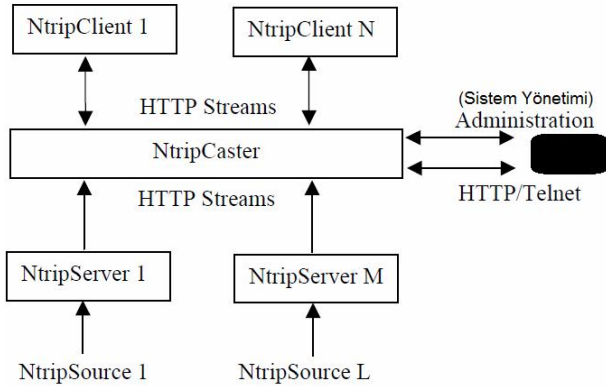
DGNS ve RTK düzeltme verileri uzun yıllar Very High Frequency (VHF) ya da Ultra High Frequency (UHF) radyo sinyalleri vasıtasıyla telsiz iletişimiyle radyo modemler kullanılarak yayınlanmıştır. Bu yapıda iletişim sağlanabilmesi için hem referans alıcı hem de gezen alıcı/alıcılarda radyo modemin bulunması gereklidir. Teknolojik gelişmelerle birlikte kablosuz iletişim teknolojilerinin kullanımı günümüzde GNSS düzeltmelerinin yayınlanması için alternatif olarak internet protokolü (IP) ağlarının tercih edilmesini sağlamıştır. GNSS alıcıları, bilgisayar ve internetin etkin kullanımı ile iki yönlü kablosuz iletişim için Global System for Mobile Communications (GSM), General Packed Radio Service (GPRS), Enhanced Data rates for GSM Evolution (EDGE) ve Universal Mobile Telecommunications System (UMTS) gibi çeşitli kablosuz linkler, veri iletişimi için kullanılmaktadır. Bunların yanında maliyetleri şimdilik fazla olsa da uydu haberleşme linkleri de (Thuraya, OmniSTAR, Türksat vb.) kullanılmaktadır. Özellikle günümüzde DGNS/RTK uygulamalarında tercih edilen GSM’de düzeltmeler bağlantı süresi dikkate alınarak ücretlendirilirken, buna karşın GPRS’in kullanımında “download” edilen veri miktarına göre ücretlendirme yapılmaktadır (Lenz, 2004; Öcalan ve Tunahıoğlu, 2010).

3.2 Veri İletim Protokolleri

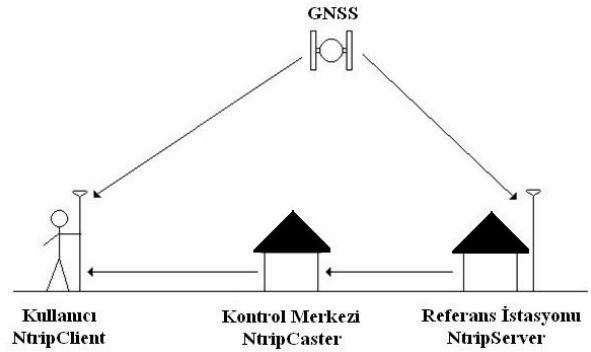
Günümüzde GNSS verilerinin internet üzerinden yayınlanması ve dağıtımı amacıyla geliştirilmiş 2 standart protokol bulunmaktadır. Bunlardan “Networked Transport of RTCM via Internet Protocol (NTRIP)”, gerçek zamanlı olarak internet-radyo teknolojisini geliştirip desteklemek amacıyla Almanya Federal Kartografya ve Jeodezi Dairesi (BKG) tarafından geliştirilmiştir. “Real-Time IGS (RTIGS)” ise Uluslararası GNSS Servisi (IGS) tarafından geliştirilme süreci devam eden diğer bir protokoldür. Bu internet protokolleri, ilgili veri formatındaki GNSS bilgilerini içeren dosyaların bir ağ üzerinde güvenilir akış kontrol mekanizmalarını sağlayarak, veri iletimini yönetirler. Başka bir ifadeyle GNSS verilerinin internet üzerinden nasıl yayınlanacağını tanımlayan protokollerdir.

NTRIP’ in ilk sürümü olan NTRIP v1.0, 2004 yılında RTCM SC-104 Komitesi tarafından RTCM standardı olarak kabul edilmiş bir internet protokoldür. Yalnızca RTCM veri formatı veya standart diğer veri formatları için değil, üretici tabanlı özel veri formatları içinde kullanılmaktadır. NTRIP, Hypertext Transfer Protocol HTTP/1.1’ ye dayalıdır. Kablosuz internet ile GSM, GPRS, EDGE ve UMTS gibi çeşitli mobil IP ağlarını destekleyen bir protokoldür. Birkaç yıl önce RTCM SC-104 Komitesi, NTRIP v1.0’ ı, paket tabanlı iletişimler (packet-based communications) için standart olarak kabul etmiştir. NTRIP v1.0, güvenli bir şekilde veri iletimini sağlamak için “Transmission Control Protocol/Internet Protocol (TCP/IP)” kullanır. NTRIP, sabit ve mobil kullanıcılar ve özellikle gerçek zamanlı diferansiyel uygulamalarda mobil kullanıcılar için PC, Laptop, PDA ile GNSS alıcılarının eş zamanlı kullanımında internet üzerinden veri akışının kontrolünü sağlar. 2009 yılında RTCM SC-104 Komitesi tarafından NTRIP’ in yeni sürümü olan NTRIP v2.0’da kabul edilmiştir. Bu yeni sürümde HTTP’ ye tam uyum için, TCP/IP’ye ek olarak “User Datagram Protocol/Internet Protocol (UDP/IP)” nin kullanımı değerlendirilme aşamasındadır. Yeni sürüm olan NTRIP v2.0’da, http protokol ihlalleri temizlenerek gerçek zamanlı veri akış kontrolü için iletişimin daha sağlıklı gerçekleşmesi sağlanmıştır. NTRIP v2.0 daha önceki sürümü olan NTRIP v1.0 ile uyumlu olarak geliştirilmiştir (RTCM, 2004; Weber vd., 2005; Heo vd., 2009; RTCM, 2009; URL-3).

