

BULANIK MANTIK YÖNTEMİ İLE TEK HAT ESNEK ROBOT KONTROLÜ

Hamdi ATMACA
Osmangazi Üniversitesi
Elektrik-Elektronik Mühendisliği
Eskişehir

Ü.Çiğdem TURHAL
Anadolu Üniversitesi
Bilecik Meslek Yüksekokulu
Bilecik

Bayram CETİŞLİ
Osmangazi Üniversitesi
Elektrik-Elektronik Müh.
Eskişehir

Anahtar Kelimeler: Bulanık Mantık, Robot Kolu

Özet- Bu makalede sert ve tek hat esnek idare edicilerin kontrolü üzerine yapılmış çalışmalar incelenecektir. Bu tür uygulamalarda *Bulanık mantık ile kontrol yöntemi* klasik kontrol yöntemlerinden daha uygun sonuçlar vermektedir. Bu çalışmada özel bir uygulama olarak tek hat esnek bir robotun geri beslemesiz durumdaki deneysel sonuçları incelenerek modellenmesi, bulanık kontrol dizaynı ve simülasyonu yapılacaktır.

1.GİRİŞ

Esnek robot kollarının tasarımındaki en büyük problem kontrol mekanizmasının tasarımıdır. Esnek olmayan bir robot kontrolü için klasik lineer kontrolörler kullanılabilir. Ama parametrelerin lineer olmadığı bir durumda klasik lineer kontrolörlerin kullanımı mümkün olmayacaktır. Durum böyle olunca Bulanık mantık yöntemi ile sistemin kontrol edilmesi daha uygun olacaktır [1,2,3]. Bu makalede incelenecek olan tek hat esnek robot kontrolü için Bulanık mantık kontrol yönteminin klasik kontrol yöntemlerinden daha iyi sonuç

verdiği görülecektir. Yöntem olarak Direk Bulanık Mantık Kontrol yöntemi kullanılacaktır.

2. ROBOT SİSTEMİ

Tek hat esnek robot sistemi yatay düzlemde çalışmak üzere sınırlandırılmış çok esnek bir hattan yapılmıştır. Hat giriş gerilimi V volt olan bir direk beslemeli motor ile sürülmekte ve denkleştirilmiş alüminyum şeritten yapılmıştır. Robot üzerindeki algılayıcılar motor milinin dönme açısı θ için bir optik kodlayıcı ve hattın uç noktasına hareketin ivmesini ölçmek için konmuş bir hızmetreden ibarettir. Çizim amacı ile robotun uç noktasının durumunu görüntüleyebilmek için bir satır taramalı kamera kullanılmıştır. Buradan elde edilen veri geribesleme amacı ile kullanılmamıştır.

3. SİSTEMİN AÇIK ÇEVİRİM KONTROLÜ

Bu çalışmanın ilk amacı robotun istenen hareketi en kısa zamanda yapması ve hareket sonundaki osilasyonun mümkün olduğu kadar en aza indirilmesidir. Öncelikle robotun kontrol altında çalışmadığı yani dışarıdan dijital bir kontrol algoritması kullanılmadığı durumu inceleyelim [4]. Motora $t=0$ anında $V=0.3615$ V'luk bir gerilim uygulandığında ve hat istenen

noktaya ulaştığında motor gerilimini sıfıra düşürelsin. Bu esnada hattın hareketi kamera ile gözlemlenmektedir.

Bu hareket görüntülediği taktirde şu sonuçlar ortaya çıkmıştır. Hattın 90 derecelik bir dönüş yapması istenmiştir. İdeal durumda motor kuvvetlendiricisine gelen gerilim sinyali kesime girdiği anda mil hareketinin durdurması gerekir. Fakat hat, gerilim sinyali kesime girmeden önce sabit bir hızla hareket ettiğinden hattın momentumundan dolayı mil durması gereken açıda durmamaktadır. Sonuç olarak hareket sonunda büyük bir salınım meydana gelmiştir.

