

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ * FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KABLOSUZ ALGILAYICI AĞLARI İÇİN ARTAKALAN ENERJİ
VE TRAFİK YOĞUNLUĞU DENGELİMLEYİCİ YÖNLENDİRME
ALGORİTMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Elektronik Haberleşme Müh. Kubilay DEMİR

Anabilim Dalı : Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği

Danışman : Yrd.Doç.Dr. Arif DOLMA

KOCAELİ, 2010

**KABLOSUZ ALGILAYICI AĞLARI İÇİN ARTAKALAN ENERJİ
VE TRAFİK YOĞUNLUĞU DENGELİMLİ YÖNLENDİRME
ALGORİTMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Elektronik Haberleşme Müh. Kubilay DEMİR

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 17 HAZİRAN 2010

Tezin Savunulduğu Tarih: 15 TEMMUZ 2010

**Tez Danışmanı
Yrd.Doç.Dr. Arif DOLMA**

()

**Üye
Doç.Dr. Celal ÇEKEN**

()

**Üye
Yrd.Doç.Dr. İbrahim ÖZÇELİK**

()

KOCAELİ, 2010

ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR

Proje ve tez aşamasında fikirleri ile beni yönlendiren ve teşvik eden KOÜ Elektronik ve Haberleşme Bölümü öğretim üyeleri Sn. Y.Doç. Dr. Arif DOLMA ve Y.Doç. Dr. Mehmet YAKUT'a teşekkür ederim.

Ayrıca hayatım boyunca beni destekleyen ve bugünlere getiren babam Rüştü DEMİR ve annem Güleser DEMİR ve ablam Serpil DEMİR'e sonsuz minnet duygularımı sunarım. Çalışmalarım sırasında bana desteğini esirgemeyen eşim Edibe DEMİR'e de teşekkür ederim.

Son olarak da akademik çalışmalarında anlayışlarından dolayı Datateknik A.Ş firmasına ve Datateknik firmasında yöneticim olan Ali KURTUL'a teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR.....	1
İÇİNDEKİLER	2
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	4
SEMBOLLER	5
ÖZET.....	6
ABSTRACT.....	7
1. GİRİŞ	8
2. GENEL BİLGİLER	11
2.1. Kablosuz Ağlarda Tasarım Konusu	11
2.1.1. Düğüm dağıtımı	11
2.1.2. Enerji önemi	11
2.1.3. Veri dağıtım modelleri	11
2.1.4. Düğüm kabiliyetleri	12
2.1.5. Veri toplama.....	12
2.1.6. Hata toleransı	12
2.1.7. Ölçeklenebilirlik.....	12
2.1.8. Ağ dinamikleri	12
2.1.9. Hizmet kalitesi	13
2.2. KAA'lar da Yönlendirme Protokolleri.....	13
2.2.1. Yapı tabanlı yönlendirme protokolleri	13
2.2.1.1. Düz yönlendirme protokolleri	14
2.2.1.1.1. Yönetilen yayılım yönlendirme protokolü	14
2.2.1.1.2. Müzakere ile bilgi için algılayıcı yönlendirme protokolleri	16
2.2.1.1.3. En küçük tüketim aktarma yönlendirme algoritması	17
2.2.1.1.4. Söylenti yönlendirme protokolü.....	18
2.2.1.1.5. Eğim tabanlı yönlendirme protokolü	19
2.2.1.1.6. Bilgi ısrarlı algılayıcı sorgulama ve zoraki eş yönsüz yayılım yönlendirme protokolü	20
2.2.1.1.7. COUGAR yönlendirme protokolü	21
2.2.1.1.8. ACQUIRE yönlendirme protokolü	21
2.2.1.1.9. Rastgele dolaşmayla yönlendirme protokolleri.....	22
2.2.1.1.10. Enerji etkin yönlendirme protokolü	23
2.2.1.2. Hiyerarşik yönlendirme protokolleri.....	24
2.2.1.2.1. Algılayıcı bilgi sistemlerinde güç etkin toplama yönlendirme protokolü	25
2.2.1.2.2. LEACH yönlendirme protokolü.....	26
2.2.1.2.3. Küçük minimum enerji iletişim ağı	27
2.2.1.2.4. Eşik duyarlı enerji etkin yönlendirme protokolü	28
2.2.1.2.5. Kendi kendini organize yönlendirme protokolü	29
2.2.1.2.6. Sanal ızgara mimarili yönlendirme protokolü.....	30
2.2.1.2.7. Algılayıcı toplamalı yönlendirme protokolü.....	31
2.2.1.2.8. İki-sıralı veri dağıtımı yönlendirme protokolü.....	32
2.2.1.2.9. Hiyerarşik güç-etkin yönlendirme protokolü	34

2.2.1.3. Konum tabanlı yönlendirme protokolleri:.....	35
2.2.1.3.1. Coğrafi ve enerji etkin yönlendirme protokolü.....	35
2.2.1.3.2. Coğrafi aslına uygunluk uyarlamalı yönlendirme protokolü	37
2.2.1.3.3. MFR, DIR ve GEDIR yönlendirme protokolleri	38
2.2.1.3.4. SPAN yönlendirme protokolü.....	39
2.2.1.3.5. Yüz uyarlamalı diğer aç gözlü yönlendirme protokolü	39
2.2.2. Protokol işlemine bağlı yönlendirme protokolleri	40
2.2.2.1. Sorgu tabanlı yönlendirme protokolü.....	40
2.2.2.2. Çok yollu yönlendirme protokolleri.....	41
2.2.2.3. QoS tabanlı yönlendirme protokolü	43
2.2.2.4. Müzakere tabanlı yönlendirme protokolleri.....	44
2.2.2.5. Uyumlu ve uyumlu olmayan yönlendirme protokolü	45
2.3. Yer Belirleme Algoritmaları	46
2.3.1. Çapa tabanlı yer belirleme algoritmaları.....	46
2.3.1. Çapasız yer belirleme algoritmaları	46
2.3.2. Artışlı algoritmalar	47
2.3.3. Eş zamanlı algoritmalar.....	47
2.3.4. Önceki otomatik konumlanma algoritmaları	47
3. AĞ GEÇİDİNDE OLUŞTURULAN YİNELEMELİ YER BELİRLEME YÖNTEMİ	49
3.1. Doğruluk	53
4. ARTAKALAN ENERJİ VE TRAFİK YOĞUNLUĞU DENGELİMLEME YÖNLENDİRME ALGORİTMASI.....	56
4.1. Benzetim Parametreleri	61
4.2. Benzetim Sonuçları	64
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	67
KAYNAKLAR	69
ÖZGEÇMİŞ	75

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1: Algılayıcı ağlarda “interest” yayılımına bir örnek.....	08
Şekil 2.2: Minimum enerji tüketimli yol boyunca gönderim.....	11
Şekil 2.3: ACQUIRE Yukarda ki resimli anlatımında enerji tüketimi az olan tek atlamalı yola karar vermek için birkaç adım ilerideki düğümler kontrol edilmektedir.....	15
Şekil 2.4: Hiyerarşik Kümelenme.....	18
Şekil 2.5: Sanal Izgara Mimarili Yönlendirme.....	24
Şekil 2.6: Askerlerin tankların konum bilgilerini topladığı kablosuz algılayıcı ağı	26
Şekil 2.7: Boşluk etrafından yönlendirme öğrenimi.....	29
Şekil 2.8: Çok yollu örülmüş durum.....	35
Şekil 3.1: Çember Kesişimi “Circle Intersection” yöntemi ile konumu bilinmeyen düğümün yerinin belirlenmesi.....	45
Şekil 3.2: Standart sapmanın $\sigma = 0,05$ olduğu durum da sol tarafta gerçek topoloji sağ tarafta oluşturulan topoloji gözükmektedir.....	46
Şekil 3.3: Standart sapmanın $\sigma = 0,2$ olduğu durum da sol tarafta gerçek topoloji sağ tarafta oluşturulan topoloji gözükmektedir.....	47
Şekil 3.4: Standart sapmanın $\sigma = 1$ olduğu durum da sol tarafta gerçek topoloji sağ tarafta oluşturulan topoloji gözükmektedir.....	48
Şekil 4.1: Ağ geçidine en yakın düğümün belirlenmesi ve güncel bağlantının belirlenmesi.....	50
Şekil 4.2: Kalan enerjiye göre güncel bağlantının belirlenmesi.....	51
Şekil 4.3: Algoritmaların karşılaştırmalı basitleştirilmiş şekildeki diyagramı.....	53
Şekil 4.4: İlk ölen düğüm süreleri gösteren testlerin grafiği.....	58
Şekil 4.5: İlk ölen düğüm testi (Ekran fotoğrafı).....	58
Şekil 4.6: 61.saniyedeki ağ ömrü testi(Ekran fotoğrafı).....	59

SEMBOLLER

J	: Joule
ms	: Mili Saniye (saniye/1000)
σ	: Standart sapma
μ	: Ortalama (Standart sapma referans noktası)

KISALTMALAR

RSSI	: Received Signal Strength Indication(Alınan Sinyal Gücü Göstergesi)
FSPL	: Free Space Loss(Serbest Uzayda Kayıp)
ARTYD	: Artakalan Enerji Ve Trafik Yoğunluğu Dengelemeli Yönlendirme Algoritması
MREP	: Maximum Residual Energy Path Algorithm(Maksimum Artakalan Enerjili Yol Algoritması)
GEAR	: Geographic and Energy Aware Routing (Enerji etkin ve coğrafi yönlendirme)
KAA	: Kablosuz Algılayıcı Ağları
BS	: Base Station(Baz İstasyonu)
ID	: Identification(Kimlik)

ARTAKALAN ENERJİ VE YOĞUNLUK DENGELİMLİ YÖNLENDİRME ALGORİTMASI

Kubilay DEMİR

Anahtar Kelimeler: Kablosuz(telsiz) Algılayıcı Ağları, Sensör Ağları, İletişim, Yol atama, Yönlendirme.

Özet: Kablosuz algılayıcı ağlarında bir alt yapının mevcut olamaması nedeni ile enerji, işlemci, bellek, bant genişliği gibi kaynaklar kısıtlıdır ve özenle tüketilmelidir. Algılayıcıların boyutlarının çok küçük olması, enerjiyi en kısıtlı kaynak yapmaktadır. Ancak, algılayıcı ile ağ geçidi arasında veri akışının sağlanması için kullanılan yöntemler enerji tüketimini artırıp azaltmakta büyük rol oynamaktadır. Bu nedenle, literatürde enerji-etkin yönlendirme protokolleri üzerinde çok sayıda çalışma mevcuttur. Bu protokoller arasında, coğrafi yer bilgisine dayanarak yönlendirme yapan protokoller, diğerlerine göre daha yüksek başarıma sahiptir. Bu çalışmada savaş alanında düşman kuvvetlerinin hareketlerini haber veren bir sistem benzetim yapıldı. Savaş alanına rast gele saçılmış algılayıcılar dost kuvvetler alanındaki ağ geçitlerine veri paketlerini ulaştırırlar. Bu çalışmada algılayıcıların konumları “Anchor Free Localization” metodu kullanılarak geliştirilen bir algoritma ile elde edilmiştir. Düğümlerde oluşan paket ağ geçitlerine doğru yönlendirmek için sanal koordinatlar ve enerji etkin yönlendirme kullanılmıştır. Ayrıca yollardan bazılarının hedefe yakın bölgelerdeki bazı düğümleri üzerinde oluşan yoğunluk ve enerji tüketimi tahmin edilen yoğunluğa ve kalan enerjilerine göre dağıtılmıştır. Bu çalışmanın bir diğer farkı ise bu yönlendirme algoritmalarının enerjisi sınırsız olan bir ağ geçidinde yapıyor olmasıdır. Belirli süre aralıkları ile “Flooding Routing” Taşkın yönlendirmesi ile düğümler ağ geçidine güncel bilgilerini, ağ geçidi de düğümlere “güncel bağlantılarını” gönderir.

RESIDUAL ENERGY AND TRAFFIC DENSITY BALANCING ROUTING ALGORITHM

Kubilay DEMİR

Key words: Wireless sensor networks, Sensor networks, Communication, Routing.

Abstract: Because of no being a good infrastructure in wireless sensor networks, the sources are limited and should be consumed carefully such as energy, processor, memory and bandwidth. Being too small sizes of sensors makes energy the most limited source. However, the methods which are used for providing data streaming between the sensor and network gateway have a very important role for redounding and reducing the energy consumption. Therefore, there are lots of publications about energy-aware routings protocols in literature. In these protocols, some routing protocols which base on geographical location information have higher achievement and performance rates than others. In this study, a system in battlefield that informs the movements of enemy forces is simulated. The random scattered sensors in the battlefield send the data to the network gateway in friend forces field. In this research, Anchor Free Localization based an algorithm is developed to obtain virtual coordinates of nodes. To route the packets network gateway which are occurred in nodes, virtual coordinate and energy-efficient routing is used. Furthermore, some of the ways are diversified to make a balance for traffic and energy consumption on some nodes near the target. One of the most important differences of this study is that these routing algorithms are carrying out on a network gateway which has unlimited energy. The nodes transmit to the gateway its current information and the gateway transmits to the nodes the current connection in periodic time by "Flooding Routing".

1. GİRİŞ

Kablosuz algılayıcı ağlarında enerjinin kısıtlı olması ve genel olarak düğümlere tekrar enerji yüklenememesi nedeni ile ağın ömrünü uzatabilmek önemli bir araştırma konusudur. Ağın ömrünü uzatmak için literatürde çok sayıda çalışma yapılmıştır.

Bu araştırma ağın ömrünü uzatmak için kullanılan yöntemlerden olan coğrafi yer bilgisi tabanlı enerji etkin yönlendirme “Energy Aware Routing” protokolleri üzerine olacaktır. Enerji etkin yapılanma donanım üzerinde, uygulama yazılımı üzerinde, ağ protokolü ve yönlendirme üzerinde yapılabilir. “Energy Aware Routing” Enerji Etkin Yönlendirme protokolleri içinde, coğrafi yer bilgisine dayanarak yönlendirme yapan protokoller, diğerlerine göre daha yüksek başarıma sahiptir.

Coğrafi yönlendirme protokollerinde, düğümler, kendi gerçek veya belirli bir referans noktasına göre bağıl yer bilgilerini bilmekte ve bu bilgileri yönlendirme için en yakın komşuları ile paylaşmaktadır. Fakat bu çalışmada bir ağ geçidine “Flooding Routing” Taşkın yönlendirme ile tüm algılayıcılar belli süre aralıklarında komşularından aldığı sinyal gücünü ve ID’lerini ve kendi ID’sini gönderir. Ağ geçidi de “Virtual Coordinate” [1] sanal koordinatları “Anchor Free Localization” Çapasız Yer Belirleme metodu ile geliştirilen bir algoritma ile hesaplar [2], ve hesaplanan bu koordinatlar kullanılarak düğümlere hedefe ulaşmaları için iletişim kurması gereken düğümün bilgisi tekrar “Flooding Routing” Taşkın Yönlendirme ile iletilir. Sanal koordinatların belirlenmesi için yapılacak bu Taşkın Yönlendirmesini, ağın ömrünü uzatmak için geliştirilmiş BIP algoritması ile yapmak ağımızın ömrünü artıracaktır [11].

Coğrafi yönlendirme “Geographic Routing” [1] konusunda yapılan araştırmalar tarandığında hedefe en yakın düğüme paketi ulaştırma yöntemi “Greedy Routing” [8] olarak geçmekte olduğu görülür. Bu çalışmada, hedefe en yakın düğüme paketi ulaştırma yöntemine benzer bir yöntem uygulanmaktadır. Fakat düğümün hedefe en yakın komşusunu düğümün kendisi hesaplamamaktadır, düğüme kontroller tarafından belli aralıklarla düğümün hedefe en yakın komşusu aktarılmaktadır. Bu

aktarıma şekline Merkezi Algoritmalar “Centralized Algorithms” [10] denilmektedir. Taşkın yönlendirme metodu ile periyodik olarak göndereceğimiz bilgileri Kaynak-başlatmalı Coğrafi Veri Akış Yöntemi [9] gibi bir yöntem ile göndererek ağın enerjisinden minimum harcamış oluruz. Bu çalışmada yapılan benzetimde her iki algoritma için aynı periyot da ve aynı yöntem ile Taşkın yönlendirme uygulanacağı düşünüldüğü için Taşkın yönlendirmenin enerji tüketimi hesaplamaya katılmamıştır.

Bu çalışma sabit düğümlerle yapılmıştır bu nedenle çok sık yönlendirme bilgisini “Flooding Routing” Taşkın Yönlendirme yöntemi ile yenilemesi gerekmemektedir. Buda bu çalışmanın bu uygulamaya uygunluğunu artırmaktadır.

Estrin ve Govindan, enerji etkin yönlendirme protokollerinde uygulanan paketin iletileceği komşunun kalan enerjisine göre belirleme [3] ile hedefe en yakın düğüme atlama “Greedy Routing” yönlendirmesi birleştirilerek “Geographic and Energy Aware Routing (GEAR)” [4] yönlendirme yöntemi oluşturmuştur.

Bu çalışmada kritik yol analizi yapılarak ağ geçitlerine en yakın düğümlerdeki yükler dağıtılmış, böylelikle ağdaki canlı düğümlerle daha fazla iletişim kurulması sağlanmıştır. Böylelikle ağın ömrü artırılmıştır.

Trafik oluşması muhtemel düğümleri tespit eden algoritmanın çalışma prensibi;

- Her düğümün hedefe en yakın düğüme atlama prensibi ile yolu tespit edilir.
- Yol üzerindeki tüm düğümlerin yoğunluk katsayıları bir artırılmıştır.
- Yoğunluk katsayısı “Düğüm sayısı/Ağ geçidi sayısı” sayısı üzerine çıkan düğümler üzerinden yolu geçen düğümlerin yolu yoğunluğu az olan düğümlerin üzerine kaydırılır.
- Yol üzerinde yoğunluğu düşük olan düğüm kalmamış ise düğümlerin kalan enerjileri kontrol edilip enerjisi fazla olan düğüm seçilerek kritik düğümlerin ömrü artırılmıştır.

Bu çalışmamızda GEAR yönlendirme protokolünden temel farklar;

- Yönlendirme algoritması ağ geçidi üzerinde yürütülmektedir.

- Üzerinde yoğun trafik oluşması muhtemel düğümler geliştirilen bir algoritma ile tespit edilmiştir.
- Kalan enerji kontrolü kritik düğümler üzerinde yapılmış ve yük ayarlaması yapılmıştır.

Bu çalışma sonucunda enerji etkin bir yönlendirme elde edilmesini yanında kritik yolların ömrü uzatılarak sahadan daha çok veri toplanılması hedeflenmiştir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Kablosuz Ağlarda Tasarım Konusu

KAA(Kablosuz Algılayıcı Ağları) için tasarlanan yönlendirme protokolleri, uygulama alanını, ağ mimarisini ve hedefi göz önünde bulundurmalıdır. Yönlendirme protokollerinin tasarımı, birçok zorlayıcı faktörler tarafından KAA'ların doğası sebebiyle etkilenir. Bu faktörler KAA'lar da verimli iletişim kurulmadan önce engellenmelidir. Bu faktörlerin bazıları bu bölümde gözden geçirilecektir [35].

2.1.1. Düğüm dağıtımı

Düğüm dağıtımı rastgele, saptamalı ya da kendi kendine organizeli biçimlerinde olabilir. Saptamalı dağıtılmış ağlar için yollar önceden belirlenmiştir, ancak rastgele ve kendi kendine organizeli şekilde dağıtılmış ağlar için yol tayini zor bir konudur.

2.1.2. Enerji önemi

Yol tasarımında enerjinin önemi büyük bir etkiye sahiptir çünkü KAA'nin ömrü enerji kaynaklarına ve algılayıcılar tarafından oluşturulan tüketimine bağlıdır. İletişim sırasında harcanan güç herhangi bir düğümün enerji tüketiminin en büyük miktarıdır. Doğrudan iletişim çoklu-atlamalı iletişiminden çok daha fazla enerji tüketir; ancak çoklu-atlamalı iletişim ise fazladan topoloji yönetimi ve ortam erişim kontrolü içerir.

2.1.3. Veri dağıtım modelleri

Veri dağıtım modeli olay güdümlü, sürekli, sorgu güdümlü ya da karma bir şekilde olabilir ve uygulamaya bağlıdır. Veri dağıtımın sürekli olduğu modelde, her algılayıcı periyodik olarak bilgi gönderir. İletişim, veri dağıtımının olay güdümlü ve sorgu güdümlü olduğu modellerde bir olay ile tetiklenir. Karma model ise bütün veri dağıtım modellerinin birleşimidir.

2.1.4. Dügüm kabiliyetleri

Literatürdeki daha önceki çalışmalarda, düğümlerde iletişimin ve gücün eşit kapasiteye sahip olduğu varsayıldı. Ancak, bu durum düğümlerin farklı özelliklere sahip olması ile mümkündür, örneğin algılama, bir araya gelme ve geçiş gibi. Bu üç özelliğe birlikte sahip olan bazı düğümler fazla enerji harcayabilirler. Bazı ağ topolojileri içerisinde bulunan küme başları diğer ağ düğümlerinden daha fazla enerji tüketir ve daha fazla enerjiye sahiptir. Eş dağılım daha çok ortak ağlar içindir ve yol belirleme karmaşıklığını içerir.

2.1.5. Veri toplama

Algılayıcılar yoğun bir biçimde dağıtıldığı durumlarda, her bir düğümden toplanan veriler bu tanım ile ilişkilendirilir. Bu nedenle veri toplama ya da diğer bir deyişle veri birleştirilmesi iletilen verilerin boyutunu azaltır.

2.1.6. Hata toleransı

Düğümlerden bazıları arızalanabilir ya da fiziksel bir engel veya fiziksel bir tahribat ile bloke olabilir bu nedenlerle KAA'lar hata yapmaya yatkındır. Yönlendirme protokolü dinamik olmak zorundadır; Bazı özel düğümlerin çalışmaması ağ yapısını kötü yönde etkilememelidir.

2.1.7. Ölçeklenebilirlik

Yönlendirme protokollerinin içerisindeki herhangi bir protokol yüksek sayılı düğümleri yönetebilmelidir. KAA'lar yüzlerce binlerce hatta daha fazla düğümlerden oluşabilir.

2.1.8. Ağ dinamikleri

Önerilen ağların birçoğunun sabit olduğu kabul edilir; ancak bazı uygulama alanlarında bir miktar ya da bütün düğümler hareketli olmayı gerektirebilir.

2.1.9. Hizmet kalitesi

Bazı uygulamalar hizmet kalitesi (Quality of Services QoS) gerektirir; özellikle kritik zamanlı uygulamalarda hizmet kalitesi önemli bir etkidir. Bu tür uygulamalar için yönlendirme protokolleri gerekliliklere göre tasarlanmalıdır. Ancak yapılmış çalışmalardaki genel eğilim, hizmet kalitesinin gereksinimlerinden enerji korunumuna daha fazla önem vermektir.

2.2. KAA'lar da Yönlendirme Protokolleri

Genel olarak, KAA'lar yönlendirme ağ yapısına bağlı olarak konum tabanlı, hiyerarşik tabanlı ve düz tabanlı olarak bölünebilir. Düz tabanlı yönlendirmede bütün düğümler tipik olarak aynı rol ve fonksiyonda atanabilir. Ancak hiyerarşik tabanlı yönlendirmede düğümler ağ içerisinde farklı rol oynarlar. Konum tabanlı yönlendirmede ise algılayıcı düğümlerinin pozisyonları ağ içerisinde veri yolu olarak kullanılırlar. Eğer mevcut sistem parametreleri, mevcut ağ yapısına uygun enerji seviyelerini atamak için kontrol altına alınabilirse bir yönlendirme protokolü kabul edilebilir. Ayrıca, bu protokoller, protokol işlemine bağlı olarak çoklu tabanlı, sorgu tabanlı, müzakere tabanlı, hizmet kalitesi tabanlı ya da tutarlı tabanlı yönlendirme teknikleri olarak sınıflandırılır. Buna ek olarak, yönlendirme protokolleri uygun bir yol bulunmasına bağlı olarak önleyici tedbirli, tepkisel ve karma protokoller olarak üç grup olarak sınıflandırılır. Önleyici tedbirli protokollerde bütün yollar ihtiyaç duyulmadan önce hesaplanır. Karma protokol bu iki fikrin birleşimini kullanır. Algılayıcı düğümler statik oldukları zaman reaktif protokol kullanmanın yerine karma protokol seçilebilir. Enerjinin önemli bir miktarı yolların keşfi ve reaktif protokollerin kurulumunda kullanılır. Yönlendirme protokollerinin diğer bir sınıfı yardımcı yönlendirme protokolü olarak bilinir. Bu yönlendirmede düğümler verileri merkezde bulunan bir düğüme gönderir ve veriler burada toplanır ve daha fazla işleme tabi tutulabilir. Diğer bazı protokoller zaman ve pozisyon bilgilerine dayanır. Yönlendirme ölçütleri ve ağ yapısına göre bir sınıflandırma yapılmıştır [56].

