

# ALÇAK YÖRÜNGEDEKİ UYDU SİSTEMLERİ İÇİN YENİ BİR YÖNLENDİRME ALGORİTMASI

Derya YILTAS<sup>1</sup>, A. Halim ZAIM<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi

Istanbul Üniversitesi, 34850, Avcılar, İstanbul

<sup>1</sup>e-posta: dyiltas@istanbul.edu.tr

<sup>2</sup>e-posta: ahzaim@istanbul.edu.tr

*Anahtar Sözcükler: Alçak yörünge, uydu, yönlendirme, algoritma, genetik.*

## ABSTRACT

*In this study, we investigated several routing algorithms used in Low Earth Orbital (LEO) Satellite Systems. In the literature, most of the routing algorithms designed for LEO systems are based on minimizing the delay. Only a few of them have taken minimization of the number of handoffs as the objective function. We also classified the routing algorithms mainly in two categories: dynamic and static. There are also some papers comparing dynamic and static routing algorithms. Most of the studies on the other hand use static routing algorithms due to the periodic and predictable nature of the LEO satellite systems. Therefore, we also designed a static routing algorithm based genetic algorithms in this study. The results show that our method performs better than classical methods both from the point of delay and the number of handovers.*

## 1. GIRIS

Karasal kablosuz ağların kapsama alanları, oldukça sınırlı olmaktadır. Haberleşme teknolojilerindeki gelişmeler sayesinde, haberleşme imkanını coğrafik bir alana ve teknolojik kısıtlamalara bağlı olmadan gerçekleştirme ihtiyacı ortaya çıkmıştır. Bahsedilen bu kısıtlamalar, karasal sistemlerden çok daha fazla avantaja sahip olan ve çok geniş alanları kapsayan uydular tarafından sağlanabilmektedir.

1945 yılından itibaren uydu haberleşmesiyle ilgili yapılan çalışmalar yaygınlaşmaya başlamıştır. Uydu haberleşmesiyle ilk kez, 1960 yılında askeri alanda ses iletimi olarak karşılıklıdır. Bu tarihlerden sonra teknolojik gereksinimlerle orantılı olarak uyduların önemi de artmıştır. Uydu endüstrisi, bu gereksinimler ortaya çıktıktan sonra büyümeye başlamış ve 2003 yılındaki yıllık kar payı 83 milyar dolara yükselmiştir [1]. Günümüzde uyduların, birçok alanda çok geniş kullanım alanları mevcuttur.

Uydular yörüngelerine göre Jeostasyonel Yörünge ve Jeostasyonel Olmayan Yörünge olmak üzere baslıca iki kisma ayrılmaktadır. Jeostasyonel yörüngeler dünya yüzeyinden çok yüksekte (36000 km) bulunmaktadır. Bu yörüngede bulunan uydular,

dünyadan bakıldığı zaman hareketsiz görünürler, çünkü dünyanın ve uyduların dönüş hızları aynıdır. Bu uydular dünya çevresindeki bir tam dönüşlerini 1 günde tamamlamaktadırlar. Yüksek yörüngedeki jeostasyonel uydularla ilgili bir problem, gecikme sürelerinin 250 milisaniye olmasıdır. Bu gecikme süresi, interaktif haberleşme gibi bazı uygulamalarda problemlere neden olabilmektedir. Jeostasyonel Olmayan sistemlerdeki bir yörünge çesidi ise Alçak Yörünge'lerdir (AY). AY'deki uydular, dünyaya göre yüksekliklerinin az olmasından dolayı gecikme süresini kısaltarak gecikme süresi problemine çözüm üretebilmektedir.

