İşaret İşleme

Ayrık Zamanda Durum Uzayı Analizi-H14CD1

Dr. Meriç Çetin

versiyon261120

Şu ana kadar, doğrusal zamanla-değişmeyen (DZD) sistemlerin giriş-çıkış ilişkileri incelenmiştir. Bu ilişkilerin ortak özelliği bunların *harici tanımlama* olmasıdır yani sadece giriş ve çıkış sinyalleriyle ilgilenilmiş, sistemin içerisinde neler olduğuna bakılmamıştır. Bu bölümde ise, sistemin içerisinde neler olup bittiğini de inceleyen bir *dahili tanımlama* yöntemi olan *durum uzayı* (*state space*) yöntemi ele alınacaktır. Bir DZD sistemin giriş-çıkış ilişkisinin durum uzayı ile gösteriliminin pek çok avantajı vardır; örnek olarak

- Sistemin iç davranışlarını incelemeye imkan sağlar.
- Çok-Girişli Çok-Çıkışlı sistemlerin kolayca incelenmesini sağlar.
- Doğrusal-olmayan ve/veya zamanla-değişen sistemlerin incelenmesine imkan sağlar.
- Bilgisayar ile analiz yapmak çok daha kolaydır.

Durum uzayı analizi matrissel denklemler ve işlemleriyle yapılmaktadır. Bu nedenle, temel lineer cebir konularının bilindiği varsayılacaktır.

Durum Kavramı

- *Durum*: Sürekli-zamanlı (veya ayrık-zamanlı) bir sistemin $t = t_0$ (veya $n = n_0$) anındaki *durumu*, $t \geq t_0$ (veya $n \geq n_0$) anlarındaki giriş sinyalinin bilinmesi koşuluyla, sistemin $t \geq t_0$ (veya $n \geq n_0$) anındaki durumunu ve çıkışını belirlemede yeterli olan minimum bilgi olarak tanımlanır.

- *Durum Değişkeni*: Bu bilgiyi taşıyan değişkenlere *durum değişkenleri* denir ve bu derste q_1, q_2,..., q_N gibi değişkenlerle gösterilecektir. Not edilmelidir ki bu tanım sadece nedensel sistemler için geçerlidir. Durum değişkenleri fiziksel olarak ölçülebilen ya da gözlenebilen büyüklükler olmak zorunda değildir. Bu nedenle durum değişkenlerinin seçiminin serbest olması durum uzayı analizinde büyük avantaj sağlar. Yine de, durum değişkenlerini ölçülebilir büyüklüklerden seçmek pratik olarak kolaylık sağlar.

Durum Kavramı-devam

- *Durum Vektörü*: Eğer bir sistemin durumunu göstermek için N adet durum değişkeni gerekiyor ise o zaman bu N adet durum değişkeni $\mathbf{q}$ gibi bir vektörün N adet elemanı olarak görülebilir, yani

$$\mathbf{q} = \begin{bmatrix} q_1 \\ q_2 \\ \vdots \\ q_N \end{bmatrix}$$

  şeklinde gösterilebilir. Bu şekildeki vektöre *durum vektörü* denir.

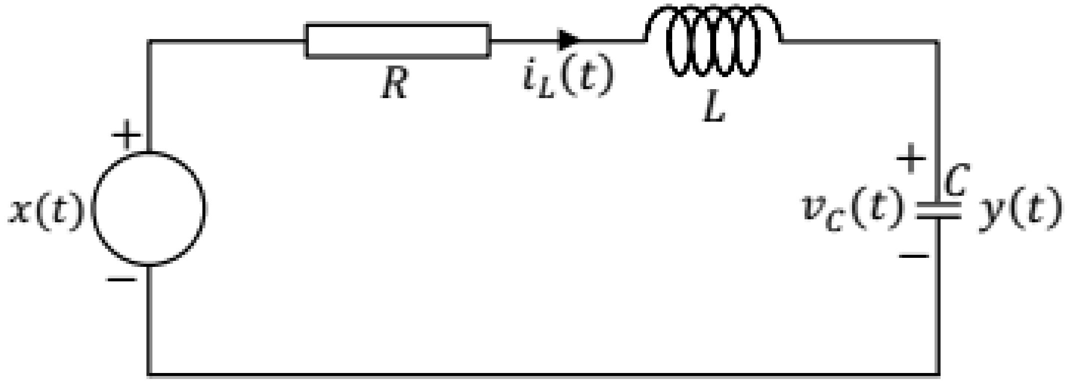
- *Durum Uzayı*: Eksenleri q_1, q_2,..., q_N gibi durum değişkenlerinden oluşan N-boyutlu uzaya *durum uzayı* denir.

Durum Kavramı-devam

Durum-Uzayı Denklemleri: Durum uzayı analizinde, giriş değişkeni, durum değişkenleri ve çıkış değişkeni olmak üzere üç tip değişken vardır. Bu derste, x giriş sinyalini, q durum değişkenini ve y de çıkış sinyalini temsil edecektir. Sürekli-zamanlı ve ayrık-zamanlı sistemler için ayrı ayrı incelenecektir. Bir sisteme ilişkin dinamik denklemler yazıldıktan sonra uygun durum değişkenleri seçilerek elde edilen denklemlere *durum denklemleri*, sistemin durumlarını kullanarak çıkış sinyalini veren denklemede *çıkış denklemi* adı verilmektedir. Durum denklemleri ve çıkış denkleminden oluşan denklem kümesine *durum uzayı denklemleri* adı verilmektedir

Örnek

Örnek olarak, giriş-çıkış ilişkisi bilinen DZD bir sistem olarak aşağıdaki gibi bir elektrik devresini ele alalım. Giriş sinyalinin $[-\infty, t]$ zaman aralığında biliniyor olması, çıkış sinyalinin $[-\infty, t]$ zaman aralığında belirlenebilmesi için yeterlidir. Ancak, giriş sinyali sadece $[t_0, t]$ zaman aralığında biliniyorsa o zaman $[t_0, t]$ zaman aralığında çıkış sinyalinin belirlenebilmesi için t_0 anında bobinden geçen $i_L(t)$ akımının ve kondansatörün uçları arasındaki $v_C(t)$ geriliminin bilinmesi gerekmektedir. Bu durumda akım ve gerilim sistemin durum değişkenleri olmaktadır.



