

SETI HOME PROJESİ VE GRID COMPUTING

Tarih boyunca insanlar geceleri gökyüzünü incelediler, yıldızların hareketlerini gözlediler. Dünyanın yuvarlak olduğunu ve güneşin etrafında döndüğünü öğrendiler. Bilim-kurgu romanlarında da olsa roketlere binip aya, güneşe ve diğer yıldızlara seyahat ettiler. Yirminci yüzyıl ile beraber bilim-kurgu olarak nitelenen bir çok şey gerçekleşmeye başladı. 1930'lu yılların başlarında Karl Jansky adında bir mühendisin Samanyolu merkezli dünya dışı radyo ışımlarının geldiğini bulmasıyla Radyo Astronomi doğdu. İkinci Dünya Savaşı ve sonrasında bilimdeki müthiş gelişmeler ile günümüz teknolojinin temelleri atıldı. Bilgisayarlar, mikro çipler, elektron mikroskopları, nükleer enerji gibi bir çok yararlı teknoloji hayatımıza girdi.

Soğuk savaş döneminde Sovyet Rusya'nın uzaya gönderdiği ilk insan yapımı uydu olan Sputnik ile Amerika - Sovyet Rusya arasında müthiş bir rekabet başladı ve tüm insanlığın ilgisi uzaya yöneldi. Ardından gelen insanlı uzay yolculukları, yörünge uçuşları derken aya yolculuk gerçekleşti.

8 Nisan 1960 yılında Green Bank Ulusal Radyo Astronomi Gözlemevi'nde Frank Drake tarafından gerçekleştirilen deney, ilk dünya dışı zeki yaşam arama çalışması olarak tarihe geçti. Oza Projesi adı verilen çalışma sırasında Drake, iki hafta boyunca Tau Ceti ve Epsilon Eridani yıldızlarını gözledi. Deney bir başarıya ulaşamamış olsa da dünya dışı zeki yaşam arama yolunda atılan en önemli adımlardan biri olmuştur.

1970'li yıllarda NASA, SETI projeleriyle ilgilenmeye başladı ve 1988 yılında ön çalışmalara start verildi. Gözlemler, Christopher Columbus'un Amerika'yı keşfinin 500. kutlama yılı olan 1992'de resmen başlatıldı. Ancak gözlemlerin başlamasından bir yıl sonra proje Birle-

şik Devletler Konseyi tarafından iptal edildi. 1984 yılında Kaliforniya'da evrendeki yaşam ile ilgili bilimsel araştırmalar ve eğitim programları vermek amacıyla SETI Enstitüsü kuruldu. Enstitü özel kaynaklar bularak NASA'nın bıraktığı çalışmayı kaldığı yerden devam ettirmeye başladı, yıldız sistemleri üzerine yapılan bu çalışma Phoenix Projesi olarak adlandırıldı. İlk Phoenix gözlemi, 2600 saat gözlem ve yaklaşık 6 ay süren çalışma ile Avustralya'da 64 metre çapındaki Parker Radyo Teleskobu'nda yapıldı.

SETI, Search for ExtraTerrestrial Intelligence yani Dünya Dışı Zeki Yaşam Arama kelimelerinin baş harflerinin kısaltılmış halidir. Gerçekleştirilen işlem kabaca, radyo teleskop kullanılarak dünya dışı zeki varlıkları belirlemeye çalışmaktır. 1960 yılından günümüze kadar yaklaşık 98 adet SETI Projesi gerçekleştirildi. Bu projelerden biri olan SETI@home diğer SETI projelerinden daha farklı yapıya sahip. Çünkü SETI@home, internete bağlı bilgisayarların işlem gücü kullanılarak veri analizi yapılan ilk araştırma projesi. 13 Mayıs 1999 tarihinde başlayan proje, 2004 yılının ilk günleri itibarıyla 4.822.345 kullanıcıya sahip bulunuyor.

Projenin gerçekleştirilmesi kararı alındığında karşılaşılan ilk sorun, iyi bir radyo teleskopun bulunmasıydı. En iyi alternatif Porto Riko'daki dünyanın en büyük ve en hassas radyo teleskobu olan Arecibo idi. Teleskop, astronomik ve atmosferik araştırmalar için sürekli kullanılmaktaydı ve uzun süreli özel kullanım izni almak neredeyse imkansız olduğundan vazgeçilme aşamasına gelmişti. Ancak 1997 yılında University of California Berkeley'in SERENDIP Projesi ile Arecibo teleskopuna ikinci bir anten yerleştirilebilmesi için bir teknik geliştirildi. Araştırmacıların kontrolündeki ana an-

ten gökyüzündeki sabit bir noktayı incelerken, ikinci anten de ana antenin çaprazında teleskopun görüş alanı içindeki tüm gökyüzünü inceleyebiliyor.

