

**Makale
(Article)**

Denetleyici Alan Ağı Üzerinden Mekatronik Bir Sistemin Kontrolü

İsmail YABANOVA¹, Sezai TAŞKIN², Hüseyin Ekiz³, Hasan Çimen⁴

^{1,4}Afyon Kocatepe Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Elektrik Eğitimi Bölümü, 03200 Afyonkarahisar/TÜRKİYE

²Celal Bayar Üniversitesi Turgutlu MYO, Kontrol ve Otomasyon Teknolojisi Bölümü, Manisa/TÜRKİYE

³Sakarya Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Elektronik Eğitimi Bölümü Sakarya/TÜRKİYE

iyabanova@aku.edu.tr

Özet

Bu çalışmada denetleyici alan ağı (DAA) ve LabVIEW grafiksel programlama dili kullanılarak Esnek Üretim Sistemi (EÜS) istasyonları üzerinden veri toplama ve kontrol uygulaması gerçekleştirilmiştir. Oluşturulan yapı ile mekatronik bir sistemin gözlemlenmesi ve kontrolü mevcut yapısına göre daha güvenli ve ekonomik bir şekilde gerçekleştirilmiştir. DAA üç düğümden oluşturulmuştur. Her düğümde PIC 18F4580 mikro denetleyicisi ve MCP 2551 DAA alıcı-verici entegrasi bulunmaktadır. Dağıtım ve test istasyonları DAA'dan haberleşmekte ve gerekli bilgileri yine DAA vasıtasıyla veri toplama düğümüne göndermektedir. Veri toplama düğümü ise diğer düğümden aldığı bilgileri seri porttan bilgisayara göndermekte ve bilgisayardan gelen komutları DAA vasıtasıyla diğer düğümlere göndermektedir. LabVIEW grafiksel programla dili kullanılarak oluşturulan kullanıcı arayüzü vasıtasıyla, EÜS istasyonlarının konum ve kontrol bilgileri online olarak gözlemlenmektedir.

Anahtar Kelimeler: Esnek Üretim Sistemi, LabVIEW, Denetleyici Alan Ağı, Mikrokontrolör, Veri Toplama ve Kontrol.

Control of a mechatronic system over the Control Area Network

Abstract

In this study, data acquisition and control application has been realized over the FMS stations using CAN and LabVIEW Graphical programming language. By the created structure, observation and control of a mechatronic system has been realized in more secured and economical way in according to current structure. CAN consists of three nodes. There is PIC18F4580 microcontroller and MCP 2551 CAN receiver – transmitter integrated circuit in each of the nodes. Distribution and testing stations communicate over CAN and send the required information to the data collection node via CAN again. Then data collection node send the information getting from other nodes to the computer through serial communication port and sends the commands coming from the computer to the other nodes via CAN. Position and control data of FMS stations can be observed by the User Interface created with LabVIEW graphical programming language.

Keywords : Flexible Manufacturing System, LabVIEW, CAN, Microcontroller, Data Acquisition and Control.

1. GİRİŞ

Denetleyici alan ağı 1986 yılında Robert Bosch tarafından otomobillerdeki çok sayıda algılayıcı ve mikro denetleyiciyi bir kablo yumağı ile bağlamak yerine bunlar arasındaki veri transferini yazılım kontrollü tek bir hattan sağlamak amacıyla geliştirilmiştir [1]. Günümüzde DAA, özellikle otomotiv endüstrisinde araç içindeki elektronik donanımların birbirleri arasındaki haberleşmede en çok tercih edilen bir iletişim sistemi olmuştur. Başlangıçta sadece araçlar üzerinde veri haberleşmesi için tasarlanmış olmasına karşın; güvenli, düşük maliyetli ve yüksek hıza sahip olmasından dolayı artık birçok endüstriyel uygulamada da kullanılmaya başlanmıştır. DAA'nın başlıca uygulama alanları arasında; otomobil elektroniği, endüstriyel otomasyon sistemleri, dağıtık endüstriyel kontrol uygulamaları, medikal cihazlar, akıllı binalar vb.

Bu makaleye atıf yapmak için

Yabanova I., Taşkın S., Ekiz H., Çimen H., "Denetleyici Alan Ağı Üzerinden Mekatronik Bir Sistemin Kontrolü" Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi 2010, (7) 63-72

How to cite this article

Yabanova I., Taşkın S., Ekiz H., Çimen H., "Control of a mechatronic system over the Control Area Network" Electronic Journal of Machine Technologies, 2010, (7) 63-72

verilebilir [1].

