

# Akıllı Robotlar ve Simülasyon

*“Geleceği tahmin etmenin en iyi yolu onu icat etmektir.”*

— Alan Kay

# Akıllı Robotlar ve Simülasyon

## Öğrenme Çıktıları

- MES ve Endüstri 4.0 nedir, açıklar
- Akıllı robot türlerini ve parçalarını tanıır
- İnsanla çalışan robotu (kobot) bilir
- Simülasyon ve dijital ikizi anlar

## İçerik Akışı

- 01 MES ve Endüstri 4.0 nedir?
- 02 Akıllı robot nedir?
- 03 Robot türleri ve parçaları
- 04 Kobotlar (insanla çalışma)
- 05 Simülasyon ve dijital ikiz
- 06 MES'e bağlanması

# Önce Kavramları Tanıyalım



## MES nedir?

Üretim sahası ile ofisteki planlama yazılımı (ERP) arasında köprü kurar. 'Hangi makine ne kadar üretti, ne zaman durdu?' sorularını anlık olarak yanıtlar.



## Endüstri 4.0

Makinelerin internete bağlanıp birbiriyle ve insanla konuştuğu yeni fabrika anlayışıdır. Amaç: daha akıllı ve daha az hatalı üretim.



## Akıllı robot

Çevresini sensörlerle algılayan, karar veren ve işi kendi yapan makinedir. Klasik robottan farkı: duruma göre davranışını değiştirir.



## Simülasyon

Bir üretim hattını gerçekte kurmadan önce bilgisayarda deneme yöntemidir. Hatalar para harcamadan görülür.

# Akıllı Robot Ne Yapar?

---

1

## Algılar

Sensörleriyle çevresini görür: kamerayla parçayı tanır, mesafeyi ölçer, kuvveti hisseder.

---

2

## Karar verir

Topladığı bilgiye göre ne yapacağına karar verir. Örneğin parça yanlış duruyorsa düzeltir.

---

3

## Hareket eder

Motorları ve tutucusu (el kısmı) ile işi fiziksel olarak yapar: tutar, taşır, kaynak yapar.

---

4

## Öğrenir / uyum sağlar

Aynı işi tekrar ederken daha iyi hale gelir; farklı ürünlere kolayca uyar.

# Robot Türleri



## Endüstriyel robot kollar

Hızlı ve çok hassas çalışır. Kaynak, montaj ve paletleme (kutu dizme) işlerinde kullanılır.



## Kobotlar (Cobot)

İnsanla yan yana, güvenli çalışan robotlardır. Çarpınca durur, bu yüzden kafes (güvenlik bariyeri) gerektirmez.



## AGV / AMR

Fabrika içinde malzemeyi kendi başına taşıyan araçlardır. Sürücüsüz forklift gibi düşünülebilir.



## Mobil robotlar

Depo ve denetim işlerinde dolaşan hareketli robotlardır.

# Bir Robotun Parçaları



## Kontrolör (beyin)

Robotun ne zaman ne yapacağını yöneten bilgisayar kısmıdır.



## Motorlar (aktüatör)

Robotu hareket ettiren parçalardır: servo motor, step motor, pnömatik silindir.



## Sensörler

Robota geri bilgi verir: nerede olduğunu, ne kadar kuvvet uyguladığını söyler.



## Tutucu / uç (end-effector)

Robotun en ucundaki iş yapan parça: kısıkaç, vakum başlığı veya kaynak torcu.

# Kobotlar: İnsanla Birlikte Çalışma

## Avantajları

- Güvenlik kafesi gerekmez (çarpınca durur)
- Elle tutup hareket ettirerek kolayca öğretilir
- Küçük miktarlı üretime uygundur
- Kurulumu hızlı, maliyeti düşüktür

## Nerede Kullanılır?

- Montaj ve vida sıkma
- Kalite kontrol (göz ile muayene)
- Makineye parça verme
- Paketleme ve kutu dizme

# Simülasyon ve Dijital İkiz



## Simülasyon

Üretim hattını bilgisayarda kurup deneme yapmaktır. 'Bu robot buraya sığar mı, çarpışır mı?' önceden görülür.



## Dijital ikiz

Gerçek bir makinenin, canlı veriyle güncellenen bilgisayar kopyasıdır. Gerçeği ne yapıyorsa ikizi de aynısını gösterir.



## Faydası

Kurulum süresini kısaltır; çarpışma ve darboğazları hat durmadan önce yakalar.



## MES ile bağı

Simülasyon sonuçları MES'e girilerek planlama daha doğru yapılır.

# Simülasyon Nerede İşe Yarar?

---

1

## Hücre tasarımı

Robotun ve makinelerin yerleşimi, her yere ulaşip ulaşmadığı sanal ortamda denenir.

---

2

## Süre hesabı

Bir ürünün kaç saniyede çıkacağı ve yavaşlatan noktalar önceden hesaplanır.

---

3

## Robot programlama

Robot programı, hattı durdurmadan bilgisayarda hazırlanır (offline programlama).

---

4

## Eğitim

Operatörler, gerçek makineyi riske atmadan sanal ortamda alıştırmaya yapar.

# Robotun MES'e Bağlanması

## Robottan Gelen Bilgi

- Kaç parça üretti, kaç tanesi hatalı
- Çalışıyor mu, durdu mu, arıza var mı
- Bu bilgiler MES ekranında anlık görünür
- İletişim için OPC-UA gibi ortak dil kullanılır

## Kazanç

- Üretim her an izlenir
- İnsan hatası azalır
- Kalite her üründe aynı olur
- Verilerle sürekli iyileştirme yapılır

# Sayılarla Akıllı Robotik

**7/24**

Mola vermeden çalışabilme

**$\leq$  %30**

Simülasyonla kurulum süresinde kısalma

**$\pm 0,02$  mm**

Robotun tekrar tekrar aynı noktaya gitme  
hassasiyeti

**Not:** Robotlar ve simülasyon, MES'te hızlı ve esnek üretimin temelidir.

# Özet

Akıllı robot; çevresini algılar, karar verir ve işi kendi yapar.

Robot türleri farklı işlere uygundur: endüstriyel kol, kobot, AGV/AMR.

Her robotun dört temel parçası vardır: kontrolör, motor, sensör, tutucu.

Simülasyon ve dijital ikiz, kurulumu hızlandırır ve hataları önceden gösterir.

Robotlar MES'e bağlanınca üretim anlık izlenir ve iyileştirilir.

# Teşekkürler ve Tartışma

*Akıllı Robotlar ve Simülasyon*

## Kaynaklar / İleri Okuma

- Hanes, D. et al. (2017). IoT Fundamentals: Networking Technologies, Protocols, and Use Cases. Cisco Press.
- Lee, I. & Lee, K. (2015). The Internet of Things (IoT): Applications, investments and challenges. Business Horizons 58(4).

# Entegrasyon, SCADA, HMI ve Artırılmış Gerçeklik

*“Önce araçlarımızı biz biçimlendiririz, sonra araçlarımız bizi biçimlendirir.”*

— Marshall McLuhan

# Entegrasyon, SCADA, HMI ve Artırılmış Gerçeklik

## Öğrenme Çıktıları

- Dikey ve yatay entegrasyonu ayırt eder
- SCADA ve HMI'nin görevini açıklar
- AR/VR teknolojilerini tanıır
- AR'nin bakım ve montajda kullanımını bilir

## İçerik Akışı

- 01 Entegrasyon nedir?
- 02 Dikey entegrasyon
- 03 Yatay entegrasyon
- 04 SCADA sistemleri
- 05 HMI / operatör arayüzü
- 06 AR/VR temelleri
- 07 AR uygulamaları

# Entegrasyon Neden Gerekli?



## Sorun: kopuk sistemler

Makineler, depo ve ofis birbiriyle konuşmazsa bilgi geç ulaşır, hatalar artar.



## Hedef

Sahadaki sensörden ofisteki yazılıma kadar tek ve kesintisiz bir bilgi akışı kurmak.



## Üç yön

Dikey (katmanlar arası), yatay (fabrikalar/tedarikçiler arası) ve mühendislik boyunca.



## MES'in rolü

MES, sahadaki makineler ile ofisteki yazılımlar arasındaki bağlantı noktasıdır.

# Dikey Entegrasyon (Katmanlar Arası)

---

1

## Saha katmanı

Sensörler ve makinelerden ham bilgi toplanır.

---

2

## Kontrol katmanı

PLC ve SCADA ile makineler anlık kontrol edilir.

---

3

## MES katmanı

Üretim takibi, kalite ve verimlilik (OEE) burada yönetilir.

---

4

## ERP / ofis katmanı

Sipariş, stok ve planlama gibi işletme kararları alınır.

# Yatay Entegrasyon (Değer Zinciri)

## Kapsamı

- Tedarikçiden müşteriye kadar bağlantı
- Fabrikalar arası bilgi paylaşımı
- Depo ve sevkiyatın uyumlu çalışması
- Firmalar arası süreç koordinasyonu

## Faydaları

- Tedarik zinciri şeffaf olur
- Talebe hızlı cevap verilir
- Stok ve maliyet düşer
- Kalite baştan sona izlenir

# SCADA Sistemleri



## SCADA nedir?

Geniş bir tesisi tek merkezden izleyip kontrol etmeyi sağlayan sistemdir (Denetleyici Kontrol ve Veri Toplama).



## Ne yapar?

Sahadaki PLC ve sensörlerden veri toplar; sıcaklık, basınç, seviye gibi değerleri ekranda gösterir.



## Kontrol

Operatör, vana açma veya motor durdurma gibi komutları SCADA ekranından verebilir.



## Alarm

Bir değer sınırı aşarsa SCADA uyarı verir ve olayı kaydeder.

# HMI / Operatör Arayüzü (Ara Yüz Tasarımı)



## HMI nedir?

İnsan ile makine arasındaki ekrandır (Human-Machine Interface). Operatör makineyi bu ekrandan yönetir.



## Görevi

Makinenin durumunu basit görsellerle gösterir; buton ve dokunmatik ekranla komut almayı sağlar.



## İyi tasarım

Renkler ve simgeler anlaşılır olmalı; önemli bilgi ve alarm hemen görülmeli.



## SCADA'dan farkı

HMI genelde tek makine/hat içindir; SCADA ise tüm tesisi kapsar.

# AR / VR / MR Nedir?



## Artırılmış Gerçeklik (AR)

Gerçek görüntünün üstüne dijital bilgi ekler. Örnek: tablet kamerasıyla makineye bakınca parça adları görünür.



## Sanal Gerçeklik (VR)

Kullanıcı tamamen dijital bir ortama girer. Eğitim ve tasarımda kullanılır.



## Karma Gerçeklik (MR)

Dijital nesnelere gerçek dünyaya sabitlenir ve onlarla etkileşilebilir.



## Donanımı

Akıllı gözlük, tablet, el terminali ve kameralar kullanılır.

# AR Fabrikada Nerede Kullanılır?

---

1

## Montaj yardımı

Operatöre, parçanın üstünde adım adım görsel talimat gösterilir; yanlış parça uyarısı verilir.

---

2

## Uzaktan bakım

Uzaktaki uzman, sahadaki teknisyenin gördüğü ekrana çizerek yol gösterir.

---

3

## Kalite kontrol

Kontrol edilecek noktalar görüntü üzerinde işaretlenir.

---

4

## Eğitim

Yeni operatör, gerçek makine üzerinde rehberli alıştırma yapar.

## Bu Haftanın Özeti (Sayılarla)

# 4 katman

Saha → Kontrol → MES → ERP

# SCADA

Tüm tesisi tek ekrandan izleme

# HMI

Operatörün makine ekranı

**Not:** Sistemler birbirine bağlanmadan toplanan veri işe yaramaz.

# Özet

Dikey entegrasyon saha-kontrol-MES-ERP katmanlarını birbirine bağlar.

Yatay entegrasyon tedarikçiden müşteriye tüm zinciri birleştirir.

SCADA, geniş bir tesisi tek merkezden izleyip kontrol etmeyi sağlar.

HMI, operatörün makineyi yönettiği insan-makine ekranıdır.

AR; montaj, bakım ve eğitimde işi kolaylaştırır ve hatayı azaltır.

# Teşekkürler ve Tartışma

*Entegrasyon, SCADA, HMI ve Artırılmış Gerçeklik*

## Kaynaklar / İleri Okuma

- Hanes, D. et al. (2017). IoT Fundamentals: Networking Technologies, Protocols, and Use Cases. Cisco Press.
- Lee, I. & Lee, K. (2015). The Internet of Things (IoT): Applications, investments and challenges. Business Horizons 58(4).

# Nesnelerin İnternetine (IoT) Giriş

*“En köklü teknolojiler görünmez olanlardır; gündelik hayatın dokusuna karışıp gözden kaybolurlar.”*

— Mark Weiser

# Nesnelerin İnternetine (IoT) Giriş

## Öğrenme Çıktıları

- IoT'nin ne olduğunu açıklar
- Bir IoT sisteminin çalışma adımlarını sıralar
- Endüstriyel IoT (IIoT) ile evdeki IoT farkını bilir
- IoT'nin MES'teki rolünü kavrar

## İçerik Akışı

- 01 IoT nedir?
- 02 Kısa tarihçe
- 03 Nasıl çalışır?
- 04 Evde vs fabrikada IoT
- 05 IoT'nin katmanları
- 06 MES'e katkısı

# Nesnelerin İnterneti (IoT) Nedir?



## Tanım

Eşyaların sensör ve internet ile birbirine bağlanıp bilgi alışverişi yapmasıdır. Örnek: akıllı saatin telefona veri göndermesi.



## Temel fikir

Her 'şey' veri üretir. Bu veri toplanır, gönderilir, işlenir ve bir işe yarar hale gelir.



## Bağlantı

Cihazlar kablo veya kablosuz ağ üzerinden makineden makineye konuşur (M2M).



## Amaç

Daha akıllı kararlar almak, işleri otomatikleştirmek ve her şeyi anlık görmek.

# IoT'nin Kısa Tarihçesi

---

1

## 1982 - İlk bağlı cihaz

İnternete bağlanan ilk makine: stoğunu bildiren bir kola makinesi.

---

2

## 1999 - 'IoT' adı

Kevin Ashton bu terimi ilk kez kullandı.

---

3

## 2008-2010 - Hızlı artış

Bağlı cihaz sayısı dünya nüfusunu geçti; bulut yaygınlaştı.

---

4

## Bugün - IIoT

Endüstriyel IoT, fabrikaların ve MES'in veri kaynağı oldu.

