

Kontrol Sistemleri Tasarımı

Açık ve Kapalı Çevrim Kontrol

Prof. Dr. Bülent E. Platin

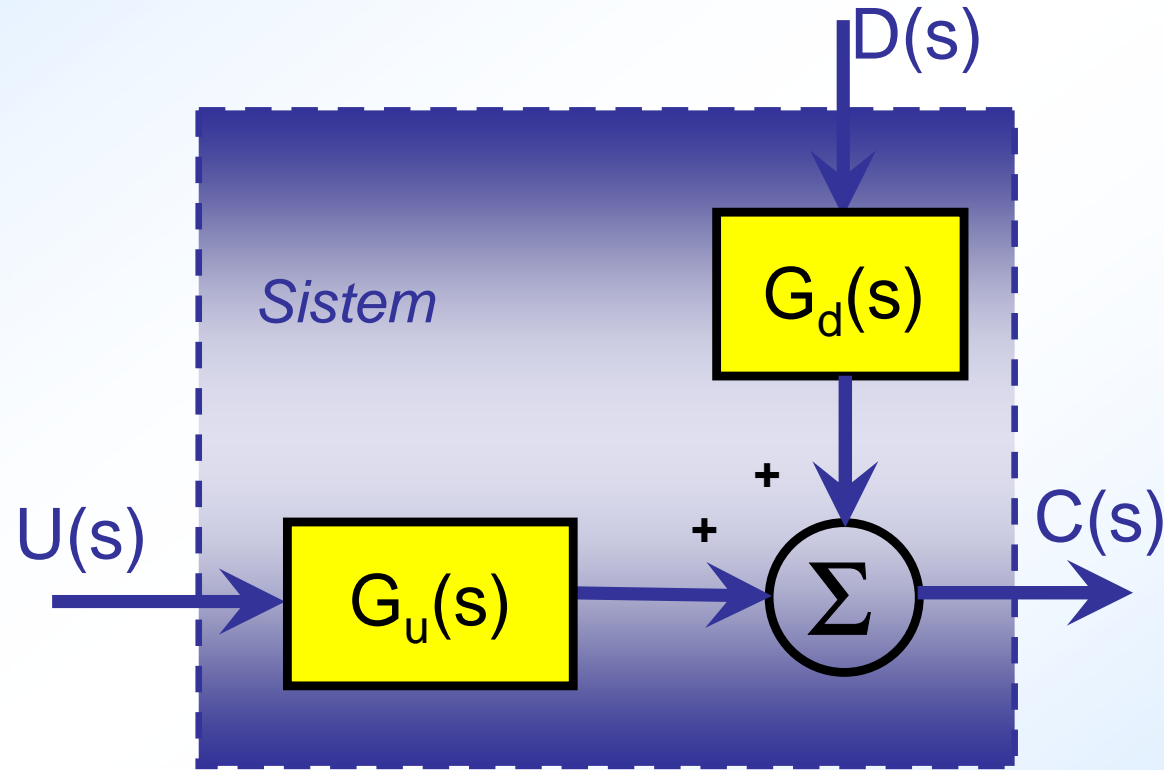


Sistem Dinamiği ve Kontrol Çalıştayı
31 Ağustos – 02 Eylül 2016



Açık Çevrim Kontrol

Kontrol Edilecek Sistem



C : kontrol edilecek çıktı

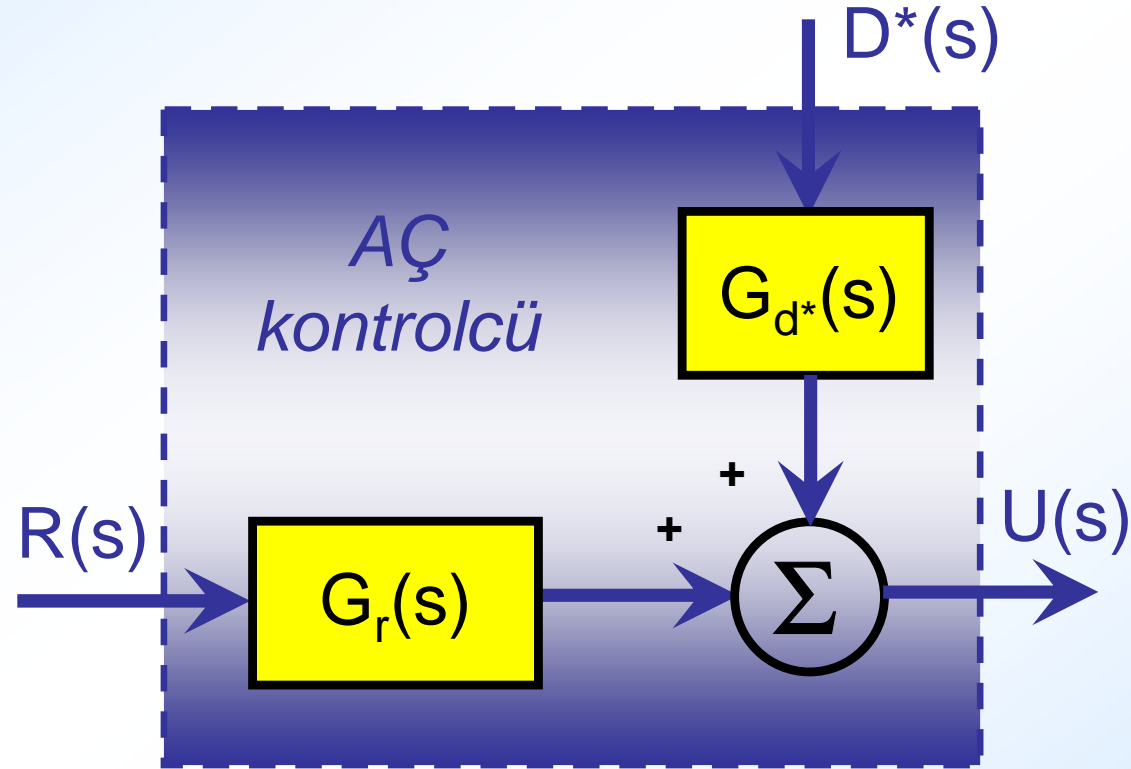
U : kontrol girdisi

D : bozucu etken

$$C = G_u(s)U + G_d(s)D$$

Açık Çevrim Kontrol

Önerilen Kontrolcü Mimarisi



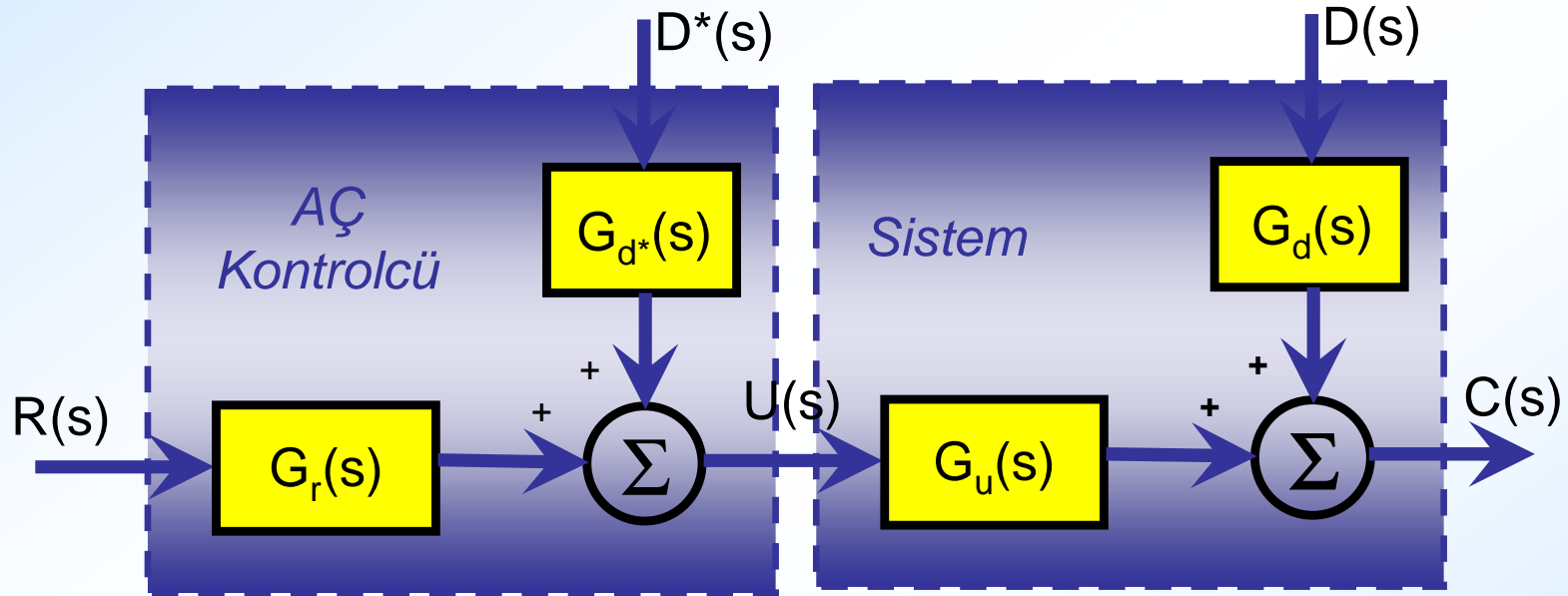
R : referans girdisi

D^* : $D(s)$ 'in ölçülen ya da kestirilen değeri

$$U = G_r(s)R + G_{d^*}(s)D^*$$