DAA kullanılarak yapılmış birçok çalışma bulunmaktadır. Bunlardan konuyla ilgili olanlar kısaca özetlenmiştir. Salleh vd. yaptıkları çalışmada görme sistemi ve DAA'nın birleşiminden oluşan bir sistem gerçekleştirmişlerdir. DAA ile kontrol edilen görme sisteminin, yeni bir deneme olmasına karşın bu modüler sistemin maliyeti düşürdüğünü ve hataya karşı dayanıklı olduğunu belirtmişlerdir [2]. Othman vd. tarafından yapılan çalışmada, DAA tabanlı ev otomasyon sistemi gerçekleştirilmiştir. Yapılan çalışmada ev aletlerini kontrol ve gözlemlemek amacıyla DAA tabanlı gömülü bir sistem oluşturulmuştur. Ayrıca kullanılan GPRS modem sayesinde ev aletlerinin kontrolü ve gözlemlenmesi uzaktan erişimli hale getirilmiştir [3]. Roengruen vd., PLC ve uzak I/O modüllerinin haberleşme kontrolü için DAA kullanmışlardır [4]. Jung vd. yaptıkları çalışmada DAA kullanarak ağ tabanlı bir dağıtık sistemin uygulamasını gerçekleştirmişlerdir. Deneysel sistem dört adet DC motorun hız kontrolünü sağlamak amacıyla kurulmuştur. Her bir DC motorun kontrolünü sağlamak amacıyla sisteme dört adet kontrolör eklenmiştir. Ayrıca gözlemleme ve grafiksel kullanıcı arayüzü oluşturmak için sisteme bir gözlemleme düğümü ilave edilmiştir ve bu düğüm ağdaki bilgileri seri port vasıtasıyla bilgisayara aktarmaktadır. Bu sayede DC motorların simülasyon ve deneysel kontrol sonuçları grafiksel olarak karşılaştırılabilmektedir [5]. Bayılmış vd. yaptıkları çalışmada kablosuz ağ ve DAA arasında iletişim sağlamışlardır. Otomasyon sistemlerinde giderek artan mobil aygıtların sayısı mevcut olan kablolu ve kablosuz sistemlerin bir arada kullanılması ihtiyacını ortaya çıkarmıştır. Yapılan çalışmada ses komutları bilgisayar vasıtasıyla kablosuz ortama gönderilmiş ve bu komutlar kablosuz ağ alıcısı bağlanmış bir mikro denetleyici ile kablosuz ortamdan alınarak DAA'na aktarılmıştır. Gönderilen ses komutları ile DAA tabanlı kontrol sistemine bağlı bir model araba kontrol edilmiştir [6]. Lee vd. yaptıkları çalışmada akıllı ev otomasyonu için DAA kullanarak ağ tabanlı yangın tespit sistemi geliştirmişlerdir ve bu sistemin akıllı ev uygulamalarında kullanılan ev otomasyon protokolü olarak uygulanabilirliğini araştırmışlardır. Geleneksel yangın tespit sistemlerinin var olan gürültülerden etkilenme gibi bazı eksikliklerinden dolayı bu sistemlere bir alternatif olarak DAA tabanlı sistemin yapısını tanımlamışlardır. Önerilen sistemin performansı deneysel testler üzerinden değerlendirilmiştir ve DAA'nın düşük maliyetli oluşu, uygulama kolaylığı gibi birkaç avantajının olduğu belirtilmiştir [7].

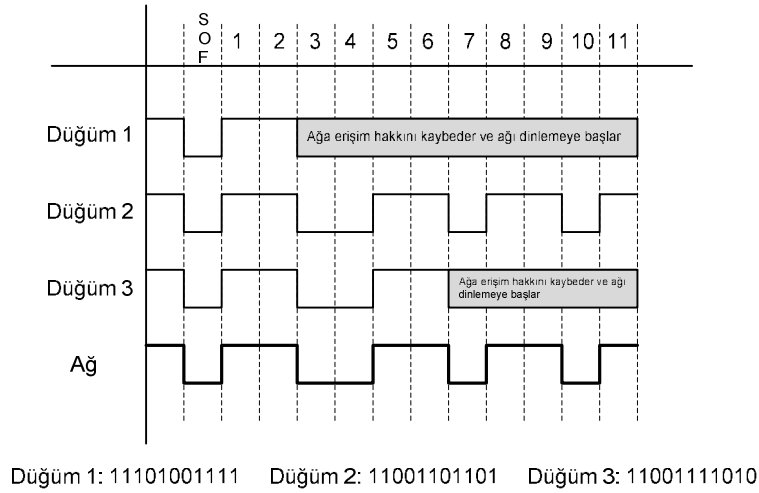
Bu çalışmada, günümüzde her alanda kullanılan mikro kontrolörler ile eğitim amaçlı olarak tasarlanmış bir Esnek Üretim Sistemi deney seti üzerinden veri toplama ve kontrol uygulaması yapılmıştır. Mikro kontrolör olarak üzerinde dahili CAN modülü bulunan Microchip firmasının PIC 18F4580 kontrolörü, DAA alıcı verici olarak MCP 2551 entegresi kullanılmıştır. Günümüzde DAA endüstriyel otomasyon ve dağıtık IO uygulamalarında da kullanılmaya başlanmıştır. DAA'nın güçlü özellikleri sayesinde gerçekleştirilen sistemde kablolu karmaşası azaltılmış, istasyonlar ve bilgisayar arasında hızlı ve güvenli veri iletişimi sağlanmış ve düşük maliyetli otomasyon sistemi gerçekleştirilmiştir. Uygulamanın online görüntüleme ve kontrol arayüzü LabVIEW programı kullanılarak yapılmıştır.

2. DENETLEYİCİ ALAN AĞI

Denetleyici alan ağı Alman otomotiv sistem tedarikçisi Robert Bosch tarafından 1980'lerin ortalarında otomotiv uygulamalarında güçlü seri iletişim sağlamak için oluşturulmuştur. Hedef; otomobilleri daha güvenilir, daha güvenli ve daha yakıt tasarruflu hale getirmek iken kablolu ağırlığını ve karmaşasını azaltmaktır. Gelişiminden bu yana DAA protokolü endüstriyel otomasyon ve otomotiv uygulamalarında yaygın bir kullanım kazanmıştır [8]. DAA, iletişim ortamına erişim yöntemi olarak, bit öncelikli yapı ile Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (CSMA/CD) kullanır. Bu yöntem, mesajların çarpışmamasını garanti etmekle beraber, iletişim hattının uzunluğunu sınırlandırır. Dolayısıyla, CAN düğümler 1 Mbit/s veri iletim hızı ile 40 m ve 40 Kbit/s veri iletim hızı ile 1000 m'lik bir veri yolu üzerinden bağlanabilirler [9]. Ağ üzerindeki tüm düğümler mesaj göndermeye başlamadan önce ağda bir periyot süresince herhangi bir etkinlik olmadığını gözlemlemelidir (Carrier Sense). Aynı zamanda bu gözlemlenen periyotta bir etkinlik olmazsa ağ üzerinde bulunan her düğüm mesaj göndermek için eşit haklara sahip olurlar (Multiple Access). Eğer ağ üzerindeki iki düğüm aynı anda ilettime başlarsa

