

**ENDÜSTRİYEL VERİ İLETİŞİM SİSTEMLERİ
VE BİR PROFIBUS UYGULAMASI**

100992

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Elektrik Müh. Canan H. YİĞİT
Enstitü No: 504980022011

100992

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 5 Haziran 2000

Tezin Savunulduğu Tarih: 23 Haziran 2000

Tez Danışmanı:

Doç.Dr. Salman KURTULAN

Diğer Jüri Üyeleri

Prof.Dr. Atilla BİR

Prof.Dr. Ahmet KUZUCU

HAZİRAN 2000

ÖNSÖZ

Endüstriyel otomasyon sistemlerinde çok önemli yer tutan endüstriyel veri iletişimi konusunda gerekli donanımı ve laboratuvarında çalışma olanağı sağlayan, çalışmamı yönlendiren danışman hocam Doç. Dr. Salman KURTULAN'a, ayrıca öğretim hayatım boyunca bana her konuda destek olan aileme teşekkürü bir borç bilirim.

Haziran 2000

Canan H. YİĞİT



İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR	v
TABLO LİSTESİ	vii
ŞEKİL LİSTESİ	viii
ÖZET	ix
SUMMARY	x
1.GİRİŞ	1
2.İLETİŞİM STANDARTLARI VE PROTOKOLLER	4
2.1.Giriş	4
2.2.IEEE-488 Arabirim Standardı	4
2.3.EIA.232.D Arabirim Standardı	5
2.4. İletişim Protokolleri	6
2.4.1. Karaktere Yönelik Protokoller (Character-oriented Protocols)	8
2.4.2. Bite Yönelik Protokoller (Bit-oriented protocols)	9
2.4.3. Bloğa Yönelik Protokoller (Block Oriented Protocols)	9
2.5. Açık Sistem Arabağlaşım Modeli (OSI)	10
2.5.1.Açık Sistem Arabağlaşımın Temelleri	10
2.6. Yüksek Düzey Veri Bağlantı Kontrolü	13
2.7. Veri Kablosu Türleri	14
2.8. Bit Kodlaması	15
2.9. Taşıyıcı Modülasyonu	16
2.10. Zaman Senkronizasyonu	16
2.11. Telefon Ağı ve Modemler	17
2.12. Yerel Alan Ağları (Local Area Network)	18
2.12.1. IEEE 802.3 Ağı-Ethernet	19
2.12.2. IEEE 802.4 Ağı-Token Veriyolu (Bus)	20
2.12.3. IEEE 802.5 Ağı-Token Halkası (Ring)	21

2.13. Saha Veriyolu Çeşitleri (Fieldbuses)	22
3.PROFIBUS	26
3.1. Giriş	26
3.2. Temel Özellikleri	27
3.3. ISO/OSI Modelinde PROFIBUS' ın Yeri	30
3.4. PROFIBUS Uygulama Alanları	31
3.5. İletişim Ortamı (Katman 1)	32
3.6. Veri İletim Katmanı (Katman 2)	35
3.6.1. Paket (Telegram) Yapısı	35
3.6.2. İstasyon Ekleme ve Çıkarma	37
3.7. PROFIBUS –DP' nin Uygulama Katmanı	38
3.7.1. Güvenli Hata Modu (Fail Safe Mode)	41
3.8. PROFIBUS-DP Uydunun Durum Makinası (state machine)	42
3.9. Veriyolu zamanlaması	44
3.10. Mesaj ve Veriyolu Çevrimlerinin Hesaplanması	45
3.10.1. Paket Sıralaması	47
3.10.2. İstasyon adresi değiştirme	48
3.10.3. Tanılama Talebi	48
3.11. Sistem Açısından Tanılama Süreci	50
3.11.1. Parametresel Paket	50
3.12. PROFIBUS-DP Profilleri	52
3.13. GSD Dosyası Oluşturma	52
4. BİR PROFIBUS AĞI UYGULAMASI	55
4.1. Giriş	55
4.2. İletişim Ağının Kurulması	55
4.3. İletişim Sisteminin Çalışma Özellikleri	59
5.SONUÇ	63
KAYNAKLAR	64
ÖZGEÇMİŞ	65

KISALTMALAR

ATE	: Automatic Test Equipment
CPU	: Central Processing Unit
CSRD	: Cyclic Send and Request Data
DA	: Destination Adress
DCE	: Data Communication Equipment
DP	: Decentralized Periphery
DSAP	: Destination Service Access Point
DTE	: Data Terminal Equipment
DU	: Data Unit
ED	: End Delimeter
EIA	: Electrical Industries Association
EOT	: End of Transmission
ETX	: End of Text
FC	: Function Code
FCS	: Frame Checking Sequence
FDM	: Frequency Division Multiplexing
FIP	: Factory Instrumentation Protocol
FMS	: Fieldbus Message Specification
HAS	: Highest Adress of Station
HD	: Hamming Distance
HDLC	: High-Level Data Link Control
I/O	: Input/Output
ISO	: International Organization for Standardization
IEEE	: Institute Of Electrical and Electronics Engineering
LAN	: Local Area Network
LE	: Length of the Net Data
Ler	: Repetition of Length
LLC	: Logical Link Control

MAC	: Medium Access Control
MAP	: Manufacturing Automation Protocol
MSB	: Most Significant Bit
NRZ	: Non-Return to Zero
NS	: Next Station
OSI	: Open Systems Interconnection
PROFIBUS	: Process Fieldbus
RS	: Recommended Standard
RZ	: Return to Zero
SA	: Source adress
SAP	: Service Access Points
SD	: Start Delimiter
SDA	: Send Data with Acknowledge
SDLC	: Synchronous Data Link Control
SDN	: Send data with no Acknowledge
SOH	: Start of Header
SRD	: Send and Request Data with Acknowledge
SSAP	: Source Service Access Point
STX	: Start of Text
SYN	: Synchronization
TDM	: Time Division Multiplexing
TOP	: Technical and Office Protocol
TS	: This Station
WAN	: Wide Area Network

