



# PNÖMATİKTE ALANSAL VERİYOLU UYGULAMALARI

**Necip ÇAYAN**

## ÖZET

Endüstriyel otomasyon uygulamalarda kontrol edilen cihazlarının sayılarının artmasına paralel olarak klasik kablolu ve veri iletimi yöntemleri yerine gelişmiş dijital haberleşme sistemleri yaygınlık kazanmaya başlamıştır. Aslında “Alansal Veriyolu” kavramı otomasyon dünyasında çok da yeni bir teknoloji sayılmaz. Otomasyon senaryolarının karmaşıklaşmasıyla birlikte kullanılan tahrik/kontrol ve algılama elemanlarının sayısı artmış ve buna bağlı olarak konvansiyonel terminal kablo bağlantılı projeler hem işçilik bakımından yüksek maliyetli, hem de operasyon esnasında hata bulma / giderme açısından verimsiz olmaya başlamıştır. Daha az kablo ile daha fazla veri taşıyabilen ve veriyi sadece iletmekle kalmayıp durum/konum bilgisini de aynı hat üzerinden gönderebilen seri haberleşme protokolleri bu ihtiyaca cevap olarak karşımıza çıkmaktadır. Otomasyon sistemlerinin ayrılmaz bir parçası olan pnömatik kontrol elemanları da bu teknolojik gelişmelerden payını almış ve daha akıllı ve ölçeklenebilir sistemler üretilmeye başlanmıştır.

Bu çalışmada öncelikli olarak Alansal Veriyolu (Fieldbus) sistemlerinin çalışma prensipleri, analog ve dijital sinyal iletiminin temelleri, haberleşme sistematigi ve çeşitleri incelenecek, standart haberleşme protokolleri, ağ yapıları, sistem topolojileri ve özellikleri karşılaştırıldıktan sonra seri haberleşme protokolleri üzerinden haberleşen pnömatik valf sistemleri ve diğer pnömatik kontrol elemanlarının tipleri ve uygulamaları ile ilgili temel örnekler sunulacaktır.

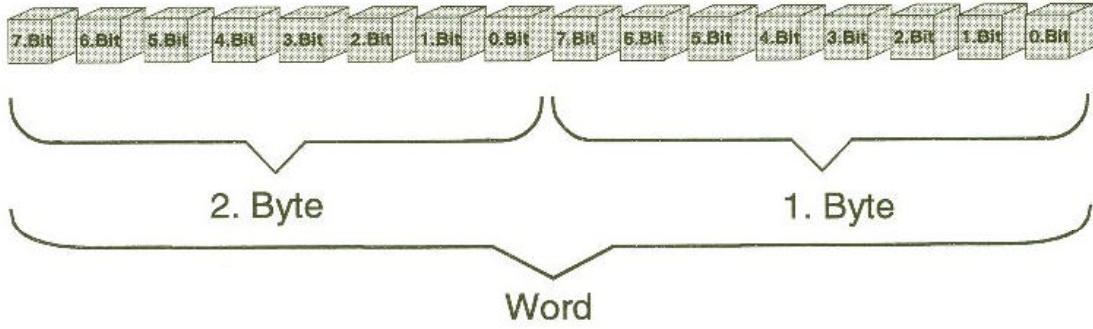
## 1. TEMEL KAVRAMLAR

### 1.1 Veri İletisimi

#### 1.1.1 İkili (Binary) Haberleşme Sistemi

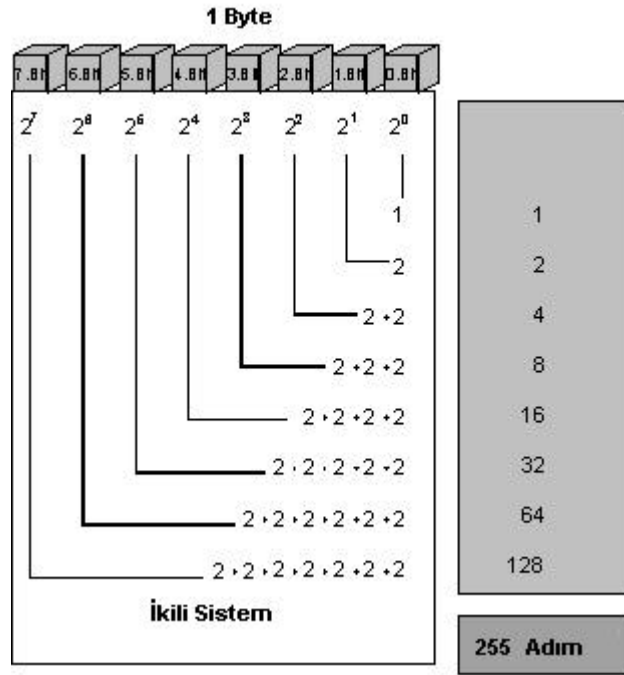
Elektronikte tüm veri haberleşme standardi temel olarak “1” ve “0” rakamlarından oluşmaktadır. Bu sistem ile oluşturulabilen anlamlı en küçük veri yığını BIT (İkili Değer) olarak adlandırılır. BIT sistemi ile herhangi bir anahtarlama elemanının AÇIK (1) veya KAPALI (2) konumları tanımlanarak örneğin pnömatik bir valfi kumanda eden röle elemanının durumu belirlenebilir.

PLC tarafından kumanda edilen bir pnömatik valf grubunun açma/kapama bilgileri de “1” ve “0” rakamlarından oluşan bilgiler olarak transfer edilir. Bir valfin açılıp kapanması aynı zamanda o valfe gerekli enerjinin gönderilmesi veya voltajın kesilmesi anlamını da taşır. Eğer valf 24V DC voltaj ile çalışıyorsa “0” konumu “0 V” veya düşük (LOW) sinyal, “1” konumu “24 V” veya yüksek (HIGH) sinyal olarak değerlendirilir.



**Sekil 1.1.** Bit - Byte - Word Kavramları

Tüm elektronik haberleşme sistemi elbette ki sadece açık/kapalı kombinasyonundan oluşmamaktadır. İçerik olarak sadece iki olasılıktan daha başka bilgilerin kullanıldığı durumlarda "0" ve "1" rakamlarının çeşitli kombinasyonlarından oluşan veri yığınları oluşturulur. Sekil 1.2'de 8 BIT ile oluşturulan BYTE ve iki BYTE ile oluşturulan WORD veri yığınları görülmektedir. İkili sistemde yer alan tüm veriler onluk (decimal) sisteme çevrilebilir. Sekil 1.2'de ikili ve onluk sistemin çevrilmesinde kullanılan temel matematik çözümlene yöntemi yer almaktadır.

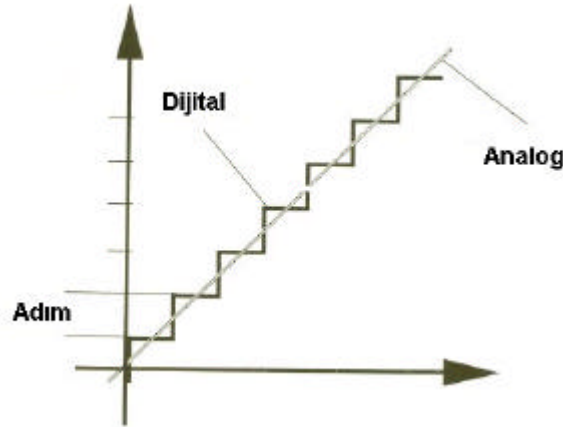


**Sekil 1.2.** İkili ve Onluk sistemde sayıların ifade edilmesi

Sadece "1" ve "0" rakamlarından oluşan 8 parçalık veri yığını (8 BIT = 1 BYTE) 0-255 aralığında bir değer içerebilmektedir. Bu rakam, 8 parçalık veri paketi ile ifade edilebilecek bilginin alt ve üst sınırlarını ve verinin çözünürlüğünü belirler. Örneğin 0..6 bar aralığında basınç regülasyonu yapabilen elektro pnömatik oransal basınç kontrol valfimizin 8 BIT kontrol sistemi olduğunu kabul edelim. Regülatörümüzün 2.59 bar basınç üretebilmesi için; Pset değeri " $255 \times 2,59 / 6,0 = 110$ " olarak sisteme gönderilmelidir. Ancak öncelikle onluk düzendeki bu değer ikili düzene çevrilmeli ve 8 basamaklı bir sayı olan "0110 1110" rakamı olarak cihaza gönderilmelidir.

### 1.1.2 Analog ve Dijital Sinyal

Doğrudan elektriksel olmayan basınç, sıcaklık veya pozisyon gibi değişkenleri çeşitli algılama elemanları ile ölçerken elde edilen veriler genellikle akım veya voltaj cinsinden analog değerler olarak ölçülür. Analog veri, belirli bir değer aralığında sürekli ve teorik olarak sonsuz sayıda değer alabilir. Dijital veri ise analog verinin aksine aynı ölçme aralığı içinde sadece belli değerleri alabilir ve kesintili ölçümler verir. Kullandığımız kontrol sisteminin ve ölçüm cihazının BIT değeri, ölçümü yapılan değer için çözünürlüğünü ve dolayısıyla ölçüm yapabileceğimiz minimum değer aralığını tayin eder.



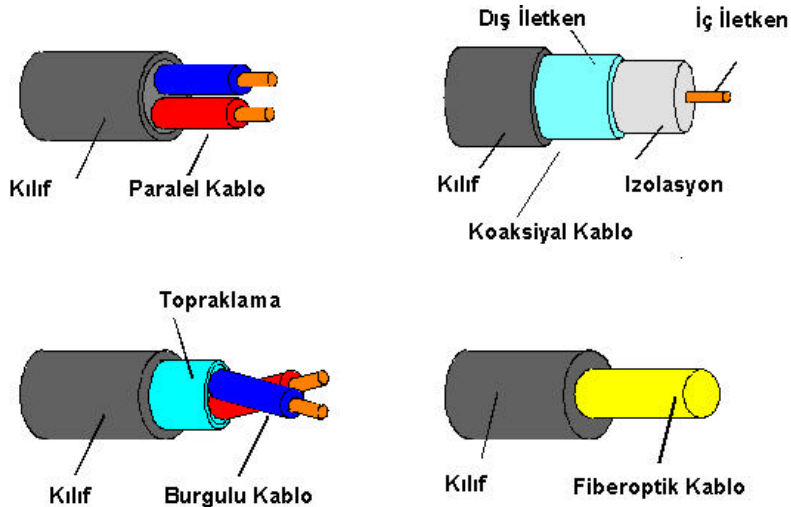
Sekil 1.3. Dijital / Analog değerler arasındaki farklar

### 1.2 Veri Aktarım Ortamları

Elektronik sistemlerde veri kablolar üzerinden aktarılır. Kablolar sinyal iletimi için gerekli iletişim ortamını sağlar. Haberleşme amacıyla kullanılacak kablo seçilirken aşağıdaki kriterler esas alınır.

- Aktarılacak verinin miktarı (aktarım hızı)
- Aktarım yöntemi (voltaj seviyesi)
- Aktarım mesafesi (kablo uzunluğu)
- Elektromanyetik gürültü (EMC güvenliği)
- Mekanik tasarım kriterleri

En çok kullanılan veri iletim yöntemlerinde kullanılan kablo tipleri Şekil 1.4'te yer almaktadır.



Sekil 1.4. Veri aktarımında kullanılan çeşitli kablolar

Paralel ve ko-aksiyal kablolar genellikle kısa mesafelerde veri aktarımı için kullanılırken endüstriyel uygulamalarda ve BUS sistemlerinde ekranlı kablolar ve fiber optik kablolar kullanılır. Bu kabloların karşılaştırmalı özellikleri aşağıda Tablo 1.1.'de yer almaktadır.

