

UME ZAMAN VE FREKANS STANDARDI SİSTEMİ

Ramiz GAMİDOV, Aslı YAKAR, Mustafa ÇETİNTAŞ, İsa ARAZ
TÜBİTAK, Ulusal Metroloji Enstitüsü (UME)

ÖZET

UME Zaman ve Frekans Laboratuvarında iki adet GPS Alıcısı, üç adet Cs Zaman ve Frekans Standardı ve bir adet Evrensel Sayıcıdan oluşan mikrodalga zaman ve frekans sistemi kurulmuştur. UME, BIPM TAI Klubü üyesidir ve bu üyelik sonucunda Uluslararası Atomik Zamanın oluşturulmasına katkıda bulunmaktadır. Ölçüm sonuçlarına göre TAI'nin oluşturulmasına katkıda bulunan UME saatlerinden referans saatin doğruluğu 2.4×10^{-14} , ikinci saatin doğruluğu ise 1.6×10^{-13} civarındadır. UME referans saati UTC'ye göre günde 2.1 ns geri kalmaktadır. Ayrıca, UME'deki doğru zaman bilgisinin yurtiçinde dağıtımını gerçekleştirecek Zaman Dağıtım Sistemi de kurulmuştur.

1. GİRİŞ

Günlük hayatta zaman, kısmen “atomik zaman” kısmen de yerkürenin kendi eksenini etrafındaki dönüşünden türetilen bir zaman ölçeği vasıtasıyla düzenlenir [1-3]. Uluslararası Atomik Zaman (TAI - International Atomic Time) dünya üzerindeki farklı kuruluşlarda işleyen atomik saatlerden elde edilen verilere dayanılarak Uluslararası Ölçü ve Ayarlar Bürosu (BIPM - Bureau International des Poids et Mesures) tarafından oluşturulur. TAI'nin oluşturulmasına katkıda bulunan ülkeler BIPM bünyesinde oluşturulan TAI Kulübü üyesidir. Evrensel Zaman (UT - Universal Time) doğrudan astronomik gözlemlerle elde edilir. Evrensel Zaman ile ilgili veriler Uluslararası Yerküre Dönüş Servisi (IERS - International Earth Rotation Service) tarafından oluşturulur. Koordine Evrensel Zaman (UTC - Universal Time Coordinated) ise Atomik Zaman ile Evrensel Zamanın birleştirilmesiyle elde edilir. Zaman sinyali olarak sadece UTC yayınlanmaktadır.

