

uydulardan doğrudan yayın

Haşmet ESEN

UDK: 621.396.946:621.397.13

ÖZET

Yapay uyduların en önemli kullanım alanlarından biri de kitle iletişimidir. Günümüzde uyduların yayın amacıyla kullanıldığı birçok örnek bulunmaktadır. Ancak bu örneklerde genellikle bir program bir yer-istasyonu aracılığıyla uyduya gönderilmekte, uydudan bu programı diğer yer istasyonlar ma iletmekte, yer-istasyonları ise aldıkları bu programı TV verici istasyonlarına yer dizgeleri (radyo link) gibi kullanılarak ulaştırmaktadır. Bu yazıda ise program aktarmada yeni bir yöntem olan, son yıllarda üzerinde yoğun çalışmalar yapılan ve uydudan doğrudan TV alıcılarına yayını kapsayan doğrudan yayın uydularının ne olduğu, bu amaçla kullanılacak yörüngenin ve uydunun yapısı ile doğrudan yayın için kullanılması planlanan 12 GHz bandının yayılım özellikleri inceleniyor. Daha sonra ise ülkemizin de içinde bulunduğu doğrudan yayın dizgesinin planlanmasına ilişkin çalışmalar hakkında ayrıntılı bilgi veriliyor.

SUHMRY

in this article, a relatively new method by which television programs are transmitted from the communication satellite directly to the receiver antenna is described. The characteristics of these satellites, their orbits and the 12GHz band which is allocated for direct Communications are investigated. The planning of the direct Communications system in which Turkey also takes part is described in details.

1. GİRİŞ

Yapay uyduların teknolojisine girilen ilk günlerden beri olabilir kullanım amaçlarından biri olarak izleyici tarafından doğrudan doğruya alınabilecek TV veya radyo yayınları düşünülmüştür. Başlangıçta uzak bir olasılık gibi görünen bu uygulama günümüzde ulaşılan teknolojik düzey ile gerçekleştirilebilirlik boyutlarına ulaşmıştır. Burada uyduların yayın teknolojisi üzerinde genel bilgi, özellikle son beş yılda yapılan çalışmalar, konunun ekonomik sosyal ve kültürel yönleri ile ülkemiz için irdelenmesi verilmeye çalışılmıştır.

Radyo ve TV yayınlarını bireylere ve kitlelere ulaştıran bildiğimiz verici istasyonlarının yerini alacak gökte asılı, yere göre sabit bir yapay uyduların kullanımını öneren çevreler ilk gerekçe olarak yayıncılığın teknik yönden içinde bulunduğu sıkışık durumu öne sürmektedirler. Bu nedenle sözü edilen duruma bir göz atmak yararlı olacaktır.

1.1. Yayıncılıkta Bugünkü Durum

Bir antenden boşluğa yayılan elektromagnetik dalgaların dileyen ve uygun alıcıya sahip herhangi

Haşmet Esen, TRT

bir kimse tarafından alınabilmesi kitle iletişim dizgesinin özel bir bölümü olan "yayıncılığı" tanımlamaktadır. Böylece yayıncılık ve yayın kavramı diğer parametrelerden soyutlanmış yalnızca şu özellikleri olan uziletim türünü içermektedir.

- Ortak ilgi ve yönleri olan kitlelere tümünden seslenme,
- Bireysel olarak veya küçük gruplar halinde dileğe bağlı alış,
- Elektromagnetik dalga kullanımı.

Böylece "yayın" sözcüğü ile pratik olarak radyo ve televizyon yayınları kastedilmekte, basılı yayınlar, akustik yayın dizgeleri vb. bu kavramın dışında tutulmaktadır.

Bundan 60 yıl öncesi 1917'lerde deneysel olarak radyo yayınlarının başlaması ile dünyada yayıncılık dönemine girilmiştir. Ülke yöneticileri, kendi halkları ve ilgilendiği sınır ötesi halklara bu kadar kolay ve çabuk ulaşım sağlayan radyo yayıncılığını vazgeçilmez bir güç olarak alabildiğine benimsemiş ve tüm yeryüzünde bir patlama şeklinde yayılmıştır. Ortamın etkinliği özellikle peşpeşe gelen iki dünya savaşında kanıtlanmıştır. Radyonun gerçekleşmesi artık düş kurma yerine tek-

nik olanakların zorlanarak televizyonun ortaya çıkarılabileceğini göstermiştir, lü zorlamanın Avrupada 1936, Amerika'da ise 1940'larda sonuçlarını verdiğini ve TV'nin ortaya çıktığını görmekteyiz.

Yayıncılıkta kullanılan elektror,agnetik dalgalar için bir disiplin zorunluluğu belirince tüm kullanılabilir dalga sıklığı kuş i» ın d a belirli bantlar bu amaca ayrılmıştır. Gerçek disiplin için bu da yeterli olmamış ölkel"arası konferanslarla zaman zaman bu bantlar iç'nde yayın kanalı paylaşımı planlaması yapılır,? ır. Gelişmenin başdöndürücü hızı ve ölkeleri-ı bu ortamı kullanma hırsları o kadar büyük olmuştur ki örneğin, orta dalga bandında düşünölenin onlarca katı istek yapılmıştır. 1974 ve 1975'de iki ayrı oturumda bir araya gelen Amerika kıtası dışında yaşayan tüm ölkeler, iyi niyetli planlama çalışmalarından genel olarak gülünç denebilecek derecede kötü sonuçlarla dönmüşlerdir. Aynı yayın kanalının birçok ölkeler tarafından hem de gerekenden fazla güçlü vericilerle tekrar tekrar kullanımı sonucu, örneğin 1200 kW gücünde bir vericinin gece rahat dinletim alanı yarıçapının 27 km'ye kadar düştüğü belirtilirse, durumun bu bantta gerçekten ne ölçüde sıkışık olduğu ortaya çıkar.

TV'de durum bu kadar sıkışık olmamakla birlikte yine de çok büyük istek olduğu ortadadır. 1961'de yapılan Stokholm planı ÇS (Çok Yüksek Sıklık) ve AŞS (Aşırı Yüksek Sıklık) bantlarında Avrupa Yayın Bölgesinde toplam yaklaşık 5600 verici için sıklık ayırımı yaptığı halde 1974 sonuna kadar EBU (Avrupa Yayın Birliği) üyesi ölkeler 12500 civarında verici ve aktarıcıyı hizmete sokmuşlardır. Durum böyle iken yine de planda öngöröldüğü şekilde her ölkenin 4 program kapsamı yapabildiği söylenemez. Özellikle Avrupanın gelişmiş ölkelerinin fazla program kanalı veya komşu ölkelerinin yayınlarını izleme isteklerini yeryüzü üzeri yayın dizgeleri ile karşılayabilmek son derece güç, belki de olanaksız hale gelmiştir.

1.2. Uydulardan Yayının Çekiciliği

Yukarıda kısaca değinildiği gibi gelişmiş ölkelerde doğrudan yayın uyduları daha fazla sayıda yayın izleme olanağı yaratacağı gerekçesi ile çekici gösterilmek istenmektedir. Şimdilik uyduları çekici, bazan zorunlu gösterme çabalarının altındaki ekonomik ve politik nedenlerin incelenmesini biraz ileriye bırakarak yukardakilerin dışında dayandırılmak istenen diğer nedenleri ele alalım.

Yeryüzünde henüz TV yayıncılığına başlamamış veya başlamış olsa bile geliştirememiş birçok ölkeler vardır. Bunlar arasında yüzeysel link dizgeleri kurulamayacak kadar uzak ve çok sayıda adalardan kurulu devletler, nüfusunun bir kısmı ana küleden kopuk çöl veya orman içinde küçük dağınık gruplar halinde yaşayan ölkeler, yüzölçümü çok büyük olduğu için TV şebekesini yeniden kurmakta aynı derecede büyük ilk yatırım gerektiren ölkeler bulunmaktadır. Bunların tümü gelişmekte olan ölkelerdir. Hemen hepsinde halk en ilkel eğitim ve iletişim aracından yoksundur. Bu ölkelerde TV'nin uygulamaya konması öncelikle kitle eğitimi açısından

önem kazanmaktadır. Yine bu ölkelerin büyük çoğunluğunda çeşitli etnik gruplar yaşamakta ve birden fazla sayıda dil konuşulmaktadır. Yerel dizgeler kurulsa bile ölkeyi bir program kanalıyla kapsama yeterli olamayacaktır.

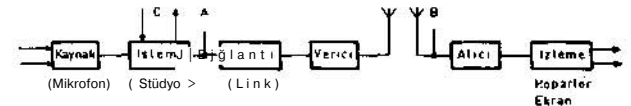
Bunlar uydu kullanımını zorunlu gösteren örneklerdir. Uydu yayın dizgelerinde düşünölen bazı üstünlükler bu zorunluluğu duymayan en az bir o kadar ölkeyi de bu uygulamaya doğru çekmektedir. Dizgenin bu ölkeler için çekici gelen bazı özellikleri şu şekilde sıralanabilir:

- Ülke büyük ve dağlıksa bir program için % 100'e yakın kapsama çok aşırı sayıda verici ve aktarıcıyı gerektirmekte, buna karşılık uydu yöntemi ile bir tek uydu ve çok az sayıda aktarıcı ile ve üstelik en az 4 kez kapsama kolaylıkla sağlanabilmektedir.
- Yeryüzündeki vericilere program aktarmak için ayrı bir link dizgesi gereklidir. Uydu yönteminde bu tek bir linkle sağlanmaktadır.
- Dilenirse 1 TV kanalı yerine 16 SB (Sıklık Bindirimli) ses yayını veya 8 stereo ses yayını veya 4 TV yayınının her biri için 4 değişik dilde ses kanalı ile birlikte gönderme veya bir başka düzenleme yapma olanağı vardır.
- Bazı ölkeler özel uzuletişim uydularını yörüngeye oturtmak durumundadırlar. Aynı uyduya gerekli donatımın eklenmesi ile TV yayını sorununun da çözümlenebileceği düşünölmektedir.
- Uydunun davranışını izleyip güdümlenecek ve ona program gönderecek dizge yeristasyonu dışında hiçbir işletme ve bakım yükü gerektirmemektedir.

Bu özellik ve üstünlüklerin yanı sıra bazı ölkelerce değişik ve ilginç yaklaşımlar da gözlenmektedir. Özellikle petrol zengini bazı ölkelerin bir zenginlik gösterişi uğruna yakın gelecekte özel TV uydularına sahip olacaklarını gösteren belirtiler vardır.

2. DOĞRUDAN YAYIN UYDULARI NEDİR?

Bu noktada belki biraz geriye gidip doğrudan yayın uyduları nedir ve ne değildir sorularını açmakta yarar vardır. Mikrofon ve kamera uçlarından başlayıp bireyin evindeki hoparlör ve ekranda ses ve görüntü olarak sonuçlanan yayın zincirinden geçirilen ve program adı verilen bilgi bu zincir içerisinde çeşitli şekil ve ortam değişikliklerine uğramaktadır. Ses ve görüntünün magnetik şerit, film, plak vb. ortamlara giriş çıkış ayrıntılarını genel olarak program üretim aşaması içine alırsak basitleştirilmiş yayın zincirimizi Şekil 1'deki gibi düşünebiliriz.



Şekil 1. Basitleştirilmiş yayın zinciri

Bir doğrudan yayın uydusu bu zincirde A ve B uçları arasında yer alan vericinin yerini tutmaktadır. Programın stüdyo çıkışına gelinceye kadar geçirdiği aşamada uydular kullanılmış olabilir. Ancak bu uydular bir TV yayınına iletmış olsalar

bile doğrudan yayın uydusu tanımının dışındadır. Kurovision yoluyla örneğin Amerika ve Uzak Dofundan Intelsat uyduları aracılığıyla alınmış görüntüler zincirin C noktasında girdi yapmaktadır. Dizgenin seslendiği birey, TV programını ileten bu Intelsat uydusundan görüntü almak olanından yoksundur. Tanımdaki ön koşul bireyin veya kitlelerin doğrudan alış yapabilmesi olduğundan örneğimizdeki uydu bir yayın uydusu değildir.

Bir yayın uydusundan gelen program imleri, bireylerin özel alış yapmalarını olanaksız kılacak yahut çok pahalı düzenekler gerektirecek düzeyde düşük olabilir. Bu durumda alıcı merkezleri kurup programı bireylere kablo veya küçük vericilerle aktarmak söz konusu olmaktadır. Toplu alış dediğimiz bu dizgedeki uydu da yine bir doğrudan yayın uydusu olarak nitelendirilmektedir.

2.1. Uydu Yörüngesi

Kepler yasasına bağlı olarak yer küresi çevresinde dönen bir cisim onun uydusu olur. Bu uydunun çizebileceği yörünge sayısı sonsuzdur. Genel olarak bozucu ek etkenlerin bulunmadığı sürece uzaydaki tüm yörüngeler çember, elips, hiperbol, parabol gibi bir konik kesitine uyarlar. Yörünge kapalı ise yörünge çember veya elips olur. Burada uydunun çevresinde dolaştığı ana kütle koniğin odak noktalarından birindedir (Daire her iki odakın üstünde geldiği özel bir elipstir).

Uyduların yer alabileceği sonsuz sayıdaki yörüngeden ancak bir tanesi, yeryüzündeki herhangi bir noktaya göre, üzerindeki uydu konumu sürekli olarak sabit kaldığı için, çok büyük önem taşımaktadır. Bu yörünge ekvator düzlemi üzerinde, çembersel ve üzerindeki uydu hızının yeryüzünün kendi eksenini çevresindeki dönme hızına açısal olarak eşit olduğu özel ve tek bir yörüngedir. İngilizcede "geostationary" veya "geosynchronous" diye adlandırılan bu yörüngeye biz "yerle eşzamanlı yörünge" diyeceğiz.

Gerçek yerle eşzamanlı yörünge için temel Newton mekaniği yasalarına göre hesaplanan özellikleri Çizelge 1'de verilmiştir.

Yer çevresinde devir gerçek tam gün	t = 86164,091 sn. - 23 saat 56 dak. 4,091 sn.
Yerin ekvator yarıçapı	r = 6378,16 km.
Yükseklik (yerden)	h = 35786,04 km.
Yörünge yarıçapı	r + h = 42164,20 km.
Uydu hızı	v = 3,0747 km/sn.
1° yörünge yay uzunluğu	= 735,9 km.

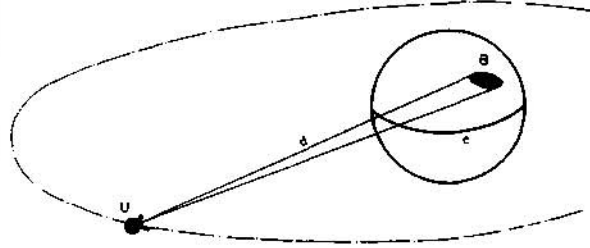
Çizelge 1. Yerle eşzamanlı yörünge karakteristikleri

Uydu fırlatıldığında amaçlanan yörüngeye oturtmak tam olarak sağlanamayabilir. Yörünge yarıçapı çizelgede verilen farklı olursa uydu doğu-batı yönünde sürekli olarak kayar. Örneğin yarıçapta 8 km'lik bir yanlış uydu her on günde 1° kaymasına neden olur. Tam çembersel yörünge sağlanmazsa uydu doğu-batı yönünde salınır. Uydu yörüngesi tam olarak ekvator düzlemi üzerinde olmazsa kuzey güney yönünde günde bir kez, doğu batı yö-

nünde günde iki kez olmak üzere, gökte 8 çizermiş gibi salınım yapar.

Fırlatışta yerle eşzamanlı yörüngeye tam olarak oturtmak gerçekleştirilse bile uydu çeşitli bozucu etkenler yüzünden bu yörüngeyi uzun süre koruyamaz. Bu etkenlerin başlıcaları şunlardır:

Güneşin çekim alanı yörünge düzleminin yılda yaklaşık 0,27° sapsmasına yol açar. Ayrıca yer, güneş yörüngesi ile ekvator düzlemi arasındaki açı yüzünden 6 ayda bir yinelenen küçük salınımlar görülür. Benzer şekilde ay da uyduyu yörüngesinden saptırıcı etkiler gösterir. Bu kez ay-yer, yer-güneş ve uydu-yer yörüngelerinin üçlü girişimi oldukça karmaşık sonuçlar yaratır. Sonuçta uydu yörüngesinde yılda en çok 0,68° en az 0,48° sapma ile 14 gün ve 18 yıl çevrimli salınımlar görülür. Yerin ekvatordaki kesiti tam bir çember değildir. Bu uydunun doğuya veya batıya doğru kaymasına neden olur. Güneşten ulaşan ışınımın özellikle uydunun geniş yüzeyli güneş panolarına uyguladığı basınç bile ihmal edilemeyecek kaymalara yol açabilir.



