

# uydular aracılığıyla iletişim

oğuz kırımkan

UDK: 621.396.946

## ÖZET

Günümüzde uydular çok geniş bir uygulama alanı bulmuştur. Bu alanlara örnek olarak iletişim, meteoroloji, doğal kaynakların araştırılması ve bilimsel araştırmalar verilebilir. Bu yazıda ana görevi bireysel iletişimi sağlamak olan ancak ana görevi yanında televizyon iletimine de olanak veren uyduların tarihçesi, amaçlarına göre iletişim uydularının sınıflandırılması, bu tür iletişimde doğa olaylarının imler üzerindeki etkileri inceleniyor. Bundan sonra bugün en yaygın olarak kullanılan INTELSAT uluslararası uydu iletişim dizgesinde çalışan uyduların ve yeristasyonlarının yapısı ayrıntılı olarak ele alınıyor. Yazının son bölümünde ise bir diğer uluslararası uydu iletişim dizgesi INTERSPUTNIK hakkında kısa bilgi veriliyor.

## SUMMARY

Satellites find a wide field of applications including Communications, meteorological forecasting exploration and location of natural resources and a number of scientific research projects. In this article, the history and the classification of Communications satellites are given briefly. The natural phenomenon affecting the performance of Communications satellites are investigated. The structural and functional properties of INTELSAT, today's most widely used international satellite Communications system, together with the associated satellites and ground stations, are explained in detail. The last section gives a brief information concerning the other international satellite Communications system, INTERSPUTNIK.

## 1. GİRİŞ

1956 yılına değin okyanusaşırı kıtalar arasında iletişim ancak YS (Yüksek Sıklık) radyo dizgeleri kullanılarak gerçekleştirilebiliyordu. Ancak bu tarihte Atlas Okyanusuna, Amerika kıtası ile Avrupa kıtası arasına döşenen denizaltı kablosu iletişim alanında büyük bir aşama olarak nitelendirildi. TAT-1 olarak adlandırılan ilk denizaltı kablosundan o tarihte geçirilebilen 48 telefon kanalı, günümüzde kullanılan dizgelerin kanal sığalarıyla karşılaştırıldığında çok düşük bir sığa olarak nitelendirilebilirdi, o günün koşulları altında ve YS radyo dizgelerine göre nitelik ve nicelik açılarından çok yüksek bir sığa olarak değerlendirilmekteydi. Fakat denizaltı kablosunun sağladığı bu üstünlük ancak 1965 yılına değin sürdü. Denizaltı kablosunun yeterli düzeyde iletişim sağlayamaması yeni tür bir dizgenin geliştirilme-

sini zorunlu kıldı. Burun sonucu, 1965 yılında iki kıta arasındaki iletişim, iletişim tarihinde büyük bir olay olarak nitelendirilen bir yöntemle uydu kullanılarak gerçekleştirildi.-Bu tarihten sonra uydu iletişimi alanında yoğun çalışmalar başladı ve uydu, iletişimin her türünde kullanılmaya başladı. Uydu alanındaki bu gelişmelere değinmeden önce, uydunun kısa sürede bu derece yaygınlaşmasının nedenlerine biraz daha ayrıntılı bakalım:

1) YS radyo dizgesi, denizaltı kablosu gerçekleştirilmeden önce okyanusaşırı kıtalar arasında kullanılan tek iletişim aracı idi. Bu tür bir dizgede iletişim, YS bandındaki dalgaların iyonosfer ile yer arasında yansımalarından yararlanarak sağlanmaktadır. Bu nedenle bu tür iletişimin

Oğuz Kırımkan, PTT

| Yıl  | Denizaltı Kabloları    | Uydular                                   |
|------|------------------------|---|
| 1956 | TAT-1 (48 devre)       |   |
| 1961 | CANTAT-1 (80 devre)    |   |
| 1962 | COMPAC (80 devre)      |   |
| 1963 | TAT-3 (128 devre)      |   |
| 1964 | TRANSPAC-1 (128 devre) |   |
| 1965 |                        | ŞAFAK KUŞU<br>(240 devre veya<br>1 TV)    |
| 1966 |                        | İNTELŞAT II<br>(240 devre veya<br>1 TV)   |
| 1968 | SAT-1 (360 devre)      | İNTELŞAT III<br>(1500 devre veya<br>4 TV) |
| 1970 | TAT-5 (845 devre)      |   |
| 1971 |                        | İNTELŞAT IV<br>(3750 devre ve<br>2 TV)    |
| 1974 | CANTAT-2 (1840 devre)  |   |
| 1975 | TAT-6 (4000 devre)     | İNTELŞAT IV-A<br>(6250 devre ve<br>2 TV)  |

Çizelge 1.

birçok sakıncası vardır. Bu sakıncaların önemli olan dördünü şöyle sıralayabiliriz: a) İyonosferdeki düzensizlikler nedeniyle, İyonosferden yansıyan dalgaların aldıkları yollar farklı olmakta, bunun sonucu ortaya çıkan evre farklılıkları antene ulaşan dalgaların zayıflamasına yol açmaktadır. Bu zayıflamanın değeri bazı durumlarda o derece yüksek olmaktadır ki, YS donatımında bulunan otomatik kazanç denetimi birimi bu zayıflamayı giderememektedir. b) YS radyo dizgesinde kullanılan sıklık bandı sıklık bindirimine (Frequency Modulation) olanak vermemektedir. Bu durum ise genlik bindirime (Amplitude Modulation) oranla daha üstün olarak nitelendirilen sıklık bindiriminin bu üstünlüklerinden yararlanmayı önlemektedir. c) Zorunlu olarak genlik bindirim tekniğinin kullanılması ve İyonosferin yol açtığı kayıplar nedeniyle kullanılan güç çok yüksek olmaktadır. d) Dizgenin kanal sığıması, daha önce belirttiğimiz nedenlerden ötürü, çok düşüktür. Saydığımız bu sakıncalardan ötürü, YS radyo dizgesi denizaltı kablosunun kıtalararası iletişimde kullanılmasına başlamasıyla bu alandaki etkinliğini yitirmiştir. Bugün bu tür dizgeler yalnız sahillerle gemiler arasındaki iletişimi sağlamada kullanılmaktadır.

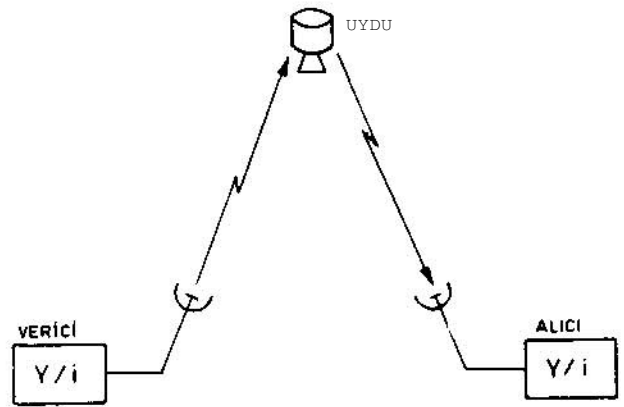
2) Denizaltı kablolarının kıtalararası iletişimde kullanılması, daha önce de belirttiğimiz gibi, TAT-1 kablosuyla başladı. Bu dizgenin, ekonomik açıdan ve güvenilirlik açısından uydu dizgeleri ile karşılaştırılabilir olmasına karşın, teknik açıdan uydu dizgesine göre bir önemli sakıncası vardı. Bu sakıncada denizaltı kablosunun bant genişliğinin dar olmasıydı. Bantgenişliğinin dar olması sonucu kablodan geçirilebilen kanal sayısı düşük olmakta ve daha önemlisi yakına değin denizaltı kablolarından televizyon iletimi yapılamamaktaydı. Ancak geçtiğimiz aylarda Japonya'da bu konuda yapılan çalışmalar olumlu sonuç vermiş ve televizyon iletimine olanak veren

Yeni bir denizaltı kablosu geliştirilmiştir. Henüz deneme aşamasında olan bu kablunun gerçekleştirilmesi durumunda, okyanusaşırı iletişimde denizaltı kablosu teknik açıdan da uydu ile karşılaştırılabilir olacaktır.

Çizelge 1'de günümüzde uluslararası iletişimde e yaygın olarak kullanılan İNTELŞAT (Uluslararası Uziletişim Uyduları Örgütü) uydu iletişim dizgesine bağlı uyduların kanal sığımaları ile denizaltı kablolarının kanal sığılarının yıllara göre karşılaştırılması yapılmıştır. Çizelgeden de görüldüğü gibi, 1956 yılından 1964 yılına kadar okyanusaşırı (Atlas ve Pasifik Okyanusları) iletişim de yalnız denizaltı kabloları kullanılmış, 1965 yılında ise ilk İNTELŞAT uydusunun atılmasıyla iletişim her iki dizge üzerinden sağlanmaya başlamıştır.

3) Mikrodalga dizgeleri, teknik açıdan uydu ile hemen hemen aynı yapıdadır. Günümüzde 2700 telefon kanalını aynı anda geçirebilecek mikrodalga dizgeleri kullanılmaktadır. Ayrıca bu dizgelerde bant genişliği yeterli olduğundan, televizyon iletimi olanağı da vardır. Ancak bu dizgenin okyanusaşırı kıtalar arasında kullanılması, kullanılan sıklık bandının (bugün 6 GHz ve 11 GHz oldukça yaygın olarak kullanılan bantlardır) istasyonlarda bulunan antenlerin birbirlerini görmelemini gerektirmesi nedeniyle olanaksızdır. Çünkü bu dizgede, iki nokta arasında iletişim kurabilmek için bu amaçla kurulacak istasyonlar arasında hiçbir engel olmaması gereklidir.

Ayrıca, yine kullanılan sıklık bantları ve dünya yuvarlaklığı nedeniyle istasyonlar arasındaki uzaklığın 50-100 km'yi aşmaması gerekir. Bu noktaları gözönüne aldığımızda, mikrodalga dizgesi kullanarak Amerika ile Avrupa kıtaları arasında iletişim kurabilmek için (Amerika ile Avrupa kıtası arasındaki uzaklığı 6000 km olarak kabul edersek) okyanusun ortasına yaklaşık 1000 km yüksekliğinde bir anten kulesi veya normal yükseklikte (yaklaşık 50 m) anten kuleleri kullanarak 100 kadar istasyon kurmak zorunlu olmaktadır. Bu ise deniz üzerinde olanaksızdır. Bu nedenle ülke içinde ve arada okyanus bulunmayan ülkeler arasındaki iletişim için uygun olan mikrodalga dizgelerinin okyanusaşırı iletişimde kullanılması olanaksızdır. Ancak uydu iletişimine teknik açıdan baktığımızda, günümüzde çok yaygın olarak kullanılan mikrodalga dizgelerinden pek farklı



Şekil 1. Uydu dizgesi

olmadığını görürüz. Çünkü bir uydu dizgesinde, mikrodalga dizgelerinde olduğu gibi, birbirini gören üç istasyon vardır. Bunlar gönderici yeristasyonu, uydu istasyonu ve alıcı yeristasyonu. Uydu dizgesinde dünyanın yuvarlaklığı sınırlayıcı bir etken olmadığından, uydu ile yeristasyonları arasındaki uzaklığın 40.000 km olması iletişimi etkilememektedir.

Yukarıda yapılan açıklamalar sonunda uydu dizgesinin okyanusaşırı kıtalar arasında kullanılabilir en uygun jizge olduğu anlaşılacaktır. Ancak bugün uydu dizgeleri yalnız okyanusaşırı iletişimde değil, ulusal ve bölgesel iletişimde de diğer dizgelerin yerini alma yolundadır. Yukarıda belirttiğimiz gerekçeler yalnız okyanusaşırı iletişim için geçerlidir ve ulusal veya bölgesel iletişim için aynı gerekçeleri ileri sürmek güçtür. Bu nedenle ulusal veya bölgesel iletişim için uydu dizgelerini kullanmanın ne derece doğru bir karar olacağına çok iyi araştırılması zorunludur.

## 2. UYDULAR ARACILIĞI İLE İLETİŞİMİN ÖGELERİ

Bir uydu iletişim dizgesinin 3 temel ögesi vardır. Bunlar;

- Yeristasyonu (verici)
- Uydu
- Yeristasyonu (alıcı) dır.

Burada verici istasyondan uyduya olan yola yeristasyonu-uydu bağlantısı, uydudan alıcı yeristasyonuna olan yola da uydu-yeristasyonu bağlantısı denir.

Bu şekilde, bir verici yeristasyonu, bir uydu ve bir alıcı yeristasyonundan oluşan devreye de uydu devresi denir.

Verici ve alıcı yeristasyonları ile uydunun yapısı hakkında ayrıntılı bilgi ilerde verilecektir. Ancak, uydu iletişiminin teknik yönlerine girmezden önce bu iletişim türünde bugüne değin yapılan çalışmalara değinmekte yarar vardır.

## 3. UYDULAR ARACILIĞIYLA İLETİŞİMİN TARİHÇESİ

Uydu aracılığıyla iletişime ilişkin çalışmalar çok önceleri başlamış, fakat bu çalışmalara ait uygulamalara ancak 1954 yıllarında başlanabilmiştir. Bu uygulamalardan ilki 1954 yılı Temmuzunda gerçekleştirilmiş ve bu deneyde dünyadan ay'a gönderilen bir mesaj, aydan yansarak tekrar dünyadan alınmıştır. Bu deneyin başarı ile sonuçlanması, ayın pasif bir uydu olarak kullanılabilirliğini göstermiş ve bundan yararlanılarak Washington ile Hawaii arasında iletişim kurulmuştur. Ancak ayın bir röle istasyonu olarak kullanıldığı bu bağlantıda iletişim sürekli olamıyordu. Çünkü iletişimin sürekliliği için ayın Washington ve Hawaii'den görülmesi zorunluuydu. Ay olmadığı zamanlarda ise iletişim kesilmekte, ay yeniden görülene değin bu kesinti sürmekteydi. Bu tür iletişimin bir diğer olumsuz yanıda iletişim için kullanılan verici güçlerinin çok yüksek olmasıydı. Örneğin Washington ile Hawaii arasındaki bu bağlantı için 100 kWlık vericiler, 26 m çapında parabolik antenler ve 430 MHz taşıyıcı sıklığı kullanılmıştı. Gücün bu derece yüksek olmasının nedeni ayın pasif bir uydu olmasıydı. Yani gelen hiçbir işlem gömeden aya çarparak dünyaya dönmekteydi. Bu ise kayıpların son derece yüksek olmasına yol açmaktaydı. Aynı bu sakıncalarını; Özellikle ay olmadığı zamanlarda iletişimin kesilmesini önlemek üzere yoğun çalışmalara girişildi. Bu çalışmalar sonunda pasif uydu olarak ay yerine bir balonun kullanılması düşüncesi geliştirildi. 1960 yılı Ağustos ayında ECHO adlı 30 m çapında bir balon 1500 km yükseklikte bir yörüngeye yerleştirildi ve bu balon kullanılarak ABDde Goldstone ile Holmdel arasında iletişim sağlandı. Bu uygulamada 960 MHz ve 2290 MHz sıklıkları taşıyıcı sıklıklardı. Aynı ayın sonlarında ise aynı balon ile Holmdel ile Fransa'da kurulu bir alıcı istasyon arasında iletişim sağlandı. Böylece ilk okyanusaşırı iletişim gerçekleştirilmiş oldu.

Pasif uyduların iletişim olanağının çok yüksek

| Uydu Adı  | 01 ke | Atılış Tarihi | Yörünge           | Sıklıkları ve Verici Gücü                       | Özellikleri  |   |
|-----------|-------|---------------|-------------------|---|--|---|
| Sputnik-1 | SSCB  | 4.10.1957     | 228 km<br>947 km  | 20,005;<br>40,002 MHz, 1 W                      | Ağırlık: 83,6 kg<br>Sekli: Küresel<br>Çapı: 0,58 m   | İLK YAPAY UYDU. Radyo dalgalarının yayılmasını inceledi. Akü ile çalıştı. 21 gün yayın yaptı. 4 Ocak 1958'de düşürüldü. |
| Score     | ABD   | 18.12.1958    | 185 km<br>1470 km | 132,405; 132;<br>435 MHz                        | Ağırlık: 68 kg   | İLK İLETİŞİM UYDUSU. Kayıtlı mesajları 13 gün süreyle yayınladı. 21 Ocak 1959'da düşürüldü.                             |
| Tiros-1   | ABD   | 1.4.1960      | 690 km<br>750 km  | 235 MHz<br>2 W<br>(televizyon vericisi)         | Ağırlık: 122 kg<br>Sekli: Silindirik<br>Çapı: 1,07 m<br>Yükseklik: 0,48 m<br>4 verici dipol<br>1 alıcı dipol | İLK METEOROLOJİ UYDUSU. 17 Haziran 1960 gününe kadar 22952 fotoğraf gönderdi. 9000 solar hücre ve akü bulunuyordu.      |
| Telstar-1 | ABD   | 10.7.1962     | 955 km<br>6238 km | 4170 MHz<br>4165 MHz<br>4175 MHz<br>2,25 W; 1 W | Ağırlık: 77 kg<br>Sekli: Küresel<br>Çapı: 0,85 m   | İLK AKTİF İLETİŞİM UYDUSU. 21 Şubat 1963 tarihine kadar çalıştı. 3600 solar hücre vardı.                                |
| Vostok-1  | SSCB  | 12.4.1961     | 175 km<br>302 km  | 9,019; 20,006;<br>143,625 MHz<br>(ses)          | Ağırlık: 953 kg<br>Sekli: Silindirik<br>Çapı: 1,52 m<br>Yükseklik: 7,62 m                                    | İLK İNSANLI UYDU. Uzayda 1,8 saat kaldı. Pilot Yuri Gagarin idi.  |
| Oscar-1   | ABD   | 12.12.1961    | 235 km<br>416 km  | 144,983 MHz<br>0,1 W                            | Ağırlık: 6,8 kg<br>Sekli: Dikdörtgen<br>Pirizma<br>Boyutları:<br>0,3x0,35x0,15 m<br>Kamçı anteni             | İLK AMATÖR RAYO UYDUSU. 18 gün veri yaptı. 31 Ocak 1962'de düşürüldü.   |

Çizelge 2.

olmasına karşın kullanılan gücün çok yüksek olması ve bu gücün çok büyük kısmının boş yere harcanması bu tür iletişimi olumsuz yönde etkiliyordu. Örneğin ECHO deneyinde verici istasyondan çıkan 10 kVJ'lık gücün balondan diğer istasyona ulaşmasındaki kayıp o derece yüksek olmaktaydı ki alıcı antene çıkış gücünün ancak  $1/10^{18}$  i ulaşabiliyordu. Ayrıca alıcı tarafından alınan çok düşük düzeydeki bu imin, gürültü düzeyinin üzerinde tutulabilmesini sağlamak amacıyla çok düşük gürültülü alıcılara gerek duyuluyordu. 1954 yılında geliştirilen maser adlı alıcılar bu sorunu bir ölçüde çözdü. Bu sakıncaları yanında pasif uyduların en önemli üstünlüğü doğal olarak fazla karmaşık elektronik donatım gerektirmemesiydi.

18 Aralık 1958 yılında yörüngeye yerleştirilen ve içinde yükselteç bulunan ilk uydu SCORE ile uydu iletişimde yeni bir dönem başladı. Ağırlığı 5,87 kg, boyu 0,584 m, çapı 0,254 m olan ve konik şekilli bu uydunun yörüngesinin, dünyadan en uzak noktası 1470 km en yakın noktası 185 km idi. SCORE uydusu ile ilk kez bir mesaj (Eisenhower'in mesajı) dünyadan 150 MHz sıklığı ile gönderilerek uyduda kaydedilmiş ve kaydedilmiş bu mesaj belirli aralıklarla 8 W'lık bir çıkış yükseltici kullanılarak 122 MHz sıklığında tekrar dünyaya gönderilmiştir. Ancak bu uydunun çalışması, enerji kaynağı olarak yalnız akü kullanılması nedeniyle 12 gün sürmüştü ve bu süre sonunda akülerin boşalmasıyla yayın durmuştur.

Daha sonra atılan Courier IB uydusunda SCORE gibi pasif uydular ile aktif uydular arasında bir geçiş olarak düşünülebilir. 1960 yılı sonlarında 1000 km yükseklikteki bir yörüngeye yerleştirilen ve gecikmeli iletişim uydusu olarak nitelendirilen bu uydu, bir yeristasyonundan gönderilen bilgiyi yüksek hızlı manyetik bir kayıt donatımı ile kaydetmiş ve bu bilgiyi diğer yeristasyonlarının bulunduğu nokta üzerinden geçerken 2 GHz sıklığında tekrar dünyaya göndermiştir. Bu deneyler, uydu içinde yükselteç bulunması nedeniyle aktif uydulara doğru kesin bir adım olarak nitelendirildi.

Tam anlamıyla aktif uydu niteliğinde olan uydular üzerindeki çalışmalar ve deneyler Telstar, Relay ve Syncom projeleri ile başladı.

Telstar projesi bu çalışmalar içinde en bilinenidir. Bunun nedeni, Atlas Okyanusu üzerinden ilk televizyon yayınının bu uydu ile gerçekleştirilmiş olmasıdır. Telstar 1 uydusu 10 Temmuz 1962 yılında fırlatıldı. Bu uydudan aynı anda tek-yönlü 600 telefon kanalı veya bir televizyon kanalı geçirilebilmekteydi. Deneyler sırasında imler Andover'de bulunan yeristasyonundan Telstar uydusuna gönderilmiş, uydu tarafından alınan bu imler yükseltilerek bir başka sıklıkta dünyaya gönderilmiştir. Bu uydu ile İngiltere, Fransa ve Japonya'da bulunan yeristasyonları arasında iletişim kurulmuştur. Küresel yapıda, 77 kg ağırlığında, 87,5 cm çapında olan ve çevresi solar levhalarla kaplı bulunan Telstar uydusunun yörüngesinin yüksekliği 930 km ile 5550 m arasındaydı. Ayrıca uydunun çevresinde bulunan aynalar gelen güneş ışınlarını yansıtıyor ve böylece dünyadan uyduyu gözlemek olanaklı oluyordu. Kullanılan anten sayısı iki idi. Bunlardan biri verişi diğer alışı için kullanılıyordu. Antenlerin alışı ve

verişi verimliliği uydunun kutupları dışında tüm yönlerde eşit idi. Bu iki antene ek olarak uydunun uzaktan denetimi için sarmal bir anten kullanılıyordu. Uyduda bir elektron tüpü, 1064'ü transistör 1464'ü diyot olmak üzere 2528 yarı iletken bulunuyordu, imler uyduda 6390 MHz sıklığında gönderiliyor uydudan ise 4170 MHz sıklığında alınıyordu. Uydunun bant genişliği 50 MHz idi. Uyduda 6390 MHz'de ulaşan imler ilk olarak quart kristalli bir salınç tarafından üretilen bir im ile karıştırılıyor ve böylece 90 MHz ara sıklığı elde ediliyordu. Bu ara sıklık uyduda kullanılan uzun ömürlü transistörlerin kullanım alanı içindeydi. Normal çalışmada 90 MHz'deki imi 1.000.000 kez yükseltilemek için 14 germanyum transistör bulunuyordu. Ayrıca otomatik kazanç, denetimi ile dünyadan alınan imin genliğine bakmaksızın uydunun çıkışı sabit (2 - 1/4 W) tutulabiliyordu. Yükseltile 90 MHz'lik im daha sonra ikinci bir kristal denetimli salıncacın ürettiği im ile karıştırılarak 4170 MHz sıklığı elde ediliyordu. Bu im tekrar yürüyen dairesel bir yükselteç tarafından yükseltilerek dünyaya gönderiliyordu.

Böylece Telstar uydusu ile aktif uydular kullanılarak iletişim dönemi başlamış oldu. 20 Ağustos 1964 yılında uluslararası iletişim alanında uydu kullanımını sağlamak amacıyla 11 ülke birleşerek INTELSAT (Uluslararası Haberleşme Uyduları Örgütü) kurdu. Uydu üzerinden ticari iletişim resmi olarak 1965 yılı Nisan ayında INTELSAT I uydusunun yörüngeye yerleştirilmesiyle başlamış oldu.

Uydu teknolojisinin geliştiği ve uygulanmaya başladığı 1957 yılından 1976 yılına kadar değişik yörüngelere yerleştirilen ve bugün birçoğu kullanılmayan uydulara kısaca göz atmakta yarar vardır; 1957 yılından 1976 yılına kadar uzaya fırlatılan uydu sayısı yaklaşık 2230'dur. Bu uyduların büyük çoğunluğu bilimsel araştırma amacıyla fırlatılmıştır. Uzayın yapısını, uzaydaki olayları araştırmayı sağlayan bu uyduların sayısı yaklaşık 1850'dir. Bu tür uydular iletişim amaçlı uydular izler. Karadan karaya, karadan denize iletişimi sağlayan bu uyduların sayısı ise yaklaşık 270'dir. Uzaydan meteorolojik olayları izleyen, hava tahminlerine büyük katkısı bulunan meteorolojik uyduların sayısı ise 70 kadardır. Bunlar dışında sayıları 27'yi bulan birçok askeri savunma uydusunda 1957-1977 döneminde yörüngeye yerleştirilmiştir. Ancak daha önce de belirttiğimiz gibi bu uyduların birçoftu günümüzde ömürlerini tamamlamışlar ve imha edilmişlerdir. 1957-1977 döneminde uzaya fırlatılan yaklaşık 2230 uydunun bağlı oldukları ülkeler ise şöyledir:

1163 uydu SSCB'ye

835 uydu ABD'ye

232 uydu Çin Halk Cumhuriyeti, Fransa, İtalya, Almanya, Kanada'yı\* «it veya Uluslararası uydulardır.

1957-1977 yılları arasında yörüngeye yerleştirilmiş bu uydulardan en önemlilerinin isimleri ve özellikleri Çizelge 2'de görülmektedir.

#### 4. UYDU İLETİŞİM DİZGELERİ

Bugün dünyada işletilmekte olan veya yakın bir gelecekte işletilmek üzere planlanmış birçok uy-

du iletişim dizgesi bulunmaktadır. Bu dizgeleri kullanım amaçlarına göre 6 ana gruba ayırmak olanaklıdır. Bu gruplar Uluslararası Uydu İletişim Dizgeleri, Bölgesel Uydu İletişim Dizgeleri, Askeri Uydu Dizgeleri, Özel Amaçlı Uydu Dizgeleri, Ulusal Uydu İletişim Dizgeleri ve Deneysel Uydu Dizgeleridir.

#### 4.1. Uluslararası Uydu İletişim Dizgeleri

**INTELSAT Uydu Dizgesi:** Üye sayısı: 103. Kullanılan uydular: INTELSAT IV ve IV-A. 90 ülkede bulunan 190 anten arasında uluslararası sivil iletişimi sağlar. Ayrıca 12 ülke bu uydulardan transponder\* kiralararak, ulusal iletişim gereksinmesini karşılamaktadır.

**INTERSPUTNIK Uydu Dizgesi:** Üye ülkeler: Belçika, Küba, Çekoslovakya, Doğu Almanya, Macaristan, Polonya, Romanya, SSCB ve Moğolistan'dır. Kullanılan uydular: Molniya (6/4 GHz), Stasyonar (6/4 GHz) ve Volna (AYS). Bu uydularla (ve gelecekte yerleştirilecek uydularla) üye ülkeler arasında sivil iletişim, televizyon program değişimi, hava ve deniz iletişimi sağlanmaktadır.

#### 4.2. Bölgesel Uydu İletişim Dizgeleri

**Afrika Uydu Dizgesi (Afrosat):** 38 üyeli Panaftel organizasyonu 6/4 GHz bandında çalışacak bir bölgesel uydu dizgesi planlamaktadır. Bu dizgeye Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı çerçevesinden mali yardım yapılacaktır. Dizgenin 1985 yılında işletmeye açılması planlanmıştır.

**Andean Uydu Dizgesi:** Şili, Kolombiya, Peru, Ekvator ve Bolivya'nın kurmuş bulunduğu Aseta adlı kuruluş bu ülkeler arasındaki bölgesel iletişimi uydular aracılığıyla sağlamak üzere çalışmalarda bulunmaktadır. Bu çalışmalarda Birleşmiş Milletler Örgütünden yardım alınmaktadır. Bölgesel iletişim için iki seçenek üzerinde durulmaktadır. Bunlardan biri INTELSAT dizgesinden transponder kiralamak (6/4 GHz) diğeri ise 6/4 GHz veya 6/2,5 GHz bandında çalışacak yeni bir dizge kullanmaktır.

**Arap Uydu Dizgesi:** Suudi Arabistan'da bulunan Arap Uydu Organizasyonu, 18 Arap ülkesine 5000 telefon kanalı ve 4 televizyon program kanalı sağlayacak, 6/4 GHz ve 6/2,5 GHz bantlarında çalışacak bir uydu dizgesi planlamaktadır. Bu dizge için UNESCO ve UNDP (Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı) yardımıda bulunmaktadır. Ayrıca INTELSAT dizgesinden kanal (transponder) kiralanması seçeneği üzerinde de durulmaktadır.

**Avrupa Uydu İletişim Dizgesi:** 6/4 GHz ve 14/11 GHz bantlarında çalışacak ve uzun mesafeli (>1200 km) uzletişim hizmetlerini sağlayacak bk dizgenin 1980 ortalarında kurulması planlanmıştır.

\* *INTELSAT IV uydusunda kullanılan bantgenişliği 500 MHz'dir. 500 MHz'lik bu bant SPÇK (Sıklık Paylaşımlı Çoklu Kullanım) tekniğine uygun olarak 36 MHz'lik 12 kanala ayrılmıştır (INTELSAT IV-A uydularında bu sayı 8 kanalın iki kez kullanılabilmesi nedeniyle 20'dir). Bu 36 MHz bantgenişliğine sahip kanallara transponder adı verilmektedir.*

tır. Bugün deneyleri yapılan OIS (Yörünge Sınama Uyduları-) uyduları bu dizge için prototip olarak kullanılacaktır.

**İskandinav Ülkeleri Uydu Dizgesi (Nordsat):** Bu dizge beş iskanandinav ülkesi arasında televizyon programı değişimine olanak verecek şekilde tasarlanmaktadır. Büyük bir olasılıkla 14/11 GHz bandında çalışacak bu dizgenin 1980 ortalarında hizmete girmesi planlanmıştır.

#### 4.3. Askeri Uydu Dizgeleri

**Hava Kuvvetleri Uydu İletişim Dizgesi (AF Satcom):** ABD Hava Kuvvetlerine ait bir dizgedir. 1978/79 yılında işletmeye açılacaktır.

**Savunma Uydu İletişim Dizgesi (DSCS):** ABDye ait bir dizgedir. Alçak yörüngeli bu dizgeye ait uyduların ilki 1966 yılında fırlatılmıştır. Dizgenin ikinci nesil uyduları 1971 ve 1973 yılında yörüngeye yerleştirilmiştir. Üçüncü nesil uydunun 1980 yılında kullanılması planlanmıştır. X ve S bantlarıyla, 7/8 GHz bandı kullanılmaktadır.

**Fleet Uydu İletişim Dizgesi (Fit Satcom):** AYSÇYS bantlarını kullanacak olan bu dizge 1978/79 yıllarında işletilmeye başlanacaktır. Şu anda bu dizge ABD Senatosunda gecikme ve fiyat artışı nedeniyle incelenmektedir.

**NAVO Uydu İletişim Dizgesi:** Bu dizge bugüne değin üç evre geçirmiştir. Birinci evre 1967-1970, ikinci evre 1971-1974 dönemlerinde tamamlanmıştır. 1975 yılında başlamış bulunan üçüncü evre kurulmuş bulunan 22 sabit, iki taşınabilir yeristasyonu üzerinden tüm NATO ülkeleri arasında askeri iletişimi sağlamaktadır.

**İngiltere Skynet Savunma İletişim Ağı:** Levre 1969-1970'de tamamlanmış. İkinci evre ise 1974 yılında başlamış ve bugün de sürmektedir. Bu dizgede kullanılan Skynet uydularının yapımı ve fırlatılması ABD tarafından gerçekleştirilmiştir. İngiliz Kraliyet Hava Kuvvetleri tarafından işletilen dizgenin çalışma bandı AYS bandıdır.

**SSCB Askeri Uydu Dizgesi:** Cosmos uydularının kullanıldığı bu dizge AYS bandında çalışmaktadır.

#### 4.4. Özel Amaçlı Uydu Dizgeleri (Deniz İletişimi, Hava İletişimi, Yayın ve Veri İletimi)

**Hava İletişim Uydu Dizgesi:** Hava araçları ile hava araçları; hava araçları ile kara araçları arasındaki iletişimi sağlamak üzere Avrupa Uzay Ajansı, COMSAT (ABD) ve Kanada hükümeti ortaklaşa yoğun çalışmalarda bulunmuşlardır. Ancak bu proje, ABD Senatosunun bu projeye ait fonu kesmesi nedeniyle iptal edilmiştir.

**Avrupa Yayın Birliği Televizyon Yayın Uyduları:** 1980 yılında işletmeye açılması planlanan bu dizgede Eurovision (EBU) televizyon programlarının Avrupa'ya dağıtımını amacıyla Avrupa Uzay Ajansı (ESA) uydularının kullanılması öngörülmüştür. Bu dizgede alıcılarda 0,75 m çaplı antenler kullanılacaktır.

**Deniz İletişim Uyduları (MARISAT):** ABDye ait bir dizgedir ve deniz araçları ile deniz araçları; deniz araçları ile kara arasındaki iletişimi sağlamaktadır. Çalışma bandı AYS/ÇYS'dir.

Deniz İletişimi Yörünge Sınama Uyduları (MAROTS): Deniz araçlarıyla kara arasındaki iletişimi sağlayacak olan bu dizgede kullanılacak olan Avrupa Uzay Ajansı-(ESA) uyduları 1978-1979 yılında fırlatılacaktır. Kullanılacak bant ÇYS/AYS'dir. Bu dizgenin Marisat dizgesi ile birleştirilerek Inmarsat adlı bir dizgenin kurulması için çalışmalar yapılmaktadır.

Volna Uydü Dizgesi: SSCB tarafından 1980 yılında kurulması planlanan bu dizge, hava ve deniz iletişimi amacıyla kullanılacaktır. Dizgenin AYS bandında çalışması öngörülmüştür.

#### 4.5. Ulusal Uydü İletişim Dizgeleri

Cezayir: Televizyon ve telefon servisleri için INTELSAT'tan bir transponder kiralananmıştır. 1975 yılından beri bu dizgede 11 yeristasyonu çalışmaktadır. Cezayir ulusal iletişim amacıyla INTELSAT'tan transponder kiralayan ilk ülkedir.

Avustralya: Ulusal iletişimini uydudan sağlamak üzere çalışmalarda bulunmaktadır. Bu dizge için INTELSAT'tan kanal kiralananması veya ayrı bir uydü kullanılması seçenekleri üzerinde durulmaktadır.

Brezilya: INTELSAT'tan iki transponder kiralamıştır. Bugün için çalışan dört yeristasyonu vardır. Ancak 1980 yılında ayrı bir uydü dizgesi gerçekleştirmek üzere çalışmalar yapılmaktadır.

Kanada: Ulusal iletişim için ayrı bir uydü dizgesi kullanan dünyanın ikinci ülkesidir. Telesat tarafından 1973 yılından beri işletilmekte olan bu dizgede Anik uydusu kullanılmaktadır. Bu yıl içinde 6/4 GHz ve 14/11 GHz'de çalışan ikinci nesil uydular kullanılmaya başlanacaktır.

Şili: Santiago ile Punta Arenas arasında iletişimi sağlamak üzere INTELSAT uydusundan çeyrek transponder kiralananmıştır. Çalışan iki yeristasyonu bulunmaktadır.

Çin Halk Cumhuriyeti: 1980 yılında 6/4 GHz ve 14/11 GHz bantlarında çalışacak ayrı bir uydü dizgesi planlanmıştır.

Kolombiya: Bogota ile San Andres adası arasında kullanılma'-, üzere bu yıl içinde INTELSAT uydusundan çeyrek transponder kiralananacaktır. İki yeristasyonu bu amaçla kurulmaktadır. 1980 yılında ise 6/4 GHz bandında çalışan ayrı bir Satcol dizgesinin işletilmesi planlanmaktadır.

Fransa: Plemur Bodou ile Hint Okyanusunda bulunan St.Deniş de la Reunion arasında televizyon ve telefon iletimini sağlamak üzere INTELSAT uydusundan yarım transponder kiralananmıştır. Bu dizge 1976 yılından beri çalışmaktadır.

Hindistan: Altı yeristasyonu arasındaki iletişimi sağlamak üzere INTELSAT uydusundan çeyrek transponder kiralananmıştır. Bu yıl içinde işletmeye geçilecektir. 14/11 GHz bandında çalışacak ve TV ve telefon servisleri için kullanılacak ayrı bir Insat dizgesinin 1982 yılında kurulması planlanmıştır.

Endonezya: Bu ülkede Palapa adlı ayrı bir uydü dizgesi 1976 Kasım ayından beri kullanılmaktadır. 6/4 GHz bandında çalışan bu dizgede 40 yeristasyonu bulunmaktadır. Filipinler bu dizgeden kanal kiralamak üzere hazırlıklar yapmaktadır.

İraiy Bu ülkede ulusal TV, telefon ve askeri iletişim amacıyla ayrı bir uydü dizgesi üzerinde çalışılmaktadır. Dizgenin 1983 yılında işletmeye açılması umulmaktadır.

Japonya: Gelecek iki yıl içinde fırlatılacak olan deney uydularından alınacak sonuçlara göre bu ülkede de bir ve daha çok ulusal uydü dizgesinin kurulması planlanmaktadır. Japonya Şubat 1977'den beri kendi uydularını yerle eşzamanlı yörüngeye yerleştirebilmektedir.

Libya: Ulusal servis için INTELSAT'tan transponder kiralamayı düşünmektedir. Eu ülkeye Cezayir kuracağı dizge için teknik yardımda bulunmaktadır.

