



EMO



KTÜ



TÜBİTAK

ÖNSÖZ

Giderek gelenekselleşen Elektrik Mühendisliği Ulusal Kongrelerinin beşincisinde Trabzon'da buluşuyoruz. EMÜ ile KTÜ Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü'nün işbirliği ve İÜBRAK'ın katkısıyla gerçekleşmekle olan Kongremizin başarılı ve verimli geçmesi umudundayız. Kongre sonuçlarından kıvanç duymak istiyoruz.

Kongre'de, bugüne kadar yapılmış çalışmalar ve yayınlanmış duyurulardan da anlaşılacağı gibi, bilinen yöntemlerin yanı sıra gelecek yıllara deneyim aktarabilecek yeni yaklaşımlar uygulanmaya çalışılmıştır. Bildiriler özetlerinin değerlendirilmesine katılan uzman sayısının sistematik olarak artması değerlendirmeye biçiminin daha nesnelleştirilmesi, bildiriler kitabında yeni yazım ve sunuş biçimlerinin oluşturulması gibi teknik gelişmelerin dışından ilginç olacakları sanılan panellerle güncel sorunların irdelenmesi ve yöresel öğelerle sosyal etkinliklere renk kalması amaçlanmıştır.

Kongrenin hazırlık ve düzenleme çalışmalarında bazı aksaklıklar olmuştur. Öncelikle kongre kasarının olması gerekenden daha geç alınabilmiş olması, özel değerlendirme sürecinin postla trafiğinin çok yoğun olduğu bayram dönemlerine rastlaması hem Yürütme Kurulu'nu hem de Kongre'ye katılmak isteyenleri zor durumda bırakmıştır.

Kongrenin düzenlenmesi sırasında edinilen deneyimleri ışığında sorunları çözümlenmesi önerilerinin ortaya konması yararlı olacaktır. Bunları kısaca sıralayabiliriz. Örneğin 6. Kongre'nin ya da kısaca EMUK'95'in nerede ve ne zaman yapılacağını şimdiden kararlaştırmak gerekmektedir. Bundan sonra Konferans olarak adlandırılması daha uygun olacak Kongre içeriği süs ekli ya da uzun süre görevli bir 'Ulusal Düzenleme Kurulu'nun oluşturulması ve bu Kurul'un temel ilkesel karar ve yöntemleri üretmesi daha elverişli olacaktır. Kongre'nin yapılacağı konumdaki işleri ise 'Yerel Düzenleme Kurulu' üstlenmelidir. 'Bilimsel Değerlendirme Kurulu'nun da ayrıntılı bir sınıflandırma ve nitelik belirlenmesi ile bir kere oluşturulması, yalnızca gelişen koşullara göre güncelleştirilmesi düşünülebilir.

CMUK, böylesi bir yapılaşma ile daha sağlıklı, zaman planlaması daha verimli bir konferansa dönüşecektir) kanısındayız. Örneğin bu durumda bildiri tam metninin değerlendirme ve denetim sürecine girmeleri olanaklı kılınacak, şu ana kadar ancak Yürütme Kurulu'nun ayrıntılı olarak bilincine varabildiği teknik sorunlar ortadan kalkacaktır. Konferansda da içerik ve düzey açısından belirli bir iyileştirme sağlanabilecektir. Bunu en yakında, EMUK'95'de gerçekleşmiş olarak görmek dileyebiliriz.

Bilindiği gibi Kongremiz Elektrik, Elektronik-Haberleşme, Kontrol ve Bilgisayar Sistemleri alanlarında bilimsel-teknolojik özgün katkılar tartışılıp değerlendirilmesi ile araştırma, geliştirme, uygulama ve eğilim süreçlerindeki kişi ve kuruluşların birbirleriyle doğrudan iletişimini sağlamayı öncülük etmektedir. Ayrıca sosyal dayanışma ve dayanışmaya da

katkıda bulunmaktadır. Ancak Kongre ve onunla birlikte oluşturulan sergi/duarın çok değerli bir 'Meslekiçi Eğitim ve Geliştirme' aracı olduğu bilincinin kişi ve kurumlarda daha çok yerleşmesi için çaba gösterme gereği de ortaya çıkmaktadır.

Kongrenin gerçekleşmesini sağlayan, hazırlık ve düzenlemeleri üstlenen KT, EMO ve TüBiTAK'a, oluşturulmuş olan kurulların üyelerine, ayrıca burada adlarını saymakla bitmeyecek kişi ve kamu - özel - akademik nitelikli kuruluşlara, yardım ve katkıları nedeniyle, Kongre'nin yararlı sonuçlarını paylaşacak olan topluluğumuz adına teşekkürlerimizi sunmak isteriz.

Kongremizin başarılı ve verimli bir biçimde gerçekleşmesi, ülkemiz için bilimsel - teknolojik kazanımlar üretmesi dileğiyle Yürütme Kurulu olarak saygılarımızı iletiriz.

Doç. Dr. Güven ÖNBİLGİN
Yürütme Kurulu Başkanı

ELEKTRİK MÜHENDİSLİĞİ 5. ULUSAL KONGRESİ

YÜRÜTME KURULU

Güven ÖNBİLGİN (K1U)
Yakup AYDIN (EMÜ) Sefa AKPINAR (KTU)
Canan TOKER (OOTU) Kaya BOZOKLAR (EMO)
Hasan ÜİNCER (KTU) A.Oğuz SOYSAL (IU)
Abdul İlah SEZGİN (KTU) İrfan SENLİK (EMO)
Kenan SOYKAN (EMO) Y.Nuri SEVGEN (EMO)

DANISMA KURULU

Rasim ALDEMİR (BARMEK) Mehmet KESİM (Anadolu U)
Teoman ALPTURK (TMMOB) Macit MUTAF (EMO)
Ahmet ALTINEL (TEK) Erdiñç ÖZKAN (PTT)
İbrahim ATALI (EMO) Kamil SOGUKPINAR (TETSAN)
Malik AVİRAL (ELİMKO) Sedat SİSBOT (METRONİK)
Emir BIRGUN (EMO) Atıf URAL (Kocaeli U.)
Sıtkı CİĞDEM (EMO) İ. Ata YİĞİT (EMO)
R. Can ERKÖK (ABB) Fikret YÜCEL (TELETAS)
Bülent ERTAN (ODTÜ) Hamit SERBEST (ÇU) —
Uğur ERTAN (BARMEK) Canan TOKER (ODTÜ)
İsa GÜNGÖR (EMO) Nusret YUKSELER (İTU)
Ersin KAYA (Kaynak) Kemal ÖZMEHMET (OEU)
Okyay KAYNAK (Boğaziçi U)

SOSYAL ETKİNLİKLER KURULU

Y. Nuri SEVGEN (EMO)
Necla ÇORUH (PTT) Hatice SEZGİN (KTU)
Esen ÖNKİBAR (TEK) Yusuf TANDOGAN (PTT)
Abdullah SEZGİN (KTU) Ömer K. YALCIN (TELSER)

SEKRETERLİK HİZMETLERİ

Necmi İKİNCİ (EMO) Elmas SARI (EMO)

BİLİMSEL DEĞERLENDİRME KURULU

Cevdet ACAR (ITU)
İnci AKKAYA (İTU)
A.Sefa AKPINAR (KTU)
Ayhan ALTINTAS (Bi I .U)
Fuat ANDAY (ITU)
Fahrettin ARSLAN (IU)
Murat ASKAR (ODTÜ)
Abdulrahman ATALAR (Bi I .U)
Seim AY (YTU)
Umit AYGÖLU (İTU)
Atalay BARKANA (Anadolu U)
Mehmet BAYRAK (Selçuk U)
Atilla BİR (İTU)
Gailip CANSEVER (YTU)
Kenan DANIŞMAN (Erciyes U)
Ahmet DERVİSOĞLU (İTU)
Hasan DİNCER (KTU)
M.Sezai DİNCER (Gazi U)
Günsel DURUSOY (İTU)
Nadia ERDOĞAN (İfU)
Aydan ERKMEN (ODTÜ)
İsmet ERKMEN (ODTÜ)
H.Bülent ERTAN (ODTÜ)
Selçuk GEÇİM (Hacettepe U)
Cem GÖKNAR (İTU)
Remzi GULGUN (YTU)
Filiz GUNES (YTU)
İrfan GÜNEY (Marmara U)
Fikret GÜRGEN (Boğaziçi U)
Fuat GURLEYEN (İTU)
Cemil GURUNLU (KTU)
Nurdan GUZELBEYOĞLU (İTU)
Emre HARMANCI (İTU)
Altuğ İFTAR (Anadolu U)
Kemal İNAN (ODTÜ)
Asım KASAPOĞLU (YTU)
Adnan KAYPMAN (İTU)
Ahmet H. KAYRAN (İTU)
Mehmet KESİM (Anadolu U)
Erol KOCAOĞLAN (ODTÜ)
Muhammet KOKSAL (İnönü U)
Hayrettin KÖYMEN (Bil. U)
Hakan KUNTMAN (MU)
Tamer KUTMAN (ITU)
Duran LEBLEBİCİ (ITU)
Kevork MARDİKİYAN (ITU)
A.Faik MERGEN (ITU)
Avni MORGUL (Boğaziçi U)
Güven ÖNBİLGİN (KTU)
Bülent ÖRENCİK (İTU)
Bülent ÖZGÜC (Bi I .U)
A.Bülent ÖZGÜLER (Bi I .U)
Yılmaz ÖZKAN (İTU)
Muzaffer ÖZKAYA (İTU)
Kemal ÖZMEHMET (DEU)
Osman PALAMUTCUOĞLU (İTU)
Erdal PANAYIRCI (İTU)
Halit PASTACI (YTU)
Ahmet RUMELİ (ODTÜ)
Bülent SANKUR (Boğaziçi U)
M.Kemal SARIOĞLU (IU)
Müzeyyen SARI TAS (Gazi U)
A.Halim SERBEST (ÇU)
Osman SEVAİOĞLU (ODTÜ)
A.Oğuz SOYSAL (IU)
Taner SENGÖR (YTU)
Emine TACER (İTU)
Nesrin TARKAN (İTU)
Mehmet TOLUN (ODTÜ)
Osman TONYALI (KTU)
Ersin TULUNAY (ODTÜ)
Nejat TUNCAY (ITU)
Atıf URAL (Kocaeli U)
Alper URAZ (Hacettepe U)
Gökhan UZGÖREN (IU)
Yıldırım UCTUG (ODTÜ)
Asaf VAROL (Fırat U)
Sıddık B. YARMAN (IU)
Mümtaz YILMAZ (KTU)
Melek YÜCEL (ODLU)
Nusret YUKSELER (ITU)
Selma YUNLU (Gazi U)

MİKROİŞLEMCİ TABANLI ALARM VE TRAFİK IŞIK KONTROL MOÜLLERİ TASARIMI VE YAPIMI

Müzeyyen Sarıtaş, Hüseyin Ekiz

Gazi üniversitesi. Mühendislik ve Mimarlık fakültesi.
Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü, 06570 Maltepe/Ankara

ÖZET

Mikroişlenirler, günümüzde hayatta ve endüstride çeşitli sistemlerin kontrolü amacıyla yaygın olarak kullanılmaktadır. Mikroişlemcilerin endüstrideki uygulamalarına örnek olarak DC ve Stepper motor kontrol modüllerinin tasarımı ve yapımı bir başka çalışmamızda /1/ sunuldu. Bu çalışmamızda ise mikroişlemcilerin günümüzde hayattaki uygulamalarına örnek olması amacıyla mikroişlemci tabanlı alarm ve trafik ışık kontrol modülleri tasarlandı ve yapıldı. Yapılan modüllerin denemesi amacıyla yazılan programların akış şemaları verildi.

1. GİRİŞ

Mikroişlemciler tek başlarına bir bilgisayar değildir. Bir mikroşlemcinin zamanlama fonksiyonları ile birlikte bir tek çipte yapılması ile oluşan üniteye merkezi İşlem ünitesi (CPU); bu üniteye, giriş/çıkış (I/O) ve hafıza ünitelerinin (MU) eklemesi ile oluşan yapıya mikrobilgisayar denir /1-8/- 151 ve VTSI teknolojisine ile yapılan mikroşlemci ve hafıza birimlerindeki gelişmeler, mikrobilgisayarı 4 bitlikten 64 bitlik duruma getirmiş ve mikrobilgisayarın kontrol amacıyla kullanım alanını genişletmiştir /2, 5/.

Fiziksel değişimleri elektriksel değişkene çevirebilen devre elemanlarına algılayıcı denir. Işık, sıcaklık, nem, dokunma, manyetik alan ve ses olmak üzere değişik algılayıcı tipleri /2, 9/ vardır. Algılayıcılar, fiziksel büyüklüğün bir durumuna açık devre özelliği gösterirken, diğer, bir duruma kısa devre özelliği gösterebilmektedir. Bu özelliklerinden yararlanarak gerçekleştirilen mikroşlemci kontrol alarm nodülü (4 ayrı algılayıcı devresinden oluşmaktadır. Bunlar sırasıyla: 1) Işık, nem, manyetik alan ve sıcaklık algılayıcı devresi, 2) dokunma algılayıcı devresi ve 3) ses algılayıcı devresidir. Yazılan bir programla bu üç algılayıcıdan gelen bilgiler mikroşlemci değerlendirildikten sonra mesaj olarak alarm birimine gönderilmektedir.

Sinyal olarak adlandırılan ışıklı işaretler, yollarda ve özellikle kavşaklarda düzenli ve güvenli bir trafik akışı sağlamak için kullanılan kontrol gereçleridir. Günlük hayatta her zaman karşı karşıya olduğumuz bu gereçler, yollardaki gecikmeleri ve tıkanıklıkları önlemenin yanısıra güvenliği sağlar, kaza ihtimalini azaltır ve yoğun trafiğin bulunduğu yollarda geçiş üstünlüğü vererek tıkanıklıkları önlerler. Bu çalışmada, mikroşlemci tabanlı trafik sinyalizasyonunda önce bir döner kavşağın ve tek yönlü bir T kavşağın trafik akışı sağlandı. Daha sonra bu iki kavşağın aynı yol üzerinde bulunduğu kabul edilerek komple bir yolun trafik akışını düzenleyen bir program yazıldı. Kavşakların faşlarının yarma süreleri döngülerin değiştirilmesi ile sağlandı.

2. TERİM EKİMİ

2.1. Algılayıcılar

Algılayıcılar fiziksel bir büyüklüğü analog bir değışkene çevirirler /2, 9/. Günümüzde en çok kullanılan algılayıcı türlerinden aşağıda bahsedilecektir.

Sıcaklık algılayıcılar

Sıcaklık en çok ölçülen fiziksel parametre olup birimi °C'tir. Mekanik ve elektriksel olmak üzere iki türü olup mekanik olanları analog kontrol sistemlerine uygun değildir. En yaygın kullanılan elektriksel sıcaklık algılayıcılar; termokapıl, termistör, RTD ve yarı iletken sıcaklık algılayıcılarıdır.

İki farklı metalden oluşan termokapıllar, yapıldıkları malzemeye bağlı olarak -273 -2000°C arasında kullanılabilirler. Termokapıllarda oluşan gerilimin sıcaklığa bağlılığı doğrusaldır. Termokapıllar, ucuz, ancak hassasiyetleri düşük, kararlılıkları zayıf ve referans uç gerektirirler.

Termistörler, negatif sıcaklık katsayısına sahiptir. Bazı metallerin oksitlerinden yapılır. Termistörlerin sıcaklık değişimleri

eksponansiyeldir. DoğruBal yapabilmek için ölçüra sıcaklığındaki termİBtör direncine eşit bir direnç, termİstöre pnrlelel bağlanmalıdır. Termİstörler; -200-300 °C aralığında kullanılabilirler. KÖçük, çok hassas ve hızlı uyum Bellikleri vardır. Dezavantajları; doğrusal olmaımları, Bıçaklık kararlılıklarının aayıf olması ve kullanıldıkları Bıçaklık aralığının dar olmasıdır.

RTD (Direnç Sıcaklık Algılayıcı)'ler saf metalden yapılmış olup poBİtlf sıcaklık katsayısına Bahlptlr. RTD 'letln dirençleri birkaç jrt.'dan birkaç KO-'a kadar değişebilir. RTO'ler kararlı, hassas, doğrusal ve daha geniş sıcaklık aralığında (-200-800 " C) kullanılabilen algılayıcılarıdır. Dezavantajları; yavaş uyumlu, pahalı, kendi kendine ısınan devre elemanlarıdır.

Yarı İletken algılayıcılar, İrce disk tabaka şeklinde olup genelde yflzey sıcaklığı ölçümlerinde kullanılırlar. TerB beslenmiş bir eklem dlyod ısıtıldığında her 10 *C nıcıklık artışında (İşerinden geçen kaçak akım İki katına çıkar. Germanyum dlyodundan geçen kaçak akım silikon dlyodundan bin kat böyOk olduğu için germanyum dlyodları algılayıcı olarak daha yaygın kullanılmaktadır.

Işık algılayıcılar

Bunlun; foto İletken, fotovoltaj ve fotoemlsslf olmak özere Oç grupta İnceleyebiliriz. Foto İletken algılayıcılar, ışık şiddetindeki değişimi İletkenlik değişimine çevirirler. Bu algılayıcılar İki tiptir: Balk tipi yani foto resistör, diğeri p-n eklem tipi yani foto dlyod, foto tranzİstör ve foto darllngtondur.

Foto resİstörler yapıldıkları malzemeye bağlı olarak (Crİs, CdSe) ışıksız/ışıklı dirençleri, 1D0/1 den 10/1 oranında değişim gösterirler. Dezavantajları; Bpektral band aralıkları dar, sıcaklık kararlılıkları zayıf ve uyumları yavaştır(yaklaşık 100 man).

Foto dlyodlar, ters beslenmiş dlyoddan geçen kaçak akımın ışıkla Aeglşİmlnden yararlanarak kullanılırlar. Spekttal band aralıkları daha geniştir. Silikon fotodlyod için 0.4-1.1 um'dlr. PIH yapısı İle uyum sureleri (İns) kısaltılır. Foto transistorler, ışığa foto dlyodlardan daha hassas ancak daha geç uyum sağlarlar. Foto darllngton ışığa çok daha hassas ve çok daha yavaştır.

Fotovoltaj pili, genelde Billkon veya CdSe pilleri olup ışık enerjisini elektrik enerjisine dönüştürürler. Fotovoltaj pillerin yüzey alanları

geniş ve İç dirençleri kÖçüktOr. Silikon pili ışık altında 0.6 V ve 100 mA üretebilir.

FotoemİBİf algılayıcılara örnek olarak foto tOp ve foto çoğaltıcılar gösterilebilir. Katottaki foto emİBİf mdde üzerine ışık düşürüldüğünde bu maddeden salınan elektronlar Bnodtn birkaç mlkroamperİlk a>İm geçİrlirler. Foto çoğaltıcılar, bir anod yerine birden fazla snod İçerirler ve İkincil emisyonla devreden 10-100 katı a>İm geçirilebilirler. Uyum süreleri 1-10 na'dlr.

İfenyetk alan algılayıcılar

Endüstride kullanılan İki tipi; Hail etkili devre ve mngneto reeİstörlerdlr.

Oğer katılara göre yarı İletkenler, daha yüksek İlall voltajı üretebilmektedir. İlall etkİBİ devreni *İ termİnnİll bir devre olup ikisi akım dlęr İklİl İpe İllİl voltajı İçin kullanılır. Tipik olarak 10 mV gerilim ürettiklerinden çoğu yapımıcı, İlall etkili devre ve yükselteçİnl aynı pakette bulundurulur.

