



## IRNSS (NavIC) uyduları ve sinyal yapıları

Atınc Pırtı<sup>1</sup>, Büşra Özateş<sup>1</sup>, Şefika Çakar<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Yıldız Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye

### Anahtar Kelimeler

IRNSS Uyduları  
Navigasyon  
Sinyal Yapısı

### Araştırma Makalesi

Geliş: 09.08.2021  
Revize: 20.09.2021  
Kabul: 25.09.2021  
Yayınlanma: 10.08.2022



### Öz

Uydu tabanlı navigasyon ve konum belirleme sistemlerinin günlük hayatta kullanımı her geçen gün artmaktadır. Bu sistemler askeri, sivil ve bilimsel amaçlı kullanımda temel bir araç haline gelmektedir. Bölgesel konum belirleme sistemleri gelişen standartları sayesinde bir cismin konumunun belirlenmesinde, araç navigasyonunda, ölçme uygulamalarında kullanılmaktadır. Bu çalışmanın amacı, ulusal uygulamalar için kullanılacak yerli ve bağımsız bir bölgesel uzay navigasyon sistemi uygulamaktır. Bu çalışmada (IRNSS) Hindistan Bölgesel Navigasyon Uydu Sisteminin teknik özellikleri açıklanmış, uydu ve sinyal yapıları hakkında bilgi verilmiştir.

## IRNSS (NavIC) satellites and signal structures

### Keywords

IRNSS Satellites  
Navigation  
Signal Structure

### Research Article

Received: 09.08.2021  
Revised: 20.09.2021  
Accepted: 25.09.2021  
Published: 10.08.2022

### Abstract

Satellite-based navigation and positioning system is increasing its impact on our daily life day by day. These systems are used in determining the position of an object, vehicle navigation, measurement applications. Thanks to the regional positioning systems standards, it becomes the main tool to be used for military, civil and scientific purposes. The aim of this project is to implement a domestic and independent regional space navigation system that will be used for national applications. In this project, the (IRNSS) India regional navigation satellite system, its satellites and signal structures are mentioned.

### 1. Giriş

Günümüzde teknolojinin gelişmesiyle birlikte, insanlığın bu teknoloji kullanımı için gerekli olan donanım ihtiyaçları artmıştır. Günlük yaşamın her alanında bu yeni teknolojilerin ve ilgili donanımların kullanımı yaygınlaşmıştır. Bu artan teknoloji ile beraber konumlama sistemleri de hızlı bir gelişim göstermiştir. Askeri, sivil ve ticari hayattaki gelişmeler nedeniyle ülkeler, rekabet durumundan geri kalmamak diğer ülkelerin konumlandırma sistemlerine bağımlı olmamak ve teknolojik yeniliğe ayak uydurmak adına konumlama sistemlerinde bir adım daha önde olmak için kendi

navigasyon sistemi kurulması çalışmalarına başlanmıştır.

Konumlama sistemleri yerel, bölgesel ve küresel olarak planlanabilmektedir. Yerel ve bölgesel sistemin kapsamı dardır fakat küresel sistemin alanı geniş olduğundan konumlama hizmetinde fazla sayıda uyduya ihtiyaç duyulmaktadır. Bu yüzden bu sistemlerin hepsine uydu tabanlı konumlama sistemi denilmektedir.

Hint Bölgesel Navigasyon Uydu Sistemi (IRNSS ya da NavIC) Hindistan'a ait bölgesel konumlama sistemidir. Eski adı IRNSS olan sistem Hindistan Uzay Araştırma Organizasyonu (ISRO) tarafından geliştirilmiştir. Sistemin eski adı 2016 yılında yedinci ve son uydusu olan IRNSS-1G'nin fırlatılması ile birlikte, Hindistan eski

### \*Sorumlu Yazar

\*(atinc@yildiz.edu.tr) ORCID ID 0000-0001-9197-3411  
(busraozates@gmail.com) ORCID ID 0000-0003-2997-4215  
(sefikackr@gmail.com) ORCID ID 0000-0001-6215-9322

### Kaynak Göster (APA)

Pırtı, A., Özateş, B., & Çakar, Ş. (2023). IRNSS (NavIC) uyduları ve sinyal yapıları. *Geomatik, 8(1), 01-08*

Cumhurbaşkanı Narendra Modi tarafından adını NavIC (Navigation with Indian Constellation) olarak değiştirilmiştir.

Bölgesel ve küresel uydu konumlandırma sistemleri afet yönetimi, Araç takibi, filo yönetimi, cep telefonları ile entegrasyon, hassas zamanlama, haritalama, jeodezik veri kayıt, kara, hava ve deniz navigasyonu, yürüyüşçüler ve gezginler için karasal navigasyon yardımı, sürücüler için görsel ve sesli navigasyon gibi hayatı kolaylaştıracak birçok alanda kullanılabilir. IRNSS

NavIC uydu takımının, üç adet yer-sabit yörüngede ve ayrıca dört adet eğik yer-senkronize yörüngede bulunan 7 uydudan oluşmaktadır. IRNSS tasarımı sırasında, sistemin birincil hizmet alanı içinde 20 metrelik bir konum doğruluğu sağlaması istenmiştir ve güncel olarak sistem bu doğruluğu sağlamaktadır. IRNSS Standart Konumlandırma Hizmeti (SPS) ve Kısıtlı Hizmet (RS) olarak adlandırılan iki tür hizmet vermektedir. Ayrıca sistemin tüm hava koşullarında 7 gün 24 saat kesintisiz olarak, bütün platformlarda (kara-hava-deniz, hareketli ve sabit) doğru ve gerçek zamanlı konum hız ve zaman servisi sağlaması hedeflenmiştir. Bu çalışmada (IRNSS) Hindistan Bölgesel Navigasyon Uydu Sisteminin teknik özellikleri açıklanmış, uydu ve sinyal yapıları hakkında bilgi verilmiştir.