Şekil 2. Yörüngedeki uydudan yayın

Tüm bu etkenleri yenebilmek için uydunun gaz ve elektronik tepki motorları ve bunlar için gerekli yakıtla donatılmış olması gerekmektedir.

Gerçekten uyduya yüklenen yakıt kütleli artırdığı için fırlatmada daha güçlü ve o ölçüde pahalı roketler kullanımı gerektirmekte, yakıtın bir düzeyde sınırlandırılması ise uydu yaşam süresini doğrudan etkilemektedir.

2.2. Uydu Tutulması

Güneş yılda iki kez, ekinoks dönemlerinde, ekvator düzleminde geçmektedir. Bu dönemlerde, uydu boy-lamına göre gerçek gece yarısında güneş, yer ve uydu bir doğru üzerinde sıralanmakta ve uydunun güneşi görmesi yer tarafından engellenmektedir. Ay ve güneş tutulmaları gibi buna da uydu tutulması diyoruz. En uzun tutulmalar 72 dakika sürmekte ve 21 Mart ile 23 Eylül günlerinde gözlemlenmektedir. Gerçekte bu günlerden önce ve sonrakine 22 gün içinde gittikçe azalan sürelerde uydu tutulması olmaktadır.

Uydularda yaşamsal işlevler için gerekli birkaç küçük akü dışında, kütleli çok fazla arttırdığından akü dizgeleri bulunmamaktadır. Bu nedenle güneş ışınlarının panolara ulaşımının engellendiği tutulma anlarında uydu enerji yetersizliğinden yayın yapamamaktadır. Yılda 88 gün karşılaşılan, süreleri 1-72 dakika arasında değişen geceyarısı dolayındaki bu kesintiler yayıncılık açısından önemli bir sakıncadır.

2.3. Uydunun Yörüngedeki Konumu

Yerle eşzamanlı yörünge üzerinden belirli bir bölgeye yayın yapacak bir uydu için başlangıçta düşülebilecek en iyi konum yörüngenin o bölge ortasından geçen boylam düzlemini deldiği üst noktadır. Bu konumda uydu yerden en büyük açıyla görünmektedir. Örneğin ekvatordaki bir ülkenin yayın uydusu 90° de yani zenit noktasında olabilir.

Uyduyu istenen hizmet bölgesi orta boylamı yerine daha batıda bir konuma almak yoluyla tutulmanın daha geç saatlerde başlaması sağlanabilir. Batıya doğru kaydırılacak her 1° için 4 dakikalık bir geciktirme söz konusudur. Ekvatora yakın enlemlerde yer alan ülkeler için uydunun batıya kaydırılması önemli bir sorun yaratmaz. Ancak uydu görüş açısının olağan olarak düşük olduğu kutuplara yakın ülkelerde bu kaydırma açığı daha fazla küçültecektir.

Uydu görüş açısının düşük olması özellikle engebeli ülkelerde uyduyu göremiyen bölgeler yaratacağı, atmosfer içinde alınan yayın yolu uzayacağından fazla yağışlı ülkelerde yağmur zayıflamasını artıracacağı için sakıncalıdır.

Görüldüğü gibi uydu konumu seçiminde, doğu sınırı, tutulmadan dolayı yayın kesilmesinin istenen en erken zamana, batı sınırı ise ülke için onaylanabilecek en düşük görüş açısına bağlı olarak belirlenir, örneğin ülkemiz için yayın kesilmesinin en erken 00,30 da başlaması ve ülke ortasında en düşük görüş açısının 30° olması sınır koşullar olarak ileri sürülürse 11,8° doğu ve 5,8° batı boylamları arasındaki yörünge yayı üzerinde herhangi bir nokta seçilebilir. Böylece kullanılabilir yörünge yayı tanımlanmış olmaktadır. Gerçekten ileride de anlatılacağı üzere 1977 Cenevre Planlama Konferansında ülkemiz yayın uydusu için konum olarak 5° doğu boylamı seçilmiştir.

Uydunun yer üzerindeki bir noktaya göre çeşitli konum değerleri temel uzay geometri ve trigonometri kuralları ile hesaplanabilir.

Aşağıda hesap ayrıntılarına girilmeden bazı sonuç eşitlikler verilmektedir.

A, yer üzerinde enlemi $\langle \rangle$, boylamı uydu izdüşüm noktasına göre X olan bir nokta olsun. Bu nokta ile izdüşüm noktası arasındaki en kısa yolu veren uzun çember yayı B eşitlik (1) den bulunabilir.

$$\cos(5) = \cos\langle \rangle \cdot \cos X \quad (D)$$

A dan uyduya bakan çizginin A noktasındaki boylam düzlemi ile yaptığı açığı uydunun azimutu diyoruz. Azimut açısı eşitlik (2) de verilmektedir.

$$\tan\phi = \frac{\tan\lambda}{\sin\theta} \quad (2)$$

Uydu bakış çizgisinin A noktasındaki ufuk düzlemiyle yaptığı açığı uydu görüş açısı olarak adlandırmıştık. Uydu yükseklik açısı da diyebileceğimiz bu θ açısı yine uzay geometriye göre:

$$\tan\theta = \frac{\cos B - \frac{r}{r+h}}{\sin B} \quad (3)$$

r ve h değerleri Çizelge 1'den yerine konursa;

$$t.n 6 = \frac{\cos\beta - 0,151269}{\sin\theta} \quad (4)$$

elde edilmektedir.

A noktası ile uydu arasındaki d uzaklığı

$$d = \frac{35786}{1+0,41999(1-\cos\theta)} \quad (5)$$

eşitliği ile bulunabilir.

2.4. Kapsama Alanı

Yeryüzündeki küçük bir alana çok dar açılı bir ışınla yayın yapan bir uydu Şekil 2'de görülmektedir. Uydunun tam tepede olmadığı, yani 6 uydu görüş açısının 90° den küçük olduğu (hemen her zaman böyledir) durumlarda ışın koniğinin yeryüzündeki teğet düzlemle yaptığı kesit bir elipstir. B alanı d uzaklığına göre yeter ölçüde küçükse bu alan içindeki küre yüzeyini teğet düzlemle çakışık kabul edebiliriz. Kaynaklarda ayrıntılı olarak gösterildiği üzere çembersel dik kesitli, 6 gönderme açılı bir çok dar ışının yeryüzündeki "ayak izi" olan elipsin yarı küçük eksenini b, yarı büyük eksenini a ise,

$$b = d \cdot \tan\theta$$

$$a = \frac{b}{\sin(8-\theta)} \quad (6)$$

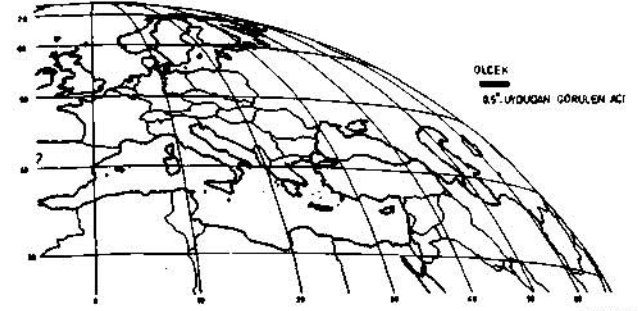
bağıntıları bulunmaktadır.

Bu duruma göre yeryüzünde çembersel bir ayak izi için ışın dik kesitinin elips olması gerekmektedir.

Gerçek kapsama alanının büyük olduğu hallerde alanı düzlem kabul etmek olanaksızlaşır ve ayak izi artık elips değildir. Bunun tam olarak hesaplanması oldukça karmaşıktır, özellikle belirli bir hizmet alanına yönlenecek ışının boyutlandırılması çok daha karmaşık bir şekil alır ve çözüm için bilgisayar kullanmak gerekir.

2.4.1. Işın saptama yöntemleri

Yerle eşzamanlı yörüngenin 0° boylam konumundan Avrupa'nın görünüşü bilgisayarın çizdiği şekliyle Şekil 3'de örnek olarak verilmiştir. İstenen ül-



Şekil 3. 0° uydu konumundan görünüş

Keyi kapsamak için gereken en dar açılı ışının saptanmasına önce ülkeyi tanımlıyacak bir dışbükey çokgen çizilerek başlanır. Bu çokgenin köşeleri ülke sınırlarında seçilmiş uç noktalar, örnek olarak Türkiye'yi tanımlıyacak böyle bir çokgenin köşe koordinatları Çizelge 2'de verilmiştir.

Bölge Adı	Enlem	Boylam
Kırklareli	42,0	28,0
Meriç (Enez)	41,9	26,0
Çeşme (İzmir)	38,3	26,2
Datça (Muğla)	36,6	27,3
Kaş (Antalya)	36,2	29,5
Hatay	36,0	36,0
Semdinli (Hakkari)	37,2	44,6
Aras (Ağrı)	39,7	44,8
Posof (Artvin)	41,5	42,7
Sinop	42	35

Çizelge 2. Türkiye'yi çevreleyen çokgen

İkinci aşama, bilgisayar veya diğer hesaplama araçları kullanılarak çizilen bu çokgeni içine alacak en küçük boyutlu elipsi bulmaktır. İlk yaklaşım olarak elipsin merkezi çokgenin ağırlık merkezine alınır. Daha sonra peşpeşe yaklaşımlarla elipsin eksenleri ve azimutu saptanır.

Şekil 3'de örneği verilen harita gerçekte yerin, tam uydu altındaki noktadan geçen teğet düzlemi üzerindeki izdüşümünü göstermektedir. Bu düzlem üzerinde elips kesiti veren ışının uydudan gönderme açılarını hesaplanması bir sonraki adımdır. Artık bu adımda uydu konumunun bilinmesi ön koşul olmaktadır. Konum bilinmiyorsa çeşitli olasılıklar için ayrı ayrı hesap yapmak gerekir.

Işın açıları hesaplandıktan sonra uyduyu yerinde tutma, ışın yönlendirme kusurları gibi toleransları içine alacak şekilde büyütme gerekir. Bugün ulaşılan düzeyde her yöne 0,1' eklenmesiyle bu tolerans sağlanabilmektedir.

Aşağıda örnek olarak Türkiye için en küçük boyutlu kapsama elipsini sağlayan ışının 4 ayrı yörünge konumuna göre hesaplanmış sonuçları verilmektedir.

2.5. Uydu Yapısı

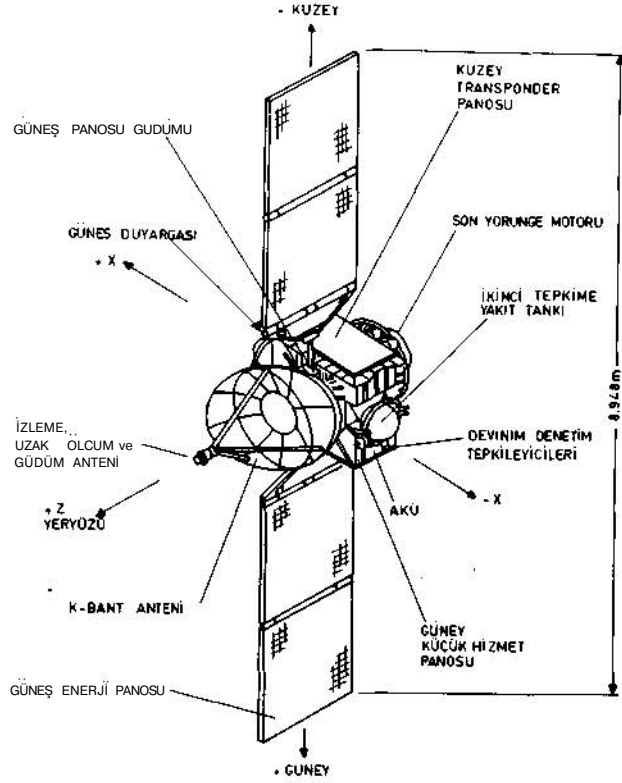
Yukarıda yörünge ve konum ayrıntılarını verdiğimiz yayın uydusunun başlıca bölüm ve parçaları üzerinde kısa bilgiler vermeye çalışalım. Uyduyu işlevsel yapı bakımından üç bölüme ayırabiliriz. Birinci bölüm hizmet bölümü diyebileceğimiz uydu yörüngede kararlı tutan, devinimlerini düzenliyen, dengeliyen kimyasal veya elektrik tepki motorlarını, devinim dizgelerini, yakıtı ve aküleri barındıran bölümdür. İkinci bölümde uydunun ana görevini yerine getiren transponderler, vericiler, alıcılar, bilgisayarlar vb. tüm elektronik donatım yer alır.

İşlevi gereği hizmet donatımının bir parçası olduğu halde yapısal özelliği nedeniyle güneş enerji panolarına tüm antenler ve duyargalarla birlikte çatı dediğimiz üçüncü bölümde yer vermektiriz.

Şekil 4'de yörüngeye oturtulması 1978 Şubat ayı için planlanmış bulunan Japon BSE uydusu görülmektedir. Şekilden de anlaşıldığı gibi güneş enerji panoları ve antenlerin bulunduğu çatı bölümü uydunun yüzey ve hacim olarak en büyük kısmını oluşturmaktadır.

a) Güç Kaynağı:

Doğrudan alışı olarak verecek düzeyde 4-5 kanaldan TV yayını yapacak bir uydunun kapsama alanına



Şekil 4. BSE uydusunun yörüngedeki görünümü

göre 3 kW veya daha fazla enerji gereksinmesi vardır. Kaynak olarak düşünülebilecek güneş hücreleri, nükleer reaktörler, hücreyel yakıtlar, termoelektrik eklemeler ve termiyonik hücrelere fiyat, kütle ve güvenilirlik açılarından baktığımızda günümüzde en uygun kaynağın güneş hücreleri olduğunu görürüz. P üzerinde N tipi elemanlı hücreler uzay uygulamalarında en çok kullanılan tiplerdir. Bu hücrelerin fotovoltaiik çevinik verimi kuramsal olarak Z 25 olduğu halde ortalama 7. 10-12 dolaylarındadır. Hücrelerin dizili bulunduğu panolar fırlatma sırasında katlanmış veya bir tambur üzerine sarılmış durumdadır. Uydu yörüngeye oturtulduktan sonra panolar açılarak normal şeklini alır. 3 eksen dengeleme yöntemi kullanılan uydularda en yüksek verim için panolar bir güdüm dizgesi aracılığıyla sürekli olarak güneşe dönük tutulur. Şekil 4'de görülen BSE uydusunda herbiri katlanabilir ikişer panodan

Uydu Konumu (Boylam)	Elips Merkezi		Işın Açılıarı		Azimut Açısı Kuzeyden Doğuya
	Enlem	Boylam	Küçük Eksen	Büyük Eksen	
5 Batı	38,96	34,2	0,92	2,36	101
0	38,96	34,35	0,96	2,48	101
5 Doğu	38,96	34,48	1,02	2,62	102
10 Doğu	38,96	34,60	1,10	2,66	106

Çizelge 3. Türkiye için çeşitli ışın boyutları

oluşan 2 güneş hücreleri kanadı vardır. Açılmış durumda yüzeyi 9,6 metrekare tutan bu kanatlar uydu ömrü başında 940 W enerji üretebilmektedir. Tüm enerji sistemi için ilginç bir ölçü de sistemin ağırlığıdır. BSE için bu değer 24 V/kg'dır 1980'lerde bu değerin 40-55 W/kg'a ulaşabileceği umulmaktadır.

Güneş panolarının verimi çevre şartları yüzünden devamlı olarak düşer. Bu şartlar arasında parçacık radyasyonu, güneş patlaması, proton radyasyonu, morötesi radyasyon, mikrometeorlar ve tutulma dönemlerindeki ısı salınımları en önemlilerdir. Deneyler üretimin ilk günlere kıyasla 3'üncü yılda yaklaşık % 85'e ve 10 yılda da % 75'e düşüğünü göstermiştir.