Magneto reoletörler, Hail etkili devreler kadar yağın kullanılır. Magneto reBİBtör, İki termİnnİll devre elemanı olup direnci manyetik alanla artar. Avantajı; haBBaFİyetİnlİn yüksek olmasıdır. Köptü devrelerle 1 volta kadar gerilim İretebilirler.

Hon algılayıcılar

Hem, havadaki su miktarı olarak İfade edilir ve havadaki BU buharı miktarı relatlİf nem adı altında ölçölOr. Relatlİf nem, herhangi bir sıcaklıkta havada bulunan nemin o sıcaklıkta havada tutulabilecek nem miktarına oranıdır. Hem algılayıcılar, direk metod (hidrometre) ve İndrek metod (paychrometer) kullanarak gazdaki nem oranını ölçebilirler.

Hidrometreler; sağ teli, rezİBtans, ençedanB, ploze elektrik ve kapaBİtlf hidrometreler olmak Özere değişik tOrerİl vardır. Sağ teli hidrometre en basit ve en eskidir. Kendisi mekanik bir algılayıcı ancak uygun bir pozisyon- voltaj çevirici İle bir elektriksel algılayıcıya dönüştürülebilir. Ploze elektrik hidrometrelerin oslasyon frekansları, ortamdaki nem oranına göre değişir ve tipik değişim 9 Mİz'tOr. KapasİtİB hİdrorretreler, dİelektrik sabitenin BU buharı miktarı İİe değişimi prensibine dayanarak çalışırlar. Yukanda sayılanlar arasında en hassas olanı knpnstlanB hidrometredir. Ayrıca, mlkrodalgn absopniyon yöntemi kullanılarak relatlİf nem ölçüml yapılabilir. Bu algılayıcıda, algılayıcıya ulanan enerji relatlİf nem İle ters orantılı olarak değişmektedir.

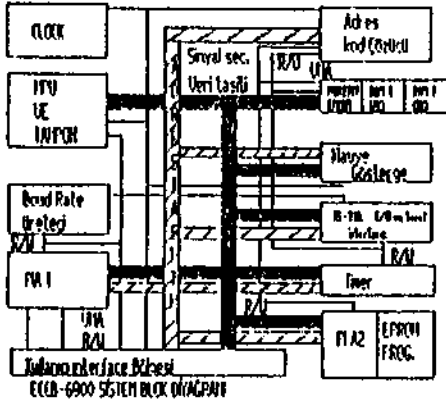
ELEKTRİK MÜHENDİSLİĞİ 5. ULUSAL KONGRESİ

değişik tör EfflOM'lann programlanması mümkündür. TIME», modülü, 3 adet 16 bitlik ayarlanabilen sayıcı içerir. Çevre birim elemanları ile mikrolşlemci arasındaki bağlantı A ve B olarak isimlendirilen iki adet bağımsız I/O portuna eahlp MCS821 çevreblrlm adaptörü ile yapılır/1,2/.

3.1. Man» Kld010 ve Programlanması

Kullanılan algılayıcı çıkışlarının, mikrolşlemci sistemine uygunluğunu sağlamak amacıyla gerçekleştirilen devreler sırasıyla: 1) Işık, nem, manyetik alan ve sıcaklık algılayıcı devresi, 11) dokuntm algılayıcı devresi, İli) ses algılayıcı devresidir. Bu Oç algılayıcı devresinden gelen bilgiler devrelerin çıkış portlarında lojlk '1' veya '0' seviyesindedir. Bu bilginin, insanın algılayabileceği ışık, ses veya görOnto şekline dflnOetÖrülmesi gerekir. Yapılan devrede alarm birimi olarak ışık bilgisi (LED) seçilmiştir.

Mikrolşlemci sistemde A portu gırlş, B portu İbe çıkış olacak kullanılmaktadır. Yasılan bir programla A portunun Oç biti, Çekil 3'feki, Oç algılayıcı devresinden gelen bilgileri kontrol etmekte ve duruma göre B portundan alarm birimine bilgi göndermektedir.

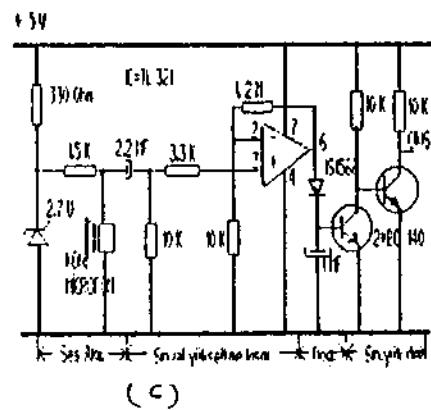
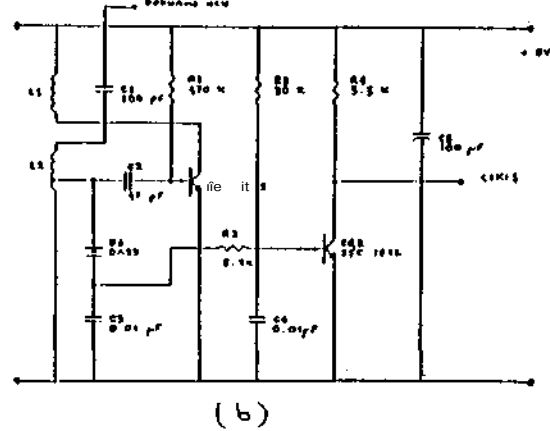
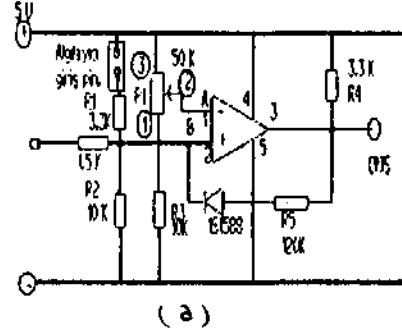


Çekil 2. EOCE Mikroşlemci »eti.

1) Işık, nem, manyetik alan, sıcaklık algılayıcıları için seviye çevirici devresi

Bu dört algılayıcı, flalksel bÖyük10gOn bir değerine açık devre dlger bir değerine ise kına devre Oaelllgl gösterebilmektedir. Algılayıcının aldığı bilgiye göre lojlk '1' veya '0' Oreten devre Çekil 3-a'da görülmektedir. Devrenin hasaanlyetl Pl potanHıyometresl İle ayarlanır.

Algılayıcının kına devre olması halinde B noktasındaki gerilim A noktasından büyük olcağındnn karşılaştırmacı çıkışı lojlk '1' Beyyesinde olur. Karşılaştırmacı girişlerinin eşit olması halinde İse, devredeki pozitif geri besleme İle sistemin daha kararlı çalışması sağlanmıştır.



Çekil 3. (a) Işık, nem, manyetik alan algılayıcı devresi, (b) dokunma algılayıcı devresi, (c) ses algılayıcı devresi.

11) Dokunma algılayıcı devresi

Dokunma algılayıcı, bir metal parçası olup el İle

Sen algılayıcısı

Ses İle etkileşim sonucu çıkışında 2ayıfta olsa elektriksel bir sinyal üreten kapasitif veya elektrostatik bir mikrofondur. Kapasitif mikfonlar küçük boyutları ve ses algılara hassasiyetlerinin yüksek olması nedeniyle minyatür modüllerde veya küçük devrelerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Kapasitif mikfonun çalışabilmesi için bir gerilim kaynağına ihtiyaç duyulmaktadır.

Kukanda, değişik algılayıcı tipleri ve özellikleri verildi ve bunlardan nasıl yararlanılacağı kısaca özetlendi. Algılayıcı çıkışlarının «mikroşlemci girişine uygunluğunu sağlamak için gerçekleştirilen devreler İse Bölüm 3.1'de verilecektir.

3.2.Trafik Cinyaliae Sistemi

Trafikte ışıklı İşaret sisteminin; BÜücü ve yayaların dikkatini çekmesi, basit ve kesin anlamları olması, sürücülere İntikal ve reaksiyon için yeterli anlam tanımlama gibi özelliklere sahip olması gerekir. Işıklı einyalize sisteminde birbirini İsleyen değişik renkteki ışıklı işaretlerin bir devrine 'sinyal devresi', ışıklı sinyallerin bu devreyi tamamlaması sırasında geçen toplam amana da 'devre süresi' veya 'periyot' denir. Devre sOresl, taşıt akımları için ayrılan yeşil ışık sOresi ve yeşil ışıklar arasında geçen kayıp süre olmak üzere iki kısımdan oluşur. Bu süreler 8 sn İle 120 sn arasında değerler alabilir /2/.

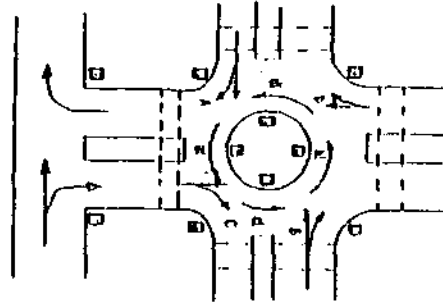
Sinyal devresi içerisinde bir veya birden fazla trafik akımını aynı anda öngören kuranda şekline 'faz yöntemi' adı verilir. Kavşağa girişi olan yol sayısına ve kesişen trafik yoğunluğuna bağlı olarak 2, 3, 4 faslı sistemler kullanılır.

Slnynllze yaya geçitleri ve kavşaklar

Kavşağı olmayan yerlerdeki yaya geçitlerinin sinyalizasyonunda, taşıt ve yayalar için olmak üzere 2 faz kullanılırken; tek yönlü yolların birleştiği kavşaklardaki sinyalizasyon sistemi, trafik akış yoğunluğunun yönüne göre düzenlenir. Çift yönlü yollarda ise Bola dönüş yapan taşıt hacmi 60 taşıt/saat'ton m İne nola dönüşler için özel donanım gerekmez. Sola dönüş yapan araçlar fazların değişimi sırasında yeşil ışıklar arasındaki süreden yararlanarak mnnevrslrını yaparlar. Çift yönlü yolların kesiştiği dördü bir kavşakta sola dönüşlerin aa olmasından yararlan/ırak iki faali bir düzen kullanılır/2/. Bu faz dflaenlnde, sağa dönüşler düz gidişler ile

kesilmektedir. Ancak bu durum kavşağın geometrik yapısına göre de değişebilir.

Düz gidiş yapan taşıt yoğunluğunun yameira sağa dönüş yapan taşıt Bayisinin çok olması durumunda tek fazlı -T- kavşak düzeni uygulanır (Çekil 1). Dört yolun birleştiği kavşaklarda ada etrafında dönüş sistemi uygulanır. Çekil 1'de görülen böyle bir sistemde sola dönecek taşıtlar adanın çevresinde depolanmakta, daha sonra donra kavşağı boşaltmaktadır. Aynı zamanda, bir Bonraki fazla kavşağa girecek olan taşıtlar, kavşağı boşaltmakta olan taşıtlarla aynı yönde seyrettiklerinden zaman kaybı önlenmiş ve trafik güvenliği de artırılmış olur. Böyle bir kavşakta yayalara yeşil ışık yamadığı durumlarda sağa dönüşler serbest bırakılmıştır.



Çekil 1. Bir T kavşak ve bir döner kavşak İçeren yol düzeni.

3. DEHEY MİFİÖMFRİ VE PROGRAMLAMA

Modüllerin kontrolünü yapın mikroşlemci seti, devrelerin yaptıkları işlemler referans alınarak Şekil 2'deki bloklara ayrılabilir/1,2/. Her biri ayrı bir ünite olarak düşünülebilecek bu birimler adres, veri ve kontrol taşıtları yardımıyla birbirine bağlanmıştır. Sistemin en önemli kısmı; 72 komuta sahip, 1 değişik adresleme yöntemi kullanan, diğer birimler İle seri iletişim sağlayabilen 6800 mikrolşİMncl yongasıdır/1-8/. Devrenin çalışması için gerekli 1 MHz'lik sinyal ile 01 ve 03 diye anılan İki sinyal, 'clock' devresinde üretilmektedir. Klavye/gösterge biriminde sisteme bilgi girişini sağlamak, programları yazmak amacıyla 16'lık sayı sistemini kullanan klavye İle birlikte 8 adet T11 İXD gösterge bulunmaktadır.

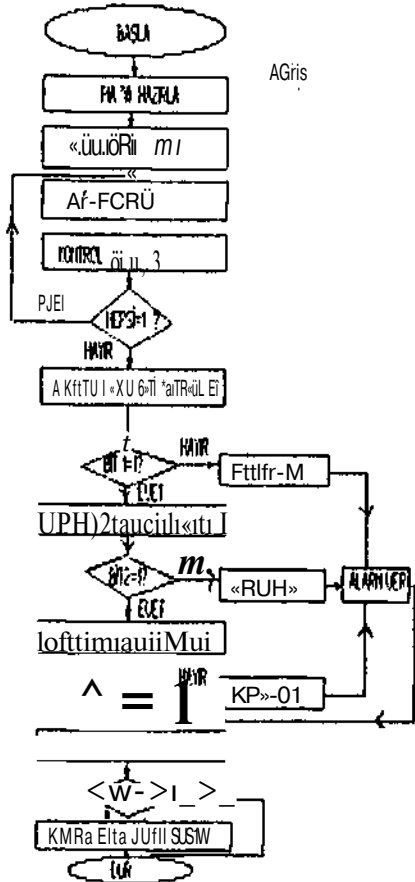
Baud rate üretici, lıu değiştirilebilen bir 'clock' darbesi üretmenin yanımra. İletişim formntını değiştirmeye yardımcı olur. FIS232C seri portu, İletişimin seri olarak yapılmasını sağlar. MU İle çevre birimler arasındaki bağlantı, t bitlik veri taşıtı ve Interrupt/Kontrol hattını içeren PIA İle sağlanır. FROM programcısı ile ELEKTRİK MÜHENDİSLİĞİ 5. ULUSAL KONGRESİ

dokunulması halinde Şekil 3-b'deki devrenin OBilanyonunu durdurarak çıkıştaki gerilimi lojik 'V den '0' ra düşürmektedir. Bu durumu tersine çevirmek için bir tersleyici devreal gerekmektedir. Dokunma algılayıcı devresi, osllatör katı ITRİ, M, C1 ve R1) ve bir dedektör katından (TO2, C4, Dİ, A2, R3, ve R4) oluşmaktadır.

111) ses algılayıcı devresi

Ses algılayıcı devresinde (Çekil 3-e) kapasitif bir mikrofon bulunmaktadır. Mikrofon, Zener üzerinden besletmekte ve 1.5KUlle korunmaktadır. Mikrofon çıkışı düşük olduğundan bir 6n yükaelteç kullanılmıştır. Sinyal, diyod doğrultucuda doğrulduktan sonra seviye ayarlayıcısı ile lojlk '1' veya '0' seviyesine dönüştürülmektedir.

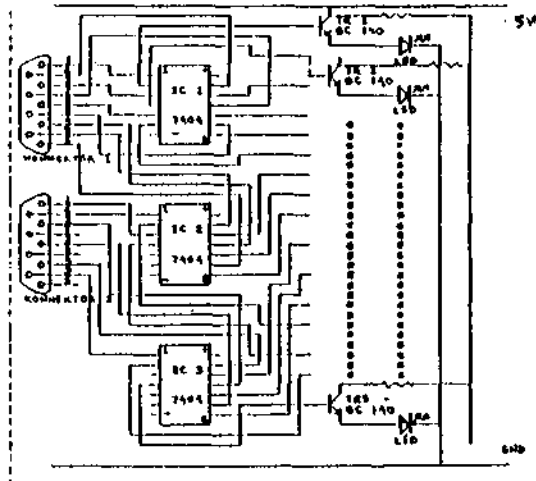
Yukarıda açıklanan Oç Riarm biriminden gelen bilgileri kontrol etmek amacıyla yazılan programın akış şemBi Çekil 4'te verilmiştir. Mlkrolşlemci seti, bilgileri kontrol ettikten sonra durum» göre B portuundan alarm birimine bilgi göndermektedir.



Çekil 4. Marm modOUl program «kiş şeması.

3-2. Trafik Tışık Kontrol Devresi ve Programlanması

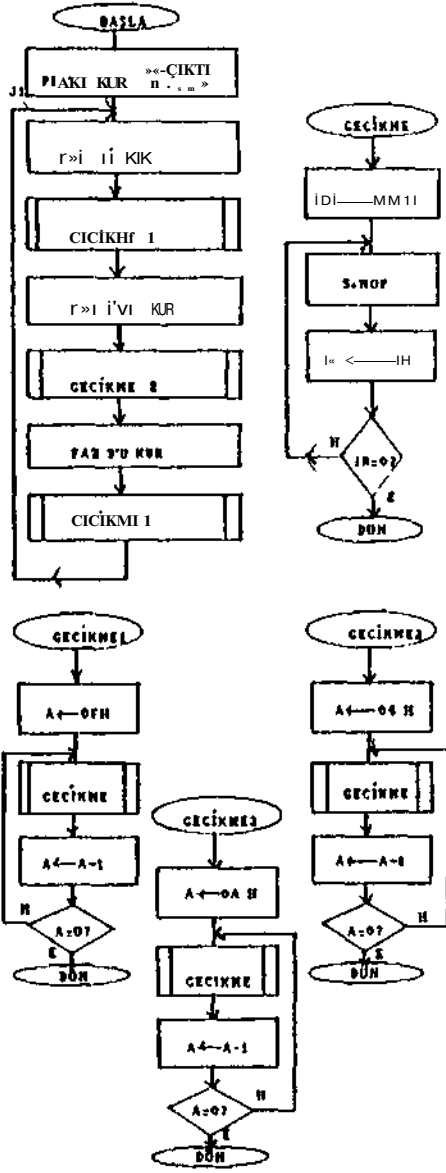
Bu çalışmada, önce bir döner kavşak ve tek yönlü bir T kavşağın bağımsız olarak trafik akışı Bağlandı. Daha sonra bu İki kavşağın aynı yol dtbenl Öderinde olduğu kabul edilerek (Çekil 1) komple bir yolun trafik akışı kontrol edildi. Mlkrolşlemci sistemi İle trafik ışıkları arasındaki uygunlaştırmayı sağlamak için kullanılan sQröçl devreni Çekil 5'te görülmektedir. SÖrücü devresi, mlkrolşlemci alman bilgi İle tranzletörlerle sürmekte ve LED'lere gerekli akımı sağlamaktadır. Çekil l'deki yol grafiğinde, trafik ışıklarının yama düzeni ve BÜreBİnl değıştiren programın İş akış şeması Çekil 6'da verilmiştir. Faadnl lambaların yarıml süreleri programdaki gecikmeler göa önÖne alınarak İstenilen değere ayarlanabilir. 6800 mlkrolşlemci 1 MVMaHk bir Ui28 sahiptir. Yazılan bir programla 1 Bnnlyellk gecikme sağlanmış ve bu değer İndeks kaydediciye yazılmıştır. Bu bir Banlyellk gecikme tekrarlanarak gecikme süresi 1.faz(yeşil) için W eanlye, 2. faa(Barı) için sÖre daha az olimsı gerektiğinden 10 Baniye ve 3. faztl(nkırım2i) İse bu yönde seyreden taşıt BayiBi az kabul edilerek 25 saniyeye ayarlanmıştır. T kavşak ise 3. fazda A ve B yönünde seyreden taşıtlarla paralel olarak dÖşünllmlştOr.



