

Uydu Haberleşmesi için Kullanılan Antenlerde Reflektör Yüzey Şekillendirme Çalışmaları

Koray Tap
ASELSAN A.Ş. Radar ve Elektronik Harp Sistemleri Sektör Başkanlığı
Anten ve Düşük Görünürlük Teknolojileri Müdürlüğü
Ankara
ktap@aselsan.com.tr

Özet: Yeryüzünde belirli bir coğrafik alan üzerinde tanımlanmış kapsama alanının verimli bir şekilde aydınlatılması için uydu üzerinde konuşlu antenin özel olarak tasarlanmış şekilli ışına örüntüsüne sahip olması gerekmektedir. Reflektörlü bir antende söz konusu kontur şekilli ışına örüntüsü reflektör yüzeyinin şekillendirilmesi ile sağlanabilir. Bu bildiride temsili bir kapsama alanını verimli bir şekilde aydınlatılma amaçlı olarak yapılan reflektör yüzey şekillendirme çalışmaları anlatılmaktadır. Farklı reflektör boyutlarının ve anten karakteristik özelliklerinin anten kapsama performansına etkileri elektromanyetik benzetimlerle parametrik olarak incelenmektedir.

Abstract: The antenna integrated to a spacecraft platform needs to have a specially designed antenna pattern in order to efficiently illuminate a defined coverage zone. The contour shaped antenna pattern can be obtained by shaping the reflector surface of the reflector antenna. In this paper, reflector shaping studies with a representative coverage zone is presented. The effect of different reflector dimensions and antenna characteristic properties on the antenna coverage performance is parametrically analyzed through electromagnetic simulations.

1. Giriş

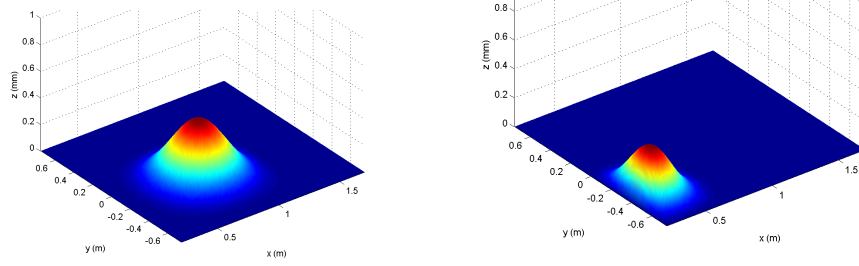
Yeryüzünde belirli bir coğrafik alan üzerinde tanımlanmış kapsama alanının verimli bir şekilde aydınlatılması için uydu üzerinde konuşlu antenin, özel olarak tasarlanmış şekilli ışına örüntüsüne sahip olması gerekmektedir. Modern uygulamalarda şekillendirilmiş (ya da kontur hüzmeli) antenler yaygın olarak corrugated horn anten ile beslenen yüzeyi şekillendirilmiş kompozit reflektör mimarisi ile gerçekleştirilmektedir. Bu mimaride besleme anteninden yayılan dairesel simetriye yakın elektromanyetik ışına reflektör yüzeyinden yansımakta ve dünya üzerinde (uzak alanda) istenilen kontur huzmeyi oluşturmaktadır. Kontur huzme reflektör yüzeyinin şekillendirilmesi ile oluşturulmaktadır. Reflektör yüzeyinin şekillendirilmesi optimizasyon algoritmalarının etkin kullanımı ile gerçekleştirilmektedir. Optimizasyon sırasında reflektör yüzeyi üzerinde tanımlı yüzey fonksiyonlarının katsayıları değiştirilerek reflektör yüzeyinin istenen kontur huzme gereklerini sağlayacak şekilde şekillendirilmesi sağlanır. Şekil 1'de örnek lokal yüzey şekillendirme fonksiyonları görülmektedir. Fiziksel Optik (PO) tekniği kullanılarak yeni reflektör yüzeyi ile saçılım analizi yapılarak uzak alandaki anten örüntüsü hesaplanır. Yüzey şekillendirme ile elde edilebilecek azami performans reflektörün başlangıç yüzey şekline, optimizasyon algoritmasına, optimizasyonda kullanılan yüzey şekillendirme fonksiyonlarına, reflektör boyutuna, besleme anteni özelliklerine, reflektör ile besleme anteninin birbirlerine göre yerleşimlerine, platform etkilerine ve yerleşim kısıtlarına bağlıdır. Reflektörün elektromanyetik tasarım süreci, anten performans isteklerini karşılayabilecek reflektör yüzey şeklini belirleyebilmek için söz konusu parametrelerin ve özelliklerin performans etkisinin araştırılmasını ve farklı parametre setleriyle çok sayıda şekillendirme çalışması yapılmasını gerektiren geliştirme sürecinin kritik bir adımıdır.