Açık Çevrim Kontrol

Kontrolcü Uygulaması



$$C = [G_u(s)G_r(s)]R + [G_u(s)G_{d^*}(s)]D^* + [G_d(s)]D$$

$D' = D - D^*$: D nin kestirimindeki hata

$$C = [G_u(s)G_r(s)]R + [G_u(s)G_{d^*}(s) + G_d(s)]D^* + [G_d(s)]D'$$

Açık Çevrim Kontrol

$$C = \underbrace{(G_u G_r)}_{G_{CR}} R + \underbrace{(G_u G_{d^*} + G_d)}_{G_{CD^*}} D^* + \underbrace{(G_d)}_{G_{CD'}} D'$$

Hedef, $R(s)$ ve $D(s)$ ne olursa olsun
 $C = R$ olacak şekilde $G_r(s)$ ve $G_{d^*}(s)$ 'yi bulmaktır.

$$G_{CR} = 1$$



$$G_r(s) = \frac{1}{G_u(s)}$$

$$G_{CD^*} = 0$$



$$G_{d^*}(s) = -\frac{G_d(s)}{G_u(s)}$$

$$G_{CD'} = 0$$



$$G_d(s) = 0 \text{ mümkün değil!}$$

$$C(s) = R(s) + G_d(s)D'(s)$$

Açık Çevrim Kontrol

$$C(s) = R(s) + G_d(s)D'(s)$$

$$G_r(s) = \frac{1}{G_u(s)}$$

$$G_{d^*}(s) = -\frac{G_d(s)}{G_u(s)}$$

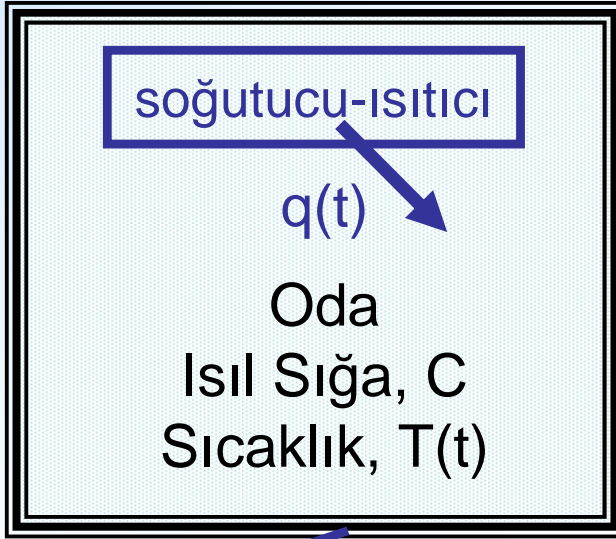
Bazı Yorumlar

- Açık kontrol ancak D' (D nin kestirimindeki hata) küçükse uygun olabilir. Eğer bozucu etkenler ölçülemiyorsa ya da iyi kestirilemezse işe yaramaz.
- $G_{CR}(s)=1$ ve $G_{CD'}=0$ tam olarak sağlanmayabilir. Nedenleri:
 - $G_u(s)$ and $G_d(s)$ 'deki modelleme hataları
 - $G_r(s)$ and $G_{d^*}(s)$ 'nin gerçekleştirilmesindeki zorluklar