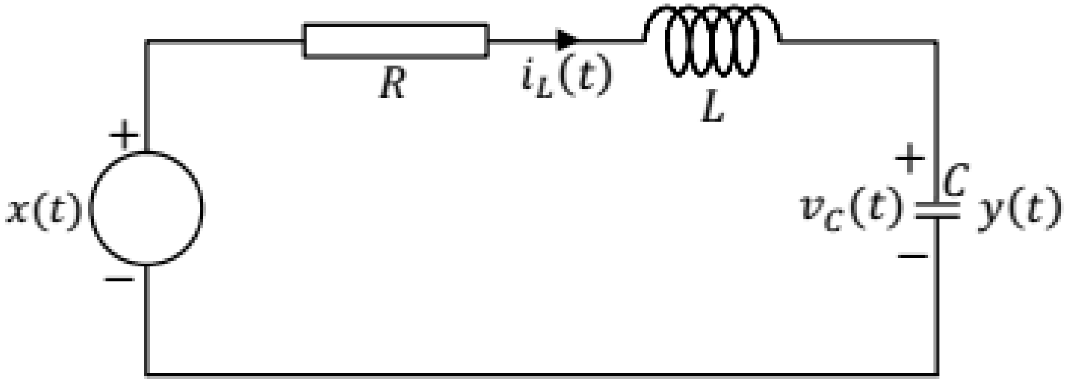
Bu sistemde durumlar, $q_1(t) = i_L(t)$ ve $q_2(t) = v_C(t)$ şeklinde ve çıkış sinyali de $y(t) = v_C(t)$ olarak seçilebilir. Bu durumda, Kirchoff kanununa göre

$$L\dot{q}_1(t) + Rq_1(t) + q_2(t) = x(t)$$

ve kondansatörün kendi denklemi

$$C\dot{q}_2(t) = q_1(t)$$

Örnek-devam



Bu denklemler düzenlenirse,

$$\dot{q}_1(t) = -\frac{R}{L}q_1(t) - \frac{1}{L}q_2(t) + \frac{1}{L}x(t)$$
$$\dot{q}_2(t) = \frac{1}{C}q_1(t)$$
$$y(t) = q_2(t)$$

elde edilir. Bu denklemler matrissel olarak

durum denklemleri

$$\begin{bmatrix}\dot{q}_1(t)\\ \dot{q}_2(t)\end{bmatrix} = \begin{bmatrix}-\frac{R}{L} & -\frac{1}{L}\\ \frac{1}{C} & 0\end{bmatrix}\begin{bmatrix}q_1(t)\\ q_2(t)\end{bmatrix} + \begin{bmatrix}\frac{1}{L}\\ 0\end{bmatrix}x(t)$$

çıkış denklemi

$$y(t) = \begin{bmatrix}0 & 1\end{bmatrix}\begin{bmatrix}q_1(t)\\ q_2(t)\end{bmatrix}$$

gibi ifade edilebilir.

Ayrık Zamanlı Sistemlerde
Durum Uzayı Denklemleri ve Çözümleri

Ayrık Zamanlı Sistemlerde Durum Uzayı Denklemleri

Eğer bir ayrık-zamanlı sistemin durumunu göstermek için N adet durum değişkeni gerekiyor ise o zaman bu sistemin durum uzayı denklemleri, durum denklemleri ve çıkış denklemi olmak üzere iki kısımdan oluşur. Durum uzayı denklemlerinde, durum denklemleri,

$$
\begin{gathered}
q_1[n+1] = a_{11}q_1[n] + a_{12}q_2[n] + \cdots + a_{1N}q_N[n] + b_1x[n] \\
q_2[n+1] = a_{21}q_1[n] + a_{22}q_2[n] + \cdots + a_{2N}q_N[n] + b_2x[n] \\
\vdots \\
q_n[n+1] = a_{N1}q_1[n] + a_{N2}q_2[n] + \cdots + a_{NN}q_N[n] + b_nx[n]
\end{gathered}
$$

şeklinde veya $\mathbf{q}[n] = \begin{bmatrix} q_1[n] \\ q_2[n] \\ \vdots \\ q_N[n] \end{bmatrix}$, $\mathbf{A} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1N} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2N} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{N1} & a_{N2} & \cdots & a_{NN} \end{bmatrix}$ ve $\mathbf{B} = \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \vdots \\ b_N \end{bmatrix}$ olmak üzere matrissel olarak

$$
\mathbf{q}[n+1] = \mathbf{A}\mathbf{q}[n] + \mathbf{B}x[n]
$$

Ayrık Zamanlı Sistemlerde Durum Uzayı Denklemleri

çıkış denklemi,

$$y[n] = c_1 q_1[n] + c_2 q_2[n] + \cdots + c_N q_N(t) + \mathbf{D}x[n]$$

şeklinde veya $\mathbf{C} = [c_1 \quad c_2 \quad \cdots \quad c_n]$ ve $\mathbf{D} = d$ olmak üzere matrissel olarak

$$y[n] = \mathbf{Cq}[n] + \mathbf{D}x[n]$$

biçiminde yazılabilir. Dolayısıyla ayrık-zamanlı DZD bir sistemim durum uzayı denklemleri $\{\mathbf{A}, \mathbf{B}, \mathbf{C}, \mathbf{D}\}$ matris kümesi ile

$$\begin{aligned} \mathbf{q}[n+1] &= \mathbf{Aq}[n] + \mathbf{B}x[n] \\ y[n] &= \mathbf{Cq}[n] + \mathbf{D}x[n] \end{aligned}$$