Malezya: Kuantan ile Sabah aası arasınca iletişim 1975 yılından beri INTELSAT'tan kiralanan bir transponder kullanılarak sağlanmaktadır.

Moritanya: Ulusal iletişimi için INTELSAT'tan Kanal kiralamak üzere çalışmalarda bulunmaktadır. Bu ülke de Cezayir'den bu konuda teknik yardım almaktadır.

Nijerya: INTELSAT'tan üç transponder kiralamıştır. TV ve telefon hizmetlerini 1976 yılından beri bu dizge üzerinden sağlamaktadır. Kullanılan yeristasyonu sayısı 19'dur.

Norveç: INTELSAT'tan bir transponder kiralamıştır. Kiralanan bu transponder Kuzey Denizinde bulunan petrol istasyonları ile Norveç arasında kullanılmaktadır. Dizge 1975 yılında işletmeye açılmıştır.

Umman Televizyon programlarının iletiminde kullanılmak üzere INTELSAT'tan yarım transponder kiralananmıştır. Dizgede bulunan iki yeristasyonu 1977 sonundan beri işletilmektedir.

Peru: Ulusal iletişimi için INTELSAT'tan kanal kiralamak üzere girişimlerde bulunmaktadır.

Filipinler: Endonezya'nın Palapa dizgesinden kanal kiralamak suretiyle ulusal iletişimini sağlamayı planlamaktadır. Bu amaçla ikisi,denizde bulunan petrol istasyonlarında olmak üzere 13 yeristasyonu kurulmuştur. TV eğitim programlarının da geçirileceği bu dizge bu yıl içinde işletmeye açılacaktır.

Suudi Arabistan: Dört sabit yeristasyonu, iki taşınabilir yeristasyonunun bulunduğu dizge için INTELSAT'tan transponder kiralananmıştır. 1978 yılında dizgeye altı yeristasyonunun daha eklenmesi için çalışmalar yapılmaktadır.

İspanya: INTELSAT'tan yarım transponaer kiralananmıştır. İspanya'da bulunan Buitrago ile Kanarya adaları arasında TV ve telefon iletimi için iki yeristasyonu kullanılmaktadır.

Sudan: TV ve telefon iletimi için INTELSAT'tan bir transponder kiralananmıştır. 1977 yılından beri çalışmakta olan dizgede ondört yeristasyonu bulunmaktadır.

Tayland: INTELSAT'tan kanal kiralamak üzere girişimlerde bulunmaktadır.

Uganda: INTELSAT'tan bir transponder kiralananmıştır. 1977 yılından beri çalışan dizgede TV ve telefon iletişimi için altı yeristasyonu kullanılmaktadır.

İngiltere: Kuzey denizinde bulunan petrol istasyonları ile iletişimi sağlamak amacıyla INTELSAT'tan kanal kiralamak üzere girişimlerde bulunmaktadır.

ABD: Bu ülkede beş ulusal uydu dizgesi bulunmaktadır.

- Amerikan Uydu Dizgesi: Westar dizgesi uydularından kanal kiralananmıştır. Beş şehir arasındaki iletişimi sağlamaktadır. 1975'ten beri çalışmaktadır, 1980 yılında 14/11 GHz'de çalışan ayrı bir dizge planlanmıştır.
- Comstar Uydu Dizgesi: ABD'de bu dizgede çalışan yedi yeristasyonu bulunmaktadır. Ancak yakında Alaska ve Puerto Rico'da da yeristasyonları kurulacaktır. 6/4 GHz bandında çalışan bu dizgeden 1979 yılına kadar yalnız telefon hizmeti sağlanabilecektir.
- RCA Uydu Dizgesi: Bu dizge işletmeye 1973 yılında Telesat uydusundan kiralanan kanallarla açılmıştır. 1976 yılında ise bu dizge için 6/4 GHz bandında çalışan bir uydu ağı kurulmuştur. Çalışan beş yeristasyonu bulunmaktadır.
- Uydu İş Dizgeleri (SBS): Bu dizge COMSAT, IBM ve Aetna Life tarafından ortaklaşa kurulmuştur. 14/11 GHz bandında çalışması planlanan dizgenin 1979 yılında işletmeye açılması öngörülmektedir. Bu dizgede, büyük işyerleri arasındaki iletişim bu işyerlerine kurulacak 5 ila 7 m'lik antenleri bulunan istasyonlarla sağlanacaktır.
- Vestar Uydu Dizgesi: Western Union Şirketi tarafından işletilen bu dizge 1975 yılından beri çalışmaktadır. Bu dizgede kullanılan uydular (6/4 GHz), Kanada'da kullanılan Anik uydularına benzemektedir. Dizgede dört yeristasyonu bulunmaktadır.

SSCB Uydu Dizgesi: Molniya uydu dizgesi (6/4 GHz) 1965 yılından beri işletilmektedir. Bu dizge dünyanın ilk ulusal uydu dizgesidir. Son oniki yılda çok sayıda Molniya 1, 2, 3 ve S tipi uydu yörüngeye yerleştirilmiştir. S tipi uydular dışındaki uydular alçak yörüngeli uydulardır (yerle eşzamanlı değildirler). S tipi uydular ise yerle eşzamanlı uydulardır. Dizgede bulunan 40 yeristasyonu Molniya uydularını kullanarak ulusal TV yayınlarının dağıtımını sağlamaktadır.

Venezüella: Denizde bulunan petrol istasyonları ile iletişimi sağlamak üzere INTELSAT'tan kanal kiralamak üzere girişimlerde bulunmaktadır.

Zaire: 1978 yılı sonunda işletmeye açılması planlanan dizgede INTELSAT'tan kiralanan bir transponder ondokuz yeristasyonu tarafından kullanılacaktır.

#### 4.6. Deneysel Uydu Dizgeleri

Teknoloji Uygulama Uyduları (ATS): 1968-1974 döneminde birçok yeni iletişim tekniklerini incelemek ve denemek amacıyla NASA tarafından altı tip deney uydusu fırlatılmıştır. Bu deney uydularının çalışma bantları ÇS bandından 30 GHz bandına kadar uzanmaktaydı.

İletişim Teknoloji Uyduları: Bu uydular Kanada İletişim Bakanlığı ile NASA tarafından ortaklaşa tasarlanmış ve gerçekleştirilmiştir. 1976 yılında atılmış deney uydusu 14/11 GHz bandında ça-

lışmaktadı. Bugüne değin değişik 30 deney bu uydular kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Alman Doğrudan Yayın Uydusu: 1979 yılında fırlatılacak bu uydunun 14/11 GHz bandında çalışması 4 TV kanalını aynı anda geçirebilecek sığada olması planlanmıştır. Bu dizgede karşılaşılan en önemli engel, bugün kullanılmakta olan TV alıcılarında doğrudan yayın uydusundan program alabilmek için yapılması gerekli değişikliklerin maliyetinin yüksek olmasıdır.

Japon Deneysel Yayın Uydusu: 1978 yılında Japonya iki deney uydusu yörüngeye yerleştirecektir. Bu uydular kullanılarak yapılacak deneyler için 20 yalnız-alış istasyonu ve 3 tane taşınabilir yeristasyonu kurulması planlanmıştır.

Japon ©rta Sığalı İletişim Deney Uyduları: 1977 yılında fırlatılmış bulunan ve 27,5/31 GHz, 17,7/21,2 GHz ve 6/4 GHz bantlarında çalışan uydularla yapılan deneylerde üç sabit yeristasyonu (10 m çaplı anten) ve 10 gezici yeristasyonu (2,5 ila 4 m çaplı anten) kullanılmaktadır.

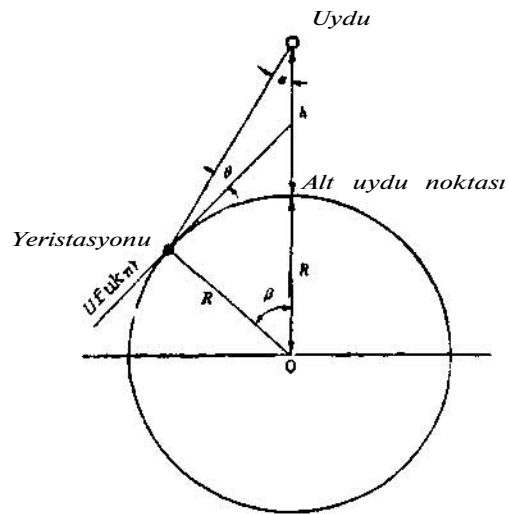
Japon İletişim Deney Uyduları (ECS): Japonya tarafından tasarımı yapılan ve fırlatılan bu uydularla 35/30 GHz ve 6/4 GHz bantlarında deneyler yapılmaktadır.

Yörünge Sınama Uyduları (OTS): Avrupa Uzay Ajansı deney uydusudur. 14/11 GHz bandında çalışacak bir uydu bugünlerde fırlatılacaktır. Daha öncede belirttiğimiz gibi OIS uyduları Avrupa uydu iletişim dizgesinde prototip uydu olarak kullanılacaktır.

Sirio: İtalya'ya ait olan bu uydu 1977 yılında fırlatılmıştır. AIS bandında yayılım deneyleri için kullanılmaktadır (17-17,8/11,3-11,9 GHz).

Symphonie: Fransız ve Alman hükümetlerinin ortaklaşa gerçekleştirdikleri Symphonie I ve II uyduları 1974 ve 1975 yıllarında fırlatılmıştır. Bu uydular kullanılarak 6/4 GHz ve 6/2,5 GHz bantlarında iletişim ve TV yayını konularında deneyler yapılmaktadır.

Bu uydu dizgelerine ilişkin teknik özellikler Çizelge 3'de görülmektedir.



Şekil 2. Uydunun kapsam alanı

| İsleten ülke veya Kuruluş                 | INTELSAT   | TELESAT  | WESTERN UNION                                  | RCA AMERICAN COMMUNICATIONS             | AH/GTE   | ETOONEZYA  | MRISAT  | SSCB   |
|---|--|--|--|---|--|--|---|--|
| Servise girdiği tarihi                    | 1965   | 1973   | 1974   | 1975                                    | 1976   | 1976   | 1976  | 1965   |
| Dizgenin kapsadığı bölge                  | Küresel. (Atlas, Pasifik ve Hint Okyanusu bölgeleri)   | Kanada   | ABD Porteriko                                  | ABD Porteriko                           | ABD Porteriko  | Endonezya Tayland (1)  | Atlas, Pasifik ve Hint Okyanusları (1)                        | Not (1), (2) ve bakınız  |
| Varolan uydu sayısı                       | INTELSAT IV ve MA 5 çalışan, 5 yörüngede yedek   | ANIK-A 3 çalışan   | Uester I ve II 2 çalışan                       | F-1 ve F-2 2 çalışan                    | Comstar (1) 2 çalışan  | Palapa 2 çalışan   | 2 çalışan 1 yörüngede yedek                                   | HOLNIA (D 4 çalışan) (2) SIATSONAR-3   |
| Planlanmis                                | INTELSAT V - 1979  | ANIK-B-1978  | Uester III                                     | F-3                                     | Comstar C-1978 ilkbaharı   |  |   |  |
| Toplam bant sayısı ve çalışma frekansları | 84-4 ve 6 GHz  | 36-4 ve 6 GHz  | 24-4 ve 6 GHz                                  | 48-4 ve 6 GHz                           | 48-4 ve 6 GHz  | 24-4 ve 6 GHz  | L-bandı   | 900 MHz 1700 MHz C-bandı   |
| Dizgenin sigası                           | 10 TV resim veya 26750 çift yönlü mesaj  | 30 TV resim ve 14400 çift yönlü mesaj                                | 24 TV resim ve yaklaşık 14000 çift yönlü mesaj | 48 TV resim veya 28000 çift yönlü mesaj | 48 TV resim veya 36000 çift yönlü mesaj                            | 24 TV resim veya yaklaşık 14000 çift yönlü mesaj                             | 6 ses ve 44 teleks (herbir uydu için)                         | 1 TV resim artı 200 mesaj  |
| Servis türleri                            | TV resim, ses, veri  | TV resim, ses, veri  | TV resim, ses, veri                            | TV resim, ses, veri                     | mesaj, yalınz hükümet için kullanılır                              | TV resim, ses, veri, kiralık kanallar  | Ses, teleks ve denizdeki gemiler için veri iletimi            | Ses, IV resim, faksimile   |
| Kullanıcılar                              | Uluslararası kullanıcılar: 100 ülkenin üzerinde. Bölgesel kullanıcılar: İspanya Brezilya Cezayir Sudan Malezya Nijerya Norveç Fransa S. Arabistan Uganda | Ulusal kullanımda. 84 yeristasyonu kullanılmakta                     | Ulusal amaçla kullanılmakta                    | Ulusal amaçla kullanılmakta             | Ulusal amaçla kullanılmakta  | Bölgesel amaçla 40 yeristasyonu kullanılmakta                                | AED deniz ulaşım kuruluşu, kargo gemileri, doğal gaz gemileri | SSCB Doğu Avrupa Kuba ABD-SSCB kirmızı hat   |
| Diğer Bilgiler                            | INTELSAT'a 103 ülke üyedir. Bu dizgenin işletilmesi ABD'ye ait bir kuruluş olan COMSAT tarafından yürütülmektedir.                                       | 12/14 GHz bandında çalışacak ANIK-C uydusu üzerinde çalışılmaktadır. | 12/14 GHz bandı üzerinde çalışılmaktadır.      |   | Bu dizgenin sıvı haberleşme için kullanılması için beklenmektedir. | (1) bu dizgenin yalınz hükümet için kullanılması ve adalarını kapsamaktadır. | (1) Hint Okyanusuna kadar uzanır.                             | (1) sabit uydu olanlardan, (2) sabit uydu kullanılan STATSONAR dizgesi Hint Okyanusuna kadar uzanır. |

Çizelge 3. İşletilmekte olan uydu iletişim dizgeleri

### 5. UYDULARIN YÖRÜNGEDEKİ DURUMLARINA GÖRE SINIFLANDIRILMASI

Uydu dizgelerinin teknik özelliklerine girmeden önce bir iletişim uydusunun dünya üzerinde kapsayabileceği alanı tanımlamak gerekir. Çünkü bu, dizgenin tasarımı için gerekli iletişim alanı ve zamanını belirleyen en önemli etkidir. Şekil 2'de dünyaya göre bir uydunun konumu görülmektedir.

Bir uydu tarafından kapsanan alan, uydunun bulunduğu yükseklik ile bu uyduya bakan yeristasyonu antenin ufuk ile yaptığı açının (yükseklik açısı) bir işlevidir. Yani;

$$\frac{R}{R+h} = \frac{\cos(\theta+6)}{\cos\theta} \quad \text{dir.} \quad (1)$$

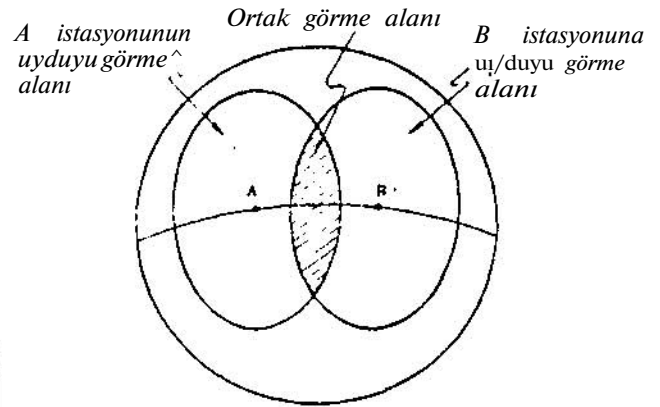
(1) bağıntısında görülen  $\theta$  açısı, yani anten eksenini ile ufuk arasındaki açının, antenin aşırı gürtülenmesini önlemek amacıyla  $5^\circ$  den daha düşük olmaması gereklidir. Yine aynı bağıntıdan görüldüğü gibi  $h$ , arttıkça sabit bir  $\theta$  açısı altında, kapsanan alan genişlemektedir.

Ancak  $h$  değerinin artmasıyla  $i$  değeri de arttığından iletişimi olumsuz yönde etkileyen gecikme zamanı da artmaktadır. Uydu aracılığı ile iletişimde bir im için gecikme zamanı

$$\tau_{\text{enbüyük}} = \frac{2l}{c} = \frac{2(R+h)}{c} \cdot \frac{\sin\theta}{\cos\theta}$$

olarak verilir. Burada  $c$  ışık hızıdır ( $3 \times 10^8$  m/sn)

Şekil 3'de merkezleri A ve B istasyonları olan iki daire görülmektedir. Bu daireler içindeki bir noktadan uyduyu görmek olanaklıdır. Yani bu daireler A ve B istasyonlarını merkez alan; 6 merkez açısının geometrik yeridir. Eğer alt-uydu noktası (Şekil 2'de M noktası) bu iki dairenin kesişme alanı içine düşüyorsa, bu daireler içinde bulunan her bir istasyonun birbiriyle bu uyduyu kullanarak bağlanması olanaklı demektir. Bu durum özellikle hareketli uydularda, iletişimin olabileceği zamanı belirlemede son derece önemlidir.



Şekil 3. Görülebilir bölgeler



Başlangıçtan günümüze değin uyduların yörüngele-ri, yörüngedeki konumları uydu teknolojisinde orta-ya çıkan gelişmelere paralel olarak değişiklik-ler göstermiştir. Uydular günümüze değin yörünge-deki hareketlerine göre üç aşamadan geçmiştir. Bunları şöyle sıralayabiliriz:

- Rasgele uydu dizgeleri
- Denetimli-hareketli uydu dizgeleri
- Yerle eşzamanlı uydu dizgeleri

Bu üç grup uydu dizgesinden 1.gruptaki rasgele uydu dizgesi günümüzde artık kullanılmamaktadır. 2.grup olan denetimli-hareketli uydu dizgesine örnek olarak bugün SSCB'de kullanılan Molniya uydularını, 3.gruptaki yerle eşzamanlı uydu diz-gelerine ise INTELSAT'ı verebiliriz. Aslında gü-nümüzde en yaygın olarak kullanılan uydu dizgesi 3.gruptaki uydulardır. Şimdi bu dizgelerin özel-liklerine kısaca değinelim:

#### a) Rasgele Uydu Dizgeleri:

Bu dizgede, yükseklikleri birkaç bin ile onbin kilometre arasında değişen yörüngelere, herbiri ayrı yörüngeye olmak üzere, birçok uydu yerleş-tirilir. Ancak bu tür bir dizgede iletişim kurula-cak iki yeristasyonu tarafından ortak görülebilen bir uyduyu yakalamak ve yakalanan bu uydunun an-ten ile sürekli izlenebilmesini sağlamak üzere yeristasyonlarında hareketli iki antene gerek vardır. Bu nedenle bu tür dizgeye, iletişimin ke-silme olasılığı oldukça yüksek olduğundan, deneti-msiz uydu dizgeleri de denmektedir. Bir atlama-lı iletişimde (bir yeristasyonu bir başka yeris-tasyonu ile görüşebilmek için tek bir uydu kulla-nıyorsa bu iletişime bir atlamalı iletişim denir) bir uydu nedeniyle iletişimin kesilme olasılığı (1-f) ise n(çift) tane uydu nedeniyle bu olasılık (1-f)<sup>n</sup> olmaktadır.

Bu durumda

$$n = \frac{\log i}{\log(1-f)} \text{ olur.}$$

Burada;

- i: iletişimdeki toplam kesilmenin, toplam iletişime oranıdır,  
n: uydu sayısıdır.

Örneğin, Tokyo ile San Fransisko arasında 10 000 kilometre yükseklikteki bir yörüngede bulunan bir rasgele uydu dizgesini kullanarak zamanın % 99' unda iletişimi sağlamak istediğimizde, dizgedeki uydu sayısının 32 olması zorunludur. New York ile Paris arasında ise bu sayı 26 olmaktadır. Bu tür dizge, kuruluş maliyetinin yüksek olması ve işlet-me verimliliğinin çok düşük olması nedeniyle ye-rini diğer uydu dizgelerine bırakmıştır.

Hareketli uydu dizgelerinde, genel olarak, yeris-tasyonunun herhangi iki uyduya olan uzaklığı farklı ise, yeristasyonunda bulunan antenlerin bir uydudan diğer uyduya aktarılması sırasında iletişimin kesilme olasılığı oldukça yüksektir. Bunu önlemenin tek yolu, aktarmayı her iki uydu yer istasyonundan eşit uzaklıkta bulunduğu sırada yapmaktır.

#### b) Denetimli-Hareketli Uydu Dizgeleri:

Günümüze değin bu tür uydu dizgeleri yaygın ola-rak kullanılmıştır. Hatta günümüzde bu tür uydu

dizgelerine hala Taşlanmaktadır. Bu dizgede kul-lanılan uydular genellikle ekvator yörüngesine veya 30° eğilimli bir yörüngeye yerleştirilmiş-tir. Aynı yörüngeye yerleştirilen uydular arasın-daki mesafenin birbirine eşit olması, bu dizgenin önemli bir özelliğidir. Bu dizgede de yeristasyon-ları antenlerinin bir uydudan diğerine aktarma yapmaya olanak verecek şekilde tasarlanmaları ge-reklidir. Ancak yeristasyonları tarafından kulla-nılan uyduların doğuş ve batış zamanları (uydunun yeristasyonu tarafından görülmeye başlamasına do-ğuş, belli bir süre sonunda kaybolmasına batış denmektedir) ile uydular arasındaki mesafe belli olduğundan ve bu uyduların yeristasyonlarına uzak-lıkları, aynı yörüngede bulunmaları nedeniyle eşit olduğundan antenlerin aktarılması sırasında ile-tişimin kesilme olasılığı çok düşüktür. Uyduların bu dizgede ne zaman nerede bulunacağı belli oldu-ğundan bu dizgeye denetimli-hareketli uydu dizge-leri denmektedir.

Bu tür uydu dizgeleriyle Güney ile Kuzey arasında iletişimi sağlamak için uydular ekvator yörünge-sine, Doğu ile Batı arasındaki iletişim için ise uydular kutup yörüngesine yerleştirilirler. Bunu yapmakla kullanılacak uydu sayısını en aza indir-mek olanaklıdır.

Şimdi ekvator üzerinde dairesel bir yörüngede bu-lunan denetimli-hareketli bir uydu dizgesini ele alalım. Bu yörüngede bulunan herhangi bir uydunun dünya çevresindeki dönüşünü T saatte tamamladığı-nı varsayalım. Bu durumda, dünyanın dönmesi nede-niyle uydunun dünyadaki bir gözlemciye göre görül-me süresini şöyle tanımlayabiliriz:

$$P = \frac{24 T}{24 - T}$$

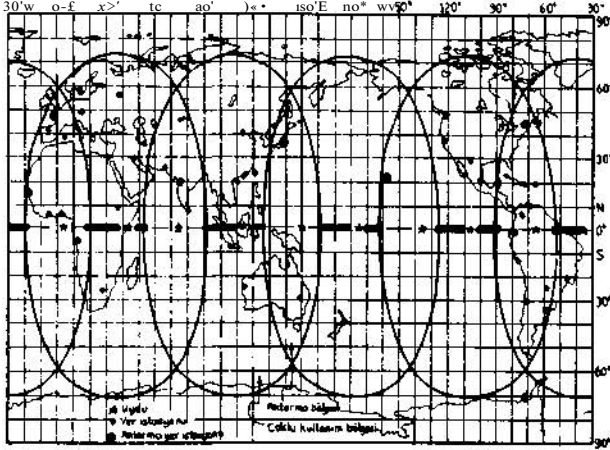
P: saat olarak uydunun görülme süresidir. Bu ba-ğlamda P için bulunacak değer her zaman T'den büyüktür.

Bu tür uyduların kullanıldığı dizge, ilk olarak 1962 yılında hazırlanan bir küresel iletişim projesinde yer almıştır. Bu projede 13800 km yük-seklikteki bir yörüngeye, ekvatoru 7 yay parçası-na ayırarak şekilde, 12 uydunun yerleştirilmesi öngörülmüştü (burada T= 8 saat, P= 12 saat ol-maktadır).

Yay parçalarından herbirinde bir uydu bulunmak-taydı. İletişimin aktarma sırasında kesilmesini önlemek için yeristasyonlarında biri yedek olmak üzere üç anten kullanılıyordu. Bu üç anten aracılı-ğı ile iki yeristasyonu arasında kesintisiz bağlantı sağlanmış olmaktadır.

Bu projeden sonra, T= 12 ila 16 saat olan ve ek-vator düzleminde bulunan bir yörüngeyi kullanma-sı planlanan bir başka proje geliştirildi. Şekil 4'de bu projenin bir örneği görülmektedir. Bu ör-nekle T= 15 saat, uydu sayısı 10, yay parçası sa-yısı 5, bir gündeki anten aktarma sayısı 6 olarak seçilmiştir. Bu durumda bu dizgede çalışacak yer-istasyonlarında 2 anten bulunması gereklidir. Şe-kilde dünyanın 5 bölgeye ayrılmış olduğu görül-mektedir. Bu 5 bölgeye çoklu kullanım (multiple access) bölgeleri denir. Çoklu kullanım bölgelerinin keşişme alanlarında, yani iki çoklu kulla-nım bölgesi arasında kalan bölgelerde aktarma (relaying) bölgeleri denmektedir. Herhangi bir

çoklu kullanım bölgesinde bulunan iki veya daha çok yeristasyonunun o bölgeye ait uyduyu kullanarak aynı anda iletişim kurmaları olanaklıdır, tki farklı çoklu kullanım bölgesinde bulunan yeristasyonları arasında iletişim ise aktarma bölgelerinde bulunan bir veya iki aktarıcı yeristasyonu tarafından sağlanabilir. Aktarma bölgelerinde bulunan aktarıcı yeristasyonları aynı anda üç uyduya bakmak durumunda olduklarından, bu tür yeristasyonlarında üç anten donatımı gereklidir.

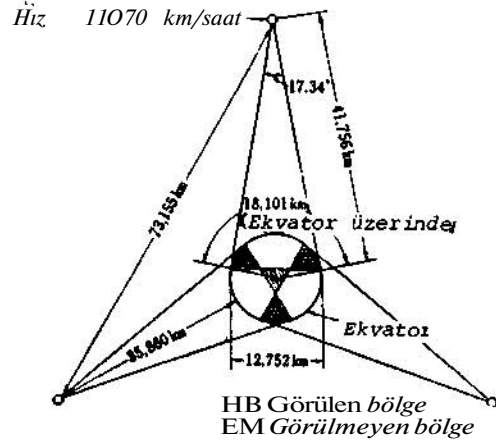


Şekil 4. Orta yükseklikte bulunan bir yörüngeye yerleştirilen uyduların dağılımı

Sözünü ettiğimiz bu dizgede, iki aktarıcı yeristasyonu kullanılması durumunda bile iletimde ortaya çıkan ve yankıya neden olan gecikme süresi 400 ms'nin altında kalmaktadır. Bu ise CCITT (Uluslararası Telgraf ve Telefon Komitesi)'nin belirlediği değeri sağlamaktadır. Bu nedenle aşağıda sözünü edeceğimiz yerle eşzamanlı uydularında bir aktarma istasyonu ile gerçekleştirilmesi birçok sorun yaratan iletişimi, denetimli-hareketli uydularla iletişimle gerçeğe dönüştürmek olanaklıdır (örneğin, Japonya ile Güney Amerika, ABD ile Hindistan, Avrupa ile Avustralya devreleri gibi). Ancak günümüzde yerle eşzamanlı uydularında ortaya çıkan yankı sorunu geliştirilen yankı yokediciler kullanılarak çözülmüş durumdadır. Böylece yerle eşzamanlı uydularla sözünü ettiğimiz dizgeye göre her bakımdan üstün duruma geçmiştir.

#### c) Yerle Eşzamanlı Uyduların Dizgeleri:

Ekvator düzlemi üzerinde, yaklaşık 35800 km yükseklikte bulunan bir yörüngeye yerleştirilen uydular, dünyadaki bir gözlemci için hareketsiz durumda bulunurlar. Bu tür bir yörüngede  $T=24$  saat,  $P=24$  dur. Yani uydular ile dünyanın eksenine etrafındaki dönme süresi aynıdır, bu ise uydunun bir gözlemci tarafından her zaman izlenebilmesi demektir. Bu nedenle yerle eşzamanlı bir uydularla iletişim için yeristasyonlarında bir anten bulunması yeterlidir. Şekil 5'den görüldüğü gibi dünyanın tümünü kapsayabilecek böyle bir uydular dizgesinde gerekli uyduların sayısı yalnızca üçtür. Doğal olarak, geniş bir alana tek bir (veya iki, üç olabilir) uydunun bakması, kullanılacak uyduların sığalarının oldukça yüksek olmasını gerektirir. Dizgede bulunan bir uydular dünya üzerinde  $17,34''$ lik bir alanı kapsar.



Şekil 5. Yerle eşzamanlı uyduların yerleşimi

Şimdiye değin sözünü ettiğimiz dizgelerde içinde bu dizge ekonomik yönden ve işletme bakımından uydular için en uygun olanıdır. Bu dizgenin tek sorunu daha öncede belirttiğimiz gibi yankıya neden olan gecikme süresidir. Uydunun herhangi bir yeristasyonundan uzaklığını ortalama 40000 km kabul edersek ve bir imin yeristasyonundan uydulara, uydudan diğer bir yeristasyonuna ulaşması için aldığı yolun 80000 km olduğunu gözönüne aldığımızda bu imin bir aboneden diğer bir aboneye ulaşması için geçen sürenin yaklaşık 270 ms olduğunu görürüz, tki atlamalı bir bağlantıda ise bu süre 540 ms'ye çıkmaktadır. Ancak bu gecikmenin yaratacağı yankıyı önlemek amacıyla günümüze değin yoğun çalışmalar sürdürülmüş ve sonuçta yankı yokediciler geliştirilmiştir. Böylece gecikmenin yarattığı sorun ortadan kalkmıştır.

|                        | Uydular Dizgesi                            | Rasgele              | Denetimli Hareketli    | Sabit                             |
|------------------------|--|----------------------|------------------------|-----------------------------------|
| Uydular Açısından      | Uydular sayısı                             | yaklaşık 30          | 8-13                   | 3 (artı bir yedeğe)               |
|                        | Radyoaktif etkilendirme                    | fazla                | fazla                  | çok az                            |
|                        | Uydular konumunun denetimi                 | gerek yok            | gerekli                | gerekli                           |
|                        | Anten kazancı                              | yaklaşık 0 dB        | birkaç dB              | yaklaşık 18 dB                    |
|                        | Anten yönlendirme denetimi                 | gerek yok            | gerek yok              | gerekli                           |
| Yeristasyonu Açısından | Nokta ışın demetli anten kullanımı         | olanaksız            | oldukça güç            | olanaklı                          |
|                        | Gerekli anten sayısı                       | 2                    | 2 veya 3               | 1                                 |
|                        | Uydular izlemek için anten izleme donatımı | gerekli ( karmaşık ) | gerekli ( basit )      | gerekli ( basit )                 |
|                        | Verici çıkışı denetimi                     | gerekli              | gerekli                | gerek yok                         |
| İşletme                | Doppler etkisine karşı önlem               | gerekli              | gerek yok              | gerek yok                         |
|                        | İletişimin sürekliliği                     | kesinti olabiliyor   | sürekli                | sürekli                           |
|                        | Uydular aktarma/gün                        | sık ve düzensiz      | düzenli, birkaç kez    | yok                               |
|                        | Telefona cevapta gecikme süresi            | önemli değil         | 0,4 sn'nin altında     | yaklaşık 0,6 sn (bir atlama için) |
|                        | Uydudaki arızadan etkilenme                | az                   | etkilenme zamana bağlı | var (yedeğe aktarı 1 ma)          |
| 1                      | Uydular kullanımı                          | düşük                | düşük                  | yüksek                            |
|                        | Uzay bölümü (oran)                         | çok yüksek (3)       | d                      | düşük (1/2-2/3)                   |
|                        | Yer bölümü (oran)                          | yüksek (1,5)         | (1)                    | düşük (2/3)                       |

Çizelge 4

Gecikme süresini kısaltmanın bir diğer yolu da uydu dizgelerini diğer iletişim dizgeleri ile (denizaltı kabloları veya mikrodalga dizgeleri) birlikte kullanmaktır.

Yerle eşzamanlı uydu dizgeleri, ileri bir teknoloji gerektirmesine karşın, çok büyük sığalı uyduların kolayca gerçekleştirilmesine olanak verir. Örneğin bu tür uydularda kullanılan ve hızla genişlikleri çok dar olan nokta ışın demetli antenlerin, uydu sığasını artırmada katkısı büyüktür.

Şimdiye değin sözünü ettiğimiz rasgele, denetimli-hareketli, yerle eşzamanlı uydu dizgelerinin birbirlerine göre durumları Çizelge 4'de özetlenmiştir.

Çizelgeden de görüldüğü gibi yerle eşzamanlı uydu dizgelerinin diğer dizgelere göre birçok üstünlükleri vardır. Son yıllarda uydu ile iletişimde görülen hızlı gelişmede, uyduların yerleştirildiği yerle eşzamanlı yörüngenin başarılı bir şekilde kullanılmasının katkısı büyüktür. Bu yörünge dünyanın ekvator düzlemi üzerinde bulunan dairesel bir yörünge dir.

#### 6. UYDUNUN GENEL YAPISI (ELEKTRONİK DONATIM HARİÇ)

Uydunun tasarımı iletişimin niteliği ile doğrudan ilgili bulunduğundan, tasarım sırasında şu noktalara önem verilmesi gerekmektedir.

- Uydunun durumunun sürekli denetlenebilmesi.
- Uydunun yörüngedeki ömrü boyunca gerekli gücün sağlanması.
- Gereğinde uydunun yörüngede hareketine olanak verecek itme dizgesinin yapısı.

Şimdi bu noktalara biraz daha ayrıntılı bakalım,

a) Uydunun Durumunun Sürekli Denetlenebilmesi:

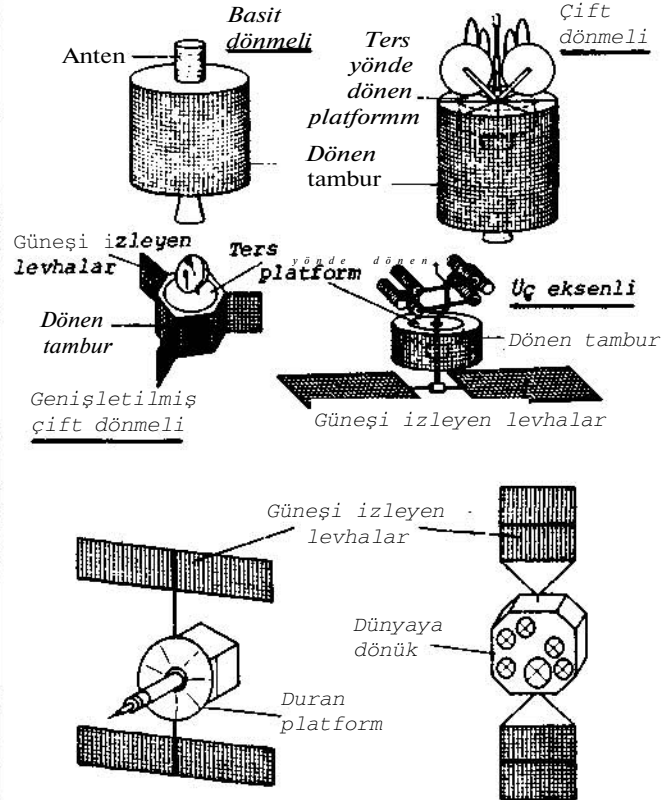
Yerle eşzamanlı bir yörüngede bulunan bir uydunun alıcı ve verici antenlerinin, parabolik ve boynuz antenler olmaları nedeniyle, dünya üzerinde istenilen bir noktaya yönlendirilebilmesi için uydunun durumunun sabit olması yani antenlerin her zaman dünyaya dönük olması gerekmektedir. Aksi halde iletişimin sürekliliği sağlanamayacaktır. Bu ise yerle eşzamanlı yörüngenin en önemli üstünlüğünü ortadan kaldırmak demektir. Ancak uydunun yörüngede sabit tutulmasında oldukça karmaşık bir yapı gerektirir. Çünkü uydu eşzamanlı yörüngede iken, yerçekimi farklılığı, dünyanın manyetik alanı, güneş enerjisi gibi dış etkenler yanında iç motorların dengelenmemiş hareketleri gibi birçok değişik kuvvetin etkisindedir. Uyduda içsel dönme momenti dışındaki dönme momentlerinin değerleri küçük olmasına karşın süreklidirler. İçsel dönme momenti ise kısa süreli olmasına karşın yüksek düzeydedir.

Tüm bu etkenler uydunun bulunduğu noktada sabit kalmasını önlerler. Bu kuvvetlerin olumsuz etkilerini ortadan kaldırmak yani uyduyu kararlı bir durumda tutmanın en kolay yolu, eşzamanlı yörüngede bulunan uyduyu kendi eksenini etrafında 30 ila 100 devir/dakika arasında bir hızla döndürmektir. Böylece uydunun, yüksek açısız momentumu bulunan bir denge çarkı gibi davranması sağlanır. Ancak uydunun yörüngede kararlı bir durumda tutulması için döndürülmesi bir başka sorun yaratır. 30 ila

100 devir/dakika hızla dönen uyduda bulunan antenlerinde dönmesi durumunda iletişimde kesintiler olacaktır. Bu sorunu ortadan kaldırmak için yani antenlerin her zaman dünyaya dönük tutulmasını sağlamak üzere antenler ve tüm iletişim donatımı uydunun dönme hızıyla aynı hızda ancak uydunun dönme yönüne ters yönde dönen ataletli bir platform üzerine oturtulur. Böylece hem uydunun değişik kuvvetlerden etkilenmesi ve sabit durması, hem de antenlerin her zaman dünyaya dönük çalışması sağlanmış olur.

