

KABLOSUZ SENSÖR AĞLAR

KABLOSUZ SENSÖR AĞLAR

(WSN-Wireless Sensor Network)

WSN "Kablosuz Sensör Ağları" veya "Telsiz Duyarga Ağları" olarak dilimizde kullanılmaktadır.

Belirli alanlardaki sıcaklık, basınç, nem vs. gibi değerleri **ölçüp bu verileri bir merkeze iletmekle görevli** otonom sensörlerin oluşturduğu kablosuz ağ sistemleridirler.

Gelişmiş sensör ağları **çift yönlü** iletişim yeteneğine de sahiptirler. Böylece, sensör cihazlarının merkezden kontrolü mümkün hale gelir.

SENSÖR AĞLARIN DONANIMSAL ALT YAPISI

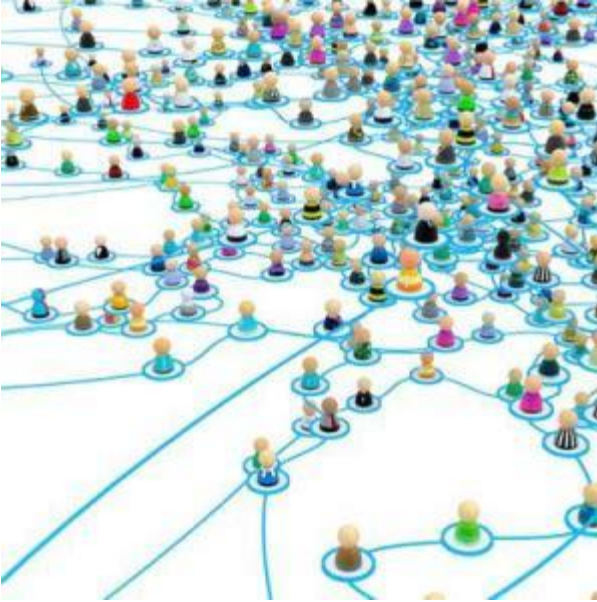


Sensör düğümü, kablosuz sensör ağlarında kullanılan ve hesaplama, algısal bilgi toplama ve ağdaki diğer bağlantılı düğümlerle haberleşme yeteneklerine sahip düğümlerdir.

Sensör düğümlerinin geliştirilmesinin başlangıcı
1998 yılındaki Smartdust projesine dayanır.

Bu projenin amaçlarından biri kübik milimetre içerisinde otonom algılama ve iletişim yaratmaktır. Bu proje erken bitmesine rağmen, birkaç araştırma projesinin doğmasına neden olmuştur. **Bu projeler Berkeley, NEST ve CENS** projeleridir. Bu projelerde yer alan araştırmacılar sensör düğümü için mote terimini kullanmaktadır.

SENSÖR AĞLARININ KULLANIM ALANLARI



Askeri Uygulamalar:

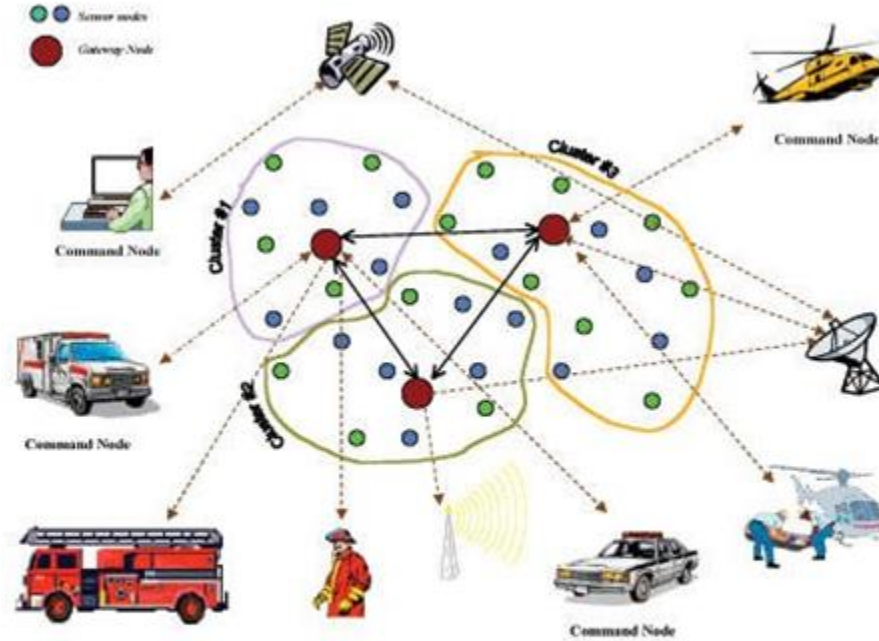
- Akıllı Alanlar
- Tıbbi Hizmetler
- Akıllı Ev
- Çevre Algılaması ve İzleme
- Felaketten korunma ve kurtarma

Bilimsel Araştırmalar:

- Etkileşimli Çevreleme
- Nezaret-Gözetim Uygulaması

Algılayıcı Ağlar

WSN Kullanım Alanları

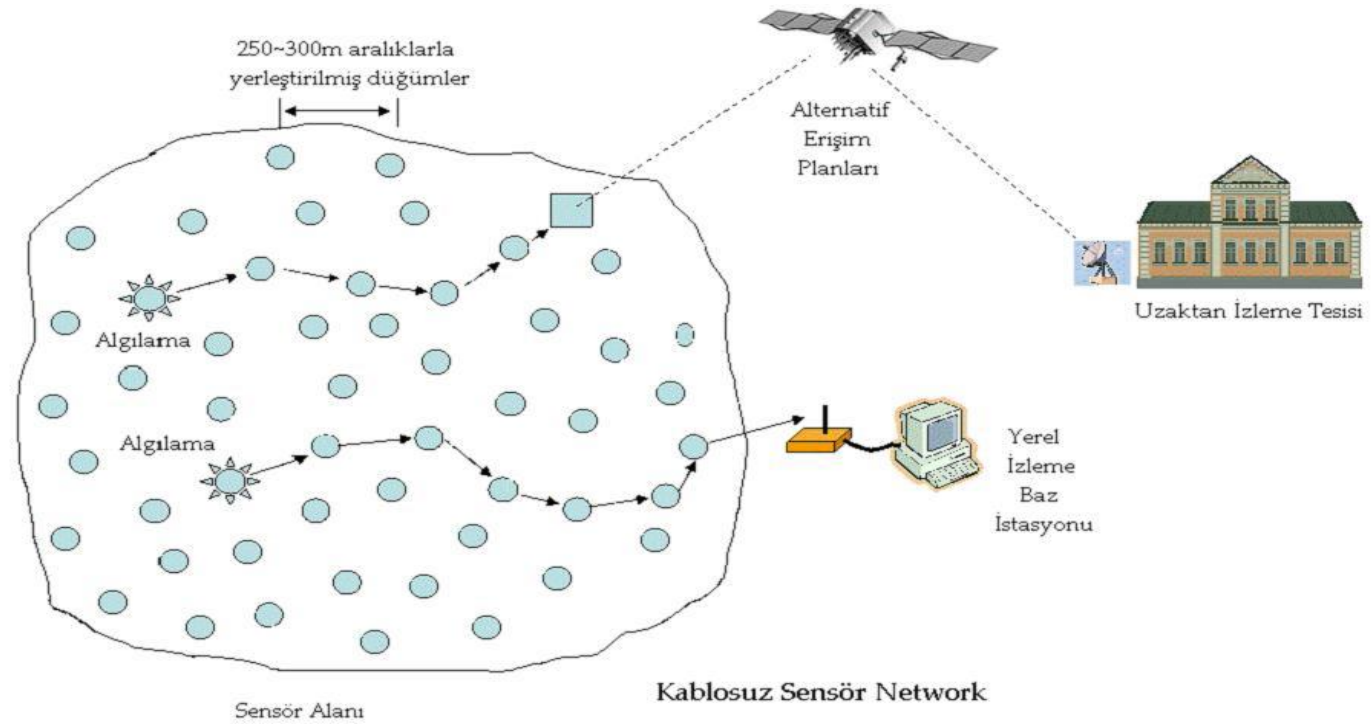


WSN kullanım yerleri

- Askeri sistemler
- Otomasyon
- Jeolojik ölçümlerin takibi
- Bina otomasyonu
- Endüstriyel otomasyon
- Biomedikal ağlar, vb.

SENSÖR AĞLARDA HABERLEŞME MİMARİSİ

Sensör düğümleri genelde; sensör alanına dağıtılmış haldedirler.



Kablosuz Sensör Ağ Mimarisi

SENSÖR AĞLARDA HABERLEŞME MİMARİSİ

Bu dağıtılmış düğümlerin her birinin **veriyi toplayıp baz istasyonuna yollama yetenekleri** vardır.

Baz, görev yönetici düğümle internet ya da uydu aracılığı ile haberleşebilir.

Sensör düğümlerin tasarımını birçok etken etkiler.

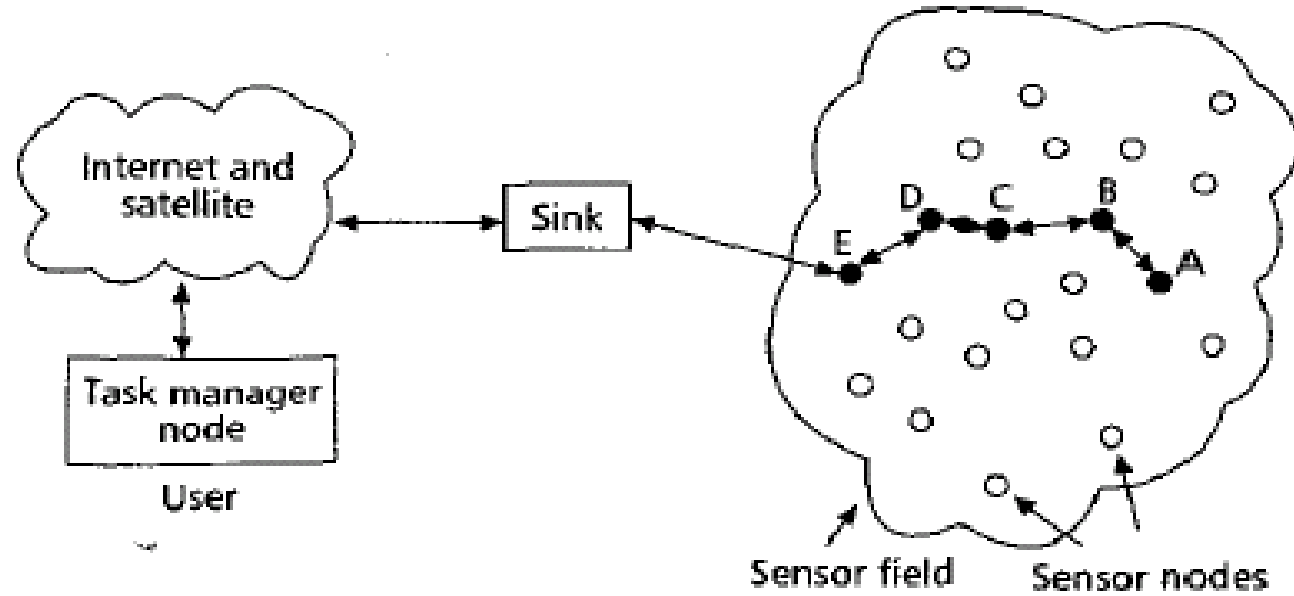
Bunlar;

hata toleransı, ölçeklenebilirlik, üretim maliyetleri, çalıştırma ortamı, sensör ağ topolojisi,

donanım kısıtlamaları, iletim ortamı ve güç tüketimidir.