# Bir IoT Sistemi Nasıl Çalışır?

---

1

## 1) Algıla

Sensör fiziksel bir değeri ölçer: sıcaklık, titreşim, konum.

---

2

## 2) Gönder

Ölçülen veri ağ üzerinden ağ geçidine ve buluta iletilir.

---

3

## 3) İşle

Veri bilgisayarda analiz edilir, anlamlı bilgiye çevrilir.

---

4

## 4) Harekete geç

Sonuç ekranda gösterilir ya da bir makine otomatik tepki verir.

# Evdeki IoT vs Fabrikadaki IoT (IIoT)

## Evde (Tüketici IoT)

- Akıllı ev, akıllı saat
- Kullanım kolaylığı önemlidir
- Bir hata büyük sorun olmaz
- Kısa ömürlü cihazlar

## Fabrikada (IIoT)

- Üretim, enerji, lojistik
- Güvenilirlik ve hız çok kritiktir
- Duruş istenmez, dayanıklılık şarttır
- Uzun ömür ve yüksek güvenlik

# IoT'nin Katmanları

---



## Algılama katmanı

Sensör ve aktüatörler; fiziksel dünya ile temas eden kısım.



## Ağ katmanı

Veriyi taşıyan kablolu/kablosuz iletişim altyapısı.



## İşleme katmanı

Sunucular, veri tabanı ve analiz programları.



## Uygulama katmanı

Ekranlar, MES/SCADA arayüzleri ve kullanıcı uygulamaları.

# IoT Bir Sisteme Ne Kazandırır?

---

1

## Görünürlük

Sahadaki her işin anlık olarak izlenmesini sağlar.

---

2

## Verimlilik

Veri otomatik toplanır; elle kayıt ve hata azalır.

---

3

## Öngörü

Veriden arızanın yaklaştığı önceden tahmin edilebilir.

---

4

## Esneklik

Değişen taleplere üretim hızla uyum sağlar.

# IoT ve MES İlişkisi



## Veri kaynağı

IoT, MES'in ihtiyaç duyduğu saha verisini sağlayan ana kaynaktır.



## Anlık veri

Üretim sayıları, makine durumu ve alarmlar anında MES'e ulaşır.



## Takip

Toplanan veri OEE, izlenebilirlik ve raporlara dönüşür.



## Kapalı döngü

MES'in kararları sahaya geri yansiyarak üretim iyileşir.

# IoT'nin Büyüklüğü

**1999**

'IoT' teriminin doğduğu yıl

**Milyarlarca**

Dünyadaki bağlı cihaz sayısı

**4 katman**

Algılama-Ağ-İşleme-Uygulama

**Not:** IoT, MES'i canlı veriyle besleyen sinir sistemi gibidir.

# Özet

IoT, eşyaların ağ üzerinden veri paylaşmasıyla akıllı sistemler kurar.

Çalışma adımları: algıla → gönder → işle → harekete geç.

IIoT (fabrika), güvenilirlik ve hız ister; evdeki IoT'den bu yönüyle ayrılır.

IoT dört katmandan oluşur: algılama, ağ, işleme, uygulama.

IoT, MES için saha verisinin ana kaynağıdır ve anlık görünürlük sağlar.

# Teşekkürler ve Tartışma

*Nesnelerin İnternetine (IoT) Giriş*

## Kaynaklar / İleri Okuma

- Hanes, D. et al. (2017). IoT Fundamentals: Networking Technologies, Protocols, and Use Cases. Cisco Press.
- Lee, I. & Lee, K. (2015). The Internet of Things (IoT): Applications, investments and challenges. Business Horizons 58(4).

# Nesnelerin İnternetinin Bileşenleri

*“Bir şeyi ölçebiliyorsan onu bilirsin; ölçemiyorsan bilgin yetersiz ve eksiktir.”*

— Lord Kelvin

# Nesnelerin İnternetinin Bileşenleri

## Öğrenme Çıktıları

- IoT donanım parçalarını sınıflandırır
- Sensör ve transdüseri ayırt eder
- Sensörün kalite değerlerini yorumlar
- Temel sensör türlerini ve çalışmasını bilir

## İçerik Akışı

- 01 IoT parçaları
- 02 Sensör ve transdüser
- 03 Sensör kalite değerleri
- 04 Sensör türleri
- 05 Sıcaklık sensörleri
- 06 Konum/yakınlık sensörleri
- 07 Aktüatör ve ağ geçidi

# Bir IoT Sisteminin Parçaları



## Sensörler

Fiziksel bir değeri (sıcaklık, basınç, konum) ölçüp elektrik sinyaline çevirir. Sistemin 'gözü ve kulağı'dır.



## Aktüatörler

Gelen komutu harekete çevirir: motoru döndürür, vanayı açar, röleyi çeker. Sistemin 'kası'dır.



## Ağ geçidi (Gateway)

Sahadan toplanan veriyi düzenleyip buluta gönderen ara cihazdır.



## İşlem ve bulut

Veriyi saklar, analiz eder ve MES gibi uygulamalara sunar.

# Sensör ve Transdüser

---

1

## Sensör

Ölçülecek değeri algılayan ilk parçadır (algılayıcı).

---

2

## Transdüser

Algılanan değeri, ölçülebilen standart bir sinyale çeviren parçadır.

---

3

## Kontrol döngüsü

Ölç → değerlendir → kontrol et → düzelt. Bu dört adım sürekli tekrarlanır (Engin, 2014).

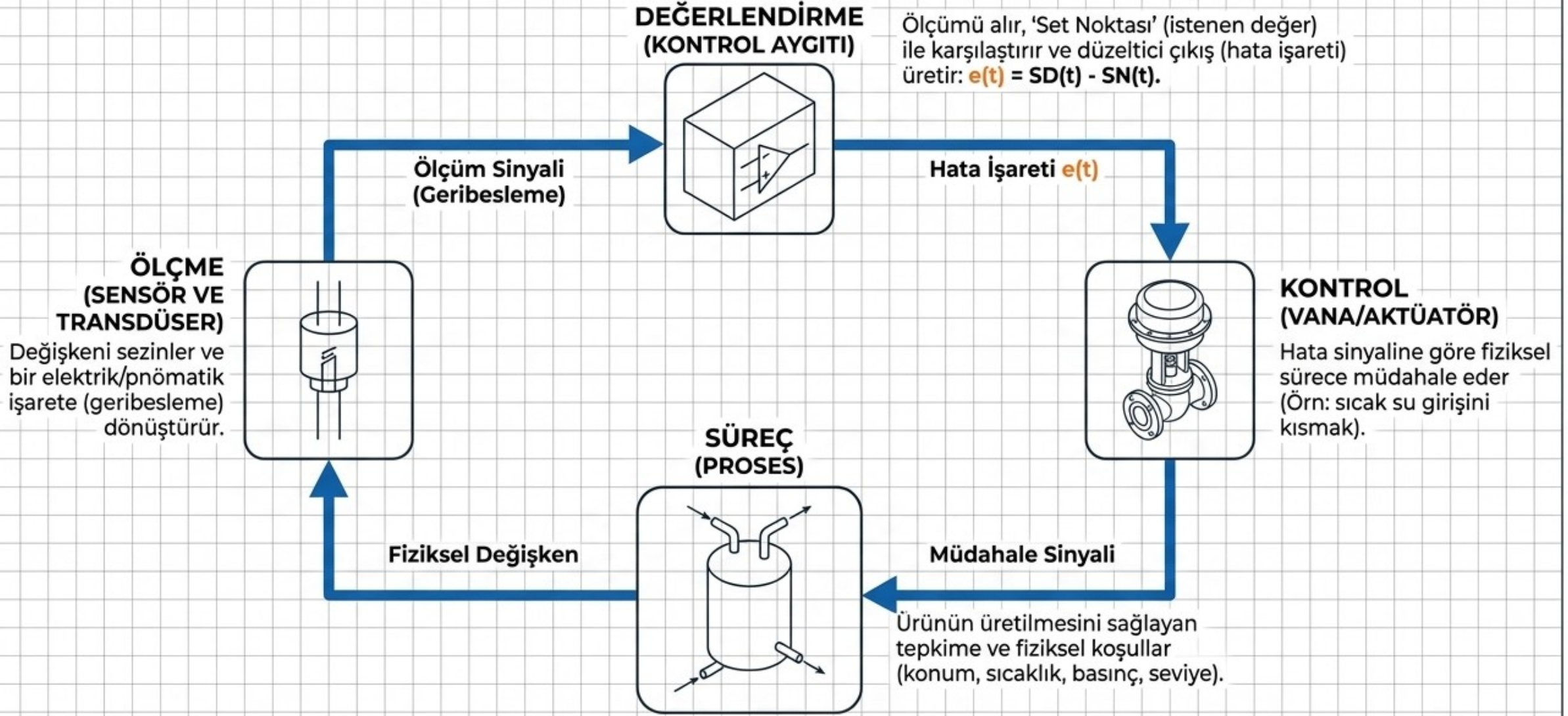
---

4

## Siber-fiziksel sistem

Sensör + işlemci + ağ birleşince fiziksel dünya dijitale bağlanır.

# SÜREÇ KONTROL DÖNGÜSÜNÜN ANATOMİSİ



# Sensörün Kalitesini Belirleyen Değerler



## Doğruluk

Ölçülen değerın gerçek değere ne kadar yakın olduğudur.



## Çözünürlük

Sensörün fark edebildiği en küçük değişimdir.



## Duyarlılık

Girişteki küçük bir değişimin çıkışta ne kadar değişikliğe yol açtığıdır.



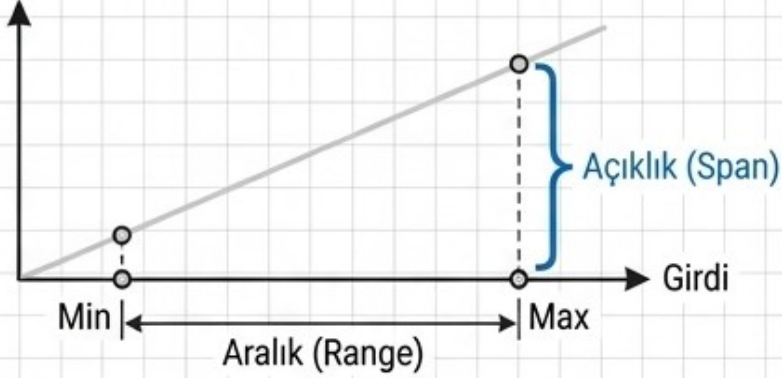
## Tekrarlanabilirlik

Aynı koşulda her seferinde aynı sonucu verme yeteneğidir.

# SENSÖR BAŞARIM PARAMETRELERİ

Bir sensörün kalitesi, sadece ne ölçtüğüyle değil, bu temel metriklerdeki sapma oranlarıyla belirlenir.

## Açıklık (Span) ve Aralık (Range)



Aralık, sensörün ölçebileceği tüm değerler kümesidir.  
Açıklık, maksimum ve minimum değerler arasındaki farktır.

## Doğruluk (Accuracy) vs. Hassasiyet (Precision)

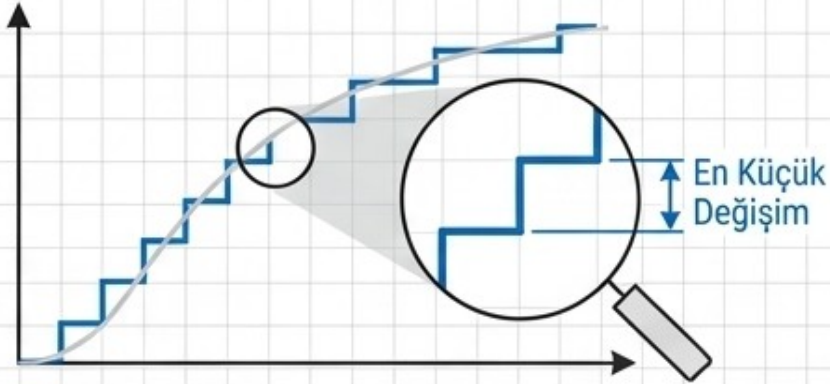


Doğru ama Hassas Değil

Hassas ama Doğru Değil

Doğruluk, gerçek değere yakınlıktır.  
Hassasiyet, tekrar edilen ölçümlerin birbirine yakınlığıdır.

## Çözünürlük (Resolution)



Sensörün algılayabildiği veya çıktı olarak verebildiği en küçük sinyal değişim miktarıdır.

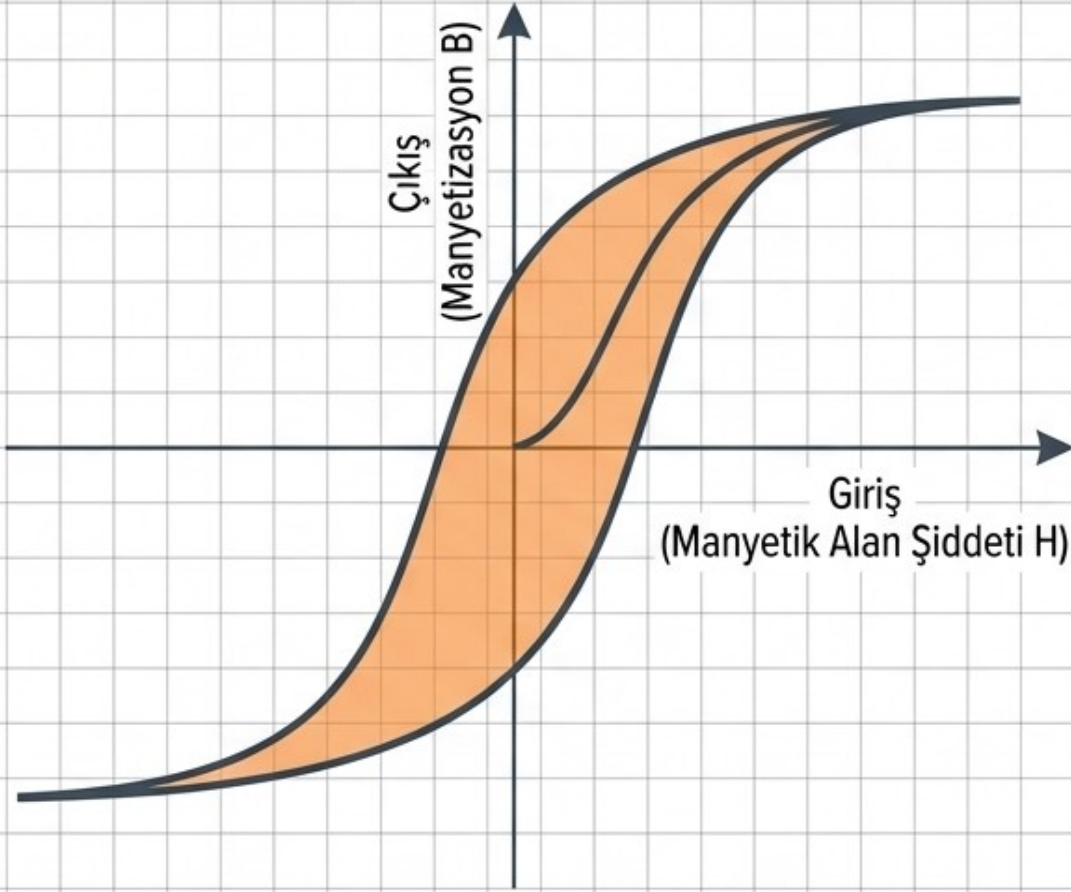
## Doğrusallık (Linearity)



Sensörün çıktı sinyalinin ideal bir doğruya ne kadar sadık kaldığını gösterir. Sapma bir hatadır.

