

HÜCRESEL AĞLARDA KONUM BELİRLEME İÇİN RSS TABANLI ÇÖZÜMLER

Metin BARUT¹, Özgün BAYRAK², Çağrı TEMİZYÜREK³, Onur TÜRKYILMAZ⁴

^{1,2,3}Oksijen/Vodafone IT Hizmetleri A.Ş., İTÜ Teknokent, ARI 2 Binası, 34467 Maslak,
İstanbul

⁴Boğaziçi Üniversitesi, SATLAB, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, 34342 Bebek, İstanbul

^{1,2,3}e-posta: {metin.barut, ozgun.bayrak, cagri.temizyurek}@oksijen.com

⁴e-posta: onur.turkyilmaz@cmpe.boun.edu.tr

ABSTRACT

Location determination in cellular networks is an important subject for both emergency situations and location based services (LBSs) such as navigation, asset tracking, and location-specific information provision. It has also wide usage areas in security and intelligence services. Today, many researches are being carried out in order to reach an accurate and consistent location determination solution. In this paper, we present a received signal strength (RSS) based location determination algorithm and its performance evaluation and comparison with a traditional RSS based location determination algorithm.

Anahtar sözcükler: Hücresel Ağlar, Konum Belirleme, Konuma Dayalı Servisler, RSS.

1. GİRİŞ

Uygulanabilir bir mobil cihaz konumlandırma sistemi, günümüzde gerek ağ işletmenleri, gerekse servis sağlayıcılar tarafından aranan bir çözümdür. Konuma dayalı uygulamalar, yeni nesil mobil kullanıcılar tarafından büyük ilgi görerek yeni gelir kaynakları sağlayacaktır. Bu uygulamalar acil durum servisleri, iz sürme, konuma dayalı bilgi servisleri, konuma dayalı ücretlendirme ve konuma dayalı reklam ve tanıtım gibi birçok alanı kapsayacaklardır. GSM ağlarının konum bilgisi konusundaki eksikliği ve günümüz mobil cihazların büyük bir çoğunluğunda bulunmayan konum belirleme fonksiyonundan dolayı bu konuda basit bir çözüm geliştirmek ve uygulamak mümkün değildir. Bu çalışmada, mevcut GSM ağına ve mobil telefonlara herhangi önemli bir değişiklik yapmadan, kolay uygulanabilir, uygun maliyetli ve aynı zamanda konuma dayalı servisler için gerekli doğrulukta çalışacak bir konum belirleme sistemi oluşturmak adına yapılan çalışmalar sunulmaktadır.

Bildirinin geri kalan bölümleri şöyle organize edilmiştir: Bölüm 2’de çalışmadaki kısıtlamaların belirtildiği Problem Tanımı verilmiştir. Bölüm 3’de literatürdeki konum belirleme sistemlerinden bahsedilmektedir. Bölüm 4’de geliştirilen algoritma ana hatlarıyla sunulmakta ve geleneksel algoritmalarından farklılıkları gösterilmektedir. Başarım analizi ve karşılaştırmalar Bölüm 5’de sunulmaktadır ve son olarak Bölüm 6 ile rapor sonuçlandırılmaktadır.

2. PROBLEM TANIMI

Mobil telefonlar ufak boyutları, gitgide daha da kullanışlı ve faydalı hale gelmeleri nedeniyle mobil iletişim cihazlarının çekirdeğini oluştururlar. Her geçen gün eklenen yeni uygulamalar ve yetenekler sayesinde daha da kişisel ve güvenilir hale gelen mobil telefonlar, gündelik yaşamın temel parçası haline gelmişlerdir. Mobil telefonların popülerliği ve kullanıcılarının sayısı sürekli artmaktadır. Bununla beraber, mobil telefon üreticileri potansiyel yeni müşterilerin ilgisini çekmek için yeni özelliklere sahip cihazlar üretmek için çabalamaktadırlar.