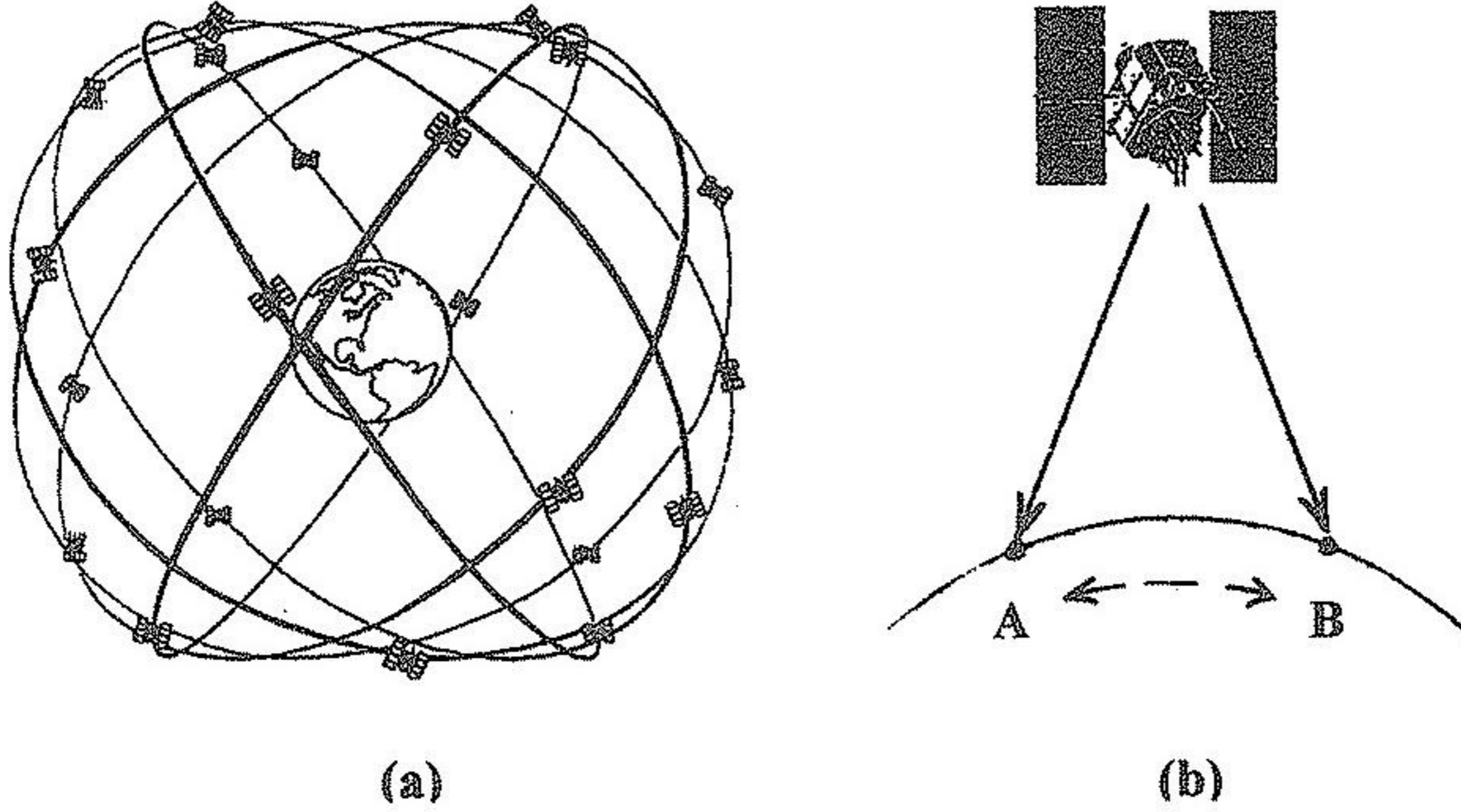
UTC sinyallerinin yerküreye gönderilmesi “NAVSTAR Global Positioning System” yani GPS ile gerçekleştirilmektedir. GPS'in uzay kısmı altı yörüngesel düzlemde yer alan yirmibir aktif uydu ve yörünge içindeki üç adet yedek uydudan oluşur (Şekil 1(a)). GPS uydularındaki saatler 10.23 MHz'lik sinyal üretir. Her bir uydu L1 ve L2 olmak üzere iki sinyal yayınlar: L1 sinyalinin frekansı 1575.42 MHz ($10.23 \text{ MHz} \times 154$) ve L2 sinyalinin frekansı 1227.6 MHz ($10.23 \text{ MHz} \times 120$) dir. GPS vasıtasıyla bir anten ve alıcı kullanılarak kesintisiz olarak bütün hava koşullarında konum, hız, zaman gibi ihtiyaç duyulan bilgiler elde edilebilir.

Zaman elde etmek amacıyla GPS'i kullanan farklı yöntemler içinde kullanıma en uygun olanı ortak görüş (common view) yöntemidir. Bu yöntemde; iki veya daha fazla merkez aynı uydunun sinyallerini aynı zamanda alırlar ve elde ettikleri verileri birbirlerine ileterek saatlerini karşılaştırırlar. Bu yöntemin ana avantajı uydudaki saatin hatasından hiçbir hata katkısı

gelmemesidir. Şekil 1(b) gözönünde bulundurulursa, A ve B merkezlerinde sırasıyla, $Saat_A - GPS$ ve $Saat_B - GPS$ zaman farkları ölçülür. Ölçülen bu iki değer birbirinden çıkarıldığında

$$[Saat_A - GPS] - [Saat_B - GPS] = Saat_A - Saat_B$$

farkı elde edilir. Dolayısıyla, uydudaki saatten hiçbir hata katkısı gelmez.