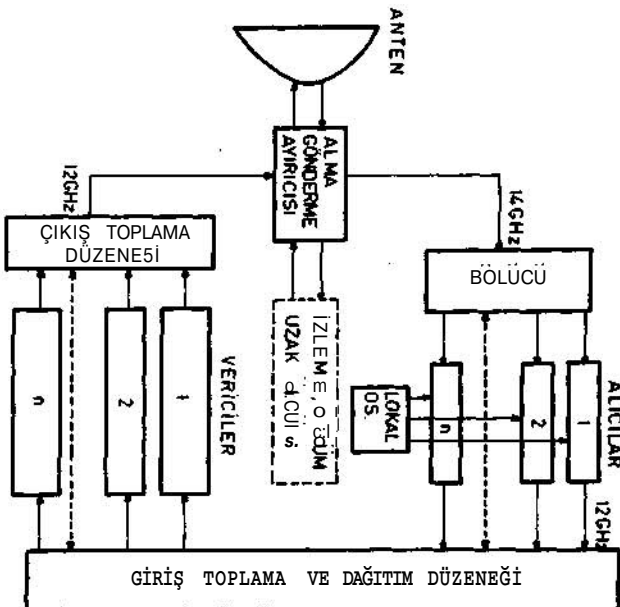
Tutulma süresinde uydu yerin gölgesinden geçerken güneş panoları enerji üretemeyeceklerinden, uydunun yaşamsal bazı işlevleri için akü bulundurmaya zorunludur, örneğin BSE uydusunda 4'er hücreli 3 grup nikel-kadmiyum akü bulunacaktır.

b) Yayın Elektronikleri:

Yeryüzünden gönderilen yayınları alıp gerekli sıklık çevirmeleri ve güç kazancı uygulayarak yeniden yeryüzüne yayınlayan ana donatım elemanlarına transponder adı verilmektedir. Yayın kanalı başına en az bir adet olarak uyduda bulunacak bu aygıtların yanısıra güç bölme ve dağıtma; bağlantı, anahtar lama devreleri gibi düzenekler de bulunur. Ayrıca özellikle klistron veya yürüyen dalga lambası kullanan verici kısımlarında güvenilirliği artırmak için yerden verilecek komutla veya otomatik olarak devreye girebilecek yedek birimler bulundurmaya zorunludur. Şekil 5'de bir yayın donatımı örneği görülmektedir.

c) Antenler:

Kapsama bölgesine ve uydu amacına bağlı olarak bir veya daha fazla yüksek kazançlı parabolik



Şekil 5. Uydu yayın elektronikleri öbek çizimi

yansıtıcı boynuz anten kullanılır. Genellikle 1,2-2 m. arasında değişen anten çapının ilerideki uygulamalarda 5 metre dolaylarında olacağı düşünülebilir (ATS-6 uydusunda parabol çapı 9-14 metre idi). Böyle bir antenden 12 düz bandında umulan kazanç 37-44 dB arasında değişmektedir, ileride antenler daha ayrıntılı olarak incelenecektir.

Ağırlık ve boyutlar uydu için çok önemli olduğundan tek parabolik yansıtıcıya birkaç besleme uygulayarak anteni çok amaçlı olarak kullanmak yaygın bir yöntemdir.

d) Uzakölçüm, İzleme ve Komuta Alt Dizgesi:

Bu dizge kendi bandında antenleri, alıcı ve vericileri, çözücülerini, bant değiştirmeyi sağlayan çeviricileri, bilgi işlemcileri vb. donatıma içerir.

e) Uydu Tavır Denetim ve Güdüm Alt Dizgesi:

Yukarıda yörünge bölümünde uyduyu etkileyen istenmeyen güçlerden söz edilmişti. Burada incelediğimiz alt dizgenin görevi uydu yörüngesini, yörünge üzerindeki konumunu ve anten ışınlama yönünü korumak ve gerekli düzeltmeleri yapmaktır. Enerji panolarını sürekli güneşe çevrili tutmak için gereken güneş duyargası, yeryüzü ufuk çizgisindeki kızılaltı radyasyonu duyararak antenleri istenen bölgeye yönelmiş durumda tutan yer duyargası, yahut bu sonuncunun yerine yeryüzünde kapsama bölgesinin ortasından gönderilen "monopulse" dalgasının geliş açısını ölçebilen duyarga, 3 eksen jiroskop tekerlekleri bu dizgenin parçalarıdır.

f) Isı Denetim Alt Dizgesi:

Uydunun fırlatma, geçiş yörüngesi ve yerle eşzamanlı yörünge üzerindeki tüm aşamalarında tüm donatımları tasarım sınırları içinde tutmak için gereken bu dizge, yalıtım örtüleri, kaplamalar, ısı iletim boruları, ısıtıcılar, termostatlar vb. parçaları içerir.

g) Son Yörünge Motoru:

Yerle eşzamanlı yörünge uyduları yörünge üzerindeki yerlerine iki aşamada oturtulmaktadır. Taşıyıcı roket uyduyu önce en yüksek noktası (apogee) yerle eşzamanlı yörüngeye teğet olan eliptik bir geçiş yörüngesinde bırakır. Uydunun bu yörünge üzerinde en yüksek noktadan ikinci veya üçüncü geçişinde son yörünge motoru (Apogee Kick Motor) bir kez için ve belirli bir süre ateşlenerek uyumlu yörüngeye oturma sağlanır. Taşıyıcı roket görevini çoktan tamamlayıp ayrıldığı için bu motor uydunun bir parçası olarak tasarlanmak durumundadır. Motor katı yakıtla çalışmaktadır.

h) İkinci Tepkime Alt Dizgesi:

Yukarıda uydu tavır denetim ve güdüm dizgesinden aldığı komutlara göre geçiş yörüngesi aşamasında veya son yörünge motoru görevini tamamladıktan sonra gereken ilk yönlendirme, konum koruma, saptamaları düzeltme ve uydu yaşam süresince jiroskop tekerleklerindeki fazla momenti emme veya ters moment uygulama görevlerini yapan bu alt dizgenin

ana parçaları, defalarca ateşlenebilen bir tepki motoru, yakıt tankı, yakıt açıp kapama düzenekleridir. Bu motor genellikle hidrazin adı verilen sıvı yakıtı kullanır.

Yukarıdaki tüm donatımın bir uydu için ağırlık, enerji gereksinmesi ve güvenilirlik açılarından önemi hakkında fikir verebilmek için BSE uydusu için bilinen bu değerler örnek olarak aşağıda Çizelge 4'de gösterilmiştir.

	Ağırlık kg	Ortalama Güç Watt	Umulan Güvenilirlik (3 yıl sonunda)
Mekanik çatı	76,7	--	0,999
Uziletişim	62,5	626,4	0,852
K-bant anteni	7	--	--
İzleme, uzakölçüm ve güdümler	10,6	29,5	0,968
Güç kaynağı	72,6	11,3	0,994
Tavır denetim	26,7	22,4	0,902
Isı denetim	22,3	29,5	0,999
Son yörünge motoru	344,4	--	0,996
İkinci tepkime	47,8	--	0,984
Safra	2,5	--	--
TOPLAM	673,1	719,1	0,725

Çizelge 4. BSE uydusu ile ilgili ayrıntılar

2.6. Roketler, Fırlatma Araçları

Günümüzde uziletişim ve yayın uydularını fırlatmada kullanılan roketlerin seçimi aşağıda sıralanan etkenlere göre yapılmaktadır:

- Araç tarafından taşınabilecek en büyük uydu boyutları ve kütlesi,
- Yörüngeye oturtmada zamanlama,
- Fırlatma ücreti.

Aşağıda Çizelge 5'de bilinen bazı fırlatma araçları sıralanmıştır.

Adı	Yörüngeye Koyabildiği rük kg.	Araç ve Fırlatma ücreti (Yaklaşık)
Thor-Delta 2914	350	15 milyon dolar
Thor-Delta 3914	455	20 " "
Atlas-Centaur	900	25 " "
Titan III C	1450	40 " "
Arlanne (1979'dan sonra)	800	25 " "

Çizelge 5. Bazı uudu fırlatma araçları

Yakınlarda fırlatılmış olan ülkelerarası uziletişim uyduları Atlas-Centaur aracını kullanmışlardır. Küçük uydular için SSCB dışında bilinen en ucuz araç Delta 2914'tür. Japon BSE uydusunun aynı tip bir araçla yörüngeye oturtulması planlanmıştır. Titan III C'nin daha ne kadar süre ile kullanılacağı bilinmemektedir. Ashında Arienne dışındaki diğer roketlerin 1980-1991 döneminde çokça kullanılacakları şüphelidir. NASA (ABD) tarafından geliştirilmekte olan Uzay Mekiği adlı aracın yerle eşzamanlı yörüngeye uydu taşıma özelliği sağlanmış birçok aracın yerini alabileceği sanılmaktadır.

Arienne aracı Avrupa Uzay Ajansı (ESA) yönetiminde 10 üye ülkeden 50'den fazla şirketin katılımı

ile geliştirilmektedir. Günümüze kadar geliştirme için harcanmış bulunan yaklaşık 400 milyon doların % 60'dan fazlası Fransa, % 20'yi aşan bir kısmı Federal Almanya tarafından karşılanmıştır. Bu nedenle Arienne bir Franko-Alman roketi olarak bilinmektedir. Geliştirme tamamlandıca her bir aracın yaklaşık 25 milyon dolara malolacağı umulmaktadır. Roketin Atlas-Centaur'a göre üstünlüğü tek atımda 2 ayrı uyduyu yerle eşzamanlı yörüngeye oturtabilmesidir. Arienne'nin deneme uçuşlarının ilki (LO2) Aralık 1979'da Geos uydusu ve Amsat Amatör Radyoculuk uydusu ile, ikincisi (LO3) Mayıs 1980'de Meteosat ve Hint araştırma uydusu APPLE ile gerçekleştirilecektir. Aracın dördüncü ve son deneyi olarak 1980 Ekim ayı için planlanan Ağır Avrupa uydusu denilen ve tüm Avrupa için aynı zamanda doğrudan yayım deneylerinde kullanılacak olan Heavysat uydusu yörüngeye konacaktır.

SSCB'de bu amaçlar için kullanılacak araçlarla ilgili olarak elde bilgi bulunmamaktadır. Ancak Eylül 1976'da Kyoto-Japonya'daki bir seminerde aynı sığadaki araçlar için Sovyet araç ve fırlatma giderlerinin yaklaşık X/5 daha düşük olduğu belirtilmiştir.

Bu arada Japonya ve İngiltere'nin uydu fırlatımında kullanılacak araç geliştirme üzerinde büyük bir hızla çalışmakta olduklarını belirtmemiz gerekmektedir.

3. 12 GHz'de YAYILMA (PROPOGATION)

Uydunun fiziksel yapısı hakkındaki önemli ayrıntılara kısaca göz attıktan sonra 12 GHz bandındaki dalga yayılımı özelliklerini, bu bandın uydulardan yapılacak yayımda kullanılması açısından ele alacağız.

Başlangıç olarak iyi bilinen radyo uziletişim bağıntısından yola çıkmaktayız. Yeryüzünde bir alıcının girişindeki güç dB olarak

$$P_a = P_v + K_{vm} + K_{am} + V + A + Y + L \quad (1)$$

eşitliğiyle verilir. Burada

P_v : Verici aygıt çıkış gücü

K_{vm} : Verici anten maksimum izotropik kazancı

K_{am} : Alıcı anten maksimum izotropik kazancı

V : Verici anten eğrilerinden, yayım yönünde göreceli kazanç

A : Alıcı anten eğrilerinden, yayım yönünde göreceli kazanç

Y : Serbest uzay yayılma kaybı

L : Diğer tüm kayıplar.

Eşitlikte V , A , Y ve L değerleri eksi işaretlidir.

Uydudan yayınlanan gücün en çok olduğu yönde kuramsal iki kutuplu yarım dalga antenine göre aldığı değere etkin izotropik yayılım gücü (eirp) diyoruz. Yukarıdaki eşitlikte

$$P = P_v + K_{vm} + V \quad (8)$$

olarak gösterilebilir.

Serbest uzay yayılım kaybı diye adlandırdığımız Y değeri elektromagnetik dalganın yaklaşık 36.000 km uzay boşluğunda uğradığı kaybı gösterir.

Bu kayıp

$$Y = 10 \log \frac{\lambda^2}{16\pi^2 d^2} \quad (9)$$

bağıntısı ile hesaplanır. Burada X dalga boyu, d ise uydu-alıcı arası uzaklıktır. 5° doğu boylamındaki bir yayın uydusu ile ülkemiz ortasında bir nokta arasında bu kayıp 12 GHz'de 205,8 dB olmaktadır.

Eşitliğimizde L ile gösterilen diğer tüm kayıplar aşağıda sıralanmıştır.

a) Gazlardaki yutmadan dolayı atmosferik kayıplar

Atmosferden geçen radyo dalgaları özellikle oksijen ve su buharı gibi gazların yutma etkisi altındadırlar. Zayıflamanın değeri bağıl nem, sıklık, uydu yükseklik açısı ve denizden yüksekliğe bağlıdır. Su buharı yutması 22,180 ve 320 GHz'de rezonans tepelere ulaşır. Oksijenin 60 ve 120 GHz'de iki geniş tepe yapan yutma özelliği vardır. Bunların tümü 12 GHz'den çok ötededir. Ancak yükseklik açısının 10° den küçük olduğu durumlarda dikkate alınabilir. CCIR raporlarında yer alan eğrilerle göre Türkiye için bu kayıp 0-12 dB olmaktadır.

b) Yağmur etkisi

Yağmurdan dolayı kayıplar damlaların içinde enerji yutulması ve dağılma yüzünden olur. Bu kayıplar yağış miktarı, yağış hızı, damla büyüklüğü, uydu yükseklik açısı, yağış sütununun genişliği, dalga sıklığı vb. etkenlere bağlıdır.

c) Bulutlar ve sis yüzünden zayıflama

Bu da yağmur zayıflaması gibi bulut içindeki su ve buz parçacıklarındaki yutulmalar yüzünden olur.

d) Troposferde kırınım, solma ve skintilasyon

ATS-6 uydusuyla yapılan denemeler 20 GHz için birtakım bulgular vermiştir. Ancak 12 GHz bandında yeterli bilgi yoktur. Yine de en kötü ayın % 99,9'unda iyi alış için 1 dB'den az bir kayıp olacağı kanısına varılabilmektedir.

e) İyonosferde Faraday dönmesi

İyonosferden geçen elektromagnetik dalganın kutuplanma yönü değişir. 1 GHz'de 150° kadar olabi-

Yüktekiik Açısı (Derece)	Zayıflama (dB)	
	En Kötü Aym % 99'u için	En Kötü Ayın % 99,9'u için
5	6,6	14,2
10	4,6	9,5
15	3,2	7,2
20	2,4	6,2
25	2,1	5,6
30	1,7	5,2
35	1,6	4,9
40	1,5	4,8

çizelge 6. 12 GHz'de atmosferik zayıflama

len bu dönme 6 GHz'de 1° ye düşer. Bu nedenle Faraday dönmesinin 12 GHz'de önemli bir etkisi yoktur.

Bilinen bazı eşitlikler ve daha çok yapılmış olan radyometrik gözlemlere göre bulunmuş toplam atmosfer kaybı değerleri Avrupa için aşağıda Çizelge 6'da verilmiştir.

Yukarıdaki kayıpların yanısıra özellikle su damlaları içinden geçen dalgalar kutuplanma bozulmasına uğrarlar, yani normal kutuplamaya dik yönde zayıf bir bileşen ortaya çıkar.

Son olarak kozmik gürültü, insan yapısı gürültü ve atmosferik gürültüler alıcı girişinde çok düşük düzeyde de olsa eklenen güçler olarak dizgeyi etkilerler.

4. ANTENLER

Bu kısımda önceden yapısına kısaca değindiğimiz verici ve alıcı antenlerin özellikleri ve hesaplarına giren değerleri ele alınacaktır. İstenen yayın güçleri ile istenmeyen bozucu alış ve veriş güçlerinin hesaplanmasında antenin yayın yönündeki en çok kazancı, eş kutupsal veya dik kutupsal bağıl kazançları (diagram), hizmet bölgesi kenarındaki AG bağıl kazanç değerleri kullanılır.

a) Verici Anten:

Bir eliptik ışın için eksen doğrultusundaki en çok kazanç

$$K_{vm} = \eta \frac{k^2 (180)^2}{w_o v_o} \quad (10)$$

eşitliği ile verilmektedir. Burada;

n: anten verimi, Z 55

k: yansıtıcı ısınma ve yapı katsayısı

w ve v : eliptik ışının -3 dB için sırayla büyük ve küçük eksen açılarıdır.

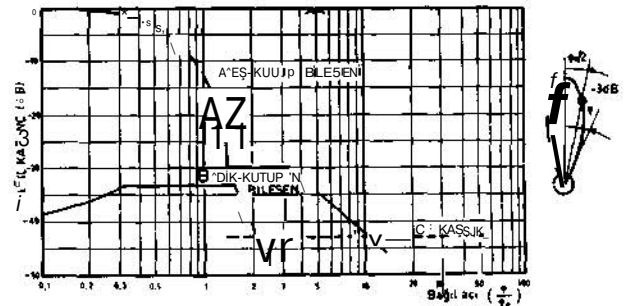
Planlamada kullanılan şekliyle bu eşitlik

$$K_{vm} = \frac{27843}{w_o v_o} \quad (11)$$

veya dB olarak

$$K_{vm} (dB) = 44 + 44 \log_{10} \frac{1}{w_o v_o} \quad (12)$$

şekliyle kullanılır.



Şekil 6. Verici anten bağıl kazanç eğrileri

Verici antenin bağıl güç örüntüleri (antenna pattern) yine planlama konferansında değiştirilmiş şekliyle Şekil 6'da gösterilmiştir. Burada yeralan eğriler kısım kısım aşağıdaki bağıntılarla gösterilebilir.