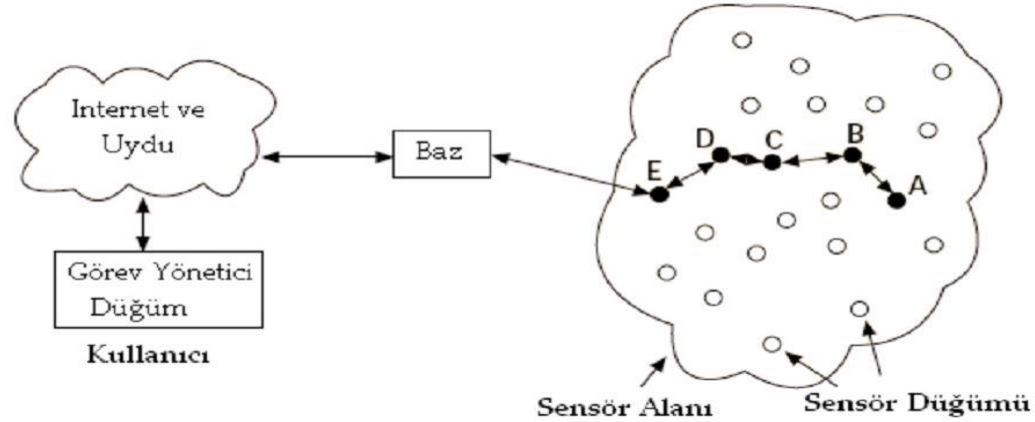
Algılayıcı Ağlar

- Algılayıcı ağ içerisinde bulunan iletişim algılayıcı düğümlerden sink düğümlerine gelmekte ve buradan çok kullanılan haberleşme ortamlarına aktarılmaktadırlar.



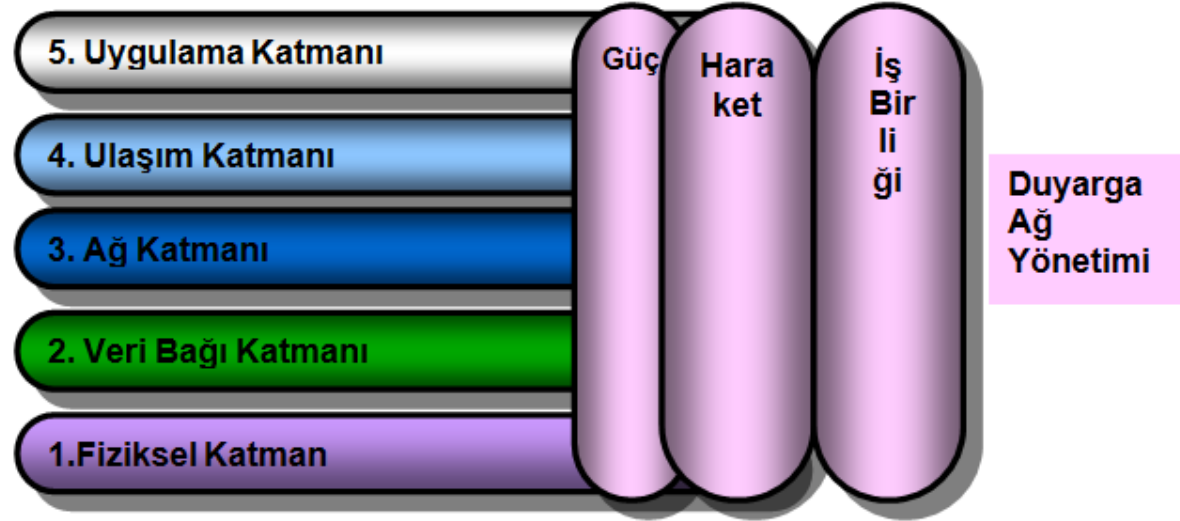
SENSÖR AĞLARDA HABERLEŞME MİMARİSİ

Verinin herhangi bir mimari altyapıya sahip olmadan baz istasyonuna yollanışı



SENSÖR AĞ HABERLEŞME MİMARİSİ

Duyarga Ağ Protokol Yapısı



Güç Yönetim Düzlemi → Sensör gücünü nasıl kullanacağı ile ilgilenir.

Hareket Yönetim Düzlemi → Düğüm hareketlerini sezer.

İş Yönetim Düzlemi → Verilerin algılama işleminin bölünüp farklı zamanlı işlemlere ayrılmasıyla ilgilidir.

GÜVENLİ KABLOSUZ SENSÖR AĞ GEREKSİNİMLERİ

- Hizmet Bütünlüğü
- Veri Bütünlüğü
- Verinin Tazeliği
- Veri Gizliliği

VERİ GİZLİLİĞİ

Bir sensör ağı kesinlikle **sensör bilgisini komşu ağlara sızdırmamalıdır**. Birçok uygulamada (örn. Anahtar dağıtımı) düğümler çok önemli veri iletirler.

Hassas bilginin gizlenmesindeki standart yaklaşım, veriyi sadece planlanan alıcının sahip olduğu gizli bir anahtarla şifreleyip yollamaktır, böylece gizliliğe ulaşılmış olunur .

Gözlenen iletişim modellerinde, baz ve düğümler arasında güvenli kanallar kurulur ve gerekli olduğu durumlarda diğer güvenli kanallar sonradan (geç önyükleme) devreye sokulur.

Algılanan verinin gizliliğinin garanti altına alınması veriyi, **eavesdropper(kulak misafiri)** tipi saldırılardan korumak için önemlidir.