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 3.1	RS-485 teknolojisinin temel özellikleri..... 28
Tablo 3.2	IEC 1158-2 iletişim teknolojisinin özellikleri..... 29
Tablo 3.3	ISO/OSI Modeli..... 30
Tablo 3.4	Haberleşme Sistemi için Gerekli Veriler..... 32
Tablo 3.5	İletken Parametreleri..... 32
Tablo 3.6	İletken Uzunlukları..... 33
Tablo 3.7	Veri Yolu Konnektörü..... 33
Tablo 3.8	SD1 Paketi..... 36
Tablo 3.9	SD2 Paketi..... 37
Tablo 3.10	SD3 Paketi..... 37
Tablo 3.11	SD4 Paketi..... 37
Tablo 3.12	Tbit cinsinden Süreler..... 45
Tablo 4.1.	S7-200 CPU 214 içinde CP-242-8 Modülünün Adreslenmesi..... 58
Tablo 4.2.	Bank Numaraları..... 58

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1.1 : İletişim için genel bir model.....	2
Şekil 2.1 : Çoğullamanın Prensibi.....	7
Şekil 2.2 : Senkron Blok İletimi.....	9
Şekil 2.3 : Açık Sistem Arabağlaşım Modeli (OSI).....	11
Şekil 2.4 : Ethernet Konfigürasyonu.....	19
Şekil 2.5 : Token Veriyolu İşletim Prensibi.....	21
Şekil 2.6 : Token halkasının çalışma prensibi.....	22
Şekil 2.7 : PROFIBUS işletim prensibi.....	23
Şekil 3.1 : ISO/OSI Modelinde PROFIBUS.....	31
Şekil 3.2 : NRZ Kodlanmış Sinyaller.....	34
Şekil 3.3 : Manchester Kodlanmış Sinyaller.....	34
Şekil 3.4 : İki Ana Birim ve Dört İkincil Birimli Veri Yolu Konfigürasyonu.	39
Şekil 3.5 : Zorunlu/Opsiyonel Hizmetler.....	41
Şekil 3.6 : PROFIBUS-DP Uydunun Durum Makinası (State Machine)....	43
Şekil 3.7 : Veriyolu Zamanları.....	46
Şekil 3.8 : PROFIBUS'ta Reaksiyon Süreleri.....	47
Şekil 3.9 : Paket Haberleşmesinin Sıralaması.....	47
Şekil 3.10 : Paket Haberleşmesinin Sıralama İlkesi.....	48
Şekil 4.1. : Bir PROFIBUS Ağı Uygulaması.....	56

VERİ İLETİŞİM SİSTEMLERİ VE BİR PROFIBUS UYGULAMASI

ÖZET

Endüstriyel otomasyon sistemleri, kaliteli ve yüksek verimli üretimin en önemli bileşenidir. Günümüzde, bilginin hızlı ve doğru olarak aktarılması sayısal veri iletişim sistemleri ile olanaklıdır. Bu çalışmada, veri iletişim sistemleri genel olarak tanıtilarak endüstride yaygın olarak kullanılan bir veri yolu sistemi olan PROFIBUS incelenmiş ve uygulaması yapılmıştır. Birinci bölümde, veri iletişimi hakkında genel bir bilgi verilmiştir. Veri iletişimini sağlamak için bir çok standart ve protokol vardır. İkinci bölümde, iletişim protokolleri tanıtılmış, Açık Sistem Arabağlaşım Modeli hakkında bilgi verilmiştir. Veri haberleşmesinde kullanılan kablo türleri, yerel alan ağları ve saha veriyolu çeşitleri açıklanmıştır. Üçüncü bölümde, PROFIBUS'ın temel özellikleri, Açık Sistem Arabağlaşım Modeli'ndeki yeri ve haberleşme paket yapısı incelenmiştir. Ayrıca bu bölümde, bir örnek üzerinde veriyolu çevrim süresinin nasıl hesaplandığı gösterilmiştir. Son olarak, bir PROFIBUS uygulaması tasarlanmış ve gerçekleştirilmiştir. Dördüncü bölümde sunulan bu uygulamada, PROFIBUS üzerinden ana birim ve uydularının haberleşmesi ve hatalı çalışma durumlarında sistem davranışı gözlemlenmiştir. Donanım konfigürasyonu, STEP-7 paket programı kullanılarak yazılım olarak oluşturulmuş ve sistemin şekli uygulama bölümünde sunulmuştur.

DATA COMMUNICATION SYSTEMS AND A PROFIBUS APPLICATION

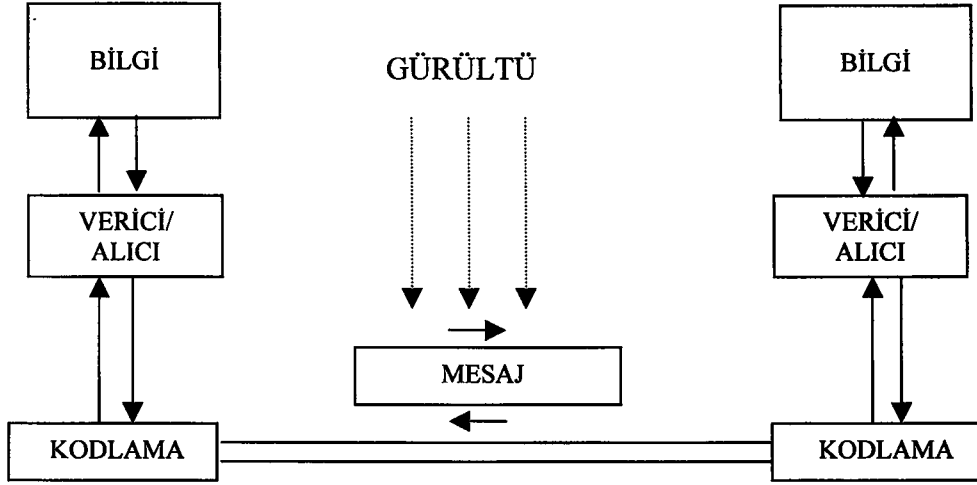
ABSTRACT

In industry automation systems, transmission of correct data via a reliable and fast system has a great importance. Achieving the reliable data from the field or sending data to the field is possible by data communication systems. In this study, data communication systems are defined generally and PROFIBUS which is a widely used fieldbus system in industry is explained and an application is formed. In the first chapter, a general information about data communication is given. There are a lot of kinds of standards and protocols for data communication. In the second chapter, communication protocols are defined and information is given about Open Systems Interconnection. Cable types which are used in data communication, local area networks and fieldbus types are explained. In this thesis PROFIBUS is studied in detail. In the third chapter, main characteristics of PROFIBUS, its relation with Open Systems Interconnection, communication packet, fail safe mode are explained. Also bus cycle time calculation was given in an example. In the last part, a PROFIBUS application is planned and practised. The hardware configuration is shown in a figure which is formed by using STEP-7 packet programme. As a result, communication between master and its slaves via PROFIBUS and the system behaviour during fail safe mode are observed.

