

DİPLOMA PROJESİ

RAPOR - 2



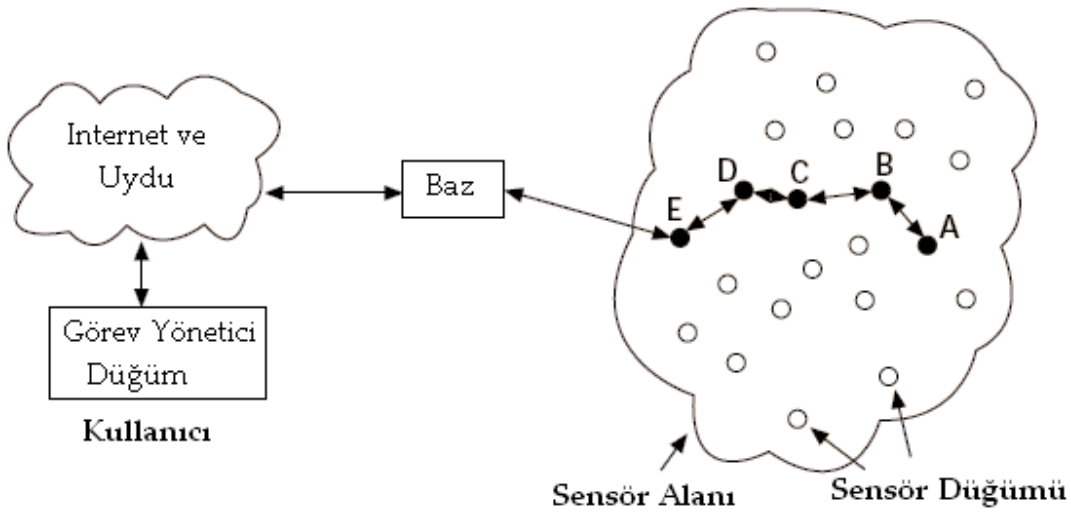
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ

BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ

Halil Hakan Tarhan
1306010039

SENSÖR AĞLARDA HABERLERŞME MİMARİSİ

Sensör düğümleri genelde Şekil-1 de karakterize edildiği gibi sensör alanına dağıtılmış haldedirler.Bu dağıtılmış düğümlerin herbirinin veriyi toplayıp baz istasyonuna yollama yetenekleri vardır. Verinin herhangi bir mimari altyapıya sahip olmadan baz istasyonuna yollanışı Şekil-1 de görülmektedir.Baz , görev yönetici düğümler internet yada uydu aracılığı ile haberleşebilir. Sensör düğümlerin tasarımı birçok etken tarafından etkilenmektedir.Bunlar ; Hata Toleransı , Ölçeklenebilirlik ,Üretim Maliyetleri,Çalıştırma Ortamı,Sensör Ağ Topolojisi, Donanım Kısıtlamaları , İletim Ortamı ve Güç Tüketimidir . [1]

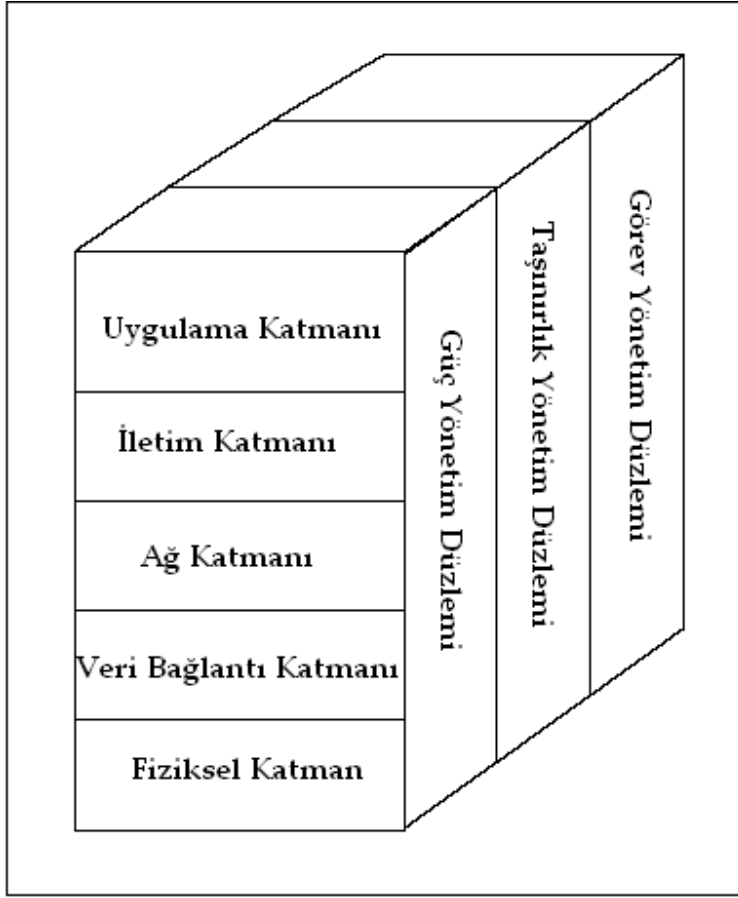


Şekil - 1

Bu etkenleri hatırlattıktan sonra Sensör Ağların Protokol Yığınıını inceleyelim ;

Protokol Yığını [1]

Şekil-1 de gösterilen Sensör Düğümü ve Baz tarafından kullanılan protokol yığını Şekil-2 de gösterilmiştir.Bu protokol yığını gücü ve yönlendirme bilincini birleştirir , veriyi ağ kurma protokolleriyle entegre eder, kablosuz ortam aracılığı ile gücü verimli bir şekilde kullanarak haberleşmeyi sağlar ve sensör düğümlerinin birbirleriyle ortak çalışmalarını daha verimli hale getirir. Bu protokol yığını Fiziksel Katman, Veri Bağlantı Katmanı,Ağ Katmanı,Taşıma Katmanı, Uygulama Katmanı,Güç Yönetim Düzlemi, Taşınırılık (Mobility) Yönetim Düzlemi ve Görev Yönetim Düzleminde oluşur.Fiziksel Katman basit fakat dayanıklı kiplerle,iletim ve alım tekniklerini adresler. Ortamın gürültülü ve sensör düğümlerinin hareketli olmasından ötürü , ortam erişim kontrol (MAC - medium access control) protokolü güç faktörünü göz önünde tutmalı ve komşu düğümlerin yayınları ile çarpışmayı en aza indirebilmelidir.