## 2. IRNSS (NavIC) sistemi

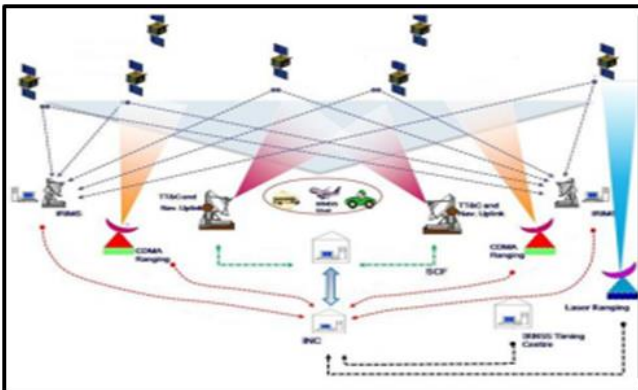
Hindistan Bölgesel Navigasyon Uydu Sistemi (IRNSS), Hindistan Uzay Araştırma Organizasyonu (ISRO) tarafından geliştirilen kullanıcıya yeterli doğruluk ve güvenilir gerçek konum ve zamanlama hizmetleri sağlayan bağımsız bir bölgesel uydu navigasyon sistemidir. IRNSS temel olarak iki tür hizmet sağlamaktadır (URL-1).

- Standart Konumlandırma Hizmeti (SPS)
- Kısıtlı Hizmet (RS)

### 2.1. IRNSS yapısını oluşturan unsurlar

IRNSS yapısı, her uydu konumlandırma sisteminde olduğu gibi temel olarak aşağıdaki üç bölümden oluşur (Şekil 1):

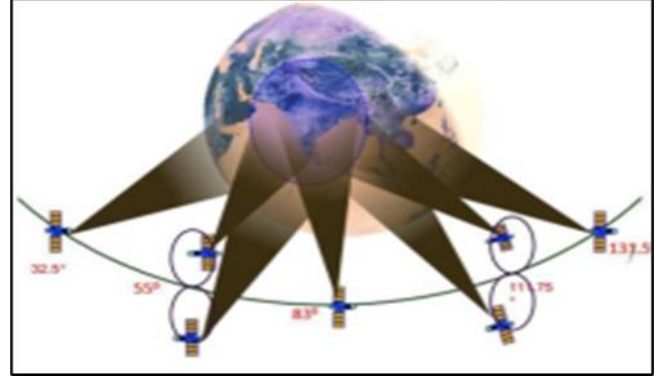
- Uzay Bölümü
- Yer (Kontrol) Bölümü
- Kullanıcı Bölümü



Şekil 1. IRNSS yapısı (URL-2)

## 2.2. Uzay bölümü

NavIC uzay bölümü yedi uydudan oluşmaktadır. Yer-sabit yörüngede (GEO) 3 uydu bulunur ve sabit yörüngeli uydular  $32.5^{\circ}$ ,  $83^{\circ}$  ve  $131.5^{\circ}$  doğu boylamlarına yerleştirilmiştir. Eğik yer-senkronize yörüngede (IGSO) ise 4 uydu yer almaktadır. Bunlar ekvator düzlemini  $55^{\circ}$  ve  $111,75^{\circ}$  doğu boylamlarında kesen  $29^{\circ}$  eğiklik açısına sahip yörüngelerde bulunmaktadır (Şekil 2). Uydular, navigasyon için özel olarak tasarlanmıştır. Uyduların tümü, Hindistan bölgesinden sürekli görünür durumdadır (Montenbruck ve Teunissen 2017).



Şekil 2. NavIC uydu sistemi (Spaceflight101, 2015)

Bu uyduların aynı anda ekvatorundan geçmesi durumunda hassasiyet kaybı yaşanabileceği için uydular yörüngeye faz farkı oluşacak şekilde yerleştirilmiştir. Şekil 3'de görüldüğü gibi sabit yörüngedeki uydular, aynı kuzey güney doğrultusunda hareket ederken, eşzamanlı yörüngedeki uydular ise hareketleri sonucu yer üzerinde "8" şekli çizmektedir (Şekil 2, Şekil 3).  $55^{\circ}$  doğu boylamını merkez alan IRNSS-1A ve IRNSS-1B uyduları ile  $111,75^{\circ}$  doğu boylamını merkez alan IRNSS-1D ve IRNSS-1E uyduları arasında faz farkı mevcuttur (URL-7).



