

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**AĞLARDA DİNAMİK İLETİM HIZI İLE
DURAKSIZ AKIŞ EMÜLASYONU VE
İLETİM HIZININ OPTİMAL KONTROLÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Mehmet ŞAHİN**

Anabilim Dalı : ELEKTRİK MÜHENDİSLİĞİ

Programı : KONTROL VE OTOMASYON MÜHENDİSLİĞİ

HAZİRAN 2007

**AĞLARDA DİNAMİK İLETİM HIZI İLE
DURAKSIZ AKIŞ EMÜLASYONU VE
İLETİM HIZININ OPTİMAL KONTROLÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MEHMET ŞAHİN
(504031115)**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 7 Mayıs 2007
Tezin Savunulduğu Tarih : 13 Haziran 2007**

**Tez Danışmanı : Prof.Dr. Leyla GÖREN
Diğer Jüri Üyeleri Doç.Dr. M. Turan SÖYLEMEZ
Doç.Dr. Sema OKTUĞ**

HAZİRAN 2007

ÖNSÖZ

Tez çalışmam süresince özverili yardımlarını ve değerli fikirlerini esirgemeyen sayın danışman hocam Prof. Dr. Leyla GÖREN'e, anlayışlarından ve motivasyonuma katkılarından dolayı aileme ve kız arkadaşşıma teşekkür ederim.

Haziran 2007

Mehmet ŞAHİN

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	ii
KISALTMALAR	iv
TABLO LİSTESİ	v
ŞEKİL LİSTESİ	vi
SEMBOL LİSTESİ	ix
ÖZET	x
SUMMARY	xi
1. GİRİŞ	1
2. BİR DURAKSIZ AKIŞ MİMARİNİN MATEMATİKSEL MODELİ	3
2.1. Tek İstemcili Ağ Modeli	3
3. İLETİM HIZININ OPTİMAL KONTROLÜ	5
3.1. Lineer Karesel Referans İzleyici Kontrolör	5
3.2. Tek İstemcili Ağ Modeli için Lineer Karesel Referans İzleyici Kontrolör	6
3.3. Çok İstemcili Ağ Modeli için İletim Hızının Optimal Kontrolü	7
3.4. Tek İstemcili Ağ Modeli için P, PI ve PID Kontrolör	9
3.4. Tek İstemcili Ağ Modeli için P, PI ve PID Kontrolör	11
5. DİNAMİK İLETİM HIZI İLE DURAKSIZ AKIŞ EMÜLASYONU	14
5.1. Duraksız Akış Mimarisi	14
5.2. Emülatör Mimarisi	15
5.3. Emülatör Durum Akış Diyagramları	16
6. EMÜLASYON VE SİMÜLASYON SONUÇLARI	27
6.1. Lineer Karesel Referans İzleyici Kontrolör	28
6.2. Birinci Referans Sinyali ile P, PI ve PID Kontrolör	39
6.3. İkinci Referans Sinyali ile P, PI ve PID Kontrolör	46
7. SONUÇLAR VE TARTIŞMA	53
KAYNAKLAR	57
ÖZGEÇMİŞ	59

KISALTMALAR

P	: Proportional (Oransal)
PI	: Proportional and Integral (Oransal ve İntegral)
PID	: Proportional, Integral and Derivative (Oransal, İntegral ve Türevsel)
MATN	: Multimedia Augmented Transition Network

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 3.4.1 K_p , T_i ve T_d Katsayılarının Etkileri	10
Tablo 5.1.1 Lineer Karesel Referans İzleyici Kontrolör Parametrelerine ve İletim Gecikmelerine Göre Şekil Numaraları	28
Tablo 5.2.1 Birinci Referans Sinyali ile P,PI, PID Kontrolör Parametrelerine ve İletim Gecikmelerine Göre Şekil Numaraları.....	39
Tablo 5.3.1 İkinci Referans Sinyali ile P,PI, PID Kontrolör Parametrelerine ve İletim Gecikmelerine Göre Şekil Numaraları	46

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1.1 : Tek İstemcili Ağ Modeli (örneğin j . İstemci)	4
Şekil 3.4.1 : PID Kontrolör Şeması	9
Şekil 3.5.1 : Lineer Karesel Referans İzleyici Kontrolör ile Tek İstemcili Ağın Matlab Simulink Modeli	12
Şekil 3.5.2 : P,PI ve PID Kontrolör ile Tek İstemcili Ağın Matlab Simulink Modeli	13
Şekil 4.1.1 : Duraksız Akış Mimarisi	14
Şekil 4.2.1 : Emülatör Mimarisi	15
Şekil 4.3.1 : Grafik Arayüz Objelerinin Hazırlanması	16
Şekil 4.3.2 : Emülasyonun Başlatılması ve Bitirilmesi	17
Şekil 4.3.3 : İmge Yakalama Modülü	18
Şekil 4.3.4 : Sunucu Modülü	19
Şekil 4.3.5 : İstemci Modülü	20
Şekil 4.3.6 : Kontrol Modülü	21
Şekil 4.3.7.1 : Kontrol Girişinin Hesaplanması (İletim Hızı)	22
Şekil 4.3.7.2 : Kontrol Girişinin Hesaplanması (İletim Hızı)	23
Şekil 4.3.8 : Lineer Karesel Referans İzleyici Kontrolör	24
Şekil 4.3.9 : P, PI Kontrolör	25
Şekil 4.3.10 : PD, PID Kontrolör	26
Şekil 5.1 : k zamanında görüntüleme için kullanılan paket sayısı.....	27
Şekil 5.1.1.1 : k Zamanında İstemci Tamponundaki Paket Sayısı ($G = 10, H = 1, S = 10, Qr = 30, \text{İletim Gecikmesi} = 0$)	29
Şekil 5.1.1.2 : k Zamanında Sunucu Tarafından İletilen Paket Sayısı ($G = 10, H = 1, S = 10, Qr = 30, \text{İletim Gecikmesi} = 0$)	29
Şekil 5.1.1.3 : k Zamanında İstemci Tamponundaki Paket Sayısı ($G = 10, H = 1, S = 10, Qr = 30, \text{İletim Gecikmesi} = 1$)	30
Şekil 5.1.1.4 : k Zamanında Sunucu Tarafından İletilen Paket Sayısı ($G = 10, H = 1, S = 10, Qr = 30, \text{İletim Gecikmesi} = 1$)	30
Şekil 5.1.1.5 : k Zamanında İstemci Tamponundaki Paket Sayısı ($G = 10, H = 1, S = 10, Qr = 30, \text{İletim Gecikmesi} = 2$)	31
Şekil 5.1.1.6 : k Zamanında Sunucu Tarafından İletilen Paket Sayısı ($G = 10, H = 1, S = 10, Qr = 30, \text{İletim Gecikmesi} = 2$)	31
Şekil 5.1.2.1 : k Zamanında İstemci Tamponundaki Paket Sayısı ($G = 1, H = 1, S = 10, Qr = 30, \text{İletim Gecikmesi} = 0$)	32
Şekil 5.1.2.2 : k Zamanında Sunucu Tarafından İletilen Paket Sayısı ($G = 1, H = 1, S = 10, Qr = 30, \text{İletim Gecikmesi} = 0$)	32
Şekil 5.1.2.3 : k Zamanında İstemci Tamponundaki Paket Sayısı ($G = 1, H = 1, S = 10, Qr = 30, \text{İletim Gecikmesi} = 0$)	33
Şekil 5.1.2.4 : k Zamanında Sunucu Tarafından İletilen Paket Sayısı ($G = 1, H = 1, S = 10, Qr = 30, \text{İletim Gecikmesi} = 0$)	33

Şekil 5.1.2.5	: k Zamanında İstemci Tamponundaki Paket Sayısı (G = 1, H = 1, S = 10, Qr = 30, İletim Gecikmesi = 0)	34
Şekil 5.1.2.6	: k Zamanında Sunucu Tarafından İletilen Paket Sayısı (G = 1, H = 1, S = 10, Qr = 30, İletim Gecikmesi = 0)	34
Şekil 5.1.2.7	: k Zamanında İstemci Tamponundaki Paket Sayısı (G = 1, H = 1, S = 10, Qr = 30, İletim Gecikmesi = 0)	35
Şekil 5.1.2.8	: k Zamanında Sunucu Tarafından İletilen Paket Sayısı (G = 1, H = 1, S = 10, Qr = 30)	35
Şekil 5.1.2.9	: k Zamanında İstemci Tamponundaki Paket Sayısı (G = 1, H = 1, S = 10, Qr = 30)	36
Şekil 5.1.2.10	: k Zamanında Sunucu Tarafından İletilen Paket Sayısı (G = 1, H = 1, S = 10, Qr = 30)	36
Şekil 5.1.3.1	: k Zamanında İstemci Tamponundaki Paket Sayısı (G = 10, H = 1, S = 1, Qr = 30)	37
Şekil 5.1.3.2	: k Zamanında Sunucu Tarafından İletilen Paket Sayısı (G = 10, H = 1, S = 1, Qr = 30)	37
Şekil 5.1.4.1	: k Zamanında İstemci Tamponundaki Paket Sayısı (G = 10, H = 10, S = 10, Qr = 30)	38
Şekil 5.1.4.2	: k Zamanında Sunucu Tarafından İletilen Paket Sayısı (G = 10, H = 10, S = 10, Qr = 30)	38
Şekil 5.2.1.1	: k Zamanında İstemci Tamponundaki Paket Sayısı (Kp = 1.5, Qr = 30)	40
Şekil 5.2.1.2	: k Zamanında Sunucu Tarafından İletilen Paket Sayısı (Kp = 1.5, Qr = 30)	40
Şekil 5.2.1.3	: k Zamanında İstemci Tamponundaki Paket Sayısı (Kp = 1.5, Qr = 30)	41
Şekil 5.2.1.4	: k Zamanında Sunucu Tarafından İletilen Paket Sayısı (Kp = 1.5, Qr = 30)	41
Şekil 5.2.2.1	: k Zamanında İstemci Tamponundaki Paket Sayısı (Kp = 1.5, Ti = 250, Qr = 30)	42
Şekil 5.2.2.2	: k Zamanında Sunucu Tarafından İletilen Paket Sayısı (Kp = 1.5, Ti = 250, Qr = 30)	42
Şekil 5.2.2.3	: k Zamanında İstemci Tamponundaki Paket Sayısı (Kp = 1.5, Ti = 250, Qr = 30)	43
Şekil 5.2.2.4	: k Zamanında Sunucu Tarafından İletilen Paket Sayısı (Kp = 1.5, Ti = 250, Qr = 30)	43
Şekil 5.2.3.1	: k Zamanında İstemci Tamponundaki Paket Sayısı (Kp = 1.5, Ti = 250, Td = 0.12, Qr = 30)	44
Şekil 5.2.3.2	: k Zamanında Sunucu Tarafından İletilen Paket Sayısı (Kp = 1.5, Ti = 250, Td = 0.12, Qr = 30)	44
Şekil 5.2.3.3	: k Zamanında İstemci Tamponundaki Paket Sayısı (Kp = 1.5, Ti = 250, Td = 0.12, Qr = 30)	45
Şekil 5.2.3.4	: k Zamanında Sunucu Tarafından İletilen Paket Sayısı (Kp = 1.5, Ti = 250, Td = 0.12, Qr = 30)	45
Şekil 5.3.1.1	: k Zamanında İstemci Tamponundaki Paket Sayısı (Kp = 1.5, Qr = 20)	47
Şekil 5.3.1.2	: k Zamanında Sunucu Tarafından İletilen Paket Sayısı (Kp = 1.5, Qr = 20)	47
Şekil 5.3.1.3	: k Zamanında İstemci Tamponundaki Paket Sayısı (Kp = 1.5, Qr = 20)	48

Şekil 5.3.1.4	: k Zamanında Sunucu Tarafından İletilen Paket Sayısı ($K_p = 1.5, Q_r = 20$)	48
Şekil 5.3.2.1	: k Zamanında İstemci Tamponundaki Paket Sayısı ($K_p = 1.5, T_i = 250, Q_r = 20$)	49
Şekil 5.3.2.2	: k Zamanında Sunucu Tarafından İletilen Paket Sayısı ($K_p = 1.5, T_i = 250, Q_r = 20$)	49
Şekil 5.3.2.3	: k Zamanında İstemci Tamponundaki Paket Sayısı ($K_p = 1.5, T_i = 250, Q_r = 20$)	50
Şekil 5.3.2.4	: k Zamanında Sunucu Tarafından İletilen Paket Sayısı ($K_p = 1.5, T_i = 250, Q_r = 20$)	50
Şekil 5.3.3.1	: k Zamanında İstemci Tamponundaki Paket Sayısı ($K_p = 1.5, T_i = 250, T_d = 0.12, Q_r = 20$)	51
Şekil 5.3.3.2	: k Zamanında Sunucu Tarafından İletilen Paket Sayısı ($K_p = 1.5, T_i = 250, T_d = 0.12, Q_r = 20$)	51
Şekil 5.3.3.3	: k Zamanında İstemci Tamponundaki Paket Sayısı ($K_p = 1.5, T_i = 250, T_d = 0.12, Q_r = 20$)	52
Şekil 5.3.3.4	: k Zamanında Sunucu Tarafından İletilen Paket Sayısı ($K_p = 1.5, T_i = 250, T_d = 0.12, Q_r = 20$)	52

SEMBOL LİSTESİ

Q	: İstemci tampondaki paket sayısı
R	: Sunucu tarafından iletilen paket sayısı
R'	: İstemciye ulaşan paket sayısı
L	: Görüntüleme için kullanılan paket sayısı
Qr	: Bağlantı kurulumunda atanmış istemci tampon kapasitesi
J	: Ceza fonksiyoneli
G, H, S	: Ceza fonksiyoneli için ağırlık matrisleri
K	: Geri besleme kazancı
F	: İleri yol kazancı

AĞLARDA DİNAMİK İLETİM HIZI İLE DURAKSIZ AKIŞ EMÜLASYONU VE İLETİM HIZININ OPTİMAL KONTROLÜ

ÖZET

Günümüzde çoklu ortam (multimedia-video ve/veya ses) verilerinin ağ üzerinden iletiminin popüler hale gelmesiyle duraksız akış uygulamalarında servis kalitesi daha da önemli hale gelmiştir. Çoklu ortam servislerinin sağlanmasında yüksek bant genişliği gereksinimi limitli ağ kaynaklarının en etkin şekilde kullanımını önemli bir iş haline getirmiştir. Duraksız akış uygulamalarında veri sunucudan gönderilirken aynı zamanda istemcide tamponlanarak görüntülenmektedir.

Bu tez çalışmasında minimum bant genişliği tahsisatı ve maksimum istemci tampon kullanımını sağlamak için iletim hızının optimal kontrolü önerilmiştir, her istemci için sabit bir bant genişliği atanması yerine, sunucu her bir istemci için tampon kullanımı ve tüketim hızına göre iletim hızını güncellemektedir. İletim hızının optimal kontrolü için Lineer Karesel Referans İzleyici, P, PI ve PID Kontrolör tasarımları emülatör üzerinde gerçekleştirilerek bant genişliği, gecikme ve kayıplar gibi başarımlar için etkileri gözlemlenmiştir. Duraksız akış uygulamasında limitli bant genişliği kaynağı ile servis kalitesine ilişkin gereksinimlerin önerilen Lineer Karesel Referans İzleyici Kontrolör ile karşılanabileceği görülmüştür.

Bu tez çalışmasında yapılan kontrolör tasarımlarında ağ üzerindeki yayılım ve kuyruk gecikmeleri hesaba katılmasa da Lineer Karesel Referans İzleyici Kontrolörün belli şartlar altında, belli bir seviyeye kadar gecikmelere karşı gürbüz kalabildiği ve bu gecikmelere karşı gürbüzlük seviyesinin kullanılan ağırlık matrisleriyle değiştiği gözlenmiştir.

STREAMING NETWORK EMULATION WITH DYNAMIC TRASMISSION RATE AND OPTIMAL CONTROL OF BANDWITH ALLOCATION

SUMMARY

Recently, quality of service in streaming applications became more and more important with growing demand for multimedia transmission over network. High bandwidth requirements in multimedia transmission make the efficient use of network resource a considerable task. In streaming applications while multimedia data are transmitted from server, the received images are displayed simultaneously by buffering at client.

In this thesis optimal control of transmission rate is purposed to achieve minimal allocation of bandwidth and maximal utilization of client buffer, instead of assigning a fixed bandwidth for each client, the server determines the transmission rate for each client connection according to buffer usage and playback rate. For optimal control of transmission rate Linear Quadratic Reference Tracker, P, PI and PID Controller designs were implemented by an emulator and the effects for streaming success criterion like bandwidth, delay and data loss were observed. It is considered that with limited bandwidth resource service quality requirements for a streaming application can be provided by this purposed Linear Quadratic Reference Tracker Controller.

In this thesis it is observed that although the propagation and queue delays of the network were not taken into account, under some conditions Linear Quadratic Reference Tracker Controller can be robust for delays up to a determined level and this robustness level changes with the weighting matrices

1. GİRİŞ

Çoklu ortam verilerinin ağ üzerinden iletmek için duraksız akış uygulaması veya yükleme kullanılabilir. Duraksız akış uygulamasında veri gönderimi ve oynatımı paralel olarak gerçekleştirilir, yükleme yönteminde ise, kullanıcı tüm veriyi yükledikten sonra oynatıma geçer. Duraksız akış uygulaması, yükleme yönteminde yaşanan uzun süreli bekleme gereksinimini ortadan kaldırmaktadır[3].

Duraksız akış uygulamasının başarımını etkileyen kısıtlar şunlardır [3-5]:

1. Bant genişliği: Çoklu ortam verileri, diğer veri türlerine oranla çok daha yüksek bant genişliğine ihtiyaç duyarlar. Ancak, limitli ağ kaynakları bu kadar büyük bir bant genişliği ihtiyacını karşılamada yetersiz kalmaktadır. Uygulamalar sırasında çeşitli nedenlerden dolayı işletim ve iletişim sistemleri kaynaklarının yetersiz kaldığı durumlarda yaşanan darboğaz, uygulamaların başarımını olumsuz yönde etkilemektedir.

2. Gecikme: İstemcide görüntülemenin sürekliliğinin korunması açısından, uçtan uca gecikme değerleri belli bir üst sınırı aşmaması gerekir. Gecikmeler görüntüleme sırasında sürekliliğin bozulmasına yol açarlar. Tıkanıklıklar ise gecikme sınırlarının aşılmasına neden olabilmektedir.

3. Kayıplar: Kayıp paketler, görüntüleme kalitesinin bozulmasına yol açabilecekleri gibi kesilmesine de neden olabilirler. Bu nedenle iyi bir görüntüleme kalitesi için kayıp oranının belli değerlerin altında tutulması gerekir. Ancak, günümüz ağ kaynakları bu tip bir garantinin sağlanması konusunda da yetersiz kalmaktadır. Özellikle, tıkanıklık sırasında gözlenen yüksek kayıp oranları görüntüleme kalitesinde önemli bozulmaların yaşanmasına neden olmaktadır.

4. Heterojenlik: Video konferansları, İnternet TV gibi uygulamalarda bire yayım tekniğinin kullanılması aynı videonun bir kaç kopyasının ağ üzerinde taşınmasına yol açtığından bant genişliği kullanımını olumsuz yönde etkilemektedir. Bu yüzden bu tür uygulamalarda çoğa yayım tekniği tercih edilir. Ancak, çoğa yayım uygulamalarının önemli bir sorunu, ağ üzerindeki heterojenlik nedeniyle bire yayım

teknikinde yaşanan esnekliğin sağlanamamasıdır. Bire yayım teknikinde her alıcı birbirinden bağımsız olarak gönderici ile iletişime girerek değişik kalitede video akış isteyebilir. Ancak, çoğa yayım mekanizmasında videonun tek bir kopyası gönderildiği için tüm alıcılar, aynı kaliteye sahip tek bir video akışını alırlar.

Bu tez çalışmasında duraksız akış uygulamasının başarımının etkileyen kısıtlardan biri olan bant genişliği kullanımını minimize etmek ve maksimum istemi tampon kullanımı sağlamak için iletim hızının optimal kontrolü önerilmiştir. Her bir istemci bağlantısı için en uygun iletim hızını belirleyen bir iletim planı tasarlamak üzere Lineer Karesel Referans İzleyici, P, PI ve PID Kontrolör tasarımları yapılmış ve bir emülatör üzerinde gerçekleştirilerek, bant genişliği yanında diğer başarımlarından gecikme ve kayıplar için etkileri gözlemlenerek ve yorumlanmıştır.

2. BİR DURAKSIZ AKIŞ MİMARİSİNİN MATEMATİKSEL MODELİ

2.1. Tek İstemcili Ağ Modeli

Şekil 2.1.1’de tek istemci için ağ modeli (örneğin j . istemci) verilmiştir. Değişkenler aşağıdaki tanımlanmıştır:

- k : ayrık zamana karşı düşen bağımsız değişken (tam sayı);
- $Q(k)$: k anında tampondaki paket sayısı;
- $R(k)$: k anında sunucu tarafından iletilen paket sayısı;
- $R'(k)$: k anında istemciye ulaşan paket sayısı;
- $L(k)$: k anında görüntüleme için kullanılan paket sayısı;
- Qr : bağlantı kurulumunda atanmış istemci tampon kapasitesi.

Bu yapıda, yayılım gecikmesi ihmal edilmiştir. Matematiksel model sunucudan iletilen paketlerin aynı anda istemciye vardığı kabulü ile elde edilmiştir. Bu,

$$R'(k) = R(k) \quad (2.1.1)$$

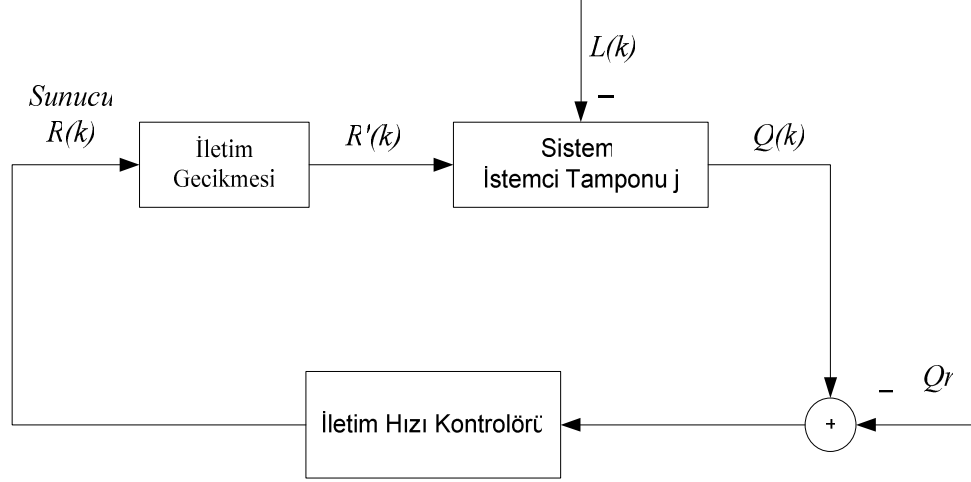
demektir ve tez boyunca $R'(k)$ gösterimi için $R(k)$ kullanılmaktadır. $k + 1$ anında sunucu tarafından iletilen paket sayısı, görüntüleme için kullanılan paket sayısı ve istemci tamponunda bulunan paket sayısı arasındaki ilişki aşağıda verilmiştir.

$$Q(k + 1) = Q(k) + R(k) - L(k) \quad (2.1.2)$$

$Q(k)$ izlemek istediğimiz değişken ve Qr de atanmış tampon kapasitesi olsun bu durumda $e(k)$ da izlemek istediğimiz değişkendir ve ,

$$e(k) = Q(k) - Qr \quad (2.1.3)$$

şeklinde hesaplanır. İstemci tamponunu etkin bir şekilde kullanmak için, $e(k)$ en aza indirgenmelidir. Öte yandan, bant genişliğini verimli kullanmak için iletim hızı $R(k)$ da en aza indirgenmelidir.



