

DBS Uydu Yayınları İçin Anten Dizilerinde Adım Evre Kaydırıcıların Kullanımı

Bülent YAĞCI

Osman PALAMUTÇUOĞLU

Selçuk PAKER

Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Bölümü
Elektrik-Elektronik Fakültesi
İstanbul Teknik Üniversitesi, 80626, Maslak, İstanbul
e-posta: yagci@ehb.itu.edu.tr

Anahtar sözcükler: Uydular, Düzlemsel anten dizileri, Evre kaydırıcılar

ABSTRACT

The main advantages of microstrip antennas devices are, low-cost, light weight, ease of manufacturing and installation, integration with other sub-circuits. In this work the main goal is to design a microstrip phased array antenna, in order to receive the signals broadcasted from a satellite in both polarizations. This is a compact system that includes, patch antennas, low-noise amplifiers (KU Band), phase shifters, power dividers and combiners and a down-converter. RFIC technology is investigated in order to design and realise a KU Band amplifier and phase shifter. By using this device, electronic beam scanning and polarization changing will be handled at the same time. In this work, electronic circuit and electromagnetic design problems are taken under consideration and solving methods are examined.

1. Giriş

Mikroşerit yama antenlerin uygulama alanlarının genişlemesi ile Ku Bandı alıcı anteni olarak tasarlanmasının da önemli yararlar sağlayacağı tespit edilmiştir [1-4]. “Aktif Mikroşerit Yama Anten Dizileri ile Ku-Bandı Alıcı Tasarımı” düşüncesi de bu noktada ortaya atılmıştır [5]. Bu tasarım sırasında karşılaşılan sorunlar kısaca; mikroşerit yama anten kayıplı yapısı, band genişliği, kazanç problemi, baskılı devre üzerinde her iki polarizasyon için de fiziksel gerçekleştirme sorunları, evre-kaydırıcı yapılarındaki sorunlar ve son olarak tüm bu ayrı problemlerin aynı baskılı devre üzerinde gerçekleştirilmesi olarak sıralanmaktadır. Bu sorunların çözümü ile, anten paternini, yatay (azimut) ve düşey (elevasyon), ve polarizasyonda elektronik tarama özelliğine sahip bir düzlemsel Ku band alıcı sistemi gerçekleştirilmiş olacaktır. Mikroşerit anten dizilerinin en önemli sorunlarından biri olan zayıflama sorununun çözümü için, mikroşerit yapılarla birlikte düşük gürültülü

kuvvetlendiriciler (Low Noise Amplifier-LNA) kullanılmaktadır (alıcı sistemler için). Bu sayede zayıflama engellenmiş ve anten kazancı artırılmış olmaktadır.

Yer senkron uydular (geosynchronous orbit satellites) radyo-TV yayıncılığı ve haberleşme sistemlerinde kullanılmaktadır Direct Broadcasting Satellites – DBS). DBS sistemleri geniş kaplama alanları (foot-print) ile X-Ku Bandında (10.7-12.7GHz), analog ve sayısal yayıncılık sistemleri kullanarak, büyük bir coğrafyaya hizmet sunmaktadır. Günümüzde anten yönlendirim işlevleri, çoğunlukla mekanik denetimli anten sistemleri ile gerçekleştirilebilmektedir. Yakın gelecekte, kitlesel olarak elektronik denetimli, mekanik sabit, düzlemsel anten sistemleri büyük ölçüde kullanım alanı bulacaktır. Örnek olarak İstanbul 41° kuzey enlemi ve 29° doğu boylamında bulunmaktadır. İstanbul’dan görülebilecek uyduların, yatay ve düşey açıları için elektronik olarak kontrol edilecek bir anten sisteminin 50 dereceye yakın bir yatay açısal bölgede değişim gösterebilmesini ve 4 derece aralığında düşey değişime ihtiyaç duyulmaktadır. Bu yayınların alınabilmesi için ihtiyaç duyulacak bir analog sistem (NF=1.0dB) için yaklaşık 31dB anten kazancına ihtiyaç duyulmaktadır. Yatay düzlemdeki ışın demeti, aynı frekans bandını kullanan komşu uyduların yayınları ile aradaki izolasyonu sağlamak için belirli bir değeri sağlamalıdır. Bu anten kazancı yatay olarak 3 derece ve düşey olarak 9 derecelik bir anten demeti ile gerçekleştirilmesi mümkün olabilmektedir. Düşey demet genişliğinin gerekli büyüklükte seçilmesi oluşturulacak anten dizisinin bir uzamda sabit kalabilmesinide (ışın demet kaydırımına ihtiyaç duyulmadan) sağlayabilecektir.