NTRIP protokolü RINEX, BINEX, SOC veri formatlarının, DGPS/RTK uygulamaları için RTCM formatı ile yayın efemerislerinin, yörünge/saat düzeltmelerinin, havacılık uygulamalarında RTCA düzeltmelerinin (EGNOS-WAAS-MSAS ile) ve diğer GNSS veri formatlarının kontrollü olarak akışını sağlar. NTRIP, 3 ana sistem yazılımı bileşeninden oluşmaktadır. Bunlar “NtripClients”, “NtripServers” ve “NtripCasters” olarak isimlendirilmektedir (URL-3).



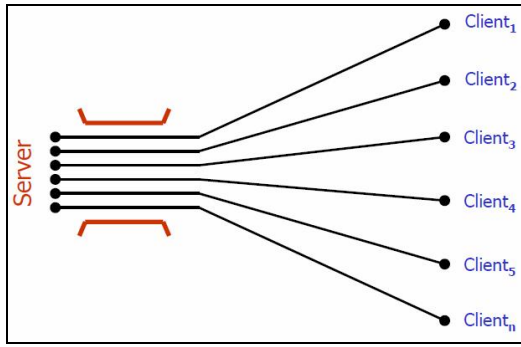
Şekil 1: NTRIP sistem bileşenleri arasında veri akışı (URL-3)



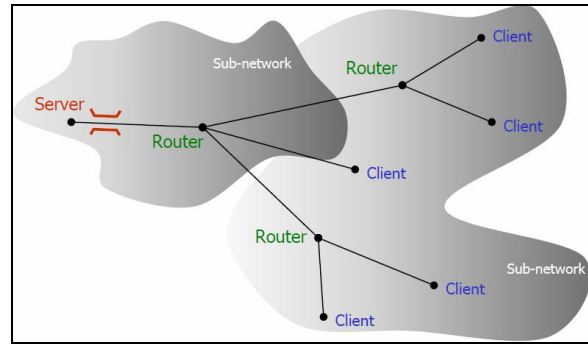
Şekil 2: NTRIP iletişimi (Peterzon, 2004)

Bir diğer veri iletim protokolü olan RTIGS’ de internet üzerinden GNSS veri akışının kullanımının yaygınlaşması için IGS çalışma gruplarından “Real-Time Working Group (RTWG)” tarafından geliştirilmiştir. RTIGS protokolü, UDP/IP’yi kullanmaktadır. Aynı zamanda minimum bant genişliği ile GPS gözlem verilerini taşımak için JPL tarafından geliştirilmiş SOC veri formatını kullanır (URL-1).

TCP/IP, kullanılan birçok ağda veri akış yoğunluğunun giderilmesinde internet-radyo’daki önemli deneyimlerden biri olmuştur. Ancak “Server”da fazla iş yükü olmasına neden olmaktadır. UDP/IP ise veri akışı için alt ağlarda daha etkin çözüm ve sonuçlar vermektedir. Fakat bunun gerçekleşebilmesi için tüm kullanıcı alt ağların sisteme erişebilir olması gerekmektedir. Örneğin UDP mobil IP kullanıcıları desteklememektedir (Weber vd., 2003).



Şekil 3: TCP/IP kullanımı (Weber vd., 2003)

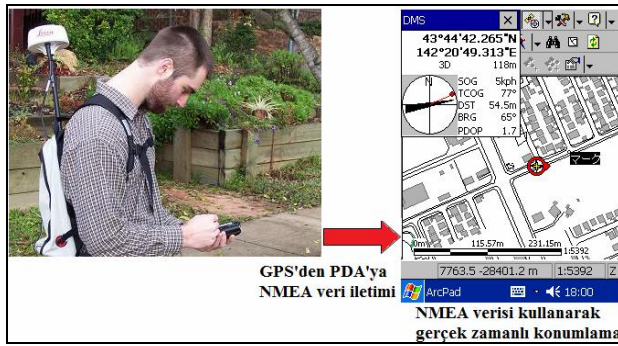


Şekil 4: UDP/IP kullanımı (Weber vd., 2003)

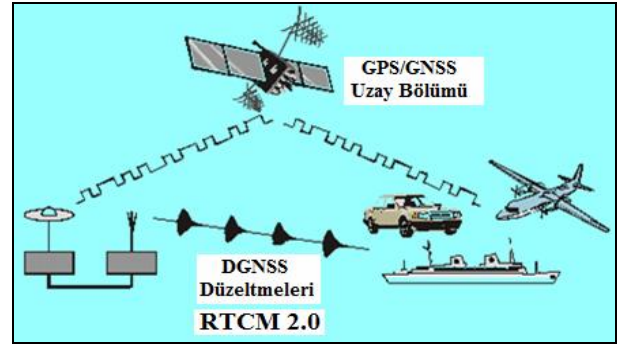
3.3 Veri Formatları

NMEA 0183 (kısaca NMEA) veri formatı, U.S. National Marine Electronics Association tarafından, deniz navigasyonu ve diğer denizcilik uygulamalarında arabirim olarak kullanılan elektronik cihazların (GPS, pusula, ekosounder vb.) veri iletişimi için geliştirilmiş bir standarttır. Denizcilikte kullanılan elektronik cihazlar arasındaki veri hızlarının uyumsuzluklarının giderilmesini sağlayan bu mesaj formatı, çoğunlukla bir GPS/GNSS alıcısı ile diğer cihazlar arasında (mekanik ve elektronik aletler) verinin iletimi için kullanılır (URL-2).