Şekil 2.1.1: Tek İstemcili Ağ Modeli (örneğin j . İstemci)

Daha önce yapılmış çalışmalarda önerilen Multimedia Augmented Transition Network (MATN) [1][6][7][8] modeli, çoklu ortam verileri için istemci görüntüleme programını iletim başlamadan önce sağlayabilmektedir. Çoklu ortam sunumunun yaratıldığı zamanda, MATN modeli görüntüleme esnasında gözlenmesi gereken çeşitli çoklu ortam verileri arasındaki geçici kısıtlamaları belirtmek için kullanılabilir [1]. Çoklu ortam sunumu MATN tarafından modellenir ve sunucuda saklanır. Böylelikle $L(k)$ değeri önceden bilinmektedir. İstemci sunucudan bilgiyi istediği zaman, sunucuda saklanan görüntüleme programı görüntüleme gereksinimlerini sağlamak için en uygun iletim hızını belirlemede kullanılabilir. Paketleri sabit bir hızda iletmek yerine, iletim hızı istemci tamponundaki paket sayısına ve görüntüleme hızına göre otomatik olarak değiştirilebilir.

Bu tez çalışmasında, tampon kullanımını maksimize etmek ve bant genişliği kullanımını minimize etmek amacıyla, her bir istemci bağlantısı için en uygun iletim hızını belirleyen iletim planı tasarlamak için kullanılan Lineer Karesel Referans İzleyici Kontrolör tasarımı yapılacak ve bir emülatör üzerinde gerçekleştirilecektir.

3. İLETİM HIZININ OPTİMAL KONTROLÜ

3.1. Lineer Karesel Referans İzleyici Kontrolör

Bu bölümde bir sistemi, belirlenmiş bir zaman aralığı içinde istenilen referans yörüngeyi izlemeye zorlayan optimal kontrol yasası sunulmaktadır [1],[9] .

Denklem 3.1.1’de bilinen bir bozucu d_k içeren doğrusal durum uzayı formunda bir sistem verilmiştir.

$$x_{k+1} = Ax_k + Bu_k + d_k \quad (3.1.1)$$

Burada A ve B sırasıyla sistem ve giriş matrisleri, u_k kontrol girişi ve x_k durum vektörüdür. Aşağıda verilen J fonksiyonelinde,

$$J = \frac{1}{2} \left(x_N^T S_N x_N + \sum_{k=1}^{N-1} (x_k^T G x_k + u_k^T H u_k) \right) \quad (3.1.2)$$

$S_N \geq 0$, $G > 0$, $H > 0$, G ve H ağırlık matrisleridir, S_N sınır koşulları içindir, ve $[1, N]$ ise yörünge izleme periyodudur.

Optimal davranış için u_k kontrol kuralı aşağıdaki gibi bulunur,

$$K_k = (B^T S_{k+1} B + H)^{-1} B^T S_{k+1} A, \quad (3.1.3)$$

S_N verilendir, S_k geriye doğru aşağıdaki ilişki gereği hesaplanır,

$$S_k = A^T S_{k+1} (A - BK_k) + G, \quad (3.1.4)$$

$$V_k = (A - BK_k)^T v_{k+1} - (A - BK_k)^T S_{k+1} d_k, \quad (3.1.5)$$

$$v_N = 0, \quad (3.1.6)$$

$$F_k = (B^T S_{k+1} B + H)^{-1} B^T, \quad (3.1.7)$$

$$u_k = -K_k x_k + F_k v_{k+1} \quad (3.1.8)$$

burada K_k geri besleme kazancı, F_k ileri yol kazancı, S_k ve v_k ise optimal kontrol kuralı u_k hesaplanmasında kullanılan yardımcı ardışıklardır. Sisteme u_k kontrol girişi ardişığı uygulandığında karesel J fonksiyoneli en aza indirgenmiş olacaktır.

3.2. Tek İstemcili Ađ Modeli için Linear Karesel Referans İzleyici Kontrolör

Bir istemci bağlantısına ait optimal iletim hızını bulmak üzere istemci tamponu fark denklemleri (Denklem 3.2.1) aşağıda verilmiştir. Her bir istemci için aynı hesaplama yöntemi kullanıldığından, denklemleri basitleştirmek için $e(k)$, $R(k)$ ve $L(k)$, k zamanında, j . istemcinin ilgili değerlerini göstermek üzere kullanılmıştır. Burada $R(k)$ kontrol girişi ve $e(k)$ izlenilecek değerin durumudur.

$$e(k+1) = e(k) + R(k) - L(k) \quad (3.2.1)$$

Denklem 3.2.2'de verilen J fonksiyoneliinde,

$S_N \geq 0$, $G > 0$, $H > 0$, G ve H ağrılık matrisleridir, S_N sınır koşulları içindir, ve $[1, N]$ ise yörünge izleme periyodudur.

$$J = \frac{1}{2} \left(e_N^T S_N e_N + \sum_{k=1}^{N-1} (e_k^T G e_k + R_k^T H R_k) \right) \quad (3.2.2)$$

İlgili denklemlerde (Denklem 3.2.1 ve Denklem 3.2.2), değerler $A=1$, $B=1$, $S_N=0$, $G=1$ ve $H=1$ olarak seçilmiştir. Burada, optimal iletim hızı $R(k)$ aşağıdaki denklemler zlerek bulunabilir.

$$K_k = (S_{k+1} + 1)^{-1} S_{k+1}, \quad (3.2.3)$$

S_N verilmiştir ,

$$S_k = S_{k+1} (1 - K_k) + 1, \quad (3.2.4)$$

$$V_k = (1 - K_k)^T v_{k+1} - (1 - K_k)^T S_{k+1} d_k, \quad (3.2.5)$$

$$v_N = 0, \quad (3.2.6)$$

$$F_k = (S_{k+1} + 1)^{-1}, \quad (3.2.7)$$

Aşağıdaki denklem (Denklem 3.2.8), k zamanında optimal iletim hızını vermektedir

$$R(k) = -K_k e(k) + F_k v_{k+1} \quad (3.2.8)$$

ve $k + 1$ zamanında tampondaki paket sayısı aşağıdaki gibidir.

$$Q(k+1) = e(k+1) + Q_r \quad (3.2.9)$$

Önerilen bu algorithma, bütün iletim periyodu için iletim hızı, iletim başlamadan önce hesaplanabilmektedir. Birçok parametrenin hesaplanması off-line olarak yapılabilmektedir, bu iletim hızı kontrolörünün uygulanmasını basitleştirmektedir. İletim başlamadan S_k , K_k ve F_k off-line olarak hesaplanıp, K_k ve F_k iletim başladığında kullanılmak üzere saklanabilir, bundan sonra geriye kalan sadece ilgili denklem ile (Denklem 3.2.8) optimal kontrol $R(k)$ 'nin hesaplanmasıdır.

3.3. Çok İstemcili Ağ Modeli için Lineer Karesel Referans İzleyici Kontrolör

Sunucudan aynı anda veri isteğinde bulunan m tane istemci olduğunu kabul edelim. j . istemci için, J_j ceza fonksiyoneli, Q_{rj} j . istemci için atanmış istemci tampon kapasitesi, $Q_j(k)$ k zamanında tampondaki paket sayısı, $e_j(k)$ k zamanında tampondaki paket sayısı ile atanmış tampon kapasitesi arasındaki fark ve $R_j(k)$ j . istemci için iletim hızı olsun. Atanmış tampon kapasitesi ve tampondaki paket sayıları arasındaki fark aşağıdaki denklem ile tanımlanır.

$$e_{jk} = Q_{jk} - Q_{rj} \quad (3.3.1)$$

İstemci tamponundaki paket sayısını maksimize etmek $e_j(k)$ 'yi minimize etmek demektir. Sunucu tarafının optimizasyon fonksiyonu aşağıdaki gibi olmalıdır [1][9].

$$J = \sum_{j=1}^m J_j = \sum_{j=1}^m \left(\frac{1}{2} \sum_{k=1}^{N-1} (e_j^2(k) + R_j^2(k)) \right) \quad (3.3.2)$$

m tane istemcisi bağımsız olduğu için, eğer j . istemcinin J_j değeri en az ise, J_j fonksiyonellerinin toplam değeri de en azdır.

$$J_j = \frac{1}{2} \sum_{k=1}^{N-1} (e_j^2(k) + R_j^2(k)) \quad (3.3.3)$$

Her istemci için optimal iletim hızı Linear Karesel Referans İzleyici Kontrolör kullanılarak bulunur. Her istemci için optimal bant genişliği sunucu tarafından hesaplandıktan sonra, j . istemci bağlantısı için etkin bant genişliği W_j aşağıdaki denklemi sağlamalıdır,

$$\sum_j W_j \leq BW \quad (3.3.4)$$

burada BW ağın bant genişliğidir.

Her bir istemcinin iletim hızı ayrı ayrı optimize edildiği için, hesaplanan bant genişlikleri toplamı ağ bant genişliğinden daha büyük çıkabilir, bu durumda her bir istemci bağlantısı için bant genişliği tekrar hesaplanmalıdır. Sunucu için algoritma aşağıda verilmiştir. $rate(j)$, j . istemci için iletim hızı ve $Total_rate$ m tane istemci için toplam iletim hızı olsun. k zamanında sunucuda hız iletim hızlarını tekrar ayarlayan algoritma aşağıdaki gibidir.

$$Total_rate = \sum_j^m rate(j);$$

if $Total_rate > BW$

for $j = 1$ to m

$$rate(j) = rate(j) * \left(\frac{BW}{Total_rate} \right);$$

endfor

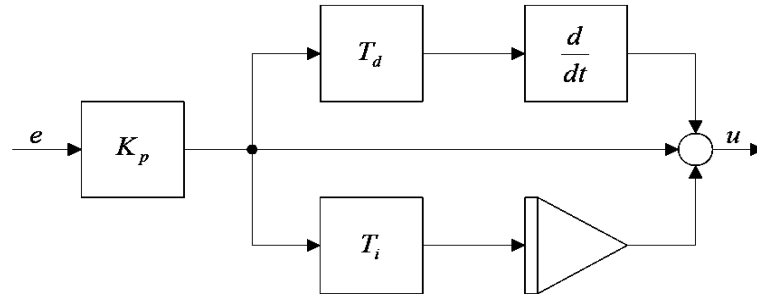
endif

Görüntüleme hızının düşük ve iletim hızının yüksek olduğu bazı durumlarda, istemci tarafında tampon taşmaları meydana gelebilir. Görüntüleme programı bilindiği için bu durum önceden fark edilip önlenabilir. Olası taşma zamanında taşmayı engellemek için istemci tampon kapasitesi otomatik olarak yükseltip taşma periyodu sonlandığında azaltılarak normal haline getirilebilir.

3.4. Tek İstemcili Ağ Modeli için P, PI ve PID Kontrolör

P, I ve D etkilerin bir araya gelmesiyle oluşur ve her bir etkinin davranış özelliklerine sahiptir. Basit kontrol algoritmalarından farklı olarak, PID kontrolör geçmişe dönük sistem girişlerini ve bunların değişim hızını kullanabilmektedir. PID kontrolör hatanın üç farklı yönüyle ilgilenmektedir, şu anki hatayı P (Oransal), daha önceki hatayı I (İntegral), ileride beklenen hatayı ise D (Türevsel) etki ile kontrol altına almaktadır [10].

Şekil 3.4.1'de PID kontrolör şeması verilmiştir, burada K_p orantı kazancı, T_i integral zaman ve T_d türev zamandır. K_p orantı kazancının, integral ve türev kısımları üzerinde de etkisi vardır.



Şekil 3.4.1: PID Kontrolör Şeması

Oransal etkisi, yükselme zamanını azaltır, fakat kalıcı-durum hatasını tamamen yok edemez. İntegral etki, sistemde ortaya çıkabilecek kalıcı-durum hatasını sıfırlar, ancak bu geçici tepkinin daha kötü olmasına sebep olabilir. Türevsel etki sistemin kararlılığının artmasında etkisi vardır, aşmayı azaltır ve geçici tepkiyi düzeltir. Buna göre PID kontrol organı, hızlı ve daimi rejim hatası sıfır olan bir kontrol sağlar. K_p , T_i ve T_d katsayılarının uygun ayarlanması ile iyi bir kontrol sağlamak mümkün olabilir.

Şekil 3.4.1'deki PID kontrolör şemasının transfer fonksiyonu aşağıda verilmiştir:

$$\frac{u}{s}(s) = H(s) = K_p \left(1 + \frac{1}{T_i s} + T_d s \right) \quad (3.4.1)$$

buradan,

$$u(t) = K_p \left(e(t) + \frac{1}{T_i} \int_0^t e(\sigma) d\sigma + T_d \frac{de(t)}{dt} \right) \quad (3.4.2)$$

Kesikli formu elde etmek için türevsel ve integral terimler aşağıdaki yaklaşımla ifade edilsin,

$$\int_0^t e(\sigma) d\sigma \approx T \sum_{k=0}^n e(k) \quad \frac{de(t)}{dt} \approx \frac{e(n) - e(n-1)}{T} \quad t = nT \quad (3.4.3)$$

burada n, t zamanındaki kesikli adımdır, kesikli PID kontrolör aşağıdaki gibi ifade edilebilir,

$$u(n) = K_p e(n) + K_i \sum_{k=0}^n e(k) + K_d (e(n) - e(n-1)) \quad (3.4.4)$$

buradaki, K_i ve K_d aşağıdaki gibidir.

$$K_i = \frac{K_p T}{T_i} \quad K_d = \frac{K_p T_d}{T} \quad (3.4.5)$$

Kapalı döngülü bir sistemde, her bir katsayının etkisi K_p , T_i ve T_d , Tablo 3.4.1'de özet olarak gösterilmiştir.

Tablo 3.4.1: K_p , T_i ve T_d Katsayılarının Etkileri

Kapalı-döngü sistem tepkisi	Yükseleme Zamanı	Aşma	Yerleşme Zamanı	Kalıcı-durum hatasını
K_p	Azalır	Artar	Etkisi azdır	Azalır
$1/T_i$	Azalır	Artar	Artar	Sıfırlanır
T_d	Etkisi azdır	Azalır	Azalır	Etkisi azdır

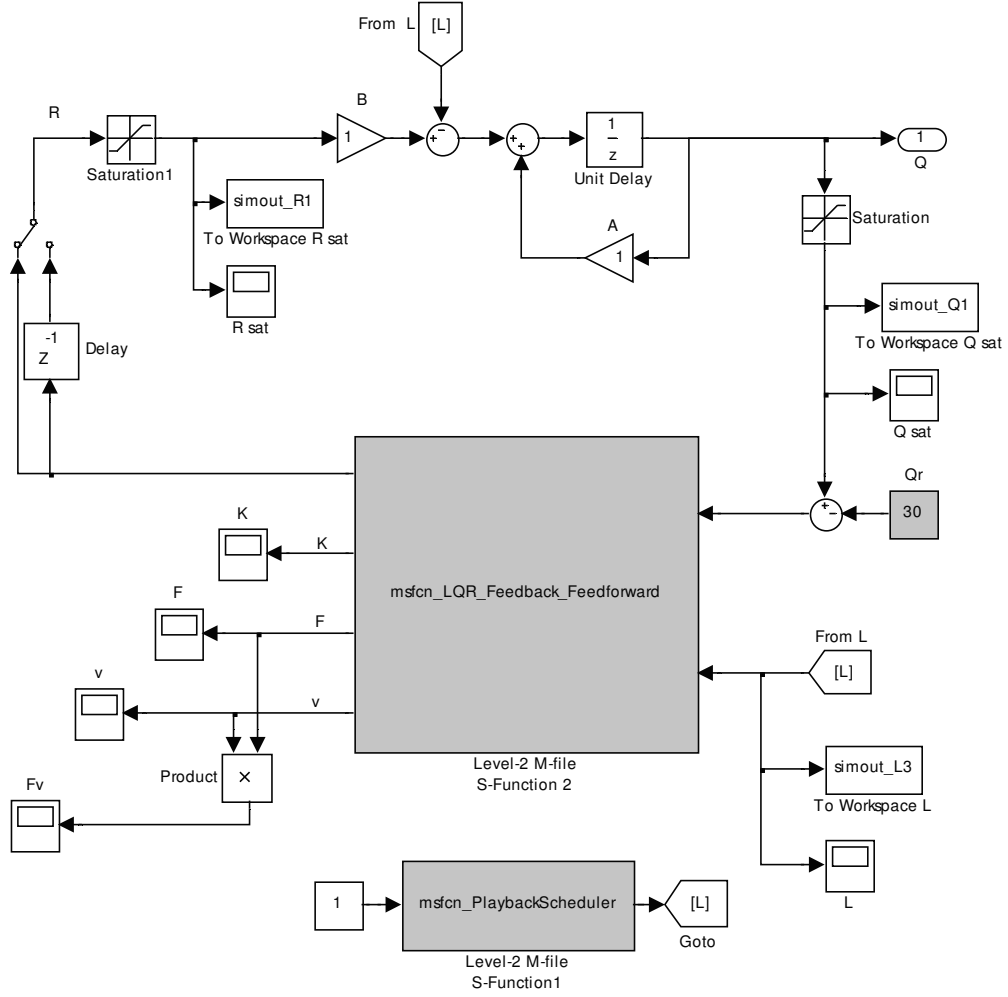
3.5. Matlab Simulink Modelleri

Şekil 3.5.1’de verilen Lineer Karesel Referans İzleyici Kontrolör ile Tek İstemcili Ağın Matlab Simulink Modeli ve Şekil 3.5.2’de verilen P, PI ve PID Kontrolör ile Tek İstemcili Ağın Matlab Simulink Modeli için değişkenler aşağıdaki gibi tanımlanmıştır:

- Q : tampondaki paket sayısı (kontrol edilecek değerin durumu);
- R : sunucu tarafından iletilen paket sayısı (kontrol girişi);
- L : görüntüleme için kullanılan paket sayısı (bozucu etki);
- Qr : bağlantı kurulumunda atanmış istemci tampon kapasitesi (izlenecek referans).

Şekil 3.5.1’de ve Şekil 3.5.2’de verilen modellerde kontrol kapalı çevrimi içerisinde konumlandırılmış gecikme bloğu iletim gecikmesini simüle etmektedir, gecikmenin kaç birim olacağı ilgili bloğun diyalog menüsündeki, gecikme sayısı özelliği kullanılarak tanımlanmalıdır. Kontrol kapalı çevrimi içerisinde gecikmenin istenmemesi halinde gecikme bloğu anahtarlanarak devre dışı bırakılabilir.

Görüntüleme planı bloğunun kullandığı kontrol parametreleri Şekil 3.5.1’de ve Şekil 3.5.2’de verilen her iki modelde de aynıdır, parametreler ardışık üç simülasyon periyodu için görüntüleme hızını ayarlamaktadır ve simülasyon başlatılmadan önce ilgili bloğunun diyalog menüsündeki, parametreler özelliği kullanılarak tanımlanmalıdır.



Şekil 3.5.1: Linear Karesel Referans İzleyici Kontrolör ile Tek İstemcili Ağın Matlab Simulink Modeli

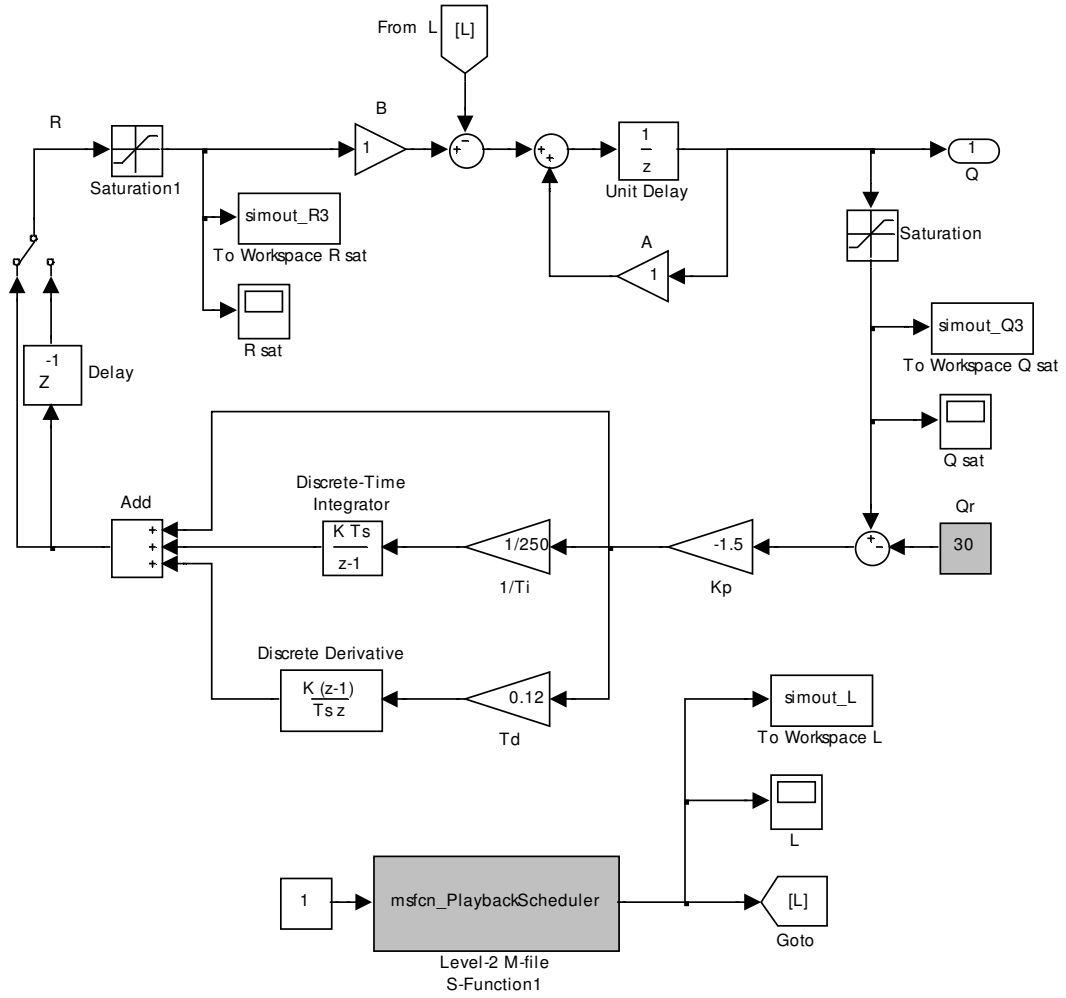
Şekil 3.5.1’de verilen modelde Linear Karesel Referans İzleyici Kontrolör aşağıda verilen kontrol parametrelerini kullanmaktadır:

G : tampondaki paket sayısına ilişkin ağırlık matrisi;

H : sunucu tarafından iletilen paket sayısı ilişkin ağırlık matrisi;

S : sınır koşullarında tampondaki paket sayısına ilişkin ağırlık matrisi.