**Tablo1.1** Veri aktarım ortamlarının karşılaştırılması.

	Veri Aktarımı	Kablo Uzunluğu	EMC	Uygulama
Paralel Kablo	< 100 kbit/s	<1m	Çok Düşük	Bilgisayar Bağlantı Kabloları (Yazıcı)
Burgulu Kablo	<10Mbit/s	<1000m	Düşük	Telefon / Fieldbus Sistemleri
Koaksiyal Kablo	<100Mbit/s	<1000m	İyi	Radyo ve Televizyon
Fiberoptik Kablo	<100Mbit/s	<1000m	Çok İyi	Telefon / Fieldbus Sistemleri

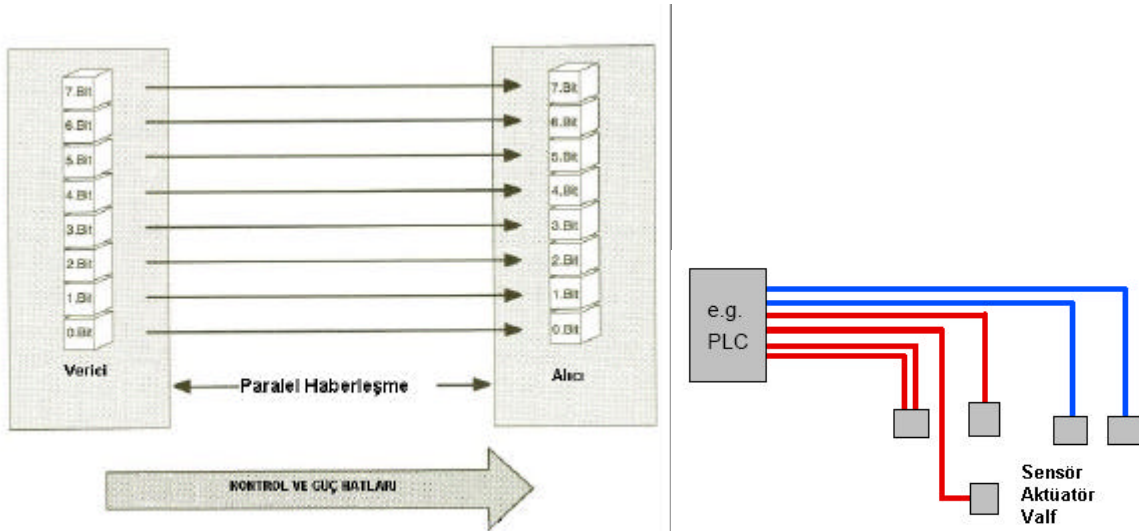
Elektronik veriler fiziksel olarak yukarıda belirtilen ortamlar üzerinden taşınır. Ancak taşınan verinin aktarım yöntemi farklı olabilir. Sinyallerin asimetrik veya simetrik olarak kablolar üzerinden voltaj değeri cinsinden iletildiği durumlarda sinyal iletim mesafesi oldukça sınırlıdır. Optik haberleşme ve fiber-optik kablo kullanımı durumunda sinyal mesafesi oldukça artacaktır.

### 1.3 Veri Aktarımı Yöntemleri

Veri aktarımı temel olarak iki alternatif yöntemle gerçekleştirilir. Gönderilecek sinyaller paralel veya seri olarak taşınır. Bu ayrım yapılırken taşınacak verinin kaç adet kablo ile yapılacağı ile ilgili herhangi bir sınıflandırma yapılmaz.

#### 1.3.1 Paralel Haberleşme

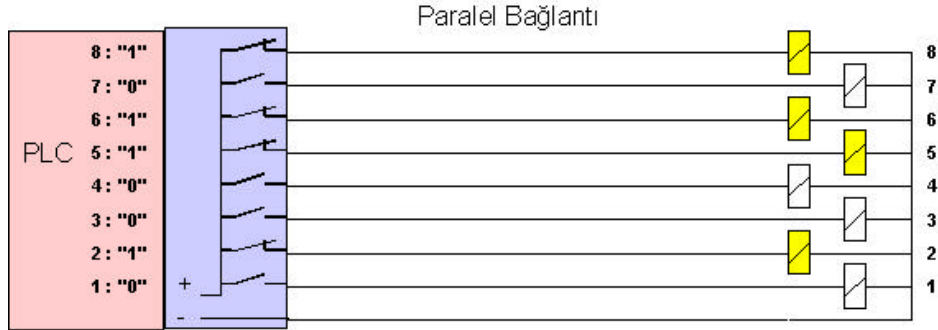
Paralel veri aktarımı ile ilgili örnek bağlantı tipi Şekil 1.5'te yer almaktadır. Verici ve alıcı taraflarında 8 adet bağlantı noktası bulunmaktadır. Bu tür bir bağlantı ile 8 BIT / 1 BYTE büyüklüğünde bir veri aktarımı yapılabilir. Sinyal aktarıldıktan belli bir süre sonra kesilerek başka sinyal moduna geçilmesi mümkündür.



**Şekil 1.5.** Paralel bilgi aktarımı

Paralel veri aktarımı örneği Şekil 1.6 üzerinde pratik bir örnekle görüntülenmektedir. Verici bölümü, herhangi bir PLC ünitesinin 8 adet çıkış verebilen çıkış modülüdür. Bu 8 adet vericinin karşılığında 8 adet alıcı mevcuttur. Konvansiyonel paralel kablolarla olarak adlandırılabilen bu yöntemde PLC ünitesinin her bir çıkış noktası ayrı bir selenoid valfi kumanda eden röle kontaklarını kumanda eder. Bu durum, özellikle çıkış sayısı arttıkça problem teşkil etmeye başlar. Herhangi bir verici ucunda sinyal olduğunda 24V DC enerji kumanda edilen valfi çalıştırarak belirli bir işlevi yerine getirecektir.

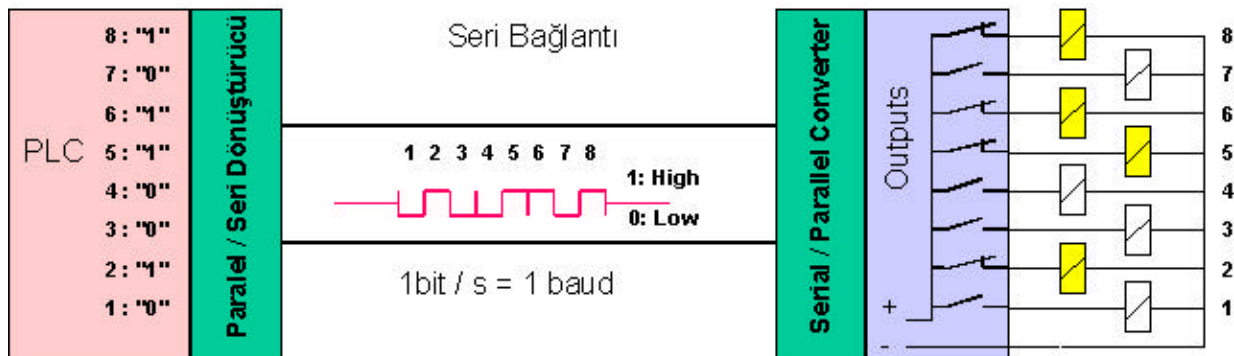
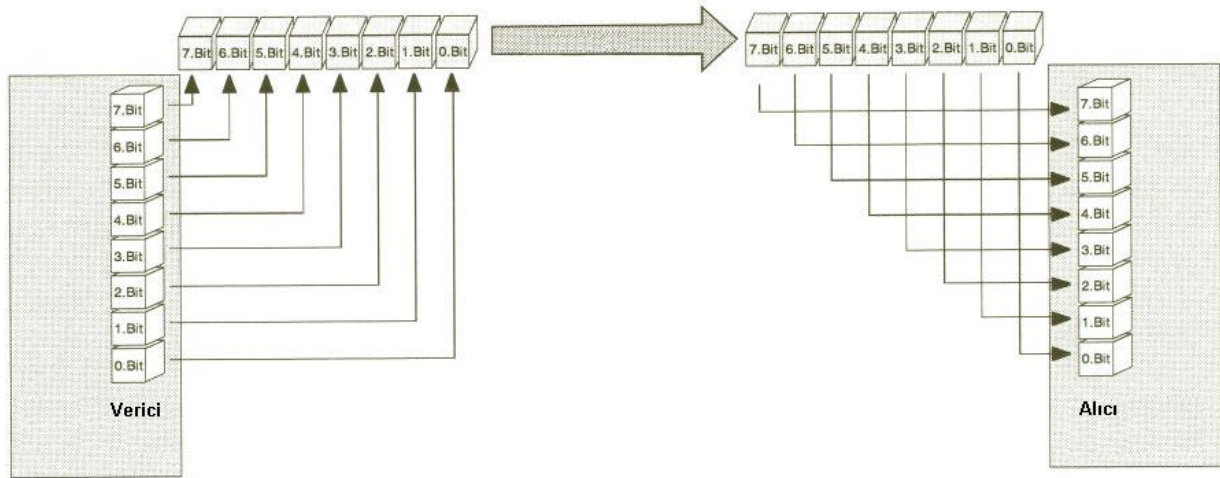
Tüm bobinlerin ortak bir geri dönüş ( - ) hattı mevcuttur. Tüm çıkışlar PLC tarafından her çevrim sonunda tekrar değerlendirilerek gerektiği takdirde değiştirilecektir. Valflerin enerjide kalma süresi yapılan programın içerigine ve gönderilen sinyalin tipine ve süresine bağlıdır.



Sekil 1.6. PLC çıkış modülü üzerinden yapılan paralel veri aktarımı

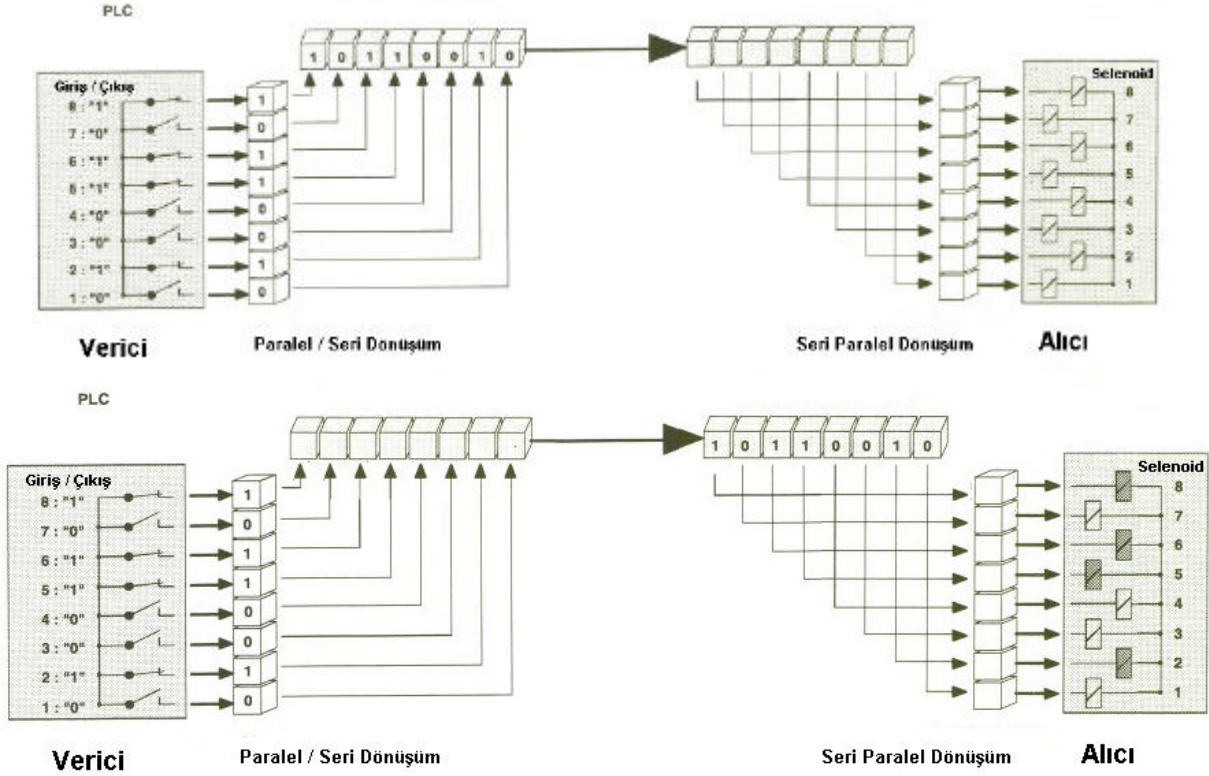
### 1.3.2 Seri Haberleşme

Seri veri aktarımı durumunda da esasında bilgi paralel veri yongaları (BIT) olarak üretilir. Ancak bu bilgi tek bir veri hattına indirgenerek iletilecektir. Bu amaçla iletmek istediğimiz bilgi kodlanarak tek bir hat üzerinden iletilebilecek şekle getirilmelidir. Bu işleme paralel-seri data dönüşümü adı verilir. Bu dönüşüm ve iletim işleminin hızı (BIT/s = BAUD) aynı zamanda veri aktarım hızını belirler.