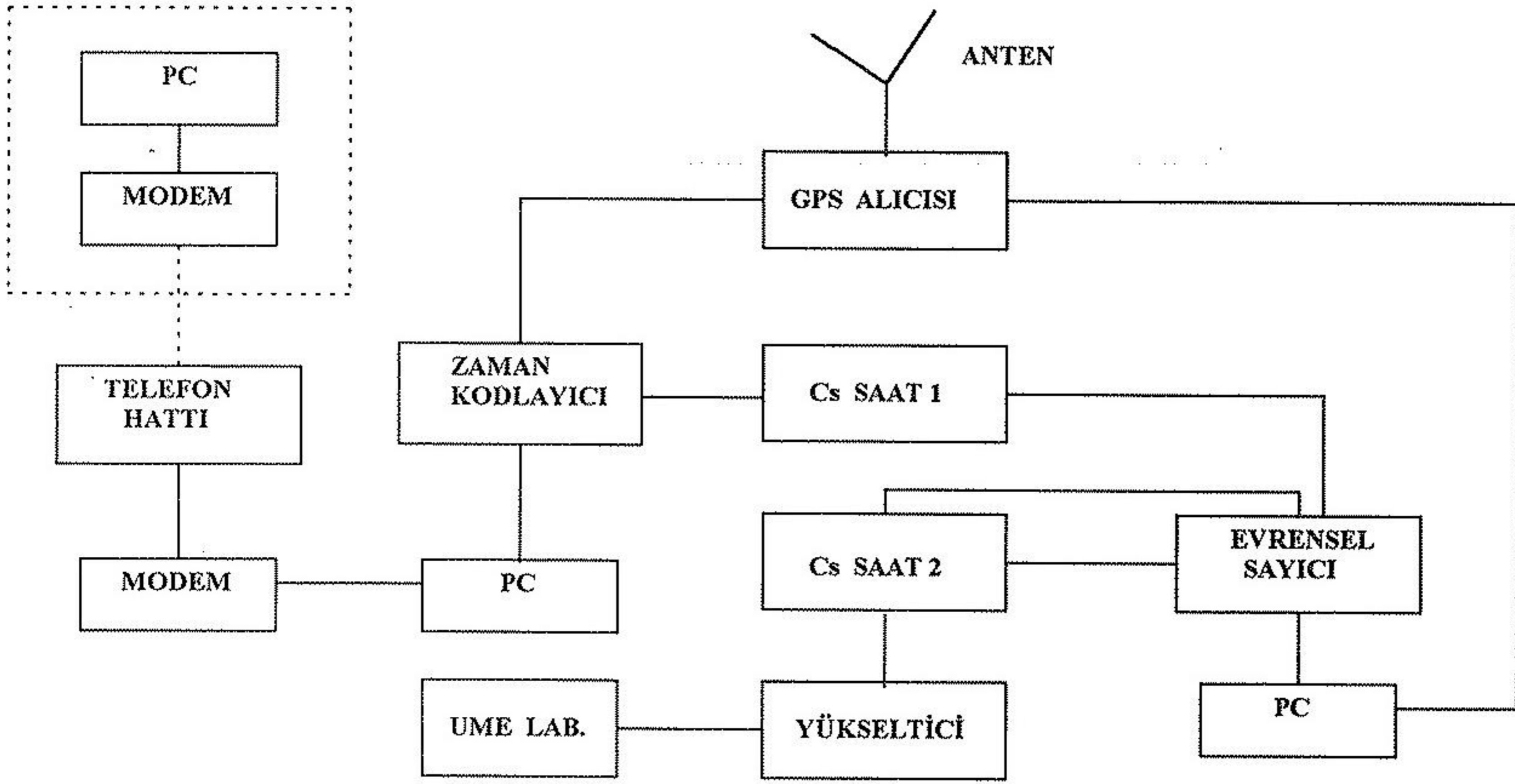


Şekil 1. (a) Yerküre etrafındaki GPS uyduları (b) Ortak görüş yöntemi

1 Ocak 1988 tarihinden itibaren TAI ve UTC 'nin oluşturulması BIPM'in sorumluluğundadır. Farklı ülkelerde yer alan 60 laboratuardaki 230 atomik saatten elde edilen veriler BIPM'de ortak görüş yöntemine göre karşılaştırılarak TAI ve UTC elde edilir.

2. UME MİKRODALGA ZAMAN VE FREKANS SİSTEMİ

UME'de kurulmuş olan mikrodalga zaman ve frekans sisteminin blok şeması Şekil 2'de görülmektedir. UME, BIPM TAI Klubünün üyesidir ve halen iki adet Cs saati ve bir adet uydu alıcısıyla TAI'nin oluşturulmasına katkıda bulunmaktadır. Bir Cs saati ve bir uydu alıcısı ise yeni devreye girmiştir ve denenme aşamasındadır. GPS uydularından gelen sinyaller Allen Osborne TTR - 6A Uydu Alıcısı vasıtasıyla elde edilir. TTR - 6A sistemi hem zaman hem de frekans kaynağıdır ve uydu sinyallerinden başka hiçbir girdi gerektirmez. Bütün sistem 10 MHz'lik girdiye bağlıdır ve bu frekans normalde alıcı içindeki Rb frekans standardından sağlanır. Ancak, UME'de mevcut bulunan Cs saatleri Rb'a göre daha yüksek doğruluğa sahip olduğundan, Rb devre dışı bırakılır ve gerekli 10 MHz'lik frekans girdisi Cs saatinden sağlanır. Sistem içindeki bölücü vasıtasıyla 10 MHz'lik girdiden saniyede bir puls (1 pps) elde edilir. Hiçbir uydu izlenmediği zaman 1 pps çıktısının doğruluğu 10 MHz'lik girdinin doğruluğuna bağlıdır. Cs saatlerinden biri (Saat1) UME referansı olarak kabul edilmektedir. BIPM tarafından gönderilen uydu izleme programı takip edildiğinde UME referans saati - GPS zaman farkı (UTC(UME) - GPS) elde edilmektedir.

