

Mekatronik Sistemlerde Servo Motor Kontrolünün Bilgisayar Destekli Hareket Analizi İle Bütünleştirilmesi

H. Karagülle, *L. Malgaca, *M. Akdağ
Dokuz Eylül Üniversitesi, Makina Mühendisliği Bölümü

Öncel Tuna
LJU Protek Ltd. Şti.

ÖZET

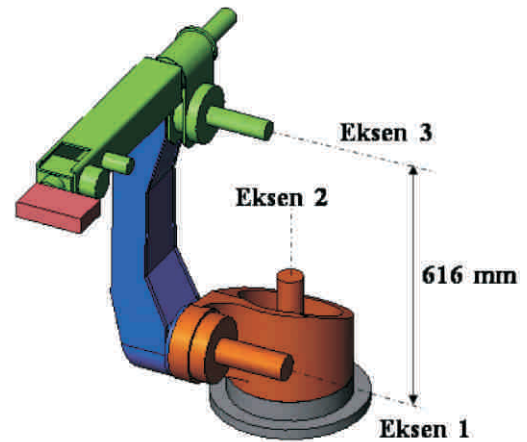
Mekatronik sistemler endüstride hızla yaygınlaşmaktadır. Değişik yapılara ve boyutlara sahip mekatronik sistemlerin bilgisayar destekli tasarımı ve analizi ile hareket kontrolü değişik programlarla yapılabilir. Bu çalışmada SolidWorks programıyla modellenen, CosmosWorks ve CosmosMotion programıyla analiz edilen 6 eksenli bir robotun servo motor kontrol yazılımı geliştirilmiştir. Hareket analizi ile bulunan motor açıları PC-tabanlı servo motor kontrolünde kullanılır. Programların API ("application program interface") olanakları ile VisualBASIC'te entegre yazılım geliştirilmiştir. Kontrol yazılımı, Mitsubishi Electric servo motorlarına Adlink motor kontrol kartı kullanılarak uygulanmıştır.

Anahtar kelimeler: Mekatronik sistemler, hareket kontrolü, servo motor

1. GİRİŞ

Mekatronik sistemlerde, mekanik, elektronik ve bilgisayar teknolojisi kullanılır [1]. Mekanik modelin oluşturulması ve analizi bilgisayar destekli programlarla yapılır [2]. Mekatronik sistemlerde servo motorlar yaygın olarak kullanılır. Servo motorların kontrolünde iki ana seçenek vardır. Bunlar, PC-tabanlı ("PC-based") veya tek başına ("stand-alone") çalışan kontrol sistemleridir [3]. Bu çalışmada örnek uygulama olarak Şekil 1' de gösterilen, 1.5 metreye uzanabilen ve 5 kg uç yükü olan 6 eksenli bir robot ele alınmıştır. Uç noktanın konumunu ilk 3 eksen açısı belirler. 4, 5 ve 6. eksenler uç noktaya

bağlanacak iş parçasını yönlendirir. Bu çalışmada ilk 3 eksen ele alınmıştır.



Robot, SolidWorks programıyla tasarlanmış ve CosmosWorks ve CosmosMotion programlarıyla [4] analiz edilmiştir. Programlarla yapılan işlemler Tablo 1' de verilmiştir.

Tablo 1. Programlarda yapılan işlemler

SolidWorks	Parçaların katı modelleri, alt montajlar, robot modeli
CosmosWorks	Farklı konumlandırmalar için doğal frekanslar, statik yer değiştirmeler ve statik gerilmeler
CosmosMotion	Ters kinematik analiz, ileri kinematik analiz

Bu programlar GUI ("graphical user interface") olanakları ile kullanılabilir. Ayrıca API ("application

program interface”) olanaklarından faydalanılarak VisualBasic [5] ile de kontrol edilebilir. VisualBasic ile geliştirilen entegre programla, hareket analizi sonuçları PC-tabanlı motor kontrolünde kullanılabilir.