düğümler çarpışmayı algılayacak (Collision Detection) ve uygun eylemi gerçekleştireceklerdir.

DAA protokolünde üstün öncelikli mesaja zarar vermeyecek karar metodu uygulanmaktadır. Bunun anlamı çarpışmalar algılandığında karar metodunun sonunda bu öncelikli mesajlar bozulmamış olarak kalır ve herhangi bir gecikme meydana gelmez. Bu karar mekanizmasının gerçekleştirilebilmesi için iki şeye ihtiyaç vardır. Birincisi, lojik seviyelerin baskın veya çekinik olarak tanımlanması gerekir. İkincisi ise, gönderim yapan düğüm göndermeye çalıştığı lojik seviyenin ağ üzerinde gerçekten görünüp görünmediğini görmek için ağın durumunu gözlemlemek zorundadır. DAA'da lojik 0 biti baskın, lojik 1 biti ise çekinik olarak tanımlanmıştır [8]. Şekil 1'de aynı anda mesaj gönderen üç düğümün ağa erişim sonuçları verilmiştir.



Şekil 1 .Aynı anda mesaj gönderen düğümlerin ağa erişim durumları

Şekilde 1’de görüldüğü gibi üç düğüm de aynı anda mesaj göndermeye başlamışlardır. Birinci düğümün üçüncü biti çekiniktir ve diğer düğümlerin gönderdikleri bit baskın olduğundan birinci düğüm mesaj göndermeyi durdurur ve ağı dinlemeye başlar. Aynı şekilde üçüncü düğümün yedinci biti de çekiniktir bundan dolayı bu noktadan sonra sadece ikinci düğüm mesaj iletimine devam eder.

2.1. Mesaj Çerçeve Yapıları

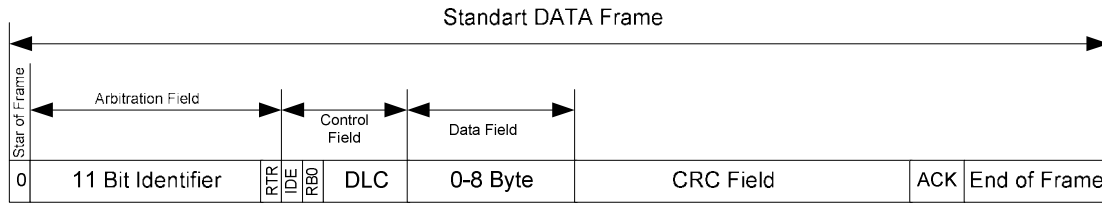
DAA tanımlayıcı alan uzunluğu bakımından farklı 2 adet mesaj çerçeve yapısına sahiptir. 2.0A çerçeve yapısı standart mesaj yapısı olarak adlandırılır ve 11 bit uzunluğunda tanımlayıcı alana sahiptir. 2.0B çerçeve yapısı ise genişletilmiş çerçeve yapısı olarak adlandırılır ve 29 bit tanımlayıcı alanına sahiptir.

2.2. Mesaj Çeşitleri

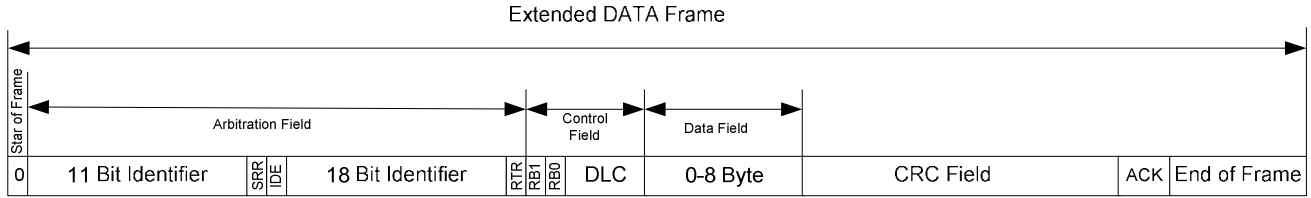
DAA da mesaj transferi dört çeşit mesaj çerçevesi ile kontrol edilir. Bunlar; Data Frame, Remote Frame, Error Frame, Overload Frame’dir. Bunlardan Data Frame ve Remote Frame aşağıda açıklanmıştır.

2.2.1 Data Frame

Data Frame vericiden alıcıya mesaj taşır ve yedi farklı bit alanından oluşmuştur. Şekil 2’de Standart Data Frame, Şekil 3’de ise Extended Data Frame yapısı verilmiştir.



Şekil 2. Standart Data Frame



Şekil 3 .Extended Data Frame

Start of Frame: Data Frame ve Remote Frame'in başladığının işaretidir. Tek bir baskın bitten oluşur.