Çekil 5.Trafik ışV'nrı sÖrücü devresi.

i. DKSEniFmİME

Mğılayıcılar, ölçülecek fiziksel paramstre, ölçÖra hızı, uym sÖreBİ ve fiat göz önüne alınarak seçilmelidir. Algılayıcılar, sadece bir anhtarın açık/kapalı şeklinde davranması Bonucu alarm devrelerinde kullanılmaz endüstride ve



Çekil 6. Trafik ışık kontrol devresi programı İş akıf şeması.

gOnlok hayatta, flalJısel parametrelerin değişim miktarını tayin etmede de kullanılırlar. Bu çalışmada, seçilen algılayıcılar için hasırlanan Oç değişik seviye uyarlayıcı devresinden gelen '1' ve '0' şeklindeki bilgiler, mikrolşlencilde değerlendirildikten sonra mesaj olarak alarm birimine gönderilmektedir.

Tafik slnyallassyonununda, yanlan bir programla, bir döner kavşak ve bir T kavşak içeren yolda trafik akışı nağlır.vh. Kavşaklarda faşların yanma sflrelerle döngülerin değiştirilmesi ile ayarlandı. Döngüler değiştirilerek trafiğin İstenildiği şekilde ayarlanabileceği gösterildi.

Mikrolşlemcl seti, daha karmaşık alarm devreleri ve daha kompleks yol donenleri için uygun programlar ynmluraja kullanılabilir.

REFOTARSUR

- 1- Sırıtış M., EM* II., Mikrolşlerci Tabanlı DC ve Etepper Motor Kontrol ModOlleri Tasarımı ve Yapımı, Gaal Önlv. MOh. Mim. Fak. Der. I, (1-T), 1, 1992, Sayfa 1-15.
- 2- F.kla, II, Mtkrolşleircl Kontrollü Deney Modülleri Tasarımı Yapımı ve Mikrolşlenci Setleri İçin Arua Giderme Yöntemlerinin İncelenmesi, Haster Tezi, Gaal OnOvecsitesiJen Bilimleri Enstitüsü, 1993.
- 3- Ufanberg J, Microcoirçlifiers and Microprocessors, The 8080-8085 and 280, Prentice Hall, Nen Jersey, 1985.
- 4- Hatber A.P., Introduction to Microproceseors, Hc Grv Hill, USA 1988.
- 5- hbtorola MC800 Microprocessors Application» Hnnnal htorola Inc., SHtülerland 1915.
- 6- Taub II., Digital Circuits and Microprocessors, Hc Grav* Hill, 1982.
- 7- Horokit* P., Hill W., T)« Art of Electronics, Cambridge Önlv. Press 1980.
- 8- Toccl R. J., Digital systema Principles and Applications, Prentice Hall Inc. 1985.
- 9- lumpries J. T., Sheets L. P., Industrial Electronics, Breton PublİBhers 1986.



İDoç. Dr. M. Sarıtaş, 20.2.1952 81ga/Çanakkale doğunlu. ilk, orta, lise tahsilini Biga'da tamamladı. 1916 Hacettepe Önlv. Fla. YOk MOh. Bölümü meaanu. 1981, UMIST Manchester/İnglltere Elektrik ve Elektronik MOh. Bölümü, Doktora dereceli. 1988'de Elektronik anablllm dalında Doçentlik unvanını aldı, 1976-1991 tarihleri arasında ODTÖ-Gaaiantep'te çalıştı. Mart 1991'den bu yana Gaal Önlv. MOh. Mim. Fak. Elektrik Elektronik MUH. Bölümünde çalışmakta. Mikroelektronik, Elektronik Devre Elemanları, Elektronik Devreler, FotovoltaJ Pilleri, Hlkroişlemcl uygulamaları konularında eserleri bulunmaktadır.



Arş. Gör. Hüseyin Ekia, 1963 Gaalantep doğumlu, tik, ortn, Liue tahBİlini Gaziantep'te tamamladı. 1984 Gaai Önlv. Teknik Eğitim Fakültesi He?unu. JICA bursu İle Japonya'da. Elektronik Bilgisayar Eğitimi gfrdö. Ocak 1993 Gaal Önlv. 'den Master dereceli. 1990'dan beri Gaai Önlv. Elektronik Bilgisayar Eğitimi Arş.Görevisi. YÖK doktora bursunu kapanmuş bulunmaktadır.

ROBOT KOL KİNEMATİK, DİNAMİK VE DENETİMİNİN NESNEYE YÖNELİK TANIMI

Haluk ZONTUL

Aydın Ersak

ODTÜ

Elektrik Elektronik Mühendisliği.ROLAB

ANKARA 06531

E-Mail : h.zonlu@mecc.org

Öz

Bildiride robotların kinematik, dinamik ve denetim benzeşimlerini nesneye yönelik yöntemler kullanarak gerçekleştiren bir yazılım anlatılmaktadır. Robotik alanında kullanımı yeni olan nesneye yönelik yöntemler, farklı bilgi seviyesindeki kullanıcıların yazılımı verimli kullanmasını sağlamak için uygulanmıştır. Bildiri bu amaca ulaşıldığını gösteren, çözülmüş eylem hız denetiminin iki eklemli düzlemsel bir kola uygulanması örneğini de içermektedir.

I. Giriş

Bildiri konusu çalışma robotun kinematik, dinamik ve denetim parametreleri verildiğinde robotun farklı denklemini gerçek zamanda çözmeyi amaçlamıştır. Çünkü, robotların tanımlanan işe uygunluğunun belirlenmesinde kinematik benzeşim ve denetim yöntemlerinin sınanmasında dinamik ve denetim benzeşimleri gereklidir. Robotların endüstride daha yüksek kesinlik isteyen işlerde kullanılmaya başlamasıyla benzeşimlerinin yapılmasının önemi artmıştır.

Bildiri o nedenle, yukarıda tanımlanan amacı gerçekleştirmek üzere hazırlanan benzeşim yazılımını özetlemektedir. Yazılım, farklı bilgi düzeyindeki kullanıcıların kolaylıkla kullanabilmeleri için yeni bir yaklaşım olarak nesneye yönelik yöntemler kullanılmaktadır. Nesneye yönelik yöntemlerin robotikle daha önce konum denetimi gibi farklı bir amaçla kullanıldığı görülmekle birlikte, benzeşim için bu yöntemlerin kullanıldığına literatürde rastlanmamaktadır.

2. Robot Benzeşimi

Robot benzeşimi kinematik, dinamik ve denetim benzeşimleri olarak üçe ayrılabilir.

Kinematik benzeşim robotun eklem değişkenleri (açı veya uzunluk) ile uç nokta konum ve yönü arasındaki ilişkiyi verir. Robotların uç noktalarının eklem açıları cinsinden

gösterilmesinde her uzuv üzerinde sabit olan koordinat sistemleri arasında dönme ve doğrusal hareket ilişkilerini belirten leklürel $|4 \times 4|$ dönüşüm matrisleri kullanılır. $|4 \times 4|$ dönüşüm matrisleriyle u/aysal mekanizmaların konum ve yönlerinin belirlenebileceği gösterilmiştir.[2] Bir uzuvdan ardışığı uzuva dönüşüm matrisi

$${}^{i-1}A_i = \begin{bmatrix} \cos\theta_j & -\sin\theta_j \sin\alpha_j & \sin\theta_j \sin\alpha_j & a_j \cos\theta_j \\ \sin\theta_j & \cos\theta_j \sin\alpha_j & -\sin\theta_j \cos\alpha_j & a_j \sin\theta_j \\ 0 & \sin\alpha_j & \cos\alpha_j & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

dir. Burada α_j eklem burulma açısını, θ_j eklem yüksekliğini, a_j eklem uzunluğunu ve B_j eklem açısını göstermektedir. Eklem dönel eklem ise θ_j , doğrusal eklem ise a_j eklem değişkenidir.

$T_n(q) = {}^0A_1 {}^1A_2 \dots {}^{n-1}A_n$ burada q eklem değişkenlerini göstermektedir. $T_n(q)$ matrisi (I) deki gibidir. Burada p vektörü robotun uç noktasının uzaydaki yerini, n , o ve a vektörleri ise robotun uç noktasının yönünü göstermektedir.[3]

$$T_n(q) = \begin{bmatrix} n_x & o_x & a_x & p_x \\ n_y & o_y & a_y & p_y \\ n_z & o_z & a_z & p_z \\ i & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (D)$$

(I)'de eklem değişkenleri verildiğinde p , n , o ve a nın bulunması düz kinematik; p , n , o ve a verildiğinde eklem değişkenlerinin bulunması işi ters kinematik olarak adlandırılır.

Eklem hızlarıyla kartezyen koordinat hızları arasındaki ilişkiyi Jacobian matrisi verir.

$$\dot{x} = J\dot{q} \quad (2)$$

burada \dot{x} kartezyen koordinat hızlarını, \dot{q} eklem değişkenlerinin hızlarının göstermektedir.

Kinematik benzeşim yapacak bir program düz kinematik ve ters kinematiğin (çözümünü yapabilmelidir. Bildiride anlatılan kinematik benzeşim kısmı eklem sayısı, eklem tipleri, eklem uzunlukları, eklem yüksekliği, eklem burulma ayısı ve eklem açılarını girdi olarak kabul eder. Eklem değişkenleri girildiğinde uç noktanın koordinatlarını hesaplayabilir. Bu hesaplama eklem sayısına eşit sayıda $|4 \times 4|$ matrisin ardışık çarpımı yoluyla yapılır. Eklem değişkenleri verildiğinde Hız, hızın birinci türevi, hızın ikinci türevi, hızın üçüncü türevi hesaplanmasında Runge-Kutta yöntemi kullanılmaktadır. [4]

Ters kinematik çözüm genellikle (1)'deki gibi doğrusal olmayan denklemin simgesel çözülmesiyle bulunur. İler hangi bir kol için sayısal olarak ters kinematiğin çözülmesinde aşağıdaki sayısal yöntem (iterasyon) yöntemi kullanılmıştır.

x_n kartezyen koordinatına karşılık gelen eklem değişkenleri bulunmalıysa ve şu andaki eklem değişkenlerinin q_n okluğunu varsayılırsa

Adım 1

x_0 ya karşılık gelen x_0 düz kinematikten, (1)'den bulunur.

Adım 2

$\Delta x = x_n - x_0$ hesaplanır.

Adım 3

(2)'nin tersi kullanılarak $Aq = \Delta x$ hesaplanır.

Adım 4

$$q_n = q_0 + \Delta q$$

Adım 5

Eğer $\|A^{-1}\| < \text{YANILGLSINIRI}$ ise q_n icrs kinematik çözümdür; değilse Adım 1'e gidilir.

Bu yöntemin yakınsayacağı ispatlanmıştır. [5] Gerçekte yöntem bildirinin 5. bölümünde uygulaması anlatılan çözülmüş eylem hız denetimi yönteminin dinamiği birim kazançtan oluşan sisteme uygulamasıdır. Bu yüzden yakınsaması kesindir

Dinamik benzeşim robotun eyleyicilerine uygulanan buruyla eklem değişkenleri arasındaki ilişkiyi çözer. Robot dinamik denklemi genel olarak

$$\tau = M(q)\ddot{q} + V(q, \dot{q}) + f(q) \quad (3)$$

gösterilebilir. Bu eşitlikle T robotun eyleyicilerine uygulanan buruları, $M(q)$ eylemsizlik matrisini, $V(q, \dot{q})$ merkez kaç ve Coriolis kuvvetlerini ve $f(q)$ ve çekim etkisini föslennekledii. Dinamik ben/eşim (3)'ü eklem depişkenleri. İlişimi başlangıç koşulu ve ayrıca $M(q)$, $V(q, \dot{q})$ ve $f(q)$ 'yi girdiler olarak kabul eder. Bu girdilerin yanında istenen ij ivmesi verilirse gereken τ_{ij}^*

burusu yada uygulanan T_u bınısını verilirse ortaya çıkacak c_j ivmesi hesaplanır. (3) doğrusal olmayan 2. dereceden farksal denkleminin çözümü bir tümlcv alma işlemidir. Çözüm için her hangi bir sayısal lünlcv alına yöntemi kullanılabilse de, çözümde yavaş olmasına karşın toplam yanılığının sınırlı olduğu ispatlanmış, ve genel kabul gören Runge-Kutta 4. dereceden yaklaşık tümlcv alına yöntemi kullanılmıştır.

Denetleyici benzeşimi ise uygulanacak denetim yöntemine bağlı olarak değişir. Oransal-Tümlcvsl-Tümlcvsl bir denetleyici kullanılacaksa sorun yine bir dinamik sistem çözümü sorunudur. Sayısal tümlcv alma yöntemleriyle çözülebilir. Eğer denetleyici kurula dayalı yada yapay sinir ağı bir denetleyici, o denetleyici benzeşimini yapacak olan program OTT denetleyici benzeşimini yapan programın yerine konmalıdır.

Robotun benzeşim işlemi kinematik, dinamik ve denetleyici benzeşimlerinin arasında bilgi iletişimi olmasını ve eşzamanlı çalışmayı gerektirir.

3. Nesneye Yönelik Çözümleme, Tasarım ve Programlamanın Robot Benzeşimine Uygulanması

Nesneye yönelik çözümleme, tasarım ve programlamadan ilk olarak 1970'lerin başında haliscilmeye başlanmıştır. Öncelikli olarak programlama alanında kullanılmaya başlayan yöntemler, daha sonra çözümleme ve tasarım alanlarında da kullanılmaya başlanmıştır. [6]

İnsanlar dünyayı anlarken şu 3 lümlü düşünce örgütlenme yöntemini kullanır:

- a) Farklı nesnelere birbirinden ayrılmak üzere sözcükleri elma ve armutla ayırmak gibi.
 b) Nesnelere özelliklerini birbirinden ayırtarak sözcükleri elma ile rengini ayırmak gibi.
 c) Bütünle parçalarını ayırtmak, sözcükleri elma ile çekirdeklerini ayırmak gibi.

Bu üç temel yöntemin dizgelerin çözümlenmesi ve tasarımına uygulamasına nesnelere yönelik çözümlenme ve tasarım adı verilir.

Nesnelere dayalı çözümlenme yöntemlerinin kullanılmasıyla ilahı karmaşık sorun kümesiyle uğraşmak mümkün olur. İnsan düşüncesine daha yakın bir çözümlenme yöntemi olması nedeniyle çözümleniciyle sorun kümesi uzmanının ilişkisini geliştirir.

Nesnelere yönelik çözümlenme, karmaşıklıkla baş edebilmek için, şu yöntemleri kullanılır:

1) Soyutlama (Abstraction) : Nesnelere ilgili yönleri üzerinde yoğunlaşmak için ilgisiz yönleri göz ardı etmek. Söz örneği robotun hareketiyle uğraşırken kinematiğin göz ardı edilmesi gibi.

Bilgi Saklama (Encapsulation, Information Hiding): Verilerin kümelenecek ve kümelerin birbirinin içinde oldukları hakkında en az bilgileri kavramaktır. Söz örneği kinematik sınıfının dinamik sınıfı hakkında en az bilgiye sahip olması gibi.

Kalıtım: Veri sınıflarının (türetilmiş veriler) benzer ve alt sınıflarından kolaylıkla tanımlanmasını sağlayan özelliktir. Söz örneği ters kinematik sınıfının kinematik sınıfının bütün özelliklerini taşıması (eklem değişkenleri v.b) gibi.

Bağlamak (Association) : İlgili görülen veri gruplarını belli bir ilişki temelinde birbirine bağlamaktır. Söz örneği kinematik ile dinamik sınıflarını aynı robota ait olmaları temelinde birbirine bağlamak gibi.

İletişim (Communication) : Veri sınıfları arasında yapılacak işlerin yalnızca alıcı sınıf tarafından algılanacağı kısa iletiler kullanmaktır. Söz örneği denetimciye yanıt verisi girildiğinde ne yapılacağını yalnızca denetimcinin bilgisi gibi.

Bu açıklamaların temelinde nesnelere yönelik çözümlenmenin olmasıdır;

- a) Sınıf ve nesne yapısı,

- b) Kalıtımı.
 c) İletiler olarak sıralanabilir.

Robot kinematik, dinamik ve denetim benzeşimi nesnelere dayalı çözümlenme yöntemlerini kaçınılmaz olarak boyutla karmaşık değildir. Ama bu yöntemlerin kullanılması verilerin sınıflandırılması, sınıflandırılması iletilerin tanımlanması ve özleştirme işlemiyle benzeşim işleminin kendisinin daha iyi anlaşılır olmasını sağlamaktadır.

Robot kolun benzeşiminin oluşturulmasında veri sınıfı oluşturulmuştur. Bu sınıflar içerdikleri veri ve işlemlerle aşağıda özetlenmiştir.

1) Kinematik sınıfı:

Kinematik sınıfı robot kolun serbestlik derecesi (eklem sayısı), eklem değişkenlerinin değerleri, eklem parametreleri (eklem uzunlukları, eklem burulma açıları, eklem yükseklikleri, eklemin açıları), eklem sayısının alandan az olması durumunda dikkate alınacak kartezyen koordinat eksenleri bilgisi. Jacobian ve indirgenmiş Jacobian matrisleri . robotun uc noktasının koordinatını gösteren T_n matrisi bilgilerini kümelere. Bu sınıfın verilerini kullanan eklem değişkenlerini değiştiren ve arttıran, T_n matrisinin yeni değerlerini ve ayrıca Jacobianı hesaplayan ve gösteren, kartezyen koordinat eksenlerinden kullanılacakları seçen işlemler tanımlanmıştır. Kinematik veri sınıfının diğer veri sınıflarıyla olan ilişkileri bu işlemler yardımıyla olur.

2) Ters Kinematik Sınıfı:

Ters kinematik veri sınıfı kinematik veri sınıfından türetilmiştir. Bunun sonucu olarak kinematik sınıfının bütün veri ve işlemlerine kalıtımı yoluyla ulaşmaktadır. Kendine özgü olarak kartezyen koordinatta bulunması istenen ve gerçekte bulunan noktaları veri olarak tutar. İstenen noktayı ayarlayan ve ters kinematiği çözen işlemler de bu sınıfın parçalarıdır.

3) Runge-Kutta Gösterim Sınıfı

Bu sınıfın tanımlanmasında nesnelere yönelik programlamanın kolaylıklarından biri olan sanal işlemlerden yararlanılmıştır. Sanal işlemler içeren bir veri sınıfı öz (abstract) sınıf olarak adlandırılır. Öz sınıflardan türetilen sınıflar, öz sınıf içindeki sanal işlemleri gerçekleriyle yeniden tanımlamalıdır. Bu sınıf dinamik dizgenin derecesini, Runge-Kutta yönteminin adım büyüklüğünü, dizgenin başlangıç, bitiş ve belli bir

andaki zamanım, di/genin dunun değışkenlerini veri olarak tular. Allını büyüklüğünü ayarlayan, dunun değışkenlerini gösteren ve sistemi belirli bir /aman yada başlangıçtan bilişe çözen işlevleri vardır. Sistemin dunun geçiş matrisi, girdi akılı sanal işlevlerini de içerir.

4) OTT denetleç sınıfı:

OTT denetleç sınıfı bir OTT denetleç dizilimi yaratır. Bu sınıf denetleç sayısı, denetleç ayarları, yanılıklar, eski yanılıklar, toplanı yanılıklar ve örnekleme zamanı verilerini içerir. OTT denetleçlerini ayarlayan, örnekleme zamanını değıştiren, her hangi bir denetlecin yada bilün denetleçlerini çıktılarını alabilecek işlevler de bu sınıfın parçalarıdır.