AY'ler dünyaya yakın yörüngelerdir. Dünya yüzeyinden maksimum 2000 km yüksekliğe konumlanmaktadır. Bu yükseklikten dolayı yörüngedeki uydularla haberleşme sağlamak için çok fazla güce gereksinim duyulmamaktadır. Bu nedenle karada konumlandırılan aygıtlar ve istasyonlar karmaşık değildir ve çok fazla kuvvete ihtiyaç duymazlar. Bu durum özellikle tasınabilir ve avuçiçi aygıtlarla sağlanan kişisel haberleşmeler için çok yararlıdır. AY sistemlerinde, dünyadaki istasyon alicisi ile uydu arasındaki mesafe, diğer sistemlere göre daha azdır. Böylece gerekli olan güç, etkin bir şekilde kullanılabilir. Bundan dolayı tasınabilir servisler için AY'ler daha uygun olmaktadır. Öte yandan, bu sistemlerin dinamik yapısından dolayı haberleşme, sadece tüm sistemi aktif hale getirerek yapılabilmektedir. Tüm uydu sistemi kurulduktan sonra başarılı uyduların ayakizleri, dünya yüzeyindeki bir tam yolu gösterebilmektedir. Fakat bu durum, bir çağrı ve diğer iletim süresi boyunca bir uydudan diğerine olan aktarım oranını arttırmaktadır [2].

AY sistemlerin global kapsama oluşturmaları için başka koşulların da gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Bu koşulların basında yörünge yüksekliği ve eğim gelmektedir. Bu değerler yardımıyla bir AY sisteminde kaç tane uydunun veya yörüngesinin olması gerektiği kararlaştırılabilir. Bunun yanı sıra ağ kapasitesi ve bağlantırlık, uydu ağlarında haberleşme alanındaki önemli konulardandır. Kapasite ve bağlantırlık, mobil kullanıcılar, uydular ve geçitler arasındaki Uydular arası Link'leri (UAL) içeren link

sayısına bağlıdır. Bağlanırlık için olası birçok yönlendirme imkanı bulunmaktadır. Aynı zamanda trafik akisi da trafigin gerektiği gibi dağıtılmasıyla kontrol edilebilmektedir. Bu yapılar doğrultusunda teçhizat sayısıyla doğru orantili olarak maliyet de artmaktadır [3].

Uydular hakkında bir başka önemli konu, yönlendirme problemidir. Bu problemin çözülmesi için çok dikkatli düşünülmesi ve etkin algoritmaların bulunması gerekmektedir. Yönlendirme problemi iki farklı probleme bölünmektedir: Yukarı ve Aşağı Link (YAL) ve UAL yönlendirmesi. UAL yönlendirmesi için gecikmenin ve birbirine bağlantılandırılmış kaynak-hedef uyduları arasındaki aktarım sayısının minimize edilmesi gerekmektedir [3]. UAL yönlendirmesi, karasal ortamla ilişkili donanım araçlarına ihtiyaç duymaz. Sadece uydularla bağlantılı geçitler belirlenmektedir. Dinamik UAL yönlendirme metodlarında uydular arasındaki mesafe ve açı zamanla değişebilmektedir. Bu çalışmada UAL yönlendirmesi düşünülmekte ve kaynak-hedef düğüm çiftleri arasındaki linkler üzerinde çalışılmaktadır.

## 2. ÖNCEDEN YAPILAN ÇALIŞMALAR

Daha önceden bahsedildiği gibi AY'lerin dünyaya yakın olmaları ve kısa gecikme sürelerine sahip olmaları gibi avantajları bulunmaktadır. AY'ler hızlı yörüngelerdir ve dünyadan yukarıda belirli bir noktada sabit olarak durmazlar. Bu nedenle etkin ve yararlı bir yönlendirme algoritmasının tasarlanması oldukça zordur. Uydular sürekli hareket ettikleri için dinamik bir yapıya sahiptirler. AY uydularının yapısına göre bir paket, kaynaktan hedefe doğru giderken birçok atlamadan geçmektedir. Değişik uyduların topolojilerine göre farklı yönlendirme algoritmaları tasarlanabilmektedir. Bu bölümde 10 farklı yönlendirme algoritmasının adımları incelenecektir. Bu algoritmalar hakkında daha geniş bilgi [4]-[12] kaynaklarından sağlanabilir. Algoritmalar, aşağıdaki gibi açıklanmaktadır:

- 1) Veri Paketi Yönlendirme Algoritması: Dağıtık bir algoritmadır. Algoritmada yönlendirme, hesaplama ve seçme işlemlerine göre uydular birbirlerinden bağımsızdır. Algoritma, tikanıklık gibi ağ durumu konusunda, minimum yayılım gecikmesine sahip yolları bulmak için yerel kararlar almaktadır. Bu algoritma tarafından oluşturulan yolların uzunlukları, Bellman En Kısa Yol Algoritması ile bulunan yolların uzunluklarıyla karşılaştırılmaktadır. Paketlerin yayılım gecikmelerinin, Bellman algoritmasındaki gecikmelerden daha kısa olduğu görülmektedir. Bu algoritmada uydulardan birinde bir hata çıktığı zaman, bu uyduya bağlı tüm minimum yayılım gecikme yolları yeniden

olusturulmaktadır. Buradaki farklılık, hatanın olustugu yerin enlemindedir.

