

ÇİFT YEDEKLENMİŞ ARIZA-KALDIRILABİLİR BİLGİSAYAR KONTROL SİSTEMLERİ TASARIMINDA STANDART BİLGİSAYAR PORTLARININ KULLANIMI

Rafiq SAMEDOV, Ahmet ÇİFTÇİ

Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü, Kampus/Denizli

Geliş Tarihi : 19.11.2003

ÖZET

Bu çalışmada, standart bilgisayar kullanılarak arıza-kaldırılabilir kontrol sistemi tasarımı için portlar araştırılmış, değişik yapı versiyonları tasarlanmış ve en uygun yapıyı seçmek için yöntem önerilmiştir. Bu kapsamda önce ÇİFTYAK sistemi tanımlanmış ve çalışma prensibi belirlenmiştir. Sonra standart bilgisayarda veri iletim yöntemlerinde portlar sınıflandırılarak analizi yapılmıştır. Daha sonra kullanılan veri iletim yöntemlerine ve port sayısına göre yapı versiyonları tasarlanarak güvenilirlik, performans, doğruluk, kontrol ve maliyet gibi kriterlere göre değerlendirilmiştir. Son olarak ÇİFTYAK sistemi için en uygun yapı versiyonu seçmek için yöntem önerilmiştir.

Anahtar Kelimeler : Arıza-Kaldırılabilir bilgisayar kontrol sistemi, Yedekleme, Standart bilgisayar

USAGE OF STANDARD PERSONAL COMPUTER PORTS FOR DESIGNING OF THE DOUBLE REDUNDANT FAULT-TOLERANT COMPUTER CONTROL SYSTEMS

ABSTRACT

In this study, for designing of the fault-tolerant control systems by using standard personal computers, the ports have been investigated, different structure versions have been designed and the method for choosing of an optimal structure has been suggested. In this scope, first of all, the ÇİFTYAK system has been defined and its work principle has been determined. Then, data transmission ports of the standard personal computers have been classified and analyzed. After that, the structure versions have been designed and evaluated according to the used data transmission methods, the numbers of ports and the criterions of reliability, performance, truth, control and cost. Finally, the method for choosing of the most optimal structure version has been suggested.

Key Words : Fault-Tolerant computer control system, Redundancy, Standard computer

1. GİRİŞ

Her alanda çeşitli amaçlar için kullanılan bilgisayar, kontrol sistemlerinin vazgeçilmez ögesidir. Uçak, gemi, hızlı tren, nükleer reaktör, radar sistemleri, uzay istasyonları, vb. gibi çok önemli hedeflerin kontrolü de bilgisayar ile yapılmaktadır. Gerçek zamanlı çalışan bu sistemlerde en önemli parametre yüksek performans ve güvenilirliktir. Yüksek

performans bu sistemlerde bilgi iletişiminin ve işleminin hızlı şekilde yapılmasını sağlar ve paralel sistemler kullanılarak elde edilir. Yüksek güvenilirlik ise bu sistemlerde bilgi iletişiminin ve işleminin istenilen güvenilirlik seviyesinde yapılmasını sağlar ve bu makalenin ana konusudur.

Bilgisayar kontrol sistemlerinde çıkabilecek herhangi bir arıza, sistem en yüksek performansta

çalışsa bile, beklenen sonucu vermeyecektir. Yukarıdaki bu önemli alanlarda çıkabilecek herhangi bir arıza can kaybına, ekonomik kayıplara ve ekolojik facialara sebep olabilir. Bu yüzden bu tür alanlarda bilgisayar kontrol sistemlerinin güvenilirliğinin istenilen seviyede olması gerekir. Diğer yandan mevcut teknolojiler % 100 güvenilirliğe sahip olmayan elektronik elemanlar üretmektedir. Bu elemanlar kullanılarak yapılan bilgisayar kontrol sistemleri yukarıdaki alanlarda istenilen güvenilirlik seviyesini sağlayamazlar. İstenilen güvenilirlik seviyesine ulaşmak için sisteme arıza-kaldırılabilirlik özelliği uygulanmalıdır. Arıza-kaldırılabilirlik, sistem yapısının öyle bir özelliğidir ki, sistemde arıza olmasına rağmen sistem görevini ön görülen mantıkla devam ettirir (Avizienis, 1978).

Şu ana kadar değişik amaçlar için arıza-kaldırılabilirlik özelliğine sahip çok sayıda sistemler yapılmıştır. SIFT ve FTMP sistemlerinde, uygulanan arıza-kaldırılabilirlik özelliği sayesinde, istenilen güvenilirlik seviyesi (10 saatlik kesintisiz uçuş süresinde arıza çıkma ihtimali 10^{-8} olmalıdır) elde edilmiştir (Hopkins, 1978, Wensley, 1978). Arıza-kaldırılabilirlik özelliğine sahip SATURN gözetleme sisteminde 250 saatlik çalışma süresinde 0.99 güvenilirlik seviyesi Merkezi İşlemci Birimi'nin (CPU) üç kat yedeklenmesiyle elde edilmiştir (Kuehn, 1969). Kendi kendine test ve onarım yapabilen JPL-STAR bilgisayarında arıza-kaldırılabilirlik özelliği üç kat yedekleme ve sonuçların çoğunluk prensibi seçimiyle gerçekleştirilmiştir (Avizienis, 1971). ESS elektronik anahtarlama sisteminde istenilen güvenilirlik seviyesi, sistemin bütün birimlerini çift yedekleyerek elde edilmiştir (Downing, 1964). PRIME (Borgerson, 1972), Space Shuttle (Skalaroff, 1976), MECRA (Maison, 1971), COPRA (Meraud, 1976), COMTRAC (Ihara, 1978), Pluribus (Katsuki, 1978) vb. sistemler arıza-kaldırılabilirlik özelliğine sahip sistemlerdir.