1.GİRİŞ

Endüstriyel otomasyon sistemleri, kaliteli ve yüksek verimli üretimin en önemli bileşenidir. Endüstriyel otomasyon sistemleri, hem üretim araçlarının amaca yönelik çalışmasını sağlayan bilgiyi işleyen, hem de bilginin ilgili birimler arasında hızlı ve doğru olarak aktarılmasını sağlayan birimlerden oluşur. Endüstriyel otomasyonda işlenen ya da işlenecek bilginin doğru, hızlı ve ucuz olarak aktarılması büyük önem taşır. Günümüzde bilgiyi, hızlı, doğru ve ucuz aktarmak, ancak sayısal veri iletişim sistemleri ile olanaklıdır. Genel olarak sayısal veri iletişimini sağlamak için birçok aygıt, standart ve protokol bulunur. Bu ise farklı yapıdaki birimler arası iletişimde sorunlar yaratır. Bu sorunları aşmak için, son yıllarda belirli standartlar ve protokoller belirlenerek bu çeşitliliği azaltma eğilimi artmaktadır. Endüstriyel veri iletişiminde de bu tür bir çalışma yapılarak, iletişim protokollerini en aza indirme çabaları sürmektedir. Buna örnek olarak, 15 Mart 1996'da PROFIBUS standardının Avrupa standardı olarak kabul edilmesi gösterilebilir.[1]

Veri iletişimi iki veya daha çok nokta arasında yapılabilir. İki nokta arasında veri iletişimine ilişkin genel bir model Şekil 1.1'deki gibi verilebilir. Bu model, yalnız mühendislik uygulamaları ile sınırlı değildir. Sistemde yer alan elemanların uygun seçilmesi koşuluyla diğer alanlar için de geçerlidir. Modelden görüleceği üzere, her iletişim sisteminde bir verici/alıcı ve bir kodlama/kod çözücü bulunur. Bilginin iletişimini olumsuz yönde etkileyen en önemli etken, dış ortamdan alınan gürültüdür. Bir mesajın iki nokta arasında hızlı ve doğru olarak iletimi için taşıma ortamının gürültüden olabildiğince az etkilenmesini sağlayacak biçimde seçilmesi gerekir. Gürültü aynı zamanda bilginin doğru aktarılmasını da engeller. Bunu en aza indirmek uygun kodlama ve kod çözme işlemleri ile yapılır.[2]



Şekil 1.1 İletişim için genel bir model

Bir iletişim kanalının tanımlanan en temel parametresi kapasitesidir. Kapasite, kanalın birim zamanda taşıyabileceği bilgi miktarıdır. Birimi $\text{bit } s^{-1}$ 'dir. Temel amaç, olabildiğince çok bilgiyi mümkün olduğunca düşük maliyetle taşımaktır.

Farklı birimlerin birbirlerine elektrik kablolarıyla bağlandığı endüstriyel uygulamalarda, iletişim kapasitesini sınırlayan en önemli etken, iletişimi sağlayan elemanların gecikmeleridir. Bu gecikmeler, iletim hattı boyunca yer alan elektronik elemanların reaksiyon hızı ile ilgilidir. [2]

Sayısal veri iletimi paralel ve seri olmak üzere iki türlü yapı kullanılır. Paralel veri iletiminde, her zaman diliminde bir byte'lık verinin geçişi sağlanır. Paralel veri iletimi donanım ve yazılım olarak basittir. Üreticilere bağlı olarak, paralel giriş-çıkış (I/O) aygıtları, çeşitli adlarla adlandırılırlar. Ancak, aralarında iç mimari ve işletim bakımından çok az fark vardır. Programlanabilir I/O aygıtları, normalde -yazılım kontrolü ile- değişik modlarda biçimlendirilirler, yani:

- i- 8 hattın tümü de, giriş/input olarak,
- ii- 8 hattın tümü de, çıkış/output olarak,
- iii- her bir hat giriş yada çıkış olarak biçimlendirilebilirler.

Paralel veri iletiminde, veri gerilim seviyeleri ile iletildiğinden, iletim uzaklığı birkaç metreyi (2 metre)'yi aşmaz. Daha uzak noktalara veri iletimi, akım ile sürülen seri veri iletim sistemleri ile olanaklıdır.[3]

Seri veri iletiminde, bir veri biti, bir diğerinin hemen arkasından iletilir. Bir byte veri iletmek için, paralel olarak alınan verinin, bir hat boyunca iletilebilen bir seri bit akışına dönüştürülmesi gereklidir. Seri veri iletimi, eşzamanlı (clocked) ya da tam tersi (non-clocked) olabilir. Eşzamanlı iletimde, bir ortak saat sinyali (bu saat mutlaka iletim yolunun her iki ucunda da olmalıdır) ile eşgüdümlü olarak yürür. Eşzamanlı olmayan iletim, paketler halinde verinin aktarımını sağlar. Her paket, içerdiği veriyi çözmek için gereken bilgiyi de taşır. Bu teknik, daha karmaşık olmasına karşın ayrı bir saat sinyali içermemesi, avantaj olarak görülebilir ve dolayısıyla en sık kullanılan yöntemdir.

Veri iletimindeki hız, birim zaman içinde iletilen verinin sayısı ile belirlenir. En çok kullanılan birim, 'baud' dur ve 1 baud, kabaca bir saniyede akan 1 bit veriye eşdeğerdir. Bununla birlikte, iletim ortamındaki baud hızı ile bilgisayarda tanımlanan bit hızı arasında ince bir fark bulunur. Basitçe nedenini açıklamak gerekirse; eşzamanlı olmayan veri iletiminde, verilerin iyileştirilmesi için, oluşturulması gereken ek eşzamanlı bitler anlamında, fazla işlem gereklidir. Tipik bir RS-232C bağlantısı durumunda, yalnızca 7 bit'lik veri iletimi için, 11 bit bilgi iletilmelidir. Bundan dolayıdır ki, 600 baud hızındaki, bir baud hattı, saniyede yalnızca 382 bit'lik yararlı veri aktarım hızını gösterir. Seri veri iletiminde 0 ve 20mA'lık standart akım düzeyleri kullanılır. Bu akım değerlerine göre veri iletilir. Örneğin,

a- İşaret (Mark) = logic 1 (mantıksal 1) = 20mA akım akışı,

b- Boşluk (Space) = logic 0 (mantıksal 0) = akım akışı yoktur.[3]