SETI@home, SERENDIP Projesi'yle beraber aynı veriyi paylaşmakta. Veriler 5 Mbp/s ile 35 GByte'lık DLT kartuşlarına kayıt ediliyor, kaydedilen bu DLT kartuşları da posta yoluyla Arecibo Porto Riko'dan Kaliforniya'ya gönderiliyor. Veriler burada parçalara bölünüyor ve her parça bir iş birimi olarak adlandırılıyor. SETI@home, diğer bütün SETI projeleri gibi uluslararası yasalarca insan kaynaklı sinyallerin yasaklı olduğu hidrojen çizgisinde (1420,40575 MHz) ortalanmış 2,5MHz genişliğindeki tayfı inceler. Bu tayf, kullanıcılara gönderilmek için çok büyük olduğundan, 256 parçaya bölünerek 10 kHz genişliğinde dilimler elde ediliyor. 10 kHz'lik her iş birimi saniyede 20Kbit'lik bir hızla kayıt ediliyor. Kullanıcılara 10 KHz'lik bu veri yaklaşık 107,4 saniye olarak gönderiliyor. Bir hesap yaparsak, saniyede 20.000 bit, 107,4 saniyede 2.148.000 bit eder ve byte cinsinden $2.148.000/8=268.500$ byte, o da yaklaşık 0,26 Mbyte eder (1byte=8bit). Ancak iş birimiyle beraber daha başka bilgiler de gönderildiği için, toplamda 340 Kbyte'lık bir veri oluşuyor ve bu veriler proje sunucuları üzerinden tüm dünyadaki SETI@home kullanıcılarına dağıtılıyor. Bu işlemin detaylarına girmeden önce neden bir süper bilgisayar ya da bu kadar fazla işlem gücüne gerek olduğunu açıklayalım.

Öncelikle eğer evrende bizimle ya da başka canlılarla irtibat kurmak isteyecek düzeyde gelişmiş uygarlıklar varsa, olasılıkla daha önceden radyo dalgalarıyla iletişim kurmayı icat etmiş ve kullanıyor olacaklardır. Zaten tüm SETI projelerinin özünde aranan sinyaller bunlar. Böyle bir uygarlığın ışık yılı cinsinden uzaklık-

larda olduğunu düşünürsek, iletişim kurmak için radyo dalgalarını kullanacaklarını öngörmek pek de yanlış olmaz. Çünkü radyo dalgaları ışık hızıyla yani saniyede 300.000 kilometre gibi çok yüksek bir hızla uzaya yayılırlar. Ancak, SETI çalışmalarında aranan sinyaller, geniş bant sinyaller değil. Çünkü, bir yıldız ya da doğal bir astronomik kaynak da böyle bir sinyal üretebilir. Ayrıca, uzak mesafelere geniş bant'ta sinyal göndermek için çok yüksek bir enerjiye ihtiyaç olduğundan, tercih edileceği düşünülüyor. Bu yüzden, aranan asıl sinyaller dar bantta olanlar. Çünkü bunlar, hem kolay belirlenebilir, hem de doğal gürültü kaynaklarından kolaylıkla ayrıştırılabilirler.

SETI@home Projesi'nde teleskop yıldızları taramaz, Arecibo teleskobunun sabit yapısından dolayı, gökyüzü teleskopun odağından dünyanın kendi etrafında dönüş hızıyla geçer. Bir hedef noktanın teleskobun odağından geçişi 12 saniye sürer ve tarama yapılırken dünya dışı bir sinyalin 12 saniye boyunca artıp azalması beklenir. Yeryüzü kaynaklı bir sinyal, hiç bir zaman 12 saniye boyunca artıp azalmaz. Sinyalin dünya kaynaklı olup olmadığının belirlendiği bu teste Gaussian Testi denir. Gaussian Testi sadece 0,59 Hz ve daha yüksek frekans çözümlüklerinde uygulanır.

Dar bant sinyaller araştırılırken en iyi yöntem, verilmiş bir frekans çevresindeki kanalların incelenmesi. Ancak, ne kadar fazla kanal oluşturulursa o denli geniş bant gürültüsü oluşur, bu da yapılan incelemenin duyarlılığını azaltır. Eski sistemlerde, bu etkiden kurtulmak için analog teknoloji ile dar bant filtreler kullanılarak tek bir frekans kanalında gözlem yapılıyordu. Günümüzdeyse, hızlı Fourier dönüşümü sayesinde gelen sinyaller 1Hz genişliğinde milyonlarca kanala ayrılarak inceleniyor. Teleskoptan gelen veriler, zamana bağlı değişim gösteren sinyaller. Asıl aranansa, sinyal içinde sabit ve güçlü tonların olup olmadığı. Bu noktada hızlı Fourier dönüşümü, zamana bağlı değişim gösteren veriyi frekansa bağlı değişim gösterecek şekilde çevirir. Bu sayede sabit bir frekansta kuvvetli bir sinyal belirlemek çok daha kolaylaşır. Ancak, hızlı Fourier dönüşümü de aradığımızı tam veremiyor. Çün-



kü, sinyalin gönderildiği ve alındığı yerler arasındaki ivmeler farklı. Örneğin, dünyadaki bir alıcı 1,42 GHz'de (Hidrojen çizgisi) bir sinyali dinlerken kendi ivmesi dünyanın ivmesi kadar yani $3,4 \text{ cm/s}^2$ olacaktır. Bu çok önemli bir şey değilmiş gibi gözükse de, 0,16 Hz/s oranında Doppler kaymasına neden olur. Eğer bu dünya dışı sinyal üzerinde oluşan Doppler kayması düzeltilmezse, frekansta kayma meydana gelecektir.