Sekil 1.7. Seri bilgi aktarımı

Seri haberleşme yönteminde sadece kontrol bilgilerinin yanısıra start/stop bilgileri, kontrol verileri ve bazı özel uygulamalarda güvenlik bilgileri de aynı hat üzerinden taşınır. Böylece birden fazla kablo kullanımının önüne geçilir. Ancak tek bir veri hattı üzerinden taşınabilecek verinin miktarı ve hızı sınırlıdır.



**Şekil 1.8.** Paralel/Seri ve Seri/Paralel dönüşümleriyle gerçekleştirilen haberleşme

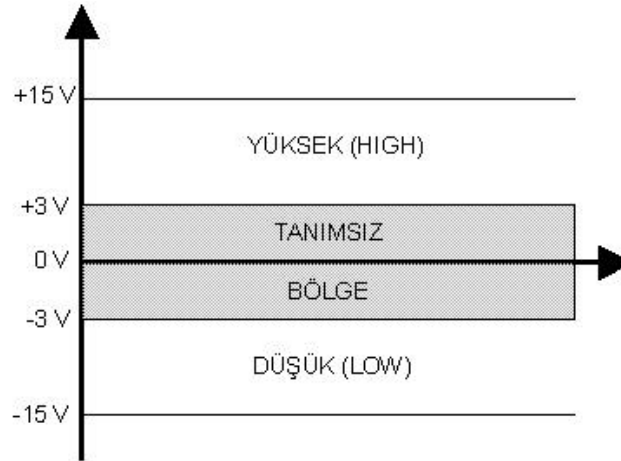
Seri haberleşme kaba bir ifadeyle KODLAMA ve KOD ÇÖZME esasıyla verici ve alıcı konumundaki cihazların aynı ortak dili konuşarak anlaşmasıdır. Verinin kodlanması, gönderilmesi, çözülmesi ve kontrol işlevinin yerine getirilmesi belirli bir süre gerektirir. İlk bakışta bu dezavantajdan dolayı seri haberleşme, paralel haberleşmeye göre yavaş gibi görünebilir. Ancak söz konusu gecikme, kodlama - kod çözme işlemleri kullanılan BUS sisteminin mimarisine ve kullanıcıların sayısına bağlı olmakla birlikte milisaniye mertebesinde (0.1-2ms) olduğu için pratik olarak ihmal edilebilir.

#### 1.4.Haberleşme Standartları

Tüm dünyada kabul edilen ve uluslararası standart haline gelmiş bazı haberleşme araçları vardır. Bütün üreticiler bu standartlar üzerinden haberleşme yaparak farklı marka ürünlerin birbirleriyle haberleşmelerine olanak sağlar. RS, "Recommended Standard" yani tavsiye edilen standart kelimelerinin kısaltmasıdır.

##### 1.4.1. RS232 Standardi

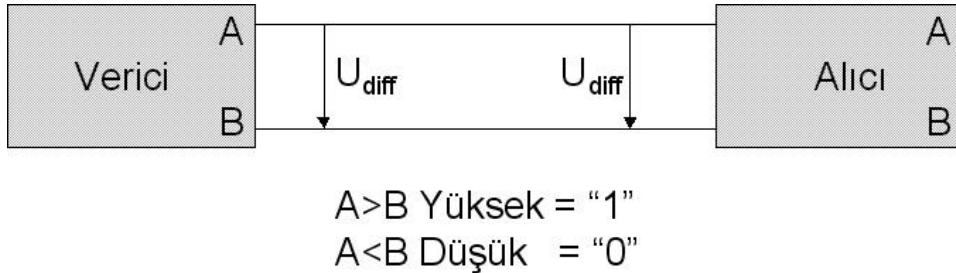
RS232 genellikle iki nokta arasında asimetrik haberleşme yapıldığı durumlarda kullanılmaktadır. +3/+15V aralığı yüksek (HIGH) sinyal, -3/-15V aralığı düşük (LOW) sinyal olarak kabul edilir. Bu standart genellikle kişisel bilgisayarlarda kullanılmaktadır.



Sekil 1.9. RS232 standardi sinyal seviyeleri

#### 1.4.2. RS485 Standardi

RS485 simetrik ve çok noktali bağlantıya ihtiyaç duyulan uygulamalarda kullanılır. Simetrik haberleşmede iki veri hattı arasındaki diferansiyel gerilim ölçülür. Sinyal aktarımı yapılan bir noktadan gelen voltaj farkı negatif olduğunda sinyal yüksek (HIGH), pozitif olduğunda düşük (LOW) olarak kabul edilir. RS485 ile teknik olarak 32 alt sisteme bağlantı yapılabilir. Bundan daha fazla noktaya bağlantı yapılması tavsiye edilmemektedir.



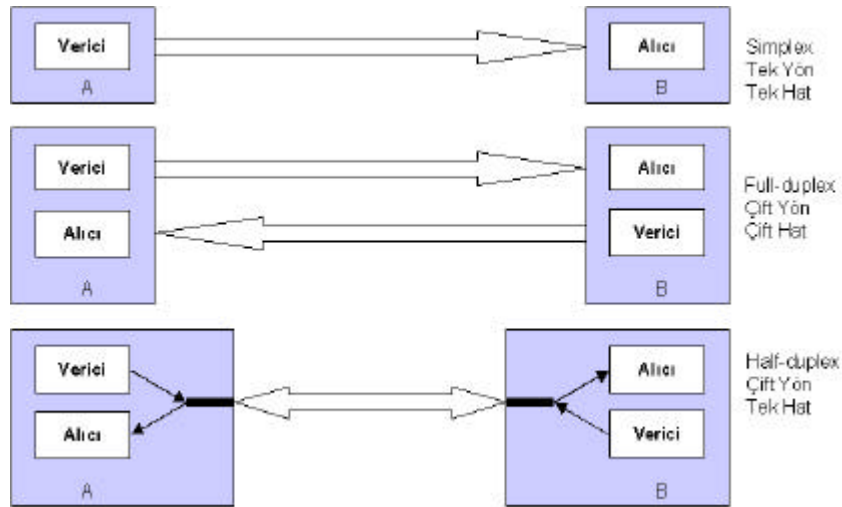
Sekil 1.10. RS485 standardi sinyal seviyeleri

#### 1.5 Haberleşme Protokolleri

Verici ve alıcı arasında hızlı, güvenli ve anlaşılabilir veri iletişimi gerçekleştirilebilmesi için kullanılan yazılım ve donanım göre bazı unsurların belirlenmesi gerekir. Haberleşme ile ilgili kuralların belirlenmesi ile haberleşme protokolü belirlenmiş olur. Herhangi bir protokole bilgi aktarımı ve kontrolü ile ilgili tüm detaylar belirlenmiş ve sabitlenmiştir. Alıcı ve verici cihazların belirli bir protokol üzerinden haberleşecek şekilde üretilmiş olması gerekmektedir. Bazı BUS sistem üreticileri sadece kendi haberleşme protokolleri için kullanılmak üzere entegre devreler (IC) üretirler. Örneğin Siemens Profibus-DP ve Phoenix Contact Interbus-S için kendi devrelerini üretilen piyasaya sunmaktadır. Bu protokolleri kullanacak olan sistem üreticileri bu elektronik devreleri kullanarak kendi ürünlerinin bu protokol üzerinden haberleşebilmesini temin edebilir. Protokol, kontrol edilen sistemin tüm elemanlarının haberleştiği ve birbiriyle konuştuğu ortak konuşma dili olarak değerlendirilebilir. Örneğin PLC belirli bir işlevi yerine getirmek üzere oluşturduğu çıkış bilgilerini kodlayarak kullanılan protokol üzerinden diğer çevre birimi aygıtlarına gönderir. Kullanılan protokole ve kodlamaya uygun elektronik donanımı bulunan valf grubu gönderilen kodlanmış veriyi çözümledikten sonra içeriğine göre bazı silindirlere hareket ettirir. Daha sonra silindirlere veya pozisyon ölçer cihazlardan gelen konum bilgileri aynı mantık ile kodlanarak geri gönderilir ve PLC bu geri besleme bilgilerini çözümler ve kontrol işlemlerini devam ettirir.

## 1.6 Veri Aktarım Yönü

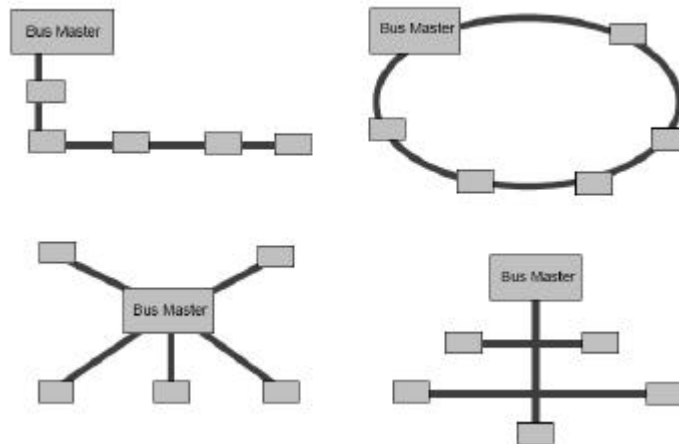
Veri aktarımı esnasında gönderilen bilginin hangi yönde ve hangi öncelikte gönderileceği de önemli bir kavram olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu öncelik birbirleriyle haberleşen cihazlar arasında tanımlanmalıdır. Aksi takdirde haberleşme önceliğinde karışıklıklar ve veri kaybı gibi sorunlar yaşanabilir. Temel olarak tek yönlü ve çift yönlü olmak üzere iki alternatif mevcuttur. Bu temeller üzerine kurulu üç ana haberleşme yönü vardır. Noktadan-Noktaya (Simplex), Çift Yönlü (Full Duplex) ve Kısmi Çift Yönlü (Half Duplex) tercih edilebilecek yöntemlerdir. Noktadan-Noktaya veri yönünde verici ve alıcı cihaz önceden belirlenmiş olup sadece tek bir yönde veri aktarımı mümkündür. Bu tip bağlantı genelde PC – yazıcı gibi alıcının geri besleme göndermediği durumlarda kullanılır. Ancak alıcı tarafın geri besleme sinyali gönderebildiği uygulamalarda diğer çift yönlü yöntemler kullanılmalıdır. Bu durumda alıcı cihazın aynı zamanda verici niteliğini de taşıması gerekir.