- 2) Sonlu Durum Otomasyonu (SDO) – Tabanlı Yönlendirme Algoritması: Bu algoritmada SDO-tabanlı link tahsisi kullanılmaktadır. Yayılım gecikmesinin hesabi için, kuyruklama ve yayılım gecikmeleri ile kaynaktan hedefe doğru olan tüm uyduların iletim gecikmeleri toplanmaktadır. SDO'nun her bir aralığındaki görünürlük matrisi, uyduların kararlı kapsama alanını göstermektedir.
- 3) Mantıksal Topoloji-Tabanlı Yönlendirme: Bu algoritmanın temelindeki düşünce, bir uydunun, belirli bir zaman aralığında mantıksal bir düğümü olusturmasıdır. Bu mantıksal düğümler arasındaki minimum yol, düzlemler arasındaki UAL uzunluğu ve yatay mantıksal link uzunlukları hesaplanmaktadır. Bu doğrultuda herbir periyottaki farklı mantıksal topolojiler düşünülmekte ve seçime bağlı sonuçlar olusturulmaktadır.
- 4) Coğrafik-Tabanlı Paket Yönlendirmesi: Dünya yüzeyi hücre gruplarına bölünür ve herbir hücreye servis veren uyduların düğümü mantıksal bir adresle gösterilir. Bu hücre yapısından dolayı sistem, uygun bir sekile sahip olmaktadır. Dağıtık bir algoritma aracılığıyla bir uyduların kendinin ve komşularının hedefe olan mesafelerini tablodan çıkarır. Daha sonra paketi hedefe en yakın komşusuna gönderir.
- 5) Minimum Atlama/Maliyet Algoritması (MAA, MMA): MAA, minimum atlama sayısına sahip olan yolu bulur. Diğer taraftan MMA, minimum UAL maliyetine sahip olan yolu bulur.
- 6) Ağ Algoritması: Bu algoritmada kaynak-hedef uyduların çiftleri doğrultusunda öncelikle minimum atlama yollarının tümü bulunmaktadır. Bundan sonra herbir yolun maksimum kullanım maliyeti hesaplanır. Bu maliyetler karşılaştırılır ve minimum olanı seçilir. Böylece en az tıklı olan yol seçilmiş olur.
- 7) Tahmini Servis Kalitesi Yönlendirme Metodu: AY uydularındaki trafik yoğunluğu tahmin edilir ve sadece gereksinim duyulan kadar bant genişliği tahsis edilir. Bu yapıda yer geçitleri kullanıcıların çağrı isteklerini alırlar, UAL'lerde sonraki yük miktarı hakkındaki tahminleri kullanırlar ve ağına statik olduğu fikrine dayanarak uygun uyduların seçerler.

- 8) **Yasam Süresine Dayanan, Servis Kalitesi-Tabanlı Yönlendirme:** Bu algoritmada öncelikle aktarım sayısının azaltılmasına çalışılır. Bu dağıtık Servis Kalitesi yönlendirmesinde, UAL'lerin yasam sürelerinden yararlanılır. Bu görüşe göre, yüksek yasam süresi, aktarım olasılığını azaltır. Kaynaktan hedefe doğru Servis Kalitesi gereksinimini sağlayan UAL'ler üzerinden çağrı isteği iletilir. Sonuçta kalan uygun yollar arasından bir seçim yapılır.
- 9) **Sinir Agi Yaklaşimli Yönlendirme:** Bu algoritma ağdaki kalıcı bilgi değişiminden çok, gizli zeka kavramına dayanmaktadır. Yönlendirme işleminin basında ilk adım olarak sistemin, herbir zaman aralığına karşılık gelen sanal topolojisi oluşturulur. İkinci olarak çağrının kurulum aşamasındaki trafik yük durumu kontrol edilir ve dört alternatif yoldan biri seçilir. Trafik matrisi olarak elde edilen trafik yükleri, link maliyet fonksiyonuna ek girdi olurlar. Böylece en kısa yollar bulunur.
- 10) **ATM Sanal Yol Yönlendirmesi:** Yönlendirmenin UAL ve YAL Yönlendirmeleri şeklinde ayrıldığı düşünülürse bu algoritma UAL yönlendirme çeşidindedir. Herbir uydu bir ATM düğümü olarak düşünülür. Zaman aralıklarına ve sistemdeki tüm uydu çiftlerine uygun olarak en küçük maliyetli yollar bulunur. Değiştirilmiş Dijkstra En Kısa Yol Algoritması yardımıyla belirli bir süre boyunca çağrıyı tutabilen uygun yol seçilir.

