



DAG Teleskobu MKID Detektörü için Bilgisayar Donanım ve Yazılım Altyapısı

Ergün Ege^{1,2}, Burak Kay³, Tolga Güver^{1,2}, Benjamin A. Mazin⁴, Kieran O'Brien⁵, Sinan Aliş^{1,2}, F. Korhan Yelkenci^{1,2}, Cahit Yeşilyaprak^{6,7}, Sinan Kaan Yerli⁸, Ayşe Erol³, Onur Keskin⁹

¹İstanbul Üniversitesi, Fen Fakültesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü

²İstanbul Üniversitesi Gözlemevi Araştırma ve Uygulama Merkezi

³İstanbul Üniversitesi, Fen Fakültesi, Fizik Bölümü

⁴University of California at Santa Barbara, Fizik Bölümü

⁵University of Oxford, Fizik Bölümü

⁶Atatürk Üniversitesi, Fen Fakültesi, Astronomi ve Astrofizik Bölümü

⁷Atatürk Üniversitesi, Astronomi ve Astrofizik Araştırma ve Uygulama Merkezi (ATASAM)

⁸Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Fizik Bölümü

⁹İşık Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü

Özet: Bu poster ile DAG Teleskobunda kullanılması düşünülen MKID (Microwave Kinetic Inductance Detector) tabanlı odak düzlemi aygıtı için gerekli yazılım ve donanım sistemlerini tanıtmayı hedefliyoruz.

Anahtar Kelimeler: MKID, ACRON, HDF5

Abstract: In this poster we present computer and software framework for MKID (Microwave Kinetic Inductance Detector) based focal plane instrument which is intended to be installed on DAG Telescope.

Key Words: MKID, ACRON, HDF5

1. Doğu Anadolu Gözlemevi (DAG)

DAG, TC Kalkınma Bakanlığı'nın finanse ettiği, Erzurum'da 4 m. sınıfı teleskoba sahip gözlemevi kurmayı hedefleyen, 2011 yılında başlatılmış bir projedir. Teleskobun 3170 m. yükseklikteki Karakaya tepesine yerleştirilmesi planlanmaktadır. Tamamlandığında Dünyadaki en yüksek irtifadaki teleskoplardan biri olacaktır. İlk ışığın 2019 yılında alınması planlanmaktadır. Teleskobun yerleştirileceği alanda bir yılda gözlem yapılabilen gün sayısı 250'den fazladır. Yıllık en düşük sıcaklık değeri -35 °C'dir (Yeşilyaprak ve diğ., 2016). DAG teleskobu, 4 m. birincil aynalı, iki Nasmyth odaklı Ritchey-Chretien konfigürasyonunda olacaktır (Cassegrain odak bulunmamakta). Odak uzunluğu 56 m. olacak ve böylelikle fl.8 değerine ve 30' bozulmuş (vignetted) görüş alanına, 10' bozulmamış (unvignetted) görüş alanına sahip olacaktır. Aynalar alüminyum kaplanacak, böylece 350-3000 nm aralığında yüksek yansıtma elde edilecektir. Nasmyth odaklarından birinde GLAO (5' düzeltilmiş görüş alanı) ile birlikte adaptif optik sistemi bulunacaktır (Yeşilyaprak ve diğ., 2016).