Bu sistemlerin incelenmesi sonucu şu karara varılabilir. Arıza-kaldırılabilir sistemler herhangi bir somut amaçla geliştirilmişler ve yapımlarında yüksek performansa sahip özel yapım elemanlar (mikroişlemciler, bilgisayarlar vb.) kullanılmıştır. Özel yapım elemanlar, boyutları küçük, hızlı, enerji tüketimleri az, maliyetleri çok yüksek vb. özellikleri olan elemanlardır. Bu durum arıza-kaldırılabilirlik özelliğinin ihtiyaç duyulan diğer alanlarda (sanayide, tıpta, ekonomide vb.) geniş çapta uygulanmasını sınırlamaktadır. Bu problem standart elemanlar (yani piyasada satılan mikroişlemci, bilgisayar vb.) kullanılarak arıza-kaldırılabilirlik özelliğine sahip sistemler yaparak çözülebilir.

Bunun için standart bilgisayarların potansiyel imkanlarını araştırmak gerekir.

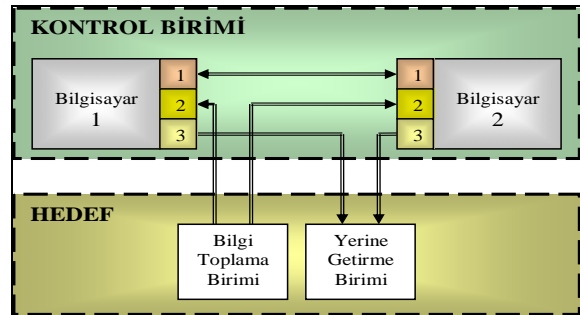
Arıza-kaldırılabilirlik özelliği, donanım, yazılım ve zaman yedekleme yöntemleriyle gerçekleştirilebilir (Pradhan, 1996). Bu makalede donanım yedekleme ele alınacaktır. Donanım yedekleme yöntemleri, gereken güvenilirlik seviyesine bağlı olarak 2, 3, ..., N kat yedekleme ile yapılır. Gereken güvenilirliği sağlamak için bilgi toplama birimleri, yerine getirme birimleri, veri yolları ve kontrol eden elemanlar (bilgisayar, mikroişlemci vb.) yedeklenebilir. Standart elemanların bu amaçla kullanılabilirliği araştırılmalıdır. Bu çalışmada, bu kapsamda standart bilgisayarların portları araştırılacak ve Çift Yedeklenmiş Arıza-Kaldırılabilir Bilgisayar Kontrol Sistemi bundan sonra aksini belirtilmedikçe, Çift Yedeklenmiş Arıza-Kaldırılabilir Bilgisayar Kontrol (ÇİFT Yedeklenmiş Arıza-Kaldırılabilir bilgisayar kontrol) Sistemi, ÇİFTYAK sistemi olarak adlandırılacaktır.

Bu amaçla 2. bölümde ÇİFTYAK sisteminin tanımı veriliyor, 3. bölümde standart bilgisayarların portları araştırılıyor, 4. bölümde standart bilgisayarlar kullanılarak ÇİFTYAK sistemlerinin yapısı tasarlanıyor. 5. bölümde en uygun yapıyı seçmek için yöntemler tasarlanıyor ve 6. bölümde sonuçlar sıralanarak değerlendiriliyor.

2. ÇİFTYAK SİSTEMİ YAPISI VE ÇALIŞMA PRENSİBİ

ÇİFTYAK sisteminin genel yapı şeması Şekil 1'de görülmektedir. Sistem iki ana bölümden oluşmaktadır:

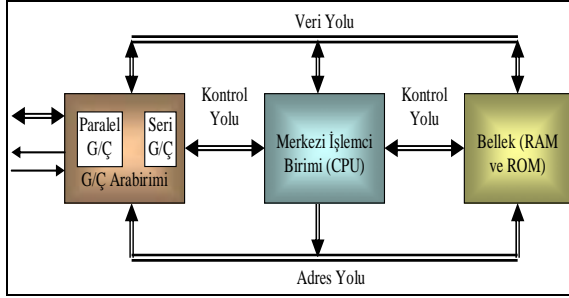
1. Kontrol birimi,
2. Hedef.



Şekil 1. ÇİFTYAK sisteminin genel yapı şeması

Kontrol birimi, birbiriyle paralel çalışan ve birbiriyle tamamen aynı yapıda (Single Instruction Stream and Single Data Stream-SISD) (Axelson, 1998) olan

yedeklenmiş iki standart bilgisayardan oluşmaktadır. Bilgisayarların yapı şeması Şekil 2'de görülmektedir (Triebel, 1996).



Şekil 2. Bilgisayarın yapı şeması

Hedef ise iki birimden oluşmaktadır:

1. Bilgi Toplama Birimi (BTB),
2. Yerine Getirme Birimi (YGB).

BTB (sensörler vb.), kontrol edilen hedefle ilgili verilerin toplanması ve kontrol birimine aktarılmasını sağlamaktadır. YGB (motorlar vb.) ise, kontrol biriminin veriler üzerinde yaptığı işlemlere göre hedefi yönlendirmektedir.