Açık Çevrim Kontrol

Örnek

Bir odanın sıcaklık kontrolü



Dış sıcaklık
 $T_0(t)$

Enerji denkliği:

$$C \frac{dT}{dt} = q(t) - \frac{1}{R} (T - T_0)$$

$$\underbrace{T(s)}_{\text{kontrol edilecek değişken}} = \underbrace{\frac{R}{RCs+1}}_{\substack{G_{TQ}(s) \\ G_u}} \underbrace{Q(s)}_{\text{kontrol girdisi}} + \underbrace{\frac{1}{RCs+1}}_{\substack{G_{TT_0}(s) \\ G_d}} \underbrace{T_0(s)}_{\text{bozan etken}}$$

Duvar: Isıl direnç, R

Kontrolcü önerisi: $Q = G_r(s)T_r + G_{d^*}(s)T^*$

T_r : referans sıcaklık
 T^* : T_0 'ın kestirimi

Açık Çevrim Kontrol

Örnek

Bir odanın sıcaklık kontrolü

Sistem dinamiği:

$$\underbrace{T(s)}_{\text{kontrol edilecek değişken}} = \underbrace{\frac{R}{RCs+1}}_{\substack{G_{TQ}(s) \\ G_u}} \underbrace{Q(s)}_{\text{kontrol girdisi}} + \underbrace{\frac{1}{RCs+1}}_{\substack{G_{TT_0}(s) \\ G_d}} \underbrace{T_0(s)}_{\text{bozucu etken}}$$

Bu $G_r(s)$ ve $G_{d^*}(s)$ seçimiyle
 $G_{TT_r}(s)=1$ ve $G_{TT_0}(s)=0$
olduğunu hatırlayalım

Varsayım

Kontrolcü önerisi:

$$Q = G_r(s)T_r + G_{d^*}(s)T^*$$

$$G_r(s) = \frac{1}{G_u(s)} = \frac{RCs+1}{R}$$

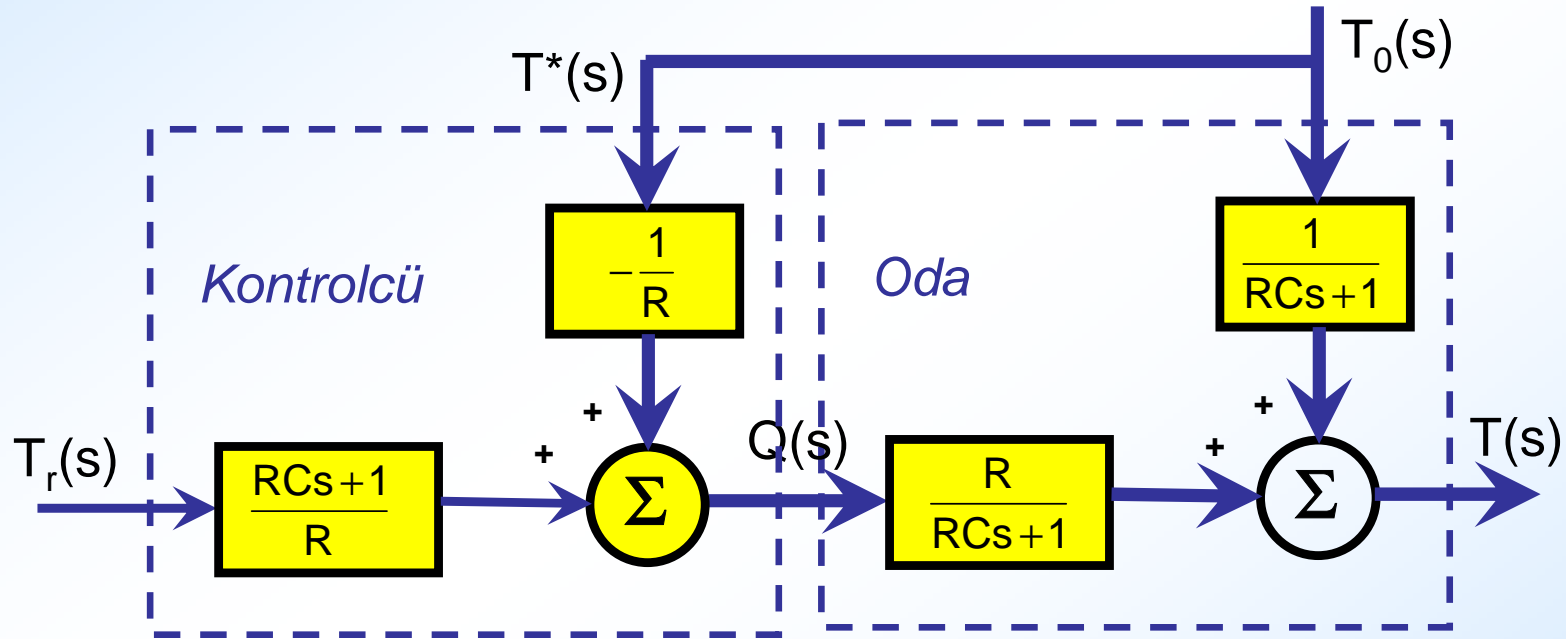
$$G_{d^*}(s) = -\frac{G_d(s)}{G_u(s)} = -\frac{1}{R}$$