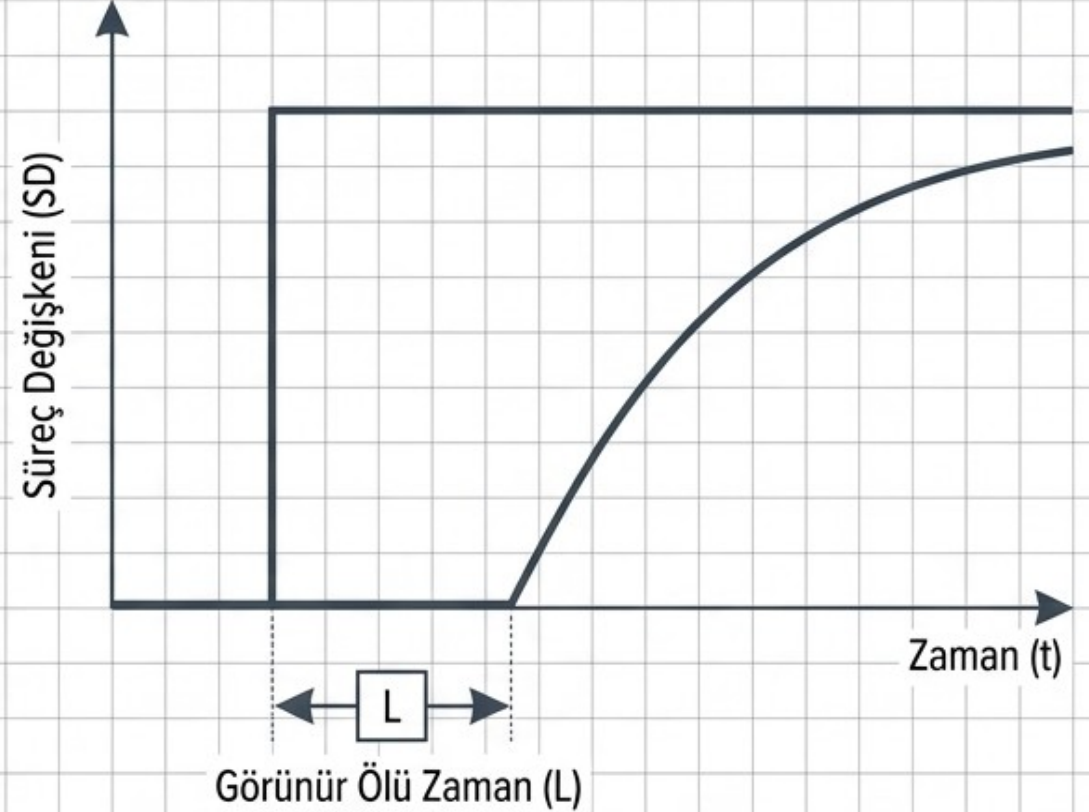
# SİSTEM GECİKMELERİ: HİSTERESİZ VE ÖLÜ ZAMAN

Histeresiz



**Histeresiz:** Sistemin geçmişine bağlı olarak aynı giriş değerine farklı çıkış (yükselme ve düşme yönünde) vermesi durumu.

Ölü Zaman



**Görünür Ölü Zaman (L):** Kontrol aygıtının çıkışındaki değişimin, süreç değişkeninde etkisini göstermeye başladığı ana kadar geçen süredir.

# Sensör Türleri (Neyi Ölçer?)



## Sıcaklık

Termokupl, RTD (PT100), termistör, entegre (IC) sensörler.



## Konum / yakınlık

Limit anahtarı, fotoelektrik, endüktif, kapasitif; enkoderler.



## Basınç ve seviye

Diyafram ve strain gauge; şamandıra, kapasitif, ultrasonik seviye.



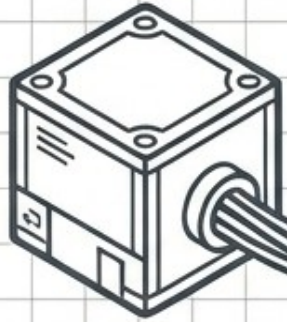
## Akış ve hız

Basınç farkı, rotametre, manyetik akışölçer, takometre.

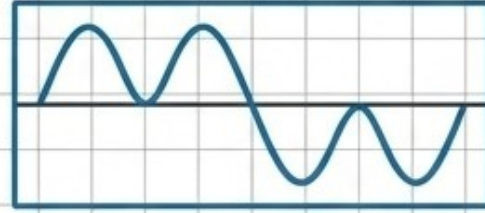
# SENSÖRLERİN DİLİ: STANDART SİNYALLER

## 1. Akım Sinyali İletimi (Elektronik)

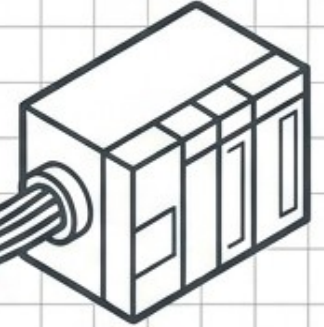
Analog elektronik sinyaller genellikle akım olarak iletilir (Örn: 4-20 mA). Çalışma aralığında kontrollü değişken için set noktası akım seviyesi üzerinden tanımlanır.



SENSÖR



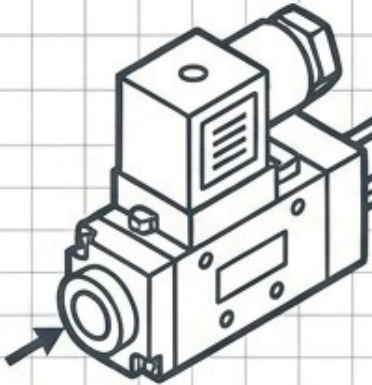
4 - 20 mA



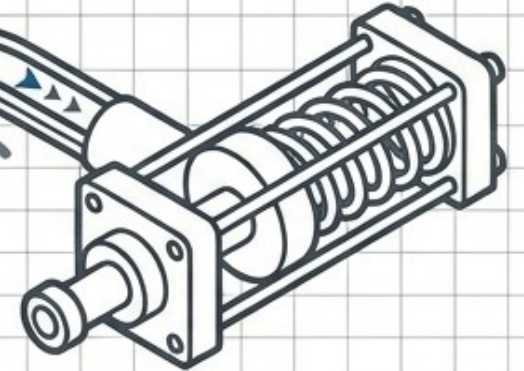
KONTROL AYGITI (PLC)

## 2. Pnömatik Sinyal İletimi

Hava basıncı ile sinyal iletimi. Özellikle patlayıcı ortamlarda veya ağır endüstriyel valflerin doğrudan sürülmesinde güvenilir bir standarttır.



3 - 15 psi (Basıncı Hava)



# Sıcaklık Sensörleri

---

1

## Termokupl (ısılçift)

İki farklı metal birleşince sıcaklığa göre küçük bir gerilim üretir. Çok geniş aralıkta ölçer.

---

2

## RTD (PT100)

Sıcaklık arttıkça direnci değişen metaldir. Çok doğru ve kararlıdır.

---

3

## Termistör

Sıcaklığa çok duyarlı yarıiletkenidir; hızlı tepki verir ama dar aralıkta çalışır.

---

4

## Yarıiletken (LMxxx)

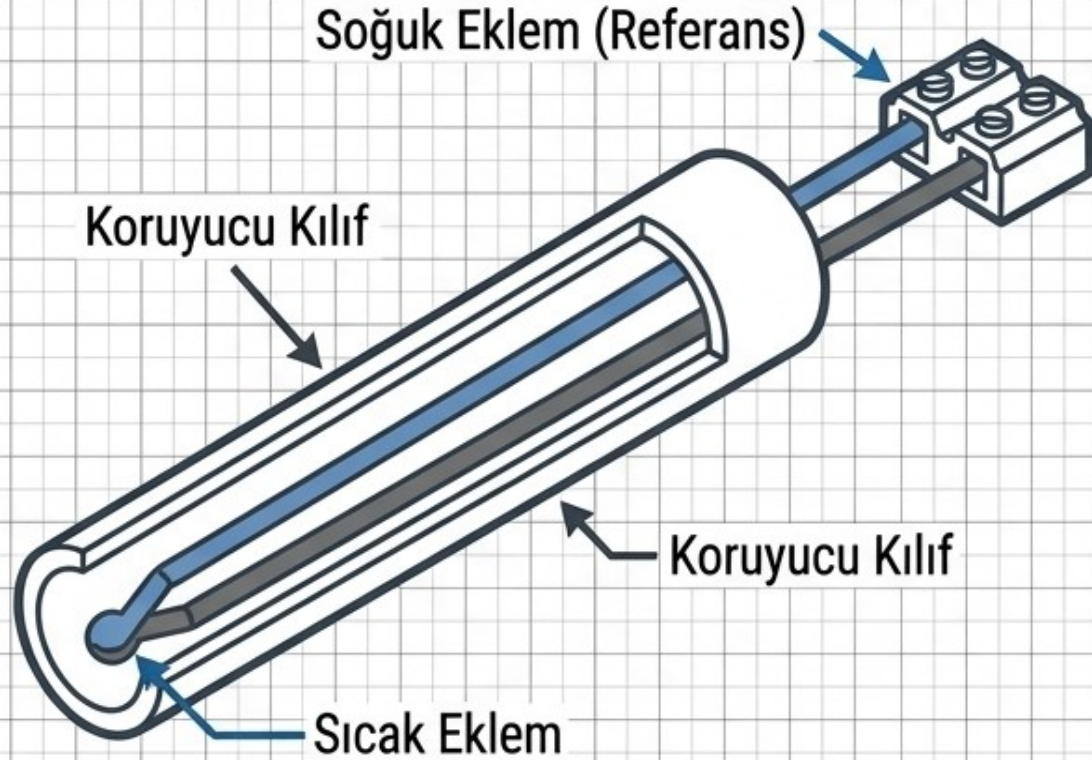
Doğrudan sıcaklıkla orantılı sinyal veren küçük entegre sensördür.

# SICAKLIK SENSÖRLERİ KARŞILAŞTIRMA MATRİSİ

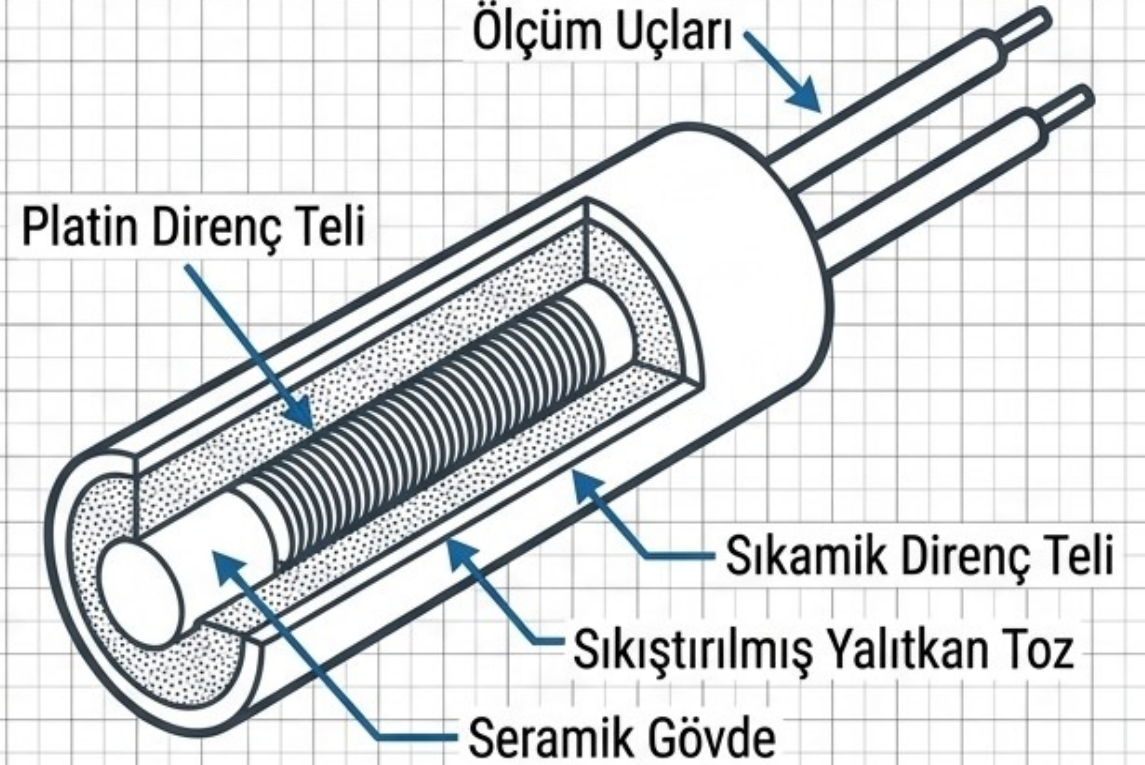
Sensör Tipi	Çalışma Prensibi	Avantajlar	Dezavantajlar
Isılçift (Thermocouple)	Seebeck Etkisi. İki farklı metalin birleşim noktasındaki sıcaklık farkının mV gerilim üretmesi.	Çok yüksek sıcaklıklara dayanıklı, ucuz, sağlam.	Doğrusallık düşük, soğuk eklem kompanzasyonu gerektirir.
RTD (Direnç Sıcaklık Dedektörü)	Saf metalin (Pt100) kristal yapısındaki ısı titreşimlerin elektriksel direnci değiştirmesi.	Çok yüksek doğruluk, stabilite ve geniş doğrusal alan.	Yavaş tepki süresi, daha pahalı, hassas kırılğan yapı.
Termistör (Yarıiletken)	Sıcaklıkla direnci logaritmik olarak değişen seramik yarıiletken (genelde NTC).	Dar aralıkta son derece yüksek duyarlık, çok hızlı tepki süresi.	Yüksek derecede doğrusal olmayan (non-linear) çıkış, kalibrasyon zorluğu.
Monolitik (Entegre Devre)	Silikon çip tabanlı, sıcaklıkla orantılı doğrudan gerilim veya akım üreten devre (Örn: LM35).	Kullanımı çok kolay, ek sinyal işleme/yükseltme gerektirmez.	Çok dar sıcaklık aralığı (genelde -55°C ile +150°C), endüstriyel ortama zayıf dayanım.