Arıza-kaldırılabilirlik özelliği iki kat yedeklenmiş bilgisayarların paralel çalışması ile gerçekleştirilmektedir. ÇİFTYAK sisteminin bir kontrol devri için çalışma algoritması aşağıdaki gibidir:

1. Bilgisayarlar tarafından hedefin durumunu belirleyen parametrelerle ilgili veriler BTB'den alınır.
2. Kendi aralarında değiştirerek iki veriden oluşan vektör oluşturulur.
3. Bu vektörün yardımı ile BTB' in arızalılık durumu kontrol edilir.
4. Oluşturulan bu vektör ile iki bilgisayarda hedefin kontrolü ile ilgili işlemler yapılır.
5. İşlem sonuçlarını kendi aralarında tekrar değiştirerek ikinci bir vektör oluşturulur.
6. Bu vektörün yardımı ile bilgisayarlar kendi arızalılık durumunu kontrol ederler.
7. Son olarak, işlem sonuçları YGB' ne iletilir.

Böylece bir kontrol devri tamamlanmış olur. YGB arızalılığı ise BTB'den art arda birkaç kontrol devrinde alınan verilerden oluşturulan vektörle kontrol edilir (Samedov, 1999).

Görüldüğü gibi her bir bilgisayar diğer bilgisayarla (2. ve 5. adımlar), BTB (1. adım) ve YGB (7. adım) ile bağlantılıdır. Bu bağlantılar portların yardımıyla gerçekleştirilmelidir. Her bilgisayarda 3 çeşit bağlantı kullanılmaktadır (Şekil 1).

1. Bilgisayar-Bilgisayar,
2. Bilgisayar-BTB,
3. Bilgisayar-YGB.

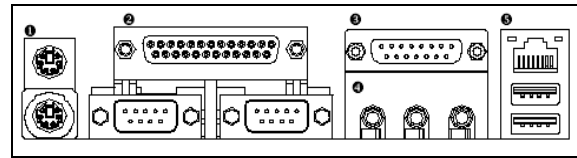
Yukarıda verilen algoritmadan anlaşıldığı gibi 1. bağlantı ile bilgi iletiminin yoğunluğu diğer iki bağlantıdan daha fazladır (bir devirde en az iki defa kullanılmaktadır). Öte yandan 1. bağlantı ile iletilecek verinin kapasitesi diğer iki bağlantıya göre daha büyüktür (örneğin, 1. bağlantı ile iletilecek verinin kapasitesi bilgisayarların işlem yaptıkları kelimenin uzunluğu ile belirtilir ve 32 bit olabilir, 2. ve 3. bağlantılarla iletilecek verinin kapasitesi ise BTB ve YGB'nin işlem yaptıkları kelimenin uzunluğu ile belirtilir ve 8 bit olabilir). Bağlantılar yüksek hızla ve güvenilirli olarak gerçekleştirilmelidir. Arıza-kaldırılabilir sistemlerin yapıları bağlantılara sunulan bu şartları dikkate alarak tasarlanmalıdır. Bu amaçla bu çalışmada veri iletim yöntemleri ele alınacak, bu yöntemleri gerçekleştirecek bilgisayar port yapıları araştırılacak ve bu portların yukarıdaki şartları sağlayarak arıza-kaldırılabilir sistem yapısında kullanılabilirliği değerlendirilerek uygun yapılar tasarlanacaktır.

3. STANDART BİLGİSAYARLARDA PORTLARIN ARAŞTIRILMASI

Bu bölümde standart bilgisayarların portları araştırılarak arıza-kaldırılabilir sistem tasarımında kullanılabilirliği incelenecektir.

3. 1. Standart Bilgisayarlarda Port Yapısı

Port, CPU'un diğer bilgisayarlarla ve çevre birimleriyle veri alışverişinde kullandığı bir sinyal hatları kümesidir. Portun tipik işlevi yazıcıyla, modemle, klavyeyle, fareyle, ekranla veya sistem belleği dışındaki herhangi bir aygıt yada birimle iletişimidir. Paralel ve seri bağlantı şekli vardır. PS/2 ve LPT paralel, COM, USB ve LAN (İnternet) seri iletişim yapar. Standart bilgisayarın giriş çıkış yapan bağlantı noktaları Şekil 3'de görülmektedir.



1. PS/2 Fare (6 Pin Dişi) ve PS/2 Klavye (6 Pin Dişi) Portları;
2. Paralel (25 Pin Dişi) ve Seri (9 Pin Erkek) Portlar;
3. Oyun/ Midi (15 Pin Dişi) Portları;
4. Audio (Line Out, Line In, Mic. In) Portları;
5. USB (USB 0/USB 1) ve LAN Portları