Bu kontrol parametreleri simülasyon başlatılmadan önce ilgili bloğunun diyalog menüsündeki, parametreler özelliği kullanılarak tanımlanmalıdır.



Şekil 3.5.2: P,PI ve PID Kontrolör ile Tek İstemcili Ağın Matlab Simulink Modeli

Şekil 3.5.2’de verilen modelde P, PI ve PID Kontrolör aşağıda verilen kontrol parametrelerini kullanmaktadır:

K_p : orantı kazancı;

T_i : integral zamanı;

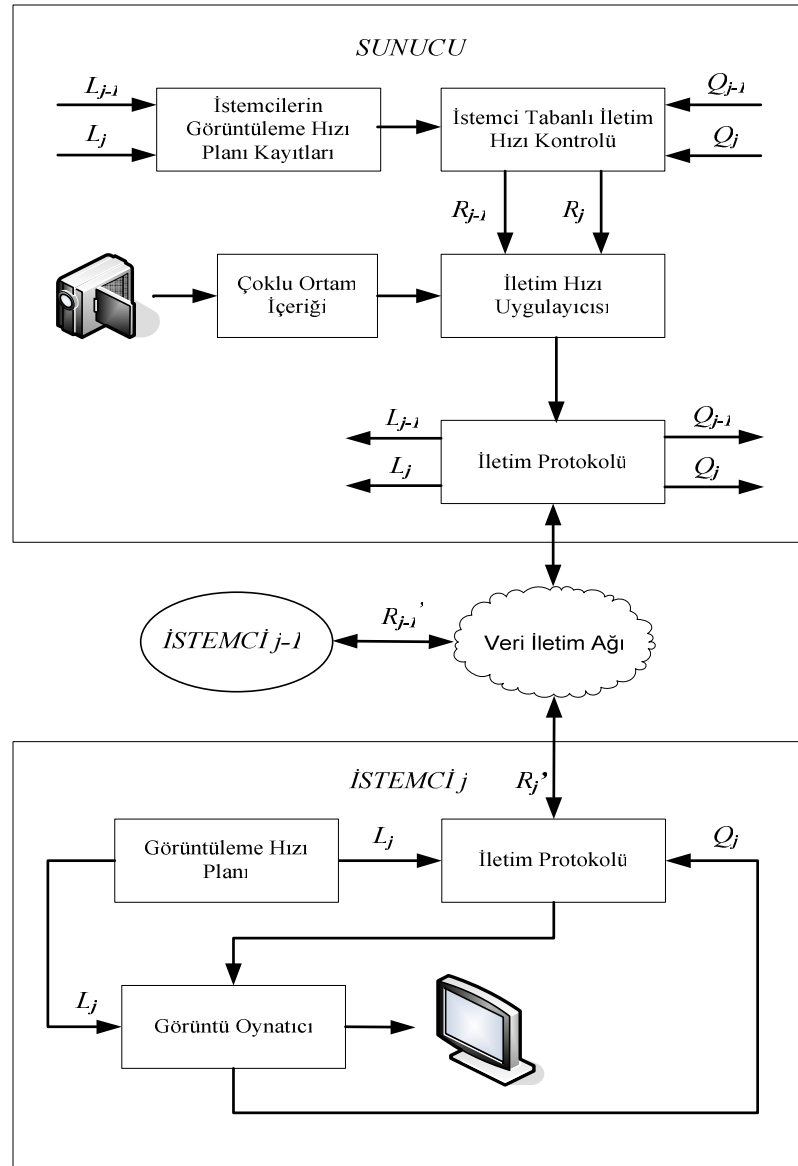
T_d : diferansiyel zamanı.

Bu kontrol parametreleri simülasyon başlatılmadan önce ilgili bloğunun parametreler özelliği kullanılarak tanımlanmalıdır.

4. DİNAMİK İLETİM HIZI İLE DURAKSIZ AKIŞ EMÜLASYONU

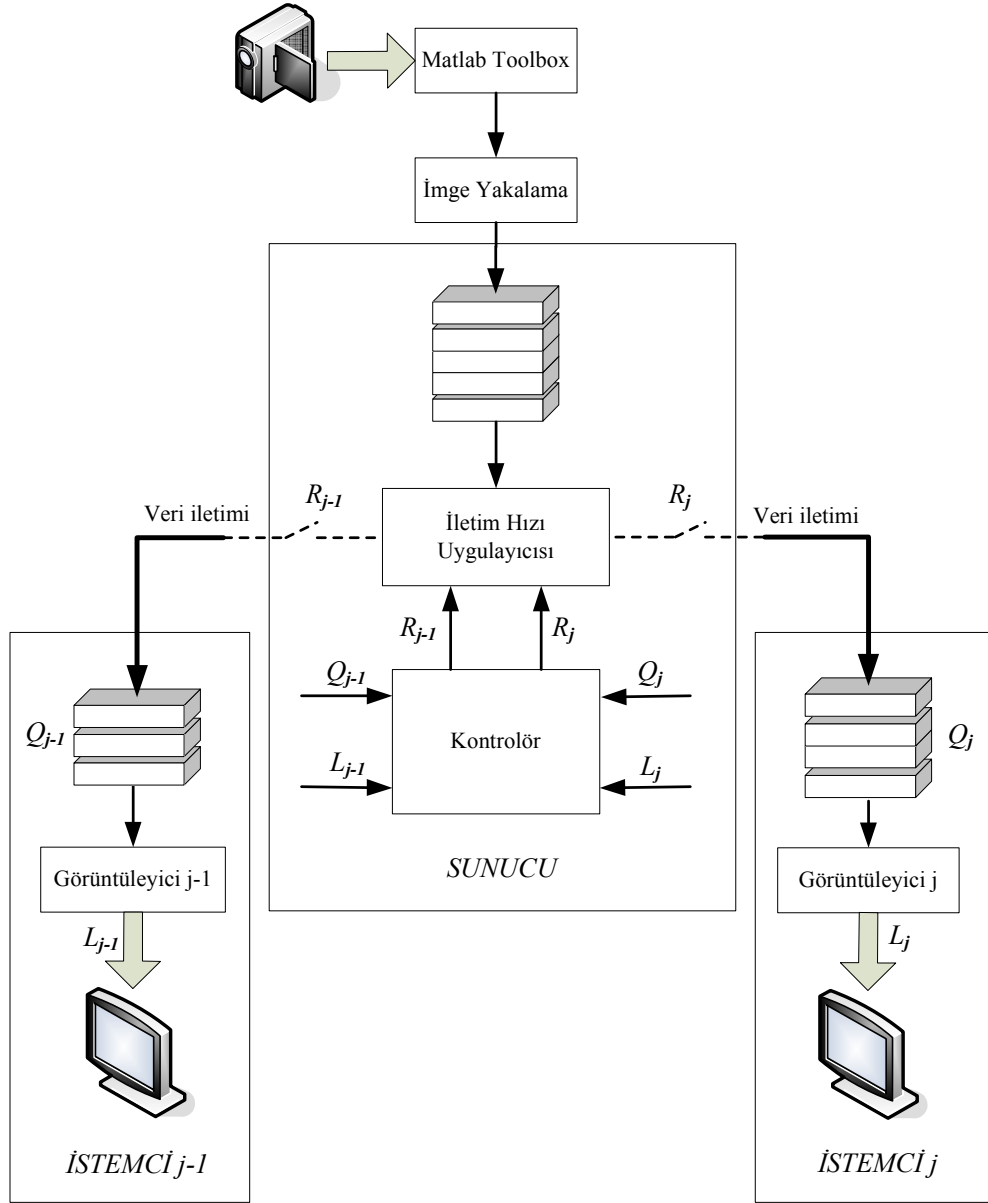
Bu bölümde verilen şekillerde geçen Q , R , L ve Qr değişkenleri, Şekil 3.5.1 ve Şekil 3.5.2'de tanımlandığı gibi kullanılmıştır.

4.1. Duraksız Akış Mimarisi



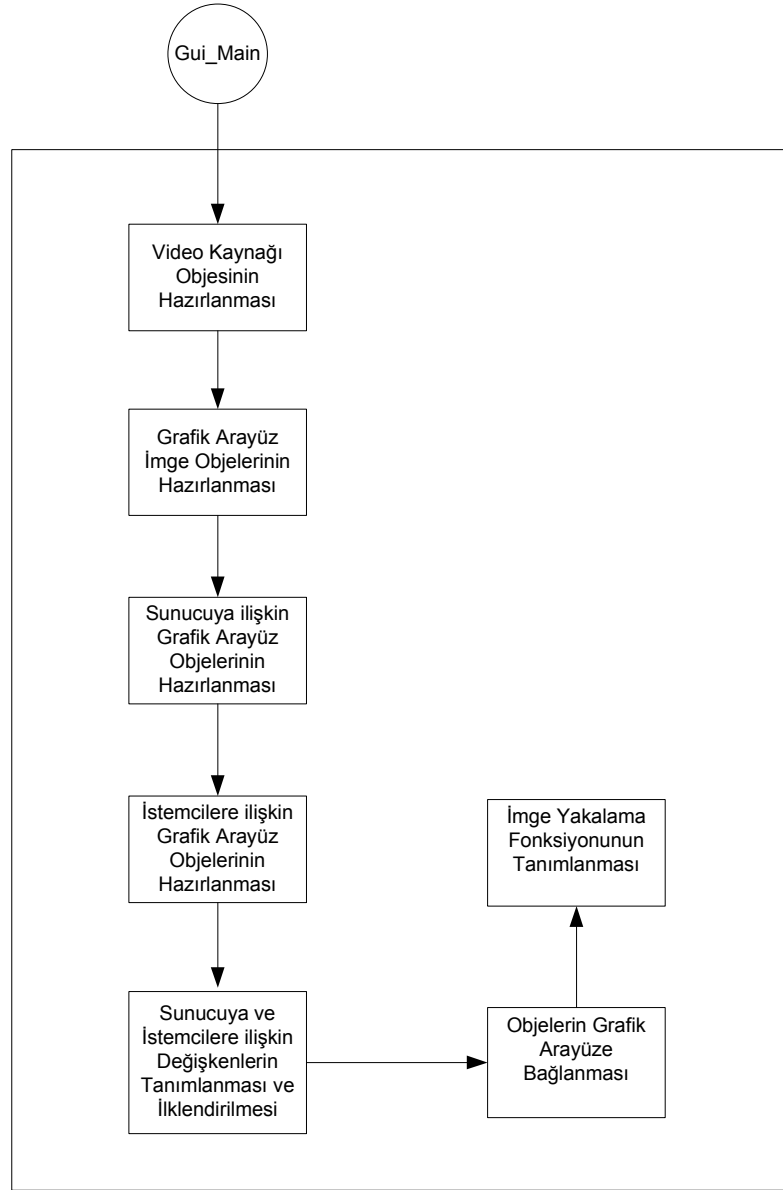
Şekil 4.1: Duraksız Akış Mimarisi

4.2. Emülatör Mimarisi

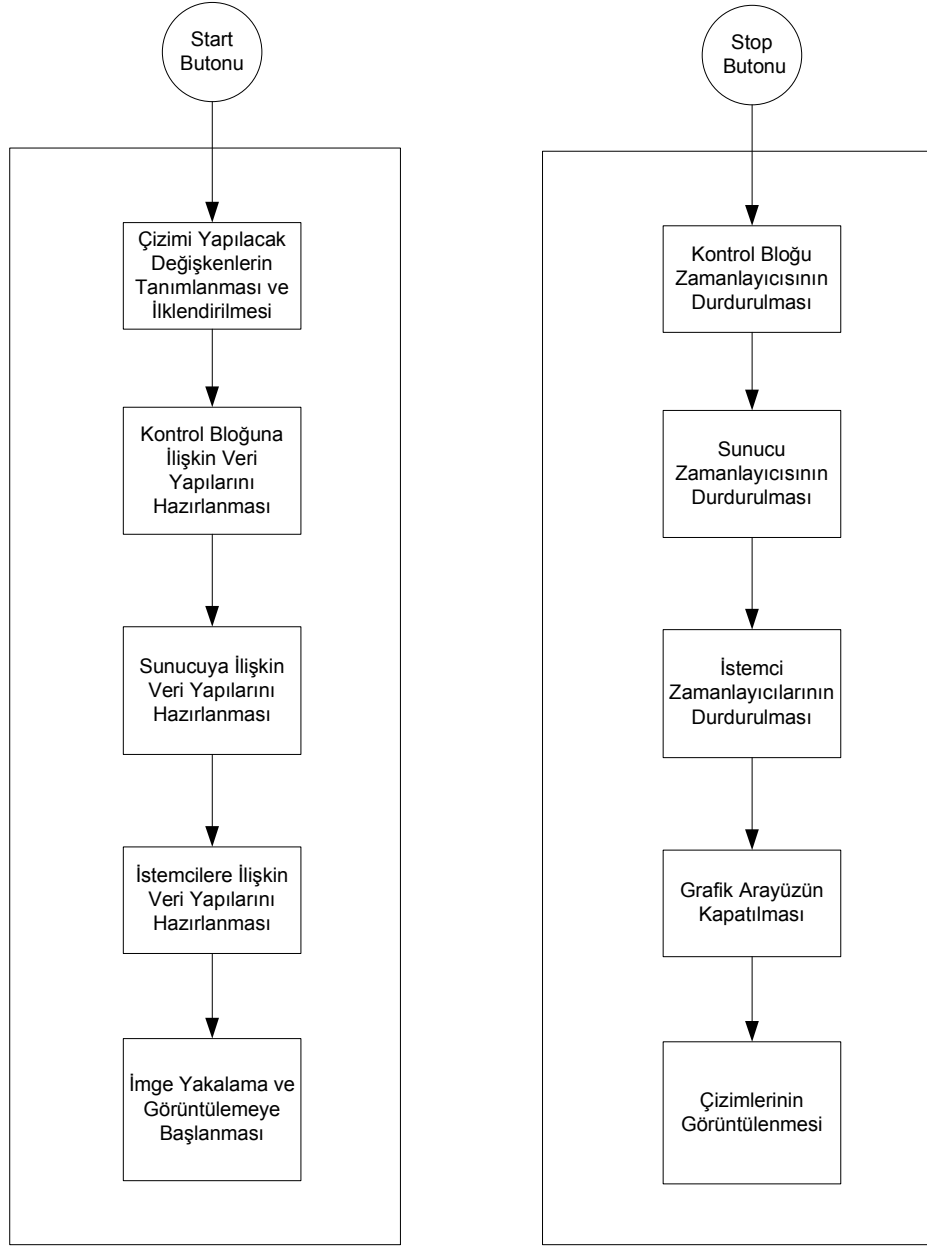


Şekil 4.2: Emülatör Mimarisi

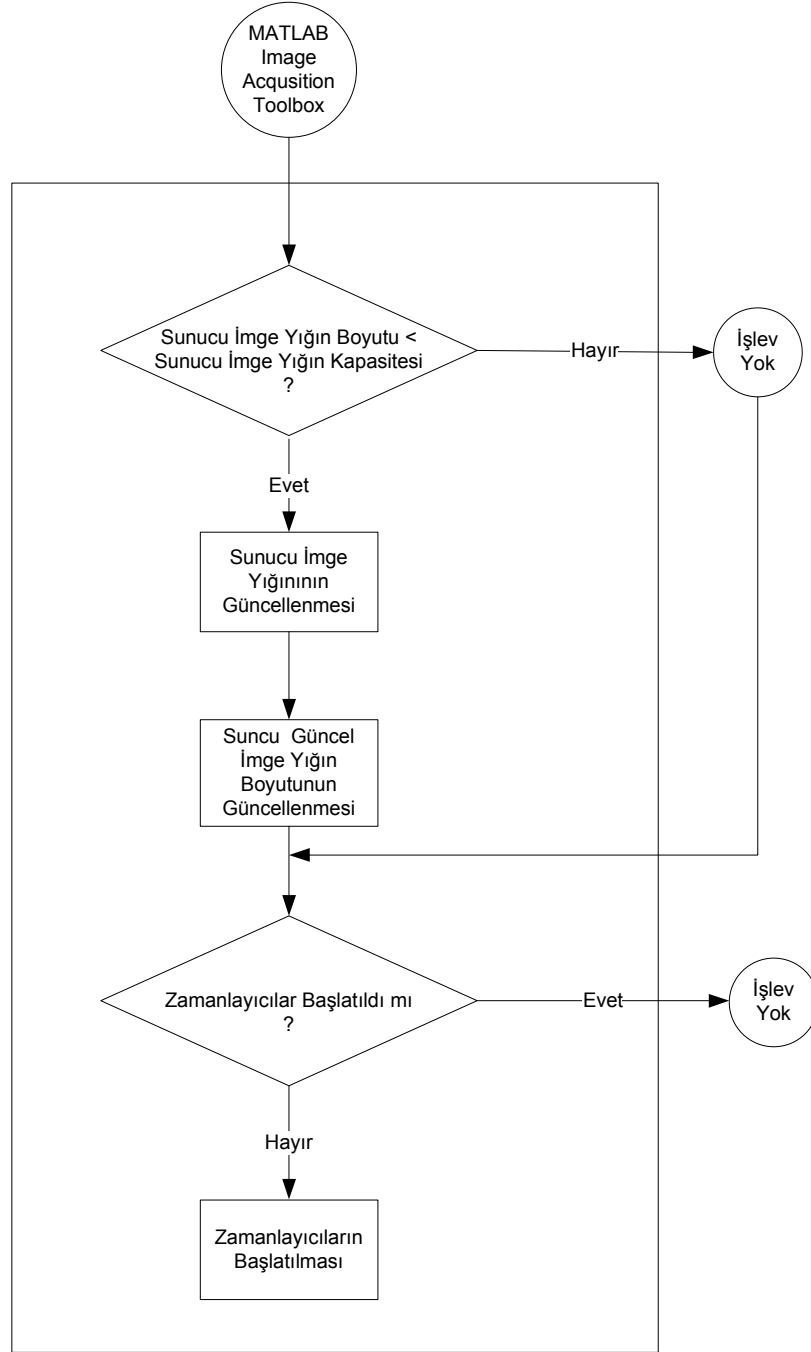
4.3. Emülatör Durum-Akış Diyagramları



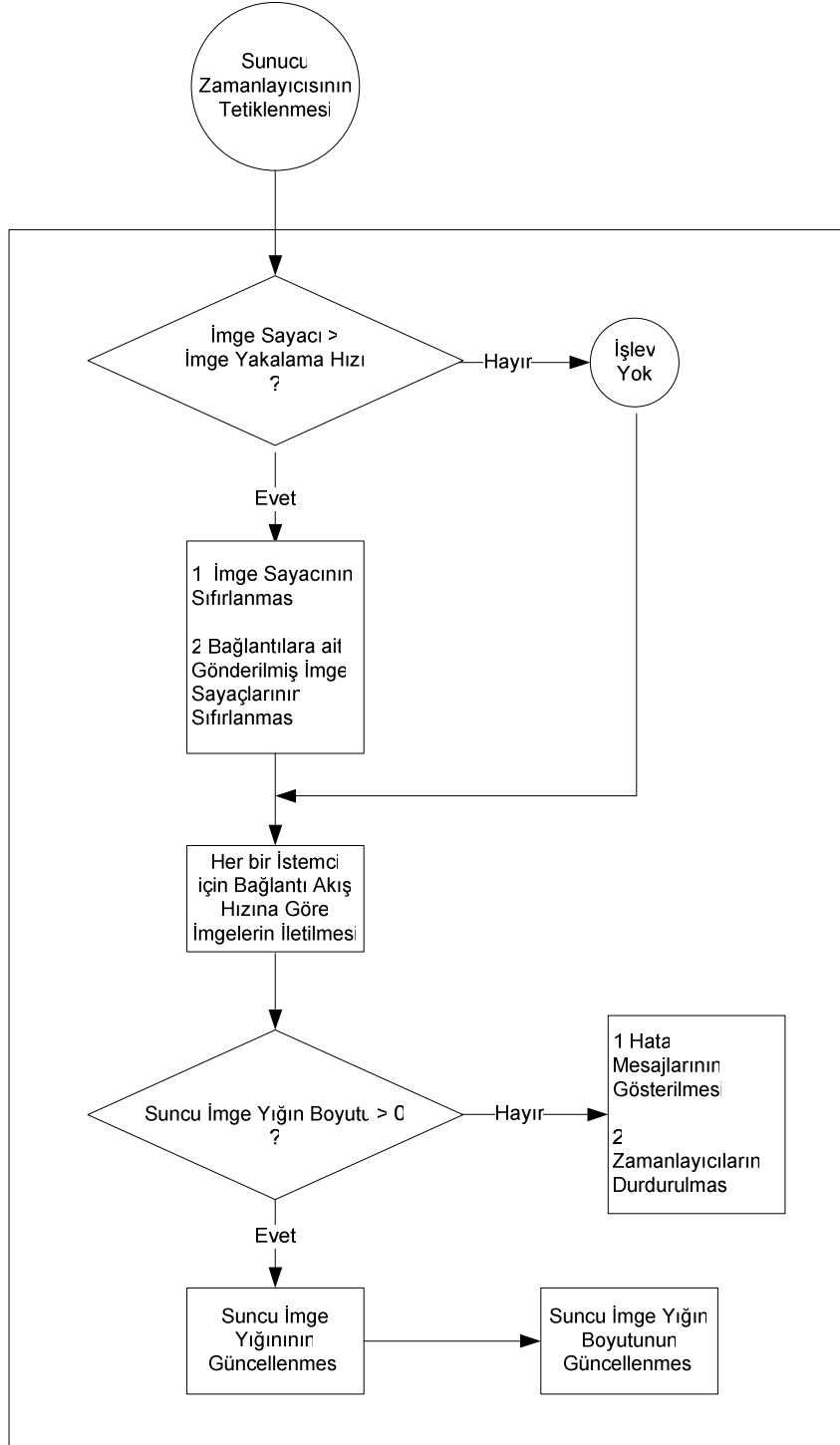
Şekil 4.3.1: Grafik Ara yüz Objelerinin Hazırlanması