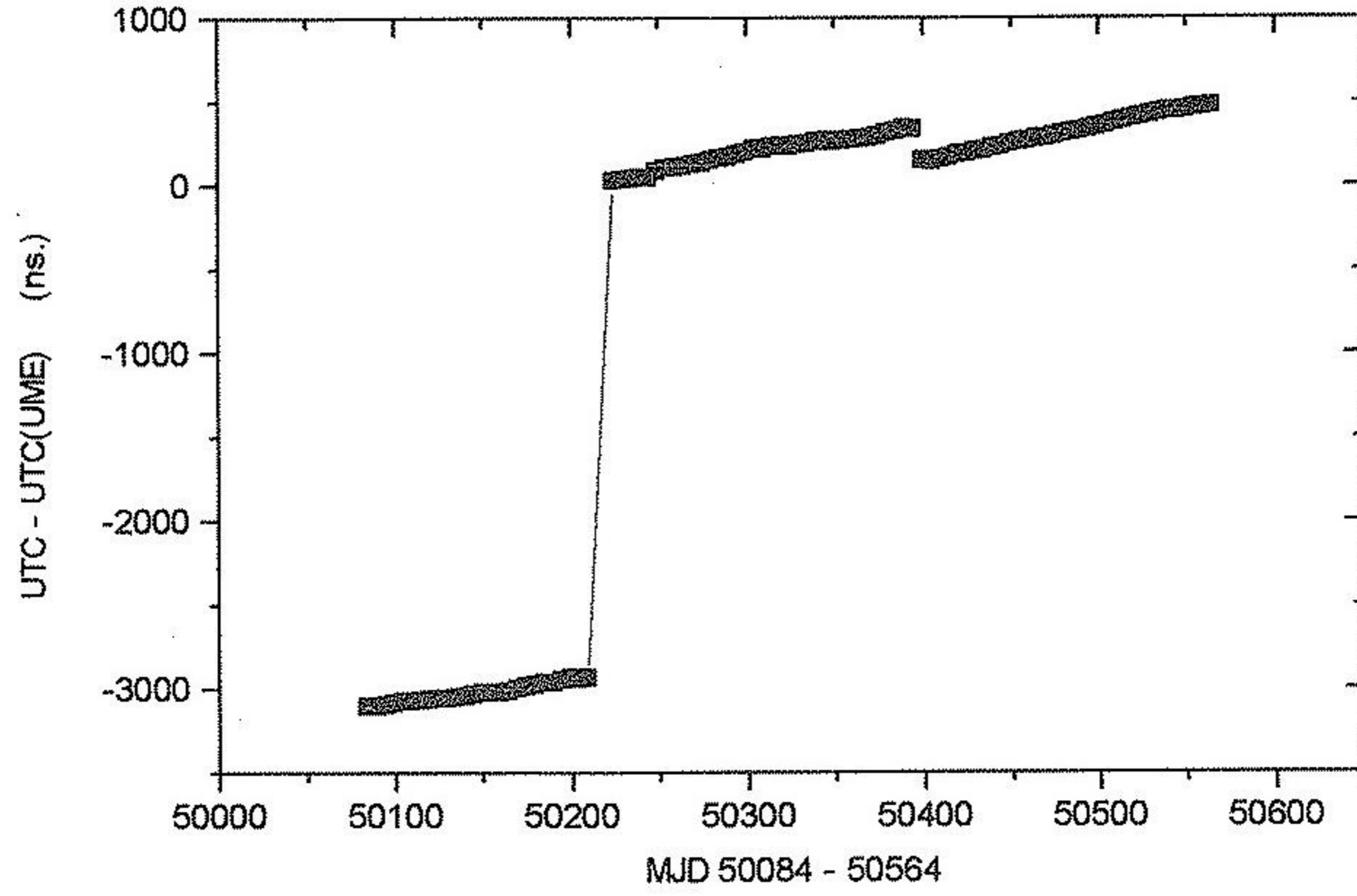


Şekil 2. UME Mikrodalga Zaman ve Frekans Sisteminin Blok Şeması

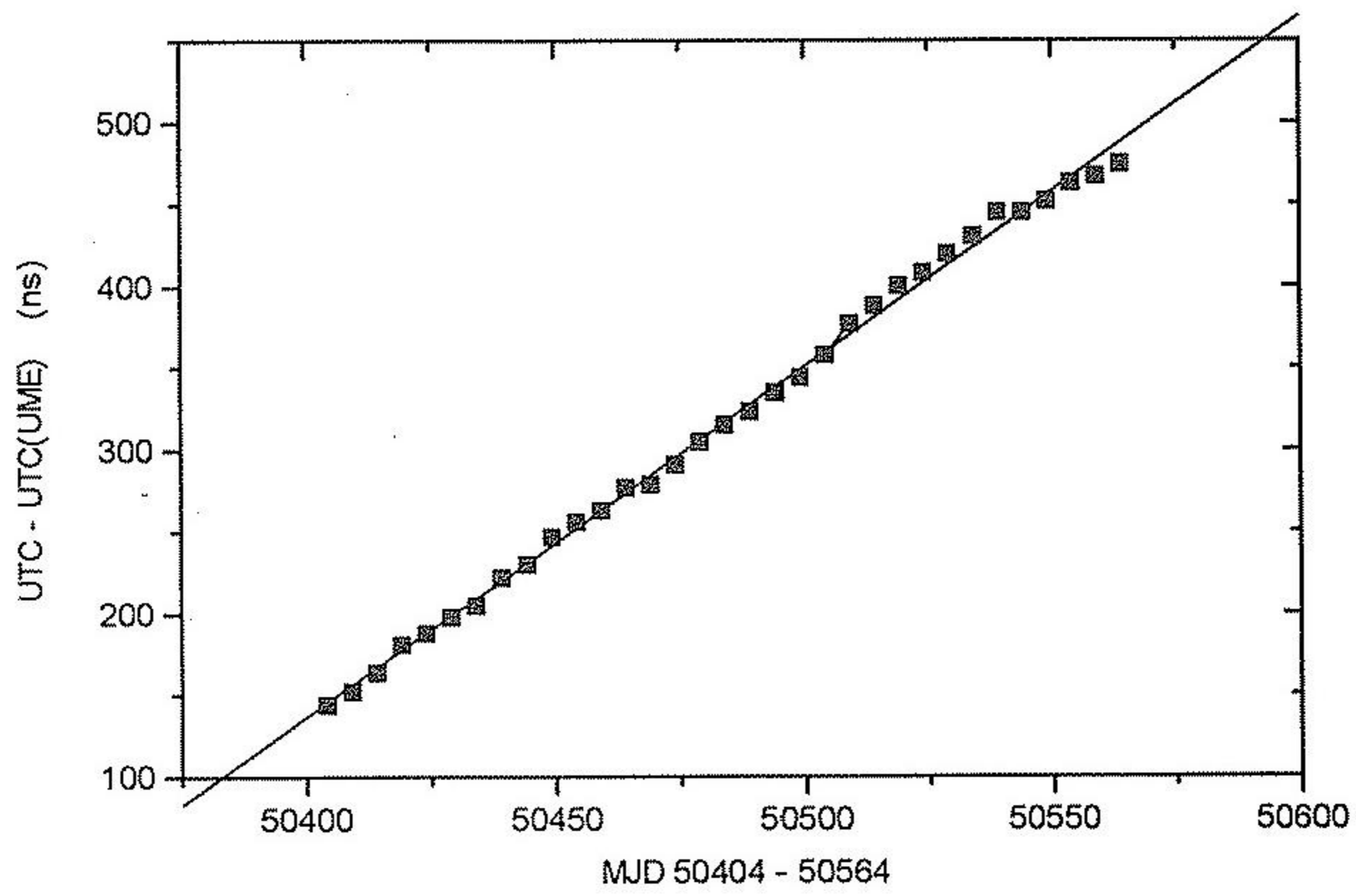
Uydu izleme programları genel olarak yılda iki kere değiştirilir. Her haftanın başında bir önceki haftada ölçülen zaman farkları elektronik posta ile BIPM'e gönderilir. BIPM, ilgili laboratuarlara referans saatlerinin UTC'den olan farklarını belirten sonuçları her ay gönderir. BIPM tarafından gönderilen sonuçlar esas alınarak 2 Ocak 1996 - 26 Nisan 1997 tarihleri arasında UTC - Saat1 farkını gösteren Şekil 3'deki grafik elde edilmiştir. MJD - Modified Julian Date - 17 Kasım 1858 tarihinden başlayarak geçen gün sayısını gösterir.

Şekil 3'deki grafikte görülen basamaklar, UTC - UTC(UME) farkının minimuma indirilmesi amacıyla GPS alıcısında yapılan ayarlamalar sonucunda oluşmuştur.

Şekil 4'deki grafik son basamaktan sonraki durumu göstermektedir. Grafik incelendiğinde UME referansının UTC'den olan farkının değişiminin 2 ns/gün olduğu görülmektedir. UME referansı UTC'ye göre geri kalmaktadır. Diğer taraftan, iki UME Cs saati arasındaki zaman farkı da MJD ölçeğinde sonu 4'lü ve 9'lu günlerde sürekli olarak ölçülür. Bu şekilde ortalama olarak, ayda altı Saat1 - Saat2 verisi elde edilir.