Şekil - 2

Örnek olarak sensör düğümü , alıcısını , komşu düğümden mesaj aldıktan sonra kapatabilir.Bu kopyalanmış mesaj alımını engeller.Aynı zamanda , sensör düğümünün güç seviyesi azaldığında, komşu düğümlere mesaj yönlendirmelerine katılamayacağını bildirir. Geriye kalan güç algılamaya ayrılır. Taşınırılık yönetim düzlemi , sensör düğümlerinin hareketlerini tespit edip kaydeder, böylece kullanıcıya dönüş yolu her zaman korunmuş olur, ve sensör düğümü komşu düğümlerinin kim olduğunu izleyebilir.

Sensör düğümünün komşu düğümlerini bilmesi sayesinde , düğümler güç ve görev kullanımını dengeleyebilir.Görev yönetim düzlemi , belirli bir bölgedeki algılama görevlerini dengeler ve zamanlamasını yapar. Belirli bir bölgedeki sensör düğümlerinin tamamının aynı anda algılama görevini yerine getirmesi gerekli değildir.Bu doğrultuda güç seviyelerine bağlı olarak bazı düğümler algılama görevini diğer düğümlere göre daha fazla yerine getirirler.Bu yönetim düzlemleri , sensör düğümlerinin etkin bir güç kullanımı ile birlikte çalışmaları,veriyi taşınabilir sensör ağ içerisinde yönlendirebilmeleri ve kaynakları düğümler arasında paylaşırabilmeleri için gereklidirler.

Bu katmanlar içerisinde verinin yönlendirmesinden sorumlu olan **Ağ Katmanı**nı ayrıntılı bir biçimde inceleyelim.

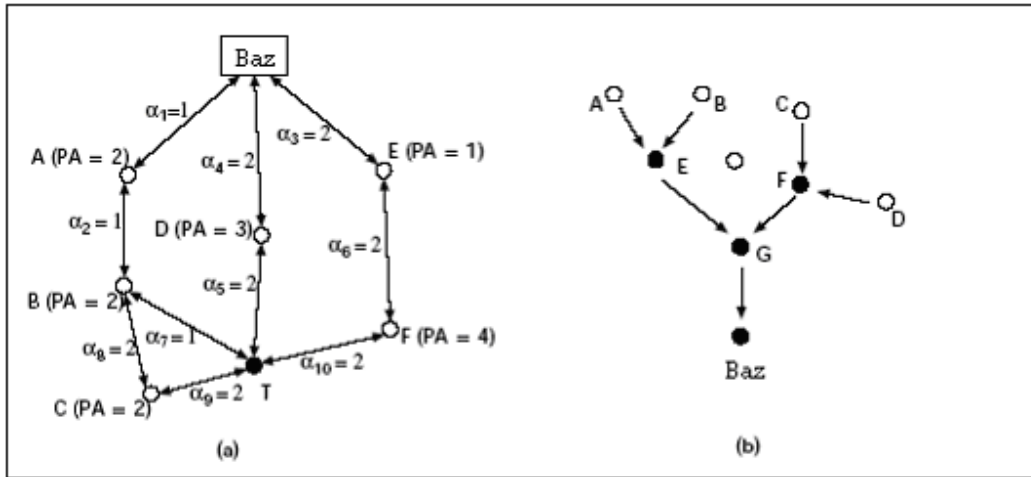
Ağ katmanı iletim katmanı tarafından kendisine sağlanan verinin yönlendirilmesinden sorumludur.İletim katmanı , sensör ağ uygulaması gereksinim duyması halinde veri akışının güçlendirilmesine yardım eder. Algılama görevlerine bağlı olarak , farklı tiplerde uygulama yazılımları , uygulama katmanı üzerine kurulup kullanılabilir. Bunlara ek olarak güç , taşınırılık ve görev yönetim düzlemleri sensör düğümleri arasındaki gücü , hareketleri ve görev dağılımını izler.Bu düzlemler algılama görevinin koordineli bir şekilde gerçekleştirilmesi için düğümlere yardımcı olur ve toplam güç tüketimini azaltır. Güç yönetim düzlemi bir sensör düğümünün, güç kullanımını yönetir.

AĞ KATMANI [1]

Sensör düğümleri Şekil-1 de gösterildiği gibi bir alan içerisinde ya da yakınına yoğun biçimde dağıtılmışlardır. Bilinen kısıtlamalar yüzünden özel çok-adımlı (multihop) kablosuz yönlendirme protokollerine ihtiyaç vardır. Alışılmış ad hoc yönlendirme teknikleri çoğu zaman sensör ağların gereksinimlerini karşılayamaz. Sensör Ağların Ağ katmanı aşağıdaki prensiplere bağlı olarak tasarlanır ;

- Gücün verimli kullanımı her zaman önemli bir kısıtlamadır.
- Sensör ağlar çoğu zaman veri-merkezlidir.
- Veri toplama/çoğullama , sadece sensör düğümlerinin ortak gayretini engellemediği müddetçe kullanışlıdır.
- İdeal bir sensör ağ özellik-temelli adresleme ve yer bilincine sahiptir.

Enerji bakımından verimli yollar , düğümdeki kullanılabilir güç (PA – Power Available) veya bağlantılardaki yol boyunca iletimin gerçekleştirilmesi için gerekli enerji (α) temel alınarak bulunabilir.



Şekil-3

Şekil 3.a da T düğümü olguyu algılayan düğümdür. Baz ile haberleşmek için aşağıdaki yolları kullanabilir;

- Yol 1: Baz-A-B-T, toplam $PA = 4$, toplam $\alpha = 3$
- Yol 2: Baz -A-B-C-T, toplam $PA = 6$, toplam $\alpha = 6$
- Yol 3: Baz -D-T, toplam $PA = 3$, toplam $\alpha = 4$
- Yol 4: Baz -E-F-T, toplam $PA = 5$, toplam $\alpha = 6$

Enerjinin verimli kullanılmasını sağlayan yolun seçimi aşağıdaki yaklaşımlardan biri ile gerçekleştirilir.

Maksimum PA yolu: PA toplamı en fazla olan yolun seçimidir. Yol boyunca her düğümün sahip olduğu PA değerlerinin toplamı ile hesaplanır. Bu yaklaşım sonucu Şekil 3.a daki Yol 2 seçilir.