A eğrisi: Eş-kutup bileşeni

$$0 < -\frac{\phi}{\phi_0} - \cdot f \quad 1,58 \text{ için } V = -12 \left(\frac{-\phi}{\phi_0} \right)^2$$

$$1,58 < -\frac{\phi}{\phi_0} < 3,16 \text{ için } V = -30$$

$$3,16 < -\frac{\phi}{\phi_0} \text{ için } V$$

$$= - [17,5 + 25 \log_{10} (-|\phi - a|) \quad (13)$$

C eğrisini kestiği yerden sonra C ye göre

B eğrisi: Dik-kutup bileşeni

$$0 < S - |\phi| < 0,33 \text{ için } V_x = -(40 + 40 \log_{10} |4 \frac{\phi}{\phi_0} - 1|)$$

$$0,33 < 4 \frac{\phi}{\phi_0} < 1,67 \text{ için } V_x = -33$$

$$1,67 < 4 \frac{\phi}{\phi_0} \text{ için } V$$

$$= -(40 + 40 \log_{10} \frac{1}{4} \frac{JL}{\phi_0} - 1) \quad (14)$$

C eğrisini kestiği yerden sonra C ye göre

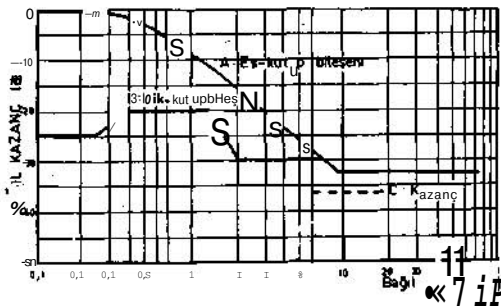
C eğrisi: Eksen kazancı (eksi olarak)

Uydu dizge hesaplarının yapılmasında kullanılan eşitlik (7) de K[^] ve V değerleri bu eğrilerden bulunur.

b) Alıcı Anten:

Yine parabolik yansıtıcıları olan alıcı antenler için hesaplamada temel olmak üzere aşağıdaki bilgiler ve eğriler saptanmış bulunmaktadır.

Planlama amaçları için bireysel alıştır en düşük alıcı anten çapı olarak yarı güç ışın açısı 2° olan bir anten düşünülecektir. 12 GHz için bu değer yaklaşık 90 cm yansıtıcı parabol çapını karşı-



Şekil 7. Alıcı anten bağıl kazanç eğrileri

lamaktadır. Toplu alış için bu değerler sırasıyla 1' ve 160 cm olmaktadır.

Şekil 7'de, saptanan eş-kutup ve dik-kutup bağıl güç örüntüleri verilmektedir.

Anten besleme düzeneği doğrudan ışınmalı veya Cassegrain tipinde olabilir. Alüminyum veya iletken kaplanmış plastik vb. döküm yansıtıcılar kullanılabilir. Yönlendirme ve bağlama düzeneğinde hoşgörü 0,5° olacaktır. Bir Japon firmasınca geliştirilmiş bir alıcı anten ile ilgili bilgiler aşağıda Çizelge 7'de örnek olarak verilmiştir.

Tip	SA 1010 P
Çap	1 m.
Sıklık bandı	11,7 - 12,2 GHz
Kazanç	39,6 dB
Yarı güç ışın açısı	1,6°
ön arka oranı	50 dB
Kutuplara	doğrusal
Ağırlık	7 kg.
Rüzgar hızı	60 m/sn.
Ortam sıcaklığı	(-40°)-(+ 60°)

Çizelge 7. Pletcher alıcı anten standart değerleri

5. BİNDİRİM (MODULATION)

Uydu yayıncılığında kurumsal olarak genlik, sıklık veya evre kaydırmalı anahtarlar bindirimlerinden birisinin kullanılabilmesi düşünülebilir. Ancak kolaylığına karşın şu nedenlerle genlik bindirimi yeğlenmemektedir:

a) Uyduda gereken güç diğer bindirim türleri için gerekenden çok fazladır.

b) Alıcı yerel salıngacında gereken kararlılığı sağlamak çok güçtür.

c) Daha az bant genişliğinde kanallar kullanılabilirdiği halde eş-kanal koruma oranı 50 dB dolaylarında olacağından 30 dB eş-kanal korunmasının yeterli olduğu sıklık bindirimli dizgeye kıyasla, aynı kanalın tekrar kullanılma olanağını kısıtlı-yacak ve sonuçta genlik bindirimli dizgede aynı sayıda program için gereken bant genişliğinin yaklaşık 5/3 oranında arttığı görülecektir.

Evre kaydırmalı anahtarlar, sıklık bindirime kıyasla uyduda biraz daha az güç gerektirmektedir. Buna karşın bant genişliğinde ve taşıyıcı/gürültü oranı gereksinmesinde artma söz konusudur. Ayrıca sıklık bindirimine göre alıcılar ve tüm donatım daha karmaşık ve pahalıdır.

Görüldüğü gibi yayın uyduları için sıklık bindirimi (SB) uygulaması en uygun yöntem olmaktadır. Planlamada temel olarak alınan dizge şöyle tanımlanmaktadır: Sıklık bindirimli ses imi ile görüntü imi birleştirilir, görüntü-ses'ten oluşan bu im daha sonra 12 GHz'deki taşıyıcıya yüklenir. Ayrıca CCIR Eec. 405'e göre ön vurgulama uygulanacaktır. 625 çizgili dizgeler için gereken bant genişliği 27 MHz, uygulanan ön vurgulamada alçak sıklıkta zayıflama 11 dB, yüksek sıklıkta (6 Miz) yükseltme 2,7 dB ve eğrinin 0 dB den geçiş sıklığı 1,512 MHz olacaktır.

Bir ses kanalı eşliğindeki görüntü imi yayınlayan bir TV kanalı yerine başka düzenlemeler de düşünülebilir, örneğin, TV kanallarından birisini radyo yayını için ayırmak söz konusu olursa kuramsal olarak düşünülebilecek yöntemler içinde şimdilik en uygun görüneni SB/SB çoklama (*multipleks*) yöntemidir. Burada birçok SB'li alt taşıyıcılar bir taşıyıcıya SB uygulamaktadır. Ayrıca gelecekte çeşitli sayısal çoklama yöntemleri geliştirilebileceği kuşkusuzdur.

Düzenleme türü ister şimdilik olası gibi görünen 16 bağımsız ses kanalı, isterse 8 stereo ses kanalı yahut bir başkası olsun grubun yayın gücü, bant genişliği, koruma oranları vb. tüm gereksinme planlamasının temel olarak aldığı TV kanalı için geçerli değerlere uygun olacaktır.

6. YAYIN NİTELİĞİ

Ekranda izlenen TV yayınının niteliğini saptamada CCIR tavsiyelerine göre çok iyi (5) ile çok kötü (1) arasında değişen bir ölçek kullanılır. İzleyici bireyin algı yeteneği ve anlayışına göre değişebildiği için bu ölçek nesnelidir. Yine de çok sayıda bireyin yapacağı değerlendirmenin ortalaması ile bulunacak bir ölçü izlenen yayının niteliği hakkında doğru fikir vermektedir. Bu ölçüden yola çıkarak yayında gereken im/gürültü oranını veren ampirik eşitlikler türetilmiştir. Genel olarak oran 35 dB üzerinde ise ölçekte yaklaşık 4 değerinin karşıtı olan, iyi nitelikte, gürültüsü az/belirgin ve rahatsız etmeyen bir alış sağlanabilir.

Uyduda sıklık bindirim yöntemi uygulanacağından taşıyıcı/gürültü oranı da önemli olmaktadır. Bu oran için planlama değeri en kötü koşullu ayda zamanın % 99'u için en az 14 dB olarak saptanmıştır.

Ayrıca uyduya yerden program ileten linkteki ısısal gürültünün yayında 0,5 dB gürültü artması yarılabileceği gözönünde tutulacaktır.

6.1- KORUMA ORANLARI

Yayın niteliğini bozan diğer bir önemli etken, aynı sıklıkta veya yan kanalda bulunan başka imlerdir. Bozucu nitelikteki bu imlerin izlenen yayına göre belirli bir düzeyin altında olması gerekir, izin verilebilecek en az fark değerine koruma oranı diyoruz. İncelediğimiz uygulamada eş kanal koruma oranı tek bozucu im için en az 35 dB, tüm bozucu imler toplam olarak en az 31 dB olarak alınmıştır. Bu değerler sıklık bindirimli ve tepeler arası sapmanın 12 MHz olduğu dizgeler için geçerli olup, 4,6 ilk çok iyi ile iyi arası nitelik ölçüsünde yayın sağlamaktadır. Bozucu imin eş kanallı olmadığı durumlarda farklı koruma oranları gerekir. İstenen yayın taşıyıcısının ± 10 MHz alanında 35 dB olan oran ± 35 MHz de doğrusal eğimle 0 dB'ye düşer. Buna göre yan kanallar için gereken eşdeğer koruma oranı 15 dB'dir.

6.2. ALICI DUYARLILIĞI

İleride alıcı düzenekleri üzerinde ayrıntılı olarak ayrıca durulacaktır. Bu aşamada uydu dizge hesaplamaları için gerekli olan duyarlılık sorununu

incelemek gerekiyor.

Bir uydu dizgesini planlarken, uyduda kurulacak yayın gücünün saptanmasında, kuşkusuz kullanılacak alıcı donatımının başta duyarlılık olmak üzere birçok belirginlikleri hesaba alınmalıdır. Alıcı girişindeki gürültü sıcaklığı (veya gürültü katsayısı), alıcı anten kazancı, anten yönlendirme kusurlarından doğan eşdeğer kayıp, antenle alıcı arasındaki Dağılantı kaybı, eskime kayıpları gibi verilerin tümünü tek bir veri olarak elde etmek üzere "*figure of merit*" kavramı türetilmiştir. Biz yazımızda buna, belirli bir çeviri yanlışlığını göze alarak "beceri değeri" diyeceğiz. CCIR Rep. 473'de bu değer aşağıdaki eşitlikle verilmiştir.

$$\text{Beceri} = \frac{G}{T} = \frac{a \cdot b \cdot K_{am}}{a \cdot T_a + (1-a)T_0 + (n-1)T_0} \quad (15)$$

Burada;

- a : Toplam bağlantı kayıpları
- b : Toplam anten yönlendirme ve eskime kayıpları
- T_a : Antenin etkin sıcaklığı (genel olarak 150° Kelvin alınabilir)
- T₀ : Dayanak sıcaklık (290° Kelvin)
- n : Alıcının gürültü katsayısı

Eşitlikteki a.b.K_{am} ve n değerleri güç oranları türündendir.

Planlama için saptanan beceri değerleri ise aşağıdaki gibidir.

Bireysel alış dizgeleri için G/T= 6 dB/Kelvin
Toplu alış dizgeleri için G/T= 14 dB/Kelvin

örnek olarak, becerisi 6 dB/K olan bir alıcı düzeneği 90 cm çapında bir anten, 0.5 dB bağlantı kaybı, 1 dB eskime kaybı ve 6.5 dB gürültü katsayısı olan bir alıcı ile sağlanabilecektir.

6.3. KUTUPLAMA (POLARIZATION)

Bir antenden yayılan elektromagnetik dalganın elektrik vektörü ve yayılma yönü belirli bir kutuplama yaratır. Bu iki vektör bir düzlem içinde sabit kalıyorsa doğrusal, eğer elektrik vektörü yayılma doğrultusu çevresinde bir yönde dönüyorsa çembersel kutuplama diye adlandırıyoruz. Her iki türde de birbirini zararlı olarak etkileyebilecek iki yayın ters kutuplama uygulamasıyla gerekli korunma oranlarını sağlayabilirler. Şekil 6 ve 7' de yer alan anten kazanç eğrilerine yeniden göz atacak olursak sağlanabilecek bu ek korumanın yayın yönünün 1° sınırı içinde verici anten için 33 dB, alıcı anten için 20 dB kadar olabildiğini görürüz. Doğrusal kutuplamada terslik iki kutuplama düzleminin birbirine dik olmasıyla gerçekleştirilir. Çembersel kutuplama için bir yayının elektrik vektörü saat dönme yönünde alınırsa korunacak diğer yayında bu yönün tersine dönen elektrik vektörü kullanmak gerekir.

Her iki yöntemin sağladığı yararlar birbirine çok yakındır. Birini diğerine üstün kılan ayrıntılar az çok dengelidir. Kısaca özetlemek gerekirse çem-

bersel yöntem alıcı verici antenlerin karşılıklı uyumu bakımından daha iyi sonuç verdiğinden zararlı ters kutup bileşenlerine karşı daha iyi korunma sağlamaktadır. Buna karşılık özellikle alıcı girişinde karmaşık düzenlemeler gerekmekte ve maloluştta artma görülmektedir.

Sonuçta, planlamada ilke olarak çembersel kutuplama kullanılması kabul edilmiştir. Bu deyim vektörün dönmesinin eliptik olma durumunda da geçerlidir.

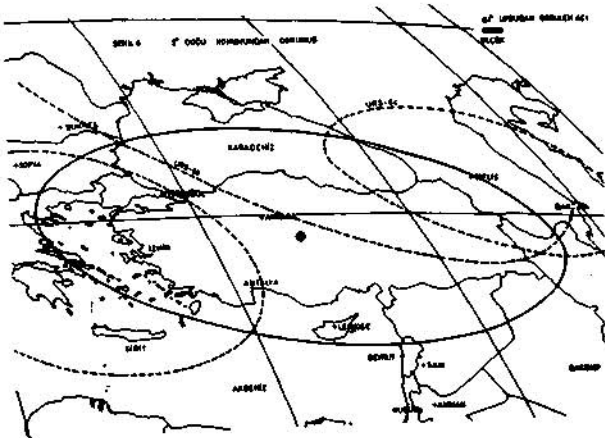
6.4. YAPAY ENERJİ YAYMA UYGULAMASI

İlgilenilen bant aynı zamanda yüzeysel ve yerel uziletişim dizgeleri ile paylaşılacağından 4 kHz bant genişliğinde ölçülen güç akı yoğunluğunun -128 dBW/m² olması gerekmektedir.

Özel bir yöntem uygulamaksızın saptanan -103 dBW/m² değeri ile bu koşulu sağlamak olanaksızdır. Ancak 27 MHz bant genişliğinde ölçülen akı yoğunluğu değerini düşürmeden 4 kHz bant genişliğindeki akı yoğunluğunu azaltmak olasılığı vardır. Taşıyıcıya, yayın iminin yanısıra bindirilen, sıklığı temel bantın hemen alt ucunda bulunacak bir üçgen dalga imi, sıklık bindirimli düzenlemelerde özellikle yayın iminin bulunmadığı veya düşük genlikte olduğu durumlarda taşıyıcı enerjisinin bir bant içine yayılmasını sağlar. Enerjinin yayıldığı bantın genişliği uygulanan yayma iminin genliğine, dolayısıyla sıklık bindirimindeki sapmaya bağlıdır. Enerji yayma (energy dispersal) tekniği denilen bu yöntemle taşıyıcıda tepeler arası örneğin 1 MHz sapma yaratacak bir im, 4 kHz bant genişliğinde 27 MHz'deki değere oranla güç akı yoğunluğu değerinde 25 dB'lik düşme sağlayacaktır. Buna karşılık alışıta bu imin kaldırılması için ek düzenleme gerektiğinden konu konferansta uzun tartışmalara yol açmıştır. Sonuçta güç akı yoğunluğu değerinde 22 dB'lik düşme sağlamak üzere 600 kHz sapmalı enerji yayma uygulamasının alıcılarda fiyat yükseltici veya tasarımı zorlaştırıcı etkisinin önemli düzeyde olmayacağı belirlenmiş ve konferansta bu değerler kabul edilmiştir.