NMEA, "ASCII" dosya yapısında olduğundan veriler kolayca okunabilmektedir. NMEA mesajında, uydulara ilişkin gözlem verileri yoktur ve navigasyon bilgisi de sınırlıdır. Bu nedenle birçok GNSS alıcısında, NMEA mesaj çıkışı özelliği bulunsa da, diferansiyel ve RTK uygulamaları için bu formatın kullanımı sınırlıdır. NMEA özellikle navigasyon amaçlı uygulamalarda kullanılan bir veri formatıdır.

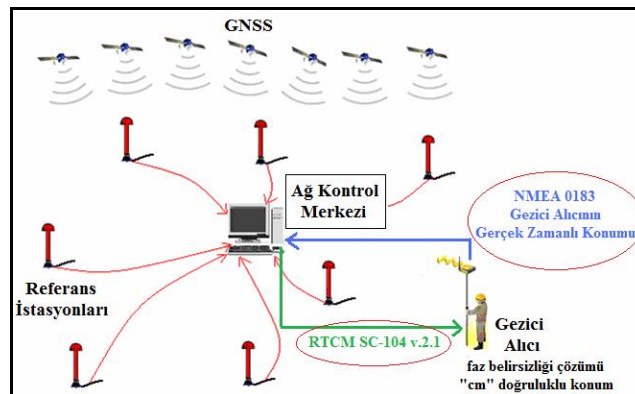


Şekil 5: Farklı cihazlar arasında NMEA veri iletimi (Choi, 2011)



Şekil 6: DGNSS servislerinde RTCM verisinin kullanımı (Choi, 2011)

1947 yılında Amerika'da kurulan The Radio Technical Commission for Maritime Services (RTCM), günümüzde tüm dünyadan çeşitli devlet kurumlarının, üretici firmaların ve servis sağlayıcı diğer kurumların oluşturduğu bağımsız bir organizasyon olarak başta denizcilik uygulamaları olmak üzere, farklı disiplinler ve uygulayıcılara da hizmet eden bir kuruluştur. Özellikle deniz ve hava navigasyonun da DGPS' in etkin kullanımı için kurum içerisinde "RTCM Special Committee 104 (RTCM SC-104) Differential Global Navigation Satellite Systems" Komitesi'nin oluşumu sağlanmıştır. RTCM SC-104 özel komitesi GPS/GNSS uygulamaları için RTCM veri formatının geliştirilmesi çalışmalarını yürütmektedir. Diferansiyel GNSS uygulamalarında düzeltme verilerinin gerçek zamanlı iletimi için RTCM 2.x ve RTCM 3.x uluslararası standartlarının oluşturulması ve gelişimi ilgili bu komisyon tarafından gerçekleştirilmektedir (Heo vd., 2009; URL-5).



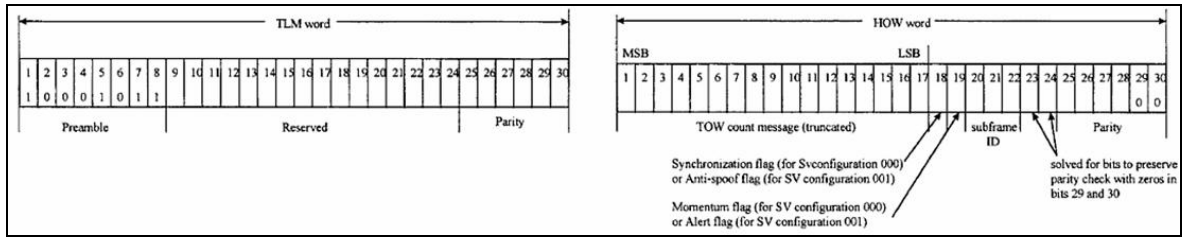
Şekil 7: GNSS/CORS ağlarında NMEA ve RTCM verisinin kullanımı (Öcalan ve Tunalıoğlu, 2010)

Gerçek zamanlı veri iletimi için kullanılan RTCM "binary" yapısıdır. Ancak RTCM 2.x sürümlerinin verimsiz format yapısı nedeniyle yüksek bant genişliği gerektirmesi özellikle RTK uygulamaları için sıkıntılar yaratmıştır. Bundan dolayı RTK uygulamalarında daha etkin bir bant genişliğinin kullanımı için RTCM 2.x sürümlerine alternatif olarak Trimble Navigation firması tarafından Compact Measurement Record (CMR) veri formatı daha kompakt bir yapıda geliştirilmiştir. CMR daha düşük "baud" hızında GNSS verisinin aktarımı için uygundur. CMR formatı geliştirilerek CMR+ formatı elde edilmiştir. Birçok GNSS alıcı üreticisi CMR/CMR+ formatlarının kullanımını ürünlerinde sağlamaktadır. RTCM 2.x sürümlerindeki bant genişliğinin kullanımındaki sıkıntılar RTCM 3.x sürümleri ile giderilmiş ve daha etkin bir bant genişliğinin kullanımı sağlanmıştır.

4. RTCM 2.x (x:0,1,2,3) SÜRÜMLERİ VE ÖZELLİKLERİ

4.1 Mesaj Yapısı

RTCM 2.x veri formatının tasarımı GPS navigasyon mesajının yapısına dayalıdır. Diğer bir deyişle, kelime boyutu, format ve eşlik (parity) algoritmaları aynıdır. GPS navigasyon mesajı bir veri iletişim linkinde bir kelimesi 30 bit olarak 50 Hz. hızla bir uydu tarafından yayınlanır. Mesaj içerisindeki her bir alt bölüm Telemetry Kelimesi (Telemetry Word-TLM) ile başlamaktadır. İkinci kelime ise aktarma kelimesi (Hand Over Word-HOW)' dir. TLM ve HOW kelimeleri 30 bit uzunluğundadır ve her sayfada birinci ve ikinci kelimelerdir. Her kelime 6 eşlik bit'i (parity bit) içerir (Kahveci ve Yıldız, 2009; Heo vd., 2009). TLM ve HOW kelimelerinin yapısı Şekil 8'de görülmektedir.