Arbitration Field: Bu alanın formatı Standart ve Extended mesaj çerçevelerinde değişiktir. Standart format, 11 bit tanımlayıcı ve 1 bit Remote Transmission Request(RTR)'den oluşmaktadır. Extended format ise 29 bit tanımlayıcı, SRR, IDE ve RTR bitleri olmak üzere 32 bitten oluşur. RTR biti ağdaki başka bir düğümden bilgi istenmesi durumunda kullanılır. Data Frame'de baskın, Remote Frame'de çekinik olması gerekir. Substitute Remote Request(SRR) biti Extended Frame'de Standart Frame'deki RTR bitinin yerine kullanılır. Identifier Extension Bit(IDE), Extended formatta Arbitration alanına, Standart formatta ise Kontrol alanına aittir. Standart formatta baskın olarak gönderilir.

Control Field: 6 bitten oluşur. Data alanında gönderilecek verilerin kaç byte olduğu bilgisini içerir.

Data Field: Data Frame'de gönderilecek olan veriden oluşur. 0-8 Byte uzunluğunda olabilir.

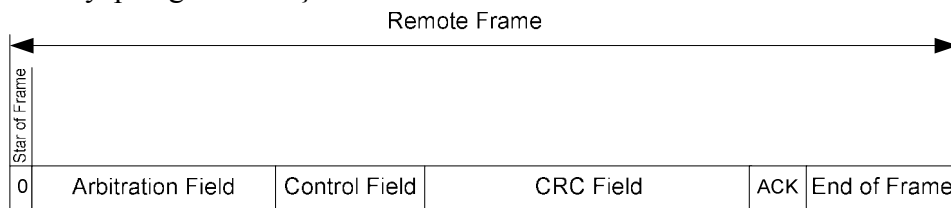
CRC Field: Gönderici tarafından hesaplanan 15 bit CRC bilgisinden ve 1 bit uzunluğundaki CRC ayraç bitinden oluşmuştur. Alıcı düğümlerden gelen bilginin doğru alınıp alınmadığını belirler.

Acknowledge Field: Bu alan mesajın doğru şekilde alındığını göstermek için kullanılır.

End of Frame: Mesajın bittiğini gösteren 7 çekinik bitten oluşan alandır.

2.2.2 Remote Frame

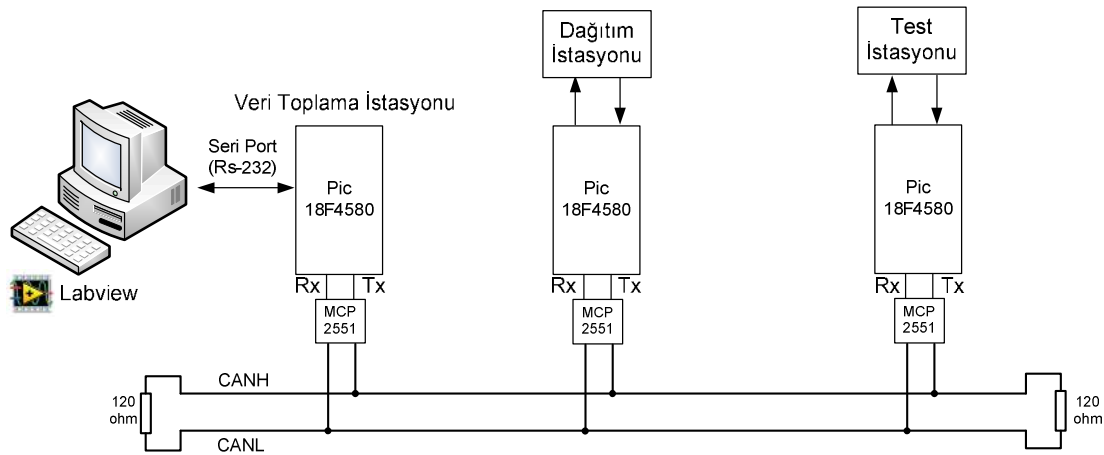
Remote Frame başka bir istasyondan veri istenmesi durumunda kullanılan mesaj çerçevesidir. Standart ve Extended formatlarda bulunur ve Data Frame'in tersine RTR biti çekiniktir. Mesaj içeriğinde veri alanı bulunmaz, Şekil 4'de yapısı gösterilmiştir.



