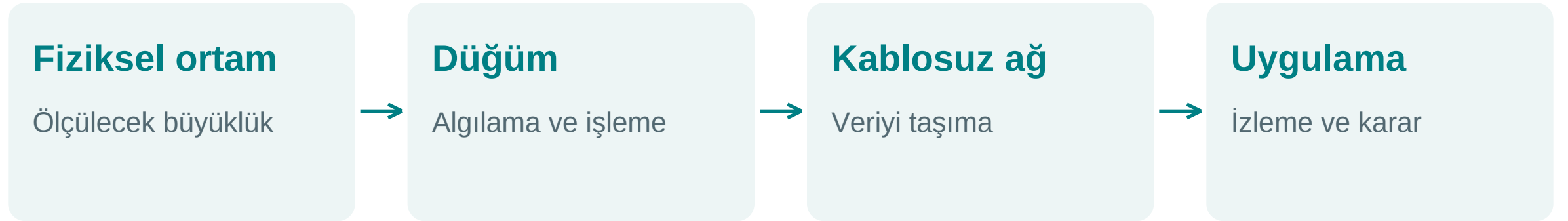


Kablosuz Duyarga Ağlarına Giriş

Bölüm 1 genel bakış: algılama, düğüm platformları ve ağ mimarisi



Doç. Dr. Yunus Eği

Şırnak Üniversitesi / Elektrik-Elektronik Mühendisliği / 2026-2027 Güz

Hedef: Bir WSN'nin bileşenlerini ve temel tasarım kararlarını açıklamak.

Bölüm 1'in konu haritası

Bu hafta genel bakış; sonraki haftalarda donanım ve mimari ayrıntıları

01

WSN fikri

Çok sayıda düğümün ortak gözlem yapması. Enerji ve yerel işleme gereksinimi.

02

Düğüm platformları

Donanım kapasitesi, standartlar ve gömülü yazılım.

03

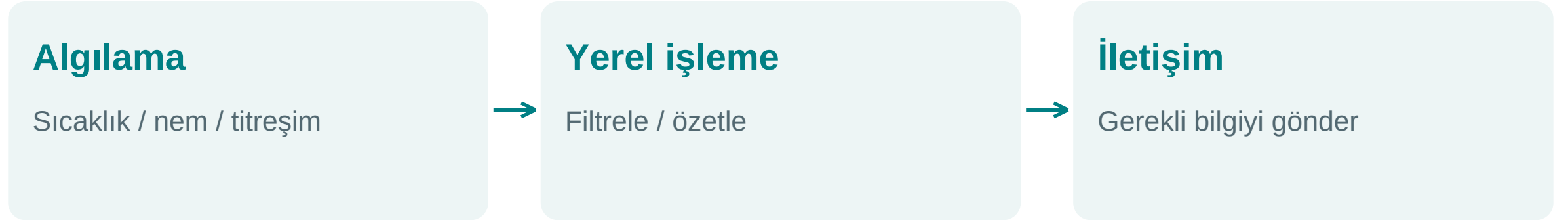
Ağ mimarisi

Duyarga alanı, sink, protokol katmanları ve ortak yönetim işlevleri.

Bir WSN'yi anlamak için ölçüm, donanım ve haberleşmeyi birlikte değerlendirin.