2.2.1. Yapı tabanlı yönlendirme protokolleri

Ağ yapısı KAA'lar da yönlendirme protokolü işleminde önemli bir rol oynayabilir.

2.2.1.1. Düz yönlendirme protokolleri

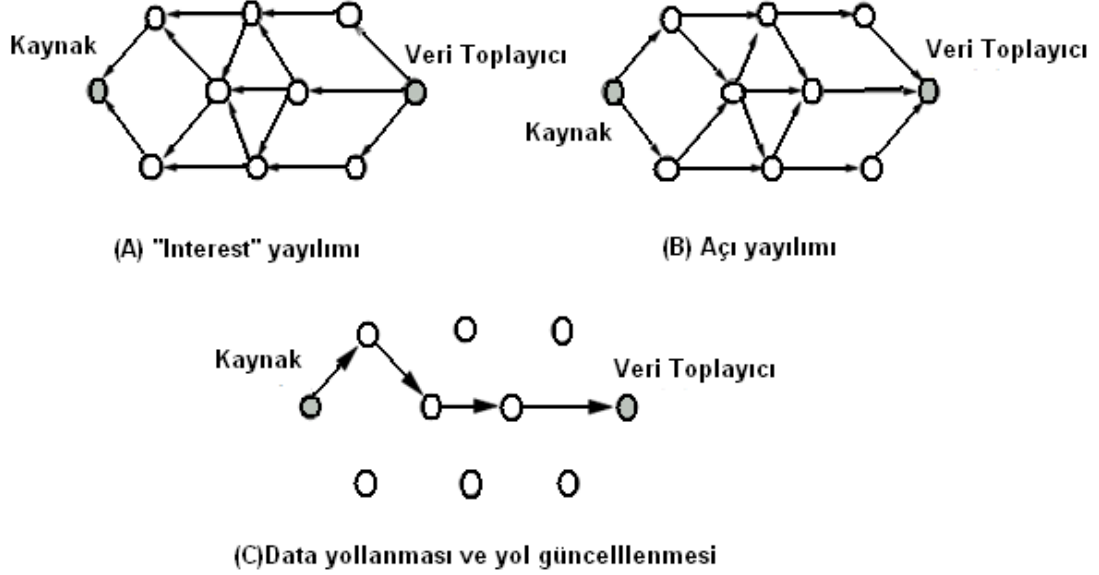
Düz ağlarda, her düğüm tipik olarak aynı görevi yapar ve algılayıcı düğümler algılama görevini gerçekleştirmek için birlikte hareket ederler. Bu düğümlerin çok fazla olması nedeni ile, her bir düğüme global bir kimlik verilememektedir. Bu düşüncenin oluşmasına veri merkezli yönlendirme sebep olmuştur ayrıca BS bazı bölgelere sorgu göndererek seçilmiş alanlara yerleştirilmiş düğümlerden veri bekler. Veri, sorgular yoluyla talep edildiği için, öznitelik tabanlı adlandırma verilerin niteliklerini belirlemek için gereklidir.

2.2.1.1.1. Yönetilen yayılım yönlendirme protokolü

Yönetilen Yayılım (Directed Diffusion) [14] veri merkezli ve uygulama farkındalı bir protokoldür. Yani bütün bilgi, öznitelik-değer çiftleri olarak adlandırılan algılayıcı düğümler tarafından oluşturulur. Data merkezli protokolün temel düşüncesi farklı kaynaklardan gelen veriyi birleştirmektir. Bunu, gereksizliği eleyerek, ağ enerjisini korumak için gönderimlerin sayısını en aza indirerek ve yaşam ömrünü uzatarak yapar. Geleneksel noktadan noktaya yönlendirmelerden farklı olarak, veri merkezli yönlendirme çoklu kaynaklardan tek hedefe yollar bulur. Bu, ağda gereksiz bilgilerin oluşmasını engeller.

Yönetilen Yayılım da algılayıcılar olayları ölçer ve kendi komşularında açılı bilgisi oluşturur. Baz istasyonu “interest” yayarak bilgi ister. “interest” ağ tarafından yapılması gereken bir görevi tanımlar. “interest” ağda atlayarak yayılır ve her bir düğümden komşusuna geçer. “interest” ağ boyunca yayıldığından dolayı, açılar gerekli yolu oluşturmak için ayarlanır. Örnek olarak bir BS “interest” leri yayarak veri için soru sorabilir ve orta düğümler bu “interest” leri üreterek yayarlar. “interest” e ulaşan her algılayıcı açısını kendisine ulaştıran düğüme doğru ayarlar. Bu süreç açılar kaynaktan geri baz istasyonuna ayarlanıncaya kadar devam eder. Daha genel olarak, bir açılı özellik değeri ve yön belirtir. Açılının doğruluğu her komşunun bilgi alışını farklı sonuçlandırmasından dolayı farklı komşular boyunca değişebilir. Bu seviyede, döngüler kontrol edilemez fakat diğer bir seviyede kaldırılabilir. Şekil 2.1’de Yönetilen yayılım bir örneği gösterilir. “interest” açılıyla uyum sağladığında bilgi akışı yolu birçok yoldan şekillenir ve en iyi yol güçlendirilir. Böylelikle daha fazla Taşkın yerel bir kurala göre önlenmiş olur. İletişim tüketimlerini azaltmak için

veri yol üzerinde toplanır. Hedef bu veriyi kaynak düğümünden baz istasyonuna ulaştırır, iyi bir toplama ağacı bulmaktır. Kaynaktan veri almaya başladığı zaman, baz istasyonu periyodik olarak “interest”i yeniler ve yeniden gönderir. Bu gereklidir, çünkü “interest” network içinde güvenli bir şekilde iletilemez.



Şekil 2.1: Algılayıcı ağlarda “interest” yayılımına bir örnek[14].

Yönetilen Yayılım tabanlı ağlarda bütün algılayıcılar uygulama farkın dalıdır. Bu uygulama enerji tasarrufunu başarmak için yayılıma izin verir. Bu tasarrufu, en iyi yolu deneysel olarak seçerek, önbelleğe alarak ve veriyi ağda işleyerek yapar. Önbelleğe alma etkinliği, sağlamlığı ve düğümler arasındaki koordinasyonun ölçeklenebilirliğini artırabilir ve bu yayılım paradigmasının özüdür. Yönetilen Yayılım kendiliğinden algılayıcı ağı bazı bölümlerine önemli olayları eş zamanlı yaymak için de kullanılır. Bu tarz bilgi kurtarmaları sürekli olan sorgular için (zaman içermeyen verileri talep eden düğümlerin olduğu yerde) oldukça uygundur. Bu bir kereliğine olan sorgular için uygun değildir. Çünkü bir kereliğine o yolu kullanana, sorgular için açığı ayarlamaya değmez. Yönetilen Yayılım protokollerinde kullanılan veri toplama metodunun başarımı, birçok faktörden etkilenir. Bu faktörler, kaynak düğümlerin pozisyonunu, kaynakların sayısını ve iletişim ağ topolojisini içerir.

Yönetilen Yayılım SPIN’den [15] iki açıdan farklıdır. İlk olarak, Yönetilen Yayılım, baz istasyonu algılayıcılara bazı görev sorgularını, algılayıcı düğümlere Taşkın ile

gönderdiği zaman talep verisi dağıtır. SPIN’de bununla beraber, algılayıcılar ilgili düğümlerin o veriyi sorgulamasına izin vererek verinin mevcut olduğunu ilan ederler. İkinci olarak, Yönetilen Yayılım da iletişim komşudan komsuyadır. Bu düğümler veri toplama ve önbelleğe alma yeterliliğine sahiptirler. SPIN’in tersine, Yönetilen Yayılımda, global network topolojisini sürdürmeye gerek yoktur. Fakat Yönetilen Yayılım çevresel görüntüleme gibi uygulamalara uygulanamaz. Bu uygulamalar baz istasyonuna sürekli olarak bilgi sağlarlar. Bu şekilde bakıldığı zaman talep edilen veri, model üzerinde, zorlayıcı sorgu yardımcı olmayabilir. İlave sorgular veri algılayıcı düğümlerde fazladan gider gerektirebilir.

2.2.1.1.2. Müzakere ile bilgi için algılayıcı yönlendirme protokolleri

SPIN(Sensor Protocols for Information via Negotiation) [15] protokolün de ağ yapısı içerisinde her bir düğümden bütün düğümlere tüm bilgilerin yayılması için ağ içerisindeki tüm düğümler olası bir baz istasyonu olarak çalışır. Bu bir kullanıcıyı herhangi bir düğümü sorgulaması için aktif eder ve gerekli bilgileri aldırır. SPIN protokol ailesi veri karşılaştırmasını ve uyarlanabilir kaynak algoritmasını kullanır. Çalışan düğümlere SPIN, düğümlerin bir araya getirdiği verileri tarif etmek ve başarımlarını karşılaştırmak için herhangi bir veri iletiminden önce yüksek seviyeli bir isim atar. Bu ağ boyunca gereksiz veri gönderilmediğini garanti eder. Bir araya getirilen verilerin formatı SPIN’de belirtilen ya da belirtilmeyen uygulamadır. Örneğin, eğer algılayıcılar bilinen bir bölgeyi içeriyorsa bir araya getirilen verileri rapor etmek için algılayıcıların kendilerine ait ID numaraları kullanılabilir. Ek olarak, SPIN düğümlerin o anki enerji seviyelerine erişim yapabilir. Bu protokoller, bir zaman güdümlüdür ve ağ içerisindeki bütün bilgileri dağıtmak için çalışır. SPIN ailesinin protokolleri iki temel düşünceye bağlı olarak tasarımlanır. Birincisi algılayıcı düğümler veri göndererek daha verimli çalışırlar ve enerjiyi korurlar bu durum bütün verilerin gönderilmesinin yerine algılayıcı verisinin gönderilmesini ister; örneğin görüntü ve algılayıcı düğümleri enerji kaynaklarındaki değişiklikleri izlemelidir. İkincisi Taşkın (Flooding) ya da dedikodu (Gossiping) tabanlı genel yönlendirme protokolleri ekstra veri gönderdiklerinde enerjiyi ve bant genişliğini fazladan kullanırlar. Taşkın’ın sakıncaları aynı düğüm için gönderilen mesajların çift olarak gönderilmesine sebep olan göçmeler (implosion) içerir, aynı bölgede algılama yapan iki düğüm ortak komşularına benzer veriler gönderecekleri zaman üst üste

bindirme yaparlar ve enerji kısıtlamaları dikkate alınmadan enerjinin önemli bir miktarı kaynak tarafından tüketilir. Dedikodu, boşu boşuna veri göndermenin yerine rastgele seçilmiş bir düğüm ile göçmenin etkilerinden sakınır. Ancak, Bu durum düğümler arasında iletişimde gecikmelere neden olur. SPIN'ların yarı-veri(meta-data) müzakeresi klasik Taşkın problemlerini çözer ve bu sayede önemli ölçüde enerji verimliliği sağlanmış olur. SPIN, algılayıcı düğümlerinin iletişim için kullandığı üç farklı mesaj tipi (ADV, REQ ve DATA) [16] açısından üç aşamalı bir protokoldür. ADV yeni verilerin tanıtımında kullanılır, REQ gerekli veriler içindir ve DATA asıl mesajdır. Bir SPIN düğümü yeni bir veri paylaşmak istediği zaman bu protokoller çalışmaya başlar. Bu işlem yarı-veri'yi içeren bir ADV mesajı yayınlanarak başlar. Eğer bir komşu düğüm ilgilenirse bu veri ile bu komşu düğüm veri için bir REQ verisi gönderir ve veri bu komşu düğüme gönderilir. Komşu algılayıcı düğümü sonra bu işlemi kendi komşu düğümleri ile tekrar gerçekleştirir. Sonuç olarak, tüm algılayıcı alanı verilerin bir kopyasını almış olur.

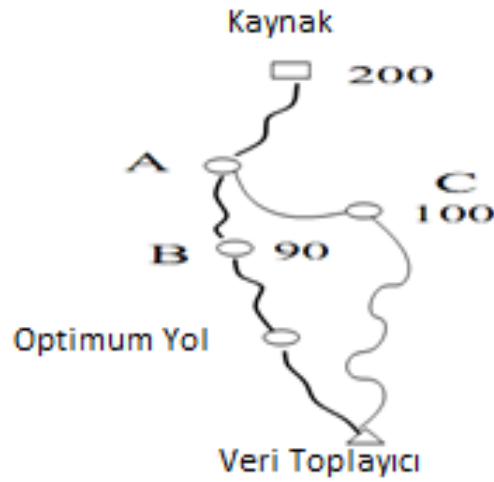
SPIN'in avantajlarından bir tanesi de topolojik değişikliklerin bölgeselleştirilmesidir. Çünkü her bir düğümün tek atlamalı komşularını bilmesi gerekir. SPIN Taşkından den daha fazla enerji koruması sağlar ve yarı-veri müzakeresi gereksiz bilgiyi neredeyse yarıya indirir. Bununla beraber, SPIN'in veri ilan mekanizması bilgi iletimini garanti edemez. Bunu anlamak için, izinsiz giriş algılama uygulamasını düşünün. Bu uygulamada, veri güvenli bir şekilde periyodik aralıklarla rapor edilmelidir. Kaynak ve hedef düğümler arasındaki düğümlerin böyle bir veri ile ilgilenmediğini, veri ile ilgilenen düğümlerin kaynak düğümden çok uzakta yerleştirilmiş olduğunu farz edin ve bu durumda bir veri hedefe tam olarak teslim edilemeyecektir.

2.2.1.1.3. En küçük tüketim aktarma yönlendirme algoritması

MCFA(Minimum Cost Forwarding Algorithm) [27] algoritmasının temel prensibi şudur: sabit harici baz istasyonu boyunca olan yönlendirme yönü her zaman bilinir. Bu yüzden algılayıcı düğüm bir tekil ID ya da sürekli bir yönlendirme tablosu gerek duymaz. Onun yerine her bir düğüm en iyi harcama takvimini kendisi baz istasyonuna sağlar. Algılayıcı düğümü tarafından iletilen her bir mesaj yayın yapılarak kendi komşularına iletilir. Bir düğüm bir mesaj aldığı zaman, kaynak

düğüm ile baz istasyonu arasındaki en düşük tüketim yolu olup olmadığını kontrol eder. Eğer öyleyse, mesajı tüm komşularına yeniden yayar. Bu süreç baz istasyonuna ulaşılan kadar devam eder.

MCFA’da her bir düğüm kendisinden baz istasyonuna olan en iyi tüketim yolunu şekil 2.2: de gösterildiği gibi bulabilmelidir.



Şekil 2.2: Minimum enerji tüketimli yol boyunca gönderim[27]

Bu şöyle sağlanır: baz istasyonu tüketimi sıfıra ayarlanması talebi ile birlikte bir mesaj yayınlar. Her bir düğüm en düşük tüketimini baz istasyonuna ayarlar. Her bir düğüm baz istasyonunda oluşan mesajı yayınlama sürecini, mesaj üzerine eklenmiş hesaplama mevcut tahminden daha düşük olduğu sürece kontrol eder. Eğer öyleyse mevcut tahmin yayınlanarak gelen tahminle yenilenir. Eğer alınan yayın mesajı yenilenmiş ise, daha sonra yeniden gönderilir aksi takdirde o temizlenir ve daha fazla bir şey yapılmaz. Fakat, bundan önceki prosedür bazı düğümlerde çoklu yenileme ile sonuçlanabilir ve bu düğümler yakın olanlardan daha fazla güncellenir. Bundan kaçınmak için MCFA kurulum fazında yedekleme algoritmasını çalıştırmak yeterlidir.

2.2.1.1.4. Söylenti yönlendirme protokolü

Coğrafi yönlendirmenin uygun olmadığı yerlerdeki uygulamalar için tasarlanmıştır. Yönetilen Yayılımın bir versiyonudur. Genel olarak, Yönetilen Yayılım sorguyu tüm

ağa vermek için coğrafi kriter olmadığı zaman yayılım görevi için Taşkıni kullanır. Bununla beraber, benzer bir durumda düğümlerden talep edilen verinin miktarı azdır. Bu yüzden Taşkıni'nin kullanımı gereksizdir. Eğer ki olayların (event) sayısı az ve sorguların sayısı fazla ise, olaylar Taşkına alternatif bir yaklaşımdır. Ana fikir sorguları düğümlere yönlendirmektir. Tüm ağda oluşan olaylar hakkındaki bilgileri kurtarmak için Taşkından daha fazla özel olay gözlemlenmiştir. Ağ boyunca akan olaylar için (Rumor Routing) Söylenti yönlendirme [23] algoritması “agent” temsilci ismi verilen uzun yaşamlı paketler kullanır. Düğümler bir olay algıladığı zaman, böyle olayları onun yerel tablosuna ekler. Bu tabloya olay tablosu denilir ve bir “agent” temsilci oluşturulur. Temsilciler ağ içerisinde en uzak düğümlere kadar yerel olaylar hakkında bilgi yaymak için gezinir. Güzergâhını bilen düğüm sorguya, tablosunu inceleyerek cevap verebilir. Bu yüzden tüm ağda Taşkına gerek yoktur ve böylelikle iletişim tüketimleri azalır. Diğer yandan, Söylenti Yönlendirme kaynaktan hedefe tek yolla sağlar, Yönetilen Yönlendirme ise zıt olarak kaynaktan hedefe çok yolla yönlendirme yapar. Böyle yerlerde birçok yer içerisinde düşük oranlarda yönlendirilebilir. Benzetim [23] sonuçları gösteriyor ki Söylenti Yönlendirme Taşkın olayı ile karşılaştırıldığı zaman önemli enerji muhafazası sağlayabilir ayrıca düğümlerin hatalarını da ele alabilmiş, işleyebilmiştir. Fakat Söylenti Yönlendirme sadece olayların sayısı az olduğu zaman iyi bir sonuç verebilir. Büyük sayıdaki olaylar için, devam ettirilen her bir birimdeki olayların temsilci ve olay tablosu tüketimleri, eğer baz istasyonundan yeterli “interest” yok ise uygulanamaz olur. İlâveten, Söylenti Yönlendirmenin fazladan tüketimi sorgu ve temsilci ile ilgili farklı parametreler ile kontrol edilir, bu parametreler zaman-yaşam gibi algoritmalarda kullanılır. Olay temsilcileri boyunca düğümler olayların farkında olduğundan dolayı, olay temsilcilerinin yönünü belirlemek için kullanılan sezgisellik Söylenti Yönlendirmedeki bir sonraki atlama seçimini oldukça etkiler.

2.2.1.1.5. Eğim tabanlı yönlendirme protokolü

GBR(Gradient-Based Routing)'deki [24] temel düşünce “interest” bütün network boyunca yayıldığı zaman atlamaların sayısını öğrenmektir. Örneğin her bir düğüm, düğümün yüksekliği olarak adlandırılan parametreyi hesaplayabilir. Düğümün en üst derecesi baz istasyonuna ulaşmak için atlamaların minimum sayısıdır. Bir düğümün yüksekliği ve komşuları arasındaki fark o bağlantının eğimi olarak düşünülür. Bir

paket bir bağlantıya en geniş açıyla gönderilir. GBR bazı yardımcı teknikleri kullanır. Örneğin düzenli bir şekilde akışı ağ boyunca yaymak için veri toplama ve akış trafiği gibi. Bir düğüm üzerinden ileti görevi gören çoklu yollar geçtiği zaman o yardımcı düğüm veriyi gerçek fonksiyonuna göre bir araya getirebilir. GBR’ de üç farklı muhalif teknik kullanılır. Birincisi düğümün, aynı eğimde iki ya da daha fazla atlama olduğunda rastgele bir eğim seçtiği eğitsel plan. İkincisi düğümün enerjisi belli bir derecenin altına düştüğü ve bu sebepten dolayı diğer algılayıcıların o veriye bilgi göndermek istemedikleri enerji-tabanlı plan. Üçüncüsü yeni akımların genel olarak diğer akımların birer parçası olan düğümlere yönlendirilmediği akım-tabanlı plan. Bu tekniklerin temel görevi network trafiği üzerinde dengeli bir dağıtım elde etmektir. Böylece, ağın yaşam ömrü uzar. GBR’ nin benzetim sonuçları gösteriyor ki, GBR bütün iletişim enerjisi kullanımı boyunca Yönetilen Yayılımdan daha üstündür.

2.2.1.1.6. Bilgi ısrarlı algılayıcı sorgulama ve zoraki eş yönsüz yayılım yönlendirme protokolü

CARD (Constrained anisotropic diffusion routing) [25] Yönetilen Yayılımın bir genel yapısı olmayı amaçlar. Ana düşüncesi gecikme ve bant genişliğini en aza indirilme. Bununla birlikte ağdaki yönlendirme verisini ve algılayıcıları sorgularken bilgi edinimi en yüksek seviyede tutulmak istenmektedir. CARD hangi algılayıcıların veriyi alabileceğini tespit edebilmek için bazı kriterleri içeren bilgileri kullanarak sorgular yayar. Buna benzer olaylara yakın algılayıcıları aktivite ederek ve veri güzergâhlarını dinamik olarak ayarlayarak ulaşılabilir. Yönetilen Yayılımdan temel farkı iletişim masraflarına ek olarak bilgi kazanımı düşüncesidir. CARD’ da, her bir düğüm bilgi-masraf durumunu değerlendirir ve son kullanıcı gereksinimlerini ve yerel bilgi-masraf eğimlerini temel alan veriyi yönlendirir. Tahmin teorisi bilginin kullanılabilirlik ölçümünü modellemek için kullanılır. IDSQ (Information-driven sensor querying)’ de, sorgu düğümü, enerji tüketimi dengeleyicinin, ek avantajlarıyla birlikte hangi düğümün en kullanılabilir bilgiyi sağlayabileceğini tespit edebilir. Bununla beraber IDSQ, sorgu ve bilginin baz istasyonu ve algılayıcı arasında nasıl bağlandığını detaylı bir şekilde tespit edemez. Bu yüzden IDSQ, bütünleyici bir en uygun şekle sokma süreci olarak görülebilir. Benzetim sonuçları gösteriyor ki bu

yaklaşımlar, sorguların eş yönsüz bir ortamda yayıldığı ve ilk olarak en yakındakine ulaştığı yerlerde, enerji açısından Yönetilen Yayılımdan daha etkilidir.

2.2.1.1.7. COUGAR yönlendirme protokolü

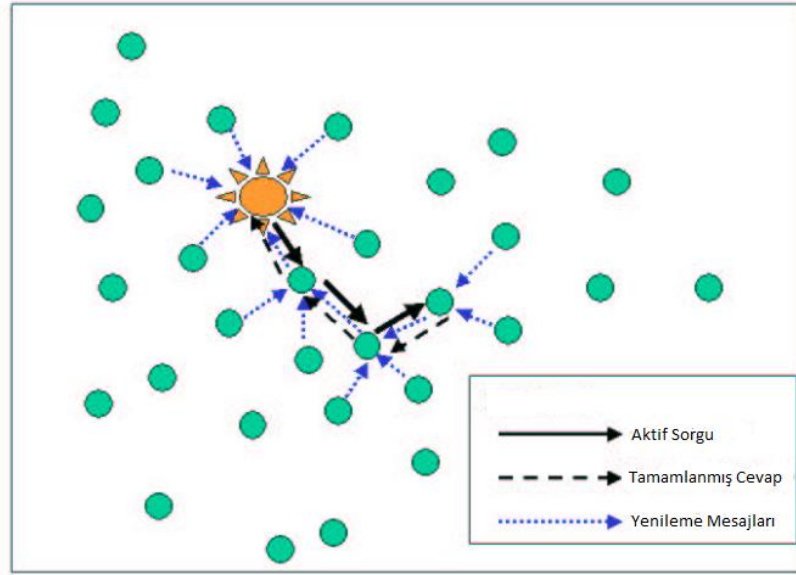
COUGAR'da [22] anahtar fikir, seçme ilgili algılayıcılar ve buna benzer ağ tabaka fonksiyonlarından sorgu sürecini ayırt etmek için, haber veren sorguları kullanmaktır, örneğin ilgili algılayıcıların seçimi gibi. COUGAR, daha fazla enerji tasarrufu elde etmek için ağdaki veri kümelenmesini kullanır. Soyutlama, uygulama ve ağ tabakaları arasında yer alan ek bir sorgu tabakasıyla desteklenir. COUGAR, veriyi toplamak ve BS' ye aktarabilmek için algılayıcı düğümlerin lider bir düğüm seçtiği algılayıcı veritabanı mimarisi içerir.

BS, veri akışından ve gelen sorgu için ağ içi hesaplama hakkındaki gerekli bilgiyi belirten sorgu planı oluşturulmasından ve bağlantılı düğümlere yollamaktan sorumludur. Sorgu planı ayrıca, sorgu için liderin nasıl seçileceğini de tanımlar.