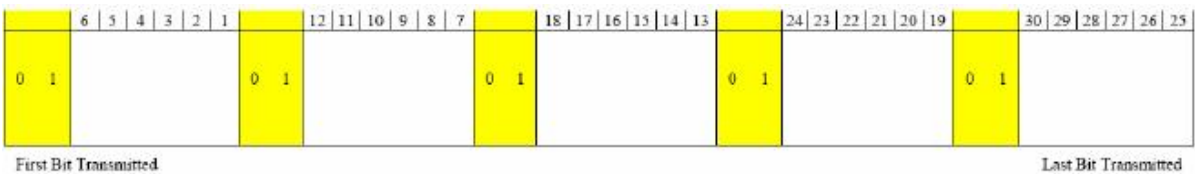
Şekil 8: TLM VE HOW kelimeleri

Benzer olarak RTCM 2.x' de iki ya da daha fazla 30 bitlik kelimeler içerir. Her mesajdaki ilk iki kelime; giriş (preamble), mesaj türü (message type), istasyon ID (station ID) gibi başlık bilgilerini (header information) içerir. Her 30 bit'in içinde 24'ü veriyi taşıırken, 6'sıda eşlik (parity check) denetimi için kullanılır. Başlık bilgisi ise gönderilen mesaj türü ile alakalıdır. GPS navigasyon mesajı için kelime boyutu ve kullanılan eşlik denetimi algoritması belirleyicidir. RTCM 2.x mesaj yapısı Şekil 9' da gösterilmektedir. Başlık mesajından (header information) sonra bir sonraki mesajın değişken uzunluğu gelmektedir. Mesaj uzunluğu başlık mesajındaki veri kelimeleri alan sayısı ile belirlenmektedir (Heo vd., 2009).



Şekil 9: RTCM 2.x için 30 bit'lik kelime yapısı (Heo vd., 2009)

RTCM 2.3, format özelliğine göre, 8 bit'lik karakter yapısı için Amerikan Ulusal Standartlar Enstitüsü (the American National Standards Institute-ANSI) X3.15 ve X3.16 standartları (ANSI X3.15-1976, ANSI X3.16-1976) seri veri iletimlerini kullanmaktadır. Sonuçta 30 bit'lik kelimeler, 8 bit formatında gösterilmelidir. RTCM 2'de, "6 of 8" olarak adlandırılan özel bir format kullanılmaktadır. Her bir byte GPS kelimesi 6 bit içermektedir ve kalan 2 bit'de, 30 bitlik kelime formatını doldurmak için sırasıyla "marking" ve "spacing" olarak (1 ve 0) kullanılarak tanımlanmaktadır. Şekil 10, "6 of 8" olarak adlandırılan özel format yapısını göstermektedir. ANSI X3.16' da standart 8 bit, 1 byte olarak tanımlanmıştır. Bu standart, iletilen ilk veri bit'ini, en az önemli bit olarak atamaktadır. Buna karşın RTCM standardı "ilk kural en önemli bit" ("Most Significant Bit First Rule") tanımını kullanmaktadır. Byte'ın içindeki bit'lerin sırasının tersine çevrilmek zorunda olduğu bir "byte roll" da bu sonlandırılır.



Şekil 10: 5 byte için "6 of 8" özel formatı kullanımının gösterimi (Heo vd., 2009)

4.2 Mesaj Türleri ve İçerikleri

RTCM 2.0, 1 Ocak 1990 tarihinde DGPS uygulamalarında kod düzeltmelerinin kullanımı için 1,2,3,6,16 ve 59 nolu temel mesaj türleri ile tanımlanmıştır. RTCM 2.0 sürümü ağ-RTK yapısında çalışan referans istasyonlarında veri ve bilgi iletimini desteklemediği için, Geo++ firması tarafından GNSS/CORS ağlarında alan düzeltme parametrelerinin (FKP) yayınlanması için 59 nolu mesaj türü kullanılmıştır. 1992 yılında RTCM 2.0'ın revize edilmesi ve taşıyıcı faz gözlemlerinin iletimi için taşıyıcı faz iletişimi çalışma grubunun (the carrier phase communications working group) kurulmasıyla, taşıyıcı faz verisi için standartların değiştirilmesi önerildi. 1994' de RTCM 2.0, RTK mesajlarını içerecek şekilde güncellenerek, RTCM 2.1 sürümü geliştirildi. RTCM 2.1, düzeltilmemiş RTK faz ve kod ölçüleri (18,19) ve RTK faz ve kod düzeltmelerini (20,21) içermektedir. RTCM 2.2 sürümü ise 1998 yılından itibaren diferansiyel GLONASS düzeltmelerini içeren 31 nolu mesaj türü ile kullanılmaya başlamıştır. 31 nolu mesaj türü, DGPS düzeltmeleri bakımından 1 nolu mesaj türüne eşdeğerdir. Buna karşın 18,19,20,21 nolu mesaj türleri bir önceki sürüm olan RTCM 2.0 ile tam anlamıyla uyumlu değildir. RTCM 2.3 sürümü ise 2001 yılında, anten tanımlaması ve anten seri numaraları içeren 23 nolu mesaj, referans istasyonu anteni ARP koordinatları ile isteğe bağlı anten yüksekliği bilgilerini içeren 24 nolu mesaj ile tanımlanmıştır. Bu mesaj türlerinin dışında RTK'yi, radio-beacon yayınlarını, Loran-C'nin kullanımını vb. geliştirmek için pek çok yeni mesaj türü de geliştirilmiştir.