WSN'nin temel fikri

Kablosuz duyarga ağı: fiziksel ortamı birlikte izleyen düğümler



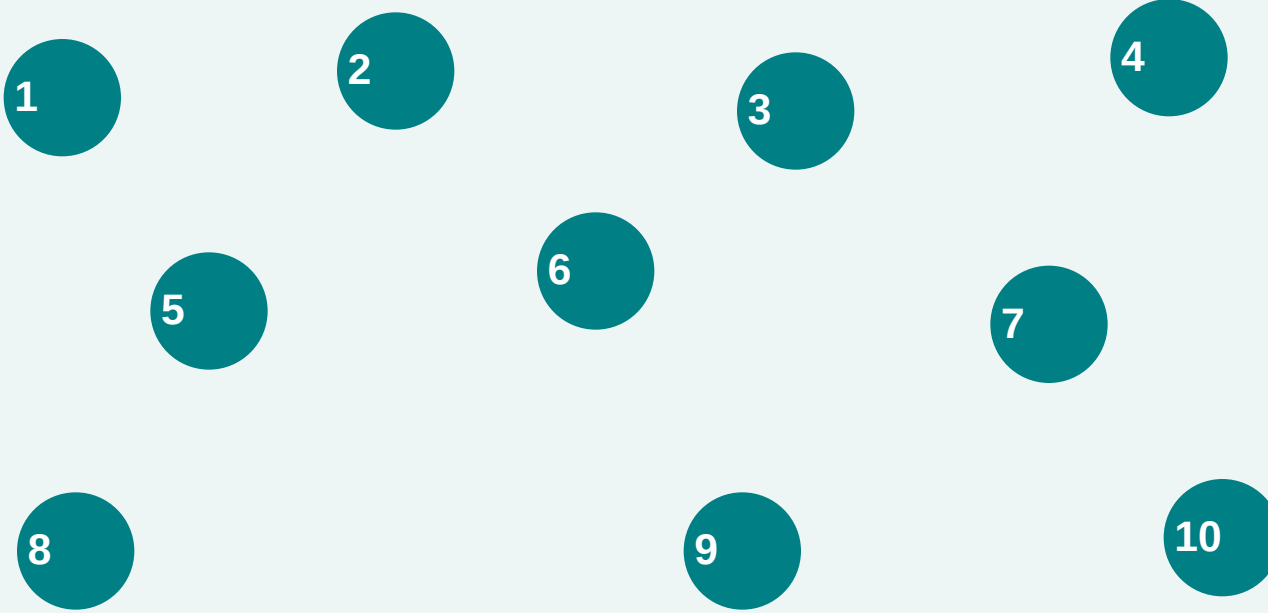
MEMS, gömülü elektronik ve kablosuz haberleşme küçük düğümlerin geliştirilmesini destekler.

Düğümler yalnız veri iletmez; ölçüm yapar ve yerel hesaplama da yürütür.

Ortak gözlem ve mekânsal dağılım

Tek noktadan alınan ölçüm, bütün alanı temsil etmeyebilir.

Dağıtılmış ölçüm noktaları



Alan bilgisi

Komşu ölçümler birbirini tamamlayabilir. Benzer veriler gereksiz tekrar da oluşturabilir.

Öğretim şeması: noktalar duyarga düğümlerini temsil eder.

Düğüm sayısı ve yerleşimi gözlem hedefiyle uyumlu olmalıdır.

Temel tasarım kısıtları

Uygulamanın başarısı, kaynak sınırları içinde değerlendirilir.

Enerji

Pil ve uyku süresi

Bellek

Kayıt ve paket
tamponu

İşlem kapasitesi

Yerel hesaplama
yükü

Kablosuz kanal

Girişim ve bağlantı
kaybı

Güvenilir gözlem ile enerji, gecikme ve maliyet arasında denge gerekir.