$$T^*(s) = T_0(s)$$

Açık Çevrim Kontrol

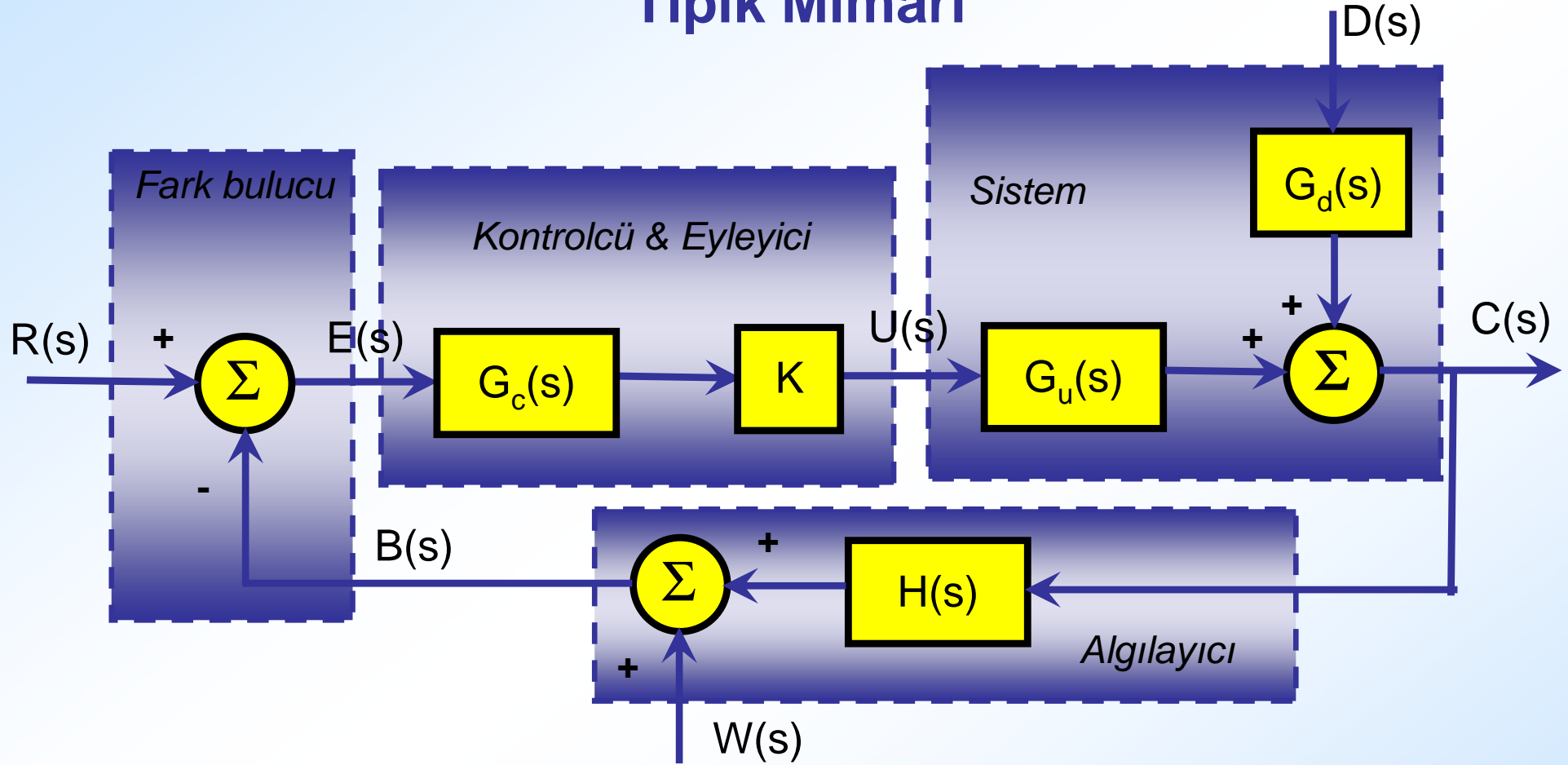
Örnek

Bir odanın sıcaklık kontrolü



Kapalı Çevrim Kontrol

Tipik Mimari



$B(s)$: Geri besleme bilgisi

$E(s)$: Hata

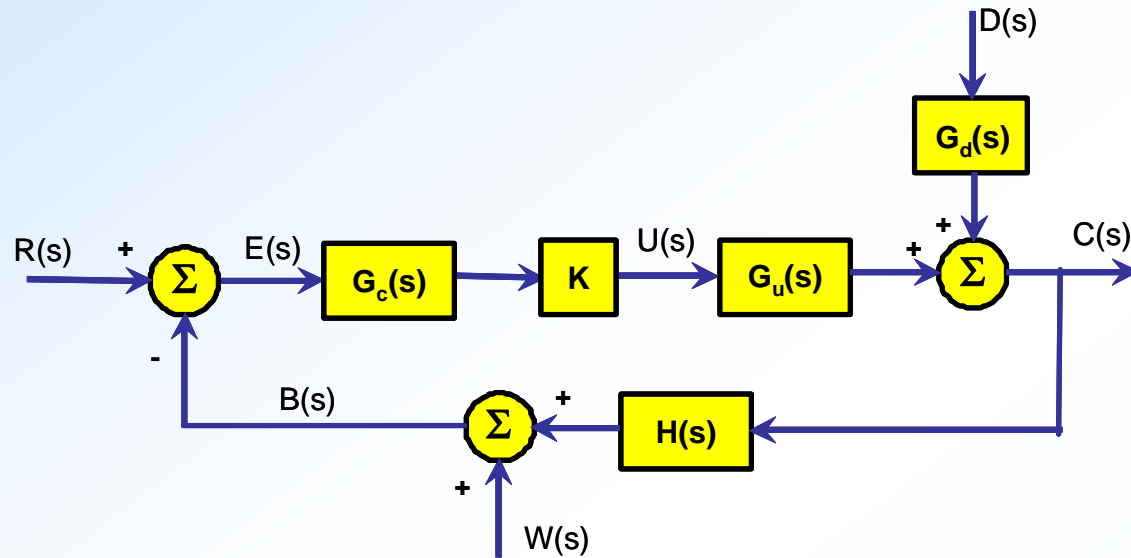
$G_c(s)$: Kontrolcü transfer fonksiyonu

K : Kontrolcü ve eyleyici kazancı

$H(s)$: Algılayıcı transfer fonksiyonu

$W(s)$: Algılayıcı gürültüsü

Kapalı Çevrim Kontrol



$$C = \frac{KG_u G_c}{1 + KG_u G_c H} R + \frac{G_d}{1 + KG_u G_c H} D + \frac{-KG_u G_c}{1 + KG_u G_c H} W$$

$$E = \frac{1}{1 + KG_u G_c H} R + \frac{-G_d H}{1 + KG_u G_c H} D + \frac{-1}{1 + KG_u G_c H} W$$