6.5. YAYIN DİZGE HESABI

Buraya kadar yayın zincirinde etkili tüm birimlerin hesap yöntemleri ile bilinen ve önerilen ve-



Şekil 8. 5° Doğu konumundan görünüş

riler üzerinde ayrıntılı olarak durduk. Şimdi tüm bilgileri kullanarak bireysel alış için uyduda gereken verici gücünü örnek hesapta gösterebiliriz. Çizelge 8'de gösterilen bu hesap örneğinde kapsanacak bölge olarak ülkemiz alınmıştır.

fçrametre	Hesap Yöntemi	Değer
1. Dizge		
Taşıyıcı sıklığı (GHz)	Veri	12
Bindirim türü	Veri	Sıklık B.
Yükseklik acısı(derece) (En düşük olduğu noktada)	1 ve 4 nolu eşitlikler	28,7
Eşdeğer bant genişliği (MHz)	Veri	27
Taşıyıcı/Gürültü oranı (zamanen 1 99'u için) (dB)	Plan verisi	14
Görüntü parlaklık imi/süzülmemis gürültü etkin değeri oranı (dB) (5 MHz bant içinde)	Veri	35
Ses imi/süzülmemis gürültü oranı (15 MHz bant) (dB)	Veri	50
2. Alıcı Düzeneği		
Beceri G/T (dB)	15 nolu eşitlik, plan verisi	6
Anten çapı (m)	Veri	0,9
Alıcı anten kazancı (dB) (yönlendirme kayıpları dahil)	Eşitlik 12'den $w_0 - f_0 - 2^\circ W''$	37,4
Anten etkin alanı S (m ²) 10 log S	$\langle V \rangle \cdot \star$	0,636 -2
Kapsama alanı sınırında güç akı yoğunluğu (dBW/m ²)	Plan verisi	-103
Eşdeğer alan şiddeti [dB(.V/m)]	Güç akı yoğunluğundan kuramsal hesaplarla	42,6
(V/m)		135
Uydu alıcı uzaklığı (en uzak noktada) km	Eşitlik 5	38,727
Serbest uzay yayılma kaybı (dB)	Eşitlik 9	205,8
Program yukarı linki gürültüsüne eşdeğer kayıp (dB)	Plan verisi	0,5
Atmosferik zayıflama (dB)	Çizelge 6'dan	1,8
Uyduda gerekli izotropik yayınım gücü (dBW) (ısı sınırı içinde)	$(205,8 + 0,5 + 1,8 \cdot 1,2) - (6 + 37,4 + 103)$	63,7
3. Uydü Vericisi		
Verici anten ısın genişliği (eliptik, derece)	Plana giren değerler	2,68/1,04
Verici anten kazancı (izotropik) (dB)	Eşitlik 12'den	38,8
Süzgeç, bağlantılar, eskime vb. kayıpları (dB)		1
Verici transponder gücü (dBW)	$(63,7 - 38,8 - 1)$	23,9
Matt		246

Çizelge 8.

Yukarıda etkin izotropik yayınım gücü hesaplanmasında, belirtilmiş güç akı yoğunluğu (-103 dBW/m²) değerinden yola çıkıldığını görmekteyiz. Gerçekte planlama konferansı bunun için bir değer saptanmış olsa idi taşıyıcı/gürültü oranı için saptanan 14 dB değerinden hareketle bu değer yine hesaplanabilirdi. Burada eşitlik (7) ile alıcı girişindeki gürültü gücünü veren

$$N = kTB \quad (16)$$

bağıntılarını kullanarak dB türünden,

$$P \gg \left(\frac{\text{Taşıyıcı}}{\text{Gürültü}} \right) + Y + L + V - \left(\frac{G}{T} \right) + k + B \quad (17)$$

bağıntısını elde ederiz.

Burada;

L : atmosfer ve yukarı link gürültü kayıpları
V : 3 dB bağıl kazanç
G/T: alıcı becerisi, 6 dB/Kelvin
k : Boltzman sabiti -168,6 dB(W/MHz/K)
B : eşdeğer gürültü bantgenişliği 14.3 &
(MHz)

Veriler yerine konulunca

$$P * 14 + 205,8 + 1,8 + 0,5 + 3 - 6 - 168,6 \\ + 14,3 = 64,8 \text{ dBW}$$

bulunur.

Bu şekilde yapılan hesabın Çizelge 8'dekine kıyasla 1,1 dB fazla güç gerektirdiği görülmektedir. Bu nedenle güç akı yoğunluğu değerinin en az -102 dBW/m² olarak alınması gerektiği planlama konferansında günlerce süren tartışmalara konu olmuştur.

7. PLANLAMA KOŞULLARI

Uydulardan yapılacak doğrudan yayınlarda kullanmak üzere ayrılan 12 GHz sıklık bandının ve yerle eşzamanlı yörünge bölümlerinin sınırlılığı ortadadır. Doğal kaynak niteliğindeki bu olanakların en iyi şekilde değerlendirilmesi ancak iyi bir planlamayla sağlanabilir. Planlamanın bu dönemde yapılmasının gerekip gerekmediği tartışmasını şimdilik bir yana bırakarak plan yapımında uyulan ilke ve koşullara bir göz atalım.

Planlamada temel ilke olarak aşağıdaki hususlar alınmıştır:

- Yayınlanan enerjinin olanaklar ölçüsünde kapsama bölgesi içine yönlendirilmesi, özellikle ülke sınırları dışına taşmaların teknik yönden sağlanabilecek en düşük düzeyde tutulması (428 A nolu Radyo Kuralı).
- Onaylanmış bireysel alışı nitelik düzeyine olanak veren en düşük yayın gücü kullanılması.
- Bölge sınırlarında milletlerarası radyo kuraları ile önceden saptanmış güç akı yoğunluğu sınır değerlerine uyulması»
- Olanak ölçüsünde ülkelerin ayırım isteklerinin karşılanması ve ülkelerarası ayırım eşitliği sağlanması<
- Farklı yörünge konumları, ters kutuplamalar, uzak yayın kanalları ayırımı gibi girişim azaltıcı yöntemlerin en etkin biçimde kullanılması.

Bu temel ilkelere hareket ederek yapılan planda ülkelerin karşılanabilen her program isteği için şu belirginlikleri saptanmıştır:

- Yayın sıklık kanalı,
- Kapsayıcı ışın,
- Yörünge konumu,
- Yayın gücü,
- Kutuplama.

Bu belirginlikler saptanırken temel ilkelere ek olarak kaçınılmaz birtakım yan koşullar ve tercihlerin varlığı planlama işini güçleştirici etkiler olarak ortaya çıkmıştır. Bunlar teknik, ekonomik, politik ve karma etkiler olup bir kısmı ülkelerin tümünü bir kısmı da belirli ülkeleri ve ülke gruplarını ilgilendirmektedir.

- 12 GHz'de Avrupa, Afrika kıtaları ile SSCB'nin tümünün yer aldığı 1.bölgede ayrılmış bantgenişliği 800 MHz. Asya ve Okyanusyadan oluşan 3'ncü bölge bantgenişliği ise 500 MHz'dir. Bu durumda doğal olarak ülkelere verilebilecek toplam kanal sayısında bölgeler arası bir farklılık ortaya çıkmaktadır.
- Bir ülkeye verilen kanallar arasında uydu verici ve anten donatılarında büyük güçlükler ortaya çıkmadan çoklamaya (*multipleks*) elverecek ölçüde sıklık ayırımı yapmak zorunludur. Bununla birlikte bu kanallar alıcı akord devrelerinde kolaylık ve ekonomi sağlamak üzere olanaklar ölçüsünde birbirine yakın tutulmalıdır.
- Yörünge konumu tahsisinde önde gelen etkenler öncelikle her ülkeye yukarı bölümlerde açıklandığı gibi hesaplanmış uygun yörünge yayı içinde bir konum ayrılması ve ikinci olarak tersi istenmedikçe bir ülkenin istediği tüm kanallar için aynı uydu konumunun verilmesidir. Bu şekilde hem yörüngeye tek uydudan tüm yayınların yapılması hem de aynı alıcı antenin tüm programları alışıta kullanılması olanaklı olacaktır.
- Kutuplamanın saptanmasında yukarıdaki gibi alıcı donatımının basitleştirilmesi için her ülkede tüm programların aynı kutuplama ile yayınlanması koşulu gözönünde tutulmalıdır.

Yukarıda sıralananlar, türü gereği, tüm ülkeleri ilgilendiren teknik ve ekonomik koşullardır. Ayrıca bazı ülke grupları ve ülkeler aşağıda birkaçı örnek olarak verilen, kısmen genel kısmen özel nitelikte istekler öne sürmüşlerdir.

- Avrupanın doğu ve batı blok ülkeleri birbirinden en az 16° farklı yörünge konumlarında yer almak istemişlerdir.
- Yeterli en küçük ışın boyutları saptanmasına rağmen ülke dışına zorunlu yayın taşmaları konusunda istekler: Bu gibi durumda bazı ülkeler komşusunun uydusundan gelecek zorunlu taşmanın etkinliğini azaltmak üzere ayrı yörünge konumu, ayrı kutuplama hatta ayrı kanal grupları isterken sosyal ve politik ayrımları büyük olmayan bazı komşu ülkeler özellikle aralarında ki sınır bölgesinde yaşayan halklarına alış kolaylığı sağlamak üzere aynı konum ve kutuplama tahsisini istemişlerdir. İkinci türe örnek olarak Yunanistan ve Kıbrıs Rum yönetiminin istekleri gösterilebilir.
- ülke aşırı kapsama istekleri: Federal Almanya, Avusturya ve İsviçre aynı dili konuşan halkları yararına tümünü birden kapsıyacak birer özel ışın, yine tsveç, Norveç, Finlandiya ve Danimarka ayrılacak 5'er kanaldan ikisinin her üç ülkeyi birden kapsıyacak ışın genişliğinde olmasını istemişlerdir. Bunların yanı sıra Vatikan Şehir Devletinin dinsel yayın yapmak üzere Avrupanın büyük bir kısmını içine alacak kapsama isteği ile Suudi Arabistan'ın islam ülkeleri üzerinde istediği ışınlar: bu aşırı istekler arasında sayılabilir. Çoğu yukarıda ilkeler bölümünde değinilen milletlerarası radyo kuralına aykırı olan bu istekler anılan şekliyle kabul edilmemiştir.
- Ülke içi uziletişim ve doğrudan yayın hizmetleri için tek uydu kullanmayı planlayan bazı

ülkeler belirli bir yörünge konumu için ısrar etmişlerdir. Bunlara örnek olarak Endonezyalım isteği karşılanamamış ancak İran'a istediği konum ayrılabilmiştir.

- e) Yine aşırı bir başka istek türü de bazı ülkelerce yapılan 8,10 hatta 14 kanal ayrılması gibi isteklerdir.
- f) Güney ve Kuzey Amerika kıtalarının yer aldığı 2'nci bölge devletleri kendi bölgeleri için planlama yapılmıyacağından yörünge üzerinde çok geniş bir yayı 1 ve 3'ncü bölge planının dışında tutmak istemişler ve sınırları 160° Batı ve 37° Batı boylamı olarak saptanan bu yay uçlarında güç akı yoğunluğunu $-125 \text{ dBW/m}^2/4 \text{ kHz}$ olarak sınırlandırmışlardır.
- g) Ekvator üzerinde yer alan ülkeler yerle eşzamanlı yörünge üzerindeki zenginlikleri gibi bir doğal kaynak olduğunu, bu nedenle ülkeleri üzerindeki yörünge yayı üzerinde hükümler hakları bulunduğunu, özel izin alınmaksızın bu yaylar içinde hiçbir ülkeye uydu konumu tahsis edilemeyeceğini bildirmişlerdir. Planlama bu konu dikkate alınmadan yapılmış ancak ek protokolda bu bildiriye yer verilmiştir.
- h) Tropik bölge ülkeleri yağmur zayıflaması nedeniyle yörünge konumlarının seçiminde en az 4° , dağlık ülkeler ise gölgede kalan bölgeleri azaltmak üzere en az 30° uydu yükseklik açısı sağlanmasını istemişlerdir.

7.1. PLANLAMA YÖNTEMLERİ

Yukarıda sıralanan ilke, koşul ve isteklerin tümüne uyularak başarılı bir planın yapılabilmesi gerçekten büyük güçlükler göstermektedir. Tüm ülkelerin eşit geometrik şekil ve büyüklükte ve eşit bir dağılımla dünya üzerinde yer aldığı düşünülürse bilimsel, düzenli ve en iyi sonuçları veren planların yapılabilirdiği, çeşitli kişi ve kuruluşların yaptığı kuramsal çalışmalarda gösterilmiştir. Ancak gerçekte hiçbir husus düzenli değildir. Yine de bu tür kuramsal çalışmalar toplam kanal sayısı, kanallar arası sıklık farkı, bir yörünge konumuna yerleştirilebilecek uydu sayısı, konular arası açılma ayırımı gibi hususlarda optimum değerlerin saptanmasını sağlamıştır. Planlama sürecinde bu değerler hareket noktası ve hedef olarak kullanılarak en iyi planın yapılmasına çalışılmıştır.

Plan sözcüğünün yanısıra yer vermekte olduğumuz iyi, uygun, başarılı gibi sıfatlarla neyi tanımlamaya çalıştığınızı açıklayalım. Yalın bir deyişle iyi ve başarılı bir plan, ülkelerin isteklerini en uygun biçimde karşılayan tahsislerin saptanmış koruma oranları içinde yerleştirilebildiği bir dağıtım listesidir.

Plan yapılmak üzere N adet ülke, C adet kanal, P adet yörünge konumu ve 2 adet kutup varsa bulunabilecek çözüm sayısı

$$M = (2-C-P)^N \text{ dir.}$$

Kuşkusuz bu M çözümden büyük bir kısmı onaylanmayacak ölçüde fazla girişim vereceğinden dikkate

alınmaz. Ancak yine de M sayısı o kadar büyüktür ki çözümleri bulmak ve irdelemek bilgisayarlar aracılığıyla bile olanaksızdır. Bu yüzden öncelikle yörünge konum noktalarını saptamakla işe başlanır. Planlamada bu noktalar 37° Batı boylamından başlamak üzere Doğuya doğru 6° şar derece aralıklarla seçilmiştir. 29° Doğu boylamından sonra 3° arayla 32° Doğuya geçilmiş ve tekrar 6° şar derece ara ile 170° kadar gelinmiştir.

Başlangıçta kanal taşıyıcıları arası açıklık 20 MHz olarak alınmış ve $(800/20) = 40$ kanal sayısı bulunmuştur. Bandın üst ve alt sınırında koruma bantları bırakmak gerektiği için daha sonra kanal ayırımı 19,18 MHz olarak belirlenmiştir. Saptanan kanal numaraları ve karşıtı olan taşıyıcı sıklıkları aşağıda Çizelge 9'da verilmiştir.

Kanal No	Sıklık (KHz)	Kanal No	Sıklık (MHz)
1	11 727,48	21	12 111,08
2	11 746,66	22	12 130,26
3	11 765,84	23	12 149,44
4	11 785,02	24	12 168,62
5	11 804,20	25	12 187,80
6	11 823,38	26	12 206,98
7	11 842,56	27	12 226,16
8	11 861,74	28	12 245,34
9	11 880,92	29	12 264,52
10	11 900,10	30	12 283,70
11	11 919,28	31	12 302,88
12	11 938,46	32	12 322,06
13	11 957,64	33	12 341,24
14	11 976,82	34	12 360,42
15	11 996,00	35	12 379,60
16	12 015,18	36	12 398,78
17	12 034,36	37	12 417,96
18	12 053,54	38	12 437,14
19	12 072,72	39	12 456,32
20	12 091,90	40	12 475,50

Çizelge 9. Kanallar ve sıklık

Daha sonra ilk 4 kanal, her kapsama bölgesi için bir kanal ve bir yörünge konumu seçmek yoluyla ülkelere dağıtılmıştır. Bu dağıtımda her kanal için her yörünge konumu en çok bir kez kullanılmış, birbirine bitişik komşu ülkeler arasında 3 konumluk yani 18° ayırımı olmadıkça aynı kanalın kullanılmamasına çalışılmış ve bu gibi durumlarda ters kutuplamalar düşünülmüştür. Bu süreç içinde her adımda eklenen yeni bir tahsisin öncekilerle girişim yaratıp yaratmadığı hızlı hesap yöntemleri ile denetlenmiş, gerektiğinde bu son girdi başka bir kanal veya kutuplama verilme yoluyla düzeltilmiştir. Daha sonra elde edilen 4 kanallık alt plan 5 kez yinelenmiş, 3'ncü bölge ülkelerinin bir veya iki kanalı silinerek onların yerine ve önceden az çok kestirilen bazı boşluklara, İskandinav ülkeleri örneğinde olduğu gibi genişletilmiş ışınlar veya Japonya'nın istediği 5'in üzerindeki kanallar sığdırılmaya çalışılmıştır. Bilgisayara yaptırılan ayrıntılı girişim çözümlemesi ile birbirini etkileyen tüm ışınlar saptanmış ve yeniden bazı düzenlemelerle tüm hesaplar yenilenmiştir. Her aşamada el ve bilgisayar hesap yöntemlerini kullanarak tüm işlem yaklaşık 20 kez tekrarlanmış, böylece en az ekli koruma payı içeren bir plan elde etmeye çaba harcanmıştır.