Şekil 3. NavIC uydu takımının yer küre üzerindeki izleri (URL-3)

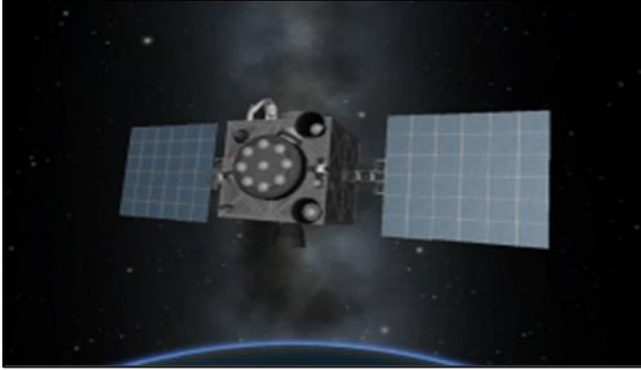
### 2.2.1. IRNSS uyduları

IRNSS uyduları, ISRO'nun meteorolojik uydusu Kalpana-1'e benzeyen, kuru kütlesi 600 kg ağırlığında ve fırlatma ağırlığı 1.425 kg olan uzay aracı, 1-1K etrafında tasarlanmıştır. Güneş panelleri 1600 Wattlık güç üreten uyduda, 90 Amper saat kapasiteye sahip bir adet lityum iyon batarya bulunmaktadır. Uyduda 440 Newtonluk yeröte motoru ile 12 tane 22 N'luk iticiden oluşan sıvı

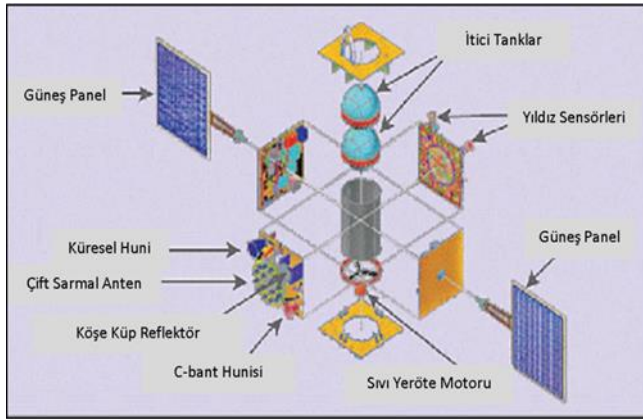
yakıtlı itki sistemi kullanılmaktadır (Tablo 1). Uydunun yönelimini belirlemek için uyduda güneş sensörleri, yıldız sensörleri ve jiroskoplar bulunmaktadır (Şekil 4 ve 5). Yönelim kontrolü ise sıvı yakıtlı iticiler, tepki tekerleri ve manyetik burucularla sağlanır. Uydunun görev süresi 10-12 yıldır (Montenbruck ve Teunissen 2017).

**Tablo 1.** IRNSS uzay aracının parametreleri

Fırlatma Ağırlığı	1425 kg dolu ağırlığı, 614 kg boş ağırlığı
Uzay Aracı Boyutu	1.58mx1.5mx1.5m
EPS (Elektrikli Güç Alt Sistemleri)	1600 W güç üreten 2 güneş enerji paneli, 90 Ah kapasiteye sahip bir adet lityum iyon bataryaya sahiptir.
Uydunun görev süresi	10-12 yıl
İtici Güç	12 tane 22 N'luk iticiden oluşan sıvı ile 440 N'luk yeröte motoru



**Şekil 4.** IRNSS-1 uydusunun görünümü (ISRO)



**Şekil 5.** IRNSS uzay aracının havadan görünümü (ISRO)

Tablo 2 de liste olarak verilen IRNSS-1 serisi uydular aşağıda özetlenmiştir.

**IRNSS-1A:** IRNSS-1A uydusu, Hindistan Bölgesel Navigasyon Uydu Sistemini (IRNSS) oluşturacak olan yedi uydudan ilkidir. Bu uydunun yapımı, 1 Temmuz 2013 tarihinde başlatılmıştır. IRNSS-1A, yer-eşzamanlı uydulardan biridir ve 55° doğu boylamında konumlandırılmıştır. Yakıtlı kütlesi 1.425 kg ve yakıtsız kütlesi 614 kg'dır. 1.660 watt'a kadar güç üreten iki güneş paneli tarafından desteklenmektedir. IRNSS-1A mesajlaşma hizmetlerinde de kullanılmaktadır. Uydunun görev süresi 10 yıldır (Şekil 6), (URL-10).

**IRNSS-1B:** IRNSS-1B uydusu, Hindistan Bölgesel Navigasyon Uydu Sistemini (IRNSS) oluşturacak olan yedi uydudan ikincisidir. Bu uydunun yapımı, 4 Nisan 2014 tarihinde başlatılmıştır. IRNSS-1B, yer-eşzamanlı uydulardan biridir ve 55° doğu boylamında konumlandırılmıştır. Yakıtlı kütlesi 1.425 kg'dır. 1.660 watt'a kadar güç üreten iki güneş paneli tarafından desteklenmektedir. Uydunun görev süresi 10 yıldır (Şekil 7), (URL-11).