5) Robol kol dinamiği sınıfı:

Bu sınıf Rungc-Kulta gösterimi ve OTT denetleç sınıflarından türetilmiş bir sınıftır. Buru, merkez-kaç ve yer çekim kuvvet vektörlerini, eylemsizlik matrisini veri olarak tutar. Eylemsizlik matrisini, yer çekimi, ve merkez-kaç kuvvetlerini hesaplayan ve bunlara bağlı olarak

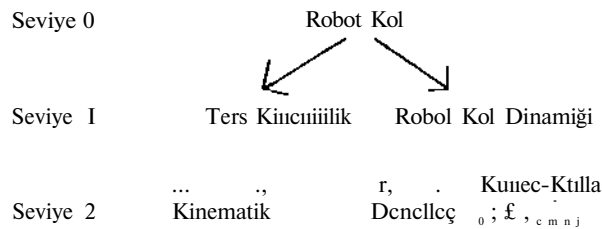
$$i) = Miif) '(7'-V'(1/.</>)-«(</>))$$

şeklinde durum geçiş matrisini tanımlayan işlevleri vardır. Durum geçiş matrisini tanımlayan işlev Rungc-Kulta gösterimindeki sanal durum geçiş matrisinin yerini alır.

6) Robot kol sınıfı:

Robol kol sınıfı robol kol dinamiği ve ters kinematik sınıflarından türetilmiş bir sınıftır. Yalnızca Rungc-Kulta gösteriminin sanal çıktı işlevini yeniden tanımlayan çıktı işlevinden oluşur. Ama ardışık olarak (üretildiği sınıfların (kalıtını ve çoklu kalıtım yoluyla) dışardan ulaşımına açık olan veri. ve işlevlerine ulaşır.

Yukarıda anlatılan sınıf yapısı ve türeme ilişkileri Şekil 1'de gösterilmiştir.

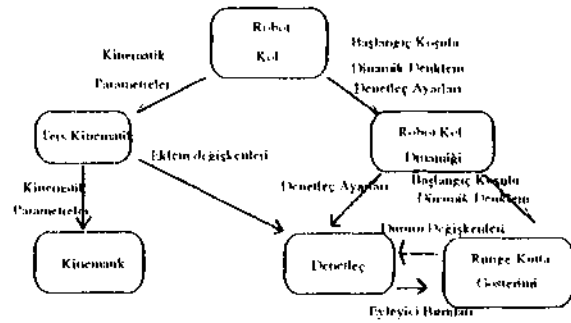


Şekil 1

Veri sınıfları türeme ilişkileri

Veri sınıfları arasındaki iletişim Şekil 2 gösterilmiştir.

Veri ve işlevlerin kümelenmesi sırasında seçilecek uygun sınıf büyüklüğü, tasarımın başarımını değıştirmektedir. Çok küçük seçim sınıfı içindeki işleri kolaylaştırır. Kinematik sınıfının yerine her eklemenin bir sınıf olarak görülmesi, bununun buna örnek gösterilebilir. Böylece sınıf içinde (utulması gereken verilerde azalma olur. Buna karşın sınıf sayısındaki artış, sınıflar arası iletişimi de artırır. İlgilenilmesi gereken ileti sayısı artar. Benzer şekilde ileti sayılarını azaltmak için çok büyük sınıflar seçilirse bu kez de sınıf içindeki veri sayısı artar. Bunlarda dolayı geliştirilen yazılım da fiziksel olarak da anlamlı olan sınıflar seçilmiştir.



Şekil 2

Veri sınıfları arasındaki iletişim

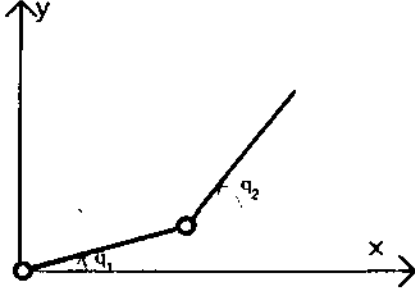
Seçilen yapı taşı sınıfların büyüklüğü ile özleştirme arasında da doğrudan bir ilişki vardır. Örneğin, robol kolun eyleyicilerinin elektrik motorları olduğunu varsayalım. Motorların burularını hesaplanmasında elektromanyetik alanın hesaplanması yönteminin yerine elektrik motorunun doğrusal modeli de kullanılabilir. Bunun gibi temel seçimlerde gereklilik, olabilirlik çözümlenmesi yapılır. Bu çözümlenmenin sonucuna göre bir özleştirme seviyesi seçilir.

Programda 3 özleştirme seviyesi seçilmiştir. Farklı özleştirme seviyeleri programın farklı bilgi seviyelerinde kullanıcılar tarafından verimli olarak kullanılmasını sağlar. Şekil 1'deki seviyeler anlıkça, programı kullanmak için daha çok bilgi gerekmektedir. Buna karşın kullanma esnekliği artmaktadır. Bu özelliğinden ötürü farklı özleştirme seviyeleri kullanıcı program arasındaki bilgi celisini karşılaştıran ara devre olarak adlandırılır.

4. Örnek

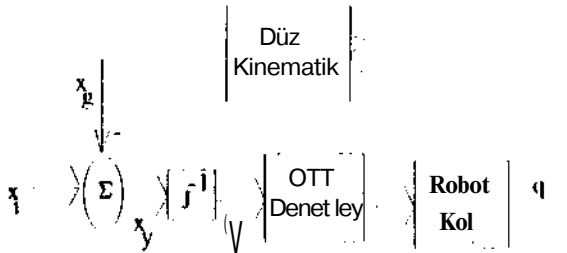
ELEKTRİK MÜHENDİSLİĞİ 5. ULUSAL KONGRESİ

Programın uygulanması yapısı Şekil 3'le gösterilen iki eklemlilik düzlemsel kol üzerinde gösterilmiştir. Bu kol üzerinde konum denetim yöntemleri daha öncede sınanmıştır [7]. Kinematik ve dinamik parametreler söz konusu çalışmadaki ile aynı alınmıştır.



Şekil 3
2 Eklemlilik Düzlemsel Kol

Konum denetim yöntemi olarak literatürde iyi bilinen *çözülmüş eylem hız denetimi* kullanılmıştır. Bu yöntemin uygulanışı Şekil 4'de gösterilmektedir. Burada Jacobian matrisini göstermektedir. Yöntemin uygulanabilir olması için eklem değişkenlerinin gerçek değerlerinin geribildirimci gerekmektedir. Eklem değişkenlerinden gerçekle bulunulan kartezyen koordinatlar düz kinematik yardımıyla bulunur. Kartezyen koordinatla hesaplanan yanılı Jacobian matrisinin tersiyle çarpılmak eklem değişkenleri cinsinden yanılı hesaplanır. Bu yanılılar eyleyicilerin burularının hesaplanması için kullanılır.



Şekil 4
Çözülmüş Eylem Hız Denetimi

Yukarıda anlatılan robot kol ve denetim yönteminin benzeşimini yapan program parçası aşağıda verilmiştir.

```
void myincrtta(double *x, double *in)
{ in[0]=0.034858r+0.0201W6*cos((| 11);
  in[1]=0.08r.18X7+0.015r.8yr,*cos((| 11);
  in[2]=0.0861887+(.0115689r.*c<.s<(| 11);
  in[3]=0.008r>1887; )
  void inforcefdouble *(<|, <|mbic *(<|primc.double *rrsf)
```

```
(resl[0])= -(1.0101.181*sin((| I |)^(i|prime| I |*i|prime| 11
+2*i|prime|0)*qprime| 11);
resl[1]= -(<).0103483*sin((| I Dnprime10^i|prime10I; )
void mygratdouble *i, double *resf)
{resl[0]=0; resl[1]=0; }
```

```
class manipulatör : public manipulatör_dynamic . public
robot gen (
```

```
public:
  void inipul; (i<r(inl n.double *i inl.
  void (*| Kdouble *|l. double *in);
  void (*f2)(d<ul.U- *(<|, d<nblc *(<|2.dcuhk- *|),
  void (* + H)(d<.ul.lc *(<|l. double *(<|2. dcuhl- *pare) :
  manipulatör _ (yamicd. inl. l f2.r.), r(bu|p|u(i, paro)( );
  void inipul { t-nul « l « " " « sales() | ; | ; | ;
```

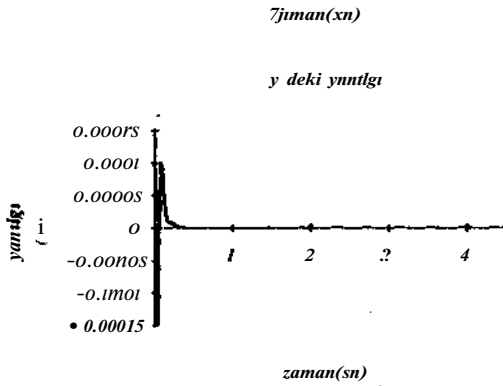
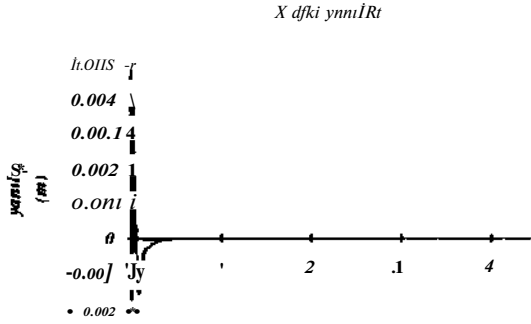
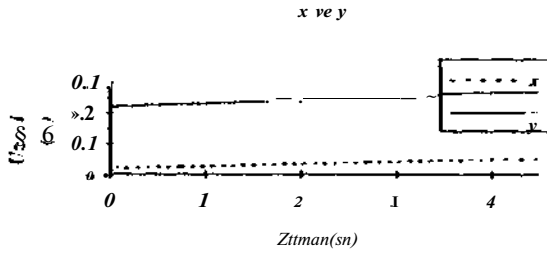
```
void main()
{ iU|ul>lesi|4]={1/4.1.7S.(.().);
  double cm<r|2|, j|2|, inv_j|2| |2|. cnr..error|2| :
  ini i, j, red |2|=X.Y;
  unsigned long ini kk;
  double pare| l|)=(0.2)(3.(.().l|/4,(. 0.152.0.0.1.75.01;
  manipulatör 2dıl(2.a.inyih-ri.n.myforcc, mygrii, pari-):
  2d<f.scl.rcduccd(rcd);
  2d<f.adjust_ril_n_(l, l(H), (.)(K)l, 2);
  2dof.adjust_ |PH|_nc(2, 1000, 0.0001, 5);
  for(kk=0; kk<l(H)0; kk++)
  { car_error|()|= (.02+0.(.)3*kk/4(XX).( ) 2clof.Tn|0| |3|);
    car.cm.r| 11=(0.22+(.0.i*kk/4(XX).0-2d<f.Tn| 11 |3|);
    invcrsc(2dof.red_jacobian.2, &inv_j|0| |0|);
    multiply_inalix(&inv_j|0| |0|. incs_forcc.error.2.2.1);
    2d<f.scl_|l|_error(crror);
    2dol_|l|_gı.0;
    2ln('rk4_|step((.)(X)l); ) )
```

Program robot kolu kartezyen koordinatta (0.02,0.22) noktasından (0.05,0.27) noktasına 4 saniyelik doğrusal olarak hareket ettirmeye çalışmaktadır. Denetim yönteminin çıktıları Şekil 5'de gösterilmiştir.

Kartezyen koordinatlardaki hatalar hızla sıfıra yakınsamaktadır. Bu denetim yönteminin başarısının yüksek olduğunu gösterir. Buradaki denetimde denetleyiciler ayarları elle ayarlanmıştır. Başka bir denetim yönteminin sınanmasının kolaylığı, bu yöntemin benzeşimini yapan program parçasının basitliğine bakılarak kestirilebilir.

5. Sonuç

Parametreleri verilen robot kolların benzeşimini yapması amaçlanan program. bu amacı gerçekleştirmiştir. Programın farklı bilgi seviyeleriyle insanlar tarafından kullanılması amacının gerçekleştiği ise yazılımın ODTÜ Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü Robot i k laboratuvarında farklı kullanıcılar tarafından kullanıldığında gözlenmiştir.



Şekil 5

Karte/yeni Koordinatla değişkenler ve halalar

Kaynakça

- [1] Wang, Yulun: Ilıc 3DP Real-Time Motion-Control Computer. NATO ASI serisi, Cilt F71, sayfa 341
- [2] Denavit, J. ve Hartenberg, R.S. 1955. A kinematic Notation For Lower-Pair Mechanics Based On Matrices. ASME J. Applied Mechanics, Cilt 22(2), sayfa 215
- [3] Paul, R.P. 1981. Robot Manipulators: Mathematical Programming, and Control. Cambridge, Mass.: MIT Press.
- [4] Whitney, D.E.: Basic mathematics of controlled control of prosthetic arms and manipulators, J. Dyn. Syst. MeasurctıcıU. Contr., Cilt 94, sayfa 303

[5] Whitney, D.E.: Resolved motion rate control of manipulators and human prostheses, IFHF. MMS. Cilt 10, sayfa 47

[6] Shlhaei, S. 19XX: Subject-oriented systems analysis. Youdon Press

[7] Kuo, C.Y.: Robust position control of robotic manipulator in cartesian coordinates. 1991. Cilt 7, sayfa 653.



H.ZONTUL: ODTÜ Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümünden 1991 yılında B.S (Yüksek Şerçi) derecesini almıştır. Halen aynı bölümde araştırmacı görevlisi olarak yüksek lisans çalışmaları devam etmektedir. Araştırma ilgi alanı robotik ve süreç denetim konularında yoğunlaşmaktadır. EMO, IEEE Control ve Robotics and Automation topluluklarının üyesidir.



A.ERSAK: Sırasıyla B.S (68), M.S (70) ve Ph.D (79) derecelerinin hepsini ODTÜ Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümünden almıştır. Halen ODTÜ Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümünde Profesör olarak çalışmaktadır. Araştırma ilgi alanı güç elektroniği uygulamaları, robotik ve bilgisayarla grafik konularında yoğunlaşmaktadır. EMO, IEEE Power Electronics, ve Robotics and Automation topluluklarının üyesidir.

MOBİL ROBOTLAR İÇİN ENGEL SAKINMA

Levent Yenilmez
Hava Kuvvetleri Komutanlığı
Eğitim Daire Başkanlığı
Ankara 061(X)

Aydın Ersak
Orta Doğu Teknik Üniversitesi
Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü
ROLAB. Ankara 06531

Ö/Çİ : Bildiri konusu çalışmada mobil bir robotun bilinen ortamlarda, verilen başlangıç ve bitiş noktaları arasında, engellere çarpmadan gidebileceği yolların planlanmasına (off-line) ve izlemesine ilişkin yürütülen çalışmaları vermektedir.

D/ayda Yapısal Düzenleme yöntemi kullanılarak mobil robot bir nokta robot şekline dönüştürülmüş ve bu dönüşüm robotun çalıştığı ortama aynen yansıtılmıştır. Bu oluşturulan ortamda Bug1, Bug2 ve Genelleştirilmiş Voronoi Diyagram yöntemleri kullanılarak mobil robotun engelle çarpmalarından uzak hedefe ulaşırıcı yolları planlanmıştır. Çalışmalar bir PC bilgisayar üzerinde gösterilerek, kurulan iletişim bağlantısı ile bir mobil robot üzerinde gerçekleştirilmiştir.

I. GİRİŞ

Yol-Planlama ve Hareket-Planlama mobil robotların bilinen problemlerindedir. Burada amaç, çeşitli engellerin bulunduğu bir ortamda robota çarpışmalardan korunmuş bir yol planlamaktır. Verilen başlangıç ve bitiş noktaları arasında robotun engellere çarpmadan hedefine varabilmesi için yapılan yol-planlamasında hedefe çarpışması/ ulaşırıcı en kısa yol, hedefe çarpışması/ ulaşırıcı en çabuk bulunan yol, veya engellerin en fazla u/ağından giden yolun seçimi gibi kriterler kullanılmaktadır.

Yol-Planlama problemini çözmek için iki genel yaklaşım kullanılır. Bunlardan ilki Uzayda Yapısal Düzenleme (Configuration-Space) yöntemidir. Bu yöntem 1983' de Lozano-Perez [1] tarafından geliştirildi. 1985' de, yöntem Brooks ve Lozano-Perez tarafından [2] yoğun engelli ortamlarda oluşabilen bazı zor Yol-Planlama problemlerinin çözümüyle kullanıldı. Burada robotun ortamdaki engel boyutlarını dikkate alarak yaptığı orijinal yol planlaması yerine, robotu bir nokta robot haline dönüştürerek ve bu dönüşümü ortamdaki engel boyutlarına yansıtarak yapılan yol planlamasıdır. Bu ortamda

robot Bug1 veya -Bug2 gibi Yol-Planlama melodlarını kullanarak kemlisine en uygun hedefe vardırıcı yolu araştırılabilir imkanım elde eder.

Yol-Planlama problemlerinde kullanılan ikinci yöntem ise Uzayda Serbest Düzenleme (free-space) yöntemidir [3]. Yöntem robotun ve ortamdaki engellerin gerçek boyutlarını dikkate alarak yol planlaması yapar. Yani Uzayda Yapısal Düzenleme yöntemimle olduğu gibi bir boyutsal dönüşüm söz konusu değildir. Yöntem, robotun çarpışmasız hedefine gidebileceği yollar (freevays) planlar. Robot, bu yöntem vasıtası ile planlanan yolların kesişim noktalarına kadar transfer ettirilir ve bu noktalara vardığında uygun bir yola yönlendirilir.

Uzayda Serbest Düzenleme yöntemlerinden bir başka biçimide Genelleştirilmiş Voronoi Diyagramlarıdır (Generalized Voronoi Diagrams-GVD). GVD ortamdaki engellerin sınırları arasında bunlara eşit uzaklıklarda bulunan noktaların birleştirilmesi ile oluşturulan bir eğridir. Çokköşeli engellerden oluşan çokköşeli bir ortamda, GVD doğrusal ve parabolik hat parçalarından oluşan bir yol şebekesini içerir. 1981' de Lee ve Drysdale [4] engeller arasında gidilebilecek serbest yollar (freevays) planlayabilmek için Genelleştirilmiş Voronoi Diyagramlarını kullanmışlardır. 1984' de ise M. Gondran, M. Minoux ve S. Vajda [5] bazı grafik yöntemlerinin de yardımıyla Voronoi Diyagramlarından hedefe varılabilecek en kısa yolu buldular. 1989' da Takahashi ve Schilling [6] seçilen GVD yolu boyunca robot hareketlerini düzenleyen bazı yöntemler geliştirdiler.

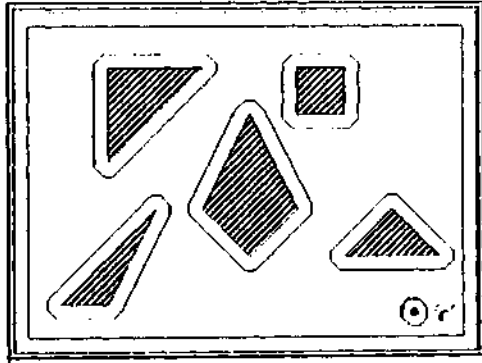
Robotlar engelleri bilinen veya bilinmeyen ortamlarda hedeflerine yönlenebilirler. Şayet çalışılan ortam bilinen ve hareket etmeyen engellerden oluşuyorsa kullandığımız Global Yol Planlama algoritmaları robotu hedefine çarpışmasız ulaştırabilir.