# Sıcaklık Sensörü Anatomisi: Isılçift ve RTD

## Isılçift (Thermocouple)



## RTD (Resistance Temperature Detector)



Isılçiftler iki farklı metalin moleküler gerilim potansiyelinden (Seebeck) yararlanırken; RTD'ler saf bir metalin (genellikle platin) kristal yapısındaki ısı titreşimlerinin elektron akışını (direnci) kısıtlaması prensibiyle çalışır.

# Konum ve Yakınlık Sensörleri



## Limit anahtarı

Bir parça dokununca çalışır; varlığı mekanik temasla anlar.



## Fotoelektrik

Işık demeti kesilince nesneyi algılar; dokunmadan çalışır.



## Endüktif

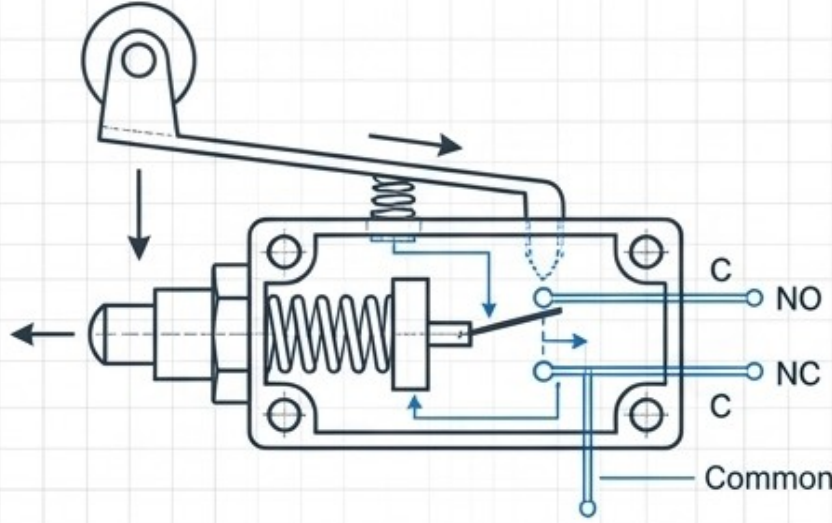
Sadece metalleri, dokunmadan algılar. Aşınmaz, hızlıdır.



## Kapasitif ve enkoder

Kapasitif her malzemeyi algılar; enkoder ise dönüş/konum miktarını ölçer.

# Konum Algılama: Temaslı ve Temassız Sistemler



## 1. Sınır Anahtarları (Mekanik Temaslı)

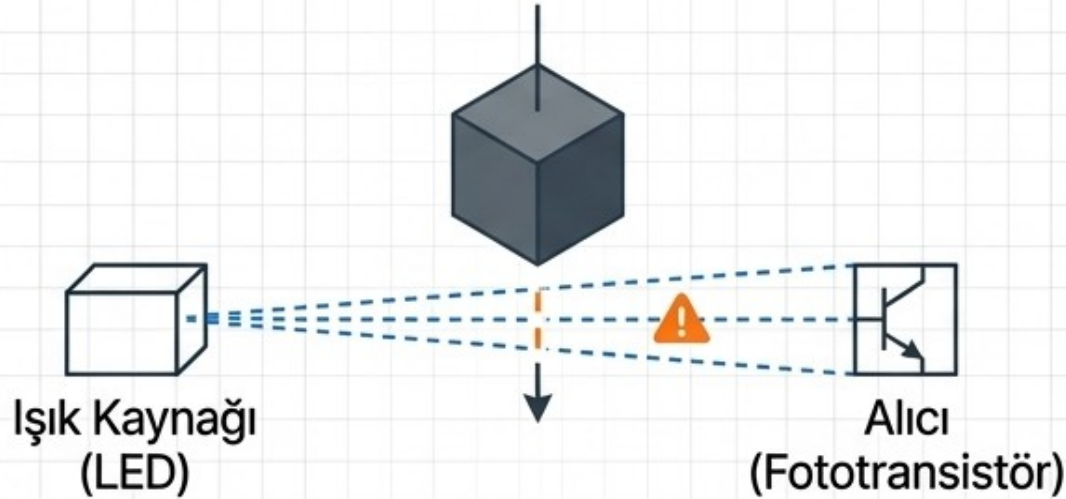
Sınır Anahtarı (Limit Switch): Nesnenin fiziksel teması ile tetiklenir. En yaygın yapı SPDT (Single Pole Double Throw) düzenlemesidir.

Terminaller: Ortak (C), Normalde Açık (NO), Normalde Kapalı (NC).

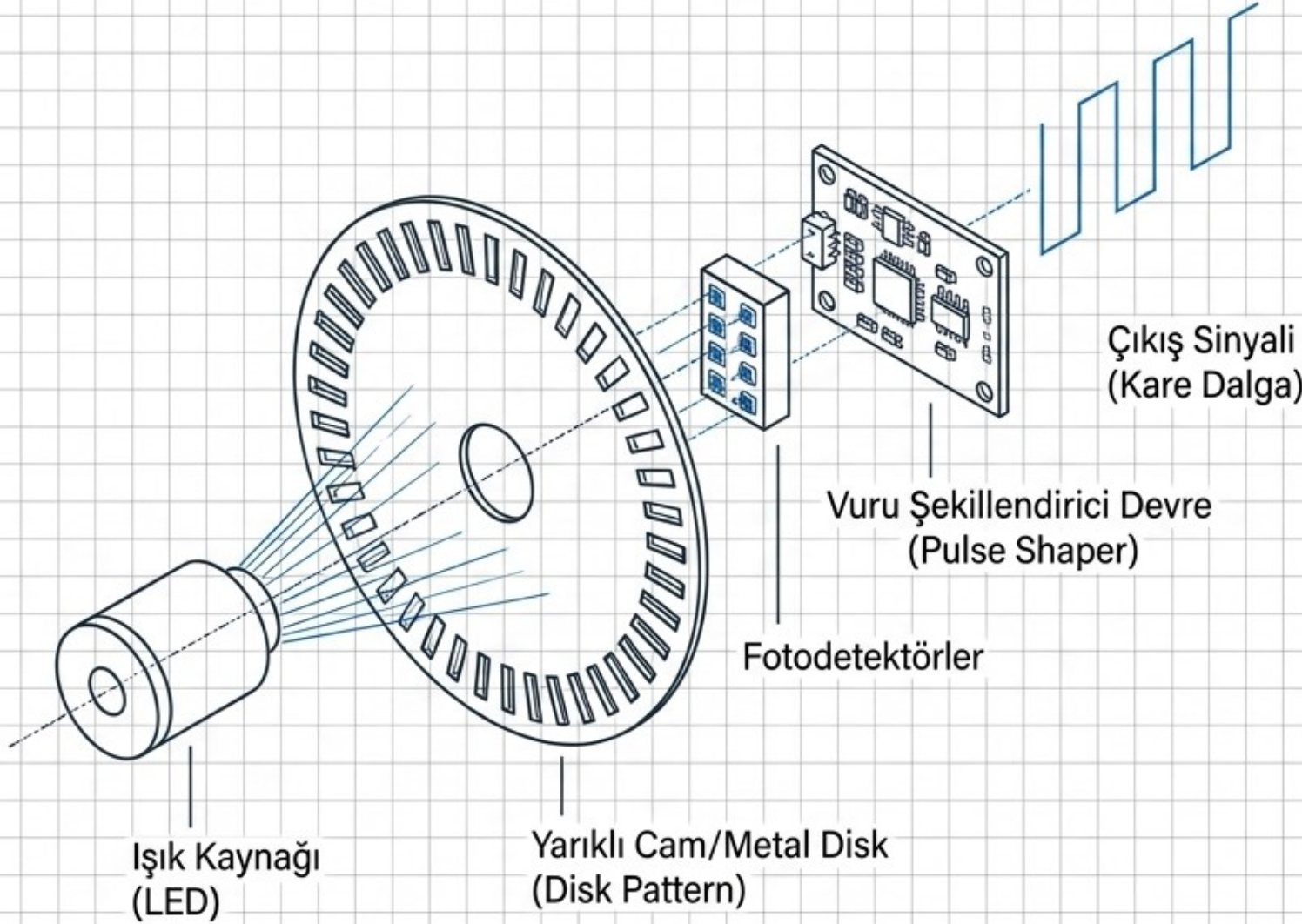
## 2. Fotosensörler (Optik Temassız)

Işıklı Algılayıcılar: LED ışık kaynağı ve fotodiyot/fototransistör alıcı çifti kullanır. Işık demetinin kesilmesiyle çalışır.

Kadmiyum sülfür (CdS) fotodirençler de kullanılır, ancak aşırı parlak ışıkta geçici 'körleşme' (hafıza kaybı) yaşayabilirler.



# Konum Anatomisi: Döner Optik Kodlayıcı



## Çalışma Prensibi

Dönen diskin üzerindeki opak ve şeffaf bölgeler, ışık demetini periyodik olarak keser.

## Çıktı (Output)

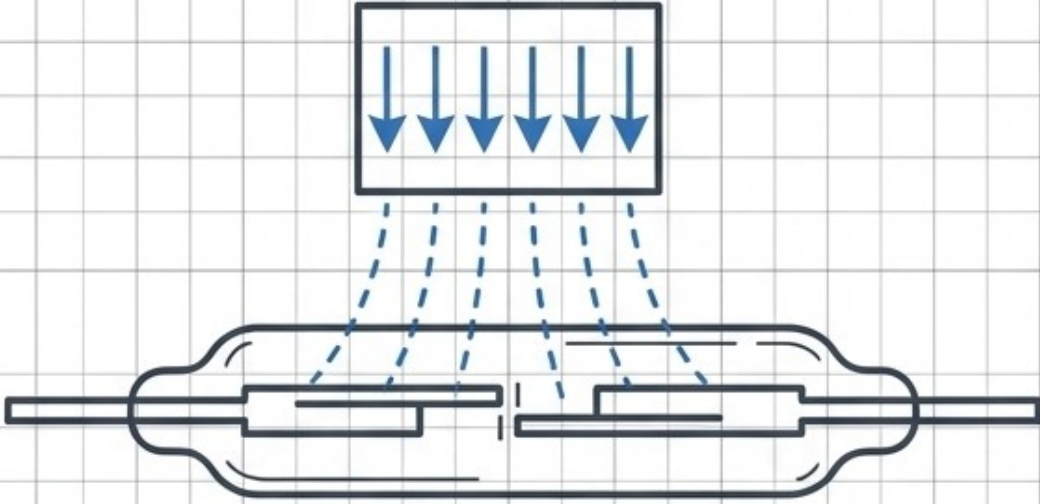
Yüksek anahtarlama frekansına sahip kare dalga üretilir. Dijital sayıcılar ile devir veya açısal konum mutlak bir hassasiyetle hesaplanır.

## Kullanım Alanları

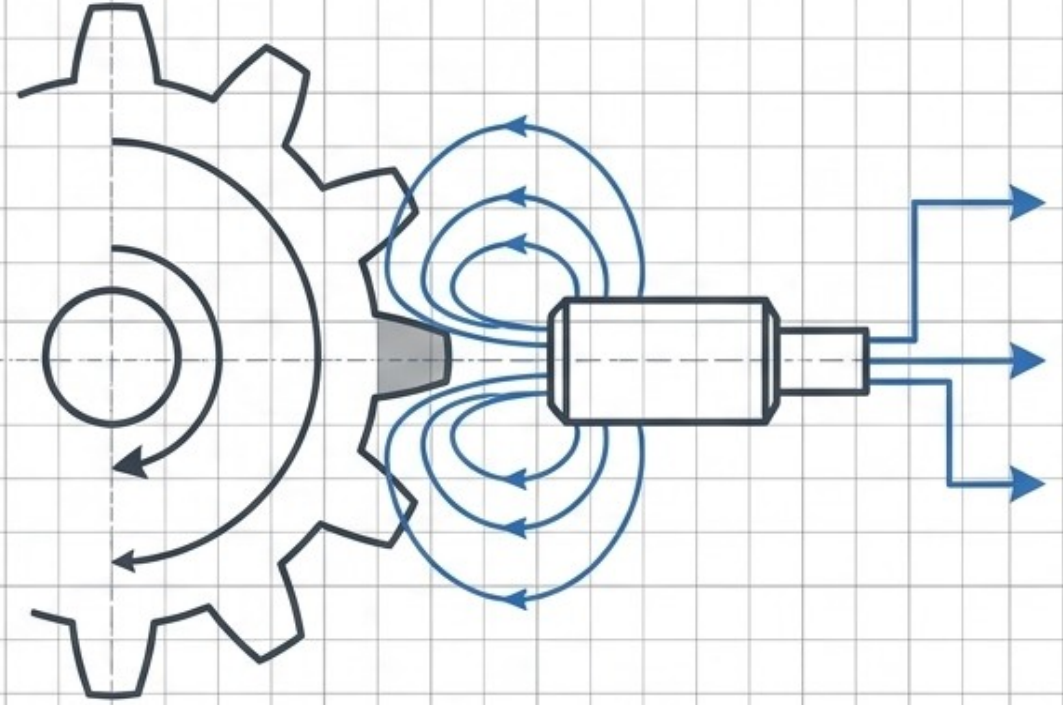
Motor hızı kontrolü, CNC eksen takibi, raylı sistemlerde teker kayma önleme.