Seri veri iletimi, daha modern ve karışık çevre elemanları içeren birimler arası iletişime uygundur. Genel olarak, uzak noktalara bilgi iletimi, seri veri iletimi ile sağlanır. Bu konudaki çeşitli iletişim aygıtlarına ilişkin standartlar ve iletişim protokolleri Bölüm 2'de incelenmiştir. Endüstriyel veri iletişiminde önemli bir uygulama alanı bulan PROFIBUS standardı ve protokolü Bölüm 3'te ayrıntılı olarak incelenmiş, son olarak Bölüm 4'te bir PROFIBUS uygulaması verilerek bu uygulamaya ilişkin ayrıntılar sunulmuştur.

2.İLETİŞİM STANDARTLARI VE PROTOKOLLER

2.1. Giriş

Veri iletişiminde, bilginin seri ya da paralel iletimine bağlı olarak çeşitli aygıtlar ve standartlar bulunur. Paralel veri iletiminde, IEEE-488 standardı en yaygın kullanılan standarttır. Endüstriyel veri iletişiminde ise seri veri iletimine ilişkin standartlar ve protokoller kullanılır. Protokol, iki iletişim birimi arasındaki haberleşme hizmetini yürütmek için bite özgü bir anlaşmadır. Protokol, fiziksel kablo üzerindeki veri trafiğinin yapısını ve çalışma modu, hattı kurmak için gereken prosedür, veri saklanması, iletişim hızı gibi özellikleri belirler. Aşağıda çeşitli standart ve protokollere ilişkin bilgiler verilmiştir. [3,7]

2.2. IEEE-488 Arabirim Standardı

IEEE-488 standardı, bir çok test ve ölçüm aygıtları ile mikrobilgisayar kontrolörlerinin ara bağlantı araçlarının özelliklerini tanımlar. Otomatik test ekipmanlarının (Automatic Test Equipment-ATE) uygulamaları için en uygun standart durumundadır. Üretim testlerinden, karmaşık çözümlere ve çok özel ölçü problemlerine kadar pek çok uygulamada son 10 yıldır yaygın olarak uygulanmaktadır. Günümüzde kullanılan sayısal voltmetreler, sinyal üreticileri gibi bir çok modern elektronik test ekipmanlarının ya da çevre elemanlarının pek çok parçasında, ya standart olarak, doğrudan, IEEE-488 arabirimi, kullanılmakta ya da bu parçaların geliştirilmesi aşamasında IEEE-488 arabirimi, kullanılmaktadır.

IEEE-488 standardındaki aygıtlar, aşağıdaki gibi sınıflandırılabilirler:

i-) Alıcılar: Veriyoluna bağlanmış diğer aygıtlardan kontrol sinyalleri ya da verileri alır. Fakat, veri üretmek üzere yapılmamışlardır.

ii-) Vericiler: Veriyolundaki veriyi dağıtabilirler. Örnek olarak, sinyal üreteçleri verilebilir. Bununla birlikte, veriyoluna veri sunarken, aynı anda çeşitli alıcılarda aktif olabilir (yani veri toplayabilir ya da onları işleyebilir).

iii-) Alıcı ve vericiler: Hem alıcı hem vericinin fonksiyonları bir tek aygıtta birleşebilir. Böylesi aygıtlar, bir veriyolundan gelen veriyi toplama, hem de veri aktarma özelliğine sahiptir. Sayısal multimetre, bu sınıfın en tipik örneğidir; önce aralıkları değiştirmek için veri gönderilir sonra okunan akım, voltaj ya da direncin sayısal biçimi veriyoluna geri gönderilir.

iv-) Kontrolörler: Veriyolundaki verinin akışını yönlendirmek ve işletim olanakları sunmak için kullanılırlar. Bir IEEE-488 içindeki kontrolör, aslında bir mikrobilgisayardır. Bir kısım üreticiler, IEEE-488 kontrolörlere dayalı bir mikrobilgisayar üretirken, bu aslında fonksiyonel olarak, bir Kişisel Bilgisayar (Personel Computer) ya da PC uyumlu bilgisayar gibi üretilir.[3]

2.3. EIA.232.D Arabirim Standardı

Seri veri haberleşmesinde en yaygın bilinen ve kullanılan arabirim, EIA-232-D arabirim standardıdır. EIA-232-D standardı, önceleri RS-232 olarak anılıyordu. Electrical Industries Association (EIA) kurumu tarafından bilgisayarlar arası, terminaller arası ve modemler arası arabirim tanımlaması için yayınlanmıştı. EIA ilk zamanlar, dış bir ağa bağlı, veri prosesi ve veri haberleşme araçları için bir arabirim olarak yayınlandı, ancak bugün, bu standart, birçok başka uygulamaların ortak kullanımındadır. Örneğin, bilgisayarların terminallerle, yazıcılarla ve diğer dış aygıtlarla bağlantısında kullanılır. Orijinal tanımlaması, bazı terminolojilerin doğmasına sebep olmuştur. Bunlar:

- Veri Terminal Ekipmanı (Data Terminal Equipment-DTE): Bilgisayar ve terminaller gibi işlemciler içindir. Veri terminal ekipmanı (mikrobilgisayar), bir RS-232 seri arabirimi tarafından veri gönderme/alma yeteneğine sahiptir. Bundan dolayı seri bir bağlantıyı sonlandırır.
- Veri İletişim Ekipmanı (Data Communication Equipment-DCE): Seri veri iletişimini olanaklı kılan bir aygıt olarak düşünülür ve tipik bir örneği, modemdir.

Modem, bir mikrobilgisayar ve bir konvansiyonel analog telefon hattı arasında, seri yolda, gerekli bağlantıyı oluşturur.

Fiziksel konnektörde 25 iğne (pin) vardır.[2]

RS-232 sinyalleri 3 kategori içinde çalışır:

(i) RS- 232, iki bağımsız seri veri kanalı için bulunur (birincil ve ikincil olarak adlandırılır). Bu iki kanalın ikisi de tüm çiftli işlemleri sağlarlar; aynı anda iletim ve veri toplama gibi.