VERİ GİZLİLİĞİ

Veri gizliliğini sağlamak için **standart şifreleme fonksiyonları** kullanılabilir (örn: AES blok şifreleme) ya da gizli bir anahtar, iletişim halindeki bölümler arasında kullanılabilir.

şifreleme tek başına yeterli bir çözüm değildir, bir eavesdropper alıcıya gönderilen şifreli anahtar üzerinde analiz yaparak, önemli veriye ulaşabilir.

Şifrelemeye ek olarak algılanan verinin gizliliği, baz istasyonlarında yanlış kullanımının engellenmesi için erişim kontrol kurallarına ihtiyaç duyar.

Örneğin; Kişinin yerini tespit eden sensörlerin, algıladıkları veriyi bir Web Server'a yolladığını düşünelim, izlenen kişi, yerinin sadece kısıtlı bir grup tarafından bilinmesini isteyebilir, bu yüzden Web Server da erişim hakları kısıtlandırılmalıdır.

VERİ BÜTÜNLÜĞÜ

Verinin iletimi esnasında **kötü niyetli düğümler tarafından bozulmamasını** garantilemektedir.

VERİNİN TAZELİĞİ

Sensör ağlar **anlık değişen verileri algılayıp işlediği** için sadece gizlilik ve güvenliğin sağlanması yeterli değildir, aynı zamanda **her mesajın tazeliğinin de garanti edilmesi** gerekir.

Anahtar ve veri için söz konusudur. Verinin yeni yollanılmış olması ve kötü niyetli bir düğümün önceden aldığı bir mesajı yollamadığı manasına gelir. Anahtarların tazeliği ise, çiftler arasındaki anahtarların yeni olduğunu ima etmektedir. (Daha önce kullanılmamış).

HİZMET BÜTÜNLÜĞÜ

Ağ katmanının üzerinde, sensör ağ genelde çeşitli uygulama seviyesinde hizmet verir. Sensör ağlardaki **en yaygın hizmet toplama işlemi, düğümler komşu düğümlerden veriyi alır.**

Veri sonra ya baz istasyonuna ya da veri üzerinde işlem yapacak olan düğümler varsa o düğümlere iletilir.

Güvenli veri toplama göreceli olarak gerçek dünya verilerinin ölçümünün doğru hesaplanmasını ve bozulmuş düğümlerden gelen verinin tespit edilip hesaplamalara katılmadan atılmasını sağlar. Hizmet örneği olarak zaman senkronlama hizmeti de verilebilir. Sensör ağlar için geçerli zaman senkronizasyon protokolleri güvenilir bir ortamın oluşturulmasını sağlar.

Kablosuz algılayıcı ağ tasarımı etkileyen faktörler

Kablosuz algılayıcı ağ tasarımı etkileyen faktörler şu şekilde sıralandırılabilir:

- **Hatala toleransı:** Algılayıcı ağlarda bulunan bazı algılayıcı düğümler enerjilerinin tükenmesi veya bazı başka nedenlerden dolayı hata verebilirler. Dolayısıyla bir veya bir kaç algılayıcı düğümün kapanması durumunda bile ağın işlevselliğini devam ettirmesi gerekmektedir
- **Ölçeklenebilirlik:** Algılayıcı ağlar ve kablosuz ağlarda en önemli problemlerden biri olarak karşımıza çıkan ölçeklenebilirlik, ağın var olan topolojisinin değişmesi ve bu topolojiye yüzlerce yeni düğümün eklenmesi durumu karşısında çok önem kazanmaktadır. Kısaca, bir ağa ne kadar düğüm eklenirse veya çıkarılırsa her durumda ağın fonksiyonelliğinin ve veriminin devam etmesi ağın ölçeklenebilirliği ile doğru orantılı olmaktadır

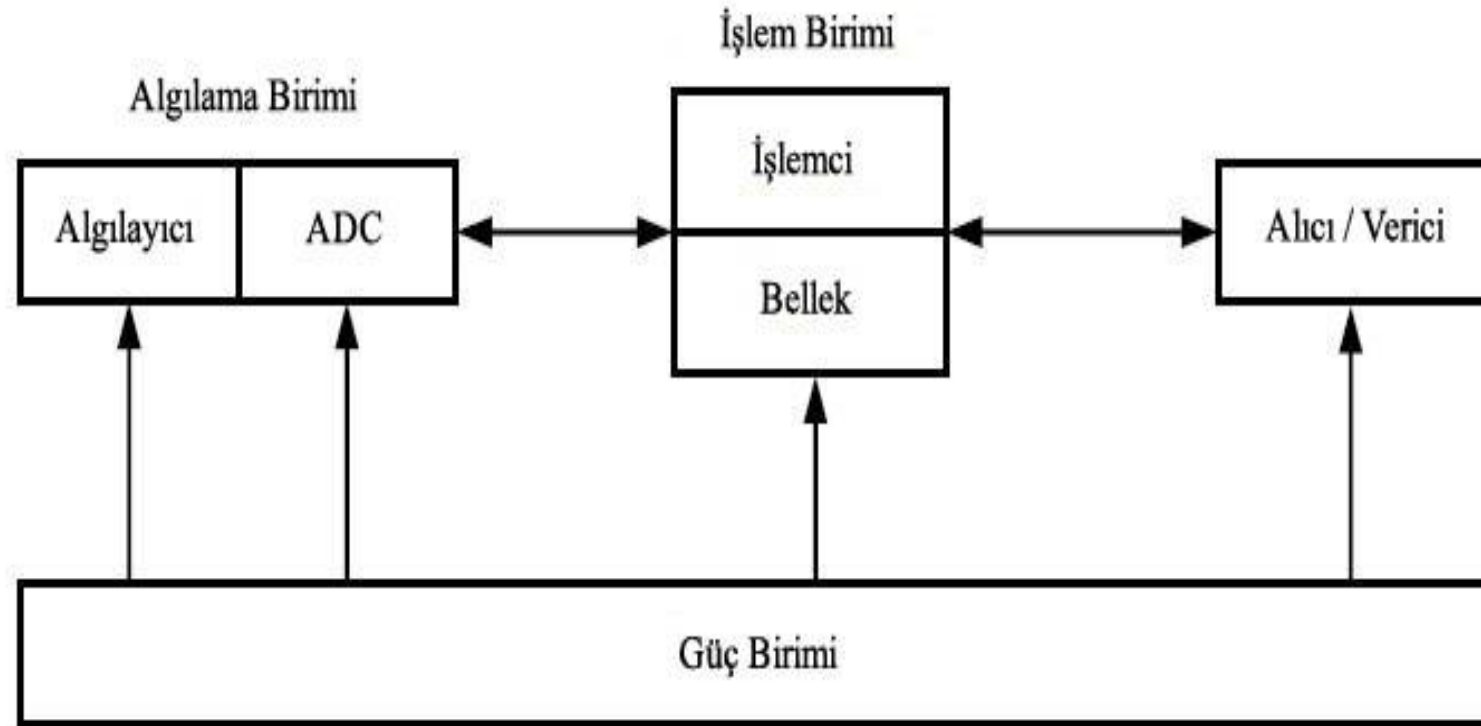
Kablosuz algılayıcı ağ tasarımını etkileyen faktörler