Uydunun bu şekilde kararlı tutulmasına "çift dönme" yöntemi denir. Ancak günümüzde yeni kararlı tutma yöntemleri geliştirilmiştir. Bu yeni yöntem "üç eksenli kararlı tutma"dır. Şimdi bu iki yöntemin karşılaştırılmasını bakalım:

- Genel karşılaştırma: Şekil 6'da bu iki yöntemdeki yapısal farklılıklar görülmektedir, "çift dönmeli" uydularda çeper solar hücreleri ile kaplanmış ve antenler ters yönde dönen platform üzerine oturtulmuştur. Öte yandan "üç eksenli" uydularda gerekli güç yine solar hücrelerden sağlanır, ancak bu hücrelerin yerleştirildiği solar levhalar hareketlidirler ve her zaman güneşe dönük durumda tutulabilirler. Ayrıca bu levhalar fırlatılma sırasında katlanabilmektedirler. Solar levhaların katlanabilir olması fırlatma sırasında roketten bulunan kısıtlı yer açısından çok önemlidir, "üç eksenli" uydularda antenler ana uydu yapısına paralel olarak konmaktadır. "Çift dönmeli" uydularda ise antenler platforma dik konumda yerleştirilmektedir.



Şekil 6. Çeşitli uydu yapıları (uyduyu kararlı tutma açısından)

- Güç üretimi açısından karşılaştırma: "Çift dönmeli" uydularda solar hücreler uydunun çevresine yerleştirildiğinden ve uydunun fırlatıldığı roketlerde yer sınırlı olduğundan bu hücreler de kısıtlı sayıdadır, yani üretilen güç sınırlıdır.

Çevresi en geniş bir "çift dönmeli" uyduda bile üretilebilecek güç yörüngedeki 7 yıl boyunca 1 kW civarındadır. Ayrıca bu tür uydulardaki solar levhanın ağırlığı "üç eksenli" uyduda bulunan güneş-izlemeli solar levhaların ağırlığından çok fazladır. "Çift dönmeli" uydularda, "üç eksenli" uydulardaki güneş-izlemeli solar levhalarla elde edilen gücü elde edebilmek için 2,7 kat fazla hücreye ihtiyaç vardır. Ancak "çift dönmeli" uydunun diğerine üstünlüğü güneş izlemek için ayrı bir mekanizma gerektirmemesidir. Yani "üç eksenli" uydularda sınırlı güç sorunu çözülmesine karşın, mekanik yapı karmaşık duruma gelmektedir. Bu nedenle yüksek güç gerektiren durumlarda "üç eksenli" uyduda, yüksek güç gerektirmeyen durumlarda ise "çift dönmeli" uydunun kullanılması uygun olmaktadır. İletişim amacıyla kullanılan uydularda yüksek güç gerektirmediğinden bugüne değin örneğin INTELSAT uydularında "çift dönmeli" yöntem uygulanmaktadır.

- Isı denetimi açısından karşılaştırma: "Çift dönmeli" uydular, güç üretiminde olduğu gibi, ısı yaymada da sınırlıdır. Bunun nedeni yine tüm çevrenin solar hücrelerle kaplanmış olmasıdır. Bu tür uydularda yüksek ısının uzaya verilmesini sağlamak üzere uydunun ancak Kuzeye bakan yüzü kullanılabilir. Öte yandan "üç eksenli" uydularda Kuzeye ve Güneye bakan yüzlerin bulunması ısı denetiminde büyük üstünlük getirmektedir.

Tüm bu karşılaştırmalara bakarak hangisinin daha üstün olduğu konusunda kesin bir yargıya varmak güçtür. Ancak, daha önce de belirttiğimiz gibi yüksek güç gerektirmeyen durumlarda, anten yönlendirme ve ısı denetimi açılarından diğerine göre daha kötü olmasına rağmen "çift dönmeli" uydular daha kullanılabilir olarak nitelendirilebilir.

#### b) Uydunun Yörüngedeki Ömrü Boyunca Gerekli Gücün Sağlanması:

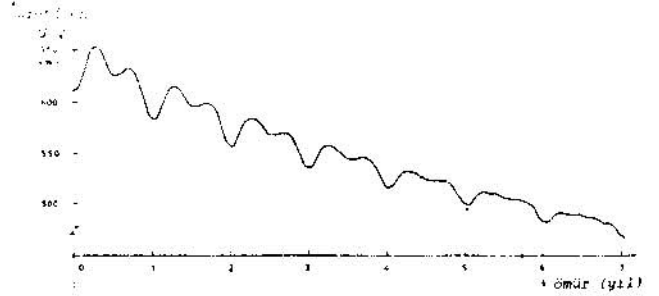
Uyduda bulunan güç altdizgesi, güç üretme, direnleme, bu gücün kullanıcı dizgelere dağıtılması ve enerjinin, birincil enerji kaynağı işlevini yerine getiremediği dönemlerde kullanılmak üzere depolanması işlerini yapar.

- Güç üretme: Yerle eşzamanlı uydularda güç üretimi için foto voltaik solar hücreler kullanılır. Eu tür kaynağın seçilmesinde güç kütle oranı, güvenilirlik ve esneklik gibi parametreler etkin olmuştur. Ancak en önemli etken uydunun ömrünün % 99'unun güneş altında geçmesidir. Daha öncede belirttiğimiz gibi "çift dönmeli" uydularda solar hücreler uydunun çevresini kaplamıştır. "Üç eksenli" uydularda ise hücreler her zaman güneşe bakan kanatlar üzerine yerleştirilmiştir. "Çift dönmeli" uydularda güç, uydunun geometrik yapısı nedeniyle sınırlıdır. Aynı zamanda bu tür uydulardaki solar levhanın ağırlığı diğerinden daha fazladır. "Çift dönmeli" uyduda, "üç eksenli" uyduda elde edilen

güç kadar güç elde edebilmek için, uydunun çevresindeki solar levhanın alanı, solar kanatların alanından 2,7 kat daha fazla olmalıdır.

Bir solar levhanın niteliği, uydunun çalışma ömrü sonunda (ç.ö.s) aynı levhanın ürettiği gücün, altdizgedeki donatımın (hücreler, destek yapı, güç aktarıcı mekanizması gibi) toplam külesine oranı olarak belirtilir birimi W/kg'dır. "Çift dönmeli" bir uyduda 600-800 Wlık bir güç düzeyinde bu değer 9 ila 11 W/kg'dır. "Üç eksenli" bir uyduda aynı güç düzeyinde ise bu değer 18-22 W/kg olur. Bu değerlerin karşılaştırılması ise, 800 Wlık güç düzeyinde "çift dönmeli" uydunun diğer tür uydudan yaklaşık AO kg daha ağır olmasının gerektiği sonucunu verir.

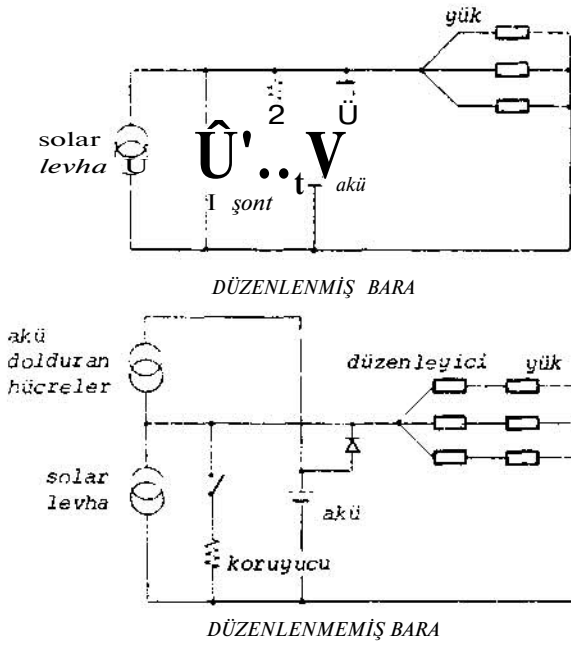
Silikon solar hücrelerin niteliği zaman geçtikçe bozulur. Bunun nedeni kullanılan yarı iletkenlerin uzaydaki elektron ve proton bombardımanından olumsuz yönde etkilenmesidir. Bu bozulmayı önlemek amacıyla solar hücrelerin üzeri özel bir madde ile kaplanmıştır. Şekil 7'de uydunun ömrü boyunca bir solar levhanın niteliğinde meydana gelen değişim görülmektedir.



Şekil 7. Solar levhalardaki güç-zaman ilişkisi

Ayrıca uyduda, solar yoğunluğunun değişmesi nedeniyle mevsimsel güç salınımları olur. Örneğin, gece ile gündüzün eşit olduğu dönemlerde solar levhalardaki güç % 9 artar. Ancak raslantı sonucu meydana gelen bu olay, yine bu dönemde meydana gelen bir başka olay açısından çok yararlıdır. Gece ile gündüzün eşit olduğu bu dönemde uydunun belirli zamanlarda karanlıkta kalması (dünya güneş ile uydunun arasına girer) ve bu karanlık zamanlarda uydunun enerjisi yalnızca akülerden sağlanır. İşte bu nedenle bu dönemde akülerin dolması için daha fazla güce gereksinim vardır. Fakat akülerin bu dönemdeki güç artışı gereksinmesi % 25'e kadar çıkabilir, bu nedenle raslantı sonucu sağlanan 7. 9' luk güç artışı bazan yeterli olmayabilir. Bu durumda güç dizgesi işlevini tam olarak yerine getiremez. Bunu önlemek için uydunun güç dizgesinin tasarımı sırasında gece ile gündüzün eşit olduğu dönemlerdeki güç gereksinmesi esas alınır.

- Güç düzenleme: Solar levhadan alınan güç seçilen çalışma gerilimine, hücre gerilimi ise doğrudan sıcaklığa bağlıdır. Örneğin karanlık dönemde .ısı birkaç dakikada -180°C'tan +60°C'a çıkar, bu ısı değişiminde hücre gerilimi ise 2,5 katına kadar çıkar. Levhalardaki bu gerilim değişimlerini önlemek için, güç altdizgesinde düzenleyiciler gereklidir. Uydularda güç düzenlenmesi amacıyla kullanılan iki tür düzenleyici Şekil 8'de görülmektedir.



Şekil 8. Düzenlenmiş ve düzenlenmemiş bara

- Enerji depolama: Yerle eşzamanlı uydular yılda 90 kez karanlıkta kalırlar ve karanlıkta kalma süresi bir günde en çok 72 dakikadır. Bu boşalma/depolama işlemi için uygun bir süredir. Aküler bir karanlık dönemde sıgalarının % 50 ila % 70'ini harcarlar, alçak yörüngeli bir uydu ise karanlık dönemde sıgasının ancak % 10 ila % 20'sini harcar ancak, alçak yörüngeli uydularda karanlık dönem sayısı binlerle ifade edilir. Akülerin (genellikle Ni-Cd türündedir) ağırlıkları solar hücrelere göre oldukça fazladır. Bu nedenle ağırlıkları daha az olan aküler üzerinde çalışmalar yapılmakta ve özellikle Ni-Hz ve Ag-Hz aküler üzerinde durulmaktadır. Ancak bu tür akülerin 1980 yılından önce uygulanması beklenmemektedir.

Ni-Cd aküler  $-5^{\circ}$  ila  $+10^{\circ}\text{C}$  arasında çalıştırılabilir. Ayrıca bu akülerin doldurulması sırasında ısının  $15^{\circ}\text{C}$ 'tan küçük olması gereklidir. Akülerin niteliğini artırmak için karanlık döneme girilmezden önce aküler tümüyle boşaltılır ve tekrar doldurulur. Bu uygulama özellikle uzun ömürlü görevlerde çok yararlı olmaktadır. Karanlık dönem sırasında aküyü doldurmak için 23 saatlik bir süre vardır. Doldurma sırasında akünün aşırı yüklenmesini önlemek üzere hücre gerilimi 1,55 V ile sınırlandırılır. Boşalma sırasında ise boşalma akımının sığa kaybına yol açmamasına dikkat etmek gerekir. Uydularda bugün kullanılan güç dizgesinin yakın bir gelecekte yerini nükleer güç dizgesine bırakması beklenmektedir. Bugün yapılan deneyler 1 kg  $\text{U}^{235}$  ten % 1C verimlilikte 2,5 MW enerji sağlanabileceğini göstermektedir. Bu yeni enerji kaynağının solar enerjiye göre en önemli üstünlüğü dışardan bir kaynağı yani güneş gerektirmemesidir. Ancak nükleer enerjinin kullanılması sırasında uyduda bulunan diğer donatımın ve yakıtın radyasyon etkisine karşı son derece iyi bir şekilde ekranlanması gereklidir.

### c) Gereğinde Uydunun Yörüngede Hareketine Olanak Verecek İtme Dizgesinin Yapısı:

Uydunun yörüngeye doğru fırlatılmasından sonra, uydunun bir veya iki tip itme hareketi yapması gereklidir. Thor-delta veya Atlas-Centaur roketleri ile fırlatılan bir uydu, asıl yörüngesine kadar bu roketler tarafından götürülmemektedir. Roketlerin görevi uyduyu bir geçiş yörüngesine oturtuktan sonra sona ermektedir. Uydunun bu geçiş yörüngesinden eşzamanlı yörüngeye aktarılması işi uydu üzerinde bulunan bir motor ile sağlanır. Bu motorun ve yakıtının toplam ağırlığı uydunun toplam ağırlığının yarısını oluşturur. Titan III-C roketi ile fırlatılan uydularda ise bu tür bir motora gerek yoktur. Çünkü bu roket uyduyu asıl yörüngesine kadar götürmektedir. Ancak bu roket çok masraflı olduğundan günümüzde pek kullanılmamaktadır.

Dünyanın yerçekim kuvvetindeki oynamalar ve güneş ile ayın neden olduğu birtakım düzensizlikler, uydularda küçük bir itme dizgesi gerektirmektedirler. Bu dizgede yakıt olarak, moleküler ağırlığının düşük ve depolanmasının kolay olması nedeniyle Hydrazine kullanılmaktadır.

### 7. UYDUNUN FIRLATILMASI ve YÖRÜNGEYE SOKULMASI

Günümüzde kullanılan uyduların büyük çoğunluğu yerle eşzamanlıdır. Fırlatma aygıtı veya uydu dünya çevresindeki hareketi Newton'un yalıtılmış uzayda iki cismin birbiriyle etkileşimi sonucu meydana gelen hareket üzerine geliştirdiği yasaları izler. Buna göre iki cisimli dizgenin toplam enerjisine U diyecek olursak

$$U = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{GmM}{r} \text{ olur.}$$

Burada;

- v: roketin veya uydunun hızı
- m: roketin veya uydunun kütlesi
- r: dünya merkezinden olan uzaklık
- M: dünyanın kütlesi
- G: çekim kuvveti.

Bu bağıntıya göre bir uyduya yeterli enerji vererek eşzamanlı bir yörüngeye ulaştırmak için, fırlatma dizgesinin uyduyu dünyanın merkezinden 42164 km uzakta 3070 m/s'lik bir hıza ulaştırması gerekir. Fiziksel sınırlamalar nedeniyle fırlatıcı (roket) bu enerjiyi uyduya sürekli olarak veremez. Gerçekten, eşit gerilimli bir alanda, bir itme dizgesinin verebileceği en büyük hız artımı ( $\Delta v$ ) şu bağıntıyla bulunabilir:

$$\Delta v = cU \frac{1}{1 - m_r/m_0}$$

Burada;

- c : gazın etkin eksoz hızı (yakıtın işlevidir)
- m : ateşleme sırasında dizgenin toplam kütlesi
- $m_r$ : genişlemiş yakıtın kütlesidir.

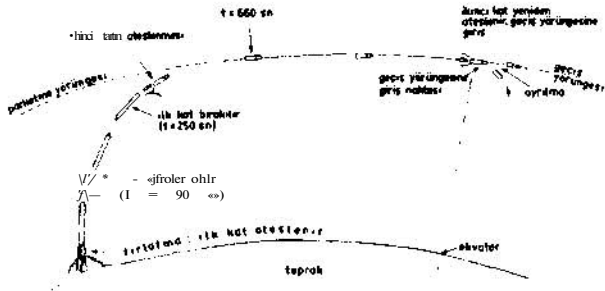
Hızdaki bu enbüyük artış eksoz hızı ve fırlatma aracının yapısı ile sınırlanmıştır ( $m_r/m_0$  oranı):

Bağıntıdan da anlaşılacağı gibi, tek bir roket uyduyu doğrudan yörüngeye sokmak için gerekli hız artışını sağlayamaz. Bu kısıtlamayı ortadan kaldırmak için çok aşamalı fırlatma işlemleri kullanılır. Yani herbir kat bir önceki katın görevini tamamlamasından sonra devreye girer.

Fırlatma aracının bu şekilde tasarlanmasıyla sonra iş uçuş planının hazırlanmasına gelir. Bir uydunun eşzamanlı bir yörüngeye yerleştirilmesine ilişkin bir uçuş planı Şekil 9 ve 10'da verilmiştir.

Uçuşa izlenen plan şöyledir:

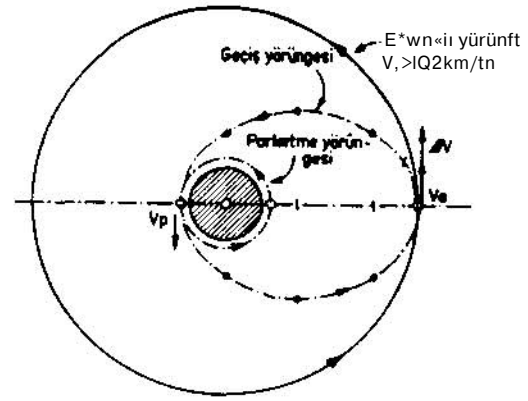
- Fırlatma, dünyanın dönme hızından da yararlanmak amacıyla ekvatora yakın yerden ve doğruya doğru yapılır. Yakıt tükenene kadar yakılır ve aracın birinci katı bırakılır. İkinci kat ateşlenir ve 185 ila 250 km arasındaki bir yükseklikte bulunan park etme yörüngesine ulaşıldığında ikinci kat motorları durdurulur.
- Ekvatoru geçmezden az önce ikinci kat ikinci kez ateşlenir. Böylece park etme yörüngesinden çıkılarak geçiş yörüngesi olarak bilinen eliptik bir yörüngeye girilir. Bu yörüngenin en yüksek noktası eşzamanlı yörünge ile aynı yüksekliktedir. Yörüngenin en düşük noktası ise ekvatorla kesişme noktasındadır.
- Uydu fırlatma aracından ayrılır ve bu arada uydunun itme motorlarının ateşlenmesinden önce gerekli durum düzeltmeleri yapılır. Bu itme motoru uydunun bir parçasıdır.
- Geçiş yörüngesindeki birkaç turdan sonra itme motorları ateşlenir. Bu işlem sonunda uydu geçiş yörüngesinden çıkar ve eşzamanlı yükseklikte dairesel bir yörüngeye girer.
- Yardımcı itme dizgesi kullanılarak uydunun istenilen yere ulaşması sağlanır ve yörüngedeki periyoduna ilişkin ince düzeltmeler yapılır.
- Dönemsel yörünge düzeltmeleri yapılır böylece uydunun ömrü süresinde yerinde kalması sağlanır.



Şekil 9. Uydunun fırlatılması

Şimdi uyduların eşzamanlı bir yörüngeye yerleştirilmesine bir örnek olarak bir INIELSAT IV uydusunun fırlatılması olayını gözleyelim:

INIELSAT IV uydusunun fırlatılmasında kullanılan roket üç ana bölümden oluşur. En altta bulunan ve roketin ilk hareketini sağlayan Atlas adlı bölüm, bu bölümün üzerinde bulunan ve uyduyu geçiş yörüngesine yerleştirmekle görevli Centaur isimli bölüm, en üstte bulunan ve uyduyu taşıyan bölümdür.



Şekil 11. Geçiş yörüngesinden eşzamanlı yörüngeye giriş

lüm. Uydunun fırlatılma işlemi Atlas motorlarının ateşlenmesiyle başlar. Ateşlemeden hemen sonra aracı tutan korkuluklar açılarak araç serbest kalır ve dikey olarak yükselmeye başlar. Kalkıştan 2 sn sonra, roket yatay yükselme açısı olan 101°'ye doğru manevra yapar. Kalkıştan 15 sn sonra (T+ 15 sn) manevra tamamlanır ve araç atmosferde ilerlerken yol alma açısını sıfır dereceye yakın tutmak amacıyla yeni bir manevra yapar. T+ 152 sn'de eksensel ivme 5,7 g'y'e ulaşır. Bu sırada, Atlas'ta bulunan iki motor durdurulur ve 3 sn sonra bu iki motorun bulunduğu kısım araçtan ayrılır. Bu sırada itme diğer üç motor ile sağlanır. T+ 196 sn'de Centaur bölümünde bulunan sıvı hidrojeni koruyan yalıtım panoları araçtan ayrılır. Yaklaşık T+241 sn'de Atlas'ta bulunan tüm yakıt boşaltılarak motorların üçü de durdurulur, tki saniye sonra, Centaur Atlas bölümünden ayrılır ve aynı anda Atlas'ta bulunan katı yakıtlı sekiz roket Atlas ile Centaur'un birbiriyle çarpışmasını önlemek üzere ateşlenir, böylece Atlas görevini tamamlamış olur. T+ 253 sn'de Centaur'un ana motorları harekete geçer ve 12 sn sonra aracın burun kısmındaki uyduyu koruyan kap atılır. Centaur motorlarının çalışması, INIELSAT uydusunu taşıyan Centaur'un, en uzak noktası 2220 km, en yakın noktası 185 km olan eliptik park etme yörüngesine ulaşma zamanı olan T+626 sn'ye kadar sürer. Burada 185 ktn'lik dairesel bir park etme yörüngesi yerine eliptik yörüngenin kullanılmasının nedeni, Centaur'daki motorların yeniden ateşlenmesinin yeterince yüksekte gerçekleştirilmesi, böylece Ascension adasında bulunan denetim istasyonunun gerekli uzdenetim imlerini ve verileri alabilmesini sağlamaktır. İstenilen geçiş yörüngesine giriş ekvatora yakın bir noktada gerçekleştirileceğinden uydu park etme yörüngesinde 15 dakika kadar kalır. Bu süre içinde hidrojen peroksitli hareket denetim dizgesi aracın konumunu kararlı tutar. T+1519 sn'de (600 km yükseklikte) Centaur'un ana motorları, aracın hızını 1970 m/sn'ye, eğimini ise yaklaşık 1°'ye getirmek üzere yeniden ateşlenir. T+1594 sn'de geçiş yörüngesine ulaşılmış olduğundan ana motorlar durdurulur. Bundan sonraki 135 sn içinde, hareket denetim dizgesi için uydunun istenilen ayrılma konumuna gelmesi için aracın rotasını 90° değiştirmesini sağlar. T+1729 sn'de Centaur uydudan ayrılır. Centaur uydudan ayrıldıktan hemen sonra rotasını değiştirerek uyduya dokunmayı önler. Centaur'da

bulunan hareket denetim dizgesi kalan yakıtı kullanarak Centaur'u uydudan iyice uzaklaştırır. Böylece uydu kendi motorlarını kullanarak yerle eşzamanlı yörüngesine ulaşır.

## 8. UYDU İLETİŞİMİNDE KULLANILAN ÇOKLU KULLANIM ve BİNDİRİM YÖNTEMLERİ

8.1. Çoklu Kullanım Yöntemleri  
Uydu iletişiminde kullanılan RS bandı birçok RS alt-bantlara (trânsponder) ayrılmıştır. Bu alt bantların sayısı uydunun türüne bağlıdır. Aynı transponderin birkaç yeristasyonu tarafından kullanılması durumunda, özellikle trafikleri yüksek olmayan yeristasyonları bu durumdadır, bu transponderin bantgenişliğinin ve çıkış gücünün en iyi şekilde değerlendirilmesi gereklidir. Bu yazımızda bunun sağlanabilmesi için kullanılan "çoklu kullanım" tekniğinden söz edilecektir. Ayrıca yine bu yazıda herbir çoklu kullanım yöntemine en uygun bindirim yönteminden de kısaca bahsedilecektir.

Çoklu Kullanım Yöntemleri:

Bugün için en yaygın çoklu kullanım yöntemlerini şöyle sıralayabiliriz:

- Sıklık Paylaşımlı Çoklu Kullanım (*frequency-division multiple access*) (SPÇK)
- Zaman Paylaşımlı Çoklu Kullanım (*time-division multiple access*) (ZPÇK)
- Kod Paylaşımlı Çoklu Kullanım (*code-division multiple access*) (KPÇK)

### SPÇK

Bugüne kadar kullanılan dizgeler içinde en yaygın olan yöntem sıklık paylaşımli çoklu kullanım (SPÇK) yöntemidir. Bu yöntemde, yanyana dizilmiş sıklık bantlarına yerleştirilmiş çeşitli imler bir tek taşıyıcı ile uyduya gönderilirler. Uydudan alıştırma ise yeristasyonları, uydudan gönderilen tüm bandı almak yerine yalnızca kendilerine ait kanalların bulunduğu taşıyıcıyı alarak birçok gereksiz işlemden kurtulurlar.

Sıklık bindirimli bir RS taşıyıcı normal olarak iletim ortamından etkilenmez. Ancak SPÇK yönteminde tek bir taşıyıcı yerine birden fazla taşıyıcı kullanıldığından iletim ortamının genlik/sıklık özelliği çok önemlidir ve bu özelliğin düzgün olması gereklidir. Genlik/sıklık özelliği düzgün olmayan bir ortam SPÇK'lı taşıyıcıların birbiriyle etkileşimine bu ise entermodülasyona yol açar. Bu ürünlerden bir kısmı kullanılan bantın içine düştüğünde ise o bantın gürültülenmesine neden olur. Bunu önlemek için, uyduda veya yeristasyonlarında bulunan yüksek güçlü çıkış yükselteçleri normal çıkış güçlerinin altında çalıştırılırlar. Yani çıkış yükseltici çıkışında alınan güç, birden fazla taşıyıcının aynı anda yükseltilmesi durumunda, bir taşıyıcının yükseltilmesi durumunda alınan güçten daha düşüktür. Bu yüzden bir transponderden geçirilebilecek toplam telefon kanalı sayısı, o transponderdeki taşıyıcı sayısı arttıkça azalır. SPÇK yönteminin üstünlüğü kullanılan donatının basit olması ve alıcıları farklı duyarlılıkta olan yeristasyonlarından oluşan bir ağa olanak vermesidir. Bu yöntem bugün INTELSAT dizgesinde kullanılmaktadır.

Bu yöntemin uygulandığı bir başka teknikte "SPA-

DE' olarak bilinen tekniktir. İlerde daha ayrıntılı olarak değineceğimiz bu teknik aynı sıklık bandında daha çok kanal kullanmaya olanak vermektedir. Bir "SPADE" dizgesinde, bir ses kanalı önce DKB (PCM) ile kodlanır ve daha sonra 4-evreli EKA (evre kaydırmalı anahtarlama) ile bir taşıyıcıya bindirilir. Yani bir ses kanalı için bir taşıyıcı kullanılmaktadır. Bu tekniğin olumsuz yanı çok sayıda taşıyıcı gerektirmesidir. Ancak bu tür dizgede kullanılan bir başka yöntem dizgenin bu olumsuz yanını gidericek düzeydedir. Kullanılan bu yöntemde, taşıyıcı yalnız kanalda konuşma varken gönderilmekte, konuşma aralarında ise gönderilmemekte veya başka bir kanal tarafından kullanılabilir. Bunun sonucu kullanılan çıkış gücünde 4 dB'lik bir azaltma yapılabilmektedir.

"SPADE" in bir diğer özelliği, görüşme yapmak isteyen iki yeristasyonuna verilecek taşıyıcının bilgisayar tarafından saptanmasıdır.

### ZPÇK

Çoklu kullanım yöntemlerinden biri de ZPÇK'dır. Bu yöntemde, adından da anlaşıldığı gibi, transponder yeristasyonları arasında zaman olarak paylaşımıştır. Ancak bu yöntemde çok iyi bir eşzamanlamaya gerek vardır. Bu yöntemin SPÇK'dan üstün bir yanı, bu yöntemle aynı transponder birçok yeristasyonu tarafından kullanılıyor olsa bile entermodülasyon olayının meydana gelmemesidir. Bu yöntemde kanal sığasını kısıtlayıcı etkenler, yeristasyonlarına ait darbeler arasındaki boşluklar ve zaman dilimleri arasındaki emniyet boşluklarıdır. ZPÇK yönteminde en önemli noktalardan biri de yeristasyonlarından gönderilen darbelerin belirlenen sırada dizilmelerini sağlayabilmektir. Bu ise herbir yer istasyonunda uygun bir eşzamanlama ve düzenleyici aygıt gerektirir.

### KPÇK

SPÇK yönteminde herbir taşıyıcının sıklığı ile belirlendiği bilinmektedir. KPÇK dizgesinde ise kullanılan taşıyıcıların tümü aynı merkez sıklığında olmalarına rağmen bunların herbiri, birbirlerinden ayırt edebilmek için özel bir kod ile sıklık veya evre bindirimlidir. Bu nedenle gönderilen im göre taşıyıcılar her zaman çok daha geniş bantlıdır. KPÇK dizgeleri girişimden etkilenmezler. Örneğin gönderilen im düzeyinin 38 dB üzerindeki bir girişimde bile 300 bit/sn'lik veri iletimi olanaklıdır. Ancak bu yöntem uydu dizgelerinde yaygın değildir.

## 8.2. Bindirim Yöntemleri

Yukarıda da sözünü ettiğimiz gibi imleri bir uydu linkinde sabit bir genlikte göndermenin yararları büyüktür. Çünkü kullanılan kanalın gücü sınırlıdır. Bu yüzden örneksel imlerin iletiminde SB, sayısal imlerin iletiminde ise evre kaydırmalı anahtarlama kullanılır. Bu yöntemlerin her ikisinin de girişimi bastırma dereceleri yüksektir.

### - Sıklık Bindirim (SB):

Uydu iletişiminde geniş sıklık sapmalı ( $m > 1$ ) sıklık bindirim yaygın olarak kullanılır. Bu tür bindirimle, gürültünün im üzerindeki etkisini büyük ölçüde azaltmak olanaklıdır. Ancak SB gürültü eşiği bu azaltmada sınırlayıcı rol oynar. Bu sınırlamayı ortadan kaldırmak veya

daha doğrusu bu sınırı biraz daha küçültmek için kullanılan normal çözücüler yerine **GBSB** (Geri Beslemeli Sıklık Bindirim) alıcıları ve **EKÇ** (Evre Kilitlemeli Çevrim) çözücüler kullanılır. Böylece çözücülerin normal çözücülere göre daha düşük i/G oranlarında işlevlerini yerine getirmeleri sağlanır. **INTELSAT** dizgesinde bu amaçla normal çözücüler yerine **GBSB** ve **EKÇ** li çözücüler kullanılır.

**Evre Kaydırmalı Anahtarlama (EKA):**  
Sayısal imlerin iletiminde bir **AF** taşıyıcının sayısal imler ile evre kaydırmalı anahtarlanmasının iyi çözüm olduğu kanıtlanmıştır. **EKA** bindirim türünde kullanılan evre sayışı arttıkça verilen bir bantgenişliğinde iletilebilecek bilgi de artar. Ayrıca iletim ortamındaki ısısal gürültü, doğrusal ve doğrusal olmayan bozulma gibi etkenler de evre sayısının yüksek olmasını gerektirir.

Bugün geniş açılı ışın kullanılan uydu dizgelerinde 4-evreli bindirim, dar açılı (nokta ışın-1) ışın kullanılan dizgelerde ise 8-evreli bindirim yaygındır. Yapılan deneyler de özel koşullar altında 16-evreli bindirimin kullanılabilirliğini göstermiştir. Ancak 16-evreli bindirim bugüne değin hiçbir uydu dizgesinde uygulanmamıştır. **EKA** yönteminde bilgi, taşıyıcının iki evre durumunun bağlı konumu olarak gönderilir. **Çözmede** ise bir koherent dayanak taşıyıcı kullanılır.

#### 9. UYDU İLETİŞİM DİZGESİNDE RADYO DALGALARININ ZAYIFLAMASI

Bir uydu iletişim dizgesinde istenilen iletişim sığasını sağlayabilmek için, uydunun elektronik donatımının en verimli bir biçimde kullanılmasını gerektirir. Ancak bu donatımın en verimli bir biçimde kullanılmasını sağlayabilmek için çalışma yapılacak ortamın koşullarının son derece iyi bilinmesi zorunludur. Uydu dizgelerinde en önemli sorun uydunun çıkış gücünün oldukça sınırlı olmasıdır. Bunun nedeni uydunun ağırlığının, uyduyu yörüngesine oturtmayı sağlayan fırlatma araçlarına uygun olarak fazla olamaması yani kullanılan güç kaynaklarının yüksek güçlü yükselteç kullanmaya olanak vermemesidir. Uyduda çıkış gücündeki bu kısıtlamayı gidermek bu durumda yeristasyonlarına düşmektedir. Bu ise dizgedeki yeristasyonlarda kullanılan donatımın diğer uzuletim dizgelerinde kullanılan donatımdan farklı olmasını gerektirir. Uydudan düşük güçle gönderilen imlerin uzaydaki birçok olay nedeniyle zayıflaması ve bundan sonra yeristasyonlarına ulaşması yeristasyonlarda yüksek kazançlı, düşük gürültü sıcaklıklı antenlerle, çok duyarlı alıcıların kullanılmasını zorunlu kılmaktadır.

Uzay, dizge kayıplarının en önemli kaynağıdır. Burada, uzaydaki bu kayıpların neler olduğuna, bu kayıpların ne derece büyük olduğuna kısaca göz atalım.

Uydudan gönderilen ve yeristasyonu alıcısına ulaşan bir taşıyıcının büyüklüğü;

- uydu ile yeristasyonu arasındaki uzaklığa,
- lyonosferik yutmaya,

- Atmosferik yutmaya bağlıdır.

Ayrıca yeristasyonu tarafından alınan bir taşıyıcının birçok özelliği;

- Atmosferdeki kırılma ve yansıma ile
- Far aday dönmesi ile

değişikliğe uğrar.

Alınan taşıyıcının gürültü düzeyi ise;

- Güneş gürültüsünden
- Galastik gürültüden
- Çeşitli yutma bölgelerinden
- Atmosferik nenden olumsuz yönde etkilenir.

Radyo mühendisleri bundan yıllarca önce tüm bu olayların imler üzerindeki etkilerini ayrıntılı olarak incelemişler ve bu etkileri dalga boyu cinsinden tanımlamanın olanaklı olduğunu göstermişlerdir.

Bu tanımlama, elektromagnetik yayılım için verilen Maxwell denklemlerinin çözümünü somut bir durum kazanmıştır.

$$\frac{P_A}{P_V} = \frac{K}{R^2 A^2} e^{-\gamma} \quad \gamma = \alpha + j\beta$$

Burada;

$P_A$ : alıcı tarafından alınan güç

$P_V$ : verici çıkış gücü

$K$ : sabit

$R$ : uzaklık

$\lambda$ : dalga boyu (birimi  $R$  ile aynı)

$\alpha$ : zayıflama katsayısı

$\beta$ : evre sabitidir.

Bu koşullar altında  $\beta$ , artan uzaklık ile meydana gelen evre dönmesini verir, lyonosferde  $\beta$ 'nin değeri  $a'y^a$  göre oldukça yüksektir. Bu durumda  $a'y^a$  ihmal edebiliriz. Bundan sonra yapılacak iş, dalgarın geçtiği her ortamdaki zayıflamayı ayrı ayrı hesaplamaktır. Bu arada yukarıdaki bağıntıyı

$$\frac{P_A}{P_V} = \frac{A_A A}{R^2 X^2}$$

olarak yazabiliriz.

Burada;

$A_A$ : alıcı antenin etkin alanı

$A_V$ : verici antenin etkin alanıdır.

Anten kazancı ile anten alanı arasındaki bağıntı ise

$$G = \frac{4\pi A}{\lambda^2}$$

olarak verilir.

tzotropik antenler için

$$\frac{P_V}{P_A} = \frac{(4\pi)^2 R^2}{\lambda^2 X^2}$$

olarak bulunur.



İzotropik antenler arasındaki serbest uzay kaybı ise

$$L_{su} = 10 \log \left[ \frac{P_v}{P_A} \right]_{izc} = 10 \log \frac{(47T)^2 d^2}{\lambda^2}$$

bağıntısıyla verilir. Burada f'yi GHz, d'yi ise km olarak yazdığımızda, yukarıdaki bağıntı

$$L_{su} = 92,44 + 20 \log f + 20 \log d \text{ dB}$$

olarak bulunur.

Bu bağıntıda f=6 GHz, d=35900 km aldığımızda yer-uydu yönündeki serbest uzay kaybının değeri  $L_{su} = 199,1$  dB olarak buluruz. Aynı işlemi uydu-yer yönünde f=4 GHz olarak yaptığımızda uydudan gönderilen bir imdeki serbest uzay zayıflamasını  $L_{su} = 195,6$  dB buluruz.

Uydudan yere veya yerden uyduya gönderilen bir im iyonosferden ve atmosferden geçer. 100 MHz sıklığının üzerindeki sıklıklarda iyonosferden dolayı imde ortaya çıkan kayıplar ihmal edilebilir düzeydedir. Atmosferin neden olduğu kayıpların kaynağı ise atmosferdeki nemdir. Kerr bu ortamdaki kaybı şöyle tanımlamıştır.

$$Z(\text{dB/km}) = \frac{4.4 \cdot S}{X^2}$$

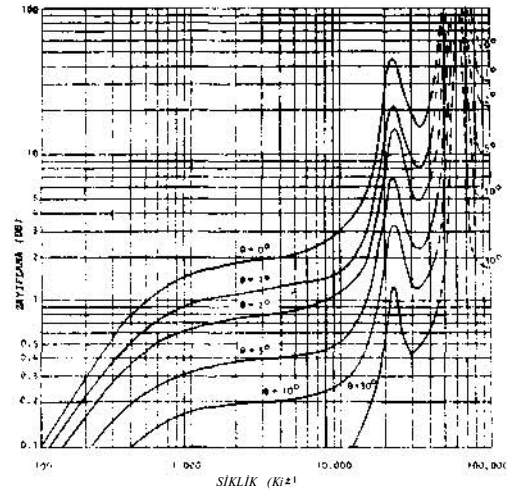
Burada g, atmosferin bir metre küpündeki nem miktarıdır (gram olarak).