Ancak Yol 2 , Yol 1 deki düğümleri ve ayrıca ekstra bir düğüm içerir. Bu yüzden , PA toplamı fazla olmasına rağmen bu yol gücü verimsiz kullanılmaktadır. Sonuç olarak, sensör düğümü ile bazı bağlayabilen uzatılmış yollardan türetilen yolları alternatif yol olarak düşünmemek gerekir. Maksimum PA şemasını kullanırsak Yol 2 elenir , Yol 4 gücü verimli kullanan yol olarak seçilir.

Minimum Enerji (ME) yolu: Baz ile düğüm arasında minimum enerji tüketerek veri paketlerinin iletimini sağlayan yol ME yoludur. Şekil 3.a da gösterildiği gibi ME yolu Yol 1 dir.

Minimum adım/hop (MH) yolu: Baza ulaşmak için en az adım atan yol MH yoludur. Bu düzende Yol 3 , Şekil 3.a daki yollar içerisinde en verimli yoldur.

ME yaklaşımı ile MH yaklaşımının her bağlantı arasında eşit enerji sarfedilmesi halinde (her α değerinin eşit olması) aynı yolu seçeceğine dikkat edilmelidir.

Bu sebeple, düğümler güç kontrolü olmadan aynı güç seviyesi ile yayın yaparlarsa , MH yaklaşımı ile ME yaklaşımı eşdeğerdir.

Maksimum minimum PA düğüm yolu: Yol boyunca en küçük PA değeri , diğer yolların en küçük PA değerlerinden büyük olan yol seçilir. Şekil 3.a da Yol 3 en etkin yoldur , bunun ardından Yol 1 gelir. Bu yaklaşım ile düşük PA değerine sahip düğümün , yüksek PA değerlerine sahip düğümlere oranla erken bir şekilde işlevsiz hale gelme riskini ortadan kaldırırız.

Diğer önemli konu ; yönlendirmenin veri-merkezli (data-centric) yaklaşıma dayanabileceğidir.

Veri merkezli yönlendirmede , sensör düğümlerine algılama görevini atamak için ilgi (algılanacak olgu) dağıtımı (interest dissemination) gerçekleştirilir.

İlgi dağıtımı için kullanılan iki yaklaşım mevcuttur : baz istasyonları ilgiyi yayınlar , ve sensör düğümleri kullanılabilir veriyi ilan eder (yayınlar) ve ilgilenen düğümlerin olup olmadığını öğrenmek için yanıt beklerler.

Veri merkezli yönlendirme için özellik temelli tanımlama gereklidir.

Özellik temelli tanımlamada, kullanıcılar tek bir düğümü sorgulamak yerine , bir olgunun özelliğini sorgular.Örnek verirsek ; “sıcaklığın 35°C nin üzerinde olduğu alanlar ” sorgusu , “bir düğüm tarafından ölçülmüş sıcaklık değerleri” sorgusundan daha genel bir sorgudur.

Özellik temelli tanımlama , olgunun özelliklerini kullanarak sorgu gerçekleştirmek için kullanılır.Ayrıca özellik temelli tanımlama sensör ağlar için önemli olan ; broadcasting¹, özellik-temelli multicasting², coğrafi adresleme ve yönlendirme ve anycasting³ yapar.

Veri toplama/çoğullama , veri merkezli yönlendirmede göçme ve örtüşme problemlerinin çözümü için kullanılan bir tekniktir. Bu teknikte , sensör ağ Şekil 3.b de görüldüğü gibi ters bir multicast ağaç şeklinde algılanır, bu durumda baz , sensör düğümlerden, çevrenin olguya ilişkin durumunu raporlamasını ister.

Çok sayıda sensör düğümünden gelen veri ,baza gelen yol üzerinde aynı düğüme ulaştıklarında , olgunun aynı özellikleri hakkında bilgi taşıyormuş gibi toplanır/çoğullanır.

Örnek vermek gerekirse, E sensör düğümü A ve B düğümlerinden gelen veriyi çoğullarken , F düğümü ise C ve D düğümlerinden gelen veriyi çoğullar (Şekil 3.b).

Veri toplama/çoğullama birçok düğümünden gelen verinin otonom bir şekilde birleştirilmesi ve anlamlı bilgi elde edilmesi için kullanılan metotlar kümesi olarak algılanabilir.

Bu açıdan bakıldığında veri toplama/çoğullama veri füzyonu olarak bilinir.

Ayrıca veri toplanırken özen gösterilmelidir , çünkü verinin ayrıntıları (örn.raporlama yapan düğümün konumu) göz ardı edilmemeli , atlanmamalıdır.Bazı ayrıntılar değişik uygulamalar için gerekli olabilir.

Ağ katmanının diğer önemli işlevlerinden birisi de diğer ağlarla bağlantı kurmasıdır , diğer sensör ağlar, komut ve kontrol sistemleri ve Internet gibi. Olabilecek durumlardan birinde , sensör düğümlerinden biri diğer ağlara erişim için Ağ Geçidi (gateway) olarak kullanılabilir.

Diğer bir durumda ise , baz düğümlerinin birbirine bağlanması ile bir omurga (backbone) oluşturulabilir ve bu omurga diğer ağlara , ağ geçidi üzerinden erişimde kullanılabilir.

1.Broadcast:Bir merkez ya da düğüm yolladığı paketin , bulunduğu ortamdaki bütün düğümlere ulaşmasını istiyor ise broadcast tipi yayın gerçekleştirir.

2.Multicast: Bir merkez ya da düğüm yolladığı paketin , bulunduğu ortamdaki birden çok düğüme ulaşmasını istiyor ise multicast tipi yayın gerçekleştirir.

3.Anycast: Birden çok merkez ya da düğümden yollanan paketin broadcast ve multicast yayına benzer bir şekilde yayınlanmasıdır ama hedef , tam/kesin bir yanıt alabilmektir.

Önde gelen yönlendirme protokollerinin analizini yapalım.[2]

Varsayımlar: [2] Bir sensör düğümünün kibrit kutusu boyutlarında olması beklenmektedir. Birkaç yüz MHz lik işlemcisi , küçük belleği, radyo modemi, ADC'si (Analog/Digital Çevirici), sensörleri ve bataryası olması beklenir. Düğümlerin UC Berkeley'de geliştirilmiş TinyOS benzeri işletim sistemlerinin değişik versiyonlarını çalıştırması beklenir. Radyo menzili kontrol edilerek en az miktardaki enerji sarfiyatı ile ,istenilen alıcılara mesajların gönderebilmesine olanak sağlanır. Düğümlerin birbirleri arasındaki mesafe 3~4 metre olacak şekilde sabitlendiğini düşünelim. Baz istasyonunun düğümlerden uzak bir yerde sabitlendiğini varsayalım. Bu varsayımların yanında her protokolün kendine ait varsayımları olabilir.