Bu algoritmaların bir kısmı, gecikmeyi bulmak için ağla ilgili yerel kararlar alırlar. Böyle bir dağıtık metotta uydular, hesaplama ve seçme işlemleri açısından birbirlerinden bağımsızdırlar. Bir uydu, tablodan yararlanarak komsularının ve kendinin hedefe uzaklığını bulur. Sonra hedefe en yakın komşusuna paketi yönlendirir. Bu metod oldukça avantajlı olmaktadır çünkü herhangi bir hata oluşumunda tüm sistemin etki altında kalmasını engeller. Bu nedenle bu metodu kullanan algoritmalar diğerlerine göre daha etkin olmaktadır.

### 3. YENİ BİR YÖNLENDİRME ALGORİTMASI

AY uydu sistemleri üzerinde geliştirilen statik yönlendirme algoritmalarının temel özelliği, uydu sistemini periyodik olarak modellemektir. Böylelikle uzaydaki topoloji, önceden belirlenmiş bir periyot süresi sonrasında yeniden ortaya çıkar. Bir sonraki adım, minimum gecikme veya minimum atlama sayısı gibi bir kriterin seçilmesi ve bunun üzerinde optimizasyon işleminin gerçekleştirilmesidir. Seçilen optimizasyon işlemleri genelde Greedy tiptedir.

Sadece bir çalışmada Sinir Agi yaklaşımı kullanılmaktadır. Ayrıca birçok algoritma genellikle ana hedef olarak gecikme süresini seçmektedirler.

Bu çalışmada yönlendirme işleminin performansını arttırmak için genetik algoritmalara dayanan yeni bir algoritma tanımlanmaktadır. Genetik algoritmalar, evrimsel algoritmalar ya da evrimsel hesaplama adı verilen grubun içerisinde yer alan bulusal yaklaşımlarından biridir. Bahsedilen gruba ait problem çeşitleri arasında optimizasyon, otomatik programlama, makine dili, ekonomi, yöneylem araştırması, ekoloji, nüfus genetiği, evrim ve öğrenme çalışmaları ve sosyal sistemler gibi birçok alan bulunmaktadır. Genetik algoritma biyolojik prensiplere ve doğal seçim yöntemine dayanmaktadır. Genetik algoritmalarda bireylerin sayısı sabittir ve her bir birey sonlu sayıda sembollerden oluşan bir katarla gösterilmektedir. Bu kata "kromozom" adı verilmektedir. Bu gösterim karakterlerden, reel sayılardan veya ağaç yapılarından oluşabilmektedir. Özellikle ikili gösterim tercih edilmektedir. Genetik algoritmanın işlem adımları şu şekildedir: Öncelikle rastgele ve bulusal bir şekilde popülasyon seçilir. Bireyler uygunluk değerlerine göre çözümlenirler. Bu değişimden sonra yeni bir popülasyon elde edilir. Bireylerin uygunluk değerlerine göre seçilmeleri için birçok seçim kuralı bulunmaktadır. Bu kurallardan biri "uygunluk-orantili seçim" adı verilen Holland metodudur [13]. Her bir bireyin uygunluk değerini kullanan bir oranı mevcuttur. Bu oran bireylerin seçilme oranını göstermektedir. Bu metodun sonucunda düşük uygunluk değerine sahip olan bireyler zamanla elenirler. Diğer taraftan yüksek uygunluk değerine sahip bireyler yeniden ortaya çıkabilirler.

