

## Kablosuz Algılayıcı Ağlarda Kullanılan Güncel Çoklu Yönlendirme Algoritmaları

Erhan AKBAL<sup>1\*</sup>, Arif GÜLTEN<sup>2</sup>, Hasan H. BALIK<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Enformatik Bölümü, Fırat Üniversitesi Elazığ

<sup>2</sup>Elektrik-Elektronik Mühendisliği, Fırat Üniversitesi, Elazığ

<sup>3</sup>Elektrik-Elektronik Mühendisliği, İstanbul Arel Üniversitesi, İstanbul

---

### Özet

Günümüzde bir noktadan elde edilen bilginin fiziki ve coğrafi koşullardan ötürü başka bir noktaya iletilmesinin mümkün olmadığı hallerde birçok algılayıcı düğümün bir araya getirilmesiyle oluşan Kablosuz Algılayıcı Ağlar (KAA)'ın kullanımı giderek artmaktadır. Özellikle askeri alanlar en önemli kullanım alanlarından biridir. KAA sınırlı enerji kaynaklarına ve sınırlı işlem yapabilme kapasitesine sahip çok sayıda algılayıcı düğümden oluştuğu için kaynakların verimli kullanılması oldukça önemlidir. Birçok uygulamada algılayıcıların birbiriyle uyumlu ve minimum iş yükü ile çalışacak şekilde kullanılması gerekir. Bu işbirliği yönlendirme yöntemleri ile sağlanabilmekte ve KAA'ların en önemli sorunlarından birisi olarak görülmektedir. Literatürde yönlendirme algoritmaları ve özellikle çoklu yönlendirme algoritmaları üzerine birçok çalışma bulunmaktadır. Araştırmacıların bu ilgisi yoğunlaşarak devam etmektedir. Bu çalışmada kablosuz algılayıcı ağlardaki yönlendirme üzerine çalışma yapacak araştırmacılar için literatürdeki güncel çoklu yönlendirme algoritmaları verilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Kablosuz algılayıcı ağlar, çoklu yönlendirme, yönlendirme algoritmaları

---

## Current Multipath Routing Algorithms Used in Wireless Sensor Networks

---

### Abstract

Today, the use of Wireless Sensor Networks (WSN) which a combination of many sensor nodes are increasing in the area where the transmission of the information from one point to another point is not possible because of the physical and geographical conditions. Particularly, the military field is one of the most important useage areas. This is because WSN consists of a large number of sensor nodes which has limited energy resources and limited processing capacity, it is very important to the use resources efficiently. In many applications, the sensors are aligned and should be used to work with minimum workload. This co-operation can be done with the routing methods and This is seen as one of the most important problems in WSN. There are many studies on routing algorithms, and multiple routing algorithms in the literature. This interest continues to focus on the researchers. In this study, up to date information is given to guide researchers who are planning to work routing and routing multiple algorithms.

**Key Words:** wireless Sensor Networks, multiple routing algorithms, routing algorithms

---

\* Sorumlu yazar: erhanakbal@gmail.com

## 1. Giriş

Kablosuz algılayıcılar konumlandırıldığı ortamdaki çeşitli çevresel değerleri algılayabilmekte, çeşitli hesaplamalar yapabilmekte ve birbirleriyle haberleşebilmektedir. Düşük kapasite ile bu işlemleri yerine getirmelerine rağmen çok sayıda algılayıcının bir araya getirilmesiyle kapasitesi yüksek ve birçok görevi yerine getirebilen yeni bir ortam elde edilmektedir. Elde edilen bu ağ ortamına KAA denilmektedir [1-3]. Ağ içerisindeki algılayıcılar buldukları ortamdaki sıcaklık, basınç, nem, hava değişimleri, hareket, ses gibi değerleri ölçebilmekte ve bu bilgileri diğer algılayıcılara yada merkezi bir toplayıcı istasyona iletebilmektedir. Bu özelliklerinden dolayı askeri alanlarda örneğin sınır güvenliği [4], hareket izleme ve sivil alanlarda örneğin orman yangınlarının tespiti [5], çevre kirliliği analizi gibi [6] birçok kullanımı bulunmaktadır.

KAA birçok uygulama alanında kullanılmasına rağmen sınırlı enerji kaynağına, sınırlı işlem kapasiteleri ve sınırlı haberleşme yeteneklerine sahip olmalarından dolayı kullanımlarında çeşitli kısıtlamalar ortaya çıkmaktadır. Dolayısı ile bu alanda çalışma yapılması durumunda bu kısıtlamaların göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Büyük alanlara yerleştirilen ve sınırlı kaynaklara sahip algılayıcı elemanların kullanımı ve kaynakları değiştirilememesinden dolayı araştırmacılar KAA'lar üzerinde yönlendirme algoritmaları ve protokolleri üzerine odaklanmıştır [7-9]. Böylece mevcut kaynakların etkin kullanımını sağlayarak ağ performansı üzerine olumlu etkiler elde etmek amaçlanmıştır.