**Şekil 6.** IRNSS-1A uydusunun IGSO yörüngesi üzerinde herhangi bir andaki konumu (URL-9, URL-4)



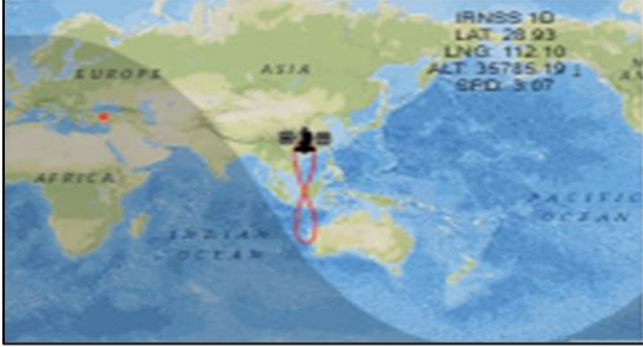
**Şekil 7.** IRNSS-1B uydusunun IGSO yörüngesi üzerinde herhangi bir andaki konumu (URL-12)

**IRNSS-1C:** IRNSS-1C uydusu, Hindistan Bölgesel Navigasyon Uydu Sistemini (IRNSS) oluşturacak olan yedi uydudan üçüncüsüdür. Bu uydunun yapımı 15 Ekim 2014 tarihinde başlatılmıştır. IRNSS-1C, yer-sabit uydulardan biridir ve 83° doğu boylamında konumlandırılmıştır. Yakıtlı kütlesi 1.424,5 kg ve yakıtsız kütlesi 598 kg'dır. 1.660 Watt'a kadar güç üreten iki güneş paneli tarafından desteklenmektedir. Uydunun görev süresi 11 yıldır (Şekil 8), (URL-13).



**Şekil 8.** IRNSS-1C uydusunun yerküre üzerindeki konumu (URL-14)

**IRNSS-1D:** IRNSS-1D uydusu, Hindistan Bölgesel Navigasyon Uydu Sistemini (IRNSS) oluşturacak olan yedi uydudan dördüncüsüdür. Bu uydunun yapımı, 28 Mart 2015 tarihinde başlatılmıştır. IRNSS-1D, yer-eşzamanlı uydulardan biridir ve  $111.75^{\circ}$  doğu boylamında konumlandırılmıştır. Uydunun görev süresi 12 yıldır (Şekil 9), (URL-16).



Şekil 9. IRNSS-1D uydusunun IGSO yörüngesi üzerinde herhangi bir andaki konumu (URL-15)

**IRNSS-1E:** IRNSS-1E uydusu, Hindistan Bölgesel Navigasyon Uydu Sistemini (IRNSS) oluşturacak olan yedi uydudan beşincisidir. Bu uydunun yapımı, 20 Ocak 2016 tarihinde başlatılmıştır. IRNSS-1E, yer-eşzamanlı uydulardan biridir ve  $111.75^{\circ}$  doğu boylamında konumlandırılmıştır. Yakıtlı kütlesi 1.425kg ve yakıtsız kütlesi 598 kg'dir. 1.660 watt'a kadar güç üreten iki güneş paneli tarafından desteklenmektedir. Uydunun görev süresi 12 yıldır (Şekil 10), (URL-17).



Şekil 10. IRNSS-1E uydusunun IGSO yörüngesi üzerinde herhangi bir andaki konumu (URL-18)

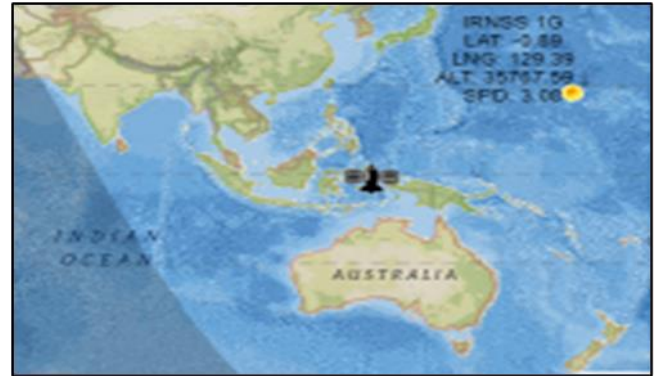
**IRNSS-1F:** IRNSS-1F uydusu, Hindistan Bölgesel Navigasyon Uydu Sistemini (IRNSS) oluşturacak olan yedi uydudan altıncısıdır. Bu uydunun yapımı, 10 Mart 2016 tarihinde başlatılmıştır. IRNSS-1F, yer-sabit uydulardan biridir ve  $32.5^{\circ}$  doğu boylamında konumlandırılmıştır. Yakıtlı kütlesi 1.425kg ve yakıtsız kütlesi 598 kg'dir. 1.660 watt'a kadar güç üreten iki

güneş paneli tarafından desteklenmektedir. Uydunun görev süresi 12 yıldır (Şekil 11), (URL-19).