Peki SETI@home kullanıcılarındaki yazılım tam olarak ne yapıyor? Yazılımın yaptığı ilk iş, az önce bahsettiğimiz Doppler kaymasını düzeltmek. Bu işlemi en yüksek çözünürlükte 0,002 Hz/s'lik bölümler halinde -10 Hz/s 'den +10 Hz/s aralığında toplam 20.000 kez tekrarlar. Her Doppler kayma oranında 107 saniyelik verideki frekans kayması temizlenir ve 13,375 saniyelik 8 bloğa bölünür. Sekize bölünen bu 13,375 saniyelik bloklar 0,07 Hz'lik bant genişliğinde tep noktaları testine tabi tutulurlar. Bu işlem sırasında da, her bir bloktaki her Doppler kayma oranı için 131.072 test gerçekleştirilir. Yazılım bu ilk işlemi tamamladığında yaklaşık 200.000.000.000 işlem yapmış olur.

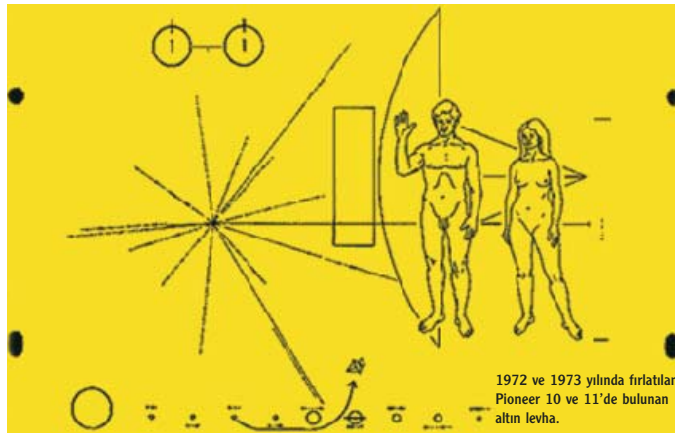
İkinci adımdaysa, yazılım bant genişliğini ikiye katlayarak 0,15 Hz'e yükseltir.

Bant genişliğindeki artmadan dolayı oran sayının sadece %25'i test edilir. Bu aşamada, ilk aşamada yüksek çözünürlükte dar bant genişliğinde yapılan işin %25'i kadar işlem yapılır. İkinci aşama sonra erdiğinde, yaklaşık olarak 50.000.000.000 işlem bitirilmiş olur.

Üçüncü aşamadaysa 0,15 Hz'lik bant genişliği yine ikiye katlanarak 0,3 Hz'e yükseltilir ve frekans kayma oranı, bir önceki aşamada olduğu gibi %25 azaltılır. Bu aşamada ikinci aşamada yapılan işin %25'i kadar işlem yapılır. Üçüncü aşamada işlem sayısı 12.500.000.000'e düşer, bu işlemler bant genişliği 14 kez katlanana kadar devam eder (0,07, 0,15, 0,3, 0,6, 1,2, 2,5, 5, 10, 20, 40, 75, 150, 300, 600, ve 1200 Hz). Bu aşamalar bittiğinde 107 saniyelik veri üzerinde 275.000.000.000'dan (275 Milyar) fazla işlem gerçekleştirilmiş olur.

Sonunda bazı frekans, bant genişliği ve frekans kayması kombinasyonlarında kuvvetli görülen sinyallerin yeryüzü kaynaklı olup olmadığını anlamak için Gaussian testi uygulanır. Eğer sinyalde 12 saniyelik (bir hedef noktanın Arecibo teleskopunun odağından geçiş süresi) periyotlarda yükselip alçalmalar gözleniyorsa, deneysel olarak sinyal dünya dışı kabul edilir.

Şimdiye kadar açıklamasını yaptığımız işlemler, sürekli ya da yoğun atımlı, durmaksızın devam eden bir dünya dışı sinyalin bulunabilmesi içindi. Ancak, dünya dışı bir sinyal, zaman içinde düzenli olarak kuvvet değiştiren bir sinyal de olabilir. Bu yüzden yazılım bu tip sinyalleri tespit edebilmek için iki değişik test uygular. İlk test, göreceli olarak kuvvetli atım üçlülerini kontrol eder, ikinci test





çok sayıda eşit boşluklu, ama zayıf sinyalleri inceler.