Şekil 4. Remote Frame

3. SİSTEMİN YAPISI

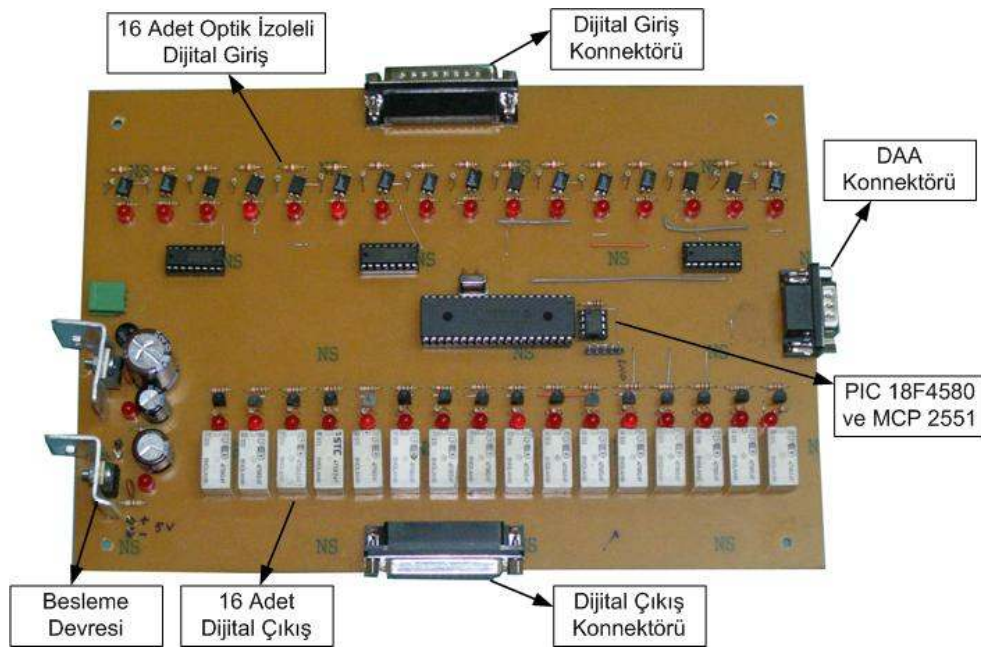
Gerçekleştirilen veri toplama ve kontrol sistemi donanım ve yazılım olarak iki ana başlıkta toplanmıştır. Şekil 5'de gerçekleştirilen sistemin blok diyagramı verilmiştir. Veri toplama istasyonu olarak görevlendirilen mikro denetleyici bilgisayardan gelen bilgiyi DAA'dan istasyonlara ve istasyonlardan gelen bilgiyi de seri porttan bilgisayara göndermektedir.



Şekil 5. DAA ile kontrol edilen sistemin blok diyagramı

3.1. Denetleyici Alan Ağı Kontrolörü

İstasyonların kontrolünü sağlamak amacıyla 16 I/O'dan oluşan mikro kontrolör tabanlı bir kontrol kartı tasarlanmıştır. İstasyonların yapısına uygun olarak kartın dijital girişleri optik izoleli, çıkışları ise 24 V DC röle çıkışlı olarak tasarlanmıştır. Mikro kontrolörün DAA ile haberleşmesini sağlamak için MCP2551 alıcı-vericisi kullanılmıştır. Şekil 6' da tasarlanan kontrol kartı verilmiştir.



Şekil 6. Tasarlanan Kontrol Kartı

3.2 Esnek Üretim Sistemi Dağıtım İstasyonu

Dağıtım istasyonu magazinde depolanan iş parçalarının bir piston tarafından ayrılarak 180° dönebilen manipülatör kolu vasıtasıyla vakumlanıp test istasyonuna aktarıldığı istasyondur. Magazinde sekiz iş parçasına kadar parça depolanabilir.

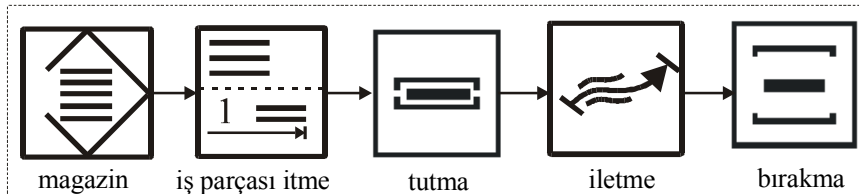
Dağıtım istasyonu bir besleme ünitesidir. VDI 3240 besleme cihazlarını; iş parçalarını yükleme, ayırma ve iletme fonksiyonlarının icra edilmesi olarak tanımlar. Daha geniş olarak bakıldığında, besleme

cihazları ayrılan parçaların boyut, ağırlık vb. gibi çeşitli karakteristiklerine göre ayrılması işlemlerini yerine getirebilecek özelliklere sahip olmalıdır [9].

Şekil 7’de VDI 2860’da tanımlanan simgeler ile MPS Dağıtım ünitesinde yer alan şu özelliklerin hareket sıralaması görülmektedir.

Dağıtım İstasyonunun Fonksiyonları:

- ◆ Magazinden iş parçalarını ayırmak,
- ◆ Bir sonraki işlem için diğer iş parçasına ulaşılabilir olmayı sağlamak.



Şekil 7. MPS Dağıtım Ünitesi Fonksiyonlarının Sembolik Gösterimi

3.3 Esnek Üretim Sistemi Test İstasyonu

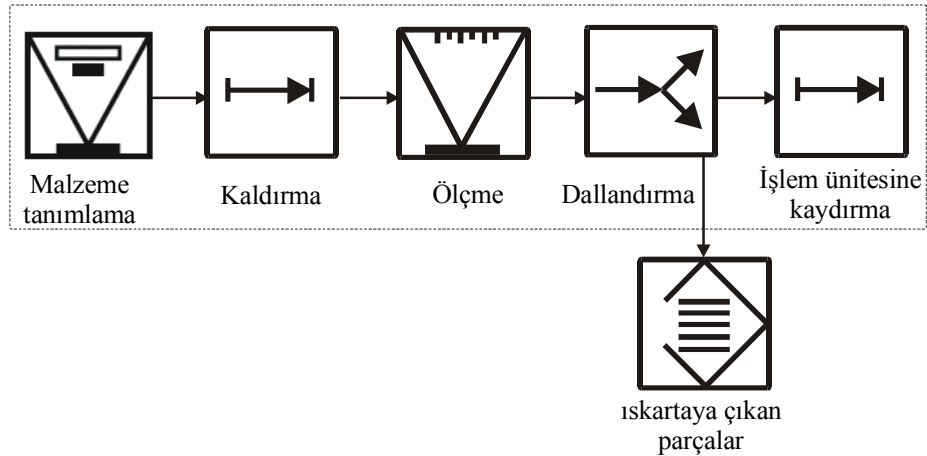
Test istasyonu kendisine gelen iş parçalarının değişik özelliklerini algılar. Bu işlemi optik, indüktif ve kapasitif sensörlerin çıkışlarının kullanılması yardımıyla yapmaktadır. Bir lineer potansiyometre yardımıyla iş parçalarının yüksekliği ölçülür ve önceden belirlenmiş sınır değerler içerisinde yer alan uygun parçalar taşıma bandına iletilir, uygun olmayan parçalar ise hatalı ürün grubuna ayrılır.