Yapı ağdaki hesaplama kabiliyeti sağlar. Bu oluşturulan verinin yüksek olduğu zamanlarda etkili enerji sağlayabilir. COUGAR veri sorgusu için bağımsız bir network-katman metotları sağlar. Bununla beraber, COUGAR bir kaç probleme sahiptir. İlk olarak, her bir algılayıcı düğümündeki sorgu enerji tüketimi ve hafıza depolamada ekstra bir gider oluşturur. İkinci olarak, veriyi lider düğüme göndermeden önce, ağda veri hesaplama başarısı elde etmek için, bir eşleme gereklidir(gelen kaynaklardan ilk etapta bütün bilgiye ulaşlamayabilir). Üçüncü olarak lider düğümler, hataya meyilli olmamaları için, dinamik olarak onarılmalıdırlar.

2.2.1.1.8. ACQUIRE yönlendirme protokolü

COUAR'a benzer olarak ACQUIRE(ACTive QUery forwarding In sensoR nEtworks) [41] networku dağıtılmış bir veritabanı olarak gösterir. Bu veri tabanı karmaşık sorgular birçok alt sorgulara bölünebilir. Şekil 2.3'de baz istasyonu düğümleri bir sorgu gönderir ve bu sorgu her düğüm tarafından bir sonrakine iletilir.



Şekil 2.3: ACQUIRE Yukarıda ki resimli anlatımında enerji tüketimi az olan tek atlamalı yola karar vermek için birkaç adım ilerideki düğümler kontrol edilmektedir.[41]

Bu süreç esnasında, her bir düğüm önceden ön belleğe alınmış bilgiyi kullanarak sorgulara cevap vermeye çalışır ve bu sorguyu diğer algılayıcı düğümlere göndermek ister. Eğer önceden ön belleğe alınmış bilgi güncel değilse, düğümler komşularından bilgi toplamaya çalışırlar. Sorgu tamamen çözüldüğü zaman, en kısa yoldan baz istasyonuna gönderilir. Bu yüzden ACQUIRE, birçok düğümün cevap göndermesine müsaade ederek birçok karmaşık sorgu ile ilgilenebilir. Yönetilen Yayılım enerji göz önüne alınarak karmaşık sorgular için kullanılamayabilir. Ve Yönetilen Yayılım, devam eden sorgular için, Taşkın temelli sorgu mekanizmalarını kullanır. Sorguyu ilerletmek ve gelecek düğümü seçmek için, ACQUIRE sorguyu rastgele toplar ya da seçim sorgu uygunluğunun maksimum toplamı üzerinde temellenir. Gelecek düğümün seçilmesinin bilgi kazanımına ya da bir düğüme iletilmiş olan sorguya bağlı olduğunu hatırlayabiliriz.

2.2.1.1.9. Rastgele dolaşmayla yönlendirme protokolleri

Yönlendirme tekniğine dayanan rastgele dolaşma istatistiksel öngörü [50] ve KAA'larda çoklu yönlendirme yaparak yük dengelemesini amaçlar. Bu teknik sadece çok kısıtlı hareket kabiliyetine sahip düğümlerden oluşan geniş ölçekli ağları içerir. Bu protokolde algılayıcı düğümlerin rastgele zamanlarda açılıp kapanabileceği varsayılır. Ayrıca, her bir düğümün kendine ait tanımlayıcısı vardır, ancak yer

bilgisine ihtiyaç duyulmamaktadır. Düğümler Şu Şekilde düzenlenmiŐtir; her bir düğüm tam olarak bir düzlemdeki düzenli bir ızgaranın kesişim noktalarından birine düŐmektedir ancak topoloji düzensiz olabilir. Bir kaynaktan onun hedefine yol bulmak için yer bilgisi ve l teks koordinatlar Bellman-Ford olarak bilinen algoritmanın dağıtık eş zamanlı olmayan versiyonu kullanılarak düğümler arasındaki mesafe hesaplanarak elde edilir. Bir orta düğüm, ihtimale göre sonuca daha yakın olan ve sonraki atlama noktası olarak hesaplanmış komşusunu seçer. Bu ihtimali doğru kullanmayla ağda bazı çeşitli yük dengelemeleri elde edilebilir. Yönlendirme algoritması düğümlerin gerektirdiği az miktar durum bilgisini sürdürmek için yeterince sadedir. Sonuç olarak, farklı g zerg hlar farklı zamanlarda aynı kaynak ve sonuç düğüm çiftleri içinde seçilmektedir. Fakat bu protokolle ilgili asıl problem ağın topolojisi gerçekçi olmayabilmesidir.

2.2.1.1.10. Enerji etkin yönlendirme protokolü

Hedef baŐlatımlı reaktif protokol olan EAR(Energy Aware Routing)'nin [39] amacı, ağın ömrünü uzatmaktır. Ayrıca, bu protokol Yönetilen Yayılıma "Directed Diffusion" benzerdir, farklı olarak yüksek oranlarda tek bir optimum yol oluşturmak yerine yol takımı oluŐturmaktadır.

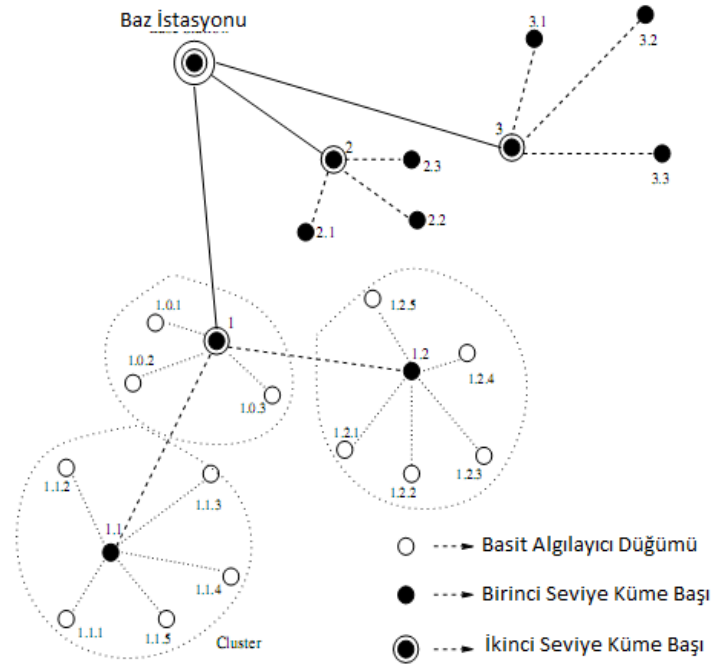
Bu yollar, kesin bir olasılık vasıtasıyla seçilir ve korunur. Bu olasılık değeri, her bir yolun ne kadar az enerji tüketimini baŐarabileceđiyle alakalıdır. Farklı zamanlarda seçilen yollara sahip olunduğunda, herhangi tek bir yolun enerjisi hızlı Şekilde tükenmez. Enerji tüm düğümlere eşit dağıldığından ötürü, bu daha uzun ömür ağ ömrü sağlayabilir. Ağ  mr  bu protokolün ana  l t d r.

Bu protokol, her bir düğümün sınıf tabanlı bir tanımlama ile belirlenebileceğini varsayar. Bu süreç düğümlerin yerini ve türünü de içerir. Protokol, kaynak ve hedef eŐleri arasındaki g zerg hları ve onların maliyetlerini hesaplamak için, yerel Taşkın boyunca bir bağlantı baŐlatır. Ve böylece yönlendirme tabloları oluşturur. Maliyetine oranlı olan komşu düğümleri seçerek, yüksek maliyetli yollar silinir ve ilerleyici bir tablo oluşturulur. Daha sonra bu ilerleyici tablolar, düğümün maliyetine oranlı olması dikkate alınarak, hedefe veri göndermek için kullanılır. Yerel Taşkın yolları canlı tutabilmek için hedef düğüm tarafından oluşturulur. Yönetilen yayılma ile

kıyaslandığı zaman, bu protokol 21.5% enerji fazlası sağlar ve ağın ömrünü 44% artırır. Bununla beraber, bu yaklaşım yerel bilgi toplamayı da gerektirir ve düğümler için adresleme mekanizmasını kurar. Bu süreç güzergâh oluşturulmasını Yönetilen Yayılmaya göre daha karmaşık bir hale getirir.

2.2.1.2. Hiyerarşik yönlendirme protokolleri

Hiyerarşik yönlendirme kavramı KAA' da enerji etkin başarımlar göstermede de kullanılmaktadır. Bir hiyerarşik yapıda, düşük enerjili düğümler hedefin yakınlığını algılamada kullanılabilirken yüksek enerjili düğümler bilgiyi işlemede ve göndermede kullanılabilir. Bunun anlamı şudur, oluşturulan kümeler ve kümenin sebep olduğu özel durumlar büyük ölçüde tüm sistemin ölçeklenebilirliğine, yaşam süresine ve enerji etkinliğine katkıda bulunur. Hiyerarşik yönlendirme küme içinde enerji tüketimini azaltmada etkilidir. Bunu BS' ye iletilen verileri azaltmak için verileri toplayarak ve birleştirerek yapar. Şekil 2.4 bir hiyerarşik ağın yapısını tasvir edilmiştir.



Şekil 2.4: Hiyerarşik Kümelenme[17]

2.2.1.2.1. Algılayıcı bilgi sistemlerinde güç etkin toplama yönlendirme protokolü

PEGASIS(Power-Efficient Gathering in Sensor Information Systems) [26] protokolü zincir tabanlı protokollere en uygun yakınlıkta olmalıdır. Protokolün network ömrünü arttırmak için ana fikri şöyledir; düğümlerin en yakın komşuları ile iletişime geçmeleri gereklidir ve o komşular baz istasyonuna iletişimi teslim ederler. Baz istasyonu ile iletişimde olan bütün düğümlerin etrafı sonlandığı zaman yeni bir çevre başlar ve böyle devam eder. Bu, her bir çevreye veri iletimi için güç tüketimini düşürür. Bunu, tüm düğümlere düzgün şekilde güç aktarımı yaparak sağlar. Bu yüzden, PEGASIS'in iki ana hedefi vardır. İlki, her bir düğümün ömrünü işbirliği teknikleri kullanarak arttırmaktır ve sonuç olarak ağ ömrü artacaktır. İkincisi, birbirine yakın düğümler arasında yerel koordinasyona izin verir böylelikle iletişimde bant genişliği tüketimi düşecektir. LEACH'ten[13] farklı olarak PEGASIS salkım (cluster) şeklinden kaçınır ve çoklu düğüm kullanmak yerine iletmek için zincir tek bir düğüm kullanır.

PEGASIS'de en yakın komşu düğümünü belirlemek için, her düğüm sinyal gücünü tüm komşularına olan uzaklığını belirlemede kullanır ve sonra sinyal gücünü ayarlar böylelikle sadece bir düğüm onu işitir. PEGASIS'deki zincir birbirine en yakın baz istasyonuna doğru şekillenmiş düğümlerden oluşacaktır. Verinin toplanan şekli zincirdeki herhangi bir düğüm ile baz istasyonuna yollanacaktır ve zincirdeki düğümler bu datayı baz istasyonuna iletecektir. Zincirin yapısı bir Açgözlü şeklinde gerçekleştirilir. Benzetim[26] sonuçları gösteriyor ki; PEGASIS, LEACH protokole göre ağ ömrünü iki kat arttırmaktadır. Bu başarıyı kazandı LEACH' deki ekstra tüketimleri dinamik salkım yapısıyla yok etmeyi başarmıştır ve iletim sayısını azaltmıştır, ayrıca veri toplayarak alım olayını da azaltmıştır. Ayrıca kümeleme giderlerinden kaçınıldığı halde PEGASIS yine de dinamik topoloji ayarları gerektirir çünkü algılayıcı düğümleri komşularının enerji durumlarını bilmelerini gerektirir. Bunun nedeni, veriyi nereye yönlendireceğini bilmesi gerekliliğidir. Böylelikle topoloji ayarları özellikle çok kullanılan ağlarda önemli giderlere sebep olabilir. Dahası, PEGASIS'de farz edilir ki her bir düğüm BS ile direk iletişim kurabilir. Pratikte, algılayıcı düğümler BS' ye ulaşmak için çok atlamalı iletişimi kullanırlar. Ayrıca PEGASIS farz edilir ki, ağdaki tüm düğümlerin konumlarını içeren bütün bir

veri tabanını korur. Elde edilen düğüm konumlarının metodu özetlenmemiştir. Ek olarak, PEGASIS farz edilir ki tüm algılayıcı düğümler aynı enerji seviyesine sahiptir. Ve o düğümler muhtemelen aynı zamanda ölürler. Ayrıca, PEGASIS zincir üzerindeki uzak düğümler için fazlaca gecikme getirir. Ek olarak, tek bir baş dar bir boğaz getirecektir. Son olarak, çoğu senaryoya rağmen PEGASIS’de algılayıcılar sabit ve hareketsiz olarak kabul edilir, bazı algılayıcılar harekete izin verebilir ve bu da protokolün işlevselliğini etkiler.

2.2.1.2.2. LEACH yönlendirme protokolü

LEACH [13] ayrıştırılmış küme formu içeren küme temelli bir protokoldür. LEACH rastgele birkaç algılayıcı düğümü küme başı (ClusterHeads (CHs)) olarak seçer ve enerjiyi ağdaki algılayıcılara eşit oranda dağıtmak için bu görevi döndürür. LEACH de ana istasyona transfer edilmesi gereken bilgi miktarını indirmek için küme başı düğümler sorumlu kümeye ait düğümlerden gelen veriyi sıkıştırır ve ardından paketlenmiş veriyi ana istasyona yollar. LEACH kümeler arası veya küme içi çarpışmaları indirmek için TDMA/CDMA ve MAC kullanır. Fakat veri toplanması merkezileşir ve periyodik olarak işlenir. Böylelikle algılayıcı ağ tarafından sabit görüntülemeye ihtiyaç olduğunda en uygunu bu protokoldür. Kullanıcı bütün veriye hemen ihtiyaç duymayabilir. Bu yüzden algılayıcı düğümlerin kısıtlı enerjisini boşaltabilecek olan periyodik veri transferi gereksizdir. Verilmiş bir zaman dilimi içinde küme başının görevindeki rastgele bir döndürmeyi yöneterek algılayıcı ağda tekdüze enerji dağılımı sağlanmış olur. Yazarların benzetim modellerine dayanan bulgusu düğümlerin sadece %5’inin küme başı olarak davranmaya ihtiyaç duyduğudur.

LEACH operasyonu yükleme ve kalıcı durum safhaları olarak ikiye ayrılır. Yükleme safhasında kümeler düzenlenir ve küme başı seçilir. Ana istasyona olan esas veri transferi kalıcı durum safhasında yer alır. İşletim yükünü minimize etmek için kalıcı durum safhasının süreci yükleme safhasının sürecinden uzundur.

Her bir atanan küme başı yayını onların yeni küme başları olduklarına dair ağda geri kalan düğümler için tanıtıcı mesajdır. Bütün küme dışı baş düğümler bu tanıtım mesajını aldıktan sonra ait olmak istedikleri kümeye karar verirler. Bu karar tanıtımın sinyal gücüne dayanır. Küme olmayan baş düğümler uygun küme başlarını

kendilerinin kümenin bir elemanı olduklarına dair bilgilendirirler. Kümedeki düğüm sayısına dayanarak, kümede olmak istediklerine dair düğümlerden gönderilen tüm mesajlar alındıktan sonra küme başı bir TDMA çizelgesi oluşturur ve her bir düğüm için transfer yapabileceği bir zaman aralığı kararlaştırır. Bu çizelge kümedeki tüm düğümler için yayımlanır.

Kalıcı durum safhası süresince algılayıcı düğümler algılamaya ve küme başına veri transfer etmeye başlayabilirler. Küme başı düğüm tüm veriyi aldıktan sonra ana istasyona göndermeden onu toplar. Önceden belirlenen belli bir zamandan sonra ağ yükleme safhasına yeniden geri döner ve yeni küme başı seçme evresine başlar. Her bir küme diğer kümelere ait düğümlerin araya girmesini indirmek için farklı CDMA kodları kullanır.

LEACH ağın yaşam süresini artırabilmesine rağmen hala bu protokolda kullanılan varsayımlarla ilgili bir dizi sorun var. LEACH eğer gerekli ise tüm düğümlerin BS' e ulaşmak için yeterli güçte transfer yapabileceğini ve her bir düğümün farklı MAC protokollerini desteklemek için hesaba dayalı gücünün olduğunu varsayar. Bu yüzden ağ yerleşimi için geniş alanlarda uygulanabilir değildir. Ayrıca düğümlerin hep gönderilecek veriye sahip olduğunu ve yakın konumlanmış düğümlerin verilerinin ilişkili olduğunu varsaymaktadır. Önceden belirlenmiş küme başlarının miktarının ağ üzerinde eşit dağılacağı kesin değildir. Bu sebepten bazı düğümler kendi çevrelerinde hiç küme başı bulamayabilir. Ayrıca dinamik kümeleme fikri ekstra işlem yükü getirmektedir. Örneğin enerji tüketiminden kazanılanı azaltacak baş değişimleri, tanıtımlar vs. Sonuç olarak bu protokol bütün düğümlerin her evrede aynı enerji miktarıyla başladığını varsayar yani küme başı olmanın her düğüm için yaklaşık aynı enerji miktarını harcadığı varsayılır. Bu protokol enerji temelli eşik değeri, kullanan farklı enerjili düğümlere erişim için uzatılmalıdır.

2.2.1.2.3. Küçük minimum enerji iletişim ağı

MECN (Small Minimum Energy Communication Network) [31] belirli bir ağ için düşük güçlü GPS kullanarak enerji etkin bir alt ağ hesaplanma protokolüdür. MECN her düğüm için nöbetleşe çalışan bir bölge olarak tanımlanır. Bu nöbetleşe çalışan bölge, çevresindeki alanda düğümler arasında direk iletimden daha enerji etkin iletim yapan düğümler içerir. MECN'nin ana fikri; daha az sayıda düğüme sahip ve her

belirli iki düğüm arasındaki iletim için daha az güç gerektiren bir alt ağ bulmaktır. Bu yolla, küresel minimum güç yolları ağdaki tüm düğümleri göz önüne almadan bulunur. Bu, her düğüm için onun gönderim bölgesi göz önüne alınarak, sınırlı bir arama kullanılarak yapılır. MECN kendini yeniden yapılandırma ve böylece düğümlerin başarısızlığına dinamik olarak adapte olabilme ya da yeni algılayıcıların yayılmasıdır. Küçük minimum enerji iletişim ağı (SMECN) [23], MECN'ye bir ektir. MECN'de bu farz edilir ki her düğüm diğer her bir düğüme her zaman mümkün olmayanı iletebilir. SMECN'de her düğüm çifti arasındaki olası engeller göz önüne alınır. Ancak, bu ağın MECN durumundaki gibi hala bütünüyle iletişim kurduğu varsayılır. SMCN tarafından minimum enerji geçişi için inşa edilen alt ağ, muhtemelen MECN tarafından inşa edilenden (kenarlarının sayısı bakımından) daha küçüktür.

2.2.1.2.4. Eşik duyarlı enerji etkin yönlendirme protokolü

Bu protokoller zaman-kritik olan uygulamalar için önerilmiştir. TEEN'de [17] algılayıcı düğümler sürekli olarak orta düzeyde algılar fakat veri iletimi daha düşük frekansta yapılır. Bir küme başı algılayıcısı onun tüm üyelerine sert bir eşik değeri gönderir. Bu sert eşik değeri algılama özelliğinin eşik değeridir, yumuşak eşik değeri ise düğümün ileticisini açması ve iletim yapması için algılama özelliğinin değişimindeki en küçük değerdir. Böylece sert eşik değeri, düğümlere sadece algılama özelliği ilgi alanında olduğu zaman iletim yapmasına izin vererek iletim sayısını düşürmeyi dener. Yumuşak eşik değeri algılama özelliğinde çok az değişim olduğunda ya da hiç değişim olmadığında iletim sayısını daha çok düşürür. Eşik değerinin daha küçük değeri, ağın artan enerji tüketiminin daha doğru resmini verir. Böylelikle, kullanıcı, enerji etkinliği ve veri doğruluğu arasında hangisini seçebileceğini kontrol edebilir. Bu planın ana sakıncası, eğer eşik değeri ulaştırılmazsa düğümler asla iletişime geçemeyecektir ve kullanıcı ağdan hiçbir veri alamayacaktır.

Düğümler devamlı olarak çevrelerini algılarlar. İlk olarak, özellik kümesinden bir parametre onun sert eşik değeri ne ulaşır, düğüm ileticisini açar ve algılanan veriyi gönderir. Algılanan değer bir iç parametreye yerleştirilir, buna algılanan değer denilir. Sadece aşağıdaki şartlar doğru olduğunda, düğümler güncel küme

periyodunda veriyi iletirler: birincisi algılanan özelliklerin güncel değeri eşik değerinden daha büyük ise. İkincisi algılanan özelliğin güncel değeri yumuşak eşik değerinden büyük ya da ona eşit miktarda olmasıyla algılanan değerden farklıdır. TEEN'in önemli özellikleri zaman-kritik algılama uygulamaları için uyumluluk içerir. Ayrıca mesaj iletimi veri algılamadan daha fazla enerji tüketir bu yüzden bu plandaki enerji tüketimi proaktif ağlardan daha azdır. Yumuşak eşik değeri çeşitli olabilir. Her küme değişim zamanında yenilenen parametreler yayın yapılır ve bu yüzden kullanıcı onları gerektiğinde değiştirir.

APTEEN, diğer bir deyişle bir karma protokoldür [18]. Bu karma protokol, kullanıcının gereksinimine ve uygulamanın şekline göre TEEN protokolünde kullanılan periyodiklik ve eşik değerini değiştirir.

Düğüm çevresini sürekli olarak algılar ve bir düğüm Sert Eşiğinin ötesinde bir değer algıladığı zaman, o veriyi sadece Yumuşak Eşikten daha büyük ya da eşit miktarda özellik değişimi olduğunda iletir. Eğer bir düğüm zaman sayımına eşit zaman periyodunda veriyi yollamazsa o tekrar algılamaya ve iletmeye mecbur tutulur. Bir TDMA çizelgesi kullanılır ve salkımdaki her bir düğüm bir iletim aralığına atanır. Bu yüzden, APTEEN melez bir ağ oluşturmak için değiştirilmiş bir TDMA çizelgesi kullanır. APTEEN'in ana özelliklerinin şeması şunları içerir: O proaktif ve reaktif planların her ikisini de içerir. O kullanıcının zaman sayımı aralığını ayarlamasına izin vererek çok sayıda esneklik sağlar ve eşik değeri ve zaman sayımı birlikte değiştirilerek enerji tüketimi için eşik değeri kontrol edilebilir. Bu plandaki ana sorun, sayım zamanı ve eşik fonksiyonlarını uygulamak için ek karmaşıklık getirmesidir. TEEN ve APTEEN'in benzetim sonuçları gösteriyor ki bu iki protokol LEACH protokolünden üstündür. Deneyler ispat ediyor ki APTEEN'in başarımı bazı yerlerde enerji dağılımı ve yaşam süresi bakımından LEACH ve TEEN'in arasındadır. İletimlerin sayısı azaldığında TEEN en iyi başarımı vermektedir. İki yaklaşımın da ana problemi birçok seviyede salkım şekli ile ilgili karmaşıklık ve giderlerdir ayrıca özellik tabanlı sorgu isimleriyle nasıl üstesinden gelineceğidir.