Şekil 11. IRNSS-1F uydusunun IGSO yörüngesi üzerinde herhangi bir andaki konumu (URL-22)

**IRNSS-1G:** IRNSS-1G uydusu, Hindistan Bölgesel Navigasyon Uydu Sistemini (IRNSS) oluşturacak olan yedi uydudan sonuncusudur. Bu uydunun yapımı, 28 Nisan 2016 tarihinde başlatılmıştır. IRNSS-1G, yer-sabit uydulardan biridir ve doğu boylamında konumlandırılmıştır. Yakıtlı kütlesi 1.425kg ve yakıtsız kütlesi 598 kg'dir. 1.660 watt'a kadar güç üreten iki güneş paneli tarafından desteklenmektedir. Uydunun görev süresi 12 yıldır (Şekil 12), (Tablo 2), (URL-20).



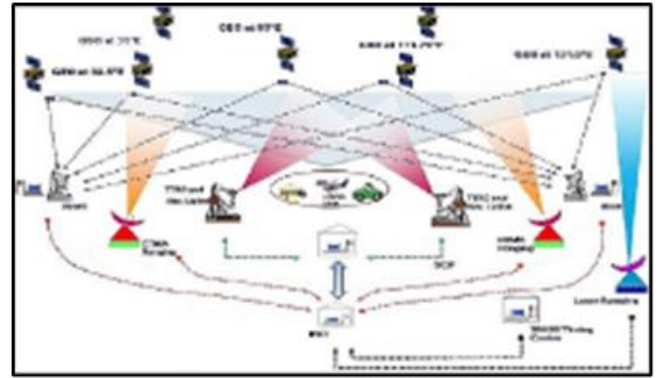
Şekil 12. IRNSS-1G uydusunun yerküre üzerindeki konumu (URL-21)

### 2.3. Yer (Kontrol) Bölümü

IRNSS uydu takımının bakımından ve çalışmasından sorumludur. Yer bölümü uydu takımını kontrol etmek için gerekli unsurların ve ana sistemlerin tamamını içerir (Şekil 13, 14 ve 15). IRNSS kontrol bölümü; IRNSS Uzay Aracı Kontrol Tesisi (IRSCF), IRNSS Uzaklık ve Bütünlük İzleme İstasyonu (IRIMS), IRNSS Navigasyon Merkezi (INC), IRNSS CDMA Menzil Ölçüm İstasyonu (IRCDR), IRNSS Ağ Zamanlama Tesisi (IRNWT), IRNSS Veri İletişim Ağı ve bağlantı istasyonlarından oluşmaktadır.

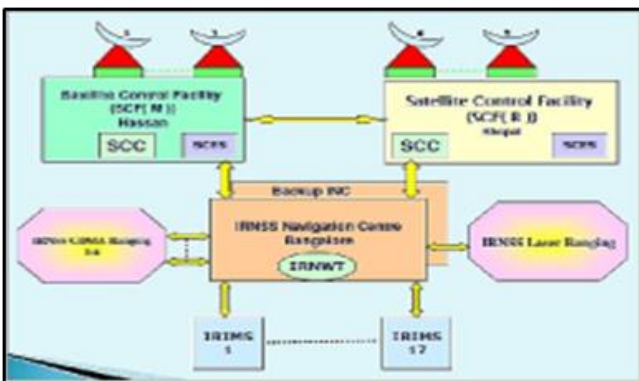
**Tablo 2.** IRNSS-1 Serisi Uyduları (URL-6)

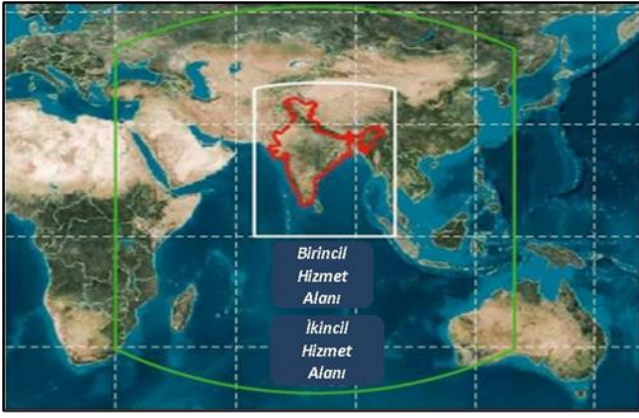
UYDU	SVN	PRN	Uydu kimliği	NORAD Kimliği	Lansman Tarihi	Araçlar	Yörünge	Durum
IRNSS-1A	I001	I01	2013-034A	39199	1 Temmuz 2013	PSLV-XL-C22	Geosynchronous (IGSO) / 55°E, 29° inclined orbit (Eğimli yörünge)	Kısmen Arızalı
IRNSS-1B	I002	I02	2014-017A	39635	4 Nisan 2014	PSLV-XL-C24	Geosynchronous (IGSO) / 55°E, 29° inclined orbit	Operasyonel
IRNSS-1C	I003	I03	2014-061A	40269	16 Ekim 2014	PSLV-XL-C26	Geostationary (GEO) / 83°E, 5° inclined orbit	Operasyonel
IRNSS-1D	I004	I04	2015-018A	40547	28 March 2015	PSLV-XL-C27	Geosynchronous (IGSO) / 111.75°E, 31° inclined orbit	Operasyonel
IRNSS-1E	I005	I05	2016-003A	41241	20 Ocak 2016	PSLV-XL-C31	Geosynchronous (IGSO) / 111.75°E, 29° inclined orbit	Operasyonel
IRNSS-1F	I006	I06	2016-015A	41384	10 Mart 2016	PSLV-XL-C32	Geostationary (GEO) / 32.5°E, 5° inclined orbit	Operasyonel
IRNSS-1G	I007	I07	2016-027A	41469	28 Nisan 2016	PSLV-XL-C33	Geostationary (GEO) / 129.5°E, 5.1° inclined orbit	Operasyonel
IRNSS-1H					31 Agustos 2017	PSLV-XL-C39		Başlatılmadı
IRNSS-1I	I009		2018-035A	43286	12 Nisan 2018	PSLV-XL-C41	Geosynchronous (IGSO) / 55°E, 29° inclined orbit	Operasyonel