	1.inci Bölge	2.inci Bölge	Toplamı
Planda yer verilen ülke ve bağımlı/bağımsız bölge sayısı	106	43	149
Planda giren ışın sayısı	146	106	252
Kullanılan yörünge konumu sayısı	31	25	37
Kullanılan kanal sayılarının göre ışınların dağılımını			
1 kanallı	11	26	37
2 kanallı	10	8	18
3 kanallı	6	12	18
4 kanallı	15	38	53
5 kanallı	99	14	113
6 kanallı	5	7	12
8 kanallı	--	1	1
Aldıkları ışın sayılarına göre ülkelerin dağılımı			
1 ışın alan ülke sayısı	88	3	122
2 ışın alan ülke sayısı	14	4	18
3 ve daha çok ışın alan ülke sayısı	4	5	9
Toplam tahsis sayısı (ışın x kanal)	634	350	984
Eşdeğer koruma payı eksi olan tahsisler			
0 - 1 dB arası	68	40	108
-1 - 2 dB arası	42	28	70
-2 - 3 dB a-ası	3E	22	57
-3 den daha düşük	19	27	46
Toplam eksi	164	117	281
Eksi koruma paylı ışına sahip ülke sayısı	30	16	46

Çizelge 10. Plan sonuçları özet bilgiler (sayısal)

Değerlenen hızlı hesap yöntemleri, seçilen kanal ve konumlar için, hemem eş ve ters kutupsal girişim matrislerinin çıkarılması şeklindedir. Bu matrisde eksi sonuç veren giridiler hemen görülmekte ve daha uygun seçenekler belli olmaktadır. Bilgisayar geliştirilmiş algoritmaları kullanarak bazı çözümleri birkaç seçenek içinden ayırabiliriz. Böyle bir işlem için gerekli algoritmalar birçok kuruluş tarafından geliştirilmiştir. Gerçekte TDF (Fransız Televizyon örgütü) tarafından geliştirilen bilgisayar programı planın sentezinde kullanılmıştır. Burada algoritmaların ilk adımı birbirini en çok etkileyecek durumdaki iki ülkeye olanaklı en iyi korunmayı sağlayacak kanal ve kutuplaşmayı seçmek şeklindedir. RAİ (İtalyan Radyo TV Kurumu) bilgisayar programı ön hedef olarak yeterli koruma, buna karşın en az kanal kullanımını sağlamaktadır.

Planlama sürecinde yeryüzünde konu üzerinde en çok bilgi sahibi uzmanların hemen tümü görev almıştır. Yine de yukarıdaki yöntemle yapılan planın elde edilebilecek en iyi dağıtımını verdiğini söylemek çok güçtür. Eldeki tüm olanaklara karşın değişkenlerin çokluğu ve kısıtlı zaman tüm olasılıkların irdelenmesine olanak vermemiştir. Bununla birlikte çeşitli kuruluşlarca birçok ortamda onlarca kez yapılmaya çalışılan plan örneklerine kıyasla elde edilen sonucun oldukça başarılı olduğu görülmektedir.

7.2. PLAN SONUÇLARI VE İRDELEME

Aşağıdaki Çizelge 10'da plan sonuçları ile ilgili bazı özet istatistik bilgiler verilmektedir.

Birden fazla ışın tahsis alan ülkeler ve ışın sayıları:						
Cin Halk Cu*uriyeti	36					
SSCB	11					
Hindistan	12					
Avustralya	6					
Pakistan-Endonezya	5					
Danimarka-Sudan-Suudi Arabistan	3					
C*azayır-Vatikan-Finlandiya-Izlanda-fc>ritus-Hal 1-rbr 11anya?Norvec-Isvec-Sur.ve-TunuS-Zaire-Afganistan-Malezya-Ven1 Zelanda-Papua Yeni Gine-Ubya-Yugoslavya	2					
Toplam 5 den fazla tahsis alan ülkeler:						
SSCB (Ukrayna ve Blyelorusya dahil)	70					
Cin HaU Cu*uriyeti	55					
Hindistan	48					
Avustralya	36					
Endonezya	20					
Sudan	15					
Pakistan-Suudi Arabistan	11					
Cezayir-Libya-Hal1-Moritanya-Yugoslavya-2a1r*	10					
Moritus-Malezya	9					
Afganistan-Japonya-Izlanda	8					
Dan1rca-Yeni Zelanda-Papua Yeni Gint	7					
Kor* (Güney)	6					
Eri çok yüksek yörünge konumları:	19° Batı	31° Batı	37° Batı	1° Batı		
Tahsisler	69	12	4	60	M	
Paylaşan Ülke sayısı	12	13	10	12		
En az yüksek konu* 152° Doğu-Yapı1-n tahsis: 3						
Bos bırakılan yörünge konuu: 116° Oou						
Birden fazla yörünge konumunda tahsis alan ülkeler ve konum sayıları:						
SSCB	5					
Cin Halk Curturiyeti	3					
Hndistan-Endonezya-Avustralya-Papua Yeni Gint	2					
En yüksek ve düşük güçlü uyduricilerin tahsisleri:						
Ülke	Tahsis No	Konum	Eliptik ışın Etkin güç	Verici gücü	Uatt	
SSCB	URS-080-D	140°	2,9°/2,4°	68,1		
Bahreyn	BHK-25S-0	17°	0,6°/0,6°	0,8	15,5	
En büyük ışın genişliği tahsisi:						
IKI*	İhafs No	konu.	Etkin güç	Verici gücü	Uatt	
Fr 12	hmüevan	160°	63.C	1238		

Çizelge 11. Plan sonuçları üzerine bazı karakteristik bilgiler

01 ke	Kanallar	tonu	Kutuplaşın	Eliptik ışın Kılın	Etkin euc <BW	Verile aiçu Hatt
Türkiye	1,5,9,13,17	5DoJu	1	2,68/1,04	63,8	235
Kıbrıs	21,25,29,33,37	5BoJu	1	0,6/0,6	63,6	30
Yunanistan	3,7,11,15,19	5DoJu	1	1,78/0,98	63,5	145
SSCB (064)	1,5,9,13,17	23Doğu	2	2,16/0,60	63,9	120
Türkiye 11e aynı konuu (5Do8u) paylaşan Ülkeler:						
Kıbrıs-Dan1rka (3 ışın)-Finlandiya (2 ışın)-Yımn1st-n-Izland-Noryec (2 ışın)-Is-eç (2 ışın)-Lesoto-Süney Afrika Cu*uhyet1.						
5Doğu kommundakı:						
Toplam Ülke sayısı :					10	
Topla ışın sayısı :					14	
Topla tahsis sayısı:					50	

Çizelge 12. Türkiye ve bazı ülkelerin tahsisleri

10, 11 ve 12 nolu çizelgeler yayın uyduları planlaması sonuçları üzerine ilgi çeken birçok ayrıntıyı özetlemektedir. Görüldüğü gibi bazı ülkeler şekil ve büyüklüklerine göre birden daha fazla ışın ve yörünge konumu kullanmak zorunda kalmışlardır. Uyduda gereken transponder çıkış gücü değerleri ve kanal sayıları uydunun büyüklüğünü tanımlamakta başlangıç noktası olacaktır.

Koruma payları eksi olan ülke ve tahsis sayılarının çokluğu yukarıda birçok kez belirttiğimiz

planlama güçlüklerini doğrulamaktadır, özellikle eksi değeri büyük çıkan tahsislerde aynı ülkenin çeşitli kanallarının birbirini bozması söz konusudur. Birçok durumda ülkeler daha fazla tahsis alabilmek için teknik olanakları zorlamışlar ve sonuçta hem kendi kanallarında hem de diğer ülkelere verilen kanallarda saptanan korunma oranlarının birkaç dB düşmesine neden olmuşlardır. Monaco, Andorra, Lüksemburg, Lihtenştayn, Vatikan, Hong Kong, Singapur vb. tek şehirlik ülkeler bile 4-5 kanallık yayın hakları sağlamışlardır. Bu ülkelere ayrılan 0,6''lik en küçük ışın bile gerekenden binlerce kez büyüktür. Aslında 10 km çapında bir alana sığan ülkeye TV yayını yapmak için 36500 km yukarıda bir uydu oturtmak fikri çok gülünçtür ve belki de hiçbir zaman gerçekleşmeyecektir. Ancak şu var ki bu ülkeler tahsis aldıkları için tüm planda sıkışıklığa yol açmışlardır.

Işınları saptamakta ilk aşama olarak ülkeyi çevreleyen çokgen köşelerinin seçildiği yukarıdaki bölümlerde anlatılmıştır. Bu köşelerin seçiminde de ülkeler kaçamak yollara başvurarak planlamanın "münhasıran herkesin kendi ülkesine yayın yapması" ilkesini zedelemişlerdir.

Bu konuda Türkiye'yi ilgilendiren iki örnek verebiliriz. Komşumuz Yunanistan ülkesinden yüzlerce kilometre uzaklıkta, ülkemiz güney kıyılarından ancak 300 metre açığı, üzerinde yaklaşık 1000 kişisinin yaşadığı Meis adasını çokgen köşelerinden biri olarak seçtiği için hesaplanan ışını ülkemizin tüm batı bölgesini (yaklaşık üçte birini) içine almaktadır. Her iki ülke uyduları aynı yöreğe konumunda ve aynı kutuplama ile yayın yapacaklarından bu bölgede yaşayan halkımız büyük bir kolaylıkla Yunan yayınlarını izleyebileceklerdir. Komşumuzun bu adacıktaki 1000 kişiye yayın sağlamak için uydusundan gönderdiği gücün yaklaşık yarısını ülkesi dışında harcamayı göze aldığı düşünmek gerçekçi değildir. İkinci örnek Sovyetler Birliği'nin aldığı 27° Doğu konumundaki 3.7°/1.43° açılı 059 nolu ışındır. Karadenizin kuzeyinde Ukrayna'yı ve Hazar Denizine kadar Kafkasları içine alacak şekilde verilen bir kapsama isteğine göre seçilmiş olan bu ışın ülkemizin yarıdan fazlasını içine almaktadır. Ancak yöreğe konumu ülkemiz tahsisinden 18° farklı ve kutuplama ters olduğu için özel düzenleme olmaksızın Türkiye uydusunun yayınlarını almak üzere kurulan donatımla alış yapılamaz.

ülkelerin kapsam alanlarını geniş göstererek tahsislerin hem sayı hemde büyüklüklerinde artışlar yaratmaları planlamayı güçleştirici yönde etkin olmuştur.

Dağıtımda tahsisler arasında gerekli korunma şu yöntemle hesaplanmaktadır. Her ülke belirttiği kapsama bölgesi içinde ve genellikle bu bölge sınırlarında 20 sınıma noktası vermiştir. Bilgisayar bu sınıma noktalarında istenen yayın ile istenmeyen tüm alışırları hesaplamış ve gereken 31 dB korumadan büyük fark bulduğu durumlarda artı, daha küçük farklarda ise eksi olarak sonucu vermiştir, ülkemiz de yukarıdaki çizelgelerde yer alan eksi koruma paylı ülkeler arasında yer almaktadır. Tüm kapsama bölgesi içinde yalnız Hopa sınır bölümümüzde korunma oranı 31 dB'in altına düşmektedir. Bu düşme 5 kanalımız için -1,51 ile -1,66 dB ara-

sında değişmektedir. Bu noktadan yaklaşık 50 km. içerilerden sonra korunma payı sıfır olmaktadır. Ülkemizin % 95'inde en az 1 dB artı korunma payı olduğu bilgisayar aracılığıyla hesaplanmıştır.

Gerçekte korunma payında 1,7 dB'lik bir düşme yayın niteliğini 4,6 düzeyinden 4,4'e indirmektedir. Bu farkın önemli olmadığı açıktır.

Çizelge 13'de ülkemiz uydu yayınlarını etkileyecek Sovyet ışınının ayrıntıları verilmektedir.

Işın kodu : URS-64
Yörünge konumu : 23° Doğu
Yeryüzündeki ayak izi orta noktası: Boylam 45,6° Kuzey Enlem 40,8° Doğu
Eliptik ışın açıları : 2,16°-0,6°
Elips yönü (büyük eksenin doğu batı yönüyle yaptığı açı) : 163°
Etkin izotropik yayınım gücü : 64,1 dBW
Uydu transponder çıkış gücü : 122 W
En çok etkilenen noktada alışı düzeyleri oranı : 29,9 dB
Aynı nokta ve aynı kanalda korunma payı : -1,51 dB
Aynı noktada toplam eşdeğer korunma payı : -1,66 dB

çizelge 13.

Ülkemizi içine alan eliptik işitim merkezi Nevşehir ilinin Hacibektaş ilçesi yakınlarına düşmektedir. Bu nedenle en büyük güç akı yoğunluğu ve korunma payı değerlerine bu noktada ulaşılmaktadır. Çizelge 14'de ülkemiz yayın uydusunun ülke içinde ve dışında bazı noktalarda plana giren belirginliklerine göre hesaplanmış değerler görülmektedir. Yunanistan uydusunun bazı noktalarda alınışı ile ilgili değerler Çizelge 15'de örnek olarak verilmiştir.

Nokta	Güç Akı Yoğunluğu dBW/m ²	Taşıyıcı/GÜRÜLTÜ (*99,9) dB	ta/GÜRÜLTÜ (X 99) dB	Eşdeğer Koruma payı (dB)
Hacibektaş-Nevşehir	- 99,0	14,2	36,3	7,5
Ankara	- 99,2	14,0	36,0	6,6
İstanbul	-100,3	12,9	35,0	3,2
İzmir	-100,5	12,7	34,8	4,2
İğdir	-101,5	11,7	33,8	1,2
Selânik	-101,3	11,9	34,0	1,8
Lefkoşe	-102,1	11,0	33,1	4,5
Girit	-105,0	8,2	30,2	-1,0
Halep	-100,5	12,6	34,8	7,1

çizelge 14. Türkiye yayın uydusunun çeşitli çeşitli noktalarda alınmış ayrıntıları

Nokta	Güç Akı Yoğunluğu dBW/m ²	Taşıyıcı/GÜRÜLTÜ (*99,9) dB	tm/GÜRÜLTÜ (*9) dB	Esdgtgr Koruma payı (dB)
fopsama Bölgesi Merkezi	- 99,3	13,8	35,9	7,7
İstanbul	-102,8	10,3	32,4	1,6
İzmir	-100	13,1	35,2	7,3
Kas (Antalya)	-101,8	11,3	33,4	7,4
Ltfkose	-106,2	6,9	*30	-4,5

Çizelge 15. Yunanistan yayın uydusunu bazı noktalarda alınmış değerleri

8. ALICI DONATIMI

Kuşkusuz uydulardan doğrudan yayın gerçekleşince tüm yer verici dizgeleri kaldırılmayacaktır. Uydu yayınlarını almak üzere özel ikinci bir alıcı satın almak kullanan ve ülkesi için büyük bir yüküdür. Bu yüzden başta kullanılmakta olan alıcılara uydu yayınlarını da almaya yarayacak ek donatım geliştirilmesi düşünülmüştür. Günümüzde yaklaşık 20 kadar firma ve kuruluş tarafından bu ek

donatımın tasarımı ve hatta belirli sayılarda üretimi gerçekleştirilmiş bulunmaktadır.

Ek donatımın önde gelen parçası antendir. Bireysel ve toplu alış ile bazı özel alış koşulları gözönünde tutulursa gereken parabol çapı 0,6 - 1,80 metre arasında olacaktır. Antenin kendisi ve çatı bağlantı parçaları başta rüzgar olmak üzere her türlü iklim koşullarında en çok 0,5' gibi bir yönlendirmeyi koruyacak sağlamlıkta olmalıdır. Parabol yüzeyinde gereken doğruluk 1 nm'dir. Malzeme olarak alüminyum, üzeri iletken veya tel ızgara kaplanmış cam lifi destekli plastik döküm kullanılabilir. Cassegrain veya odak noktasından besleme türlerinin ikisi de uygundur.

Çembersel kutuplama için anten besleme noktasında özel kutuplama donatımı gerekir. Bu yolla gereken 25 dB kutuplama ayırımı elde edilebilir.

Antenden alınan sıklık bindirimli 12 GHz imlerin kullanılan bir TV alıcısına iletilmesi için biri 12 GHz'i ÇYS veya AYS bandına indiren sıklık çevirmesi diğeri sıklık bindirimli imi bastırılmış yan bantlı genlik bindirimli şekle dönüştürme olmak üzere iki ayrı çeviri işleminden geçmesi gerekmektedir. Bunlardan ilki tümleşik bir birim halinde hemen antenin çıkışında yer almaktadır. Buradan tasarıma bağlı olarak 0,4 - 1,2 GHz arası sıklığa indirilmiş olan yayın eşeksenli kablo yoluyla TV alıcısının yanına konacak olan bindirim dönüştürücüsüne iletilir (Şekil 9).

