

T.C.
TRAKYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

5 EKSENLİ ROBOT KOLUNUN YÖRÜNGE PLANLAMASI
ve DENEYSEL UYGULAMASI

Kenan KILIÇASLAN

DOKTORA SEMİNERİ
MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
YÖNETİCİ
Yrd.Doç.Dr. Hilmi KUŞÇU

EDİRNE 2011

ÖZET

Günümüzde bilgisayar sistemlerinin gelişimine paralel olarak bilgisayar destekli tasarım (C.A.D.) ve üretim (C.A.M.) sistemleri de gelişme göstermiştir. Bilgisayar destekli üretim sistemlerinde genellikle bir bilgisayar tarafından denetlenen bir veya birden fazla robot kolu (manipülator) ve bunlara bağlı uç işlevcileri kullanılmaktadır.

Bu çalışmada; beş eksenli bir robot kolunun yörünge planlaması ve deneysel uygulaması ele alınmıştır. Bu amaçla Trakya Üniversitesi'nde bulunan robot kolu üzerinde uygulama yapılmış, bu robot konunun yörüngesi LabView 2010 Student Edition ve Matlab2010a Student Edition yazılımları ile program yapılarak yörünge planlaması yapılmış ve kol çalıştırılmıştır.

Bu yazılım ile robot koluna bir başlangıç ve bir de varış koordinatı üç boyutlu kartezyen koordinat sistemi verilmiş ve uygulama çalıştırılmıştır.

Anahtar kelimeler: manipülator, robot kolu, konum kontrolü, ileri kinematik, ters kinematik

ABSTRACT

Parallel to the development of computer systems today computer aided design (CAD) and computer aided manufacturing (CAM) systems have also developed. In Computer Aided Manufacturing systems one or more than manipulators end functions attached to these are generally used.

In this study, a five-axis robot arm trajectory planning and its experimental application have been studied. For this reason, the application has been made on the robot arm at Trakya University, 2010 Student Edition of LabView and the robot trajectory subject software program with Matlab 2010a Student Edition planning has been done and the arm has been operated.

With this software robot and a column from an initial three-dimensional Cartesian coordinate systems are given and the application is operated.

Keywords: manipulator, robot arm, location counter, forward kinematics, inverse kinematics.

ÖNSÖZ

Teknoloji insanların gündelik ve iş hayatındaki gereksinimleri sonucu ortaya çıkmış ve bu gereksinimler sonucu gelişmeye devam etmektedir. Bilgisayarın icadı ile birlikte Bilgisayar Destekli tasarım ve Üretim teknolojisi gelişmiştir.

Robot teknolojisi de sanayi devriminden sonra makineleşmeye dayalı olarak üretim hatlarındaki üretim süresini azaltmak, standart ürünler üretebilmek, insan hayatı için tehlikeli ve bulunması imkânsız yerlerde işlem ve üretim yapabilmek amacıyla geliştirilmiştir. Üretim ortamları öncelikle klasik üretim tezgâhları daha sonra kam kontrollü ve pim kontrollü üretim tezgâhlarından oluşmaktaydı ve üretim hızı ve kalitesi arttırılmaya çalışılmıştır. Robot teknolojisinin gelişmesiyle birlikte üretim ortamları en az insan bağımlı, standart ürünler çıkaran, neredeyse yüzde sıfır hatayla üretim yapabilen, insanoğlunun zorlukla yapabileceği işlerin yapılabildiği üretim bantlarına dönüşmüş ve üretim ortamları bütünüyle insandan bağımsız düşünüp kontrol edilebilen üretim sistemlerine dönüşmeye doğru gitmektedir. Bu nedenle robot teknolojisinin önemi yakın gelecekte daha da artarak devam etmektedir.

Bu çalışma ülkemizdeki robot kolu konum kontrolü üzerine yapılan çalışmalara bir alternatif sunmaktadır.

TEŞEKKÜR

Bu çalıőmamın baőından sonuna kadar emeği geçen ve beni bu konuya yönlendiren, engin bilgi ve tecrubesini benimle paylaőan saygıdeğer hocam ve danıőmanım Sayın Yrd. Doç. Dr. Müh. Hilmi KUŐŐU ‘ya tüm katkılarından ve hiç eksiltmediği desteğinden dolayı teşekkür ederim. Ayrıca, bu çalışma sayesinde bilgim çok daha arttı.