Sekil 1.11. Veri aktarım yönleri

## 1.7 Topoloji

BUS ağı içerisinde yer alan cihazların konumu ve birbirleriyle olan mantıksal ilişkileri ağın topolojik yapısı ile ilgili olan kavramlardır. Tüm ağ topolojilerinin temelinde noktadan noktaya bağlantısı olan sadece iki cihaz arasındaki bağlantı yatar. Ancak ikiden daha fazla cihazın bulunduğu durumlarda çok çeşitli ağ yapıları mevcuttur.



Sekil 1.12. Ağ topolojilerinin yapıları





### 1.7.1 Ağ Yapılı Bağlantı

Ağ yapılı bağlantı iki cihazın birbirine bağlı bulunduğu bağlantı yöntemidir. Bir arıza durumunda hatayı bulmak son derece kolaydır zira sadece bağlantı kablosu veya cihazlardan birisinde problem olabilir.

### 1.7.2 Lineer Bağlantı (BUS Bağlantısı)

Lineer bağlantıda tüm cihazlar tek bir hat üzerinden haberleşir. Tüm cihazlar ana hatta kısa kablolarla bağlıdır. Bu yöntemde kablolama ihtiyacını oldukça düşürür ancak, tüm cihazların ana BUS hattına erişim önceliklerinin belirlenmesi gerekir, zira aynı anda sadece tek bir noktadan veri aktarımı söz konusu olabilir. Tüm cihazlar bağlantı kurulmadan önce belirli bir numara alarak adreslenir. Her adrese bir çevrim süresi içinde sadece bir kez bilgi aktarılabilir veya geri besleme alınabilir. Sisteme bağlanabilecek cihazların sayısı sınırlı olup bu sınır kullanılan protokole göre değişmektedir. Profibus ve CAN protokolleri bu topoloji ile çalışan sistemlere örnek olarak verilebilir.

### 1.7.3 Halka Bağlantısı

Halka tipi ağlarda veri bir cihazdan diğerine aktarılarak ilerler. Bu topolojide de cihazların öncelik sıralamaları belirlenmektedir. Halka bağlantısında adresleme yapılmaz. Her cihazın adresi, halka yapısı içerisindeki fiziksel konumu üzerinden otomatik olarak belirlenir. Dolayısıyla tekrarlanan adresleme yapılması mümkün değildir. Bir cihaza her bir çevrim esnasında sadece tek bir komut iletilir. Halkaya bağlı cihazlardan herhangi birisinin bozulması durumunda tüm BUS hattı hata konumuna geçecektir. Interbus-S protokolü bu topoloji ile çalışmaktadır.

### 1.7.4 Yıldız Bağlantısı

Yıldız bağlantısı topolojisinde tüm cihazlara iletilen veri merkezi kontrol sistemi tarafından kontrol edilip yönlendirilir. Herhangi bir hatta oluşan arıza sadece o hattın ve cihazın hata konumuna geçmesiyle sonuçlanır ve diğer cihazlar çalışmaya devam eder. Sadece merkezi kontrol sistemi arızalandığında tüm sistem çalışamaz hale gelir. Yıldız bağlantı sistemini en büyük dezavantajı çok fazla kablolama gerektirmesidir.

### 1.7.5 Ağaç Bağlantısı

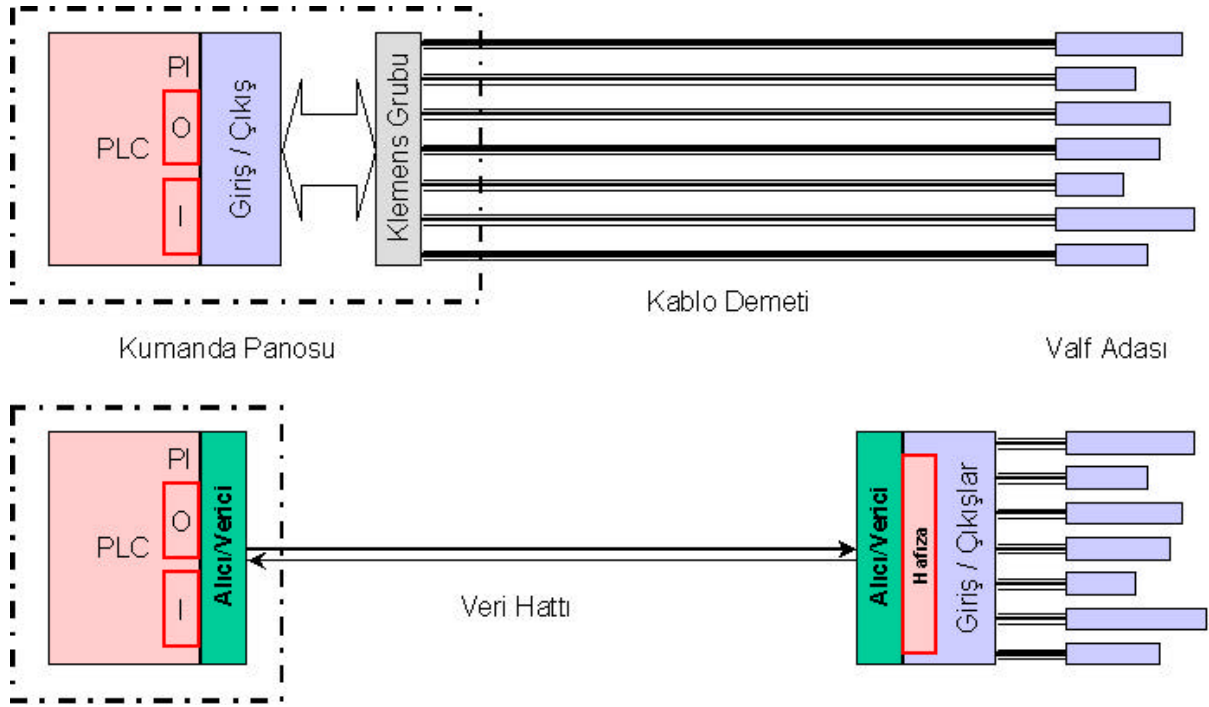
Ağaç bağlantı topolojisi hat tipi bağlantının daha gelişmiş hali olarak değerlendirilebilir. Hat tipi bağlantı tek bir doğrultu üzerinde bulunurken ağaç yapısında bir bölge/alan kontrol edilebilmektedir. Her cihaz, hat bağlantısında olduğu gibi sabit bir adres alır. AS-Interface, ağaç bağlantı topolojisi ile çalışmaktadır.

## 1.8 Erişim Kontrolleri

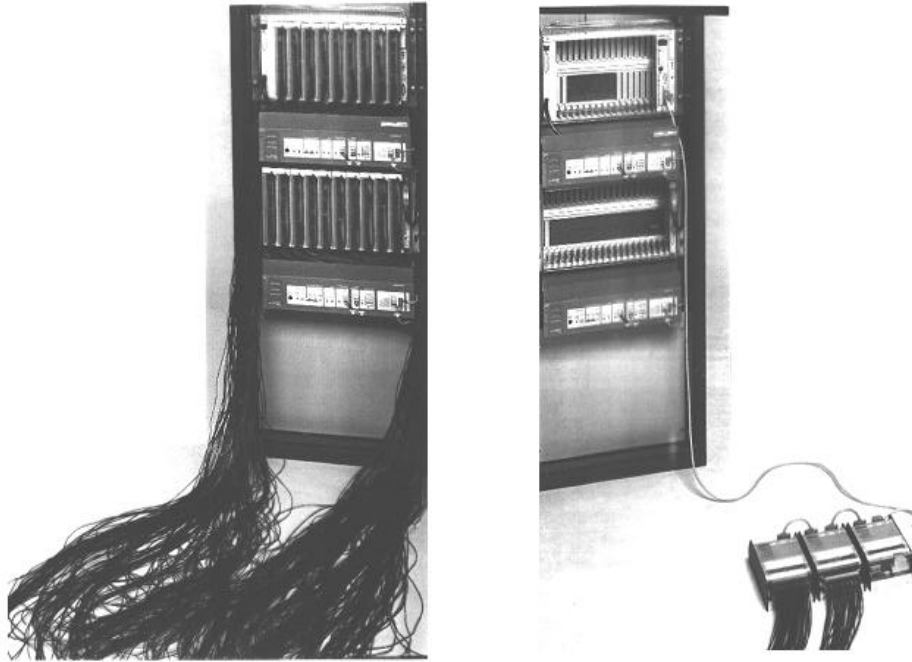
Topoloji yapısı içerisinde oluşturulan bağlantı tiplerinin tümünde kullanılan cihazlara erişim ve veri aktarımının kontrolü için sistemlere kontrol cihazları entegre edilmektedir. Her sistem içinde bir veya birden fazla denetleyici kontrol ünitesi mevcuttur. Bu kontrol sistemleri belirli bir sırayla sistemin düzenli ve kesintisiz çalışabilmesi için gereken veri akışı trafiğini denetler.

## 2. OTOMASYON KAVRAMI

Merkezi otomasyon sistemlerinde tüm elektrik ve pnömatik kontrol elemanları mümkün olduğunca merkezi bir noktada, ana kumanda panosunda toplanır. Bu tip bir kontrol sisteminde tüm valf ve sensörler 2 veya 3 kablo ile tek tek giriş/çıkış noktalarına bağlanmalıdır. Çok fazla sayıda kablo ciddi karışıklıklara sebep olabilir. Ayrıca her kablo için gereken birim maliyet ve en önemlisi işçilik giderleri özellikle büyük sistemlerde çok ciddi boyutlara varabilmektedir.



**Sekil 2.1.** Merkezi otomasyon sistemi haberleşme sistematigi (Paralel ve Seri)



**Sekil 2.2.** Paralel ve seri haberleşme yöntemlerine göre tasarlanmış merkezi kumanda panoları

Sekil 2.2'de merkezi otomasyon panosunda yer alan kablolama işçiliğinin yoğunluğu görülmektedir. PLC giriş/çıkış sinyalleri, güç bağlantıları, gerekli olan yerlerde röle bağlantıları, topraklama hatları v.s. gibi tüm bağlantılar merkezi pano üzerinden yapılmaktadır. Buradaki klemens terminallerinden bölgesel kontrol cihazlarına ayrıca kablolama yapılacaktır. Merkezi kontrol sistemi ancak sistemdeki tahrik ve algılama elemanlarının sayıca az ve birbirine yakın olduğu durumlarda verimli olmaktadır.

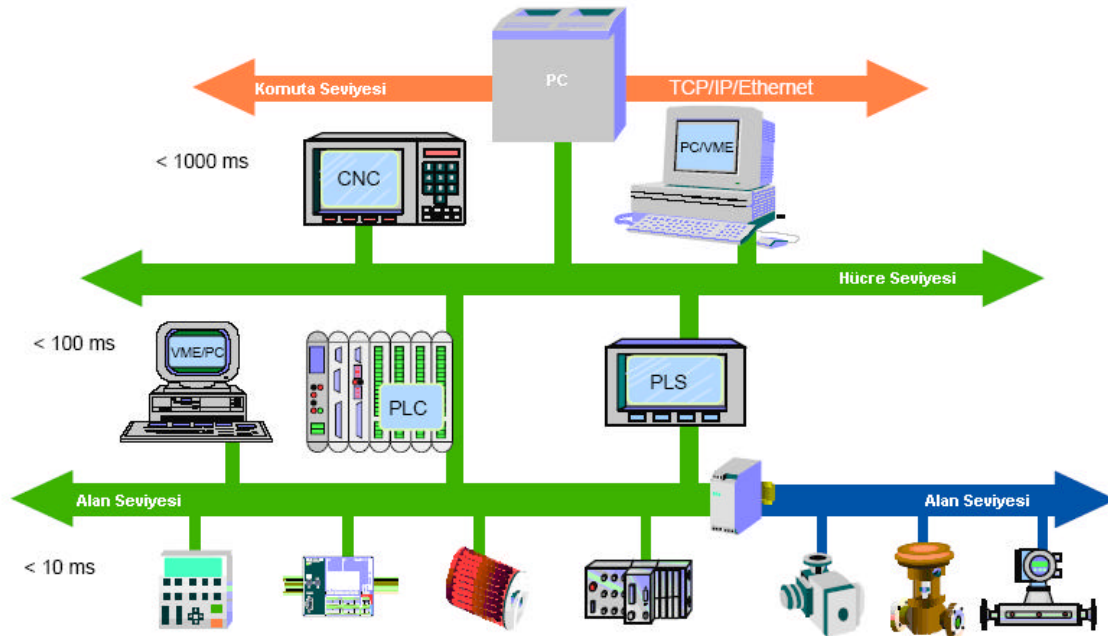
Merkezi olmayan sistem uygulamalarında giriş/çıkış blokları merkezi panodan sahadaki cihazların bulunduğu bölgelere taşınır. Bu çözümün tercih edilmesi durumunda BUS kablosu üzerinden haberleşme sağlanarak kablolama ihtiyacı ciddi bir şekilde azaltılabilir. Sistem paralel kablolamadan seri kablolamaya geçer. Sahadaki alıcı cihazların da gönderilen veriyi algılayıp çözümlenecek şekilde seçilmesi ve merkezi kontrol sistemi ile uyumlu olması gerekir. Bu tür bir sistem sayesinde kablolama işçiliği, montaj ve devreye alma işlemleri oldukça azalacak, hata bulma ve ayıklama işlemleri kolaylaşacaktır.