Bu bildiride temsili bir kapsama alanı kullanılarak yapılan reflektör yüzey optimizasyonu çalışmaları anlatılmaktadır. Besleme anteni olarak corrugated horn anten örüntüsünü temsil eden Gaussian Örüntüsü kullanılmaktadır. Reflektör boyutlarının ve reflektör yüzey karakteristiklerinin reflektör yüzey performansına etkileri analiz edilmektedir.

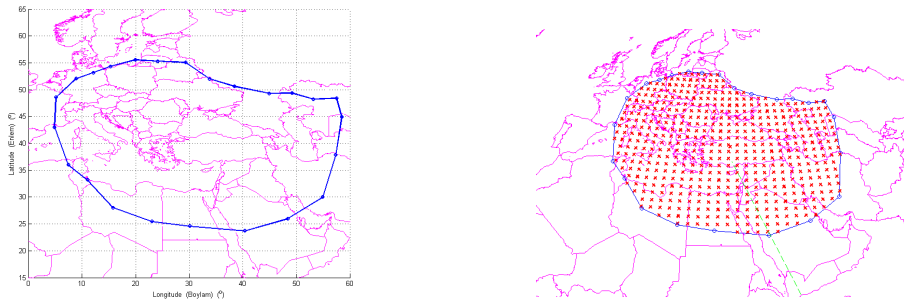
2. Problem Tanımı

Reflektör yüzey şekillendirme çalışmasında Şekil 2'de görülen temsili kapsama alanı kullanılmıştır. Söz konusu kapsama alanı üzerinde anten yönlülük değerinin 7.26 GHz frekansında maksimum seviyede olması hedeflenmiştir. Uydunun Yere Eş Zamanlı Yörünge (GEO) üzerinde 42° doğu boylamı üzerinde konumlandığı

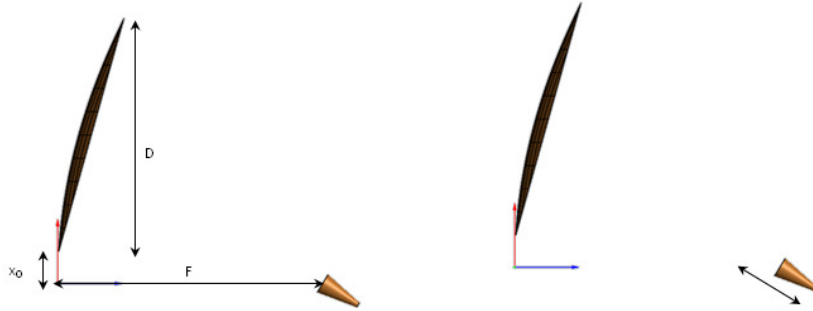
varsayılmıştır. Anten geometrisi Şekil 3'te gösterilmektedir. Ofset beslemeli reflektörden oluşan antende reflektör çapı (D), ofset mesafesi (x_0) ve odak uzaklığı (F) geometrik tasarım parametreleridir.



Şekil 1 Lokal Reflektör Yüzey Şekillendirme Fonksiyonları



Şekil 2 Temsili Kapsama Alanı ve Kapsama Alanının İstasyonlar İle Kaplanması



Şekil 3 Anten Geometrisi ve Parabolik Reflektörün Odağının Kaydırılması

3. Reflektör Yüzey Şekillendirme

Reflektör yüzey şekillendirilmesinde TICRA'ya ait POS yazılımı kullanılmıştır [1]. Bu yazılımda reflektör yüzey şekillendirme çalışmalarının ilk aşaması olarak tanımlı kapsama alanı belirli sayıda alıcı istasyonlar ile kaplanır. Optimizasyon algoritmasında söz konusu alıcı istasyonlarındaki minimum kazancın maksimum olması hedeflenir. Bu amaçla mini-max optimizasyon algoritması kullanılmıştır [1,2]. Mini-max algoritması hızlı olmasının yanında lokal özellikli bir optimizasyon algoritması olduğundan lokal bir minimuma yakınsayabilir. Bu nedenle mini-max algoritmasında başlangıç noktasının optimum noktadan çok uzak olmaması önemlidir.

Reflektör yüzeyi üzerinde bi-cubic spline şekillendirme fonksiyonlar [1] tanımlanır. Bi-cubic spline fonksiyonu üçüncü seviye bir polinomdan oluşur ve reflektör yüzeyi üzerinde lokal olarak tanımlanır. Söz konusu fonksiyonların sıklığı (ya da sayısı) reflektör yüzeyinin şekillendirme başarısını etkilemektedir. Fonksiyon sayısı arttıkça reflektör yüzeyi üzerinde daha sık bir çözünürlükte şekillendirme yapmak mümkün olmaktadır.