Konuma dayalı servisler, ikinci (2G) ve üçüncü nesil (3G) telsiz ağlar için yeni birçok servis hizmetinin sağlanmasına olanak verecektir. Kimi uygulamalar için mobil cihazın bulunduğu hücrenin belirlenmesi yeterliyken, acil durum servisleri veya kullanıcı takip sistemleri gibi servisler daha kesin konum belirleme sistemleri gerektirmektedir.

GSM sistemi, herhangi bir konum ve uzaklık ölçüm bilgisi içerecek şekilde tasarlanmadığı için, kendi içinde herhangi bir konum belirleme işlevselliği bulunmamaktadır. İlk başta, ayrı bir konum belirleme teknolojisiyle entegre olma fikri akla gelebilir. Fakat, örneğin E-OTD (Enhanced Observed Time Difference – Gelişmiş Gözlemlenen Zaman Farkı) veya ToA (Time of Arrival – Varış Zamanı) gibi teknolojilerin

desteklenmesi için yapılması gereken, GSM ağındaki baz istasyonlarına LMU (Location Measurement Unit – Konum Belirleme Ünitesi) entegre edilmesi işlemi çok yüksek maliyetlidir. [1] Bunlara ek olarak, GPS (Global Positioning System – Global Konum Belirleme Sistemi) ve A-GPS (Assisted GPS – GPS Yardımlı) teknolojilerindeki bazı kısıtlamalar (en az üç GPS uydusunu görme zorunluluğu, konum sabitlemesi için gerekli nisbeten uzun zaman, GPS alıcısının yapacağı güç tüketimi, vb.) bazı kritik konum belirleme servisleri için sorun teşkil etmektedir. Tüm bunlar bir yana, zaten piyasadaki çoğu mobil telefon GPS ve E-OTD gibi teknolojileri şu an için desteklememektedir [2].

Sonuç olarak, bu çalışmada kullanıcının konumu, hücresel ağda bulunan ve aslında bu amaç için tasarlanmayan mevcut veriler kullanılarak belirlenmektedir. Bu veriler, ana ve komşu baz istasyonlarından alınan sinyal seviyeleri, ana hücre kimliği (serving cell identity), zaman ilerlemesi (timing advance - TA) ve komşu hücre ölçümleri gibi ağ parametreleridir.

3. HÜCRESEL AĞLARDA KONUM BELİRLEME METODLARI

Konum belirleme yöntemleri, şebeke tabanlı ve mobil cihaz tabanlı olmak üzere iki ana tekniğe ayrılır. Bu bölümde, bu iki ana teknikten özlü bir şekilde bahsedilecek ve her birinin kendine özgü yetenekleri belirtilecek ve değerlendirilecektir.

3.1 Şebeke Tabanlı Teknolojiler

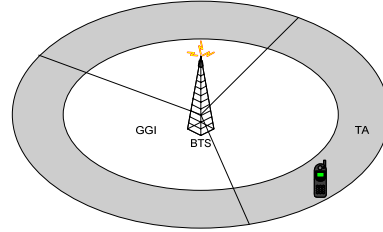
Şebeke tabanlı konum belirleme teknolojilerinin, eski-yeni tüm mobil cihazlarla uyumluluk avantajı mevcuttur. Burada anlatılan yöntemlerin çalışması için yapılması gereken güncellemeler sadece şebeke kısmındadır.

3.1.1 Hücre Global Kimlik Numarası (CGI) ve Zaman İlerlemesi (TA) Metodu

Bu yöntem için gerekli olan tüm parametreler günümüz GSM ağlarında yer alan parametrelerdir. Bu nedenle, sistemde güncellenmesi gereken tek yer, konum bilgisi tahminini yürütecek olan mobil konum belirleme merkezidir (mobile positioning center).