Şekil 3. Standart bilgisayarların port yapı şeması

Bilgisayarlar, seri veri iletimi arabirimi USB (USB 0 ve USB 1) ve COM (RS-232 tipi COM 1 ve COM 2), paralel veri iletimi arabirimi LPT 1 portları ve diğer PS/2 (Fare, Klavye), Oyun/Midi, Audio ve LAN portları ile çevre birimleri ve başka bilgisayarlarla iletimini sağlayabilmektedir. Bunun dışında standart bilgisayarlarda bulunan portlarla aynı tipte olan LPT 2, COM 3 ve COM 4 portlar da ihtiyaca göre eklenebilir. Ek olarak RS-485, IEEE-1394, IEEE-488 vb. portlar da sonradan ilave edilebilir. Paralel veri iletimi, LPT' in, seri veri iletimi ise COM (RS-232) ve USB' in yardımı ile gerçekleştirilebilir. 2. bölümde belirtilen 3 çeşit bağlantıyı gerçekleştirmek için mevcut ve eklenecek LPT, COM ve USB portları kullanılacaktır. Standart bilgisayarlarda mevcut olan diğer portlar ve ilave donanım gerektiren RS-485, IEEE-1394, IEEE-488 vb portları arıza-kaldırılabilir sistem yapıları tasarımında kullanılmayacaktır. Bu noktadan sonra paralel veri iletimi arabirimi yerine paralel port ve seri veri iletimi arabirimi yerine seri port ifadesi kullanılacaktır.

4. STANDART BİLGİSAYAR KULLANILAN ÇİFTYAK SİSTEMİ YAPILARININ TASARLANMASI

Standart bilgisayar kullanarak Arıza-Kaldırılabilir Kontrol Sistemi tasarlamak için 2. bölümde sistemin çalışma algoritması ele alınarak, veri iletim çeşitleri

ve yoğunlukları araştırılmıştır. Aynı bölümde ÇİFTYAK sisteminin genel yapı şeması tasarlanmıştır. Burada iki bilgisayar arasında (1. bağlantı çeşidi), bilgisayarlarla BTB arasında (2. bağlantı çeşidi) ve bilgisayarlarla YGB' i arasında (3. bağlantı çeşidi) bağlantı vardır. 4. bölümde ise bu 3 çeşit bağlantıyı gerçekleştirmek için standart bilgisayarların LPT, COM ve USB portlarının (toplam 8 adet) kullanılabilirliğine karar verildi. Arıza-Kaldırılabilir Bilgisayar Kontrol Sisteminin genel yapı şemasını (Şekil 1) somutlaştırmak için 8 adet portun kullanımı ile 3 çeşit bağlantıyı gerçekleştirilebilecek bütün versiyonlar incelenmiştir. Bazı versiyonlar ek donanım gerektirdiği, arıza-kaldırılabilirlik şartlarını sağlamadığı, 3 çeşit bağlantı ile iletilecek veri kapasitesine uygun olmadığı için elenmiştir.

Başlangıçta BTB, YGB, bilgisayar ve ara bağlantı kablolarının hepsi doğru çalıştığı, herhangi bir arıza olmadığı kabul edilir. İki bilgisayar arasındaki bağlantılarda USB portunu kullanabilmek için ek donanım (HUB) gerekmektedir. Hiç bir ek donanım, tasarladığımız yapılar kullanılmadığı için USB portu iki bilgisayar arasındaki bağlantılarda kullanılmayacaktır. Bilgisayarların paralel çalışması ve aradaki senkronizasyonun sağlanabilmesi için aynı tip bağlantılar (portlar) olması gerekmektedir.

Mevcut portların kullanımı ile dokuz, mevcut ve ek portların beraber kullanımı ile ise üç versiyon tasarlanmıştır (Tablo 1).

Tablo 1. ÇİFTYAK Sisteminin Yapı Şemaları

Versiyon	Yapı Şeması	Bağlantı Çeşitleri		
		1. Bağlantı	2. Bağlantı	3. Bağlantı
Mevcut Portların Kullanımı ile Tasarlanmış Yapılar				
1		COM 1 COM 2	LPT 1	LPT 1
2		COM 1 COM 2	USB 0	USB 1

Tablo 1'in devamı

3	<p>Diagram 3: Two computers (Bilgisayar 1 and Bilgisayar 2) are connected via LPT 1. Bilgisayar 1 is connected to BTB and YGB via USB. Bilgisayar 2 is connected to YGB via USB 0 and USB 1.</p>	LPT 1	USB 0	USB 1
4	<p>Diagram 4: Two computers are connected via LPT 1. Bilgisayar 1 is connected to BTB via COM 2. Bilgisayar 2 is connected to YGB via COM 1 and COM 2.</p>	LPT 1	COM 1	COM 2
5	<p>Diagram 5: Two computers are connected via LPT 1. Both are connected to a combined BTB ve YGB block via COM 1.</p>	LPT 1	COM 1	COM 1
6	<p>Diagram 6: Two computers are connected via LPT 1. Both are connected to a combined BTB ve YGB block via USB 0.</p>	LPT 1	USB 0	USB 0
7	<p>Diagram 7: Two computers are connected via LPT 1. Bilgisayar 1 is connected to BTB via COM 1. Bilgisayar 2 is connected to YGB via COM 1 and USB 0.</p>	LPT 1	COM 1	USB 0
8	<p>Diagram 8: Two computers are connected via LPT 1. Bilgisayar 1 is connected to BTB via USB 0. Bilgisayar 2 is connected to YGB via USB 0 and COM 1.</p>	LPT 1	USB 0	COM 1

Tablo 1'in devamı

9		COM 1 COM 2	USB 0	USB 0
Mevcut ve Ek Portların Kullanımı ile Tasarlanmış Yapılar				
10		COM 1 COM 2	COM 3	COM 3
11		COM 1 COM 2	COM 3	COM 4
12		LPT 1	LPT 2	LPT 2

5. ÇİFTYAK SİSTEMİ YAPILARININ DEĞERLENDİRİLMESİ VE SEÇİMİ

Bu bölümde veri iletim yöntemleri karşılaştırılarak değerlendirilecek, sonra bu veri iletimi yöntemlerini gerçekleştiren portlar değerlendirilecek ve daha sonra bu portların kullanımı ile oluşturulan yapıların değerlendirilmesi ve en uygun yapının seçimi yapılacaktır.