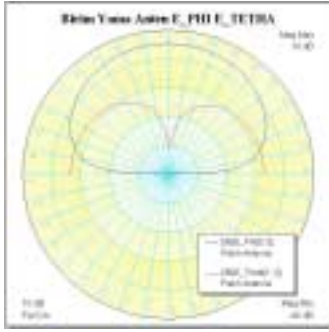
2. Düzlemsel Yama Anten Dizileri

Düzlemsel anten dizisi içinde yer alacak olan temel yama anten elemanı için belirlenecek olan

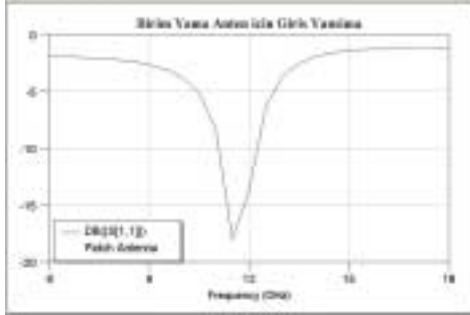
boyutlandırma işlemleri bir mikrodalga simulatörü kullanarak gerçekleştirilmiştir [6-9]. Şekil-1’de görülen birim yama anten elemanı için boyutlar, 0.86cm x 0.86cm, taban h=1.59mm, $\epsilon_r=2.2$ Duroid olarak belirlenmiştir.



Şekil-1. Birim Yama Anten Elemanı.



Şekil-2. Birim Yama Anten Elemanı Işın Demeti.



Şekil-3. Birim Yama Anten Elemanı S₁₁.

Seçilen boyutlar için birim elemanın ışın demeti Şekil-2’de görülmektedir. Bu elemanın merkez frekansta yöneltiliği (directivity) 7.35dB, yatay ve düşey yönlerindeki 3dB demet band genişliği 80° ve 96°’dir. Birim yama anten elemanları kullanılarak oluşturulacak olan iki boyutlu anten dizisi için yatay ve düşey yönlerinde gerekli olan ışın demet genişliklerinin farklı olması nedeni ile, N ve M sayılarında dizi boyutlandırması yapılmıştır (N>M). Her iki yönde de dizi birim elemanları arasındaki sabit d uzunluğu için frekans, yatay-düşey açıları, N ve M boyutları için, homojen beslemeli, anten ışın demet diyagramı çarpanının açığa bağlı olarak değişimi, G_D’dir.

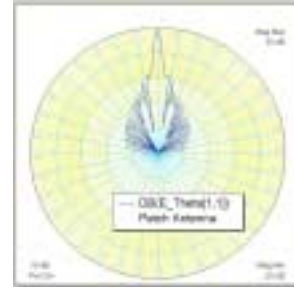
$$G_D(\theta, \varphi) = \frac{\text{Sin}^2[N\pi(d/\lambda)\text{Sin}\theta]}{N^2 \text{Sin}^2[\pi(d/\lambda)\text{Sin}\theta]} \frac{\text{Sin}^2[M\pi(d/\lambda)\text{Sin}\varphi]}{M^2 \text{Sin}^2[\pi(d/\lambda)\text{Sin}\varphi]} \quad (1)$$

Anten elemanları arasındaki mesafe, d=1.72cm, band ortası frekans 11.7GHz, yatay ve düşey yama anten sayıları, N=32, M=8 olarak belirlendiğinde, anten dizi kazanç çarpanı GD=24.36dB’dir. Bu dizi boyutu için

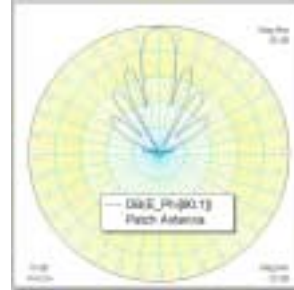
sistemin toplam direktivitesi 31.66dB, yatay, düşey demet genişlikleri, 3° ve 9°’dir. 32x8 = 256 eş beslemeli, yama anten elemanından oluşan anten dizisi, DBS uydularından analog ve sayısal TV, Radyo ve data işaretlerinin alınmasında kullanılabilir minimum boyutlara sahip anten sistemini oluşturmaktadır. Bu elemanlarla oluşturulmuş olan düzlemsel anten dizisi yaklaşık olarak 60cm x 20cm boyutlarında gerçekleştirilebilmektedir. Şekil-4’de sistemin dizilimi görülmektedir. Şekil-5’te yatay ışın demet diyagramı, Şekil-6’da da düşey ışın demet diyagramı görülmektedir.



Şekil-4. 32x8 Anten dizisi dizilimi.



Şekil-5. 32x8 Anten dizisi yatay ışın demet diyagramı.



Şekil-6. 32x8 Anten dizisi düşey ışın demet diyagramı.