Bu çalışmada kablosuz algılayıcı ağlardaki yönlendirme algoritmaları ve protokolleri üzerine araştırmalar yapmayı planlayan çalışmacılara yol göstermek amacı ile literatürdeki güncel çoklu yönlendirme algoritmaları ve protokolleri üzerine bir inceleme sunulmuştur.

## 2. Çoklu Yönlendirme Kavramı ve Gelişimi

Çoklu yönlendirme (ÇY), trafik dağılımı olarak adlandırılan ve yönlendirme çalışmaları açısından en önemli tekniklerden biridir [8-10]. Çoklu yolları kullanmayan yönlendirme yöntemleri bir kaynak düğüm (KD) ile bir toplayıcı düğüm (TD) arasındaki en az maliyetli yolu seçme mantığına göre tek yönlendirme tabanlı çalışmaktadır [7-11]. Böyle bir sistemde diğer düğümler yönlendirici düğüm (YD) olarak görev yapar. Ancak bir kaynak ile toplayıcı arasındaki bağlantıyı sağlayacak çeşitli birbirinden farklı yollar olabilmektedir. Çoklu yönlendirme kavramı belirli bir hedef için birden fazla yolu herhangi bir zamanda, ağın arka plandaki bağlantısının yedekli olmasından yararlanarak hedefe ulaşmak için sunabilmektedir. Temel çoklu yönlendirme kavramında herhangi bir zamandaki trafik akışı veya eşzamanlı trafik birden fazla yolu dönüşümlü olarak kullanılabilir.

ÇY ilk olarak Maxemchuk tarafından 1993 yılında önerilmiştir [12-14]. Çalışmada paket anahtarlama ağılarda hata ayıklama ve yük dengelemeli olarak zamanda uzayda bir trafiği iletmek amaçlanmıştır. Bu yöntem yük dengelemek ve ağ kullanımını arttırmak için yedekli yolların kullanılabileceğini göstermiştir. Bu işlem ağ üzerinden daha fazla veri gönderimine karşın paket kayıplarına ve gecikme sorunlarının çözümüne yardımcı olmuştur.

Bu çalışmadan sonra ÇY teknikleri iletişim ağları, B-ISDN, ATM ağlar gibi çeşitli ağ uygulamalarında kullanılmaya başlanmıştır. Ayrıca çeşitli ağ kontrol ve yönetimlerinde bant genişliği toplama, gecikmeyi en aza indirme, servis kalitesi desteği, trafiği yumuşatma, ağ trafiğini hafifletme ve hata toleransı geliştirmek için birçok çalışma yapılmıştır [15-17].

Mobil Ad-Hoc ağlar (MANET) ve KAA'lar son yıllardan büyük ilgi görmektedir. MANET her biri birbirinden bağımsız hareket edebilen ve kablosuz cihazlar ile iletişim kuran düğüm grubu olarak isimlendirilir. MANET'ler KAA'lara birçok özelliği ile benzese de, kullandıkları düğüm sayısı olarak birbirlerinden çok farklıdır [18]. KAA'lar MANET'lere göre oldukça fazla sayıda düğüm içermektedir. Yapısal benzerliklerinden dolayı çoklu yönlendirme yöntemleri her iki ağ yapısı içinde birçok fayda sağlamaktadır. Her iki ağ yapısında da sınırlı kaynak, sık ağ topoloji değişiklikleri, güvensiz iletişim hizmetleri gibi sorunlarla karşılaşmaktadır. Araştırmacılar çoklu yönlendirmeyi veri teslim sağlamlığı [19], trafik ve düğümler arasında güç tüketimin dengelemek[20], uçtan uca gecikmeyi ve rota keşiflerindeki frekansı azaltarak servis kalitesi sağlamak [21] ve ağ güvenliği elde etmek için kullanmıştır [22]. Çalışmalarda iki teknik üzerine odaklanılmıştır. Bunlar çoklu

yönlendirme teknikleri ile istenilen özelliklere sahip birden fazla yolu bulmak, bulunan çoklu yolların kullanımını ve çoklu yollar arasında trafik dağılımını sağlamak üzerine dağıtım politikalarıdır.