# Zorlu Ortamlar İçin: Manyetik Konum Algılama

## Manyetik Anahtar (Reed Röle)



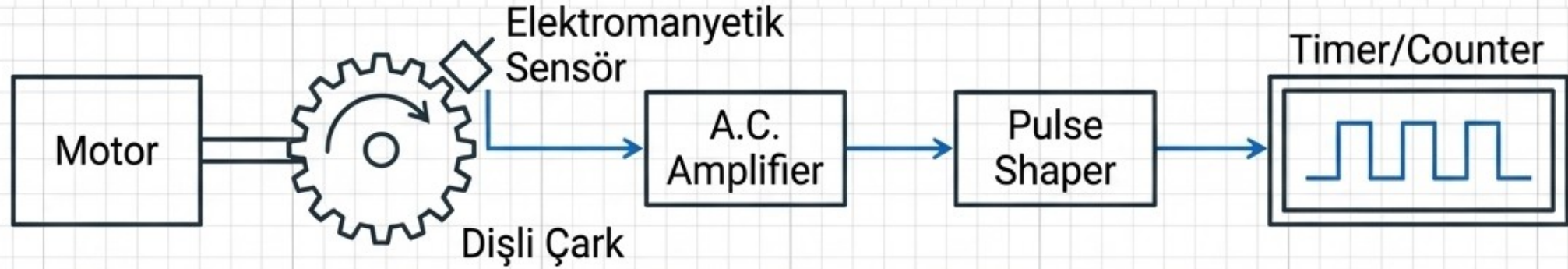
## Hall-Effect Sensörü ve Dişli Çark



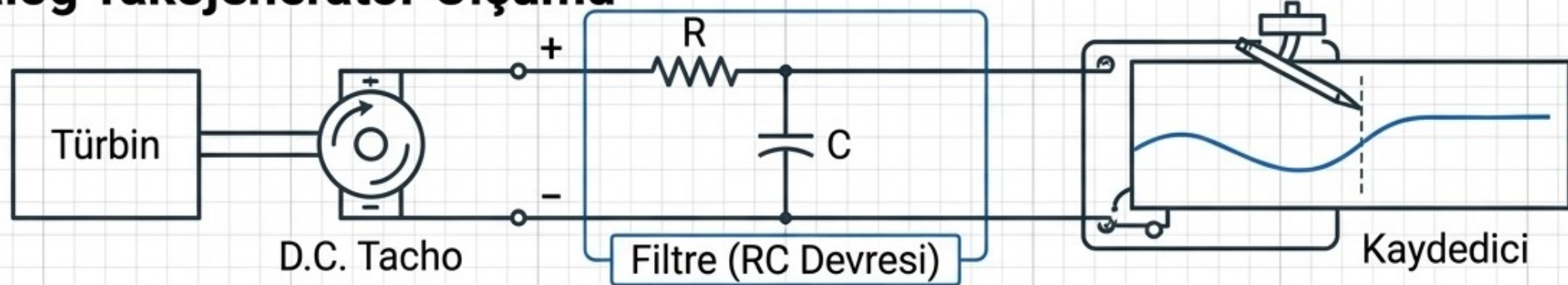
Optik sensörlerin kirlenebileceği (toz, yağ, nem, pas) ortamlarda manyetik algılama kullanılır. **Hall-effect sensörleri, simetrik olmayan dişlilerle kullanıldığında sadece hız (RPM) değil, aynı zamanda rotasyon yönü de algılayabilir** (Örn: 0 Hz - 20kHz arası).

# Hız ve Hareket Ölçümü

## Dijital RPM Ölçümü



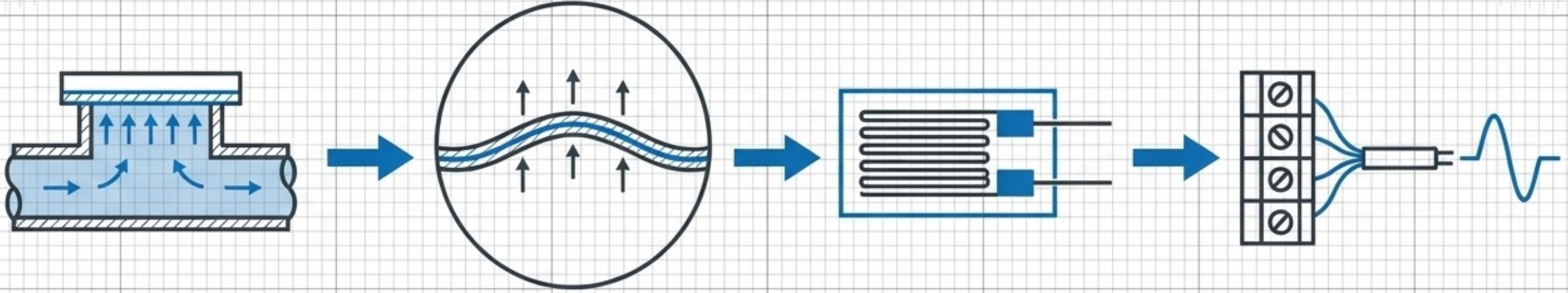
## Analog Takojeneratör Ölçümü



Açısal hız, dijital sistemlerde dişli çarklardan elde edilen yüksek frekanslı darbelerin sayılmasıyla; analog sistemlerde ise takojeneratörlerin ürettiği doğru akım (DC) geriliminin filtrelenmesiyle (dalgalanmaların RC devreleri ile giderilmesiyle) ölçülür.

# Akışkan Basıncı Ölçümü

Modern endüstride makine gücü çoğunlukla pnömatik ve hidrolik akışkan gücüne dayanır. Basınç algılayıcılar, bu akışkanların diyafram veya elastik malzemeler üzerinde yarattığı mekanik esnemeği elektriksel dirence çevirerek ölçüm yapar.



## 1. Fiziksel Basınç

Pnömatik/hidrolik akışkan girişi

## 2. Mekanik Esneme

Diyafram veya Bourdon tüpünün eğilmesi

## 3. Elektriksel Dönüşüm

Gerinim ölçer (strain gauge) direncindeki değişim

## 4. Sinyal Çıkışı

4-20mA çıkış (Kontrolöre)

# Aktüatörler ve Son Kontrol Elemanları

## Aktüatör Çeşitleri

- Elektrik motorları (servo, step, AC/DC)
- Pnömatik ve hidrolik silindirler
- Röle ve kontaktörler
- Kontrol vanaları (akış ayarı)

## Görevi

- Komutu fiziksel harekete çevirir
- Süreci istenen değere getirir
- Aç-kapa ya da kademeli kontrol yapar
- Geri besleme döngüsünü tamamlar

# Ağ Geçidi ve Gömülü Sistemler



## Mikrodenetleyiciler

Arduino, ESP32 gibi küçük kartlar sensör verisini okur.



## Edge (uç) cihazlar

Raspberry Pi gibi cihazlar veriyi yerinde ön işler.



## Ağ geçidi

Farklı cihaz dillerini çevirir ve veriyi güvenle buluta taşır.



## Bağlantı uçları

Dijital/analog girişler ve I<sup>2</sup>C, SPI, Modbus, OPC-UA gibi bağlantılar.

## Bileşenlerle Sayılar

**PT100**

0°C'de 100 ohm direnç verir

**4-20 mA**

Sahada en yaygın sinyal aralığı

**Temassız**

Endüktif/fotoelektrik algılama

**Not:** Doğru sensörü seçmek, sağlıklı bir IoT/MES sisteminin ilk adımıdır.

# Referanslar ve İleri Okumalar

Aydinyüz, M.E., Taşçı, S.Z. [Endüstriyel Kontrol](#), 1993, İstanbul.

Cho, Chun H., [Measurement and Control of Liquid Level](#), 1982, Instrument Society of America.

Considine, Douglas M. [Process Instruments and Controls Handbook](#), 1985. McGraw-Hill.

Parr, E.A.; [Endüstriyel Kontrol El Kitabı Cilt I](#), 1997. Milli Eğitim Bakanlığı.

Kaynak Doküman: Sensörler ve Dönüştürücüler, Yrd.Doç.Dr. Dilşad Engin, Ege Üniversitesi.

# Özet

IoT sistemi dört parçadan oluşur: sensör, aktüatör, ağ geçidi, bulut.

Sensör değeri algılar; transdüser onu standart sinyale çevirir.

Doğruluk, çözünürlük ve duyarlılık sensör seçiminde belirleyicidir.

Sıcaklık ve konum sensörleri en sık kullanılan türlerdir.

Aktüatör ve ağ geçidi, veriyi harekete ve buluta taşıyıp döngüyü tamamlar.

# Teşekkürler ve Tartışma

*Nesnelerin İnternetinin Bileşenleri*

## Kaynaklar / İleri Okuma

- Engin, D. (2014). Sensörler ve Dönüştürücüler. Ege Üniversitesi Ege MYO, Mekatronik Programı.
- Hanes, D. et al. (2017). IoT Fundamentals: Networking Technologies, Protocols, and Use Cases. Cisco Press.
- Lee, I. & Lee, K. (2015). The Internet of Things (IoT): Applications, investments and challenges. Business Horizons 58(4).

# Nesnelerin İnterneti İş Modelleri

*“İnsanlar her şeyin fiyatını biliyor, ama hiçbir şeyin değerini bilmiyor.”*

— Oscar Wilde

# Nesnelerin İnterneti İş Modelleri

## Öğrenme Çıktıları

- IoT'nin işletmeye faydasını açıklar
- Temel IoT iş modellerini karşılaştırır
- Değer önerisi ve geliri ilişkilendirir
- Yatırım ve geri dönüşü değerlendirir

## İçerik Akışı

- 01 IoT'nin işe faydası
- 02 İş modeli türleri
- 03 Değer önerisi
- 04 Gelir ve maliyet
- 05 Geri dönüş (ROI)
- 06 Endüstriyel örnekler
- 07 Riskler ve ekosistem

# IoT İşletmeye Ne Kazandırır?



## Verimlilik

Veri otomatik toplanır; maliyet ve israf azalır.



## Yeni gelir

Ürünün yanında 'hizmet' satarak ek gelir elde edilir.



## Müşteri memnuniyeti

Anlık takip ve kişiye özel hizmet sağlanır.



## Daha iyi karar

Kararlar tahmine değil, gerçek veriye dayanır.

# IoT İş Modeli Türleri

---

1

## Ürün satışı (klasik)

Cihaz bir kez satılır; IoT ek bir özellik olarak sunulur.

---

2

## Abonelik / hizmet (XaaS)

Ürün, her ay gelir getiren bir hizmete dönüşür. Örnek: makineyi kiralayıp bakımını da satmak.

---

3

## Veri temelli model

Toplanan veriden çıkarılan rapor/analiz satılır.

---

4

## Sonuç bazlı model

Müşteri ürünü değil, garanti edilen sonucu satın alır. Örnek: 'şu kadar saat çalışma garantisi'.

# Değer Önerisi (Olgunluk Düzeyi)



## İzleme

Cihazın durumunu uzaktan görmek.



## Kontrol

Cihazı uzaktan ayarlamak ve yönetmek.



## Optimizasyon

Veriyle performansı ve enerjiyi iyileştirmek.



## Otonomi

Cihazın kendi kendine karar verip çalışması.

# Gelir ve Maliyet

## Gelir Kaynakları

— Donanım satışı veya kiralama

— Aylık abonelik ve bakım anlaşması

— Veri ve analiz hizmeti

— Kullandıkça öde

## Maliyet Kalemleri

— Sensör ve donanım yatırımı

— Bağlantı ve bulut gideri

— Yazılım ve kurulum

— Güvenlik ve bakım

# Yatırım Geri Dönüşü (ROI) Nasıl Ölçülür?

---

1

## Geri ödeme süresi

Yatırımın kendini ne kadar sürede çıkardığı.

---

2

## OEE artışı

Makinelerin verimlilik puanındaki yükselme.

---

3

## Duruş azalması

Önceden bakımla engellenen plansız duruşlar.

---

4

## Müşteri tutma

Bağlı hizmetin müşteriyi elde tutma etkisi.

# Endüstride IoT İş Modeli Örnekleri



## Kestirimci bakım hizmeti

Üretici, makineyi uzaktan izleyip arıza çıkmadan bakım yapar ve bunu satar.



## Performans garantisi

Sonuç bazlı sözleşmeyle belirli bir verimlilik garantisi edilir.



## Akıllı sayaç

Gerçek kullanım verisine göre adil ve otomatik faturalama yapılır.



## Filo / varlık takibi

Araç ve ekipmanın konumu izlenerek lojistik iyileştirilir.

# Riskler ve Ekosistem

## Riskler

- Yüksek ilk yatırım
- Veri güvenliği ve gizlilik
- Standart eksikliği
- Faydanın net kanıtlanamaması

## Ekosistemdeki Oyuncular

- Sensör ve donanım üreticileri
- Bağlantı (operatör) sağlayıcıları
- Bulut ve yazılım sağlayıcıları
- Sistem kurucular ve müşteriler

# İş Modeli Özeti

## XaaS

Üründen sürekli gelire geçiş

## 4 basamak

İzleme → Kontrol → Optimizasyon →  
Otonomi

## ROI

Yatırımın geri dönüş ölçütü

**Not:** IoT'de asıl değer donanımda değil, ürettiği veride ve hizmettedir.

# Özet

IoT; verimlilik, yeni gelir ve daha iyi kararlar ile işletmeye değer katar.

İş modelleri ürün satışından abonelik, veri ve sonuç bazlı modellere geçer.

Değer; izleme → kontrol → optimizasyon → otonomi olarak olgunlaşır.

Geri dönüş; OEE artışı ve duruş azalması gibi ölçütlerle hesaplanır.

Başarı; güvenlik, standartlar ve güçlü bir ekosisteme bağlıdır.

# Teşekkürler ve Tartışma

*Nesnelerin İnterneti İş Modelleri*

## Kaynaklar / İleri Okuma

- Hanes, D. et al. (2017). IoT Fundamentals: Networking Technologies, Protocols, and Use Cases. Cisco Press.
- Lee, I. & Lee, K. (2015). The Internet of Things (IoT): Applications, investments and challenges. Business Horizons 58(4).

# IoT Altyapısı, Sunucular ve Saha Donanımları

*“Tanrı'ya güveniriz; geri kalan herkes veriyle gelsin.”*

— W. Edwards Deming

# IoT Altyapısı, Sunucular ve Saha Donanımları

## Öğrenme Çıktıları

- IoT altyapı katmanlarını açıklar
- Edge-bulut farkını bilir
- OPC sunucusu ve SCADA/MES bağıntısını kavrar
- Andon ve uyarı donanımlarını tanır

## İçerik Akışı

- 01 Altyapıya bakış
- 02 Edge-Bulut
- 03 Ağ geçitleri
- 04 Veri toplama ve depolama
- 05 IoT platformları
- 06 OPC sunucuları
- 07 Andon ve uyarı sistemleri
- 08 MES yazılımları

# IoT Altyapısına Genel Bakış



## Cihaz katmanı

Sensör, aktüatör ve küçük kartlar; veriyi üreten kısım.