Bu çalışmada bana yardımcı olan ilköğretim đrencisi oğlum Alper KILIÇASLAN’a da teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	ii
ÖNSÖZ	iv
TEŞEKKÜR	v
İÇİNDEKİLER	vi
SİMGELER	x
ŞEKİLLER	xi
1. GİRİŞ	1
2. MATERYEL VE METOD	2
2.1. İleri Kinematik	2
2.1.1. Bir çerçevenin genel tanımı	3
2.1.1.1. Konumun tanımı	3
2.1.1.2. Yönelimin tanımı	4
2.1.2. Kartezyen çerçevesinde dönüşüm	6
2.1.2.1. Euler açıları	7
2.1.2.2. Roll-Pitch_Yaw açıları	10
2.1.2.3. Dönüşüm vektörü ve dönüşüm açısı	10
2.1.3. Homojen dönüşümler	11
2.1.4. Denavit-Hartenberg metodu	13
2.1.4.1. Koordinat sisteminin eklemlere yerleştirilmesi	14

2.2. Ters Kinematik.....	16
2.2.1. Ters kinematiğin analitik çözümü.....	16
2.3. LabVIEW ile Programlama.....	18
2.3.1. LabVIEW veri tipleri	19
2.3.2. LabVIEW fonksiyonları.....	20
2.3.3. LabVIEW’de diziler.....	21
2.3.4. Döngüler ve yapılar.....	22
2.3.4.1. For Döngüsü.....	22
2.3.4.2. Mantıksal uç olan for döngüsü.....	22
2.3.4.3. While döngüsü	22
2.3.4.4. Case yapısı	23
2.3.4.5. Shift Register.....	23
2.3.4.6. Feedback Node.....	24
2.3.4.7. MathScript Yapısı	24
2.3.4.8. Matlab Script Yapısı	25
2.3.5. SubVI (Alt VI belgesi).....	25
2.3.6. LabVIEW Kablo Renkleri	26
2.4. Projede Kullanılan Matlab Fonksiyonları	27
2.4.1. inv fonksiyonu.....	27
2.4.2. fsolve fonksiyonu	27
3. HESAPLAMALAR.....	28

3.1. Çalışmaya Konu Olan Robot Kol	28
3.2. Projede Kullanılan Kontrol Yazılımı	28
3.3. Robot Kolun İleri ve Ters Kinematik Hesabı	29
3.3.1. Robot kolun ileri kinematik hesabı	29
3.3.2. Ters Kinematik hesaplama	33
3.3.2.1. Matlab ile Örnek uygulama	42
4. PROGRAM KODLARI	46
4.1. İleri Kinematik İçin Gerekli Matrisleri Oluşturmak	46
4.1.1. T01.vi Dosyası	46
4.1.2. ilerikinematik.vi Dosyası	50
4.2. Ters Kinematik Hesaplama İle İlgili Fonksiyonlar	52
4.2.1. terskinematik.vi Fonksiyonu	52
4.2.1.1. terskinematik.vi İçindeki Matlab Kodu	54
4.2.2. terskinematik2.vi fonksiyonu	56
4.2.2.1. terskinematik2.vi Matlab Kodu	59
4.2.3. terskinematik3.vi fonksiyonu	60
4.2.3.1. terskinematik3.vi içindeki Matlab kodu	62
4.2.4. xyzhesap.vi fonksiyonu	66
4.3. LabVIEW Programında Kullanılan Diğer Fonksiyonlar	68
4.3.1. Analog – Sayısal veri toplama kartı sürücülerini	68
4.3.1.1. Veri toplama kartının fonksiyonlarının programa eklenmesi	68

4.3.1.2. Veri toplama kartının sürücüsünün fonksiyonları.....	70
4.3.1.2.1. aio3320_initial	70
4.3.1.2.2. aio3320_close.....	71
4.3.1.2.3. aio3320_info	71
4.3.1.2.4. aio3320_set_point	71
4.3.1.2.5. aio3320_read_point.....	72
4.3.1.2.6. aio3320_out_DA_data	72
4.4. Ana Program	72
4.4.1. İleri Kinematik Hesaplama	74
4.4.2. Ters Kinematik Sekmesi	77
4.4.2.1. “Ters Kinematik” sekmesindeki blok diyagramları.....	80
4.4.3. Yörünge Sekmesi	84
4.4.3.1. Yörünge sekmesi kaba kodu	86
4.4.3.2. “Yörünge” sekmesi diyagramları.....	87
5. SONUÇ.....	94