İlk test sırasında yazılım, tayfdaki her bir frekans dilimi için belirli bir eşik (threshold) değerinin üzerindeki atımları bulmaya çalışır. Eşik değerini aşan her atım çifti için yazılım, iki atım arasında bir atım arar. Eğer böyle bir atım bulunursa bunu kaydeder ve California Üniversitesi'ndeki (Berkeley) sunucuya geri gönderir. Yazılım bu işlemi yaparken tüm çiftler için bu işlemi tekrarlamaz.

İkinci test, yöntem olarak ilk teste göre daha kompleks bir yapıya sahip. "Fast Folding Algorithm" adı verilen bu yöntem, SETI@home ekibi tarafından özel olarak bu test için geliştirilmiş. Bu test de kullanıcıya gönderilen 10kHz'lik verinin her frekans dilimi için gerçekleştirilir. İkinci test, çok sayıda eşit boşluklu ama zayıf sinyalleri inceler demiştik. Ancak, normalde bu küçük atımlar gürültü arasında kaybolup belirlenemeyecek kadar zayıf olabilirler. Yazılım, incelenen veriden bir frekans parçası seçer ve atımların kuvvet-zaman oranlarına bakar. Yazılım, veriyi eşit büyüklükte zaman yığınlarına bölüp, sonra bunları bir araya getirir. Eğer bu zaman yığınlarının büyüklükleri atım periyotlarına eşit veya katları şeklindeyse, bütün atımlar birbiri üstüne eklenirler ve böylece gürültü ayrıştırılır. Atımların hangi frekansta olabileceği bilinemediğinden, tüm değişik zaman periyotlarını denemesi gerekir. Daha önce belirttiğimiz gibi, ikinci testin sahip olduğu algoritmadan dolayı, yazılım önceden yapılmış işlemleri tekrar etmez ve eğer tekrar eden atımlar bulunursa, kaydedilip California Üniversitesi'ndeki sunucuya yollar.

Tüm bu işlemlerin tamamlanabilmesi için, 107 saniyelik veri (iş birimi) kaydedilirken, teleskopun nasıl hareket ettiğine bağlı olarak, bilgisayar 2,4 trilyon ile 3,8 trilyon arasında değişen sayıda mate-

matiksel işlem yapmaktadır. Peki bu işlemler ne kadar sürede biter diyorsanız, bilgisayarınızın gücüne göre 10 ile 50 saat arasında 107 saniyelik verinin (iş birimi) analizi tamamlanmakta. Örneğin, Pentium 350 MHz işlemci, 256 Mb RAM'e sahip bir bilgisayarla bir iş biriminin bitimi 44,5 saat sürmekte. Ancak, tüm bunlara karşın hâlâ bilemediğimiz parametreler bulunmaktadır; eğer dünya dışı bir uygarlık bize sinyal gönderiyorsa hangi frekansta gönderiyor? Bant genişliği nedir? Atımlı bir sinyal mi? Eğer atımlı bir sinyalse hangi periyotta? İşte bütün bu sorulara cevap verebilmemiz için çok yüksek bir işlem gücüne ihtiyaç duyulmaktadır.

SETI@home projesinin bilgisayar alt yapısını incelersek, Arecibo Teleskopu'nda kaydedilen veriler DLT teypleri-ne aktarılırlar ve posta yoluyla Porto Riko'dan Kaliforniya'ya California Üniversitesi (Berkeley) Uzay Bilimleri Laboratuvarı'na gönderilirler. DLT teypleriyle gelen veriler "splitter" adı verilen modülde daha önce bahsettiğimiz parçalama işlemi gerçekleştirilerek iş birimleri oluşturulur. Sistemin yapısında Sun Enterprise 450 serisi üç ana sunucu bulunmaktadır; Kullanıcı Veritabanı, Bilimsel Veritabanı ve Veri Sunucusu.

Kullanıcı Veritabanı: Bu sunucu üzerinde kullanıcılara ait tamamlanan iş birimi, işletim sistemi, işlemci ve kişisel bilgileri bulundurulur.

Bilimsel Veritabanı: Sunucu üzerinde gökyüzü koordinatları, frekanslar ve o zaman kadar yaratılmış iş birim bilgileri, kaç kez SETI@home kullanıcılarına iş birimi gönderildiği ve kaç sonucun alındığı gibi bilgiler bulunur. Sunucu kapasitesinin büyük bir bölümünde kullanıcılardan geri gönderilen potansiyel sinyaller bulunur. Sunucudaki veritabanı 432 Gbyte'lık RAID 0+1 depolama sistemi üzerinde çalışır.