### 3. ALANSAL VERİYOLU (FIELDBUS) SİSTEMLERİ

#### 3.1 Fieldbus sistemlerinin sınıflandırılması

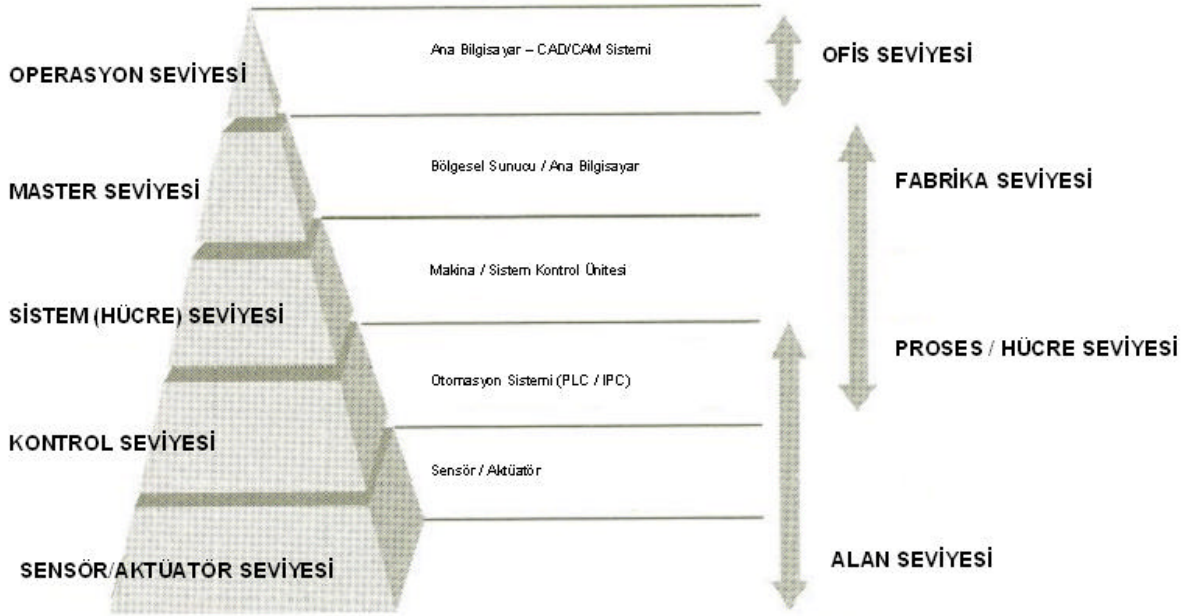
Otomasyon sistemlerinde tüm cihazlar arasında paralel veya seri haberleşme altyapısı mevcuttur. Alan Veri Yolu (Fieldbus) kavramında Alan/Saha olarak belirtilen bölge üretim sahası anlamını taşımaktadır. Modern dijital haberleşmenin de sağladığı avantajlar sayesinde Fieldbus sistemleri günümüzde uyarlanabilir ve montaj kolaylığı sağlayan alternatif çözümler olarak karşımıza çıkmaktadır.

Temel olarak BUS haberleşmesi farklı cihazlar arasında veri iletişiminin ortak data hattı üzerinden gerçekleştirilmesidir. Sistemin parçası olan alan cihazları tahrik elemanları, algılayıcılar ve diğer otomasyon ekipmanlarıdır.



**Sekil 3.1.** Endüstriyel kontrol sistemleri ve haberleşme hiyerarsisi modeli

Fieldbus sistemlerini sınıflandırmanın en kolay yolu piramit türü hiyerarsik sınıflandırma referansını kurmaktır. (Sekil 3.2) En alt seviye, tahrik ve algılama elemanlarını içerir. Bir üst kontrol seviyesinde algılayıcılardan gelen bilgileri derleyen ve tahrik elemanlarını denetleyen elemanlar bulunur. Sistem veya hücre seviyesi olarak adlandırılan bölgede birden fazla alt kontrol sisteminin düzenli çalışmasını sağlayan elemanlar bulunur ve üst seviye kontrol işlevleri bu düzeyde gerçekleştirilir. Daha üst seviyelerde aktif olarak iş gören ve haberleşen eleman sayısı azalmakta, ancak buna karşın aktarılan veri miktarı ve içerik bilgisi artmaktadır.



**Sekil 3.2.** Haberlesme hiyerarsi piramidi

Bir BUS haberlesme sisteminin verimliliği uygulama alanına ve özellikle transfer edilecek verinin büyüklüğüne bağlıdır. Sistemde doğrudan proses verileri ve algılayıcılardan gelen bilgiler dolabilir ve verinin büyüklüğü 100 byte ölçeğine kadar ulaşabilir. Sistemin haberlesme hızı ve bazı analog kontrol ünitelerinin cevap verme süreleri çeşitli uygulamalarda çok önem kazanabilmektedir. Bus sistemlerinde haberlesme süresi milisaniyeler mertebesinde olduğu için bu durum belirli bir seviyeye kadar problem teşkil etmez. Ancak haberlesme hiyerarsisi modelinde üstlere doğru çıkıldığında bu süre artma eğilimi gösterir.

### 3.2 Açık ve Özgün Sistemler

Bus sistemleri ile ilgili en temel ayırmalardan birisi de sistemin açık veya özgün mimariye sahip olup olmamasıdır. Açık mimarili sistemlerde üreticiler ilgili açık mimarili protokolün programlama yazılımlarını ve elektronik devre gibi donanımlarını temin ederek kendi ürettikleri cihazlara entegre edebilirler. Protokolü geliştiren imalatçılar, kendileri tarafından üretilmeyen bu cihazları çeşitli testlerden geçirdikten sonra uyumluluk sertifikası vererek kendi kontrol sistemlerinin alt parçası olarak kullanılabilmesini sağlarlar.

Bazı durumlarda haberlesme protokolünü ve sistemdeki haberlesmeyi temin eden elektronik parçaları geliştiren imalatçılar, söz konusu altyapıyı kapalı bir yapıda tutarak tüm bilgileri kendi bünyelerinde tutmayı tercih edebilirler. Bu durumda tüm çevre birimleri ve ilgili cihazların üretiminin de ana kontrol sisteminin imalatçısı tarafından yapılması gerekir. Özgün mimarili kapalı sistemler genellikle çok özel bir uygulama alanında belirli bir tecrübe ve bilgi birikiminin kullanıldığı durumlarda uygulanmaktadır. Tablo 3.1 açık ve özgün mimarili sistemler ile ilgili bazı örnek protokollere yer vermektedir.

**Tablo 3.1** Açık ve özgün (kapalı) mimarili sistemler

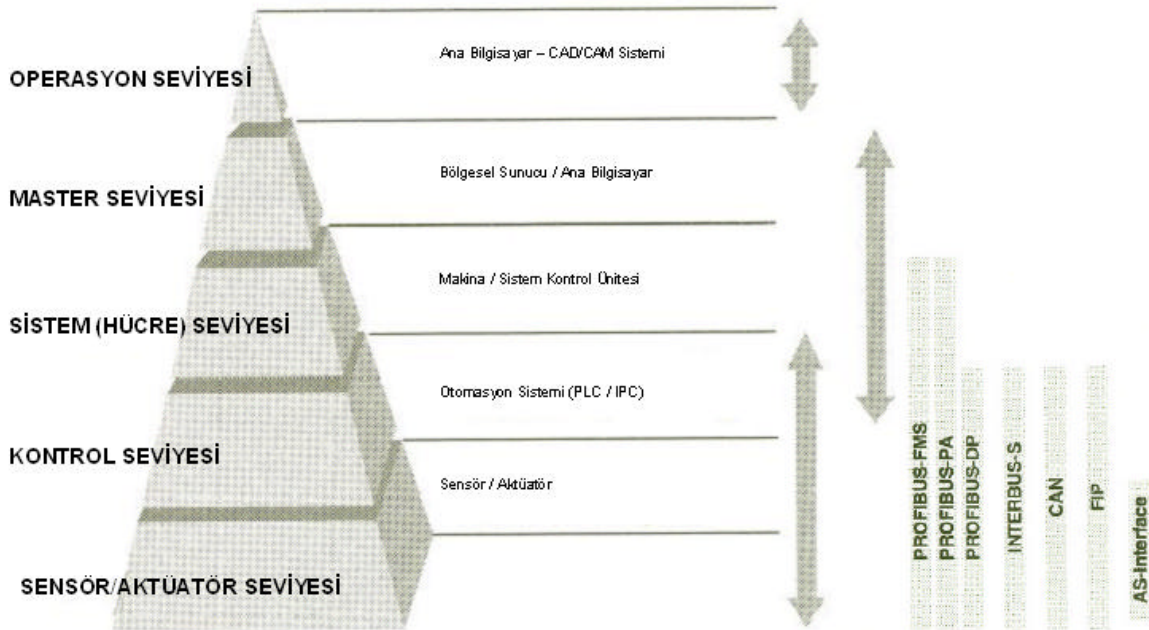
PROTOKOL	TANIMLAMA	ÜRETİCİ FIRMA
AÇIK MIMARI	INTERBUS-S PROFIBUS CANOPEN DEVICENET AS-INTERFACE FIP CAN LON	PHOENIX PNO/SIEMENS CIA ALLEN-BRADLEY ASI VEREIN/SIEMENS AEG-SCHNEIDER AUTOMATION INTEL/MOTOROLLA/PHILLIPS ECHELON/MOTOROLLA
ÖZGÜN (SPESİFİK) MIMARI	BECKHOFF I/O MELSEC SUCONET K ET 100 CS 31 REMOTE I/O MODNET	BECKHOFF MITSHUBISHI KLOCKNER MOELLER SIEMENS ABB ALEN BRADLEY AEG

### 3.3 Örnek Alansal Veriyolu (Fiedbus) Protokol ve Sistemleri

Bu bölümde yaygın olarak kullanılan dört farklı BUS sisteminin özellikleri incelenecek ve karşılaştırılacaktır. İncelenecek sistemler aşağıda listelenmektedir.