### **2.1. Çoklu Yönlendirmenin Performans Üzerine Faydaları**

Çoklu yönlendirme teknikleri farklı tipte ağlarda farklı ağ yönetim ve kontrol uygulamaları için kullanılmıştır. Yapılan çalışmalar sonucunda ağın performansı üzerine çeşitli faydalar sağlandığı görülmüştür [23]. Bu faydalar;

- Trafiğin yumuşatılmasını sağlamak
- Servis kalitesi desteği sağlamak
- Yük-enerji tüketimi dengelemesi
- Hata toleransı sağlamak
- Ağ tıkanıklığını hafifletmek
- Uçtan uca gecikmeyi azaltmak
- Rota keşiflerindeki frekansı azaltmak
- Ağ güvenliği sağlamak
- Gönderilen bilginin gizliliğini sağlamak
- Algılayıcı düğümler arasında daha homojen bir güç dağılımı yaparak, ağın ömrünü uzatmak şeklinde sıralanmaktadır.

### **2.2. Çoklu yönlendirme çalışmaları**

Yapılan literatür araştırmalarına göre çoklu yönlendirme algoritmaları aşağıdaki başlıklar altında toplanmıştır. Bu algoritmaların kullanım amaçları ve elde ettikleri faydalar farklılık göstermektedir.

- Alternatif Yol Yönlendirmesi (APRP)
- Eşzamanlı Çoklu Yönlendirme (CMRP)
- Enerji Farkındalıklı Yönlendirme (EARP)
- Kaynak Yönlendirme (SRP)
- Yayınım Yönlendirme (DRP)
- Sıra Atamalı Yönlendirme (SAR)
- Enerji Etkili İkincil Yol Yönlendirme
- Çok yollu yönlendirme üzerinden eşzamanlı iletimler
- Çeşitli yönlendirme yollarından birinin rastgele seçimi
- Enerji Kısıtlı Çoklu Yönlendirme

#### **2.2.1. Alternatif yol yönlendirmesi**

Alternatif yol yönlendirmesi (Alternate Path Routing Protocol- APRP) olarak [24]' de sunulmuştur. Çalışmada her bir algılama düğümü veri toplayıcıya ulaşılacak alternatif yolları bir veritabanının da tutmaktadır. Veritabanı veri toplayıcıya ulaşılacak tam yolları veya ulaşım için bir sonraki gitmesi gereken düğümün bilgisini içerebilmektedir. Veritabanında bulunan alternatif yollardan ilk yol başarısız olduğunda veri iletimi için birinci yol olarak algılayıcı düğüm diğer bir yolu seçmektedir. Veri toplayıcıya ulaşılacak farklı yolların kümesi birleşik yollar veya ayrıık yollar olabilmektedir. Bu yöntemin çıkışı MANET'lere dayanmaktadır. MANET' lerde kullanılabilir olmasından dolayı KAA'larda da kullanılmıştır [25-27].

#### **2.2.2. Eşzamanlı çoklu yönlendirme**

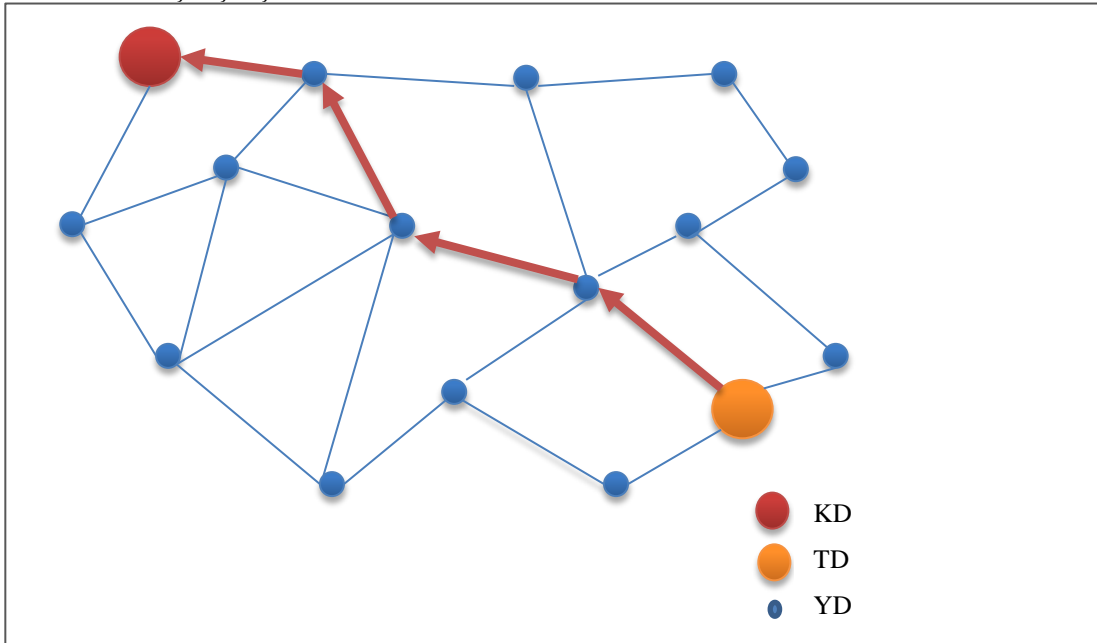
Eşzamanlı çoklu yönlendirme (Concurrent Multipath Routing Protocol -CMRP) [28]'de sunulmuştur. Çalışmada veri trafiğinin yönlendirilmesi aynı anda birden fazla yoldan verinin iletilmesi ile sağlanmaktadır. Bu yöntem MANET'ler de verimlilik, güvenilirlik, yük dengesi ve güvenlik geliştirmek için önerilmiştir. Bunlar için bir kaynak kodlama şeması ve bazı yedeklemeleri eşzamanlı çoklu yönlendirme arasında bir ilişki kurmak için kullanılmıştır. Bu özelliklerinden dolayı KAA uygulamalarında da kullanılabilirliği ortaya çıkmıştır. Bu nedenle KAA'larda da bu yöntem kullanılmıştır [28], [27].