şeklinde ifade edilebilir. $\{\mathbf{A}, \mathbf{B}, \mathbf{C}, \mathbf{D}\}$ matris kümesi bu sistemin durum uzayı gösterilimidir. Bir sistemin durum uzayı gösterilimi tek değildir yani aynı sisteme ait çok sayıda farklı durum uzayı gösterilimi yani $\{\mathbf{A}, \mathbf{B}, \mathbf{C}, \mathbf{D}\}$ matris kümesi olabilir.

Durum Uzayı Denklemlerinin Fark Denklemleri ile Elde Edilmesi

Bilindiği gibi, herhangi bir N. mertebeden ayrık-zamanlı DZD bir sistemin giriş-çıkış ilişkisi, aşağıdaki gibi sabit katsayılı doğrusal diferansiyel denklemle ifade edilebilmektedir:

$$a_0 y[n] + a_1 y[n-1] + a_2 y[n-2] + \cdots + a_N y[n-N]$$
$$= b_0 x[n] + b_1 x[n-1] + b_2 x[n-2] + \cdots + b_N x[n-N]$$

buradaki a_k ve b_k katsayıları reel ve sabit katsayılardır ve bu sistemin transfer fonksiyonu

$$H(z) = \frac{Y(z)}{X(z)} = \frac{b_0 + b_1 z^{-1} + b_2 z^{-2} + \cdots + b_M z^{-N}}{a_0 + a_1 z^{-1} + a_2 z^{-2} + \cdots + a_N z^{-N}}$$

şeklindedir. Şimdi bu fark denkleminden durum uzayı denklemlerine geçelim. Literatürde en yaygın kullanılan biçimlerden biri şu şekildedir:

Durum Uzayı Denklemlerinin Fark Denklemleri ile Elde Edilmesi

$$\begin{bmatrix} q_1[n+1] \\ q_2[n+1] \\ \vdots \\ q_{N-1}[n+1] \\ q_N[n+1] \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 1 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 1 \\ -a_N & -a_{N-1} & -a_{N-2} & \dots & -a_1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} q_1[n] \\ q_2[n] \\ \vdots \\ q_{N-1}[n] \\ q_N[n] \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} x[n]$$

$$y[n] = \begin{bmatrix} b_N - a_N b_0 & b_{N-1} - a_{N-1} b_0 & \dots & b_1 - a_1 b_0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} q_1[n] \\ q_2[n] \\ \vdots \\ q_N[n] \end{bmatrix} + b_0 x[n]$$

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 1 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 1 \\ -a_N & -a_{N-1} & -a_{N-2} & \dots & -a_1 \end{bmatrix}, \mathbf{B} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix},$$

$$\mathbf{C} = \begin{bmatrix} b_N - a_N b_0 & b_{N-1} - a_{N-1} b_0 & \dots & b_1 - a_1 b_0 \end{bmatrix}, \mathbf{D} = b_0$$

Ayrık Zamanda Durum Uzayı Denklemlerinin Çözümü

Aşağıdaki gibi N-boyutlu ayrık-zamanlı sistemi ele alalım:

$$\begin{aligned} \mathbf{q}[n+1] &= \mathbf{A}\mathbf{q}[n] + \mathbf{B}x[n] \\ y[n] &= \mathbf{C}\mathbf{q}[n] + \mathbf{D}x[n] \end{aligned}$$

burada $\mathbf{A}, \mathbf{B}, \mathbf{C}$ ve, $\mathbf{D}$ matrislerinin boyutları sırasıyla, $N \times N, N \times 1, 1 \times N$ ve 1×1 şeklindedir. Buradaki durum denklemlerinin çözümü olan $\mathbf{q}[n]$ vektörünün analitik ifadesinin bulunması için zaman domeni yaklaşımı ve z-dönüşümü yaklaşımı ele alınacaktır.

Ayrık Zamanda Durum Uzayı Denklemlerinin Çözümü

$$\begin{aligned} \mathbf{q}[n+1] &= \mathbf{A}\mathbf{q}[n] + \mathbf{B}x[n] \\ y[n] &= \mathbf{C}\mathbf{q}[n] + \mathbf{D}x[n] \end{aligned}$$

Zaman domeninde çözüm:

$\mathbf{q}[0]$ başlangıç durumunun verilmesi durumunda, zaman domeninde iteratif olarak ilerlenirse,

Durum Uzayı Denklemlerinin Zaman Domeninde Çözümü

$$\mathbf{q}[n+1] = \mathbf{A}\mathbf{q}[n] + \mathbf{B}x[n]$$
$$y[n] = \mathbf{C}\mathbf{q}[n] + \mathbf{D}x[n]$$