5. 1. Veri İletim Yöntemlerinin Değerlendirilmesi

a) Güvenilirlik

Veri iletimi zamanı çıkacak arızanın etkisine göre paralel veri iletimi seriye göre daha az güvenilirlidir. Paralel veri iletimi zamanı çıkacak arıza sonucunda

verinin tümü, seri veri iletimi zamanı çıkacak arıza sonucunda ise verinin birkaç biti etkilenecektir.

b) Doğruluk

Paralel veri iletiminin doğruluğu seriye göre daha yüksektir. Seri veri iletiminde, bir kerede bir karakterin sadece bir biti iletilir. Alıcı birim doğru veri iletimi için karakter uzunluğunu, başla-dur bitlerini ve iletim hızını bilmek zorundadır. Paralel veri iletiminde, bir karakterin tüm bitleri aynı anda iletildiği için başla-dur bitlerine ihtiyaç yoktur. Dolayısıyla doğruluğu daha yüksektir.

c) Performans

Paralel veri iletimi, bilginin tüm bitlerinin aynı anda iletimi sebebiyle hızlıdır. Paralel veri iletiminde, bir kerede bir karakter iletildiği için bilgi iletim hızı

"cps" (Character Per Second) olarak bilinir. Sıradan bir paralel portun veri iletim hızı yaklaşık 10000 cps'dir. Benzer şekilde, sıradan bir seri portun veri iletim hızı yaklaşık 9600 bps'dir. Pek çok paralel port uygulamasında bir karakter yaklaşık olarak birkaç mikro saniyede alıcı devreye iletilebilir. Örnek olarak, 8 bitlik (1 karakter) bir ASCII kodunun paralel iletimini seri iletim ile karşılaştıralım. ASCII kodundaki her bir bitin iletimi için 10 µs geçtiği düşünülürse, seri iletişimde 8 bitlik ASCII kodu için 80 µs gerekir. Paralel iletişimde ise bu iletim sadece 10 µs' de yapılabilir.

d) Maliyet

Paralel veri iletimi seriye göre daha masraflıdır. Veri iletiminde kullanılan portlardaki kablolar pahalıdır. Telefon ve seri iletişim bağlantılarında genellikle ikili hatlar kullanılır (örneğin fare). Tipik paralel port bağlantıları için genellikle 25'li hatlar kullanılır. Ancak bunların sadece 8 tanesi veri hattıdır. Geriye kalan diğer hatlardan kontrol sinyalleri iletir. Çok kablolu hatların pahalı olması, paralel iletişiminin kısa mesafelerde tercih edilmesinin sebeplerinden biridir. Bilgisayarlarda mikroişlemci ile disk, yazıcı, tarayıcı vb. elemanlar arasındaki kısa mesafelerde paralel iletişim kullanılır (Axelson, 1999).

e) Güç Sarfiyatı

Paralel veri iletimi daha fazla enerji gerektirir. Paralel veri iletimi zamanı bütün bitler paralel olarak gönderildiği için seri veri iletiminden bit sayısı kadar daha fazla güç gerektirir.

5. 2. Portların Değerlendirilmesi

Burada LPT (Paralel port), COM (Seri Port) ve USB (Seri Port) portları özelliklerine, kullanım şekillerine, biçimlerine, kontrol edebilecekleri cihaz sayısına vb. göre değerlendirilecektir.

a) LPT Paralel Portlarının Değerlendirilmesi

Kanal içi iletişim için paralel portlar tercih edilmelidir. Paralel portlar daha az birim sürebilir. Yazıcı, modem ve çevre birimleriyle paralel port kullanıldığında bir devir süresinde iletilecek veri daha fazladır. Bu durum paralel portu kanallar arası iletişimde sadece bellek kopyalamak amacı ile kullanmayı sağlar. Örneğin hatadan sonra yeniden görüntüleme mekanizmalarını gerçekleştirmek için kullanılır.

b) COM Seri Portlarının Değerlendirilmesi

İki bilgisayar arasındaki kısa ve yavaş bağlantılar için RS-232 seri portu kullanılır. Kanallar arası

iletişimde seri portlar tercih edilmelidir. Seri portlar daha çok birim sürebilir. İki yada daha fazla bilgisayar arasındaki uzun, hızlı bağlantılar için RS-485 seri portu kullanılır. Bu iki (RS-232 ve RS-485) port 2 kablo üzerinden iletişim yapmaktadır. RS-485 daha çok uzun kablolarla birlikte kullanılabilir. RS-485 seri portu RS-232 seri portuna göre daha hızlıdır ve ikiden fazla düğüm için daha uygundur.