Yeni bireyler üretmek için çaprazlama ve mutasyon işlemleri kullanılmaktadır. Çaprazlama işlemi sayesinde farklı bireyler arasında kromozom değişimi yapılmaktadır. Böylece yeni bireyler elde edilir. Bu amaç için kullanılan diğer işlem mutasyondur. Bu işlemde bitler rastgele seçilir ve değerlerinde değişiklik yapılır [13].

Genetik algoritmaların çalışma prensibi aşağıdaki gibi özetlenebilmektedir [14]:

1. Problemin ikili karakterlerle kodlanması.
2. Bir popülasyonun rastgele üretimi. Bu kısımda olası çözümlerin bir grubundan oluşan genetik havuz mevcuttur.
3. Her bir birey için uygunluk değerinin hesaplanması. Bu değer direkt olarak optimuma yakınlığa bağlıdır.
4. Bireylerin, popülasyon global uygunluğundaki paylarına göre eşleştirilmeleri için seçilmesi.
5. Kromozom çaprazlama ve mutasyon işlemleri.
6. Adım 3'ten itibaren yeniden başlanması.

Bu çalışmada hedef fonksiyon olarak gecikme süresinin ve atlama sayılarının minimize edilmesi düşünülmektedir. Bu amaçla yönlendirme algoritması tarafından seçilen her bir ağ topolojisi bir vektörle gösterilmektedir. Bu vektör  $v=(l_{12}, \dots, l_{1N}, l_{23}, l_{24}, \dots, l_{2N}, \dots, l_{N-1N})$  olarak ifade edilmektedir. Burada  $l_{ij}$  ifadesi  $i$ . ve  $j$ . uydular arasındaki linkin kullanılıp kullanılmadığını göstermektedir. Uydu topolojisinin uzayda sabit olarak kaldığı  $M$  tane ayrik zaman aralığı olduğu düşünülür. Herbir kromozom  $M$  farklı yönlendirme vektörünün birleşimi şeklinde ifade edilmektedir. Uygunluk fonksiyonu, atlama sayısı ve gecikme süreleri şeklinde olmaktadır. Tüm sistem periyodu boyunca var olan atlama sayısı ve gecikmeler minimum olacak şekilde herbir zaman aralığı için eski yollar seçilir. Böylece yönlendirme işleminde optimizasyon yapılmış olur. Performans analizi için farklı topolojiler oluşturulmaktadır. Öncelikle kromozomlar uygunluk değerlerine göre yeniden üretilirler. Sonra birçok defa çaprazlama işlemi gerçekleştirilir. En son yollar elde edilir ve farklı topolojiler arasındaki atlama sayıları hesaplanır.

#### 4. ELDE EDİLEN SONUÇLAR

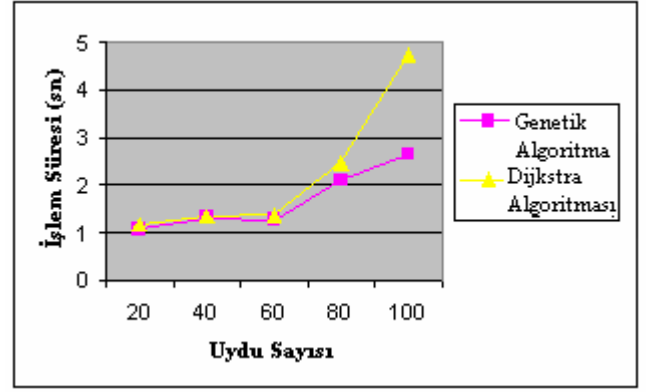
##### a. Algoritmanın Performans Testi

Bu çalışmadaki algoritma farklı uydular (düğümler) düşünülerek birçok kez çalıştırılmıştır. İşlem süresi hesaplanarak sonuçlar, link durum yönlendirme algoritmalarının baslıcalarından olan Dijkstra algoritmasıyla karşılaştırılmıştır. Birçok çalışmadan sonra elde edilen ortalama süreler Tablo 1'de gösterilmektedir. Bu tabloda ilk sütun sistemde yer alan uydu sayısını; ikinci sütun Genetik Algoritmanın işlem süresini; son sütun da Dijkstra Algoritmasının işlem süresini göstermektedir. Şekil 1'de gösterildiği gibi bulunan yeni algoritmanın işlem süreleri Dijkstra algoritmasında elde edilen sürelerden kısadır. Verilmiş olan bir kaynak-hedef çifti arasında elde edilen yol, her iki algoritmanın sonucunda da aynı olmaktadır.