VDI 2860’a göre test işlemi; ölçme ve parçaların biçimlerinin kontrolü anlamında tanımlanmıştır. Test işleminin önemli kısımları, referans değerlerle ölçülen gerçek değerlerin karşılaştırılması ve bu sonuçlardan iş parçasının bir sonraki işlem için uygunluğunun onaylanması veya ret edilmesi şeklindedir [9].

Standart test işlemi özellikleri; iş parçasının istasyondaki var/yok durumu, malzeme özellikleri, şekli, hacmi, rengi ve ağırlığı veya yönünün belirlenmesidir. Manuel üretime göre otomatik üretimin en önemli faktörü kontrol fonksiyonudur ki burada belirlenen referans dışı ürünleri çok hızlı bir şekilde ayırmak mümkündür [9].

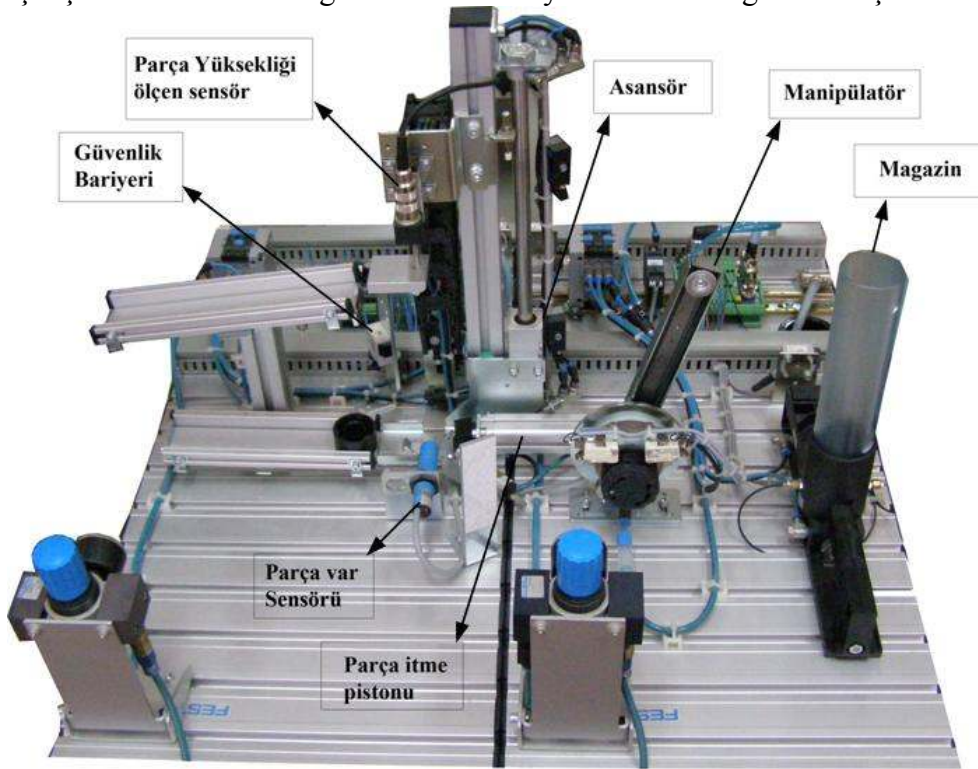
Test İstasyonunun Fonksiyonları:

- ◆ İş parçasının malzeme karakteristiklerinin belirlenmesi
- ◆ İş parçalarının kontrolü
- ◆ Uygunluk testinden geçen ürünleri bir sonraki istasyon için ulaşılabilir yapmak veya uygunluk dışı ürünleri ayırmak.



Şekil 8. MPS Test Ünitesi Fonksiyonlarının Sembolik Gösterimi

Şekil 9’da bu çalışmada kullanılan dağıtım ve test istasyonları birlikte gösterilmiştir.