Çalışma Modelleri : [2] Çalışma modeli olarak iki yaygın tip vardır ; sürekli-çalışma modeli ve sorgu-yanıt modeli. Önceleri , algılanan verinin sürekli olarak ele geçirilmesi gerekmektedir. Bu yüzden herhangi bir istek olmadan , sensör düğümlerinin aktif olması ve algılanan veriyi periyodik olarak baz istasyonuna göndermesi gerekirdi.

Sorgu-yanıt tipinde ise , işlem yapan şahıs ağ üzerindeki herhangi bir düğümü bir sorgu ile sorgular. Bu sorgu R bölgesi içerisinde dağılmış olan düğümlere bazı yönlendirme mekanizmaları kullanılarak iletilir.

Enerji-bilinçli protokollerin mevcut olduğundan bahsetmemiz gereklidir. Bir protokol eğer harcadığı enerji toplamını ve geriye kalan enerji toplamının farkında ise bu protokole enerjisinden haberdar/bilinçli (energy-aware) diyebiliriz.

Enerji Modelleri : [2] Popüler enerji modeli aşağıda belirtilmiştir. l-bit uzunluğunda bir mesajı , d mesafesi boyunca *gönderimi* (transmit-T) için , radyonun ihtiyaç duyduğu enerji aşağıdaki formül ile hesaplanır.

$$E_{Tx}(l, d) = E_{Tx-elec}(l) + E_{Tx-amp}(l, d)$$
$$E_{Tx}(l, d) = \begin{cases} lE_{elec} + l\epsilon_{friss-amp} d^2 & \text{if } d < d_{crossover} \\ lE_{elec} + l\epsilon_{two-ray-amp} d^4 & \text{if } d \geq d_{crossover} \end{cases} \quad (1)$$

Alıcının l-bit uzunluğunda bir mesajı *almak* için ihtiyaç duyduğu enerji ise aşağıdaki formül ile hesaplanabilir.

$$E_{Rx}(l) = E_{Rx-elec}(l)$$
$$E_{Rx}(l) = lE_{elec} \quad (2)$$

Bu eşitliklerde $E_{Tx-elec} = E_{Rx-elec} = E_{elec}$ alıcı yada verici devresini çalıştırmak için gerekli enerjidir, 1Mbps alıcı için 50nJ/bit lik tipik bir değere sahiptir . $d_{crossover}$ mesafesi tipik olarak 86.2 m seçilmiştir , $\epsilon_{friss-amp}$ mesafe d , $d_{crossover}$ dan küçük ise ,verici amplifikatörü tarafından ihtiyaç duyulan enerjidir ve tipik olarak 10 pJ/bit/m² olarak seçilmiştir, $\epsilon_{two-ray-amp}$ mesafe d , $d_{crossover}$ dan büyük ise ,verici amplifikatörü tarafından ihtiyaç duyulan enerjidir ve tipik olarak 0.0013 pJ/bit/m⁴ olarak seçilmiştir. Beamforming* için hesaplanan enerji 5 nJ/bit/signal olarak atanmıştır.

* Beamforming algoritması kullanıldığında , çok sayıda akustik sinyal birleştirilip sinyal sayısı azaltılır , oluşan sinyal diğer sinyallerin içeriğini de barındıran anlamlı bir sinyaldir .[3]

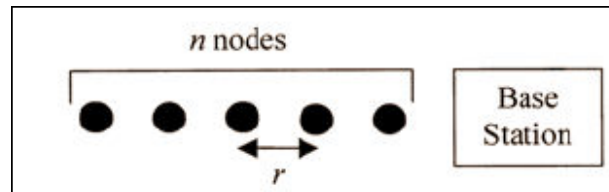
Performans Ölçümü: [2] Performans; enerji tüketimi, yaşam süresi , gecikme süresi , kalite ve birim enerji başına yayılan verinin toplamı kriterleri ile ölçülür. Enerji tüketimi , zamanın bir periyodu boyunca harcanan enerjinin toplamı olarak ölçülebilir.Enerji tüketiminin ölçümünde kullanılabilir diğer bir yaklaşım ise ağıın yaşam süresinin göz önüne alınmasıdır.Bu süre ağıın çalışmaya başladığı an ile ilk düğüm kaybının gerçekleştiği (ömrünün tükendiği) an arasında geçen süre olarak tespit edilebilir.Gecikme ; bir düğümün olguyu algılaması sonucu baz istasyonuna algıladığı veriyi göndermesi ile baz istasyonunun veriyi alması arasında geçen süredir.Algılanan verinin kalitesi ; ortamın şartlarını sensör ağıın doğru olarak algılayıp algılayamadığının , algılanan verinin doğruluğunun ölçülmesi ile anlaşılabilir.Genelde baz istasyon ne kadar fazla veri elde ederse , ortamın doğru bir şekilde ölçülmesine o kadar kolay ulaşılır.Verit dağıtım protokollerinde , her bir birim enerji başına dağıtılan toplam veri diğer bir performans ölçütüdür(örn. SPIN).

PROTOKOLLERİN İNCELENMESİ [2]

Bu bölümde tasarım hedefleri,varsayımlar,çalışma modelleri,enerji modelleri ve performans açısından birkaç yönlendirme protokolünü inceleyeceğiz.

A.LEACH [2]

LEACH (Low-Energy Adaptive Clustering Hierarchy) algoritması enerji-bilinçli değildir ve sürekli-çalışma modelini varsayar.Diğer birçok yönlendirme protokolünden farklı olarak , LEACH adım adım (hop-by-hop) yönlendirme izlemez.



Şekil 4 : Basit bir lineer ağ

Şekil-4 dekine benzer bir lineer ağda , LEACH protokolünü geliştirenler aşağıdaki eşitsizlik sağlanırsa ; doğrudan haberleşmenin, adım adım haberleşmeden daha az enerjiye gerek duyduğunu savunmaktalar.