Yerel işleme ve veri azaltma

Öğretim örneği: aynı bölgeden birkaç sıcaklık ölçümü

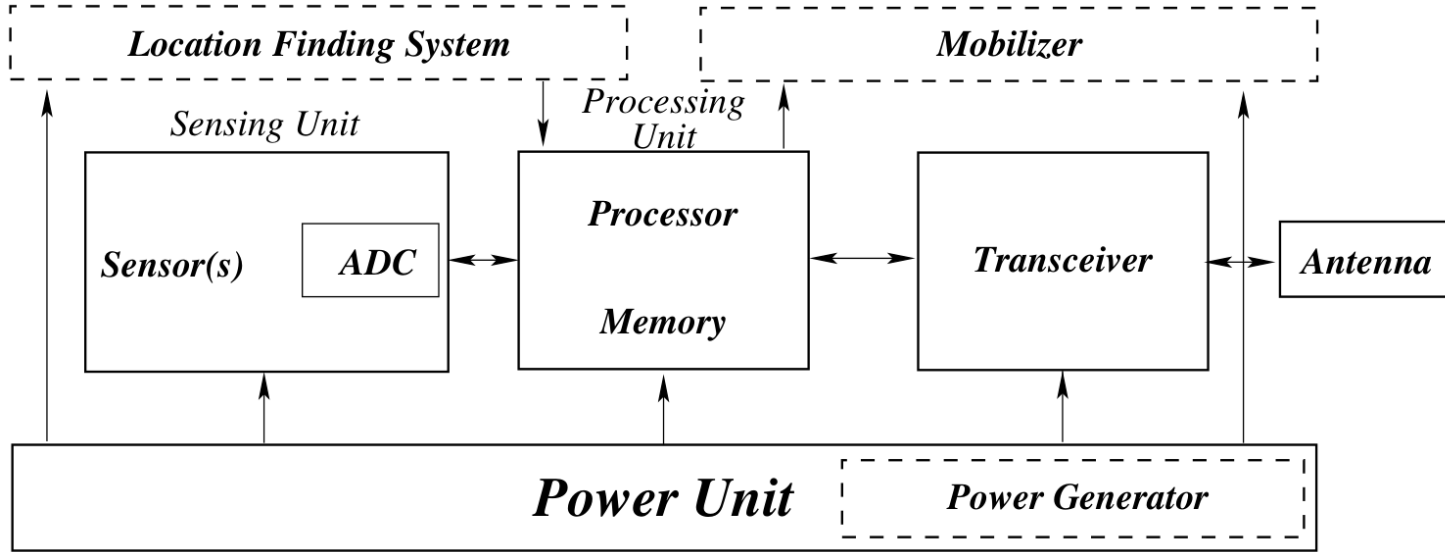


Olay algılama gerekiyorsa yalnız ortalama yeterli olmayabilir: en yüksek değer de önemli olabilir.

Özetleme trafiği azaltabilir; gerekli ayrıntıların kaybolmamasına dikkat edin.

Duyarga düğümünün donanımı

Kaynak şekil, temel birimleri ve isteğe bağlı bileşenleri gösterir.



Algılama birimi

Sensör ve ADC fiziksel büyüklüğü sayısal veriye dönüştürür.

İşleme birimi

İşlemci ve bellek kodu çalıştırır, veriyi tutar.

Haberleşme birimi

Alıcı-verici ve anten kablosuz bağlantıyı sağlar.

Şekil 3.1 • Kesikli çizgiler isteğe bağlı bileşenleri, alttaki blok ortak güç kaynağını gösterir.

Güç birimi tüm donanımı besler; konum ve hareket birimleri uygulamaya bağlıdır.

Mote ve yardımcı kartlar

Algılama, programlama ve dış bağlantı farklı görevlerdir.

01

Mote

İşlemci, bellek, radyo ve güç kaynağını içeren gömülü platform.

02

Sensör kartı

İhtiyaç duyulan algılayıcıları ekler. Mote üzerinde bütünleşik de olabilir.