Şimdi uydudan yere veya yerden uyduya gönderilen bir imin zayıflamasına ve gürültülenmesine neder olan olaylara kısaca değinelim.

### 9.1. atmosferdeki Kayıplar

- a) Atmosfer gazlarının neden olduğu kayıp: Atmosfer gazlarından özellikle oksijen ve su buharı, imin zayıflamasına yol açarlar. Su buharı moleküllerinin magnetik hareketi nedeniyle meydana gelen zayıflama en yüksek değerine 22,2 GHz sıklığında, oksijen moleküllerinin elektriksel hareketinin neden olduğu zayıflama ise en yüksek değerine 60 GHz sıklığında ulaşır. Şekil 11'de bir yeristasyonu antenin ufuk ile yaptığı açıya (0) bağlı olarak, bu gazların zayıflama sıklık özellikleri verilmiştir. Şekilden de görüldüğü gibi uydu uziletişim dizgelerinde (INTELSAT dizgesinde) bugün kullanılan 4 GHz bandında gazlar nedeniyle meydana gelen zayıflama antenin ufuk ile yaptığı açı 5° iken 0,4 dB olmaktadır. Bu açı arttıkça örneğin 10° de zayıflama 0,2 dB'e düşmektedir. 6 GHz bandında ise bu zayıflama 10° için 0,23 dB, 5° için 0,41 dB olmaktadır. Bu kaybın büyüklüğü konusunda bir fikir vermek için, zayıflamadaki 0,4 dB'lik bir artışın, 240 kanallı bir uydu dizgesinde 20 kanalın kaybına yol açacağını belirtmek yeterlidir sanırız.
- b) Yağmurun neden olduğu kayıplar: Atmosfer kayıplarına ek olarak, yağmurun neden olduğu zayıflamanın değeride oldukça önemlidir. Yağmurun im üzerindeki olumsuz etkisi iki şekilde gerçekleşir. Bunlardan biri yutma diğeri ise dağıtmadır. Bu olayların herikisi de alıcı

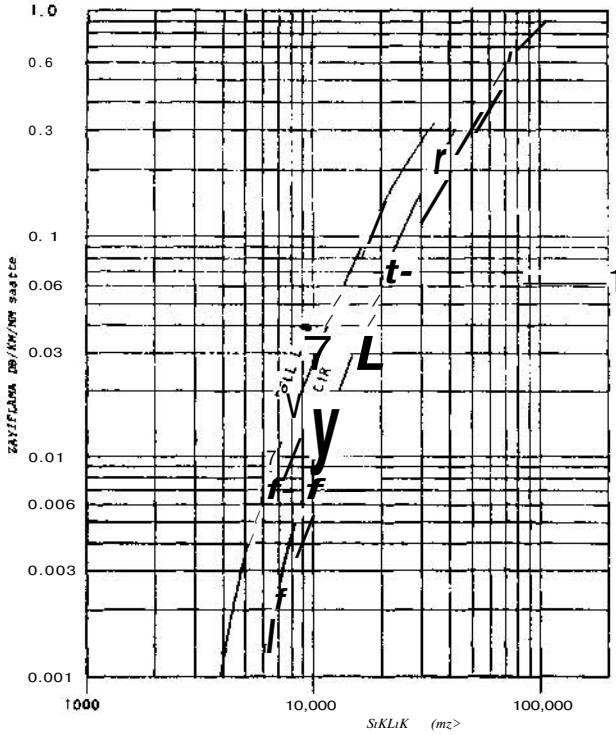
dizgenin-girişine ulaşacak imin zayıflamasına yolaçar. Zayıflama imin aldığı yol boyunca var olan ortalama yağmura bağlı olduğundan, imin şiddeti o andaki yağmur hızı ile ters orantılı olarak değişir. Şekil 12'de yağmur zayıflamasının sıklığa göre değişimi görülmektedir. Şekilde görülen iki eğri iki ayrı çalışmada sonunda bulunmuş eğrilerdir. Bu çalışmalardan bir Bell laboratuvarı diğeri ise CCIR (Uluslararası Radyo Danışma Komitesi) tarafından yapılmıştır. Şekil 13'de ise 4 GHz sıklığında, yıllık ortalama yağış miktarı 100 cm olan bir bölgede anten yükseklik açısına (antenin ufuk düzlemi ile yaptığı açı) göre zayıflama verilmektedir. Şekilden de görüldüğü gibi 5° lik bir yükseklik açısında yağmurun neden olduğu zayıflama 1,1 dB'dir. Sonuç olarak atmosferdeki toplam zayıflama 4 GHz sıklığında 5° yükseklik açısı için 1,5 dB kadar olmaktadır.



Şekil 11. Değişik yükseklik açılarındaki troposferdeki im zayıflaması

### 9.2. Uzaydaki Gürültü Kaynakları

Mikrodalga bölgesindeki en önemli gürültü kaynakları galastik gürültü, yıldız ve gezegen gürültüleri, atmosferik emmenin yarattığı gürültü ve yerkürenin radyasyonudur. 378 MHz sıklığında galastik gürültünün değeri 355°K olarak bulunmuştur. Ancak kullanılan sıklık arttıkça galastik gürültünün değeri azalmaktadır. Örneğin bu değer 1,2 GHz'de 17°K, 3 GHz'de ise 2,6°K'dir. Bu nedenle anten çok yoğun bir galastik gürültü kaynağına doğru yönlendirilmediği sürece bu gürültünün dizgeye olan etkisini ihmal etmek olasıdır. Yukarıda sözünü ettiğimiz yoğun gürültü kaynağına örnek olarak güneşi verebiliriz. Güneşe yöneltilmiş bir antende, güneşin neden olduğu gürültü ısısı, güneşin sakin zamanlarında (yani güneş patlamaları olmazken) 250 MHz'de 10°K düzeyindedir. Güneşte oluşan birtakım hareketler -güneş patlamaları gibi- sırasında bu düzey 20 ile 40 dB kadar artar. Bu nedenle bu düzeydeki bir gürültü sıcaklığının alıcılar üzerindeki etkisi oldukça büyüktür. Yukarıda gezegenlerin de bir gürültü kaynağı olduğunu belirtmiştik. Bazı gezegenlerin



Şekil 12. Yağmur zayıflaması

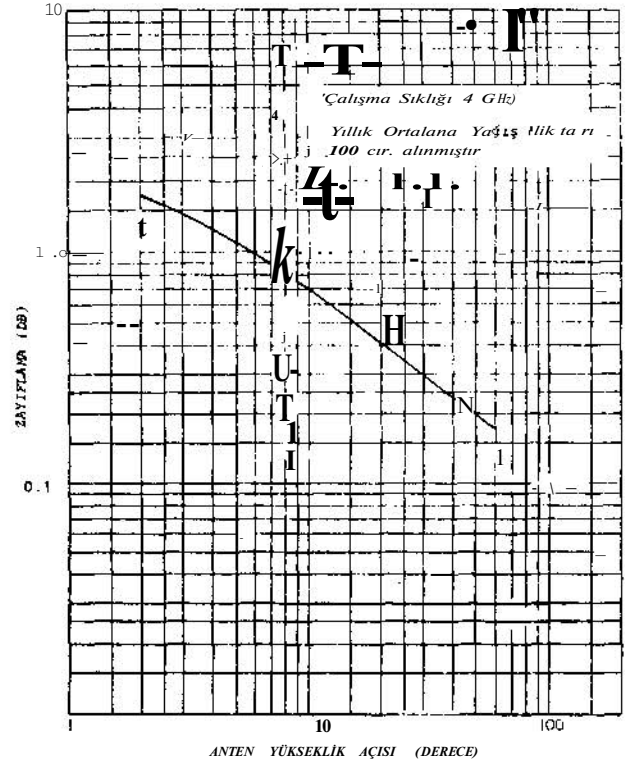
değişik sıklıklardaki gürültü sıcaklıkları ise şöyledir:

|         | Sıklık (GHz) | Gürültü Sıcaklığı (°K) |
|---------|--------------|------------------------|
| Venüs   | 35           | 410                    |
|         | 9,5          | 590                    |
|         | 3            | 580                    |
| Jüpiter | 9,5          | 145                    |
|         | 2,9          | 640                    |
|         | 1,4          | 3000                   |
|         | 0,44         | 50000                  |
| Mars    | 9,5          | 218                    |

Troposferik gürültünün nedeni ise mikrodalga enerjinin havadaki oksijen ve su buharı tarafından yutulmasıdır. Daha öncede belirttiğimiz gibi su buharı yutması en yüksek değerine 22,2 GHz'de, oksijen yutması ise 60 GHz sıklığında ulaşır. 4 GHz sıklığında yükseklik açısı 10° olan bir antende troposferik gürültü 13°K'dir. Dünyadaki radyasyonun neden olduğu gürültü ise

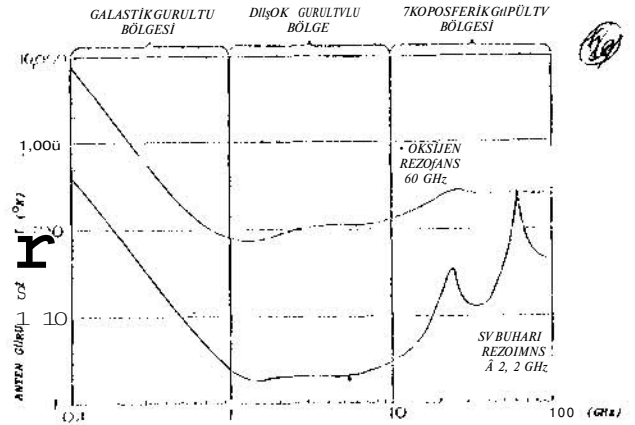
$$T_c = T_i(E)(1-R)$$

olarak tanımlanır. Burada  $T_c(E)$ , dünyanın sıcaklığı  $R$ , antenin baktığı yöndeki yer yansımalarının değeridir.  $T_i(E)$  genel olarak 290°K olarak alınır; Yer yansımaları değeri ise 1 ile 0 arasında değişir; Bu değer sakin suda 1, engebeli bir arazide ise 0'dır. Bu bağıntı kullanılarak yapılan hesaplamalardan, yerin neden olduğu gürültü değerinin 20 ile 60°K arasında değiştiği bulunmuştur. Bir yeristasyonu antenindeki gürültü sıcaklığının sıklığa göre değişimi Şekil 14'de görülmektedir.



Şekil 13. Yükseklik açısına göre yılın % 0,01'ini aşan zayıflama

Şekilden de görüldüğü gibi gürültüden en az etkilenen sıklık bandı 1 GHz ile 10 GHz arasında uzanmaktadır. Uzay uzuletişiminde bugün 4/6 GHz bantlarının kullanılmasının bir amacınının, bu az gürültülü bölgeden yararlanmak olduğu böylece anlaşılmaktadır.



Şekil 14. Anten gürültü sıcaklığı - sıklık ilişkisi

### 9.3. Kırılma ve Dönme

Uydu uzuletişim dizgelerinde imin birtakım özelliklerini değiştirdiğini daha önce belirtmiştik. Bu değişmelerin nedeni kırılma ve Faraday dönmesi olaylarıdır.

Homojen ortamlar olmayan iyonosfer ve troposferde kırılma katsayısı yer ve zamana göre değişir. 300 MHz ve üzerindeki sıklıklarda yalnız atmosfer

ve troposferdeki kırılmalar önemlidir. Ve bu sıklıklarda kırılmanın değeri 1 miliradyanı aşmaz. Yapılan deneylerde bu değerin ortalama olarak 0,3 miliradyan olduğu saptanmıştır. Dünyanın magnetik alanı iyonosferin magnetioyionik bir ortama dönüşmesine, bu ise bu ortamdan geçen herhangi bir elektromagnetik dalganın kutuplama düzleminin dönüşmesine yol açar. Bu olaya Faraday dönmesi denir. Dönmenin değeri bu ortamdan bir kez geçiş için, 150 MHz sıklığında, 720° dir. Ancak bu dönme değeri, sıklığın karesi ile azaldığından, uydu dizgesinde kullanılan A ve 6 GHz bantlarında, ihmal edilebilir düzeydedir.

Yıllık yağış ortalaması 100 cm olan bir bölgede bulunan bir uydu dizgesindeki kayıp ve gürültü düzeylerini özetleyecek olursak şu sonuca varırız:

- |   |        |
|---|--------|
| a) Atmosferik kayıplar                                    | 0,4 dB |
| b) Yağmur zayıflaması                                     | 1,1 dB |
| c) Atmosferik yutmanın neden olduğu gürültü ısısı         | 23°v   |
| d) Anten yan ve arka ışınların neden olduğu gürültü ısısı | 9°K    |
| e) Yağmurun neden olduğu gürültü ısısı                    | 17°v   |

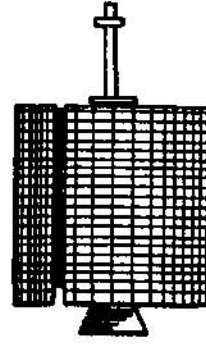
#### 10. "INTELSAT" UYDU UZİLETİŞİM DİZGESİ

Uluslararası uzuletişim alanında uyduların araç olarak kullanılması amacıyla yapılan çalışmaların olumlu sonuç vermesinden sonra dünyada bu tür bir dizgeyi gerçekleştirmek amacıyla yoğun çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalar sonunda 14 ülke 1964 yılı Ağustos ayında, uluslararası telefon ve televizyon iletişimine olanak verecek bir dizge olan INTELSAT'ı (Uluslararası Uzuletişim Uyduları) kurmuştur. Kuruluşunda üye sayısı 14 olan bu dizgenin günümüzdeki üye sayısı 103'tür. Bu dizgede kullanılan uyduların ve uyduların denetimini sağlayan denetim istasyonlarının sahibi, üye ülkelerin sahibi olduğu INTELSAT örgütüdür. Yani bu dizgede kullanılan uyduların ve denetim istasyonlarının sahibi bu örgüte üye ülkelerdir. Ancak bu sahipliğin oranı her ülke için aynı değildir ve en büyük pay ABD'nindir (yaklaşık % 40). INTELSAT'ta kullanılan yeristasyonları sayısı ise üye ülke sayısındaki artışa paralel olarak artmaktadır. Örneğin 1 Aralık 1970 tarihinde 36 ülkede kurulu 63 yeristasyonu anteni bulunurken günümüzde bu sayı 103 üye ülke de 197 anten olarak artmıştır (1977 yılı sonuna göre).

INTELSAT'ın kuruluşundan günümüze değin bu dizgede dört nesil uydu kullanılmıştır. Kullanılan bu uyduları ve özelliklerini şöyle sıralayabiliriz:

##### a) INTELSAT I (Şafak Kuşu):

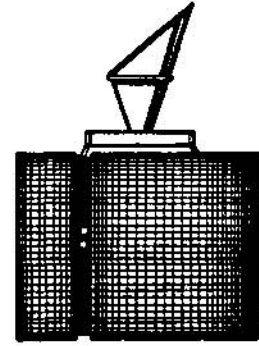
1965 yılı Nisan ayında Atlas Okyanusu üzerinde bir noktaya yerleştirildi. Bu uydunun bulunduğu yörünge, dünyadan 35689 km uzakta yerle eşzamanlı bir yörüngeydi. Şafak Kuşu'nun anteni Avrupa ile Kuzey Amerika arasında iletişimi sağlayacak şekilde tasarılmıştı. Uyduda kullanılan transponderler ise bir anda yalnız Avrupa'da bulunan bir yeristasyonu ile Kuzey Amerika'da bulunan



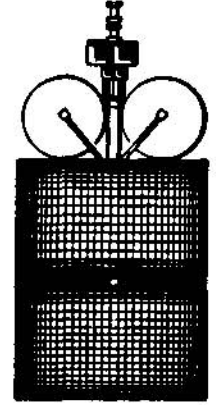
a) INTELSAT I  
(Şafak Kuşu)



b) INTELSAT II



c) INTELSAT III



d) INTELSAT IV

Şekil 15.

bir yeristasyonunun bağlantısına olanak veriyordu. Bu nedenle o sırada kurulu bulunan birçok deney istasyonu'uyduyu ancak belirli bir sıra ile kullanabiliyordu. Şafak Kuşu'nun sığıması 240 telefon kanalı veya 1 televizyon kanalı idi. Ancak daha sonra sığa 300 kanala kadar çıkartıldı. Başlangıçta uydunun ömür süresi 18 ay olarak hesaplanmasına rağmen uydu yörüngede 3,5 yıl çalışır durumda kaldı. 3,5 yıl sonunda uydunun çalışamaz duruma gelmesinin nedeni elektronik donatımdaki bir aksaklık değil yalnızca uydunun yörüngedeki konumunu düzenleyen motorlara ait yakıtın bitmesiydi.

##### Uydunun Genel Özellikleri:

- Çapı: 0,72 m
- Boy: 0,59 m
- Yörünge ağırlığı: 38,6 kg
- Sığıması: 240 telefon veya 1 TV kanalı
- İlk çalışma tarihi: 28 Haziran 1965
- Fırlatma aracı: Delta (üç bölümlü)
- Bugünkü durumu: Kullanılmıyor

##### b) INTELSAT II:

Biri Pasifik diğeri Atlas Okyanusu üzerinde çalışmak üzere 1967 yılında yerle eşzamanlı yörüngeye yerleştirilen bu uyduların en önemli özelliği, uydu transponderlerinin aynı anda birden fazla yeristasyonunun görüşmesine olanak vermesiydi (bu tür kullanıma "çoklu kullanım" denmektedir).

INTELSAT II uydusu INTELSAT I'e göre çok daha büyük ve güçlü olmasına rağmen kanal sığıması açısından

dan INTELSAT I ile aynı idi. Yani 240 telefon kanalı veya 1 TV kanalı. Bunun iki nedeni bulunuyordu. Birincisi, INTELSAT II uydusu antenin, uydudan görülen geniş bir dünya parçasını kapsayacak şekilde olmasıydı. INTELSAT I'de ise antenin yalnızca dar bir bölgeyi görmesi yeterliydi. Kapsam alanının geniş olması, anten ışınının geniş olmasını, bu ise uydunun RS (Radyo Sıklık) çıkış gücünün yüksek olmasını gerektiriyordu. İkinci neden ise, kullanılan çoklu kullanım tekniğiydi. Çoklu kullanım tekniğinde uyduda bulunan çıkış yükseltici aynı anda birden fazla taşıyıcıyı yükseltmek zorunda bulunduğundan, bu sırada meydana gelecek entermodülasyonu önlemek amacıyla, yükselteçler normal çıkış güçlerinin oldukça altında çalıştırılıyordu. Örneğin uyduda kullanılan yürüyen dalga lambalı yükseltecin doyum gücü 100 W ise entermodülasyonu önlemek üzere yükselteç en çok 50 W gücünde çalıştırılıyordu.

#### Uydunun Genel Özellikleri:

Çapı: 1,42 m  
Boy: 0,67 m  
Yörünge ağırlığı: 86,5 kg  
Sığıması: 240 telefon veya 1 TV kanalı  
İlk çalışma tarihi: 27 Ocak 1967  
Çalışma ömrü: 3 yıl  
Fırlatma aracı: Delta  
Bugünkü durumu: Kullanılmıyor

#### c) INTELSAT III:

İlk olarak 1968 yılında yörüngeye (eşzamanlı) yerleştirildi. 1970 yılında ise bu tür uydudan yörüngede, ikisi Atlas Okyanusu, biri Pasifik Okyanusu biri Hint Okyanusu üzerinde olmak üzere toplam dört tane bulunuyordu. Herbir uydunun sığıması 1200 telefon kanalı veya 4 televizyon kanalı idi. INTELSAT I ve II'ye göre gözlenen bu sığa artışının iki nedeni bulunuyordu. Bunlardan biri, ITU'nun (Uluslararası Uziletişim Birliği) Radyo Yönetmeliğinde yaptığı bir değişiklik ile o güne kadar 4 GHz bandında uyduların istasyonu yönü için ayrılmış bulunan bant genişliğini artırarak 500 MHz'e çıkartmış olmasıydı. Bu kararın sözü edilen yönü içerir. kullanılabilir bant 3700-4200 MHz oldu. Sığa artışının ikinci nedeni ise uyduda; daha önce sözünü ettiğimiz "çift dönmeli" yöntemin geliştirilmesiyle, her zaman dünyaya dönük çalıştırılabilen anten kullanılabilmeydi. Bu tür anten ile uydunun hemen tüm RS gücünün dünyaya yönlendirilmesi olanağı bulunduğundan, daha önceki uydulara ait antenlerde ortaya çıkan kayıp, bu uyduda sözkonusu olmuyordu.

1965 yılından sonra INTELSAT uydularının sayısında, boyutlarında ve sığımasında gözlenen artışın en önemli nedeni bu uyduları kullanan yeristasyonlarının sayılarının artmasıydı. Haziran 1965'te INTELSAT I 67 Okyanusaşırı telefon devresi taşıırken; Ekim 1970'te INTELSAT III uyduları 1161 devre taşıyordu. Şubat 1967'de bir INTELSAT II uydusu 38 okyanusaşırı telefon devresi taşıırken; Ekim 1970'de bir INTELSAT III uydusu 609 devre taşıyordu. Ağustos 1969'da Hint Okyanusu bölgesinde çalışan bir INTELSAT III uydusu 5 telefon devresi taşıırken, Ekim 1970'de aynı uydular Avrupa, Doğu Afrika, Orta Doğu, Uzak Doğu ve Avustralya gibi uzak yerler arasında 143 telefon devresi taşıyordu.

#### Uydunun Genel Özellikleri:

Çapı: 1,42 m  
Boy: 1,04 m  
Yörünge ağırlığı: 151,8 kg  
Sığıması: 1200 telefon kanalı veya 4 TV kanalı veya karma  
İlk çalışma tarihi: 24 Aralık 1968  
Çalışma ömrü: 5 yıl  
Fırlatma aracı: Delta  
Bugünkü durumu: Kullanılmıyor

#### d) INTELSAT IV:

Mart 1971 tarihinde çalışmaya başlayan bu uyduların sığıması 3750 telefon kanalı ve 12 TV kanalıdır. Bu uydularda iki tür anten kullanılmaktadır. Bunlardan biri gücü daha elverişli bir şekilde, yüksek trafikli bölgelere odaklayan çok dar ışınlı anten (bunlara nokta ışınlı anten de denir), diğeri ise daha düşük trafikli bölgelere çalışan, geniş bir alanı içine alan küresel ışınlı anten. Bu tür antenler kullanılmakla gücün en ekonomik biçimde kullanılması sağlanmaktadır. Bu uyduları yerle eşzamanlı yörüngeye yerleştirmek için kullanılan roketlerin daha önceleri kullanılan roketlere göre daha güçlü ve büyük olması, INTELSAT IV uydularının daha ağır ve karmaşık tasarımına olanak vermiştir. Bu nedenle uyduda sınırlayıcı etken RS gücüne yerine kullanılan bant genişliğidir. 1975 yılında yörüngede çalışan dört INTELSAT IV uydusu bulunmaktaydı. Herhangi bir nedenle bu uydularda ortaya çıkabilecek arızalara karşı yine yörüngede üç yedek uydular bulunmaktaydı. Bugün ise Atlas Okyanusu bölgesinde 2, Pasifik Okyanusu bölgesinde 2, Hint Okyanusu bölgesinde de 2 adet olmak üzere toplam 6 INTELSAT IV uydusu yörüngede kullanılmaktadır.

#### Uydunun Genel Özellikleri:

Çapı: 2,38 m  
Boy: 5,28 m  
Yörünge ağırlığı: 731,8 kg  
Sığıması: 3750 telefon kanalı ve 2 TV kanalı  
İlk çalışma tarihi: 26 Mart 1971  
Ömrü: 7 yıl  
Fırlatma aracı: Atlas Centaur  
Bugünkü durumu: Bugün yörüngede bu tür 6 uydular vardır

#### e) INTELSAT IV-A:

INTELSAT IV uydularının yerini almakta olan bu uyduların ilki 25 Eylül 1975 tarihinde yörüngeye yerleştirildi. Bu yeni nesil uyduların IV uydularından en önemli farkı uydunun sığımasını artırmayı sağlayan yeni bir tekniğin bu uyduda uygulanmasıdır. Bu tekniği kullanmak amacıyla uydunun Doğu ve Batı antenlerinin ışınları birbirinden

özel olarak ayrılmıştır. Böylece aynı sıklığı birbirinden özel olarak ayrılmış bulunan antenlerden göndererek iki kez kullanmak olanağı sağlanmıştır. Aynı sıklığın iki kez kullanılmasıyla uydudaki bant genişliğinde yaklaşık iki kat artış sağlanmıştır. Yani INTELSAT IV uydularında kullanılan 500 MHz bant genişliği "sıklığın iki kez kullanımı" tekniği ile INTELSAT IV-A uydularında yaklaşık 900 MHz'e ulaşmaktadır. Bant genişliğindeki bu artış ise doğal olarak uydunun sığımasının

artmasına olanak vermektedir. INTELSAT IV-A uydusunun sığısı 6250 telefon kanalı ve ilci televizyon kanalıdır. Veriş için bu uyduda 12 besleme boynuzu (*feed horn*) tarafından aydınlatılan bir çift 134,6 cm çaplı parabolik yansıtıcı anten kullanılır.

Alışta da, verişte olduğu gibi 12 boynuz ve bir çift yansıtıcı kullanılır. Verişte ve alışta kullanılan boynuzların uygun bir şekilde kullanılmasyla, ve antenlerin yan ışınlarının çok düşük düzeyde olacak şekilde tasarlanmasıyla Doğu ve Batı antenlerinden aynı sıklıktaki değişik bilgileri almak veya göndermek böylece sığıyı yaklaşık iki katına çıkarmak olanaklı olmuştur.

Bugün Atlas Okyanusu bölgesi üzerinde 3 INTELSAT IV-A uydusu yörüngede bulunmaktadır. Şimdi INTELSAT IV-A uydusunun özelliklerine, diğer uydulardan biraz daha ayrıntılı olarak bakalım.



Şekil 15.

e) INTELSAT IV-A

#### Uydunun Genel Özellikleri:

Boyutları: Solar levhanın çapı - 238 cm  
Solar levhanın yüksekliği - 282 cm  
Toplam yükseklik - 669 cm

Ağırlığı: Fırlatma sırasında - 1515 kg  
Yörüngede - 825 kg

Uziletişim dizgesi: Transponder sayısı - 20  
Transponderlerin bant genişliği - 40 MHz

Sıklık bantları: Alış - 5932-6418 MHz  
Veriş - 3707-4193 MHz

Etkin izotropik yayılım gücü: 29-30 dBW

Doğu-Batı antenlerinin yalıtımı: 27 dB

Güç dizgesi: Silindirik solar levha üzerinden  
2x2 cm solar hücrelerle sağlanan  
güç

Uydunun ilk çalışmasında - 24,5 V'ta  
590 W  
Uydunun ömrü sonunda - 24,5 V'ta  
490 W

Akü sayısı - 2(herbiri 18 amper-saat)

Solar hücrelerin sayısı - 42240  
(Ana kaynak olarak)

Solar hücrelerin sayısı - 2772  
(Aküleri doldurmak için)

Uydunun sığısı: 6250 telefon kanalı ve 2 TV kanalı

ilk çalışma tarihi: 1 Şubat 1976

Ömrü: 7 yıl

Fırlatma aracı: Atlas Centaur

Bugünkü durumu: Yörüngede 3 tane bu tür uydu vardır.

INTELSAT dizgesinde başlangıçtan günümüze değin kullanılmış ve bugün kullanılan uydulara kısaca baktıktan sonra, şimdi bu uyduların maliyetlerine bir göz atalım.

| Uydu | Herbir Uydunun Ortalama Maliyeti (dolar olarak) | Sığısı (devre olarak) | Ortalama ömrü (yıl) |
|------|---|-----------------------|---------------------|
| I    | 11 700 000                                      | 240                   | 1,5                 |
| II   | 8 200 000                                       | 240                   | 3,0                 |
| III  | 12 000 000                                      | 1200                  | 5,0                 |
| IV   | 32 500 000                                      | 3750                  | 7,0                 |
| IV-A | 45 000 000                                      | 6250                  | 7,0                 |

Çizelge 5.

INTELSAT dizgesinde kullanılan devreler için bu devreyi kullanan ülkeler belirli bir ücret öderler. Kanal kirası dediğimiz bu ücret bir devrenin ücretinin ikiye bölünmesiyle devreyi kullanan iki taraftan alınır. Bu nedenle dizgedeki ücretlendirme yarım devre üzerinden yapılmaktadır. Aşağıda, dizgenin kuruluşundan günümüze değin bu ücretlerin durumu özetlenmiştir. Görüldüğü gibi dizgedeki kanal sayısındaki artış ile orantılı olarak ücretlerde bir azalma söz konusudur. Ancak ücretlerdeki düşme hızında son yıllarda bir yavaşlama görülmektedir. Bu ilerde uygulanacak ücretlendirme nin günümüzdekinin çok altında olmayacağı belkide aynı kalacağına bir işaret olabilir. Bu nedenle ileriye dönük hesaplamalarda (elverişlilik çalışmalarında) bu noktayı gözardı etmemek gerekmektedir.

| V <sub>1</sub><br>T <sub>1</sub> | Yıllık Yarım Devre<br>Öcreti (dolar) |
|----------------------------------|--------------------------------------|
| 28.6.1965                        | 32 000                               |
| 1.1.1966                         | 20 000                               |
| 1.1.1971                         | 15 000                               |
| 1.1.1972                         | 12 960                               |
| 1.1.1973                         | 11 160                               |
| 1.1.1974                         | 9 000                                |
| 1.1.1975                         | 8 460                                |
| 1.1.1978                         | 8 280                                |

çizelge 6.

1977 yılı sonuna göre, yörüngede iletişim amacıyla kullanılan INTELSAT uyduları şunlardır:

|  |           |
|--|-----------|
| Atlas Okyanusu Bölgesi                   | IVA (F-1) |
|  | IVA (F-2) |
| Yedek uydu (kiralık transponder hizmeti) | IV (F-7)  |
|  | IVA (F-4) |
| Hint Okyanusu bölgesi                    | IV (F-1)  |
| Pasifik Okyanusu bölgesi                 | IV (F-8)  |

• ULUSLARARASI İLETİŞİM AMACIYLA KULLANILAN UYDULAR

INTELSAT IVA (F-1)

26 aydır yörüngede çalışmaktadır. Son olarak 30 Kasım 1977'de, yörünge düzeltmesi yapılarak 335,1° Doğu boylamına yerleştirilmiştir. Uydu yörüngesinde Batıya doğru hergün 0,007° kaymaktadır.

^ PELSAT IVA (F-2)

22 aydır çalışmaktadır. 30 Kasım 1977'de, uydunun yörüngedeki konumu düzeltilerek 330,5° Doğu boylamına yerleştirilmiştir. Uydu hergün Doğuya doğru 0,007° kaymaktadır.

INTELSAT IV (F-1)

30 aydır yörüngede çalışmaktadır. Yörüngedeki konumu 30 Kasım 1977'de düzeltilmiş ve uydu 62,88° Doğu boylamına yerleştirilmiştir. Günde 0,010° Doğuya kaymaktadır.

INTELSAT IV (F-8)

36 aydır yörüngededir. 30 Kasım 1977'de 173,68° Doğu boylamına yerleştirilmiştir. Doğuya doğru günde 0,009° kaymaktadır.

• KİRALIK TRANSPONDER TAŞIYAN UYDULAR

Atlas Okyanusu Bölgesi, INTELSAT IV (F-7)

51 aydır yörüngededir. Bu uydunun transponderleri bölgesel veya ulusal iletişim amacıyla, Cezayir, Norveç, Nijerya, Suudi Arabistan, Sudan, Uganda ve Oman tarafından kullanılmaktadır.

Uydunun yörüngedeki konumu 30 Kasım 1977'de düzeltilmiş ve uydu 358,84° Doğu boylamına yerleştirilmiştir. Günlük kayması, Doğuya doğru 0,015° dir.

Atlas Okyanusu Bölgesi, INTELSAT IVA (F-4)

6 aydır yörüngede bulunmaktadır. Bu uydu Atlas Okyanusu bölgesinde çalışan uydulara yedektir. Yalnız bu uydunun bir transponderi Şili tarafından kiralanmıştır (ulusal iletişim amacıyla).

30 Kasım 1977'de yörüngedeki konumu düzeltilmiş ve 325,54° Doğu boylamına yerleştirilmiştir. Günlük kayması Doğuya doğru 0,009° dir.

• YEDEK UYDULAR

Atlas Okyanusu Bölgesi, INTELSAT IV (F-3)

71 aydır yörüngededir. Yedek olarak yörüngede bekletilmektedir. Uydunun tüm alıcıları kapalı durumdadır. 30 Kasım 1977'de 340,18° Doğu boyla-

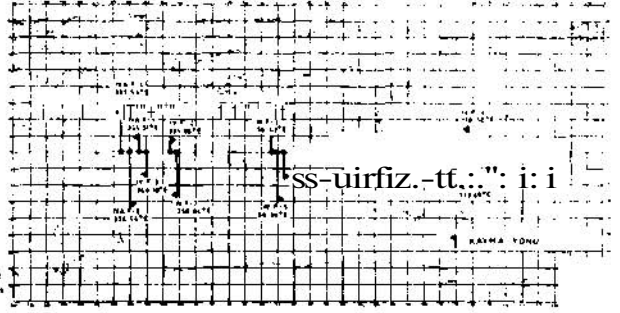
mına yerleştirilmiştir. Günlük kayması Doğuya doğru 0,012° dir.

Pasifik Okyanusu Bölgesi, INTELSAT IV (F-4)

70 aydır yörüngededir. Yörüngedeki konumu 30 Kasım 1977'de düzeltilmiş ve uydu 178,50° Doğu boylamına yerleştirilmiştir. Günlük kayması Doğuya doğru 0,007° dir.

Hint Okyanusu Bölgesi, INTELSAT IV (F-5)

66 aydır yörüngededir. 30 Kasım 1977'de 60,20° Doğu boylamına yerleştirilmiştir. Günlük kayması Doğuya doğru 0,006° dir.

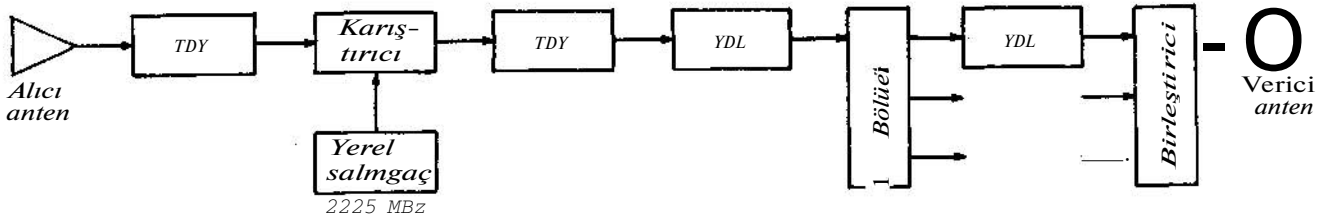


Şekil 16. INTELSAT uydularının yörüngedeki yerleşimi (30 Kasım 1977'ye göre)

Daha önce belirttiğimiz gibi INTELSAT dizgesinde dünya üç bölgeye ayrılmıştır. Bu bölgeler, Atlas Okyanusu Bölgesi, Pasifik Okyanusu Bölgesi ve Hint Okyanusu Bölgesidir. Atlas Okyanusu Bölgesi bu bölgeler içinde trafik yönünden en yoğun olanıdır. Bu nedenle Pasifik ve Hint Okyanusu Bölgelerinde uluslararası iletişim amacıyla birer uydu kullanılırken, Atlas Okyanusu Bölgesinde iki uydu kullanılmaktadır (yedekler hariç). Ülkemiz de Atlas Okyanusu Bölgesinde bulunmaktadır. Bu yıl sonunda işletmeye açılacak olan yer istasyonumuz Atlas Okyanusunda bulunan INTELSAT IV-A (F-1) uydusu üzerinden ABD, Almanya, Fransa, Hollanda, İngiltere, İran ve İsrail'e bağlanacaktır.

10.1. INTELSAT IV Uydusunda Kullanılan İletişim Donatımı

Bu yazımızda INTELSAT dizgesinde bugün kullanılanmakta olan INTELSAT IV uydularında bulunan iletişim donatımından sözedeceğiz. Bugün INTELSAT IV uyduları ile birlikte kullanılan ve IV uydusundan kanal sığası ve transponder sayısı bakımından oldukça üstün olan INTELSAT IV-A uydularının iletişim donatımı, birkaç farklılık dışında IV uyduları ile aynıdır. Burada farklılıkların ve donatımın anlatımına geçmeden önce, uydunun genel yapısı hakkında bir fikir verebilmek için Şekil 17'de



Şekil 17. Uyduda bulunan iletişim donatımının öbek çizimi

uyduda bulunan iletişim donatımının öbek çizimi verilmiştir.

Öbek çiziminde anlaşılacağı gibi uydunun iletişim donatımı, yeristasyonlardan gönderilen (5900-6400 MHz) değişik türdeki imleri alan, yükselten, sıklığını değiştiren ve tekrar dünyaya gönderen bir mikrodalga istasyonu olarak görev yapar. Burada imlerin taşıdığı bilgiler çeşitli olup, bunlar içinde ses (telefon), veri (yüksek ve düşük hızda) ve televizyon bulunur. Bu bilgiler genellikle ya SB kullanılarak yada EB (Evre Bindirim) kullanılarak taşıyıcılara yüklenirler. Bu taşıyıcılar günümüzde kullanılan radyolink dizgelerinde olduğu gibi değişik sayıda telefon kanalı taşırlar (24 ila 1800 telefon kanalı). Şimdi bir yeristasyonu tarafından gönderilen bir imin yukarıda Şekil 17'de görülen alıcı antene ulaştıktan sonra gördüğü işlemlere kısaca değineyim.