c) USB Seri Portlarının Değerlendirilmesi

USB yüksek hızlı arabirimlerdir. USB standart RS-232 ve LPT portlarını içine almak üzere, modemler ve çevre birimlerini arabirimlemek için geliştirilmiştir. 4 kablo üzerinden iletişime izin verilmektedir. Seri port devir süresi yeteri kadar uzun olduğunda tercih edilir. Mevcut paralel ve seri portlarla ulaşılan hızlar, tam hız düzeyinde veya daha düşüktür. Dolayısıyla bunların yerini tutabilir. USB'in kullanımı daha kolaydır. USB'in tasarımındaki başlıca nedendir. Çeşitli cihazlarla kullanım için bir tane arabirim kullanılmaktadır. Böylece donanım her cihaz için ayrı destekler içermemekte, ayrı bir uyarlayıcı ihtiyacı olmamaktadır. USB' in güvenilirliği daha yüksektir. USB'in güvenilirliği donanım tasarımından ve iletim kurallarından kaynaklanır. USB'in sürücüleri, alıcıları ve kablolarına yönelik donanım şartnameleri veri hatalarına yol açan gürültünün büyük kısmını elimine etmektedir. İletim kuralları hataların tespitini mümkün kılmakta ve vericiyi yeniden gönderim yapabileceği konusunda bilgilendirmektedir. Tespit, bildirim ve yeniden iletim donanımında çözülmektedir. Programlamaya yada kullanıcının müdahalesine gerek kalmaz. USB' in maliyeti düşüktür. USB' de güç sarfiyatı düşüktür. USB arabirimi, bilgisayardan beslemeli +5 V gerilimli güç ve toprak hatları sayesinde her zaman olmasa da harici güç kaynağı gerektirmez (Axelson, 2001).

d) Portların Genel Değerlendirilmesi

Tablo 2'de bir bilgisayarın paralel ve seri portlarının (COM, USB ve LPT) en önemli karakteristikleri verilmiştir.

Paralel (LPT) ve seri (COM, USB) portlar güvenilirlik, performans, kontrol, maliyet ve doğruluk olmak üzere beş değişik kriterde değerlendirilmiştir.

Bu değerlendirmede derecelendirme:

1. Düşük,
2. Orta,
3. Yüksek.

olmak üzere üç basamağa ayrılmıştır. Maliyet kriterinde ise bir ters orantı vardır. Düşük 3. derece, orta 2. derece ve yüksek 1. derece olmak üzere bir

sıralama vardır. Paralel ve seri portların yukarıda sıralanan kriterlere göre değerlendirilmesi Tablo 3'de verilmiştir.

Tablo 2. Paralel ve Seri Portların En Önemli Karakteristiklerinin Mukayesesi

Arabirim	Biçim	Cihaz sayısı	Uzunluk (feet)	Hız (bits/sec) bps
Paralel Port	Paralel	2	10 -30	8 M
RS-232	Asenkron seri	2	50-100	115 K
RS-485	Asenkron seri	32	4000	10 M
USB	Asenkron seri	127	16	1.5 M, 12M, 480M

Tablo 3. Paralel ve Seri Portların Kriterlerinin Değerlendirilmesi

Arabirim	Kriterler (Derece/Katsayı)				
	Güvenilirlik	Performans	Kontrol	Maliyet*	Doğruluk
COM	Orta/2	Düşük/1	Orta/2	Düşük/3	Düşük/1
USB	Yüksek/3	Yüksek/3	Yüksek/3	Orta/2	Orta/2
LPT	Düşük/1	Orta/2	Orta/2	Yüksek/1	Yüksek/3

*Buradaki katsayı ters orantılıdır.

5. 3. ÇİFTYAK Sistem Yapılarının Değerlendirilmesi

Bir önceki bölümde ÇİFTYAK sistemi tasarımında toplam 8 adet paralel (LPT 1, 2) ve seri (COM 1, 2, 3, 4 ve USB 0, 1) port kullanıldı. İstenilen

özelliklerde en uygun versiyonu seçmek için bu portların yukarıdaki kriterlere göre değerlendirilmesi Tablo 4'de verilmiştir. Bu kriterlere göre Tablo 3'deki katsayılarla, aşağıdaki denklemleri kullanarak Tablo 4'deki değerleri elde edebiliriz.

Tablo 4. ÇİFTYAK Sisteminde Yapı Versiyonlarının Değerlendirilmesi

Yapı Versiyonları	Kriterler						
	Kullanılan Portlar	Güvenilirlik	Performans	Kontrol	Maliyet	Doğruluk	Genel
1	COM 1, 2 LPT 1	1.6	1.3	2	2.3	1.6	1.7
2	COM 1, 2 USB 0, 1	2.5	2	2.5	2.5	1.5	2.2
3	LPT 1 USB 0,1	2.3	2.6	2.6	1.6	2.3	2.3
4	LPT 1 COM 1,2	1.6	1.3	2	2.3	1.6	1.7
5	LPT 1 COM 1	1.5	1.5	2	2	2	1.8
6	LPT 1 USB 0	2	2.5	2.5	1.5	2.5	2.2
7	LPT 1 COM 1 USB 0	2	2	2.3	2	2	2.1
8	LPT 1 USB 0 COM 1	2	2	2.3	2	2	2.1
9	COM 1,2 USB 0	2.3	1.6	2.3	2.6	1.3	2
10	COM 1, 2, 3	2	1	2	3	1	1.8
11	COM 1, 2, 3, 4	2	1	2	3	1	1.8
12	LPT 1, 2	1	2	2	1	3	1.8

$$V_n^k = \frac{a_c p_c + a_u p_u + a_p p_p}{p_t} \quad (1)$$

$$V_n^g = \frac{1}{5} \sum_{k=1}^5 V_n^k \quad (2)$$

$$p_t = p_c + p_u + p_p \quad (3)$$

Formüllerde kullanılan değişkenlerin anlamları aşağıda verilmiştir.