**Şekil 13.** IRNSS kontrol bölümü (Montenbruck ve Teunissen 2017)**Şekil 15.** Yer bölümü elemanlarının şematik görünümü (URL-8)

#### 2.4. Kullanıcı Bölümü

NavIC, belirlenen birincil hizmet alanındaki kullanıcılara tutarlı konum bilgisi hizmeti sağlamak için tasarlanan bağımsız bir sistemdir. Birincil hizmet alanı, Hindistan'ı ve Hindistan sınırlarından dışa doğru 1500 km kadar uzanan bölgeyi kapsar (Şekil 16, 17 ve 18). 30° güney ve 50° kuzey enlemleri ile 30° doğu ve 130° doğu boylamları arasında kalan dikdörtgen (Şekil 16 yeşil renkli dikdörtgen) ile birincil hizmet alanı (Şekil 16 beyaz renkli dikdörtgen) arasında kalan alan ise genişletilmiş hizmet alanını oluşturur (ISRO, 2017). Sistem, birincil hizmet alanında 20 metreden daha iyi bir konumlama hassasiyeti sağlamaktadır (ISRO, 2018a).

**Şekil 14.** IRNSS yer sistemi yapısı (ISRO)



**Şekil 16.** NavIC birincil ve ikincil hizmet alanı (Montenbruck ve Teunissen, 2017)



**Şekil 17.** NavIC'nin genişletilmiş hizmet alanı (URL-5)



**Şekil 18.** Hindistan sınırlarından 1500 km kadar uzanan IRNSS kapsamının (birincil hizmet alanı) gösterimi (URL-3)

## 2.5. IRNSS Sinyal Yapıları

IRNSS uydusu takımı, Hindistan genelinde ve yaklaşık 1500 km dışarısına uzanan kapsama alanı içinde 20 m'lik bir konum doğruluğu sağlar. Kullanıcı bölümü aşağıdaki alanlarda faaliyet gösteren alıcılardan oluşur:

- Tek frekans (L5-bandı veya S-bandı)
- Çift frekans (L5-bandı ve S-bandı)

Tek frekanslı ve çift frekanslı alıcılar, hem tüm kullanıcılara sağlanan standart konumlama hizmeti

(SPS) hem de yalnızca yetkili kullanıcılara sağlanan kısıtlı bir hizmet olan (RS) sinyallerini alacaktır (Buba vd., 2012). Yani her iki grup alıcıda L5 (1176.45 MHz) ve S bandında (2492.028 MHz) ölçüm yapılabilecektir (Tablo 3).

**Tablo 3.** SPS hizmeti için L5 ve S taşıyıcı frekansları ve bant genişlikleri (URL-8)

Sinyal	Taşıyıcı Frekans	Bant genişliği
SPS-L5	1176.45 MHz	24 MHz (1164.45-1188.45)
SPS-S	2492.028 MHz	16.5 MHz (2348.50-2500.00)

SPS sinyali, BPSK (1) sinyali modülünü kullanacaktır. RS sinyali, ikili ofset taşıyıcı (BOC (5, 2)) modülünü kullanacaktır (Tablo 3). Daha iyi alım ve performans sağlamaya yardımcı olmak için RS Hizmeti için ek bir BOC pilot sinyali sağlanmaktadır. Navigasyon sinyallerinin kendisi S-bandı frekansında (2-4 GHz) iletilecek ve gerekli kapsama alanını ve sinyal gücünü korumak için faz dizili bir anten aracılığıyla yayınlanacaktır (Şekil 19 ve 20). L5 bandında diğer GNSS sinyallerinin de bulunması bu frekans aralığında birlikte çalışabilirliği desteklemektedir.

NavIC sistemine bir mesajlaşma arayüzü yerleştirilmiştir (Şekil 21). Bu özellik, komuta merkezinin belirli bir coğrafi alana uyarı göndermesine olanak tanımaktadır.

## 3. Bulgular

IRNSS uydularından IRNSS-1A, şimdilik sadece mesajlaşma hizmetlerinde kullanılmaktadır. Planlanan iki yedek uydudan biri olan IRNSS-1H, Ağustos 2017'de fırlatılmıştır fakat yörüngeye yerleştirilememiştir. Diğer yedek uydusu IRNSS-1I ise, Nisan 2018'de başarılı biçimde fırlatılmıştır (ISRO, 2017a; ISRO, 2018a; ISRO, 2013). Her iki uydusu da mevcut IRNSS uydusu yapısı ve navigasyon görev yükü ile benzer yapıdadırlar.