4. SİSTEMİN MODELLENMESİ

Tek hat esnek robotun modellenmesinde tam olarak doğru bir modelleme yapmak zordur; fakat sistem tanımlamalarını kullanarak yaklaşık olarak lineer olan modeller üretilebilir. Bu lineerleştirme işlemi için sisteme giriş gerilimi ile rastgele giriş sinyalleri verilir. Sonuçta meydana gelen çıkış bilgileri bir araya getirilir ve en küçük kareler metodu kullanılarak lineer modelin parametreleri hesaplanır[4]. Sistemde bir giriş ve iki çıkış olduğundan modelleme için birkaç deney yapılması gerekir. Sistemin satürasyona gitmemesi için birleşme açısı θ 'nın +/-250 derece ve V giriş geriliminin de +/-5V arasında sınırlandırılmasına dikkat edilmelidir.

Şimdi yapılması gereken motora uygulanan gerilim ve hat uç noktasının ulaşması gereken nokta ile ulaştığı nokta arasındaki hata ve hat uç noktasının ivmesi arasında bir bağıntı oluşturmaktır. Bunun için öncelikle gerilim ile ivme ve katedilen mesafe arasındaki eşitlikleri bulunabilir.

Gerilim, enerjinin yüke oranıdır. Birimleri cinsinden bu eşitlik yazılırsa aşağıdaki denklemi elde edilir:

$$\text{Volt} = \text{Joule} / \text{Coloumb}$$

Fakat enerji, uygulanan kuvvet ile katedilen mesafenin çarpımına eşittir. Yük değeri 1

Coloumb alınırsa kuvvetin de kütle ile ivmenin çarpımına eşit olduğu düşünülerek aşağıdaki eşitlik bulunur.

$$V = m.a.r$$

Burada r, robot kolunun yatayda dairesel olarak katettiği mesafeyi göstermektedir.

Yukarıdaki eşitlikte ivme yerine r/t^2 konulursa;

$$V = m(r/t^2) r$$

olur. Bu denklemden r,

$$r = (V/m)^{1/2} * t$$

olarak çıkar. Bu durumda

$$a = r/t^2 = (V/m)^{1/2} * t / t^2$$

Buradan da ivme $a = (V/m)^{1/2} / t$

olarak bulunur. Bu denklem, hat uç noktası hareketinin ivmesi ile motora uygulanan gerilim arasındaki bağıntıyı göstermektedir. Hareket sonucunda katedilen mesafe ile motor gerilimi arasındaki ilişki incelenirse, katedilen mesafe, hız ile zamanın çarpımına eşit olduğu için hız ile motor gerilimi arasında aşağıdaki bağıntı bulunabilir.

$$v = r/t = (V/m)^{1/2}$$

ifadesine ulaşılabilir.

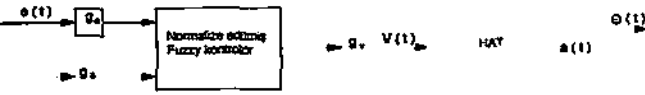
Her iki sonuç da incelenecek olursa hem katedilen mesafenin hem de ivmenin motora uygulanan gerilimin karekökü ile orantılı olduğu görülür. Bu sonuçlardan yararlanarak sistemin bulanık mantık kuralları elde edilebilir.

5. DİREK BULANIK KONTROL

Şekil-1'de gösterildiği gibi direk bulanık kontrolörün iki girişi ve bir çıkışı vardır. Burada θ_d hattın optik kodlayıcılardan t anındaki yeri ve $\theta(t)$ çıkışta gitmesi istenen açıyı göstermektedir. Sistemin girişleri olarak motor milinin duruma hatası

$e(t) = \theta_d - \theta(t)$ olarak verilmiştir. Hat uç noktasından elde edilen hızlanma bilgisi de $a(t)$ ile gösterilmiştir. Bulanık kontrolörün çıkış sinyali g_v kazancı ile çarpılarak hat

motor kuvvetlendiricisini süren $V(t)$ gerilim sinyali olarak elde edilir.