Tekil hücreli zaman ilerlemesi (single cell timing advance) konum belirleme metodu, mobil cihazın yerini belirlemek için GSM şebekesinde var olan hücre global kimlik numarası (Cell Global Identity - CGI) ve zaman ilerlemesi (TA) parametrelerini kullanır. CGI, mobil cihazın içinde bulunduğu hücreyi belirtir. Bir hücre tümyönlü (omnidirectional) ve üçgen sektör şeklinde olabilir. TA parametresi, mobil

cihazın ana baz istasyonundan uzaklığı konusunda bilgi sağlar. TA değerleri 64 dilime (0-63) ayrılmıştır ve bu dilimlerin her biri diğerine yaklaşık olarak 550 metre uzaklıktadır. Örneğin ana baz istasyonundan 600 metre uzakta bulunan bir mobil cihazın TA değeri 1'dir. TA parametresi sayesinde mobil cihazın tahmini konumu ana baz istasyonundan belirli uzaklıktaki bir dilim içinde olarak belirlenir. (Şekil 1)

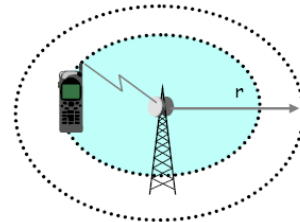


Şekil 1. CGI + TA metodu [3]

Bu metodun doğruluğu hücrenin büyüklüğüne göre değişiklik gösterir. Bir hücrenin yarıçapı 100 metre ile 35.000 metre arasında değişebilir. Kısmen küçük bir alanı kapsayan hücrelerde doğruluk oranı iyi olurken, bu oran hücre yarıçapı büyüdükçe kötüye gider. Buna ek olarak, doğruluk, hücrenin tümyönlü veya üçgen sektör şeklinde olmasına göre de değişir.

3.1.2 Sinyal Gücü

Birkaç baz istasyonundan alınan sinyal gücü ölçümleri, mobil cihaz ile bu baz istasyonları arasındaki uzaklıkların tahmini için kullanılabilir. İki boyutlu bir düzlemde düşünüldüğünde bu sinyal seviyeleri baz istasyonlarını merkez olarak alan çemberler oluştururlar. (Şekil 2) Buna göre, boşlukta iletim (free space propagation) modeline göre, eğer üç ayrı baz istasyonundan alınan sinyal seviyeleri mevcut ise, mobil cihazın konumu bu üç çemberin kesişim noktası olarak belirlenebilir.



Şekil 2. Sinyal gücü metodu

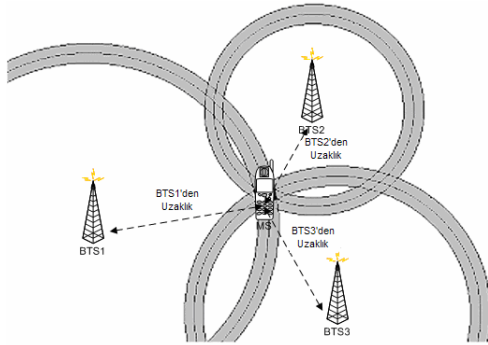
Gerçek hayatta, özellikle şehir içi ortamlarda, sinyal yayılımı birçok zayıflatıcı ve değiştirici etkenle karşı karşıyadır ve boşlukta iletim prensibine tam olarak uymaz. Bu nedenle, ortam koşullarına dayalı bir sinyal yayılım modeli kullanmak gereklidir. Şehir içi ortamlarda sinyal seviyesi kırsal alanlardakine kıyasla daha hızlı bir şekilde azalır. Bu nedenle, her ortam koşulu için aynı yayılım modelini kullanmak doğru bir yaklaşım değildir. [4]

Sinyal gücü metodu GSM ağında kolayca uygulanabilir bir metoddur. Bunun nedeni, mobil cihazların aktif moda iken rutin olarak ağa ilettikleri ölçüm raporlarının, ana ve farklı birkaç (genelde 4 - 7) komşu baz istasyonundan alınan sinyal gücü ölçüm değerlerini içermeleridir. Yani bu metod mevcut mobil telefonlarda ve GSM ağlarında herhangi bir değişiklik yapılmasını gerektirmez. Burada ölçümleri yapan mobil telefon, konum belirlemeyi yapan ise GSM şebekesidir. Sonuç olarak, sinyal seviyesi metodu kolay uygulanabilir ve düşük maliyetli bir metoddur ve bir önceki konuda bahsedilen cell id + TA yönteminin doğruluğunu büyük ölçüde arttırabilir.