Yer istasyonlarından 5900-6400 Uz bandında gönderilen taşıyıcılar, uyduda bulunan alıcı antenler tarafından alınarak bir TDYe (Tünel Diyot Yükselteç) gönderilirler. Burada istenilen düzeye yükseltilecek imler daha sonra uydunun veri bandına çevrilmek üzere (3700-4200 MHz) bir karıştırıcıya gelerek burada 2225 MHz sıklığındaki yerel salınma frekansı ile karıştırılırlar. Karıştırıcı çıkışında imlerin sıklığı uydunun veri bandına uygun duruma gelmiştir. İmler daha sonra yeniden yükseltilecek üzere bir TDYe ve bir YDLye (Yürüyen Dalga Lambalı Yükselteç) gönderilirler. Yükseltilecek imler bir bölücüde bölünerek ilgili transponderlere giderler ve burada bir kez daha yükseltirler. Yükseltilecek imler bir birleştirici ile toplanarak veri için antene gönderilirler. Uyduda bulunan iletişim donatımının görevi kısaca budur.

Şimdi INTELSAT IV uydularında bu donatıma biraz daha ayrıntılı bakalım:

INTELSAT IV uydusunda bulunan iletişim donatımının öbek çizimi Şekil 18'de görülmektedir. INTELSAT IV uydularında bantgenişlikleri 36 MHz olan 12 RF kanalı -ki buna transponder diyoruz- bulunmaktadır. Bu sayı INTELSAT IV-A uydularında, aynı sıklığın iki kez kullanılabilmesi nedeniyle, 20'dir. INTELSAT IV-A uydularında kullanılan 20 transponderin dağılımına ilişkin bir örnek Şekil 19'da görülmektedir. Uyduda bulunan transponderlerin amacı değişik iletişim tekniklerine olanak sağlamak ve sıklık kullanımında esneklik getirmektir. Bir uydunun en önemli öğeleri 6 GHz alışı anteni ve 6 GHz bandından 4 GHz bandına çevirmeyi sağlayan alıcı donatımı; genlik ve küme gecikmesi dengeleyicilerini içeren ve 500 MHz'lik iletişim bandını 36 MHz'lik 12 kanala ayıran alışı çoklayıcı donatımı; yüksek güçlü YDL'ler ile çirkiş çoklayıcı donatımı ve veri antenleridir. INTELSAT IV uydularında istenilen kanal sayısına göre optimum bir kullanım sağlamak amacıyla veri için küresel (geniş ışın demetli) diğeri nokta ışın demetli (3 dB ışın demeti genişliği 4,5°) iki takım anten bulunmaktadır. Alışı için ise yalnız iki adet küresel anten kullanılır. INTELSAT IV-A uydularında ise, aynı sıklığın iki kez kullanımını sağlamak amacıyla alışı için de veriye olduğu gibi nokta ışın demetli antenler kullanılmaktadır.

INTELSAT IV ve IV-A uydularında bulunan iletişim donatımı, uyduyu yörüngede kararlı bir konumda tutmak için dönen uydu çatısının ters yönünde ve çatı ile aynı hızda dönmekte olan platforma yerleştirilmiştir. Yani antenler ve diğeri iletişim donatımı aynı bölümdedir, bu ise kullanılan mikrodalga eklemelerinin yapısını oldukça basitleştirmektedir. Aksi halde dönen eklemeler kullanılması gerekecek, bu ise donatımı daha karmaşık duruma sokacaktı.

#### 10.1.1. Alışı antenleri

Küresel (geniş ışın demetli) alışı antenlerinin herbiri bir dalga kılavuzu ve bir bant geçiren süzgeç ile tam yedekli alıcılara bağlanmıştır. Küresel antenlerin tümünde dikey olarak yerleştirilmiş bir boynuz ve ışını yönlendirmeye yarayan 45° eğimli düz bir yansıtıcı düzlem kullanılır. Alışı ve veri antenlerinin herbirinde, ışının istenilen noktaya düşürülmesini sağlamak amacıyla optik ayar yapılmıştır.

Sol el daireysel kutuplamalı alışı antenlerinin ortalama tepe kazancı, bantın merkez sıklığında 20,5 dB'dir. Bu kazancın düzeyindeki oynama (ışın demetinin merkezi ile demetin en dış bölgesindeki kazanç farkı) 3,5 dB'dir. Anten bantgenişliği ise 5900-6400 MHz'dir. Işın demeti genişliği 17°, tüm banttaki DDO (Duran Dalga Oranı) 1,2'dir.

Kullanılan antenlerin kazanç eğrileri oldukça düzdür. Ancak, diğeri antenlerde de olduğu gibi, yakın çevrede bulunan başka bir antenden veya anten çevresine yerleştirilmiş diğeri elemanlardan dolayı meydana gelen birtakım bozulmalar bu antende de görülmektedir.

#### 10.1.2. Veri antenleri

Sağ el daireysel kutuplamalı Küresel veri antenlerinin ışın demeti merkezinde kazançları alışı antenlerinde olduğu gibi 20,5 dB'dir. Bu antenlerin diğeri özellikleri alışı anteninin aynı olduğundan yeniden belirtmeyeceğiz. Bantgenişliği ise 3700-4200 MHz'dir.

Nokta ışın demetli veri antenleri, yoğun trafiği bulunan bölgeler için kullanılırlar. Sağ el daireysel kutuplamalı bu antenlerin genel özellikleri şöyledir:

|                                |           |
|--------------------------------|-----------|
| Bant genişliği (MHz)           | 3700-4033 |
| Işın demeti genişliği (derece) | 4,5       |
| Kazanç (dB)                    | 28,1      |
| Banttaki DDO                   | 1,2       |

Şekilden de görüldüğü gibi tek numaralı ve çift numaralı transponderlerin herbiri ayrı nokta ışın demetli antene bağlıdır. Nokta ışın demetli antenlerin ışınlarının dünya üzerindeki herhangi bir noktaya istenildiğinde gönderilebilmesini sağlamak amacıyla kullanıldı parabolik, yansıtıcılar uzaktan komuta ile hareket edebilecek şekilde tasarlanmıştır. Parabolik yansıtıcıyı besleyen boynuz ise sabit konumludur. Yukarıda verdiğimiz özelliklerden de görüldüğü gibi, bu antenlerin ışın demetlerinin genişliği çok dar, kazancı ise oldukça yüksektir. Bu nedenle bu antenler yo-

ğun trafiği hulusan emegin Batı Avrupa ve ABD nin Kuzey Doğu bölgeleri için kullanılırlar. Bu antenlerin ışın demetlerinin çok dar olması nedeniyle, aşırı sıcaklıkların mekanik bozulmalara yol açmasını önlemek ve böylece ışının yönlendirilmesini 0,05° duyarlıkla koruyabilmek amacıyla tüm besleme ağı aşırı bir yalıtkan ile kaplanmıştır.

### 10.1.3. Alıcılar

INTELSAT IV uydularında tam yedekli iki alıcı çifti bulunmaktadır. Bu çiftlerin herbirinde yalnız pasif elemanlar ortak olarak kullanılmaktadır. Bu elemanlar, alış kolu esnek dalga kılavuzu, girişteki bant geçiren süzgeç ve alınan imleri yönlendiren giriş ve çıkıştaki ferrit anahtarlardır.

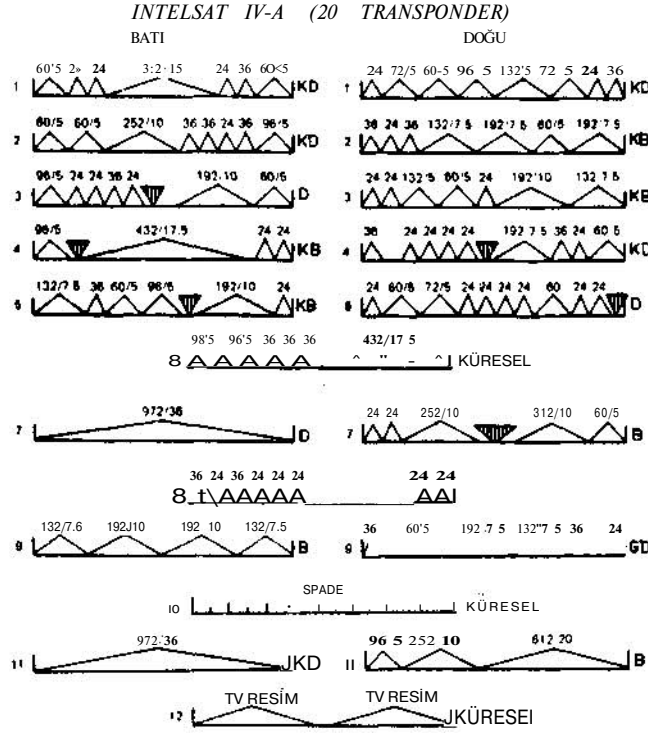
Esnek dalga kılavuzu, alış antenini girişte bulunan bant geçiren süzgece bağlamayı sağlar. Bant geçiren süzgeç alüminyumdan yapılmış sekiz bölümlü bir dalga kılavuzu süzgeçtir. Süzgecin çıkışı ise, imleri iki alıcıdan birine göndermeyi sağlayan ferrit anahtarı besler. Kazancı 57,5 dB olan alıcılar 486 MHz (5932-6418 MHz) bantgenişliğinde doğrusal çalışacak şekilde tasarlanmıştır.

Alıcıların genel özellikleri şöyledir:

- Kazanç: 57,5 dB
- Bantgenişliği: 486 MHz
- Gürültü katsayısı: 8,5 dB
- Kazanç eğimi: 0.01 dB/MHz
- Evre kayması (0 - 46 dBm): 1°
- Kazanç kararlılığı: ±0,5 dB
- Uzun dönem sıklık kararlılığı: aylık: 1 milyonda ±1 (karanlık dönem hariç) 7 yıllık: milyonda ±10
- Kısa dönem sıklık kararlılığı: 50 - 100 kHz: 70 Hz ms 100 Hz - 12 kHz: 10C Hz ms

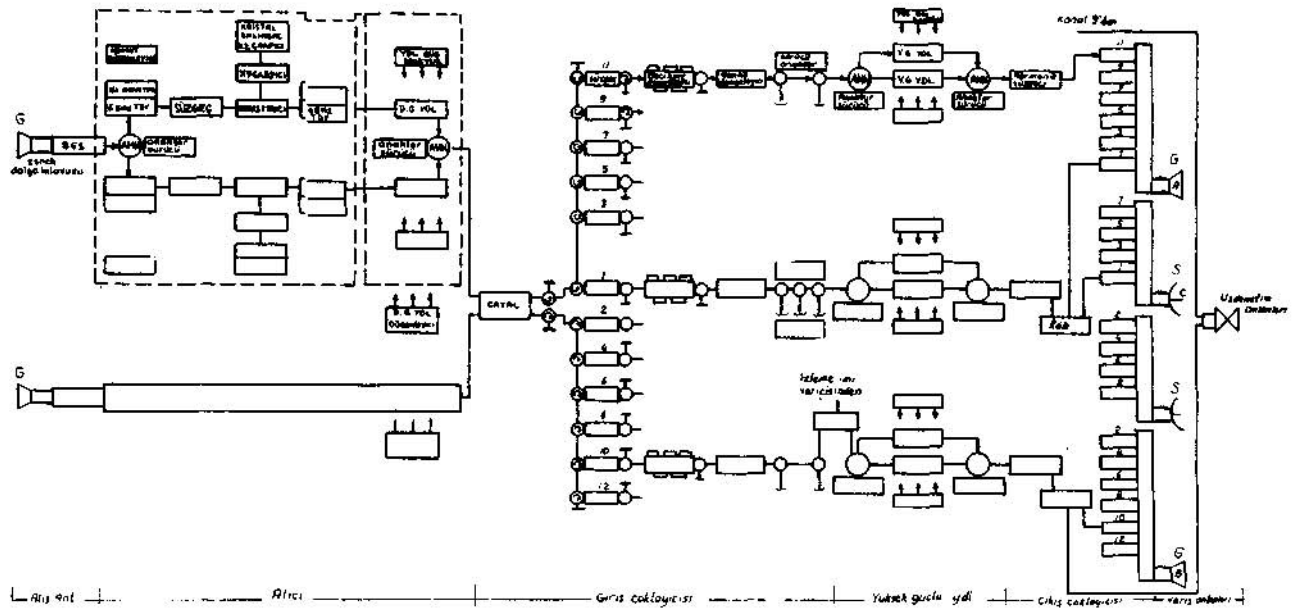
Alış zincirlerinin herbiri beş ana bölümden oluşur:

- 6 Güç TĐY (Tünel Diyot Yükselteç)
- Yerel salıngaç - karıştırıcı
- 4 GHz TĐY
- Düşük güçlü YDLY (Yürüyen Dalga Lambalı Yükselteç)
- Güç düzenleyicileri.



- 1 60/5 = 60 Uanöl / 5 MHz bant o'nijiljind» taşıyıcı
2. ^ (7 kanallar arasındaki girifimi ö'nlvmtk üx\*n bos brokilon bantlar

Şekil 18. INTELSAT IV-A sıklık planı



Şekil 19. INTELSAT IV uydusu iletişim dizgesi öbek çizimi



6 GHz T EY, zincirin ilk elemanı olması nedeniyle alıcının gürültü katsayısını belirler. TDY'nin kazancı 14 dB, gürültü katsayısı ise 5,3 dB'dir.

TDY'yi, ikinci eleman olan yerel salıngaç-karıştırıcı izler. Karıştırıcının bir parçası olan ve 6 GHz TDY'nin arkasına yerleştirilmiş bulunan üç oyuklu bir süzgeç, bandın alt bölümünde ek bir süzme sağlar. Yerel salıngacın sıklığı 2225 MHz, çıkış gücü ise 8 IBM'dir. Karıştırıcıda bir Schottky diyot vardır. 6 GHz TDY'den alınan im bant geçiren süzgeç üzerinden karıştırıcı diyoda gelir ve burada 6 GHz bandındaki imin sıklığı 4 GHz bandına çevrilerek bir diğer bant geçiren süzgece gönderilir. Yerel salıngacın 4450 Hz sıklığındaki ikinci harmoniğini bastırmak amacıyla burada bir süzgeç daha kullanılmıştır. Karıştırıcıdaki kayıp 7 dB'dir. 4 GHz bandında çalışan TDY'nin kazancı 10 dB, gürültü ısısı ise 7 dB'dir. 4 GHz TDY'de tepe akımı 5 ma olan bir tünel diyot kullanılmıştır. 6 GHz'lik TDY'de kullanılan diyodun tepe akımı ise 2 ma'dır. Tepe akınının yüksek tutulmasının amacı, 4 GHz TDY'nin çalıştığı yüksek im düzeylerinde genlik bozulmalarını düşük tutmaktır. TDY'nin çıkışı ise bir YDL yükseltici sürer.

Düşük güçlü YDLY'nin kazancı 42 dB, çıkış gücü ise 2 W'tır. Normal çalışma sırasında, YDLY'nin doğrusal bölgede çalışmasını sağlamak üzere kazanç 20 dB düşük tutulur.

Alıcı çiftlerinin herbiri alt ve üst olmak üzere iki kutucuktan oluşan bir kutu içine yerleştirilmiştir. TDY'ler ve yerel salıngaç-karıştırıcı üst kutucukta, düşük güçlü YDLY'ler ise alt kutucukta bulunur. TDY'lerin ısıya karşı duyarlı olmaları nedeniyle üst kutucukta bir de aktif ısı denetim devresi vardır. Ayrıca alt kutucuk ile üst kutucuk arasında aşırı bir ısı yalıtımı bulunur.

Alıcıların herbiri için iki güç düzenleyici kullanılmıştır. Üst kutuda ısının artmasını (düzensiz gerilim oynamaları sonucu) önlemek üzere, üst kutucuğa yerleştirilmiş bulunan ve TDY ile yerel salıngaca güç sağlayan düzenleyiciye, alıcı kutusu dışında bulunan ikinci bir düzenleyiciden sabit bir gerilim uygulanmaktadır. Bu ikinci düzenleyici aynı zamanda, alt kutucukta bulunan düşük güçlü YDLY'ye gerilim sağlayan yüksek gerilim çeviricisini de besler.

#### 10.1.4. Giriş çoklayıcı ağı

Giriş çoklayıcı katı, biri tek numaralı kanallar (transponderler) için diğeri ise çift numaralı kanallar için olmak üzere herbiri 6 kanallı iki ağı içerir. Herbir alıcı çiftinin çıkışında bulunan ferrit anahtardan alınan imler önce geniş bantlı bir çatala buradan da 6 kanallı çoklayıcı ağlarına gelirler.

Giriş çoklayıcı ağlarının herbiri 10 bölümlü 6 bant geçiren süzgeci içerir. Bu süzgeçler ferrit sirkülatörler aracılığı ile eşksenli bir iletim hattına eşlenmiştir. Buraya kadar kanalların sıklıklarına göre ayrılması amacıyla hiçbir işlem yapılmadığından, y.ul'arda sözünü ettiğimiz tek ve çift numaralı kanalların herbirinin girişinde tüm alış bandı (500 MHz) bulunmaktadır. Ancak bu nok-

tada, herbir Kanalda bulunan bant geçiren süzgeçler aracılığı ile yalnız o kanala ait bandın kanala girmesi sağlanır. Bu kanala ait olmayan sıklıklar ise süzgeçten yansyarak diğer süzgeçlere gönderilirler. Ayrıca tek numaralı kanallarda bulunan ve çift numaralı kanallara ait olan sıklıklar, tek numaralı kanallarda bulunan bant geçiren süzgeçlerin hiçbirinden geçemediğinden bu imler tek numaralı en son kanalda bulunan bir sonlandırıcı tarafından emilirler. Aynı durum, çift numaralı kanallarda da meydana gelir. Kanallarda kullanılan süzgeçlerin yüklenmemiş Q değeri 10000 ile 11000 arasında değişir.

Herbir bant geçiren süzgecin çıkışında, süzgecin neden olduğu evre bozulmalarını gidermek amacıyla bir gecikme dengeleyici kullanılır. Bir gecikme dengeleyicide beş dairesel oyuk bulunur. Oyuklar yansımanın yol açtığı bozulmaları önlemek üzere bir yansıma dengeleyici gibi çalışır. Dengeleyicileri bir ferrit yalıtıcı izler. Dengeleyici çıkışından alınan imler daha sonra, bant köşelerinde süzgeçlerin neden olduğu bozulmaları gidermek üzere bir genlik dengeleyiciye gönderilirler. Genlik dengeleyiciden alınan imlerin düzeyini yüksek güçlü YDLY'nin girişine uygun duruma getirmek amacıyla genlik dengeleyici ile YDLY arasında bir değişken RS zayıflatıcı kullanılır. 1 ila 8 nolu kanallarda sekiz konumlu değişken zayıflatıcı, 9 ila 12 nolu kanallarda ise, bu konalların küresel antenlere bağlı olması nedeniyle, dört konumlu değişken zayıflatıcı kullanılmıştır. Sekiz konumlu değişken zayıflatıcılar üç sirkülatörden oluşur. Bu sirkülatörlerden herbirinin bir kapısı bir direnç ile sonlandırılmıştır. Bu dirençlerin yarattığı empedans uyumsuzluğu öyle seçilmiştir ki, bu uyumsuzluğun yol açtığı yansıma kayıpları birinci sirkülatörde 3,5 dB, ikincide 7 dB, üçüncüde ise 14 dB. Böylece bunları kullanarak 3,5 dB'lik adımlarla toplam 24,5 dB zayıflama elde etmek olanaklıdır. Dört konumlu değişken zayıflatıcıda elde edilen toplam zayıflama ise 10,5 dB'dir.

#### 10.1.5. Yüksek güçlü YDL yükselten

Yüksek güçlü YDLY, bir kraldaki taşıyıcıyı, dünyaya gönderilmeden önce, yüksek bir düzeye getirmek üzere yükseltir. Bu yükselteçlerin herbirinde gerekli gerilim ve akımı sağlayacak güç kaynakları bulunur. Ayrıca herbir kanalda yedek olarak çalışan ikinci bir YDLY ve güç kaynağı da vardır. Yükselteçlerde kullanılan güç kaynaklarında bir düzenleyici ve bir DADA çevirici bulunur.

YDLY'lerde kullanılan gerilim değerleri şöyledir:

|         |           |
|---------|-----------|
| Katot   | 1500 V    |
| Toplaç  | 850 V     |
| Anot    | 200 V     |
| Filaman | 4,5 V rms |
| Sarmal  | toprak.   |

YDLY'lerin diğer teknik özellikleri ise aşağıda verilmiştir.

|                               |             |
|-------------------------------|-------------|
| Taşıyıcı çıkış gücü (doyumda) | 6,0 W       |
| Kazanç                        | 57 dB       |
| Kazanç eğimi                  | 0,01 dB/MHz |
| Toplam güç                    | 24,2 W      |
| Gürültü katsayısı             | 25 dB       |

#### 10.1.6. Çıkış çoklayıcı afi

Çıkış çoklayıcı ağı, yüksek güçlü YDLYden başlayıp, dört veriş antenin girişine kadar olan devrelerin tümünü kapsar. YDLYden alınan imleri beş bölümlü harmonik süzgeçlere göndermek üzere ferrit anahtarlar kullanılmıştır. 1-8 nolu kanallarda bulunan harmonik süzgeçleri, imleri nokta ışın demetli antenlere veya küresel ışın demetli antenlere gönderen mekanik bir röle izler. 9-12 nolu kanallar ise sürekli olarak 6 girişli çoklayıcıya bağlıdır. Yani 1-8 nolu kanalların herhangi birinin nokta ışınlı veya küresel ışınlı antenlere gönderilmesi ve bunun istenildiğinde değiştirilmesi olanaklıdır. 9-12 nolu kanallarda ise bu olanak yoktur.

Böylece yeristasyonlarından 6 GHz bandında alınan imler yukarıda sözünü ettiğimiz işlemlerden geçtikten sonra 4 GHz bandında tekrar yeristasyonlara gönderilirler.

#### 10.1.7. İKTİLSAT iv uydusu gür alt dizgesi

İNTELSAT IV uydusunda bulunan donatım için gerekli gücü sağlayan güç altdizgesi, iki silindirik solar panodan, 25 hücreli nikel kadmiyum aküden., bir akü denetleyiciden, haraları paralellemek için kullanılan iki komut edilebilir röleden, bir yardımcı aküden ve ısıtıcılarla vana denetimi için kullanılan anahtarlardan oluşur. Bu dizgenin tüm özellikleri Çizelge 7'de görülmektedir. Bu altdizge artı kutuplu, 2 baralı bir dizgedir. Baralardan herbiri uydunun toplam yükünün yarısını karşılar. Baralar uydunun ömü boyunca birbirlerinden bağımsız çalışacak şekilde tasarlanmış olmalarına rağmen beklenmeyen durumlarda uydunun çalışmasını sürdürebilmesi için bara paralelleme röleleri kullanılmıştır.

Güç dizgesinde bulunan solar levhaların herbiri, uydunun ömü olan yedi yıl sonunda, uyduda bulunan yüklere 200 W, akü doldurma için ise 25 W verebilecek şekilde tasarlanmıştır. Akülerin çalışması yarı otomatiktir. Baralardaki gerilimin düşmesi akülerin otomatik olarak baraya bağlanmasına neden olur. Ancak akülerin bara ile olan bağlantısını kesmek için bir komut gereklidir. Herbir aküde komut edilebilir iki doldurma (şarj) hücre dizisi bulunur.

Şekil 20'de güç altdizgesinin öbek çizimi görülmektedir. Şekilden de görüldüğü gibi altdizgede, ana hücre dizisi 1 ve ana hücre dizisi 2 olarak isimlendirilen dönen iki solar pano bulunmaktadır. Bu ana hücre dizilerinin herbiri uydunun bir barasını oluşturur. Herbir panoda iki ayrı sıcaklık denetim birimi bulunur. Panolardan alınan güç dönen bölümdaki yüklere doğrudan, anten ve diğer iletişim donatımının bulunduğu ve polar panoların ters yönünde dönen platforma ise bileziklerle ulaştırılır.

1a, 1b, 2a ve 2b işaretli doldurma hücre dizileri akülere komut edilebilir anahtarlarla bağlanır. Doldurma hücre dizilerinin, ana hücre dizilerinin ve akülerin çıkışları akü denetleyicisine bağlıdır.

Uydu çeperi ile ters yönde dönen platform üzerine yerleştirilmiş bulunan yardımcı aküler, bu bölüm-

de bulunan-kritik yüklere fırlatma sırasında güç sağlamakta kullanılır. Çünkü bileziklerden alınan güçteki ani oynamalar fırlatma sırasında çok zararlı olabilmektedir.

| Solar pano Darası   |  |
|---|--|
| Sara sayısı   | 2  |
| Kutup yönü  | pozitif  |
| Çıkış gerilimi  | 23,8 V   |
| > 397,1 J   |  |
| Ek 1 ips döneminden çıkışta en büyük gerilim                              | 48 V   |
| herbir Solar panc harasına akü bağlandığında akülerin boşalma özellikleri |  |
| Otonatik boşalma gerilimi   | 24.1 V±0,15 V  |
| Akülerin çalışmasında ortaya çıkan gerilim sığırması                      | en çok +10 V   |
| Boşalma durdurma  | yerden komut ile   |
| Toplam çıkış akımı (her iki aküde)  | 15.2 A   |
| Akünün barayı 1,1 saat besleme sırasında barada gürülen en düşük gerilim  | 24,1 V   |
| Akü doldurma  |  |
| 7 yıl sonunda akü doldurma akımı  | herbir akü için 1,0 A (en çok 1,45 A)  |
| Yardımcı akü  |  |
| Gerilimi  | 21,3 V'un üzerinde (sürekli Dir yükü 1,4 A ile 0,7 saat besleme durumunda veya 5 A ile 3 s. beslemede) |

Çizelge 7. İNTELSAT IV güç alt dizgesi

#### Bara Gerilim Özellikleri:

Bara geriliminin üst sınırı 48 V alt sınırı ise 23,8 V'tur. Üst sınır eklips döneminden çıkıştaki soğuk solar panolar tarafından, alt sınır ise akülerin devreye girme gerilimiyle belirlenir. Bara gerilimi 23,8 V'a düştüğünde, tümüyle dolmuş bulunan aküler otomatik olarak devreye girer. Bu anda baranın geriliminde 10 V'luk bir artış olur. Ancak bu artış kısa sürelidir. Uyduda bulunan tüm dizge bu ani artışı kaldırabilecek şekilde tasarlanmıştır. Buna rağmen bu ani gerilim artışının yol açabileceği olumsuz etkileri önlemek üzere aküler uydu eklips dönemine girmeden hemen önce yani baralardaki gerilim akülerin devreye otomatik olarak girmesine yol açan (23,8 V) düzeye düşmeden, yerden gönderilen bir komutla devreye sokulurlar.

#### Uydunun Güç Gereksinmesi:

Uyduda bulunan sürekli yükler (akü doldurma hariç) için 24,2-48 Volt çalışma gerilimi altında sabit akım gereklidir. Şimdi uyduda bulunan sürekli yükler için gerekli güçlerin donatılara göre dağılımına bakalım (24,2 V altında):

|                              |          |
|------------------------------|----------|
| a) İletişim donatımı için    | 12460 mA |
| b) Uzdenetim ve uzkomut için | 667 mA   |
| c) Uydu konum denetimi için  | 619 mA   |
| d) Diğer                     | 485 mA   |
| Toplam (akü doldurma hariç)  | 14431 mA |

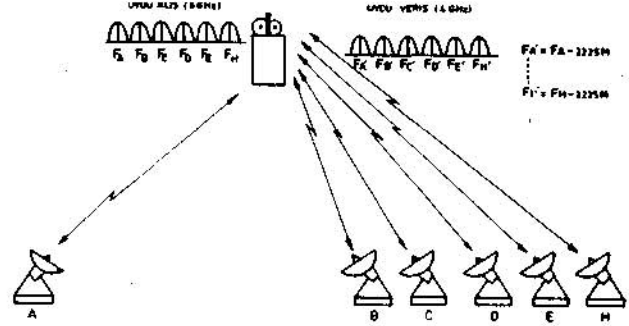
Görüldüğü gibi uyduda en fazla güç iletişim donatımı için kullanılmaktadır. İletişim donatımı içinde en çok güç harcayan birim ise YDL yüksel-

latımanı caraimaan Demnenmiş tüm özelliklere uyup uymadıkları, INIELSAT tarafından dünyanın belirli noktalarına kurulmuş bulunan denetim istasyonları tarafından sürekli denetlenmekte ve bu koşulları sağlamayan yeristasyonları uyarılmaktadır .

Şimdi bu koşulları sağlayan yeristasyonları arasında iletişimin nasıl gerçekleştirildiğine bakalım. Şekil 21'de bir uydu ve bu uyduya bakan 6 yeristasyonu görülmektedir. Bu yeristasyonlarının herbiri uyduya veriş ve uydudan alışı yapabilmektedir. Burada INIELSAT'ın herbir yeristasyonuna birer taşıyıcı ayırdığını ve bu taşıyıcıların sıklıklarının  $f_A$ ,  $f_B$ ,  $f_C$ ,  $f_D$ ,  $f_E$  ve  $f_H$  olduğunu varsayalım (birsıklıkların tümü 5900-6400 MHz bandındadır). Buna göre bu taşıyıcıların uyduda bulunan herhangi bir transponderdeki yerleşimi şekilde görülmektedir (sıklık paylaşımı çoklu kullanım).

Bu dizgede A istasyonunun B, C, D, E, H yeristasyonlarına olan trafiğini, herbir istasyona 12 kanal olmak üzere, toplam 60 kanal olarak alalım. A yeristasyonunda bulunan veriş donatımı Şekil 22 de karşı yeristasyonlarında bulunan alışı donatımı ise Şekil 23'de görülmektedir, iki ülke arasındaki iletişimin başlangıç noktası abonelerde bulunan telefonlardır. Abonelerden alınan 0-4 kHz bandındaki bilgiler önce uluslararası santrale ulaşırlar. Bu santraldan alınan kanallar daha sonra A yeristasyonuna gönderilmek üzere sıklık paylaşımı olarak birleştirilirler. Birleştirme işleminin yapıldığı bu donatıma çoklayıcı donatımı denir. Çoklayıcı, B, C, D, E ve H yeristasyonlarına ait bu kanalları önce grup düzeyinde birleştirir. Grup düzeyinde birleştirmede kanallar 12'şerlik gruplar halinde birleştirilirler. Daha sonra 5 grup birleştirilerek süper gruplar oluşturulur (bir süper grup 60 kanaldan oluşur). Çoklayıcının çıkışından alınan grup veya süper grup düzeyinde birleştirilmiş bant taban bant olarak isimlendirilir. Taban bant buradan yeristasyonuna ulaştırılmak üzere bir yer dizgesine aktarılır (eşksenli kablo veya radyolink dizgeleri gibi). Yer dizgeleri ile yeristasyonuna gelen taban bant burada bulunan bir çoklayıcı kullanılarak uydu sıklık planına uygun olarak düzenlenir.

Elde edilen bu yeni taban bant, buradan bir ön vurgulama birimine gönderilir. Bu birimin sıklık-genlik karakteristiği Şekil 22'de görülmektedir. Birimin görevi, taban bantın yüksek sıklıklarında gürültünün yol açtığı olumsuz etkileri gidermektir. Bu amaçla birim taban bantta, belli bir dayanak sıklığa göre ( $0,608 \times f$  büyük 'enbüyük taban bantın tepe sıklığıdır) değişik kazanç uygulamalar. Yani dayanak sıklığının üzerindeki sıklıkları yükseltirken dayanak sıklığının altındaki sıklıkları bastırır. Böylece gürültünün taban banttaki etkisi dengelenmiş olur. ön vurgulama biriminden bu şekilde alınan taban bant daha sonra sıklık bindirim için bindiriciye gelir. Yeristasyonlarında kullanılan AS (Ara Sıklık) 70 MHz'dir. Taban bantın yaptıracağı sıklık sapsması ise kullanılan kanal sayısına bağlıdır. Sıklık bindirimi im buradan INIELSAT tarafından A yeristasyonuna ayrılmış bulunan  $f_A$  sıklığındaki taşıyıcıya bindirilmek üzere AS-PS çeviricisine gelir. Bu birimin çıkışından  $f^{\wedge}$  sıklığında alınan im daha



Şekil 21.

sonra bir YGYye (Yüksek Güçlü Yükselteç) gönderilir. Burada INIELSAT'ın belirlediği değere yükseltilecek taşıyıcı, antenden uyduya gönderilir. Uydu tarafından alınan bu im sıklığı  $f_A - 2225$  MHz'e çevrilerek yükseltilir ve tekrar dünyaya gönderilir. Öbek çizimden de görüleceği gibi, uydudan gönderilen 500 MHz'lik uydu bandının tümü B yeristasyonunun antenine ulaşır (aynı bant diğer yeristasyonları tarafından da alınır).

Antenden besleme devresi aracılığıyla DGA (Düşük Gürültülü Alıcı)  $y^{\ll}$  ulaşan 500 MHz bant genişliğindeki imler burada, DGA'yı izleyen birimin giriş düzeyine uygun duruma getirilir. Alınan imin düzeyinin çok düşük olması ve imlerin gürültüden ayırdedilebilmesini sağlamak üzere DGA'nın duyarlılığın diğer dizgelerde kullanılan alıcılara göre çok yüksek olması gereklidir. DGA'nın çıkışından alınan imler daha sonra bir RS-AS çeviriciye gelir. Bu birimin yerel salıngaçının sıklığı  $f_A - 2225$  MHz sıklığına uygun olarak ayarlanmış olduğundan, bu birimin çıkışında yalnız  $f^{\wedge} - 2225$  MHz sıklığında uydudan gönderilen im 70 MHz'e düşer. Diğer taşıyıcılar ise 70 MHz'in dışına düşerler. İstenmeyen bu taşıyıcılardan, 70 MHz sıklığındaki imi ayırabilmek için bir BGS (Bant Geçiren Süzgeç) kullanılır. Sıklık bindirimi im bundan sonra bir çözücüye gelir. Çözücü çıkışında ise istenilen taban bant alınır. Daha önce belirttiğimiz gibi verici yeristasyonunda gürültü düzeyini dengelemek üzere bir ön vurgulama devresi kullanılmıştı. Taban bantı ilk durumuna getirmek üzere alıcı istasyonda bir art vurgulama devresi kullanılır. Bu devrenin genlik-sıklık karakteristiği, ön vurgulamanın tam tersidir. Bu devrenin çıkışında alınan taban bant karşı yeristasyonunun (A) ön vurgulama devresi girişindeki taban bantın aynıdır. Bundan sonra taban bant bir çoklayıcı donatıma gönderilir. Çoklayıcı donatım çıkışından ise yalnız B ülkesine ait kanallar alınarak uluslararası santrale gönderilirler. Diğer ülkelere ait kanallar ise yeristasyonunda bırakılır. C, D, E ve H yeristasyonlarında da aynı işlemler olur. Bu yeristasyonları da yalnız kendi ülkelerine ait kanalları santrallarına gönderirler. Böylece A yer istasyonundan gönderilen bilgi B, C, D, E ve H yeristasyonları tarafından alınmış olur. Bu istasyonlardan A istasyonuna doğru olan iletişim içinse  $f_B$ ,  $f_C$ ,  $f_D$ ,  $f_E$  ve  $f_H$  taşıyıcıları kullanılır.

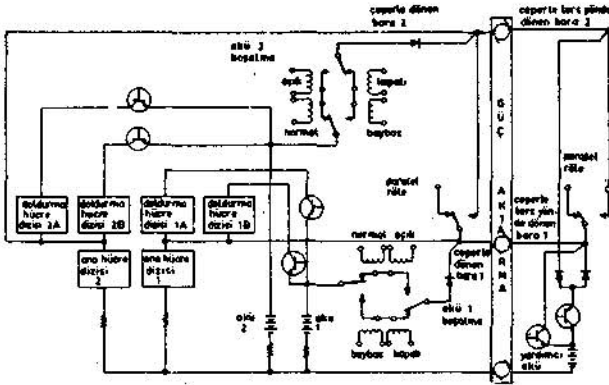
Yukarıda verdiğimiz örnek dizgede herbir yeristasyonunda bir taşıyıcı kullanıldığını, bu nedenle A yeristasyonundan gönderilen bir taşıyıcı için söz konusu istasyonda bir veriş kolu zinciri bulunduğunu alıcı yeristasyonlarında da bu taşıyıcı-

teçlerdir. Uyduda bulunan iki grup YDL yükselteçlerin herbiri için 5900 mA gereklidir.

Akülerin doldurulması için gerekli güç ise 2000 mA'dır. Buna göre solar panoların üreteceği toplam güç 16431 mA olmaktadır (sürekli yükler için).

Yukarıda belirttiğimiz donatım dışında kalan donatım sürekli güç gerektirmemektedir. Bu donatım örnek olarak anten konum motorlarını verebiliriz. Uyduda bulunan antenler istenildiğinde başka bir yöne doğru yönlendirilebilecek şekilde tasarlanmıştır. Bu nedenle antenin hareketini sağlayan motorların çalıştırılması sırasında birinci baradan 2500 mA'lık bir akım çekilir. Ancak bu güç yalnızca antenin hareketi sırasında gerekli olmaktadır.

Uydunun uzaya fırlatılması sırasında birtakım yüklerin beslenmesi gereklidir. Bu evredeki güç gereksinmesi 1 nolu barada 2,8 Amper, 2 nolu barada ise 2,5 Amperdir. Bu güç, kalkıştan 20 dakika öncesinden başlayarak güneş ışığına çıkana değin aküler tarafından sağlanır. Yani toplam 40 dakika süre ile aküler baralara 2,8 A ve 2,5 A güç sağlar. Bu nedenle akülerin kalkış sırasında tümüyle dolu olması (18 Amper-saat) zorunludur.