Tasarım, iterasyon gerektiren bir süreçtir. İlk tasarım sonuçları hedeflenen sonuçlarla karşılaştırılır ve gerekirse değişiklikler yapılır.

2. TAHRİK VE KONTROL SİSTEMİ

İleri kinetik analiz sonuçları değerlendirilerek seçilen motor ve dişli kutusu kombinasyonları Tablo 2' de verilmiştir. Seçilen servo motor sürücüleri SSCNET ağına bağlanabilen sürücülerdir.

Eksen	Servo motor ^a /Sürücü ^a	Moment (Nm)	Dişli ünitesi ^b /Dişli oranı
1	HC-KFS73B/MR-J2S-100B	2.4	HFUC-40-80/80
2	HC-SFS102B/MR-J2S-70B	4.78	HFUC-40-100/100
3	HC-KFS43B/MR-J2S-40B	1.3	HFUC-32-100/100
4	HC-KFS23B/MR-J2S-20B	0.64	HFUC-20-80/80
5	HC-KFS13B/MR-J2S-10B	0.32	HFUC-20-80/80
6	HC-KFS50B/MR-J2S-10B	0.16	HFUC-14-80/80

Mitsubishi Electric [6] , bHarmonic Drive [7]

Servo motor kontrol sistemi PC-tabanlı veya tek başına (“Stand-alone”) özelliğe sahip olabilir. Bu iki sistemin kısa karşılaştırılması Tablo 3' de verilmiştir [3].

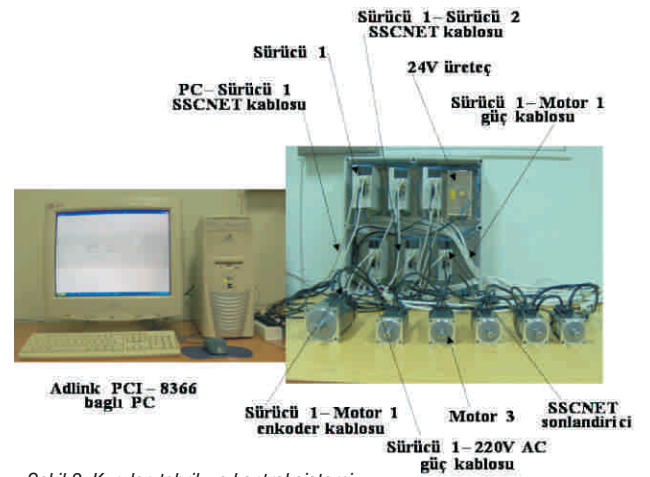
PC Tabanlı Kontrol	
Avantajları	Dezavantajları
<ul style="list-style-type: none"> -Daha ucuz -Farklı kontrol kartları ile çalışabilme -Esnekliği -Bilgisayarın zaman içinde iyileştirilmesi ile performansın artırılabilmesi -Farklı işlemlerin yaptırılabilmesi -Yaygın ve bilinen kullanım kolaylığı -Limitsiz bellek 	<ul style="list-style-type: none"> - Sistemi devreye almak için daha fazla bilgi ve emek gerekli -Bilgisayarın kilitlemesi ile doğacak problemler -Yeni PC lerin uyumluluğu olmayabilir -Farklı parçaların uyum ve garanti problemleri

Tek Başına Kontrol	
Avantajları	Dezavantajları
<ul style="list-style-type: none"> -Endüstriyel uygulamalar için denenmiş ve daha güvenilir sistem - Kolay devreye alma - Daha iyi performans - Tek üreticiye dayalı garanti 	<ul style="list-style-type: none"> - Daha pahalı - Farklı işlemler için esneklik yok - Bellek limittli - Tek üreticiye bağımlılık

Bu çalışmada PC-tabanlı kontrol uygulanmış, Adlink firmasının PCI-8366 motor kontrol kartı kullanılmıştır [8].