## Bağlantı katmanı

Kablolu/kablosuz ağlar; veriyi taşıyan kısım.



## İşlem katmanı

Uç (edge) ve bulut; veriyi işleyip saklayan kısım.



## Uygulama katmanı

Ekran, rapor ve MES gibi kullanıcı tarafı.

# Edge (Uç) ve Bulut

---

1

## Edge (uç)

Veriyi kaynağında, makinenin yanında işler. En hızlı tepkiyi verir.

---

2

## Bulut (cloud)

Büyük miktarda veriyi uzaktaki güçlü sunucularda saklar ve analiz eder.

---

3

## İş bölümü

Acil kararlar uçta; derin analiz bulutta yapılır.

---

4

## Seçim

Hız, internet ihtiyacı, güvenlik ve maliyete göre seçilir.

# Ağ Geçitleri (Gateway)



## Dil çevirisi

Modbus, OPC-UA, MQTT gibi farklı protokolleri birbirine çevirir.



## Ön işleme

Veriyi filtreler, gereksizini eler, özetler.



## Güvenlik

Veriyi şifreleyerek güvenli biçimde iletir.



## Tampon

İnternet kesilirse veriyi geçici saklar, sonra gönderir.

# Veri Toplama ve Depolama

## Veri Toplama

- Sensörlerden düzenli/olay bazlı okuma
- Her veriye zaman damgası eklenir
- OPC-UA, MQTT, Modbus ile alınır
- Hatalı veri ayklanır

## Depolama

- Zaman serisi veri tabanları
- MES kayıtları için ilişkisel tablolar
- Büyük veri için veri gölü
- Bulutta uzun süreli arşiv

# IoT Platformları Ne Sağlar?



## Cihaz yönetimi

Cihazları kaydeder, kimlik verir, uzaktan günceller (OTA).



## Bağlantı yönetimi

Mesajlaşmayı ve oturumları yönetir.



## Veri ve analiz

Toplama, kural motoru, grafik ve yapay zekâ servisleri.



## Entegrasyon

ERP ve MES gibi sistemlere bağlanmayı sağlar.

# Tipik IoT Referans Mimarisi



## 1. Saha

Sensör → küçük kart → ağ geçidi.



## 2. İletim

MQTT/HTTP ile güvenli biçimde buluta gönderim.



## 3. Bulut/Edge

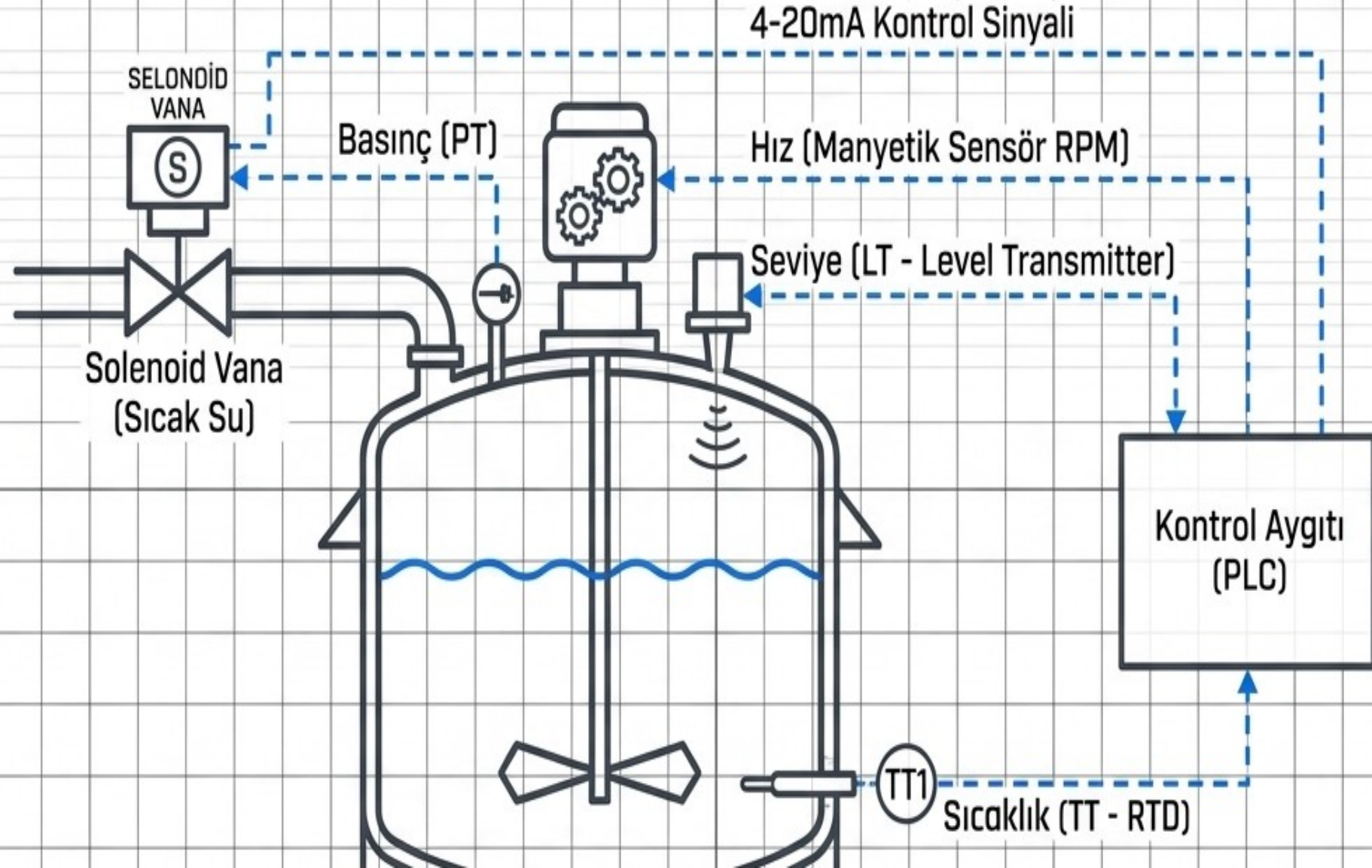
Toplama, kural motoru, veri tabanı ve analiz.



## 4. Sunum

MES ekranları, alarmlar ve raporlar.

# Her Şeyi Birleştirmek: Endüstriyel Proses Tankı



# OPC Sunucuları ve Ortak Veri Dili



## OPC nedir?

Farklı marka cihazların aynı dili konuşmasını sağlayan ortak standarttır.



## OPC sunucusu

Cihazlardan veriyi toplayıp MES/SCADA gibi yazılımlara ortak biçimde sunan ara yazılımdır.



## OPC-UA

Yeni nesil OPC. Veriyi anlamıyla taşır ve güvenliği (şifreleme) içinde gelir.



## Neden önemli?

Onsuz her cihaz için ayrı çeviri yazmak gerekir; OPC bu karmaşayı ortadan kaldırır.

# Andon Panelleri ve Işıklı/Sesli Uyarı

## Andon Panelleri

- Üretim durumunu büyük ekranda gösterir
- Hedef, üretilen, hatalı sayısı anlık görünür
- Herkes aynı bilgiyi aynı anda görür
- Sorun çıkınca hemen fark edilir

## Işıklı/Sesli Uyarı (İkaz Kulesi)

- Yeşil: normal çalışıyor
- Sarı: dikkat / malzeme bitiyor
- Kırmızı: arıza / hat durdu
- Sesli siren ile uzaktan duyurma

# MES'i Sürdürülebilir Kılan Yazılımlar



## MES yazılımı

Tüm donanımdan gelen veriyi toplayıp üretimi yöneten ana programdır.



## Bakım yazılımı (CMMS)

Periyodik bakımı planlar, arıza geçmişini tutar.



## İzleme / SCADA

Sahayı sürekli gözler, alarm üretir ve kaydeder.



## Güncelleme yönetimi

Cihaz yazılımlarını güncel ve güvenli tutar.

# Altyapı Özeti

## Edge + Bulut

Hızlı tepki + derin analiz

## OPC-UA

Cihazlar arası ortak dil

## Andon

Herkesin gördüğü durum ekranı

**Not:** İyi bir altyapı; verinin güvenilir akmasını ve herkesin görmesini sağlar.

# Özet

IoT altyapısı cihaz, bağlantı, işlem ve uygulama katmanlarından oluşur.

Edge hızlı tepki için, bulut büyük analiz için kullanılır.

OPC sunucuları farklı cihazları ortak dilde MES'e bağlar.

Andon panelleri ve ikaz kuleleri üretim durumunu herkese anlık gösterir.

MES, bakım ve SCADA yazılımları donanımı sürdürülebilir kılar.

# Teşekkürler ve Tartışma

*IoT Altyapısı, Sunucular ve Saha Donanımları*

## Kaynaklar / İleri Okuma

- Hanes, D. et al. (2017). IoT Fundamentals: Networking Technologies, Protocols, and Use Cases. Cisco Press.
- Lee, I. & Lee, K. (2015). The Internet of Things (IoT): Applications, investments and challenges. Business Horizons 58(4).

# IoT Teknolojileri: RFID, NFC, BLE ve WSN

*“Kablosuz iletişim kusursuz uygulandığında, bütün dünya tek bir devasa beyne dönüşecek.”*

— Nikola Tesla

# IoT Teknolojileri: RFID, NFC, BLE ve WSN

## Öğrenme Çıktıları

- RFID ve NFC'nin nasıl çalıştığını açıklar
- BLE Beacon ve WSN'yi tanıır
- Teknolojileri menzil ve kullanıma göre karşılaştırır
- Sensör ağlarını MES veri toplamayla ilişkilendirir

## İçerik Akışı

- 01 Teknolojilere bakış
- 02 RFID
- 03 NFC
- 04 BLE Beacon
- 05 WSN
- 06 GSM/hücreesel
- 07 Karşılaştırma

# Tanıma ve İletişim Teknolojileri



## RFID

Etiketle, dokunmadan nesne tanıma. Mağaza güvenlik etiketleri buna benzer.



## NFC

Çok kısa mesafede (<10 cm) güvenli veri aktarımı. Temassız ödeme bunu kullanır.



## BLE Beacon

Az enerjili Bluetooth ile konum/yakınlık sinyali yayını.



## WSN

Çok sayıda sensörün birlikte kurduğu kablosuz algılama ağı.

# RFID – Radyo ile Etiket Okuma

---

1

## **Pasif etiket**

Pili yoktur; okuyucunun verdiği enerjiyle çalışır. Ucuz ve yaygındır.

---

2

## **Aktif etiket**

Kendi pili vardır; daha uzak mesafeden okunur.

---

3

## **Frekans**

LF, HF ve UHF bantları; mesafe ve hız ihtiyacına göre seçilir.

---

4

## **Kullanım**

Stok takibi, üretim izleme ve ekipman bulma (MES).

# NFC – Yakın Alan İletişimi

## Özellikleri

- Çok kısa mesafe (~4-10 cm)
- 13,56 MHz frekansında çalışır
- Güvenli ve hızlı eşleşme
- RFID'nin özel bir türüdür

## Nerede Kullanılır?

- Temassız ödeme ve kapı geçişi
- Cihaz eşleştirme
- Bakım/ekipman doğrulama
- Ürünün sahte olup olmadığını kontrol

# BLE Beacon ve İç Mekân Konumu

---

1

## Az enerji

Bluetooth Low Energy; tek pille aylarca çalışır.

---

2

## Beacon sinyali

Düzenli kimlik sinyali yayarak yakınlık/konum belirler.

---

3

## İç mekân

GPS'in zayıf kaldığı fabrika içinde ekipman ve kişi bulma.

---

4

## MES örneđi

Operatör, alet ve malzemenin konumunu anlık izleme.

# WSN – Kablosuz Sensör Ağları



## Sensör düđümü

Sensör + küçük işlemci + telsiz + pilden oluşan minik birim.



## Ađ yapısı

Düđümler yıldız, ağaç veya örgü (mesh) şeklinde kendi kendine bağlanır.



## Az güç

Enerji dostu protokollerle (ör. ZigBee) uzun süre çalışır.



## Veri toplama

Geniş bir alandan ölçümleri toplayıp ağ geçidine taşır.

# Hücresel ve Geniş Alan Teknolojileri

## GSM / Hücresel

- 2G/3G/4G/5G ile geniş kapsama
- Uzak ve hareketli cihazlar için
- Operatör altyapısını kullanır
- 5G ile gerçek zamanlı, hızlı veri

## LPWAN

- LoRa, NB-IoT, Sigfox
- Çok az güç, çok uzun menzil
- Düşük veri hızı, çok cihaz
- Sayaç, tarım ve izleme için

# Hangi Teknolojiyi Seçmeli?



## Menzil

NFC < RFID < BLE < WiFi/WSN < hücresel/LPWAN.



## Güç

BLE ve LPWAN çok az; hücresel daha çok harcar.



## Veri hızı

Hücresel/WiFi yüksek; LPWAN ve BLE düşük.



## Karar

Mesafe, güç, maliyet ve veri miktarına göre seçilir.

# Teknoloji Özeti

**<10 cm**

NFC mesafesi

**Mesh**

WSN ağ yapısı

**13,56 MHz**

NFC/HF RFID frekansı

**Not:** Bu kablosuz teknolojiler, sahadan MES'e veri taşıyan yolları kurar.

# Özet

RFID etiketle tanıma, NFC ise çok kısa mesafeli güvenli iletişim sağlar.

BLE Beacon iç mekân konumu, WSN ise yaygın sensör verisi toplar.

Hücreli ve LPWAN, uzak ve geniş alan bağlantısı sunar.

Teknoloji; mesafe, güç, hız ve maliyete bakılarak seçilir.

Kablosuz sensör ağları, sahadan MES'e veri akışının temelidir.

# Teşekkürler ve Tartışma

*IoT Teknolojileri: RFID, NFC, BLE ve WSN*

## Kaynaklar / İleri Okuma

- Engin, D. (2014). Sensörler ve Dönüştürücüler. Ege Üniversitesi Ege MYO, Mekatronik Programı.
- Hanes, D. et al. (2017). IoT Fundamentals: Networking Technologies, Protocols, and Use Cases. Cisco Press.
- Lee, I. & Lee, K. (2015). The Internet of Things (IoT): Applications, investments and challenges. Business Horizons 58(4).