Tablo 1. Genetik Algoritma ile Dijkstra Algoritmasının ortalama işlem süreleri

Uydu sayısı	Genetik Algoritma	Dijkstra Algoritması
20	1,063	1,163
40	1,309	1,328
60	1,26	1,366
80	2,097	2,453
100	2,641	4,737

Sonuçlarda görüldüğü gibi bulunan yeni algoritmanın performansı, Dijkstra algoritmasına göre daha iyidir. Bu algoritmanın baslıca avantajı, önceden bahsedildiği gibi gecikme süresini ve atlama sayısını aynı anda optimize etmesidir. Algoritmanın atlama performansını ölçmek için atlama oranları, Bölüm 4-b'de gösterildiği gibi test edilmiştir.



Şekil 1. İşlem sürelerinin grafiği.

##### b. Algoritmanın Atlama Oranı Testi

Bir UAL yönlendirmesi boyunca oluşan atlama sayısını optimize etmekle ilgili önceden yapılmış olan bir uygulama bulunmaktadır [3]. Bu algoritmaya Greedy Optimizasyonu adı verilmektedir. Bu uygulamada 21. düğüm kaynak uydu olarak, 41. düğüm de hedef düğüm olarak düşünüldüğü zaman optimizasyon sonucu elde edilen yollar aşağıdaki gibi elde edilmektedir:

Atlama=5:  
Aralık=0:  
21,32,42,41  
Aralık=1:  
21,32,42,41  
Aralık=2:  
21,20,31,41  
Aralık=3:  
21,20,31,41  
Aralık=4:  
21,22,33,43,42,41  
Aralık=5:  
21,22,33,43,42,41  
Aralık=6:  
21,22,33,43,42,41  
Aralık=7:  
21,22,33,43,42,41  
Aralık=8:  
21,20,19,31,30,41  
Aralık=9:  
21,20,19,31,42,41  
Aralık=10:  
21,32,31,30,41

Yeni algoritmada da 60 uydudan oluşan bir topoloji düşünülmektedir. Önceki örnekte olduğu gibi 21. düğüm kaynak düğüm, 41. düğüm de hedef düğüm olarak düşünülmektedir. Şekil 2'de görüldüğü gibi bu algoritma, önceki algoritmada elde edilen atlama sayısından daha küçük bir değer olan 3'ü elde etmektedir.

```

1.topolojiden secilen yol=21,27,33,39,40,41,-1,-1,-1,-1.
2.topolojiden secilen yol=21,27,33,39,40,41,-1,-1,-1,-1.
3.topolojiden secilen yol=21,27,33,39,40,41,-1,-1,-1,-1.
4.topolojiden secilen yol=21,27,33,39,40,41,-1,-1,-1,-1.
5.topolojiden secilen yol=21,27,33,39,40,41,-1,-1,-1,-1.
6.topolojiden secilen yol=21,27,33,39,40,41,-1,-1,-1,-1.
7.topolojiden secilen yol=21,22,28,34,40,41,-1,-1,-1,-1.
8.topolojiden secilen yol=21,22,28,34,40,41,-1,-1,-1,-1.
9.topolojiden secilen yol=21,27,33,39,40,41,-1,-1,-1,-1.
10.topolojiden secilen yol=21,27,33,39,40,41,-1,-1,-1,-1.
11.topolojiden secilen yol=21,27,28,29,35,34,40,41,-1,-1,-1,-1.

```

Sekil 2. Farkli 11 topolojiden seçilen yollar.

Böylece elde edilen atlama sayısı aşağıdaki şekilde 3 olmaktadır:

Atlama=3:

- 1.Topoloji:21,27,33,39,40,41
- 2.Topoloji:21,27,33,39,40,41
- 3.Topoloji:21,27,33,39,40,41
- 4.Topoloji:21,27,33,39,40,41
- 5.Topoloji:21,27,33,39,40,41
- 6.Topoloji:21,27,33,39,40,41
- 7.Topoloji:21,22,28,34,40,41
- 8.Topoloji:21,22,28,34,40,41
- 9.Topoloji:21,27,33,39,40,41
- 10.Topoloji:21,27,33,39,40,41
- 11.Topoloji:21,27,28,29,35,34,40,41.