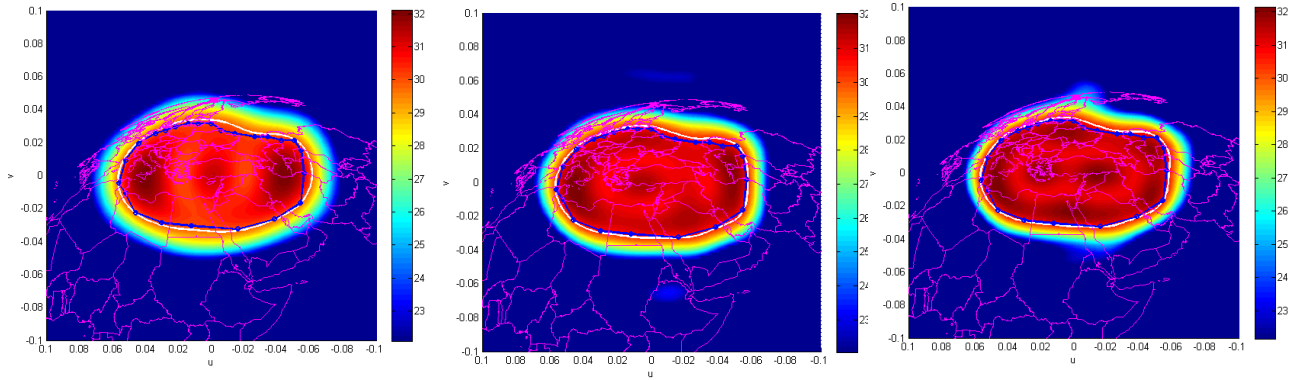
Reflektör yüzey şekillendirme çalışmasının sonraki aşamasında optimizasyona girdi olan ilk yüzey belirlenir. İlk olarak parabolik yüzey şekline sahip bir reflektör geometrisi belirlenir. Odak uzaklığı F olan bir parabolik reflektör aşağıdaki formül ile tanımlanır:

$$z = \frac{x^2 + y^2}{4F} \quad (1)$$

Parabolik reflektör kapsama alanı üzerinde spot hüzme oluşturduğundan optimizasyon algoritması için uygun bir başlangıç noktası değildir. Mini-max lokal özellikli bir optimizasyon algoritması olduğundan spot huzmeli bir başlangıç yüzeyi ile lokal optimum ile sonlanması mümkün olabilmektedir. Bunu önlemek için parabolik reflektörün odak noktası besleme anteni pozisyonu referans alınarak Şekil 3'te görüldüğü gibi ileri ya da geri kaydırılır. Odağı kaymış reflektörün anten örüntüsü genişler ve kapsama alanını kabaca kapsar. Bu odağı kaydırılmış reflektör yüzeyi optimizasyon algoritmasında başlangıç yüzeyi olarak kullanılır.

3. Analizler ve Değerlendirmeler

Parametrik analiz çalışmalarında farklı boyutlardaki reflektörler ile optimizasyon çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla D=1.5 m, D=2.0 m ve D=2.5 m'lik reflektör çapları belirlenmiştir. Her bir reflektör çapı için yüzey şekillendirme optimizasyon çalışması yürütülmüştür. Elde edilen reflektör yüzeyleri kullanılarak kapsama alanı üzerinde oluşturulan anten örüntüleri Şekil 4'de sunulmaktadır.



Şekil 4 Farklı Reflektör Boyutlarına ait Işıma Örüntüleri (Soldan sağa D=1.5 m, D=2.0 m, D=2.5 m)

Şekiller incelendiğinde reflektör çapının büyümesi ile antenin kapsama performansının yükseldiği görülmektedir. Bir sonraki aşamada reflektör fonksiyon sayısı değiştirilerek bu sayının reflektör yüzey şekillendirme performansına etkisi analiz edilmiştir. Bu amaçla D=2.0 m için 4x4, 8x8 ve 16x16'lık ızgara üzerinde tanımlı spline şekillendirme fonksiyonları kullanılarak optimizasyon çalışmaları yapılmıştır. Fonksiyon sayısı arttıkça kapsama performansının yükseldiği belirlenmiştir. Farklı reflektör boyutları ve spline fonksiyon sayıları ile kapsama alanı üzerinde elde edilen minimum kazanç değerleri Tablo 1'de sunulmaktadır.

Tablo 1: Anten Kazancının Reflektör Boyutuna ve Spline Sayısına Göre Değişimi

dBİ	4x4	8x8	16x16
D = 1.5 m	28.66	29.82	30.07
D = 2.0 m	28.81	30.13	30.76
D = 2.5 m	29.11	30.52	31.09

Besleme anteninin ışınım özeliğinin anten kapsama performansı parametrik olarak incelenmiştir. Yüksek performanslı bir kapsama yapabilmek için besleme anteninin ışınım örüntüsünün reflektör kenarındaki düşüm seviyesinin en az 18 dB olması gerektiği gösterilmiştir. Söz konusu analizlere ilişkin parametrik benzetim çalışmaları bildiri sunumunda yer alacaktır.

Kaynaklar

- [1] TICRA., *User manual for POS 6.0.1*, Copenhagen, Denmark: TICRA Engineering Consultants, 2015
 [2] Klein C., "Design of Shaped Beam Antennas Through Minimax Gain Optimization,"IEEE Trans. on Antennas and Propagation, Vol. AP-32, No.9, Kasım 1984.