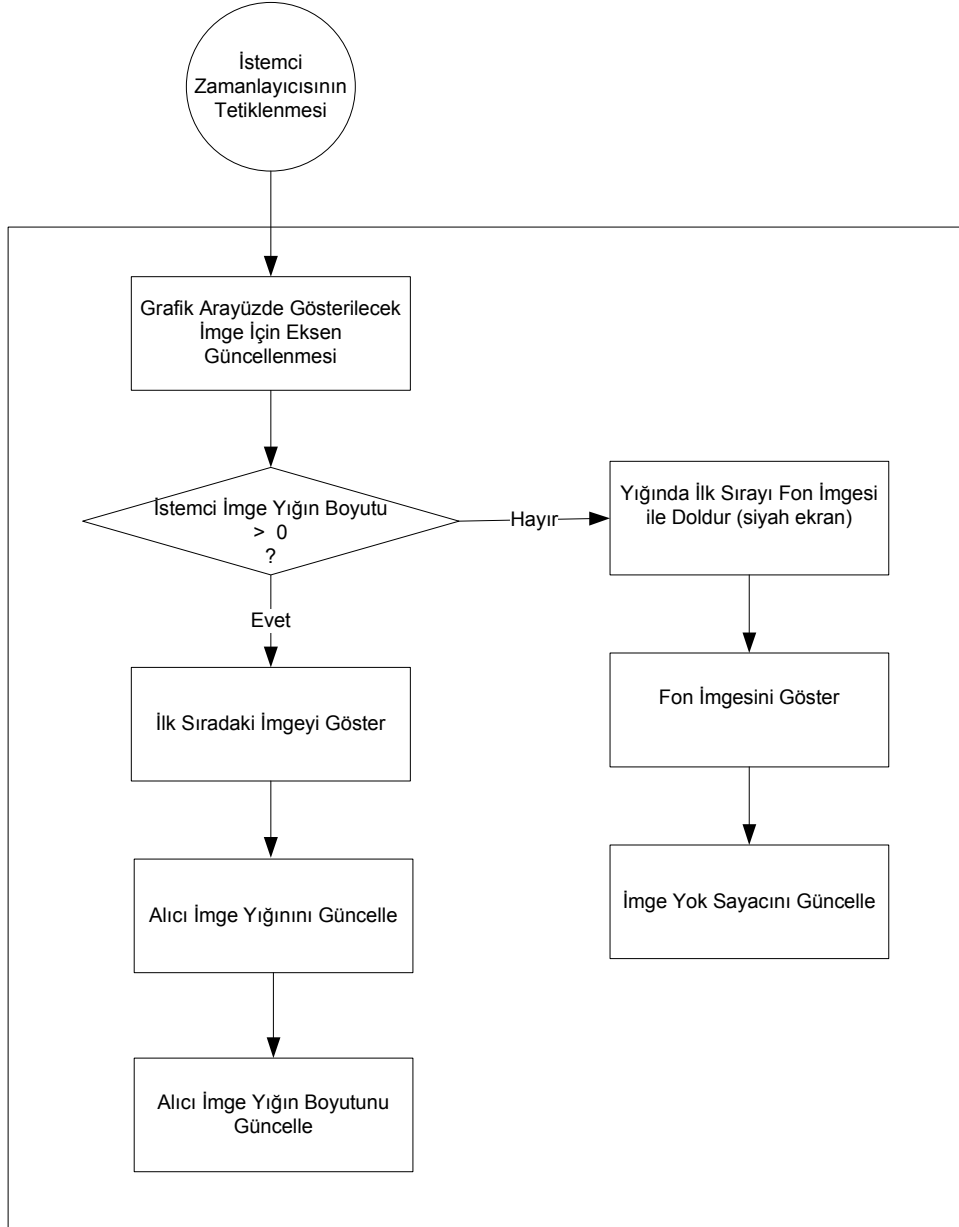
Şekil 4.3.2: Emülasyonun Başlatılması ve Bitirilmesi



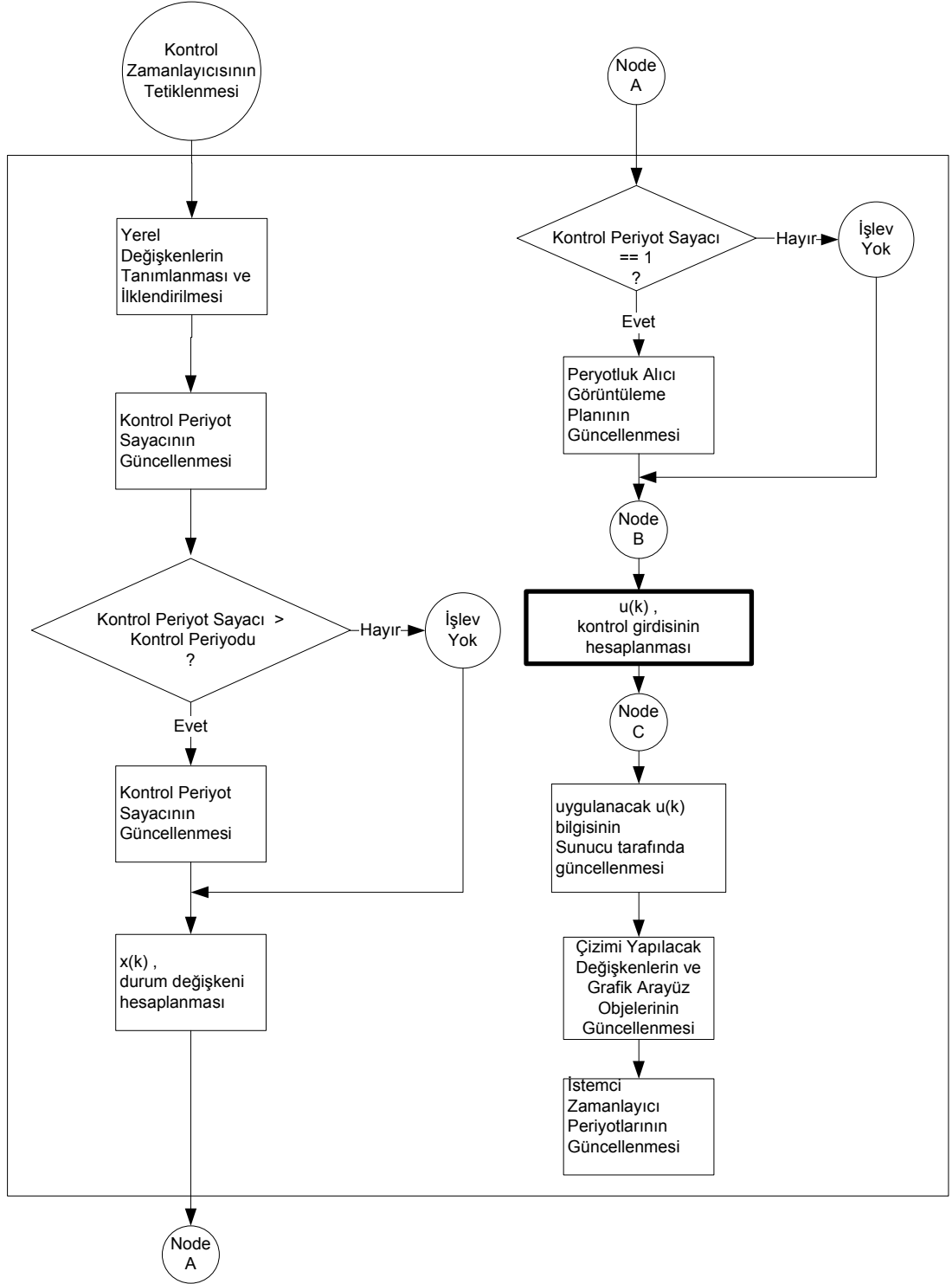
Şekil 4.3.3: İmge Yakalama Modülü



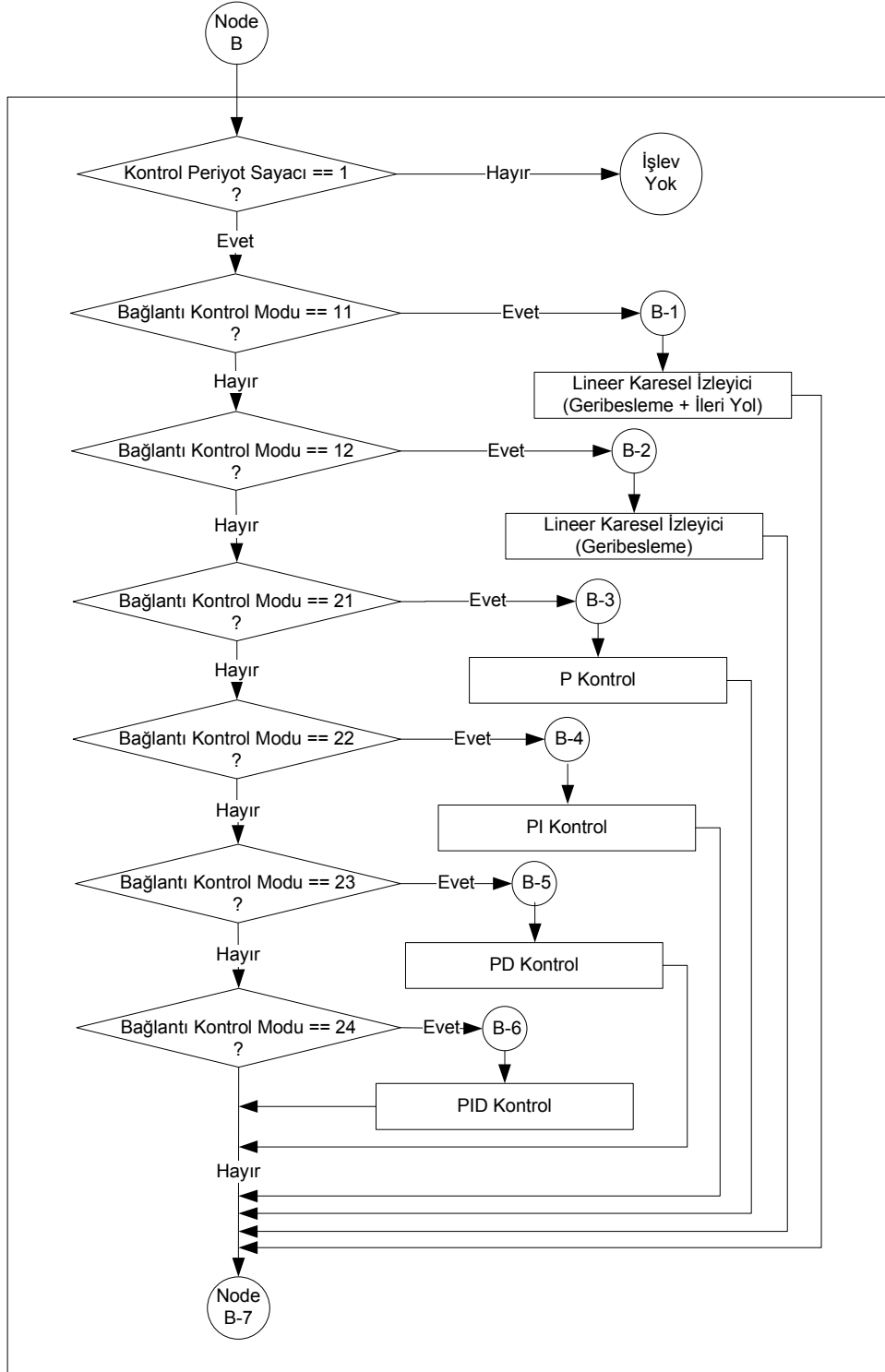
Şekil 4.3.4: Sunucu Modülü



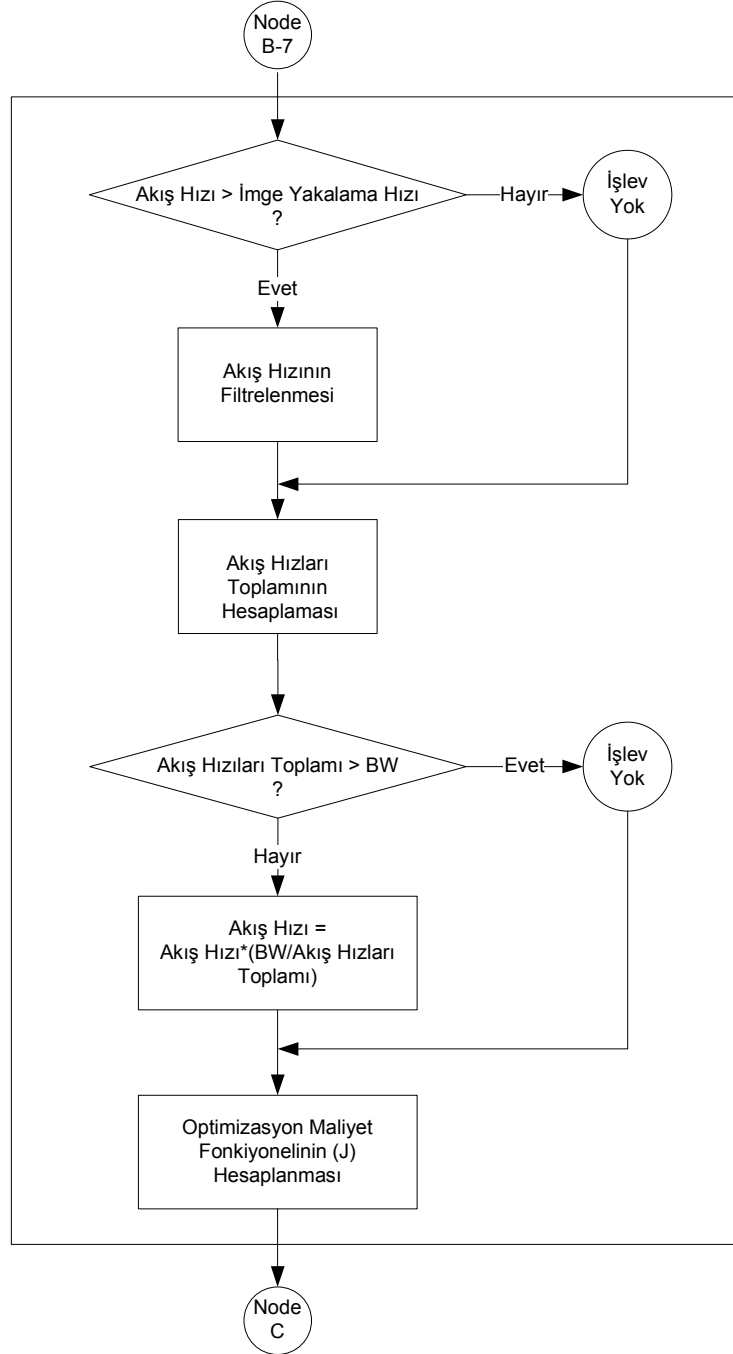
Şekil 4.3.5: İstemci Modülü



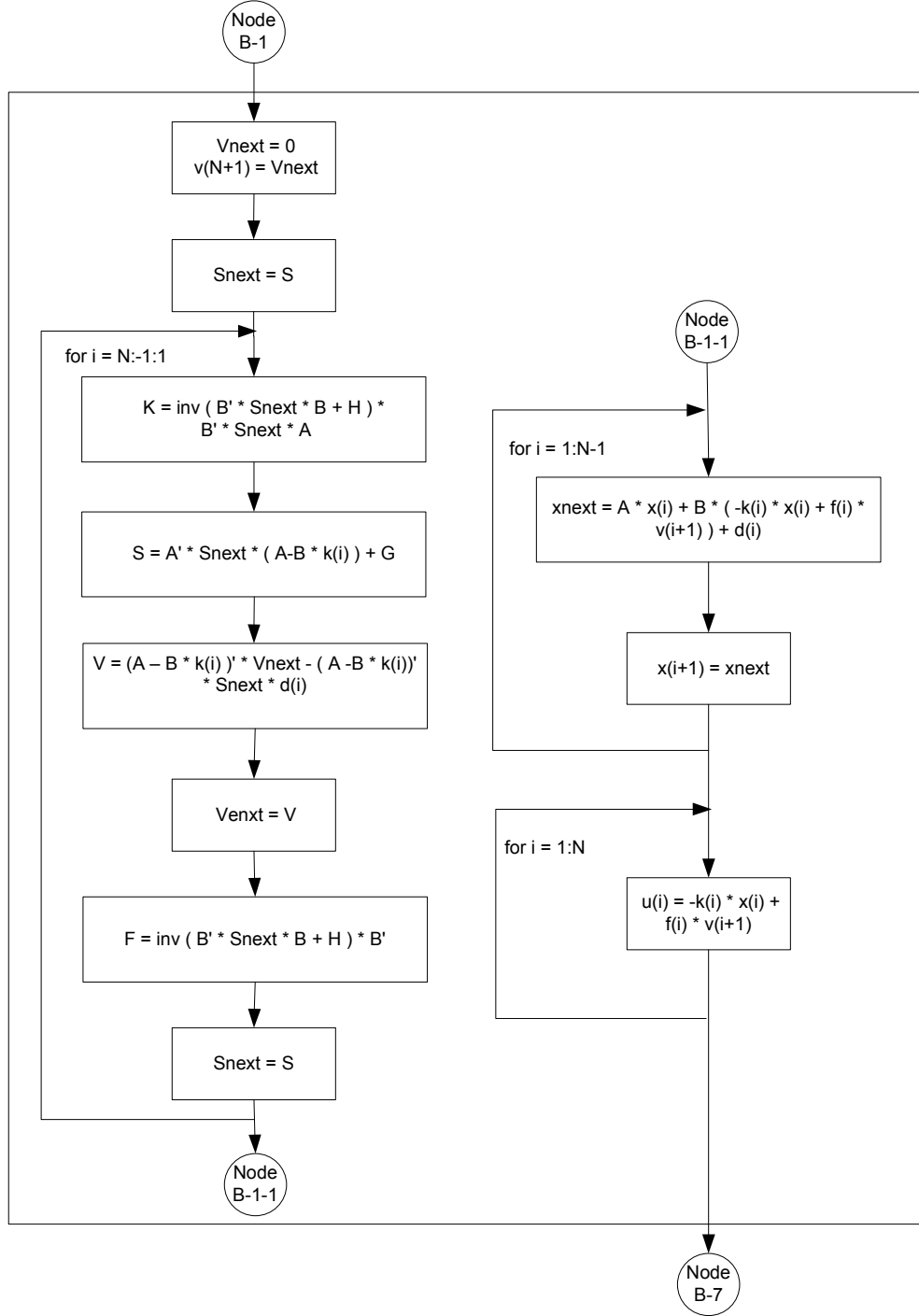
Şekil 4.3.6: Kontrol Modülü



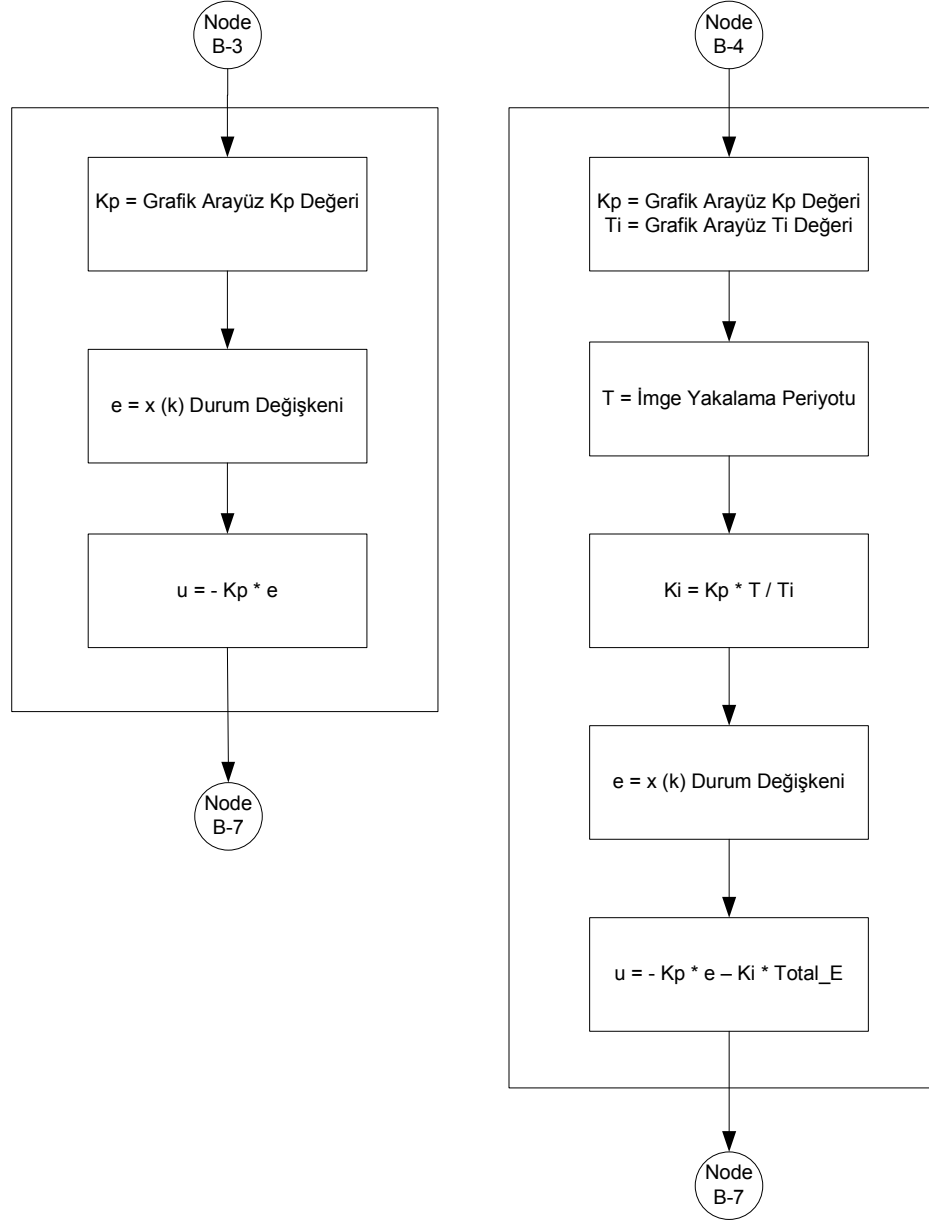
Şekil 4.3.7.1: Kontrol Girişinin Hesaplanması (İletim Hızı)