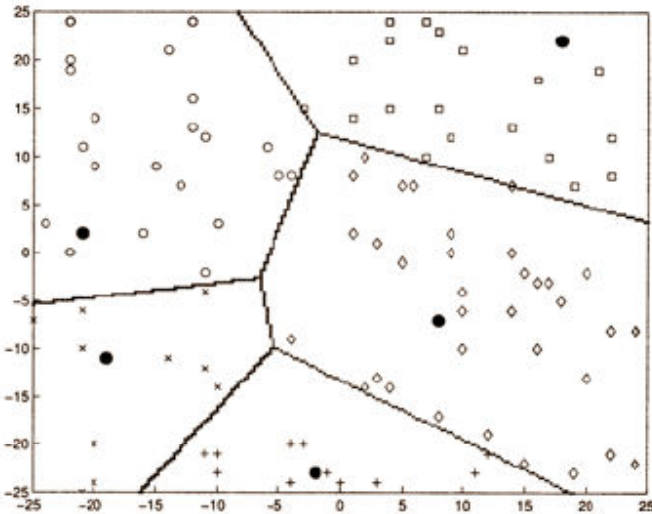
$$E_{elec} / \epsilon_{amp} > r^2 n / 2, \quad (3)$$

Bu eşitsizlikte n : düğüm sayısı , r : düğümler arası mesafe , E_{elec} : alıcı yada verici devreyi çalıştırmak için gerekli enerji ve ϵ_{amp} ise amplifikatör tarafından kullanılan enerjidir.

LEACH protokolünde zaman aralığı sabit uzunluklu eşit devrelere (round) bölünmüştür. Devrenin uzunluğu ağ için özel parametreler ile önceden belirlenir. Bir devre iki evre içerir : kurulum evresi ve kararlı-durum evresi.

Kurulum evresi boyunca , kümelerin sayısı (yaklaşık olarak her devrede aynıdır) dinamik olarak biçimlendirilir. Her kümede bir *küme başı* seçilir. Küme başı kümesi içerisindeki düğümleri bir TDMA* içerisinde programlar.

Kararlı-durum evresi boyunca , küme başları veri paketlerini , düğümlerinden doğrudan iletişim ile alırlar. Ardından küme başları aldıkları verileri birleştirip , baz



Şekil 5 – LEACH de Dinamik kümeleme

istasyonlarına doğrudan iletişim ile yollarlar. Şekil-2 kümelerin dinamik düzenini gösterir. LEACH geliştiricileri , simülasyon sonuçlarını incelediğinde , her devre içerisindeki düğümlerin %5 lik bölümü küme başı ise , enerji tüketiminin azaldığını farketmişlerdir. LEACH doğrudan iletim ile karşılaştırıldığında , 8 in çarpanı kadar bir iyileştirme sağlamıştır. LEACH verimli ve kendi kendini organize eden bir algoritmadır. Fakat bazı problemlere sahiptir. 1 Mbps lık bir band genişliği varsayarken , LEACH geliştiricileri E_{elec} için 50 nJ/bit

ve ϵ_{amp} için 100pJ/bit/m² değerlerini kullanmışlardır. Bu yüzden (3) no lu denklem $r^2.n < 1000$ şeklinde azaltılmalıdır. Eğer $3m < r < 9.1m$ ise ; $12 < n < 111$ sonucunu elde ederiz. Bu yüzden , verilen parametreler için n en iyi halde 111 i aşmamalıdır . [3] deki simülasyon 100-düğümlük bir ağ kullanarak yapıldı. 111 düğümden fazla düğüme sahip ağlarda , sensör ağlar tipik olarak yüzlerce sensör düğümlerine sahip olduğundan dolayı doğrudan iletişim , adım adım yönlendirmeye tercih edilmemelidir. Problemlerden ikincisi ise ; baz istasyonunun algılanan veriyi alırken yaşanan gecikme süresinin uzunluğudur. Sensör ağ büyüdükçe , gecikme zamanı artacaktır. Sonuç olarak , kümelerin sayısı her devre

için sabit olmayabilir. Her devrede , n düğümü 0 ile 1 arasında rastgele bir k sayısı seçer. Eğer bu sayı (4) te tanımlanan eşik değerinden T(n) küçük ise , düğüm küme başı olarak seçilir.

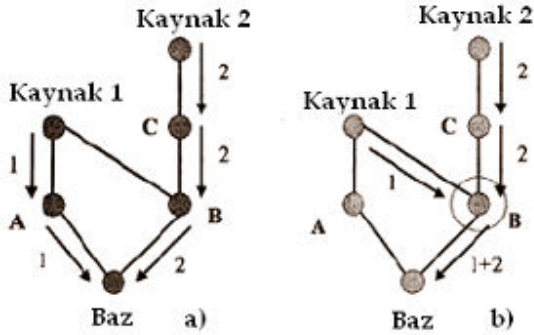
$$T(n) = \begin{cases} \frac{P}{1 - P^{*(r \bmod (1/p))}} & n \in G \\ 0 & \text{diğer durumlarda (4)} \end{cases}$$

Burada P istenen küme başlarının yüzdesi , r geçerli devre ve G ise son 1/P devrede küme başı olmayan düğümlerin kümesidir . k nın seçiminden dolayı , küme başlarının sayısı sabitlenemeyebilir.

* TDMA = Hücrel haberleşme modelidir ; zamanı dilimlere ayırıp ve her iletime bir parçayı vererek bir kanal üzerinden iletim değişimine olanak veren bir modeldir.

B.Doğrudan Yayılma (Directed Diffusion) [2]

Doğrudan yayılma , veri-merkezli(*data-centric*) yönlendirme temelli sensör ağlarda bilgi dağıtımı için bir iletişim örneğidir. Veri merkezli yönlendirmede , tüm ilgi veri üzerindedir , düğümün konumunda değildir. Veri-merkezli bir soruya örnek olarak şu verilebilir : “Sıcaklık değeri son yarım saatte 30C üzerine çıkmış düğümler nerededir?”. Bu yüzden , veri-merkezli yönlendirme birden çok kaynaktan tek bir hedefe giden yolların bulunmasında kullanılır, bu ağ içerisinde birleşime olanak sağlar. Bakınız Şekil-6.