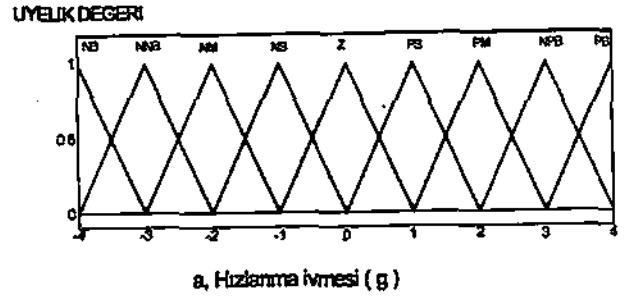
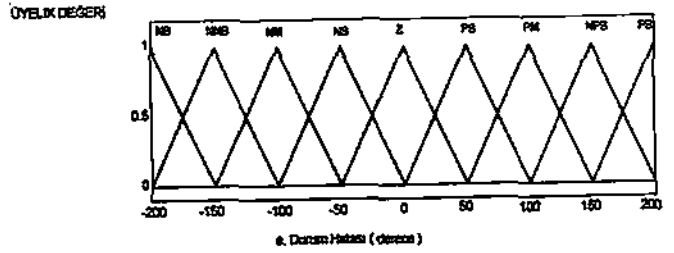


Şekil-1 Bulanık Kontrol Sistemi Blok Diyagramı.

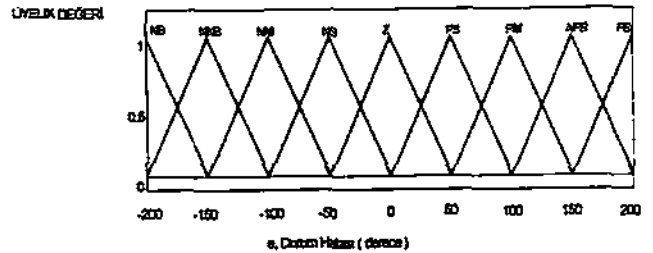
6. BULANIK KONTROLÖR TASARIMI

Bulanık kontrolörün giriş ve çıkış bilgi uzayları $[-1,1]$ aralığına normalize edilmiş değerlerdir. Burada g_e ve g_a kazanç çarpanları gerçek giriş bilgilerini bu aralığa normalize edebilmek için kullanılır. g_v kazanç çarpanı da aynı şekilde çıkış bilgisini yukarıda verilen aralığa normalize etmek için kullanılır. Bu çalışmada değerlerin bulanık hale getirilmesi için 'Tek Noktalı Bulanıklaştırma' ve bu işlemin tersi için de 'Ağırlık Merkezi' metodları kullanılmıştır.

Hattın üyelik fonksiyonları Şekil-2 ve Şekil-3'de görüldüğü gibi üçgen şeklindedir. Şekilden bakılacak olursa giriş bulanık kümeleri üniform iken çıkış Bulanık kümeleri sıfırın yakınında daha dardır. Bu sayede set point yakınında kontrolör kazancı azalır ve daha iyi bir kararlı durum kontrolü elde edilebilir. Kontrolör için, durum hatası uzayı $[-200, 200]$ derece aralığında seçilmiştir. Böylece tüm aralık değeri toplam 400 derecelik olarak hesaplanmıştır. Normalizasyon faktörü bu aralığın genişliğine bağlı olarak belirlenir. Örneğin giriş uzayı $e(t)$ için belirlenen aralık $[-200, 200]$ ve $g_e=1/200$ ise eğer çıkış uzayı $V(t)$ için belirlenen aralık da $[-0.8, 0.8]$ alınır, $g_v=0.8$ olacaktır. Sistemin diğer girişi olan hattın uç nokta hızlanma uzayı da $[-4, 4]$ aralığındadır. Çıkış uzayı da mil hızının makul değerler içinde kalmasını sağlayacak bir aralık değerinde seçilmiştir.



Şekil-2 Giriş Değişkenleri İçin Üyelik Fonksiyonları.



Şekil-3 Çıkış Değişkeni İçin Üyelik Fonksiyonu.

Hat kontrolü için kurallar dizisi Tablo-1'de gösterilmiştir. Bulanık giriş uzayında 9 küme mevcuttur. Tabloda en üstteki satır hızlanma değeri ivme'nin(a) 9 farklı değerini gösterir ve en soldaki kolon ise durum hatasının(e) 9 farklı değerini göstermektedir. Tablo içindeki değerler ise V^m 'i gösterir. V^m değerleri hızlanma ve durum hatası giriş değişkenlerinin her bir kombinasyonuna IF-THEN kurallarının uygulanması ile elde edilen çıkış değişkeni olan motora uygulanacak gerilim değerleridir.

Tablo-1 Hat Bulanık Kuralları.