SİMGELER

- θ_i : Eklem açıları
 \mathbf{p} : Konum vektörü
 bT_a : a dan b'ye dönüşüm matrisi
 a_i : Kol uzunluğu
 α_i : Eksen açısı
 d_i : Eklem kaçıklığı
 R_{Euler} : Euler dönüşümü
 R_{RPY} : Roll- Pitch- Yaw dönüşümü
 α, β, γ : Euler ve Roll- Pitch- Yaw açıları
 M : Ters kinematikte birinci taraf çarpım matrisi
 N : Ters kinematikte ikinci taraf çarpım matrisi
 I : Birim matris
 R : Dönme matrisi
 P_x : Konum vektörünüm x eksenini değeri
 P_y : Konum vektörünüm y eksenini değeri
 P_z : Konum vektörünüm z eksenini değeri

ŞEKİLLER

Şekil 2.1 İki parçalı mekanizma planı.....	2
Şekil 2.2 Sağ el temel kartezyen sistem.....	3
Şekil 2.3 3D uzayda gövdenin konumu	5
Şekil 2.4 ± 900 için temel dönüşüm.....	8
Şekil 2.5 İki temel dönüşümün serisi	9
Şekil 2.6 Temel çerçevede P gövde konumu	12
Şekil 2.7 Homojen dönüşümlerim serisi	13
Şekil 2.8 D-H parametreleri (link I = eksen i, link I+1= eksen i+1).....	14
Şekil 2.9- Puma robotun aynı noktaya 4 ayrı şekilde ulaşması.....	16
Şekil 2.10 Örnek LabVIEW diyagramı.....	19
Şekil 2.11 Örnek while loop ve case yapısı	23
Şekil 2.12 Shift register örneği.....	24
Şekil 2.13 Feedback node örneği	24
Şekil 2.14 MathScript penceresi	25
Şekil 2.15 MATLAB Script penceresi.....	25
Şekil 4.1 T01.vi Blok Diyagramı (Enum değeri T1 için)	48
Şekil 4.2 T01.vi Blok Diyagramı (Enum değeri T2 için)	49
Şekil 4.3 T01.vi Blok Diyagramı (Enum değeri T3 için)	49
Şekil 4.4 T01.vi Blok Diyagramı (Enum değeri T4 ve T5 için)	50

Şekil 4.5 İleri kinematik.vi Blok Diyagramı	52
Şekil 4.6 Ters kinematik2.vi Blok Diyagramı	58
Şekil 4.7 Ters kinematik3.vi Blok Diyagramı	62
Şekil 4.8 xyz hesap.vi Blok Diyagramı	68
Şekil 4.9 Call Library Node	69
Şekil 4.10 Call Library Node	70
Şekil 4.11 aio3320_initial	71
Şekil 4.12 aio3320_close	71
Şekil 4.13 aio3320_info	71
Şekil 4.14 aio3320_set_point	72
Şekil 4.15 aio3320_read_point	72
Şekil 4.16 aio3320_out_DA_data	72
Şekil 4.17 “Güç Kaynağını Kapat/Aç” butonu False ise blok diyagramı	73
Şekil 4.18 Güç kaynağı durumunu bildiren blok şeması	73
Şekil 4.19 Güç kaynağı durumunu bildiren blok şeması	74
Şekil 4.20 “İleri Kinematik Hesap” sekmesindeki hesaplama diyagramı	76
Şekil 4.21 “İleri Kinematik Hesap” sekmesinde kolun hareket ettirilmesi	77
Şekil 4.22 “Ters Kinematik” açıları bulma ve bilinen açıya göre diğer açıları bulmak	81
Şekil 4.23 “Ters Kinematik” ters kinematik.vi ile hesaplanan açıları düzeltme	82
Şekil 4.24 “Ters Kinematik” sekmesinde bilinen açılara göre bulunan değer göre grafik çizimi	82