3.1.3 Varış Zamanı (TOA)

Bu metod, etrafta algılanan bütün baz istasyonlarının mobil cihazdan gelecek özel bir sinyali (burst) dinlemesini gerektirir. Bir baz istasyonu bu sinyali aldığı anda, zaman bilgisini kaydeder ve bunu ağdaki özel bir sunucu bilgisayara gönderir. Bu şekilde sunucu bilgisayarda toplanan birçok baz istasyonundan gelen bilgi birbirleriyle karşılaştırılır ve elde mevcut olan baz istasyonu konum bilgileriyle harmanlanarak mobil cihazın konumu belirlenir.

Bu metodun doğruluğu baz istasyonlarının konum bilgilerine, alınan sinyallerin yayılımına ve şebeke elemanlarının zaman senkronuna bağlı olarak değişiklik gösterir. Bu yöntem için şebekeye LMU (Location Measurement Unit – Konum Belirleme Ünitesi) adı verilen donanımlardan kurulmalıdır. Bunların sayısı mevcut her baz istasyonu için bir tane veya her iki baz istasyonu için bir tanedir. Bu da göstermektedir ki TOA metodu GSM operatörü için yüksek maliyet demektir.

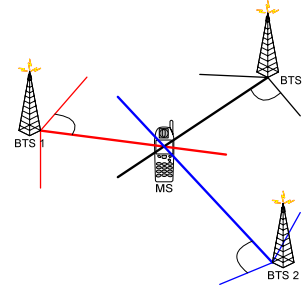


Şekil 3. Varış zamanı (TOA) metodu [3]

3.1.4 Varış Açısı (AOA)

Varış açısı yöntemi (AOA), yönlü antenler veya anten dizilimleri (antenna arrays) kurulumunu gerektirir. Bu yöntem temelde mobil cihazın konumunu üçgenleme (triangulation) kullanarak belirler. Her biri bir BTS'den çıkan ve sinyal yönlerinden belirlenen yönlü iki doğrunun kesişim noktası mobil cihazın konumunu

verir. Bu yöntem, mobil cihazın en az iki BTS bilgisine (bir çift baz istasyon = 1 kesişim noktası) sahip olmasını gerektirir. Eğer elde veri mevcutsa birden fazla sayıda baz istasyonu çifti de kullanılabilir (En çok, iki çift sağlayan 3 BTS kullanımı yaygındır).



Şekil 4. Varış açısı (AOA) metodu [3]

Bu yöntemin doğruluğu çevredeki BTS'lere ulaşan bilginin hassasiyetine göre değişir. Ayrıca AOA'da konum tahmininin yüksek doğrulukta olması için BTS'lerin görüş hattında olması gerekmektedir.

3.2 Mobil Cihaz Tabanlı Teknolojiler

Mobil cihaz tabanlı sistemler en yüksek doğruluk seviyelerine sahiptirler ama yeni ya da yükseltilmiş mobil terminallere gerek duymaktadırlar. [5]

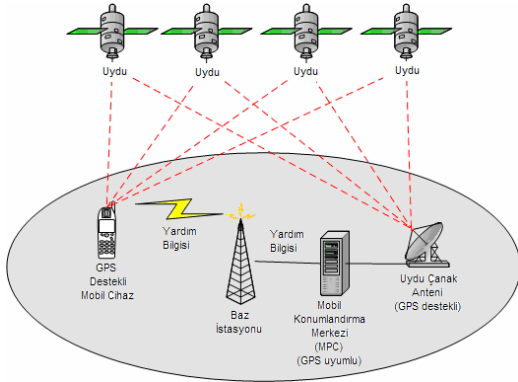
3.2.1 GPS Yardımlı (A-GPS)

GPS yardımcı sistem (A-GPS), MS (mobil cihaz) pozisyonunu bulmak için MS'de yerleşik bir GPS alıcısını kullanır. Amerikan ordusu tarafından geliştirilmiş olan GPS'de yeryüzündeki herhangi bir terminalin konumunu belirlemek için 27 uydudan gelen sinyaller kullanılır ve konum belirleme düşeyde ve yatayda 10 metre'den daha iyi doğrulukla gerçekleştirebilir. Konumlanmanın gerçekleşebilmesi için bir GPS terminali dört veya daha fazla uyduyu görüyor olmalıdır ve bu uyduların sinyallerinin geliş zamanı kullanılarak alıcının konumu hesaplanır.