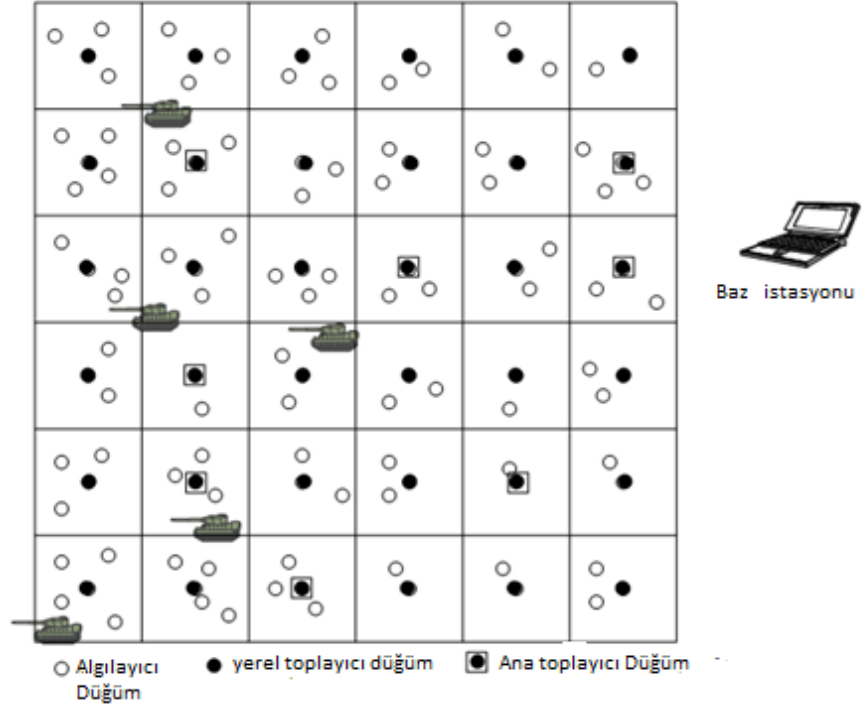
2.2.1.2.5. Kendi kendini organize yönlendirme protokolü

Subramanian ve diğerleri kendi kendini organize protokolünü ve heterojen algılayıcıları destekleyen mimariyi oluşturmak için kullanılan uygulama tasnifini

tanımlar [21]. Ayrıca, bu algılayıcılar sabit veya hareketli olabilir. Bazı algılayıcılar çevreyi araştırır ve veriyi yönlendirici olarak hareket eden düğüm kümesine iletir. Yönlendirici düğümler sabittir ve iletişimin belkemiğini oluşturur. Toplanan bilgiler yönlendiriciler sayesinde daha güçlü BS düğümlere iletilir. Ağın bir parçası olması amacıyla her bir algılayıcı düğümü bir yönlendiriciye ulaşabilmelidir. Her bir algılayıcı düğüm ağın bir parçası olabilmesi için bir yönlendiriciye ulaşabilmesi gerekmektedir. Algılayıcı düğümler bağlı buldukları yönlendirici düğümler vasıtasıyla tanımlanabilir. Yönlendirici yapısı aşamalıdır. İhtiyaç halinde Düğümler grupları oluşturulur veya birleştirilir. Bir şekil üzerinde gelişigüzel hareketler uygulayan Yerel Markov Döngü algoritması [21] hata toleransını desteklemek ve yayımlamak için kullanılır. Sanal ızgara fikrine benzer yaklaşım bazı protokollerde kullanılmıştır. Bu yaklaşım, algılayıcı düğümler bireysel olarak yönlendirici yapıda adreslenebilir. Bu yüzden, özel düğümün gerektiği iletişim uygulamaları için uygundur. Ayrıca, bu algoritma, yönlendirme tablosu sürdürebilmek ve yönlendirme hiyerarşisini dengede tutmak için az bir masraf oluşturur. Mesaj yayımlamak için harcanan enerjinin SPIN protokolünde harcanandan daha az olduğu da bulunmuştur. Ama bu protokol talep üzerine bir protokol değildir özellikle algoritmanın organizasyon evresinde. Bu yüzden, ekstra yük getirmektedir. Başka bir mesele hiyerarşinin yapısıyla alakalıdır. Ağda birçok kesiklerin olması muhtemeldir. Bu yüzden, yeniden düzenleme evresi ihtimali artar. Bu da masraflı bir olaydır.

2.2.1.2.6. Sanal ızgara mimarili yönlendirme protokolü

Bu protokolda sabit doğrusal soyut topoloji elde etmek için kare gruplar kullanılır. Her bir alan içinde, bir düğüm grup başı oluşturmak için sabit olarak seçilir. Bilgi toplama iki düzeyde gerçekleşir: yerel ve evrensel. Grup başları yerel toplayıcı diye de anılır. Bu yerel toplayıcıların alt kümeleri global toplama yapılırken kullanılır. Ancak, global toplama noktalarının optimum seçimlerinin belirlenmesi zor problemdir. Şekil 2.5: sabit alanın bir örneğini göstermektedir [48]. Ve VGA iki düzey veri toplama işini yerine getirmekte. Baz istasyonunun konumu uç köşelerde olmak zorunda değil. Bunun yerine herhangi bir yerde bulunabilir.



Şekil 2.5: Sanal Izgara Mimarili Yönlendirme[48]

Düzenli şekiller mozaik şeklinde ağ alanına uygulanmış. Her bir bölgede, yerel toplamlar için grup başı seçilir. Ana düğümler adı verilen bu grup başların alt dizileri, küresel toplama yapmak için en uygun şekilde seçilmiştir.

Yönlendirme için [48]'de iki çözüm stratejisi sunulmuştur: bir tamsayı doğrusal program formülünü kullanan tam doğru bir algoritma ve birkaç optimuma yakın ama basit ve etkin algoritma. Bu optimuma yakın algoritmalar genetik, “k-means” ve Açgözlü sezgiye dayanan algoritmalarıdır.

2.2.1.2.7. Algılayıcı toplamalı yönlendirme protokolü

Bu protokolde amaç belirli bir çevredeki hedef faaliyeti toplu olarak izlemektir (hedef takip uygulaması) [38]. Bir algılayıcı toplayıcı ağ içerisinde ortak bir işleme görevi için uygun bir gruplaşma parametreleri belirten düğümleri içerir. Belirtilen parametreler amaca ve kendi si için gerekli kaynaklara bağlıdır. Uygun Algılayıcı Toplayıcısının yapısı [38] numaralı kaynak içerisinde kaynak dağıtımını algılamada ve iletişim görevleri içerisinde tartışılmıştır. Bir algılayıcı alan içerisinde bulunan algılayıcılar kendi sinyal gücüne göre kümelere bölünmüştür ve bu yüzden her küme

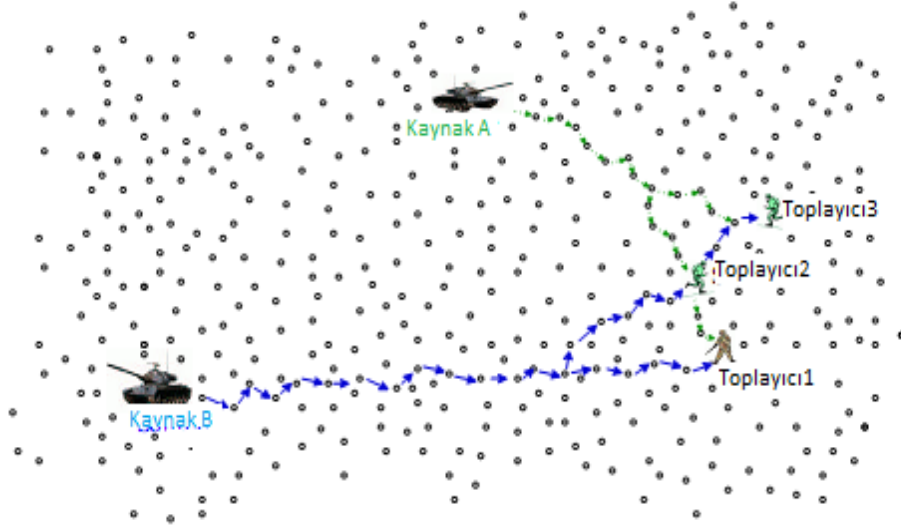
için sadece bir erişim vardır. Daha sonra, yerel küme liderleri seçilir. Bir erişim bir hedefi temsil eder, çoklu hedefler ya da hedefsizlik gürültü kaynakları tarafından üretilir. Lider kümeyi seçmek için, komşu algılayıcılar arasında bilgi alış verişi gereklidir. Eğer bir algılayıcı, kendi komşusu ile bilgi değişikliği yaptıktan sonra, sinyal alan bir bölge üzerinde kendi komşularında daha yüksek bir lider bulursa kendi liderini kendi seçer. Bu lider tabanlı izleme algoritması coğrafik bölgeyi bilen tek bir lider değerlendirir.

[38] numaralı kaynak içerisinde üç tane algoritma önerilmiştir. Birincisi hafif bir protokol olan (Distributed Aggregate Management) DAM hedef izleme görevi için algılayıcı toplayıcılarını oluşturmak içindir. Bu protokol gruplaşmanın düğümler için nasıl oluşturulduğu hakkında bir bilgi iletim planı M ve toplayıcı içerisinde eğer katılımı gerekli ise her düğüm için bir karar P içerir. Süreç sonunda toplayıcılar şekillenir. İkinci algoritma ise, (Energy-Based Activity Monitoring) EBAM algoritmasıdır ve sinyal etki alanında her bir düğüm için enerji seviyesini hesaplar. Üçüncü algoritma (Expectation-Maximization Like Activity Monitoring) EMLAM eşit enerji seviyesi varsayımını uzaklaştırır. EMLAM alınan sinyallerde kullanılan enerji seviyesini ve hedef pozisyonu hesaplar ve bu sonucu hedeften gelen sinyallerin her bir algılayıcıda nasıl karıştırılmış olacağını tahmin etmek için kullanır. Bu işlem tahmin yeterince iyi olana kadar tekrarlanır.

Dağıtılmış takip başlatma yönetim planı, [38]'de tanımlanan lidere dayalı takip algoritması ile birleştirilen, ölçülebilir bir sistem oluşturuyor. Bu sistem çoklu hedef takibinde iyi çalışıyor, hedefler karışmadığında ve hedefler ayrı bir tarafa hareket ettiğinde hedefler arası parazitten tekrar ele geçirilebiliyor.

2.2.1.2.8. İki-sıralı veri dağıtımını yönlendirme protokolü

TTDD (Two-Tier Data Dissemination) de [28], her bir veri kaynağı önleyici tedbirler olarak bir ızgara yapı inşa etmektedir. Bu ızgara yapı bilgileri hareketli toplayıcı yaymakta kullanılır, algılayıcı düğümler durağan ve tespit edilebilir konumda farz edilmektedir.



Şekil 2.6: Askerlerin tankların konum bilgilerini topladığı Kablosuz Algılayıcı Ağı[28]

Şekil 2.6 da tasvir edildiği gibi TTDD de toplayıcı yerlerini değiştirirken, algılayıcı düğümler durağan ve tespit edilebilir. Bir olay olduğunda, algılayıcı onu kuşatır ve bu sinyallerden biri veri kaynağını oluşturur. Algılayıcı düğümler sıkça değişmeyen görevlerinin farkındadırlar. Izgara yapı inşa etmek için, bilgi kaynağı kendisini ızgara in başlangıç noktası olarak seçer ve veri anons mesajı her bir dört bitişik kesme noktalarına basit doyumuz coğrafi sevki kullanarak gönderir. Kesme noktalarına kapalı bir düğüme mesaj ulaştığında, durur. Bu işlem sırasında, her bir orta dereceli düğüm bilgi kaynağını depolar ve mesajı bitişik kesme noktalarına, geldiği nokta hariç, gönderir. Bu işlem ağı sınırlarında mesaj durana kadar devam eder. Kaynak bilgilerini depolayan düğümler yarma noktaları olarak seçilir. Bu işlemden sonra, ızgara yapı elde edilir. Bu ızgarayı kullanarak, BS yerel hücrede en yakın yayılımı noktasına gönderilen sorguları götürür. Sonrasında, bu sorgular kaynağa karşı yukarı akım noktalarına gönderilir. Talep edilen bilgi sonra, toplayıcı ters yolunda akar. Yörünge iletisi algılayıcı alanında BS hareketi olarak kullanılır. TTDD etkin bir yönlendirici yaklaşım olmasına rağmen bazı endişeler mevcuttur. Algoritma ızgara yapının oluşturulması için gereken yer bilgilerini nasıl elde ediyor gibi. TTDD sevkiyat yolunun uzunluğu en kısa yoldan daha uzundur. TTDD'nin yaratıcısı şuna inanmakta: alt en uygun uzunluktaki yol ölçeklenirlikte kazanç sağlar. Sonuç olarak, ağ içinde hareketli algılayıcının dolaşmasına izin verilirse, TTDD'nin nasıl çalışacağı hala ucu açık bir soru. TTDD ve direkt dağılma sonuçları

kıyaslandığında şunu göstermiştir: TTDD daha uzun yaşam süresi ve bilgi ulaşım gecikmesi elde etmiştir. Ama sağlanan ve tekrar hesaplanan ağ topolojisi olarak kullanılan ızgara ile birleştirilmiş genel gider değişimleri yüksek olabilir. Ayrıca, KAA'lar için henüz ulaşılabilir olmayan çok kesin yer sistemi TTDD ulaşılabilirliğini varsayar.

2.2.1.2.9. Hiyerarşik güç-etkin yönlendirme protokolü

HPAR(Hierarchical Power-aware Routing) ağı algılayıcı gruplara böler [33]. Coğrafik yakınlıktaki her bir algılayıcı grup birlikte bir bölge olarak kümelendirilir ve her bir alan tek ve bağımsız bir varlık gibi davranır. İletimi sağlamak için, her bir alana mesajı hiyerarşik olarak karşı alana nasıl ileteceğini karara bağlaması görevi verilir. Sistemde düğümlerin pil ömür süresi maksimize edilir. Mesaj yol üzerinden iletilir. Bu yol, tüm minimum kalan güç üzerinde maksimuma sahiptir. Buna “max-min” yolu denir. Minimum güç harcayan yol ile kıyaslandığında yüksek artık güçlü düğümlerin hareket ettirilmesi daha masraflı olabilir. “Max-min zPmin” algoritması olarak isimlendirilen yaklaşım algoritması, [26]'da tasarlandı. Algoritmanın püf noktası toplam güç tüketimini minimize etmeyle ağın kalan minimum gücünü maksimize etme arasında dengelemeye bağlıdır. Bu yüzden, algoritma güç tüketimini kısıtlayarak “max-min” yolunu yükseltmeye çalışır. İlk olarak, algoritma “Dijkstra” algoritmasını kullanarak en az güç tüketimi ile yolu bulur (Pmin). İkinci olarak, algoritma, ağda minimum kalan gücü maksimize eden yolu bulur. Sunulan algoritma her iki çözüm kriterini optimize eder. Minimum güç tüketimini hafifletmekle bu elde edilir. Mesaj zPmin ile eşitlenir. Parametre gönderilen bir mesaj için güç tüketimi $z \geq 1$ için “zPmin” a kısıtlamış. Algoritma en çok “zPmin” i minimum kalan güç parçasını en yüksek düzeye çıkarırken tüketir.

[26]'da önerilmiş olan diğer bir algoritma “max-min zPmin” e dayalı bölge tabanlı yönlendirme adı verilen bir algoritmadır. Bölge tabanlı yönlendirme, küçük miktarda bölgelere bölünmüş algılayıcı ağ ile kaplı olan alanda hiyerarşik bir yaklaşımdır. Tüm alana mesaj göndermek için, alandan alana global yollar bulunur. Alandaki algılayıcı bağımsızca yerel yönlendirme ile yönlendirir ve tahmini alan güç seviyesine katılır. Her bir mesaj, alan güç tahmin bilgisini kullanarak alanın öbür tarafına iletilir. Mesaj iletimi için küresel kontrolör alanı yönetmek için atanır. Bu en

güçlü düğüm olabilir. Eğer ağ diğerine nazaran daha küçük alanlara bölünebildiyse, küresel yönlendirme algoritması için ölçek indirgenmiştir. Her bir mesajı göndermek için gerekli global bilgi her bir alanın güç düzey tahmini ile özetlenebilir. Bu yönde eğer geçerli alan sonraki komşu alana gidebilirse, bir bölge çizelgesi bağlı komşu alanların öğelerini göstermek için kullanılır, Her bir alanın tepesi birinci seviye güce sahiptir. Her bir alanın istikamet tepesi tahmini güç seviyesi tarafından etiketlenir. Bu güç seviyesi Bellman-Ford algoritması kullanan prosedür ile hesaplanır. Ek olarak, iki algoritma bölge çizelgesi kullanılarak yerel ve küresel yol seçimi özetlenmiştir.

2.2.1.3. Konum tabanlı yönlendirme protokolleri:

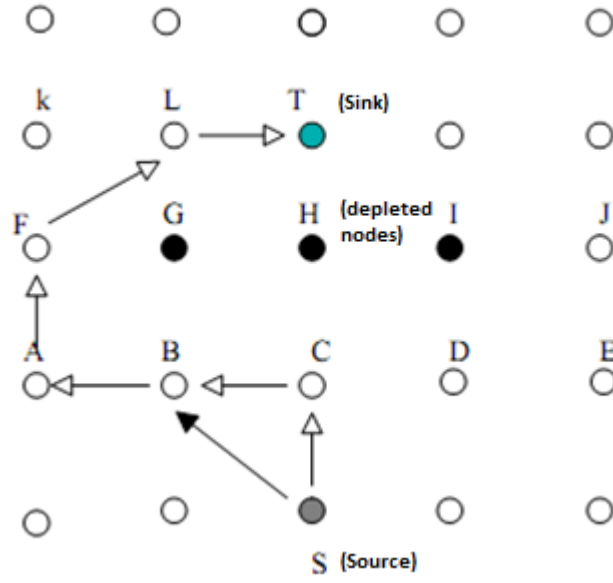
Gelen sinyal gücü ile komşu düğümlerin mesafesi hesaplanır. Komşu düğümlerin göreceli koordinatları [29], [30], arasında bilgi alışverişi ile elde edilebilir. Düğümlerin yerleri uydularla haberleşme yoluyla da belli edilebilir. Eğer düğümler küçük enerjili GPS alıcılarıyla donatılmışsa, [32] GPS kullanılarak da göreceli koordinatlar. Bu tarz yönlendirmede, algılayıcı düğümler konumları vasıtasıyla gönderilmektedir [36].

2.2.1.3.1. Coğrafi ve enerji etkin yönlendirme protokolü

GEAR (Geographical and Energy Aware Routing) [41] olarak adlandırılan protokol, bir paketi hedef bölgeye doğru yönlendirmek için, enerji duyarlı ve coğrafi olarak bilgilendirilen sezgisel “heuristics” komşu seçimi kullanır.

Anahtar fikir, veriyi göndereceği komşusunu bulmak için gönderilen veriyi “interest” bütün ağa göndermektenense, daha çok kesin bir bölgeyi gözeterek yönlendirilen difüzyondaki “interest” sayısını kısıtlamaktır. Bunu yaparak, GEAR yönlendirilenden daha çok enerji tasarruf eder.

GEAR’daki her bir düğüm, komşuları üzerinden hedefe ulaşım için tahmini ve öğrenilen tüketimi tutar. Tahmini tüketim, hedefe olan mesafe ile artı kalan enerjinin bir birleşimidir. Gerçek tüketim ise, ağdaki boşluk etrafındaki yönlendirmenin neden olduğu tahmini tüketimin düzeltilmiş halidir.



Şekil 2.7: Boşluk etrafından yönlendirme öğrenimi[41]

Bir boşluk, bir düğümün hedef bölgeye kendisinden daha yakın, bir komşu olmaması durumunda ortaya çıkar. Eğer boşluk yoksa tahmini tüketim gerçek tüketime denktir.

Öğrenilen tüketim metodu daha sonraki paketler de yol ayarı yapabilmek için, her zaman hedefe ulaşan ve geri dönen bir paket yayar.

Algoritmada iki faz var: birincisi paketleri hedef bölgeye doğru iletmek: bir paketin alınması üzerine, bir düğüm bölgeye kendisinden daha yakın bir komşusu olup olmadığını kontrol eder, eğer birden fazla varsa, en yakın komşusunu atlamak için seçer. Eğer hepsi bundan yakın ise, şekil 2.7 de tasvir edildiği gibi bunun anlamı bir boşluk varlığıdır.

Bu durumda, komşulardan biri paketi iletmek için seçilir öğrenilen tüketim fonksiyonu doğrultusunda.

Seçim, paketlerin seçimi esnasında gerçek maliyetin yakınsamasına göre güncellenebilir.

İkinci faz paketlerin bölge kapsamında iletilmesi: Eğer paket bölgeye ulaştıysa, o bölge içinde tekrarlanan coğrafi iletim ya da kısıtlı taşıma şeklinde yayılabilir. Kısıtlı taşıma, algılayıcılar yoğun şekilde yerleştirilmediğinde iyidir.

Yüksek yoğunluklu ağlarda, tekrarlanan coğrafi taşıma kısıtlı taşımadan enerji anlamında daha verimlidir. Bu durumda, bölge 4 alt bölgeye bölünür ve 4 kopya paket oluşturulur. Bölünme ve iletim süreci yalnızca tek bir düğüm kalana dek sürer.

[41] de, GEAR, GPSR [42] ile karşılaştırılır. GPSR, hücrelerin problemini çözen düzlemsel grafiği kullanan coğrafi yönlendirme ile yapılan ilk araştırmalardan biridir. GPSR olduğu taktirde, paketler kendi yönlerini bulmak için düzlemsel grafiğin parametresini takip ederler. GPSR yaklaşımı korunması gereken düğüm sayısını düşürmesine rağmen, genel mobil tasarsız ağlar için tasarlanmıştır ve harita konumlar ve düğüm tanımlayıcı için konum servisi gerekiyor. GEAR, yönlendirme kurulumu için enerji tüketimini düşürmekle kalmayıp, paket teslimi açısından GPSR den daha iyi başarımlar gösterdi. Bu benzetim sonucu şunu gösterdi: düz olmayan trafik dağılımı için, GEAR, GPSR den %70-%80 daha fazla paket teslim etti. Tekdüze trafik çiftleri için, GEAR, GPSR den %25-%35 daha fazla paket teslim etti.

2.2.1.3.2. Coğrafi aslına uygunluk uyarlamalı yönlendirme protokolü

GAF(Geographic Adaptive Fidelity) öncelikle mobil ve tasarsız ağlar için tasarlanmış enerji etkin konumsal yönlendirici algoritmadır, fakat algılayıcı ağlar için de uygulanabilir [32]. Ağ alanı ilk olarak sabit bölgelere ve sanal ızgaralara bölünmüştür. Her bir bölge içinde, düğümler farklı roller oynamak için birlikte hareket ederler. Örneğin, düğümler belli bir zamanda uyanık kalmak için bir algılayıcı düğümünü seçerler ve sonrasında uykuya geçerler. Bu düğümlerin bilgilerini BS' e bölgedeki düğümler adına görüntüleme ve rapor etmeyle vazifelidirler. Bundan dolayı, GAF, yönlendirme doğruluğunu etkilemeyecek şekilde gereksiz düğümleri kapatarak enerjiyi korur. Her bir düğüm GPS de belirtilen sanal ızgarada kendisiyle alakalı konumu kullanır. Izgara üzerinde aynı noktaya bağlı düğümler, paket yönlendirme maliyeti açısından eşit sayılırlar. Bu tarz eşitlikler, enerjiyi korumak için, hususi ızgara alanlarında uyku halinde konumlanan bazı düğümleri korumak için kullanılır. Bu şekilde, GAF düğüm sayısını artırarak büyük ölçüde ağ ömrünü artırabilir. GAF da tanımlanmış üç durum söz konusudur. Bu durumlar ızgarada komşuları belirlemek için araştırma, yönlendirmeye aktif yansıtılarak katılım ve radyo kapatıldığında uykuya geçmedir. Taşınılırlığı sağlamak için, ızgaradaki her bir düğüm kendi ayrılma süresini tahmin eder ve bunu

komşusuna gönderir. Uyuyan komşular yönlendirme uygunluğunu korumak için uyku sürelerini buna göre ayarlar. Aktif düğümün ayrılma süresi geldikten sonra, uyuyan düğümler uyanır ve biri aktif olur. GAF hem hareketli hem de hareketsiz düğümler için uygulanır. [32]'teki sabit kümeler eşit ve kare şeklinde seçilir. Kare boyutların seçimi, gerekli verici güce ve haberleşme istikametine bağlıdır. Dikey ve yatay haberleşme $a=r/\sqrt{5}$ mesafesinde gezinen sinyallerin var olmasıyla garanti edilir, bitişik dikey ve yatay kümelerde seçilen herhangi iki algılayıcı düğümleri direkt olarak haberleşebilir. Çapraz haberleşmenin olması için sinyal $b=r/2\sqrt{2}$ mesafesini kapsamaması gerekir. Bu mesele rolünün düğümlerin küme başı olarak nasıl planlanacağıdır. Küme başı kümesindeki algılayıcı düğümlerden bir obje algıladığında, çalışmasını ve bilgi toplamasını isteyebilir. Sonra, küme başı diğer düğümlerden gelen ham bilgileri teslim almaktan ve BS e iletmekten sorumludur. [32]'de yazar şunu varsaymakta: algılayıcı düğümleri kendi konumlarını şimdiki teknoloji ile olanaksız olan GPS kartları kullanarak bilebilirler. GAF, temsilci düğümleri sanal ızgarasında her bir alan için her zaman aktif modda tutarak ağ haberleşmesini korumaya çalışır. Benzetim sonuçları şunu gösterir: GAF, gecikme ve paket kaybı açısından en az normal geçici yönlendirici protokol kadar işler ve enerjii koruyarak ağ ömrünü uzatır. GAF konumsal protokol olmasına rağmen, kümelerin coğrafi konuma dayandığı yerde hiyerarşik protokol olarak düşünülür. Her bir hususi ızgara alanları için, bir temsilci düğüm lider olarak bilgileri diğer düğümlere iletir. Ancak lider düğüm, daha önce bahsi geçtiği gibi diğer hiyerarşik protokolda olduğu tarzda toplama ve füzyon yapmaz.