Şekil 4.25 “Ters Kinematik” sekmesinde hesaplanan açıların “İleri Kinematik Hesap” sekmesine gönderilmesi	83
Şekil 4.26 “Ters Kinematik” sekmesinde robot kolunun hareket ettirilmesi.....	84
Şekil 4.27 “Yörünge” sekmesinde başlangıç ve varış açılarının hesabı	87
Şekil 4.28 “Yörünge” sekmesinde başlangıç ve varış açılarının düzeltilmesi	88
Şekil 4.29 “Yörünge” sekmesinde kullanılan for döngüsü	88
Şekil 4.30 “Yörünge” sekmesinde robot kol hareket etme koşulu.....	89
Şekil 4.31 “Yörünge” sekmesinde A ve B pozisyonlarındaki açıların farklarının ve büyük veya küçüklüğünün tespiti	89
Şekil 4.32 For döngüsü içinde açıların değişim sayısının tanımlanması	90
Şekil 4.33 For döngüsünden, döngü sonlanmadan çıkış	91
Şekil 4.34 t1 açısını t1A konumundan t1B konumuna götüren	91
Şekil 4.35 t2 açısını t2A konumundan t2B konumuna götüren	92
Şekil 4.36 t3 açısını t3A konumundan t3B konumuna götüren	92
Şekil 4.37 t4 açısını t4A konumundan t4B konumuna götüren	93

RESİMLER

Resim 2.1 LabVIEW genel görünümü.....	18
Resim 2.2	20
Resim 2.3 Matris fksiyonları.....	21
Resim 2.4 Dizi fksiyonları	21
Resim 3.1 Çalışmaya konu olan robot kolu	28
Resim 3.2 Dört serbestlik dereceli robot kolunun matematik modeli.....	29
Resim 3.3	43
Resim 3.4	43
Resim 3.5	44
Resim 3.6	45
Resim 4.1 T01.vi Front Panel görünümü	46
Resim 4.2 ilerikinematik.vi front panel görünümü	51
Resim 4.3terskinematik.vi Blok Diyagramı.....	53
Resim 4.4 terskinematik.vi Blok Diyagramı.....	54
Resim 4.5 terskinematik2.vi Front Panel görünümü.....	57
Resim 4.6 terskinematik3.vi Front Panel görünümü.....	61
Resim 4.7 xyzhesap.vi Front Panel görünümü.....	67
Resim 4.8 Call Library Function, Function sekmesi.....	69
Resim 4.9 Call Library Function, Parameters sekmesi	70

Resim 4.10 “İleri Kinematik Hesap” sekmesinin görünümü	74
Resim 4.11 “Ters Kinematik” sekmesinin görünümü.....	78
Resim 4.12 “Yörünge” sekmesinin “Front Panel” görünümü	86

TABLULAR

Tablo 2.1 LabVIEW veri tipleri	20
Tablo 2.2 LabVIEW kablo renkleri	26
Tablo 4.1 T01.vi terminal uçları ve açıklamaları	47
Tablo 4.2 ilerikinematik.vi terminal uçları ve açıklamaları	51
Tablo 4.3 terskinematik.vi fonksiyonu giriş çıkış parametreleri.....	53
Tablo 4.4 Matlab script giriş çıkış parametreleri	55
Tablo 4.5 terskinematik2.vi fonksiyonu giriş çıkış parametreleri.....	57
Tablo 4.6 Matlab script giriş çıkış parametreleri	59
Tablo 4.7 terskinematik3.vi fonksiyonu giriş çıkış parametreleri.....	61
Tablo 4.8 Matlab script giriş çıkış parametreleri	62
Tablo 4.9 terskinematik3.vi fonksiyonu giriş çıkış parametreleri.....	67
Tablo 4.10 “İleri Kinematik Hesap” sekmesindeki kontrol ve indikatörler.....	75
Tablo 4.11 “İleri Kinematik Hesap” sekmesindeki kullanılan fonksiyonlar	75
Tablo 4.12 “Ters Kinematik” sekmesinde kullanılan fonksiyonlar	78
Tablo 4.13 “Ters Kinematik” sekmesindeki kontrol ve indikatörler	79
Tablo 4.14 “Yörünge” sekmesinde kullanılan fonksiyonlar	85