

Tek Çanak Radyo Teleskop Kalibrasyon Teknikleri

Recep Balbay^{1*}, İbrahim Küçük^{1,2}

¹Erciyes Üniversitesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü, Kayseri

²Erciyes Üniversitesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Gözlemevi UYG-AR Merkezi (UZAYBİMER)

Özet

Bu çalışmada, ERÜ UZAYBİMER UYG-AR Merkezinde bulunan ERT-5 tek çanak radyo teleskopu için akı kalibrasyonu çalışması yapılmıştır. Bu çalışmanın yapılabilmesi için radyo teleskop sisteminde kullanılmak üzere radyo teleskop kontrol kumandası ve radyometre alıcı cihazları tasarlanmış ve prototip olarak üretilmiştir.

Anahtar Kelimeler: instrumentation: detectors, Radyo Astronomisi

1 Radyo Teleskop ve Kalibrasyon Yöntemi

Radyo teleskop verilerinin kalibre edilmesi gözlemlerdeki önemli konulardan biridir. Bir radyo teleskoptan alınan verilerin başka bir teleskoptan alınan verilerle kıyaslanması zordur. Bunun sebebi genel olarak sistem sıcaklığı ve atmosferik koşullardır. Radyo teleskop ölçümlerini yıl boyu tekrarladığımızda, bir gün ölçülen değer, mesela 300 sayım, başka bir gün 250 sayıma düşebilmekte ya da 350 sayıma çıkabilmektedir. Bu değişimlerin sebebi, gözlenen gök cisimlerinden mi yoksa radyo teleskop sistemlerinden mi kaynaklandığını anlamak için radyo teleskop sisteminin davranışı çok iyi bilinmeli ve sistem periyodik olarak kalibre edilmelidir.

1.1 Ölçülen Voltaj ile Akı arasındaki Bağını

Radyo teleskop gök yüzündeki herhangi bir kaynağa yönlendirildiğinde, P gücü ölçülür. Kaynaktan uzaklaştığında, sistemin gürültüsünden kaynaklanan baz güç seviyesi P₀ ölçülür. Kaynak ve kaynak dışı arasındaki güç oranı Y faktörü olarak adlandırılır. Anten sıcaklığı, bilinen akı değeri (S) için aşağıdaki şekilde hesaplanır:

$$T_a = \frac{SA_e}{k} \quad (1)$$

bağıntıdan görüleceği üzere teleskop hassasiyeti etkin açıklığa ve teleskop sistem sıcaklığına bağlıdır. Bu bağlamda teleskop hassasiyetini artırmak için ya teleskop açıklığı yani çapı artırılacaktır ya da teleskop sistem gürültü sıcaklığı düşürülecektir.

1.2 Anten Etkin Açıklığının Hesaplanması

G, izotropik (ideal) antenin kazancı olmak üzere etkin anten yüzeyi aşağıdaki denklemle hesaplanır.

$$G = \frac{4\pi A_e}{\lambda^2} \quad (2)$$

1.3 Sistem Sıcaklığının Hesaplanması

Anten etkin açıklığı ve bilinen bir radyo akı kaynağının gözlenmesi ile sistem sıcaklığı hesaplanabilir. Bu çalışmada alıcı hassasiyeti sebebiyle Güneş'i kalibrasyon kaynağı olarak kullanılmıştır. Sistem sıcaklığını hesaplamak için aşağıdaki denk-

Çizelge 1. ERT-5 Radyo Teleskop Teknik Bilgileri

Ana yansıtıcı	5 metre
Kundak	Alt-Az
LNB	950 – 1800 MHz
Kontrol	Arduino Pro Mini
Encoder	Hohner SS11120/8192

lem kullanılır.

$$T_s = \frac{\frac{SA_e}{k}}{\frac{P}{P_0} - 1} \quad (3)$$

1.4 Çözünürlük ve Entegrasyon Süresi

Radyo teleskop çözünürlüğü ya da başka bir deyişle ölçülebilen en düşük sıcaklık değeri "Dicke" denklemi ile hesaplanmaktadır. τ ölçümlerin birleştirilmesi için geçen zaman yani entegrasyon süresidir.

$$T_m = \frac{T_s}{T_\tau} \quad (4)$$

1.5 Kaynak Dışı Gözlemler ile Gürültünün Modellenmesi

Sistem sıcaklığındaki değişimlerin tespit edilmesi için kullanılan yöntemlerden en uygun olanı, boş gök yüzü ölçümleri ile gök cisimlerinin sıcaklıklarının kıyaslanmasıdır. Boş gök yüzü gözlemleri ile sistem sıcaklığının yani sistem temel gürültü düzeyinin modellenmesi için kullanılan en yaygın üç temel yöntem temel düzey eşleştirme, frekans değiştirme ve pozisyon değiştirme yöntemleridir.

2 ERT-5 Radyo Teleskop Bilgileri

ERT-5 Radyo Teleskobunun Teknik Bilgileri Tablo 1'de verilmiştir.

2.1 Prototip Radyometre ve Teknik Bilgileri

Radyometre içerisinde Raspberry Pi, Arduino Uno, 16-bit ADC, 1 MHz – 8 GHz aralığında RF güç ölçer (AD8318) ve LCD (16x2) ekran bulunmaktadır. Radyometre girişleri Ethernet (RJ45), +5 Volt DC güç girişi ve RF (75 Ohm) koaksiyel kablo girişleridir.

* rbalbay@gmail.com

Çizelge 2. Güneş gözlem değerleri

S	412.7 SFU
P	53.4
P0	42.9

3 Bulgular

3.1 ERT-5 Radyo Teleskop Etkin Anten Açıklığı

ERT-5 anteni için izotropik anten kazancı (G), anten parametreleri göz önünde bulundurularak (anten çapı 5 metre, anten verimliliği %30) 10.6 GHz için $\sim 47,5dB$ olarak hesaplanmıştır. Böylece etkin anten açıklığı $\sim 4m^2$ olarak bulunmuştur.