## 5.SONUÇ

Bu çalışmada AY uydu sistemleri için yeni bir yönlendirme algoritması bulunmuştur. Bu metotta uygulamaya için genetik algoritma kullanılmaktadır. Bu algoritma, Dijkstra algoritmasından daha kısa sürede işlemleri tamamlamaktadır. Diğer taraftan bu algoritmayla elde edilen atlama sayıları hesaplanmıştır. Algoritmanın, minimum atama sayısına sahip yolları seçtiği gösterilmiştir. Bu sonuçlar Greedy Optimizasyon sonucu elde edilen değerlerle karşılaştırılmıştır. Greedy Optimizasyonunun diğer metotlardan daha iyi sonuç bulmasına karşılık bu algoritma da ondan daha iyi sonuçlar ortaya koymaktadır.

## EK

Bu çalışma, İstanbul Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından desteklenmiştir. Proje No: 69/15052003.

## KAYNAKLAR

- [1] <http://store.voipbooks.com/bk7727879.html>
- [2] <http://www.linktionary.com/s/satellite.html>
- [3] A.H. Zaim, "Routing in LEO Satellite Networks: An Implementation", Journal of Electrical & Electronics, vol. 1, ISSN: 1303-0914, pp. 179-191, 2001.
- [4] E. Ekici, I.F. Akyildiz, and M.D. Bender, "Datagram Routing Algorithms for LEO Satellite Networks", IEEE/ACM Transactions

on Networking (TON), vol. 9, ISSN: 1063-6692, pp. 137-147, 2001, Issue 2 (April 2001).

H.S. Chang, B.W. Kim, C.G. Lee, S.L. Min, Y. Choi, H.S. Yang, D.N. Kim, and C.S. Kim, "FSA-Based Link Assignment and Routing In Low-Earth Orbit Satellite Networks", IEEE GLOBECOM'95, Singapore, November 1995 and IEEE VTC'96, Atlanta, GA, April 1996.

Y. Hu, and V.O.K. Li, "Logical Topology - Based Routing in LEO Constellations", Proceedings of IEEE International Computer and Communications. Helsinki, Finland, 2001.

T.R. Henderson, and R.H. Katz, "On Distributed, Geographic-Based Packet Routing for LEO Satellite Networks", Proceedings of IEEE Globecom 2000, San Francisco, CA, Nov. 2000.

- [8] J. C. S. Lui, P. T. S. Tam, and HW. Chan, "Routing and Channel Reservation Strategies for a Low Earth Orbit Satellite System", Eurocomm 2000, Munich, Germany, May 17-20, 2000.
- [9] O. Ercetin, S.Krishnamurthy, S.K.Dao and L. Tassiulas, "A Predictive QoS Routing Protocol for Broadband LEO Satellite Networks," Personal, Indoor, Mobile, Radio Communications Conference 2000, London, UK, Sept 2000.
- [10] A. Jukan, H.N.Nguyen, and H.R. Van As, "An Approach to QoS-based Routing for LEO Satellite Networks", 2000 International Conference on Communication Technology (ICCT 2000), Beijing, China; in: "Proceedings International Conference on Communications Technology", IEEE, Vol. I (2000), ISBN 0-7803-6394-9; S. 922 - 929, 21.08.2000 - 25.08.2000;
- [11] M. Werner, C. Mayer, G. Maral, M. Holzbock, "A Neural Network Approach To Distributed Adaptive Routing of LEO Intersatellite Link Traffic", 48th Vehicular Technology Conference, VTC'98, Ottawa, Canada, May 18-21, 1998.
- [12] M. Werner, C. Delucchi, G. Maral, J.-J. De Ridder, "ATM Virtual Path Routing for LEO/MEO Satellite Networks With Intersatellite Links", Satellite Systems for Mobile Communications and Navigation, 13-15th May 1996, Conference Publication No. 424 © IEE, 1996.
- [13] <http://www.cs.bgu.ac.il/%7Eesipper/ga.html>
- [14] <http://www.rennard.org/alife/english/gavintrgb.html#rTit01>