V_n^k - n. versiyonun k. kritere göre değeridir.

V_n^g - n. versiyonun genel değeridir.

k = 1, 2, ..., 5 olmak üzere kriterlerin numaralarını belirtmektedir.

Burada,

1. Güvenilirlik,
2. Performans,
3. Kontrol,
4. Maliyet
5. Doğruluk kriteridir.

n = 1, 2, ..., 12 olmak üzere versiyonların numaralarını belirtmektedir.

- P_c Aynı versiyon tasarımında kullanılmış COM portların toplam sayısıdır.
 P_u Aynı versiyon tasarımında kullanılmış USB portların toplam sayısıdır.
 P_p Aynı versiyon tasarımında kullanılmış LPT portların toplam sayısıdır.
 P_t Aynı versiyon tasarımında kullanılmış toplam portların sayısıdır.
 a_c COM Port Katsayısı
 a_u USB Port Katsayısı
 a_p LPT Port Katsayısı

Her kriterde en uygun versiyonu seçmek için aşağıdaki denklem kullanılabilir.

$$N_{opt.}^k = i\{V_i^k = \max(V_1^k, V_2^k, \dots, V_i^k, \dots, V_{12}^k)\} \quad (4)$$

Bütün kriterlere göre en uygun versiyonu seçmek

için ise aşağıdaki denklem kullanılabilir.

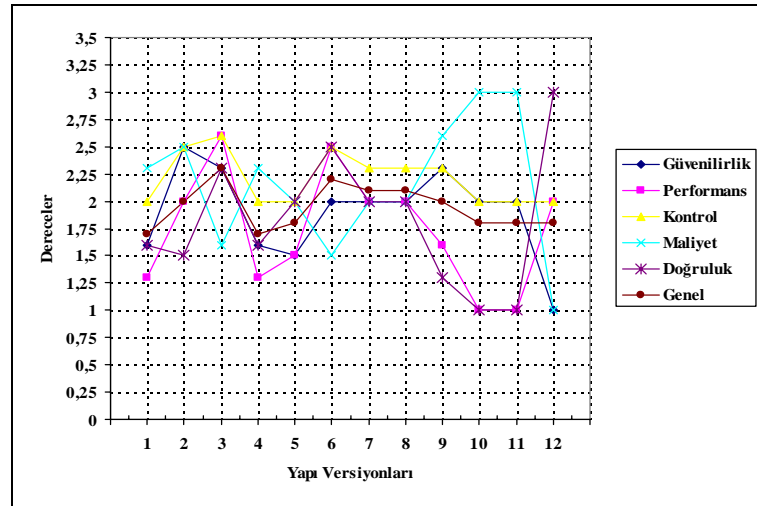
$$N_{opt.}^g = j\{V_j^g = \max(V_1^g, V_2^g, \dots, V_j^g, \dots, V_{12}^g)\} \quad (5)$$

Formüllerde kullanılan değişkenlerin anlamları aşağıda verilmiştir.

$N_{opt.}^k$ - k. kriterde göre en uygun versiyondur (k. kriter sütununda maksimum değere sahip versiyonun numarası).

$N_{opt.}^g$ - Bütün kriterlere göre en uygun versiyondur (genel sütununda maksimum değere sahip versiyonun numarasıdır).

i, j = 1, 2, ..., 12 versiyon numarasıdır. Tasarlanmış versiyonların grafiksel olarak değerlendirilmesi Şekil 4' de verilmiştir.



Şekil 4. Tasarlanan yapı versiyonlarının değerlendirme grafiği

Uygun versiyon grafikten de seçilebilir. Örneğin, bütün kriterlere göre en uygun versiyonu seçmek için "Genel" isimli diyagramda en tepe noktaya bakılır ki, buda 3. versiyondur.

6. SONUÇLAR

Bu makalede standart bilgisayar kullanılarak tasarlanmış ÇİFTYAK sistemi yapı versiyonları portlar açısından değerlendirilmiş ve en uygun yapı seçimi gerçekleştirilmiştir.

Bu amaçla veri iletim yöntemleri incelenmiş, bu yöntemleri gerçekleştiren portların analizi yapılmış, bu portların kullanımı ile versiyonlar tasarlanmış ve seçim kriterleri belirlenmiştir. Bu kriterlerin sayesinde bilgisayar kontrol sisteminin istenilen özelliklere (Güvenilirlik, Performans, Kontrol,

Maliyet ve Doğruluk) uygun yapı versiyonu seçilebilmektedir.