Anten dizisi üzerinde yer alan elemanların besleme, genlik ve fazlarının homojen olmadığı durumda oluşan sistemin direktivitesi, her bir yöndeki direktivitelerin çarpımı cinsinden ifade edilebilir. Bu besleme çarpanları (2) ve (3) bağıntılarında $\alpha(\cdot)$ ile belirtilmektedir.

$$D_D = \frac{\left[\sum_{m=1}^{N_D} \alpha_d(m) \right]^2}{\sum_{m=1}^{N_D} \sum_{n=1}^{N_D} \alpha_d(m) \alpha_d(n) \frac{\text{sin}[k_0(d_m - d_n)]}{k_0(d_m - d_n)}} \quad (2)$$

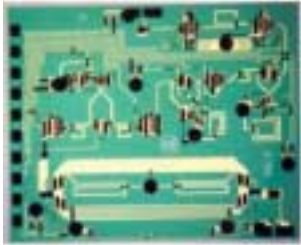
$$D_Y = \frac{\left[\sum_{m=1}^{N_Y} \alpha_y(m) \right]^2}{\sum_{m=1}^{N_Y} \sum_{n=1}^{N_Y} \alpha_y(m) \alpha_y(n) \frac{\text{sin}[k_0(d_m - d_n)]}{k_0(d_m - d_n)}} \quad (3)$$

3. Evre Kaydırıcı ve Uygulamaları

Mikroşerit yama antenlerin besleme düzenlerinde çok farklı yöntemler kullanmak mümkündür. Buna göre, farklı besleme düzeni s-parametresi matrisleri hesaplanabilir. 256 x 1 boyutunda bir matris oluşturulabileceği gibi, yatay ve düşey demetlerdeki düzgünlük korunmak şartıyla, 32x1 ve 8x1'lik dizilerin birleştirilmesi ile hedeflenen sabit düşey, değişken yatay açısız demet hareketinin oluşturulmasını mümkün kılar. Yatay dizisinde de paralel eş beslemeli bir yapı uygulanmıştır. Bu yapıda, birer LNA ve evre kaydırıcı eleman kaskat olarak kullanılmıştır. Bu sayede yatay dizisinde istenilen ışın demeti değişimi sağlanmaktadır.

Anten yatay dizisi paralel eş beslemeli yapıdadır. Bu besleme yapısında, herbir düşey dizisinde, X-Ku Bandında 5 veya 6 bit evre denetimi yapabilen tümdevre elemanlarının, düşük gürültülü kuvvetlendirici (LNA) ile birlikte kullanılması halinde, herbir paralel kolda farklı evre kaydırımı uygulayarak, anten yatay ışınım demetinin döndürülmesi mümkün olmaktadır. Bu yapıda kullanılacak evre kaydırıcılardan birisinin özellikleri aşağıda verilmektedir: Northrop Grumman Microelectronic PHS2580:

- 8 -- 12 GHz Frekans Bandı
- 6-Bit Evre kaydırımı
- 5 ± 0.5 dB dB tipik araya girme kaybı (Insertion loss)
- S11&S22<-10dB
- 3.3 x 3.2 mm tümdevre boyutları
- Toplam evre kaydırımı 360°
- Evre hatası 4°
- 3.3 x 3.2 mm



Şekil-7. Northrop Grumman Mic. 6 Bit Evre Kaydırıcı

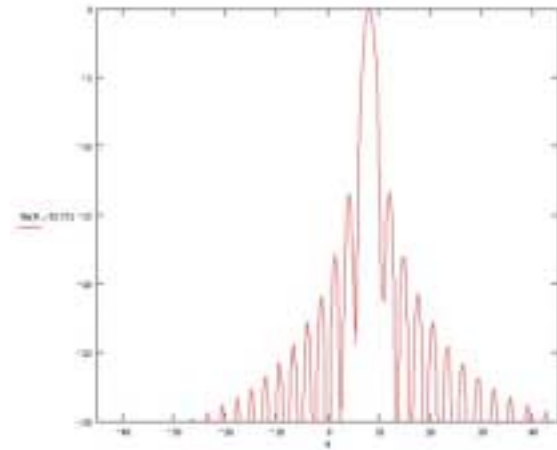
Tablo 1'de yukarıdaki evre kaydırıcının evre paylarına karşılık oluşacak olan ışınım demeti kaymaları görülmektedir. Şekil 8'de de Türksat 1B için anten yatay açı demeti görülmektedir.

Tablo.1 Evre Kaydırım Açılarına göre Oluşan Işınım Demetleri ile Görülebilen Uydular ve Evre kaydırıcı adım numaraları (İstanbul için).

Boylam No.	Uydu Adı	Uydu Yatay Açısı	Evre Kayd. Açısı	Adım
7	Eutelsat W3	211,57	106,875	19
10	Eutelsat W1	207,64	95,625	17
13	Hotbird 1, 2, 3, 4, 5	203,56	78,750	14
16	Eutelsat W2	199,35	61,875	11
31	Türksat 1B	176,95	-33,750	-6
42	Türksat 1C Eurasiasat-1	160,64	-101,250	-18

Tablo.2'de anten dizisinin, Tuksat 1B6 uydusuna yönelimi için, herbir düşey anten dizisinin alması gereken evre kaydırma değeri ve adım numaraları.