- **Maliyet:** Algılayıcı ağlarda kullanılan düğümlerin sayısının çok fazla olmasından dolayı maliyet bu sayı ile doğru orantılı olarak artmaktadır. Bu yüzden kullanılan düğümlerin maliyetlerinin az olması ve kullanılan düğümlerden maksimum faydayı elde etmek ortaya çıkacak maliyeti azaltmaktadır
- **Ortam:** Algılayıcı ağların çalışacağı alan değişik uygulamalara göre farklılıklar göstermektedir. Bundan dolayı algılayıcı ağların kullanılacağı alanların özelliklerinin iyi tespit edilmesi ve kullanılacak algılayıcı düğümlerden algılayıcı düğümlerin yerleştirileceği alan içerisinde en fazla nasıl yararlanılacağının tespiti gerekmektedir

Kablosuz algılayıcı ağ tasarımı etkileyen faktörler

- **Topoloji:** Algılayıcı ağlarda tapoloji oluşumu algılayıcı düğümlerin rastgele atılması veya dağıtılması yolu ile gerçekleşmektedir. Bu yüzden farklılıklar gösterse bile topolojide bulunan düğümler arasındaki uzaklıklar ortalama 2-3 metre arasında olmaktadır. Dolayısıyla tapolojiler farklı olduğundan dolayı kablosuz algılayıcı ağların oluşturulacağı alan ve metrekareye düşecek algılayıcı düğüm olasılıkları iyi değerlendirilmelidir.
- **Enerji tüketimi:** Algılayıcı ağlardaki düğümlerin boyutlarının küçük olmasından ve belirli sınırlarda veri iletişimi yapabileceğinden güç kaynakları sınırlı olmaktadır. Bu gibi olaylardan dolayı algılayıcı düğümün enerjisinin uzun sürmesi ağın ömrünü etkilemektedir ve tasarımlar bu olaylar dikkate alınarak yapılmalıdır.

Algılayıcı Düğüm Bileşenleri



Algılayıcı Düğüm Bileşenleri

- Algılama Birimi

-Algılama Biriminin ana işlevi algılama ve hedef alandaki verilerin fiziksel olarak ölçülmesidir.

-Analog gerilim veya sinyal gözlemlenen olay neticesinde algılayıcı tarafından oluşturulur.

- Sürekli dalga, analog-dijital çevirici (ADC) tarafından sayısallaştırılır ve sonra analiz için işlem birimine iletilir.

-Algılama teknolojileri yarı iletken teknolojilerinden daha yavaş ilerlemesinden dolayı algılama birimi mevcut teknolojide bir darboğazdır.

Algılayıcı Düğüm Bileşenleri

İşlem Birimi:

- Önceden tanımlanmış görevleri başarmak için algılayıcılar arasındaki işbirliği yönetiminde önemli bir rol oynar.
- Mikro denetleyiciler, mikroişlemciler ve alan programlanabilir kapı dizileri (field-programmable gate arrays, FPGAs) olmak üzere bu birimde çeşitli aileler vardır.
- FPGA'ler fazla enerji tüketir ve geleneksel programlama metodolojileri ile uyumlu değildir.
- FPGA'lar dağıtım maliyetlerini ortadan kaldırmak için tekrar programlanabilir ve tekrar konfigüre edilebilir.

Algılayıcı Düğüm Bileşenleri

- Uçucu olmayan bellek ve ADC'ler gibi arayüzler tek bir entegre devre üzerine entegre edilebilir.
- İşlem birimi görevlerini yürütmek için belleğe ihtiyaç duyar ve yerel işleme ve veri toplama yoluyla iletilen mesajları en aza indirger.
- Flash bellek, depolama kapasitesi ve fiyatı nedeniyle yaygın olarak kullanılır.

Algılayıcı Düğüm Bileşenleri

Alıcı / Verici

- Algılayıcılarda, Optik iletişim (lazer), kızılötesi, radyo frekansı (RF) olmak üzere üç tane iletişim düzeni vardır.
- Lazer, radyoya göre daha az enerji tüketir ve yüksek güvenlik sağlar, fakat görüş hattı (line of sight) gerektirir ve atmosferik şartlarda hassastır.
- Kızılötesi, lazer gibi antene ihtiyaç duymaz fakat yayın kapasitesi sınırlıdır.
- RF'yi kullanmak çok kolaydır fakat antene ihtiyaç duyulur

Algılayıcı Ağlar Ders Notları

-Modülasyon, filtreleme, demodülasyon gibi çeşitli enerji tüketimi azaltma stratejileri geliştirilmiştir.