03

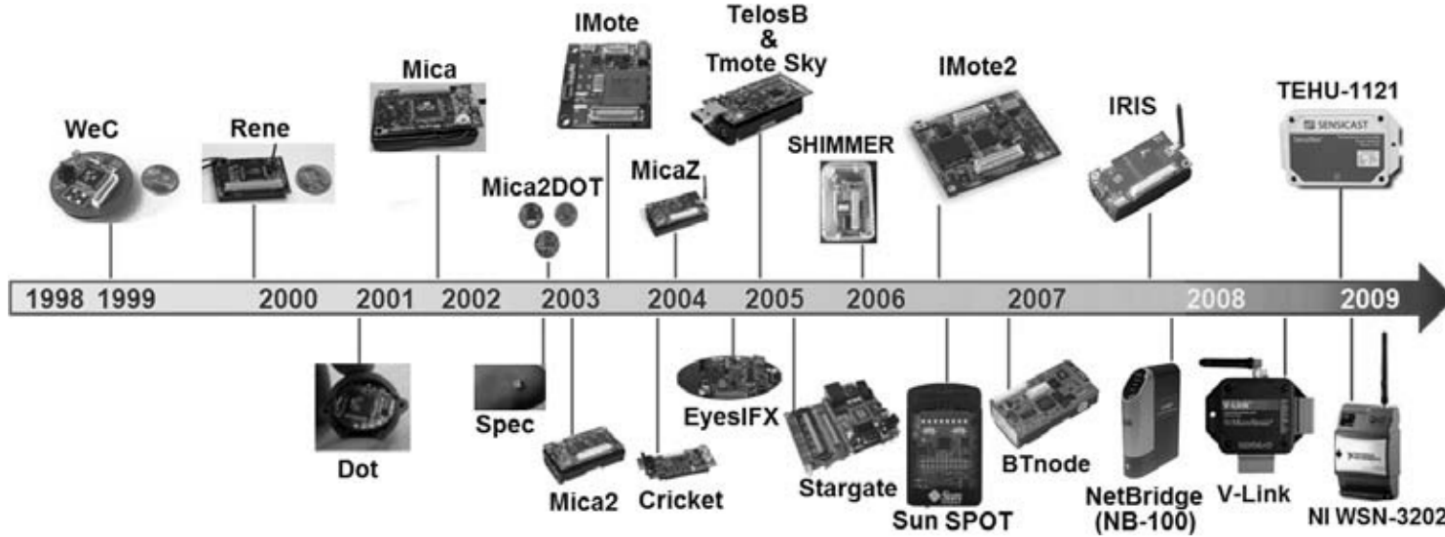
Programlama kartı

Kod yükleme ve bilgisayar bağlantısı. Bazı kartlar veri toplama / geçit rolü de üstlenir.

Bazı platformlar sensörleri bütünleştirir; bazıları ek kart kullanır.

Platform ailelerine tarihsel bakış

Kaynak şekil: 1998-2009 dönemindeki mote platformları



Mica ailesi

Modüler sensör kartlarıyla kullanılan düşük kaynaklı platformlar.

TelosB / Tmote

Sensör ve USB entegrasyonu olan örnekler.

Imote2 ve Stargate

Daha yüksek hesaplama kapasitesi veya geçit rolleri.

Şekil 1.1 • Yıllar soldan sağa ilerler. Fotoğraflar farklı donanım ailelerini gösterir.

Bu şekil tarihsel gelişimi açıklar; güncel ürün seçimi için bir katalog değildir.

Platform kapasitesi ve görev yükü

Donanım seçiminin başlangıç noktası uygulamanın gereksinimidir.

01

Düşük kapasiteli

Mica / Telos sınıfı. Küçük ölçüm kayıtları ve basit işlemler için kaynakları dikkatli kullan.