(ii) Sinyaller, bir DTE ile kontrol edilmesine izin verilen seri veri akışı aracılığı ile, verinin öncelikle seri veri yolu üzerinde iletimine yönelik bir DCE ile birlikte, bir diyalog açılmasını sağlar.

(iii) Zamanlama sinyalleri, alınan sinyallerin eşzamanlı olması ile birlikte, başarılı bir kodlama/kod çözme işini sonuçlandırır. [3]

EIA-232-D' nin en olumsuz yönü, maksimum işletim hızının yaklaşık $20 \text{ kbit } s^{-1}$ ile sınırlandırılmasıdır. Bu eksikliğin giderilmesi için çeşitli standartlar geliştirilmiştir. Genelde bu iyileştirmeler, hat uyumunun iyileştirilmesi, çalışma uzaklıklarının uzatılarak performansın artırılması, veri hızlarının daha da artırılması konusundadır. Bu sistemlerin arasında RS-422, RS-423 ve RS-449 vardır. RS-422, $10 \text{ Mbit } s^{-1}$ üstü veri hızında destek sağlar. RS-423, $100 \text{ kbit } s^{-1}$ 'lik bir maksimum veri akış hızı sağlar. RS-449 ile $2 \text{ Mbit } s^{-1}$ veri hızına ulaşılabilir. [2-3]

RS-485 standardı, bir çok birimler birbirlerine bağlandıkları zaman gereken elektriksel arabirimi tanımlar. Sinyalleşmedeki veri alışverişini, $10 \text{ Mbit } s^{-1}$ hızına kadar destekler. RS-485 modelinde, bir çok birim, burulu çift, dengeli kablo ile bağlanmıştır. Birimler, verici, alıcı veya verici/alıcı birlikte olabilir.[2]

2.4. İletişim Protokolleri

İletişim protokolleri, veri iletişim sistemi içindeki bilginin etkin biçimde değişimi için gerekli olan formatlar ve kuralların toplamıdır.

İletişim protokollerinin üç elemanı:

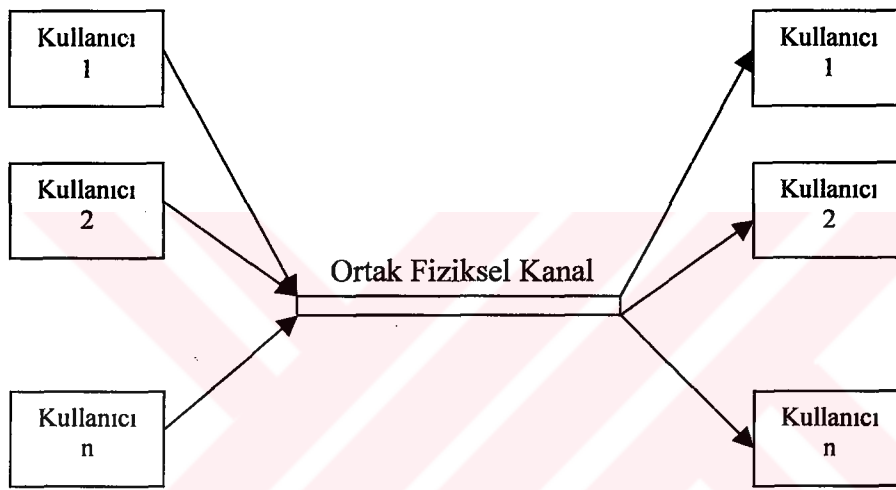
i.) Kodlama ve sinyal düzeyleri tanımları,

- ii.) Senkronizasyon, kontrol ve hata giderme,
- iii.) Zamanlama-verilerin sıralanması ve veri hızlarının seçimi, olarak sıralanabilir.

İletişim protokolleri, bir tarafta fiziksel iç bağılardan, diğer tarafta veri üretimi ve işlemesine yönelik uygulamalara kadar geniş bir aralıkta varolmalıdır. Protokolleri, birbirlerini etkileyen katmanlar olarak düşünmek yararlı olacaktır. [2]

Sınırlı bant genişliklerinden dolayı, haberleşme kanalları, koruma altına alınması ve verimli kullanılması gereken kanallar olarak değerlendirilmelidir.

Bir fiziki kanalın birkaç kullanıcı için bölünmesine, çoğullama denir.



Şekil 2.1 Çoğullamanın Prensibi

Çoğullama referans olarak zamanı veya frekansı alır. Zamana göre yapılan çoğullamada (Time Division Multiplexing-TDM), kanal, periyodik zaman aralıklarına bölünür ve her kullanıcı, kendine ayrılmış zaman diliminde kanala girer. Frekansa göre yapılan çoğullamada (Frequency Division Multiplexing-FDM), kanalın bant genişliği frekans bantlarına bölünmüştür ve bu bantların her biri bir sanal kanala tahsis edilmiştir. FDM’ de yapılması gereken şudur: orijinal veri, tahsis edilmiş banttaki merkezi frekansta, bir taşıyıcı dalgayı modüle eder. TDM’ de ise, kanal bant genişliğinin tümü, sadece bir zaman aralığı için kullanımdadır. Ancak, FDM’ de, orijinal bant genişliğinin bir kısmı, her zaman kullanımdadır.

TDM’ nin FDM’ ye göre iki avantajı vardır. Bütün işlemler dijitaldir ve yüksek frekanslı cihazlar kurup bakımını yapmak gerekmemektedir. Buna ilave olarak TDM

ile, farklı kullanıcılara sunulmuş paketleri kontrol etmek mümkündür. Yani eğer bir kullanıcı, kendine ayrılmış zaman aralığında veri göndermiyorsa, bu zaman aralığındaki boş kapasite, ona ihtiyacı olan bir başka kullanıcıya verilebilir.

Eğer alıcı ve verici, kanalın iki zıt ucunda yerleştirilmiş ve hep aynı yöne veri gönderiliyorsa, buna tek yönlü (simplex) denir. Ancak, hattın iki ucundaki birimler, hem alıp hem göndermek isteyebilirler. O zaman kanal, çoğullamalı yapılı ve hattın her iki tarafında haberleşme mümkün olur. Eğer hattı, o an, bir tek birim kullanıyorsa buna, yarı çift yönlü (half duplex) denir. Bu TDM' ye eşdeğerdir ve kullanıcı birimlerin birbirlerini, hattı ne zaman kullanabilecekleri konusunda bir kontrol protokolü ile uymaları gerekir. Birimler, her iki yönde ve her zaman haberleşme yapabiliyorsa, buna tam çift yönlü (full duplex) haberleşme denir. Bu da FDM ile uyumludur ve tarafların kendilerine ayrılmış hatları vardır. Ters yönde giden mesajlar için, iki farklı frekans bandı ayrılmıştır. Çoğullama, kanalı kullanıcılar arasında bölmek için kullanılan tek yöntem değildir.