Tablo 2: RTCM 2.x (x:0,1,2,3) veri formatı sürümlerinin mesaj tür ve içerikleri (URL-6)

Mesaj Türü	İçerik	
1	Diferansiyel GPS düzeltmeleri (kod ölçüsü ve hız, max. 12 uydu için)	
2	Delta diferansiyel GPS düzeltmeleri (bir önceki yörünge veri kayıtları, max. 12 uydu için)	
3	GPS referans istasyonu koordinatları (ECEF X,Y,Z)	
4	Referans istasyonu datumu	
5	GPS uyduları işlevsellik (sağlık) durumu	
6	GPS "Null Frame" bilgisi	
7	DGPS radio-beacon istasyonu almanak bilgisi	
8	Pseudolite (yalancı uydu) almanak	
9	GPS kısmi düzeltme değerleri	
10	P-kod diferansiyel düzeltmeleri	
11	C/A-kod L1,L2 delta düzeltmeleri	
12	Pseudolite (yalancı uydu) istasyon parametreleri	
13	Yer verici iletim parametreleri	
14	GPS haftası zaman bilgisi	
15	İyonosferik gecikme mesajı	
16	GPS özel mesajı (max. 90 karakter uzunluğunda ASCII text)	
17	GPS yörünge bilgileri (efemeris)	
RTCM 2.1 ile eklendi	18	RTK için düzeltilmemiş taşıyıcı faz ölçüsü (raw carrier phase data)
	19	RTK için düzeltilmemiş kod ölçüsü (raw code data)
	20	RTK taşıyıcı faz düzeltmeleri
	21	RTK kod düzeltmeleri
	22	Kapsamlı iyileştirilmiş referans istasyonu parametreleri
RTCM 2.3 ile eklendi	23	Anten tanımı
	24	Referans istasyonu anten referans noktası (ARP) koordinatları
	25, 26	Tahsis Yok
RTCM 2.3 ile eklendi	27	Kapsamlı iyileştirilmiş DGPS radio-beacon istasyonu almanak bilgisi
	28, 29, 30	Tahsis Yok
RTCM 2.2 ile eklendi	31	Diferansiyel GLONASS kod düzeltmeleri
	32	GLONASS referans istasyonu koordinatı (ECEF X,Y,Z)
	33	GLONASS uyduları işlevsellik (sağlık) durumu
	34	GLONASS kısmi diferansiyel düzeltme değerleri (N>1) GLONASS "Null Frame" bilgisi (N≤1)
	35	GLONASS radio-beacon almanak bilgisi
	36	GLONASS özel mesajı (max. 90 karakter uzunluğunda ASCII text)
	37	GNSS sistemi zaman kayıklığı
	38...58	Tahsis Yok
	59	Sisteme ilişkin özel mesajlar (gerekli veri iletimi için)
60...63	Çok amaçlı kullanım	

RTCM 2.3, birçok ticari alıcıya adapte edilebilmekte ve hala DGPS veya tek baz RTK (single-base RTK) uygulamaları için yaygın olarak kullanılmaktadır. Buna karşın, RTCM 2.3'ün belli sınırlamaları vardır. İlk olarak, her bir kelime 24 bit veri ve 6 bit eşlik (parity) ile 30 bitlik bir kelime yapısı oluşturmaktadır. 30 bitlik bir kelime yapısı mesajın verimsiz olarak kodlanması nedeniyle bant genişliğinde (bandwidth) fazla yer kaplamaktadır. İkinci olarak, eşlik (parity) hesabı önceki kelimenin bit'lerini içermektedir. Sonuç olarak her mesaj, sonra gelecek bir kelimedenden bağımsız değildir. Bunların dışında, RTCM 2.3'ün yapısı, GPS L2C ve L5, GALILEO ve COMPASS gibi gelecekteki GNSS sistemlerine

yeni sinyaller yerleştirmek için yeterli esneklikte değildir. Bundan dolayı RTCM 2.3 kullanılarak, yeni ağ-RTK konseptleri uygulanamayabilir (RTCM, 2001, Choi, 2011).

Tablo 3: RTCM 2.x veri formatı sürümleri gelişimi

RTCM 2.x Sürümleri	İçerik	Mesaj Türleri
RTCM 2.0	Kod düzeltmesi ... DGPS	1-2-3-6-16-59 nolu temel mesaj türleri ile tanımlandı.
RTCM 2.1	Kod+Taşıyıcı Faz Düzeltmeleri ... RTK	18-19-20-21 nolu mesajlar eklendi.
RTCM 2.2	... + GLONASS ... DGNSS	31-32-33-34-35-36-37 nolu mesajlar eklendi.
RTCM 2.3	... + GPS Anten Tanımı ... RTK	23-24 nolu mesajlar eklendi.
RTCM SAPOS	... + FKP Bilgileri (59 ile) ... RTK	20-21-23-24 mesajları ve 59 nolu özel mesaj ile.

5. RTCM 3.x (x:0,1) SÜRÜMLERİ VE ÖZELLİKLERİ

5.1 RTCM 3.0 Formatı Mesaj Yapısı

RTCM 2.x sürümlerindeki veri yapısından kaynaklanan olumsuzları gidermek ve özellikle RTK uygulamalarını geliştirmek ve ağ-RTK'yi desteklemek için RTCM 3.x sürümünün ilki olan RTCM 3.0 tasarlanmış ve 2004 yılında yayınlanmıştır. RTCM 3.0, gelişmiş veri yapısı ve veri iletimi süresince kullandığı etkin bant genişliği nedeniyle özellikle RTK uygulamaları için büyük yarar sağlamıştır. RTCM 3.0, RTCM 2.x sürümleri ile karşılaştırıldığında bant genişliği (bandwidth) ihtiyacını önemli ölçüde azaltmaktadır. Bunun yanı sıra üretici firma tanımlı veri formatlarından da (örneğin Leica LB2) daha az bant genişliği kullanmaktadır. RTCM 3.0, L1 ve L2 düzeltme farklarını, dağıtık ve dağıtık olmayan bileşenlere ayırmıştır. Bunlar "Ionospheric Carrier Phase Correction Difference (ICPCD)" ve "Geometric Carrier Phase Correction Difference (GCPCD)" olarak adlandırılmaktadır. L1 ve L2 düzeltme farklarının bu şekilde ayrı ayrı iletilmesiyle bant genişliğinin kullanımında %80'e varan bir oranla azalmaya olanak sağlanmaktadır (Yan, 2004; O' Keefe vd., 2007). RTCM 3.0 mesaj yapısı, 8 bit sabit olmak üzere ardından 6 bit gelen bir yapı ile başlar. RTCM 3.0 mesajlarında mesaj türüne bağlı olarak mesajın uzunluğu değişkenlik göstermektedir. Bu nedenle eşlik denetimi için mesaj uzunluğunun sonunda "Cyclic Redundancy Check (CRC)" kullanılmaktadır. Bu eşlik algoritması, veri iletimi için verimliliği geliştirmekte ve arttırmaktadır (Heo vd., 2009).