$$\begin{aligned}
\mathbf{q}[1] &= \mathbf{A}\mathbf{q}[0] + \mathbf{B}x[0] \\
\mathbf{q}[2] &= \mathbf{A}\mathbf{q}[1] + \mathbf{B}x[1] \\
&= \mathbf{A}(\mathbf{A}\mathbf{q}[0] + \mathbf{B}x[0]) + \mathbf{B}x[1] \\
&= \mathbf{A}^2\mathbf{q}[0] + \mathbf{A}\mathbf{B}x[0] + \mathbf{B}x[1] \\
\mathbf{q}[3] &= \mathbf{A}\mathbf{q}[2] + \mathbf{B}x[2] \\
&= \mathbf{A}(\mathbf{A}^2\mathbf{q}[0] + \mathbf{A}\mathbf{B}x[0] + \mathbf{B}x[1]) + \mathbf{B}x[2] \\
&= \mathbf{A}^3\mathbf{q}[0] + \mathbf{A}^2\mathbf{B}x[0] + \mathbf{A}\mathbf{B}x[1] + \mathbf{B}x[2] \\
&\vdots \\
\mathbf{q}[n] &= \mathbf{A}^n\mathbf{q}[0] + \mathbf{A}^{n-1}\mathbf{B}x[0] + \cdots + \mathbf{A}\mathbf{B}x[n-2] + \mathbf{B}x[n-1] \\
&= \mathbf{A}^n\mathbf{q}[0] + \sum_{k=0}^{n-1} \mathbf{A}^{n-1-k}\mathbf{B}x[k]
\end{aligned}$$

şeklinde yani $\mathbf{q}[n] = \mathbf{A}^n\mathbf{q}[0] + \sum_{k=0}^{n-1} \mathbf{A}^{n-1-k}\mathbf{B}x[k]$

çözümü elde edilir. Başlangıç anı $n = 0$ değilde $n = n_0$ şeklinde olması durumunda çözüm

$\mathbf{q}[n] = \mathbf{A}^{n-n_0}\mathbf{q}[n_0] + \sum_{k=0}^{n-1} \mathbf{A}^{n-1-k}\mathbf{B}x[n_0 + k]$ haline gelir.

Durum Uzayı Gösteriminden Transfer Fonksiyonuna Geçiş

Görüldüğü gibi durum uzayı gösterilimi ayrık-zamanlı bir sistemin giriş-çıkış ilişkisidir. Yani giriş sinyali ve $\{\mathbf{A}, \mathbf{B}, \mathbf{C}, \mathbf{D}\}$ matris kümesi verilmişse çıkış sinyali bulunabilir. Şimdi bu gösterilimin diğer gösterilimlerle olan ilişkisine bakalım. İlk olarak transfer fonksiyonu ile olan ilişkisini bulalım. Bunun için ilk olarak

$$\begin{aligned} \mathbf{q}[n+1] &= \mathbf{A}\mathbf{q}[n] + \mathbf{B}x[n] \\ y[n] &= \mathbf{C}\mathbf{q}[n] + \mathbf{D}x[n] \end{aligned}$$

Durum Uzayı Gösteriminden Transfer Fonksiyonuna Geçiş

durum denklemlerinin her iki tarafının z-dönüşümünü alalım:

$$z\mathbf{Q}(z) - z\mathbf{q}[0] = \mathbf{A}\mathbf{Q}(z) + \mathbf{B}X(z)$$

Bu denklemden $\mathbf{Q}(z)$ çözülürse,

$$\mathbf{Q}(z) = z(z\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}\mathbf{q}[0] + (z\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}\mathbf{B}X(z)$$

elde edilir. Ardından, çıkış denklemi de kullanılarak çıkış sinyali

$$Y(z) = \mathbf{C}\mathbf{Q}(z) + \mathbf{D}X(z) = \mathbf{C}(z\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}z\mathbf{q}[0] + \mathbf{C}(z\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}\mathbf{B}X(z) + \mathbf{D}X(z)$$

elde edilir. Transfer fonksiyonunu elde etmek için $\mathbf{q}(0)$ ilk koşulu sıfır alınırsa, $H(z)$ transfer fonksiyonu,

$$H(z) = \frac{X(z)}{Y(z)} = \mathbf{C}(z\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}\mathbf{B} + \mathbf{D}$$

Durum Uzayı Gösteriminden Transfer Fonksiyonuna Geçiş

Örnek: durum uzayı matrisleri

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -\frac{1}{8} & \frac{3}{4} \end{bmatrix}, \mathbf{B} = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix}, \mathbf{C} = \begin{bmatrix} -\frac{1}{8} & \frac{3}{4} \end{bmatrix}, \mathbf{D} = 1$$

şeklinde olan sistemin transfer fonksiyonunu bulunuz.

$H(z)$ transfer fonksiyonu,

$$H(z) = \frac{X(s)}{Y(s)} = \mathbf{C}(z\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}\mathbf{B} + \mathbf{D}$$

$$= \begin{bmatrix} -\frac{1}{8} & \frac{3}{4} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} z & -1 \\ \frac{1}{8} & z - \frac{3}{4} \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} + 1$$

$$= \begin{bmatrix} -\frac{1}{8} & \frac{3}{4} \end{bmatrix} \frac{1}{z^2 - \frac{3}{4}z + \frac{1}{8}} \begin{bmatrix} z - \frac{3}{4} & 1 \\ -\frac{1}{8} & z \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} + 1$$

$$= \frac{1}{z^2 - \frac{3}{4}z + \frac{1}{8}}$$

şeklinde elde edilir.