Hedef, $R(s)$, $D(s)$ ve $W(s)$ ne olursa olsun $C = R$ olacak şekilde K ve $G_c(s)$ 'yi bulmaktır.

Kapalı Çevrim Kontrol

Büyük kazanç K değerleri için : $C = \frac{1}{H(s)} R + \frac{-1}{H(s)} W$ ve $E = 0$

İdeal algılayıcı [$H(s)=1$ & $W=0$] kullanılırsa : $C(s) = R(s)$

Bazı Yorumlar

- Büyük kontrol kazancı K,
 - o bozucu etken D'nin etkisini azaltır,
 - o algılayıcı gürültüsü W'nun etkisini öne çıkarır,
 - o K, $G_u(s)$, $G_d(s)$, $G_c(s)$ 'deki modelleme ve parametre belirsizliklerinin etkisini azaltır
 - o algılayıcı transfer fonksiyonunun etkisini öne çıkarır.
- $H(s) = 1$ ideal kalibre edilmiş ve $W(s) = 0$ çok kaliteli bir algılayıcı kullanımı anlamına gelir.
- $G_c(s)$ kontrol sisteminin
 - o kararlılığı,
 - o sürekli rejimdeki hatası ve
 - o dinamik davranışıgöz önünde bulundurularak tasarlanır.

Kapalı Çevrim Kontrol

Bazı Doğrusal Kontrolcüler

Orantısal Kontrolcü (P-Kontrolcü):

$$G_c(s) = 1 \quad \Rightarrow \quad U = K_p E \quad K_p : \text{orantısal kazanç}$$

Orantısal+Türevsel Kontrolcü (PD-Kontrolcü):

$$G_c(s) = 1 + T_d s \quad \Rightarrow \quad U = K_p (1 + T_d s) E = (K_p + K_d s) E \quad \begin{array}{l} T_d : \text{türevsel zaman} \\ K_d : \text{türevsel kazanç} \end{array}$$

Orantısal+İntegral Kontrolcü (PI- Kontrolcü):

$$G_c(s) = 1 + \frac{1}{T_i s} \quad \Rightarrow \quad U = K_p \left(1 + \frac{1}{T_i s}\right) E = \left(K_p + \frac{K_i}{s}\right) E \quad \begin{array}{l} T_i : \text{integral zamanı} \\ 1/T_i : \text{sıfırlama hızı} \\ K_i : \text{integral kazanç} \end{array}$$

Orantısal+İntegral+Türevsel Kontrolcü (PID-Kontrolcü):

$$G_c(s) = 1 + \frac{1}{T_i s} + T_d s \quad \Rightarrow \quad U = K_p \left(1 + \frac{1}{T_i s} + T_d s\right) E = \left(K_p + \frac{K_i}{s} + K_d s\right) E$$