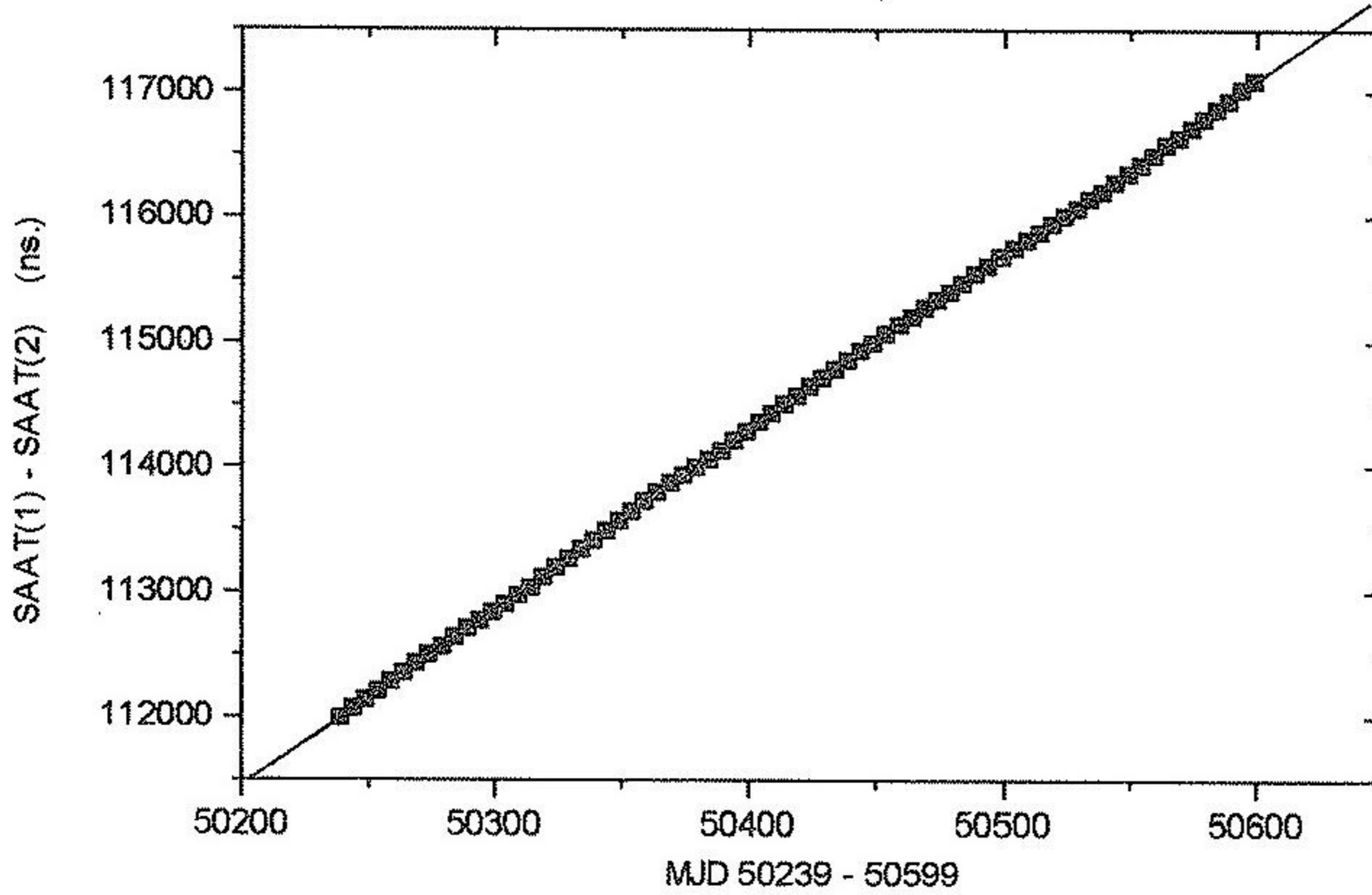


Şekil 3. 2 Ocak 1996 - 26 Nisan 1997 tarihleri arasındaki UTC - UTC(UME) zaman farkı