# IoT Uygulama Alanları ve Endüstride IoT

*“Yeterince gelişmiş her teknoloji sihirden ayırt edilemez.”*

— Arthur C. Clarke

# IoT Uygulama Alanları ve Endüstride IoT

## Öğrenme Çıktıları

- IoT'nin kullanım alanlarını sıralar
- IIoT'nin üretime katkısını açıklar
- Akıllı fabrika örneklerini yorumlar
- MES ile IIoT ilişkisini değerlendirir

## İçerik Akışı

- 01 Uygulama alanları
- 02 Akıllı üretim (IIoT)
- 03 Kestirimci bakım
- 04 Akıllı şehir ve enerji
- 05 Sağlık ve tarım
- 06 Lojistik
- 07 MES ile değer

# IoT Nerelerde Kullanılır?



## Endüstri (IIoT)

Akıllı fabrika, üretim takibi, arıza tahmini.



## Akıllı şehir

Trafik, aydınlatma, atık ve çevre yönetimi.



## Sağlık

Uzaktan hasta takibi ve giyilebilir cihazlar.



## Tarım ve lojistik

Hassas tarım, soğuk zincir ve araç takibi.

# Endüstriyel IoT (IIoT) ile Akıllı Üretim

---

1

## Anlık izleme

Üretim hattı her an görünür; verimlilik (OEE) takip edilir.

---

2

## Kalite kontrol

Süreç verisiyle hatalar erken yakalanır.

---

3

## Enerji yönetimi

Tüketim izlenir; maliyet ve karbon azalır.

---

4

## Esnek üretim

Talebe göre hızlı uyum sağlanır.

# Kestirimci Bakım (Arızayı Önceden Görme)



## Veri toplama

Titreşim, sıcaklık ve akım sensörleriyle makine sağlığı izlenir.



## Anormallik

Normalden sapan değerler yapay zekâ ile yakalanır.



## Arıza tahmini

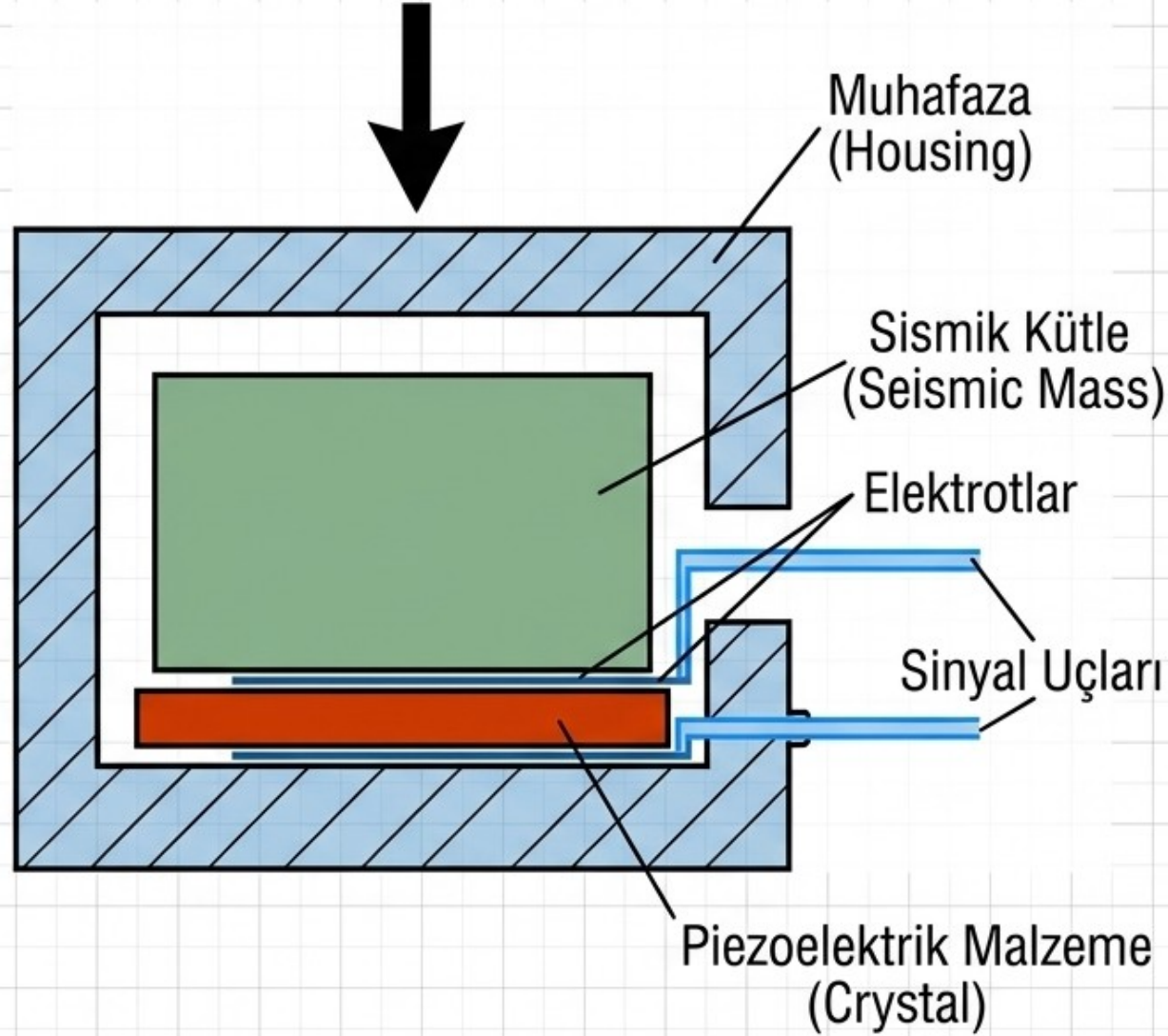
Makinenin ne zaman bozulacağı önceden tahmin edilir.



## Sonuç

Beklenmedik duruşlar ve bakım maliyeti düşer.

# İvme ve Titreşim: Piezoelektrik İvmeölçer



Hareket ölçen ivmeölçerlerde kristalin üzerine oturan sismik kütle, cismin ivmelenmesi sırasında eylemsizliğinden dolayı kristale baskı yapar. Şekil değişimi gösteren kristal üzerinde oluşan yük elektrotlarda toplanır ve elektriksel sinyale dönüştürülür.

# Akıllı Şehir ve Enerji

## Akıllı Şehir

- Akıllı trafik ve otopark
- Akıllı aydınlatma
- Atık ve su yönetimi
- Hava kalitesi izleme

## Akıllı Enerji

- Akıllı sayaçlar
- Şebeke izleme (smart grid)
- Yenilenebilir enerji uyumu
- Talep yönetimi

# Sağlık ve Tarım

## Sağlık

- Uzaktan hasta izleme
- Giyilebilir sağlık sensörleri
- İlaç ve ekipman takibi
- Akıllı hastane cihazları

## Akıllı Tarım

- Toprak nemi ve iklim sensörleri
- Otomatik sulama
- Hayvan takibi
- Sera otomasyonu

# Lojistik ve Tedarik Zinciri



## Araç takibi

Konum, yakıt ve sürüş verisinin izlenmesi.



## Soğuk zincir

Sıcaklık/nem takibiyle bozulmanın önlenmesi.



## Akıllı depo

RFID ve AGV ile otomatik stok ve sevkiyat.



## İzlenebilirlik

Ürünün baştan sona takip edilmesi.

# IloT ve MES Birlikte



## Veri beslemesi

IloT sensörleri MES'in anlık veri kaynağıdır.



## Karar desteği

MES, bu veriyi OEE ve kalite kararına çevirir.



## Kapalı döngü

Sonuçlar sahaya geri yansır, üretim iyileşir.



## Değer

Verimlilik, kalite ve esneklikte ölçülebilir kazanç.

# Uygulama Etkisi

↓ **Duruş**

Kestirimci bakımla plansız duruş azalır

↑ **OEE**

Anlık izleme ile verimlilik artar

**Uçtan uca**

İzlenebilir tedarik zinciri

**Not:** IIoT, MES ile birleşince fabrika gerçekten 'akıllı' hale gelir.

# Özet

IoT; endüstri, şehir, sağlık, tarım ve lojistikte yaygın kullanılır.

IIoT; akıllı üretim, kalite ve enerji yönetiminde değer yaratır.

Kestirimci bakım, IIoT'nin en somut ve etkili uygulamasıdır.

Akıllı şehir, enerji, sağlık ve tarım IoT'nin geniş alanını gösterir.

IIoT verisi MES ile birleşerek sürekli iyileştirme sağlar.

# Teşekkürler ve Tartışma

*IoT Uygulama Alanları ve Endüstride IoT*

## Kaynaklar / İleri Okuma

- Hanes, D. et al. (2017). IoT Fundamentals: Networking Technologies, Protocols, and Use Cases. Cisco Press.
- Lee, I. & Lee, K. (2015). The Internet of Things (IoT): Applications, investments and challenges. Business Horizons 58(4).

# IoT Haberleşmesi, Protokoller ve Portlar

*“Dilimin sınırları, dünyanın sınırları demektir.”*

— Ludwig Wittgenstein

# IoT Haberleşmesi, Protokoller ve Portlar

## Öğrenme Çıktıları

- IoT iletişim modellerini ayırt eder
- MQTT, CoAP, REST'i karşılaştırır
- Haberleşme port ve modlarını tanıır
- MES için uygun protokolü seçer

## İçerik Akışı

- 01 Haberleşme temelleri
- 02 REST/HTTP
- 03 CoAP
- 04 MQTT
- 05 AMQP ve DDS
- 06 Port, mod ve donanım
- 07 OPC-UA ve MES

# IoT Haberleşmesinin Temelleri



## İstek-yanıt

Bir taraf sorar, diğeri cevap verir (REST, CoAP).



## Yayınla-abone ol

Bir cihaz 'konuya' yayınlar, ilgilenenler dinler (MQTT).



## Veri merkezli

Verinin kendisi öne çıkar, dinleyiciler bulur (DDS).



## Seçim

Bant genişliği, hız, güvenilirlik ve güce göre seçilir.

# REST / HTTP

---

1

## Nasıl çalışır?

İstek-yanıt mantığı; web sitelerinin de kullandığı yöntemdir.

---

2

## Artısı

Yaygın, basit ve web ile tam uyumludur.

---

3

## Eksisi

Başlık yükü ağırdır; sürekli/anlık veri için verimsizdir.

---

4

## Kullanım

Bulut servisleri ve cihaz-uygulama bağlantısı.

# CoAP - Hafif İstek-Yanıt

---

1

## Amaç

Küçük ve kısıtlı cihazlar için hafif bir yöntemdir.

---

2

## Taşıma

UDP üzerinde çalışır; az yük, az güç harcar.

---

3

## Özellik

İstek-yanıtın yanında 'değişince haber ver' modunu destekler.

---

4

## Kullanım

Düşük güçlü sensörler ve zayıf ağlar.

# MQTT – Yayınla/Abone Ol

## Nasıl Çalışır?

- Ortada bir 'broker' (dağıtıcı) bulunur
- Cihaz 'konuya' (topic) yayın yapar
- İlgilenenler o konuya abone olur
- Çok hafif başlık, az veri kullanır

## Avantajları

- Çok düşük bant genişliği
- Güvenilir teslim (QoS)
- Çok sayıda cihaza ölçeklenir
- Endüstride en yaygın seçimdir

# AMQP ve DDS



## AMQP

Kuyruk tabanlı, güvenilir kurumsal mesajlaşma yöntemidir.



## AMQP nerede?

Banka/kurumsal sistemler gibi garantili teslim gereken yerlerde.



## DDS

Veri merkezli, gerçek zamanlı yayınlı-abone ol yöntemidir.



## DDS nerede?

Otonom araç ve kritik gerçek zaman sistemlerinde.

# Haberleşme Portları, Modları ve Donanımı

---

1

## Portlar

Cihazların fiziksel bağlantı uçları: RS-232, RS-485, USB, Ethernet (RJ45).

---

2

## Çift yönlü iletişim

Hem veri gönderilir hem alınır. Tam çift yönlü (full-dupleks) aynı anda yapar.

---

3

## Saha veriyolu (fieldbus)

Modbus, PROFIBUS, CAN gibi makineler arası endüstriyel hatlar.

---

4

## Dönüştürücüler

Farklı portları/protokolleri birbirine bağlayan ara donanımlar (gateway, çevirici).

# OPC-UA ve MES Bağlantısı

---

1

## OPC-UA

Farklı marka cihazları MES'e bağlayan endüstriyel ortak standarttır.

---

2

## Anlamli veri

Veriyi sadece sayı olarak değil, anlamıyla birlikte taşır.

---

3

## Güvenlik

Şifreleme ve kimlik doğrulama hazır gelir.

---

4

## MES köprüsü

Saha cihazlarını MES/SCADA ile güvenli biçimde buluşturur.

# Protokol Özeti

## MQTT

Fabrikada en yaygın yöntem

## CoAP

Küçük cihazlar için hafif

## OPC-UA

Cihazlar arası ortak dil

**Not:** Doğru protokol; cihazın gücüne ve anlık veri ihtiyacına göre seçilir.

# Özet

IoT iletişimi istek-yanıt, yayınla-abone ol ve veri merkezli modellere dayanır.

REST yaygın ama ağır; CoAP küçük cihazlar için hafif bir seçenektir.

MQTT, az veri ve yayınla-abone ol yapısıyla fabrikada en yaygın yöntemdir.

RS-485, Ethernet ve Modbus gibi port/veriyolları fiziksel bağlantıyı sağlar.

OPC-UA, saha cihazlarını MES'e güvenli ve anlamlı biçimde bağlar.

# Teşekkürler ve Tartışma

*IoT Haberleşmesi, Protokoller ve Portlar*

## Kaynaklar / İleri Okuma

- Hanes, D. et al. (2017). IoT Fundamentals: Networking Technologies, Protocols, and Use Cases. Cisco Press.
- Lee, I. & Lee, K. (2015). The Internet of Things (IoT): Applications, investments and challenges. Business Horizons 58(4).