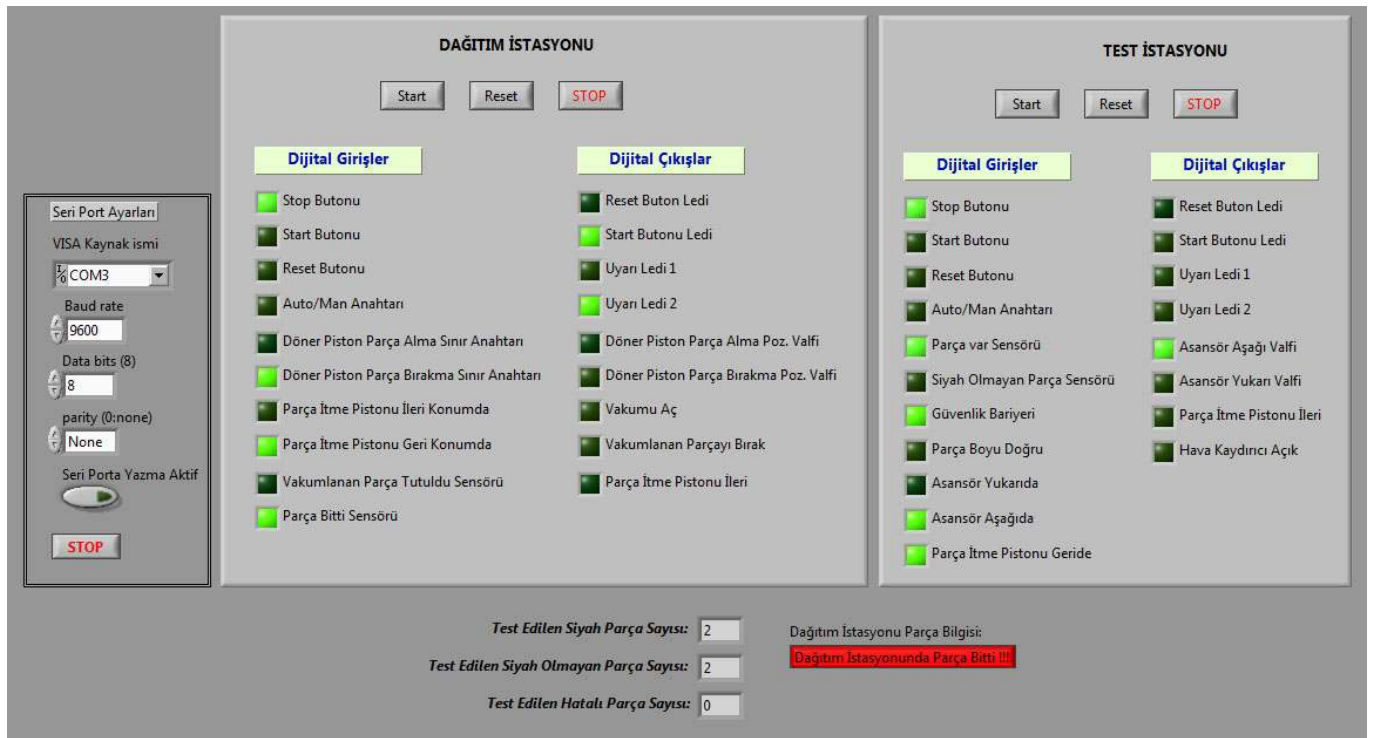


Şekil 9. Dağıtım ve Test İstasyonları

3.4. Sistemin Kontrol Yazılımı

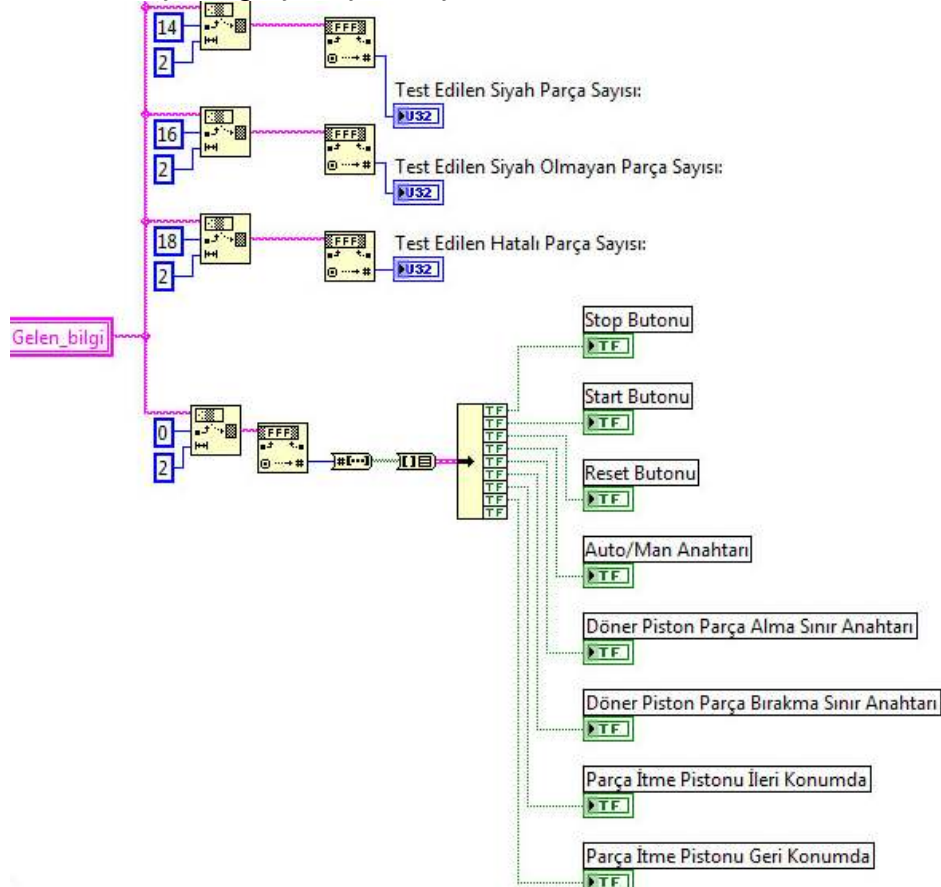
Uygulamanın bilgisayardaki yazılım kısmı grafiksel programlama dili olan LabVIEW programı ile gerçekleştirilmiştir. LabVIEW, grafiksel bir program geliştirme ortamı sunduğundan, çok karmaşık uygulamaları dahi basit seviyede tasarlama imkânını vermektedir [10,11].