### 2.2.3. Enerji farkındalıklı yönlendirme

Enerji farkındalıklı yönlendirme (Energy Aware Routing -EAR) [29]'da sunulmuştur. Çalışmanın ana hedefi TD'ye giden en kısa ve en iyi yolu bularak tüketilen toplam enerji miktarını minimize etmektir. Yöntemde farklı düğümlere sahip heterojen bir ağda, farklı gç tüketimi seviyelerine sahiptir. Herhangi bir yol kullanılmaz duruma geldiğinde ilk tercih edilecek yol minimum enerji tüketimine sahip yoldur. Sonuç olarak düğümlerden herhangi birinin erken l duruma geçmesi ağ hatalarının oluşmasına ve ağın parçalanması gibi sonuçları doğurabilir. Her zaman farklı yönlendirme yollarını kullanarak çoklu yönlendirme yapılması fikri bu sorunun çözümü olarak önerilmiştir. Verinin gönderilmesi için kullanılan yönlendirme yollarının değiştirilmesinden dolayı ortalama ağ yaşam ömrü artabilmektedir. Bu teknik MANET'ler ve KAA'lar için önerilmiştir [20].

### 2.2.4. Kaynak yönlendirme

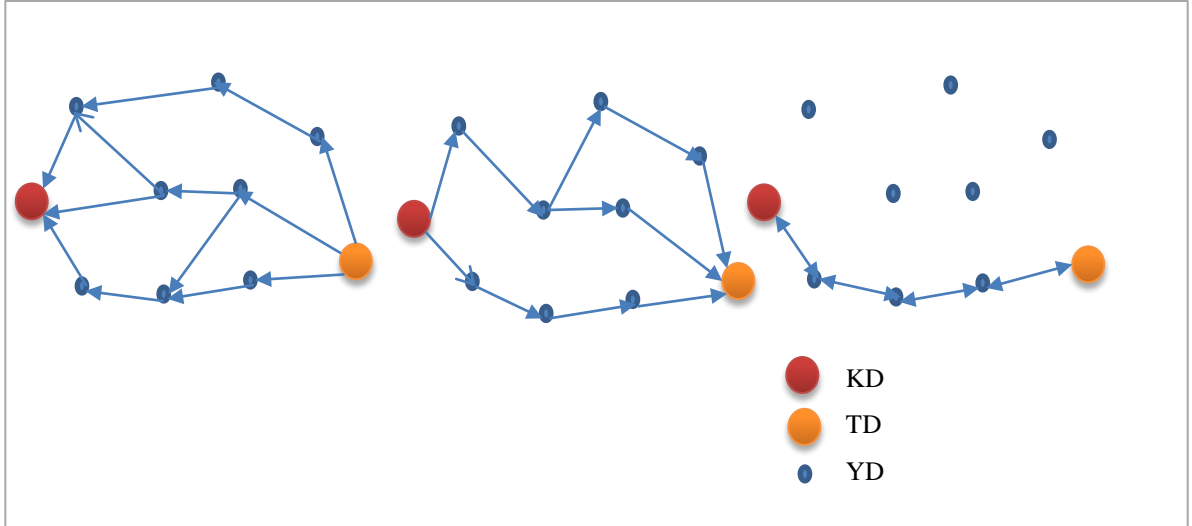
Kaynak Yönlendirme (Source Routing Protocol- SRP), [30] ve [27]'de sunulmuştur. Bu çalışmada da her bir algılayıcı düğüm veri toplayıcısına ulaşmak için farklı yolları veri tabanında tutar. Kaynak her bir mesajın toplayıcıya nasıl ulaşması gerektiğini hangi rotadan yapacağını belirler. Mesaj belirlenen bu tam yolu izler. Her mesaj toplayıcıya ulaşabileceği tam yol bilgisini içerir. Şekil 1'de bu durum gösterilmiştir. Bu yol seçimi KAA trafiğini yumuşatmak, bağlantı kapasitesini optimize etmek ve pil ömrünü uzatmak için çalışır.