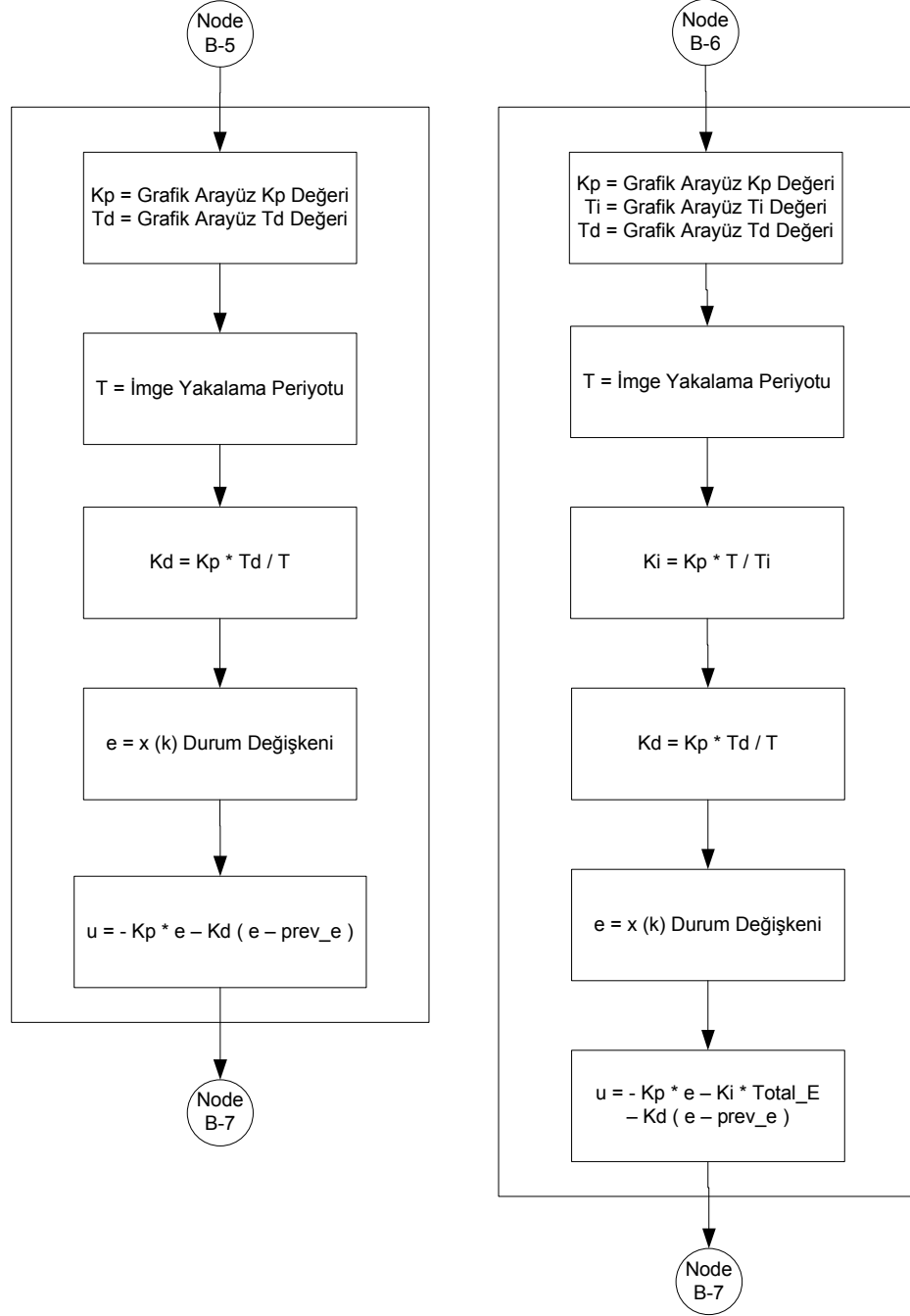
Şekil 4.3.7.2: Kontrol Girişinin Hesaplanması (İletim Hızı)



Şekil 4.3.8: Lineer Karesel Referans İzleyici Kontrolör



Şekil 4.3.9: P, PI Kontrolör



Şekil 4.3.10: PD, PID Kontrolör

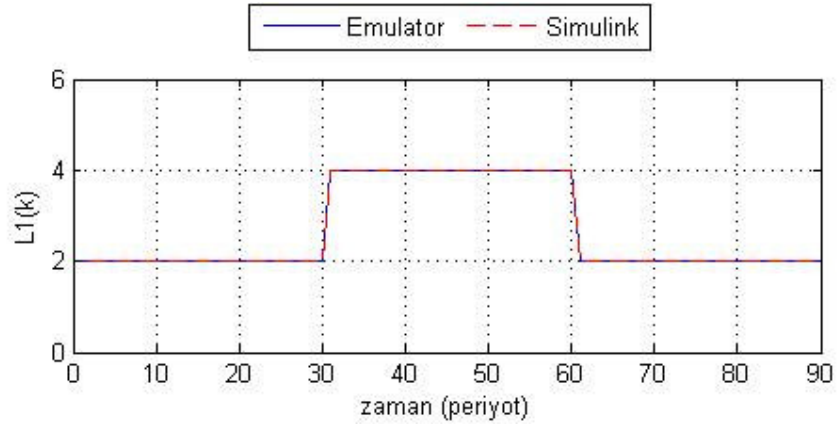
5. EMÜLASYON VE SİMÜLASYON SONUÇLARI

Bu bölümde duraksız akış ağı üzerinde iletim gecikmesinin olduğu ve olmadığı durumlarda, Lineer Referans İzleyici Kontrolör, P, PI ve PID Kontrolör için emülasyon ve simülasyon sonuçları verilmiştir.

Sonuçlarda verilen değişkenler aşağıdaki gibi tanımlanmıştır:

- k : zaman sabiti;
- $Q(k)$: k zamanında tampondaki paket sayısı;
- $R(k)$: k zamanında sunucu tarafından iletilen paket sayısı;
- $L(k)$: k zamanında görüntüleme için kullanılan paket sayısı.

Yapılan emülasyon ve simülasyonlarda Şekil 5.1'deki gibi olmak üzere tüm periyot boyunca aynı $L(k)$ değişkeni kullanılmıştır.



Şekil 5.1: k zamanında görüntüleme için kullanılan paket sayısı

5.1. Lineer Karesel Referans İzleyici Kontrolör

Bu bölümde Lineer Referans İzleyici Kontrolör için emülasyon ve simulasyon sonuçları verilmiştir.

Sonuçlarda verilen değişkenler aşağıdaki gibi tanımlanmıştır:

Q_r : bağlantı kurulumunda atanmış istemci tampon kapasitesi;

G : tampondaki paket sayısına ilişkin ağırlık matrisi;

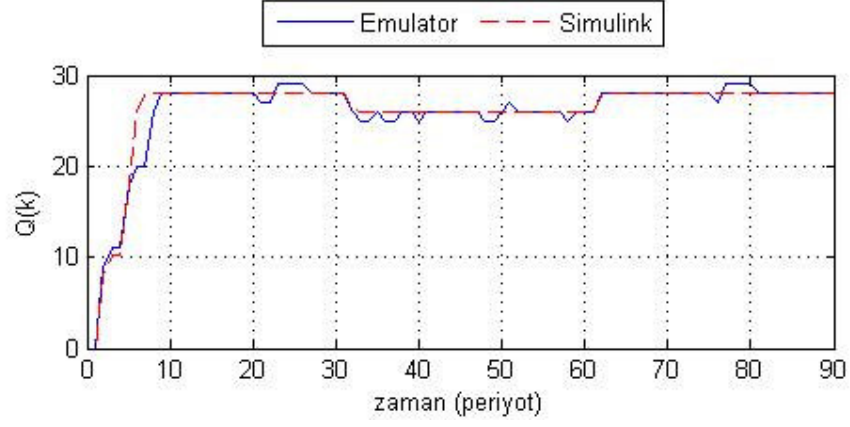
H : sunucu tarafından iletilen paket sayısı ilişkin ağırlık matrisi;

S : sınır koşullarında tampondaki paket sayısına ilişkin ağırlık matrisi;

İletim Gecikmesi : kontrol kapalı çevrimi içerisindeki birim gecikme.

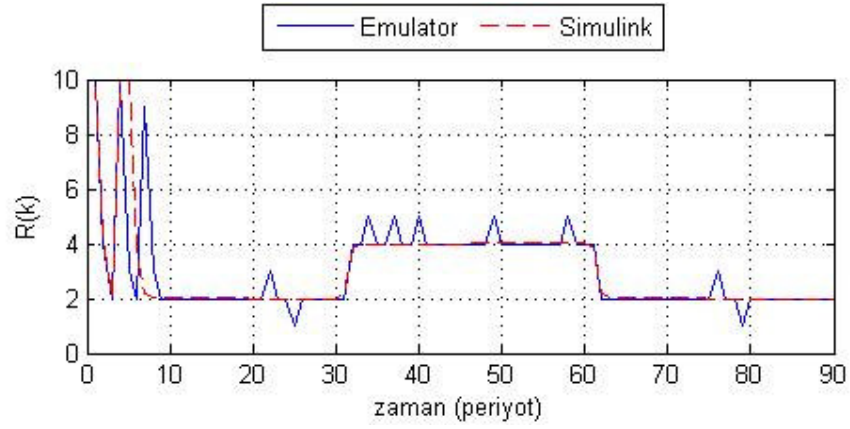
Tablo 5.1.1: Lineer Karesel Referans İzleyici Kontrolör Parametrelerine ve İletim Gecikmelerine Göre Şekil Numaraları

	Gecikmesiz	1 Birim	2 Birim	3 Birim	4 Birim
1. Kontrol Parametreleri $G = 10, H = 1, S = 10, Q_r = 30$	5.1.1.1 , 5.1.1.2	5.1.1.3 , 5.1.1.4	5.1.1.5 , 5.1.1.6	–	–
2. Kontrol Parametreleri $G = 1, H = 1, S = 10, Q_r = 30$	5.1.2.1 , 5.1.2.2	5.1.2.3 , 5.1.2.4	5.1.2.5 , 5.1.2.6	5.1.2.7 , 5.1.2.8	5.1.2.9 , 5.1.2.10
3. Kontrol Parametreleri $G = 10, H = 1, S = 1, Q_r = 30$	5.1.3.1 , 5.1.3.2	–	–	–	–
4. Kontrol Parametreleri $G = 10, H = 10, S = 10, Q_r = 30$	5.1.4.1 , 5.1.4.2	–	–	–	–



Şekil 5.1.1.1: k Zamanında İstemci Tamponundaki Paket Sayısı

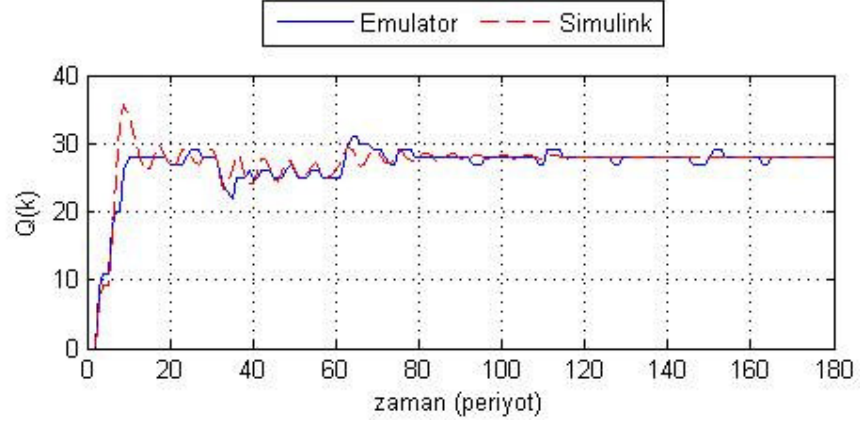
($G = 10$, $H = 1$, $S = 10$, $Q_r = 30$, İletim Gecikmesi = 0)



Şekil 5.1.1.2: k Zamanında Sunucu Tarafından İletilen Paket Sayısı

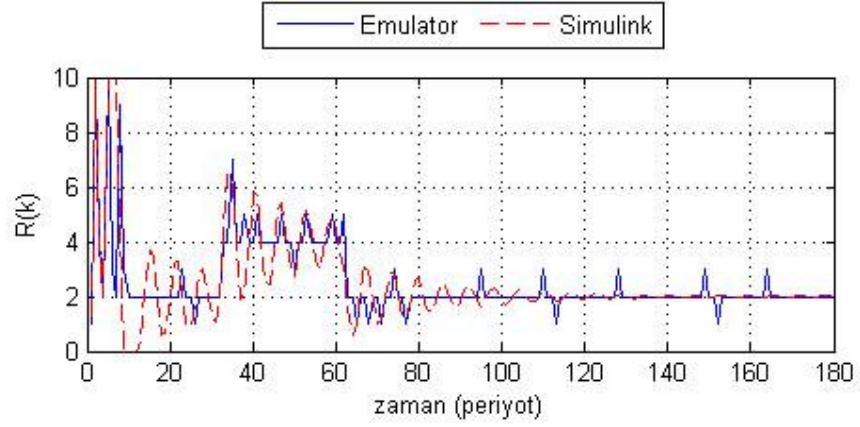
($G = 10$, $H = 1$, $S = 10$, $Q_r = 30$, İletim Gecikmesi = 0)

Şekil 5.1.1.1 ve Şekil 5.1.1.2’de sistemin, ilk 10 birimlik iletim periyodu süresince kontrol girişinin doymaya yakın olduğu bir yörüngede çalıştığı gözlenmektedir.



Şekil 5.1.1.3: k Zamanında İstemci Tamponundaki Paket Sayısı

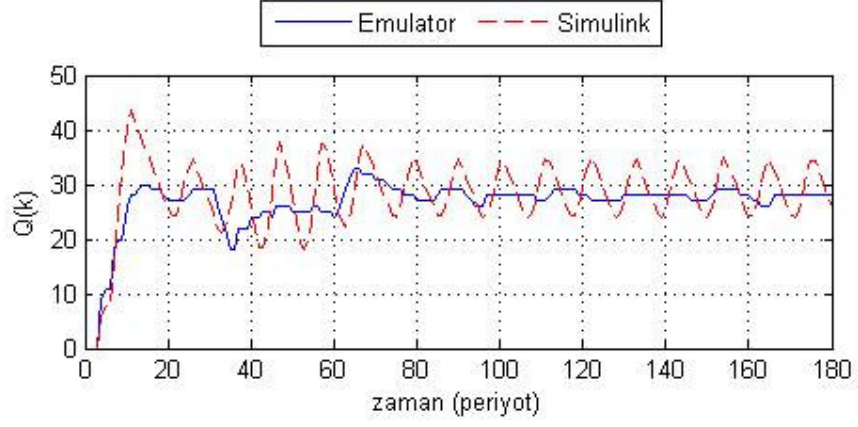
($G = 10$, $H = 1$, $S = 10$, $Q_r = 30$, İletim Gecikmesi = 1)



Şekil 5.1.1.4: k Zamanında Sunucu Tarafından İletilen Paket Sayısı

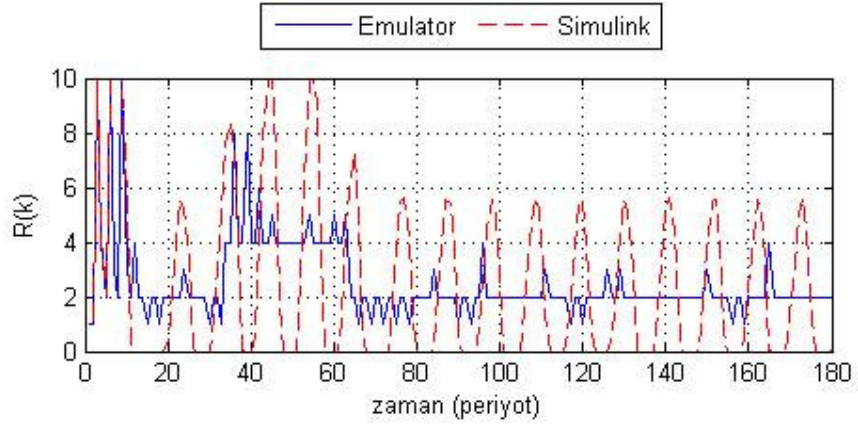
($G = 10$, $H = 1$, $S = 10$, $Q_r = 30$, İletim Gecikmesi = 1)

Şekil 5.1.1.3 ve Şekil 5.1.1.4'de sistemin, 1 birimlik iletim gecikmesine gürbüz kalabildiği ve ilk 10 birimlik periyot süresince iletim gecikmesiz duruma göre doymaya daha yakın olduğu bir yörüngede çalıştığı gözlenmektedir.



Şekil 5.1.1.5: k Zamanında İstemci Tamponundaki Paket Sayısı

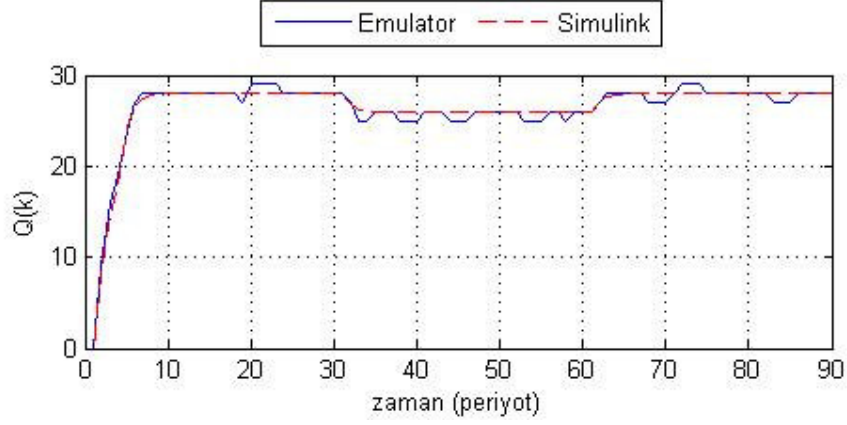
($G = 10$, $H = 1$, $S = 10$, $Q_r = 30$, İletim Gecikmesi = 2)



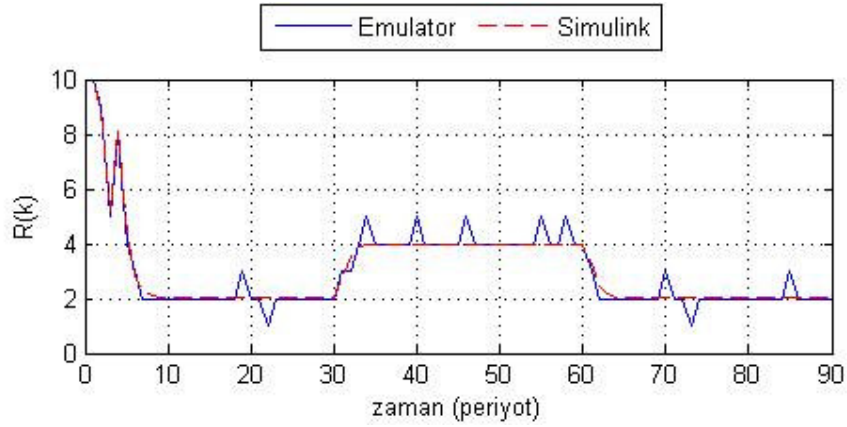
Şekil 5.1.1.6: k Zamanında Sunucu Tarafından İletilen Paket Sayısı

($G = 10$, $H = 1$, $S = 10$, $Q_r = 30$, İletim Gecikmesi = 2)

Şekil 5.1.1.5 ve Şekil 5.1.1.6’de sistemin, 60. ve 80. iletim periyotları arasında paket kayıplarının ciddi oranda arttığı ve duraksız başarımının düştüğü gözlenmiştir.

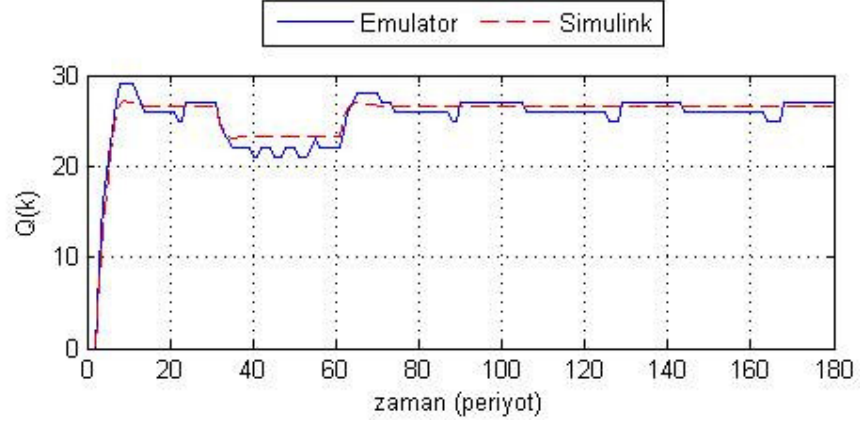


Şekil 5.1.2.1: k Zamanında İstemci Tamponundaki Paket Sayısı
($G = 1$, $H = 1$, $S = 10$, $Q_r = 30$, İletim Gecikmesi = 0)



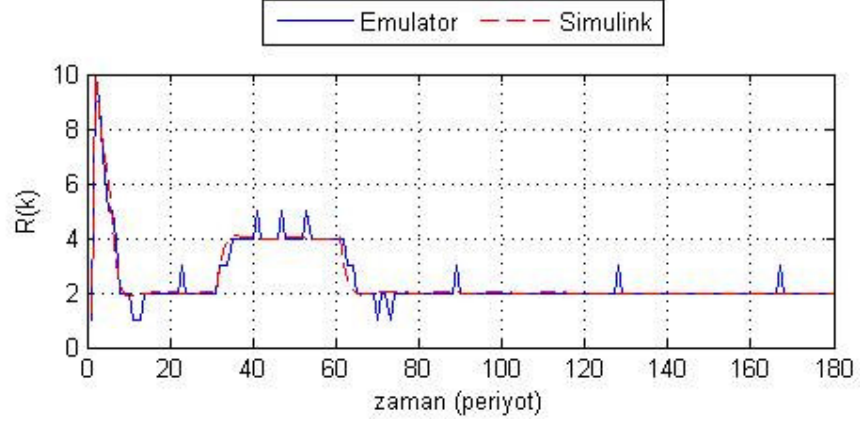
Şekil 5.1.2.2: k Zamanında Sunucu Tarafından İletilen Paket Sayısı
($G = 1$, $H = 1$, $S = 10$, $Q_r = 30$, İletim Gecikmesi = 0)

Şekil 5.1.2.1 ve Şekil 5.1.2.2’de sistemin, ilk bir kaç periyot sonrası kontrol girişinin doymaya yakın olmadığı bir yörüngede çalıştığı, istemci tampon seviyesinin hızlı bir şekilde yükseldiği ve ortalama değerinin bağlantı kurulumunda atanmış istemci tampon kapasitesine oldukça yakın olduğu gözlenmektedir.