Veri Sunucusu: Sunucu, iş birim deposuyla birlikte çalışır. Asıl görevi iş birimlerinin dağıtımı ve geri gönderilen sonuçların depolanmasıdır. Veri sunucusuyla kullanıcılar arasındaki iletişim, HTTP (Hypertext Transfer Protocol) üzerinden gerçekleşir. HTTP, aslında hepimizin kullandığı bir protokol; çünkü herhangi bir web sitesini ziyaret ederken, bilgisayarınız ile ziyaret ettiğiniz sitenin bulunduğu sunucu 80. port yani Hypertext Transfer Protokolü'nü kullanarak veri iletişimini sağlar. SETI@home projesinde HTTP portunun kullanılmasının nedeni, kullanıcıların herhangi bir güvenlik duvarına takılmadan Kaliforniya'daki sunucuya rahatça ulaşabilmesi içindir. Çünkü bir çok lokal ağdaki güvenlik duvarlarında 80. port iletişimine izin verilmekte. Veri sunucusu gelen taleplere iki şekilde yanıt verir. İlk talep, bir iş birimi içindir; eğer kullanıcı bir iş birimi istiyorsa sunucu kullanıcıya bir iş birimi gönderir. İkinci talepte ise kullanıcı tarafında analiz edilmiş olan sinyalin sonucu geri gönderilmektedir. Sunucu kullanıcıdan aldığı sonucu bilimsel veri tabanına yerleştirir ve kullanıcı veri tabanında kullanıcıya ait olan bilgi ve istatistikleri yeniler. Böylece kullanıcının, SETI@home programını kullanırken gördüğü istatistikler simultane olarak yenilenmiş olur.

Califonia Üniversitesi (Berkeley) Uzay Bilimleri Laboratuvarı'nda kullanılan bilgisayarların çoğu Sun tabanlıdır; yalnızca iki bilgisayar Intel tabanlı ve üzerlerinde Linux Red Hat 8.0 ve Debian işletim sistemi çalışmaktadır. Genel olarak kullanılan işletim sistemleri Sun Solaris 2,7, 2,8 ve 2,9 sürümleri karışımıdır. Daha önce bahsettiğimiz İş Birim Deposuysa, 3 Terabyte'lık geniş bir depolama alanına sahiptir. Laboratuvarın iki adet internet bağlantısı bulunur. Bunlardan biri, diğer laboratuvarlarla ortak kullanılan fiber optik 100 Mbit/s, diğeryse SETI@home kullanıcılarıyla veri gönderim ve alım işlemini gerçekleştirmek için kullanılan 100Mbit/s'lik bağlantı.

SETI@home projesinde yazılım 47 farklı işlemci ve işletim sistemi kombinasyonunda çalışabilecek şekilde dağıtılmakta. Kullanıcılar yazılımı SETI@home (<http://setiathome.ssl.berkeley.edu>) web sitesinden indirebilmekte. Microsoft Windows, Apple Macintosh işletim sistemlerinde yazılım kendisini bir ekran koruyucu şeklinde yükler. İşte göre

sürekli ya da sadece ekran koruyucu devreye girdiğinde çalışmaya başlar. Diğer işletim sistemlerinde yazılım text tabanlı olarak çalışır. Microsoft ve Macintosh'lardaki grafik arayüz birimi, üzerinde X-Window kurulu olan Unix, Solaris ve Linux dağıtımlarında da kullanılabilir. Yazılım C++ dilinde yazılmış ve algoritmasında platform bağımsız dağıtılmış hesaplama, grafik kütüphanesi gibi spesifik platform yürütme, SETI veri analiz ve SETI grafik kodları içeriyor.

```
for Doppler drift rates from -50 Hz/s to +50 Hz {
  for bandwidths from 0.075 to 1220 Hz in 2X steps {
    Generate time ordered power spectra.
    Search for short duration signals above a
    constant threshold (spikes) for each frequency {
      Search for faint signals matching beam
      parameters (Gaussians)
      Search for groups of three evenly spaced
      signals (triplets)
      Search for faint repeating pulses (pulses)
    }
  }
}
```

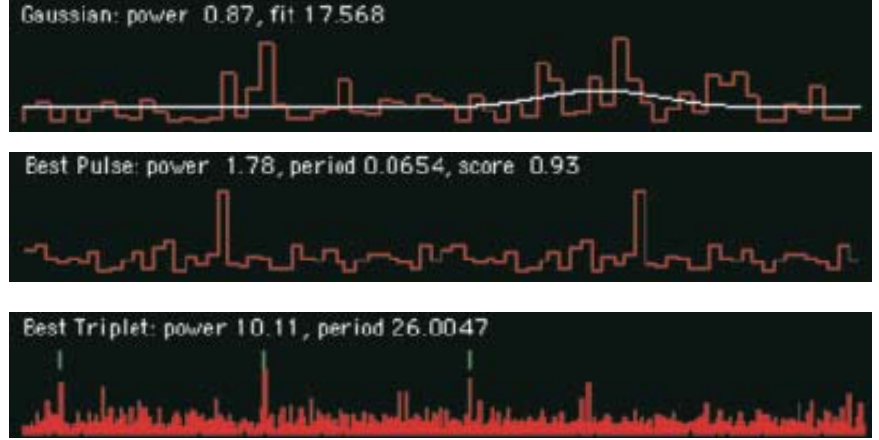
SETI@home algoritmasından Pseudo kodu görüntüsü.

Ekran koruyucu şeklinde gördüğünüz yazılım dört ana bölümden oluşur; Kullanıcı bilgisi, veri bilgisi, veri analizi ve frekans-zaman-kuvvet grafiği.