Şekil 4. 17 Kasım 1996 - 26 Nisan 1997 tarihleri arasındaki UTC - UTC(UME) zaman farkı

Şekil 5, 5 Haziran 1996 - 31 Mayıs 1997 tarihleri arasındaki ölçüm sonuçlarını göstermektedir. Şekil 5 incelendiğinde iki saat arasındaki zaman farkının değişiminin 14 ns/gün olduğu görülür. Şekil 4 ve Şekil 5'ten elde edilen sonuçlara göre, Saat 1'in doğruluğu 2.4×10^{-14} , Saat 2'nin doğruluğu ise 1.6×10^{-13} civarındadır.



Şekil 5. İki UME saati arasında ölçülen zaman farklarından elde edilen grafik

50 farklı merkez ellerinde bulundurdukları saatlerin karşılaştırma sonuçlarını düzenli olarak BIPM'e bildirir. BIPM, gerekli hesaplamaları yaparak her bir saatin hangi ağırlıklı ortalamayla TAI'nin oluşumuna katkıda bulunduğunu belirler. BIPM tarafından gönderilen 27.12.1996 - 26.4.1997 tarihleri arasındaki değerlendirme sonuçlarına göre, her iki UME saati de 2500 üzerinden 2500 alarak yaklaşık % 1.46 ağırlıklı ortalamayla TAI'nin oluşumuna katkıda bulunmaktadır.

3. ZAMANIN DAĞITILMASI

Zaman ve Frekans Laboratuvarındaki doğru zaman bilgisi Zaman Dağıtım Sistemi, bilgisayar ve modem vasıtasıyla telefon hattına verilerek isteyen kurum ve kuruluşların hizmetine sunulmaktadır (Şekil 2). Bu zaman bilgisine ulaşabilmek için ilgili kuruluşun bir telefon hattı, modem, bilgisayar bağlantı sistemi ve UME tarafından verilen bilgisayar programına sahip olması gerekmektedir. Söz konusu program çalıştırıldığında bir dakikayı aşmayan bir zaman süresince kullanıcı bilgisayarı ile UME Zaman Dağıtım Sistemi arasında zaman alışverişi gerçekleşir ve kullanıcı bilgisayarı UME Cs saatine < 1 ms doğrulukla senkronize olur. Bunun sonucunda kullanıcı bilgisayarının monitöründe doğru zaman bilgisi saat, dakika, saniye ve milisaniye olarak görülür.

4. SONUÇ

UME Zaman ve Frekans Laboratuvarında mikrodalga zaman ve frekans sistemi kurulmuştur. Kurulan bu sistem vasıtasıyla, UME, Uluslararası Atomik Zamanın oluşturulmasına katkıda bulunmaktadır. Ayrıca, Zaman Dağıtım Sistemini kullanarak, Laboratuardaki doğru zaman bilgisinin yurt çapında dağıtımını gerçekleştirmeye yönelik çalışmalar devam etmektedir.

KAYNAKLAR

- [1]. J. Vanier, C. Audoin; The quantum physics of atomic frequency standards, Adam Hilger, Bristol and Philadelphia, 1986
- [2]. C. Thomas, P. Wolf, P. Tavella; Time scales, BIPM, Monographic, 1994
- [3]. R. Gamidov, İ. Taşkın, M. Çetintaş; Time and frequency standard system and time dissemination at (UME) National Metrology Institute of Turkey, 7th BEMC Digest, pp. 20.1-4, 1995, Malvern, UK.