Şekil 10’da gerçekleştirilen programın kullanıcı arayüzü verilmiştir. Seri port ayarları kısmında kullanılacak seri port’un ismi, iletişim hızı gibi çeşitli ayarlar yapılabilmekte, dağıtım ve test istasyonu kısımlarında ise istasyonlarla ilgili dijital giriş ve çıkışların durumu, istasyonların çalışmasının kontrolünü sağlayan start-reset-stop butonları, dağıtım istasyonunda parça bittiğinde uyarı veren parça bilgisi ve bu istasyonlar tarafından test edilip taşıma bandına aktarılan siyah parça, siyah olmayan parça ve hatalı olarak ayrılan parça sayısı gözlemlenebilmektedir.



Şekil 10. İstasyonların kontrolü amacıyla tasarlanan LabVIEW programının kullanıcı arayüzü

Şekil 11’de ise bu istasyonların kontrolünü ve durum değişikliklerinin izlenmesini sağlayan LabVIEW programı blok diyagramından bir kesit verilmiştir. While koşullu döngüsü içerisinde oluşturulan bu program parçası ile seri porta gelen veri dizisinin içerisinde bulunan istasyonların dijital giriş ve test edilen parça sayıları ile ilgili bilgilerin ilgili alanlardan alınıp gerekli işlemlerden geçirilerek ilgili göstergelerde gösterilmesi işlemi gerçekleştirilmiştir.



Şekil 11 .Yazılan LabVIEW tabanlı programın blok diyagramı

Dağıtım ve test istasyonlarının kontrolünü yapan mikro denetleyiciler yazılan kesme programı sayesinde 400 ms aralıklarla gerekli bilgileri veri toplama düğümüne göndermektedirler. Dağıtım istasyonu dijital giriş - çıkış ve parça bilgisinden oluşan 3 bayt, test istasyonu ise dijital giriş - çıkış ve test edilen parça bilgilerinden oluşan 6 bayt DAA mesajını her seferinde göndermektedirler. Ayrıca test istasyonu hazır veya hazır olmadığı bilgisini yine DAA'dan dağıtım istasyonuna göndermektedir. Veri toplama düğümü ise her iki istasyondan da bilgi geldiğinde bu bilgileri seri olarak bilgisayara göndermekte ve bilgisayardan gelen komutları da istasyonlara göndermektedir.

4. SONUÇ

Günümüzde endüstriyel kontrol sistemleri, dağıtık kontrol sistemleri ve otomotiv elektroniği başta olmak üzere pek çok alanda DAA yapısı kullanılmaktadır. Çalışmada verilen uygulamada, Esnek Üretim Sistemi istasyonlarının kontrolü mevcut PLC kontrollü yapısından farklı olarak, tasarlanan bir Denetleyici Alan Ağı üzerinden gerçekleştirilmiştir. Bu sayede mevcut sistemden farklı olarak, istasyonlar arası haberleşme güvenliği açısından daha önemli avantajları olan ve daha ekonomik bir kontrol sistemi sunan bir yapı oluşturulmuştur. Bunlara ek olarak, gerçekleştirilen sistem ile mekatronik sistem üniteleri üzerinden dağıtık kontrol uygulamaları da yapılabilmektedir. Ayrıca LabVIEW programı kullanılarak istasyonların durum değişkenlerinin online olarak bir bilgisayar arayüzü üzerinden izlenmesi sağlanmıştır. Bu sayede deney düzeneği, internet üzerinden erişilebilir bir yapıda da çalıştırılabilecek durumdadır.

5. KAYNAKLAR

1. Coskun, U., 2008, "Controller Area Network Ve Uygulaması", Yüksek Lisans Tezi, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Gebze
2. Salleh, M.S.b., Kadir, H.b.A., bin Abd Wahab, M.H., "A modular Controller Area Network vision system using programmable interface controller", International Conference on Electronic Design, 2008
3. Othman, H.F., Aji, Y.R., Fakhreddin, F.T., Al-Ali, A.R., "Controller Area Networks: Evolution and Applications", Information and Communication Technologies, 2006
4. Roengruen, P., Suesut, T., Tipsuwanporn, V., Kongratana, V., Kulphanich, S., "Design of PLC networks using remote I/O module based on controller area network", Canadian Conference on Electrical and Computer Engineering, 1023-1027 vol.2, 2001
5. Jung, J., Park, K., Cha, J.S., "Implementation of a Network-Based Distributed System Using the CAN Protocol", KES (1), 1104-1110, 2005
6. Bayilmiş, C., Kelebekler, E., Erturk, İ., Ceken, C., Ozcelik, İ., "Integration of a speech activated control system and a wireless interworking unit for a CAN-based distributed application", Journal of Network and Computer Applications, Volume 32, Issue 6, 1210-1218, 2009
7. Lee, K.C., Lee, H.H., "Network-based fire-detection system via controller area network for smart home automation", Consumer Electronics, 1093-1100, 2004
8. Microchip Technology Inc., "Controller Area Network (CAN) Basics", 1999
9. Taşkın, S., 2007, " Mps Modüler Üretim Sisteminin Bilgisayar Destekli Gerçek Zamanlı Kontrolü Ve Teknik Eğitime Uygulanması ", Doktora Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

10. Turan, C., 2007, “Endüstriyel Ağ Kullanarak LabVIEW İle Elektronik Deney Modüllerinin Yönetimi”, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
11. Korkmaz, H.; Erdal H.; Buldu A.; “PC-Tabanlı Veri Toplama Çözümleri Sunan Bir Otomasyon Yazılımının Eğitim Amaçlı Kullanımı”, I. Uluslararası Mesleki ve Teknik Eğitim Teknolojileri Kongresi, İstanbul, (5-7 Eylül 2005).