Şekil 5.1.2.3: k Zamanında İstemci Tamponundaki Paket Sayısı

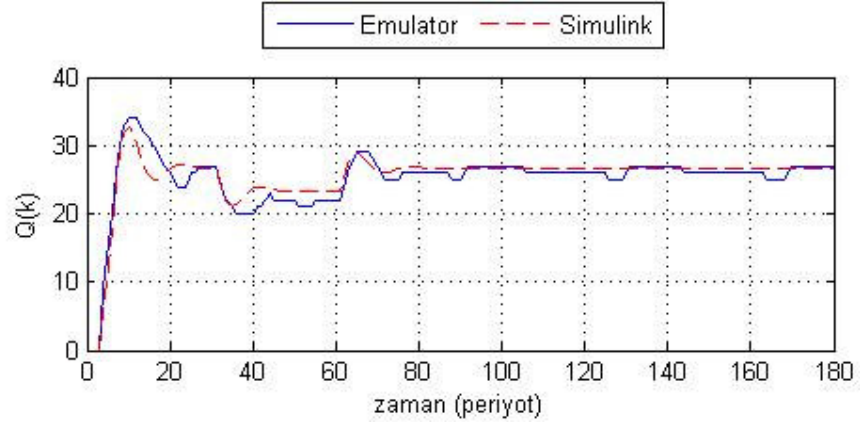
($G = 1$, $H = 1$, $S = 10$, $Q_r = 30$, İletim Gecikmesi = 1)



Şekil 5.1.2.4: k Zamanında Sunucu Tarafından İletilen Paket Sayısı

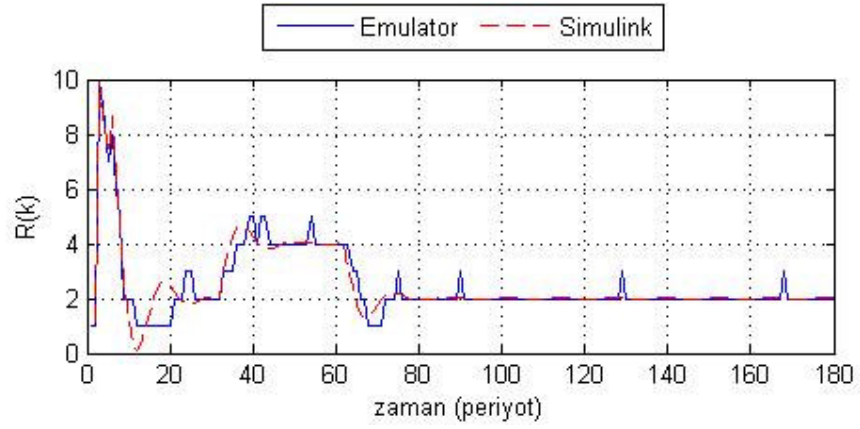
($G = 1$, $H = 1$, $S = 10$, $Q_r = 30$, İletim Gecikmesi = 1)

Şekil 5.1.2.3 ve Şekil 5.1.2.4'de sistemin, 1 birimlik iletim gecikmesine gürbüz kalabildiği ve tüm iletim periyodu boyunca istemci tampon taşmalarının oluşmadığı gözlenmektedir.



Şekil 5.1.2.5: k Zamanında İstemci Tamponundaki Paket Sayısı

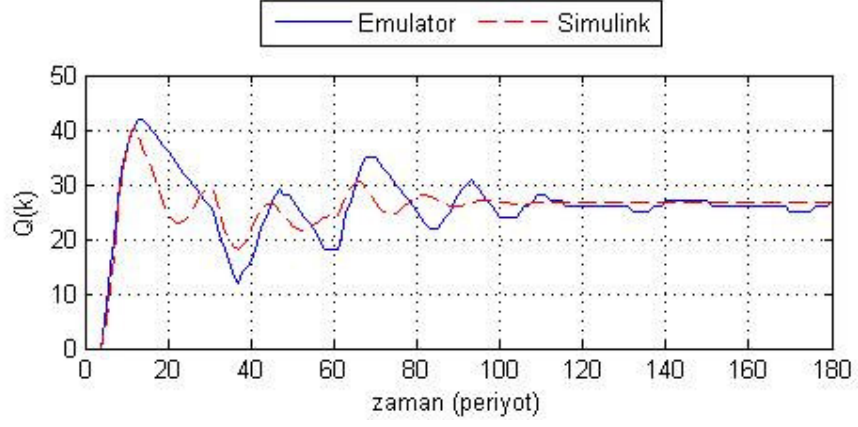
($G = 1$, $H = 1$, $S = 10$, $Q_r = 30$, İletim Gecikmesi = 2)



Şekil 5.1.2.6: k Zamanında Sunucu Tarafından İletilen Paket Sayısı

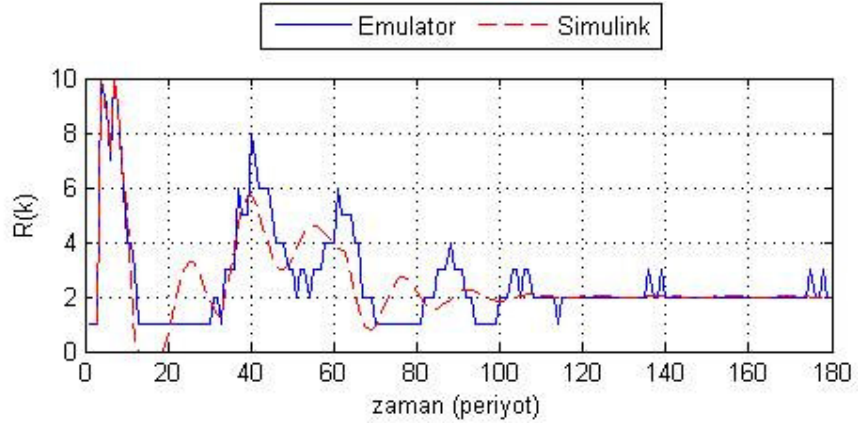
($G = 1$, $H = 1$, $S = 10$, $Q_r = 30$, İletim Gecikmesi = 2)

Şekil 5.1.2.5 ve Şekil 5.1.2.6'da sistemin, ilk 20 birimlik iletim periyodu süresince istemci tampon taşmalarının oluşmasına rağmen 2 birimlik iletim gecikmesine gürbüz kalabildiği gözlenmektedir



Şekil 5.1.2.7: k Zamanında İstemci Tamponundaki Paket Sayısı

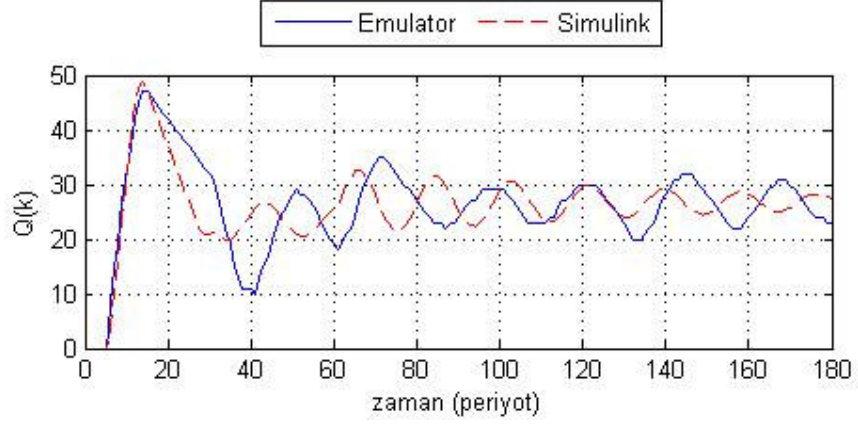
($G = 1$, $H = 1$, $S = 10$, $Q_r = 30$, İletim Gecikmesi = 3)



Şekil 5.1.2.8: k Zamanında Sunucu Tarafından İletilen Paket Sayısı

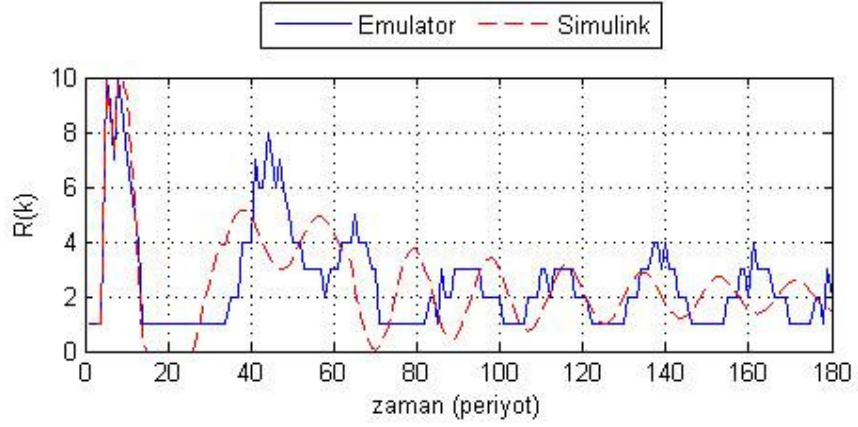
($G = 1$, $H = 1$, $S = 10$, $Q_r = 30$, İletim Gecikmesi = 3)

Şekil 5.1.2.7 ve Şekil 5.1.2.8’de sistemin, ilk 100 birimlik iletim periyodu süresince istemci tampon taşmalarının oluşmasına rağmen 3 birimlik iletim gecikmesine gürbüz kalabildiği, fakat duraksız akış başarımının 2 birimlik iletim gecikmesi olan duruma göre çok daha düşük olduğu gözlenmektedir.



Şekil 5.1.2.9: k Zamanında İstemci Tamponundaki Paket Sayısı

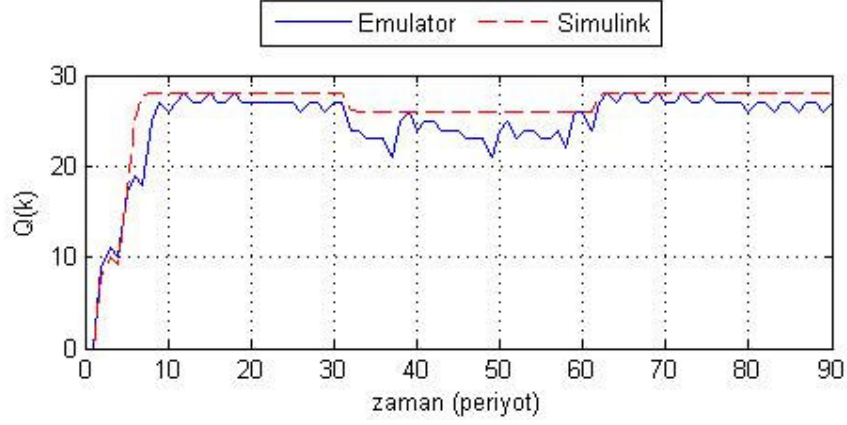
($G = 1$, $H = 1$, $S = 10$, $Q_r = 30$, İletim Gecikmesi = 4)



Şekil 5.1.2.10: k Zamanında Sunucu Tarafından İletilen Paket Sayısı

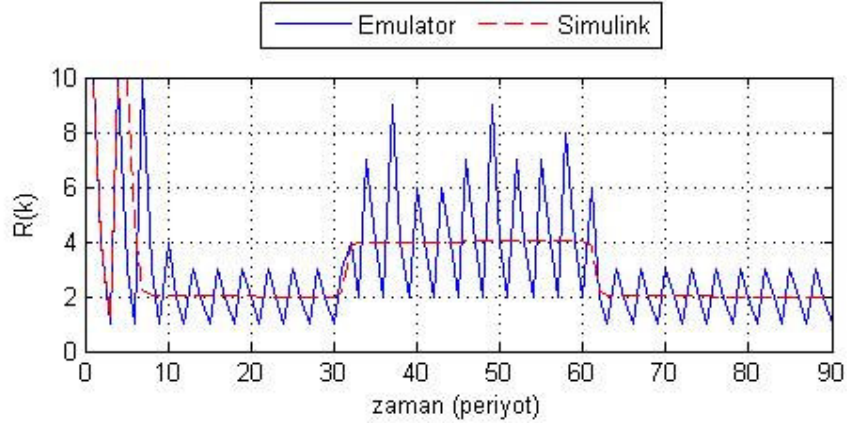
($G = 1$, $H = 1$, $S = 10$, $Q_r = 30$, İletim Gecikmesi = 4)

Şekil 5.1.2.9 ve Şekil 5.1.2.10'da sistemin, 4 birimlik iletim gecikmesine gürbüz kalamadığı ve tüm iletim periyodu boyunca istemci tampon taşmalarının oluşmasından dolayı duraksız akış başarımının kabul edilebilir seviyede olmadığı gözlenmektedir.



Şekil 5.1.3.1: k Zamanında İstemci Tamponundaki Paket Sayısı

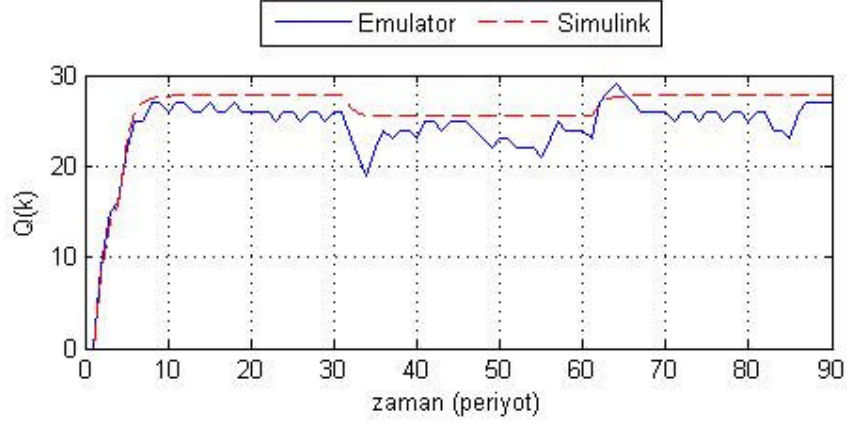
($G = 10, H = 1, S = 1, Q_r = 30, \text{İletim Gecikmesi} = 0$)



Şekil 5.1.3.2: k Zamanında Sunucu Tarafından İletilen Paket Sayısı

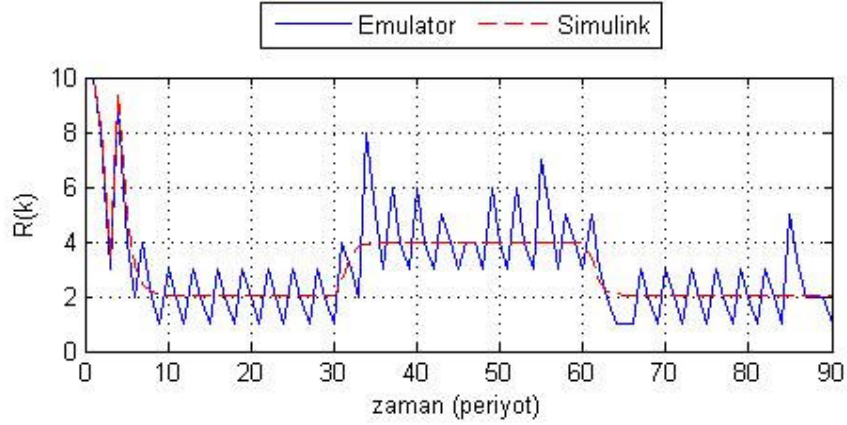
($G = 10, H = 1, S = 1, Q_r = 30, \text{İletim Gecikmesi} = 0$)

Şekil 5.1.3.1 ve Şekil 5.1.3.2’de tüm iletim periyodu boyunca kontrol girişinin salınım halinde olduğu, ilk 10 birimlik iletim periyodu süresince doymaya ulaştığı ve sonraki periyotlarda doymaya yakın olduğu bir yörüngede çalıştırıldığı gözlenmektedir. Şekil 5.1.3.1 ve Şekil 5.1.3.2’de seçilen kontrol parametreleri ile kayıplar açısından duraksız akış başarımı yüksektir, fakat kontrol girişinin sürekli salınım haline olmasından dolayı kullanılan bant genişliği açısından duraksız akış başarımı düşüktür.



Şekil 5.1.4.1: k Zamanında İstemci Tamponundaki Paket Sayısı

($G = 10$, $H = 10$, $S = 10$, $Q_r = 30$, İletim Gecikmesi = 0)



Şekil 5.1.4.2 : k Zamanında Sunucu Tarafından İletilen Paket Sayısı

($G = 10$, $H = 10$, $S = 10$, $Q_r = 30$, İletim Gecikmesi = 0)

Şekil 5.1.4.1 ve Şekil 5.1.4.2’de tüm iletim periyodu boyunca kontrol girişinin salınım halinde oluştuğu, bazı periyotlarda istemci tampon seviyesi ile atanmış tampon kapasitesi arasındaki farkın ciddi oranda açıldığı gözlenmiştir. Şekil 5.1.4.1 ve Şekil 5.1.4.2’de seçilen kontrol parametreleri ile kayıplar açısından duraksız akış başarımı yüksektir, fakat kontrol girişinin sürekli salınım haline olmasından dolayı kullanılan bant genişliği açısından duraksız akış başarımı düşüktür.

5.2. Birinci Referans Sinyali ile P, PI ve PID Kontrolör

Bu bölümde Birinci Referans Sinyali ile P, PI ve PID Kontrolör için emülasyon ve simulasyon sonuçları verilmiştir. Sonuçlarda verilen değişkenler aşağıdaki tanımlanmıştır:

Q_r : bağlantı kurulumunda atanmış istemci tampon kapasitesi, referans sinyali;

K_p : orantı kazancı;

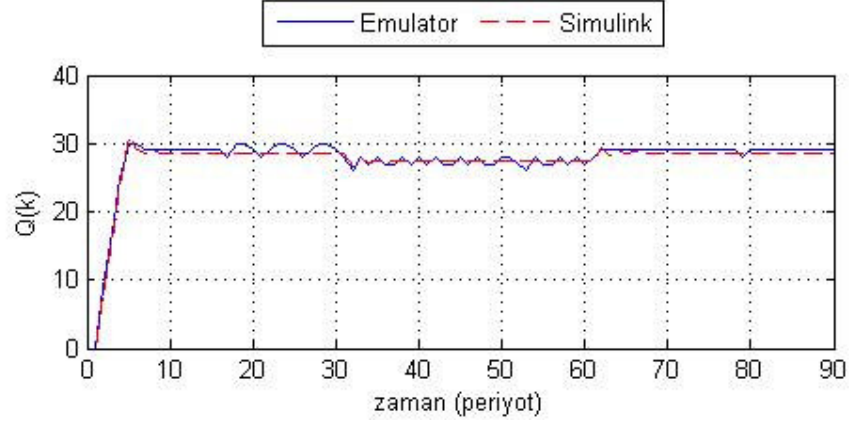
T_i : integral zamanı;

T_d : diferansiyel zamanı;

İletim Gecikmesi : kontrol kapalı çevrimi içerisindeki birim gecikme.

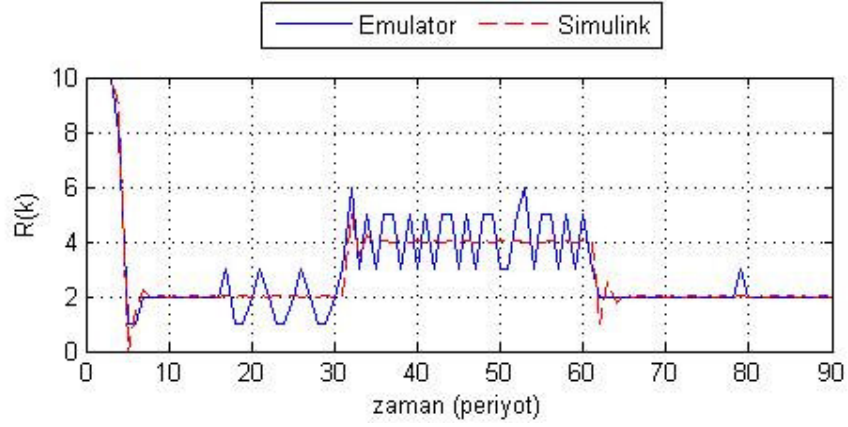
Tablo 5.2.1: Birinci Referans Sinyali ile P, PI ve PID Kontrolör için Kontrol Parametrelerine ve İletim Gecikmelerine Göre Şekil Numaraları

	Gecikmesiz	1 Birim
P Kontrolör Parametreleri $K_p = 1.5, Q_r = 30$	5.2.1.1 , 5.2.1.2	5.2.1.3 , 5.2.1.4
PI Kontrolör Parametreleri $G = 1, H = 1, S = 10, Q_r = 30$	5.2.2.1 , 5.2.2.2	5.2.2.3 , 5.2.2.4
PID Kontrolör Parametreleri $G = 10, H = 1, S = 1, Q_r = 30$	5.2.3.1 , 5.2.3.2	5.2.3.3 , 5.2.3.4



Şekil 5.2.1.1: k Zamanında İstemci Tamponundaki Paket Sayısı

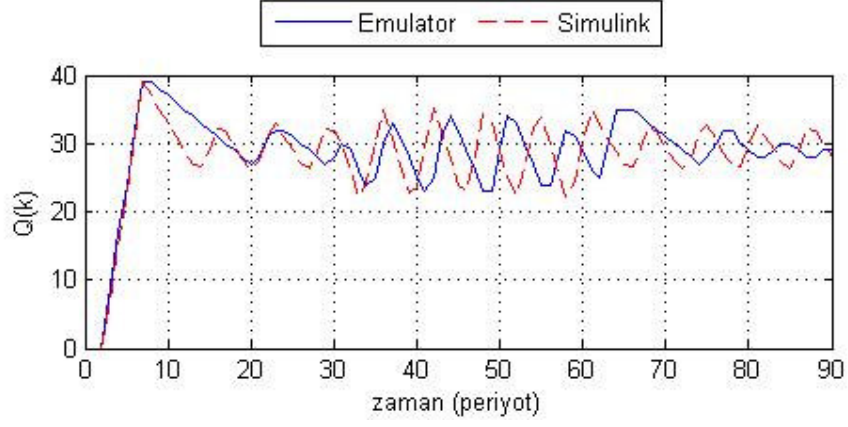
($K_p = 1.5$, $Q_r = 30$, İletim Gecikmesi = 0)



Şekil 5.2.1.2: k Zamanında Sunucu Tarafından İletilen Paket Sayısı

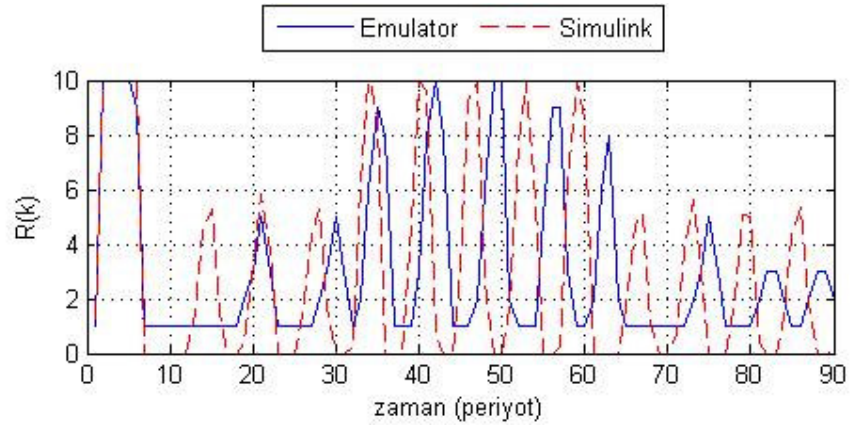
($K_p = 1.5$, $Q_r = 30$, İletim Gecikmesi = 0)

Şekil 5.2.1.1 ve Şekil 5.2.1.2’de istemci tampon seviyesi için yükselme zamanının oldukça küçük olduğu ve ilk 5 birimlik iletim periyodu süresince kontrol girişinin doymaya ulaştığı bir yörüngede çalıştırıldığı gözlenmektedir. İstemci tampon seviyesinin atanmış tampon kapasitesine çok yakın olması taşma ihtimalini arttıracak ve kayıplar açısından duraksız akış başarımını azaltacağından istenen bir durum değildir.