Mekatronik Sistemler

MEKATRONİK SİSTEMLER

Şekil 1. Kuka KR16 tipi endüstriyel robot kolu [4]

Şekil 2. Çok kollu hareketli robot sistemi [5]

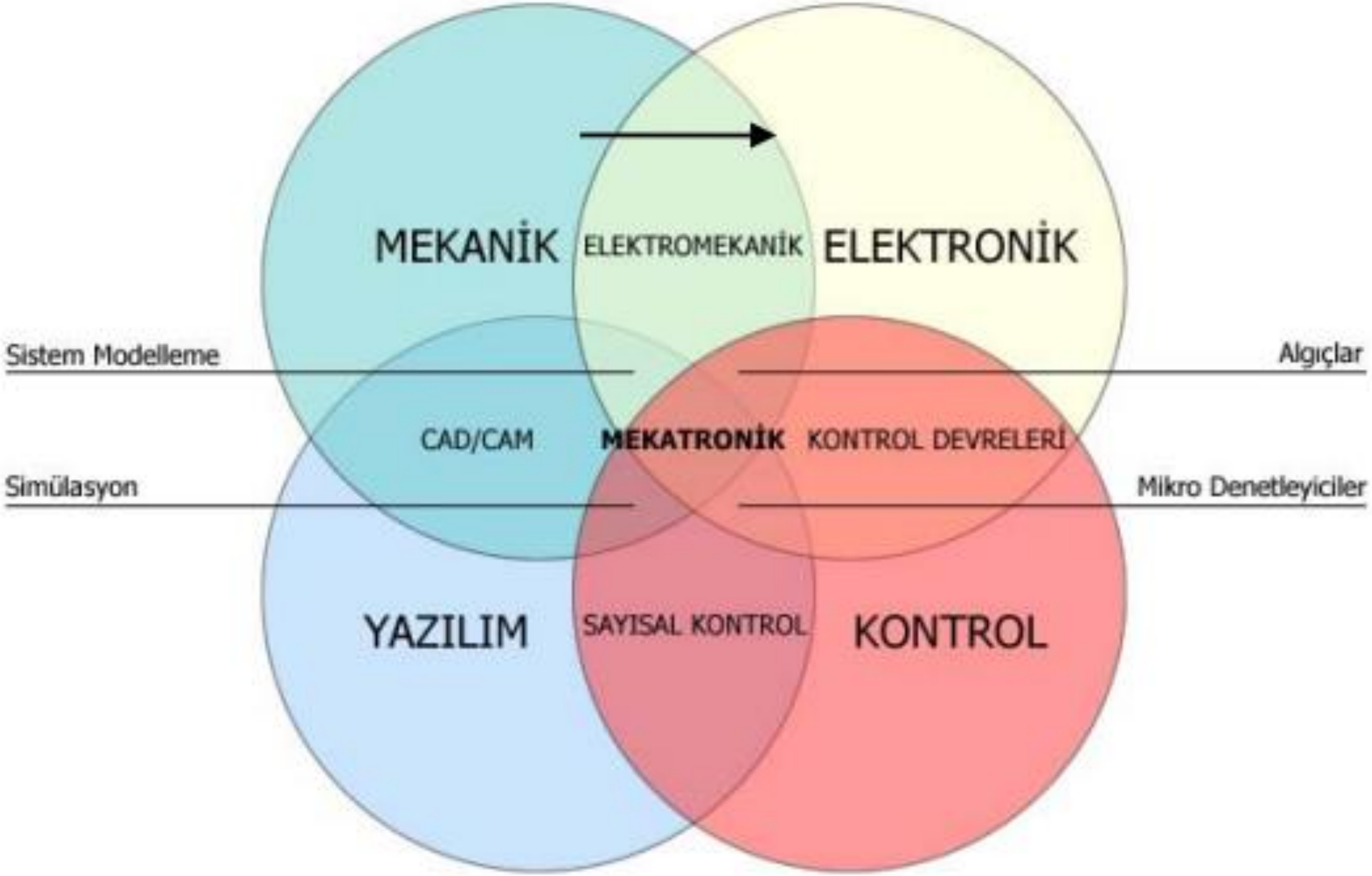
MEKATRONİK SİSTEMLER

Şekil 5. TOMAHAWK füzesi [8]

Şekil 3. İnsansı robot ASIMO [6]

Şekil 4. Paralel iki tekerlekli taşıma cihazı SEGWAY [7]

Mekatronik disiplinini oluşturan bilim dallarının birbiriyle etkileşimi Şekil 6'daki şemada verildiği gibi özetlenebilir. Buna göre, yukarıda bahsedilen alanlardan mekaniğin elektronik ve yazılımla arakesitleri sırasıyla elektromekanik ve CAD/CAM (bilgisayar destekli tasarım/bilgisayar destekli üretim) iken kontrol bileşeninin elektronik ve yazılımla ortak kümesi sırasıyla kontrol devreleri ve sayısal kontrol alanlarıdır. Ayrıca, şekilde işaret edilen sistem modelleme; mekanik, yazılım ve elektroniğin, simülasyon (benzetim); mekanik, yazılım ve kontrolün, mikro denetleyiciler; elektronik, kontrol ve yazılımın ve nihayet algıçlar (algılayıcılar) da mekanik, elektronik ve kontrol alanlarının ortak ürünleridir. İfade edilen dört ana disiplinin kesişimi de mekatroniği oluşturmaktadır [1].



Mekatroniği oluşturan bilim dallarının birbiriyle etkileşimi [1]

Mekatroniğin uygulama alanları

- Modelleme
- Kontrol sistemleri
- Endüstriyel otomasyon (Barkod sistemleri, üretim bandı,..)
- Bina otomasyonu (Güvenlik, iklimlendirme, …)
- Sistem entegrasyonu
- Akıllı kontrol
- Robotik
- Mikroelektronik ve optoelektronik devreler
- Tıbbi uygulamalar
- Havacılık mühendisliği (otomatik pilotlar, insansız hava araçları)
- Otomotiv sistemleri
- …