2. MKID

MKID'ler, süperiletken malzeme yüzeyine çarpan fotonun, kinetik indüktans etkisi nedeniyle süperiletkenin yüzey empedansını değiştirmesi ilkesine dayanarak çalışan detektörlerdir. MKID'ler süperiletken tabanlı algılayıcılar olmaları sebebiyle kara akım ve okuma gürültüsü üretmedikleri gibi kozmik ışıklardan da neredeyse hiç etkilenmeksizin üzerilerine düşen her bir fotonun oluşturduğu etkiyi algılayabilmektedirler. Kriyojenik (aşırı soğuk) aygıtlar olan bu detektörler, X-ışın kalorimetrelerde olduğu gibi, herhangi bir filtre ya da kırınım ağına ihtiyaç duymaksızın gelen fotonların tek tek enerjisini de ölçebilmekte yani düşük çözünürlüklü bir spektrograf gibi de kullanılabilirlerdir. Bu sayede, mikro saniyelere varan zaman çözünürlüklerine ulaşabilmek ve gelen fotonların enerjilerini ölçebilmek mümkündür. 1K'den daha düşük sıcaklıkta çalıştırıldığında $R = \lambda/\Delta\lambda = 10$ (400 nm için) ile 25 (1350 nm) arasındadır. Duyarlı oldukları dalgaboyu 0.1-5 μm arasındadır (karşılaştırma açısından CCD'lerin dalgaboyu aralığı $\approx 0.3 - 1 \mu\text{m}$ arasındadır). Süperiletken olarak günümüzde TiN ya da PtSi malzemeler kullanılmaktadır (Mazin ve diğ., 2013).

MKID tabanlı algılayıcılar tüm piksellerde pozlama yaparken aynı anda da verilerini aktarabildikleri için aktif pozlama zamanında bir kayıp yaşanmamaktadır. Yani pozlamalar arasındaki zaman kaybı mikrosaniyeler mertebesinde. Böylece detektör klasik algılayıcılardan farklı olarak bir olay listesi oluşturmaktadır, öyle ki listedeki her bir satır fotonun geliş yönünü, zamanını ve enerjisini ve diğer ilgili bilgileri belirtir. Bu belirlemede mikrosaniye kadar zaman hassasiyetine sahiptir (Mazin ve diğ., 2013).

3. DAG MKID

DAG-MKID : DAG'da 183x183 (33489 piksel) boyutunda bir bir MKID detektör kullanılması düşünülmektedir. Bu piksel sayısı, halen test gözlemleri yapılan DARKNESS isimli aygıttan 3 kat daha fazla piksel sayısına anlamına gelmektedir ve tamamlandığında Dünya'daki en büyük MKID düzeneği olacaktır. Görüş alanı (FOV) yaklaşık 1' boyutunda, piksel ölçeği 0,5'' den küçük olacaktır. Bu değerler Adaptif optik sisteminin arkasında çalışması durumunda yaklaşık olarak yarı yarıya düşecektir.

*Sorumlu Yazar E-Posta: ergun.ege@ogr.iu.edu.tr



Çalıştırılma sıcaklığı 1 K'den daha düşük (yak. 100 mK) olan DAG-MKID için kullanılacak speriletken malzeme PtSi'dir (Güver ve diğ., 2016).

4. DAG MKID

Enerji altyapısı : Zirvede 2x630 kW trafo merkezi, 3 faz 2x250kW UPS, zirve yakınında 110 kW + 2x400 kW jeneratör, ATASAM kampüste 60 kW UPS, servis binasında 30 kW UPS, meteoroloji ölçüm sisteminde 10 kW UPS (Yeşilyaprak ve diğ., 2016).

Network : RL 24 Mbit, 26 km uzunluğunda yeraltına döşenmiş 48 damarlı 100 Gbit fiber hattı (Yeşilyaprak ve diğ., 2016).

Storage : DAG'da kullanılması düşünülen MKID detektöründe kullanılan yerleşik yazılımın (firmware) okuma çıktısı (readout) devresi 40-200 MB/dakika veri oluşturmaktadır (gözlenen akıya bağlı olarak)(van Eyken ve diğ., 2015). Bu veri ham haliyle saklandığında günde yaklaşık 120GB, yılda 30 TB depolama alanına ihtiyaç duyacaktır. Bu depolama sisteminin yönetimi açık kaynaklı uygulamalar ile özel olarak tasarlanmaktadır. Veriler gözlem merkezindeki veri noktasında kaydedildikten sonra ATASAM bünyesindeki depolama sistemine aktarılacak, buradaki veri de İÜ laboratuvarı bünyesindeki arşiv depolama merkezine aktarılacaktır. RAID sistemi ile çalışan yüksek kapasiteli depolama ünitelerinin yönetimi, açık kaynaklı dosya formatları (ext4) kullanılarak yüksek hızlı işlemcilerle sağlanacaktır.