1. UZAYDA YAPISAL DÜZENLEME (CONFIGURATION - SPACE)

Robot verilen başlangıç noktası 'S' ile varılacak hedef noktası 'G' arasında yol ve hareket planını yapabilmelidir. Hareket planını engellere temas etmeyecek ve onlarla çarpışmayacak şekilde ayarlayabilmesi için robotun kullanması gereken analitik çözüm Uzayda Yapısal Düzenleme yöntemidir. Yöntemde robotun hareketini engeller arasından planlama problemi, robot üzerindeki bir noktanın hareketini Uzayda Yapısal Düzenlemeleri yapılmış engeller arasından planlama problemine dönüştürülür.

Yöntem dışbükey çokgen engellerin oluşturduğu ortamlarda denenmiştir. Kullanılan mobil robot sekizgen bir yapıdadır ve tam ortası referans noktası V olarak seçilmiştir. Yapılan bilgisayar programı vasıtasıyla seçilen V noktasına göre engeller üzerinde yaratılan Uzayda Yapısal Düzenlemeler hesaplanmıştır. Daha sonra mobil robotun bu yeni ortamda çarpışması/ gidebileceği yollar 'Bug1', 'Bug2' ve Genelleştirilmiş Voronoi Diyagramları kullanılarak planlanmıştır.

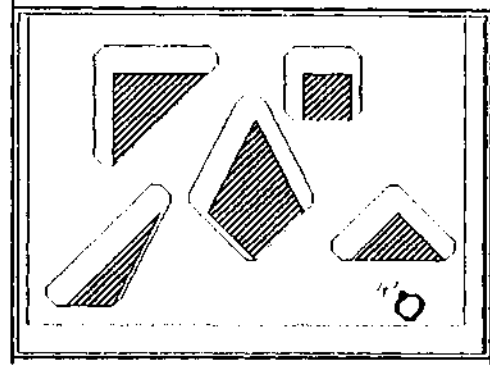
Yöntemin daha iyi anlaşılabilmesi için bilgisayarda Şekil.1 deki gibi taralı nesnelere oluşturulan beş köşeli bir ortam kullanılmıştır. Ortamda kullanılan sekizgen mobil robot tam ortasındaki referans V noktasına indirgenmiş ve bu indirgeme ortamda bulunan engellere yansıtılarak Şekil.1 de görüldüğü gibi taralı alanların dışında ortamın Uzayda Yapısal Düzenlemesi yapılmıştır.



Şekil 1 Referans orta nokta V a göre Uzayda Yapısal Düzenlemesi yapılmış ortam.

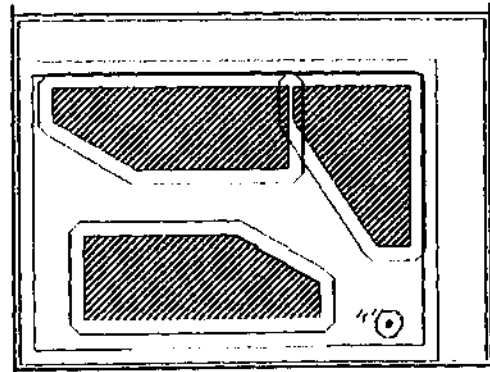
Şekil.1 deki ortam üzerinde farklı bir referans noktası V alınarak oluşturulan Uzayda Yapısal Düzenleme Şekil.2 de gösterilmiştir. Şekil.1 ve Şekil.2 de görüldüğü gibi mobil robot üzerinde alınan referans noktası V Uzayda Yapısal Düzenlemesi yapılmış engellerin dışında kaldığından, robotun aşağıda II., III. ve IV.

bölümlerde anlatılan yol planlama metodlarından birini kullanarak hedefine varması bilgisayar ekranında gerçekleştirilmiştir



Şekil 2 Referans köşe noktası V a göre Uzayda Yapısal düzenlemesi yapılmış ortam.

Yöntem üzerine yapılan gerçek bir çalışmada ise laboratuvar ortamında masalar birleştirilerek Şekil.2 de görülen taralı engeller oluşturuldu. Yine mobil robotun tam ortası referans noktası V olarak seçilerek oluşturulan engeller üzerinde Uzayda Yapısal Düzenleme yapıldı. Şekilden de görüldüğü gibi iki engelin Uzayda Yapısal Düzenlenmiş halleri üst üste binmiş durumdadır. Bu durum mobil robot genişliğinin bu engeller arasında geçemeyecek kadar geniş olduğunu göstermektedir. Yani mobil robot bu durumdaki engelleri tek bir nesne gibi algılar.



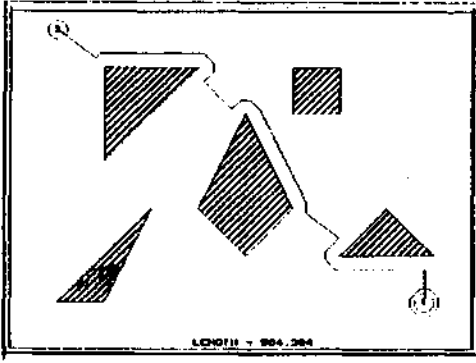
Şekil 3 Laboratuvar ortamında oluşturulan ortamın referans noktası V a göre çıkarılmış Uzayda Yapısal Düzenlemesi.

Şekil.3 de oluşturulan bu yeni ortamda mobil robot verilen başlangıç noktasından hedefine doğru aşağıda anlatılan Yol-Planlama yöntemleri kullanılarak gönderilmiştir.

III. BUG1 ALGORİTMASI

Çalışılan ortamda Uzayda Yapısal Düzenleme yöntemi kullanılarak mobil robot bir nokta mobil robot haline getirilmiştir. Bu algoritmanın amacı da nokta mobil robotun başlangıç noktasından Uzayda Yapısal Düzenlemesi yapılmış engeller arasından heder noktasına olan yolunun planlanmasıdır.

Bilgisayarda yapılan çalışmada Şekil. I deki Uzayda Yapısal Düzenlemesi yapılmış ortam kullanılmıştır. Bu ortamda verilen 's' başlama noktası ile 't' hedef noktası arasında Bugl algoritması kullanılarak Şekil.4 deki yol planlaması yapılmıştır. Bu yöntemde mobil robot ilk olarak başlangıç noktası 's' den hedef noktası 't' ye yönelir. Şayet yolu üzerinde bir engel varsa bu engelin etrafından dolanarak hedefe en yakın noktadan onu (erk eder ve tekrar hedefe yönelir. Yöntem hedefe varana kadar bu işlemi tekrarlar.

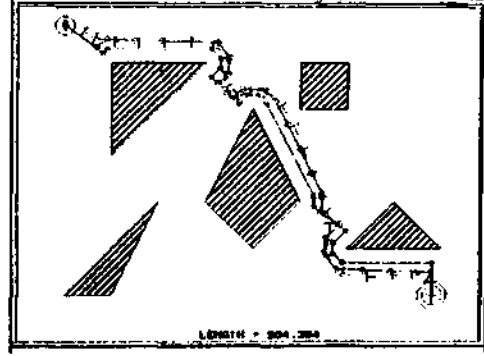


Şekil 4 Bugl algoritması kullanılarak şekil. I deki ortamda mobil robot yolunun planlanması.

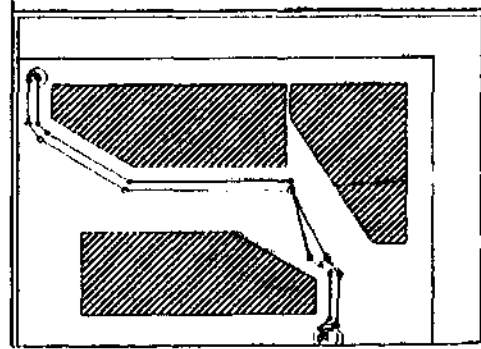
Mobil robotun engellere teğet geçerken çarparak rotasından çıkmaması için bu yöntemle planlanan yolun biraz, açığından geçmesi sağlanmıştır. Bu nedenle Şekil.4 deki ortam için oluşturulmuş güvenlik hatlı Yol-Planlaması ve mobil robot hareketleri Şekil.5 de gösterilmiştir. Şekil.2 deki Uzayda Yapısal Düzenlemesi yapılmış laboratuvar ortamında bu yöntem kullanılırken mobil robot zaman zaman engellere çarpmıştır. Yönteme göre herhangi bir çarpma sezilirse robot durmakla ve algoritma tekrar devreye sokularak her seferinde çarpma noktasından hedefe doğru olan yolu planlayarak mobil robotu hedefine sürmektedir. Mobil robot yaptığı çarpmalarda ara sıra kendini kurtarmakta

ELEKTRİK MÜHENDİSLİĞİ 5. ULUSAL KONGRESİ

yetersiz kalmıştır. Böyle durumlarda -dışarıdan müdahale ile robot kurtararak yol ve hareketini tekrar planlayabilincisine fırsat verilmiştir. Çarpmaların ana sebebi mobil robotun bulunduğu k(x>rdinat ve yönünün dışarıdan kontrol edilememesidir. Bu konudaki tek bilgi kaynağı mobil robotun ne kadar mesafe gittiğini bildiren kendi ön lekerindeki şaft kodlayıcısıdır.



Şekil 5 Bugl algoritması ve güvenlik hatlı oluşturularak planlanan robot yol ve hareketleri.



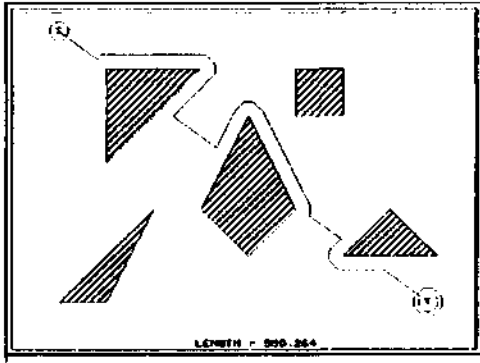
Şekil 6 Bugl algoritması kullanılarak laboratuvar ortamında mobil robot yolunun ve güvenlik hatlarının planlanması.

Bugl yöntemi ile laboratuvar ortamında planlanan güvenli yol k(x>rdinallan bir iletişim ara yüz'ül vasıtası ile bilgisayar RS232 çıkışından mobil robota iletilmiştir. Yine aynı hattan koordineli olarak mobil robot şaft kodlayıcısının gönderdiği mesafe bilgileri bilgisayara aktarılarak bir geri besleme sağlanmıştır. Yapılan çalışmada yukarıda anlatılan problemler sonucunda robotun yaklaşık % 25 lik bir hata payı ile bedeline vardığı gözlenmiştir. Bu konuda yapılan ön çalışmada robot hareketine başlamadan önce yapılan yol ve hareket planlaması Şekil.6 da gösterilmiştir.

III. BUG2 ALGORİTMASI

Bug2 algoritmasında Uzayda Yapısal Düzenlemesi Yapılmış («lamlarda aynen Bug1 algoritmasında olduğu gibi mobil robot yolunun planlanmasında kullanılmıştır. Bug2 algoritmasının Bug1'den tek farkı robot yolunun engelleri terk ederken başlangıç ve hedef noktalarını birleştiren bir doğrudan sapmasıdır. Halbuki Bug1 algoritmasını kullanan mobil robot karşılaştığı engellerin hedere en yakın noktalarından bu engeli terk edecek şekilde yolunu planlamaktaydı.

Bu yöntem kullanılarak Şekil. I deki ortam üzerinde yapılan bilgisayar çalışmasında planlanan robot yolu Şekil.7 de gösterilmiştir. Dikkat edilecek olursa planlanan yollarda engel terk noktalarının saptanmasında verilen başlangıç ve hedef noktaları arasındaki doğru referans alınmıştır.

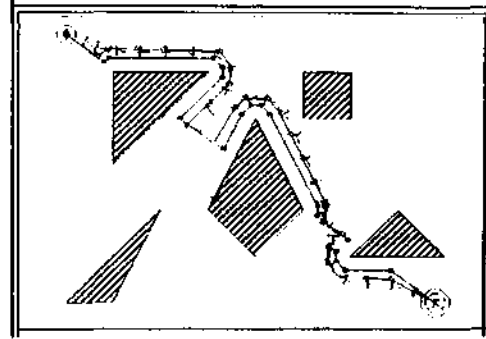


Şekil 7 Bug2 algoritması kullanılarak şekil. 1 deki ortamda mobil robot yolunun bilgisayarda planlanması.

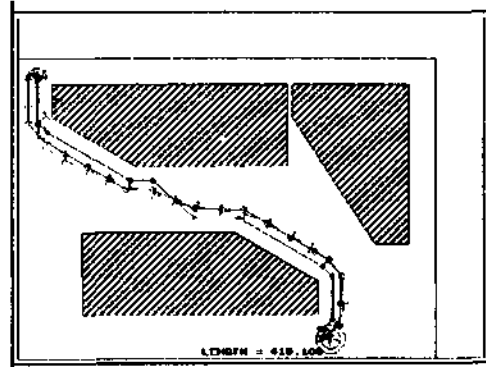
Şekil.7 de planlanan yola yine Bug1 yönteminde anlatılan gerekçeler çerçevesinde eklenen güvenlik hattı sonucu ortaya çıkan çarpışmalardan uzak robot yolu ve robotun bu yolu izlerken yapacağı hareketler Şekil.8 de gösterilmiştir.

Yöntemi kullanarak Şekil.3 deki laboratuvar ortamında yapılan gerçek bir çalışmada başlangıç ve hedef noktaları arasında oluşturulan güvenlik hatlı robot yolu Şekil.9 da gösterilmiştir. Dikkat edilecek olursa Bug1 de yapılan planlamadan daha kısa ve başlama ve hedef noktaları arasındaki bir doğay boyunca yol planlandığı görülecektir. Halbuki Bug1 de aynı ortamda mobil robotun engelleri hedefe en yakın noktalardan (erkçiliğini görmüşlük.

Yapılan çalışmada mobil robotun Bug1 deki aynı sebeplerden dolayı ara sıra engellere çarptığı gözlemlendi. Fakat Bug1 e oranla bu çarpmalar daha azdı. Bunun sebebi de bu yöntem ile yapılan yol planlamasının Bug1 e oranla daha az engel kenarlarına bağımlı olmasıydı. Yine burada da çarpma durumlarında robotun kendini kurtarılabildiği hallerde dışarıdan müdahale edilerek algoritmanın sürekliliği sağlandı ve robot hedefine sürüldü.



Şekil 8 Bug2 algoritması ve güvenlik hattı oluşturularak planlanan robot yol ve hareketleri.



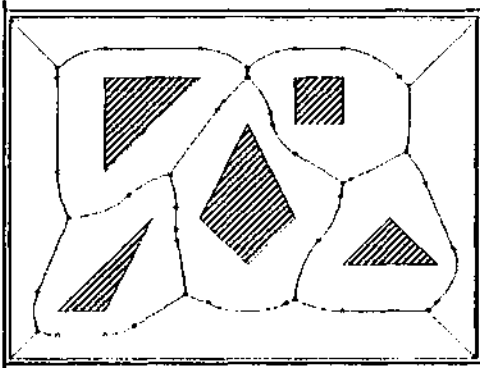
Şekil 9 Bug2 algoritması kullanılarak laboratuvar ortamında planlanmış mobil robot yol ve hareketleri

Bug2 algoritması kullanılarak yapılan yol planlamalarının bilgisayar işlem süresinin Bug1 e göre yaklaşık % 50 daha az olduğu saptanmıştır. Fakat hızlı bilgisayarlar vasıtası ile bu avantaj gittikçe önemini kaybetmektedir. Yöntem üzerinde yapılan çalışmalar yine Bug1 deki gibi bir iletişim ara yüzü ile mobil robot üzerinde uygulanmıştır. Mobil robotun hedefine yukarıda anlatılan nedenlerden dolayı yaklaşık % 15 lik bir hata ile vardığı saptanmıştır.

IV.GENELLEŞTİRİLMİŞ VORONOI DİYAGRAMLARI (GENERALIZED VORONOI DIAGRAMS-GVD)

Engel k(K)rdinaları bilinen ortamlarda yapılan çalışmalardan biri de Genelleştirilmiş Voronoi Diyagramlarını kullanarak mobil robot yolunun planlanmasıdır. Bu yöntem kullanılarak çalışılan ortamda verilen başlangıç ve hedef koordinatları arasındaki bütün olası yollar planlanmaktadır. Yapılan planlamada yollar ortamdaki engellere eşit uzaklıklarda olup doğrusal ve parabolik hatlar içermektedir.

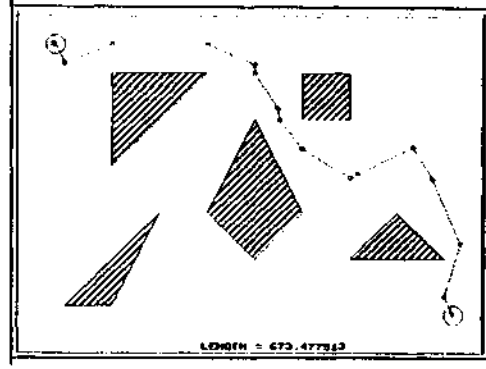
Bu yöntem kullanılarak Şekil.1 deki ortamda mobil robotun geçebileceği bütün olası yollar bilgisayarda yapılan bir çalışma ile Şekil. 10 daki gibi oluşturulmuştur. Dikkat edilecek oluşta sadece engeller arasındaki GVD yolları değil aynı zamanda engellerle ortam kenarları arasındaki etkileşim sonucu oluşabilecek GVD yollarında planlanmıştır. Şekil dende görüldüğü gibi engeller arasında ve engellerle ortam sınırları arasındaki boşluklar mobil robotun rahatça geçebileceği aralıklardadır.



Şekil 10 Engeller arasındaki bütün yolların GVD yöntemiyle planlanması.

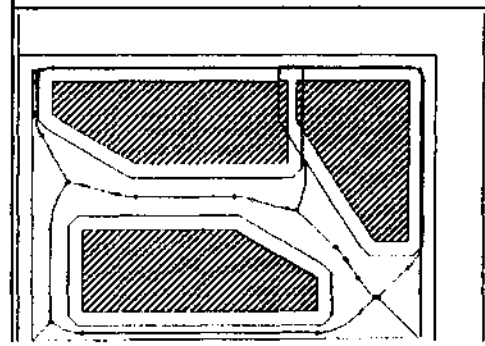
Şekil. 10 dan da görülebileceği gibi GVD yöntemi üç temci etkileşimle oluşturulmuştur. Bunlar : bir engel kenarının diğer engel kenarlarıyla etkileşimi, bir engel köşesinin diğer engel kenarlarıyla, ve bir engel köşesinin diğer engel köşeleriyle etkileşimidir.

Verilen başlangıç ve hedef noktaları arasında mobil robotun izleyeceği en kısa yol kriterine göre yapılan planlama Şekil. II de gösterilmiştir. Mobil robot hareketlerinin kolay planlanabilmesi için bu yol üzerindeki parabolik parçalar doğrusal hale getirilmiştir.



Şekil II Verilen başlangıç ve hedef noktaları arasında planlanan en kısa robot yolu.

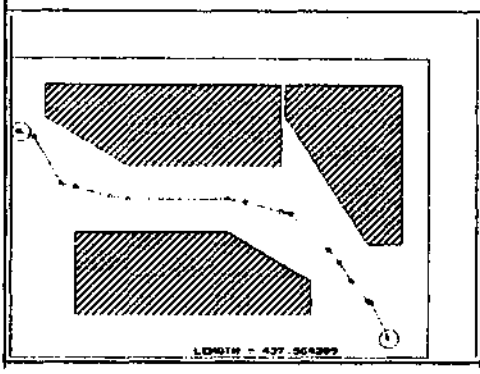
Yöntem üzerine yapılan gerçek uygulamada yine Şekil.3 deki laboratuvar ortamı kullanılmıştır. Uzayda Yapısal Düzenlemesi yapılmış hal ile gösterilen bu ortamda engeller arasında ve engellerle ortam sınırları arasında üst üste binmiş bazı alanlar saptanmıştır. Bu alanlardan mobil robotun geçemeyeceği açıktır. Bu yüzden bu alanlar içinden kesinlikle yol planlanamaz. Bu durum Şekil. 12 de gösterilmiştir.