2.2.1.3.3. MFR, DIR ve GEDIR yönlendirme protokolleri

Bu algoritmalar temel mesafe, işlem ve yöne dayalı metotlarla ilgilidir [44]. Anahtar mesele ileri yön ve geri yöndür. Kaynak düğüm veya herhangi orta düğüm, belirli bir kritere göre komşularından bir tanesini seçer. Bu kategoriye ait yönlendirici metot, MFR, GEDIR, iki sekme açgözlü metodu, alternatif açgözlü metodu ve DIR (pusula yönlendirme metodu) dur. GEDIR, açgözlü algoritmanın çeşididir. GEDIR algoritması, hedefe olan uzaklığı en az olan komşusuna paketi taşıyan açgözlü algoritmadır. Paketler üst üste aynı kenarda iki kez kesiştiklerinde algoritma başarısız olur. Birçok durumda, MFR ve açgözlü metotlar, hedefe giderken aynı yolu kullanırlar. DIR metodun da, en iyi komşu hedefe en yakın yöne (açısal) sahiptir.

Yani, geçerli düğüm ve hedefe katılan sanal hattan minimum açısız mesafeli komşu seçilir.

Bu algoritmaların karşılaştırmalı çalışmaları [44] şunu gösterdi: teslim oranı ve ortalama genişleme açısından üç temel algoritma benzer başarıma sahiptirler. Ayrıca, benzetimler gösterdi ki %99 dan daha fazla durumda, MFR deki düğümler ve açgözlü metotlar aynı gönderme komşusunu seçer ve bütün seçili yollar bir çok durum için özdeştir.

2.2.1.3.4. SPAN yönlendirme protokolü

Diğer pozisyon merkezli algoritma, SPAN [37], pozisyonlarına bağılı olarak bazı düğümleri seçerler. Koordinatörler, mesaj iletmek için kullanılan ağıın belkemiğini oluştururlar. Düğüm, eğer koordinatörsüz düğümün iki komşusu birbirlerine direkt veya bir ya da iki koordinatör aracılığıyla (3 sekme ulaşılabilirliği) ulaşamıyorsa koordinatör olmalıdır. Yeni ve var olan koordinatörlerin [37]'de komşu olmaları gerekmez. Aslında, karmaşık SPAN algoritmalarında iki veya üç sekme komşuların pozisyonlarını korumalarına ihtiyaç olduğundan daha az enerji etkin bir tasarım yapar.

2.2.1.3.5. Yüz uyarlamalı diğer aç gözlü yönlendirme protokolü

GOAFR (The Greedy Other Adaptive Face Routing)'nin [45] açgözlü algoritması daima yönlendirme için bir sonraki düğüme en yakın komşuyu toplar. Fakat bazı yerel minimumlarda kolayca saplanabilir. Örneğin, düğüme geçerli düğümünden daha yakın komşu mevcut değildir. Diğer yüz Yönlendirme, yüz yönlendirmenin bir çeşididir. Yüz yönlendirme [44] algoritması, kaynakla hedef bağılandığında başarıyı garanti eden ilk algoritmadır. Ama yüz yönlendirmenin en kötü durumu, düğüm sayısı açısından ağıın boyutuyla orantılı olmasıdır. En kötü durumda en iyi yönlendirme ile yarışan ilk algoritma uyarlamalı yüz yönlendirme algoritmasıdır. Bunun yanında, düşük sınırlı argümanlarla, uyarlamalı yüz yönlendirme, asimptotik olarak en kötü durum optimumu olarak gösterilir. Uyarlamalı yüz yönlendirme ortalama durumda verimli değildir. Diğer yüz yönlendirme düzlemsel grafiklerin yüz yapılarından yararlanır. Öyle ki, yüz sınırlarının bir serisi zikzaklı giderek, mesaj düğüm s den t ye yönlendirilir. Amaç sınırlarda en iyi düğümü bulmaktır. Örnek,

geometrik düzlem kullanılarak hedef t ye en yakın düğüm. Bittiğinde, algoritma, sınırdaki en iyi düğüme s ye döner. Basit açgözlü algoritma yoğun ağda iyi hareket eder ama [45]'de gösterilen çok basit yapılandırmalarda hataya düşer. Şu gösterildi ki: GOAFR algoritma hem kötü durum da hem de ortalama durum da başarabilir. GOAFR benzetim sonuçlarına dayanarak, ortalama durum başarımını geliştirecek birkaç yol daha mevcuttur. Ayrıca şu da gösterilmiştir ki: GOAFR, GPSR veya AFR gibi diğer baskın algoritmalarından daha üstündür.

2.2.2. Protokol işlemine bağlı yönlendirme protokolleri

Protokol uygulamasına bağlı olarak farklı işlevselliği olan yönlendirme algoritmaları bu başlık altında alınmıştır. Aşağıdaki protokoller yukarıdaki çeşitli başlıklar altına düşebilir.

2.2.2.1. Sorgu tabanlı yönlendirme protokolü

Bu tip yönlendirmede, hedef düğümler ağ içerisinde bulunan bir düğümden bir sorgu verisi üretir ve bu veriye sahip olan ağ ve bir düğüm veri gönderir ve bu veri düğüm için sorgu eşleştirmesi yapar. Genelde bu sorgular doğal dil ya da yüksek seviyeli sorgu dilleri içerisinde tasvir edilir. Örneğin, alıcı C1 düğüm N1 için bir sorgu sunar ve sorar: Uzay savaş alanı içerisinde hareket eden taşıyıcılar var mı? Bütün düğümler algılama görevi gören sorgulardan oluşan çizelgeye sahiptir ve bu görevi eşleştirmek için veriyi alıp gönderirler. Yönetilen yayılımda, BS düğümü algılayıcılar için ilgili mesajları gönderir. Algılayıcı ağ yapısı boyunca ilgili mesajlar üretilir, BS için kaynaktan geri gelen eğilim kurulur. Kaynak "interest" için veriye sahip olduğu zaman kaynak "interest" lerin eğimi boyunca veri gönderir. En düşük enerji tüketimi için, veri birleşimi yol üzerinde yapılır.

Söylenti yönlendirme protokolü [34] yollar oluşturmak için uzun ömürlü faktörler dizisini kullanırlar. Önemli bir yol ile çapraz yol faktörleri henüz karşılaşılmayan bir olay için olayları yönetmesi için yeni bir yol oluşturur. Daha kısa yolların ya da daha verimli yolların karşısından temsilciler geldiği zaman yönlendirme çizelgesine bağlı olarak optimize edilirler. Her düğüm kendi komşularının bir listesini sağlar ve yeni olaylarla karşılaştığında olaylar çizelgesi güncelleştirilir. Her faktör ziyaret edilen her düğüm ile senkronize edilen bir olay tablosu içerir. Bu temsilci öldükten sonrada

belli bir yaşam süresine sahiptir. Bir düğüm gerekli olay için bir yönlendirme öğrenemezse bir sorgu da üretmeyecektir. Eğer uygun bir yol yok ise, düğüm sorguyu rastgele gönderir. Sonra, düğüm belli bir zaman, sorgunun hedefe eriştiğini öğrenmek için bekler.

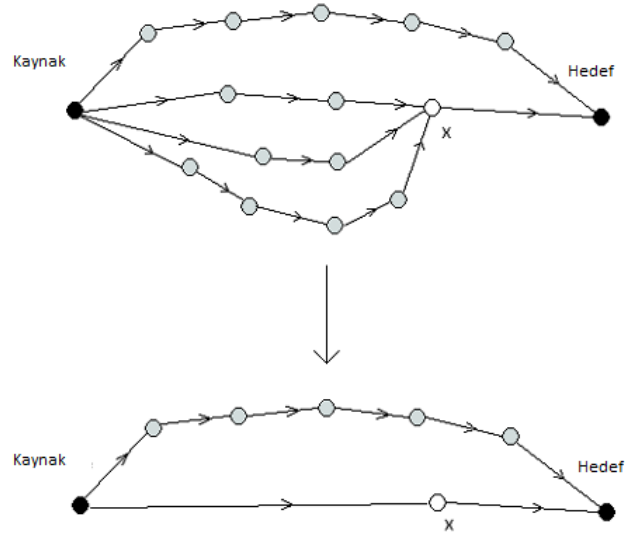
2.2.2.2. Çok yollu yönlendirme protokolleri

Yönlendirme protokollerinin basit bir yol yerine çoklu bir yol kullanmaları ağ başarımını yükseltmek içindir. Bir protokolün hata toleransı, birincil yolun başarısız olduğu durumlarda bir kaynak ve bir hedef arasında değişimli bir yolun var olma olasılığı ile ölçülür. Bu ölçüm hassasiyeti, artan enerji tüketimi ve trafik üretimi pahasına kaynak ve hedef arasında birden fazla yolu koruyarak, artırılabilir. Bu değişimli yolların hayatta kalması periyodik bir şekilde mesaj göndererek sağlanabilir. Dolayısıyla, ağ güvenilirliği alternatif yolları korumanın artan yükü pahasına artırılabilir.

Maksimum ağ ömrü amaçlayan [6]'da ki algoritma bir yol boyunca en büyük artık enerjiye sahip olan düğümlere veri aktarımını sağlayacak. Daha iyi bir yol keşfedildiğinde var olan yol her zaman değiştirilir. Birinci yol, kendi enerjisinin kullanılan yeni yolun enerjisinin altına düşüne kadar kullanılacaktır. Bu yaklaşımın kullanımı ile birincil yoldaki düğümlerin aynı yolun sürekli kullanımı ile kendi enerji kaynağını boşaltamayacak bu yüzden daha uzun bir yaşam hedeflenmektedir. Ancak, bu değişmeli yolun maliyeti bu çalışmada hesaplanmadı.

Uygun bir yolda, bir ağ içerisinde bir veri gönderileceği zaman en büyük artık enerjili yol ile çok büyük bir enerji tüketimi olabilir. Bu yüzden, ağ içerisindeki artık enerji ve toplam tüketilen enerjinin azaltılması arasında bir dengeleme vardır. Önerilen algoritmada[33] yönlendirmenin artık enerjisi daha fazla enerji verimliliğini sağlamak için bir miktar gevşetilebilir.

Çok yönlü yönlendirme [47]'da KAA'ların güvenilirliğini artırmak için kullanılmıştır. Önerilen bu tasarı güvenli olmayan ortamlar içerisinde veri alış verişi için oldukça kullanışlıdır. Ağ güvenilirliğinin, kaynaktan hedefe doğru her yol üzerinde aynı paketlerin gönderimi şekil 2.8 de tasvir edildiği gibi birden fazla yolun sağlanmasıyla artırabileceği bilinmektedir.



Şekil 2.8: Çok yollu örülmüş durum[47]

Ancak, bu tekniğin kullanımı ile veri alış-verişinin yoğunluğu önemli ölçüde artacaktır. Bundan dolayı, ağ yapısının güvenilirliği ile yoğunluğun miktarı arasında bir dengeleme vardır. Bu denge [47]'de fazlalık fonksiyonu kullanılarak üzerinde çalışılmıştır. Bu fazlalık fonksiyonu uygun yolların başarısızlık olasılığı ve çoklu yolların derecesine bağlıdır. Bu fikir, alt paketler içerisindeki orijinal veri paketlerini paylaşmak içindir ve sonra uygun çoklu yolların biri boyunca her veri paketi gönderilir. Bu alt veri paketlerinde bazıları kaybedilse bile, orijinal mesajın tekrar oluşturulabileceği bulunmuştur. Algoritmaya göre, verilen maksimum düğüm başarısızlık olasılığı için, belirli en uygun bir değerden daha büyük çoklu yol derecesinin kullanımı ile toplam başarısızlık olasılığını artıracaktır.

Yönetilen bir yayılma [14] çoklu yönlendirme ve teslimatın zorluğu için iyi bir adaydır. Yönetilen yayılma tabanlı çoklu bir yönlendirme hesabı üzerinde çalışılan bazı kısmi parçalı yolları bulur. [19]'da yollar ayrık düğüm değildir bir miktar birbiri üzerine geçmiştir. Çoklu yönlendirme kullanımının KAA'lerdeki başarısızlıklardan enerji verimliliğinin geri kazanımı için hayati alternatif bir yol sağladığı bulunmuştur. Bu örülmüş yolların kullanımının isteklendirmesi, çoklu yolların daha düşük maliyetini sağlamak içindir. Birbirini takip eden yolların maliyeti birincil yol için kıyaslanabilir çünkü onlar birincil yol için daha yakın olma eğilimindedirler.

2.2.2.3. QoS tabanlı yönlendirme protokolü

QoS (Servis kalitesi) tabanlı yönlendirmede, Ağ enerji tüketimi ve veri kalitesi arasında dengeyi kurmak zorundadır. Özellikle, Ağ belli QoS ölçümlerini örneğin gecikmeyi, enerjiyi ve bant genişliğini karşılamak zorundadır.

Sıralı atama yönlendirme (SAR) [20] numaralı kaynak içerisinde önerilen ilk yönlendirme protokolü KAA için QoS kavramını yönlendirme kararlarında gösterir. SAR içerisinde yönlendirme kararı 3 faktöre bağlıdır: enerji kaynakları, her yol üzerinde QoS ve her paketin öncelik seviyesidir. Basit yön hatasından sakınmak için, çok-yollu yaklaşım ve lokalize edilmiş yol yenileme planları kullanılır. Bir kaynak düğümden çoklu yol oluşturmak için, kaynak düğümler içerisinde bir ağacın kökleri baz istasyonunun hedef düğümleri için oluşturulur. Ağacın bu yolları QoS garantisi ya da düşük enerji sarfiyatı sırasında oluşturulur. Bu süreç sonunda, her algılayıcı düğüm çok yollu ağacın bir parçası olur. SAR tablo odaklı ve çok yollu bir protokoldür ve hata toleransını ve enerji verimliliğine ulaşmayı amaçlar. Özünde, SAR bir ağırlık katsayı ilişkili veri paketlerinin öncelik seviyesi ve QoS ölçümlerinin katkılı bir ürünü ile ağırlıklı QoS ölçümlerini hesaplar. SAR algoritmasının amacı, ağın yaşam süresi boyunca ağırlaştırılmış ortalama QoS ölçümünü minimize etmektir. Eğer topoloji düğüm başarısızlığı yüzünden değişirse, bir yolun tekrar hesabına ihtiyaç duyulur. Önleyici bir tedbir olarak, topoloji içerisinde herhangi bir değişiklik yer edirse baz istasyonu ile yolların periyodik tekrar hesabı tetiklenir. Komşu düğümler arasında bir yerel yol yenileme planı tabanlı, bir tokalaşma prosedürü başarısızlığı düzeltmek için kullanılır. Başarısızlığı düzeltmek, her bir yol üzerinde gönderici ve alıcı düğümler arasında çizelge tutarlılığı yönlendirme uygulanarak yapılır. Benzetim sonuçları SAR'ın minimum enerji ölçüm algoritmasından daha az enerji tükettiğini göstermiştir. SAR düğümlerden BS için çoklu yollar sağlar. SAR'ın hata toleransı iyi olmasına ve kolay bir geri dönüşüm sağlamasına rağmen, özellikle düğüm sayısının çok yüksek olduğu zamanlarda ve oluşturulan tablonun giderlerinin her bir algılayıcıda yüksekliğinden dolayı sıkıntı verir.

KAA'lar için diğer bir QoS yönlendirme protokolü [43] yumuşak gerçek zamanlı bir uçtan diğer uca garanti sağlar. Bu protokol kendi komşuları hakkında bilgiler

sağlamak için her düğümü kullanır ve yeni yollar bulmak için coğrafi yönlendirmeyi kullanır. Buna ek olarak, SPEED ağ içerisinde her veri paketine belli bir hız sağlamaya çalışır bu yüzden her başvuru kabul kararı verilmeden önce paket hızıyla BS için mesafenin bölünmesiyle paketlerin gecikme sürelerini hesaplayabilir. Üstelik ağ tıkanıdığı zamanlarda SPEED tıkanıklık dan kaçınmayı sağlar. SPEED'te ki yönlendirme modülü (Stateless Geographic Non-Deterministic forwarding) SNFG olarak adlandırılır ve ağ katmanında 4 farklı modül ile çalışır. Her düğümde gecikme hesabı, temel olarak ACK'ın bir komşudan iletilen bir veri paketi için tepki olarak aldığı zamanlarda geçen sürenin hesabı ile yapılır. Gecikme değerlerine bakılarak, SNGF düğümü seçer ve hız gereksinimini karşılar. Eğer başarısız olursa, düğümün gecikme oranı kontrol edilir bu oran bir düğümün komşularının kayıp oranına bakılarak hesaplanır ve SNGF modülü için beslenir. Dinamik kaynak yönlendirmesi (DSR) ve vektör yönlendirme talebi karşılaştırıldığında, hız başarımı gecikme boyunca ve kayıp oranlarda daha iyidir. Dahası, toplam iletimin enerjisi yönlendirme algoritmasının basitliği yüzünden daha azdır. Ancak, SPEED kendi yönlendirme protokolü içerisinde herhangi fazla enerji ölçümünü göz önünde bulundurmuyor. Bu yüzden, SPEED'in enerji tüketimini daha iyi anlamak için enerji etkin yönlendirme protokolü ile karşılaştırma yapmaya ihtiyaç vardır.

2.2.2.4. Müzakere tabanlı yönlendirme protokolleri

Bu protokoller müzakere yoluyla gereksiz veri gönderimini engellemek için yüksek seviyeli veri tanımlayıcı kullanırlar. İletişim kararı kendileri için uygun olan kaynak tabanlı yapılırlar. SPIN protokol ailesi [15]'üncü çalışmada daha erken ele alınmış. [16] deki protokoller yönlendirme tabanlı müzakere protokolüne örnektir. Verileri yaymak için Taşkın kullanımı gönderilen veriler arasında üst üste gelen bir göçme üretecek, bu yüzden düğümler aynı verinin bir çift kopyasını alacaktır. Bu süreç farklı algılayıcılarda aynı verileri göndererek daha fazla enerji ve süreç tüketir. SPIN protokolleri, bir algılayıcının verilerini diğer baz istasyonunun alanında bulunan bütün algılayıcılara göndermek için tasarlanırlar. Bu yüzden, KAA'lar da yönlendirme tabanlı müzakere temel anlamı, bu çift mesajların gereksiz verilerin gönderilmesini önlemektir.

2.2.2.5. Uyumlu ve uyumlu olmayan yönlendirme protokolü

Veri işleme kablosuz ağ algılayıcıları konusunda önemli bir konudur. Bu yüzden, yönlendirme teknikleri farklı veri işleme tekniklerini kullanır. Genel olarak, algılayıcı düğümler ağ alanında farklı veri baskınları sürecinde her bir düğüm ile işbirliği yapar. KAA'lar da önerilen [20] veri işleme tekniklerinin iki örneği uyumlu ya da uyumlu olmayan veri işleme sürecidir. Uyumlu olmayan veri işleme yönlendirmede, düğümler ham verileri daha fazla işlem için diğer düğümlere gönderilmeden önce lokal olarak işlerler. Daha fazla süreci uygulayan düğümler toplayıcılar olarak adlandırılırlar. Uyumlu yönlendirmede ise, minimum işlemden sonra veri toplayıcılar için gönderilir. Minimum işlem tipik olarak zaman damgası, yenilenen önlem gibi görevler içerir. Enerji tasarruflu yönlendirme yapmak için, uyumlu işleme seçilir.

Uyumlu olmayan işlemlerin fonksiyonları daha düşük trafik yoğunluğuna sahiptir. Diğer bir yönden, uyumlu işleme uzun veri akışları ürettiğinden beri, enerji verimliliğine yollar tarafından ulaşılmalıdır. Uyumlu olmayan işlemede, veri işleme üç fazlı olur: (1) hedef tespiti, bilgi toplama ve ön işleme (2) üyelik bildirim, (3) merkez düğüm seçimi. Faz 1 sırasında, bir hedef algılanır, kendi verileri toplanır ve ön işleme tutulur. Bir işbirliği fonksiyonu içerisinde bir düğüm katılmaya karar verdiği zaman, Faz 2 ye giriş yapar ve tüm komşularına bunu bildirir. Bu mümkün olan en kısa sürede yapılmalı bu yüzden her algılayıcı ağ topolojisinin yerel bir bilgisine sahiptir. Faz 3 ise merkezi düğümün seçimidir. Daha özel bilgi işlemi gerçekleştirmek için merkezi düğüm seçildiğinden beri merkezi düğüm verimli enerji kaynaklarına ve sayısal yeteneğe sahip olmalıdır.

[20] numaralı kaynak içerisinde basit ve çoklu birinci bir algoritma sırasıyla uyumlu ve uyumlu olmayan işlemler için önerilmiştir. Basit birinci algoritmada (SWE), basit bir toplayıcı düğüm karmaşık bir işlem için seçilir. Bu düğümün seçimi o düğümün enerji kaynaklarına ve sayısal yeteneğine bağlıdır. SWE işleminin bitmesi ile birlikte, bir minimum-atlama ağaç uzatımı tamamıyla ağ'ı kaplar. Çoklu birinci algoritmada (MWE) SWE için basit bir uzantı öner. Bütün düğümler kaynak olduklarında ve verilerini merkezi toplayıcı düğüme gönderdiklerinde, enerjinin büyük bir miktarı tüketilmiş olacak ve bu yüzden bu işlem çok maliyete sahiptir.

Daha düşük enerji maliyeti için bir yol merkezi toplayıcı düğüme veri gönderebilen kaynakların sayısını düşürmektir. En iyi toplayıcı düğümün yerine, her düğüm adaylarının "n" adedinden daha fazlasını kaydı tutulacaktır. MWE işleminin sonunda, ağ içerisindeki her algılayıcı her kaynak düğüm için minimum enerji yoluna sahip olur. Bundan sonra, basit birinci algoritma minimum enerji tüketimini yapan düğümü bulmak için kullanılır. Bu düğüm sonra merkez düğümü uyumlu işleme için bulmada yardım eder. Genel olarak, MWE işlemi uyumlu olmayan ağ işleminden daha fazla gecikme, daha yüksek gider, alt ölçeklenebilirliğe sahiptir.

2.3. Yer Belirleme Algoritmaları

Dağınık yer tespiti probleminin iki farklı yoldan çözümünü için geliştiren dağıtık algoritmaları karakterize ettik. Birinci durum ; "Anchor nodes" Çapa düğümü olup olmamasına göre, bu düğümler onların doğru pozisyonlarıyla önceden yapılandırılmıştır. İkincisi ise: artışı ya da eş zamanlı "incremental or concurrent" algoritma olup olmamasına dayanır [7].

2.3.1. Çapa tabanlı yer belirleme algoritmaları

"Anchor-based" Çapa tabanlı algoritmalar da minimum sayıda konumu belirli düğüm bulunduğu varsayılır ki bu düğümler elle ya da diğer bazı mekanizmalarla belirlenir. Düğümlerin son koordinatlarının belirlenmesi, diğer olası küresel koordinat sistemlerine nazaran daha doğru olacaktır. Kabul edilebilir pozisyon hataları için çok sayıda "Anchor" çapa düğümü gereklidir [49].

2.3.2. Çapasız yer belirleme algoritmaları

"Anchor-free" algoritmalar farklı olarak; hiçbir düğüm önceden yapılandırılmış pozisyona sahip olmadığından, düğüm koordinatlarını saptamayı denemek için yerel mesafe bilgisini kullanır. Tabii ki, bu tür bir koordinat sistemi benzersiz olamaz ve diğer bir küresel koordinat uzayına sonsuz yolla gömülü olabilir, küresel dönüştürmeye, rotasyona ve muhtemelen çevrilmeye maruz kalmış olabilir. Bu sınırlama, problem belirlemek için temeldir ve algoritmanın sınırlaması değildir [2].

2.3.3. Artışlı algoritmalar

Bu algoritmalar genellikle atanmış koordinatlı üç ya da dört düğümlü çekirdek ile başlar. Daha sonra bunlar, önceki düğümlerin daha önceden ölçülmüş mesafelerini kullanarak, tekrar tekrar uygun düğümleri eklerler. Bu koordinat hesaplamaları, her iki basit trigonometrik denkleme ya da bazı yerel optimizasyon projesine dayanır.

Artışlı algoritmaların bir dezavantajı şudur ki; ölçüm hatalarını çoğaltan, dar kapsamlı koordinat atamalarıyla sonlanırlar. Bazı artışlı yaklaşımlar bu gibi hataları dengelemek için sonradan küresel optimizasyon fazı uygularlar. Fakat artışlı faz içindeki yerel optimizasyonla tanıtılan yerel minimumdan dışarı atlamak zordur [54].