Tasarım ve Uygulama Alanlarına Örnekler

- Taşıtlarda hava yastığı güvenlik sistemleri, ABS fren sistemleri, uzaktan kumandalı kapı kilitleri, sürüş ve seyir denetimi, motor ve güç denetimi, yolcu güvenlik sistemleri ve taşıtlardaki benzer sistemler
- NC, CNC, AC vb. tezgahlar, hızlı prototip üretim tezgahları ve benzeri otomatik üretim tezgahları
- Fotokopi makinaları, faks makinaları, elektronik daktilolar ve benzeri büro makinaları
- MR cihazları, atroskopik cihazlar, ultrasonik problar ve benzeri diğer tıbbi cihazlar
- Otomatik odaklamalı fotoğraf makinaları, video kameraları, video, CD ve DVD göstericileri, CD kayıt ve benzeri kişisel kullanım amaçlı elektronik cihazlar
- Laser yazıcılar, sabit disk kafa konumlayıcıları, teyp sürücü ve yükleyicileri
- Kaynak robotları, fabrika içi kendinden yönlenmeli araçlar (AGV), Uzay araştırmalarında kullanılan robotlar, askeri amaçlı mayın imha robotları, bomba taşıyıcıları ve benzeri gezer (mobil) robotlar
- Uçuş simulatörleri, iniş sistemleri, kokpit kumanda ve cihazları ve benzeri hava taşıtları sistemleri
- Garaj kapısı otomatik açma sistemleri, güvenlik sistemleri, iklimlendirme denetim sistemleri ve benzeri ev ve büro uygulamaları

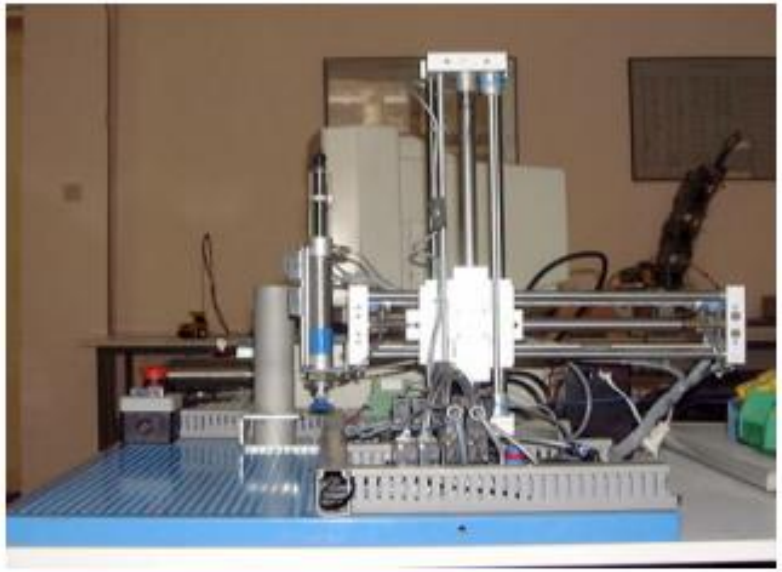
Tasarım ve Uygulama Alanlarına Örnekler

- Çamaşır makinaları, bulaşık makinaları, otomatik buz makinaları ve benzeri ev uygulamaları
- Değişken hızlı matkaplar, sayısal tork anahtarları ve benzeri takımlar
- Malzeme test cihazları ve benzeri laboratuvar cihazları
- Barkodlu sistemler, Konveyör sistemleri ve benzeri fabrika otomasyon sistemleri
- El ve otomatik kumandalı hidrolik krenler ve benzeri malzeme taşıma ve inşaat makinaları
- Otomatik etiketleme, kalite denetiminde kamera ve benzeri kalite denetimi ve paketleme uygulamaları
- Video oyunları ve sanal gerçeklik uygulamalarında gerçek girdi denetim sistemleri

Laboratuar ortamında uygulamalı olarak gerçekleştirilen bazı örnek projeler aşağıda kısaca belirtilmiştir:

Tasarım ve Uygulama Alanlarına Örnekler

Değişik nesneleri bir yerden alıp bir yere taşımak için tasarlanan Pick & Place (Tut &Koy) tipi Robotlar ile bu nesneleri tanımlanan belli bir yoldan taşıyan Yörünge (İz) Takip Robotları, **(Şekil.3-4)** ,Düzlemsel (Planar) klasifikasyon ve tıbbi cerrahi robotları **(Şekil.5)** teorisi robotik dersleri çerçevesinde anlatılan , tasarlanıp imalatı gerçekleştirilen bazı uygulamalardır.