Şekil 5.2.1.3: k Zamanında İstemci Tamponundaki Paket Sayısı

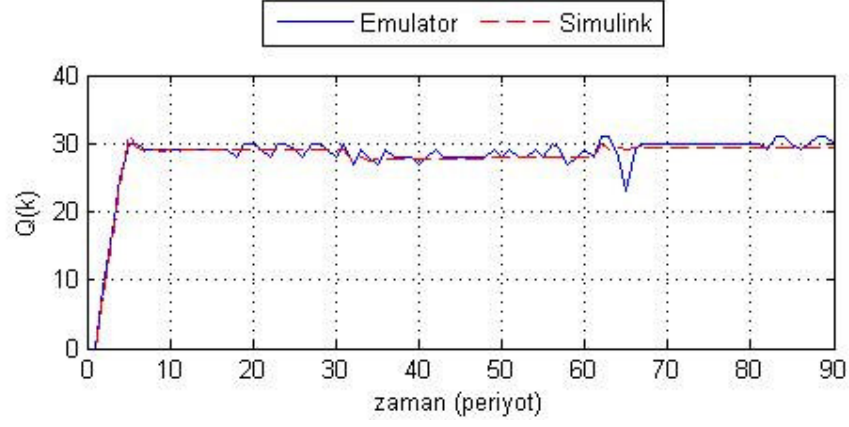
($K_p = 1.5$, $Q_r = 30$, İletim Gecikmesi = 1)



Şekil 5.2.1.4: k Zamanında Sunucu Tarafından İletilen Paket Sayısı

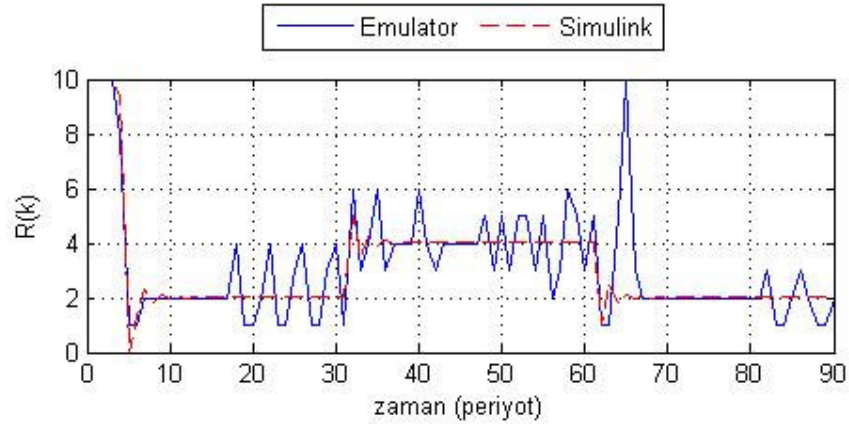
($K_p = 1.5$, $Q_r = 30$, İletim Gecikmesi = 1)

Şekil 5.2.1.3 ve Şekil 5.2.1.4’de sistemin, 1 birimlik iletim gecikmesine gürbüz kalamadığı ve tüm iletim periyodu boyunca istemci tampon taşmalarının oluşmasından dolayı duraksız akış başarımının kabul edilebilir seviyede olmadığı gözlenmektedir.



Şekil 5.2.2.1: k Zamanında İstemci Tamponundaki Paket Sayısı

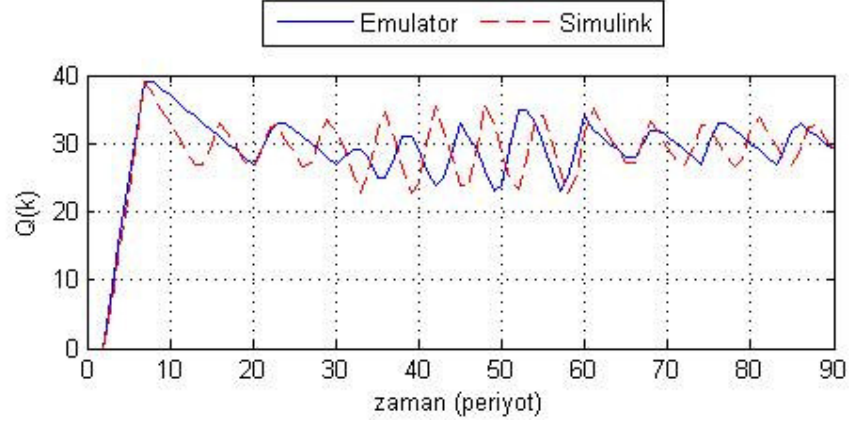
($K_p = 1.5$, $T_i = 250$, $Q_r = 30$, İletim Gecikmesi = 0)



Şekil 5.2.2.2: k Zamanında Sunucu Tarafından İletilen Paket Sayısı

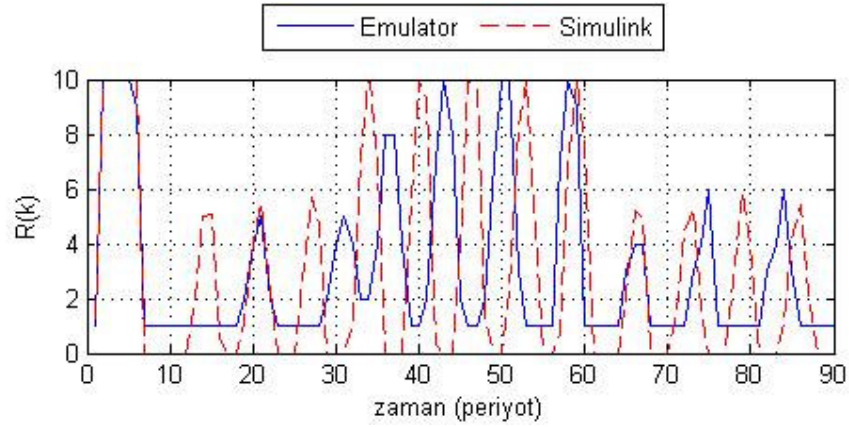
($K_p = 1.5$, $T_i = 250$, $Q_r = 30$, İletim Gecikmesi = 0)

Şekil 5.2.2.1 ve Şekil 5.2.2.2’de ortalama istemci tampon seviyesi ile atanmış tampon kapasitesi arasındaki farkın integral etki sebebiyle daha da azaldığı ve bazı iletim periyotlarında taşmaların meydana geldiği gözlenmektedir.



Şekil 5.2.2.3: k Zamanında İstemci Tamponundaki Paket Sayısı

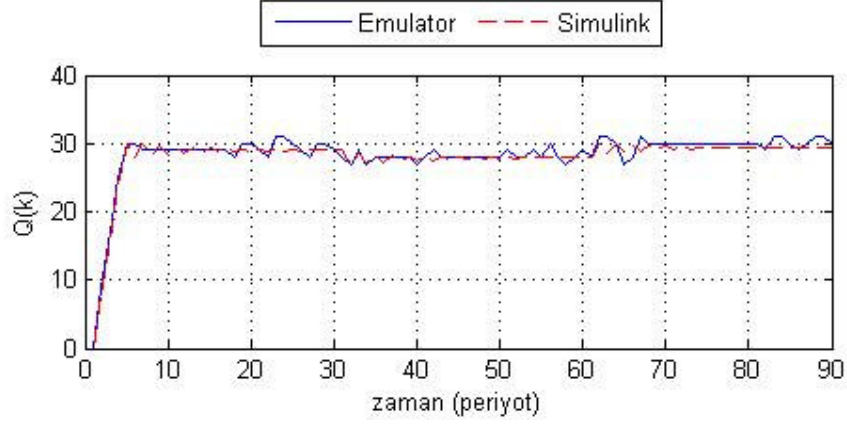
($K_p = 1.5$, $T_i = 250$, $Q_r = 30$, İletim Gecikmesi = 1)



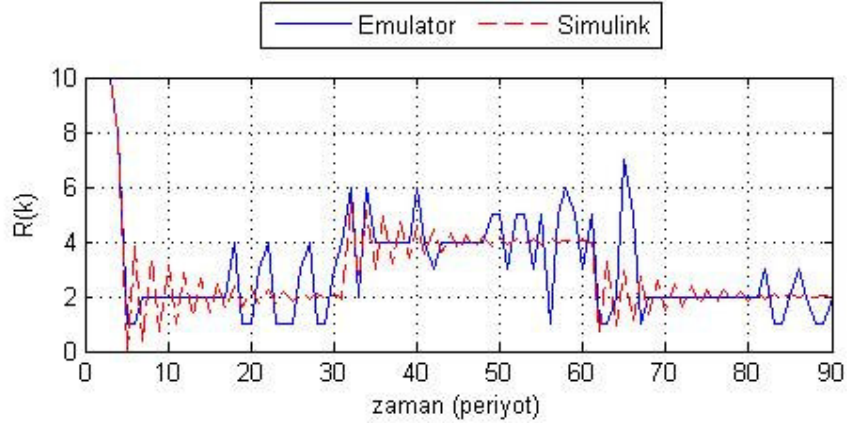
Şekil 5.2.2.4: k Zamanında Sunucu Tarafından İletilen Paket Sayısı

($K_p = 1.5$, $T_i = 250$, $Q_r = 30$, İletim Gecikmesi = 1)

Şekil 5.2.2.3 ve Şekil 5.2.2.4'de sistemin, 1 birimlik iletim gecikmesine gürbüz kalamadığı ve tüm iletim periyodu boyunca istemci tampon taşmalarının olduğu gözlenmektedir. Birinci referans sinyali ile P ve PI kontrolörler karşılaştırıldığında, kayıplar açısından başarımların PI kontrolörde daha düşüktür.

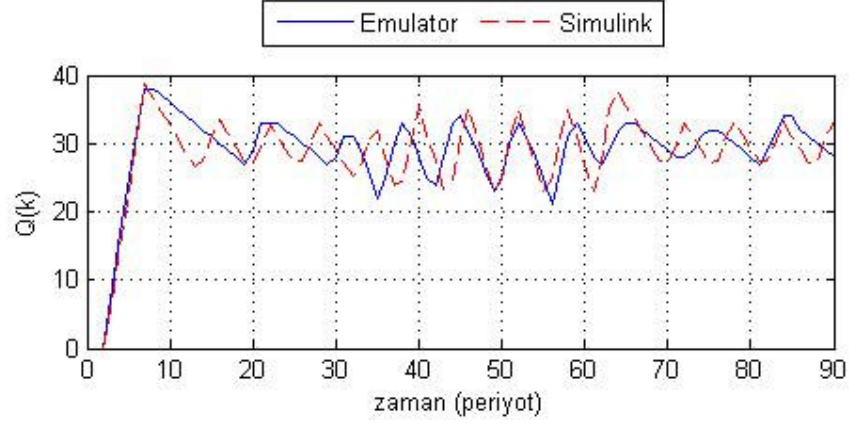


Şekil 5.2.3.1: k Zamanında İstemci Tamponundaki Paket Sayısı
($K_p = 1.5$, $T_i = 250$, $T_d = 0.12$, $Q_r = 30$, İletim Gecikmesi = 0)

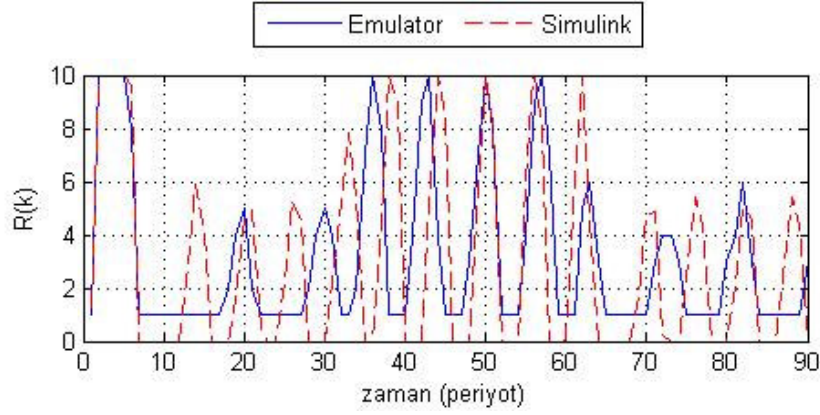


Şekil 5.2.3.2: k Zamanında Sunucu Tarafından İletilen Paket Sayısı
($K_p = 1.5$, $T_i = 250$, $T_d = 0.12$, $Q_r = 30$, İletim Gecikmesi = 0)

Şekil 5.2.3.1 ve Şekil 5.2.3.2’de türevsel etki sebebiyle ilk 5 iletim periyotu dışında kontrol girişinin doymaya ulaşmadığı gözlenmiştir. PID ve PI kontrolörler karşılaştırıldığında bant genişliği açısından PID kontrolörün duraksız akış başarımının daha iyi olduğu yorumlanmaktadır.



Şekil 5.2.3.3: k Zamanında İstemci Tamponundaki Paket Sayısı
($K_p = 1.5$, $T_i = 250$, $T_d = 0.12$, $Q_r = 30$, İletim Gecikmesi = 1)



Şekil 5.2.3.4: k Zamanında Sunucu Tarafından İletilen Paket Sayısı
($K_p = 1.5$, $T_i = 250$, $T_d = 0.12$, $Q_r = 30$, İletim Gecikmesi = 1)

Şekil 5.2.3.3 ve Şekil 5.2.3.4’de sistemin, 1 birimlik iletim gecikmesine gürbüz kalamadığı ve tüm iletim periyodu boyunca istemci tampon taşmalarının oluştuğu gözlenmektedir.

5.3. İkinci Referans Sinyali ile P, PI ve PID Kontrolör

Bu bölümde İkinci Referans Sinyali ile P, PI ve PID Kontrolör için emülasyon ve simulasyon sonuçları verilmiştir. Sonuçlarda verilen değişkenler aşağıdaki tanımlanmıştır:

Q_r : bağlantı kurulumunda atanmış istemci tampon kapasitesi, referans sinyali;

K_p : orantı kazancı;

T_i : integral zamanı;

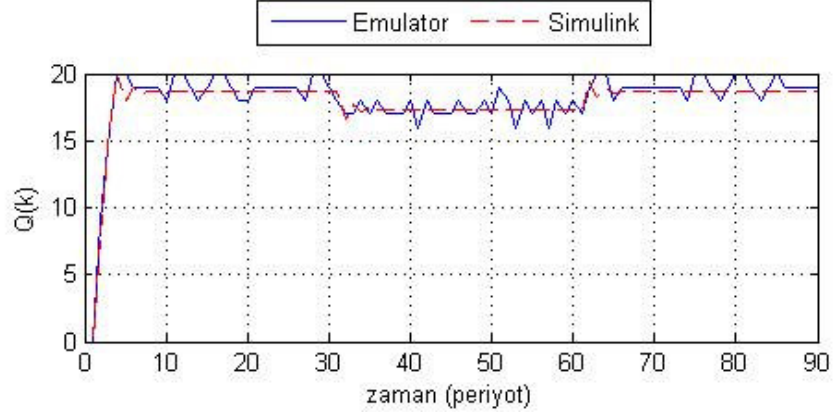
T_d : diferansiyel zamanı;

İletim Gecikmesi : kontrol kapalı çevrimi içerisindeki birim gecikme.

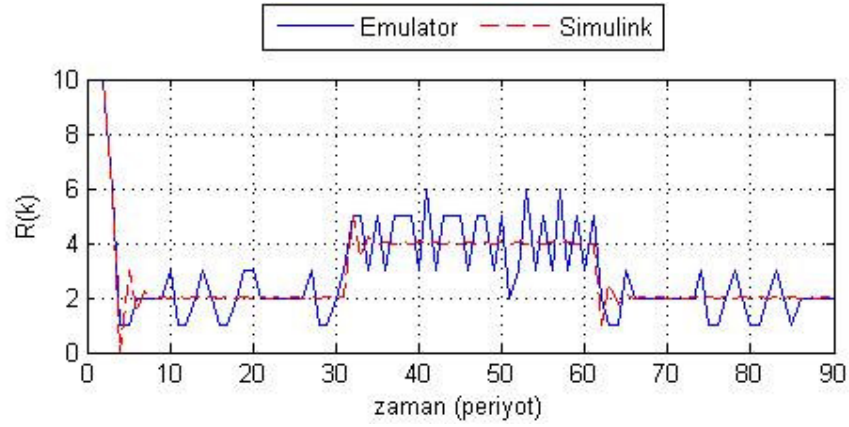
Bu bölümde sonuçları verilen P, PI ve PID Kontrolör tasarımlarında Q_r değişkeni fiziksel olarak aynı kalsa da, emülatörde gerçekleşirken değeri 3'te 1 azaltılarak kullanılmış ve PI, PID Kontrolördeki integral terimi istemci tamponunda taşma olduğu durumlarda devre dışı bırakılmıştır.

Tablo 5.3.1: İkinci Referans Sinyali ile P, PI ve PID Kontrolör için Kontrol Parametrelerine ve İletim Gecikmelerine Göre Şekil Numaraları

	Gecikmesiz	1 Birim
P Kontrolör Parametreleri $K_p = 1.5, Q_r = 20$	5.3.1.1 , 5.3.1.2	5.3.1.3 , 5.3.1.4
PI Kontrolör Parametreleri $G = 1, H = 1, S = 10, Q_r = 20$	5.3.2.1 , 5.3.2.2	5.3.2.3 , 5.3.2.4
PID Kontrolör Parametreleri $G = 10, H = 1, S = 1, Q_r = 20$	5.3.3.1 , 5.3.3.2	5.3.3.3 , 5.3.3.4

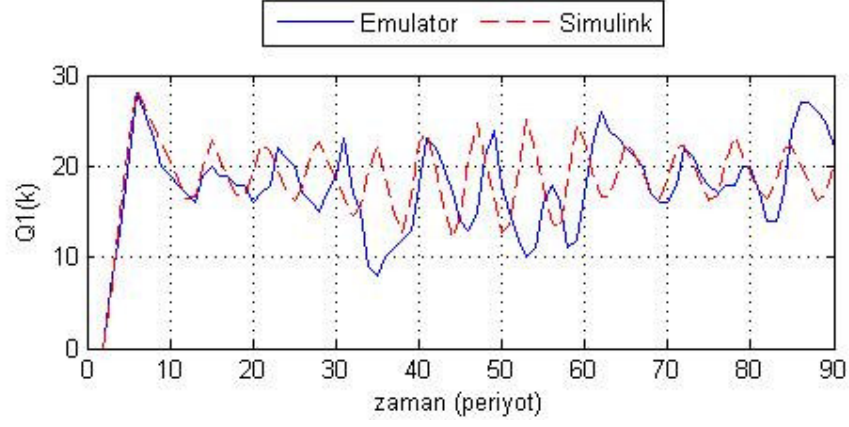


Şekil 5.3.1.1: k Zamanında İstemci Tamponundaki Paket Sayısı
($K_p = 1.5$, $Q_r = 20$, İletim Gecikmesi = 0)



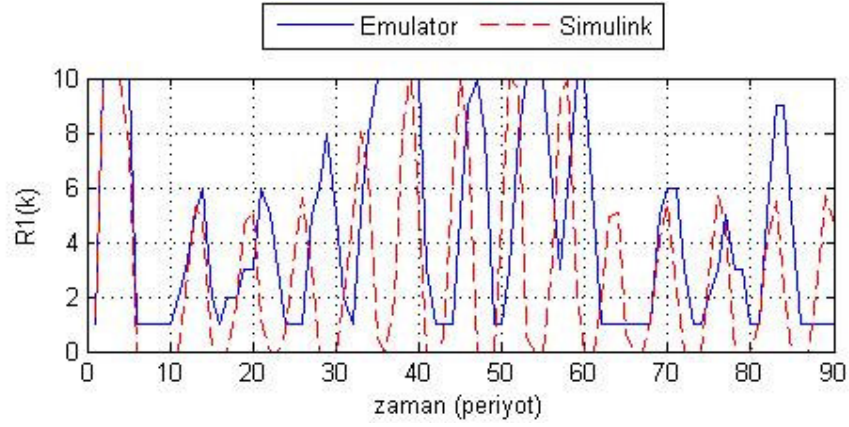
Şekil 5.3.1.2: k Zamanında Sunucu Tarafından İletilen Paket Sayısı
($K_p = 1.5$, $Q_r = 20$, İletim Gecikmesi = 0)

Şekil 5.3.1.1 ve Şekil 5.3.1.2'de istemci tampon seviyesi için yükselme zamanının oldukça küçük olduğu ve ilk 3 birimlik iletim periyodu dışında kontrol girişinin doymaya ulaştığı bir yörüngede çalıştırılmadığı, bant genişliği ve kayıplar açısından duraksız akış başarımının yüksek olduğu gözlenmektedir.



Şekil 5.3.1.3: k Zamanında İstemci Tamponundaki Paket Sayısı

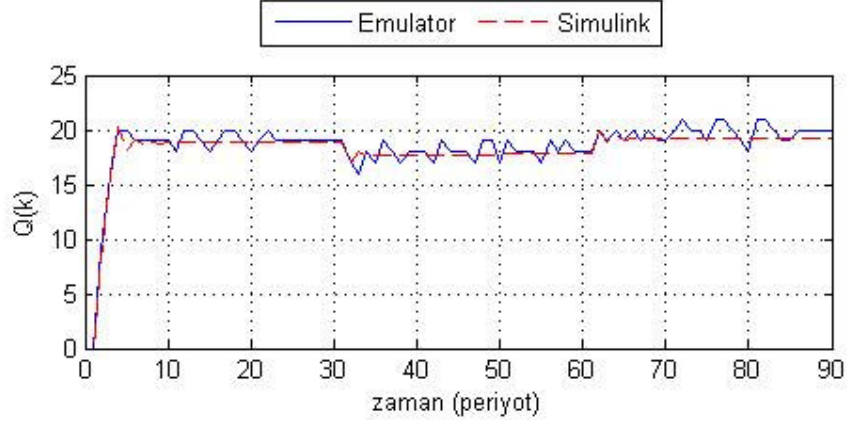
($K_p = 1.5$, $Q_r = 20$, İletim Gecikmesi = 1)



Şekil 5.3.1.4: k Zamanında Sunucu Tarafından İletilen Paket Sayısı

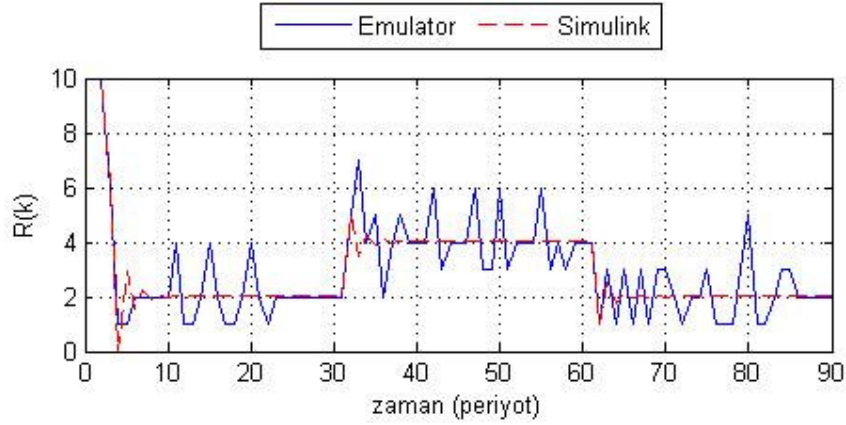
($K_p = 1.5$, $Q_r = 20$, İletim Gecikmesi = 1)

Şekil 5.3.1.3 ve Şekil 5.3.1.4’de sistemin, 1 birimlik iletim gecikmesine gürbüz kalabildiği ve istemci tampon taşmalarının önlendiği fakat bant genişliği açısından duraksız akış başarımının düşük olduğu gözlenmiştir.