Preamble	Reserved	Message Length	Variable Length Data Message	CRC
8 bits	6 bits	10 bits	Variable length, integer number of bytes	24 bits

Şekil 11: RTCM 3.0 mesaj yapısı (Heo vd., 2009)

5.2 RTCM 3.0 Formatı Mesaj Türleri ve İçerikleri

RTCM 3.0 veri formatı esnek ve işlevsel bir yapıya sahiptir. Mesaj türleri farklı grupların altında düzenlenmiştir ve bu gruplardaki farklı mesaj türleri benzer bilgiler içerir. RTCM 3.0 sürümü, RTCM 2.x sürümlerindeki sınırlamaları ortadan kaldırırsa da her iki veri formatı birbiri ile uyumlu değildir. Tablo 4' de RTCM 3.0 formatı için ilgili grup, alt grup ve mesaj türleri görülebilir (RTCM, 2006).

Tablo 4: RTCM 3.0 mesaj grupları, alt grupları, mesaj türleri ve içerikleri (URL-6)

Grup Adı	Alt Grup Adı	Mesaj Türü	İçerik
GPS Gözlemleri	GPS L1	1001	L1 GPS RTK gözlemleri
		1002	Kapsamlı iyileştirilmiş L1 GPS RTK gözlemleri (uydu signal-to-noise/CNO'yu kapsamakta)
	GPS L1&L2	1003	L1, L2 GPS RTK gözlemleri
		1004	Kapsamlı iyileştirilmiş L1, L2 GPS RTK gözlemleri (uydu signal-to-noise/CNO'yu kapsamakta)
Referans İstasyonu Koordinatları	Anten Referans Noktası (ARP)	1005	RTK referans istasyonu anten referans noktası (ARP) koordinatları (ECEF X,Y,Z)
		1006	RTK referans istasyonu anten referans noktası (ARP) koordinatları (ECEF X,Y,Z) + Anten yüksekliği
Anten Tanımı		1007	Anten tanımlayıcı
		1008	Anten tanımlayıcı + Anten seri numarası
GLONASS Gözlemleri	GLONASS L1	1009	L1 GLONASS RTK gözlemleri
		1010	Kapsamlı iyileştirilmiş L1 GLONASS RTK gözlemleri (uydu signal-to-noise/CNO'yu kapsamakta)
	GLONASS L1&L2	1011	L1, L2 GLONASS RTK gözlemleri
		1012	Kapsamlı iyileştirilmiş L1, L2 GLONASS RTK gözlemleri (uydu signal-to-noise/CNO'yu kapsamakta)
Yardımcı Bilgiler	Sistem Parametreleri	1013	Sistem Parametreleri

5.3 RTCM 3.1 Formatı ve Ek Mesaj Türleri

5.3.1 RTCM 3.1 Formatı Ağ-RTK Mesaj Türleri ve İçerikleri

Tüm dünyada oluşumu ve kullanımı giderek yaygınlaşan, ağ-RTK (Network RTK) ilkesi ile çalışan GNSS/CORS ağları için RTCM 3.1 sürümü geliştirilmiş ve RTCM SC-14 Komitesi tarafından 2006 yılında onaylanarak hizmete sunulmuştur. GNSS/CORS ağlarının kullanımda sistematik hataların modellenmesi ve yüksek doğrulukta konum bilgisinin elde edilebilmesi için RTCM 3.1 formatı mesaj türleri oldukça önemlidir. Günümüzde GNSS/CORS ağları ile konum belirlemede etkin olarak kullanılan VRS, FKP ve MAC olarak bilinen üç veri hesap ve aktarma tekniği bulunmaktadır. RTCM 3.1 formatı, GPS/GLONASS yörünge bilgileri ile MAC tekniği için ağ-RTK uygulamalarında kullanılacak yeni mesaj türleri içermektedir.

VRS tekniğinin kullanımında ağ düzeltmeleri RTCM 2.3’de mesaj türü 18-19, RTCM 3.0’da ise mesaj türü 1001-1002-1003-1004 ile kodlanarak gezici alıcılara gönderilmektedir. FKP tekniğinde düzeltme parametreleri kullanıcılara SAPOS tarafından geliştirilmiş, RTCM 2.3’deki özelleştirilmiş mesaj türü olan 59 ile gönderilmektedir. Leica Geosystems ve Geo++ firmalarının birlikte geliştirdiği MAC tekniği ise RTCM 3.0 formatına dayalı bir tekniktir. GNSS/CORS uygulamalarında MAC tekniğinin kullanımı için geliştirilmiş beş yeni mesaj türü tanımlanmıştır. Bunlar Tablo 5’de görülmektedir (RTCM, 2006; Wübbena, 2006; Heo vd., 2009).