Kullanıcı Bilgisi: Veriyi analiz eden kullanıcı hakkında bilgi verilen bölümdür. Kullanıcı ismi, tamamlanan işlem birimi adedi ve analiz için harcanan süre bilgileri burada görüntülenir.

Veri Bilgisi: Analiz edilen veri hakkında bilgilerin bulunduğu bölümdür. En üstte "From" kısmı, gökyüzünde verinin alındığı noktanın konumu verir. RA sağ açıklık, Dec ise dik açıklık koordinatlarını gösterir. Bu ilk satırdaki RA ve Dec koordinatlarıyla, bir yıldız haritasında, analiz edilen verinin gökyüzünün hangi noktasından alındığını görmek mümkün. İkinci satırda, analiz edilen verinin ne zaman kaydedildiği bilgisi verilir. Saat bilgisi, sıfır boylamının geçtiği İngiltere'deki Greenwich Kraliyet Gözlemevi'nde bulunan saat referans alınarak verilir. Üçüncü satırda, gözlem yapan teleskopun adı bulunur. Dördüncü satırdaysa, analiz edilen verinin hangi frekans diliminde olduğu gösterilir.

Veri Analizi: Tüm işlemlerin yürütüldüğü bölümdür. Az önce bahsettiğimiz bölümlerin aksine veri analizi yapıldığı sürece bu bölüm sürekli yenilenir. En üstte gördüğümüz ilk satırda yazılımın o an hangi işlemi gerçekleştirdiği gösterilir. Daha önce detaylı olarak bahsettiğimiz hızlı Fourier dönüşümü, frekans kayması (Doppler) temizliği, Gaussian ve atım üçlüleri testi bu kısımda gerçekleştirilir.



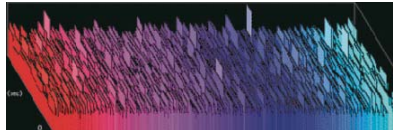
Kırmızı çizgi, verilen bir frekanstaki sinyal kuvvetinin zaman ekseninde değişimini gösterir. Bu görüntü, aynı zamanda Frekans-zaman-kuvvet grafiğinin arkadan öne doğru görülen bir şekli (Gaussian).

Kırmızı çizgi, verilen bir frekanstaki sinyal kuvvetinin zaman ekseninde değişimini göstermekte. Ancak, Gaussian'dan farklı olarak 107 saniyelik verinin tamamı yerine iki atım süresi kadarı gösterilir (Pulse).

Atım üçlüleri testinde, tayfındaki her bir frekans dilimi için belirli bir eşik (threshold) değerinin üzerindeki atımları bulunmaya çalışılır ve eşik değerini aşan her atım çifti için yazılım iki atım arasında bir atım arar demistik. Böyle bir üçlü bulunduğu anda, atım kuvvetini ve atımlar arasındaki süreleri saniye olarak gösteren bir grafik görüntülenir. Eğer böyle bir üçlü bulunmazsa yazılım böyle bir grafik oluşturmaz (Triplet).

şir. İkinci satırda mevcut "doppler kayma oranı" gösterilir. Kayma oranı hızlı Fournier dönüşümü sırasında 0,002 Hz/sn'lik adımlarla artırılmakta. Bu satırda ayrıca o anki frekans çözünürlüğü de gösterilmektedir. Üçüncü satırdaysa, o ana kadar bulunmuş en iyi Gaussian, en iyi atım ve en iyi üçlü ile ilgili sonuçları gösteriliyor.

Frekans-Zaman-Kuvvet Grafiği: Hızlı Fourier dönüşümlerinin grafiksel olarak



izlenebileceği bölüm. Grafikte X eksen frekansı, Y eksen kuvveti ve Z eksen ise zamanı göstermektedir. Grafikte kullanılan renklerin bilimsel bir anlamı yok.

Yazılım analiz işlemini tamamladıktan sonra, sizin daha önceden seçmiş olduğunuz şekilde kendi otomatik olarak internete bağlanıp 1 Kb uzunluğundaki sonuçları sunucuya gönderir ya da sizi uyararak internete bağlanmanızı ister.

Analiz işlemi bittiğinde, iş birimi başına 1-2 potansiyel sinyal belirlenebilmektedir. Ancak, bütün bu sinyaller dünya dışı zeki yaşam ya da yaşamlar olduğunun kanıtı değil. Veri analizi yapılırken bilgisayarlar bazı hatalı işlemler yapabiliyorlar. Bu hatalar, nümerik işlem, hafıza ya da sabit disk sistemlerinde olması muhtemel arızalardan kaynaklanabilir. Analiz edilecek verinin gönderimi ya da alımı sırasında kopan internet bağlantıları ya da HTTP proxy'lerinde meydana gele-

cek arızalardan kaynaklanan hatalar da meydana gelebilmekte. Bu yüzden SETI@home yöneticileri, analiz edilen her bir iş biriminin doğruluğunu teyit etmek için bir çok kullanıcıya aynı iş birimini yeniden gönderip sonuçları karşılaştırıyorlar.