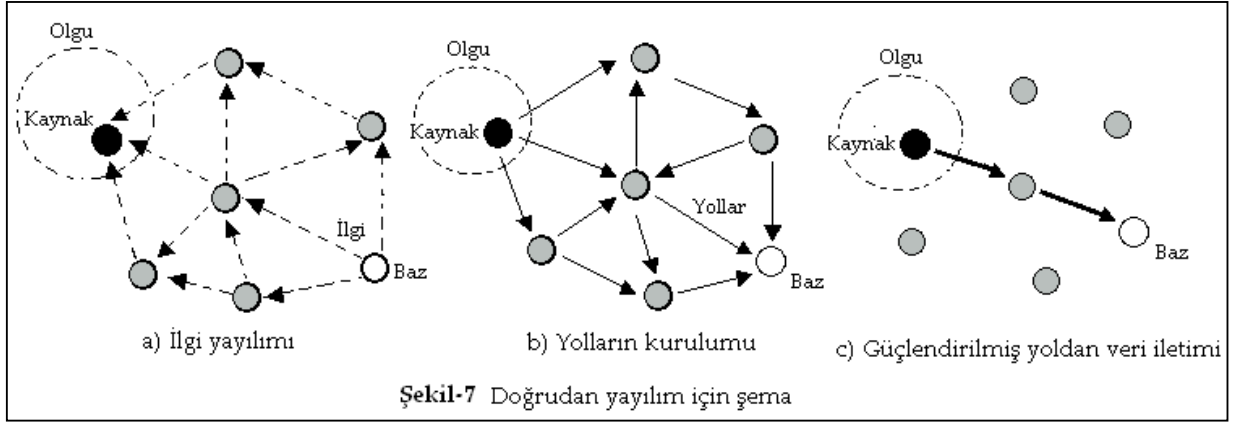


Şekil-6 Adres-merkezli (a) yönlendirme ile Veri-merkezli (b) yönlendirme.

Doğrudan yayılma sorgu-yanıt çalışma modelini kullanır. Şuna benzer bir sorgu(ilgi): “R bölgesindeki hayvan konumları hakkında periyodik raporları her I saniyede bir , T saniye boyunca ver.” herhangi bir düğüme sorulabilir. İlgi şu biçime sahip olabilir ; tip : 4 ayaklı hayvan , aralık : 20 ms, süre : 10 dak. , alan = [100,100,200,200] , alan dikdörtgen olarak tanımlanmıştır. Periyodik olarak , baz istasyonu tüm komşu düğümlere “ilgi”yi yayar ancak belirtilenden daha düşük veri hızı

ile. Alan içerisindeki düğümlere ilgi ulaştığında , her düğüm ilgiyi saklamak için ilgi önbelleklerine giriş yaparlar. Yapılan ilgi girişlerinin bir zaman damgası (time stamp) ve birkaç yol (gradient) için alanı vardır. Yol , gerekli veri hızını ve ilgi duyulan (*interested*) düğümün yönünü belirler. Bir komşu düğüme bir ilgi ulaştığında , düğüm gelen ilginin önbellekte mevcut olup olmadığına bakar. Eğer gelen ilgi için giriş yoksa , bir giriş yapılır. Belirtilen alan (R) içerisindeki bir düğüm eğer bir olgu algırsa, ilgilenen tüm düğümlere yanıt gönderir. Baz istasyonu ilk veri geldikten sonra , yüksek veri hızı ile algılanan “ilgi”yi tekrar göndermesi için komşularından birini güçlendirir.

Sonrasında , güçlendirme işlemi kaynağa ulaşınca kadar devam eder.Simülasyon sonuçları şunu göstermektedir ; doğrudan yayılma , taşma (flooding) ve Omniscent multicast den harcanan enerji bakımından daha iyi işlemektedir.



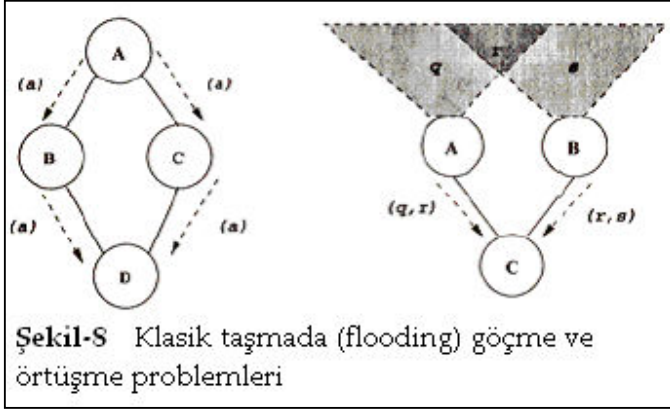
Doğrudan yayılma , dayanıklı ve hataya karşı toleranslıdır.Ancak , düşük hızlı veri yolları ve ilginin periyodik olarak yayılması ihtiyacı ağın yaşam süresini kısaltmaktadır.Baz istasyonunun radyo menziline bulunan az sayıda düğümün erken ölmesi beklenir bu da ağın ömrünü kısaltır.

C.PEGASIS [2]