Şekil 20. Güç alt dizgesi öbek çizimi

## 10.2. Yeristasyonları

Uydu iletişim dizgesinin en önemli öğelerinden biri de yeristasyonlarıdır. Yeristasyonlarının görevi abonelerden alınan bilgileri, uydu iletişim dizgesine uygun duruma getirerek uyduya göndermek ve uydudan gönderilen bilgileri arak bunları, yeristasyonlarını aboneye bağlayan yer dizgelerine aktarmak üzere, işlemektir.

INTELSAT dizgesinde en yaygın olarak sıklık paylaşımlı çoklu kullanım yöntemi kullanılmaktadır. Bu yöntemde, dizgede çalışan yeristasyonlarının herbirine 5900-6400 MHz bandından bir veya birkaç taşıyıcı ayrılmıştır. Bugün bir taşıyıcı ile en çok 1092 kanal, en az 12 kanal göndermek olanaklıdır. Ancak uydunun en verimli bir şekilde kullanılmasını sağlamak ve yeristasyonu sahibi ülkelerin gereksinmelerini karşılamak amacıyla, bu taşıyıcıların yeristasyonlarına dağıtımı INTELSAT tarafından yapılmaktadır. Bu nedenle INTELSAT 132 kanallık trafiği olan bir yeristasyonuna bir taşıyıcı verebildiği gibi uydudaki transponderlerin durumuna göre aynı sayıda trafiği olan bir başka

ülke yeristasyonuna biri 60 dıgsri 72 kanallık olmak üzere iki taşıyıcı ayırabilmektedir. INTELSAT dizgesinde kullanılan bu taşıyıcıların daha birçok özellikleri yine INTELSAT'ca belirlenir ve bu taşıyıcıları kullanan yeristasyonlarının belirlenmiş bu değerlere uyması zorunludur. INTELSAT tarafından belirlenmiş özelliklere örnek olarak yeristasyonları çıkış güçlerini, taşıyıcı bantgenişliklerini, kanal sayılarına bağlı olarak bir sıklık bindiricinin yaptıracağı sıklık sapmasını verebiliriz.

INTELSAT IV-A uydularını kullanan yeristasyonlarında bir taşıyıcı tarafından taşınan kanal sayısına bağlı olarak, taşıyıcıda bulunması zorunlu özellikler Çizelge 8'de görülmektedir. Yalnız bu çizelge örnek olması amacıyla verildiğinden tüm kanal sayılarına ait özellikler verilmemiştir (örneğin 36, 72, 96, 792 gibi).

| Taşıyıcı Sığası (Kanal Sayısı) | Taban Bant Tepe Sıklığı (kHz) | Uyduda Ayrılan Bantgenişliği (MHz) | Kullanılan Bantgenişliği (MHz) | r.m.s. Sıklık Sapması (kHz) | Taşıyıcı Gürültü Oranı (dB) | Etkin İzotropik Yayılan Gücü (EIRP) (dB) |
|--------------------------------|-------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|--|
| n                              | fm                            | ba                                 | bo                             | fnc                         | C                           | ERP                                      |
| 24                             | 106                           | 2,5                                | 2,0                            | 275                         | 12,1                        | M <sub>1</sub>                           |
| 60                             | 252                           | 2,5                                | 2,25                           | 276                         | 21,1                        | 81,4                                     |
| 60                             | 252                           | 5,0                                | 4,0                            | 546                         | 12,7                        | 77,8                                     |
| 132                            | 552                           | 10,0                               | 7,5                            | 1020                        | 12,7                        | 80,6                                     |
| 252                            | 1052                          | 10,0                               | 6,5                            | 1019                        | 19,4                        | 87,8                                     |
| 252                            | 1052                          | 15,0                               | 12,4                           | 1600                        | 13,6                        | 82,8                                     |
| 432                            | 1796                          | 20,0                               | 16,0                           | 2000                        | 16,1                        | 84,6                                     |
| 972                            | 4028                          | 36,0                               | 36,0                           | 44 P                        | 17,8                        | 86,6                                     |

Çizelge 8. INTELSAT IV-A yeristasyonları veri özellikleri

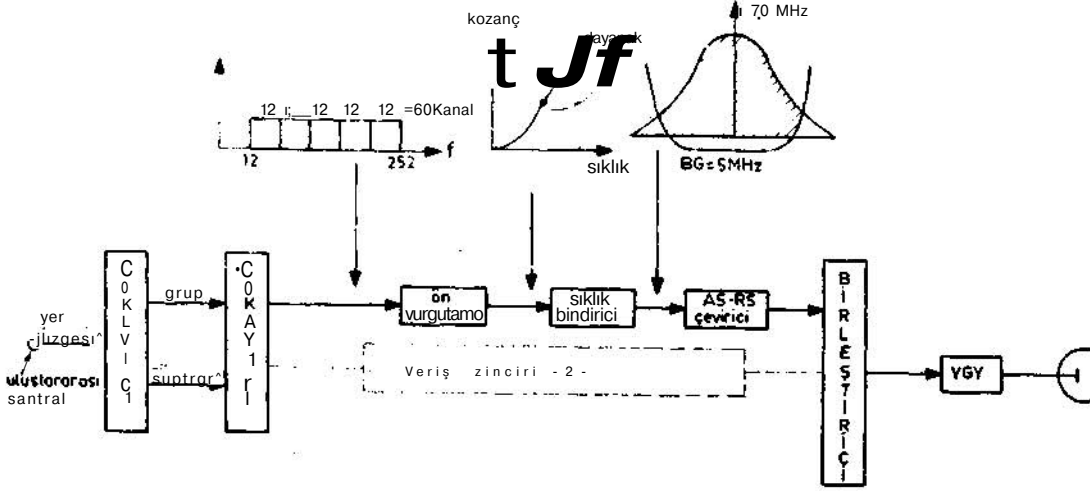
Çizelgeden görüldüğü gibi, örneğin 60 kanallık bir taşıyıcı için iki değişik özellik verilmiştir. Bu 60 kanallık taşıyıcının bantgenişliğinin 2,5 veya 5 MHz olmasına göre verilen değerleri göstermektedir. Ancak 60 kanallık bir taşıyıcıyı 5 MHz yerine 2,5 MHz'lik bir bantgenişliğinde göndermek için çizelgeden de anlaşıldığı gibi çıkış gücünün 5 MHz'deki çıkış gücüne göre oldukça yüksek olması gerekmektedir.

| Uyduda ayrılmış bantgenişliği (MHz)  | 17,5              |
|--|-------------------|
| Kullanılan bantgenişliği (MHz)   | 17,5              |
| Televizyon standardı   | 525/60 625/50     |
| Resmen bantgenişliği (MHz)   | 4,2 6,0           |
| ön vurgulanmış bir resim iminin yaptırıldığı tepeden tepeye alçak sıklık (15 krfe) sapması (MHz) | 4,75 4,22         |
| Difransiyel kazanç   | % 10 * 10         |
| Difransiyel evre   | ±4° 14°           |
| Resim im-değerlendirilmiş gürültü oranı (dB)   | En az 49 En az 49 |
| Taşıyıcı-toplam gürültü oram 17,5 MHz BG (dB)  | 17 17             |

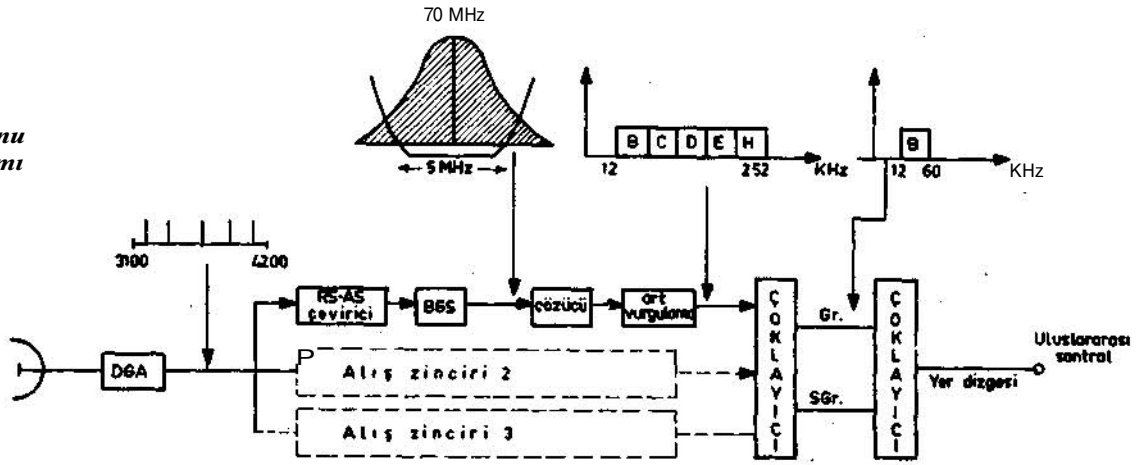
Çizelge 9.

Uydu üzerinden geçirilecek TV yayınlarına ilişkin özellikler ise Çizelge 9'da görülmektedir. TV ses kanalı ise TV resim taşıyıcısından ayrı bir taşıyıcı ile gönderilmektedir. TV ses kanalını taşıyan bir taşıyıcıda bulunması gerekli özellikler 24 kanallı bir taşıyıcıyla aynıdır. Dizgede çalışan veya çalışacak olan yeristasyonlarının yukarıda bir kısmından söz ettiğimiz ve

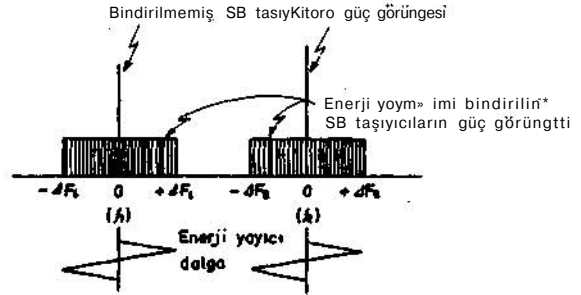
Şekil 22.  
A yeristasyonu  
veriş donatımı



Şekil 23.  
B yer istasyonu  
alış donatımı



ayı almak üzere bir alış kolu zinciri bulunduğunu varsaymıştık. Ancak uygulamada bu böyle değildir. Daha öncede belirttiğimiz gibi, bir yeristasyonu birden fazla taşıyıcı kullanmak durumunda kalabilir. Bu nedenle, INELSAT dizgesinde çalışan bir yer istasyonunda taşıyıcı sayısı kadar veriş kolu zinciri, alışta ise iletişim kurulacak ülke sayısı kadar alış kolu zinciri gerekmektedir. Bu durum Şekil 22 ve 23'de noktalı çizgilerle belirtilmiştir. Örneğin iki taşıyıcı kullanan bir yer istasyonunda iki ön vurgulama, iki bindirici ve iki AS-RS çeviriciye gerek vardır (burada yedeklilik gözönüne alınmamıştır). YGY'ler ise birden fazla taşıyıcı için kullanılabilir. Yani aynı YGY'den aynı anda birden fazla taşıyıcı göndermek olanaklıdır. Bunun yanında herbir taşıyıcı için ayrı bir YGY'de kullanılabilir, örnek dizgede göze çarpan bir diğer noktada, uydu taban bandının 12 kHz sıklığından başlamasıdır. Bandın 12 kHz'den başlamasının nedeni 0-12 kHz bandının başka amaçlarla kullanılmasıdır. 0-4 kHz bandı, enerji yayma imi için ayrılmıştır. Bu imin görevi taşıyıcıda hiçbir im yokken veya tüm kanalların ancak birkaçı dolu iken, taşıyıcının uydu transponderini yüklemesini önlemek ve taşıyıcıda bulunan enerjiyi daha geniş bir banda yaymaktır (Şekil 24). 4-12 kHz bandı ise 4-8 kHz ve 8-12 kHz olmak üzere iki servis kanalını taşımak için kullanılır. Bu kanallar ile yeristasyonları arasındaki teknik iletişim sağlanır. Ancak bu kanallar ticari amaçlı kullanılamazlar.



Şekil 24. Enerji yayıcı dalga bindirilmiş bir taşıyıcının güç görüngesi

### 10.2.1. Yeristasyonu teknolojisi

INELSAT dizgesinde kullanılan uyduları geniş bantlı bir radyo sıklık yineleyici olarak düşünmek olanaklıdır. Bunun nedeni uydu tarafından 5925-6425 MHz bandında alınan tüm imlerin, uydudan 3700-4200 MHz bandında tekrar dünyaya gönderilmesidir. Bu işlem için uyduda 2225 MHz sıklığında çalışan bir yerel salınçaç kullanılır.

### Girişim Sorunu

INELSAT uydu dizgesinde kullanılan 6 ve 4 GHz bantları, bugün dünyanın hemen her yerinde geniş ölçüde kullanılan bantlardır. Yani bu bantlar yalnız uydu iletişim dizgelerinde değil aynı za-

iranaa radyolink dizgelerinde de. kul lar.ı İnaktadır . Bu bantların bu derece yaygın kullanılması nedeniyle uydu dizgelerini radyolink dizgelerinden veya radyolink dizgelerini uydu dizgelerinden korumak,bçylece ortaya çıkabilecek girişim sorununu önleirek üzere birtakım önlemler gerekli olmaktadır. Uyduya veriş bandı olan 5925-6425 MHz bandı için bu sorun daha kolay çözülebilmektedir. Çünkü uyduya bu bantta veriş yapan bir yeristasyonu antenin yükseklik açısı 5° nin üzerindedir. Üstelik bu antenlerden gönderilen ışın demetleri çok dardır. Ancak bütün bu olumlu yönlerine rağmen bir yeristasyonu kurulurken, çevrede bulunan radyolink dizgelerine (6 GHz bandında çalışan) bir girişim olup olmayacağını iyice araştırılması zorunludur. Bu amaçla, ITU (Uluslararası Uziletişim Birliğı) bir yöntem geliştirmiş ve yeristasyonu kurmakta olan ülkelerden bu yöntem uygun olarak araştırma yapmalarını istemiştir. Uydudan 3700-4200 MHz bandında gönderilen imlerin radyolink dizgeleri üzerindeki etkisi 6 GHz bandından daha önemlidir. Bunun nedeni uydudan gönderilen imlerin dünyanın geniş bir bölümünü kapsamasıdır. Yani 4 GHz bandında uydudan radyolink dizgelerine girişim olması 6 GHz bandına göre daha olasıdır.

4 GHz bandında girişimi önlemenin bir yolu uydunun çıkış gücünü sınırlamaktır. Aslında uydu çıkış gücü, uyduyu yörüngeye yerleştiren fırlatma araçlarıyla zaten sınırlandırılmıştır. Fırlatma araçlarının ağırlığının sınırlı olması, uydunun ağırlığının sınırlı olmasını bu ise uyduya enerji sağlayan solar panoların sınırlı olmasına yol açmaktadır. Uyduda üretilen güç, bu yüzden yüksek güçlü çıkış yükselteçleri kullanımına olanak vermemektedir. Ancak ilerde yüksek güçlü yükselteçler kullanmaya olanak verecek bir tekniğin geliştirilmesi söz konusu olsa bile, çıkış gücünü belli bir düzeyin üzerine çıkartmak, girişim nedeniyle olanaksızdır. Çünkü Dünya Radyo İdari Konferansı yer dizgelerini uyduya karşı korumak amacıyla, uydudan yayılabilecek en yüksek gücü belirlemiştir. Bu konferansta alınan karara göre uydudan gönderilen bir taşıyıcının etkin izotropik yayılım gücü en çok + 37 dBW olabilmektedir. Bu değer üzerindeki bil güç ise radyolink dizgelerinde girişime yol açabileceğinden yasaklanmıştır.

Şimdi, yörüngeü bulunan bir INTELSAT uydusundan +32 dBW gücünde bir taşıyıcının gönderildiğini varsayalım. +32 dBW gücünde uydudan gönderilen bu taşıyıcının, anten kazancı 1 olan ve alıcı sıklığı uydudan gönderilen imin sıklığına ayarlanmış bir radyolink dizgesinde etkisi ne olacaktır? Bu soruyu yanıtlamak için, uydudan gönderilen taşıyıcının radyolink dizgesinde bulunan alıcı girişindeki düzeyini, dizgedeki kayıpları (dalga kılavuzu, besleme, anten gibi) ihmal ederek hesaplamak gerekir. Bu hesap için klasik serbest uzay kaybı bağıntısı kullanılır.

$$\text{Zayıflama (dB)} = 32,5 + 20 \log \lambda_m + 20 \log F_{\text{MHz}}$$

Burada uydunun bulunduğu yörüngeinin yüksekliğini 37160 km, sıklığı ise 4 GHz alacak olursak

$$\text{Zayıflama (dB)} = 196 \text{ dB}$$

olarak bulunur.

Böylece uydudan +32 dBW'lik bir güçle çıkış yapan bir taşıyıcının alıcı girişindeki düzeyi

$$+32 \text{ dBW} - 196 \text{ dB} = -164 \text{ dBW}$$

olur.

Alıcının bantgenişliğini bulmak için ise, alıcı girişindeki bu düzeyi gürültü eşik düzeyine eşit kabul etmek yeterlidir. Burada alıcının gürültü katsayısı 10 dB kabul edildiğinde

$$C = KTB + NF$$

bağıntısından alıcı bantgenişliği bulunabilir. Bu bağıntıda,

- C : Taşıyıcı düzeyi
- K : Boltzman sabiti
- T : Gürültü sıcaklığı
- B : Bantgenişliği
- NF: Gürültü katsayısıdır.

Bu bağıntıda bilinenler yerlerine konulduğunda

$$KT = -204 \text{ dBW} (T=290^\circ K) \text{ için}$$

$$C = -204 + 10 + NBW = -64 \text{ dBW}$$

Buradan da

**NBW (eşdeğer gürültü bantgenişliği) = 30 dB** bulunur.

Bu değer ise alıcıda 1 kHz bantgenişliğine karşılık gelmektedir (yukarıda belirttiğimiz gibi bu değer uydudan alınan imin alıcı girişindeki düzeyi ile alıcının ısısal gürültüsü birbirine eşit iken geçerlidir).

Bu hesaplamalarda radyolink antenin kazancı (OdB) olarak alınmıştır. Ancak bugün kullanılan radyolink antenlerinde kazanç yaklaşık 40 dB kadardır. 40 dB'lik bu anten kazancını alıcı girişindeki düzeye eklediğimizde

$$-164 \text{ dBW} + 40 \text{ dB} = -124 \text{ dBW}$$

buluruz (yalnız burada anten kazancını 40 dB almakla radyolink antenin doğrudan uyduya baktığını varsaymaktayız).

Yukarıda yav-çığımız gürültü bantgenişliği hesabını bu kez  $C = -124 \text{ dBW}$  olarak yaptığımızda gürültü bantgenişliğini 10 MHz buluruz. Uydudan gönderilen imin, radyolink dizgesinde girişime yol açması için gerekli koşul, gürültü bantgenişliğinin SB eşik düzeyine ulaşmasıdır. Bunun için yukarıda bulduğumuz bantgenişliğinin 10 dB düşürülmesi gerekmektedir. Bantgenişliğini 10 dB düşürdüğümüzde yeni bandımız 1 MHz olmaktadır. Ancak bugün kullanılan radyolink dizgelerinde (4 GHz bandında çalışanlar için) bu değerde bir bantgenişliğine raslamak oldukça güçtür. Örneğin 300 kanallı bir radyolink dizgesinde RS bantgenişliği 8 MHz'dir. 4 GHz bandında çalışan dizgelerde ise bantgenişliği burada üzerindedir. Ayrıca yukarıda yaptığımız hesaplarda radyolink antenin doğrudan uyduya baktığını varsayarak anten kazancını 40 dB olarak almıştık. Oysa böyle bir antenin uydu yönündeki kazancı yaklaşık 0 dB'dir. Tüm bu noktalar gözönüne alındığında, uydudan 32 dBW püründe

gönderilen Dır taşıyıcısının yerde bulunan radyo-link dizgelerine girişim yapma şansının çok az olduğu anlaşılmaktadır.

#### Veristasyonu

Şimdi, bir yeristasyonunun, yerle eşzamanlı bir uydudan kullanılabilir imleri alabilmesi için gerekli koşullara değinelim. Uydunun yeristasyonlarından alacağı imlere ilişkin koşullardan ise ilerde kısaca sözedeceğiz.

Uydular aracılığıyla iletişimi sağlayan yeri, stasyonlarında kullanılan donatım ile radyo-link donatımı arasında oldukça önemli farklılıklar vardır. Bu farklılıklar özellikle antenlerde ve aptenlerden hemen sonra gelen alıcılarda görülmektedir. Donatımların farklı olmasını gerektiren nedenlerin başında imlerin uzayda aldıkları yolların her iki dizgede birbirinden çok farklı olması gelir. Bir radyo-link dizgesinde iki istasyon arasındaki uzaklık ortalama 50 km iken, uydu ile yeristasyonları arasındaki uzaklık yaklaşık 38000 km'dir. Bu nedenle bu iki dizge arasındaki yol kayıpları farkı

$$20 \log \frac{38000}{50} = 57,5 \text{ dB'dir.}$$

Yani bir uydu dizgesindeki yol kaybı, radyo-link dizgesindeki yol kayıptan 57,5 dB daha fazladır. Uydunun çıkış gücü daha önce değindiğimiz nedenlerden ötürü sınırlı olduğundan bu denli büyük kaybın giderilebileceği tek yer yeristasyonlarında kullanılan donatım olmaktadır. Uydu iletişim dizgelerinde, uydudan düşük güçle çıkan ve serbest uzayda büyük kayıplara uğradıktan sonra yeristasyonlarına çok düşük düzeyde ulaşan imlerin SB niteliğini koruyabilmek amacıyla yüksek bindirim katsayıları (m) kullanılmıştır. Yani bu dizgede kullanılan r.m.s. sıklık sapması radyo-link dizgelerinde kullanılanlara göre oldukça yüksektir. Örneğin 960 kanallı bir radyo-link dizgesinde kullanılan sıklık sapması

$$Af_{r.m.s} = 200 \text{ kHz}$$

iken aynı sığadaki bir uydu taşıyıcısında bu değer

$$Af_{r.m.s} = 800 \text{ kHz'dir.}$$

3öylece uydu dizgesinde

$$20 \log \frac{800}{200} = 6 \text{ dB}$$

bir üstünlük sağlanmış olmaktadır.

Çizelge 10'da günümüzde kullanılan INTELSAT IV-A uydularına ilişkin özellikler görülmektedir (çizelgede INTELSAT iletişim dizgesinde kullanılan tüm kanal sğaları verilmemiş yalnızca örnek olması amacıyla bunların birkaçı verilmiştir). Çizelgeden de görüldüğü gibi INTELSAT dizgesinde kullanılan 132 kanallı bir taşıyıcı için gerekli bantgenişliği 10 MHz'dir. Bir radyo-link dizgesinde ise 1800 kanallı bir taşıyıcı için aynı bantgenişliği yeterli olmaktadır. Uydu dizgesinde 972 kanallı bir taşıyıcı için 36 MHz bantgenişliği kullanılmaktadır. Sonuç olarak uydu dizgesinde kullanılan bantgenişliklerinin radyo-link dizgelerine göre oldukça farklı olduğunu söyleyebiliriz.

|  |      |      |      |      |      |      |
|--|------|------|------|------|------|------|
| Taşıyıcı sığası (kanal olarak)   | 24   | 60   | 132  | 252  | 432  | 972  |
| Uyduda ayrılan bantgenişliği (MHz)   | 2,5  | 5    | 10   | 15   | 20   | 36   |
| En düşük tabanbant sıklığı (kHz)   | 12   | 12   | 12   | 12   | 12   | 12   |
| Tabanbant tepe sıklığı (kHz)   | 108  | 252  | 552  | 1052 | 1796 | 4028 |
| 0 dBm test ton için r.m.s sapma (kHz)  | 164  | 270  | 430  | 577  | 616  | 802  |
| Tüm kanallar için sıklık sapması, r.m.s (kHz)  | 275  | 546  | 1020 | 1627 | 2276 | 4417 |
| Bindirilmemiş taşıyıcı -gücünün tam yük altındaki taşıyıcı gücü yoğunluğuna oranı (dB/4 kHz) | 22,3 | 25,3 | 28,0 | 30,0 | 31,5 | 34,5 |
| Kullanılan bantgenişliği (MHz)   | 2,0  | 4,0  | 7,5  | 12,4 | 18,0 | 36   |

Çizelge 10. • INTELSAT IV-A uydularının kullanıldığı uydu dizgesine ilişkin özellikler

Şimdi, radyo-link dizgesi ile uydu dizgesi arasındaki farkı daha iyi açıklayabilmek amacıyla, yeristasyonlarında kullanılan donatımın özelliklerine değinelim. Uydudan alınan çok düşük düzeyli imleri değerlendirebilmek için yeristasyonlarında kazancı yüksek, gürültü sıcaklığı çok düşük ve hareketli antenlerle, duyarlılığı çok yüksek alıcılara gerek vardır. Antenlerin hareketli olması uyduyu sürekli izlemek için gereklidir.

Burada yeniden uydudan +32 dB gücüyle gönderilen bir imi ele alalım. Bu im daha önce de belirttiğimiz gibi uzayda 196 dB'lik bir zayıflamaya uğrar. Anten kazancı 0 dB olan bir dizgede, alınan bu imin düzeyi alıcı girişinde -164 dB olacaktır. Yeristasyonda kullanılan alıcının bantgenişliğini 60 kanal için 4 MHz (kullanılabilir bantgenişliği, Çizelge 10) olarak varsayalım. Aynı alıcının gürültü katsayısını 10 dB olarak aldığımızda SB eşik düzeyini

$$\begin{aligned} \text{SB eşik düzeyi} &= -204 + 10 \log BW + 10 + NF_{dB} \\ &= -204 + 66 + 10 + 10 \\ &= -118 \text{ dB} \end{aligned}$$

olarak buluruz.

Bulunan bu değer 60 kanallı bir taşıyıcının alıcı girişindeki olabilecek en düşük düzeyidir. Uydudan alınan -164 dB düzeyindeki imi, alıcının SB eşik düzeyine yani -118 dB'a yükseltmek için -118 - (-164)=46 dB kazanç gereklidir. Bu ise 4 GHz'de verimliliği % 55 olan 6,4 m çaplı bir anten ile sağlanabilir. Bu çapta bir anten 60 kanallı bir taşıyıcı için uygundur. Ancak daha yüksek sğalı bir taşıyıcı için bu çapta bir anten uygun değildir. Örneğin 18 MHz bantgenişliğinde gönderilen 432 kanallı bir taşıyıcıyı alabilmek için alıcının bantgenişliğinin 18 MHz olması gerekmektedir. Bantgenişliğinin 4MHz'den 18,0 MHz'e çıkmasıyla gerekli kazanç yaklaşık 6 dB artmakta yani 52 dB olmaktadır. Bu kazancı sağlayacak anten çapı ise 12 m'dir. Şimdiye değin yapılan hesaplamalarda alıcı girişine ulaşan taşıyıcı sayısı bir olarak kabul edilmişti. Uydudan yeristasyonuna gönderilen taşıyıcı sayısı iki olduğunda ise durum değişmektedir. Bunun nedeni, uydudan alınan bu iki taşıyıcıyı ayrı alıcılara göndermek için kullanılan güç bölücülerin yol aç-

tığı kayıplardır. Güç bölücülerin yol açtığı kaybın 3 dB olduğunu varsaydığımızda bu kaybı gidermek için anten çapının yaklaşık 18 m olması gerekmektedir. Ancak günümüzde INTELSAT dizgesinde çalışan yeristasyonlarında kullanılan alıcılar tüm uydu bandını (500 MHz) alabilecek şekilde tasarlanmıştır. Yani bu alıcılar 500 MHz bandında bulunan tüm taşıyıcıları alabilecek niteliktedir. Bu nedenle bu genişlikte bir bandı alabilmek için anten çapının 18 m'den daha büyük, alıcıların ise daha duyarlı olması zorunludur.

Yapılan çalışmalar sonunda, INTELSAT dizgesinde çalışacak bir yeristasyonunda kullanılabilecek anten çapının yaklaşık 30 m olması gerektiği anlaşılmıştır. 30-35 m'nin üzerindeki antenler, kazançları daha fazla olmasına karşın getireceği maliyet artışı ve tasarım zorlukları nedeniyle kullanılabilmek uzaktırlar. Büyük çaplı antenlerde maliyet çap ilişkisi şu bağıntıyla verilmektedir. -

$$\text{Maliyet} \propto (\text{çap})^{2.9}$$

#### Beceri Değeri (G/T)

Bir yeristasyonunda uydudan gönderilen imlerin alınarak istenilen düzeye yükseltilmesi iletişim için zorunludur. Bu nedenle bir yer istasyonunun niteliği, o yer istasyonunun uydudan gönderilen imi alabilme sığası olarak tanımlanır. Tanımlanan bu değere ise "yeristasyonu beceri değeri, G/T" denir.

Bir yeristasyonunun INTELSAT uydu iletişim dizgesinde çalışabilmesi için 3700-4200 MHz bandında aşağıda verilen iki koşulu sağlaması zorunludur:

- $G/T_c \gg 40,7 + 20 \log \frac{f}{4}$  (dB)
- $G > 57 + 20 \log |f|$  (dB)

Burada,

- G : yeristasyonu antenin kazancı
- $T_c$  : etkin gürültü sıcaklığı (°K)
- f : GHz olarak taşıyıcı sıklığıdır.

4 GHz sıklığındaki bir taşıyıcı için (a) bağıntısı

$$G/T = 40,7 \text{ dB olur.}$$

Bu bağıntıyı şu şekilde de yazabiliriz.

$$40,7 \text{ dB} = G_{(dB)} - 10 \log T_{e(OR)}$$

Bu bağıntılardan görüldüğü gibi bir yeristasyonu antenin kazancınının 4 GHz'de 57 dB veya daha yüksek olması gerekmektedir. Ancak bu değer nasıl sağlanabilir?

Anten kazancı 57 dB olan bir yeristasyonunda  $G/T \gg 40,7$  dB koşulunu sağlamak için gürültü sıcaklığının ( $T_c$ ) çok düşük olması zorunludur. Gürültü sıcaklığını bu derece düşük tutabilmek ise ancak maser adı verilen alıcılarla olanaklıdır. Maser'lerde gürültü sıcaklığı yaklaşık 7°K'dır.

Ancak günümüzde anten teknolojisinde meydana gelen gelişmeler sonucu, gürültü sıcaklığını düşürmek yerine anten kazancını artırarak G/T değerini sağlamak daha ekonomik olmaktadır. Bugün 30-32 m çaplı antenler kullanılarak 60 dB'nin üzerinde anten kazancı sağlanmakta, alıcı olarak ise gürültü sıcaklığı maser'e göre yüksek olan ancak bakım ve işletme yönünden maser'den çok üstün olan parametrik yükselteçler kullanılmaktadır (Helyum soğutmalı yükselteçlerde bu değer 15°-20°K, soğutmasız parametrik yükselteçlerde ise 55°-100°K'dır).

Şimdi anten kazancı 60 dB olan bir yeristasyonunda  $C/T > 40,7$  dB beceri değerini sağlamak için gürültü sıcaklığının en çok ne kadar olabileceğini hesaplayalım:

$$\begin{aligned} G/T &= 40,7 \text{ dB} \\ G - 10 \log T_c &= 40,7 \text{ dB} \\ 60 \text{ dB} - 10 \log T_c &= 40,7 \text{ dB} \\ 10 \log T_c &= 19,3 \text{ dB} \\ T_c &= 85,1^\circ\text{K} \end{aligned}$$

Bu durumda kazancı 60 dB olan bir antenle, toplam gürültü sıcaklığı 85,1°K olan bir dizgede istenilen beceri değerini sağlamak olanaklıdır. Ancak, bugün birçok yeristasyonunda belli bir emniyet payı bırakabilmek amacıyla G/T değeri 40,7 dB'in üzerinde tasarlanırlar, örneğin  $G/T = 41,5$  dB olarak şekilde tasarılan bir yeristasyonunda (anten kazancı=60 dB) gürültü sıcaklığının en çok

$$\begin{aligned} 10 \log T_c &= 60 - 41,5 \\ &= 18,5 \text{ dB} \\ T_c &= 70^\circ\text{K} \end{aligned}$$

olması gerekmektedir.

Bir yeristasyonunda sağlanması gerekli gürültü sıcaklığı değerinin ne derece düşük olduğu hakkında bir fikir verebilmek amacıyla bu değeri,, bir radyolink dizgesindeki gürültü sıcaklığı ile karşılaştırmakta yarar vardır. 4 GHz bandında çalışan bir radyolink dizgesinde kullanılan SB alıcının gürültü katsayısını 10 dB olarak aldığımızda alıcının gürültü sıcaklığı yaklaşık 2600°K olur. Bu değer, gürültü katsayısı ile gürültü sıcaklığı arasındaki ilişkiyi veren

$$NF = 10 \log \left( 1 + \frac{T}{290} \right) \text{ (dB)}$$

bağıntısından elde edilir.

Bir yeristasyonunda aşılması gereken  $T_c$  gürültü sıcaklığı değeri, alış dizgesindeki toplam gürültü sıcaklığıdır. Alış dizgesindeki toplam gürültü sıcaklığını oluşturan bileşenleri dört ana grupta toplamak olanaklıdır. 5° yükseklik açısındaki anten gürültüsü (bunun içine, galastik gürültü, atmosfer gürültüsü ve antendeki kayıpların yol açtığı gürültü dahildir), ilk aktif elemandan önceki pasif elemanların neden olduğu gürültü, yüksek güçlü yükselteçlerdeki sızmanın neden olduğu gürültü ve alıcıda bulunan çeşitli aktif yükselteç katlarının yol açtığı gürültü (Şekil 25). Öte yandan, bir radyolink dizgesinde gürültü sıcaklığı hesaplanırken, yalnız alıcının ilk aktif katının neden olduğu gürültü sıcaklığı gözönüne alınmış ve 2600°K bulunmuştur. Bu kattaki gürül-



tü sıcaklığının bu derece yüksek olması nedeniyle, atmosfer, anten ve diğer pasif elemanların yol açtığı yaklaşık 200°K değerindeki gürültü sıcaklığı, 2600°K yanında ihmal edilebilmiştir.

Ahıcının ilk aktif katının gürültü sıcaklığı radyolink dizgelerinde 2600°K olmasına karşın, yeristasyonlarında kullanılan soğutmalı parametrik yükselteçlerin ilk aktif katındaki gürültü sıcaklığı yaklaşık 20°K'dir. Bu, her iki dizgede kullanılan alıcılar arasındaki farkın ne derece büyük olduğunu göstermektedir. Ayrıca radyolink dizgelerinde ihmal edilebilen diğer gürültü kaynakları, bir yeristasyonunda son derece önem kazanmaktadır.

Şekil 26'da uzay gürültüsünün yükseklik açısıyla değişimi görülmektedir. 5° yükseklik açısında uzayın neden olduğu gürültü sıcaklığı 25°K'dir. Bu nedenle anten gürültü sıcaklığının en önemli bileşeni uzay gürültüsü olmaktadır. Anten gürültüsünün en az olduğu konum ise zenit konumudur.

Anten gürültüsünün diğer kaynakları ise antendeki kayıplar ve antende bulunan alt yansıtıcıyı tutan destek yapısıdır. Anten gürültü sıcaklığını oluşturan tüm bu kaynakların yol açtığı gürültü sıcaklıklarının toplam değeri, 25°K'i uzay gürültüsü olmak üzere yaklaşık 39°K'dir.

Yeristasyonlarında, toplam gürültü sıcaklığını oluşturan ikinci grup gürültü kaynaklarının gürültü sıcaklıkları ise şöyledir: besleme devresi 10°K, yönlendirilmiş eşleyici (*directional coupler*) 1,45°K, dalga kılavuzu anahtar 0,58°K ve 0,5 m uzunluğundaki esnek dalga kılavuzu 2,92°K. Seri bağlı, pasif, iki kapılı aygıtların (aktif kazanç 1) gürültü sıcaklıkları toplam gürültü sıcaklığına doğrudan eklenmektedir. Bu elemanların gürültüsü, İR kayıplarının işlevi olarak tanımlanır. Buna göre tüm pasif elemanların etkin gürültü sıcaklığı (anten dahil),

$$T_e = T_{\text{anten}} + T_B + T_{\text{YE}} + T_{\text{EDK}} + T_{\text{DK}} \\ = 39 + 10 + 1,45 + 0,58 + 2,92 = 54^\circ\text{K} = T_{ep}$$

olarak bulunur.

Burada,

- $T_e$  : etkin gürültü sıcaklığı
- $T_{\text{anten}}$  : anten gürültü sıcaklığı
- $T_B$  : besleme devresi gürültü sıcaklığı
- $T_{\text{YE}}$  : yönlendirilmiş eşleyicinin gürültü sıcaklığı
- $T_{\text{EDK}}$  : dalga kılavuzu anahtar gürültü sıcaklığı
- $T_{\text{DK}}$  : esnek dalga kılavuzu gürültü sıcaklığı
- $T_{ep}$  : pasif elemanların gürültü sıcaklığıdır.

Şimdi bu gürültü sıcaklığı değerini aktif parametrik yükselteçteki gürültü sıcaklığıyla birleştirelim. Bu durumda etkin gürültü sıcaklığı

$$T_e \Rightarrow T_{ep} + T_{A1} + \frac{T_{A1}}{G_1} + \frac{T_{A2}}{G_1 \times G_2} + \frac{T_{TR}}{G_1 \times G_2 \times G_3}$$

olarak tanımlanır.

Burada,

- $T_{A1}$  : parametrik yükseltecin ilk katının gürültü sıcaklığı
- $T_{A2}$  : parametrik yükseltecin ikinci katının gürültü sıcaklığı
- $T_{TR}$  : parametrik yükselteci izleyen tranzistor yükseltecin gürültü sıcaklığı

$G_1 \cdot G_2 \cdot G_3$ : aktif yükselteç katlarının kazançlarıdır.