Hat gürültüsü, mesajın bir kısmına hasar vermiş olabilir. Veriyi korumak amacıyla iki veri düzeltme stratejisi hazırlanabilir. İki halde de alıcının aktif katılımı gereklidir. Hata bulmada, orijinal mesaja bazı bilgilerin eklenmesi gerekir böylece alıcı, iletim hatası olup olmadığını denetleyebilir. Hata düzeltmede ise mesaja yeterli bilgi yüklenmelidir böylece alıcı, alınan veri temelinde, hasar görmüş mesajı tekrardan yapılandırabilir.

2.4.1. Karaktere Yönelik Protokoller (Character-oriented Protocols)

Asenkron iletişim için kullanılan yaygın bir metotta her byte'ın bağımsız olarak gönderilmesidir. Buna, Karaktere Yönelik İletişim (character-oriented transmission) denir. Alıcının gelen iletimle senkronize olması için, her byte' ın önüne bir başlangıç biti konmuştur. Byte, bir eşlik (parity) bit ve uzunluğu 1, 1.5, veya 2 bit olan bir bitiş darbesi (stop pulse) ile bitirilir. Ters (reverse) kodlama, hattın yüksek seviyede tutulabilmesi için, yaygın olarak kullanılır. İçindeki başlangıç (start) biti ve bitiş (stop) bitindenden dolayı asenkron ilettime başlangıç/bitiş iletimi (start-stop transmission) denir.

Pratikte, asenkron iletim, 20 kbit s^{-1} 'e kadar ve kısa mesafeli kablolar için kullanılmaktadır. Asenkron iletimin uygulamada çalıştığı, tipik en yüksek hız, 9600 bit s^{-1} 'dir. Mesela modemlerin telefon hatlarında kullanılması gibi.

2.4.2. Bite Yönelik Protokoller (Bit-oriented protocols)

İletilen verinin bütünlüğünü ve mesajın tekrardan kurulmasını garanti edecek birçok veri bağı katmanı protokolü vardır. Protokoller, bite yönelik (yayınlanan her mesajın içeriği, farklı uzunluktaki bit dizisinden oluşur.) ve byte'a yönelik (bazı sınırlayıcı kontrol karakterinin iletildiği, byte dizisinden oluşur) olmak üzere ikiye ayrılır. Bite yönelik protokolün en meşhuru, IBM'in senkron veri bağlantı kontrolüdür.(SDLC) Diğer birkaç SDLC'ye benzer (ama uyuşmayan) protokol tarif edilmiştir. Sanayi otomasyonunda, özellikle önemli olan protokol, Yüksek Düzey Veri Bağı Kontrolü (High Level Data Link Kontrolü-HDLC)'dür. Bu protokol ISO tarafından standartlaştırılmıştır ve diğer protokollere referans görevi yapar.

2.4.3. Bloğa Yönelik Protokoller (Block Oriented Protocols)

Bloğa Yönelik Protokol'de, iletilecek byte'lar, bloklar halinde gruplandırılırlar ve her grup, mesela, SOH (başlangıç-start of header), SYN (senkronizasyon karakteri), STX (metnin başlangıcı-start of text), ETX (metnin sonu-end of text), EOT (iletimin sonu-end of transmission) gibi özel kontrol karakterleri ile sınırlandırılır. Her iletim SOH ve STX karakterleri ile başlar, ETX ve EOT ile son bulur. Veri bloğunun başlangıcındaki SYN karakterleri, alıcının, gelen iletim için senkronize olması için kullanılır.



Şekil 2.2 Senkron Blok İletimi

2.5. Açık Sistem Arabağlaşım Modeli (OSI)

Birbirinden farklı birçok standart ile uğraşmanın zorluklarının üstesinden gelebilmek için ISO (International Organization for Standardization), (OSI- Open Systems Interconnection) Açık Sistem Arabağlaşım Modelini tanımlamıştır. OSI, bir standart değildir, ancak haberleşme prosesinin farklı bölümlerini birbirinden ayırmak için bir alt yapı sunar. Pratikte, OSI, sistemler arasında uyumu yakalayabilmek için, hangi gerilim seviyesini, hangi iletim hızını ve hangi protokollerin kullanılması gerektiğini göstermez. Gerilim seviyeleri, hız ve protokoller ve bunlar gibi faktörler için uyum olması gerektiğini gösterir. OSI'nin hedefi, gecikme ve hatalar ile ilgili olan dönüştürme amaçları için kaynakların israf edilmeden, farklı konumlar arasında verinin iletilebildiği, en iyi ağ arabağlaşımının sağlanmasıdır.[1]

Açık sistem bağlantıları için Uluslararası Standartlar Organizasyonu-ISO modeli, bir iletişim sisteminin anahtarlarını oluşturan, yedi katlı protokol olarak anılan, bu protokolu, genel kabul görmüştür. [2]

2.5.1.Açık Sistem Arabağlaşımın Temelleri

OSI'de, Şekil 2.2.'de gösterildiği gibi yedi fonksiyonel katman tanımlanmıştır. Her katman, direk olarak sadece bir üstündeki ve bir altındaki katman ile haberleşir, alttaki katmandan hizmet talep eder ve üstteki katmanada hizmet sağlar. Aynı katmanda ve ağın farklı noktalarında yer alan modüllere eşdüzey (peer) denir. Veri alışverişi için gereken kuralları ve mesaj formatlarını tanımlayan protokoller aracılığıyla haberleşirler. [1]

Yapılması gerekenler yani hizmetler, protokollerden (gerçek uygulamadan) kesin bir şekilde ayrılmıştır. Farklı sistemler, benzer hizmetler etrafında yapılandırılmış olabilir ama her katmanda protokol aynıdır. OSI'nin temel felsefesi; bağlantısız birimleri karıştırmamak ve bağlantılı birimlerinde birbirleriyle haberleşmelerini sağlamaktır.