Ana görevi Hindistan ve çevresindeki kullanıcılara makul derecede tutarlı, güvenilir, doğru bir hizmet vermek olan NavIC, bağımsız bir uydusu tabanlı konumlama sistemidir. Sistem, Standart Konumlama Hizmeti (SPS) ve Kısıtlı Hizmet (RS) adı altında iki tür hizmet sağlayacaktır. SPS, tüm kullanıcılara açık bir hizmetken, RS sadece yetkilendirilmiş olan kullanıcılara sunulan şifreli bir hizmettir.

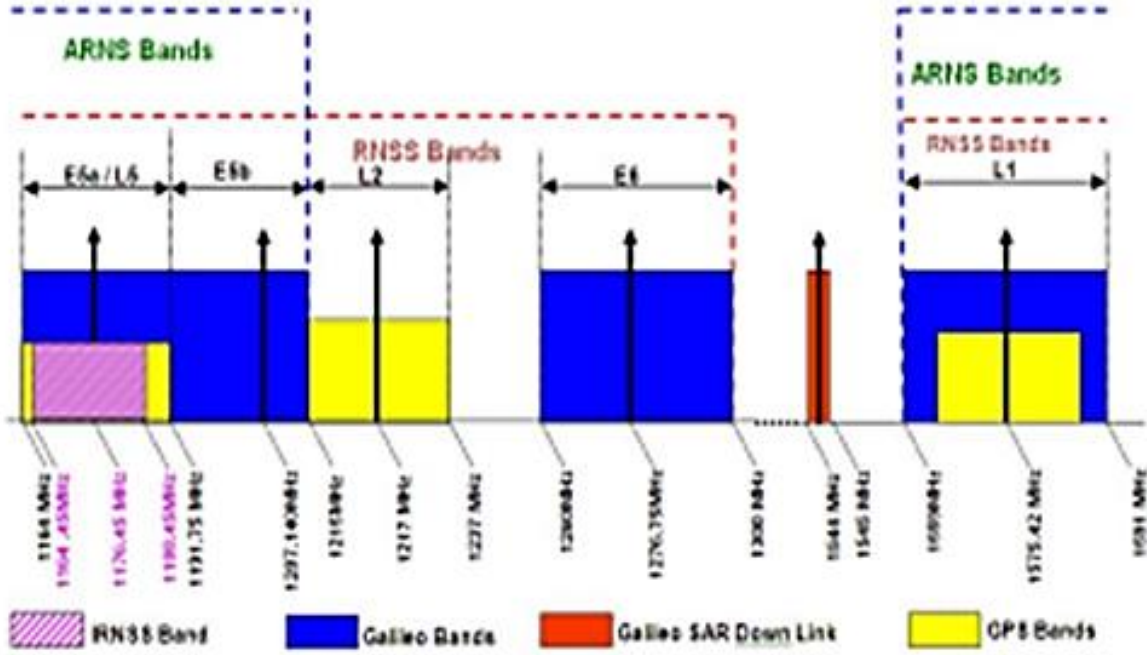
## 4. Sonuçlar

Yeryüzündeki bir nesnenin konumunun belirlenmesi için kullanılan konumlama günümüzde, yerküre etrafında dönen uydusu takımlarına, radyo navigasyon sinyallerine ve yeryüzündeki alıcılara dayanmaktadır. Bu konumlama sistemleri hizmet verdikleri kapsama alanına göre küresel ve bölgesel konumlama sistemleri olarak adlandırılmaktadır. Konumlama sistemleri zaman içerisinde, bilişimden havacılığa kadar birçok alanda kullanılmıştır.

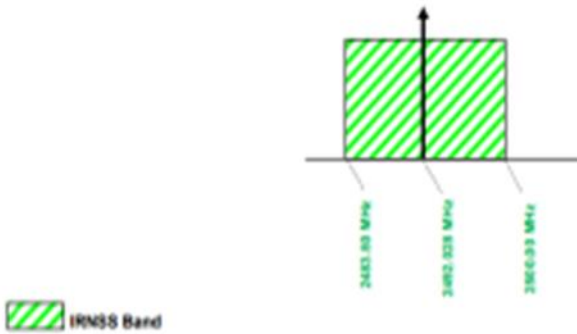
Uydusu tabanlı konumlama sistemlerinde kullanıcı uydudan yayınlanan sinyal ile etkileşime girerek konumunu belirleyebilmektedir. Kullanıcının konumunu elde edebilmesi için referans uydusunun konumunu ve alıcının uyduya olan uzaklığını bilmesi gerekmektedir.

Uzaklık, sinyalin uydudan yayınlanması ve alıcıya ulaşması arasında geçen yayılma zamanı kullanılarak hesaplanmaktadır. Bu yüzden, yayınlama zamanının elde edildiği uydu saatinin son derece duyarlı ve doğru olmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Dolayısıyla, uydu tabanlı konumlama sistemleri nesnenin konumunu, konumu bilinen uydulardan yeryüzüne doğru zaman bilgisi içeren düzenli konumlama sinyali yayarak belirlemektedir. Yani sistem bileşenleri ve kullandıkları sinyaller farklılık gösterse de aynı yöntemi kullanmaktadırlar.