Bu bağıntıda parametrik yükselteci bir bütün olarak düşünecek olursak, yukarıda verilen bağıntıyı şu şekilde yazabiliriz:

$$T_e = T_{ep} + T_a + \frac{T_{TR}}{G_a}$$

Burada  $T_a$ : parametrik yükseltecin toplam gürültü sıcaklığı,  $G_a$ : parametrik yükseltecin kazancıdır (40-50 dB). Helyum soğutmalı bir parametrik yükseltecin eşdeğer gürültü sıcaklığı, daha önce de belirttiğimiz gibi, 3700-4200 MHz bandında 15°-20°K'dir. Aşağıda yapılan hesaplamalarda bu değer 18°K olarak alınmıştır. Parametrik yükselteçten alınan imi bir kez daha yükseltmek böylece iletim hattında meydana gelecek kayıpları gidermek amacıyla parametrik yükseltecin çıkışında bir yükselteç daha kullanılır. Kullanılan bu yükseltecin gürültü katsayısı ise yaklaşık 7 dB'dir. Bu ise 1165°K gürültü sıcaklığı demektir.

Bu değerleri yukarıda verilen bağıntıda yerine koyarak toplam gürültü sıcaklığını bulabiliriz.

$$T_e = 54^\circ\text{K} + 18^\circ\text{K} + \frac{1165^\circ\text{K}}{10000} \\ = 54^\circ\text{K} + 18^\circ\text{K} + 0,1165^\circ\text{K} = 72^\circ\text{K}$$

Anten kazancını 60 dB aldığımızda, G/T değeri

$$G/T = 60 - 10 \log T_e \\ = 60 - 10 \log 72^\circ\text{K} \\ = 60 - 18,54 \\ = 41,46 \text{ dB}$$

olur.

Bu ise INELSAT tarafından belirlenmiş G/T değerini sağlamaktadır.

**Düşük Gürültülü Dizgelerde Eşik Düzeyinin Saptanması**

Bir dizgede ısısal gürültü, dizgenin girişinde hiçbir im yok iken çevrenin ve donatının neden olduğu gürültü olarak tanımlanır ve

$$N = K T_e B$$

bağıntısıyla hesaplanır. Bu bağıntıyı, sabit K değerini yerine koyarak şu şekilde yazabiliriz.

$$N = -228,6 + 10 \log T_e + 10 \log B \quad (\text{dBW})$$

Burada N, ısısal gürültü, B ise Hz olarak bant genişliğidir. Bu normal olarak dizgenin AS bant genişliği olarak alınır. Aşağıda yapılan hesaplamalarda B bant genişliği 4 MHz olarak alınmıştır. Bu durumda

$$N = -228,6 + 10 \log 72^\circ K + 10 \log 4 \times 10^6$$

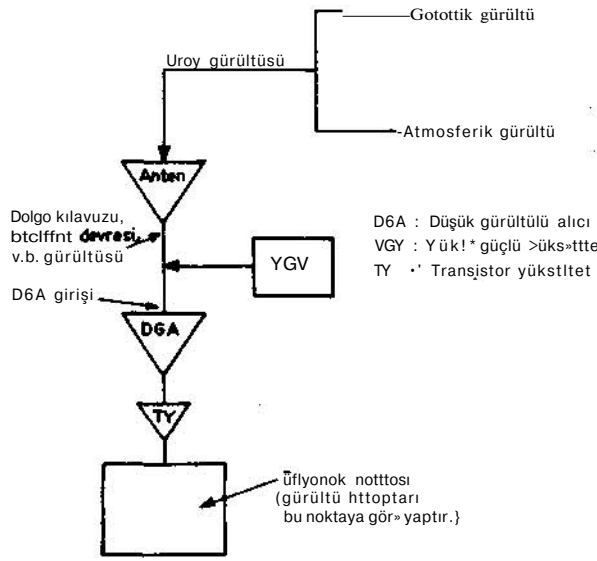
$$= -144,6 \text{ dB}$$

bulunur.

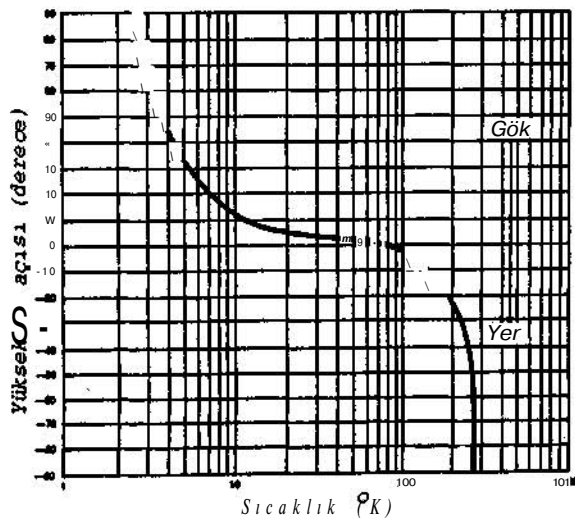
Bulunan bu değer im düzeyinin ısısal gürültü düzeyine eşit olduğu değerdir.

| Taşıyıcı sığıası (kanal olarak)  | 24   | 60     | 132    | 432    | 972    |
|--|------|--------|--------|--------|--------|
| Kullanılan bantgenisliği (MHz)   | 2,0  | 4,0    | 7,5    | 18,0   | 36,0   |
| Taşıyıcı-toplam gürültü sıcaklığı oranı (dBW/K) C/T (FS kaynaklarından gelen gürültü sıcaklığı en çok 8200 pWp iken) | -153 | -149,9 | -147,1 | -139,9 | -135,2 |
| Kullanılan bantgenisliğinde M C/N (taşıyıcı-gürültü oranı) (dB)  | 12,7 | 12,7   | 12,7   | 16,1   | 17,8   |

çizelge 11. INTELSAT IV-A uydularının kullanılan dizgeye ilişkin özellikler



Şekil 25. Gürültü kaynakları



Şekil 26. Uzak gürültüsünün anten yükseklik açısıyla değişimi

## Taşıyıcı-ısısal Gürültü Gücü Oranı

Taşıyıcı-ısısal gürültü gücü oranı (C/T) bantgenişliğine bakmaksızın taşıyıcı gücünün mutlak ölçümüne olanak verir. Bu oran ile taşıyıcı-gürültü oranı arasındaki ilişki ise aşağıdaki bağıntı ile verilir:

$$C/T = -144,6 + 10 \log B + 10 \log K \text{ (dB)}$$

INTELSAT, yer istasyonlarında bu değerlerin ne kadar olması gerektiğini kanal sayılarına göre belirlemiştir. Bu değerlere örnekler Çizelge 11'de görülmektedir.

## C/T ile G/T Arasındaki İlişki

üydü-yeristasyonu yönünde, taşıyıcı-gürültü sıcaklığı oranı

$$C/T = E.I.R.P \text{ (uydunun)} - \text{uzay kaybı (4 GHz)}$$

$$+ G/T \text{ (yeristasyonunun)}$$

bağıntısıyla verilir. Uydunun etkin izotropik yayılım gücünü (E.I.R.P) +22,5 dBW, yol kaybını 196 dB ve G/T'yi 40,7 dB olarak varsayarsak

$$C/T = +22,5 - 196 + 40,7 = -132,8 \text{ dBW/K}$$

bulunur.

## İm Giriş Düzeyinin Aydınlanma Düzeylerinden Saptanması

Yeristasyonları için kullanılan bir başka karakteristikte aydınlanma düzeyi veya akı yoğunluğudur. Bu bilgiden yeristasyonu besleme devresi girişindeki alış düzeyini bulmak olanaklıdır.

Radyolink dizgelerinde ise bu özellik çok seyrek olarak kullanılır.

Şimdi elimizde 10 m çaplı parabolik yansıtıcı bir antenin bulunduğunu düşünelim. -150 dBW/m<sup>2</sup> ile -116 dBW/m<sup>2</sup> arasında bir aydınlanma düzeyi (akı yoğunluğu) için besleme devremizin girişindeki düzeyi hesaplayalım.

Bunun için ilk olarak izdüşüm alanını bulmak gerekmektedir. Parabolik bir anten için bu bir dairedir. Örneğimizde aldığımız 10 m çaplı antenin izdüşüm alanını bulmak için çapı 10 m olan bir dairenin alanını bulmak yeterlidir. Dairenin alanı Tr<sup>2</sup>'den 78,5 m<sup>2</sup> olarak bulunur. Eğer antenimizin verimliliği % 100 ise ve anteni aydınlatan imin düzeyi -150 dBW/m<sup>2</sup> ise, besleme devresindeki giriş düzeyi,

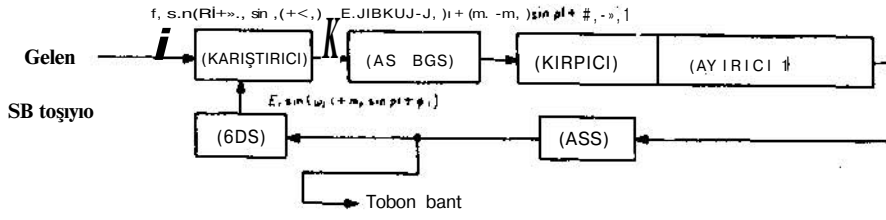
$$10 \log 78,5 - 150 \text{ dBW/m}^2 = 18,95 - 150$$

$$= -131,05 \text{ dBW}$$

olarak bulunur.

Ancak bu değer verimliliği % 100 olan bir anten için geçerlidir. Gerçekte ise anten verimliliği yaklaşık % 60'tır. Bu nedenle daha önce bulunduğumuz izdüşüm alanını 0,6 ile çarparak etkin alanı bulunur.

$$78,5 \text{ m}^2 \times 0,6 = 47,1 \text{ m}^2$$



a; Geri beslemeli çözücünün öbek çizimi

Şekil 27.

Böylece besleme devresi girişindeki im düzeyi

$$10 \log 47,1 - 150 \text{ dBW/m}^2 = -133,27 \text{ dBW}$$

olur.

Şimdi antendeki aydınlanma düzeyini  $-116 \text{ dBW/m}^2$  olarak alalım. Giriş düzeyi bu kez

$$10 \log 47,1 - 116 \text{ dBW/m}^2 = -99,27 \text{ dBW}$$

bulunur.

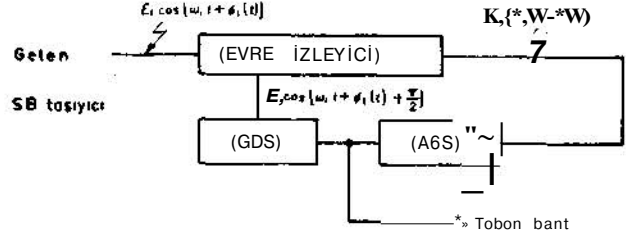
Bu giriş düzeyinden aradaki kayıpları çıkartarak dizgenin herhangi bir noktasındaki düzeyi bulmak olanaklıdır.

### İstasyon Emniyet Payı

Radyolink dizgelerinin tasarımında gözönüne alınan önemli bir nokta da, istasyon emniyet payıdır. Bu pay dizge hesaplamalarında fazladan eklenen bir im düzeyi olup, solma (*fading*) dediğimiz olaya karşı bir önlemdir. Bu payın değeri 20 ila 50 dB arasındadır. Solma, istasyonlar arasındaki ortamın bir işlevidir. Boşlukta solma olayı söz konusu değildir. Bu nedenle yeristasyonu imleri solma olayı ile yalnız atmosferde karşılaşılır. Atmosferde solmanın en önemli nedeni ise yağmurdur.

Radyolink dizgelerde solmayı önlemek amacıyla kullanılan payın değeri oldukça yüksektir. Bu emniyet payı değerini sağlamak için ise ya anten çapı büyütülür, ya alıcıların gürültü katsayısı düşürülür yada verici güçleri artırılır. Buna karşılık yer istasyonlarında solmaya karşı bırakılan payın değeri oldukça düşüktür (4-6 dB). 5° lik yükseklik açısı bulunan bir antende yağmur zayıflaması 1-2 dB kadardır. Antenin yükseklik açısı arttıkça, imin atmosferdeki yolu kısaldığından, zayıflamada farkedilir bir düşme gözlenir. Alış kolunda bu zayıflamanın yaratacağı etkiyi gidermek yani 4-5 dB'lik bir emniyet payı sağlamak amacıyla yeristasyonlarında normal bindirim çözücüler (*demodulator*) yerine eşik uzatmalı çözücüler kullanılır.

Bir SB'li dizgede, çözücünün girişindeki C/N'nin belirli bir eşik düzeyi vardır. Bu düzeyin altında dizgenin geniş bantlı kazanç özelliği kaybolur ve çıkışta alınan S/N oranı hızla düşer. Eşik düzeyi, genel olarak çıkıştaki S/N değerinin 1 veya 3 dB düştüğü C/N değeri olarak tanımlanır. Ancak bu tanım uydu iletişim dizgelerinde yeterince açık olmamaktadır. Bu amaçla uydu dizgelerinde eşik düzeyi, S/N oranının 43 dB olduğu C/N değeri olarak tanımlanır. Bir SB'li taşıyıcıdaki sıklık sapması, girişteki C/N'yi eşik düzeyinin üzerinde tutmak amacıyla sınırlandırılmıştır. Yüksek sıklık sapmalarının kullanıldığı uydu dizgelerinde bu sınırlamayı ortadan kaldırmak, böylece aynı taşıyıcı düzeyinde yüksek sıklık sapması ile S/N oranını



b) Evre kilitlemen çözücünün öbek çizimi

artırmak olanaklıdır. Bu amaçla uydu iletişim dizgelerinde eşik düzeyini uzatmak, böylece aynı taşıyıcı düzeyinde çok daha yüksek S/N oranı elde etmek amacıyla yoğun çalışmalar yapılmış ve bu çalışmalar sonunda eşik uzatmalı bindirim çözücüler (*threshold extension demodulator*) geliştirilmiştir. Bugün yaygın olarak kullanılan iki tür eşik uzatma tekniği vardır. Bu tekniklerin birinde SB geribesleme (FMFB) şeklinde ise evre kilitlemeli çevrim yöntemi kullanılmaktadır. Bu tekniklere ilişkin öbek çizimler Şekil 27'de görülmektedir.

Eşik uzatmalı bir bindirim çözücünde, eşik noktası

$$-\bar{y}- = -3,1 + 8,7 \log N_c$$

$$\frac{C}{T} = -171,7 + 8,7 \log N_c$$

bağıntısıyla verilirken (burada  $N_c$ , taşıyıcının kanal sığasıdır), normal çözücülerde eşik noktası

$$-\bar{y}- = 10 + 10 \log B$$

$$\frac{C}{T} = -158,6 + 10 \log B$$

bağıntısıyla verilir (Burada B, dizgenin AS bant genişliğidir).

Örneğin, INTELSAT IV-A uydularının kullanıldığı dizgede 10 MHz bant genişliğinde 132 kanallık bir taşıyıcıyı ele alalım. Bu taşıyıcıyı çözmek için normal bir çözücü kullanacak olursak, eşik noktasını

$$-\bar{y}- = -148,6 \text{ dB/K}$$

olarak buluruz. Aynı taşıyıcı için eşik uzatmalı bir çözücü kullandığımızda ise eşik noktası

$$\frac{C}{T} = -153 \text{ dB dB/K}$$

olur.

Görüldüğü gibi eşik uzatmalı çözücü kullanarak, eşik noktasında 4,4 dB'lik bir gelişme sağlanmaktadır. Bu ise, uydu gücünden 4,4 dB'lik bir tasarruf sağlayarak, normal çözücülerde elde edilen performansı elde etmek demektir.

## Yeristasyonu-Uydu Bağlantısı

Yeristasyonundan uyduya veriş, uydudan yeristasyonuna veriş kadar kritik değildir. INTELSAT bir yeristasyonunun herbir taşıyıcısının çıkış gücünü (E.I.R.P) kanal sayısına göre saptamıştır (Bak Çizelge 8). Örneğin, INTELSAT İİ-A uydularıyla çalışan bir yeristasyonunda etkin izotropik yayılım gücünün 36 MHz bantgenişliğinde 972 kanallı bir taşıyıcı için 86,6 dB olması gereklidir. 30 m çaplı anteni bulunan ve anten kazancı 63 dB, iletim hattı kayıpları toplam 3 dB olan bir yeristasyonundan bu taşıyıcıyı göndermek için YGY çıkışında gerekli güç

$$E.I.R.P = P_T + G_{ANT} - \text{hat kayıpları}$$

bağıntısından hesaplanabilir.

Burada,

$$P_T : \text{vericinin çıkış gücü (dBW)}$$

$$G_{ANT} : \text{anten kazancıdır.}$$

Buna göre

$$86,6 = P_T + 63 - 3 = P_T + 60$$

$$P_T = 26,6 \text{ dBW}$$

$$P_T = 500 \text{ W}$$

bulunur.

|    |                          | Radyolink                               | Yeristasyonu                              |
|----|--------------------------|---|---|
| 1  | Anten                    | Genellikle parabolik<br>Çap ~ 3 m       | Parabolik,<br>Çap, - 30 m                 |
| 2  | Alıcı                    | 8<br>Gürültü sıcaklığı<br>~2600°K       | Gürültü sıcaklığı                         |
| 3  | Güç Yükselteçleri        | 10 W                                    | 200 W veya daha yüksek                    |
| 4  | Diversite                | Yaygın olarak kullanılır                | kullanılmaz                               |
| 5  | Anten Gürültüsü          | ihmal edilebilir                        | önemlidir                                 |
| 6  | Besleme devresi          | Verimliliği düşük<br>~% 55 veya daha az | verimliliği yüksek<br>~% 60 veya daha çok |
| 7  | Emniyet payı             | Yüksek, genellikle 30 dB'nin üzerinde   | 4-6 dB                                    |
| 8  | Eşik uzatma tekniği      | kullanılmaz                             | yaygın olarak kullanılır                  |
| 9  | Yol kaybı (serbest uzay) | K*20 log D+<br>20 log F                 | K + 20 log D+<br>20 log F                 |
| 10 | RS yineleyici            | Yaygın olarak kullanılır                | uydu aktif bir yineleyicidir              |
| 11 | Beceri değeri (G/T)      | uygulanmaz                              | temel parametredir                        |
| 12 | C/T                      | uygulanmaz                              | temel parametredir                        |

Çizelge 12. Yeristasyonları ile radyolink istasyonlarının karşılaştırılması

Ancak bu yapılan hesap tek taşıyıcı gönderme durumunda geçerlidir. Aynı yükselteçten birden fazla taşıyıcı gönderme durumunda ise iki veya daha çok taşıyıcının birbirleriyle etkileşimi ortaya çıkan entermodülasyon ürünlerini de hesaba katmak gerekmektedir.

## 10.3. Yeristasyonu Anteni

### Genel

Yeristasyonlarında kullanılan antenlerin yapıları diğer dizgelerde kullanılan antenlerden oldukça farklıdır. Yeristasyonlarında, uydudan gönderilen ve düzeyi çok düşük olan imleri alabilmek için antenlerin kazançlarının çok yüksek, buna karşılık gürültü sıcaklıklarının çok düşük olması gereklidir. Bu iki kofulu sağlayabilmek ise karmaşık bir tasarım gerektirir. Bu nedenle bir yeristasyonu anteninin maliyeti yaklaşık yeristasyonu toplam maliyetinin 1/3'ü kadardır. INTELSAT dizgesinde çalışan bir anten hem uydudan alışı neme uyduya veriş yapar. Kullanılan kutuplan» ise sağ el dairesel ve sol «1 daireseldir.

### 10.3.1. Antenin özellikleri

#### Yüksek Kazanç

Besleme devresinde dahil olmak üzere bir yeristasyonu anteninin kaşaneı

$$\frac{1}{L_f}$$

bağıntısıyla verilir.

Burada,

G : anten kazancı

D : anten çapı

A : dalga boyu

L<sub>f</sub> : besleme devresindeki kayıp

n : antenin verimliliğidir.

Bir yeristasyonu anteni uydudan gönderilen çok düşük düzeydeki imleri alacak ve bu imleri gürültüden ayırabilecek «İtalikte olmalıdır. Bugün INTELSAT dizgesinde çalışan bir yeristasyonunda aranan en önemli özellik kazanç-gürültü sıcaklığıdır (G/T). Bit bu orana "beceri değeri" diyoruz. 4 GHz bandında çalışan bir yeristasyonunun beceri değeri

$$G/T > 40,7 \text{ dB}$$

olarak tanımlanmıştır. Bir yer istasyonunun INTELSAT dizgesinde çalışabilmesi için INTELSAT tarafından belirlenen bu değeri sağlaması zorunludur. Ayrıca INTELSAT verişte antenden yayılması gereken güçleri de (E.I.R.P) belirlemiştir.

İstenilen bu değerleri sağlamak iki yolla olabilir. Bunlardan biri dizgenin gürültü sıcaklığını düşürmek, diğeri ise anten kazancını yükseltmektir. Ancak dizgenin gürültü sıcaklığını belirli bir noktanın altına düşürmek oldukça güç olduğundan ve bugün bu sıcaklık hemen hemen en düşük düzeyde olduğundan yapılacak iş anten kazancını yükseltmektir. Daha önce verdiğimiz kazanç bağıntısından da görüldüğü gibi bir antenin kazancını

belli bir sıklık bandında (A GHz) artırmak ancak anten çapını artırmakla olanaklıdır. Bugün INTEL-SAT dizgesinde kullanılan antenlerin çapları yaklaşık 30 m dir. Bu çapta bir antenle elde edilebilen kazanç ise yaklaşık 60 dB'dir. Şekil 28'de anten kazancının sıklığa göre değişimi görülmektedir. Burada önemli bir etken de antenin verimliliğidir. Şekilde değişik verimlilik oranlarına göre kazanç değerleri de verilmiştir.

#### Düşük Gürültü Sıcaklığı

Bir yeristasyonunun, alıcının girişine göre, toplam gürültü sıcaklığı T,

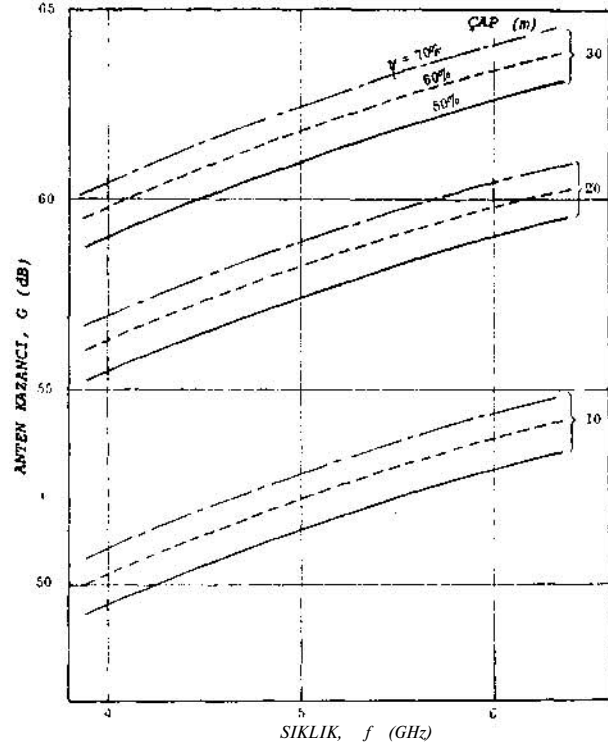
$$T = T_A + T_r$$

$$T = \frac{T_a}{L_F} + (1 - \frac{1}{L_F})T_0 + T_r$$

olarak verilir.

Burada,

- $T_A$ : alıcının girişine göre, anten eşdeğer gürültü sıcaklığı
- $T_r$ : alıcının girişine göre, alıcı eşdeğer gürültü sıcaklığı
- $T_{e1}$ : anten yayının örüntüsünün gürültü sıcaklığı bileşeni
- $L_j$ : besleme devresindeki kayıp
- $T_0$ : normal sıcaklıktır.



Şekil 28. Anten kazancı

#### Anten Bantgenişliği

Antenin; kazanç, sıcaklık, kutuplama gibi özellikleri alış ve verişte kullanılan 500 MHz'lik bantgenişliğinde sağlaması zorunludur.

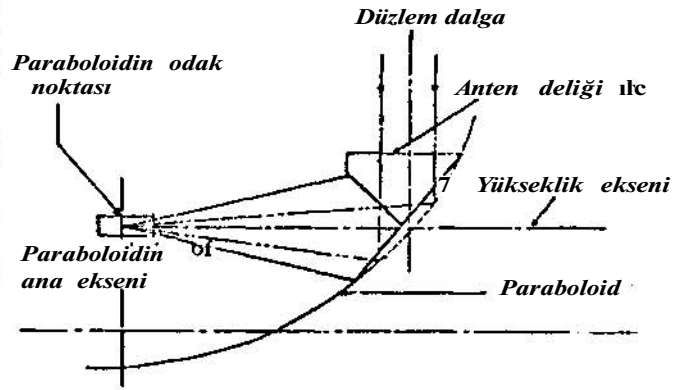
#### Mekanik Yapısı

Bir yer istasyonu anteninin toplam ağırlığı yaklaşık 250-300 ton kadardır. Bu ağırlıktaki bir kütlenin, yaklaşık 40000 km uzakta bulunan bir uyduyu ışın demeti genişliğinin 1/10'u oranında bir duyarlılıkla izleyebilmesi için antenin mekanik yapısının son derece güvenilir olması zorunludur. Mekanik yapıda ortaya çıkabilecek bir aksaklık (örneğin dişlilerin bozulması) yeristasyonunun uyduyu kaybetmesine yol açabilmektedir.

#### 10.3.2. Antenlerin sınıflandırılması

##### Boynuz-Yansıtıcı Antenler:

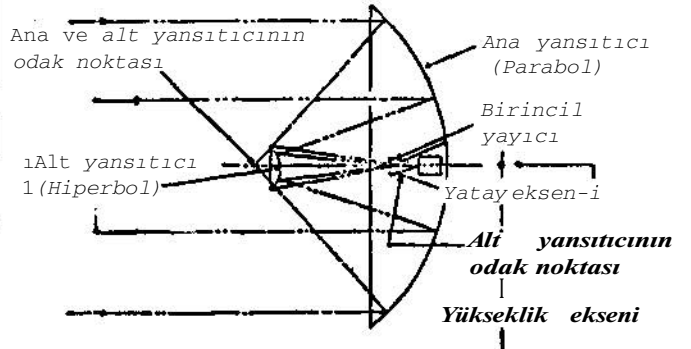
Bu tür antenin en önemli üstünlüğü gürültü sıcaklığının diğer antenlere göre düşük olmasıdır. Ancak bu antenler çok büyük mekanik yapı gerektirdiğinden ekonomik değildirlir ve bu nedenle yaygın kullanılmamaktadırlar.



Şekil 29. Boynuz yansıtıcı anten

##### Cassegrain Antenler:

Bu tür antenlerin gürültü sıcaklıkları oldukça düşük, verimlilikleri de yüksektir. Bu antenler bugün birçok yeristasyonunda kullanılmaktadır.



Şekil 30. Cassegrain anten

#### Dört Yansıtıcı Işın Dalga Kılavuzu ile Beslenen Cassegrain Antenler:

Bundan önce gördüğümüz antenlerde besleme dizgesi antenin hemen girişine yerleştirilmiştir. Bu tür yetleşimde DGA'larında (düşük gürültülü alıcılar), antenden alınan düşük düzeyli imlerin

daha da zayıflamasını önlemek amacıyla, antenin her-en yanına kontraları zorunlu olmaktadır. Ancak dört yansıtıcı Cassegrain antenlerde bu sorun yoktur. Burada DCA'lar ve besleme dizgesi diğer donatımın bulunduğu yere konabilmektedir. Bugün

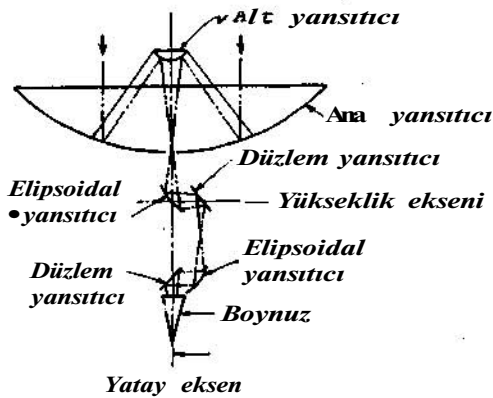
| İzlenTçarpam                               | 4 GHz   | 6 GHz   |
|--|---------|---------|
| Toplam besleme dizgesi kaybı               | 0,17 dB | 0,2 dB  |
| Boynuzdaki kayıp                           | 0,01    | 0,01    |
| Yansıtıcı ışın dalga kılavuzu kaybı        | 0,018   | 0,018   |
| DDO'nun neden olduğu kayıp                 | 0,022   | 0,022   |
| Işın dalga kılavuzu - boynuz eşleme kaybı  | 0,04    | 0,04    |
| Işın dalga kılavuzundaki kırılma kayıpları | 0,1     | 0,1     |
| Alt yansıtıcı kaybı                        | 0,075   | 0,037   |
| Ara yansıtıcı kaybı                        | 0,023   | 0,012   |
| Aydınlanma                                 | 0,158   | 0,178   |
| Ara yansıtıcı yüzeyindeki doğruluk         | 0,15    | 0,33    |
| Evre yanığı                                | 0,024   | 0,336   |
| Çapraz kutuplan»                           | 0,04    | 0,04    |
| Verimlilik                                 | 1,13 dB | 1,61 dB |

Çizelge 13. 4 yansıtıcı ışın dalga kılavuzu ile beslenen bir Cassegrain antenin özellikleri

|                                      | 4 GHz                 | 6 GHz    |
|--------------------------------------|-----------------------|----------|
| Alışta 5° lik yükseklik açısında G/T | 42,74 dB/OK           | —        |
| Anten kazancı (beslere kaybı dahil)  | 60,91 dB              | 64,09 dB |
| Anten verimliliği                    | 0,76                  | 0,66     |
| Anten Gürültü Sıcaklığı              | Yükseklik açısı = 5°  | 47,7°K   |
|                                      | Yükseklik açısı = 10° | 35,5°K   |
|                                      | Yükseklik açısı = 30° | 24,1°K   |
|                                      | Yükseklik açısı = 90° | 21,8°K   |
| Anten 3 dB ışın demeti genişliği     | 0,15°                 | 0,15°    |
| Eksen oranı                          |                       | < 2 dB   |
| DDO                                  |                       | < 1,2    |

Çizelge 14.

çok yaygın olarak kullanılan bu antenlerde, uydudan gönderilen imler ana yansıtıcı tarafından alınarak alt yansıtıcı aracılığıyla, 2'si elipsoidal, 2'si düzlem 4 yansıtıcıdan oluşan ve ışın dalga kılavuzu denen dizgeye gönderilirler. Böylece antenden alınan ışın demeti, çok küçük bir kayıpla aşağıda bulunan boynuza ulaştırılırlar. Bu tür bir antenin teknik özellikleri Çizelge 13 ve 14'de görülmektedir.

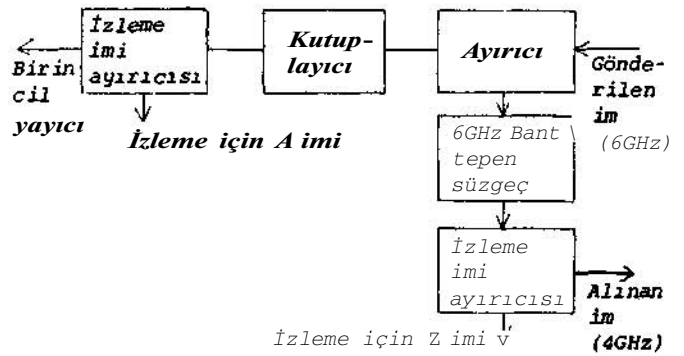


Şekil 31. Dört yansıtıcı ışın-dalga kılavuzu ile beslenen Cassegrain anten

#### 10.4. Besleme Devresi

Uydu iletişim dizgesinde veriş ve alış imlerinin birbirlerinden ayrılması işlemi (anten hem alış hem de veriş için kullanılmaktadır), alış ve veriş bantlarının farklılığı ve alışta kullanılan kutuplama ile verişte kullanılan kutuplamanın ters yönde olmaları durumundan yararlanılarak yapılır. Bir besleme devresinin görevi alış ve veriş imlerini ayırmak ve imlerin kutuplamasını çevirmektir. Şekil 32'de bir besleme dizgesi görülmektedir.

Şekilde görülen kutuplayıcı, ayırıcıdan gelen 5925-6425 MHz bandındaki doğrusal kutuplamalı imleri sol el dairesel kutuplamaya, antenden alınan 3700-4200 MHz bandındaki sağ el kutuplamalı imleri ise doğrusal kutuplamaya çevirmede kullanılır. Ayırıcının görevi ise kutuplayıcıdan alınan 4 GHz bandındaki imleri alış koluna, veriş kolundan alınan 6 GHz bandındaki imleri ise kutuplayıcıya göndermektir. Alış kolunda ayırıcıdan sonra kullanılan 6 GHz bant tepme süzgeci ise, veriş kolundan alınan 6 GHz bandındaki imlerin alış koluna sızmalarını önler. Şekilde görülen izleme eşleyicilerinin görevi ise antenin uyduyu sürekli izlemesini sağlamak üzere uydudan gönderilen izleme imlerini seçerek uydusu izleme donatımına göndermektir, izleme donatımı aldığı bu imleri değerlendirerek antenin uyduyu kaybetmesini önler.

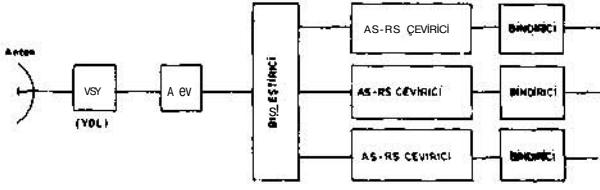


Şekil 32. Besleme dizgesine bir örnek

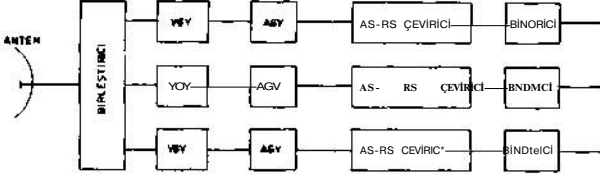
#### 10.5. YGY (Yüksek Güçlü Yükselteçler)

Yeristasyonlarının en önemli birimlerinden biri de yüksek güçlü yükselteçlerdir. Bu yükselteçlerin görevi, AS-RS çeviricilerden alınan taşıyıcıları, yeristasyonları ile uydusu arasında bulunan yaklaşık 200 dB'lik uzay kayıplarını yenecek düzeye getirerek uydusu ulaştırmaktır. Ekonomik ve güvenilir bir veriş dizgesi kurmak için, seçilecek yükselteç tipi çok önemlidir.

Vericilerin seçimi: INTELSAT uydusu dizgesinde kullanılan yer istasyonlarının 6 GHz veriş bandındaki bantgenişlikleri 500 MHz'dir (5925-6425 MHz). Dizgedeki her yeristasyonu bir veya daha çok telefon taşıyıcısı, bir televizyon resim ve bir televizyon ses taşıyıcısı kullanmaktadır. Ancak bu taşıyıcıların kanal sızmaları ve sıklıkları sabit değildir. Trafik gereksinmesine göre bu taşıyıcıların kanal sızmaları sık sık artmakta veya azalmaktadır. Kanal sızmalarının değişmesi ise çıkış gü-



Şekil 33. a) Tek bir YGY kullanılan dizge



b) Her taşıyıcı için ayrı bir YGY kullanılan dizge

cünün değişmesine yol açar. Bu nedenle seçilecek yükseltecin gücü, ilerde olabilecek değişiklikler gözönüne alınarak saptanmalıdır. Kanal sayıları değişebilen taşıyıcıların, sıklıklarında zaman zaman değiştirilmektedir.

Taşıyıcı sıklıklarının değiştirilmesi dar bantlı yükselteçlerde birçok sorun yaratmaktadır. Bu sorunları ortadan kaldırmak için 500 MHz bantgenişliği (5925-6425 MHz) olan yükselteçler kullanmak uygundur.

Yeristasyonlarında kullanılan taşıyıcıları yükseltmede iki yöntem kullanılır. Bu yöntemlerden birincisinde taşıyıcıların herbiri için bir yükselteç kullanılır. İkinci yöntemde ise taşıyıcılar ortak bir yükselteç tarafından yükseltilirler. Bu yöntemlere ilişkin öbek çizimler Şekil 33'de görülmektedir.

Bugün, hemen tüm yeristasyonlarında çok-oyuklu klystron ve/veya yürüyen dalga lambalı yükselteçler kullanılmaktadır. Dar bantlı bir veya iki taşıyıcı ile çalışmada klystron, teknik özellikleri

|                         | YDLY  | KLYSTRON  |
|-------------------------|---|---|
| 1 Sıklık bandı          | 500 MHz veya daha çok   | 35 MHz-50 MHz   |
| 2 Kazanç/sıklık tepkisi | 4-5 dB/500 MHz  | 1-2 dB/35-50 MHz  |
| 3 Kazanç                | 36 dB-38 dB   | 38 dB-45 dB   |
| 4 Güç verimi iliği      | % 15-20   | * 30-40   |
| 5 Gerekli güç           | Çok yüksek  | düşük (1/2 YDLY)  |
| 6 Lamba soğutması       | Su veya hava  | Su veya hava  |
| 7 Lamba koruma devresi  | Karmaşık  | Basit   |
| 8 Güvenilirlik          | Klystrondan az  | Çok güvenilir   |
| 9 Bakım                 | Güç   | Kolay   |
| 10 Lamba ömrü           | 8000-10000 saat   | 10000-15000 saat  |
| 11 Fiyat                | Pahalı  | Oldukça ucuz (YOLY'nin 1/3'ü)   |
| 12 Kullanım             | Birden fazla taşıyıcıyı aynı anda yükseltebilir. (Ancak entermodülasyonu önlemek için, normal çıkış gücünün altında çalıştırılması gerekir) | Bir veya iki taşıyıcıyı yükseltebilir, (iki taşıyıcıyı yükseltebilmesi için bu iki taşıyıcının 35-50 MHz bandında bulunması gereklidir) |

çizelge 15.

açısından yürüyen dalga lambalı yükselteçlerle aynıdır. Ancak işletme maliyeti ve güvenilirlik açısından YDL'den çok üstündür. Öte yandan geniş bantlı birkaç taşıyıcının kullanıldığı durumlarda YDL daha uygundur. Bu tür bir çalışmada klystron kullanmak için, taşıyıcı sayısı kadar lambaya gereksinme vardır. Ayrıca bu lambalar önceden belli bir banda akordlanmış olduklarından, bir sıklık değişikliğinde (yeni sıklık lambanın bandının dışında olmak kaydıyla) lambanın yeniden akordlanması gerekmektedir.