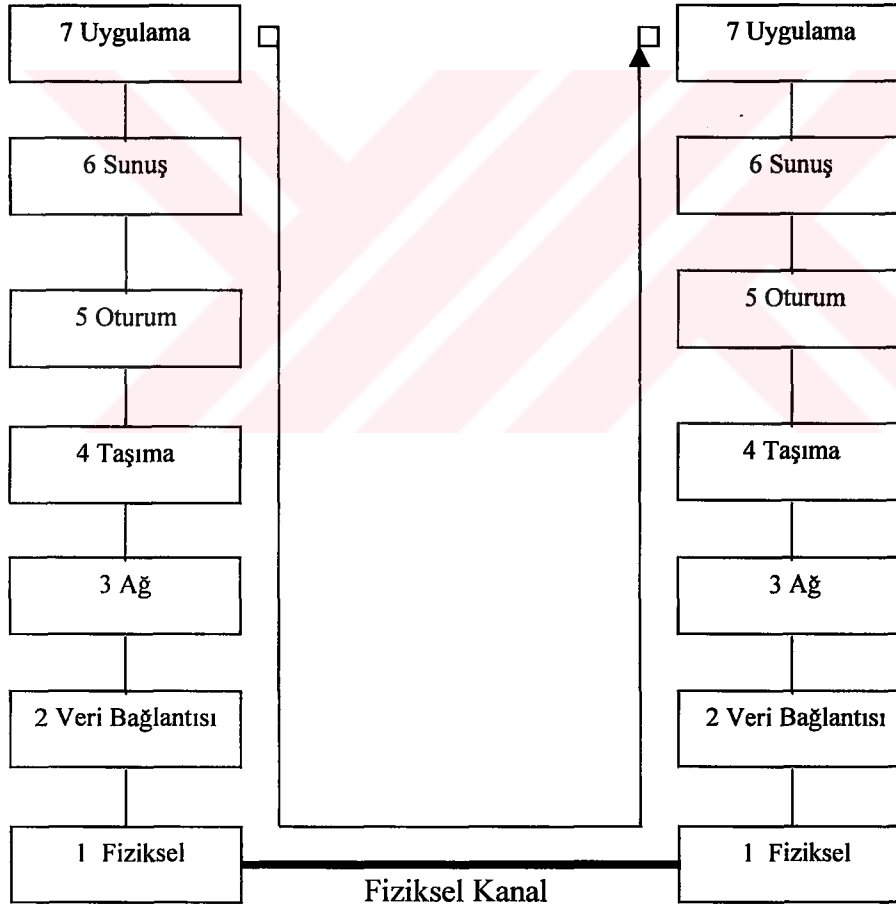
OSI'de tanımlanan katmanlar şunlardır:

1.Fiziksel Bağlantı Katmanı: Katman, iki kullanıcı arasında bilgi iletimini sağlayan fiziksel devreleri ifade eder. Fiziksel katman, gerilim düzeyi, bacak bağlantıları gibi unsurları ilgilendirir. Bu katmanda, haberleşme portları için gereken ilgili yazılım

sürücülerini ile elektriksel, mekanik ve optik arabağlantıları vardır. İletim ortamı hakkındaki bütün detaylar, sinyal seviyeleri, frekanslar kontrol altında tutulmaktadır. Fiziksel katman, haberleşen iki nokta arasındaki tek gerçek bağılantıdır.

2. Veri Bağı Katmanı: Verici ile ağı arasında, mesaj iletimini sağılayan, protokolleri içerir. Aynı zamanda, akış kontrolü, hata bulma ve bağılantı yönetiminden de, veri bağı katmanı, sorumludur. Bu katmanda, iki yer arasındaki bit sıralamasının doğıru bir şekilde gerçekleşip gerçekleşmediğı belirlenir. Üstteki katmanlara, iki nokta arasında hatasız veri bağılantısı sağılar.

3. Ağ Katmanı: Bir uçtan diğetine bilginin yönlendirilmesini sağılar. Bu amaçla düğümler numaralanır. Bu numaralara ağı adresleri denir. Ağı adresi taşıyan bilgi bloklarına paket denir.



Şekil 2.3. Açık Sistem Arabağlaşım Modeli (OSI)

4.Taşıma Katmanı: Bu katman, bir noktadan bir noktaya haberleşme kontrolünü sağlar. Bir makinadan diğerine yapılan veri gönderme işleminde hata olmadan gönderilip alınmasını denetler.

5.Oturum Katmanı: Farklı uygulama süreçleri içinde, iletişimin kurulması, kontrolü ve sonlandırılmasını destekler. Ayrıca, kullanıcı aygıtları arasında eşzamanlılığı destekler, veri değişimini yönlendirir. Bu katman değişik makinalar arasındaki haberleşmenin sonuçlanmasını kontrol eden taşıma katmanına destek olur ve onu güçlendirir. Örneğin, bir ağ aracılığı ile ayrı bir makinaya bağlanmak.

6.Sunuş Katmanı: Veri kodlama (encoding) ve dönüştürme (conversion), işlenmemiş ikili (binary) tabandaki verinin aslına dönüşümü-metin, mesaj-sayı v.s. bu katmanda yer alır.

7.Uygulama Katmanı: En üstteki katmandır. Kullanıcı bilgisini sağlar; belirgin ağ fonksiyonlarına yönelik olarak kullanıcı isteklerini, ağ fonksiyonlarına tanıtır ve hizmet uygulamaları sağlar. Uygulama Sistem Yönetimi görevi vardır. Mesela, dosya transferi, veri dağıtım işleri ve uzaktan kumanda.

OSI modelinin 1, 2 ve 3 no'lu katmanları, iletişime yönelik katmanlar; 5, 6 ve 7 no'lu katmanlar ise uygulamaya yönelik katmanlar olarak bilinir. 4. katman ise iletişim ve uygulama kökenli katmanlar arasında bir köprü olarak düşünülebilir. [1-2]

Fiziksel katman haricindeki diğer katmanlar, fonksiyonel çağrılara ait kurallar ve tarifler demetleri oldukları için yazılım ve şirket yazılımı (firmware) içinde kullanılırlar.