Şekil 1. Kaynak yönlendirme diyagramı

### 2.2.5. Yayınım yönlendirme

Yayınım yönlendirme (Diffusion Routing Protocol – DRP) [30], [21], [31]'de sunulmuştur. Çalışmada her düğüm toplayıcıya ulaşmak için kullanılabilecek farklı yolları veri tabanında tutar. Toplayıcıya iletilecek her mesaj için KD sadece bir sonraki düğümü seçer ve mesajı oraya gönderir. KD toplayıcıya ulaşılacak tüm rotayı belirleyemez. Bunun yerine her düğüm mesajı aldığında bilinen yollardan toplayıcıya yakın birini seçerek sonraki düğüme mesajı iletir. Yapı Şekil 2'de gösterilmiştir. Bu yol seçimi de KAA trafiğini yumuşatmak, bağlantı kapasitesini optimize etmek ve pil ömrünü uzatmak için çalışmaktadır

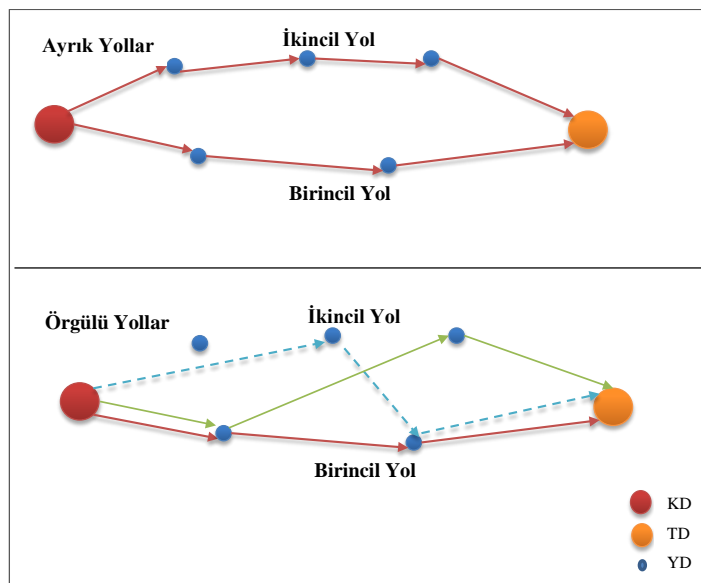


Şekil 2. Yayınım yönlendirme

### 2.2.6. Enerji etkili ikinci yol yönlendirme

Enerji etkili ikinci yol yönlendirme (Energy Efficient Secondary Paths Routing) [20]' de sunulmuştur. Bekleme modundaki yollar olarak çoklu yollar kullanıldığı zaman optimal birincil yol ile ikinci yollar karşılaştırıldığında enerji etkisi üzerine açık bir etkisi olduğu görülmüştür. Çalışmada ikincil yolları optimal birincil yollar ile enerji verimliliği açısından karşılaştırarak ikincil yolların yönlendirme boyunca pil kapasitesi veya benzer ölçümlerde sorun olmadan nasıl yönlendireceği üzerine durulmuştur.

Kesin gerekli olan düğümler ile oldukça verimsiz ikincil yolları üretme eğilimde olan düğümleri çeşitli yollar arasından ayırmak gereklidir. Çünkü bu verimsiz yollar büyük ağın performansının olumsuz etkilemektedir. Bu sorunun üstesinde gelebilmek ve çoklu yönlendirmenin avantajlarından yararlanabilmek için örgülü yollar (Braided Paths) olarak isimlendirilen bir yapı önerilmiştir [32]. Bu örgülü yollar sadece birincil yolların birini dışarıda bırakır fakat, yol üzerindeki diğer düğümler kullanılır. Bu birincil yola yakın olabilen yollarda istenen gereksinim sonuçlarını ayrıklaştırılıp rahatlama sağlar. Bu nedenle birincil yola yakın benzer enerji verimliliği elde edilmesin sağlamaktadır. Bu yapı Şekil 3'de gösterilmiştir.



Şekil 3. Birincil yol çevresindeki ayrık ve örgülü yollar

### 2.2.7. Çok yollu yönlendirme üzerinden eř zamanlı iletim

Çok yollu yönlendirme üzerinden eř zamanlı iletim ( Simultaneous Transmissions over Multiple Paths Routing) yöntemi [21] ve [32] 'da sunulmuştur. Teslim süresini ve paket teslim oranını arttırmak için aynı anda birden faz yolu ve birkaçını kullanmak düşünülebilir. Bunun için en basit fikir düğüm ayrıık yollarını kullanmak ve hedefe giden bu farklı yollar üzerinden verinin birkaç kopyasının gönderilmesidir. Böylece tekrarlanan paket hata oranlarına karşı enerji ve kaynak kullanımı arasında bir ters orantı oluşmaktadır.