Veri sorgulama ve yayınlamasının, İÜ araştırma laboratuvarı bünyesindeki sunucular aracılığı ile yapılması planlanmaktadır.

Arşiv Yazılımı : Kullanıcıların arşive erişimi için bir web uygulaması kurgulanmaktadır. Bu uygulama, verilerinin açık olduğu diğer gözlem merkezlerindeki gibi belli bir süre sadece yetkili araştırmacılara açık olacak, belirlenen sürenin sonunda ise veriler kamuya açık hale getirilecektir. Bu uygulama üzerinden, sql sorguları yapılabilecek ve istenilen koşullardaki verinin araştırmacıya paket olarak sunulması sağlanacaktır.

Örnek bir uygulama olarak ARCONS veri işleme aşamaları : Detektörden elde edilen veriler HDF5 formatında saklanmaktadır. Bu format diskteki verilerin etkin şekilde değerlendirilmesine olanak tanır. Detektörden elde edilen verilerin indirgeme işlemleri, Python dili kullanılarak ve bu dilde yaratılmış olan AstroPy, NumPy, SciPy ve Matplotlib bilimsel kütüphanelerinden yararlanılarak oluşturulmuştur. Ayrıca Pytables kütüphanesi, HDF dosya formatı üstünde çalışmak için bir arayüz olarak kullanılmaktadır.

Veri kalibrasyonu şu aşamalarla gerçekleştirilir; dalgaboyu kalibrasyonu, düz-alan kalibrasyonu, spektral tepki kalibrasyonu, yüksek sayım oranı kalibrasyonu, astrometri, doğrusallık düzeltilmesi.

- i) Elde edilen bu veri ile değişik bantlar için görüntüler oluşturulabilir, ve istenirse renkli görüntüler elde edilebilir.
- ii) Geleneksel CCD fotometrisine benzer şekilde zaman çözünürlüklü fotometri gerçekleştirilebilir. Fotometrik filtreleme işlevi gibi veri üstünde dalgaboyu sınırlamalarıyla (istenirse yüksek zaman hassasiyeti olan) çok bantlı fotometri gerçekleştirilebilir.
- iii) Tayf gereksinimi durumunda seçilen bir açıklıktaki fotonlar belirlenerek, belli bir pozlama süresi için dalgaboyunun fonksiyonu olarak akı grafiği elde edilebilir (Integral Field Spectroscopy benzeri).

Nihai kalibre edilmiş foton listesi sonucunda dört boyutlu "hiperküp" elde edilir; bu dört boyutlu foton histogramı, sağ açıklık, dik açıklık, dalgaboyu ve tespit zamanından oluşur (van Eyken ve diğ., 2015)

Bu süreçlerin yönetilmesi için yüksek hızlı veri yazma-okuma ve bu verilerin işlenmesi, indirgenmesi amaçlı açık kaynaklı yazılım ve donanım çalışmaları yürütülmesi hedeflenmektedir. Python ile oluşturulan yazılım süreçlerinin C (ya da benzer düşük seviyeli) diller ile hızlandırılması gibi araştırmalar yapılması düşünülmektedir.

HDF5 (Hierarchical Data Format) : Özellikle bilimsel süreçlerde kullanılan, büyük boyutlu verilerin işlenmesinde kullanışlı binary bir veri depolama formatıdır. Pratikte bir boyut sınırının olmaması (geleneksel veritabanlarında), temel tüm mimari ve işletim sistemlerinde çalışabilmesi, açık kaynaklı (BSD) olması, veri erişiminde hızlı olması, esnek ve ölçeklenebilir olması, bu format için oluşturulmuş pek çok araç olması, C-Fortran-IDL-Python(h5py) kütüphanelerinin bulunması gibi avantajları vardır.

5. Kaynaklar

Yeşilyaprak, C. ve diğ., SPIE 9910-113, 2016

Güver, T. ve diğ., SPIE 9915-101, 2016

Mazin, B.A., ve diğ. PASP, 123, 933, 2013

van Eyken, J.C., ve diğ., arXiv:1507.05631v1, 2015