Veri tabanlarındaki sinyallerin büyük bir çoğunluğu, yalnızca dünya kaynaklı sinyallerin kanıtı oluyor. Çünkü, insan teknolojisinin olduğu her yerde dar bant bir sinyal yayını belirlemek mümkün. Parazitleri en aza indirmek için özen gösterilen dünyanın en hassas teleskobu Arecibo'da bile kullanılan ekipmanlardan, uçaklardan, uydulardan ve vericilerden kaynaklanan parazitler oluşmakta. Ancak, bu dünya kaynaklı sinyalleri dünya dışı sinyallerden ayırt etmek oldukça kolay.

SETI@home projesinin yaşama geçmesinden bugüne kadar 4.822.345 kayıtlı kullanıcı, 1.188.686.178 adet analiz sonucu, 1.761.930.861 yıllık toplam işlemci zamanı ve 4.220061e+21 kayan nokta işlemi gerçekleştirmiş bulunuyor. Ülkelere göre kullanıcı ve gönderilen analiz sonuç miktarlarına bakarsak, ilk üç sırada Amerika, Almanya ve İngiltere'yi görürüz. Ülkemiz ise 226 ülkenin bulunduğu bu tabloda 15.595 kayıtlı kullanıcı ve 2.941.647 adet gönderilmiş analizle 29. sırada bulunuyor.

SETI@home, şu an gökyüzünün ve radyo tayfının sadece küçük bir miktarını inceleyebilmekte. Ancak, gelecekte kurulması muhtemel yeni radyo teleskoplarla, gökyüzünün tamamını ve geniş bir radyo frekansı incelenmesi mümkün

olacak. Günümüz radyo teleskopları dışında halen yapımı süren ya da gelecekte yapılması planlanan yeni nesil teleskoplar var. Yapımının yaklaşık 2011 yılında bitirilmesi planlanan ALMA Projesi (Atacama Large Milimeter Array) 12 metre çaplı 64 adet teleskoptan oluşuyor. Projenin iskan yeri olarak da Şili'deki Ant dağlarında San Pedro de Atacama isimli kasabanın yakın civarı düşünülmekte. Teleskoplar aynı New Mexico'daki VLA teleskopları gibi raylı sistemler ile hareket edebilmektedir. SKA (Square Kilometer Array) Projesiye, henüz yapımı planlanan bir proje. Eğer SKA Projesi hayata geçirilirse, günümüz radyo teleskoplarından 100 kat daha duyarlı bir radyo teleskop olacak. Ve ilginç projelerden biri de ARISE (Advanced Radio Interferometry between Space and Earth) Projesi. Proje kapsamında 25 metrelik anten ya da antenlerin dünya yörüngesine yerleştirilip yerdeki teleskoplarla beraber kullanılması hedeflenmekte.

Hep dünya dışı zeki yaşam bulma amacıyla sinyal arıyoruz, peki biz hiç iletişim kurmayı denedik mi? Evet, hem de bir çok kez. 1972 ve 1973 yılında fırlatılan Pioneer 10 ve 11'in ikisi de altın bir levha taşıyorlardı. Levhada kim olduğumuz ve evrenin neresinde yaşadığımıza dair bilgiler yer almaktaydı. 16 Kasım 1974 tarihinde de Porto Riko'daki Arecibo radyo teleskopundan sadece 23 ve 73 asal sayılarına bölünebilen 1679 bitlik bir bilgi gönderildi. Mesajın sadece 23 ve 73 asal sayılarına bölünebilmesi, mesajın bu boyutlarda bir resim olduğunu göstermektedir. Resimde insanoğlunun kimyasal yapısı, popülasyonu, ağırlığı, güneş sistemimiz ve sinyali gönde-



ren teleskop gösterilmekte. Mesajın M13 kümesine gönderilmesi amaçlandı. Hedeflenen noktaya gitme süresi yaklaşık 25.000 yıl. 20 Ağustos ve 5 Eylül 1977 tarihlerinde fırlatılan Voyager 1 ve 2 ile içinde de altın kaplamalı plak ve üzerinde nasıl kullanılacağı yazılı olan bir pikap gönderildi. Plakta, 50 farklı dilde merhaba, bir çok hayvan sesi ve farklı kültürlerle ait müzikler kayıtlı. Plakın altın kaplı olması, üzerinde kayıtlı olan seslerin 1.000.000.000 (1 milyar) yıl boyunca zarar görmemesini sağlayacak.