02

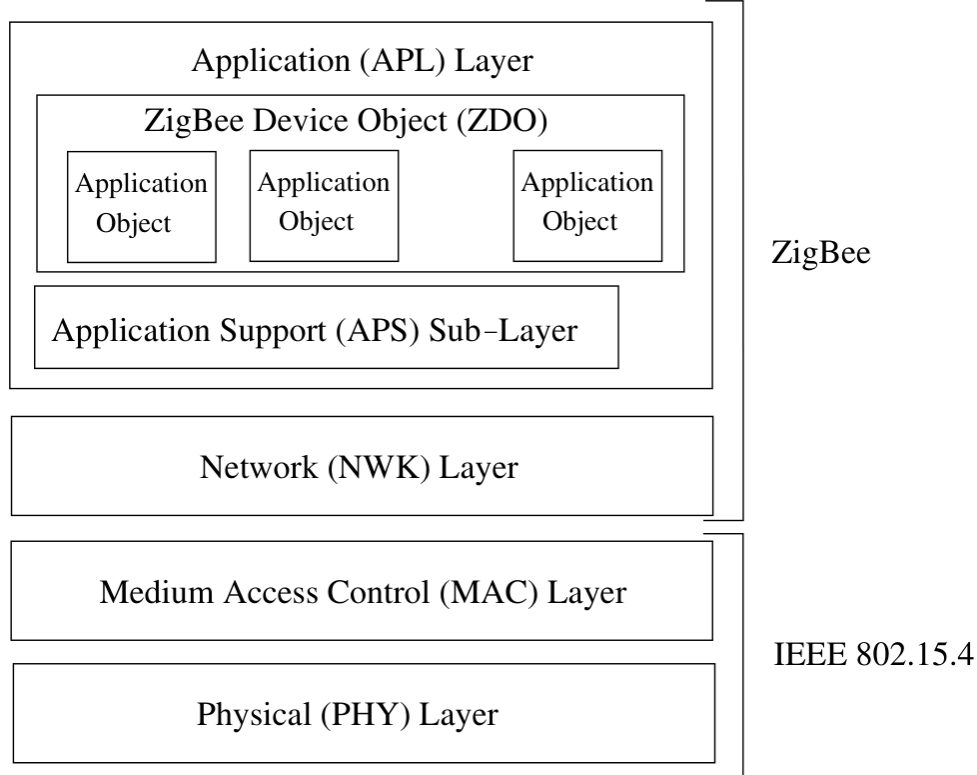
Yüksek kapasiteli

Imote2 / Stargate örnekleri. Daha ağır hesaplama, daha büyük veri veya geçit görevleri.

Yüksek kapasite daha çok işleme imkânı sağlar; enerji ve maliyeti ayrıca değerlendirin.

IEEE 802.15.4 ve ZigBee katmanları

Kaynak şeklin sağındaki parantezler görev sınırlarını gösterir.



Şekil 1.2 • Katman sınırlarını okuyun; iki standardı aynı kavram olarak kullanmayın.

Fiziksel + MAC

Radyo iletimi ve ortak kanala erişim:
IEEE 802.15.4.

Ağ + uygulama

Yönlendirme ve uygulama çerçevesi:
ZigBee.

Birlikte çalışabilirlik

Radyo uyumu tek başına uygulama
düzeyinde uyumu garanti etmez.

IEEE 802.15.4 fiziksel ve MAC altyapısını, ZigBee üst katmanları tanımlar.

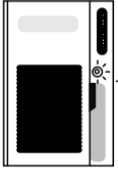
Endüstriyel WSN örneği: WirelessHART

Kaynak şekil: saha aygıtları, gateway ve ağ yöneticisi

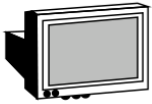
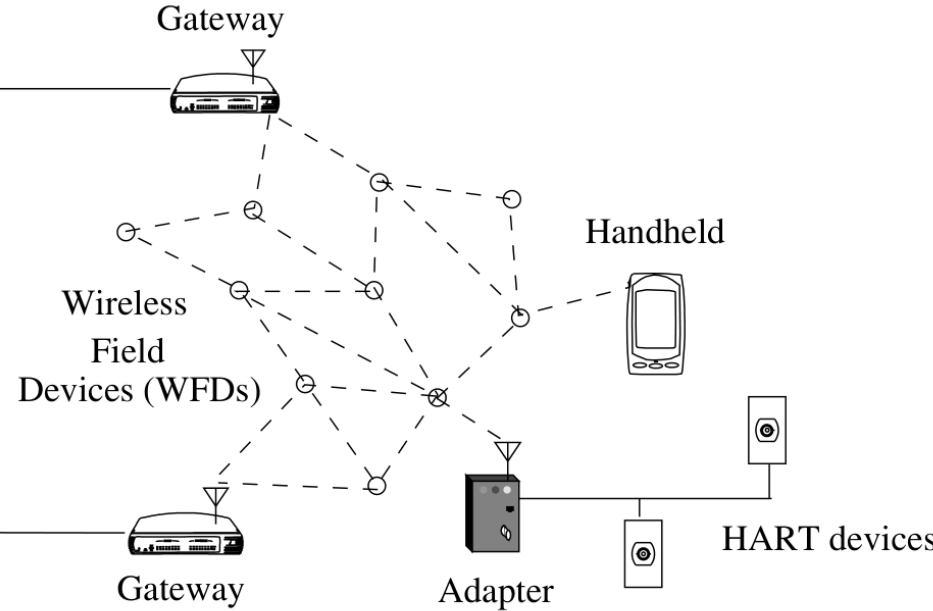
Network Manager