Şekil 5.3.2.1: k Zamanında İstemci Tamponundaki Paket Sayısı

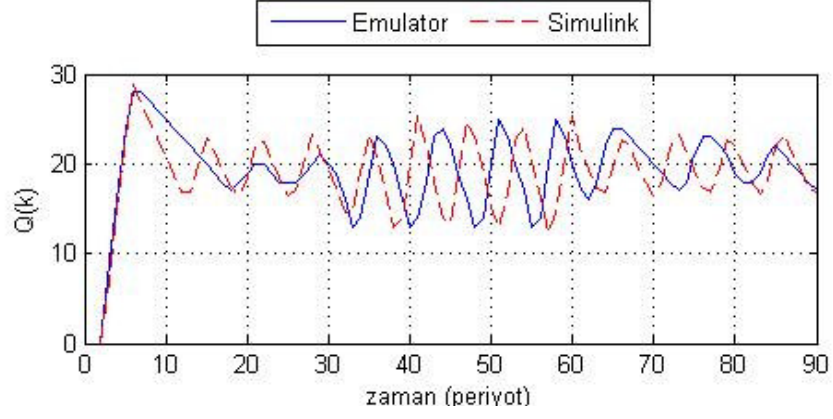
($K_p = 1.5$, $T_i = 250$, $Q_r = 20$, İletim Gecikmesi = 0)



Şekil 5.3.2.2: k Zamanında Sunucu Tarafından İletilen Paket Sayısı

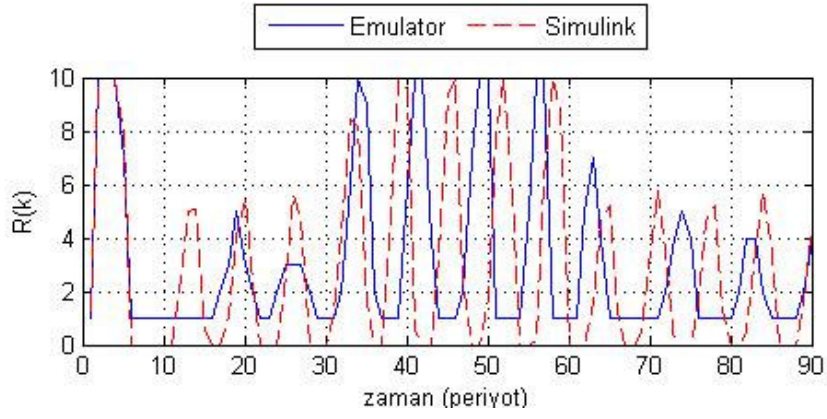
($K_p = 1.5$, $T_i = 250$, $Q_r = 20$, İletim Gecikmesi = 0)

Şekil 5.3.2.1 ve Şekil 5.3.2.2’de ortalama istemci tampon seviyesi ile referans sinyali arasındaki farkın integral etki sebebiyle azaldığı, atanmış tampon kapasitesi ile arasında farkın ise korunduğu gözlenmiştir.



Şekil 5.3.2.3: k Zamanında İstemci Tamponundaki Paket Sayısı

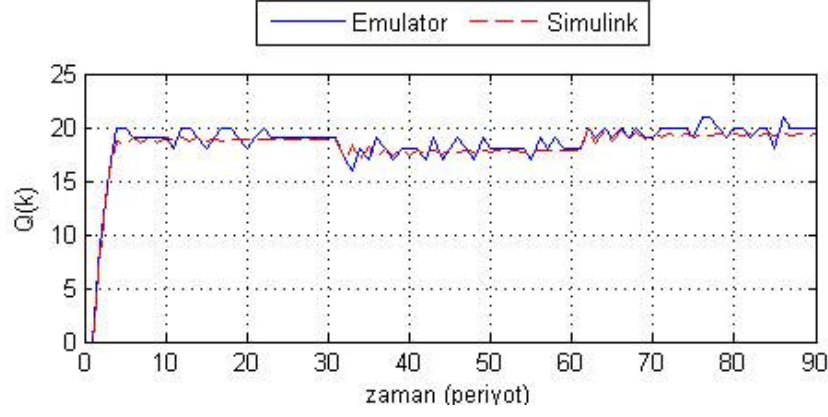
($K_p = 1.5$, $T_i = 250$, $Q_r = 20$, İletim Gecikmesi = 1)



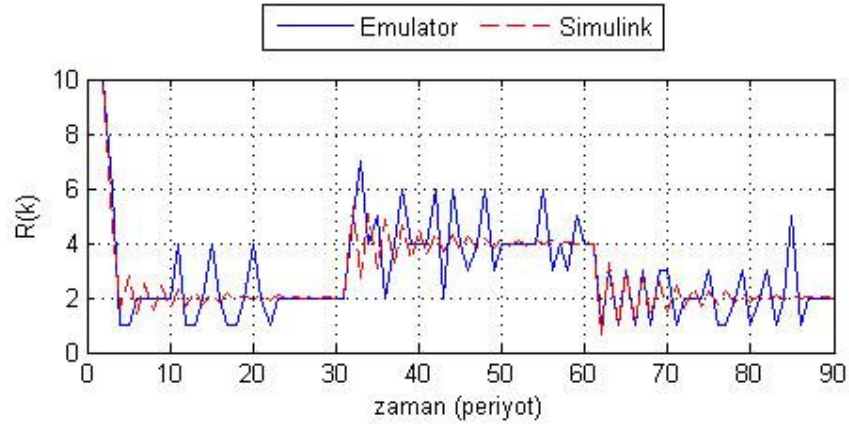
Şekil 5.3.2.4: k Zamanında Sunucu Tarafından İletilen Paket Sayısı

($K_p = 1.5$, $T_i = 250$, $Q_r = 20$, İletim Gecikmesi = 1)

Şekil 5.3.2.3 ve Şekil 5.3.2.4’de istemci tampon taşmalarının oluşmadığı, sistemin 1 birimlik iletim gecikmesine gürbüz kalabildiği gözlenmektedir

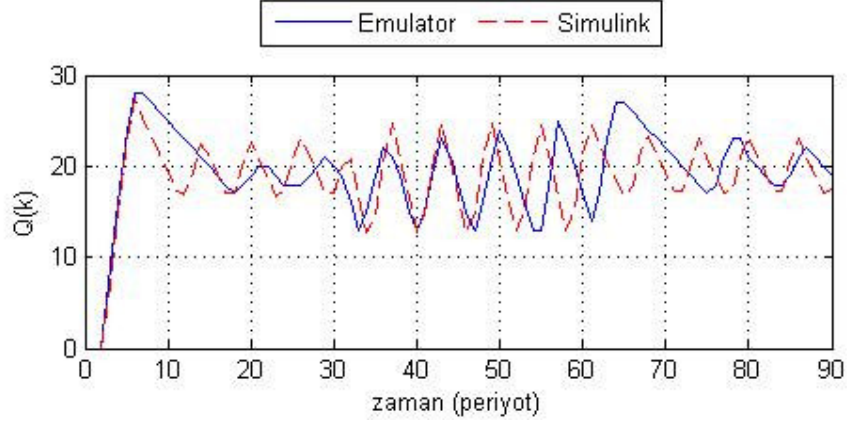


Şekil 5.3.3.1: k Zamanında İstemci Tamponundaki Paket Sayısı
($K_p = 1.5$, $T_i = 250$, $T_d = 0.12$, $Q_r = 20$, İletim Gecikmesi = 0)

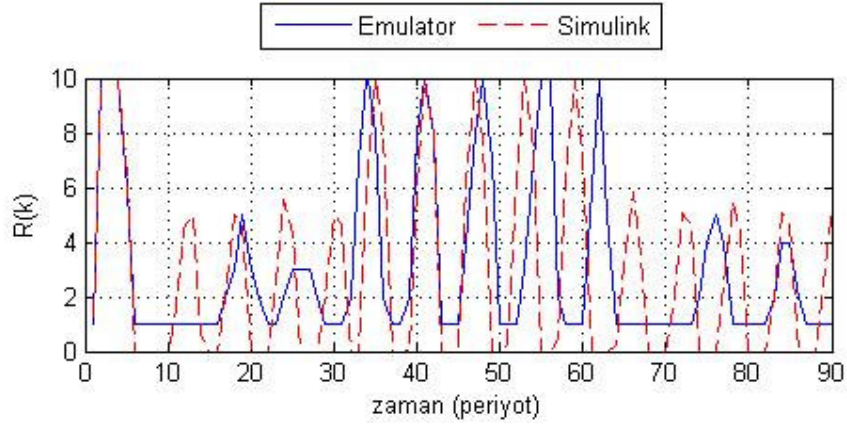


Şekil 5.3.3.2: k Zamanında Sunucu Tarafından İletilen Paket Sayısı
($K_p = 1.5$, $T_i = 250$, $T_d = 0.12$, $Q_r = 20$, İletim Gecikmesi = 0)

Şekil 5.3.3.1 ve Şekil 5.3.3.2’de istemci tampon seviyesi için yükselme zamanının oldukça küçük olduğu ve ilk 3 birimlik iletim periyodu dışında kontrol girişinin doymaya ulaştığı bir yörüngede çalıştırılmadığı, bant genişliği ve kayıplar açısından duraksız akış başarımının yüksek olduğu gözlenmektedir.



Şekil 5.3.3.3: k Zamanında İstemci Tamponundaki Paket Sayısı
($K_p = 1.5$, $T_i = 250$, $T_d = 0.12$, $Q_r = 20$, İletim Gecikmesi = 1)



Şekil 5.3.3.4: k Zamanında Sunucu Tarafından İletilen Paket Sayısı
($K_p = 1.5$, $T_i = 250$, $T_d = 0.12$, $Q_r = 20$, İletim Gecikmesi = 1)

Şekil 5.3.3.3 ve Şekil 5.3.3.4'de sistemin, 1 birimlik iletim gecikmesine gürbüz kalabildiği gözlenmektedir. Kayıplar açısından duraksız akış başarımının yüksek olduğu, istemci tampon taşmalarının önlendiği fakat türevsel etkiye rağmen bant genişliği açısından duraksız akış başarımı yeterince yüksek olmadığı yorumlanmıştır.

6. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Bu tez çalışmasında sunulan Lineer Karesel Referans İzleyici, P, PI ve PID Kontrolör tasarımları emülatör üzerinde gerçekleştirilerek bant genişliği, gecikme ve kayıplar gibi başarımların kısıtları için etkileri gözlemlenmiştir. Duraksız akış uygulamasında limitli bant genişliği kaynağı ile servis kalitesine ilişkin gereksinimlerin önerilen Lineer Karesel Referans İzleyici Kontrolör ile karşılanabileceği görülmüştür.

Sunulan P, PI ve PID Kontrolör tasarımları her ne kadar Lineer Karesel Referans İzleyici Kontrolör tasarımı gibi iletim hızını dinamik olarak güncellemekteyse de istemci görüntüleme programını iletim başlamadan önce sağlayarak kullanamamaktadır. Lineer Karesel Referans İzleyici Kontrolör tasarımında görüntüleme programı önceden sağlanabildiğinden bütün iletim periyodu için iletim hızı, iletim başlamadan önce hesaplanabilmektedir.

Görüntüleme hızının düşük ve iletim hızının yüksek olduğu bazı durumlarda, istemci tarafında tampon taşmaları meydana gelebilir. Lineer Karesel Referans İzleyici Kontrolör tasarımında görüntüleme programı bilindiği için bu durum önceden fark edilip önlenmekte, olası taşma zamanında taşmayı engellemek için istemci tampon kapasitesi otomatik olarak yükseltilip taşma periyodu sonlandığında azaltılarak normal haline getirilmektedir. Dolayısıyla kayıp oranını belli değerlerin altında tutularak iyi bir görüntüleme kalitesi sağlanmakta ve duraksız akış uygulamasının başarımları artırılmaktadır.

Kontrolör tasarımları sırasında, ağ üzerindeki yayılım ve kuyruk gecikmeleri hesaba katılmasa da Lineer Karesel Referans İzleyici Kontrolörün belli şartlar altında, belli bir seviyeye kadar gecikmelere karşı gürbüz kalabildiği ve bu gecikmelere karşı gürbüzlük seviyesinin kullanılan ağırlık matrisleriyle değiştiği gözlenmiştir.

Bölüm 5.2'de verilen Birinci Referans Sinyali ile P, PI ve PID Kontrolör tasarımlarına ilişkin sonuçlarda istemci tampon taşmalarının olduğu ve iletim gecikmelerine karşı gürbüz kalınmadığı gözlenmiştir.

Bölüm 5.3’de verilen İkinci Referans Sinyali ile P, PI ve PID Kontrolör tasarımlarına ilişkin sonuçlarda istemci tampon taşmalarının Bölüm 5.2’de verilen sonuçlara göre ciddi oranda azaldığı, kayıplar ve bant genişliği açısından duraksız akış başarımının arttığı ve kontrol kapalı çevrimi içerisindeki 1 birimlik iletim gecikmesine gürbüz kalılabildiği gözlenmiştir.

Emülatör üzerinde gerçekleştirilen kontrolör tasarımlarına ilişkin diğer sonuç ve yorumlar aşağıda numaralandırılarak verilmiştir.

1. Lineer Karesel Referans İzleyici Kontrolör, her yörünge izleme periyodu başında kontrol girişi ardışığı (yörünge izleme periyodu N ise, N tane) ürettiği ve kontrolör her bir periyotta çalıştırılmadığı için daha az toplam işlem zamanı tüketmektedir, P, PI ve PID Kontrol metodlarında ise kontrolör her periyotta çalıştırılmak zorundadır.

2. Lineer Karesel Referans İzleyici Kontrolörün, karmaşık olmayan matematiksel model ve daha az toplam işlem zamanı tüketme özellikleri bu kontrol metodunun uygulanabilirliğini artırmaktadır.

3. Lineer Karesel Referans İzleyici Kontrolör, çok istemcili ağlarda her bir istemci için ayrı ayrı kaynak tüketimi önceliği sağlayabilmektedir, bu özelliği P,PI ve PID Kontrolörler sağlayamamaktadır.

4. Sistemin, kontrol girişinin doymaya ulaştığı veya doymaya çok yakın olduğu bir yörüngede çalıştırılmamasına dikkat edilmesi gerektiği ve Lineer Karesel Referans İzleyici Kontrolörde ağırlık matrisleri buna uygun seçilmesi gerektiği yorumlanmıştır.

Bu tez çalışmasında yapılan kontrolör tasarımlarında ağ üzerindeki yayılım ve kuyruk gecikmeleri (ağda tıkanıklık kontrolü) hesaba katılmamıştır, bundan sonraki çalışmalar için bu gecikmelerinde hesaba katılmasıyla tasarım kapsamının genişletilmesi önerilebilir.

Aşağıda ağda tıkanıklık kontrolü de yapılarak optimal bant genişliği kaynağı kullanımı ile duraksız başarımını sağlamaya yönelik bazı yaklaşımlar verilmiştir.

Sunucu iletim hızının istemci tampon kapasitesine, istemci tüketim planına, ağ üzerindeki gecikme değişikliklerine ve paket kayıp hızına göre ayarlanması ile kabul edilebilir bir servis kalitesi sağlanabilir. Bu yaklaşımın farklı ağ tıkanıklık durumları altında , sabit iletim hızı veya tüketim gereksinimine göre iletim hızı yaklaşımlarına

göre daha verimli çalıştığı belirtilmiştir[11]. Bu yaklaşım aşağıdaki üç basamağı içermektedir

1. Geri besleme analizi: İstemciden gelen paket kayıp hızı, tüketim gereksinimi, ulaştırılmış paket yüzdesi ve tampon kullanımı bilgileri analiz edilmektedir[11].
2. Tıkanıklık durum analiz: Ağ üzerindeki tıkanıklık durumu istemciden gelen paket kayıp hızı bilgisine göre belirlenmektedir ve buna göre tıkanıklık durumunun ağırlığının azaltılacağına veya arttırılacağına karar verilmektedir[11].
3. Bant genişliği düzenlenmesi: Duraksız akış uygulaması için bant genişliği tampon durumuna göre, tüketim gereksinimine göre ve tıkanıklık durumu ağırlığına göre belirlenmektedir[11].

Daha güvenilir ve daha iyi kalitede imge gönderimini garanti etmek için tekrar gönderim ve seçilmiş imge paketlerini atma yöntemleri kullanılabilir[12]. Bu yaklaşımda ağda tıkanıklığın yoğun olduğu durumlarda uyarlamalı bir tüketim planı ile düşük tüketim hızında fakat yüksek video kalitesinde bir duraksız akış sağlanabileceği, ağda tıkanıklığın yoğun olduğu durumlarda dahi video kalitesinin yumuşak geçişlerle değişmekte olduğu ve istemci tarafında daha elverişli bir tüketim sağlanabildiği belirtilmiştir[12]. Bu yaklaşım aşağıdaki üç basamağı içermektedir.

1. Anahtar imge (I-frame) paketlerinin tekrar gönderilmesi: Kodlanmış bir video içeriğindeki anahtar imge paketleri kendi başına çözülebilmektedir, diğer imge paketlerinin çözülebilmesi içinse anahtar imge paketlerine ihtiyaç vardır. Duraksız akış uygulamalarında anahtar imge paketlerinin iletiminde kayıpların olması başarımı ciddi oranda azaltmaktadır. İletim sırasında anahtar imge paketlerinin kaybolduğu fark edilerek tekrar gönderilmesi için sunucuya bilgi mesajı gönderilir [12].
2. Seçilmiş yan imge (B-frame) paketlerinin atılması: Ağda tıkanıklığın yoğun olduğu durumlarda tıkanıklığı azaltmak için iletim hızının düşürülmesi önerilir. Tüketim planına uyarak son iletim zamanından önce ilgili paketlerin iletilebilmesi için, seçilen yan imge paketleri iletilmeyerek atılmış olur, böylelikle duraksız akış uygulaması başarımında ciddi bir azalma olmadan bant genişliği kullanımı ve ağ tıkanıklığı azaltılmış olur[12].
3. Uyarlamalı tüketim hızı: Bant genişliği kısıtlamasından dolayı ağda tıkanıklığın yoğun olduğu ve istemci tamponun yeterince dolu olmadığı durumlarda, video

içeriğinin daha düşük hızlarda çözülmesi ile tüketim hızı ayarlaması yapılmaktadır. Ağda tıkanıklığın geçtiğinde ve istemci tamponu yeterince dolu hale geldiğinde tekrar normal tüketim hızına dönülmektedir[12].

KAYNAKLAR

- [1] **Mei-Ling Shyu, Shu-Ching Chen, and Hongli Luo**, 2002. Self-Adjusted Network Transmission for Multimedia Data, *Proceedings of the Third IEEE Conference on Information Technology: Coding and Computing (ITCC-2002)*, pp. 128-133, April 8-10, Las Vegas, Nevada, USA.
- [2] **M. Tatipamula, and B. Khasnabish**, 1998. Multimedia Communications Networks Technologies and Services. *Artech House*, pp. 133-173.
- [3] **Kantarci A., Tunali T.**, 2000. Design and Implementation of a Video on Demand System for the Internet, *Packet Video Conference*, 1-2 May, Sardinia, Italy.
- [4] **Wu D., Hou Y.T., Zhang Y.-Q.**, 2000. Transporting Realtime Video over the Internet:Challenges and Approaches, *Proceedings of the IEEE*, VOL. 88, NO. 12, December .
- [5] **Servetto S. D., Puri R., Wagner J. P., Scholtes P., Vetterli M.**, 2002." Video Multicast in (Large) Local Area Networks", *Proceedings of IEEE Infocom*, NewYork, June.
- [6] **S.-C. Chen, M.-L. Shyu, and R.L. Kashyap**, 2000. Augmented Transition Network as a Semantic Model for Video Data, *International Journal of Networking and Information Systems*, Special Issue on Video Data, Vol. 3, No. 1, pp. 9- 25.
- [7] **S.-C. Chen, M.-L. Shyu, C. Zhang, and R.L. Kashyap**, 2000. Object Tracking and Augmented Transition Network for Video Indexing and Modeling, the *12th IEEE International Conference on Tools with Artificial Intelligence (ICTAI 2000)*, Vancouver, British Columbia, Canada, pp. 428-435, November 13-15.
- [8] **S.-C. Chen, S. Sista, M.-L. Shyu, and R.L. Kashyap**, 1999.Augmented Transition Networks as Video Browsing Models for Multimedia Databases and Multimedia Information Systems, *the 11th IEEE International Conference on Tools with Artificial Intelligence (ICTAI'99)*, Chicago, IL, USA, pp. 175-182, November 9-11.
- [9] **F. Lewis and L. Syrmos**, 1995. *Optimal Control*. John Wiley & Sons, INC.

- [10] **K. J. Astrom & T. Haggund**, 1995: *PID Controllers: Theory, Design, and Tuning*. International Society for Measurement and Con.
- [11] **Hongli Luo, Mei-Ling Shyu, and Shu-Ching Chen**, 2006. An Optimal Resource Utilization Scheme with End-to-End Congestion Control for Continuous Media Stream Transmission, *Computer Networks*, Volume 50, Issue 7, pp. 921-937, May.
- [12] **Hongli Luo, Mei-Ling Shyu, and Shu-Ching Chen**, 2004. An End-to-End Video Transmission Framework with Efficient Bandwidth Utilization, *IEEE International Conference on Multimedia and Expo (ICME 2004)*, pp. 623-626, June 27-30, Taipei, Taiwan, R.O.C.

ÖZGEÇMİŞ

Mehmet ŞAHİN 1980 yılında Eskişehir’de doğmuştur. Lise öğrenimini Bursa Erkek Lisesi’nde tamamlamış, 1998 yılında kabul edildiği Anadolu Üniversitesi Elektrik-Elektronik mühendisliği bölümünden 2003 yılında mezun olmuştur. 2003 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Kontrol ve Otomasyon Mühendisliği yüksek lisans programına kabul edilmiştir.