-Genlik ve frekans modülasyonu, standard mekanizmalardır. Genlik modülasyonu basittir fakat gürültüye karşı hassastır.

-RF Monolithics TR1000 ve Chipcon 1000 ticari radyolardır ve çeşitli uygulamalarda yaygın olarak kullanılır.

-Chipcon 1000, 300 ve 1000 MHz arasındaki frekanslarda işlem yapmak için kolayca programlanabilir.

Algılayıcı Düğüm Bileşenleri

Güç Birimi:

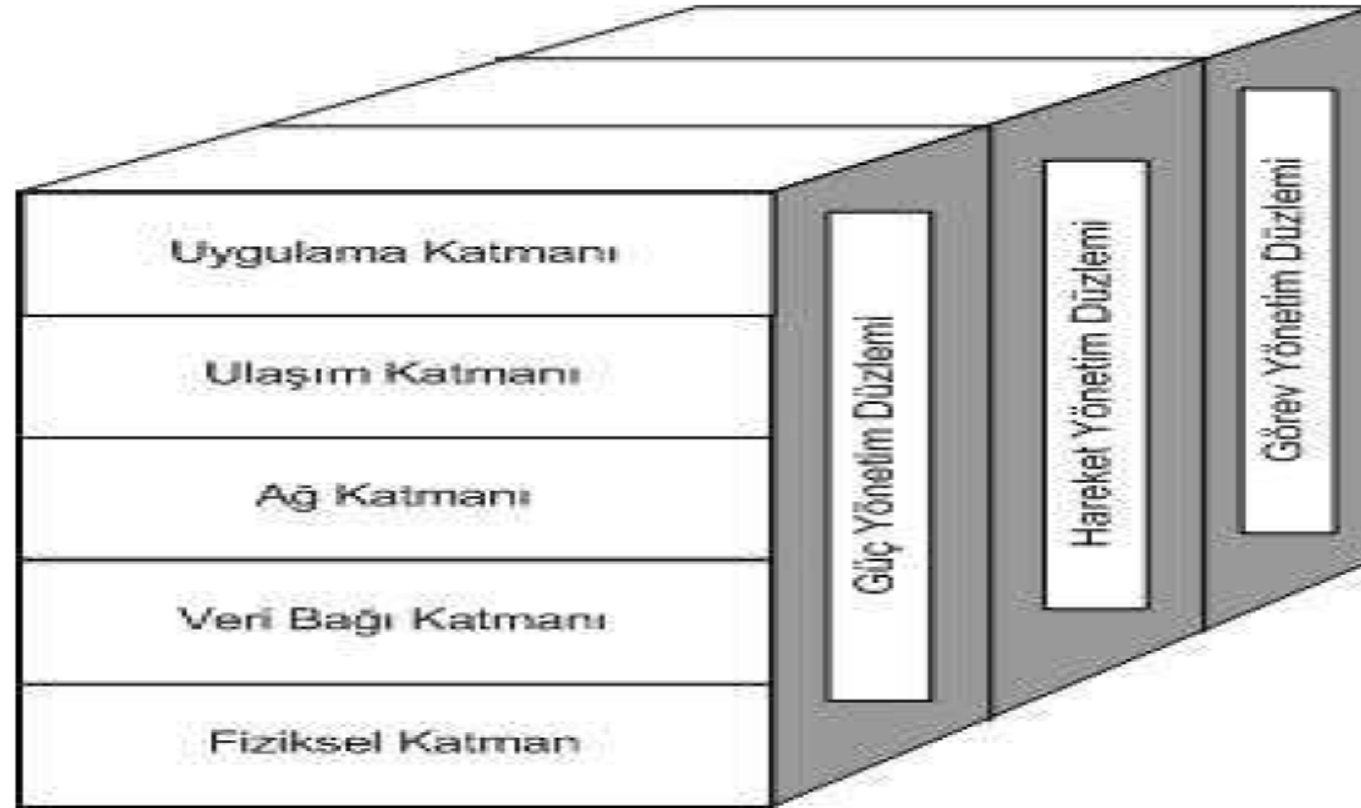
- Güç tüketimi algılayıcı ağlarda önemli bir zayıflıktır.
- Herhangi bir enerji koruma düzenleri sensör ömrünü uzatmak için yardımcı olabilir.
- Algılayıcılarda kullanılan piller iki grupta kategorize edilebilir. – şarj edilebilir – şarj edilemez.
- Çoğunlukla sert ortamlarda pili şarj etmek veya pili değiştirmek imkansızdır.
- Günümüzdeki algılayıcılar yenilenebilir enerji kaynaklarını da (güneş enerjisi, ısı enerjisi, titreşim enerjisi vb.) kullanabilecek şekilde geliştirilmektedir

İki tane önemli güç tasarrufu politikası mevcuttur.

- Kullanılmayan aygıtlar kapatılabilir ve gerektiği zaman aktif edilebilir. Dinamik güç yönetimi (Dynamic Power Management, DPM) olarak bilinen bu olay gelecekteki olayların tahmini için stokastik analiz ve işletim sistemi desteği gerektirir.

- Diğer bir yaklaşım ise dinamik gerilim planlama (Dynamic Voltage Scheduling ,DVS)'dır.

Algılayıcı Ağlar Protokol Yığını



Algılayıcı Ağlar Protokol Yığını

-Protokol yığını, fiziksel katman, veri bağı katmanı, ağ katmanı, ulaşım katmanı, uygulama katmanı, güç yönetim düzlemi, hareket yönetim düzlemi ve görev yönetim düzlemi olarak bölümlendirilmiştir.

-Fiziksel katman, frekans seçimi, taşıyıcı frekansın oluşumu, sinyal algılama, modülasyon işlemlerinden sorumlu olan katmandır.