Tablo 5: RTCM 3.1 Ağ-RTK mesaj grupları, alt grupları, mesaj türleri ve içerikleri (URL-6)

Grup Adı	Alt Grup Adı	Mesaj Türü	İçerik
Ağ-RTK Düzeltmeleri	Koordinat Farkları	1014	Ağ yardımcı istasyon veri koordinat farkları (MAC) (bir yardımcı istasyon ve ana istasyon için)
	İyonosferik ve Geometrik Düzeltme Farkları	1015	Tüm uydular için GPS iyonosferik düzeltme farkları (MAC) (bir yardımcı istasyon ve ana istasyon için)
		1016	Tüm uydular için GPS geometrik düzeltme farkları (MAC) (bir yardımcı istasyon ve ana istasyon için)
		1017	Tüm uydular için kombine edilmiş GPS geometrik ve iyonosferik düzeltme farkları (MAC) (bir yardımcı istasyon ve ana istasyon için)
		1018	Yedek alternatif iyonosferik düzeltme farkı mesajı (MAC)
Yardımcı Bilgiler	Uydu Yörünge Bilgileri	1019	GPS yörünge bilgileri (efemeris)
		1020	GLONASS yörünge bilgileri (efemeris)

5.3.2 RTCM 3.1 Formatı Ek Mesaj Türleri ve İçerikleri

RTCM 3.1 formatı için Mayıs 2007 ve Ağustos 2007 tarihlerinde iki kez çeşitli mesaj türleri eklenerek geliştirme çalışmaları yapılmıştır. Mayıs 2007 tarihinde yapılan düzenleme ile datum transformasyonu parametreleri ve projeksiyonlar için 1021-1022-1023-1024-1025-1026-1027-1028 mesaj türleri tanımlanmış ve onaylanarak kabul edilmiştir. Ağustos 2007 tarihlerinde onaylanan ikinci düzenleme ile 1030-1031-1032-1033 nolu dört yeni mesaj türü daha ek olarak kabul edilmiştir. 1030 ve 1031 mesaj türleri ağ-RTK uygulamalarında VRS, FKP ve MAC teknikleri için ilave bilgiler tanımlanmaktadır. 1032 mesaj türü 1005 ile benzer özellikler taşıyarak, ECEF X,Y,Z olarak referans istasyonu ARP koordinat bilgilerini içerir. 1033 mesaj türü ise 1007 ve 1008 mesaj türlerinin birleştirilmiş şeklidir. Alıcı tanımı ve seri numarası ile anten tanımı ve seri numarası bilgilerini içerir (RTCM, 2006; Wübbena, 2006).

Tablo 6: RTCM 3.1 Ek mesaj grupları, alt grupları, mesaj türleri ve içerikleri (URL-6)

Grup Adı	Alt Grup Adı	Mesaj Türü	İçerik
Datum Transformasyonu ve Projeksiyon Parametreleri	Datum Transformasyonu	1021	Helmert/Abrided Molodenski transformasyon parametreleri
		1022	Molodenski-Badekas transformasyon parametreleri
		1023	Transformasyon artık (residual) mesajı, elipsoidal grid gösterimi için
		1024	Transformasyon artık (residual) mesajı, düzlem grid gösterimi için
	Projeksiyon	1025	Projeksiyon parametreleri (LCC2SP, OM dışındaki projeksiyonlar)
		1026	Projeksiyon parametreleri (LCC2SP: Lambert Conic Conformal)
		1027	Projeksiyon parametreleri (OM: Oblique Mercator)
		1028	Global plaka hareketleri (Henüz tanımlanmamış rezerve mesaj)

Tablo 7: RTCM 3.1 diğer mesaj grupları, alt grupları, mesaj türleri ve içerikleri (URL-6)

Grup Adı	Alt Grup Adı	Mesaj Türü	İçerik
Yardımcı Bilgiler	Unicode Text String	1029	Tekli kod (unicode) metin karakteri (UTF-8 formatı)
Ağ-RTK Düzeltmeleri Ek		1030	GPS Ağ-RTK artık (residual) mesajı
		1031	GLONASS Ağ-RTK artık (residual) mesajı
		1032	Geçek referans istasyonu ARP konumu (ECEF X,Y,Z) (VRS)
		1033	Anten ve alıcı tanımlayıcı

Özel Mesajlar	4088 - 4095	Özel tescilli mesajlar
---------------	-------------	------------------------

6. SONUÇ

Hızla değişen ve gelişen GNSS konsepti ile birlikte, özellikle gerçek zamanlı konum belirleme uygulamaları kapsamında DGNS/RTK, birçok kullanıcı ve disiplin tarafından ölçme ve navigasyon amaçlı uygulamalar için tercih edilmektedir. Bugün birçok ülkede gerek ulusal, gerekse yerel ölçekte kurulan ağ-RTK yapısındaki GNSS/CORS ağları ile birlikte bu kullanım önemli ölçüde artmıştır.

Uygulama çeşitliliği ile birlikte, kullanıcı sayısının da önemli ölçüde arttığı gerçek zamanlı konum belirleme uygulamaları için GNSS verisinin iletimi de belli mekanizmaların kullanımını ve uluslararası standartların oluşumunu sağlamıştır. Bu bağlamda bu çalışmada GNSS verisinin gerçek zamanlı iletimi için kullanılan mekanizmalardan veri formatları, veri iletim protokolleri ve veri iletişim linkleri tartışılmıştır. Özellikle DGNS/RTK uygulamaları için standart RTCM veri formatı ve sürümleri üzerinde durulmuş, RTCM 2.x ve RTCM 3.x sürümlerinin mesaj yapısı tartışılmış, verimlilik, bant genişliği ve esneklik bakımından karşılaştırmaları yapılmıştır. RTCM 2.x sürümünün dezavantajlarına karşın yapı, verimlilik ve uyum bakımından daha esnek ve etkili olan RTCM 3.x' in avantajları ve son gelişmeler üzerinde durulmuştur. NTRIP veri iletim protokolü kısaca açıklanmıştır.