Frank Drake, 1961 yılında çalışmalarını sürdürdüğü sırada daha sonra kendi adıyla anılacak olan ve gökadamızda olası iletişim kurabileceğimiz kaç zeki uygarlık olduğunu hesaplayan Drake eşitliğini geliştirdi. Eşitlik $N = R \cdot f_p \cdot n_e \cdot f_i \cdot f_c \cdot L$ formülüyle gösterilmekte. Burada N Samanyolu gökadamızda tespit edilebilir elektromanyetik sinyal gönderen olası uygarlık sayısı; R, galaksimizdeki uygun yıldız sayısı; f_p , çevresinde gezegen olan yıldızların yüzdesi; n_e , yıldız başına düşen gezegenlerde ekolojik olarak yaşam olma olasılığı; f_i , Ne kadar gezegende gelişmiş yaşam olabilmek yüzdesi; f_c , Fi'deki gelişmiş yaşamın zeki bir yaşam olabilmek yüzdesi; L , Fi'deki kadar zeki yaşamın uzaya tespit edilebilir sinyal gönderebilecek teknolojiye sahip olabilmek yüzdesi; L , bu tür teknolojiye sahip zeki uygarlığın gezegenin yaşam süresine oranı. Bir örnekle açıklayalım: Dünyamızı ele alırsak, dünyamızın ve güneşimizin yaklaşık ömürleri 10 milyar yıldır. İnsanoğlu yaklaşık 100 yıldır radyo dalgalarını kullanmakta. Peki uygarlığımız ne kadar daha varlığını sürdürecektir? Yarın bir gün kendi kendimizi yok

mu edeceğiz? Eğer yarın kendi kendimizi yok edersek F_i değişkenini $1/1.000.000.000$ almamız gerekir. Ancak bir 10.000 yıl daha yaşayacağımızı düşünürsek F_i değişkeni $1/1.000.000$ almamız gerekecektir. Kabaca bir hesap yaparsak, galaksimizdeki yıldız sayısı yaklaşık 100 milyar kadar ve eğer 100 milyar yıldızın sadece 0.000001 'inde uygun yıldız formasyonu olsa, bu yıldızların 20 'inde gezegen sistemi olduğunu, bu gezegenlerden sadece birinde yaşam olduğunu, gezegendeki yaşamın gelişmiş olduğunu, bu yaşamın 10 olasılıkla zeki bir yaşam olduğunu, 10 olasılıkla bu yaşamdaki canlıların iletişim kurabildiklerini ve uygarlıkların varlığını 10.000 yıl daha sürdüreceğini düşünerek, F_i değişkenini $1/1.000.000$ alırsak Samanyolu gökadamızda iletişim kurabileceğimiz 4000 zeki uygarlık olduğunu öngörebiliriz. Eğer bulduğumuz bu sayıyı evrendeki gökada sayısı ile çarparsak, evrendeki olası zeki uygarlık sayısını bulmuş oluruz.

Tabii Hollywood da SETI çalışmalarına duyarsız kalmadı, 1997 yılında çevrilen filmi hepimiz hatırlarız "Contact". Filmde genç bir astronom olan Ellie Arroway (Judie Foster) Porto Riko'daki Arecibo radyo teleskobunda SETI araştırması yaparken, proje iptal edilmiş ve milyarlar S.R. Hadden (John Hurt) tarafından sağlanan maddi destekle New Mexico'daki VLA'de araştırmalarına devam etmişti. Kaynağı Vega olan atımlı bir sinyalin belirlenmesi, bulunan bu sinyalin içinde 1936 Berlin Olimpiyatları'nın görüntüsünün olduğunun anlaşılması ve içinde bir ulaşım aracının planlarının bulunmasıyla film çok daha ilginç bir hal almıştı.

Ozma Projesi'nden bu yana yaklaşık 44 yıl geçti ve insanoğlu hala "Acaba evrende yalnız mıyız?" sorusunun yanıtını bulmakta zorluk çekiyor, umarım bir gün buluruz.

Ali Erdinç Koroğlu
Web: <http://www.erdinc.info>

Proje Adı	Duyarlılık (m ² /Watt)	Gökyüzü Kapsama Alanı	Frekans Aralığı (MHz)	Maksimum sinyal kayma oranı (Hz/sec)	Frekans Çözünürlüğü (Hz)	Hesaplama Gücü (GFLOPS)
Phoenix	1e-26	% 0.005	2000	1	1	200
SETI@home	3e-25	% 33	2.5	50	0.07 - 1200	27.000
SERENDIP	1e-24	% 33	100	0.4	0.6	150
Beta	2e-23	% 70	320	0.25	0.5	25

Günümüzdeki SETI projeleri ve karşılaştırma tablosu

Kaynaklar
<http://setiathome.ssl.berkeley.edu>
<http://www.seti.org>
Declaration of Principles Concerning Activities Following the Detection of Extraterrestrial Intelligence. Acta Astronautica 21(2) pp. 153-154, 1990.
D. Anderson et al., "Internet Computing for SETI," Bioastronomy 99: A New Era in Bioastronomy, G. Lemarchand and K. Meech, eds., ASP Conference Series No. 213 (Astronomical Society of the Pacific: San Francisco), p. 511, 2000.
Werthimer, Bowyer, Ng, Donnelly, Cobb, Lampton and Airieau (1997). The Berkeley SETI Program: SERENDIP IV Instrumentation; in the book "Astronomical and Biochemical Origins and the Search for Life in the Universe". Cosmovic, Bowyer and Werthimer, editors.