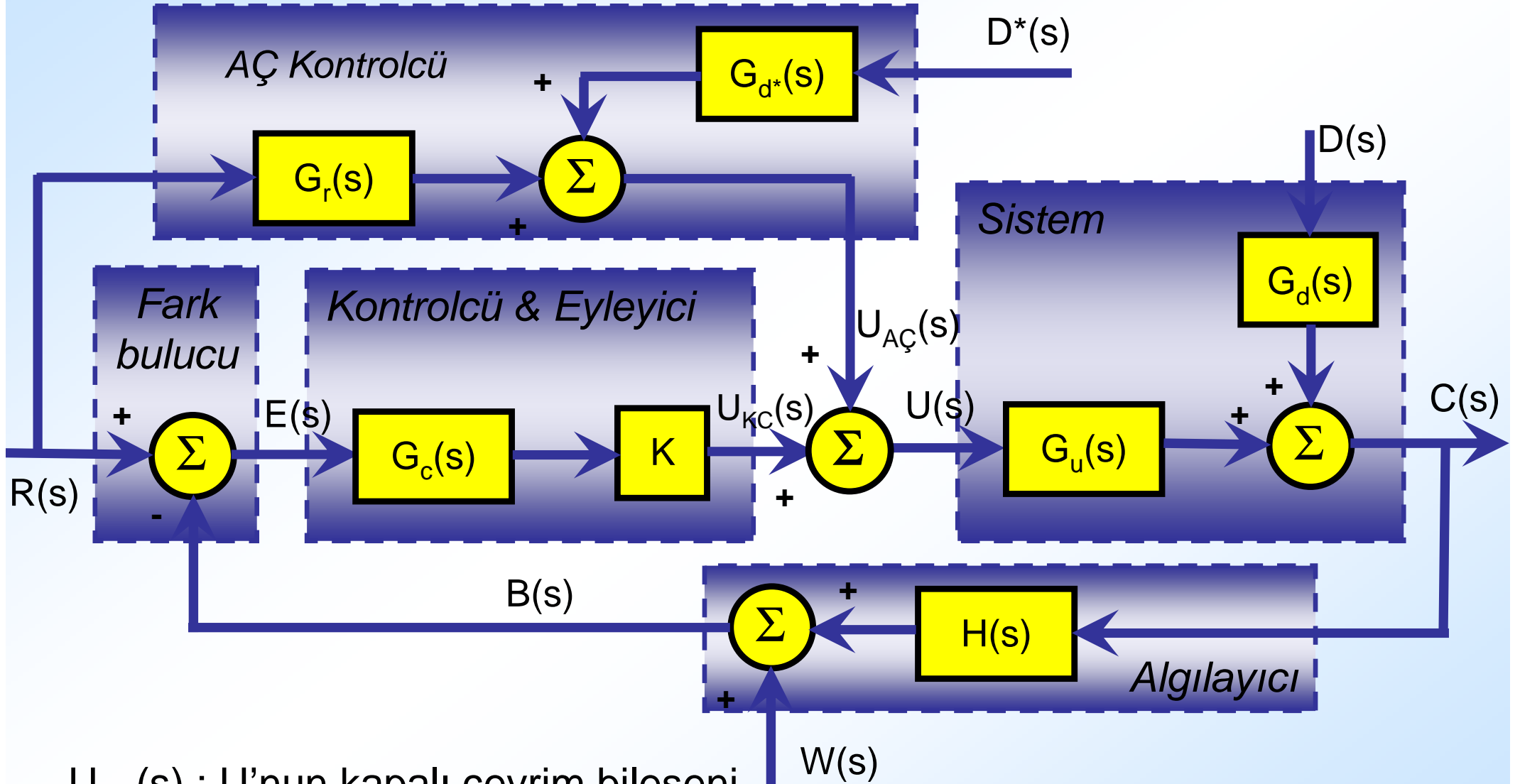
Gecikmeli Kontrolcü (Kompensatör):

$$G_c(s) = \frac{1 + Ts}{1 + \alpha Ts} ; \alpha > 1 \quad \Rightarrow \quad U = K_c \left(\frac{1 + Ts}{1 + \alpha Ts}\right) E ; \alpha > 1 \quad \begin{array}{l} K_c : \text{kontrolcü kazancı} \\ \alpha, T : \text{kontrolcü} \end{array}$$

İlerlemeli (Avanslı) Kontrolcü (Kompensatör):

$$G_c(s) = \frac{1 + Ts}{1 + \alpha Ts} ; 0 < \alpha < 1 \quad \Rightarrow \quad U = K_c \left(\frac{1 + Ts}{1 + \alpha Ts}\right) E ; 0 < \alpha < 1 \quad \text{parametreleri}$$

Açık ve Kapalı Çevrim Bir Arada Kontrol



$U_{KÇ}(s)$: U 'nun kapalı çevrim bileşeni

$U_{AÇ}(s)$: U 'nun açık çevrim bileşeni

Sorularınız