Ant.No.	Toplam Evre	Periyot	Evre	Adım No
0	0	0	0	0
1	33,75	0	33,75	6
2	67,5	0	67,5	12
3	101,25	0	101,25	18
4	135	0	135	24
5	168,75	0	168,75	30
6	202,5	0	202,5	36
7	236,25	0	236,25	42
8	270	0	270	48
9	303,75	0	303,75	54
10	337,5	0	337,5	60
11	371,25	1	11,25	2
12	405	1	45	8
13	438,75	1	78,75	14
14	472,5	1	112,5	20
15	506,25	1	146,25	26
16	540	1	180	32
17	573,75	1	213,75	38
18	607,5	1	247,5	44
19	641,25	1	281,25	50
20	675	1	315	56
21	708,75	1	348,75	62
22	742,5	2	22,5	4
23	776,25	2	56,25	10
24	810	2	90	16
25	843,75	2	123,75	22
26	877,5	2	157,5	28
27	911,25	2	191,25	34
28	945	2	225	40
29	978,75	2	258,75	46
30	1012,5	2	292,5	52
31	1046,25	2	326,25	58
32	1080	3	0	0



Şekil 8. Türksat 1B için yatay açı ışınım demeti.

Tablo1'de görülen uydular için "Adım" kolundaki değerler kadar herbir düşey anten dizisinde evre kaydırımı yapılması durumunda, Tablo 2'de Türksat 1B için hesaplanmış olan evre kaydırıcı değerlerinin elde edilmesi mümkün olacaktır.

4. Sonuç

Bu çalışmada, Ku bandında uydu yayınlarını izlemek için kullanılabilir ucuz, kolay kullanılabilen, küçük ve verimli bir alıcı sisteminde, sayısal evre kaydırıcıların demetin yöneltim başarımına olan etkisi gösterilmiştir. Sistem, belirli bir boylam farkında yerleştirilmiş bulunan yer sabit yörüngeli uydulardan işaret alışı yapabilmek için elektronik denetimle anten demeti kaydırımı yaparak, alıcı sisteme ilgili TV/Data işaretlerini aktarabilecek özelliktedir. Elektronik olarak kontrol edilecek bir anten sisteminin 50 dereceye yakın bir yatay açısal bölgede değişim gösterebilmesi ve 4 derece aralığında sabit düşey demetin olması gerekliliği belirlenmiştir. Bunu gerçekleştirebilecek minimum düzlemsel anten dizi boyutlarının 32x8 elemanlı olduğu belirlenmiştir. Yatay ve düşey dizilerinde birbirinden bağımsız besleme yapıları seçilmiştir. Yatay dizilerinin herbirisine yerleştirilmiş olan LNA ve mevcut olan sayısal 6 bitlik evre kaydırıcılar ile, yatay ışınım demetin evresi denetlenebilmekte ve ± 0.5 dereceden küçük yatay açı hataları ile mevcut istenilen uyduya anten demetin yöneliminin sağlanabildiği görülmektedir. Bu çalışmada, ülkemizde çok kullanılmakta olan ve 35 derece boylam farkı içerisinde yer alan 6 ayrı uydu için, elektronik demet denetimli anten sisteminin evre kaydırıcılar ile gerçekleştirilmesi incelenmiş ve başarı ile uygulanabileceği gösterilmiştir.

KAYNAKLAR

- [1] Balanis, A. Constantin, 1997. Antenna Theory Analysis and Design, John Wiley & Sons, New York.
- [2] Sainati, Rober A., 1996. CAD of Microstrip Antennas for Wireless Applications Artec House, Boston.
- [3] James J.R., Hall, P.S., Wood, C., 1981, Microstrip Antenna theory and Design, The Institution of Electrical Engineers, London.
- [4] Diaz L., Milligan T., 1996, Antenna Engineering Using Physical Optics, Practical CAD Techniques and Software, Artech House, Boston.
- [5] N. Amitay, V. Galindo, ve C. P. Wu, 1972, Theory and Analysis of Phased Array Antennas, John Wiley and Sons.
- [6] Pozar, D.M., Introduction to Practical Antennas Antennas, Electrical and Computer Engineering, University of Massachusetts at Amherst, MA 01003, USA.
- [7] J. D. Kraus, 1988, Antennas, second edition, McGraw Hill.
- [8] T. A. Milligan, 1985, Modern Antenna Design, McGraw Hill.
- [9] D. M. Pozar and D. H. Schaubert, 1996, Microstrip Antennas: The Analysis and Design of Microstrip Antennas and Arrays, IEEE Press.