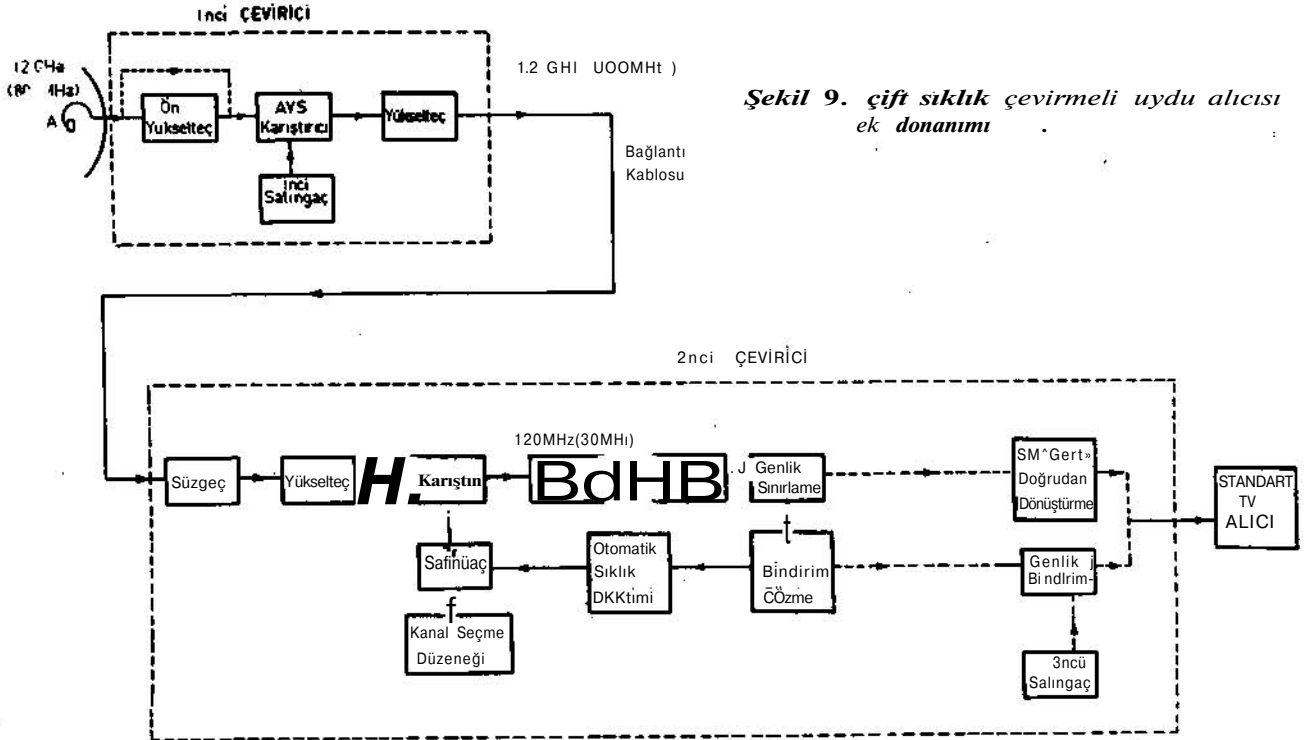
Yukarıda donatımın kısa tanıtılması sıklığın bir kez çevrilmesine göre yapılmıştır. Temelde sıklık çevirmesinin bir yerine iki kez uygulanması da tartışılabilir. Tek çevirmeli donatımda çatıdan kabloyla indirilen ara sıklıktaki im tek kanallı olmak durumundadır, tkinci türde ise ilk çevirme ile istenen tüm kanalları içeren bantgenişliği iletilmekte, yeni bir çevirme ile yalnız bir ka-

nal taşıyabilen bantgenişliğinde ikinci ara sıklık üretilmektedir. Şekil 9'da bu tür çift sıklık çevirmeli bir donatımın öbek çizimi görülmektedir. Kanal seçme kolaylığı yanısıra bu türün şu üstünlükleri de vardır. Daha düşük sıklıkta çalışan yerel salıngaçta otomatik sıklık denetimi daha kolaydır. Bu denetim birinci salıngaçın yanlışlarını da düzeltir, tkinci ara sıklıkta istenen imi süzmek ve genliği sınırlamak daha kolaydır. Bu şekilde birinci ara sıklık yüksek tutulabildiğinden hayal sıklık imini yok etmek kolaylaşacaktır.

a) Giriş katları:

Örnekte gösterildiği gibi yeterli ölçüde düşük gürültü ve kayıplı karıştırıcı katı yapılabilirse antenden hemen sonra yer alan giriş yükselteci kaldırılabilir. Genellikle gereksinme duyulan bu yükselteç parametrik, tünel diyotlu veya alan etkili tranzistorlu olarak 3 türde yapılabilir. Parametrik yükselteçte istenen sıklıkta ek empedans elde etmek için kullanılan diyota daha yüksek sıklıkta im uygulamak gerekir. Dizgenin gürültüsü, sıklıklar oranı ve diyotun sıcaklığı ile doğru orantılıdır. 12 GHz'in iki veya daha çok katı sıklıkta salıngaç gerektiren bu düzenleme halk tipi bir alıcı için çok pahalıya çıkacağından pratikte uygulanma olasılığı çok zayıftır. Tünel diyotlu devre yine bir parametrik yükselteç olup diyotun ek empedans gösterme özelliğinden yararlanarak yapılabilir. Burada diyot bir sirkülatör ile birlikte çalışır. Bu yükseltecin gürültüsü diyotun darbe gürültüsü üretimine bağlıdır ve diyotun malzemesine göre değişir. Uygulamada 12 GHz bandında 600-700°K gürültü sıcaklığı değerleri elde edilebilmektedir.

Fiyat ve üretim kolaylığı yönlerinden yeni geliştirilmiş bulunan GaAs Schottky engelli AET (alan



Şekil 9. çift sıklık çevirmeli uydu alıcısı ek donanımı

etkili tranzistor) yükselteci amaca en uygun tür olarak belirlenmiştir. Uygulamada 400-500°K gürültü sıcaklığı elde edilebildiği bildirilmiştir.

AYS aşağı çeviricilerde, karıştırıcıda en düşük gürültü değerlerine ulaşmak için hayal sıklık ya-kalama (image recovery; tekniğinin kullanılması gerektiği bilinmektedir.

Yapı olarak AYS devreleri; dalga kılavuzu devre-leri, mikrodalga tümleşik devresi veya dalga kılavuzuna yerleştirilmiş düzlem devre olmak üzere 3 türde gerçekleştirilebilir. Bunlardan birincisi geniş ölçüde üretime elverişli olmayacak kadar duyarlı ve pahalıdır. İkinci türde alumina tabanlı çok küçük ölçekli bir baskı devre üzerine mikrodalga diyotları, hibrid bağlantı halkaları, bant geçiren süzgeçler vb. birimleri yerleştirmek yoluyla yapılan tümleşik devre uygulamasını görmekteyiz. Burada kayıplar ve gürültü yüksek olduğundan giriş yükselteci kaçınılmaz olmaktadır.

Japon Radyo Yayın Kurumu (NHK) laboratuvarlarında geliştirilmiş olan üçüncü türde doğrudan doğruya anten çıkışında bulunan dalga kılavuzunun içine, üzerinde çeşitli şekiller oluşturulmuş bir şerit yerleştirilmektedir. Bu şeritte Schottky karıştırıcı diyotu, Gunn salıngaç diyotu yer almakta, çeşitli oyuklar ise süzgeç, akord, eşleme, empedans uyumu vb. devrelerinin yerini tutmaktadır. Düzlem devre denilen bu şeridin preste kesme veya kimyasal eritme yöntemleri ile seri olarak kolayca üretilebileceği ve en ekonomik çözüm olduğu ileri sürülmektedir. Son iki tür arasında kesin bir yeğleme henüz yapılmamıştır. İlerde uydu yayın uygulamaları istemi artınca karıştırıcı, salıngaç ve ilk ara sıklık katlarının tümünü içeren AET tümleşik devrelerin geliştirilmesi ekonomik olabilir.

b) Birinci salıngaç:

Yerel salıngaç genel olarak Gunn salıngaç türünde veya adım tutma (step recovery) diyodu kullanılarak yapılabilir. Gunn salıngaç sıklık kararlılığı için dielektrik rezonatörü gibi bir edilgin ile birlikte salınım devresine kilitlenmelidir. Bu yolla -30 ile +60°C arasında ± 100 kHz sıklık kayması elde edilebildiği uygulamada görülmüştür. İkinci yöntemde adım diyoduna kristalli bir salıngaçtan ardarda çarpma yoluyla üretilen AYS gerilim uygulayarak daha yüksek sıklıkta salınımlar üretilir. Uygulamada kararlılık $\pm 1,5$ M $\%$ dolaylarındadır. Ucuz türde donatımlar için gözönünde tutulabilir.

c) Ara katlar:

Birinci ara sıklığın seçiminde yerel yayın vericileri, bina dışı-içi arası iletim kayıpları, ara sıklık bantgenişliği, hayal sıklık yok edilmesi ve donatım fiyatı gibi etkenler rol oynar. Ara sıklık bandı 200 MHz'den küçük olursa sıklığın IV ve V'nci TV bantları arasında seçilmesi en uygundur. Ancak planlatna bir ışın içindeki 5 kanal 400 MHz'lik bir bant içinde yer alacak şekilde yapıldığından bu bandı iletebilmek için birinci ara sıklığın 1,2 GHz dolaylarında olması uygun görülmektedir. Çeşitli tasarımlarda ikinci ara sıklık olarak 120 MHz kullanılmıştır. Burada tek kanal iletimi söz konusu olduğundan 30-40 M $\%$ 'lik

bir bantgenişliği yeterlidir. Ara sıklık süzgeç ve yükselteçlerinde bant karakteristiğindeki düz-günlük ve hayal sıklığın iyi süzülmesi çok önemlidir.

d) Alıcıya uygulama devreleri:

İkinci ara sıklığa indirgenmiş sıklık bindirimli TV yayınının standart alıcılara şu üç ayrı yöntemle uygulanması düşünülebilir.

- Geniş bantlı ayırıcı yoluyla bindirim çözme uygulamak, vurgulama ve enerji yayma imini kaldırmak, temel bant yükseltmesi yapmak, ses alt taşıyıcısını ayırmak ve çözmek, böylece elde edilmiş görüntü ve ses imlerini alıcının uygun devrelerine iletmek,
- Bindirim çözme işlemini yapıp, vurgulama ve enerji yayma imini kaldırmak, daha sonra yerel standarda göre sınırlandırılmış artık yan "Bantlı genlik bindirimi (GB/AYB) uygulayarak ÇYS veya AYS'ye dönüştürülmüş imi TV alıcısının girişine iletmek,
- Sıklık bindirimli imi çözmeksizin doğrudan (GB/AYB) ye dönüştürmek ve alıcı girişine uygulamak. Bu yöntemde vurgu ve enerji yayma imini yoketmek büyük güçlük göstermektedir.

TV alıcısının normal girişlerine doğrudan bağlanma olanağı veren son iki tür çevirici şekil 9'da kesikli çizgi ile gösterilmektedir. Kullanılan alıcının devre tasarımının elverdiği durumlarda birinci türün uygulanması kuşkusuz daha iyidir.

Eğer uydudan alınmakta olan yayın TV programı yerine bir grup ses imi taşıyan bir kanal ise durum değişir. Bindirim çözme işlemi tamamlandıktan sonra herbirine birer ses imi bindirilmiş alt taşıyıcılar dizini ortaya çıkar. Bu noktada istenen alt taşıyıcıyı seçip bindirim çözme yapılarak ses imi dinleme düzeneğine iletmek yeterli olacaktır. İlginç bir başka yöntem bu alt taşıyıcılar dizisini ayar bandı ve bindirim özelliklerinin uyması koşulu ile standart bir sıklık bindirimli radyo alıcısına doğrudan iletmektir.

TV görüntü iminin birden çok ses imiyle birlikte olması, stereofonik, kudrofonik ses yayınlarının yapılması gibi yukarıda gösterilenlerden farklı uygulamalarda alıcı düzeneğinin çok değişeceği doğaldır.

Çeşitli örneklerinin çoktan yapılmış olmasına karşın yukarıda yazılanlardan da anlaşıldığı gibi alıcı düzeneği konusunda birçok husus çözüm beklemektedir. Teknolojik gelişmelerin, özellikle maloluşu düşürücü yönde olması uydu yayıncılığında yaşamsal önem taşımaktadır. Bugün için en az 100 000 adet üretilmek koşuluyla gereken ek alıcı düzeneği en iyimser hesapla yaklaşık 300 dolar dolaylarındadır. Kurma harcamaları bunun dışında* dir. Japon araştırmacıların yeterli nitelikte alış sağlayabilecek ek donatımın seri üretimle 150 dolara inebileceğini öne sürmelerine karşın genel kanı tüm sistem maloluşu hesabının ilk verilen rakama göre yapılması yönündedir.

9. VERİCT YERİSTASYONLARI

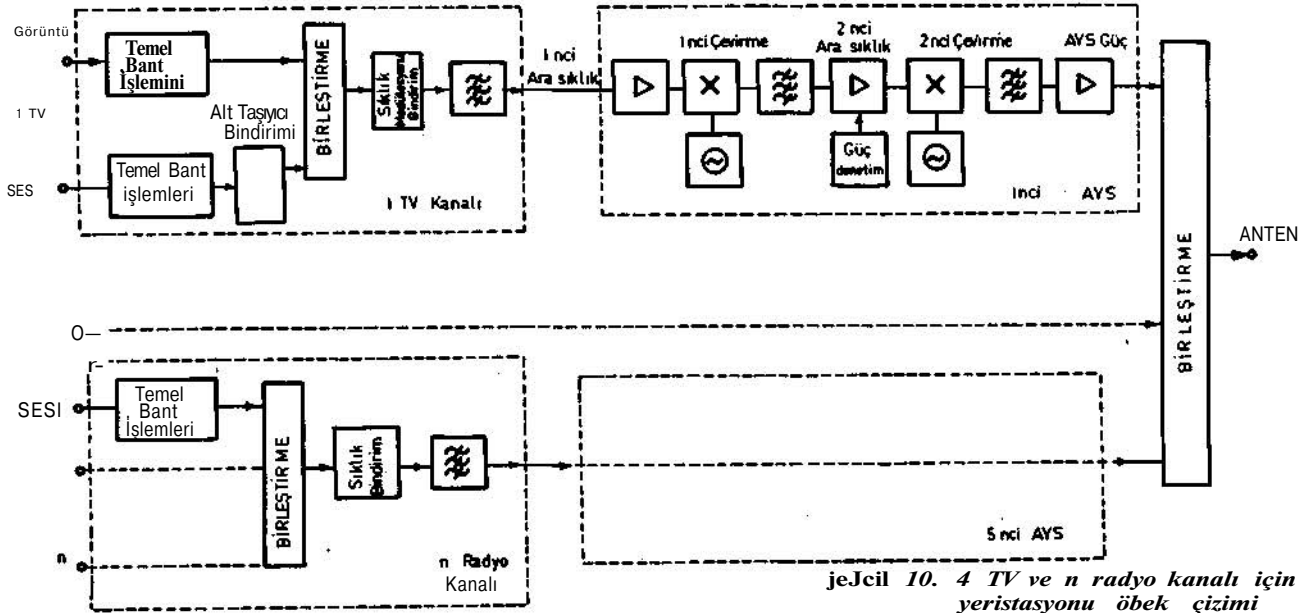
Stüdyo merkezlerinde üretilen TV ve radyo programlarını yayınlanmak üzere uyduya iletmek ve uy-

duyu izleme ve komuta için en az bir yer istasyonu gerekir. Bu istasyon için yer seçiminde uydunun hizmet alanı ortasında bulunma, zararlı girişim ve etki kaynaklarından uzaklık, program üretim merkezine yakınlık, enerji vb. etkenler göz önünde tutulur. Uydu kapsama bölgesinin tam ortasında olması kesin bir zorunluluk olmayıp yeğleme nedenidir.

Burada yer alacak donatım içinde yine ön sırada anteni görüyoruz. Artık anten çapı alıcı veya uydu donatımında bulunan çapların çok üzerindedir. Uygulamada parabol çapı 10-15 metre, kazanç 63 dB ışın açısı 0,15°, yönlendirme duyarlılığı 0,01' gibi değerler görülmektedir. Uyduyu denetim altında tutabilmek için anten her yöne tam otomatik güdümlerle ayarlanabilecektir. Bu tür bir antenle uyduya yayın göndermek için uyduda gerekenden çok daha az güç düzeyinin (10-40 W gibi) yeterli olacağı açıktır. İstasyonun tasarımı sırasında verici gücü ve anten büyüklüğünün bağımlı seçimlerinde maloluş birinci etken olacaktır.

Yayınlara uyduya iletimi için link sıklık bantları olarak 11 veya 14 GHz bantları düşünülmektedir. Bu bantlar özel olarak yayın şeritleri için ayrılmış ve yukarı link sorunu genel sabit uydu hizmetleri kapsamında tutulmuştur. Bindirim türü, kanal ayırımı, kanal bant genişlikleri gibi özelliklerin uydudan gelen 12 GHz'deki yayının aynı olacağı düşünülürse gereken tüm bandın aşağı iletimde kullanılan düzeyde olması gerektiği ortaya çıkmaktadır. Ancak söz konusu ışın açıları bu kez uyduda düşünülen 0,6° en düşük açının çok daha altında olduğundan aynı kanalların tekrar kullanılması olasılığı daha yüksektir. Böylece etkin bant genişliğinde azalma ve diğer sabit uydu dizgeleri ile paylaşma kolaylaşır.