- AS-Interface
- PROFIBUS
- Interbus-S
- CAN

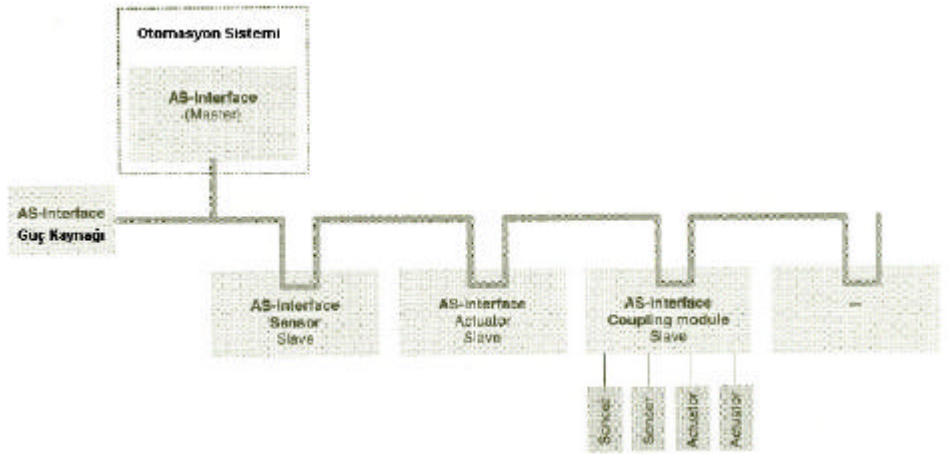
Bu sistemleri sınıflandırabilmek için hiyerarşik haberleşme modeline bakıldığında söz konusu protokollerin piramidin alt bölgelerinde yer aldığı görülecektir.

**Sekil 3.3.** Bazı BUS sistemlerinin uygulama alanları ve haberleşme düzeyleri

Tüm bu sistemlerin kendilerine has kullanıcı grupları ve müşterileri mevcuttur. Kullanıcı grupları, destekledikleri sistemi geliştirme, kullanıcıların yaşadıkları sorunlara ortak çözümler üretebilme ve teknik destek sunabilme gibi amaçlar için çalışırlar. Diğer sistem üreticileri ilgili BUS protokolü üzerinden haberleşebilen cihazları üretilip gerekli elektronik kontrol elemanlarını kendi ürünlerine entegre ettikten sonra yetkili laboratuvar veya test merkezlerinde onaylatarak kullanıcılara ulaştırırlar. Burada dikkat edilmesi gereken nokta, sistem imalatçıları tek bir protokole bağımlı olmak zorunda olmayıdır. Örneğin standart bir valf adası üreten pnömatik malzeme imalatçısı aynı ürünü sadece elektronik yapısını değiştirerek farklı BUS protokollerine uygun hale getirerek farklı tercihleri olan müşterilerine sunabilmektedir. Bir diğer dikkat edilmesi gereken nokta, bu bölümde incelenecek olan tüm protokollerin açık mimarili sistemler olduğudur.

### 3.3.1 AS Interface

AS Interface (Actuator – Sensor Interface) olarak adlandırılan sistem en alt seviye otomasyon düzeyinde oldukça basit bir altyapıyla tahrik ve algılama elemanları üzerinde uygulanmaktadır. Paralel kablolarla en basit alternatif olan sistem 11 farklı firma tarafından finanse edilen bir araştırma grubu tarafından geliştirilmiştir. Henüz tam anlamıyla standartlaşmaya gidilememiş olmakla beraber bu konudaki çalışmalar devam etmektedir. Yeni geliştirilen ürünlerle AS-I Bus üzerinden analog veri haberleşmesi de yapılmaya başlanmıştır.



Sekil 3.4. AS Interface Bus sistemin yapısı

AS-I son derece basit, ucuz ve aynı derecede güvenli bir sistemdir. Sistem merkezi kontrolör (master) ve buna bağlı maksimum 31 alt düzey kontrol sistemi bağlanabilir. AS-I denetleyicisi doğrudan ana otomasyon sistemine bağlanabildiği gibi bir başka sistemin alt sistemi olan mantıksal komponent grubu olarak da bulunabilir. Özel veri dönüştürücüleri ile Profibus DP sinyalleri AS-I formatına çevrilerek kullanılabilir. AS-I sisteminde temel olarak algılayıcılardan gelen sinyaller işlenir ve aktüatörleri kumanda eden valfler kontrol edilir. Bu amaca hizmet eden standart giriş/çıkış modülleri mevcuttur.



Sekil 3.5. Özel AS-I Kabloları

AS-I sisteminin en avantajlı yönü kurulumunun son derece kolay olmasıdır. Data ve voltaj aynı kablo üzerinden taşınır. Yüksek güç gerektiren yerlerde ayrı bir besleme kablosu çekilmelidir. AS-I sisteminde özel bir kablo kullanılır ve sisteme eklenen üniteler bu kablo üzerine “kablo isirma” metodu ile bağlanır. Sistem genelde ağaç topolojisi ile kullanılmakla birlikte lineer veya yıldız topolojisi veya bunların kombinasyonları tercih edilebilir. Kablo boyu 100 metre ile sınırlıdır ancak tekrarlayıcılar kullanılarak maksimum 300 metre mesafe içinde veri iletişimi gerçekleştirilebilmektedir. Sistemin kurulumu ve devreye alması son derece basittir.

### 3.3.2 Profibus

Profibus (Process Fieldbus) 3 adet varyasyon üzerinde kurulu bir sistemdir. Profibus ailesi alt seviye otomasyon cihazları ve kontrol elemanlarını kontrol edebildiği gibi proses kontrol cihazlarına da bağlanabilmektedir. Master seviyesine bağlantı da ayrıca mümkündür.

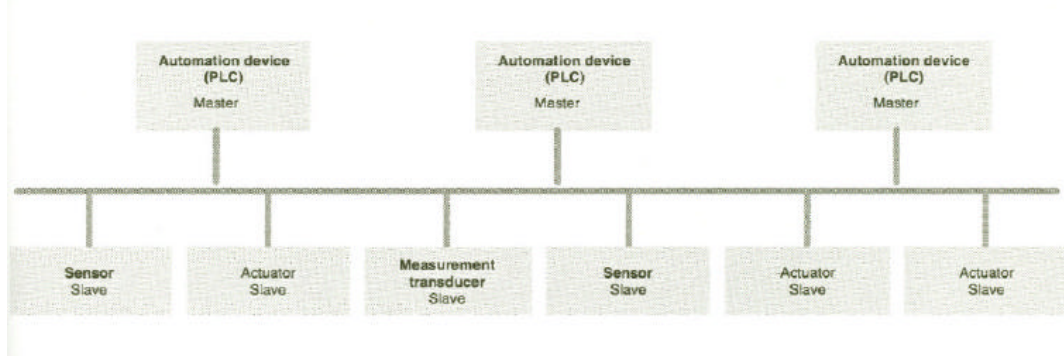
- PROFIBUS-FMS (Field Message Specification)
- PROFIBUS-DP (Decentralized Periphery)
- PROFIBUS-PA (Process Automation)

Profibus sistemi özellikle yüksek veri transfer kapasitesi sayesinde kontrol sistemi ile alt seviye aktüatör/sensör elemanları arasında son derece yüksek kapasiteli ve güvenli kontrol imkanı sağlar.

**Tablo 3.2** Profibus ailesinin uygulama alanları

BUS SİSTEMİ	UYGULAMA ALANI
PROFIBUS – FMS	Genel otomasyon Uygulamaya özel olarak geliştirilen profiller
PROFIBUS – DP	Üretim otomasyonu Bölgesel uçbirimler ile çok hızlı haberleşme yapılması gereken uygulamalar
PROFIBUS – PA	Proses otomasyonu Güvenlik gerektiren ve risk taşıyan prosesler

Profibus ailesi DIN ve EN bus standart sistemlerine standartlaştırılmıştır. Lineer topoloji üzerinden iki hatlı kablo ile haberleşen Profibus sisteminde kullanılacak maksimum kablo mesafesi taşınacak olan verinin büyüklüğü ile ters orantılıdır. 12Mbaud seviyesinde 100 metre sınırı varken 9.6kbaud seviyesinde 1200 metre kablo kullanılması mümkündür.

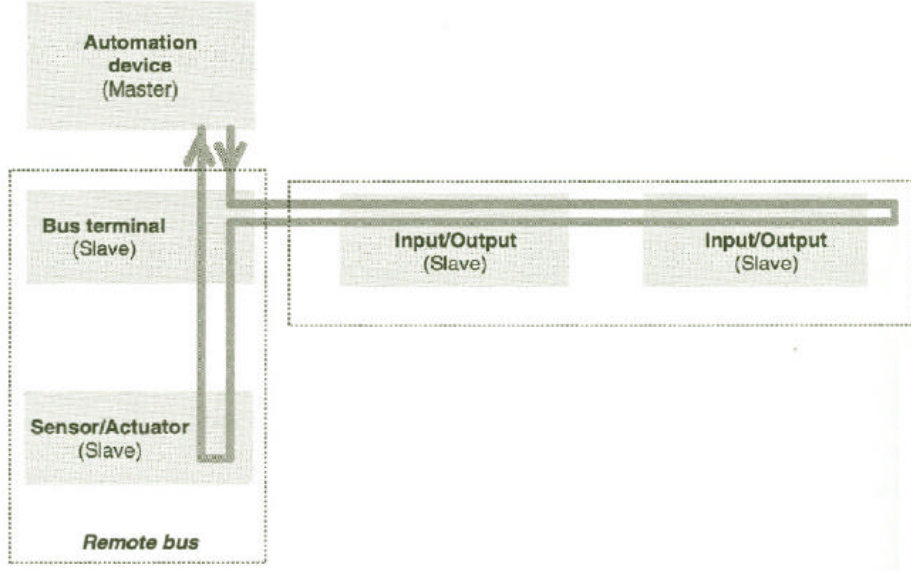


**Sekil 3.6.** Profibus sisteminin yapısı

Profibus sisteminde üst ve alt düzey kontrol elemanlarının erişim ve kontrol hakları belirginleştirilerek birbirinden ayrılmıştır. Tüm alt seviye cihazların ana data hattına erişimi “master” cihazlar tarafından denetlenir. Çevresel aygıtların ayrı ayrı kontrolü, sistem çalışırken aktif konumdan çıkarılması ve yine sistem çalışırken yeni cihazların eklenmesi mümkündür. Sistemin hata algılama özellikleri son derece gelişmiştir ve ağıın herhangi bir düzeyinde ve noktasındaki arıza belirlenebilir. Profibus ile tasarlanan kontrol sistemin PC veya programlama ünitesi ile bölgesel olarak çalıştırılabilir ve ölçeklenerek devreye alınabilir.

### 3.3.3 Interbus-S

Interbus S Phoenix Contact tarafından geliştirilen ve özellikle Almanya'da çok yaygın olan açık mimarili ve DIN normlarına göre standartlaştırılmış bir BUS sistemidir. Sistem kapalı halka topolojisi ile haberleşir. Data iletişimi çift yönlü olarak gerçekleştirilir ve asıl haberleşme hattı alt seviye gruplara ayrılarak ölçeklenebilir.

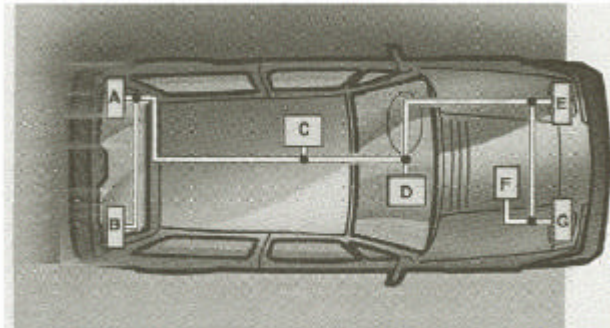


Sekil 3.7. Interbus-S sisteminin yapısı

Interbus sisteminde maksimum 12.8km uzunluğunda hatlar oluşturulabilir. Tasinabilen veri miktarı oldukça düşük olmakla beraber çok hızlı veri aktarımı yapılması mümkündür. Sistemin hata tanımlama özelliği bulunmakla beraber sınırlıdır.