V^m	A^k								
	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4
-4	-4	-4	-4	-3	-3	-2	-2	-1	0
-3	-4	-4	-3	-3	-2	-2	-1	0	1
-2	-4	-3	-3	-2	-2	-1	0	1	2
-1	-3	-3	-2	-2	-1	0	1	2	2
0	-3	-2	-1	0	0	0	1	2	3
1	-2	-2	-1	0	1	2	2	3	3
2	-2	-1	0	1	2	2	3	3	4
3	-1	0	1	2	2	3	3	4	4
4	0	1	2	2	3	3	4	4	4

Buna göre IF-THEN kuralları aşağıdaki formdadır:

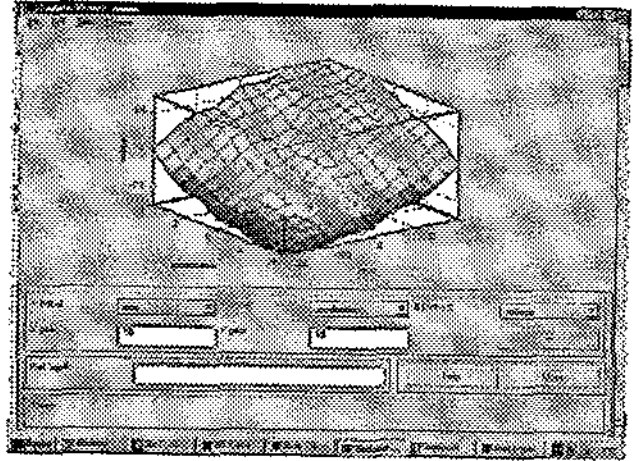
IF E^j and A^k THEN V^m

Burada E^j , A^j ve V^j j.inci bulanık kümenin e, a, V değerleridir. Bu bulanık kontrolörün kural sayısı 81 adettir.

Şimdi oluşturulan bu kuralların mantığı Tablo-1'i inceleyerek anlaşılabilir. Örneğin eğer pozitif bir hata ve pozitif bir hızlanma değeri varsa bu durumda kontrolöre pozitif bir gerilim uygulanmalı ve hat istenen yere doğru ilerlemelidir. Hata ve hızlanma azaldıkça uygulanan gerilim de istenen noktaya gittikçe yaklaşıldığı için azaltılmalıdır. $j=0$ 'ıncı satıra bakılacak olursa uygulanan gerilim için üç tane sıfır değeri olduğu görülür. Buraya sıfırların yerleştirilmiş olması kontrolörün hizmetreden elde edilen gürültülü ölçümlere olan duyarlılığını azaltmak içindir.

7. SİMÜLASYON

Bu bölümde, tek hat esnek robotun Matlab'deki Bulanık Mantık Mentüsü kullanılarak simülasyonu yapılmıştır. Daha önce giriş ve çıkış değişkenleri için tanımlanmış olan üyelik fonksiyonlarından yararlanarak meydana getirilen kurallar dizisi ışığında da Şekil-4'deki grafiksel sonuca ulaşılabilir:



Şekil-4. Motor geriliminin ivme ve hataya göre değişimi.

8. SONUÇ

Bu makalede tek hat esnek robot kolu üzerine yapılmış deneysel sonuçlara dayanan bir çalışma incelenmiştir. Sistemin, öncelikle açık çevrim çalışma durumu deneysel olarak gözlemlendikten sonra bulanık mantık ile çalışan direk bulanık kontrolör kullanılarak hattın hareket sonundaki osilasyonu giderilmiştir. Yapılan çalışmada bulanık mantık yönteminin, klasik mantık yönteminden daha iyi sonuç verdiği gözlemlenmiştir. Burada kullanılan robot koluna bir yük bağlı değildir, dolayısıyla bu çalışmanın yük altındaki tek hat esnek robot kolu uygulamalarına ışık tutacağı umulmaktadır.

KAYNAKLAR

- [1] S. Dubowsky, "On the Adaptive Control of Robotic Manipulators", The Discrete-Time Case, Proceedings of the Joint Automatic Control Conference, (Charlottesville, Virginia, U.S.A. 1981)
- [2] N.J.Mandic, E.M.Scharf, E.H.Mamdani, "The Practical Application of a Heuristic Fuzzy Rule based Controller To the Dynamic Control of a Robot Arm." To be published.