Çizelge 15'de yeristasyonlarında kullanılan YDL yükselteçlerle, klystron yükselteçlerin karşılaştırılması yapılmıştır.

#### 10.6. DGA (Düşük Gürültülü Alıcı)

Uydunun çıkış gücünün kısıtlı olması, yer istasyonlarındaki anten çaplarının sınırlı olması ve ekonomik nedenlerden ötürü yeristasyonlarında düşük gürültülü alıcılar kullanılmasını zorunludur. Düşük gürültülü alıcılara örnek olarak, parametrik yükselteçleri (PY), Maser'i, Tünel Diyot Yükselteçleri (TDY), düşük gürültülü tranzistor yükselteçleri (DG-TR) ve YDL yükselteçleri verebiliriz. Bu yükselteçlerin teknik özellikleri Çizelge 16'da görülmektedir.

|               | Gürültü Sıcaklığı (OK) | Bantgenişliği (MHz) | Kazanç (dB) | S      | Bakımı |
|---------------|------------------------|---------------------|-------------|--------|--------|
| Soğutmalı PY  | 10-20                  | 500                 | 30          | -10 -5 | kolay  |
| Soğutmasız PY | 55-100                 | 500                 | 30          | -10-5  | kolay  |
| MAS ER        | 6-10                   | 130                 | 20          | -30    | zor    |
| TDY           | GK: 6-8 dB             | 600                 | 10          | -25    | kolay  |
| DG-YDL        | GK: 6-8 dB             | 600                 | 25          | 10     | kolay  |
| DG-TR         | GK: 8-11 dB            | 600                 | 9-21        | 5      | kolay  |

Not: GK (Gürültü Kat'ayısı)

#### Çizelge 16.

Bugün en yaygın olarak soğutmasız parametrik yükselteçler kullanılmaktadır. Bu tür yükselteçlerde aktif eleman olarak varaktör diyot bulunur.

#### 11. SPADE

Bugün kullanılan INTELSAT uydu iletişim dizgesinde genellikle SPÇK/SB (Sıklık Paylaşımli Çoklu Kullanım/Sıklık Bindirim) taşıyıcılar kullanılır. Bu tür çalışmada devreler yer istasyonlarına önceden tahsis edilirler. Örneğin A yeristasyonu ile B yeristasyonu arasında 12 kanal kullanılması planlanmış ise INTELSAT bu iki yeristasyonuna 12 kanal tahsis eder. Tahsis edilen bu kanalları başka hiçbir yeristasyonu kullanamaz. Ayrıca A yeristasyonu bu kanalların hiçbirini başka bir yeristasyonu ile paylaşamaz. Bu nedenle uydu devrelerini bu şekilde kullanmak, uydudaki bandın ve gücün verimsiz olarak kullanılmasına yol açar.

Bu sorunu ortadan kaldırmanın bir yolu trafiği az olan ülkelerin uyduda bulunan devreleri ot tak olarak ve gerektiğinde kullanmalarını sağlamaktır. Yani uyduda bulunan devreleri yeristasyonlarına istek anında tahsis etmek ve istek ortaan kalktıktan sonra bu devreleri tekrar kullanmaya hazır tutmaktır.

SPADE (bir taşıyıcıya bir kanal, darbe kodlama bindirim, çoklu kullanım, istek anında tahsis do-

natımı) bu amaçla INIELSAT tarafından geliştirilmiş ve INIELSAT IV uydularında uygulanmaya başlanmış bir dizgedir. Bu dizgenin başlıca özelliklerini şöyle sıralayabiliriz:

- Bu dizgede bir kanal için bir taşıyıcı kullanılır. SPÇK/SB'de ise 12 kanal için bir taşıyıcı kullanıldığı gibi 972 kanal için de bir taşıyıcı kullanılabilir.
- Dizgede kullanılan bindirim türü darbe kodlu bindirimdir. SPÇK/SB'de ise sıklık bindirim kullanılmaktadır.
- Dizgede kullanılan çoklu kullanım türü SPÇK'dir.
- Taşıyıcı bu dizgede istek anında isteği yapan yer istasyonuna tahsis edilmekte, istek ortadan kalktığı anda tekrar boş çıkararak başka bir yer istasyonu tarafından kullanılır duruma geçmektedir. SPÇK/SB'de ise kanallar (taşıyıcı) yer istasyonlarına önceden tahsis edilmekte ve yalnız o yer istasyonu tarafından kullanılabilir.

### 11.1. Dizgenin Tanıtımı

SPADE dizgesinde, uyduda bulunan transponderlerden biri (INIELSAT IV ve IV-A uydularında 4077-4113 MHz bandını kapsayan 10 nolu transponder) bir taşıyıcıya bir kanal esasına göre bölünmüş ve 36 MHz'lik transponder 800 kanala (taşıyıcı) ayrılmıştır (400 çift yönlü kanal). Yani bu transponder bir taşıyıcı gölüne dönüşmüştür. Dizge, herhangi iki sıklık (taşıyıcı) istenildiği anda isteyen yer istasyonuna tahsis edilebildiğinden, tümüyle esnekler. Dizgenin denetimi için herhangi bir merkezi istasyona gerek yoktur, bu denetim SPADE kullanan her yer istasyonunda bulunan bir "istek anında tahsis için işaretleme ve anahtarlama" (İAİA) birimi tarafından yapılmaktadır. Ayrıca yine bu dizgede bulunan bir birim -ortak işaretleme kanalı (OİK)- transponderde bulunan kanalların durumunu her an izlemekle görevlidir. İAİA birimi OİK'dan aldığı bilgiye göre sıklık seçimi yapmaktadır.

SPADE donatımı iki ana gruba ayrılır:

- Ortak denetim donatımı
- Çift yönlü kanal birimleri.

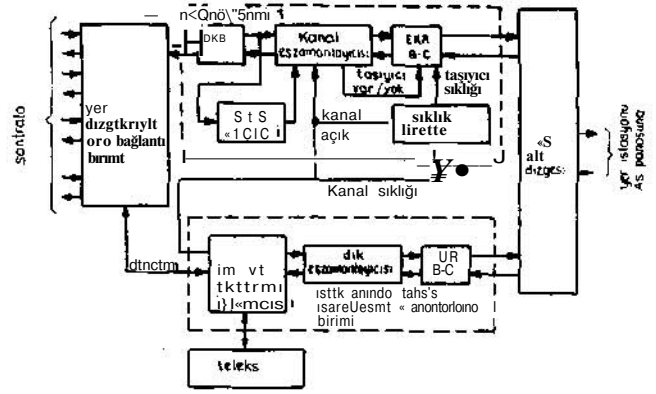
Ortak -denetim donatımı, adından da anlaşılacağı gibi, yer istasyonunda bulunan tüm kanal birimleri tarafından ortak olarak kullanılır. Bu donatım şu birimlerden oluşmaktadır.

- İstek anında tahsis için işaretleme ve anahtarlama birimi (İAİA)
- Yerel arabağlantı birimi (YAB)
- Zamanlama ve sıklık birimi (ZSB)
- AS alt dizgesi

Dizgede kullanılan herbir kanal birimi ise şunları içerir:

- DKB (Darbe Kodlamalı Bindirim) kodlayıcısı ve kod çözücüsü
- Ses sezici
- Kanal geniş bantlı sıklık üretici (*synthesizer*)
- Evre kaydırmalı bindirici-çözücü (4-)>EKA)

Dizgede herbir ses devresi için bir kanal birimi gereklidir. Gereğinde dizgeye, ortak denetim donatımında bir değişiklik yapmadan, kanal birimi eklemek olanaklıdır.



Şekil 34. SPADE donatımı işlevsel çizimi

### 11.2. İşlevsel Tanıtım

Şekil 34'de bir SPADE donatımının öbek çizimi görülmektedir. Yerel uluslararası santraldan gelen telefon devreleri SPADE donatımına yerel arabağlantı birimi aracılığıyla bağlanmaktadır. Uluslararası santraldan bir görüşme isteği geldiğinde, İAİA birimi otomatik olarak transponderde bulunan sıklık gölünden bir sıklık çifti seçer. Ve aynı anda karşı yer istasyonunda bulunan SPADE donatımına aramakta olduğunu bildirerek gölden seçmiş olduğu sıklıkları bu donatıma bildirir. Bu arada ortak işaretleme kanalı tüm yer istasyonlarında bulunan İAİA birimlerine bir im göndererek, seçilen sıklıkları belleklerinden (sıklık çizelgelerinden) düşmelerini bildirir. Böylece bu sıklıkların diğer yer istasyonları tarafından kullanılması önlenmiş olur.

Bundan sonra seçilen sıklık, İAİA birimi tarafından gönderilen kod'a göre 800 kanal sıklığından herhangi birini üretebilen geniş bantlı sıklık üretici tarafından üretilerek kanal birimine gönderilir. Üretilen bu sıklık hem gönderilen taşıyıcı için hemde karşı istasyondan alınan -taşıyıcı için kullanılır. Yani bu birim alısta ve verişte ortaktır. Bindirici ve çözücünün çalışmaya başlamasıyla, İAİA birimi çift yönlü devreyi sürekli izlemeye başlar. Görüşme başladıktan sonra ise kanal birimi tarafından alınan örneksel im sayısal ime çevrilerek (7 dijitleli olarak kodlanır) DKB kodlayıcı-çözücü birimine gelir. Uydudan alınan im ise bu birimde sayısal olarak örneksel dönüşür.

Uluslararası santraldan gelen kanalda konuşma olup olmadığı sürekli olarak bir ses sezici tarafından izlenir. Ses sezici, kanalda ses varken taşıyıcıyı açar, ses olmadığı zamanlarda ise (konuşma aralarındaki boşluklarda) taşıyıcıyı kapatır. Böylece uydunun gücü konuşma olmadığı dönemlerde harcanmamış olur (bir telefon görüşmesinde görüşme süresinin % 40'ında konuşma olduğu % 60'ında ise kanalın boş kaldığı yapılan istatistiklerden anlaşılabilir). Ses kodlama-kod çözüme birimine giren veya çıkan sayısal bit dizgelerinin eşzamanlanması, zamanlama, çatılama işlevlerini yerine getiren veris-alış eşzamanlayıcısı tarafından yapılır.

EKA bindirici-çözücü birimi, uyduya gönderilecek olan bit dizgesinin kanal taşıyıcısına bindirimin sağlar. Alısta ise taşıyıcıyı çözer.



Bindirimli taşıyıcı daha sonra, verişte ve alışta, yeristasyonunda bulunan AS-RS ve RS-AS çeviricilerle, SPADE'in ara bağlantısını sağlayan ortak bir AS alt dizgesinden geçer. Ortak işaretleşme kanalı (OİK) bindirici-çözücü birimi için kullanılan taşıyıcıda bu alt dizgeden geçmektedir. Bu alt dizgeden sonra bulunan AS-RS ve RS-AS çeviricilerle, YGY ve DGA'larda taşıyıcıların gördükleri işlemler SPÇK/SB'deki işlemlerin aynıdır.

Görüşme tamamlandığında, uluslararası santraldan alınan bir denetim imi İAİA'nın kullanılan sıklıkları serbest bırakmasını sağlar. Serbest kalan bu sıklıklar yeni bir tahsis için hazır duruma gelirler. Bu sıklıkların tekrar sıklık gölüne döndükleri ortak işaretleşme kanalı aracılığıyla tüm yeristasyonlarına bildirilir, bu bilgiyi alan yeristasyonlarındaki İAİA birimleri bu sıklıkları tekrar bellekleri alır.

SPADE dizgesine ilişkin teknik özelliklerin bazıları aşağıda verilmiştir.

a) İletişim kanalı

- Kanal kodlama DKB vuarbe Kodlamalı Bindirim)
- Bindirim 4 evreli EKA
- Bit hızı 64 kb/sn
- Kanat bantgenişliği 38 kHz
- Sıklık kararlılığı ±2 kHz

b) Ortak İşaretleşme Kanalı

- Kullanım türü ZPÇK
- Bit hızı 128 kb/sn
- Bindirim 2 evreli EKA
- Çatı uzunluğu 50 ms
- Herbir kullanıcı için ayrılan süre 1 ms
- Kullanıcı sayısı 50»

11.3 Dizgenin Çalışması

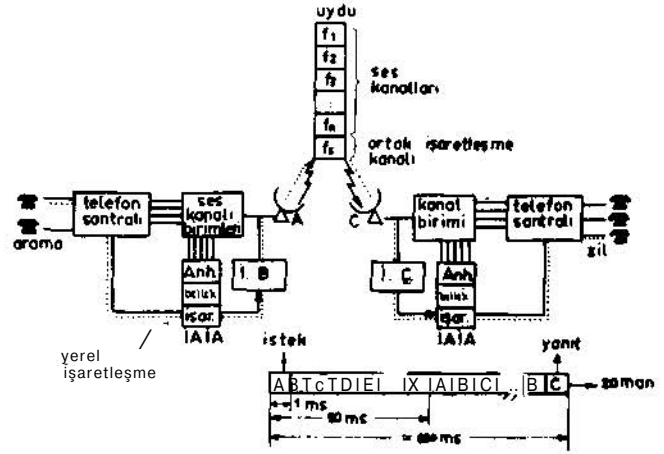
İşaretleşme ve iletişim bilgisinin akışı Şekil 35 ve 36'da görülmektedir. Noktalı çizgi bir abone- den alınan imin uluslararası santral üzerinden A yeristasyonunun İAİA birimine ulaşmasını göstermektedir. İAİA birimi aldığı bu im için\* ZPÇK türünde çalışan ortak işaretleşme kanalı aracılığıyla tüm yeristasyonlarına bir işaretleşme bilgisi gönderir. Bundan sonra, A yeristasyonu OİK tarafından sürekli denetlenen, bellekten aboneyi karşı istasyona bağlayacak olan sıklığı ister. Görüşme yapılacak C istasyonu ise, kendi OİK'smdan A istasyonu tarafından arandığını ve bu bağlantı için kullanılacak sıklığı öğrenir. Eğer bu sıklığı A istasyonundan önce herhangi bir başka istasyon istememişse, C istasyonu A istasyonuna bilgiyi aldığını bildirir ve seçilen sıklığı kanal donatımında üretir.

Bu sırada A istasyonu kendi OİK'sını, sıklığı seçtiği andan başlayarak, seçilen bu sıklığa C istasyonundan yanıt gelene dek izler. Bu süre içinde bu sıklık başka bir yeristasyonu tarafından istenmiş ise A istasyonu yeni bir sıklık isteminde bulunur. Aynı anda bir sıklığın iki is-

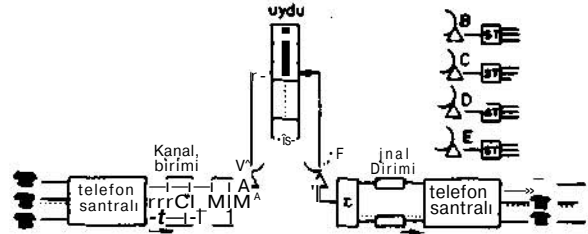
tasyon tarafından istenmesini önlemek amacıyla, İAİA biriminin belleğinde bulunan kullanılabilir (boş) sıklıklar içinden seçim rasgele yapılmaktadır.

Şekil 35'den de görüldüğü gibi OİK'nın her bir yeristasyonu tarafından kullanılması 50 sn'de birdir. Kullanma süresi ise 1 ms'dir. Bu nedenle A yeristasyonu C istasyonundan gelecek yanıtı beklerken, aynı zamanda bir başka yeristasyonu ile bağlantı kurabilir. Görüşme bitiminde ise OİK tüm yeristasyonlarına bu sıklığın yeniden serbest olduğunu bildirir.

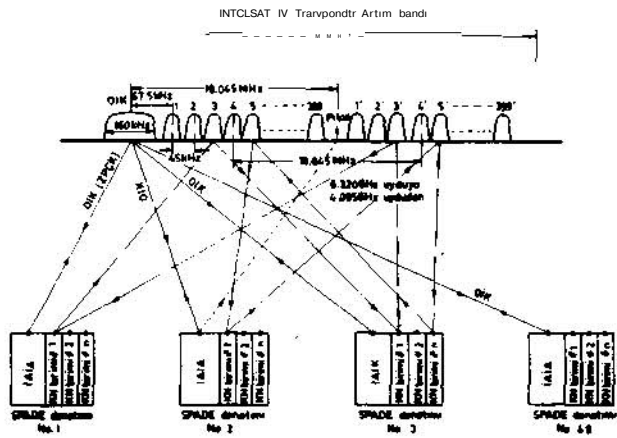
Sıklık seçme işi tamamlandıktan sonra SPADE donatımında bulunan kanal birimlerinden birine iletişim imi gönderilir. İAİA biriminden alınan bilgi-



Şekil 35. SPADE donatımında im akışı



Şekil 36. SPADE donatımında ses iminin akışı



Şekil 37. SPADE dizgesi sıklık planı

\*49 istasyon ve bir dayanalt darbesi

ye göre bu kanal biriminde bulunan bindirici-çözücü devresine seçilmiş sıklıklar, geniş bantlı sıklık üreticinden gönderilir (örneğimizde bu sıklık  $f_c$  çiftidir). Aynı olay karşı yeristasyonunda da (C) olur. Böylece A ve C yeristasyonları arasında iletişim sağlanmış olur.

Şekil 37'de 36 MHz'lik bir transponderde SPADE taşıyıcılarının dağılımı görülmektedir. Bandın alt kısmında ortak işaretleşme kanalı için ayrılmış bir yer bulunmaktadır. SPADE dizgesi pilotu ise bandın merkezine yerleştirilmiştir.

Çizelge 17'den de görüldüğü gibi SPADE dizgesinin en önemli özelliği transponder başına düşen kanal sayısının, SPÇ/SB/SPÇK çalışmaya göre daha yüksek olmasıdır. Kanal sığasını artıran etkenlerin başında taşıyıcının sürekli gönderilmeyip, yalnız kanalda ses varken gönderilmesini sağlayan tekniğin kullanılması gelir. Bu teknik ile bir transponderden 800 SPADE taşıyıcısının gönderilmesi olanaklı olmaktadır, tapılan hesaplar bu teknik ile uydu gücünde sağlanan tasarrufun 4 dB olduğunu göstermiştir. Ancak kanal sığasının bu derece artmasının nedeni yalnız bu ses tekniği değildir. Kullanılan bindirim türünün (EKA) bunda katkısı büyüktür. Yapılan hesaplar, ses var-taşıyıcı var tekniğinin EKA'lı bir dizge yerine, SB'li bir dizge ile kullanılması durumunda bir transponderden geçirilebilecek taşıyıcı sayısının en çok 450 olacağını göstermiştir. Öte yandan ses var-taşıyıcı var tekniğinin kullanılmadığı bir SPADE dizgesinde (EKA'lı dizgede) bir transpondere yerleştirilebilecek kanal sayısı en çok 350 olmaktadır. Bu durumda en verimli çalışmanın sağlanması için EKA ile ses var-taşıyıcı var tekniğinin birlikte kullanılması gerekmektedir.

|                             | RS Bant-<br>genişliği<br>(MHz) | Taşıyıcı<br>Basma<br>Kanal<br>Sayısı | Transpon-<br>derdeki<br>Taşıyıcı<br>Sayısı | Transpon-<br>derdeki<br>Toplam<br>kanal<br>Sayısı |
|-----------------------------|--------------------------------|--------------------------------------|--|---|
| SPÇ/SB                      | 2,5                            | 24                                   | 14   | 336   |
|                             | 5                              | 60                                   | 7  | 420   |
| /SPCK                       | 10/5                           | 132                                  | 4  | 456   |
|                             | 36                             | 900                                  | 1  | 900   |
| VK8/EKA/<br>SPCK<br>(SPADE) | 0,045                          | 1                                    | 800  | 800   |

çizelge 17.

## 12. "INTERSPUTNIK" ULUSLARARASI UYDU İLETİŞİM DİZGESİ

Uydu iletişim dizgelerinin uygulama alanları her geçen gün genişlemektedir. Bugün dünyada değişik amaçlı ve değişik yöntemler kullanan birçok bölgesel, ulusal ve uluslararası dizge işletilmekte veya planlanmaktadır. Bu dizgelerden biride "Intersputnik" adlı uluslararası uydu dizgesidir. "Intersputnik" dizgesinin kurulmasına ilişkin uluslararası anlaşma 1971 yılı Kasım ayında Bulgaristan, Küba, Çekoslovakya, Doğu Almanya, Macaristan, Moğolistan, Polonya, Romanya ve Sovyetler Birliği tarafından Moskova'da imzalanmıştır. Bu anlaşmada, sözü edilen ülkelerin hükümetlerinin yeristasyonları kurmalarına ilişkin bir madde de

yer almıştır. Intersputnik dizgesinin amacı üye ülkelerin uluslararası telefon, telgraf, foto telgraf gereksinmesini karşılamak ve televizyon programlarının değişimini sağlamaktır.

Dizgenin en ekonomik şekilde gerçekleştirilmesini sağlamak amacıyla yapılan çalışmalar sonunda, aynı anda hem telefon hemde televizyon yayını yapabilecek sığadaki bir uydu dizgesinde yeristasyonlarında 10-15 m çaplı parabolik antenlerin kullanılmasının yeterli olacağı görülmüştür. Intersputnik dizgesinin kurulduğu yıllarda Sovyetler Birliğine ait "Orbita" ulusal uydu iletişim dizgesinin oldukça yaygınlaşmış olması ve bu dizge için birçok yer istasyonunun kurulmuş bulunması nedeniyle, Intersputnik dizgesinde de Orbita dizgesinde kullanılan anten dizgelerinin kullanılması (12 m çaplı parabolik anten) önerilmiş ve bu öneri kabul edilerek uygulama bu yönde gerçekleştirilmiştir.

Bugün Intersputnik dizgesinde biri televizyon diğeri telefon için olmak üzere iki RS kanalı kullanılmaktadır.

Televizyon iletiminde kullanılan bindirim türü SB'dir. Dizgenin tasarımı sırasında şu güç parametreleri gözönüne alınmıştır: uydu vericisinin eşdeğer izotropik yayınım gücü ( $P_{st}$ ), yeristasyonu kazanç-gürültü sıcaklığı oranı ( $G/T_s$ ), yeristasyonu anten çapı, yeristasyonu verici gücü ve tepe sıklık sapması ( $Af_p$ ). Tüm bu parametreler televizyon iminin temel özelliğini, yani istenen imin tepeden tepeye genliği ile r.m.s gürültü gerilimi arasındaki oranı belirlemektedir.

Gerçekten, eğer yeristasyonu-uydu yönünde olan güç, uydu-yeristasyonu yönünde olan gücü 6-10 dB kadar aşarsa, S/N (im-gürültü oranı) doğrudan  $P_{st} \gg (G/T_s)$  ve  $Af_p$  tarafından belirlenir.

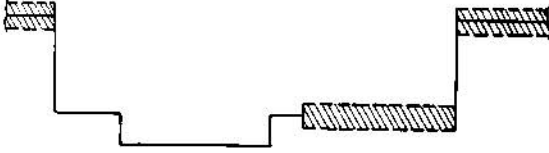
SB'li uydu dizgelerinde bir diğer önemli özellikte, dizgeden en yüksek düzeyde trafik geçirebilmek için SB eşik alanının altında, çalışma zorunluluğunun bulunmasıdır.

Çünkü uydu dizgelerinde uyduda kullanılan vericilerin güçlerinin en düşük düzeyde tutulması uydunun ağırlığı ve uydudaki güç dizgeleri açısından zorunludur. Bu ise ancak SB eşik alanının altında çalışmakla olanaklıdır.

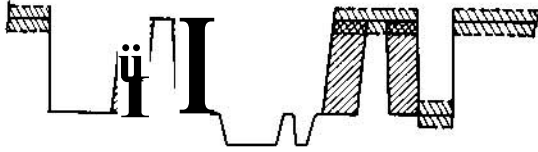
Intersputnik dizgesinin tasarımında, bir televizyon linkinin çıkışında elde edilecek im-gürültü oranı CCIR (Uluslararası Radyo Danışma Komitesi) tarafından tanımlanan değerleri sağlayacak şekilde de alınmıştır. Bu durumda en düşük çıkış imi düzeyi ile istenilen dayanak gürültü düzeyini sağlayabilmek için sıklık sapmasının yaklaşık 15 MHz olmasının gerektiği hesaplanmıştır. Bu ise bir RS kanalın bantgenişliğinin 3A MHz'den az olmasını gerektirmektedir.

Intersputnik dizgesinde, televizyon ses kanalının iletiminde ise zaman veya sıklık paylaşımli çoklama kullanılmaktadır. Yeristasyonlarında bu yöntemlerin her ikisinin kullanılmasına olanak verecek donatım bulunmaktadır. Dizgede bir resim ile en çok üç ses kanalı iletilmektedir. Televizyon kanalının ses kanalı ile zaman paylaşımli olarak kullanılmasında ses bilgis'i süre bindirimli darbeler dizisi haline dönüştürülür. Bu yön-temde eğer ses bileşeninden örnek alma hızı çizgi sıklığına eşit alınırsa, kullanılacak ses kanalı-

nm bantgenişliği 6 kHz olabilmektedir. Eğer rnek alma hızı iki katına çıkartılırsa, 6 kHz bantgenişlikli iki ses kanalı veya bantgenişliği 10 kHz olan bir ses kanalı kullanmak olanaklı duruma gelir. rnek alma sonucu ortaya çıkan darbeler daha sonra çizgi karartma aralığına yerleştirilir (şekil 38).



a) Standart renkli televizyon imi



b) Bir televizyon iminin çizgi karartma aralığına yerleştirilmiş iki ses darbesinin konumu

### şekil 38.

Ses iminin bu yöntemle iletimi doğal olarak, alış kolunda yeniden üretilmesi gereken eř zamanlama imini etkiler. Buna ek olarak bu yöntem renkli televizyon imlerinin iletiminde birtakım sorunlar çıkarmaktadır. Bunun nedeni, renk alt taşıyıcısının çizgi karartma darbesinin arka eşiğinde bulunmasıdır. Ses bilgisini taşıyan darbeler ile renk imleri arasındaki bu etkileşimi önlemek amacıyla sıklık ayrımı kullanılmıştır.

Intersputnik dizgesindeki istasyonların televizyon RS kanalı donatımı ses bilgisinin buğun radyo link dizgelerinde kullanılan yöntemle iletilmesine olanak verecek şekildedir. Bu yöntemde ses kanalı 7,5 MHz'lik bir alt taşıyıcı ile sıklık bindirimine uğrar ve daha sonra televizyon resim imi ile birleştirilir. Burada en az gc kaybı ile gürültü düzeyini en düşük düzeyde tutabilmek için SB'li imin ozlmesinde bir eř zamanlı ayırıcı kullanılır.

Daha nce Intersputnik dizgesinde çalışan yeristasyonlarında bir resim ile c ses kanalının iletilebileceğini belirtmiştik. Bu ses kanallarından boş olanları değişik bilgilerin iletilmesi (kaliteli müzik yayını, meteorolojik verilerin aktarılması gibi) amacıyla kullanılabilir. Yani bir resim ile bu resme ait sesin yanında iki değişik bilgiyi aynı RS kanalından aktarmak olanaklıdır.

Intersputnik dizgesinde, telefon trafiğinin iletiminde kullanılan bindirim türü SB'dir. Sıklık bindiriminin RS kanalda sıklık paylaşımlı oklama ile birlikte kullanılması, kullanılacak donatımın oldukça basit olmasına olanak vermektedir. Burada daha karmaşık bindirim yöntemlerinin kullanılması (rneğin DKB-EKA) aynı gc parametreleri altında, trafik sığasını artırmayacağından ve daha karmaşık donatım gerektireceğinden öngörülmemiştir. Ancak Intersputnik dizgesinde kullanılması önerilen ve telefon konuşmaları arasındaki

boşluklardan yararlanmayı sağlayan im bastırıcılarla, oldukça düşük verici gücü ile tek bir RS kanalından yaklaşık 200 tek yönlü konuşma geçirmek mümkün olabilecektir.

Intersputnik dizgesinde kullanılan uydular oldukça yüksek eliptik yörüngelerde bulunduklarından (Molnya uyduları), yeristasyonlarının kesintisiz ve güvenilir bir çalışma yapabilmeleri için yeristasyonlarında kullanılan uyduyu izleme dizgeleeri oldukça önem kazanmaktadır. Intersputnik dizgesinde uyduyu izleme işlemi c türlü olabilmektedir: programlanmış izleme, otomatik izleme ve otomatik programlanmış izleme..

Programlanmış izlemede, uydunun izleyeceği yol özel bir sayısal bilgisayarın belleğine verilir. Böylece uydunun hangi zamanda nerede bulunacağına ilişkin bilgiler bilgisayar tarafından hesaplanır, iletişim döneminin süresine ve istasyonun coğrafı koordinatlarına bağlı olarak antenin yatay ve düşey eksenleri üzerinde bulunan 20-40 noktaya ilişkin parametreler programlama biriminin belleğine yerleştirilir. Sayısal bilgisayar çıkışında ise uydunun hareketine göre antenin hareketini sağlayacak veriler alınır.

Otomatik izlemede ise konik tarama ilkesi kullanılır. Bu amaçla anten besleme donatımına bir taraıyı yerleştirilir. Uydudan gönderilen ve istasyon tarafından alınan genlik bindirimli izleme imlerinin bindirim katsayısı, uydudan anten eksenine arasındaki fark arttıkça artar.

Alınan genlik bindirimli imin zarfının bileşenlerini bir eř zamanlı genlik-evre bulucusu ile ayırarak, antenin eksenlerinin uydudan yönünden ne kadar saptığını bulmak olanaklıdır. Böylece elde edilen yarılgı imleri anteni bu imleri en düşük düzeye indirecek şekilde hareket ettirir. Bu dizgede diğer uydudan dizgelerinde kullanılan tek-darbeleri (*monopulse*) tarama yöntemi yerine konik tarama yönteminin kullanılmasının nedeni, konik taramanın uyduda "izleme imi" retecek özel bir BİT im üretici ve istasyonda özel bir alıcı birim gerektirmemesidir.

Uydudan izleme dizgesi yukarıda sözünü ettiğimiz iki yöntemi kullanarak çalıştırılabilir. Bu yöntemde anten eksenine ile uydudan yörüngesi arasındaki fark 0,7 ile 1 arasında olduğunda otomatik izleme dizgesi devreye girerek programlı izlemede kullanılan programda otomatik düzeltmeyi sağlar.

Günümüzde Küba, Çekoslovakya, Doğu Almanya, Moğolistan, Polonya ve Sovyetler Birliği'nde Intersputnik dizgesine bağlı yeristasyonları çalışmaktadır. Bu yeristasyonlarından Moğolistan yeristasyonu şimdilik yalnız televizyon yayını alacak şekilde, diğer yeristasyonları ise televizyon programı değişimine ve telefon iletişimine olanak verecek şekilde donatılmıştır.

Dizgede kullanılan uydudan Molnya türü uydudan olup, bu uydunun bulunduğu yrngeninin özellikleri şöyledir:

- yörüngedeki bir tam dönüş süresi : 12 saat
- yrngeninin eğimi : 63°±2°
- yrngeninin en uzak noktasının yüksekliği : r'40000 km
- yrngeninin en yakın noktasının yüksekliği : -500 km

Intersputnik dizgesi için yeni bir uydu geliştirip yörüngeye yerleştirilmemiş, onun yerine Sovyetler Birliği'ne ait olan ve Sovyetler Birliği'nin ulusal iletişimini sağlayan Molnya uydusundan iki RS kanalı kiralanmıştır.

Intersputnik dizgesinin hizmet alanı, tek bir uydu ile Kuzey yarımkürede aralarında 180° enlem farkı bulunan iki nokta arasında bağlantı kurmaya olanak verecek şekilde tasarlanmıştır (örneğin Küba ile Moğolistan arasında).

Bir Intersputnik yer istasyonunun işletmeye açılması sırasında birçok ölçü yapılmaktadır. Yapılan ölçüler ve geçirilmiş deneyler dizgenin televizyon ve telefon özelliklerinin CCIR (Uluslararası Radyo Danışma Komitesi) ve CCITT (Uluslararası Telgraf ve Telefon Danışma Komitesi) isterlerine uygun olduğunu göstermiştir.

Bu dizgede kullanılan televizyon kanalının özellikleri Çizelge 18'de verilmiştir.

|   |  |          |
|---|--|----------|
| 1 | Uzun zaman aralığındaki geçiş tepkisi bozulması                | < % 5    |
| 2 | Orta uzunluktaki zaman aralığındaki geçiş tepkisi bozulması    | < % 2    |
| 3 | Kısa zaman aralığındaki geçiş tepkisi bozulması                | < 120 ns |
| 4 | Doğrusal olmayan bozulmalar                                    | < % 6    |
| 5 | Aydınlanma ve ohrominance imleri arasındaki difransiyel kazanç | < % 4    |
| 6 | Aydınlanma ve ohrominance imleri arasındaki zaman farkı        | < 50 ns  |
| 7 | Difransiyel evre   | 5°       |
| 8 | Difransiyel kazanç   | < % 8    |

Çizelge 18.

Resim ile birlikte gönderilen ses kanalına ilişkin özellikler ise şunlardır:

- a) Bantgenişliği 50-10000 Hz
- b) Doğrusal olmayan bozulma katsayısı
  - 50-100 Hz frekansında < % 2,5
  - 100 Hz'in üzerindeki frekanslarda < % 2
- c) İm-gürültü oranı > 70 dB

Dizgede gürültüden arıtıcı alışı yöntemlerinin kullanılması ve im parametrelerinin optimizasyonu ile resim ve ses imleri arasındaki karışım önlenmiştir.

Telefon kanalına ilişkin özellikler ise aşağıda verilmiştir.

- a) İstasyonun eşdeğer yayını gücü  $r \sim -51$  dBW/kanal
- b) İm-gürültü oranı
  - taşıyıcı bastırılarak > 59 dB
  - taşıyıcı bastırılmaksızın > 49 dB
- c) Anlaşılabilir çapraz konuşumu önleme
  - farklı kanallar arasında > 65 dB
  - aynı kanalın alışı ile verişinde > 70 dB

Intersputnik dizgesi üzerine yapılan ileriye dönük çalışmalarda, uydunun kapsam alanını genişletmek ve uydu ile yer istasyonlarının trafik sı-

ğasını artırmak amacıyla yörüngede dünyaya göre sabit duran (eşzamanlı uydular) uydular kullanılması planlanmaktadır. 1978-1979 döneminde Sovyetler Birliği Statsionar adlı bir dizi uyduyu eşzamanlı yörüngeye yerleştirmek üzere çalışmalarını sürdürmektedir. Statsionar uydularında 4/6 GHz bandında çalışacak olan altı RS kanalı bulunacaktır. Bu uyduların bir kısmının Moskova'da yapılacak 1980 Olimpiyat oyunlarında kullanılması, bir kısmında Intersputnik dizgesine kiralanması planlanmıştır. Molnya uydusundan Statsionar uydularına geçişte Intersputnik yer istasyonlarının radyo donatımında herhangi bir değişiklik gerektirmeyecektir. Ancak Intersputnik dizgesinde kullanılacak uydunun üzerine yerleştirileceği bölgelerin seçimi üzerine çalışmalar sürdürülmektedir. Bu iş için iki bölge üzerinde durulmaktadır: Hint Okyanusu Bölgesi (bu bölgeye yerleştirilecek uydu Avrupa kıtasında bulunan üye ülkelerle Asya ve Afrika kıtasını bağlayacaktır) ve Atlas Okyanusu Bölgesi (Avrupada bulunan üye ülkelerle Küba ve Amerika kıtasını bağlayacaktır). Üye ülkelere en geniş yararlanma alanını sağlamak üzere kullanılacak uyduların birinin 13°-15° Batı, diğerinin 56°-60° Doğu yavına yerleştirilmesi planlanmaktadır.

Intersputnik dizgesine üye ülkelerin bazılarının her iki uydudan yararlanma olanağı bulunabilecektir. Ancak bunun için yer istasyonlarında ikinci bir anten ve ek radyo donatımları gereklidir.

#### KAYNAKLAR

- 1) United States Seminar on Communication Satellite Earth Station Technology, Edited Lectures, Washineton D.C. 16-27 Mayıs 1966
- 2) Comsat Technical Review, Cilt 2, Sayı 1, s.221-242, 1972
- 3) Comsat Technical Review, Cilt 2, Sayı 2, s.271-572, 1972
- 4) Comsat Technical Review, Cilt 5, Sayı 1, s.73-105
- 5) ITU Telecommunication Journal, s.245-247, Mayıs 1971
- 6) ITU Telecommunication Journal, s.470-478, Haziran 1971
- 7) ITU Telecommunication Journal, s.679-684, Kasım 1972
- 8) ITU Telecommunication Journal, s.672-677, Kasım 1975
- 9) ITU Telecommunication Journal, s.134-142, Şubat 1976
- 10) ITU Telecommunication Journal, s.116-123, Mart 1978
- 11) Introduction to Satellite Communication System, Kokusai Denshin Denwa Co. Ltd., 1973
- 12) INIELSAT IV Satellite Communication System, Kokusai Denshin Denwa Co. Ltd., 1971
- 13) CCIR XIII th Plenary Assembly, Cilt IV, Cenevre 1974
- 14) Proceedings of the IEEE, s.342-356, Mart 1977