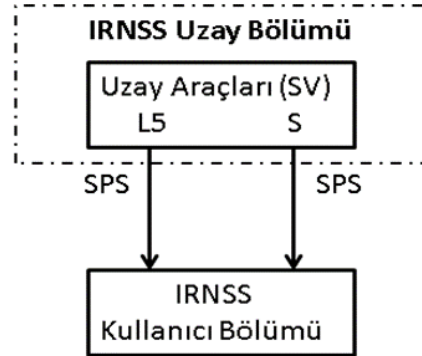
IRNSS, Hindistan çevresindeki 1500 kilometrelik bir alanda çalışmayı hedefleyen bağımsız ve özerk bir bölgesel uydu tabanlı navigasyon sistemidir. NAVIC sistemi tam olarak hizmete sokulduğuna GEO yörüngede 3 uydu ve GSO yörüngede 4 uydu ile yeryüzü üzerinden yaklaşık 36.000 km yüksekte hizmet verecektir. IRNSS sisteminden; Hint Okyanusu Bölgesi'nde (Hindistan'da 1500 km'lik) 20 m, Hindistan ve çevre ülkelerde ise 10 m'nin altında konum doğruluğu beklenilmektedir.



Şekil 19. L-bandında radyo navigasyon uydu servisleri spektrumu (ISRO)



Şekil 20. S-bandında IRNSS sinyali spektrumu (ISRO)



Şekil 21. Kullanıcı segmenti ile IRNSS uzay segmenti arayüzü (URL-8)

## Araştırmacıların Katkı Oranı

**Büşra Özateş, Şefika Çakar:** Literatür taraması, Modelleme, Makale yazımı; **Atınc Pırtı:** Düzenleme

## Çatışma Beyanı

Herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

## Kaynakça

- Babu, R., Rethika, T., & Rathnakara, S. C. (2012). Onboard atomic clock frequency offset for Indian Regional Navigation Satellite system. *International Journal of Applied Physics and Mathematics*, 2(4), 270.
- ISRO, (2013) ISRO Basın Bülteni, 28 Mayıs 2013 (<https://stringfixer.com/tr/ISRO>).

- ISRO, (2017a). Indian Regional Navigation Satellite System (IRNSS): NavIC. Department of Space Indian Space Research Organization, 2017.
- ISRO, (2018a). Annual Report 2017-2018. Department of Space, Government of India, 2018.
- Montenbruck, O., & Teunissen, P. (2017). (Editörler). Springer Handbook of Global Navigation Satellite Systems. Cham: Springer International Publishing AG.
- Spaceflight101. (2015). Indian Regional Navigation Satellite System. Spaceflight101 Space News and Beyond: <http://www.spaceflight101.net/irnss-1.html>
- URL-1: <https://www.isro.gov.in/spacecraft/satellite-Navigation>
- URL-2: [https://www.isro.gov.in/sites/default/files/irnss\\_sps\\_icd\\_version1.1-2017.pdf](https://www.isro.gov.in/sites/default/files/irnss_sps_icd_version1.1-2017.pdf)
- URL-3: <https://www.isro.gov.in/irnss-programme>
- URL-4: <http://www.ijapm.org/papers/109-P20007.pdf>
- URL-5: [https://en.wikipedia.org/wiki/Indian\\_Regional\\_Navigation\\_Satellite\\_System#/media/File:IRNSS\\_Coverage\\_Polygon.png](https://en.wikipedia.org/wiki/Indian_Regional_Navigation_Satellite_System#/media/File:IRNSS_Coverage_Polygon.png)
- URL-6: [https://en.wikipedia.org/wiki/Indian\\_Regional\\_Navigation\\_Satellite\\_System](https://en.wikipedia.org/wiki/Indian_Regional_Navigation_Satellite_System)
- URL-7: <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/content/-/article/irnss>
- URL-8: <http://www.isro.gov.in/update/28-may-2013/isro-navigation-centre-inaugurated>
- URL-9: <https://www.n2yo.com/satellite/?s=39199>
- URL-10: <https://tr.wikiqube.net/wiki/IRNSS-1A>
- URL-11: <https://tr.vvikipedla.com/wiki/IRNSS-1B>
- URL-12: <https://www.n2yo.com/satellite/?s=39635>
- URL-13: <https://tr.wikinew.wiki/wiki/IRNSS-1C>
- URL-14: <https://www.n2yo.com/satellite/?s=40269>
- URL-15: <https://www.n2yo.com/satellite/?s=40547>
- URL-16: <https://tr.vvikipedla.com/wiki/IRNSS-1D>
- URL-17: <https://tr.wikinew.wiki/wiki/IRNSS-1E>
- URL-18: <https://www.n2yo.com/satellite/?s=41241#results>
- URL-19: <https://tr.vvikipedla.com/wiki/irnss-1f>
- URL-20: <https://tr.vvikipedla.com/wiki/IRNSS-1G>
- URL-21: <https://www.n2yo.com/satellite/?s=41469>
- URL-22: <https://www.n2yo.com/satellite/?s=41384>



© Author(s) 2023. This work is distributed under <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>