Bu yöntem açık alanlarda ve genel olarak bina dışı durumlarda yüksek başarıma sahip olsa da bina içi ve yüksek yoğunluktaki yerleşim alanlarında GPS uydusuyla bağlantı kurulumundaki zorluklar nedeniyle sorunludur. Bir GPS alıcısı çalıştırıldığında kesin zaman ve konum bilgisine sahip değildir. Bu nedenle GPS alıcısının konumunu belirlemesi belli bir gecikmeyle gerçekleşir. GPS alıcısında ayrıntılı konum bilgisinin elde edilmesinde yaşanan bu gecikme sorununu çözmek için GPS yardımcı sistem kullanılmaktadır.

GPS, GSM'in kullandığından daha yüksek bir frekans bandı kullandığından yeni mobil terminaller iki antene sahip olmalıdır (GPS ve normal GSM). Ayrıca GPS alıcısının yüksek güç kullanımı nedeniyle A-GPS destekleyen yeni terminaller daha yüksek pil

kapasitesine sahip olmalıdırlar. Bu nedenlerle A-GPS yönteminin kullanıcılar için, yeni cihaz gerekliliği de düşünüldüğünde, yüksek bir maliyeti olmaktadır.



Şekil 5. GPS yardımcı (A-GPS) metod [3]

4. ÖNERİLEN KONUM BELİRLEME ALGORİTMASI

Geleneksel çember kesiştirme algoritmasında çemberlerin kesişim noktalarının aritmetik ortalaması alınarak lokasyon bulunmaktadır. Bu algoritmada RSS seviyesi değerlerinden yarıçaplar bulunup çemberler oluşturulmakta ve çemberlerin kesim noktalarından azimutu gören çember dilimi içinde olanlar seçilip bu noktaların ortalaması alınmaktadır.

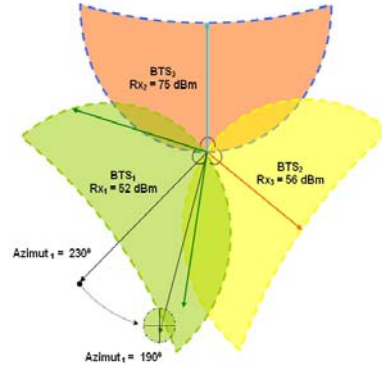
Teoride geçerli olan bu durum pratikte bazı farklılıklar göstermektedir. Gerçek hayatta, özellikle şehir içi ortamlarda, sinyal yayılımı birçok zayıflatıcı ve değiştirici etkenle karşı karşıyadır ve boşlukta iletim prensibine tam olarak uymaz. Böylece, yarıçapların yanlış hesaplanması çemberlerin yanlış yerlerde kesişmesine ya da hiç kesişmemesine sebep olmaktadır. Büyük TA'ların olduğu açık alanlarda çember kesişmesi olmaz ise ana hücrenin azimut açısı yönünde TA mesafesi kadar (15-20km) gidilebilmekte ve komşular dikkate alınmadığı için hata mesafesi de 10km kadar olabilmektedir.

Geleneksel çember kesiştirme tekniğinde yansımalar ve antenlerin arkasına yaydığı kaçak sinyaller dikkate alınmamaktadır. Bunun sonucunda 'backlobe' denilen sinyalin antenin tarama açısının arkasına düşmesi ile kullanıcı lokasyonunun hatalı bulunmasına sebep olmaktadır. Geleneksel algoritmada eş lokasyonlu sektör hücreler ile elde edilen içiçe çemberler kesişmedikleri için eş lokasyonlu sektör hücreler elenmektedir. Bu sektör hücrelerin komşu olması durumunda lokasyon bulma doğruluğu azalmaktadır.