Şekil. 12 GVD yöntemiyle laboratuvar ortamında mobil robotun geçebileceği bütün yollar

Şekil. 12 de planlanan GVD yolları kullanılarak verilen başlangıç 's' ve hedef 'V' noktaları arasında mobil robotun geçebileceği en kısa yol Şekil. 13 de gösterildiği gibi planlanmıştır. Planlanan yolun parabolik kısımları doğrusal parçalar haline getirilerek mobil robot hareketlerinin düzenli olması sağlanmıştır.

Bu yöntem kullanılarak elde edilen çarpışmasız en kısa yol k(x)rdinaları diğer yöntemlerde olduğu gibi bir iletişim ara yüzü ile mobil robota gönderilmiştir. Burada seçilen engeller arasındaki geniş boşluklar sayesinde mobil robot hedefine yaklaşık % 10 kadar bir hata ile varmıştır.



Şekil 13 Labonituar orlainında en kısa GVD yolunun planlanması.

V.SONUÇ

Çalışına mobil robotlar için bazı Engel-Sakinme tekniklerini incelemekte ve bunları bir bilgisayar aracılığı ile bir mobil robot üzerinde gerçekleştirmektedir. Bildiride sunulan çalışmada elde olunan sonuçlardır.

Robotun hedefine kullanılan yöntemlere göre % 10-25 arasında hatalı olarak vardığı not edilmiştir. Bu hataların bir nedeni de robotun bulunduğu gerçek konumu dışarıdan kontrol etme imkanımızın olmamasından dolayı robot pozisyonunda yeniden bir ayarlama yapılamamasıydı. Robot bütün pozisyon tespitlerini kendi ön tekeri üzerindeki şaft kodlayıcı dan almaktadır.

Uzayda yapısal düzenlemesi yapılmış laboratuvar orlainında yapılan gerçek uygulamalarda GVD yönteminin Bugl ve Bug2 algoritmalarından üstün olduğu saptandı. Bunun en büyük nedeni de bu yöntemle planlanan yolların engellere eşil uzaklıkla olması nedeniyle çarpmalardan diğer yöntemlere göre daha uzak olmasıydı.

KAYNAKLAR

- [1] T. Lojtno, T. Pcrez, "Spalinl Planning: A Configuration Space Approach," *IEEE Trans. Comput.*, C-32, 108. (Feb., 1983).
- [2] R. A. Brooks, and T. Lojtno, "A subdivision algorithm in configuration space for finding paths with rotation," *IEEE Trans. Man Cybern.*, SMC-15, 12, 224. (1985).
- [3] R. A. Brooks, "Solving the Find-Path Problem by Good Representation of Free Space," *IEEE*

Trans. Sys., Man, Cybern., SMCJ1, L3J, 190. (Mar./Apr., 1983).

- [4] D. T. Lee, and R. L. Drysdale, "Generalized Voronoi Diagrams in the Plane," *SIAM J. Comput.*, 10, 73. (1981).
- [5] M. Gondran, M. Minoux, and S. Vajda, *Graphs and Algorithms*. New York, NY: Wiley. (1984).
- [6] O. Takahashi, and R. J. Schilling, "Motion planning in a plane using generalized Voronoi diagrams," *IEEE Trans. Robotics and Automation*, RA-5, (2), 143, (1989).



L. YENİLMEZ : ODTÜ
Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümünden 1984 yılında B.S ve 1993 yılında M.S. derecelerini almıştır. Halen Hava Harp Okulunda öğretim görevlisi olarak çalışmaktadır. Araştırma ilgi alanı robotik ve bilgisayarla denetim konularında yoğunlaşmaktadır. EMC), IEEE Control ve Robotics and Automation topluluklarının üyesidir.



A.ERSAK: Sırasıyla B.S (68), M.S (70) ve Ph.D (79) derecelerinin hepsini ODTÜ Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümünden almıştır. Halen ODTÜ Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümünde Profesör olarak çalışmaktadır. Araştırma ilgi alanı güç elektroniği uygulamaları, robotik ve bilgisayarla grafik konularında yoğunlaşmaktadır. EMO, IEEE Power Electronics, ve Robotics and Automation topluluklarının üyesidir.

DEĞİŞKEN 5-EKSENLİ AYARLANABİLİR YAPILI ROBOT KOL TASARIMI

A.Serdar YÜCEL

Aydın ERSAK

Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü

O.D.T.Ü., Ankara 06531

e-mail: Al I433atrmclu.bitnct

fax: (4) 2101261

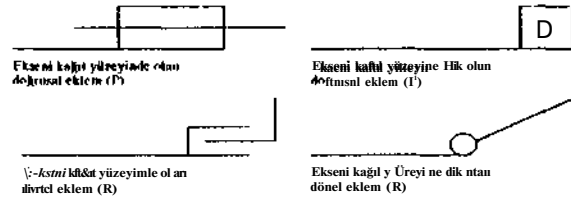
Ö./CI: *Hu {alışına, bcş-eksenli değışken ayarlanabilir yapılu bir robot kolun tasarımını, algoritmik olarak sunmaktadır. Tasarımlanan kol, silindi tik. küresel, kartezyen ve eklemli dön temel yapıda, oniki ayrı kullanışlı robot kollardan, beşinin işlevlerini tek bir yapıda gerçekleştirebilmektedir. Tasarımlanan kolda eksenler, tabandan uç-noktaya doğru sıralandığında, dönel-doğrusal-doğrusal-dönel-dönel olarak yer almaktadır. Bildiri, tasarımı sonuçta algoritma ile özetlemektedir.*

1.GİRİŞ

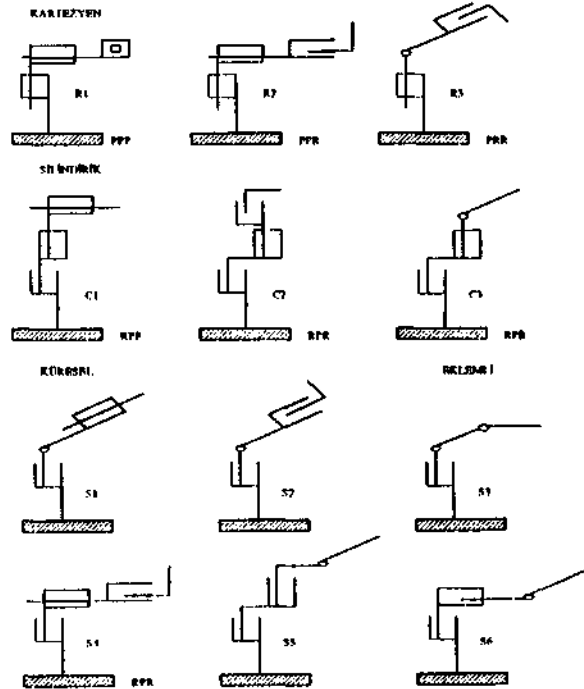
Uygulamaya yönelik kinematik yapıların belirlenmesini içeren çalışmalar, Asada[1], Park[2], Hollerbaeh[3]vardır. Ancak kolların yapıları belirlenirken, elektriksel ve mekanik elemanlarını da, algoritmik bir yöntemle saptayan çalışmalar, literatürde bulunmamaktadır. Çalışmada, bu nedenle, bir robot kolun kinematik yapısının tasarımından hareketle, kullanılacak mekanik ve elektriksel elemanların belirlenmesi için algoritmik bir yöntem geliştirilmiştir. Tasarımlanan kol, asıl-eksenlerde dönel ve doğrusal eklem çeşitlerinin olası tüm birleşimleri düşünüldüğünde ve gerekenden fazla devinimler elendikten sonra, dört temel yapıda oniki ayrı kullanışlı yapı olarak ortaya çıkan robot kollardan, beşinin işlevlerini tek bir yapıda gerçekleştirecek şekilde tasarlanmıştır. Söz konusu beş işlev; bir kartezyen (PPR), bir küresel (RPR) ve üç silindirik (RPP, RPR, RPR) kol yapılarından beklenen işlevlerdir. Bu seçime dayalı olarak kol, kendisinden beklenen silindirik yapının lüm özelliklerini karşılarken, kartezyen ve küresel yapılar bir erişim kısıtlaması ile karşı karşıyadır.

2. KİNEMATİK YAPI

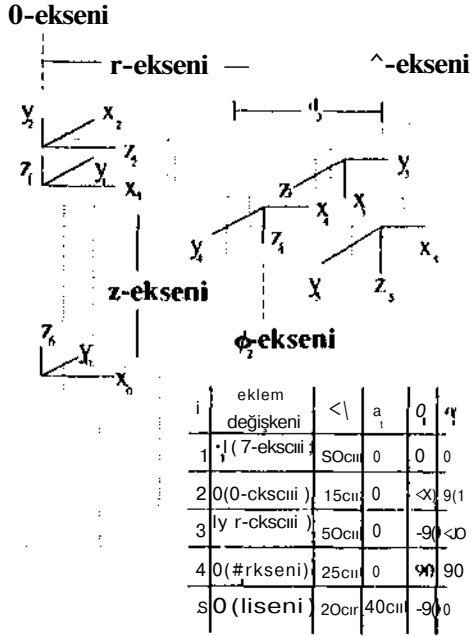
İlk üç eklem oluşturduğu asıl-eksenlerde. dönel ve doğrusal eklem çeşitlerinin olası lüm birleşimleri düşünüldüğünde 36 yapı vardır. Ancak, aynı devinimi sağlayan yapılar elendikten sonra Şekil 1.'de, grafiksel sembolleri gösterilen eklem çeşitlerinin oluşturduğu 12 ayrı kullanışlı yapı. Şekil 2.'de görülmektedir.



Şekil 1. Eklemlerin grafiksel sembolleri[4]



Şekil 2. 12 kullanışlı yapı[4]



Şekil 3. Kinematik yapının koordinat sistemi ve eklem parametreleri

Çalışmada, robot kolun, uç-noktasının, uzayda konumlanması işlevi, son iki eklem kullanılarak, beş ekleme yayılmıştır. Eklemlerin tamamı konumlanma için kullanılmakla olup, yönlenebilirliği sağlayan ikineil-eksenler, kinematik yapıya, gereğinden fazla serbestlik derecesi getirmemektedir. Kinematik yapı, koordinat sistemi ve eklem parametreleri Şekil 3.'de görülmektedir.

Şekil 2,'deki R2,C1,C2,C3 ve S4 yapıları, tasarımın, işlevlerini sağladığı, kartezyen, küresel ve silindirik biçimdeki beş robot kolun grafik biçimdeki kinematik yapılarıdır.

Robot kolun, işlevini göreceği yapıya dönüşümü, eklemlerin bazılarının, islenen konumda hareketsiz tutularak ve yalnızca elde olunacak yapı için gereken eksenlerin hareketli sağlanarak gerçekleştirilir. Dönüştürülecek yapının, eklemlerde gerektirdiği değişimler şunlardır:

C1 ; Son-bağ,, taban yüzeyine paralel ve r eksenine doğrultusunda olmak üzere, (^ ve <f>2 eksenleri hareketsiz tutulur. Bu durumda, 0, r ve 7. eksenleri elde olunan yapının koordinat sistemini oluşturur.

178

C2 ; Son-bağ, taban yüzeyine paralel ve uç-nokta istenilen erişimde olmak üzere, 0j ve r eksenleri hareketsiz tutulur. Bu durumda ise, 0, 7. ve <2 elde olunan yapının koordinat sistemini oluşturur.

C3 ; Son-bağ, r eksenine doğrultusunda ve uç-nokta istenilen erişimde olmak üzere, 02 ve r eksenleri hareketsiz tutulur. Bu durumda ise, 0, z ve 0, eksenleri elde olunan yapının koordinat sistemini oluşturur.

R2 ; Son-bağ, r eksenine dik ve uç-nokta taban yüzeyine göre istenilen açıda olmak üzere, 0j ve 0 eksenleri hareketsiz tutulur. Bu durumda ise, z, r ve 02 eksenleri elde olunan yapının koordinat sistemini oluşturur.

S4 ; Son-bağ, r eksenine dik ve uç-nokta istenilen erişimde olmak üzere, 0j ve z eksenleri hareketsiz tutulur. Bu durumda ise, 0, r ve 02 eksenleri elde olunan yapının koordinat sistemini oluşturur.

3. SİSTEM TASARIMI

Robot kol tasarım süreci, kolun mekanik parametrelerinin tanımlanması, hareket dizisinin belirlenmesi, ve sUrUcü-denetleç ikilileri seçiminden oluşmaktadır. Tasarımda, kolun özellikleri, elde olunacak robot kol yapılarının çeşitli uygulamalarda sergiledikleri özellikler öngörülerek belirlenmiştir.

Mekanik tanımlama:

Eksenler;

- 0: 360° tabanda dönel
- z : 50 cm. dikey hareket
- r : 85 cm.'den 135cm.'e erişim
- 0,: 360° dönel
- 02: 360° dönel

Yük dağılımı;

- Uç-noktadaki yük: 3.7 kg.
- 02 eksen ağırlığı : 3.7 kg.
- 02 sürücü ve dişli kutusu: 3.3 kg.

41 eksen ağırlığı: 3.5 kg.
 41 sürücü ve dişli kutusu: 3.3 kg.
 r eksen ağırlığı: 8kg.
 r eksen motor ve sonsuz vida: 2 kg.
 r eksen kapsayıcı ağırlığı: 22 kg.
 6 motor ve dişli kutusu: 3.3 kg.
 z eksen ağırlığı: 14 kg.

Sürücü motorlarla, eksenler arasında, motor-
 denetleç ikilisi seçiminde gerekli olan, dönme
 kuvveti-hız optimi/asyonu sağlamak ve
 doğrusal hareket elde etmek amacıyla, dişli
 kutusu ve sonsuz vida biçiminde, yardımcı
 araçlar kullanılmaktadır. Tasarımın özelliği
 gereği, tabandaki dönel eksen, 0, z-ekseni
 ağırlığını taşımamaktadır. Böylece, eksen
 taşıyacak motor için gereken güç
 azaltılmaktadır.

Eylem dizisi:

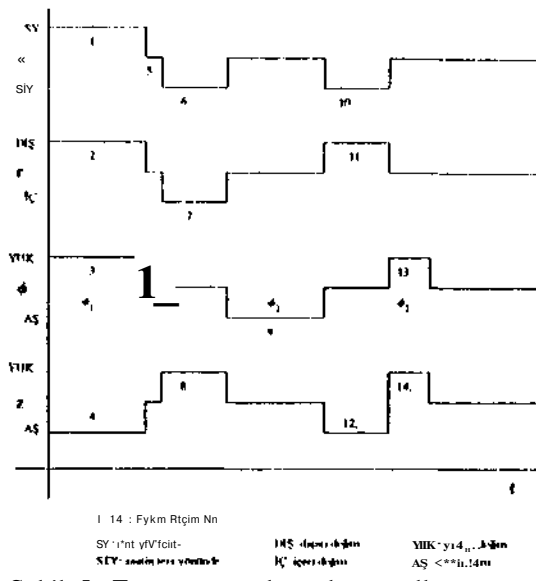
Eylem dizisi, uç-noktanın işlevine uygun
 olarak, tüm eksenlerde öngörülen hareket ve
 bunun tamamlanma süresini tanımlamaktadır.

Eylem biçim no.	Eksen	İşlem biçimi	Süre(saniye)
1.	e	300° saat yönünde döndür	2
2.	r	30 cm. U7a	2
3.	*1	15(1" yukarı döndür	1
4.	Z	30 cm. aşağı indir	2
5.	.	bekle	0A
6.	e	ISO° ters saat yönünde döndür	1.2
7.	r	15 cm. geri çek	1.2
8.	Z	30 cm. yukarı kaldır	1.2
9.	φ ₂	15(1" aşağı döndür	2
10.	e	150° ter» saat yönünde döndür	1.2
11.	T	15 cm. U7.11	1.2
12.	Z	30 cm. aşağı indir	1.2
13.	*2	50" yukarı döndür	0.8
14.	7,	15 cm. yukarı kaldır	0.8

Eksen hareketlerinde eşgüdüm öngörüldüğün-
 den dolayı, her bir eksenin hareket süresi, be-
 lirlenen süreden kısa da sürse, en uzun süren
 eksen hareketinin süresine, eşit olarak alın-
 maktadır. Eksenlerin, eylem-süre dizisinde
 belirtilen veriler, en kötü durum için
 verilmektedir. O nedenle, gerçek hareket
 süre/eri, belirtilenlerden daha kısa sürede
 tamamlanabilecektir.

ELEKTRİK MÜHENDİSLİĞİ 5. ULUSAL KONGRESİ

Eylem dizisi Şekil 5.'deki zaman ve eylem
 durum diagramından da izlenebilmektedir.



Şekil 5. Zaman ve eylem durum dıagramı

Motor-Denetleç Seçimi:

Birçok uygulama, kol tarafından taşınan
 yükün, konum ya da hız denetimini
 gerektirdiğinden, kol bir kapalı-döngü denetim
 altında çalışacaktır ve sürücü motor, buna
 uygun olarak tasarlanmış, bir denelleç ile
 denetlenecektir. Motor-denelleç ikilisi, yük ve
 hareket biçim parametreleri tarafından belir-
 lenmektedir.

Yük parametreleri;

Servo-sistem seçiminde, tanımlanması gereken
 dört yük parametresi vardır. Bu parametreler,
 motor ile yük arasında gerekli görülen hareket
 dönüşümleri de gözönünde bulundurularak,
 bağlar ve eklemlerin motor tarafında
 tanımlanmalıdır.

i. Sürtünme dönme kuvveti (T_p): Mekanik
 parçaların, harekete karşı gösterdikleri direnci
 tanımlayan dönme kuvvetidir.

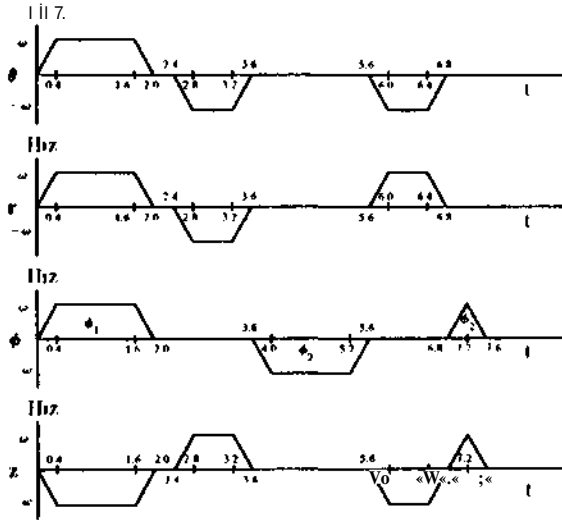
ii. Akışkan dönme kuvveti (T_v): Maddeyi bir
 sıvının içinde hareket ettiren dönme
 kuvvetidir. Hızla orantılı olmakla birlikte,
 birçok uygulamada çok küçük değerlerde
 olduğundan, hesaba katılmamaktadır.

iii. Eylemsizlik momenti, J: Maddenin, hız değişikliğine gösterdiği dirençtir. Maddenin kütleline ve şekline bağlıdır,
iv. Yük dönme kuvveti (T_L): Yükün, daha önce tanımlanmış olan kuvvetlerin dışında gerektirdiği, herhangi bir dönme kuvvetidir. Yer çekimine karşı hareket ettirilen yükün gerektirdiği dönme kuvveti, bu parametrenin tasarımıda yer alan biçimidir.