Şekil 2' de kurulan tahrik ve kontrol sisteminin resmi verilmiştir. Sistem Adlink PCI-8366 motor kontrol kartı içeren bir kişisel bilgisayar (PC), Tablo 2' de özellikleri verilen 6 adet Mitsubishi Electric servo motor ve sürücülerinden oluşur. Her sürücüye 220 V AC güç kablosu ve 24 V DC kabloları bağlıdır. Her motorla sürücüsü arasında enkoder kablosu ve güç kablosu mevcuttur.

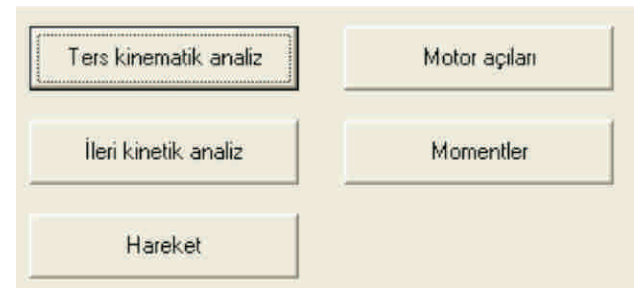
İlk sürücü ile motor kontrol kartı arasında kontrol sinyallerini taşıyan SSCNET kablosu bağlıdır. 2 ile 3, 3 ile 4, 4 ile 5 ve 5 ile 6 nolu sürücüler arasında da SSCNET kabloları mevcuttur. 6 nolu sürücüde SSCNET sonlandırıcısı vardır. Kontrol kartı bilgisayara yazılımı ile tanıtılıp kendi programıyla konfigürasyonu yapılır.



Şekil 2. Kurulan tahrik ve kontrol sistemi

3. HAREKET ANALİZİ VE KONTROL YAZILIMI

VisualBASIC'te geliştirilen entegre yazılımın açılış penceresindeki komut seçenekleri Şekil 3' de gösterilmiştir.



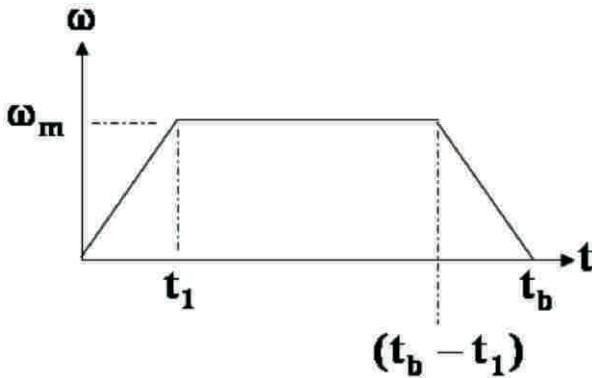
Şekil 3. Geliştirilen entegre VisualBASIC programı ara yüzü

M, robotun uç noktasının montaj sonrası ilk konumu (Şekil 1); A, robotun önceki hareketi sonucunda bulunduğu konum; B, robotun hedeflenen konumu olsun. A dan B ye ulaşma süresi t_b , A noktanın koordinatları x_a, y_a, z_a ve B noktasının koordinatları $x_b, y_b,$

z_b olsun. M konumu için motor dönme açıları sıfırdır. Eksenlere uygulanması gereken motor dönme açıları, A konumuna gelmesi için a_1 , a_2 ve a_3 ; B konumuna gelmesi için b_1 , b_2 ve b_3 olsun.

“Ters kinematik analiz” seçeneği ile robotun A konumunda ve B konumundaki motor açıları bulunur. “Motor açıları” seçeneği ile ters kinematik analiz sonucu B noktasının kinematik çalışma uzayı içerisinde olup olmadığı kontrol edilir ve A ve B konumları için motor açısal konumları dosyaya kaydedilir. “İleri kinematik analiz” seçeneği ile dosyadan okunan açı değerleri ile CosmosMotion' da ileri kinematik analiz gerçekleştirilir. “Momentler” seçeneği ile motorların sağlaması gereken moment değerleri incelenerek kinematik kontroller yapılır. “Hareket” seçeneği ile motor kontrol komutları çalıştırılarak motorlar hareket ettirilir. Motor kontrol yazılımının çalışması için Adlink firmasının sunduğu kontrol kartının komutlarını içeren “mdsp.bas” modülü eklenmeli ve kartın başlangıç ayarları programlanmalıdır.