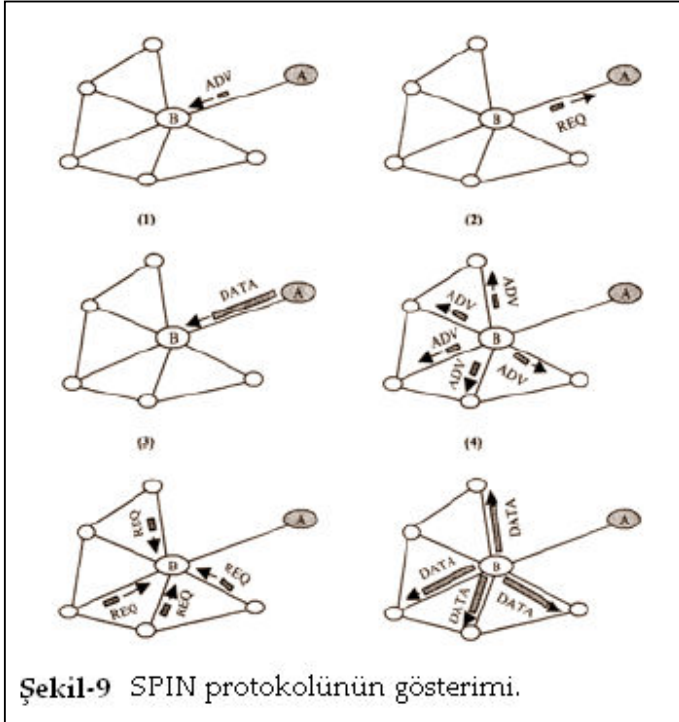
PEGASIS (Power-Efficient GATHERing in Sensor Information Systems) protokolü , her devrede baz istasyonuna sadece bir düğümün iletim yapmasına izin verir , düğümlerin sadece yakın komşularıyla iletişim kurmasına izin verilir.Çalışma senaryosu ve radyo modeli bakımından LEACH ile PEGASIS arasında fark yoktur.PEGASIS iki kavram üzerine odaklanmıştır ; zincirleme ve veri birleşimi. Zincir oluşturmak için , düğümler baz istasyonundan en uzaktaki düğümden başlayarak greedy(açgözlü) algoritmasını kullanırlar.Her devrede , rastgele bir düğüm lider olarak seçilir.Lider düğüm zincirin sonundan veri iletimini başlatmak için bir kontrol işaretini başlatır.Her düğüm komşusundan aldığı veri paketini kendi paketi ile birleştirir ve eşit uzunlukta tek bir paket üretir , sonra bu paketi diğer komşusuna iletir. Bu işlem tüm algılanan veri tek paket haline gelinceye ve lider düğümde toplanıncaya kadar devam eder, lider düğüm veri paketini baz istasyonuna doğrudan iletişim ile iletir.Eğer düğümler sadece komşu düğümler ile haberleşebiliyorlarsa , lider düğüm baz istasyonuna çok-adımlı yönlendirme başlatabilir.PEGASIS düğümlerin , diğer tüm düğümler hakkında konum bilgisine sahip olduğunu varsayar.Simülasyon sonuçları PEGASIS'in LEACH'e göre enerjiye bağlı olarak %100 den 300 e kadar daha iyi çalıştığını göstermiştir , simülasyonda düğümlerin %1 , 20 , 50 , 100 lük kısımları değişik ağ boyutları ve topolojileri olması amacıyla öldürülmüştür. PEGASIS algoritmasındaki ana problem uzun gecikme süresidir, yaklaşık $O(N)$ dir , N düğüm sayısıdır.Bu problemin çözümü için çok-seviyeli zincirleme kullanılabilir.Ayrıca , her düğüm ağdaki tüm düğümlerin konum bilgisine sahip olmalıdır.Bununla beraber , belki de bir düğüm kendisine en yakın komşusunu bulmak için ekstra enerji harcayacaktır.Son olarak algılanan verinin kalitesi yeterince iyi olmayabilir.

D.SPIN [2]

SPIN (Sensor Protocols for Information via Negotiation) protokolü , bireysel sensörlerin gözlemlerinin ağdaki tüm düğümlere yayılmasında kullanılan protokoller ailesindedir.SPIN klasik taşma (flooding) ile alakalı üç probleme : iç patlama/göçme (implosion), örtüşme (overlap) ve kaynak-bilgisizliği(source-blindness) çözüm getirmeye çalışır. Göçme problemi Şekil-8 deki gibi bir düğüme (D) aynı verinin iki kopyasının iki komşudan (C,B) gelmesi ile ortaya çıkar. Sensör düğümleri aynı coğrafi alanda örtüşür halde buldukları için , sonuç olarak örtüşen veri parçaları meydana gelir.(Şekil-8). Sonuç olarak,klasik taşma kaynak-bilgisizdir , örnek vermek gerekirse , düğümler aktivitelerini kullanılabılır enerjiye göre düzenlemezler. SPIN algılanmış veriyi tanımlamak için ; uygulamaya özel meta-data kullanır.SPIN üç tip veri: ADV yeni veri ilanında , REQ veri talep ederken , ve DATA veri mesajı için kullanır.



SPIN-1 , düğüm yeni veriye sahip olunca başlar.Yeni veri hakkındaki meta-data yı içeren bir ADV mesajı tüm komşularına yollar.Eğer bir komşu düğüm bu veri ile ilgilenirse ilanı yapan düğüme bir REQ mesajı yollar , sonrasına ilanı yapan düğüm DATA yı ilgilenen düğüme gönderir.Bu işlem yeni veri elde eden her düğümdede tekrarlanır.Bu işlem Şekil-9 da gösterilmiştir.



SPIN-2 sadece düşük enerji eşik değerine sahip SPIN-1 dir. SPIN-2 de , eğer bir düğüm yeni veri elde ederse ya da bir ADV mesajı alırsa , yeterli enerjiye sahip değilse protokole katılmayacaktır.

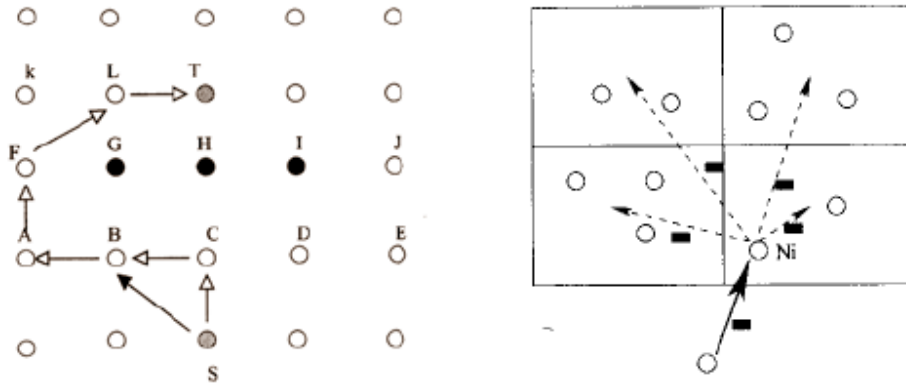
Klasik taşmada(flooding) düğüm, sahip olduğu veriyi tüm komşularına gönderir.Bir düğüm yeni veri alırsa , veriyi kendisine yollayan düğüm hariç tüm düğümlere gönderir.Simülasyon sonuçları , genel performans bakımından SPIN in taşma (flooding) ve gossiping den daha iyi sonuç verdiğini göstermiştir (Tablo-1 den görülebilir).

SPIN göçme , örtüşme ve kaynak-bilgisizliği problemlerini çözer. Her düğüm sadece komşuları hakkında bilgiye ihtiyaç duyar bu da hesaplamada

az enerji tüketimi ile sonuçlanır. Bununla birlikte, bizce ağın yaşam süresi performans ölçümünde bir kriter olarak değerlendirilmelidir. Yüksek seviyeli düğümlerin diğer düğümlere oranla daha fazla enerji tüketmeleri ağın toplam yaşam süresinde azaltıcı bir etkiye sahip olabilir. Ayrıca enerji modeli daha karmaşık olabilir.