Bu makale, günlük yaşamımızda yüksek güvenilirlik gerektiren kontrol alanlarında, örneğin tıpta, banka sistemlerinde, kimya işletmelerinde, kömür ocaklarında vb. standart bilgisayarlarla arıza-kaldırılabilir kontrol sistemi yapılarını tasarlamak için portların kullanımı ile ilgili kurallar verilmiş, yapılar tasarlanmış ve uygun yapıyı seçmek için yöntemler önerilmiştir. Bu çalışma planlanan bir dizi araştırmaların bir başlangıcıdır. Bu çalışmanın sonuçlarını kullanarak çift yedeklenmiş arıza-kaldırılabilirlik özelliğine sahip kontrol sistemi tasarlanacak ve ayrı bir makale halinde yayınlanacak. Diğer bir çalışmada ise istenilen güvenilirlik seviyesine ulaşmak için standart bilgisayar ve portları, kontrol eden elemanı üç ve

daha fazla kat yedeklemek ve aynı zamanda bilgi toplama ve yerine getirme birim elemanlarını da uygun şekilde yedeklemek için araştırılarak, sistem yapıları tasarlanacaktır.

8. KAYNAKLAR

Avizienis, A. 1971. The STAR (Self-Testing-And-Repairing) Computer: An Investigation of the Theory and Praticce of Fault-Tolerant Computer Design. IEEE Trans. Computer, Vol. C-20, No. 11, pp. 1312-1321.

Avizienis, A. 1978. Fault-tolerance: The Survival Attribute of Digital Systems. Proceeding of the IEEE, Vol. 66, No. 10, pp. 5-25.

Axelsson, J. 1998. Serial Port Complete, Lakeview Research.

Axelsson, J. 1999. Parallel Port Complete, Lakeview Research.

Axelsson, J. 2001. USB Complete, Lakeview Research.

Borgerson, B. R. 1972. "A Fail-Softly System for Time-Sharing Use" **Digest 1972 International Symposium. Fault-Tolerant Computing**, Newton, M. A., pp. 89-93.

Bouricius, W., Carter, W., Jessep, D., Schneider, P. & Wadia, A. 1995. "Reliability Modeling for Fault Tolerant Computers," **Fault-Tolerant Computing**.

Downing, R. W., Nowak, J. S. and Tuomenoksa, L. S. 1964. No. 1 ESS Maintenance Plan. Bell Syst. Tech. J., Vol. 43, No. 5, Part 1, pp. 1961-2019.

Fox, G. C., Willims, R. D., Messina, P. C. 1995. Parallel Computing Works, Morgan Kaufmann Publishers, Inc., ISBN 1-55860-253-4.

Hopkins, A. L., Smith, T. B., Lala, J. H. 1978. FTMP-A. Highly Reliable Fault-Tolerant Multiprocessor for Air Craft. Proceeding of the IEEE, Vol. 66, No.10, pp.142-165.

Ihara, H. Fukuoka, K., Kubo, Y., Yokota, S. 1978. Fault-Tolerant Computer System With Three Symmetric Computers. Proceeding of the IEEE, Vol. 66, No. 10, pp. 1160-1170.

Katsuki, D. 1978. Pluribus- An Operational Fault-Tolerant Multiprocessor. IEEE, Vol. 66, No. 10, pp. 1146-1159.

Kuehn, R. E. 1969. Computer Redundancy: Design, Performance and Future. IEEE Trans. On Reliabilty, Vol. R-18, No. 1, pp. 3-11.

Maison, F. P. 1971. The MECRA: A Self-Repairable Computer for Highly Reliable Process. IEEE Trans. Computers, Vol. C-20, No. 11, pp. 1382-1393.

Meraud, C. and Browaeys, F. 1976. "Automatic Rollback Techniques of the COPRA Computers" **Proceeding 1976 International Symposium Fault-Tolerant Computing**, Pitsburg, PA.

Pradhan, D. K. 1996. Fault-Tolerant Computer System Design, Prentice Hall PTR.

Samedov R. and Temiz, M. 1999. "The Regular Features of the Faults in the Structure of the Computer Control Systems", **6th International Conference of the Control Problems for Safety of Complex Systems**, IPU RAN, Moscow.

Samedov, R. 1999. "An Approach to the Support of the Fault-Tolerance of the Double Redundant Computer Control Systems", **Second International Symposium on Mathematical&Computational Applications**, Baku.

Samedov, R., Çiftçi, A. 1998. "Gerçek Zamanlı Çalışan Çok-Bilgisayarlı Kontrol Sistemi İçin Arıza-Kaldırılabilirlik İşlemi", **2. Uluslararası Zeka İşleme Sistemleri Sempozyumu**, İMS'98, Sakarya, Türkiye.

Samedov, R., Çiftçi, A. 1998. Investigation and Desinging a Fault-Tolerant Prosedure for Control Computer System. Pamukkale University Engineering Collage, Journal of Engineering Sciences, Vol. 4, No 1-2, pp. 467-691.

Samedov, R., Mamedli E. M. and Sobolev, N. A. 1992. A Method for Localization of Byzantine and Non-Byzantine Faults. J. Automation and Remote Control, Vol. 53, No.5, pp.734-744.

Skalaroff, J. R. 1976. Redundancy Mangement Technique for Space Shuttle Computers. IBM J. Res. Devel. Vol. 20, No. 1, pp. 20-28.

Triebel, W. A. 1996. The 80386,80486 and Pentium Processor, Prentice Hall PTR.

Wensley, J. H., Lamport, L., Goldberg, J., Green, M.W., Levitt, K.N., Melliar, P.M.-Smith, Shostak, R.E., Weinstock, C. B. 1978. SIFT: Design and Analysis of a Fault-Tolerant Computer for Aircraft Control. Proceeding of the IEEE, Vol. 66, No. 10, pp.1240-1255.