Kullanılan örnek trapez tip hız profili Şekil 4' de verilmiştir. Burada ω_m sabit açısal hız, t_1 hızlanma ve yavaşlama süresi, t_b toplam süredir.



Şekil 4. Örnek hız profili

Eğrinin altında kalan alan, $\omega_m (t_b - t_1)$, olup toplam dönme açısını verir. ω_m değeri motorun maksimum hızını aşmamalıdır. Her eksen için ters kinematik analizi sonucu hesaplanan değerinden, $\omega_m = \omega / (t_b - t_1)$, sabit açısal hız değeri hesaplanır ve start_tr_move () komutuyla ilgili eksenin motoru hareket ettirilir.

1, 2 ve 3 nolu eksenler motor kontrol kartı yazılımında sırasıyla 0, 1 ve 2 nolu eksenlerdir. Örneğin 1 nolu eksenin hareketi ile ilgili komutlar aşağıda verilmiştir.

```
npuls0 = CLng(rot0 * nenc0 * ngear0 / 360)
vpuls0 = CLng(npuls0 / (tb - t1))
a = start_tr_move(0, npuls0, 0, vpuls0, 0, t1, t1)
```

nenc0, 1 nolu eksenin motorunun 360 derece dönmesi için gerekli puls sayısıdır.

Kullanılan motorlar için bu değer 2^7 'dir. ngear0, 1 no'lu eksenin motoruna bağlanan dişlinin çevrim oranıdır. rot0, derece cinsinden 1 no' lu eksenin dönmesi gereken açı ($b_1 - a_1$) dir. t_b , hareket süresi (t_b) dir. t_1 , hızlanma ve yavaşlama süresi (t_1) dir.

Tipik olarak $t_1 = 0.25 * t_b$ alınabilir. 3 nolu eksene bağlı parçalar bu eksene hiç hareket verilmese de 2 nolu eksene bağlı olarak hareket eder. 3 nolu eksenin dönmesi gereken açı rot2 hesaplanırken ($b_3 - a_3$) değerinden 2 nolu eksenin dönmesi gereken açı rot1, çıkarılır.

eksene bağlı olarak hareket eder. 3 nolu eksenin dönmesi gereken açı rot2 hesaplanırken ($b_3 - a_3$) değerinden 2 nolu eksenin dönmesi gereken açı rot1, çıkarılır.

4. SONUÇLAR

Mekatronik sistemler bilgisayar destekli tasarım ve analiz programlarının VisualBASIC API olanakları kullanılarak tasarlanıp analiz edilebilir. Hareket analizinde ters kinematik analizi sonucu bulunan veriler motor kontrolünde kullanılır. VisualBASIC ile kontrol edilebilen motor kontrol sistemi yazılımı hareket analizine bütünleştirilir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Dokuz Eylül Üniversitesi-Bilimsel Araştırma Proje Fonu tarafından desteklenmiştir. Devlet Planlama Teşkilatı Proje No: 2003K120360.

5. KAYNAKLAR

- [1] C. W. de Silva, 2005, *Mechatronics: An Integrated Approach*, USA, CRC Press.
- [2] Karagülle H., Malgaca L., 2004 “Analysis of End Point Vibrations of a Two-Link Manipulator by Integrated CAD/CAE Procedures”, *Finite Elements in Analysis and Design*, 40 2049-2061. September 2004.
- [3] <http://www.neecontrols.com/pc-based-machine-control.html>.
- [4] SolidWorks Corporation, www.solidworks.com.
- [5] Yanık M., 2005, *Visual Basic ile Programlama 2. Cilt: Seçkin Yayıncılık*.
- [6] Mitsubishi Electric Automotion Inc., www.mitsubishi-automation.com.
- [7] Harmonic Drive AG, www.harmonicdrive.de.
- [8] Adlink Technology Inc., www.adlinktech.com