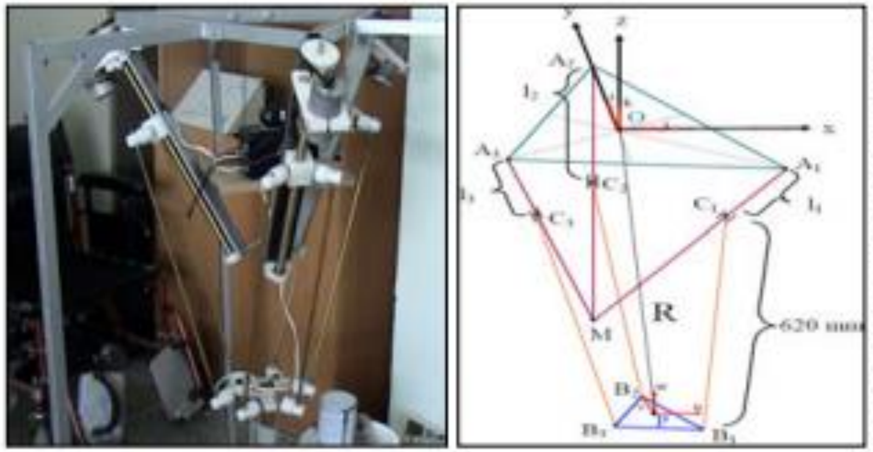


Şekil.2 Tasnif Robotu

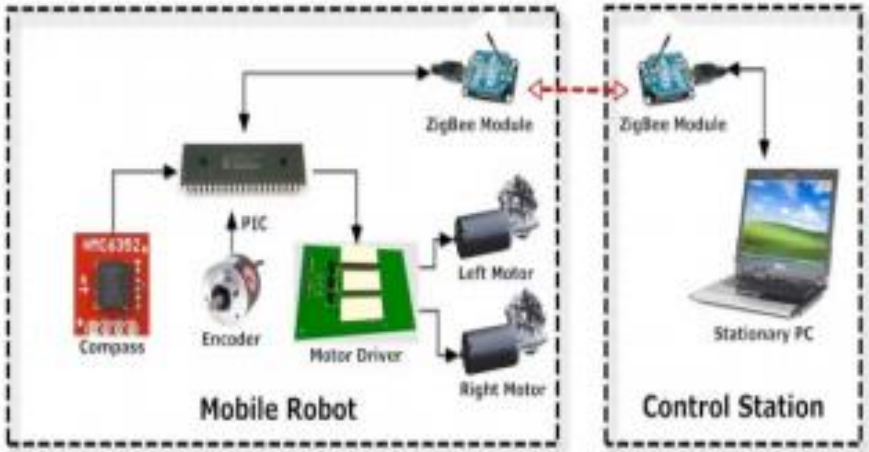
Şekil.2 Yörünge Takip Robotu

Tasarım ve Uygulama Alanlarına Örnekler

Mayın tarama,radyo aktif sahalarda operasyon gibi insanın direkt kullanımının riskli olduğu durumlarda, tekerlekli veya paletli olarak tasrlanan, GPS sinyalleri veya diğer algılayıcılar ile uzaktan kumandalı olarak yönlendirilen insansız otonom robot tasarımları diğer önemli bir uygulama sektörünü oluşturmaktadır. **(Şekil.6)**



Şekil.5 Düzlemsel (Planar)Robot

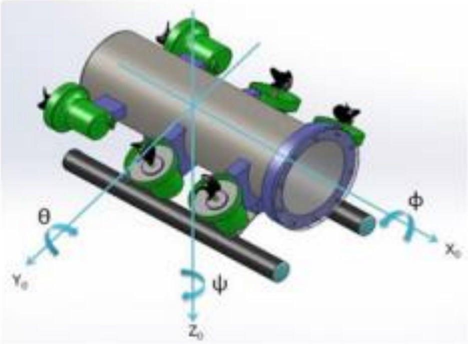


Şekil.6 Uzaktan Kumanda Sistemi

Tasarım ve Uygulama Alanlarına Örnekler

Bu projeler özellikle mekanik sistem modellenmesi ile biyomekanik uygulamaları ve kumanda – kontrol sistemlerine yönelik tasarımları kapsamaktadır.Bunlardan bazıları Elektro-Hidrolik Kaldırma ve transport sistemleri, Elektronik Araba ve Engelli Araç Tasarımları, Bipedal Yürüme Ölçme ve Analizleri ile Akıllı Kol ve Diz Protez Tasarımları **(Şekil.7),** olarak sayılabilir. Tüm bunların haricinde Sualtı Robotları **(Şekil.8),**, Elektro-Pnömatik Cam Silme Robot Enkaz ve Kanal Araştırma Robotu vs. gibi bazı özel amaçlı ilginç tasarımlar da yapılmaktadır