Yukarı iletim teknik niteliğinin uydudan geri gelecek yayını bozmayacak düzeyde olması gerektiği önceki bölümlerde anlatılmıştı. Yayında en çok 0,5 dB etki yapabilmesi için yukarı iletim taşı-



Şekil 10. 4 TV ve n radyo kanalı için yer istasyonu öbek çizimi

yıcı gürültü oranının uydudan gönderme için düşünlenden en az 10 dB daha iyi olması gereklidir. Bu temele göre ülkemiz için yaptığımız yukarı iletim hesabı Çizelge 16'de örnek olarak verilmiştir.

Sıklık	GHz	11,0	14,0
Taşıyıcı/Gürültü oranı	dB	24,0	24,0
Boltzmann sabiti	dB(W/MHz/K)	-168,9	-168,9
Bant genişliği (27 MHz)	dB(MHz)	14,3	14,3
Uydu gürültü sıcaklığı (1000°K)	dB(K)	30	30
Uydu bağlantı kayıpları	dB	1,5	1,6
Uydu anten kazancı	dB	38,4	39,5
Serbest uzay yayılma kaybı	dB	205	207,2
Atmosferik zayıflama (% 99,5 zaman yüzdesi için)	dB	2,9	2,9
Gerekli etkin izotropik gönderme gücü	dB(W)	70,4	72,4

Çizelge 16. Ülkemiz uydusu için yukarı iletim hesabı

Anten çıkışında gerekli etkin izotropik gönderme gücünü sağlamak üzere çeşitli anten çaplarına göre yapılmış en düşük verici gücü hesapları Çizelge 17'de gösterilmektedir.

Anten çapı (n)	2,5		5		7,5		10	
	11	14	11	14	11	14	11	14
İşin açısı (derece)	0,79	0,57	0,39	0,28	0,26	0,21	0,2	0,15
Anten kazancı (dB)	46,5	49,4	52,6	55,4	56,1	58,2	58,6	60,1
Bağlantı kayıpları (dB)	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
Etkin izotropik güç dB (M)	70,4	72,4	70,4	72,4	70,4	72,4	70,4	72,4
V _r 1d gücü dB(U)	25,5	24,6	19,4	18,6	15,9	15,8	13,4	13,9
Verici gücü (Watt)	365	288	87	72,5	39	38	22	25

Çizelge 17. Ülkemiz yer istasyonu anten ve verici hesap örnekleri

Tüm yukarıdaki hesaplar taşıyıcı/gürültü oranının sınır değerine göre yapılmıştır, özellikle yağış anlarında uyduda gerekli nitelikte alışı sağlamak üzere verici güçlerinin hesaplanan değerlerden birkaç dB yukarıda olması gerekebilir. Yerel v-

Şiş durumuna göre uygulanacak güç denetimi ile yayın niteliği korunmuş olur.

Yayınla ilgili başlıca donatım Şekil 10'daki öbek çizimde gösterilmiştir, n harfi ile belirtilen ses yayını sayısı en çok 16 olabilir. Şekilde gösterilen devrelerin etkin ve edilgin yedekleri, sınama ve izleme donatımları, güç kaynakları ve diğer ikincil donatım küçümsemeyecek önemdedir. Kuşkusuz programların üretim kaynaklarından yer istasyonuna iletimi için burada değinilmeyen link donatımları gereklidir.

Uygulamada birden fazla yer istasyonunun düşünül- düğü örnekler de bulunmaktadır. Nisan 1978'de başlayacak olan Japon BSE deneysel yayın uydusu programında 3 ayrı tip yeristasyonu düşünülmektedir. 13 metre anten çaplı sabit ana yeristas- yonuna ek olarak 4,5 metre antenli taşınabilir alıcı-verici istasyonları ile araç üzerine ku- rulmuş 2,5 metre antenli devingen alıcı-verici istasyonları denenecektir.

10. GÜVENİLİRLİK

Uzaydan yayın yapan bir uydu arızalanınca yerine yenisini koymaktan başka bir seçenek yoktur. Eğer ikinci uydu yörüngede yedek olarak bekletiliyorsa yayının sürekliliği birkaç saniye içinde yeni- den sağlanabilir. Yedek uydu henüz yerde ise yö- rüğe oturtmak haftalar veya aylar sürebilir. Kuşkusuz yayıncılıkta bu göze alınamayacak bir aksaklık yaratır. Dizgenin planlanmasında uzayda yedekleme, yedek uydu hizmete girince ona yedek olarak yeryüzünde bekletilene yörüngeye oturtma ve yeniden yeni bir uyduyu atılmaya hazır duruma getirme söz konusu olacaktır. Başarılı fırlatma olasılığının % 90 olduğu düşünülürse uydu fırla- tılırken bile bir ikincisinin hazır durumda olma- sı gerektiği ortadadır. Uydular ve roketler çok pahalı olduğu için uydu yayın dizgesini planlar- ken belirli bir zaman için bunlardan kaçır tane gerekeceği kestirilmelidir.

Yedek uydunun ne zaman hizmete verileceği de önem- lidir. Örneğin uyduda 4 transponder varsa bunlar- dan birinin bozulmasında hemen yedek uyduya geçi-

Uydu yapı ve ana donatım güvenilirliği	0,725				
Fırlatma güvenilirliği	0,9				
B1r1m transponder güvenilirliği	0,9				
7 yerine 10 yıl 1c1n çarpan ($\frac{10-7}{7}$)	0,65				
Uyudaki transponder sayısı	n				
Göze alınabilecek bozulmuş transponder sayısı	n-5	n-4	n-3	n-2	n-1
Yayın donatım güvenilirliği (tüm)	0,59	0,656	0,729	0,81	0,9
Tüm uydu güvenilirliği (7 yıl sonunda)	0,38	0,43	0,48	0,53	0,59
B1r uydu için güvenilirlik (10 yıl sonunda)	0	0	0	0	0
İki uydu 1c1n güvenilirlik (10 yıl sonunda)	0,43	0,48	0,53	0,57	0,62
3 uydu	0,57	0,61	0,67	0,72	0,77
4 uydu	0,68	0,73	0,78	0,82	0,86
5 uydu	0,76	0,80	0,85	0,88	0,91
6 uydu	0,82	0,86	0,89	0,92	0,95
7 uydu	0,86	0,90	0,93	**	**
8 uydu	0,90	**	**	**	**

Çizelge 18-. Güvenilirlik

lecek midir, yoksa ikincinin, üçüncünün ve dördü- nün birden susması mı beklenecektir? Bunun da ön- ceden saptanması gerekir.

Çizelge 4'de BSE uydusunun yayın donatımı dışın- daki çatisal güvenilirliği 0,725 olarak verilmiş- ti. Donatımın diğer parçaları için bilinen veya kestirilen olasılık değerlerini "Monte Carlo" is- tatistik yöntemine uygulayarak işletme ve maloluş riskleri hesaplanabilmektedir.

Bir bilgisayar kullanılmasını gerektiren bu yön- tem yerine fikir vermek üzere daha basit bir he- sapla çeşitli seçeneklere göre aşağıdaki çizelge- de verilen güvenilirlik değerleri elde edilebil- mektedir.

Görüldüğü gibi örneğin ülkemiz için 5 kanallı ya- yın uydusunun en az 3 kanalla yayın yapma olası- lığını % 85'in üzerinde tutmak için 10 yıl içinde en az 5 adet uydu kullanılması söz konusudur. > Eğer 5 kanalın da çalışır durumda ve güvenilirli- ğin % 90 olması istenirse en az 8 uyduya gerek- sinme vardır. Tüm yukarıdakiler olasılık hesapla- rı olduğu için bulunan uydu sayıları kesinlikle mutlak değildir. 5 kanal üzerinden hiç bozulma olmaksızın 10 yıl süreyle yayın 2 uydulla bile yapılabilir. Ancak bu durumda başarı şansı % 43' den fazla değildir.

Aynı yörünge konumunu paylaşan ve birbirine yakın ışın boyutlarına sahip iki ülkenin bir yedek uy- duyu ortaklaşa olarak yörüngede tutmaları duru- munda gereken tüm uydu ve fırlatma harcamalarında % 25 dolaylarında ekonomi söz konusu olabilecektir.

11. UYDU YAYINI MALOLUŞ HESABI

Bu aşamaya kadar bilinen, verilen ve Üretilen tüm bilgilerle, bilemediklerimizle ilgili olarak yapı- labilecek tahminleri paraya dökerek bir uydu diz- gesinin neye malolacağını hesaplayacak duruma gelmiş bulunuyoruz. Böyle bir hesabın yine ülke- mimiz için yapılmasında sonuç fikre ulaşmak bakım- ından büyük yarar vardır.

Önceki bölümlerde ayrıntılarla anlatıldığı gibi dizgenin uzay kesiminde fiyatlar ağırlıklı, ağır- lık ise kanal sayısı ve her kanal için çıkış gü- cüyle doğrudan ilintilidir.

Hesaplarımız ve yöntemi Şekil 19'da özetlenmiş o- larak görülebilir.

Ülkeyi uydu yerine yeryüzü verici şebekeleri ile aynı ölçüde kapsamayı düşünürsek acaba gerekli harcama hangi düzeyde olacaktır. Bunu da resmi geçerliliği olmayan bir hesapla gösterebiliriz.

Ülkemizi bir televizyon ve çok kısa dalga sıklık bindirimli bir radyo yayını ile X 98 oranında kapsamak üzere stüdyolar vb. yayın üretim kaynak- ları dışında kalan vericiler, aktarıcılar, ara bağlantılar ile işletme giderleri olarak TRT'nin 10 yıl için yaptığı ve yapacağı tüm harcamalar 2,3 milyar TL tutmaktadır. 5 TV ve 5 radyo yayını aynı düzeyde sağlanacak şekilde bir genişleme için gereken tüm harcamanın yaklaşık 10 milyar TL olacağı hesaplanmaktadır.

Ülkemizi TV yayınlarıyla 5 defa kapsamanın söyle- nebilecek en hafif sözcükle lüks olduğu bir durum-

Adım	Bulgu	Değer	Kaynak	Açıklan
1	B1r kanalda etkin çıkışı; GÜJÜ (dBU)	63.7	Çizelge 8	Plana giren değer
2	B1r kanal verici çıkış gücü (dBW)	24	Çizelge 8	Plana giren değer
3	5 kanal için yayın donatımı ağırlığı (kg)	1500		Ceşitli uygulama örneklerinden
4	Tüm uydu ağırlığı (kg)	2000		Cesith uygulama örneklerinden
5	Uydu fiyatı (milyar TL)	3,45	Kaynaklar	Yarım yedek dahil
6	Roket fiyatı (milyar TL)	1,2	Çizelge 5	Titan III C veya daha büyük bir roket
7	B1r uydu yörüngeye koyma fiyatı (milyar TL)	4,65		5 ve 6'nci adımlar toplamı
8	Toplam uzay kesimi fiyatı (milyar TL)	9,3	Güvenilirlik 0.57	1 çalıştır* 1 yörünge yedek-fi yerde yedek için
9	Alıcı sayısı (milyon adet)	6		10 yıl içinde tüm ülkede
10	Alıcı ek donatım fiyatı (TL)	9000		(300 \$ x M TL)
11	Toplam alıcılar harcaması (milyar TL)	54		
12	Yerİstasyonu (milyon TL)	153		Uygulamalardan
13	İşletme ve 11nk giderleri (milyon TL)	147	Tahmin	Uygulamalardan
14	Toplam yerİstasyonu giderleri (milyar TL)	0,3		12 ve 13'ncü toplamı
İS	Toplam dizge aaloluşu (milyar TL)	63,6		8, 11 ve 14 toplamı

Çizelge 19. Türkiye yayın uydusu maloluş hesabı
da amacımız lüksler arasında bir kıyaslama yapmak değildir. Bu hesaplar, uydulardan doğrudan yayın bir seçenek olarak ortaya çıkarılmak istenirse için mali düzeyinin nerede olduğunun bilinmesi için yapılmıştır.

"Şimdilik, uydumuzu 2 kanallı olarak düşünelim. Böylece daha ucuz ve küçük roket kullanabiliriz. Üstelik 5 uyduluk düzenleme niye?... Hele biri yörüngeye otursun, her olasılığa karşı bir de yerde yedek tutalım. Sonra Japonlar alıcı donatımına 150 dolar ödemişken niçin hesabı 300 den yapıyorsunuz?"

Böyle bir sav için de hesap yapılmıştır. Benzeri yukarıda verildiği için ayrıntılara girmeden sonuçları verebiliriz. 2 kanallı yerde yedekli bir uydu, Atlas Centaur, Ariane veya Uzay Mekiği yörünge aracı (25 milyon dolar) ve alıcı başına 150 dolar esaslarına göre uydu dizge maloluşu >> 30,3 milyar TL, karşıt seçenek olan 2 kanallı yer üzeri yayın donatımı 4 milyar TL olacaktır.

12. SONUÇ

Uydulardan doğrudan yayın yapılması deneysel aşamada olmakla birlikte günümüzün gerçek olgularından biridir, önümüzdeki 10 yıl içinde denemelerin ötesinde olağan kullanım için birçok ülkenin yayın uydularını fırlatacağı bilinmektedir. Ülkemiz için böyle bir uygulamanın kesin olarak ve bütün boyutları ile yanlış olacağı inancındayız. Buna rağmen bu yeni ve ilginç yayıncılık tekniğini tanıtmada ülkemizdeki ilk kaynak olarak yeterli özet bilgiyi verebilmek için yer yer küçük ayrıntılara dek girilmiştir. Ayrıca bu ayrıntılar bazı gelişmiş ülkelerin uydu yayıncılığını özellikle geliştirmekte olan ülkelere benimsetmeye çalışmakta göttükleri amaçları gözler önüne sermektedir.

- Uzay teknolojisi günümüzde yalın olarak teknolojik alanda çok ileri ülkelerin elindedir. Yayın uyduları, araştırma ve geliştirme harcamalarını büyük ölçüde başka ülkelere yüklemek, uzay kesimindeki donatımı üreten dev firmalara yeni müşteriler kazandırmak için eşsiz bir fırsattır.
- Yayıncılıkla ilgili dayanıklı tüketim malları üreticileri için renkli televizyondan sonra yepyeni ve çok geniş bir pazar açılacaktır.
- Bir kanalda bile doğru dürüst program üretim yetenek ve kaynağından yoksun ülkelerin kolaylıkla kavuşturulacakları çok sayıda kanal için programlar hazırlayıp satmak son birkaç yıl içinde oluşmuş dev bir program yapım sanayiini olağanüstü boyutlara ulaştıracaktır.
- Kültür emperyalizminde TV'nin etkisi aynı oranda artacaktır.
- Uydunun, her türlü bilimsel hesabın dışında kalan tüm güvenilirliği ve yaşam süresi, atımı gerçekleştiren ülkenin elinde olacaktır. Ülkenin tümünü etkileyen en az 10 milyar TL'lik bir aracın, denetimi elinde tutan başka bir ülke tarafından politik baskı unsuru yapılmayacağına düşünmek aşırı iyimserlik olur.

Sonuç olarak içinde ülkemizin de yer aldığı ülkelerin çoğunda yayın uyduları önümüzdeki en az 10 yıl içinde düşünülmececek derecede ekonomik/teknolojik ve diğer boyutlara sahiptir. Bununla birlikte çeşitli nedenlerle uydu yayınlarını uygulayacak olan Hindistan, Japonya, Endonezya, Avusturalya, ABD, SSCB, Çin Halk Cumhuriyeti, İran ve petrol zengini bazı ülkelerin 1990 yılına kadar yaklaşık 200 uydu fırlatacakları kestirilmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] CCIR Cilt XI, Broadcasting Service (Television), Raporlar 215-3, 473-1, 633 s.174-242, Cenevre 1974.
- [2] Final Acts, World Broadcasting-Satellite Administrative Radio Conference, ITU, ISBN 92-61-00491-1, Cenevre 1977.
- [3] Mertens, H. et al Satellite Broadcasting, Design and Planning of 12 GHz Systems; EBU, Tech.3220-E.
- [4] Analysis of the 1977 Geneva Plan for Satellite Broadcasting at 12 GHz; EBU, Tech.3222-E ve ekleri.
- [5] Konishi, Y., 12 GHz FM Broadcast Satellite Receiver; Microwave Journal, Cilt 21, No.1 s.55, Ocak 1978.
- [6] The Broadcasting Satellite for Experimental Purposes; NHK, E/38; ABU, 1976 Genel Kurul Tebliği.
- [7] 12 GHz Bandında Uydulardan Yayın Semineri Tebliği, Kyoto Eylül 1976.
- [8] Pletcher Antenna and Accessories; Sumitomo Electric Industries Ltd., Tokyo, Japan, Ekim 1975.