Geliştirilen algoritmada bulunan açı kaydırma yöntemi ile bahsedilen bu sorunlar giderilerek lokasyon bulma doğruluğu artırılmıştır. Açı kaydırma algoritmasının çalışma mantığı kısaca şu şekilde özetlenebilir: Her hücre için azimut açısı bir vektörün yönü ve RSS seviyesi de vektörün büyüklüğü olarak

düşünülmektedir. Bu vektörler oluşturulup, aynı sektör hücreler için vektörel ortalama alınarak yeni bir azimut açısı yaratılmakta ve bu açığa göre açı kaydırma hesaplanmaktadır. Sonuçta bulunan vektörel ortalama noktasından geçen ve hesaplanan mesafe kadar uzaklıktaki nokta lokasyon olarak alınmaktadır. Vektörlere ağırlık verme işlemi RSS sinyal değeri, ana hücre olma, backlobe, ortam durumuna göre farklı olarak gerçekleştirilmektedir.

Geliştirilen algoritmada sektör hücrelerde hedef lokasyonun daha iyi RSS seviyesi sinyali veren sektör hücrenin önünde olduğu kabul edilerek, bu sektör hücrenin tarama alanında kalma koşulu ile azimutu vektörel olarak orta noktaya kaydırılmaktadır. Örnek olarak bu durum Şekil 6'da gösterilmiştir. Burada üç sektörlü bir hücre için RSS seviyeleri sırası ile 52dBm, 75dBm ve 56dBm'dir. 3 sektör hücrenin azimut ve RSS seviyesi değerlerinden elde edilen vektörlerin toplamı ile ana hücrenin azimutu 230°'den 190°'ye kaydırılmıştır.

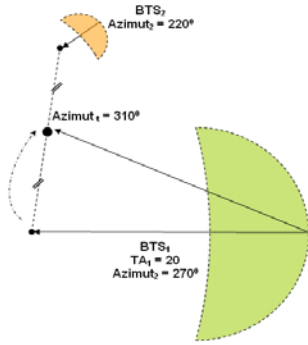


Şekil 6. Azimut ve RSS seviyesi ile açısal kaydırma

Backlobe durumlarında daha iyi sonuç elde etmek için gelen RSS seviyelerinin vektörel ortalaması temel alınarak ana hücrenin arkasında olup olmadığı kontrol edilmektedir. Eğer hücre eş konumlu (co-located) ise daha iyi RSS seviyesi olan komşunun baktığı azimut ağırlıklı olarak alınır, böylece backlobe durumlarında lokasyonun bulma doğruluğu artırılmaktadır. Bunun yanında TA'ya göre çok uzaktaki, çok yakındaki veya arkada kalan komşuların elenmesi için yöntemler geliştirilmiştir. Böylece yansımalar ve arkadan sızmalar (backlobe) elenmektedir. Büyük TA'larda seçilmiş komşular dikkate alınarak hata mesafesi azaltılmıştır. Büyük TA gruplarında azimut açısını ortalama vektör yönünde kaydırma sayesinde başarı artmıştır. Örnek olarak bu durum Şekil 7'de gösterilmiştir. Burada büyük TA'lı BTS1 anteninin 270°'lik azimut açısı, uzaktaki komşu yönünde kaydırılarak 310°'e getirilmiştir.

Ana hücre ile eş lokasyonlu olmayan komşu hücreler arasında uygulanan işlemde, her hücrenin vektör uç noktası koordinatları alınarak aritmetik ortalama

bulunur. Bulunan son nokta yönünde ana hücrenin azimut açısı kaydırılır.



Şekil 7. Büyük TA'larda azimut ve RSS seviyesi ile açısal kaydırma

5. BAŞARIM ANALİZİ VE KARŞILAŞTIRMA

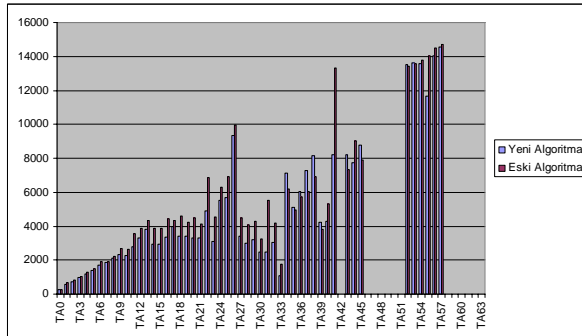
Geliştirilen algoritma, bir önceki bölümde bahsi geçen geleneksel RSS tabanlı konum belirleme algoritmasıyla birlikte gerçek saha datalarından üretilen simulasyon data setleri üzerinde koşturulmuş ve sonuçlar gözlenmiştir.