2.3.4. Eş zamanlı algoritmalar

Bu algoritmalarda bütün düğümler, kendi koordinat bilgilerini paralel olarak hesaplar ve rafine ederler. Bu algoritmalarından bazıları; ölçülmüş mesafe ile güncel koordinat tahminlerine dayanan hesaplanmış mesafe arasındaki farkı azaltmak için tekrarlı optimizasyon kullanırlar. Eş zamanlı optimizasyon projeleri, özellikle hesaplama hataları altındaki artışlı projelere göre yerel minimumdan korunmak için daha iyi bir şansa sahiptir, çünkü bunlar sürekli küresel hatayı dengeler ve böylece hata çoğaltımını önlemeye çalışırlar. Eş zamanlı proje ile karşılaştırıldığında artışlı proje için düğümlerin planı bu optimizasyonlarda daha sıkça hatalı koordinat atamasına (ya da yerel minimuma) sebep olur.

Önceden önerilen eş zamanlı algoritmalar hemen hemen her zaman “Anchor” Çapa düğümleri kullanırlar. Optimizasyon boyunca yerel minimumu engellemeye yardımcı olan pozisyon bilgisi ile bilinen “Anchor” Çapa düğümleridir. Aksine katlamasız yapılandırma oluşumunun ilk fazı, optimizasyon boyunca yerel minimumu engellemeye yardımcı olurken, Çapasız Yer Belirleme “Anchor” Çapa düğümlerinin kullanımını engeller [55].

2.3.5. Önceki otomatik konumlanma algoritmaları

Doherty ve diğerleri [53], sadece işaret fenerleri arasındaki bağlanabilirlik kısıtlamalarını kullanarak, konumlanma için ”Anchor” Çapa tabanlı bir algoritma tanımlarlar. Onlar, bu bağlanabilirlikleri bir dışbükey pozisyon kısıtlamaları

düzenegi olarak gösterirler ve düğüm pozisyonlarını çözmek için bir merkezi doğrusal programlama algoritması kullanırlar.

Bulusu [50] ve diğeri, bir düğümün koordinatlarını saptamak için bir “Anchor node” Çapa düğümü düzenegine radyo bağlanabilirliğini kullanan bir GPS’siz tasarım tanımlarlar. ”Non-Anchor” Çapasız düğümlerin koordinatları, düğümlerin radyo alanı içindeki tüm “Anchor” Çapa ların kitle merkezi hesaplanarak elde edilmiştir. Bu bir eş zamanlı algoritmadır, fakat hiç optimizasyon kullanmaz. Benzetimlerinde, aşağı yukarı her “non-Anchor” Çapasız düğüm başına 12 “Anchor” Çapasız düğüm ile hemen hemen 12 % lokalizasyon hatası elde ederler. Anchor düğümlerinin, “non-Anchor” Çapasız düğümlere olan oranı oldukça büyüktür.

ABC [49] algoritma, “Anchor” Çapa düğümleri kullanmayan bir artışlı algoritmadır. “ABC” ilk olarak menzildeki üç tane düğümü seçer ve düğümler arası mesafeyi tahmin etmek için koordinatlar atar, daha sonra düğümlerin koordinatlarını daha önce hesaplanmış koordinatlar ile üç düğüme olan mesafeleri kullanarak artışlı olarak hesaplar. Yazarlar 5 % hata alanı bildirirler, “ABC” birçok alanda kabul dileyebilir olandan büyük olan bir ortalama 60 % pozisyon hatasıyla sonuçlanır. Bu bir, artışlı çözümlerde kademeli hatalar sonucudur.

Terrain algoritması,”ABC” [49] üzerine kurulan diğeri bir Anchor tabanlı algoritmadır. Her “Anchor” Çapa “ABC” algoritma ile başlar. ”ABC” kullanılarak atanmış kullanılan koordinatlar, her düğüm en az üç düğüme olan uzaklıkları hesaplar. Daha sonra her düğüm ,” Anchor” Çapalara ve “Anchor” Çapa koordinatlarına olan uzaklıkları kullanarak eş zamanlı bir optimizasyon gerçekleştirir. Yazarlar 5% hata alanı ile yaklaşık 25% pozisyon hatası bildirirler (doğru pozisyondan düğüm pozisyonunun gerçek karşılık). Ayrıca optimizasyon fazı boyunca yüksek değişiklik ve sapma ihtimali gösteren pozisyon hatalarından bahsederler. Bağlantılı bir algoritma bir tasarsız ağ içinde düğümlerin konumlarını belirlemek için atlama sayısı ve mesafe ölçüleri kadar radyo kuvveti kullanır, fakat hemen hemen standart düğüm sıklığı olduğu varsayılır [51].

3. AĞ GEÇİDİNDE OLUŞTURULAN YİNELEMELİ YER BELİRLEME YÖNTEMİ

Bu çalışmadaki ana hedef KAA' larda verilerin BS' ye doğru yönlendirilerek toplanması esnasında minimum enerji tüketimi sağlayarak ağın ömrünü artıracak bir algoritma tasarlamaktır. Fakat bu bölümde, minimum enerji tüketimi için geliştirilmiş olan algoritmada kullanılan konum bilgilerinin sağlanması için ayrıca geliştiren, konum belirleme algoritmasını konu alacağız.

Gerçek konumu veya belli bir noktaya göre konumu bilinen düğümler olmadan "Anchor Free" Çapasız ağ'ın topolojisini oluşturan algoritmalar, hataların katlanarak ilerlemesinden dolayı, hataya "Anchor" Çapa barındıran yer belirleme algoritmalarına göre daha açıktır. Fakat bazı uygulamalarda konumları belirli düğüm bulundurmeyen "Anchor Free" Çapasız bir topoloji kaçınılmazdır. Örnek vermek gerekirse, askeri kullanım alanları, dost kuvvetlerin durumlarının belirlenmesi, kimyasal-radyoaktif-biyolojik saldırıların erken tespiti ve izlenmesi, düşmanın yerinin tespiti ve izlenmesi, hedef tespiti ve izlenmesi, hasar tespitidir. Sivil uygulamalar: Trafik yönetimi, doğal hayatın izlenmesi, sel, yangın deprem uyarı sistemleri, güvenlik uygulamaları, otomasyon sistemleri ve her türlü ölçüm (sıcaklık, nem, basınç...).

Bu çalışmada tüm algılayıcılar belli süre alıklarında komşularından aldığı sinyal gücünü ve ID'lerini kendi ID'si ile beraber "Flooding routing" Taşkın yönlendirme yöntemi ile Ağ geçidine ulaştırır.

Taşkın yönlendirme ile iletilen RSSI, ID ve kalan enerji bilgisi her iki çalışmada da ihmal edilmiştir.

Komşuları ile arasındaki RSSI bilgisinin her bir düğüm tarafından ölçülmesinin tükettiği enerji karşılaştırma yaptığımız algoritmada da ihmal edildiği için bu çalışmada da ihmal edilmiştir.

Ağ geçidi enerjisini sınırsız bir güç kaynağından aldığı veya diğer düğümlere göre güç bakımından daha zengin farz edildi. Konum tespiti algoritması Ağ geçidinde yapıldığı için düğümlerin konum belirlemek için en fazla miktardaki harcadığı enerji "Flooding routing" Taşkın yönlendirme olarak verilerin aktarılması sırasında harcadığı enerji olmaktadır.

Diğer bilinen "Anchor-free Localization" Çapasız Yer Belirleme algoritmalarında genel olarak algoritma, düğümlerin her birinde çalıştırılır. Bu algoritmalar düğümler üzerinde yürütülürken düğümlerin kısıtlı olan enerjisi tükenir, tüm düğümlerdeki bu enerji tüketimi ağın ömrünü azaltır. Kablolu ağların aksine, düzensiz oluşumlu ağlardaki bileşenler pille çalışan cihazlardır ve genellikle bu pillerin yeniden doldurulması söz konusu değildir. Dolayısıyla enerjinin etkin kullanımı, kablosuz algılayıcı ağlarda en önemli konulardan biri haline gelmiştir. Bir düğüm tüm ağ'ın topoloji bilgisine sahip değildir, Ağ geçidi ise tüm ağ'ın topolojisine sahiptir bu nedenle tekrarlı bir algoritma kurarak doğru topolojiye daha yakın bir sonuç verebilir. Düğümlerde bu tip bir işlemi yapmak çok fazla güç tüketimi demektir.

Bu çalışmada Ağ geçidine gelen komşuluk ve sinyal gücü bilgileri ID sırasına göre bir diziye atılır daha sonra sinyal'in boşlukta iletildiği farz edilerek "Free space loss" [3] serbest uzay kaybı formülüne göre uzaklığa dönüştürüldü. Burada ölçüm hatalarını Gauss dağılımlı olarak eklenir [2]. Bir dizi haline getirilen düğümlere rastgele konum değerleri(x,y) verildi. Sonra düğümlerden herhangi birinin konumu sabit kabul edilerek diğer komşuları çember kesişimleri "Circle Intersection" yönteminden faydalanılarak konumları belirlendi. Diğer düğümler bu üç düğüme göre artırımlı olarak ilerleyerek bulunur. Fakat bu durumda birçok konumu belirlenememiş, düğüm oluşmaktadır. Konumu belirlenememiş düğümleri bulmak için algoritma yinelemeli "Iterative" olarak çalıştırılır.

Bu çalışma aşağıdaki özelliklere sahiptir;

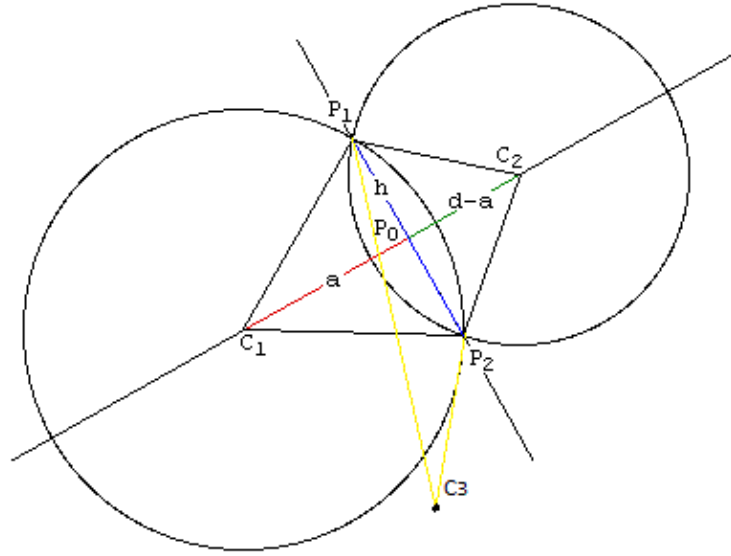
- Düğümlere konum belirleme işini yüklemeyerek ağ ömrünü uzatmaktadır.
- Tüm ağın bilgisine sahip olduğu için hata payını daha aza indirmek mümkündür.
- Tekrarlı olarak konum belirleme algoritması çalıştırılarak, konumu belirlenememiş düğüm sayısı minimuma indirgenebilmiştir.

Bu çalışmada konumu belirli “Anchor” Çapa düğümler bulunmadığı için bulduğumuz konumlar x,y uzayında olacaktır “Virtual Coordinates”[1].

Taşkın yönlendirme yöntemi “Flooding Routing” ile Ağ geçidine ulaştırılan Komşuluk ve RSSI (Received Signal Strength Indication) sinyal gücü bilgileri (nesnel bir programla dili olan C# kullanılır) bir diziye yerleştirilir. Bu yerleştirme her düğüm için bir nesne oluşturulduktan sonra, düğüm bilgileri bu nesneye atanır daha sonra nesne dizisine eklenir. Sonra tüm düğümlerin konum bilgileri rastgele olarak oluşturulur.

$$\text{FSPL(dB)}=20\text{Log}_{10}(d/1000) \quad (3.1)$$
$$+20 \text{Log}_{10}(f)+ 32.45$$

Bu çalışmada sinyalin boşlukta iletildiğini kabul edildi. RSSI bilgileri d: m f: Mhz olmak üzere (3.1) formülü ile uzaklık birimine dönüştürüldü. Rastgele bir düğümün konumu doğru kabul edilerek ilk önce o düğümün bir komşusu orantılı bir şekilde doğru mesafeye getirilerek koordinatları bulunur. Üçüncü kenar “Circle Intersection” Çember kesişimi [52] yönteminden faydalanılarak koordinatlarını tespit ederiz. Fakat burada iki seçenek vardır, sanal düzlemde konum tespiti yaptığımız için herhangi birine karar verilir. Diğer düğümler, kendisi ile komşu olan ve konumu belirlenmiş olan iki düğüm ile kesişimleri bulunur. Şekil 3.1 de bu olay tasvir edilmiştir. Bu kesişim diğer bir üçüncü konumu tespit edilmiş düğümlerle uzaklığı kıyaslanarak kesişimden çıkan iki konumdan doğru olan seçilmiş olur.



Şekil 3.1: Çember Kesişimi “Circle Intersection” yöntemi ile konumu bilinmeyen düğümün yerinin belirlenmesi[52].

Yukarıda ki şekilde C_1, C_2, C_3 konumları bilinen düğümler P_1 ve P_2 konumu bilinmeyen düğümün muhtemel konumlarıdır. Burada P_1 ve P_2 “Pythagorean Theorem” [52] yardımı ile bulunur. C_3 ile P arasındaki gerçek uzaklık bilindiği için P_1 ve P_2 arasında doğru olan seçilir.

Çalıştırdığımız bu algoritma tüm ağdaki düğümlerin için bir kez çalıştırılır. Fakat bazı düğümler ilk seferde üç adet konumu belirlenmiş komşuya sahip olmayabilir. Bu nedenle bu algoritma konumları belirlenemeyen düğümler için tekrar tekrar çalıştırılır ”Iterative Localization”.

Bu aşamada başlangıç düğümü rast gele seçildiği için bu düğüm ağın çoğunluğu ile bağlantısı kesik veya ağın devamı ile bağlantısını bir iki düğümün sağladığı bir bölgeden seçilmiş olabilir. Bu da hesaplamaların tamamının hatalı olması gibi bir sonuç doğurur. Bu sorunu aşmak için algoritma sonunda konumu belirlenen düğümlerin sayısını toplam düğüm sayısı ile kıyaslandı ve birbirine belli bir oranda birbirine yakın değil ise algoritmanın belli bir sayıda tekrarlanması sağlanmıştır.

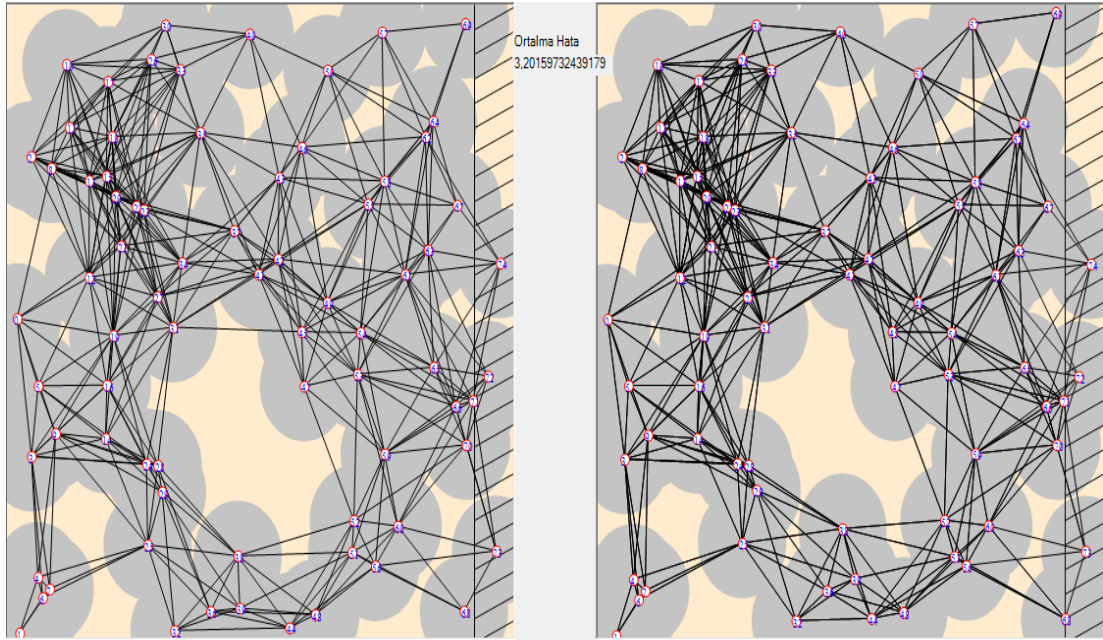
70 adet rastgele dağıtılmış düğümle çalışılmıştır. Bu düğümlerin maksimum bağlantı kurabilme mesafesi 130 metre olarak alınmıştır. Bu düğümler arasındaki uzaklıklara Gauss dağılımlı hata eklenmiştir. Burada standart hata “mean” $\mu = 0$ standart sapma

değerleri literatürdeki diğer çalışmalarda [2] “ σ ” 1, 0,2 ve 0,05 olarak alındığı için bu çalışmada da alınmış ve bu durumlara göre sonuçlar kıyaslanmıştır.

3.1. Doğruluk

- Standart sapma olarak $\sigma=0,05$ olarak alındığında;

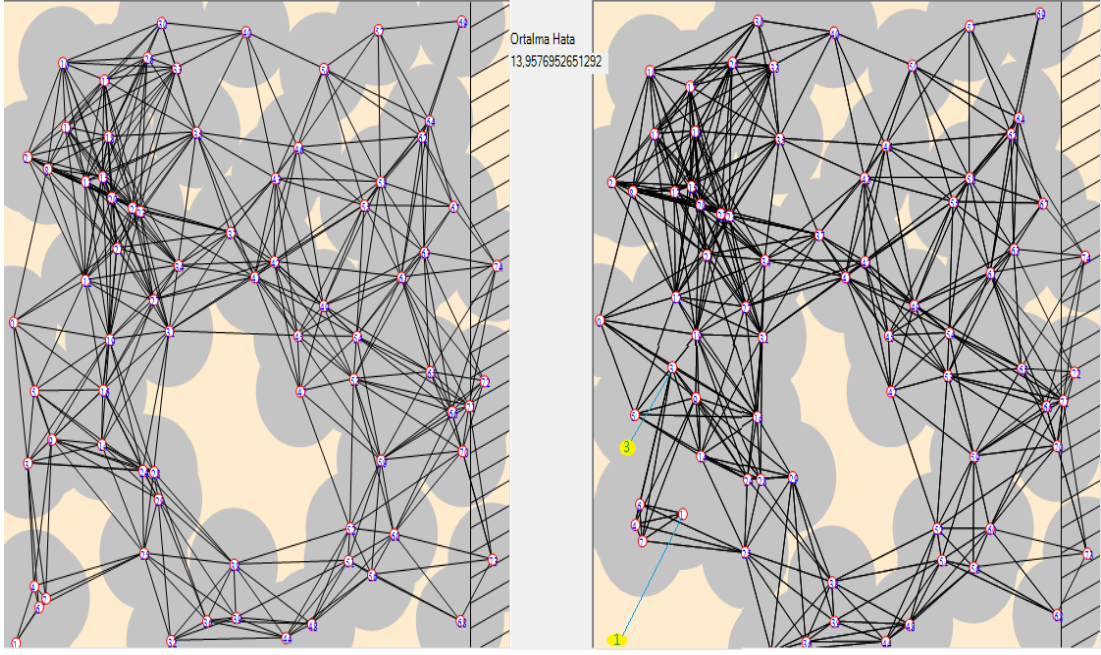
Standart sapmanın $\sigma=0,05$ olduğu durumda düğümlerin pozisyonları arasında ortalama 3,2 metrelik bir fark vardır. (Şekil 3.2) Bu değer 130 metre bağlantı kurabilme mesafesi olan bir düğüm için gayet küçük bir hata mesafesidir. Bu durum da doğru bir topoloji elde ettiğimiz gösterir.



Şekil 3.2: Standart sapmanın $\sigma = 0,05$ olduğu durum da sol tarafta gerçek topoloji sağ tarafta oluşturulan topoloji gözükmemektedir.

- Standart sapmayı $\sigma=0,2$ olarak değiştirirsek;

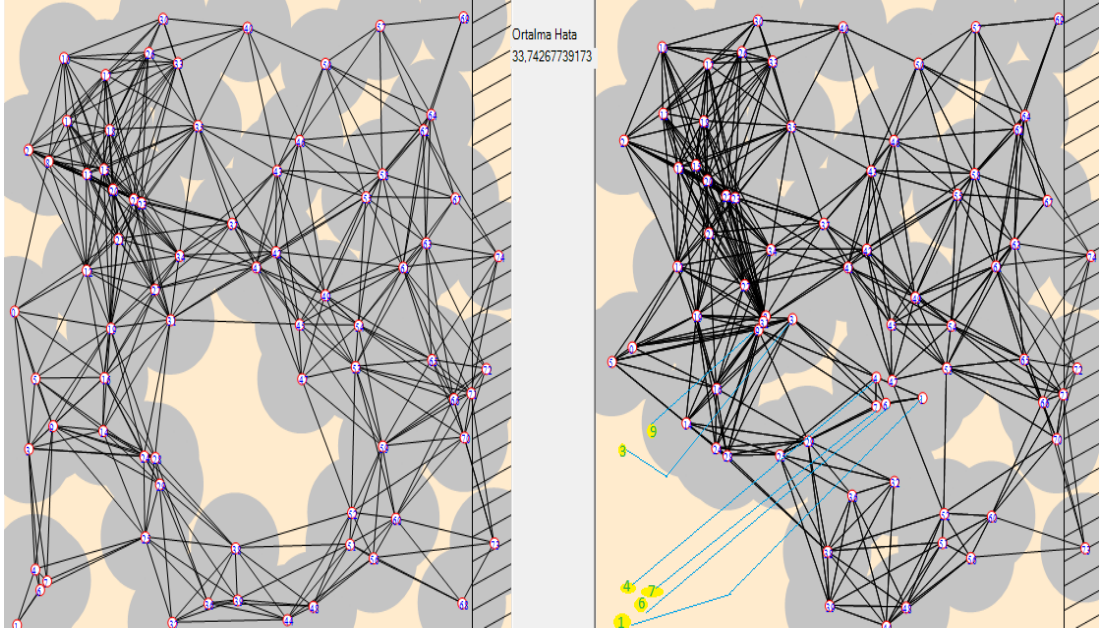
Standart sapmanın $\sigma=0,2$ olduğu durumda düğümlerin pozisyonları arasında ortalama 13,95 metre bir fark vardır. (Şekil 3.3) Özellikle şekilde de gösterildiği birkaç tanesi gösterildiği gibi hesaplamanın başladığı tarafın tam tersine gelen taraftaki düğümlerin konumlarında büyük oranda hatalar bulunmaktadır.



Şekil 3.3: Standart sapmanın $\sigma=0,2$ olduğu durumda sol tarafta gerçek topoloji sağ tarafta oluşturulan topoloji gözükmemektedir.

- Standart sapmayı $\sigma=1$ olarak değiştirirsek;

Standart sapmanın $\sigma=1$ olduğu durumda düğümlerin pozisyonları arasında ortalama 33.74 metre bir fark vardır. (Şekil 3.4) Bu durumda şekilde de gösterildiği bazılarının gösterildiği gibi hesaplamaların başladığı tarafın tam tersine gelen taraftaki düğümlerin konularında bu sefer çok daha büyük hata oluşmuştur.



Şekil 3.4: Standart sapmanın $\sigma=1$ olduğu durum da sol tarafta gerçek topoloji sağ tarafta oluşturulan topoloji gözükmemektedir.

Sonuç olarak, 130 metre bağlantı kurabilme mesafesi olan düğümlerin aralarındaki mesafe bilgilerine maksimum -5,+5 metre aralığında Gauss dağılımlı hata payı eklendiğinde gerçek topolojiye yakın bir topolojiyi geliştirilen bu algoritma ile elde edebilmekteyiz. Fakat RSSI bilgisi ile bu hata aralığında ölçüm yapmak güçtür. Fakat ultrasonik ölçüm sonuçları ile bu sonuçları almak mümkündür.