Process Automation Controller



Host Application



Saha aygıtları

Ölçüm ve kablosuz iletim görevlerini yürütür.

Gateway / adapter

Gateway üst sistemlere bağlar. Adapter mevcut HART aygıtlarını bütünleştirir.

Ağ yöneticisi

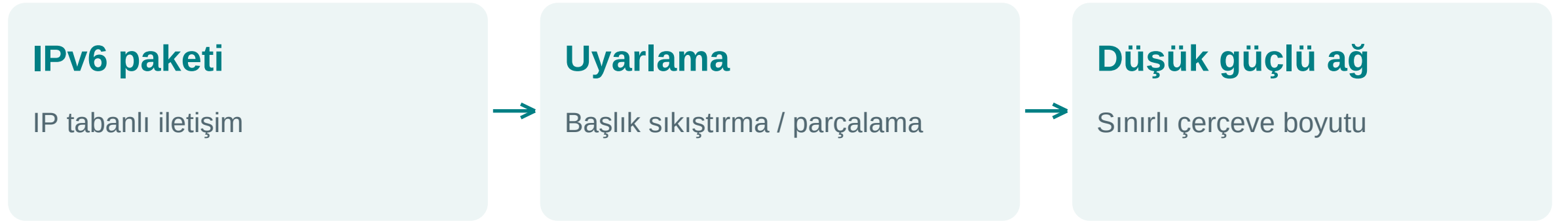
Ağ düzeni ve iletişim durumunu yönetir.

Şekil 1.3 • Kesikli çizgiler saha ağını, soldaki sistemler kontrol ve uygulama tarafını gösterir.

Güvenilirlik mekanizmaları kesinti riskini azaltır; mutlak kesintisizlik garantisi vermez.

6LoWPAN ve IPv6 bağlantısı

Düşük güçlü ağlar için IPv6 uyarlama yaklaşımı



Sınır yönlendiricisi yerel ağı dış IP ağına bağlayabilir. Uyarlama, bağlantı altyapısının yerini almaz.

6LoWPAN uyarlaması IP erişimini destekler; dış ağa bağlantı için yönlendirme gerekir.

Gömülü yazılım ve geliştirme araçları

Bölümdeki yazılım ekosistemi, tarihsel bağlamıyla

01

TinyOS

Bileşen tabanlı ve olay güdümlü işletim sistemi. TOSSIM simülasyon için kullanılır.

02

Contiki

Olay güdümlü çekirdek ve μ IP ağ desteği. Yazılımın kaynak kullanımını gözetir.