Geleneksel algoritma ile yeni algoritmanın karşılaştırılabilmesi için iki farklı ölçüm seti hazırlanmıştır. Ölçüm setleri hazırlanırken İstanbul Avrupa ve Anadolu Yakası, Doğu ve Güney Marmara, ve Ege Bölgesi'nde alınan saha ölçümleri kullanılmıştır. İlk ölçüm seti mobil cihaz görüşme (call) durumunda iken alınan ölçümlerden oluşturulurken, ikinci ölçüm seti ise mobil cihaz "trigger" yöntemi ile çağrılanarak (paging) alınan ölçümlerden oluşturulmuştur.

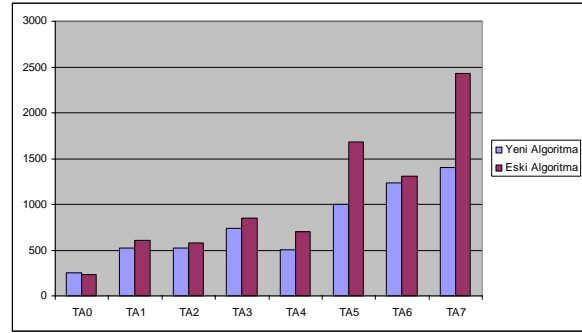
Tablo 1. Ölçüm seti data sayıları

Ölçüm seti	Data Sayısı
Ölçüm seti - 1 Call	14095
Ölçüm seti - 2 Trigger	7613

Bu iki ölçüm setine ait her iki algoritma için test sonuçları Şekil 7 ve 8'de verilmiştir.



Şekil 7. Ölçüm seti 2 - Call sonuçları



Şekil 8. Ölçüm seti 3 - Trigger sonuçları

Görüşme durumunda alınan ölçüm sonuçlarının daha kötü olmasının nedeni network sinyallerinin çok kötü seviyelere ulaşmasına rağmen bağlı olduğu ana baz istasyonunu bırakıp daha iyi sinyal veren komşu hücrelere geçmemesidir. Bu GSM ağlarının genel özelliklerindedir. Trigger durumunda alınan ölçümlerde ise periyodik paging yapılmakta ve en iyi sinyal veren baz istasyonu ana baz istasyonu olarak seçildiği için call durumundaki sorunlar ortaya çıkmamaktadır.

6. SONUÇ

Bu bildiri hücresel ağlar için RSS tabanlı bir konum belirleme algoritması sunulmuş ve gerçek ölçüm temelli popüle edilmiş simulasyon datası üzerinde başarımleri analiz edilmiştir. Ayrıca tanıtılan algoritma, geleneksel bir RSS tabanlı konum belirleme algoritmasıyla karşılaştırılmıştır. Test sonuçlarından görüldüğü gibi geliştirilen yeni algoritma bu geleneksel algoritmaya göre daha iyi sonuçlar vermektedir.

KAYNAKLAR

- [1] SnapTrack Incorporated, Location Technologies for GSM, GPRS and UMTS Networks, White Paper, pp 20-25, 2003
- [2] Andrew Jagoe, Mobile Location Services: The Definitive Guide., Prentice Hall, 2002.
- [3] Dan Kenneth Jonsson, Jørgen Olavesen. Estimated accuracy of location in mobile networks using E-OTD. Adger University College, Master Thesis, pp. 20-23, May 2002.
- [4] Motorola Inc., Overview of 2G LCS Technologies and Standards, 3GPP TSG SA2 LCS Workshop, January 10-11, 2001.
- [5] Josef Bajada, Mobile Positioning for Location Dependent Services in GSM Networks, Department of Computer Science and AI, University of Malta.