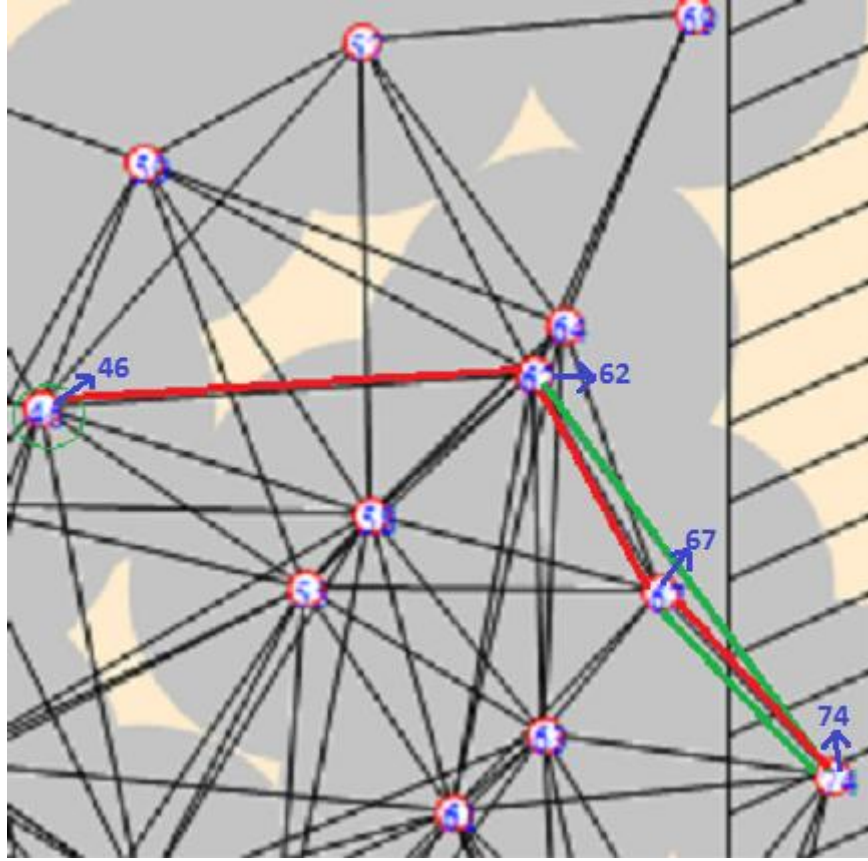
Bu çalışmada geliştirilen “Artakalan enerji ve yoğunluk dengelemeli yönlendirme” algoritması için 0.05 standart sapma ile belirlenen konum bilgisi kullanılmıştır. Yani konum bilgisi doğru ya yakın olarak kabul edilmiştir.

4. ARTAKALAN ENERJİ VE TRAFİK YOĞUNLUĞU DENGEMELİ YÖNLENDİRME ALGORİTMASI

Bu çalışmada, kablosuz algılayıcı ve tasarsız ağlar için yeni ve özgün artakalan enerji ve trafik yoğunluğu dengelemeli bir yönlendirme algoritması önerilmektedir.

Bu algoritmanın diğer yönlendirme algoritmalarından farkı kritik yol analizi yapıp veri trafiği yoğunluğunu dağıtarak, trafik yoğunluğu olan alandan ağ geçidine daha uzun süre veri ulaşmasını sağlayarak ağ ömrünü artırmaktadır.

Düğümlerin sanal konum bilgileri ağ geçidinde oluşturulan tekrarlı yer belirleme algoritması ile tespit edilmiştir (3.bölüm). Bu sanal konum bilgileri kullanılarak her düğümün kendisine en yakın ağ geçidine, en yakın komşusu tespit edilir. Şekil 4.1 deki taralı bölge içinde bulunan düğümler ağ geçididirler. Algoritma içinde her bir düğüm bir nesne olarak oluşturulur. Bu düğüm nesneleri içinde ağ geçidine paketi ulaştırması için bağlantı kurulacak düğümü ifade eden güncel bağlantı “connectionCurrent” nesnesine en yakın olarak tespit edilen komşu atanır.



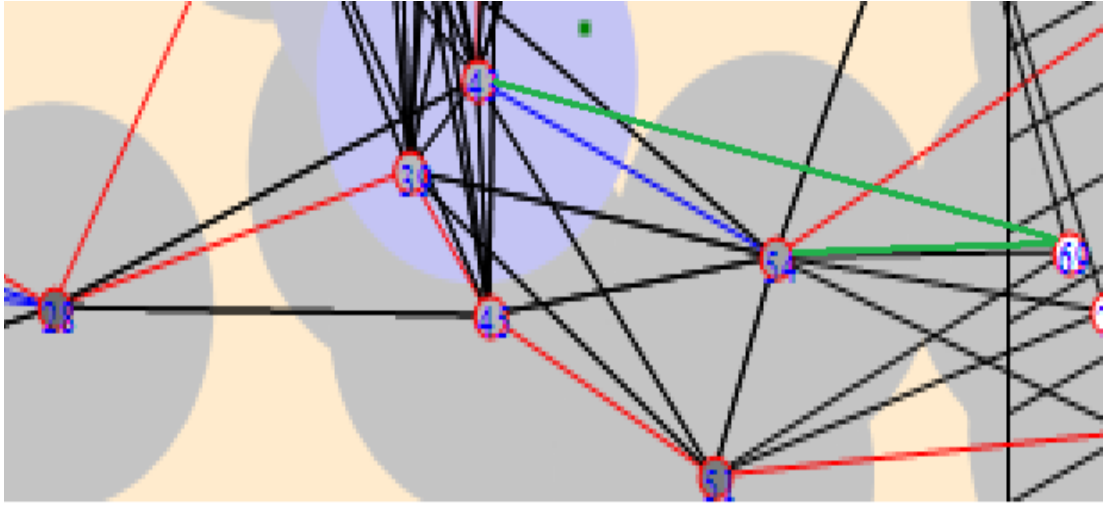
Şekil 4.1: Ağ geçidine en yakın düğümün belirlenmesi ve güncel bağlantının belirlenmesi

Şekil 4,1 de 46 numaralı düğüm için ağ geçidine (74 numaralı düğüm ağ geçididir) en yakın düğüm 62 numaralı düğüm olarak belirlenir (en yakın komşu ağ geçidine 62-74 yeşil çizgi ile belirtilmiştir, yeşil çizgiler mevcut bir bağlantıyı göstermez, mesafeyi göstermek içindir. 46 numaralı düğümün diğer komşularından baz istasyonuna daha yakın olduğunu göstermek içindir) ve o düğüm güncel bağlantı “connectionCurrent” (Güncel bağlantılar kırmızı çizgiler ile gösterildi, 46-62 arasındaki kırmızı çizgi gibi) olarak atanır. Aynı işlem 62 numaralı düğüm içinde yapılır ve ağ geçidine en yakın komşusu 67 numaralı düğüm olarak belirlenir (yeşil çizgi (67-74) ile de en yakın olduğu görülmektedir). 62-67 arasında ki bağlantı güncel bağlantı olarak atanır (kırmızıçizgi ile gösterildi).

Yoğunluk dengelemesi, düğümlerin veri yollayacağı muhtemel yolları aç gözlü yönlendirme esas alınarak tespit edilir, bu tespit etme esnasında, yol üzerindeki tüm düğümlerin yoğunluk katsayı değeri bir artırılır. Trafik yoğunluğu “Toplam düğüm\Critical Path” gibi bir değeri geçen düğümlerin güncel bağlantılı komşusu

tekrar hesaplanır. Ve yoğunluk katsayıları tekrar hesaplanır. Burada veri trafiği yoğunluğu olması muhtemel yol sayısı, ağ geçidine komşuluğu olan ve ortalamanın üzerinde komşusu bulunan düğümlerin sayısı olarak tespit edildi ve bu değer “Critical Path” olarak isimlendirildi.

Eğer bir düğümün komşularından yoğunluğu “Toplam düğüm\Critical Path” değerinden düşük olan düğüm kalmamış ise düğümlerin kalan enerjileri kontrol edilip enerjisi fazla olan düğüm seçilerek kritik düğümlerin ömrü artırılmıştır.



Şekil 4.2: Kalan enerjiye göre güncel bağlantının belirlenmesi.

Şekil 4.2 de 28 numaralı düğümün ağ geçidine en yakın komşusu yeşil çizgi (43-69) ile de gösterildiği üzere 43 numaralı düğümdür. Fakat kırmızı çizgi (28-39) yanı güncel bağlantı 39 numaralı düğüme doğrudur. Çünkü yoğunluk katsayıları “Toplam düğüm\Critical Path” oranını geçmiş bu düğümlerden 43 numaralı düğümün enerjisi 39’a göre daha azdır bu nedenle algoritma güncel bağlantıyı 39 numaralı düğümlerle yapmıştır. Aynı durum 39 ve 45 içinde geçerlidir. 51 numaralı düğüm ise bir ağ geçidi ile bağlantısı olduğu için güncel bağlantısını direkt ağ geçidi ile yapmıştır.

Algoritmalar da giriş parametreleri:

- Konum Belirleme Algoritması:
 1. Tüm düğümlerin tüm komşuları ile olan RSSI bilgileri.
 2. ID(Düğümlerin kimlikleri)
- MREP ve AEYTE algoritmaları için:
 1. Konum bilgileri (x,y)
 2. Artakalan Enerji miktarı.
 3. ID(Düğümlerin kimlikleri)

Algoritmaları koşulduğu ağ statik bir ağ olduğu için konum bilgilerinin bir kere elde edilmesi yeterlidir. Bu nedenle RSSI bilgileri sadece ağ oluşturulduktan sonra ilk taşkın yönlendirme ile bilgi toplanırken gönderilir.

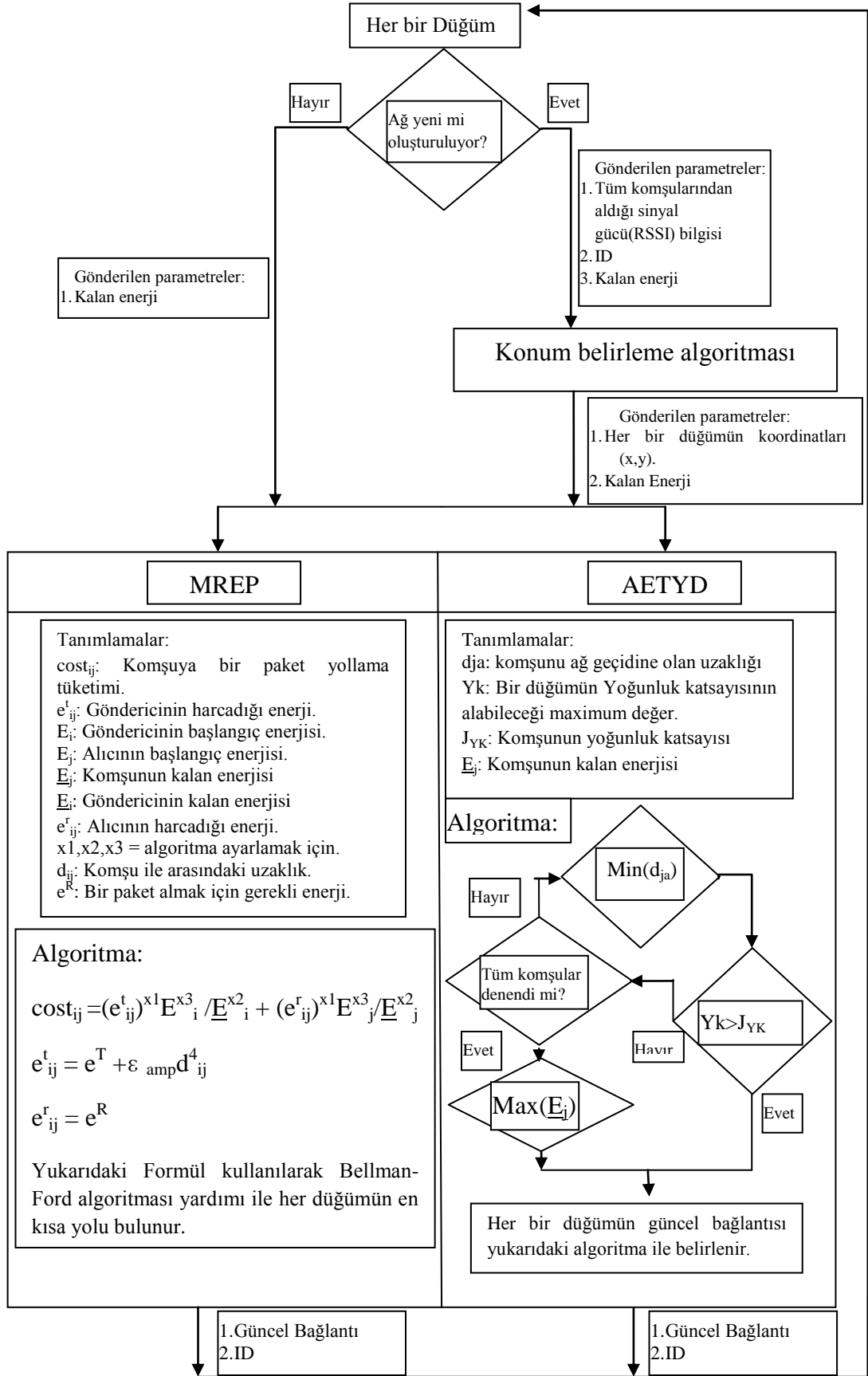
Algoritmaların çıkış parametreleri:

- Konum Belirleme Algoritması:
 1. Her bir düğümün konum bilgileri (x,y)
- MREP ve AEYTE için:
 1. Her bir düğümün güncel bağlantısı

Algoritma içinde ihmal edilenler:

- Komşuları ile arasındaki RSSI bilgisinin her bir düğüm tarafından ölçülmesinin tükettiği enerji karşılaştırma yaptığımız algoritmada da ihmal edildiği için bu çalışmada da ihmal edilmiştir.
- Taşkın yönlendirme ile iletilen RSSI, ID ve kalan enerji bilgisi için harcanan enerji her iki çalışmada da ihmal edilmiştir.
- Ağ geçidi enerjisini sınırsız bir güç kaynağından aldığı veya diğer düğümlere göre güç bakımından daha zengin olduğu farz edilmiştir.

Şekil 4.2’de algoritmaların karşılaştırmalı basitleştirilmiş şekildeki diyagramı gösterilmektedir.



Şekil 4.3: Algoritmaların karşılaştırmalı basitleştirilmiş şekildeki diyagramı

Bu kompleks yönlendirme algoritması enerji sıkıntısı bulunmayan ağ geçidinde yürütüldüğü için ağ içerisindeki düğümlerin enerjisini tüketmez.

Bu durum diğer tüm en kısa yolu bulma algoritmalarına karşı ağ ömrü uzatma açısından üstünlük oluşturur.

4.1. Benzetim Parametreleri

Bu çalışmada benzetim için Matlab veya OPNET gibi bir benzetim ortamı kullanılmadı. Bu benzetim yapıcılar yerine C# yazılım dili ile David J. Stein,[5] tarafından geliştirilmiş “Wireless Sensor Network Simulator” benzetim yapıcısı kullanılmıştır. Açık kaynak kod olarak sunulmuş bu simülator’ün kodlarına bu çalışmada geliştirilmiş ”Artakalan enerji ve trafik yoğunluğu dengelemeli yönlendirme algoritması” kodları bütünleştirilmiştir.

Daha sonra Chang ve Tassiulas tarafından oluşturulmuş “Maximum Residual Energy Path Algorithm (MREP)” algoritması [6] ile ilk ölen düğüm ve ağ geçidine ulaşan paket sayısı açısından kıyaslanmıştır ve sonuçların değerlendirilmesi yapılmıştır.

MREP algoritması ağ geçidine veri paketini göndereceği en kısa yolu, iletim için gerekli tüketim (Ge) ve gönderen ve alıcının kalan enerjisine bakarak karar verir. Bir paket iletimi için harcanacak enerji denklemi (4.1) şeklinde hesaplanmıştır. Burada ki “Di” düğümün komşusu ile hesaplanan uzaklığıdır. Ayrıca bu benzetimde başlangıç enerjisi her iki benzetimde da (Initial Energy) 1000 joule alınmıştır.

$$Ge = Tc \times Di / Tr \quad (4.1)$$

$$Co = Ge^{Ec} \times (Gönderici)Ie^{Ip} + Rc^{Ec} \times (Alıcı)Rp^{-Rc} \times (Alıcı)Ie^{Ip} \quad (4.2)$$

Bir düğümün hangi komşusuna paketi ileteceğini (4.2) denkleminde çıkan “Co” sonucuna göre karar verilir (Denklemdaki terimler aşağıda açıklanmıştır). Yukarıda ki denklem ile oluşturulan ağırlıklar doğrultusunda her düğümden hedefe en kısa yol Bellman Ford algoritması [12] ile oluşturulur.

Düşman hedefler rast gele yönlere hareket edecek şekilde ve alanda bir anda üç adet olacak şekilde her iki benzetimde da oluşturulmuştur. 520x520 metrelik bir alanında 480x520 metrelik bir savaş sahasında benzetim yapılmıştır.

Düğümünlerin uyku hallerinde harcadıkları enerji her iki benzetimde aynı kabul edilerek ihmal edilmiştir. Ayrıca kalan enerji ve yönlendirme bilgilerinin yenilenmesi için yapılan “Flooding Routing” Taşkın yönlendirme için harcanan enerjilerde aynı kabul edilerek ihmal edilmiştir.

Bu benzetimde ki parametreler konsol üzerinden ayarlanabilmektedir. Bu parametreler;

Network Size(N_s): Ağ içindeki toplam düğüm sayısını tutmaktadır. Bu çalışmada alan üzerinde homojen dağılımı sağlayacak 75 tane algılayıcı kullanılmıştır.

Sensor Radius(S_r): Her bir düğümün etrafında oluşan yayılım alanını ifade etmektedir. Varsayılan değeri: Alanın tümünü 75 adet düğüm ile algılayabilmek için her bir düğümün algılama yarıçapı 45 metre olarak alınmıştır.

Sensor Period(S_p): Algılayıcıların algılama aralıklarını tutan değerdir. Bu değer düşük olması durumunda, herhangi bir düğüm bulduğu ilk vektöre geçecek (Random Graph mantığı) ve enerji kontrolünden uzak bir yaklaşım izleyecektir. Varsayılan değeri: MREP algoritmasında kullanılan 15 ms değeri aynı şartlarda bir kıyaslama oluşturmak amacı ile aynen kullanılmıştır.

Sensor Cost(S_c): Bir düğümün, uygun vektör bulması ve paket oluşturması için gerekli olan enerji miktarını göstermektedir. Varsayılan değeri: MREP algoritmasında kullanılan 20 joule değeri aynı şartlarda bir kıyaslama oluşturmak amacı ile aynen kullanılmıştır.

Transmission Radius(T_r): Ağ içinde bulunan iki düğümün birbiri ile konuşabilmesi için gerekli olan yarıçapı ifade eder. Yüksek olması durumunda, gereksiz sayıda komşusu ile merhabalaşmak zorunda kalacak buda gereksiz enerji tüketimine neden olacaktır. Düşük bir değer ataması yapılırsa, herhangi iki düğümün birbiri ile konuşabilmesi için yakın mesafede olmaları gerekecektir. Kablosuz duyarda Ağları’nda enerjinin ne kadar önemli olduğunu hatırlarsak, bu parametrenin ağın uzun ömürlü olması açısından önemli olduğunu değerlendirebiliriz. Varsayılan değeri: Konum belirleme algoritması için her düğümün en az üç komşusu olmasını gerekmektedir. Bu nedenle alan içerisinde 75 adet düğüm ile bu bağlantı şekli 130 metrelik bir iletişim yarıçapı ile sağlanabilmektedir.

Transmitter Period(T_p): Bir paketin gönderilmesi için gerekli olan zamandır. Bu değer düşük olarak atanması durumunda Ağ'ın benzetim üzerinde izlenebilirliği artacaktır. Varsayılan değeri: 10 ms(milisaniye) olarak alındığında en iyi gözlemlene oluştuğu için bu sayı alınmıştır.

Transmit Cost(T_c): Düğüm tarafından paket gönderilmesi için gerekli olan enerji miktarını saklar. Varsayılan değeri: MREP algoritmasında kullanılan 200 joule değeri aynı şartlarda bir kıyaslama oluşturmak amacı ile aynen kullanılmıştır.

Receive Cost(R_c): Bir başka düğüm tarafından gönderilmiş olan paketin yine bir başka düğüm tarafından alınabilmesi için gerekli olan enerji miktarıdır. Varsayılan değeri: MREP algoritmasında kullanılan 15 joule değeri aynı şartlarda bir kıyaslama oluşturmak amacı ile aynen kullanılmıştır.

Exchange Cost(E_c): MREP Yönlendirme algoritmasında paketlerin iletilmesi için harcanan iletim enerjisinin yön belirleme formülündeki üssü kuvvetini ayarlar. Varsayılan değeri: MREP algoritmasında kullanılan 1 değeri aynı şartlarda bir kıyaslama oluşturmak amacı ile aynen kullanılmıştır.

Residual Power(R_p): MREP Yönlendirme algoritmasında göndericinin ve alıcının kalan enerjisinin yön belirleme formülündeki üssü kuvvetini ayarlar. Varsayılan değeri: MREP algoritmasında kullanılan 4 değeri aynı şartlarda bir kıyaslama oluşturmak amacı ile aynen kullanılmıştır.

Initial Power(I_p): MREP Yönlendirme algoritmasında başlangıç enerjisinin yön belirleme formülündeki üssü kuvvetini ayarlar. Varsayılan değeri: MREP algoritmasında kullanılan 0 değeri aynı şartlarda bir kıyaslama oluşturmak amacı ile aynen kullanılmıştır.

Routing Period: Merkez kontroller tarafından yönlendirme bilgilerinin yenilenme aralığını ayarlar. Varsayılan değeri: MREP algoritmasında kullanılan 1 değeri aynı şartlarda bir kıyaslama oluşturmak amacı ile aynen kullanılmıştır.

Gauss Error: Konumlandırma algoritmasında ağ geçidine gönderilen sinyal gücü bilginin muhtemel hatalarını mesafe bilgilerine ekleyebilmek için oluşturulan gauss fonksiyonu için standart sapma değerini ayarlar. Varsayılan değeri: doğruya en yakın

ağ üzerinde algoritmanın çalıştırılması daha doğru olacağından standart sapma 0.05 olarak alınmıştır.

4.2. Benzetim Sonuçları

Chang ve Tassiulas tarafından geliştirilmiş “Maximum Residual Energy Path” algoritması ile yapılmış çalışmanın sonuçlarını aşağıdaki ekran görüntülerinde sol tarafta görüntülenmektedir. Bu çalışmanın sonucu olan “Artakalan Enerji ve trafik yoğunluğu Dengelemeli” yönlendirme algoritmasının sonuçları ise sağ taraftadır.

Algoritmalar eş zamanlı olarak yürütülmektedir. Düğümlerin konumları alan üzerinde birbirinin aynı olarak alınmıştır (bu çalışmanın algoritmasında kullanılan konumlar ağ geçidinde RSSI değerlerine göre oluşturulduğu için hata payları dâhildir) ve düşman kuvvetlerin hareketleri de birebir aynı olarak ayarlanmıştır. Çünkü iki algoritmanın uygulandığı ortamlar birebir alınması karşılaştırma için bize daha doğru sonuçlar verecektir.

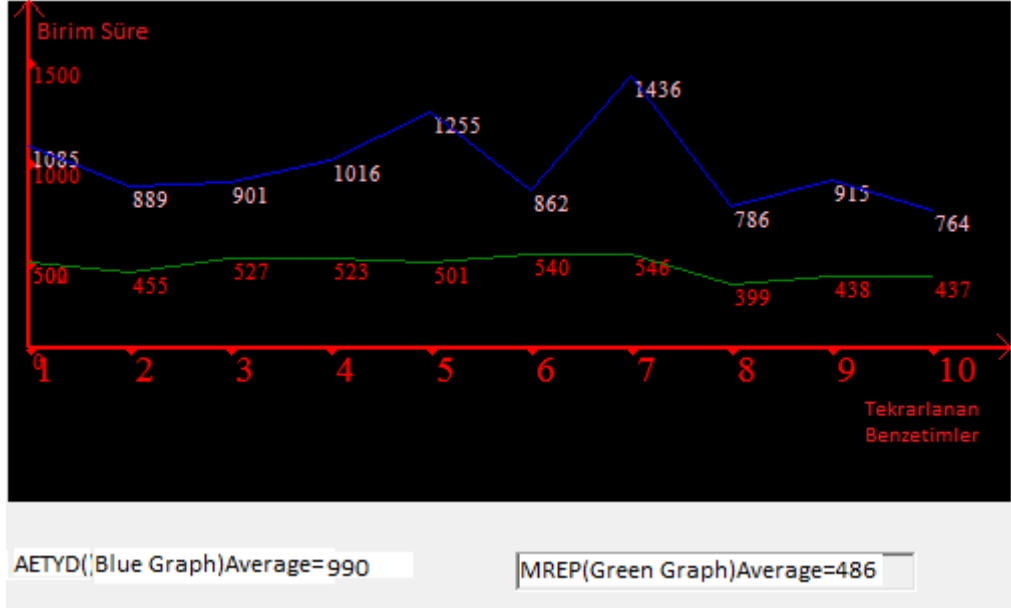
Giriş değerimiz olan düşman kuvvetlerinin konumları rast gele üretildiği için Şekil 4.4 deki ağ üzerinde ilk ölen düğüm kıyaslaması ardı ardına 10 defa yapılmıştır. Bu kıyaslamalar sonucu da elde ettiğimiz ilk düğümün ölüm süreleri Şekil 4.3 de grafik halinde verilmiştir. Alt kısmında da ortalamaları gösterilmektedir.