03

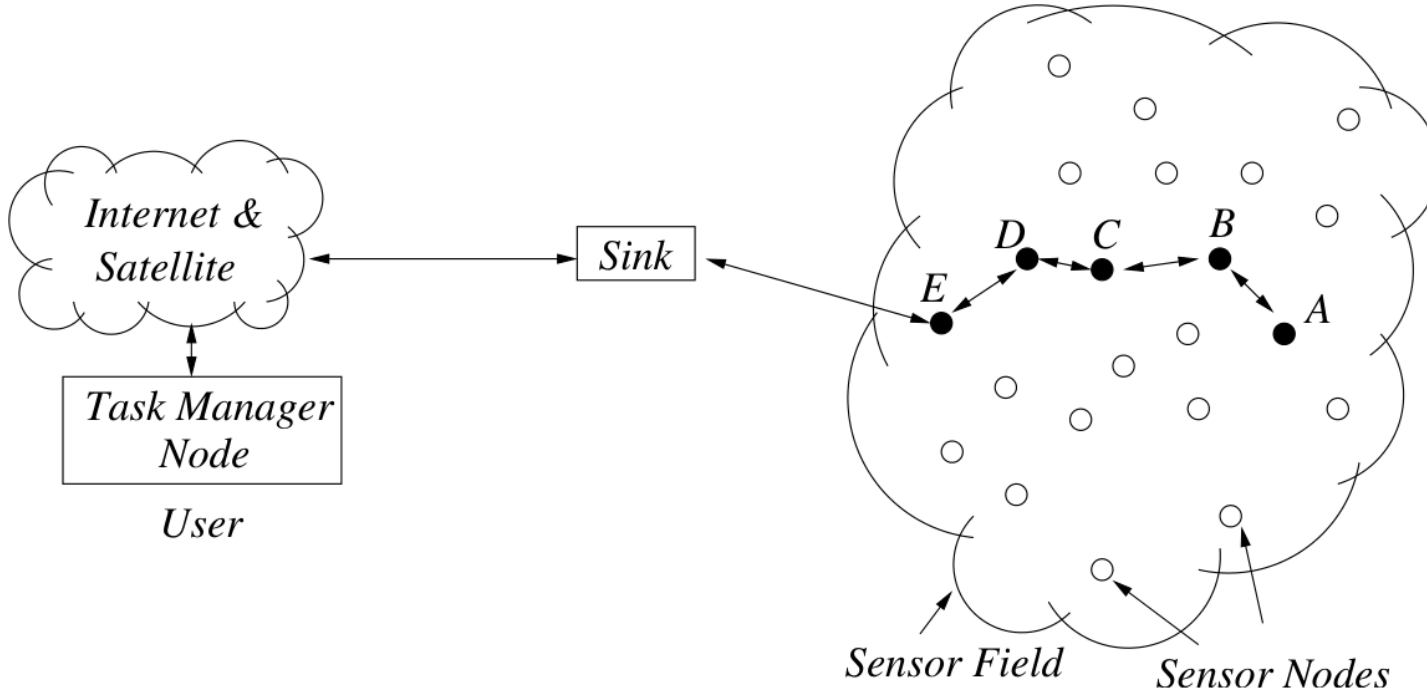
LiteOS

Unix benzeri soyutlamalar, komut kabuğu ve çok iş parçacığı yaklaşımı.

İşletim sistemi çalışma modelini; simülasyon aracı deney ortamını sağlar.

Duyarga alanı, sink ve kullanıcı

Kaynak şekil, bir ölçümün dış sisteme ulaşmasını gösterir.



Duyarga alanı

Dağıtılmış düğümler çevreyi gözler.

Çok atlamalı yol

Seçilmiş rota: A, B, C, D, E ve sink.