### 3.3.4 CAN Bus

CAN (Controller Area Network) motorlu araçlardaki çeşitli kontrol işlemleri çift yönlü haberleşme yapabilecek ve elektromanyetik gürültülerden etkilenmeyecek bir sistem olarak geliştirilmiştir. Orta sınıftaki standart bir arabada yaklaşık 500 çeşit ve 2000m kablo bulunmakta ve bu kabloların toplam ağırlığı 100kg mertebesine ulaşabilmektedir. Sistemin araç üzerindeki kablo yoğunluğunu ortadan kaldırması, yüksek veri güvenliği sağlaması, hızlı erişim süreleri ve kısa kablo mesafeleri (max. 40m.) ile ucuz bir çözüm olması amaçlanmıştır.



Sekil 3.8. CAN sisteminin yapısı

CAN sistemi otomotiv endüstrisinden sonra ISO standardizasyonu ile birlikte otomasyon uygulamalarında da kullanılmaya başlamıştır. Lineer topoloji ile haberleşen sistem 1Mbaud





seviyesinde 40m, 10kbaud seviyesinde 5km mesafeye veri iletebilir. CAN mimarisinde birden fazla üst seviye kontrol elemanı bulunabilir. Klasik bus sistemlerinin aksine CAN sisteminde mesaj önceligi kavramı mevcuttur. Belirli bir bus istasyonu doğrudan diğer istasyonlara veri gönderebilir ancak bu gönderim işlemi denetlenir. CAN sisteminde sadece ihtiyaç duyulduğu anda veri aktarımı gönderildiği için ortalama veri iletişim yükü diğer sistemlere göre daha düşüktür.

CAN sisteminin en belirgin özelliği yüksek veri güvenliğidir. Bu güvenlik verinin birkaç hata denetleme mekanizmasından geçerek gönderilmesi ile elde edilir. Dolayısıyla sistemde hata tanımlama işlemi kolaydır.

### 3.4 Alansal Veriyolu Sistemlerinin Karşılaştırılması

**Tablo 3.2.** İncelenen fieldbus sistemlerinin karakteristik özellikleri ve karşılaştırma tablosu

	AS-Interface	PROFIBUS-DP	INTERBUS-S	CAN
Üretici Firma	Siemens	Siemens	Phoenix Contact	Intel / Phillips Motorolla
Kullanıcı Organizasyonu	AS-International Association	Profibus User Organisation	Interbus-S Club	CiA (CAN in Automation)
Standart	-	EN 50170	DIN 19258	ISO/DIS 11519-1 ISO/DIS 11898
Sertifikasyon	Var	Var	Var	Var
Mimari Tipi (Açık/Özgün)	Açık	Açık	Açık	Açık
Topoloji	Ağaç	Lineer	Halka	Lineer
Erisim Kontrolü	Master/Slave (Single Master)	Master/Slave (Token Passing)	DSR	Master/Slave (Multimaster)
Veri Formatı	4 bit Data 4 Bit Parametre	1-16 byte Data	Max. 512 byte	Max. 8 byte Data
Slave Sayısı	32	32	256	32
Slave Sayısı (Yükselticili)	32	122	256	2032
Veri Aktarım Hızı	167kbits/s	12000kbits/s	500kbits/s	1000kbits/s
Kablo Uzunluğu	100m	100m	12800m	40m
Voltaj Seviyesi	4V Data 24V/2A Güç	RS485	RS485	Diferansiyel

## 4. PNÖMATİK UYGULAMALARDA ALANSAL VERİYOLU (FIELD BUS) SİSTEMLERİ

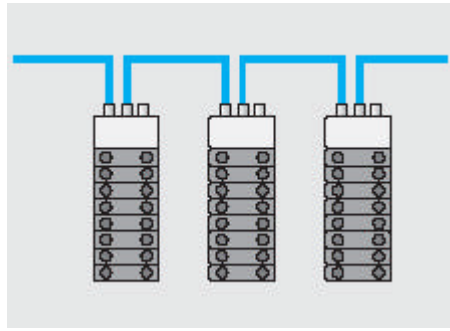
Fieldbus protokolleri sistemin haberleşme mimarisini belirlemekte ve veri iletişimini temin etmektedir. Fieldbus sistemlerinin en temel amacı kontrol işlevini yerine getirebilmektir. Ancak bu işlevi yerine getirebilmeleri için söz konusu haberleşme mimarisini destekleyen çeşitli donanımlar gereklidir. Bu donanımlar tercih edilen BUS protokolüne uygun olarak geliştirilir ve gerekli tüm elektronik altyapıları BUS üzerinden haberleşmeye uygundur.

Herhangi bir kontrol sisteminde elektronik haberleşme yapısı ile fiziksel kontrol elemanlarının aynı firma tarafından üretiliyor olması gibi bir zorunluluk yoktur. Örneğin pnömatik malzeme üreten bir firma valf grubunu kendisi tasarlarlarken elektronik sistemini bütün olarak BUS sistemini geliştiren firmadan alır veya elektronik devre elemanları olarak temin ederek kendi ürününe entegre eder. Aynı valf adası, sadece elektronik altyapısı değiştirilerek birçok farklı BUS protokolü üzerinden haberleşebilecek şekilde geliştirilebilir.

Malzeme üreticileri uygulamaların ve pazarın ihtiyaçlarına göre birçok alternatif çözümler geliştirmiştir. Aynı BUS protokolü üzerinden haberleşebilen birçok farklı ürün olabilir. Bu farklı alternatifler sistemin ihtiyaçlarına göre en uygun çözümü sunabilmek amacıyla sunulmakta ve ürün çeşitliliği artırılmaktadır. Bu bölümde çeşitli BUS protokollerine uygun olarak üretilen pnömatik ürünler ve bu ürünlerin yapıları incelenecektir.

#### 4.1 Doğrudan BUS Bağlantılı Sistemler

Doğrudan BUS bağlantısı olan kontrol sistemlerinde valf grupları bir bütün olarak ve tüm gerekli elektronik altyapıyı içerecek şekilde üretilir ve kullanıcıya sunulur. Valf grubunda yer alan elemanların sayı ve fonksiyonları projelendirme aşamasında belirlenmeli ve kullanılacak valf adasının fiziksel konfigürasyonu önceden belirlenmelidir. Genellikle valf grubunun ihtiyaca göre genişletilmesi ve yapısının değiştirilmesi kolay değildir.



**Sekil 4.1.** Doğrudan BUS bağlantı sistemi

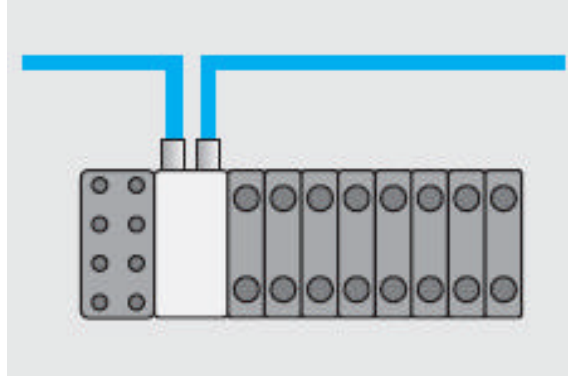
Bu sistemde herhangi bir ara kontrol cihazının kullanılmadan tüm bağlantılar doğrudan valf adası üzerinde toplanmaktadır. BUS protokolünün gerektirdiği tüm bağlantılar ve elektronik altyapı ada üzerinde mevcuttur. Dikkat edilmesi gereken bir diğer nokta da bu sistemde algılayıcılardan gelen konum bilgilerine yer verilmiyor olmasıdır. BUS sistemi valf adasına sadece dijital çıkış göndermekte, dijital veya analog girişler başka bir altyapı üzerinden tasınarak merkezi kontrol sistemine iletilmektedir.



**Sekil 4.2.** Doğrudan BUS bağlantısı mantığına göre geliştirilen valf adaları ve ilgili ürünler

## 4.2 Doğrudan BUS Bağlantılı Yarı Merkezi Sistemler

Doğrudan BUS bağlantılı merkezi sistemler doğrudan BUS hattına bağlanan Giriş/Çıkış modülleri olarak değerlendirilebilir.



**Sekil 4.3.** Doğrudan BUS bağlantılı merkezi sistem

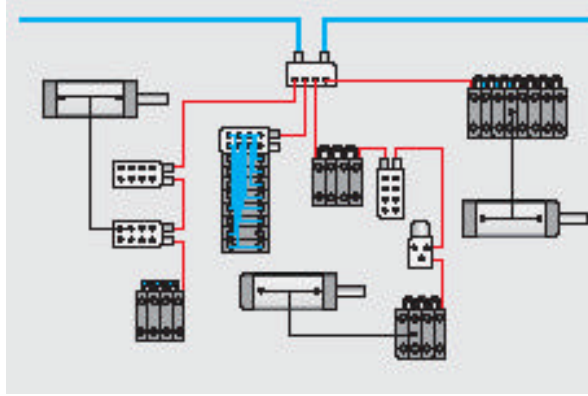
Standart BUS bağlantılı valf adası üzerinde aynı zamanda sensörler için gerekli girişler yer almaktadır. Bu girişler özellikle valfler tarafından kontrol edilen silindirlerdeki manyetik algılayıcılara göre tasarlanmıştır. Valf adası gelen dijital sinyalleri algıladığı gibi aynı zamanda merkezi kontrol sistemine dijital geri besleme gönderebilmektedir. Dolayısıyla sistemin elektronik altyapısında hem alıcı, hem verici türden devreler mevcuttur.



**Sekil 4.4.** Doğrudan BUS bağlantılı ve giriş modülü içeren valf grupları ve ilgili ürünler

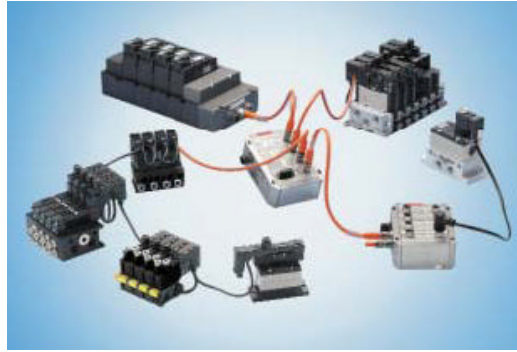
## 4.3 Modüler Kontrol Sistemleri

Modüler kontrol sistemi fonksiyon ve büyüklük olarak birbirinden çok farklı özelliklere sahip ürünlerin aynı yapı altında kullanılabilmesine olanak veren son derece esnek bir sistemdir. Modüler kontrol sistemiyle hem valf adaları, hem de özel köprülü soket bağlantıları ile tekil valfler aynı hat üzerinden kontrol edilebilir. Sisteme dijital giriş modülleri eklemek mümkündür.



**Sekil 4.5.** Modüler kontrol sistemi

Dikkat edilmesi gereken en önemli nokta, sistemin asil BUS hattı ile dahili haberleşme hattının birbirinden farklı olmasıdır. Aslında bu yapı sayesinde kullanılan cihazların türü ve sıralaması neredeyse sınırsız bir şekilde değiştirilebilmekte ve çok değişken ihtiyaçlara göre sistem ölçeklenebilmektedir.



**Sekil 4.6.** Modüler kontrol sistemi ile kurulmuş bir devre örneği

Sistemin en kuvvetli yönlerinden birisi akıllı köprülü soket bağlantıları ile teorik olarak her türlü valfi kumanda edebiliyor olmasıdır. Normal şartlarda BUS sistemlerinde kullanılmaya kesinlikle uygun olmayan ve hiçbir elektronik altyapıyı bünyesinde barındırmayan herhangi bir valf, bu teknoloji ile BUS haberleşmesine dahil edilebilmektedir.