Ortalama ilk düğüm ölüm süreleri:

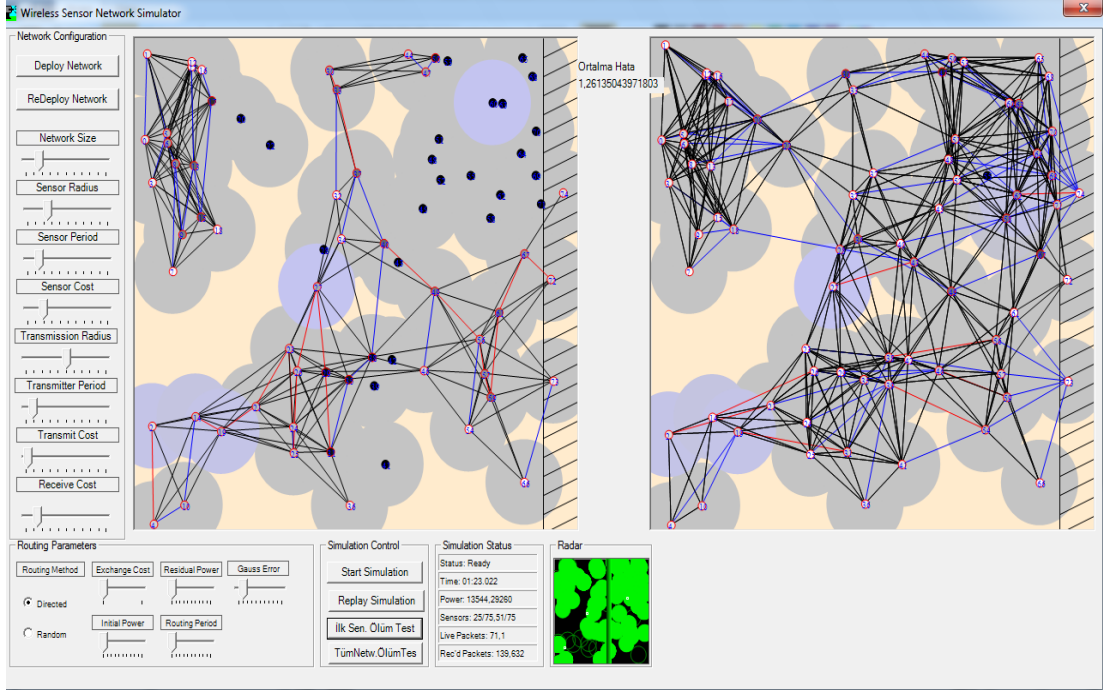
MREP: 486 birim (Her iki algoritman aynı anda yürütülmektedir. Ve düğümlerin durumları aynı zaman aralıkları ile sorgulanmaktadır. MREP algoritmasının ilk düğümünün ölümü 466’ıncı sorgulamada olmuştur).

AETYD:990 birim

Ortalamalardan da anlaşılacağı gibi iki katından daha fazla oranla geliştirilen algoritmanın ilk ölüm süresini artırdığı gözlenmektedir. Şekil 4.4 deki görüntü, son yapılan ilk ölen düğüm kıyaslama testin görüntüsüdür. Bu görüntüden de anlaşılacağı gibi AETYD tarafında ilk düğüm öldüğünde MREP tarafında düğümlerin %50 sinden fazlası ölmüş durumdadır. İlk test türümüzde ağ ömrünün artışında %100 den daha fazla artış sağlanmıştır.



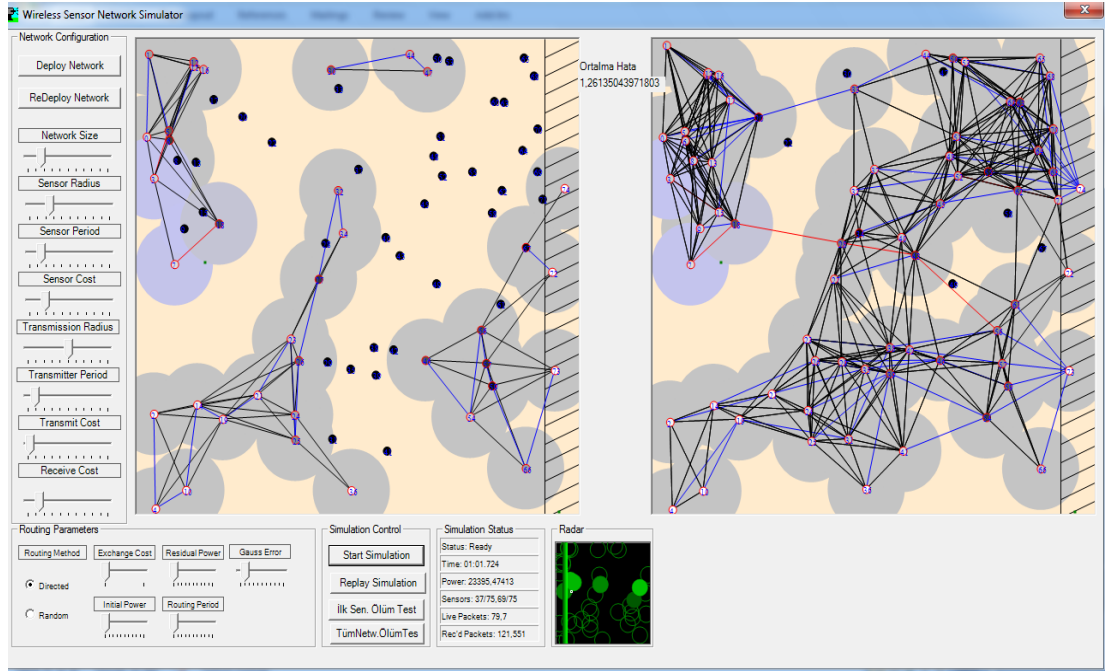
Şekil 4.4: İlk ölen düğüm süreleri gösteren testlerin grafiği



Şekil 4.5: İlk ölen düğüm testi (Ekran fotoğrafı)

Şekil 4.5 de benzetim başladıktan sonra 61. Saniye (Bu süreden sonra MREP algoritması alandan gerekli verileri toplayamamaktadır) sonraki ağın ömrünü göstermektedir. Görüldüğü gibi MREP tarafında canlı düğüm sayısı %45,3

oranlarında iken AETYD tarafında canlı düğüm sayısı %92 oranındadır. Ayrıca MREP tarafındaki düğümlerin ancak %9,3 i ağ geçitleri ile iletişime geçebilmektedir.



Şekil 4.6: 61.saniyedeki ağ ömrü testi(Ekran fotoğrafı)

Ayrıca ağ ömrünün ölçütlerinden biri de düğümlerin merkeze ne kadar süre veri aktarabildiğidir. Bu ölçütü biz bu benzetimde benzetim süresi boyunca ağın ağ geçidine ne kadar veri paketi gönderdiğine bakarak tespit ettik.

Şekil 4.5 deki veri paketi ulaştırma sayısı “Rec'd Packets”:

MREP:121 adet

AETYD:551 adet

Tüm düğümler öldüğü anda ağ geçidine ulaşmış paket sayısı ise:

MREP:189 adet

AETYD:948 adet

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışma savaş alanına rastgele saçılmış algılayıcı düğümlerin kendi cephemiz içine yerleştirdiğimiz ağ geçitlerine algıladıkları düşman hedef bilgileri aktarmaları üzerinedir. Dolayısıyla savaş alanına yerleştirilmiş bu algılayıcıların merkeze maksimum süre, algıladığı verileri gönderebilmesi önemli bir meseledir. Bu süreyi kısaltan en önemli nedenlerden biriside ağ geçitleri ile iletişimi olan ve üzerinde yoğun veri trafiği geçen düğümlerin ölmesidir. Bu düğümlerin ölmesi merkez ile düğümler arasındaki iletişimi koparır.

Ağ geçitlerine yakın bölgelerdeki üzerinden yoğun veri trafiği oluşan düğümlerin ömrünü uzatmak için bir algoritma önerildi ve bu yönde daha önce Jae-Hwan Chang, Leandros Tassioulas [6] tarafından geliştirilmiş ve David J. Stein [5] tarafından benzetimi oluşturulmuş “Maximum Residual Energy Path” algoritması ile karşılaştırılmıştır.

Dolayısı ile bu çalışmada ana amacımız kısıtlı enerjiye sahip kablosuz ağın ömrünü uzatmaktır. Ağ geçitlerine yakın düğümlerin ömrünü uzatmak otomatik olarak ağ ömrünü uzatmak anlamına gelmektedir.

Ağın ömrünü maksimum süreye çekmek için algoritma temel olarak, düğümlerin veri yollayacağı muhtemel yolları tespit eder, bu tespit etme esnasında, yol üzerindeki tüm düğümlerin yoğunluk katsayı değerini bir artırılır. Daha sonra veri trafiği yoğunluğu olması muhtemel yolların üzerindeki yoğunluk dağıtılarak bu düğümlerin ömrü artırılmıştır.

Benzetim sonuçları gösteriyor ki bu çalışmada geliştirilen AETYD algoritması MREP'e kıyaslandığında ilk düğüm ölümünün de %100 den daha fazla iyileşme gözlenmektedir. Bu da gösteriyor ki bu çalışmada geliştirilen trafik yoğunluk dengeleme yöntemi üzerinde yoğun veri trafiği oluşan düğümlerin yoğunluğunu dengelemekte başarılı olmuştur.

Yine benzetim sonuçlarından görebiliyoruz ki tüm ağın ömrü MREP'e göre çok daha uzundur. Bunun en iyi göstergesi algoritmaların aynı süre de ağ geçitlerine ulaştırdıkları veri paketi sayısıdır. Bu sonuçlara dayanarak bu çalışmada geliştirilen

algoritmanın kullandığı “Geographic Routing” coğrafi yönlendirme ve trafik dengeleme yönteminin ağın ömrünü MREP’e göre 4 kat artırdığı söylenebilir.

Bu çalışmada geliştirilmiş olan algoritmanın zaaflarından biri coğrafi bilgi verisine ihtiyaç duymasındır. Düğümlerin konumları ya bu çalışmada yapıldığı gibi RSSI bilgilerine dayanarak sanal koordinatlar olarak belirlenecek yada GPS gibi gerçek konum bilgisi veren bir sistem düğümlere fiziksel olarak bütünleşmiş olarak elde edilecektir. Fakat yerleri daha önceden bertilmiş “Anchor” düğümler kullanmada sadece RSSI bilgisine dayanarak yapılan konum tespitleri hataya ileri derecede açıktır. Konumlarda ki hata oranının ileri derecelerde artması bu çalışmada geliştirilen algoritmayı çalışmaz hale getirebilir. GPS sisteminin kullanılması ise enerji tüketimini artıracığı için algoritmanın üstünlüğünü yok edebilir.

Bu sorunu gidermek için “Anchor Free Localization” çapa düğümsüz yer belirleme algoritmaları üzerindeki çalışmalar takip edilerek çok daha gelişmiş bir yer belirleme algoritması geliştirmek için çalışılabilir ya da yeni nesil düşük güç tüketimi yapan GPS sistemleri ile yapılan bir entegrasyonla algoritmanın getirileri gözlemlenebilir.

Ayrıca sinyal gücü bilgileri periyodik olarak ağ geçidine gönderilme aralığında ölen bir düğüme veri gönderilmesi durumunda veri kaybı oluşacaktır. Bu sorunun gidermek için bu çalışmada alınmamıştır.

Ek olarak, düğüm sayılarının optimumdan daha fazla dağıtılması durumunda Taşkın yönlendirme ile iletilen sinyal gücü verileri ağın ömrünü aşırı düşürür. Buda bu çalışmanın üstünlüğünü giderir.

KAYNAKLAR

1. Leong, B., “New Techniques for Geographic Routing” *Computer Science and Artificial Intelligence Laboratory Technical Report* MIT-CSAIL-TR-2006-044, 27-30, Haziran (2006)
2. Gustav J. J.,2006, Evaluation of Energy Costs and Error Performance of Range-Aware, Anchor-Free Localization Algorithms for Wireless Sensor Networks, <http://www.dtic.mil/cgi-bin/GetTRDoc?AD=ADA447060&Location=U2&doc=GetTRDoc.pdf> (**Ziyaret Tarihi: 24.03.2010**)
3. Shah, R. C., Rabaey, J., “Energy Aware Routing for Low Energy Ad Hoc Sensor Networks”, *IEEE Wireless Communications and Networking Conference (WCNC)* , Orlando, FL, 17-21, Mart (2002)
4. Yu, Y., Estrin, D., Govindan, R., “Geographical and Energy-Aware Routing: A Recursive Data Dissemination Protocol for Wireless Sensor Networks”, *UCLA Computer Science Department Technical Report*, UCLA-CSD TR-01-0023, Mayıs (2001).
5. David J. Stein “Wireless Sensor Network simulator” <http://www.djstein.com/projects/WirelessSensorNetworkSimulator.html> (**Ziyaret Tarihi: 24.03.2010**)
6. Chang, J.H., Tassiulas, L., “Maximum Lifetime Routing in Wireless Sensor Networks”, *Proc. Advanced Telecommunications and Information Distribution Research Program (ATIRP2000)*, College Park, MD, Mart. 2000.
7. Priyantha, N.,B., Balakrishnan, H., Demaine, E., “Anchor Free Distributed Localizationin Sensor Networks” *MITPress*,Boston,MA,(2003).
8. Flury, R., Pemmaraju, S., Wattenhofer, R., Greedy Routingwith Bounded Stretch <http://www.cs.uiowa.edu/~sriram/papers/greedyRouting.pdf> (**Ziyaret Tarihi: 24.03.2010**)
9. Soytürk, M., Altılar, D. T., “Telsiz, tasarsız ve duyarga ağlar için kaynak-başlatmalı coğrafi veri akış yöntemi” *İtüdergisi/d mühendislik*, Cilt:7, Sayı:5, 26-33 Ekim (2008).
10. Villalba, L., Orozco, A., Cabrera, A., 2008, Routing Protocols in Wireless Sensor Networks, <http://www.mdpi.com/1424-8220/9/11/8399/pdf> (**Ziyaret Tarihi: 26 Ekim 2009**)

11. Segal, M., "Improving Lifetime of Wireless Sensor Networks", *Network Protocols and Algorithms*, ISSN 1943-3581, Vol. 1, No. 2, (2009)
12. Akcayol, M.A., Algoritma Analizi (Analysis of Algorithms), <http://ceng.gazi.edu.tr/~akcayol/files/AAL11Greedy1.pdf> (**Ziyaret Tarihi: 01.04.2010**)
13. Heinzelman, W., Chverakasan, A., Balakrishnan, H., "Energy-Efficient Communication Protocol for Wireless Microsensor Networks" *Proceedings of the 33rd Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS '00)*, Ocak (2000).
14. Intanagonwiwat, C., Govindan, R., Estrin, D., "Directed diffusion: a scalable ve robust communication paradigm for sensor networks," *Proceedings of ACM MobiCom '00*, Boston, MA , 56-67, (2000).
15. Heinzelman, W., Kulik, J., Balakrishnan, H., "Adaptive Protocols for Information Dissemination in Wireless Sensor Networks," *Proc. 5th ACM/IEEE Mobicom Conference (MobiCom '99)*, Seattle, WA, , 174-85, Ağustos (1999).
16. Kulik, J., Heinzelman, W. R., Balakrishnan, H., "Negotiation-based protocols for disseminating information in wireless sensor networks," *Wireless Networks*, Volume: 8, 169-185, (2002).
17. Manjeshwar, A., Agarwal, D. P., "TEEN: a routing protocol for enhanced efficiency in wireless sensor networks", *In 1st International Workshop on Parallel ve Distributed Computing Issues in Wireless Networks ve Mobile Computing*, Nisan (2001).
18. Manjeshwar, A., Agarwal, D. P., "APTEEN: A hybrid protocol for efficient routing ve comprehensive information retrieval in wireless sensor networks," *Parallel ve Distributed Processing Symposium., Proceedings International, IPDPS*, 195-202, (2002).
19. Ganesan, D., Govindan, R., Shenker, S., Estrin, D., "Highly-resilient, energy-efficient multipath routing in wireless sensor networks", *ACM SIGMOBILE Mobile Computing ve Communications Review*, vol. 5, no. 4, 1125, (2001).
20. Sohrabi, K., Pottie, J., "Protocols for self-organization of a wireless sensor network", *IEEE Personal Communications*, Volume 7, Issue 5, 16-27, (2000).
21. Subramanian, L., Katz. R. H., "An Architecture for Building Self Configurable Systems", *In the Proceedings of IEEE/ACM Workshop on Mobile Ad Hoc Networking ve Computing*, Boston, MA, Ağustos (2000).

22. Yao, Y., Gehrke, J., "The cougar approach to in-network query processing in sensor networks", *In SIGMOD Record*, Eylül (2002).
23. Braginsky, D., Estrin, D., "Rumor Routing Algorithm for Sensor Networks," *In the Proceedings of the First Workshop on Sensor Networks ve Applications (WSNA)*, Atlanta, GA, Ekim (2002).
24. Schurgers, C., Srivastava, M.B., "Energy efficient routing in wireless sensor networks", *In the MILCOM Proceedings on Communications for Network-Centric Operations: Creating the Information Force*, McLean, VA, 2001.
25. Chu, M., Haussecker, H., Zhao, F., "Scalable Information-Driven Sensor Querying ve Routing for ad hoc Heterogeneous Sensor Networks," *The International Journal of High Performance Computing Applications*, Vol. 16, No. 3, Ağustos (2002).
26. Lindsey, S., Raghavendra, C., "PEGASIS: Power-Efficient Gathering in Sensor Information Systems", *IEEE Aerospace Conference Proceedings*, Vol. 3, 9-16 1125-1130,(2002).
27. Ye, F., Chen, A., Liu, S., L. Zhang, "A scalable solution to minimum cost forwarding in large sensor networks", *Proceedings of the tenth International Conference on Computer Communications ve Networks (ICCCN)*, 304-309, (2001).
28. Ye, F., Luo, H., J. Cheng, Lu, Zhang, S. L., "A Two-tier data dissemination model for large-scale wireless sensor networks", *Proceedings of ACM/IEEE MOBICOM*, (2002).
29. Bulusu, N., Heidemann, J., Estrin, D., "GPS-less low cost outdoor localization for very small devices", *Technical report 00-729, Computer science department, University of Southern California*, Nisan. (2000).
30. Savvides,A., Han, C-C, Srivastava, M., "Dynamic fine-grained localization in Ad-Hoc networks of sensors," *Proceedings of the Seventh ACM Annual International Conference on Mobile Computing ve Networking (MobiCom)*, 166-179, Temmuz (2001).
31. Rodoplu V., Meng T. H., "Minimum Energy Mobile Wireless Networks", *IEEE Journal Selected Areas in Communications*, vol. 17, no. 8, ,Ağustos. (1999).
32. Xu, Y., Heidemann, J. Estrin, D., "Geography-informed Energy Conservation for Ad-hoc Routing," *In Proceedings of the Seventh Annual ACM/IEEE International Conference on Mobile Computing ve Networking*, 70-84, (2001).

33. Li, Q., Aslam J., Rus, D., "Hierarchical Power-aware Routing in Sensor Networks", *In Proceedings of the DIMACS Workshop on Pervasive Networking*, Mayıs (2001).
34. Braginsky, D., Estrin, D., "Rumor Routing Algorithm For Sensor Networks", *International Conference on Distributed Computing Systems (ICDCS'01)*, Kasım (2001).
35. Yılmaz M. "Duty cycle control in wireless sensor Networks" Yüksek Lisans Tezi, *ODTU Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, Eylül (2007).
36. Capkun, S., Hamdi, M., Hubaux, J., "GPS-free positioning in mobile ad-hoc networks", *Proceedings of the 34th Annual Hawaii International Conference on System Sciences*, 3481-3490, (2001).
37. Chen, B., Jamieson, K., Balakrishnan, H., Morris, R., "SPAN: an energy-efficient coordination algorithm for topology maintenance in ad hoc wireless networks", *Wireless Networks*, Vol. 8, No. 5, 481-494, Eylül (2002).
38. Fang, Q., Zhao, F., Guibas, L., "Lightweight Sensing and Communication Protocols for Target Enumeration ve Aggregation", *Proceedings of the 4th ACM international symposium on Mobile ad hoc networking ve computing (MOBIHOC)*, 165-176, (2003).
39. Shah, R. C., Rabaey, J., "Energy Aware Routing for Low Energy Ad Hoc Sensor Networks", *IEEE Wireless Communications ve Networking Conference (WCNC)*, Mart 17-21, Orlando, FL, 2002
40. Sadagopan N., ve diğerleri "The ACQUIRE mechanism for efficient querying in sensor Networks", *In the Proceedings of the First International Workshop on Sensor Network Protocol ve Applications, Anchorage*, Alaska, Mayıs (2003).
41. Yu, Y., Estrin, D., Govindan, R., "Geographical ve Energy-Aware Routing: A Recursive Data Dissemination Protocol for Wireless Sensor Networks", *UCLA Computer Science Department Technical Report*, UCLA-CSD TR-01-0023, Mayıs (2001).
42. Karp, B., Kung, H. T., "GPSR: Greedy perimeter stateless routing for wireless sensor networks", *In the Proceedings of the 6th Annual ACM/IEEE International Conference on Mobile Computing ve Networking (MobiCom '00)*, Boston, MA, Ağustos (2000).
43. He T., "SPEED: A stateless protocol for real-time communication in sensor networks", *In the Proceedings of International Conference on Distributed Computing Systems*, Providence, RI, Mayıs (2003).

44. Stojmenovic, I., Lin, X.. "GEDIR: Loop-Free Location Based Routing in Wireless Networks", *In International Conference on Parallel ve Distributed Computing ve Systems*, Boston, MA, USA, 3-6 Kasım (1999).
45. Kuhn, F., Wattenhofer, R., Zollinger, A., "Worst-Case optimal ve average-case efficient geometric ad-hoc routing", *Proceedings of the 4th ACM International Conference on Mobile Computing ve Networking*, 267-278, (2003).
46. Servetto, S., Barrenechea, G., "Constrained Rveom Walks on Rveom Graphs: Routing Algorithms for Large ScaleWireless Sensor Networks", *Proceedings of the 1st ACM International Workshop on Wireless Sensor Networks ve Applications*, Atlanta, Georgia, USA, (2002).
47. Dulman, S., Nieberg, T., Wu, J., Havinga, P., "Trade-Off between Traffic Overhead and Reliability in Multipath Routingfor Wireless Sensor Networks", *WCNC Workshop*, New Orleans, Louisiana, USA, Mart (2003).
48. Al-Karaki, J. N., Ul-Mustafa, R., Kamal, A. E., "Data Aggregation in Wireless Sensor Networks - Exact and Approximate Algorithms", *Proceedings of IEEE Workshop on High Performance Switching and Routing (HPSR)*, Phoenix, Arizona, USA. 18-21 Nisan (2004)
49. Savarese, C., Rabaey, J., Beutel, J. "Locationing in Distributed Ad-Hoc Wireless Sensor Networks", *In Proc. Off ICASSP (Salt Lake City, UT)*, 2037–2040. Mayıs (2001).
50. Bulusu, N., Heidemann, J., Estrin, D. "GPS-less Low Cost Outdoor Localization For Very Small Devices", *Tech.Rep. 00-729, Computer Science Department, University of Southern California*, Nisan (2000).
51. Nagpal, R., Shrobe, H., Bachrach, J. "Organizing a Global Coordinate System from Local Information on an Ad Hoc Sensor Network", *In Proc. International Workshop on Information Processing in Sensor Networks*, IPSN 2003 PaloAlto, CA, (2003).
52. Yardley, R., Circle Intersection, <http://blog.rudestar.net/2010/01/how-to-calculate-the-intersection-of-two-circles-mathematically-in-actionscript/> , (Ziyaret tarihi: 01.06.2010).
53. Doherty, L.,Pister,K., Ghaoui,L."Convex position estimation in wireless sensor Networks". *In IEEE INFOCOM*, Anchorage, Nisan (2001).
54. Bal M., ve diğerleri, Localization in cooperative wireless sensor networks: a review, <http://nparc.cisti-icist.nrc-cnrc.gc.ca/npsi/ctrl?action=rtdoc&an=5212424&article=1&lang=en> ,(Ziyaret tarihi:02.06.2010).

55. Andrew, H., Maja, J. M., Gaurav, S. S., An Incremental Self-Deployment Algorithm for Mobile Sensor Networks, http://www-robotics.usc.edu/~ahoward/pubs/howard_ar01.pdf ,(Ziyaret tarihi: 02.06.2010).
56. Al-Karaki J., Kamal, J.N., “A.E. Routing Techniques in Wireless Sensor Networks: a Survey”. *Wireless Communications*, IEEE, Volume 11,6-28,(2004).

ÖZGEÇMİŞ

1983’de Ankara’nın Şereflikoçhisar ilçesinde doğdu. İlk ve orta öğretimini Şereflikoçhisar’da tamamladı. 2000 yılında Kocaeli Üniversitesi Elektronik Haberleşme Mühendisliğine giriş yaptı. 2005 yılında bu bölümden mezun oldu. 2006 yılından beri Datateknik A.Ş. firmasında Mobile cihazlar yazılım ve donanım geliştiricisi olarak çalışmaktadır. 2008 Ekim ayından beri evlidir.