Çalışma [21]'de diğerkoklu yönlendirme yöntemleri ile eř zamanlı paket iletim yöntemini karşılaştırmıştır. Diğerkalışma [33]'de alıcı yolların sayısı ve yedeklik derecesi hata davranışlarına göre ayarlanmaktadır. Buda artıklı paket hata oranına karşı ek yük miktarını azaltmaktadır.

### 2.2.8. Çeşitli yönlendirme yollarından birinin rastgele seçimi

Farklı yönlendirme yollarından birinin rastgele seçimi (Randomly Choosing One of Several Paths Routing) [34] ve [35] 'da sunulmuştur. Çoklu yollar elde edilirken, optimal yoldan daha az enerji etkili yolların kullanımı, ağın daha iyi pil kapasitesi kullanımı için düğümler arasında yük paylaşımını sağlamaktadır.

Kaynak [36]'da her bir düğüm hedef düğüme ulaşmak için yakın komşularının enerji maliyetleri bilgilerini alır. Bir paket yönlendirildiği zaman yakın komşulardan enerji tüketimi ile doğru orantılı olan yollardan birini rastgele seçer. Geliş yönündeki düğüm bu maliyetlerin uygun ağırlıklı ortalamasını alarak harmonik ortalama maliyetlerini hesaplar. Bu yönlendirme yaklaşımı [37]'de genişletilmiştir. Bu yaklaşımda fedakarlık kavramı üzerinde durulmuştur. Bir fedakar düğüm komşularının namına daha fazla görev yerine getirmektedir. Örneğin g kaynağında sorun olduğunda asimetric düğümler ağ içerisinde fedakarlık isteği yayınını yaparak bu düğümün sorunun üstlenecek düğümler bulabilir. Bunlardan rastgele birini seçerek yönlendirme protokolünün verimli bir Şekilde çalışmasını sağlamaktadır.

### 2.2.9. Sıra atamalı yönlendirme

Sıra Atamalı Yönlendirme (Sequential Assignment Routing-SAR [38]' de sunulmuştur. Bu alışma çoklu yönlendirme servis kalitesi için önerilen ilk ve tek çalışmadır. Çalışmada N-ayrıık yolları hesaplama bir tekli yol protokolünün çalışmasından N kez daha fazla yük getirdiği gösterilmiştir. Bu nedenle yüke etki eden çoklu yolları azaltmak için toplayıcıya yakın farklı komşuluklar ile sadece gerekli yolları kullanmaktadır. SAR algoritmasında yönlendirme 3 faktöre bağlıdır. Bunlar enerji kaynaklarının kullanımı, her yol üzerindeki servis kalitesi ve her paketin hangi sırada gideceğini belirleyen öncelik seviyeleridir. Bir kaynak algılayıcı düğüm ile hedef arasında çoklu yollar oluşturmak için, TD'ye ulaşılacak hedef düğümler bir ağacın parçaları olarak tanımlanır. Ağaçtaki yollar servis kalitesi garantisi yada düşük enerji tüketimine göre oluşturulur. Bu işlemler sonunda her bir düğüm çok yollu oluşturulan ağacın birer parçası olur. SAR tablolar kullanarak, çok yollu yönlendirme kullanan ve hata toleransı, gecikme ve enerji tüketimini amaçlayan bir yöntemdir.

### 2.2.10. Enerji kısıtlamalı çoklu yönlendirme

Enerji Kısıtlamaları oklu Yönlendirme (Energy Constrained Multipath Routing- ECMP) [39]'da sunulmuştur. Çalışmada yönlendirme yapılırken kaynakları minimum kullanım amaçlanmıştır. Kaynak kullanımı olarak sadece etkin bant genişliği kullanımı değil aynı zamanda minimum enerji kullanımı da göz önünde bulundurulmuştur. Modelde bulunan minimum atlanma sayısına sahip yol ile minimum enerji tüketimine sahip yol arasında bir ilişki kurularak KD ile TD arasında verinin iletilmesi sağlanmaktadır. Böylece bulunan yollar içerisinde atlama sayısının uzun olması fakat kaynak kullanımının az olması durumunda bu yol seçilmektedir. Önerilen alışma ile bulunan çoklu yollar içerisinden seçim yapılırken kaynak kullanımı dikkate alındığı için servis kalitesi desteği sağlanmış olmaktadır. Kaynak kullanımı olarak bant genişliği kullanımı, gecikme, paket ulaşım oranı ve enerji tüketimi üzerine iyileştirmeler yapılmıştır.