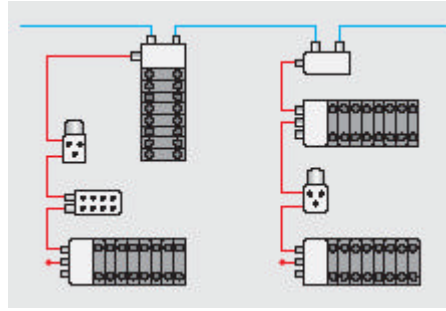


**Sekil 4.7.** Modüler kontrol sistemi ile çalışan bazı pnömatik malzemeler ve ilgili ürünler

Modüler kontrol sistemi bir anlamda “dağınık” kontrol sistemi olarak da tanımlanabilir. Özellikle tahrik elemanlarının çok farklı konumlarda bulunduğu ve kısmen geniş bir bölgeye dağıldığı yerlerde karşılaşılan bir çok soruna modüler sistem ile çözüm üretmek mümkündür. Projelendirmede en çok karşılaşılan problemlerden birisi de çok farklı çap ve boylardaki silindirlerin çok farklı geçirgenliklerdeki valfler tarafından kontrol edilmesi zorunluluğudur. Ancak modüler sistem yaklaşımı ile tüm ölçülerdeki valfler güç tüketimi değerlerinin uygun olması koşuluyla rahatlıkla projeye entegre edilebilir ve bu tür sorunların üstesinden gelmek mümkündür.

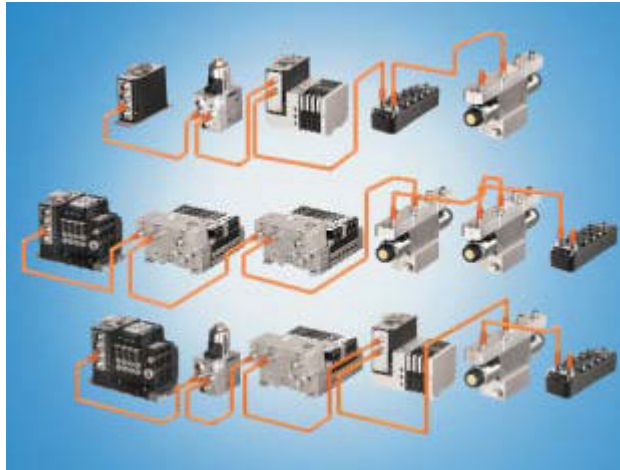
#### 4.4 Hata Algılamalı Modüler Sistemler

Hata algılamalı sistem, bir anlamda kullanılan BUS sisteminden ayrı olarak çeşitli hata tanımlama ve teşhis araçlarını kullanıcıya sunma amacını taşımaktadır. Sistemin öncelikli amacı elbette ki valfleri ve dolayısıyla tahrik elemanlarını kontrol etmektir. Ancak çeşitli uygulamalarda talep edilen bazı hata tanımlama özellikleri sistemi oluşturan elektronik cihazlar tarafından yapılmaktadır.



**Sekil 4.8.** Hata algılamalı modüler sistem

Sistem, modüler kontrol sistemi gibi esnek bir yapıya sahip değildir. Sadece valf adaları ve oransal basınç kontrol valfleri kumanda edilir. Yapı olarak modüler kontrol sistemi gibi asıl BUS hattı ile dahili haberleşme ve kontrol hattı birbirinden bağımsızdır.



**Sekil 4.9.** Hata algılama özelliği bulunan bir sistem örneği

Bu sistemin en farklı yönlerinden birisi analog girişlerin yapılabilmesini sağlamaktır. Hata algılama özelliği ve ilgili hata mesajları kullanılan BUS sisteminden bağımsız ve gerekli donanımın kullanılması durumunda PLC üzerinden geçilerek anlaşılır hata mesajları görüntülemek mümkün olabilir.

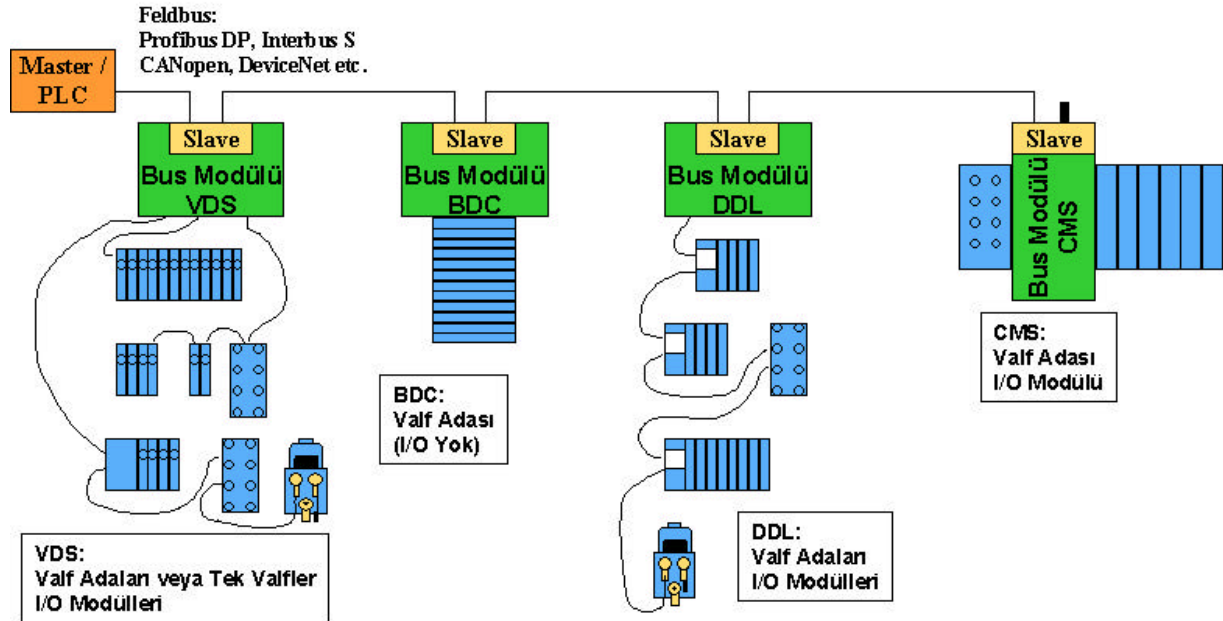


**Sekil 4.10.** Hata algılamalı modüler sistemde kullanılan bazı pnömatik malzemeler ve ilgili ürünler

#### 4.5 Seri Haberleşmeye Uygun Pnömatik Ürünler ve Temel Seçim Esasları

Herhangi bir kontrol sisteminin hangi esaslara göre seçilmesi gerektiğini söyleyebilmek ve sistemin mimarisine karar verebilmek kolay bir süreç değildir. Zira kontrol sistemlerinde, elektronik ve mekanik bir bütün olarak projelendirilir ve seçim yapabilmek için birçok sorunun cevabının belli olması gerekir.

Benzer sorunlar ve seçim yapma zorluğu pnömatik malzemeler için de geçerlidir. Eğer kontrol sisteminde haberleşme seri olarak yapılacaksa önce hangi protokol üzerinden veri iletişimi yapılacağı belirlenecek, ancak süreç bu noktada kesinlikle bitmeyecektir. Diğer birçok çevre birimiyle beraber hangi pnömatik sistemin ve hangi türünün uygulanacağı kararlaştırılmalıdır.



**Sekil 4.11.** Seri haberleşme protokolleri kullanabilen çeşitli pnömatik sistem örnekleri



Karar verme sürecinde etkili olabilecek birçok faktör mevcuttur. Ancak en temel olarak sistemde kullanılacak olan valflerin türü, esnek ve çeşitliliği bulunan bir çözüm ihtiyacı olup olmadığı, hata algılama özellikleri, dijital girişlerin kullanımı v.b. kriterlere göre seçim yapılabilir. Bu süreçte kesinlikle unutulmaması gereken nokta BUS protokollerinde belirli standartlar bulunmasına karşın pnömatik ürünlerin yapıları ve özellikleri için benzer bir standardın olmayışidir. Her ne kadar aynı protokolü de kullanıyor olsa ve seri haberleşmede hiçbir problem çıkarmadan kullanılabilme ihtimali bulursa da kullanıcıya sunulan çözümler çok farklı olabilmektedir. Öncelikle tercih edilen BUS sistemi ile uyumlu çalışabilecek olan birden fazla çözüm bulunmaktadır. Ayrıca bazı pnömatik malzeme ve sistem tedarikçileri bölgesel pazarlardaki etkinliklerinden, belirli uygulamalardaki tecrübelerinden veya BUS protokollerini geliştiren firmalarla ve kullanıcı gruplarıyla olan iyi ilişkilerinden dolayı bazı BUS protokolleri için çok çeşitli ve esnek alternatifler sunabilmektedir. Kullanıcıların yapması gereken, uygulayacakları BUS protokolünü belirledikten sonra malzeme desteğiyle beraber sistem desteği de alabilecekleri bir pnömatik tedarikçisi seçerek kullanılacak pnömatik malzemeleri birlikte belirlemektir. Aksi takdirde haberleşme veya BUS protokolüne uygunluk açısından hiçbir problem olmamasına rağmen performans olarak beklentilerin altında kalan veya gereksiz yere pahalı olan bir sistemin kullanılması riski oluşabilir.

## SONUÇ

Endüstriyel elektronik kontrol sistemlerinin yaygınlaşması ve kontrol işlevlerinin karmaşıklaşması paralelinde kumanda panosu ile kontrol cihazları ve algılama elemanlarının kablo bağlantılarının miktarı son derece artmıştır. Henüz fiyat mertebeleri sebebiyle her türlü uygulamada yer alamamalarına rağmen özellikle I/O sayısı fazla olan sistemlerde son derece yaygın bir kullanım alanı mevcuttur. Zira klasik paralel kablolu için harcanan işçilik ve malzeme giderleri belirli bir noktadan sonra çok daha zahmetli ve pahalı olabilmektedir.

Türkiye’de üretilen makineler açısından değerlendirme yapıldığında, bu sistemlerin uygulamalarının henüz oldukça az olduğu görülecektir. Ancak bu trend değişime eğilimindedir ve yerli makina imalatçıları da teknolojiye ayak uydurarak BUS sistemlerini projelerinde uygulamaya başlamıştır. Bu uygulama sürecinde sektördeki tedarikçi firmaların sadece malzeme değil sistem üretebilen ve bilgi desteği de verebilen bir yapıya bürünerek imalatçılara destek olmaları son derece önemlidir. Bu tür sistemlerin uygulanması ihtiyaç-bilgi-maliyet üçgenindeki dengeye bağlıdır. Türk makina imalat sektörü son yıllarda çok ciddi aşamalar kaydetmiş ve teknolojiye yatırım yapan ve uygulamaya çalışan bir sığe bürünmüştür. Maliyet aygınının kabul edilebilir seviyelere gelmesiyle ve malzeme/uygulama bilgisine sahip firmaların sektöre vereceği destek sayesinde karmaşık gibi görünen bu teknolojinin uygulanması daha kolay olacaktır.

## KAYNAKLAR

- [1] Meineke, M. – “Fieldbus Technology in Pneumatics” – Bosch Rexroth Pneumatics
- [2] Basic Pneumatics Trainer Vol.II – Bosch Rexroth Pneumatics

## ÖZGEÇMİS

### Necip ÇAYAN

1976 yılında Eskişehir’de doğdu. 1998 yılında O.D.T.Ü. Makine Mühendisliği bölümünden mezun oldu. 1998-2000 yılları arasında Sayisal Grafik Ltd.Sti. mekanik tasarım yazılımlarından sorumlu ürün sorumlusu olarak görev yaptı. Halen Bosch Rexroth A.S. Pnömatik bölümünde proje ve satış mühendisi olarak görev yapmaktadır.