Hareket biçim parametreleri;

Robot kolun işlevini üstlenen yükün, tam olarak tanımlanması ve uygun servo-sislem belirlenebilmesi için, yük parametrelerinin yanısıra, her eksenine etkin olan yükün, gencide konum denetimi uygulamalarında yer alan, yamuk şeklindeki hız-zaman grafiği de tanımlanmalıdır. Bu grafik de, yine bağ ve eklemelerin motor tarafında verilmektedir.

Tasarımda belirlenen hız-zaman grafiği. Şekil 6.'da görülmektedir. Burada ivmelerime oranı ve hız belirlenmektedir. Eklem tarafından alınan yol, grafikte belirlenen eğrinin altında kalan alandır.

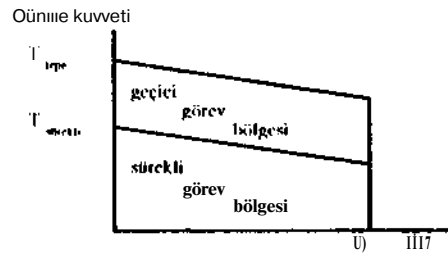


Şekil 6. Hız-Zaman grafiği

Her eksen için tanımlanan yük parametreleri ve belirlenen hız-zaman grafiği kullanılarak, dönme kuvveti-zaman grafiği elde edilmektedir. Elde edilen grafik, hız-zaman grafiği ile birlikte değerlendirilerek, her eksenine etkiyen yükün hareketini sağlayacak,

dönme kuvveti-hız verileri bulunmaktadır. Eksenler için gereken servo-sistemler, her eksen için elde edilen dönme kuvveti-hız verilerinin, motor-denetleyiciler için varolan dönme kuvveti-hız başarımları ile karşılaştırılmaları sonucu bulunmaktadır.

Seçilecek servo-sislem motor denetleyicinin başarımları. Şekil 7.'de görüldüğü üzere, gelip-geçici ve sürekli olarak iki bölgeden oluşmaktadır. Eksen için hesaplanan, dönme kuvveti tepe değeri, belirlenen servo-sislem başarımları eğrisindeki gelip-geçici bölgede, sürekli dönme kuvveti değeri ise sürekli bölgede bulunmaktadır.



Şekil 7. Motor-denetleyici başarımları eğrisi

Dönme kuvveti tepe değeri;

Eksene etkiyen yükün hareketini sağlayan sürücü tarafından uygulanan dönme kuvveti, T

$$T = T_F + T_V + T_L + T_J \quad (I)$$

T : gereken dönme kuvveti

T_F : sürtünme dönme kuvveti

T_V : akışkan dönme kuvveti

T_J : yük dönme kuvveti

T_J : ivmelenme ve yavaşlama dönme kuvveti

$$\text{ivmelenme dönme kuvveti: } T_{J_a} = J a \quad (2.a)$$

$$\text{yavaşlama dönme kuvveti: } T_{J_d} = -J d \quad (2.b)$$

a : ivmelenme oranı

-d : yavaşlama oranı

Burada, K_d : sönüm katsayısı w: hız (2) ve (3), (1).de yerlerine konduğunda;

$$\text{ivmelenme için: } T_a = T_F + T_L + K_d w + J a \quad (4.a)$$

yavaşlama için: $T_d = T_F + T_L + K_d \omega - Jd(4.b)$
elde olunur.

Dönme kuvveti tepe değerinin hesaplanmasında en yüksek hız, ivmelenme ve yavaşlama değerleri kullanılmaktadır. Bu durumda (4)

ivmelenme için:

$$T_{a1cpc} = T_F + T_L + K_d \omega_{max} + J a_{max} \quad (5.a)$$

yavaşlama için:

$$T_{dtepe} = T_F + T_L + K_d \omega_{max} + J d_{max} \quad (5.b)$$

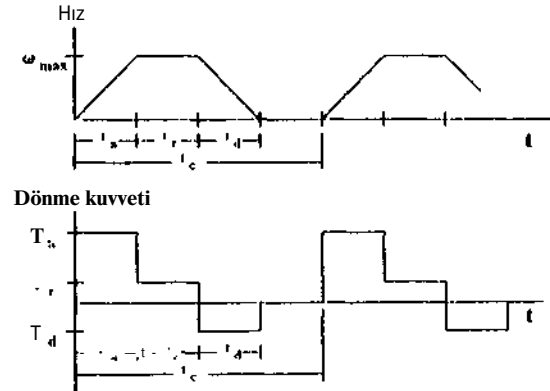
biçimini alır.

Bu eşitliklerdeki J, motor ve yükün toplam eylemsizlik momentini göstermektedir.

Yük ve biçim parametrelerinin, eşitliklerde yerlerine konulmasıyla bulunan tepe değerlerden büyük olanı, eksenin servo-sistemi için gereken, tepe dönme kuvveti değeri olarak, motor-denetleç tasarım eğrisinin gelip geçici bölgesinde yer almalıdır.

Dönme kuvveti sürekli değeri;

Eksenler için belirlenmiş olan, hız-zaman grafiklerine karşılık gelen, dönme kuvveti-hız grafikleri. Şekil 8.'de gösterilen biçimde ikililer oluşturur.



Şekil 8. Dönme kuvveti ve hız grafikleri

Eksene etkiyen yük, durağan durumdan en yüksek hıza t_a süresi içinde ulaşır. Bu ulaşım için gereken dönme kuvveti, 5.a' dan bulunur. En yüksek hıza erişildikten sonra, eksene etkiyen yük, t_r süresince, değişmez hızda hareket ettirilir. Bu aralıkla, ivmelenme ve ELEKTRİK MÜHENDİSLİĞİ 5. ULUSAL KONGRESİ

yavaşlama olmadığından, 5.b' de bu etkiler hesaba katılmaz, t_d süresi içinde, eksene etkiyen yük, en yüksek hızdan, durağan duruma yavaşlatılır. Bunun için gereken demine kuvveti, 5.b' den bulunur. Kalan süre içerisinde, eksen durağan durumda olduğundan, eksenin dönme kuvveti gereksinimi olmayacaktır.

Dönme kuvveti sürekli değeri. Şekil 8.'de görülen grafikten elde edilen (6) RMS dönme kuvveti değeri ile tanımlanır.

$$T_{rms} = \sqrt{T_a^2 t_a + T_r^2 t_r + T_d^2 t_d} / t_c \quad (6)$$

T_{rms} , motor-denetleç tasarım eğrisinin, sürekli bölgesinde yer almalıdır. Bu bölge, ortam sıcaklığı 25° alınarak tanımlandığından, sıcaklığın, bu değerlerden farklı olduğu ortamlarda, sürekli bölge, (7)' de gösterilen biçimde değiştirilmelidir.

$$T(t) = T(25^\circ C) / [1.55 - t] / 130 \quad (7)$$

$T(t)$ = t sıcaklığındaki dönme kuvveti değeri
 $T(25^\circ)$ = 25° ortam sıcaklığındaki dönme kuvveti değeri

t = ortam sıcaklığı, $^\circ C$

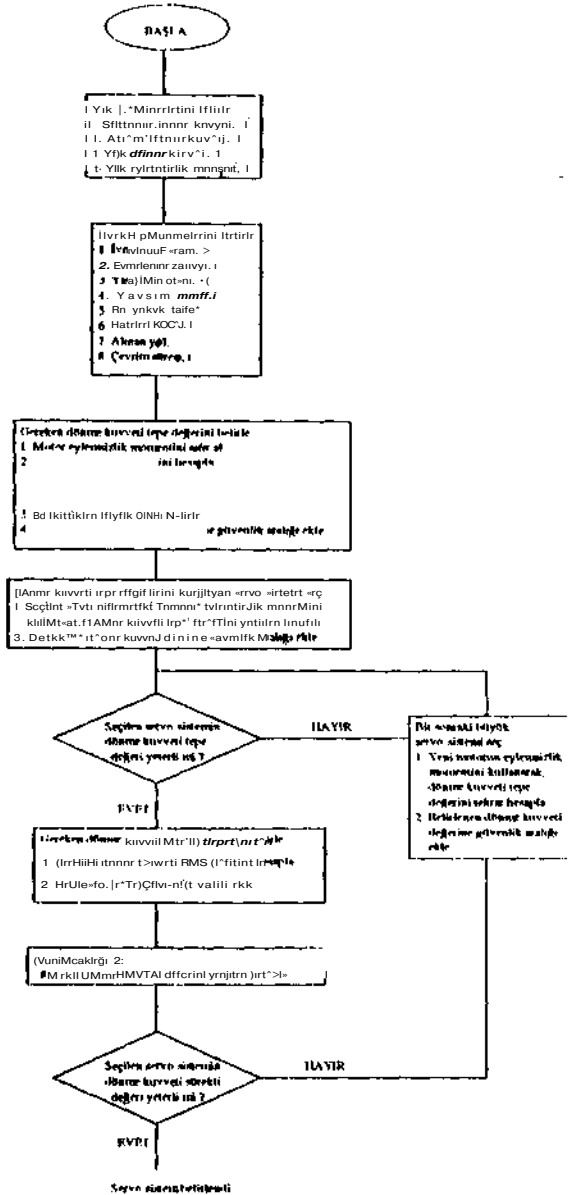
Bulunan tepe ve sürekli dönme kuvveti değerlerine ek olarak, bir güvenlik aralığı da eklenmelidir.

4. AKIŞ ÇİZELGESİ

Servo-sistem seçimi, buraya kadar özetlenen, tasarım aşamalarını içeren ve Şekil 9.'daki akış çizelgesinde yer alan, işlemler sonucu belirlenir.

5. SONUÇ

Bildiri, kinematik yapısı belli, herhangi bir robot kolun, mekanik ve elektriksel yapı elemanlarının, belirlenmesine ilişkin algoritmayı vermektedir. Algoritmanın, beş eksenli bir kol tasarımı için uygulaması, örnek olarak sunulmuştur. Örnek tasarımdaki kol ise, özel bir yapı olarak seçilerek, kartezyen, küresel ve silindirik kol yapılarından beklenen işlevler, bu kol tarafından sağlanabilmektedir. Tasarım; R2 'ye dönüşümünde, istenilen 0, S4'e dönüşümünde, istenilen z erişimini sağla-



Şekil 9. Akış çizelgesi

diğından, hı yapıların gerektirdiği işlevlerde, çalışma alanı esnekliği kazandırmaktadır.

6. KAYNAKLAR

1. Asada, H., Kanade, T., Design of Direct-Drive Arms, A.S.M.E. Journal of Vibration, Stress and Reliability In Design, 105, 3, July 1983.
2. Park, U.S., Cho, U.S., General Design Conditions for an Ideal Robotic Manipulator Having Simple Dynamics. The International Journal of Robotics and Research, Vol. K, No. 1, pp 21-3(), February 1991.

3. Hollerbach, J.M., Optimal Kinematic Design for a Seven Degree of Freedom Manipulator, Int.Symp. of Robotics Research, Kyoto(1984-b).

4. Milenković, V., and Muang, B., Kinematics of Major Robot Linkages, Conference Proceedings of the 13th Int.Symp. on Industrial Robots and Robots 7, Vol.2, 1983.

5. Klafter, R.D., Chmielewski, T.A., Negin, M., Robotic Engineering: An Integral Approach, Prentice-Hall, Inc, 1989.

6. Groover, M.P., Weiss, M., Nagel, R.N., Odrey, N.G., Industrial Robotics: Technology, Programming, and Applications, McGRAW-Hill, Inc., 1988.



A. Serdar YÜCEL, 1970 yılında, Ankara'da doğdu. Lisans derecesini, 1991 yılında, O.D.T.Ü. Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü'nden aldı. Aynı yıl, bu bölümde, Araştırma Görevlisi unvanıyla, Y. Lisans çalışmalarına başlamış olup, şu an devam etmektedir.

Araştırma ve ilgi alanları, robotik, bilgisayarda grafik ve güç elektroniği dallarında odaklanmaktadır.

Türkiye Elektrik Mühendisleri Odası üyesidir



Aydın ERSAK, Lisans (1968), Y. Lisans (1970) ve Doktora (1979) derecelerinin hepsini, O.D.T.Ü. Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümünden aldı. Bu bölümde.

Asislan (1970). Öğretim Görevlisi (1974), Y. Doç. (1980), Doçent (1986) olarak çalışmış ve şu and, Profesör (1992) unvanıyla çalışmalarına devam etmektedir. Görevlendirmelerin tümü. Elektrik Makinaları dalındadır. Araştırma ve ilgi alanları, güç elektroniği, robotik ve bilgisayarda grafik dallarında odaklanmaktadır.

Dr. Ersak, Türkiye Elektrik Mühendisleri Odası, ve IEEE Power Electronics ile IEEE Robotics and Automation topluluklarının üyesidir.

ULTRASONİK GÖRÜNTÜLEME VE GÖRÜNTÜ İŞLEME

Hasan KIRAĞI Aydın ERSAK

Orta Doğu Teknik Üniversitesi
Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü

ROLAB, Ankara 06531

Özet: Bu bildiri robotların çalıştıkları bölgedeki nesnelere tanımlarına yönelik olarak optik kamera için saydam olmayan ortamlarda, darbcyansıma kipinde gerçekleştirilen ullrasonik görüntüleme ve nesne algılama aşamasına yönelik görüntü işleme uygulamaları anlılmaktadır.

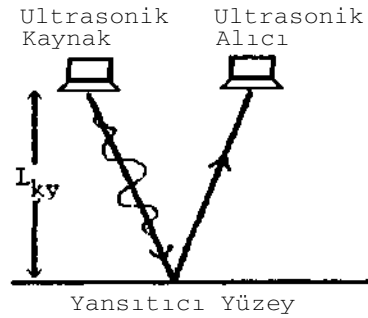
1. Giriş

Bugün robotlarla ilgili en önemli problemlerden biri robotların çalışma bölgelerindeki nesnelere tanıması ve yerlerini tespit etmesidir. Bu konuda optik kamera kullanılarak elde edilen görüntülerin işlenmesiyle nesne algılamaya yönelik çalışmalar yapılmaktadır [1]. Fakat, ışığa karşı saydam olmayan sıvı ortamlarda, sisli, dumanlı ortamlarda optik kamera kullanarak görüntü elde etmek imkansızdır. Bu sorunun üstesinden gelebilmek için, uzun yıllardır biyomedikal uygulamalarda [2] kullanılmakla olan ullrasonografi tekniğine benzer bir şekilde, robotun çalıştığı bölgenin yüksek frekanslı ses dalgaları kullanarak görüntüsünün elde edilmesi yoluna gidilmiştir. Yukarıda sözedilen ortamlar ses dalgaları için saydam ortamlardır. Darbe yansıma kipinde çalıştırılan ullrasonik ses dalgalarıyla çalışma sahası üzerinde yapılacak uzaklık ölçümleriyle alanın lopoğrafik bir görüntüsü elde edilir. Yapılan uzaklık ölçümlerinde elde edilen en uzaktaki ölçüm çalışma alanının zemininden, daha yakındaki ölçümler ise nesnelere yüzeyinden gerçekleşir. Bu bilgiden görüntü işleme teknikleri kullanılarak nesnelere

zemininden ayırt edilmesinde faydalanılır.

2. Ullrasonik Görüntüleme

Ullrasonik ses darbeleri üreten bir kaynakla çıkan ses dalgaları ile bu dalgaların yansımalarının kaynağa ulaşması arasında geçen süre kaynak ile yansıtıcı yüzey arasındaki mesafe ile doğru orantılıdır, ullrasonik görüntüleme bu özellik kullanılmaktadır. Şekil 1 'de gösterildiği gibi gönderilen ullrasonik bir ses darbesi ile alınan yansıma arasında geçen süre bulunarak ölçüm yapılan nokta ile yansıtıcı yüzey arasındaki **uzaklık** bulunmaktadırlar, çalışılan saha bu şekilde taranınca sahanın lopoğrafik bir görüntüsü elde edilir.



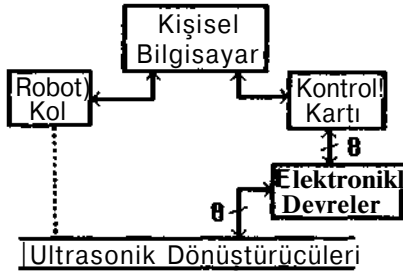
Şekil 1 Ullrasonik dönüştürücülerin darbe yansıma kipinde çalışması

L_{ky} , dönüştürücülerle yansıtıcı yüzey arasındaki mesafe, T_{ka} gönderilmesi ve alınması arasında geçen zaman ve V_s yayılım hızı olursa $L_{ky} T_{ka} \cdot V_s$ arasındaki

bağıntı (I) deki gibi olur:

$$L_{ky} = \frac{T_{ka} V_s}{2} \quad (D)$$

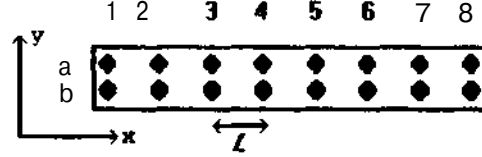
Sistem, şekil 2 'de gösterildiği gibi. kişisel bir bilgisayar, ultrasonik seslerin gönderilmesini, alınmasını ve sesin gidiş geliş zamanının bulunmasını düzenleyen bir kontrol kartı (Intel 80C196KR mikro dcücllç), ultrasonik darbe üreten ve yansımaları seçen bir elektronik devre, ultrasonik ses dönüştürücüleri ve bir robot kolundan oluşur.



Şekil 2 Sistemin blok şeması

Kişisel bilgisayar ana denetleyici olarak kullanılır. İki ayrı seri haberleşme hattını kullanarak, robot kolu ve kontrol kartı arasında koordinasyonu sağlar ve yapılan ölçüm verilerini depolar. Kontrol kartı üzerinde 10 adet EPA (Event Processor Array) kanalı bulunmaktadır. Kanalların herbiri bağımsız zamanlama ünitelerine sahiptir. Her kanal ayrı ayrı girişlerine uygulanan ultrasonik yansıma sinyallerinin alındığı anı kaydetmektedir. Kontrol kartı gönderilen ses darbesinin genişliğini ayarlar, ölçümün başlayacağı ve biteceği anı belirler, EPA kanallarını kullanarak alınan yansımanın ne zaman meydana geldiğini belirler. Elektronik devre, ultrasonik dönüştürücülerin frekansında çalışan bir osilatör yanında ultrasonik kaynağı süren, alınan yansımaları kuvvetlendirip süzen ve kontrol kartına gönderen bloklardan oluşur. Ultrasonik ses üretici ve algılayıcı olarak piezoelektrik seramikler kullanılmıştır. Robot kol çalışılan bölgenin taranması işlemini yerine getirir.

Şekil 3 'te Ultrasonik dönüştürücülerin fiziksel yerleşimi gösterilmiştir. Aynı anda 8 ayrı noktada ölçüm yapabilmek için 8 adet dönüştürücü çifti $L = \sqrt{W/n}$ aralıkla yanyana dizilmiştir. Aynı kanala bağlı ses üretici 'ax' ve alıcı 'bx' yanyana bağlanmıştır. L aralığı robot kolun uzaysal erişimi göz önüne alınarak saplanmıştır.