### 3. Sonuç

Bu çalışmada kablosuz algılayıcı ağlarda kullanılan çoklu yönlendirme algoritmaları açıklanmıştır. Verinin bir kaynak düğümden toplayıcı düğüme yada toplayıcı düğümden kaynak düğüme gönderilmesi süreci yönlendirmenin temelini oluşturmaktadır. Çoklu yönlendirme teknikleri genellikle yoğun ağ trafik şartlarında kaynakların etkin kullanımı ve minimum ağ kayıplarıyla iletimi gerçekleştirmeye ilgilenebilir. Özellikle sınırlı kaynaklara sahip olan kablosuz algılayıcı ağlarda uygulama geliştirirken daha önceden bu alanda yapılan çalışmaların ve kullanılan yöntemlerin kavranması en önemli unsurdur. Bu çalışma bu alanda yapılacak çalışmalar için bir literatür taramasıdır. Yapılan literatür taramasından görülmektedir ki kablosuz algılayıcı ağlar üzerine yapılacak olan uygulama doğrudan kullanılacak yöntemi belirlemektedir. Verilen yöntemler karşılaştırıldığında hepsinin birbirine göre avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır. Bu nedenle seçim uygulamaya bağlıdır. Son yıllarda araştırmacıların yoğun ilgi gösterdiği kablosuz algılayıcı ağlarda tüm sorunları ortadan kaldıracak bir algoritma oluşturmanın mümkün olmadığı görülmüştür. Kablosuz algılayıcı ağlar servis kalitesi, enerji tüketimi, ağ ömrü, paket kayıpları, etkin bant genişliği kullanımı gibi birçok ağ etkenine bağlıdır. Özellikle uygulamaya bağlı olarak istenen kriterlerin belirlenmesi ve bu kriterleri sağlayacak yönlendirme algoritmaları üzerine yoğunlaşmak en doğru yaklaşımdır.

### 4. Kaynaklar

1. Çakıroğlu, M., 2008. Kablosuz algılayıcı ağlar için dinamik kanal atlamalı güvenlik sistemi tasarımı, *Doktora Tezi*, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
2. Bandırmalı, N., 2010. Yeni bir kablosuz algılayıcı ağ veri bağı katmanı güvenlik protokolü tasarımı, *Doktora Tezi*, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli.
3. Küçük, K., 2010. Akıllı anten sistemi kullanan kablosuz algılayıcı ağlarda bağlantı analizi ve konum belirleme algoritması, *Doktora Tezi*, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli.
4. Özdemir, S., 2009. "Heterojen Kablosuz Algılayıcı Ağ Temelli Sınır İzleme Sistemlerinde Gizli Veri Kümeleme," *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Dergisi*, 25(1), 131-139.
5. Ayday, C., 2010. Kablosuz Algılama Ağları ile Orman Yangınları Erken Uyarı Sistemi Kurma, Anadolu Üniversitesi, Ankara.
6. Minami, M., Morito, T., Morikawa, H., and Aoyama, T., 2005. Solar Biscuit: A Battery-less Wireless Sensor Network System for Environmental Monitoring Applications, 2nd International Workshop on Networked Sensing Systems.
7. Ganz, A., Ganz, Z., and Wongthavarawat, K., 2004. Multimedia Wireless Networks: Technologies, Standards and QoS, New Jersey, Upper Saddle River.
8. Al-Karaki, J. N. and Kamal, A. E., 2004. Routing Techniques in Wireless Sensor Networks: A Survey, *IEEE Wireless Communications*, 11(6), 6-28.
9. Xia, F., 2009. Wireless Sensor Technologies and Applications, Molecular Diversity Preservation International, Switzerland.
10. Gustafsson, E. and Karlsson, G., 1997. A literature survey on traffic dispersion, *IEEE*, 11(2), 28-36.
11. Lu, Y. M., 2005. Multipath Routing Algorithm for Wireless Sensor Networks, Phd Thesis, The University of British Columbia, Columbia.
12. Maxemchuk, N. F., 1975. Dispersity routing, *IEEE International Conference on Communications (ICC)*, 10-13.