E.GEAR [2]

GEAR (Geographical and Energy-Aware Routing) algoritması sorgu-yanıt modelini kullanır. Her düğümün, kendi konumunu, enerji seviyesini, komşularının konumları ve enerji seviyelerini bildiğini varsayar. İlk evre boyunca, sorgu, enerji-bilinçli ve coğrafi bilgiye sahip komşu seçme yöntemleri kullanılarak R bölgesine gönderilir. İkinci evrede, Özyineli Coğrafi İletim (Recursive Geographic Forwarding) veya Kısıtlanmış Taşma (Restricted Flooding) R bölgesine paketi yaymak için kullanılır. Genel olarak, her N düğümü kendi R bölgesine bilinen maliyetini (learned cost) $h(N, R)$ bilir, bu nadiren komşularından güncellenir. Ayrıca, komşusunun (N_i) bilinen maliyetine $h(N_i, R)$ sahiptir. Eğer bir düğüm $h(N_i, R)$ değerine sahip değilse, $h(N_i, R)$ için tahmini bir maliyet: $c(N_i, R)$ hesaplar bu varsayılan değer olacaktır. Şu şekilde hesaplanır: $c(N_i, R) = \alpha d(N_i, R) + (1-\alpha)e(N_i)$, α ayarlanabilen ağırlıktır, $d(N_i, R)$ N_i 'nin R alanının merkezi olan D noktasına olan uzaklığıdır, bu uzaklık N nin tüm komşuları arasındaki en büyük uzaklık(D ye olan) değerlerinin normalleştirilmesi ile elde edilir. $e(N_i)$ ise N_i düğümündeki en büyük enerji tüketimidir, bu değer de N düğümünün komşuları arasındaki en büyük enerji tüketiminin normalleştirilmesi ile elde edilir. Bir düğüm sonraki-adım için düğüm (N_{min}) seçtikten sonra, kendi $h(N, R)$ değerini, $h(N_{min}, R) + C(N, N_{min})$ olarak belirler, ikinci terim N düğümünden N_{min} düğümüne paket iletiminin maliyetidir. Sorgu paketi R bölgesine girdiği anda, Özyineli Coğrafi İletim yaklaşımı paketin yayılması için kullanılır (Şekil-10).



Şekil-10 GEAR algoritmasının gösterimi

Simülasyon sonuçları, tekdüze olmayan trafik (non-uniform) için, GEAR algoritması GPSR (Greedy Perimeter Stateless Routing) algoritmasından %70-80, tekdüze trafikten %25-35 daha fazla paket bıraktığını göstermiştir.

Protokollerin Kısa Karşılaştırması [2]

Tablo 1 üzerinde protokollerin çözmeye çalıştıkları problem, tasarım hedefleri, varsayımlar, çalışma ve enerji modelleri , performans ölçümleri ve simülasyon teknikleri özetlenmiştir.

Protokol	Enerji Modeli	Performans Ölçütleri		Yönlendirme Şeması		Simülasyon (ns-2 simulator)	
		Ömür	Diğer	Adres-merkezli	Veri-merkezli	Boyut	Karşılaştırma
LEACH	Açıklanan enerji modeli	√	Harcanan enerji toplamı	√		100	Doğrudan iletişim, min. iletimli enerji yönlendirme, statik kümeleme
Doğrudan Yayılım	İletim : 660 mW Alım : 395 mW Bekleme: 35 mW		Harcanan enerjinin ortalaması		√	50-250	Omniscient multicast, taşma
PEGASIS	Açıklanan enerji modeli	√		√		100	LEACH
SPIN	İletim: 600 mW Alım: 200 mW		Saniyede yayılan veri, saniyede harcanan enerji, birim enerji başına yayılan veri		√	25	Taşma ve gossiping
GEAR	Alım veya iletimde 1 enerji birimi	√			√	400-4800	GPSR

Protokol	Problem	Tasarım Hedefi	Varsayımlar*		Çalışma Modeli		
			Düğümün sahip olduğu bilgi	Global ID ler	Sürekli çalışma	Sorgu Yanıt	Enerji Bilinçli
LEACH	Düğümlerden algılanan veriyi toplar ve baza gönderir	Min. Enerji , max. ömür		√	√		
Doğrudan Yayılım	Sorguyu bazdan R bölgesine yollar ve algılanan veriyi aynı yolla baza geri getirir.	Min. Enerji				√	
PEGASIS	Düğümlerden algılanan veriyi toplar baza gönderir.	Min. Enerji , max. ömür	Tüm düğümlerin konumları	√	√		
SPIN	Sensör gözlemlerini ağdaki tüm düğümlere yayar . Bu göçme, örtüşme ve kaynak-bilgisizliğine çözüm içerir.	Birim zaman ve enerji ile max. veri yayılımı	Enerji seviyesini	√	√	√	√
GEAR	Bazdan R bölgesindeki düğümlere sorguyu yollar.	Max. ömür	Konumlar ve enerji seviyeleri			√	√

Tablo-1 Açıklanan Protokollerin Kısa Karşılaştırılması

* Açıklanan varsayımlar geçerlidir.

SONUÇ

Kablosuz sensör ağlar algılama, haberleşme ve hesaplamada meydana gelen gelişimler sebebiyle oldukça popülerleşmiştir. Kablosuz sensör ağları pratikte kullanılabilir hale getirmek için bazı kendine has özellik ve kısıtlamaları karşılayabilen aę protokollerine ihtiyaç vardır. Karşılanması gereken özellikler ; düşük enerji tüketimi, küçük boyut, hataya karşı tolerans, uzun yaşam süresi, uyumluluk , ölçeklenebilirlik , dayanıklılık , ve kısa gecikme süresidir. Burada son zamanlarda sensör ağlar için geliştirilen aę protokollerinden bazılarını inceledik. İnceleme bu protokollerin tasarım hedefleri , varsayımlar, çalışma modelleri , enerji modelleri ve performans ölçütlerini de içermektedir. Ayrıca , her protokolün artı , eksi yönlerinden ve yapılabilecek iyileştirmelerden de bahsettik. Gelecek çalışmalar, sensör ağlar için aę protokollerinin toplam performans ölçümü , genel matematik desteği içerecek şekilde yapılabilir.

KAYNAKLAR

- 1) Ian F. Akyildiz, Weilian Su, Yogesh Sankarasubramaniam, Erdal Cayirci - A Survey on Sensor Networks
- 2) Ahmed A. Ahmed, Hongchi Shi, and Yi Shang - A Survey On Network Protocols For Wireless Sensor Networks
- 3) Wendi Rabiner Heinzelman, Anantha Chandrakasan, and Hari Balakrishnan - Energy-Efficient Communication Protocol for Wireless Microsensor Networks