Günümüzde GPS ve GLONASS sistemlerinin etkin kullanımının yanında yakın bir gelecekte GALILEO ve COMPASS sistemlerinin devreye girmesiyle gerçek zamanlı GNSS veri iletiminde önemli gelişmeler olacaktır. Varolan RTCM 2.x ve RTCM 3.x sürümlerinin yeni GNSS sinyallerinin kullanımıyla birlikte RTCM SC-104 standartlarında yeni sürümlerin geliştirilmesi beklenmektedir. Ancak RTCM SC-104 formatının kullanım istatistiklikleri göstermektedir ki, RTCM 2.x hala DGNS'e dayalı kod ölçüleri için etkin olarak kullanılmakta iken, RTCM 3.x ise RTK servislerinde taşıyıcı faz ölçülerine dayalı uygulamalar için günümüzde yaygın olarak kullanılmaktadır.

KAYNAKLAR

Choi D., 2011. *Introduction to GPS Data NMEA & RTCM*, www.geodetic.gov.hk/smo/gsi/data/ppt/NMEAandRTCM.ppt

Gurtner, W. and Estey, L., 2007. *RINEX: The Receiver Independent Exchange Format Version 3.00*, Document, November 28, 2007; <ftp://ftp.unibe.ch/aiub/rinex/rinex300.doc>

Heo, Y., Yan, T., Lim, S. and Rizos, C., 2009. *International Standard GNSS Real-Time Data Formats and Protocols*, International Global Navigation Satellite Systems Society IGSS Symposium 2009, Holiday Inn Surfers Paradise, Qld, Australia, 1-3 December, 2009

Kahveci, M. ve Yıldız, F., 2009. *GPS/GNSS Uydularla Konum Belirleme Sistemleri Teori ve Uygulama*, Nobel Yayın Dağıtım, Geliştirilmiş 4. Baskı, Ankara, Kasım 2009

Kahveci, M., 2009. *Kinematik GNSS ve RTK CORS Ağları*, Zerpa Yayınları, 1. Baskı, Ankara, Şubat 2009

Lenz, E., 2004. *Networked Transport of RTCM via Internet Protocol (NTRIP) – Application and Benefit in Modern Surveying Systems*, FIG Working Week 2004, May 22-27, 2004, Athens, Greece

O'Keefe, K., Lin, M., and Lachapelle, G., 2007. *Network real-time kinematic performance analysis using RTCM 3.0 and the Southern Alberta Network*, Geomatica, Canadian Institute Of Geomatics, Vol. 61, No. 1, pp. 29-42

Öcalan, T. and Tunalioglu, N., 2010. *Data communication for real-time positioning and navigation in global navigation satellite systems (GNSS)/continuously operating reference stations (CORS) networks*, Scientific Research and Essays, Vol:5, Number:18, 18 September 2010

Öcalan, T. ve Soycan, M., 2011. *Ulusal ve Yerel GNSS/CORS Ağları ve Türkiye'deki Yasal Durum*, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, İstanbul Şubesi Bülteni, Sayı: Mart 2011

Öcalan, T., 2011. *GPS/GNSS Konum Belirlemede Yeni Bir Yöntem: Precise Point Positioning-PPP (Duyarlı Nokta Konumlama) Tekniği ve Web Tabanlı (Online) Servisler*, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, İstanbul Şubesi Bülteni, Sayı: Mart 2011

Peterzon, M., 2004. *Distribution of GPS-data via Internet*, Thesis work, Reports in Geodesy and Geographical Information Systems, LMV-report 2004:01, Gävle

Weber, G., Gebhard, H., Dettmering, D., 2003. *Networked Transport of RTCM via Internet Protocol (Ntrip)*, RTCM PAPER 166-2003/SC 104-314, 2003-07-02, IAG, Saporro, Japan

Weber, G., Dettmering, D., Gebhard, H., Kalafus, R., 2005. *Networked Transport of RTCM via Internet Protocol (Ntrip) – IP-Streaming for Real-Time GNSS Applications*, ION GNSS 18th International Technical Meeting of the Satellite Division, 13-16 September 2005, Long Beach, CA, USA

Wübbena, G., Schmitz, M. And Bagge, A., 2006, *RTCM SC-104: Enabling Standards that Support Emerging Positioning and Related Technologies*, Streaming GNSS Data Via Internet-Symposium, 6 February 2006, Frankfurt, Germany

RTCM Standard, 2001. *Radio Technical Commission for Marine Services. RTCM Recommended Standards for Differential GNSS (Global Navigation Satellite Systems) Service, Version. 2.3*, 2001

RTCM Standard 10410.0, 2004. *RTCM Paper 200-2004/SC104-STD, Version 1.0 for Ntrip*, RTCM SPECIAL COMMITTEE NO. 104, SEPTEMBER 30, 2004

RTCM STANDARD 10403.1, 2006. *RTCM Paper 177-2006-SC104-STD, DIFFERENTIAL GNSS (GLOBAL NAVIGATION SATELLITE SYSTEMS) SERVICES – VERSION 3*, OCTOBER 27, 2006

RTCM Standard 10410.1, 2009. *RTCM Paper 111-2009-SC104-STD, Version 2.0 for Ntrip*, RTCM SPECIAL COMMITTEE NO. 104, JUNE 15, 2009

Yan, T.S., 2004. *Benefits of Telecommunications Technology to GPS Users*, The 2004 International Symposium on GNSS/GPS, 6–8 December 2004, Sydney, Australia

URL-1, IGS İnternet sitesi, <http://igs.cb.jpl.nasa.gov/>, 2011

URL-2, NMEA İnternet sitesi, <http://www.nmea.org/>, 2011

URL-3, BKG İnternet sitesi, <http://igs.bkg.bund.de/ntrip/>, 2011

URL-4, Bern Üniversitesi Astronomi Enstitüsü İnternet sitesi, <http://www.aiub.unibe.ch/>, 2011

URL-5, RTCM İnternet sitesi, <http://rtcm.org/>, 2011

URL-6, Geo++ İnternet sitesi, <http://www.geopp.de/>, 2011