13. Maxemchuk, N. F., 1993. Dispersity routing in high speed networks, *Computer Networks and ISDN Systems*, 25(6), 645-661.
14. Maxemchuk, N. F., 1993. Dispersity routing on ATM networks, *IEEE INFOCOM*, San Francisco, 347-57.
15. Chen, J., 1999. *New Approaches to Routing for Large-Scale Data Networks*. PhD Thesis, Rice University.
16. Akyildiz, I. F., Su, W., Sankarasubramaniam, Y., and Cayirci, E., 2002. Wireless Sensor Networks: A Survey, *Computer Networks*, 38, 393-422.
17. Banerjea, A., 1997. On the Use of Dispersity Routing for Fault Tolerant Realtime Channels, *European Transactions on Telecommunications*, 8(4), 393-407.
18. Cidon, I., Rom, R., and Shavitt, Y., 1999. Analysis of multi-path routing, *IEEE/ACM Transactions on Networking*, 7(6), 885-896.
19. Tsirigos, A. and Haas, Z. J., 2001. Multipath Routing in the Presence of Frequent Topological Changes, *IEEE Communication Magazine*, 39(11), 132-138.
20. Ganesan, D., Govindan, R., Shenker, S., and Estrin, D., 2001. Highly-Resilient, Energy-Efficient Multipath Routing in Wireless Sensor Networks, 2nd ACM International Symposium on Mobile Ad Hoc Networking & Computing (MobiHoc), 251-254.
21. De, S., Qiao, C., and Wu, H., 2003. Meshed Multipath Routing: An Efficient Strategy in Sensor Networks, *IEEE Wireless Communications and Networking Conference (WCNC)*, New Orleans, 1912-1917.
22. Petcher, A., 2007. Networks, QoS in Wireless Data Networks. [http://www.cse.wustl.edu/~jain/cse574-06/ftp/wireless\\_qos/index.html](http://www.cse.wustl.edu/~jain/cse574-06/ftp/wireless_qos/index.html)
23. Gallardo, J. R., Gonzalez, A., Villasenor-Gonzalez, L., and Sanchez, J., 2007. Multipath Routing Using Generalized Load Sharing For Wireless Sensor Networks, 7th IASTED Wireless and Optical Communications International Conferences (WOC), Montreal, 1-8.
24. Pearlman, M. R., Haas, Z. J., Sholander, P., and Tabrizi, S. S., 2000. On the Impact of Alternate Path Routing for Load Balancing in Mobile Ad Hoc Networks, 1st IEEE/ACM Annual Workshop on Mobile and Ad Hoc Networking and Computing (MobiHOC), Boston, 3-10.
25. Karl, H. and Willig, A., 2005. *Protocols and Architectures for Wireless Sensor Networks*, John Wiley & Sons Ltd., Sussex UK.
26. Demetrios, Z., 2005. A Glance at Quality of Services, *Mobile Ad-Hoc Networks*.
27. Lou, W., An Efficient N-to-1 Multipath Routing Protocol in Wireless Sensor Networks, *IEEE International Conference on Mobile Ad-hoc and Sensor Systems*, Washington, 8-18.
28. Li, Y., My, T., and Wu, T., 2008. *Wireless Sensor Networks and Applications*, Springer series on signals and communication technology, 113-140.
29. Singh, S., Woo, M., and Raghavendra, C. S., 1998. Power Aware Routing in Mobile Ad Hoc Networks, 4th ACM/IEEE Annual International Conference on Mobile Computing and Networking (MobiCom), 181-190.
30. Al-Karaki, J. N. and Kamal, A. E., 2004. Routing Techniques in Wireless Sensor Networks: A Survey, *IEEE Wireless Communications*, 11(6), 6-28.
31. Lou, W., Liu, W., and Zhang, Y., 2005. *Performance Optimization using Multipath Routing in Mobile Ad Hoc and Wireless Sensor Networks*, Combinatorial Optimization in Communication Networks, Kluwer Academic Publisher.



32. Lu, Y. M. and Wong, V. W. S., 2007. An energy-efficient multipath routing protocol for wireless sensor networks: research articles, *International Journal of Communication System*, 20, 747-766.
33. Dulmann, S., Nieberg, T., Wu, J., and Havinga, P., 2003. Trade-Off between Traffic Overhead and Reliability in Multipath Routing for Wireless Sensor Networks, *IEEE Wireless Communications and Networking Conference (WCNC)*, New Orleans, 1918-1922.
34. Shah, R. C. and Rabaey, J. M., 2002. Energy Aware Routing for Low Energy Ad Hoc Sensor Networks, *IEEE Wireless Communications and Networking Conference (WCNC)*, 350-355.
35. Willig, A., Shah, R., Rabaey, J., and Wolisz, A., 2002. Altruists in the PicoRadio Sensor Network, *4th IEEE International Workshop on Factory Communication Systems*, 175-184.
36. Sohrabi, K., Gao, J., Ailawadhi, V., and Pottie, G. J., 2000. Protocols for Self-Organization of a Wireless Sensor Network, *IEEE Personal Communications*, 7(5), 16-27.
37. Bagular, A., B., and Mazandu, K., G., 2008. Energy Constrained Multipath Routing in Wireless Sensor Networks, *UIC 2008, LNCS 5061*, pp 453-467.