3.2 ERT-5 Radyo Teleskop Sistem Sıcaklığı

Tablo 2'de verilen değerler doğrultusunda radyo teleskop sistem sıcaklığı (T_s) $\sim 295K$ olarak hesaplanmıştır.

3.3 ERT-5 Radyo Teleskop Hassasiyeti

Şekil 3.2'de gözlenen gök cisimlerinin akı değerlerine karşılık radyometrenin sinyal seviyeleri (hassasiyeti) gösterilmektedir.

4 Sonuç

Bu çalışmada, UZAYBİMER UYG-AR Merkezi'nde kurulu bulunan ERT-5 Radyo teleskopuna ait donanımların ve radyo teleskopun çalışması için gerekli diğer altyapının kontrolü, bakımı ve uygulaması yapılmıştır. Bu çalışmalardan sonra ERT-5 radyo teleskopu, üretilen prototip kumanda ile her iki ekseninde de başarılı bir şekilde hareket ettirilmiştir. ERT-5 radyo teleskopun odak noktasına, anten ve bu anten için özel olarak üretilmiş LNA yerleştirilmiştir. Radyometrenin çalışması ve kontrolü için LabVIEW, Python ve Arduino dillerinde yazılımlar geliştirilmiştir.

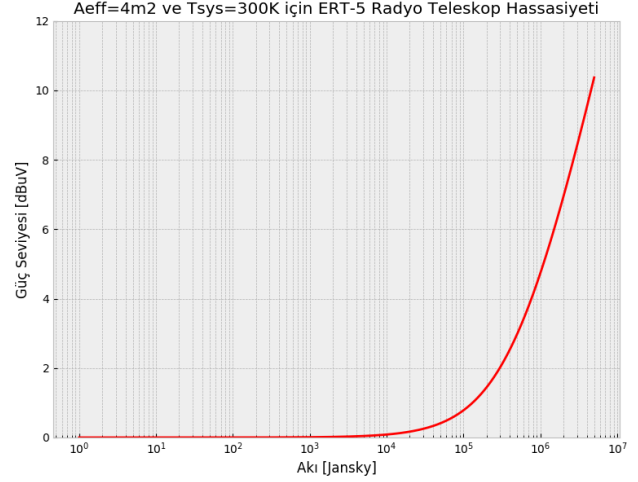
Radyo teleskop sistemi, Güneş'e odaklanarak ilk veriler alınmıştır. Boş gök yüzü gözlemleri için ölçülen taban seviye (gürültü düzeyi) $40 - 44 dB\mu V$ olarak kaydedilmiştir. Güneş'e ait ölçülen güç seviyeleri ortalama olarak $51 - 54 dB\mu V$ civarındadır. Buna göre Güneş için gürültüden arındırılmış güç değerleri, $10 - 11 dB\mu V$ olarak elde edilmiştir.

Ay gözlemlerinde, temel gürültü seviyesi Güneş gözlemlerinden elde edilen değerler ile tutarlı olarak $40 - 44 dB\mu V$ bulunmuştur. Ay gözlemlerinin gürültüden arındırılmış değeri $1 - 2 dB\mu V$ olarak hesaplanmıştır.

Bu çalışmada anten sıcaklığı ortalama $270 - 330K$ aralığında ölçülmüştür. 2006–2007 yıllarında aynı radyo teleskop ile yapılan ölçümlerde [Yusifov ve Küçük \(2007\)](#), anten sıcaklığını $300K$ olarak elde edilmiştir. Bu çalışmada elde edilen değerler ile uyum göstermektedir.

Radyo teleskopun etkin anten açıklığı yaklaşık olarak $3.8 - 4.1m^2$ olarak hesaplanmıştır. Bu değerlere göre radyo teleskopun verimliliği, yaklaşık olarak %30 - %35 düzeyindedir.

İlk ve en genel yöntem olarak temel seviye gürültü eşleştirmesi (fitting) yöntemi ölçümlere uygulanmıştır. Gözlem verilerinde temel düzey, ortalama olarak $41 - 42 dB\mu V$ düzeylerinde ölçülmüştür. İkinci yöntem olan frekans değiştirme yöntemi, prototip radyometrenin teknik sınırlamalarından dolayı sadece iki farklı frekans için denenmiştir. Ancak frekans değiştirme yöntemi ile yapılan denemelerde IF frekansından ($0.9-1.8 GHz$) uzaklaştıkça ölçüm değerlerinin yüksek derecede hatalı olduğu sonucuna varılmıştır. Bundan dolayı frekans değiştirme yöntemi kullanılmamıştır. Kalibrasyon yöntemlerinin sonuncusu olan pozisyon değiştirme yöntem-



Şekil 1. Gözlenen akı değerlerine karşılık sinyal seviyeleri.

inden yararlanılmıştır. Radyo teleskop gökyüzündeki farklı noktalara çevrilerek ölçüm değerleri alınmış ve bu değerler temel gürültü düzeyi olarak kabul edilmiştir.

Teşekkür

Bu çalışmaya maddi destek sağlayan Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu'na (Proje No: 113F266 ve Proje No: 115F032) ve Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimine (Proje No: FYL-2017-7095) teşekkür ederiz.

Kaynaklar

Yusifov, İ., Küçük, İ., Sarıkaya, M. ERT-5 Radio telescope: technical properties and calibrating observations. 24. Uluslararası Fizik Kongresi. 789–793

Erişim:

042-1220: [UAK-2018 Program](#) — [UAK Bildiri](#) — [Turkish J.A&A.](#)