Şekil.7 Protez Kol Tasarımı



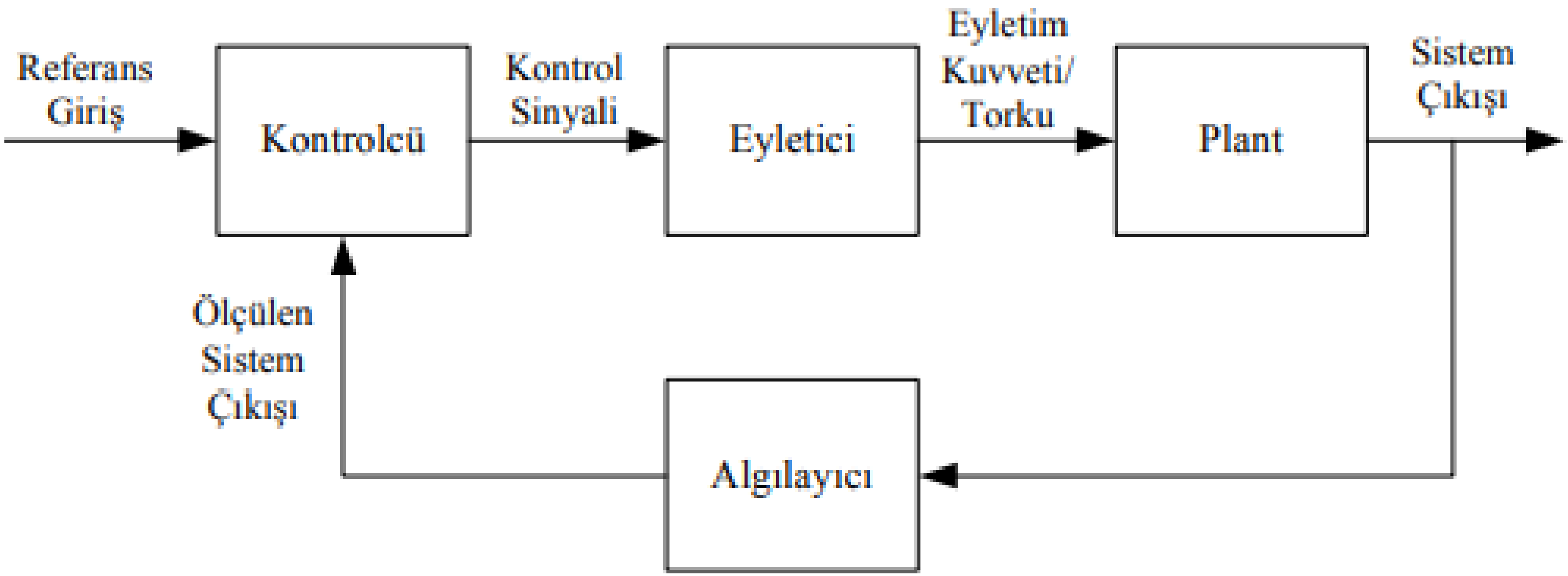
Şekil.8 Sualtı Robotu Tasarımı

Tasarım ve Uygulama Alanlarına Örnekler

Engel tanıma ve geçme , Sinyal aktarımı, görüntü işleme mikro İşlemci kontrollu ve kumandalı sistemler ile bilgisayar yazılım ve donanımları gibi entegre tasarımlar projelerin önemli bir kısmını teşkil etmektedir. Genelde Prototip geliştirme şeklinde yapılan bu çalışmaların 3 temel amacı bulunmaktadır:

1. Öğrencilere aldıkları teorik bilgileri nasıl uyguluyabileceklerini göstermek, fiili tasarım ve el becerilerinıgeliştirmek.
2. Bu güne kadar dış ülkelerden çok büyük para ve kıymetli dövizler harcanarak ithal edilen ve kapalı mimari (!!) nedeni ile müdaale olanakları çok kısıtlı olan laboratuar modellerini kendi bünyemizde esnek olarak geliştirmek
3. Bu şekilde gerçek tasarım ve imalat tecrübesi ile özgüven kazandırmak.

Kontrol mühendisliği açısından bakıldığında, mekatronik sistemler; kontrol edilen sistemi (plantı) mekanik yapıda olan ve genel yapısı Şekil 7'deki gibi tanımlanabilen kapalı çevrim kontrol sistemleridir. En basit yapıdaki tek giriş ve tek çıkışlı uygulamaları göz önüne alınarak bir betimleme yapılırsa, kapalı çevrim kontrol sistemlerinde amaç; kullanıcı tarafından dışarıdan sağlanan ve belirlenen kontrol değişkeni için olması gereken değeri gösteren referans girişle kontrol değişkeninin (sistem çıkışının) bir algılayıcı tarafından ölçülen değerini kullanarak kontrolcü birimi tarafından üretilen kontrol sinyalini mekanik harekete (eyletim kuvveti veya torkuna) çeviren bir eyletici aracılığıyla kontrol değişkeni olarak seçilen plant parametresinin istenen değer veya değerlere getirilmesidir. Bahsedilen değer bir su tankının su seviyesi veya ele alınan bir kara aracının seyir hızı gibi sabit bir büyüklük ise kontrol sistemi bir "düzenleme sistemi (*İng. regulator system*)", zaman içerisinde genliği ve/veya yönü değişen bir değişkense de "takip sistemi (*İng. tracking system*)" olarak adlandırılmaktadır [9], [10].



Kapalı çevrim kontrol sistemi genel yapısı

Model Tabanlı Kontrol Yöntemleri

Mekatronik sistemlerde uygulanan model tabanlı kontrol (*İng. model-based control*) yöntemleri, temelde üç alt başlık altında ele alınabilir:

i. Klasik kontrol yöntemleri
ii. Modern kontrol yöntemleri
iii. Gürbüz kontrol yöntemleri

Klasik kontrol yöntemleri

Kontrol edilecek sistemin (plantın) tek giriş ve tek çıkışlı olması durumunda en fazla tercih edilen yaklaşım "klasik" olarak adlandırılan kontrol yöntemlerinin kullanılmasıdır. Klasik kontrol yöntemlerinde kontrol kuralı; kontrol sisteminin referans girişi ve ölçülen sistem çıkışı arasındaki işletim hatası (hata) baz alınarak hata, hata integrali ve hata türevi büyüklüklerinden uygun şekilde seçilenlerin, genliği plant dinamiği ve başarım isterleri doğrultusunda belirlenen kazanç katsayılarıyla çarpılmasıyla elde edilmektedir. Belirtilen yaklaşımda, kazançların belirlenmesi amacıyla gerekli cebirsel işlemlerin kolaylıkla yapılabilmesi ve ayrıca elde edilen nihai denklemlerin oluşturulan kontrol sisteminin frekans kümesindeki davranışını belirlemek üzere kullanılabilmesi amacıyla zaman kümesinde ifade edilen dinamik denklemlere Laplace dönüşümü uygulanmakta ve tasarımda hesaba katılacak eşitliklerin tamamı Laplace değişkeni ("s") cinsinden ifade edilmektedir. Elde edilen kontrol kuralı yalnızca hatanın hesaplanan bir kazançla çarpılması ile oluşturuluyorsa mevcut kontrol yöntemi "P (oransal) kontrol", hata ve hatanın integrali göz önüne alınıyorsa "PI (oransal ve integral) kontrol" ve hata ve hatanın türevi ele alınıyorsa "PD (oransal ve türevsel) kontrol" olarak adlandırılmakta olup, hata, hata türevi ve hata integralinin dikkate alındığı en genel klasik kontrol kuralı "PID (oransal, integral ve türevsel) kontrol" olarak tanımlanmaktadır. Bu anlamda P, PI ve PD kuralları PID kontrol kuralının türevleri olup, hata (*İng. error*) ve kontrol sinyali büyüklükleri sırasıyla E ve U harfleri ile ifade edilmek üzere, "s" değişkeni kullanılarak PID tipi bir kontrolcünün transfer fonksiyonu Şekil 9-(a)'daki gibi oluşturulabilir.

Bu ders notu için faydalanılan kaynaklar

EEEN343 Sinyaller ve Sistemler

Ders Notları

Prof. Dr. Serdar İplikçi
Pamukkale Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi
Elektrik-Elektronik Mühendisliği