Şekil 3 Ultrasonik dönüştürücülerin yerleşimi M görüntü boyutunu, 5 örnekleme aralığını gösterirse $A/5$ ve L arasındaki bağıntı (2) de olduğu gibi bulunur:

$$S = \frac{8L}{M} \text{ cm} \quad (2)$$

Farklı görüntü boyutları için elde edilen örnekleme aralıkları Tablo 1 de gösterilmiştir.

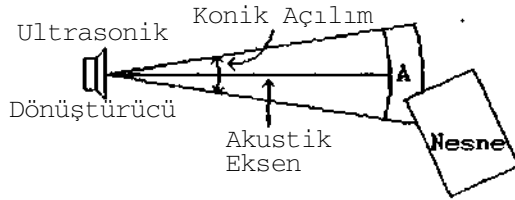
M	Ifi	X>	«A	I?X
S.PTI	0.6	2.75	\sqrt{M}	0.68

Robot kolun y yönünde yapacağı hareket say ısı, A_f , görüntü boyutuna eşil x yönünde yapılacak hareket sayısı $\sqrt{N=A_f/8}$ olur. $R(x,y,.)$ dönüştürücülerin üzerinde yer aldığı robot kolun ucunun pozisyonunu, $/k,v,j$ bir görüntü hücrelerini, $71 j|$ her bir dönüştürücü çiftinden elde edilen gidiş geliş zamanını gösterebilir. Bu durumda örnekleme aşağıdaki algoritmada verildiği şekilde gerçekleştirilir:

- i) $k=1$, $z=3()$ cm
- ii) $v=1$
- iii) Robot kolu $f_l(s(k-1),s(v-1),z<))$ noktasına gönder.
- iv) Bulunan noktada örnek al
- v) $j=1$
- vi) $|k+(j-iyv,v|=71j|$
- vii) $j=j+1$, $j \leq 58$ ise vi ya git
- viii) $v=v+1$, $v \leq W$ ise iii e git
- ix) $k=k+1$, $k \leq N$ ise ii ye git

Şekil 4 'te ultrasonik dönüştürücü ile yansımının gerçekleştiği yüzey arasındaki fiziksel bağıntı gösterilmiştir. Yansıma Şekil 4 'teki A bölgesinin içinde kalan

herhangi bir yüzeyden gerçekleşebilir. Fakat bu yansıma konik eksenin A bölgesi ile kesiştiği noktadan alınmış gibi işlem görecektir. Bu sebeple elde edilen görüntünün noktasal doğruluğu ultrasonik dönüştürücülerin çalışma frekansına(A bölgesinin genişliği), ve konik açılımına(A bölgesinin yüksekliği) bağlıdır[3]. Kullandığımız 40 Khz lik dönüştürücülerin yaydığı ses dalgasının dalga boyu yaklaşık 0.85cm dir.Dönüştürücülerin konik açısı 30 derecedir. Daha yüksek frekanslarda çözünürlüğü daha yüksek, hassas uzaklık ölçümü yapmak mümkündür. Konik açılımı küçük



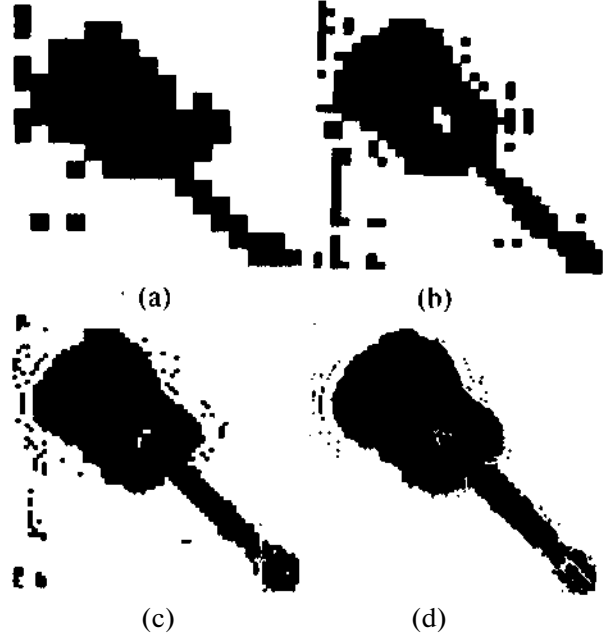
Şekil 4 Ultrasonik dönüştürücülerin çevreyle etkileşimi

dönüştürücülerle konik eksene daha yakın bir noktada ölçüm yapılabilir.

Örnekleme aralığında görüntünün kalitesinde önemli bir etkidir. Şekil 5 ten görülebileceği gibi, örnekleme aralığı ne kadar küçük seçilirse, oluşacak görüntüdeki hatalar o oranda azalacaktır.

Ultrasonik alıcıların kendi kaynakları dışındaki kaynaklardan yayılan seslerden etkilenmesini önlemek amacıyla dönüştürücüler 10ms ara ile teker teker çalıştırılmaktadır. Böylece bir noktadaki örnekleme işlemi 80ms içerisinde tamamlanmaktadır.

Ultrasonik dönüştürücülerle çalışmanın bir sakıncası da yansıtıcı yüzeyin, dönüştürücünün konik eksenine dik olmaması durumunda yansımaların geri dönmemesidir. Bu durum için önerilen çözüm 3 üncü bölümde sunulmuştur.



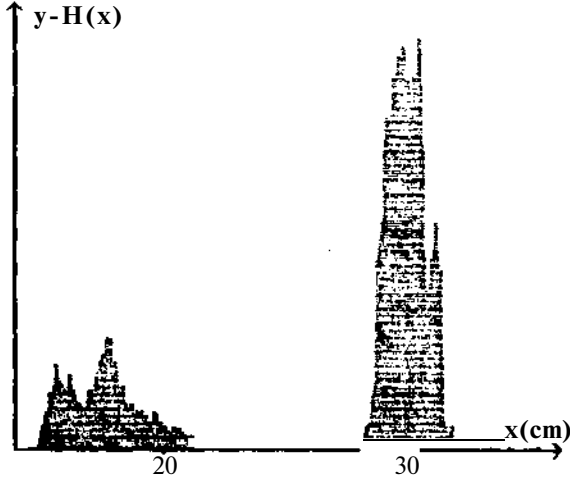
Şekil 5 Değişik örnekleme aralıklarında alınan görüntüler.Örnekleme aralığı a)5.5cm b)2.75cm c)1.37cm d)0.68cm

3) Görüntü İşleme

Görüntüde yer alan nesnelerin tanınabilmesi için uygun bir forma sokulması gereklidir. Bunun için ham görüntü aşağıda anlatılan bir dizi işlemde geçirilmektedir

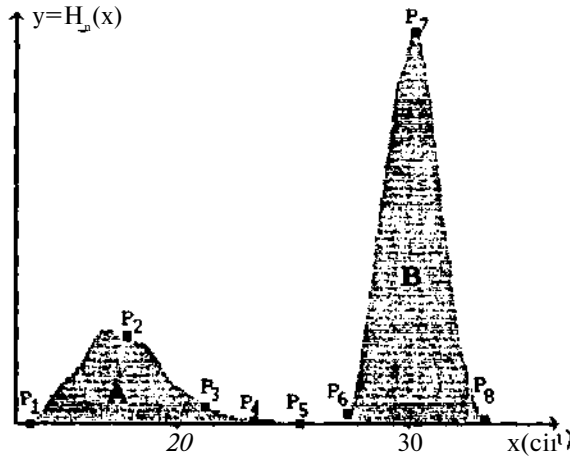
Eşikleme: İlk olarak koyudan açığa gri değerlere sahip olan görüntü hücrelerine siyah ve beyazdan oluşan iki seviyeli değerler atanır. Böylece nesneye mi zemine mi ait olduğu bilinmeyen gri seviyeler nesne veya zemin olarak işaretlenmiş olur. Bunun için görüntünün histogramı kullanılarak bir eşik değeri belirlenir. Histogramda yatay eksen yansıma alınan uzaklığı dikey eksen de bu uzaklıkla alınan yansımaların yoğunluğunu göstermektedir.Şekil 6 'da Şekil 8 (a) 'daki görüntünün histogramı, $H[x]$, görülmektedir. Bu histogramdaki yerel değişimleri bastırıp genel değişimleri ön plana çıkarabilmek için $H[x]$ üzerindeki her noktanın (3) de verildiği gibi

$$H_0[x] = \frac{1}{n+1} \sum_{k=x-n/2}^{k=x+n/2} H[k] \quad (3)$$



Şekil 6 Şekil 8(a) 'daki görünümünün histogramı

ortalaması alınır ve Şekil (7) 'de ki histogram, $H_0[x], c$ lde cdilir. Bu işlem ileride anlatılan 'belirgin nokta bulma' işlemi sırasında, ani değişimlere sahip yerel noktaların saplanmasını engellemek için yapılmıştır.



Şekil 7 Ortalaması alınmış hislogram

Histogram da görülen en yoğun bölge ,ölçüm noktasına en uzak olan ve zeminden gelen yansımalarla oluşan 'B' bölgesidir. A bölgesi daha yakın olan nesnelere gerçekleşen yansımalarla oluşmuştur. Eşik değeri için en uygun yer 'A' ve 'B' bölgesi arasında yer alan ve hemen hiç bir yansımanın gerçekleşmediği boş aralıktır. $H_0[x]$ eğrisinin belirgin noktaları eğrilerin tepe noktaları ve yatay eksene yakın olan köşe noktalarıdır. Bu noktalar (P1.P2.P31P41P6.P7.P8) 'belirgin nokta

bulma'(dominant point detection)[4] yöntemi kullanılarak saptanmıştır. Bu noktalardan ilk olarak en u/aklaki zemine ait tepe noktası p_7 bulunur. Bu nokta kullanılarak 'B' bölgesinin başlangıç noktası $p_{6,x}$ ve 'A' bölgesinin biliş noktası $p_{4,x}$ bulunur. Eşik noktası zemin ve nesneyi birbirinden ayıran ve $P_{4,x}, P_{6,x}$ noktalarının ortasında bulunan $P_{5,x} = (P_{4,x} + P_{6,x})/2$ noktası olarak bulunur.

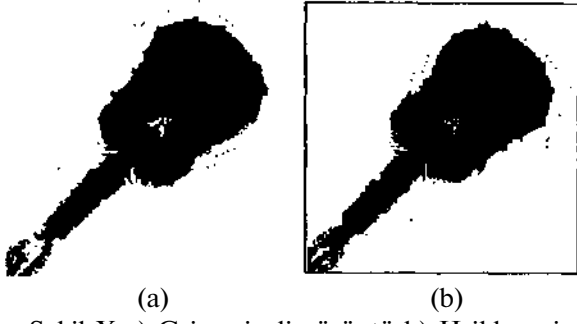
Şekil 7 de görüldüğü gibi nesneye ait en yakın nokta $p_{1,x}$ noktası, zemine ait en uzak nokta ise $P_{8,x}$ noktasıdır. $p_{1,x}$ noktasının altında ve $P_{8,x}$ noktasının üzerinde yer alan okumalar belirsiz okumalardır. Eakal bu okumaların çoğunluğu nesne yüzeylerinin eğikliğinden dolayı sağlıklı olarak alınamayan yanlış okumalardır. Bu sebeple bu noktalar (4) de gösterildiği gibi $p_{1,x}$ noktasına taşınarak nesnelere dahil edilmektedir. $I_+[k,j]$ görüntü hücrelerinin işlemden sonraki değerini göstermektedir.

$$I_+[k,j] = \begin{cases} I[k,j] & P_{1,x} \leq I[k,j] \leq P_{8,x} \\ P_{1,x} & \text{diğer durumlarda} \end{cases} \quad (4)$$

Eşikleme işlemi (5) te gösterildiği gibi, eşik değeri olan $P_{5,x}$ noktasının altında kalan nokta-lara 'I', üstünde kalan noktalara da '0' değeri atanarak yapı-lır. Şekil 8(a) 'nın eşiklenmesiyle elde edilen görüntü Şekil 8(b) de gösterilmiştir.

$$I_+[k,l] = \begin{cases} 1 & I[k,l] \leq P_{5,x} \\ 0 & I[k,l] > P_{5,x} \end{cases} \quad (5)$$

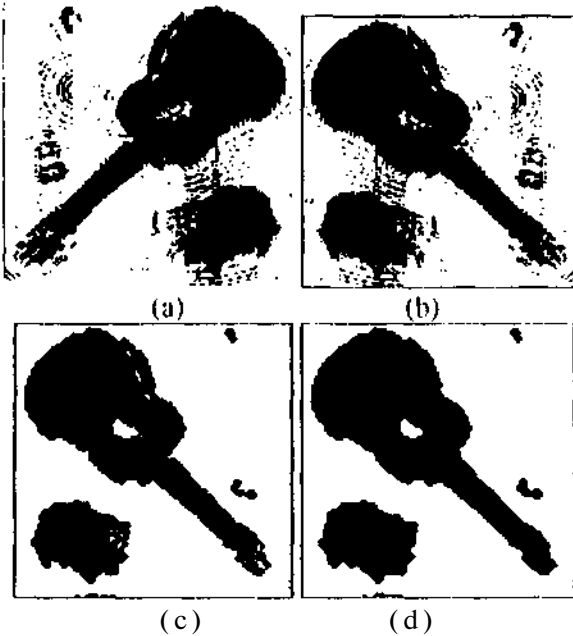
Böylece nesnelere ait bölgeler T, zemine ail bölgeler '0' değeri ile belirlenmiş olur.



Şekil X a) Gri seviyeli görüntü b) Eşiklenmiş görüntü

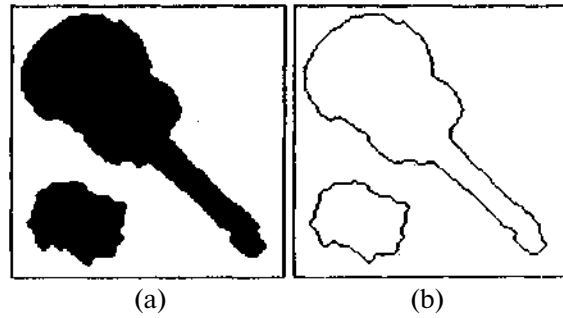
Gürültülerin Süzülmesi:

Eşiklenmiş görüntüde çeşitli sebeplerle nesne ve zemin üzerinde gürültüler bulunmaktadır. Bu gürültüleri süzmek ve nesne kenarlarını düzleştirilmek için görüntüye büzülme ve genişleme (shrink,swell operators)[5] işlemleri uygulanır. Büzülme işlemcisi zemin üzerinde bulunan küçük boyutlu gürültüleri ve nesne kenarındaki küçük çıkıntıları temizler. Genleşme işlemcisi de nesne üzerindeki küçük boyutlu gürültüleri ve nesne kenarındaki küçük girintileri temizler. Bu işlemlerden sonra oluşan görüntü Şekil 9 da gösterilmektedir.



Şekil 9 a) Gürültülü gri seviyeli görüntü b) Eşiklenmiş görüntü c) Büzülme işlemi d) Genleşme işlemi

Şekil 9(c) de görüldüğü gibi büzülme işlemi boyutları büyük ama nesne olamayacak kadar küçük siyah bölgeleri temizleyememektedir. Yine genişleme işlemcisi nesne üzerinde ki büyük boşlukları kapatamamaktadır. Bu bölgeleri ayıklamak için bölge büyütme ve bölge işaretleme (region growing, region labling) [5] algoritmaları kullanılarak bölgeler belirlenir. Nesne üzerindeki boşluklar nesneye dahil edilirken, zemin üzerindeki nesne olamayacak kadar küçük bölgeler zemine dahil edilir. Şekil 9(d) 'ye uygulanan işlemin sonucu Şekil 10(a) da gösterilmiştir.



Şekil 10 Nesne kenarlarının bulunması

Kenar Bulma: Şekil 10(a) da yer alan nesnelerin algılanmasında kullanılmak üzere, nesnelerin yapısını belirleyen kenar bilgileri bulunacaktır. Bunun için (6) da verilen resim hücresi fonksiyonu $p[k,l]$ tanımlansın:

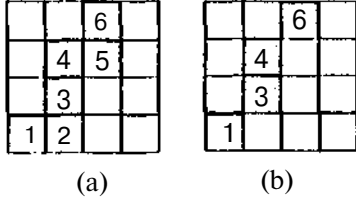
$$P[M] = \sum_{l=-1}^1 \sum_{n=-1}^1 (-1)^{k+nJ+n} |0 - 1[M] \quad (6)$$

bu durumda görüntü hücrelerine (7)'yi uygulayarak kenar detaylarını buluruz.

$$I_H[k,j] = \begin{cases} 0 & I[k,j]=1, P[k,j]=0 \\ 1 & I[k,j]=1, P[k,j]<0 \end{cases} \quad (7)$$

Elde edilen kenar detayında Şekil 10(b) da görüldüğü gibi görüntü hücreleri için diğ - rine iki yoldan gidilebilmektedir. Örneğin T

numaralı hücreden '3' numaralı hücreye direk ulaşılabilirdi gibi '2' numaralı hücre üzerinden de ulaşılabilirdi. Bu durum kenar bilgisinin kodlanmasında halalara yol açacağı için görünliyc inceleme işlemi (Thinnig)[6] uygulanarak Şekil 11(b) 'de görüldüğü gibi kenara ait bir hücreden diğeri ne yalın/, bir yolla geçilmesi sağlanmış olur.



Şekil 11 Nesne kenarına ait hücreler

Anlatılan kenar bulma ve inceltme işlemleri Şekil 10(a) 'ya uygulandığında Şekil 10(b) 'de görülen kenar delayları elde edilir.

SONUÇ Sonuç olarak robotların, optik kamera kullanılmayan yerlerde, çalıştıkları bölgedeki nesnelere ultrasonik görüntüleme ile algılamaları ve nesnelere üzerinde işlem yapabilmeleri için elde edilen sonuçların tatminkar olduğu görülmektedir.

KAYNAKLAR:

- [1] Special Issue : Computer Vision Research at INRIA , International Journal of Computer Vision , Vol. M),
- [2] Medical Instrumentation Application and Design , John G. Webster, Houghlon Mil İlin Company,1978
- [3] A. Elfes, "A Sonar Based Mapping and Navigation System", Proc. IEEE Int. Conf. on Robotics and Automation, 1151 ,(1986)
- [4] S.C. Pei and C.N. Lin, "The Detection of Dominant Points on Digital Curves by ScaleSpace Eillering. Patlem Recognition, Vol. 25, No II, 1307-1314

,(1992)

- [5] R.J. Schilling, Fundamentals of Robotics Analysis and Design, Prentice Hall Inc., 1990, s.326-334
- [6] K.S. Fu, R.C. Ciom/alcz, C.S.G Lee, Robotics Control Sensing Vision and Intelligence, McGraw-Hill Book Company, 19X7



H. Kırığı : O.D.T.Ü Elektrik ve Elektronik Mühendisliği 'nden 1990 yılında mezun oldu. 1990,1992 yılları arasında T.R.T. de . 1992.1993 yılları arasında T.E.K le çalıştı. Şu anda O.D.T.Ü Elektrik ve Elektronik Mühendisliği 'nde Robotiks üzerine yüksek lisans çalışmalarına devam etmektedir.



A.F.RSAK: Sırasıyla B.S (68). M.S (70) ve Ph.D (79) derecelerinin hepsini ODTÜ **Elektrik** ve **E**lektronik Mühendisliği Bölümünden almıştır. Halen ODTÜ Elektrik ve Elektronik Mühendisliği

Bölümünde Profesör olarak çalışmaktadır. Araştırma ilgi alanı güç elektroniği uygulamaları, robotik, ve bilgisayarla grafik konularında yoğunlaşmaktadır. EMO, IEEE Power Electronics, ve Robotics and Automation topluluklarının üyesidir.