# Nesnelerin İnternetinde Güvenlik

*“Güvenlik bir ürün değil, bir süreçtir.”*

— Bruce Schneier

# Nesnelerin İnternetinde Güvenlik

## Öğrenme Çıktıları

- IoT güvenlik tehditlerini tanır
- Saldırı yüzeyini katmanlara göre inceler
- Güvenliğin temel ilkelerini (CIA) bilir
- Fabrika (OT/MES) güvenliği için önlemleri değerlendirir

## İçerik Akışı

- 01 Neden önemli?
- 02 Saldırı yüzeyi
- 03 Tehdit türleri
- 04 Güvenlik ilkeleri (CIA)
- 05 Korunma yolları
- 06 Fabrika (OT) güvenliği
- 07 İyi uygulamalar

# IoT Güvenliği Neden Önemli?



## Çok fazla cihaz

Milyarlarca cihazın her biri olası bir giriş kapısıdır.



## Zayıf cihazlar

Küçük cihazlar güçsüzdür; güncelleme ve şifreleme sınırlıdır.



## Fiziksel sonuç

Fabrikada bir saldırı üretimi durdurabilir, hatta insanı tehlikeye atabilir.



## Değerli veri

Üretim ve müşteri verisi rakipler için değerlidir.

# IoT Saldırı Yüzeyi (Nereden Girilir?)

---

1

## Cihaz katmanı

Fiziksel müdahale, zayıf parolalar, güvensiz yazılım.

---

2

## Ağ katmanı

Veriyi dinleme, araya girme (MITM), hizmeti kilitleme (DDoS).

---

3

## Bulut/uygulama

Zayıf API'ler, kimlik açıkları ve veri sızıntısı.

---

4

## İnsan

Kandırma (sosyal mühendislik), yanlış ayar ve ihmal.

# Sık Görülen Tehditler



## DDoS / botnet

Ele geçirilen cihazlarla bir sistemi çökertme (ör. Mirai).



## Veri ihlali

Gizli üretim veya kişisel verinin çalınması.



## Yetkisiz erişim

Zayıf parolayla sisteme izinsiz girme.



## Fidye yazılım

Sistemi kilitleyip para isteme (ransomware).

# Güvenliğin Üç Temel İlkesi (CIA)

---

1

## Gizlilik

Veriye sadece yetkili kişiler erişebilmeli (şifreleme).

---

2

## Bütünlük

Veri değiştirilmeden, doğru kalmalı.

---

3

## Erişilebilirlik

Sistem gerektiğinde çalışır durumda olmalı.

---

4

## Kimlik ve yetki

Kim olduğunu doğrulama ve neye izinli olduğunu belirleme.

# Korunma Yolları



## Şifreleme

Veriyi hem iletirken (TLS) hem saklarken şifrelemek.



## Güçlü parola

Varsayılan parolaları değiştirmek; çift adımlı doğrulama (MFA).



## Ağ ayırma

Fabrika ağı ile ofis ağını birbirinden ayırmak (segmentasyon).



## Güncelleme

Yamaları düzenli ve güvenli biçimde yüklemek (OTA).

# Fabrika (OT) Güvenliğinin Farkı

## OT'nin Özellikleri

- Süreklilik ve hız çok kritiktir
- Eski sistemler hâlâ kullanımdadır
- Durdurup yama yapmak zordur
- Fiziksel risk yüksektir

## Önlemler

- Katmanlı savunma (defense-in-depth)
- Ağ izleme ve anormallik yakalama
- En az yetki ilkesi
- Yedekleme ve olay planı

# Güvenlikte İyi Uygulamalar

---

1

## Tasarımdan güvenlik

Güvenliği baştan, en başından dahil et.

---

2

## Sıfır güven

Hiçbir cihaza peşinen güvenme, her seferinde doğrula.

---

3

## Sürekli izleme

Kayıtları ve trafiği izleyerek erken uyarı al.

---

4

## Yaşam döngüsü

Cihazı güvenli kur, güncelle ve süresi dolunca güvenle kaldır.

# Güvenlik Özeti

## CIA

Gizlilik - Bütünlük - Erişilebilirlik

## Sıfır Güven

Her erişimi doğrula

## OT ≠ IT

Fabrika güvenliği farklıdır

**Not:** Güvenlik bir kez yapıлып bitmez; sürekli yönetilen bir süreçtir.

# Özet

IoT'nin çok ve zayıf cihazları onu önemli bir hedef yapar.

Saldırı yüzeyi cihaz, ağ, bulut ve insan olarak incelenmelidir.

DDoS, veri ihlali ve fidye yazılım en sık tehditlerdir.

Güvenlik; gizlilik, bütünlük ve erişilebilirlik (CIA) üzerine kuruludur.

Fabrika güvenliği katmanlı savunma ve sıfır güven yaklaşımı ister.

# Teşekkürler ve Tartışma

*Nesnelerin İnternetinde Güvenlik*

## Kaynaklar / İleri Okuma

- Hanes, D. et al. (2017). IoT Fundamentals: Networking Technologies, Protocols, and Use Cases. Cisco Press.
- Lee, I. & Lee, K. (2015). The Internet of Things (IoT): Applications, investments and challenges. Business Horizons 58(4).

# Nesnelerin İnterneti ve Büyük Veri

*“Veri değerlidir ve onu işleyen sistemlerden daha uzun yaşar.”*

— Tim Berners-Lee

# Nesnelerin İnterneti ve Büyük Veri

## Öğrenme Çıktıları

- Büyük verinin 5V özelliğini açıklar
- IoT veri işleme adımlarını sıralar
- Akış ve toplu işlemeyi ayırt eder
- Analiz düzeylerini ve MES faydasını yorumlar

## İçerik Akışı

- 01 Büyük veri ve 5V
- 02 Veri zorlukları
- 03 Veri işleme hattı
- 04 Akış vs toplu
- 05 Analiz düzeyleri
- 06 Yapay zekâ ve edge
- 07 MES'e faydası

# Büyük Veri ve 5V

---

1

## Hacim (Volume)

IoT cihazları sürekli, çok büyük miktarda veri üretir.

---

2

## Hız (Velocity)

Veri çok hızlı, anlık olarak akar.

---

3

## Çeşitlilik (Variety)

Sayı, metin, görüntü gibi farklı türde veri bir aradadır.

---

4

## Doğruluk ve Değer

Verinin kalitesi ve ondan elde edilen fayda.

# IoT'de Veri Zorlukları



## Ölçek

Milyonlarca sensörden gelen veriyi yönetmek zordur.



## Anlık olma

Verinin değeri çoğu zaman hemen karar vermeyi gerektirir.



## Kalite

Gürültülü, eksik veya hatalı ölçümler temizlenmelidir.



## Depolama

Verinin uzun süre saklanması maliyetlidir.

# IoT Veri İşleme Hattı

---

1

## Toplama

Sensör ve ağ geçidinden veri alınır.

---

2

## Temizleme

Veri süzülür, düzeltilir ve zenginleştirilir.

---

3

## Depolama

Zaman serisi veya veri gölünde saklanır.

---

4

## Analiz ve sunum

İncelenir, grafiğe ve MES ekranına dönüşür.

# Akış (Stream) ve Toplu (Batch) İşleme

## Akış İşleme

- Veri geldikçe anında işlenir
- Düşük gecikme; alarm/anormallik
- Gerçek zamanlı kararlar
- Örnek: anlık sıcaklık uyarısı

## Toplu İşleme

- Veri biriktirilip toplu işlenir
- Büyük ve derin analiz
- Eğilim ve model eğitimi
- Örnek: haftalık üretim raporu

# Analiz Düzeyleri (Değer Merdiveni)

---

1

## Betimsel

Ne oldu? – Geçmiş verinin raporlanması.

---

2

## Tanısal

Neden oldu? – Sebebin bulunması.

---

3

## Kestirimci

Ne olacak? – Geleceğin tahmini (ör. arıza).

---

4

## Yönlendirici

Ne yapmalı? – En iyi eylemin önerilmesi.

# Yapay Zekâ ve Edge Analitiği



## Makine öğrenmesi

Veriden örüntü öğrenip tahmin ve sınıflandırma yapar.



## Anormallik bulma

Normalden sapan durumları otomatik yakalar.



## Edge analitiği

Veriyi makinenin yanında işleyip gecikmeyi azaltır.



## Dijital ikiz

Veri ve modelle sürecin sanal kopyasını besler.

# Büyük Verinin MES'e Faydası



## OEE ve verimlilik

Üretim değerlerinin anlık izlenmesi.



## Kalite tahmini

Hangi ürünün hatalı çıkabileceğinin öngörülmesi.



## Kestirimci bakım

Makine arızasının önceden engellenmesi.



## Sürekli iyileştirme

Veriye dayalı karar ve süreç düzeltme.

# Büyük Veri Özeti

## 5V

Hacim, Hız, Çeşitlilik, Doğruluk, Değer

## 4 düzey

Betimselden yönlendiriciye

## Edge

Veriyi kaynağında analiz

**Not:** IoT veri üretir; büyük veri ve yapay zekâ o veriyi değere çevirir.

# Özet

Büyük veri; hacim, hız, çeşitlilik, doğruluk ve değer (5V) ile tanımlanır.

Veri hattı: toplama → temizleme → depolama → analiz ve sunum.

Akış işleme anlık karar, toplu işleme derin analiz içindir.

Analiz betimselden yönlendiriciye doğru olgunlaşır ve değer artar.

Yapay zekâ ve edge analitiği veriyi MES için kullanışlı hale getirir.

# Teşekkürler ve Tartışma

*Nesnelerin İnterneti ve Büyük Veri*

## Kaynaklar / İleri Okuma

- Hanes, D. et al. (2017). IoT Fundamentals: Networking Technologies, Protocols, and Use Cases. Cisco Press.
- Lee, I. & Lee, K. (2015). The Internet of Things (IoT): Applications, investments and challenges. Business Horizons 58(4).

# Nesnelerin İnterneti ve Bulut Teknolojileri

*“Bilgisayar ağıları bir gün elektrik ve su gibi temel bir kamu hizmetine dönüşecek.”*

— J. C. R. Licklider

# Nesnelerin İnterneti ve Bulut Teknolojileri

## Öğrenme Çıktıları

- Bulut hizmet ve dağıtım modellerini açıklar
- IoT bulut platformlarını tanıır
- Edge-bulut birlikteliğini değerlendirir
- Bulutun MES'teki rolünü yorumlar

## İçerik Akışı

- 01 Bulut nedir?
- 02 Hizmet modelleri
- 03 Dağıtım modelleri
- 04 IoT bulut platformları
- 05 Edge-bulut birlikteliği
- 06 Artı ve eksiler
- 07 MES ve gelecek

# Bulut Bilişim Nedir?



## Tanım

Sunucu, depolama ve yazılımın internet üzerinden hizmet olarak kiralanmasıdır.



## Esneklik

İhtiyaca göre anında büyüyüp küçülebilen kaynaklar.



## Kullandıkça öde

Büyük yatırım yerine kullanım kadar ödeme.



## IoT için önemi

Milyarlarca cihazın verisini saklayacak büyüklük sunar.

# Bulut Hizmet Modelleri

---

1

## IaaS

Altyapı kiralama: sanal sunucu, depolama, ağ (en esnek).

---

2

## PaaS

Hazır geliştirme ortamı ve araçlar.

---

3

## SaaS

Hazır yazılım kullanımı (ör. bulut tabanlı MES).

---

4

## Sunucusuz (FaaS)

Sadece çalışan koda göre ödeme yapılan model.

# Bulut Dağıtım Modelleri

## Türleri

- Genel bulut (public)
- Özel bulut (private)
- Hibrit bulut (karma)
- Çoklu bulut (multi-cloud)

## Seçim Ölçütleri

- Veri gizliliği ve mevzuat
- Maliyet ve büyüklük
- Hız ve konum
- Mevcut altyapı

# IoT Bulut Platformları



## Cihaz bağlantısı

Milyonlarca cihazın güvenli kaydı ve mesajlaşması.



## Veri yönetimi

Toplama, zaman serisi saklama ve kural motoru.



## Analiz ve yapay zekâ

Hazır makine öğrenmesi ve grafik servisleri.



## Örnekler

AWS IoT, Azure IoT, Google Cloud, ThingsBoard.

# Edge ile Bulut Birlikte

---

1

## Edge (uç)

Anlık tepki ve yerel ön işleme; gecikme düşüktür.

---

2

## Bulut

Büyük depolama, model eğitimi ve uzun dönem analiz.

---

3

## İş bölümü

Acil kararlar uçta, derin analiz bulutta yapılır.

---

4

## Senkron

Model bulutta eğitilir, uca gönderilir (MLOps).

# Bulutun Artı ve Eksileri

## Artıları

- Sınırsıza yakın büyüebilme
- Düşük başlangıç maliyeti
- Hızlı kurulum ve geliştirme
- Küresel erişim ve yedeklilik

## Eksileri

- Veri gizliliği endişesi
- İnternet bağımlılığı ve gecikme
- Tek sağlayıcıya bağlanma riski
- Sürekli maliyet yönetimi

# Bulut, MES ve Geleceğe Bakış



## Bulut MES

MES'in hizmet olarak (SaaS) sunulması; hızlı kurulum.



## Veri birleştirme

Birden çok fabrikanın tek yerden izlenmesi.



## Yapay zekâ

Bulut gücüyle ileri analiz ve optimizasyon.



## Gelecek

Edge + bulut + IoT + yapay zekâ ile akıllı fabrikalar.

## Dönem Kapanışı

**IaaS/PaaS/  
SaaS**

Üç temel bulut modeli

**Edge + Bulut**

Anlık tepki ve derin analiz birlikte

**7/24**

Buluta her yerden, kesintisiz erişim

**Not:** Bulut, IoT verisini büyük ölçekte değere çeviren son halkadır.

# Özet

Bulut, BT kaynaklarını esnek ve kullandıkça öde modeliyle sunar.

Hizmet modelleri IaaS, PaaS, SaaS; dağıtım modelleri public, private, hibrit'tir.

IoT bulut platformları cihaz, veri, analiz ve entegrasyonu yönetir.

Edge ile bulut birlikte; anlık tepki ile derin analizi birleştirir.

Bulut, MES'i ölçeklenebilir, yapay zekâ destekli ve çok tesisli yapar.

# Teşekkürler ve Tartışma

*Nesnelerin İnterneti ve Bulut Teknolojileri*

## Kaynaklar / İleri Okuma

- Hanes, D. et al. (2017). IoT Fundamentals: Networking Technologies, Protocols, and Use Cases. Cisco Press.
- Lee, I. & Lee, K. (2015). The Internet of Things (IoT): Applications, investments and challenges. Business Horizons 58(4).