Kullanıcı bağlantısı

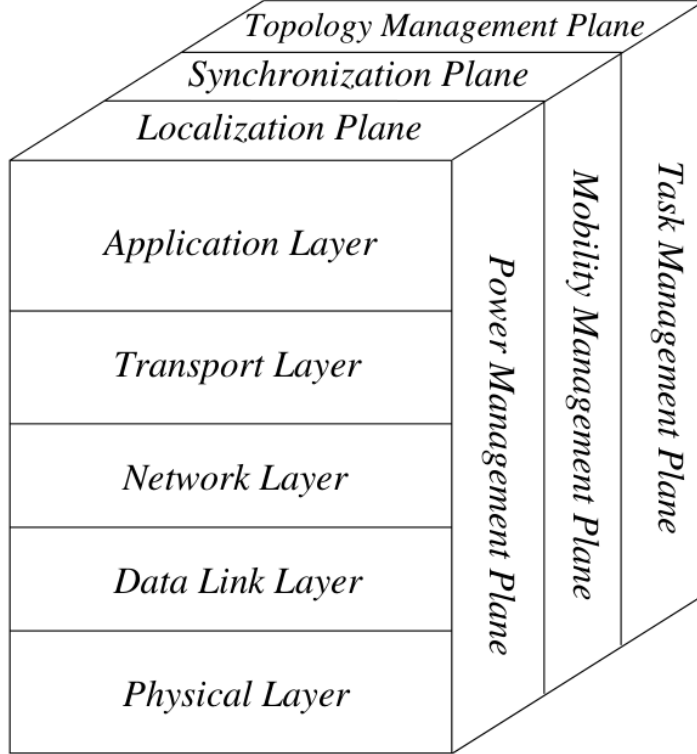
Dış ağ üzerinden görev yöneticisine erişim.

Şekil 1.4 • Siyah düğümler örnek veri yoludur. Diğer düğümler farklı yolların parçası olabilir.

Sink veri toplar; gateway dış ağ bağlantısını sağlar. Bu roller aynı cihazda birleşebilir.

Protokol yığını ve yönetim düzlemleri

Katmanlar sorumlulukları ayırır; düzlemler ortak koordinasyonu sağlar.



Şekil 1.5 • Ön yüz katmanları, yan ve üst yüzler katmanları kesen yönetim işlevlerini gösterir.

Beş katman

Uygulama, taşıma, ağ, veri bağlantı ve fiziksel.

Ortak yönetim

Güç, hareketlilik ve görev dağılımı.

Koordinasyon

Konum, eşzamanlama ve topoloji yönetimi.

Enerji yönetimi tek katmanla sınırlı değildir; tüm sistemin çalışma biçimini etkiler.

Beş katmanın temel görevleri

Bir sıcaklık paketinin iletimindeki sorumlulukları düşünün.

Uygulama

Ölçümün anlamı, eşik ve kullanıcı görevi

Taşıma

Uçtan uca güvenilirlik ve tıkanıklık kontrolü

Ağ

Paketin yolunu seçme ve yönlendirme

Veri bağlantı

Çerçeveleme, kanal erişimi ve bağlantı hata kontrolü

Fiziksel

Frekans, modülasyon ve sinyal algılama

Katmanlı yapı görevleri ayırır; uygulamanın gerektirdiği işlevler protokole göre değişebilir.

Enerji, gecikme ve güvenilirlik dengesi

Uyku, güç ve raporlama kararlarının sonuçları

01

Daha uzun uyku

Enerji tüketimi azalabilir.
Düğümün erişilebilirliği azalır,
veri gecikebilir.

02

Daha güçlü iletim

Bağlantı iyileşebilir. İletim
enerjisi ve girişim etkisi artabilir.

03

Daha az raporlama

Trafik azalır. Hızlı değişimleri
veya olayları kaçırma riski
artabilir.

Bir parametreyi iyileştirirken diğer gereksinimlerin karşılanıp karşılanmadığını kontrol edin.

Örnek uygulama: akıllı sera

Öğretim senaryosu: bölmelerde sıcaklık ve nem izleme



Tasarım sorusu: Olay bildirimi gecikecekse daha uzun uyku süresi kabul edilebilir mi?

Örnekleme, raporlama ve olay bildirimi için aynı zaman aralığı zorunlu değildir.

Özet ve sınıf tartışması

Temel kavramları bir WSN senaryosu üzerinde ilişkilendirme

01

Düğüm

Sensör, işlemci, bellek ve radyonun görevlerini açıklayın.

02

Haberleşme

Sink'e giden yolda düğümler hangi rolleri üstlenir?

03

Tasarım

Bir sera uygulamasında enerji tasarrufu için neyi değiştirirsiniz? Sonucu ne olur?

Ders sonunda düğüm, ağ yolu, protokol katmanı ve enerji kararını ilişkilendirebilmelisiniz.