-Veri bağı katmanı, ortama erişim kontrolü (MAC), hata kontrolü, veri çerçevesinin algılanması, veri şifrelemesi olaylarından sorumlu olan katmandır.

-Ağ katmanı, ulaşım katmanı tarafından iletilen verinin yol bulma işlemiyle ilgilenmektedir

Algılayıcı Ağlar Protokol Yığını

- Ulaşım katmanı, veri akış kontrolü yapar. Algılama işlemleri sayesinde farklı tipte uygulamalar geliştirilebilir.
- Bu uygulamalar, uygulama katmanı sayesinde kullanılmaktadır.
- Bu katmanların yanı sıra protokol yapısında, güç, hareket ve görev yönetim düzlemleri bulunmaktadır.
- Bu düzlemler, düğümlerin algılama işlemlerini düzenlemek ve enerji tüketimini düşük seviyede tutmaya yardımcı olmaktadır.

Algılayıcı Ağlar Protokol Yığını

- Güç yönetim düzlemi, düğümlerin güç kullanımını yönetmektedir. Düğüm, herhangi bir komşu düğümden paketi aldıktan sonra kapatılarak aynı paketi tekrar alması önlenabilir.
- Düğümün enerji seviyesi alt eşik değerinin altına düşerse, komşu düğümlere mesaj göndererek yol bulma işlemlerine katılamayacağı bildirebilir. Bu sayede düğüm kalan enerjisini sadece algılama işlemi için kullanabilir.
- Hareket yönetim düzlemi, düğümlerin hareketlerini algılayarak kaydetmektedir. Bu sayede komşu düğümleri ve geri dönüş yolunu rahatlıkla bulunmaktadır. Komşu düğümlerin bilinmesi, düğümün görev ve güç yönetimini de dengelemektedir.

Algılayıcı Ağlar Protokol Yığını

-Görev yönetim düzlemi, düğümlerin algılama görevlerini düzenler ve dengeler.

-Yönetim düzlemleri, düğümlerin güçlerini verimli bir şekilde kullanmalarını, hareketli KAA'da verinin yol bulmasını ve düğümler arasında kaynakların paylaşımını sağladıklarından KAA için büyük bir önem taşımaktadır.

Algılayıcı Ağlar Uygulama Alanları

Askeri uygulamalar

Savaş alanlarının gözetim altına tutulması, düşman hareketlerinin izlenmesi, arazi hakkında keşifte bulunmak, personel ve askeri araçların takip edilmesi, dost kuvvetlerin izlenmesi ve hedeflerin hız ve konumlarının tespit edilmesinde kullanılmaktadır.

Çevresel uygulamalar

Hava durumu, hava kirliliğinin tespiti, sel, deprem, orman yangını gibi doğal afetlerin takip edilmesi, tarımsal faaliyetlerin izlenmesi gibi uygulamalarda kullanılır.

Algılayıcı Ağlar Uygulama Alanları

Sağlık uygulamaları

Hastanede bulunan doktorların yerinin tespit edilmesi, hastaların durumlarının takip edilmesi, yaşlıların gözetim altında tutulması ve çeşitli sağlıksal parametrelerin takip edilmesinde kullanılır.

Ticari uygulamalar

Araçların izlenmesi ve tespit edilmesi, enerji hatlarının izlenmesi, küçük çocukların aileleri tarafından takip edilmesi, ışıklandırma kontrolü, trafik ışıklarının kontrolü, yangın sistemleri gibi alanlarda kullanılır.

Ev Otomasyon uygulamaları

Zeki ev ortamları ve bina güvenlik sistemlerinde kullanılır.

mica



mica2



mica2dot



micaZ



telos



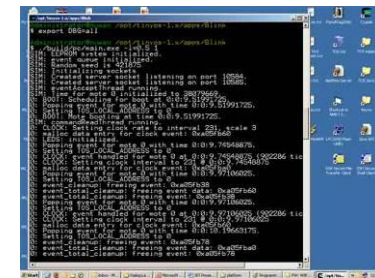
telosb



rene2



pc



Kablosuz Algılayıcı Ağlarda Ortaya Çıkan Enerji Tüketimi Problemi

- Enerji tüketimi ile ilgili yapılan çalışmalar genelde ağ katmanı ve veri bağı katmanı üzerinde gerçekleştirilmektedir. Ağ katmanında enerji tüketimini azaltmak için yapılan çalışmalar genel olarak yönlendirme konusu üzerindedir. Algılayıcı ağlarda çoklu yönlendirme protokollerine ve bir geçit düğümüne ihtiyaç duyulmaktadır.
 - Sınırlı enerji kaynaklarının verimli kullanılması en önemli konulardan bir tanesidir.
 - Algılayıcı ağlarda bir düğümün iletişim kurması verinin gelip gelmemesine göre değişmektedir. Veri geldiğinde ilgili düğümler ile iletişime geçilir ve verinin geçit düğümüne iletilmesi işlemi gerçekleştirilir. Dolayısıyla hızlı iletişim ve gecikmenin az olması gerekmektedir.
 - Algılayıcı ağlarda düğümlerin konumlarının bilinmesi gerekmektedir. Ancak kendi kendine organize olan düğümler bu işlevi gerçekleştirmektedir. Burada çıkabilecek problem ise algılayıcı düğümlerin birbirlerinin konumunu belirlemesinin uzun sürmesidir. Dolayısıyla burada da en önemli problem olarak karşımıza enerji tüketimi çıkmaktadır

Kablosuz Algılayıcı Ağlarda Enerjiyi verimli kullanmak

Enerjiyi verimli kullanmak için bu katmanda gerçekleştirilen yönlendirme protokollerinin genel olarak hedefledikleri olaylar şu şekildedir;

- Kullanılan yolun düğümlerin enerjisinin maksimum olduğu yolu bulmak
- En düşük enerjinin harcanacağı yolu bulmak
- En az hop sayısına sahip yolu bulmak

Kablosuz Algılayıcı Ağlarda Enerjiyi verimli kullanmak

- Veri bağı katmanının sorumlu olduğu iki önemli olay ortam erişimi ve hata kontrolüdür. Kablosuz algılayıcı ağlarda MAC protokolünün en önemli görevleri ise birinci olarak algılayıcı ağ alt yapısının oluşturulması, ikinci olarak kaynakların düğümlere eşit olarak paylaşılmasıdır.
- Günümüzde kablosuz ağlarda kullanılan MAC protokolleri algılayıcı ağlarda direk olarak uygulanamamaktadır. Ad-hoc ağlarının algılayıcı ağlarla benzer özellikleri bulunmaktadır. Fakat ad-hoc ağların güç bakımından algılayıcı ağlara nazaran avantajları fazladır.
- Algılayıcı ağların güç kaynaklarının az olması ve algılayıcı ağlarda bulunan düğüm sayılarının diğer kablosuz ağlardakinden daha fazla olması göz önünü alındığında algılayıcı ağlardaki en büyük problemin enerji tüketimi olduğu ortaya çıkmaktadır

Düğümlerin sahip oldukları güç kaynaklarını en verimli şekilde kullanmak

- Her düğümün kapsama alanının sınırlanması. Çünkü bir düğümün uzak mesafelere veri gönderimi için harcayacağı enerji yakın mesafeye harcayacağı enerjiden daha fazladır.
- Algılayıcı düğümlerin komşu düğümler ile iletişime geçmesi ve bu iletişim esnasında herhangi bir iletişim olmaması durumuna göre düğümlerin kendilerini kapatmaları veya düşük güç harcayacakları bir konuma geçmeleri gerekmektedir.

TinyOS

- TinyOS algılayıcı düğümler için geliştirilmiş bir işletim sistemidir ve sınırlı kaynaklara sahip algılayıcı düğümler için uygun ve verimli bir programlama amaçlamaktadır.
- TinyOS nesC dili ile yazılmıştır ve gerçekleştirilmek istenen uygulamaların bu dille yazılması gerekmektedir.
- Algılayıcı ağ ile bilgisayarlar arasındaki iletişim için gerekli uygulamalar genellikle Java ile yapılmaktadır.
- TinyOS açık-kaynak kodlu bir işletim sistemidir. Bu sayede yeniliklere ve uygulama için gerekli kod sayısını azaltarak algılayıcı ağlar için hızlı ve uygun bir sistem olmuştur.

TinyOS

- TinyOS bileşen kütüphanesi ağ protokollerini, dağıtık hizmetleri, algılayıcı sürücülerini ve veri elde etme araçlarını içermektedir. TinyOS'un olay tabanlı çalışması sayesinde iyi bir güç yönetimi sunmakta ayrıca ölçeklenebilirliğede izin vermektedir
- TinyOS bileşen kütüphanesi ağ protokollerini, dağıtık hizmetleri, algılayıcı sürücülerini ve veri elde etme araçlarını içermektedir. TinyOS'un olay tabanlı çalışması sayesinde iyi bir güç yönetimi sunmakta ayrıca ölçeklenebilirliğede izin vermektedir

TinyOS

- TinyOS geleneksel anlamdaki gibi bir işletim sistemi değildir, gömülü sistemler için bir programlama çatısı ve bileşenlerden oluşan bir sistemdir.
- Uygulama kodunun çok düşük belleğe ihtiyaç duyması önemli bir noktadır. Buna ek olarak TinyOS tasarımında bir dosya sistemi yoktur.
- TinyOS işletim sisteminin geliştirildiği dil olan nesC dili aynı zamanda geliştirilen uygulamalar içinde kullanılmaktadır. NesC dili bileşen tabanlı olmasından dolayı olay tabanlı mekanizmaya sahip sistemlerin geliştirilmesi için çok uygundur
- TinyOS modül olarak isimlendirilen bileşenler sağladıkları arayüzlerin C dili ile uygulanması işlemini kendilerinin kullandıkları arayüzler ile başarmaktadırlar.

TinyOS

- TinyOS işletim sisteminde bulunan bileşenler ve arayüzlerin isimleri, gerçekleştirim dosyalarının isimleriyle aynı olmalıdır.
- TinyOS'ta bir bileşen başka bileşenin komutlarını kullanabilmekte, komutları kullanılan bileşen de uygulama anında ortaya çıkan olayları sinyaller ve komutları kullanan bileşeni meydana gelen olaylardan haberdar edebilir.
- TinyOS işletim sistemi kullandığı nesC dili sayesinde uygulama geliştirmeyi nesneye yönelik programlama da olduğu gibi kolaylıkla yapılmasına olanak sağlamaktadır.
- Diğer taraftan sağladığı diğer bir özellik ise gereksiz bellek kullanımını ve ek katmanların yarattığı verimsizlikten gerçekleştirilen uygulamaları kurtarmayı amaçlamaktadır.

TinyOS

- TinyOS işletim sistemi durağan bir bellek tahsisi mekanizmasını kullanmaktadır. Kısaca daha derleme anında gerçekleştirilecek uygulamanın bellek gereksinimi belirlidir uygulama bitinceye kadar bu değişmez.
- TinyOS işletimin sisteminde bir uygulamanın herşeyi derleme anında belirlenir ve uygulama sonlanıncaya kadar değişmez
- Bileşenler 3 tane hesaplama konsepti içerirler. Bunlar ; komutlar, olaylar ve task'lardır. Komutlar ve olaylar bileşenler arası iletişimi için birer mekanizmadır. Task'lar ise bileşen içi işlerde kullanılmaktadır. Komut geleneksel olarak bileşenden bir servisi çalıştırmasını ister.