OSI'nin temel prensibini anlamak zor değildir. İki eşdüzey (peer) öge bir sanal (mantıksal) bağlantı ile bağlanır. Eşdüzeyler için sanal bağlantı gerçek gibi algılanır, halbuki sadece 1.katmanda sanal ve fiziksel bağlantı aynıdır. Eşdüzeyler, veri alışverişini, o seviye için belirtilmiş protokoller sayesinde yapar. Uygulamada, ögeler, hemen alttaki katmandan hizmet talep ederler. Protokolün içeriği, hizmet isteyen aygıtta görünmez ve protokol, dış kimliğin haberi olmadan değiştirilebilir. Aynı makinadaki, birbirinden bir seviye farklı modüller arasında ve farklı makinalarda çalışan ancak aynı seviyede olmayan modüller arasında sanal veya gerçek doğrudan bağlantı yoktur. Mesela, bir makinadaki Seviye-4'deki modül

ancak, aynı makinadaki Seviye-5 ve Seviye-3 ile farklı makinadaki Seviye-4'deki modül ile haberleşme yapabilir.

Protokol, bir haberleşme işlemini hazırlayan, devam ettiren, ve ortaya koyan kurallar demetidir. OSI'de protokoller, eşdüzeyler arası haberleşmede kullanılır. Bazı durumlarda, eşdüzeyler aralarında, esas mesaja eklenmiş, protokolle ilgili mesajlar gönderir. Her katmanın kendi protokolü olduğu için, kendi protokolü ile ilgili bilgileri esas mesaja ekler, böylece ortaya Rusların matrjoshka bebeklerine benzer bir durum ortaya çıkar. (Büyüğün içine bir küçük, onun da içine daha küçük bebek konduğu gibi.) Diğer protokol bilgisi, eşdüzeyler arasında işletim sinyali olarak gönderilebilir. Ancak, sinyal bilgileri, uygulama mesajından ayrı olarak gönderilir.

OSI, arabağlantı için gerekli çerçeveyi sağlar. En yeni sanayi ve iş çevrelerindeki haberleşme standartları, OSI katmanlı model üzerinedir. [Üretim Otomasyon Protokolü -Manufacturing Automation Protocol (MAP) ve Teknik ve Ofis Protokolü-Technical and Office Protocol (TOP).] [1]

2.6. Yüksek Düzey Veri Bağlantı Kontrolü

Yüksek düzey veri bağı kontrolü/High-Level Data Link Control-HDLC, günümüzde bir çok LAN protokolüne dayanan, eşzamanlı iletişim protokolüdür. HDLC, bit kökenli bir protokoldür. Onluk ya da ikilik sayı sistemleri ya da çeşitli karakter formundaki verilerin, bit olarak temsili, tümü ile, tek bir çerçevelik veri alanı içinde toparlanmıştır. HDLC çerçevesi içinde çalışacak olan alanlar, bayrak, adres, kontrol ve veridir. Bayrak/flag, eşzamanlama için kullanılır ve bir çerçevenin başlangıç ve sonunu gösterir. Adres, alıcı ya da verici istasyonunu tanımlar. Kontrol çerçevesi, üç değişik tipten birini tanımlamak amacıyla kullanılır,

- i. bilgi çerçevesi veri kapsar,
 - ii. gözetici/supervisory çerçeve, temel bağlantı kontrol fonksiyonlarını sağlar,
 - iii.numaralandırılmamış çerçeve, tamamlayıcı bağlantı kontrol fonksiyonlarını sağlar.
- Veri çerçevesi, iletilmekte olan veriyi taşımaktadır. [3]

2.7. Veri Kablosu Türleri

Dijital bilgiyi göndermenin en yaygın yolu, onu elektrik kablosu ile göndermektir. Basitliği, düşük maliyeti ve kurumsallaşmış teknolojik temeli, kabloyu, sınırlı alanlarda bilgi göndermek için en uygun aracı yapar. Optik kablolar ve radyo bağlantıları, uzak coğrafi yerlere, yüklü miktarda bilgiyi düşük maliyetle gönderirler.

Veri iletişiminde kullanılan, basit burulu çift (twisted pair) kablodan, çok çekirdekli (multi core) eşeksenel kabloya kadar değişik bir çok kablo türü vardır. Çok kritik olmayan uygulamalar için, iletişim hızı ve uzunlukta kısıtlı olan, burulu çift kablo yeterli olacaktır. Ancak yüksek veri hızı ile ve daha fazla uzak noktalara veri iletebilmek için, yüksek kaliteli ve düşük kayıplı eşeksenel kablolar gerekir. Dahası, konuşmaların birbirine karışması gibi etkileri azaltmak için, ses ve yansımayı azaltacak, hem ayrı ayrı hem de bütünü ile örülmüş ve folyo ile sarılmış olmaları gerekebilir. Haberleşme için kullanılan en yaygın iletken tipi, burulu çift (twisted pair) ve eşeksenel kablodur. İki tip kabloda dış darbelerden etkilenmez ancak eşeksenel kablo daha iyi zırhlandırılmıştır. Burulu (twisted) kablonun bant genişliği birkaç megahertz ile sınırlıdır. Burulu çiftin bant genişliği birkaç megahertz ile sınırlı olduğu için, birkaç Mbit s⁻¹'den daha yüksek veri hızını birkaç kilometrenin ötesinde desteklemez. Eşeksenel kablo, 500 Mhz'lik bir bant genişliğine kadar iletim yapılmasına uygundur. Bu yüzden yüksek frekanslı radyo ve TV sinyallerinin taşınmasında yaygın olarak kullanılır..

Fiber optikler, yaygın olarak, daha büyük uzaklıklar arasında veri iletişiminde ve yerel alan ağ arasında (LAN) kullanılmaktadır. 100 km'yi aşan mesafelerde, 4 Gbit s⁻¹ ve 220 km'yi aşan mesafelerde, 140 Mbit s⁻¹'den daha hızlı veri oranı elde etmek olanaklıdır.

Fiber optikler, eşeksenel kablolardan çok daha fazla avantaj sağlamaktadır:

- i. Optik kablolar, çok daha hafif ve küçük boyutdadırlar,
- ii. Ayrıcalıklı bant genişlikleri ortam içinde çok daha uygundur,
- iii. Göreceli olarak elektromanyetik parazitlerden uzaktır,
- vi. Çalışma süresince daha uzun ömürlüdür ve daha yüksek güvenilirlik sunar,
- v. Konvansiyonel veri kabloları ile karşılaştırıldığında, daha az gürültü ve daha az ses karışması vardır,

- vi. İletim ortamı içinde, zayıflama değeri daha düşüktür,
- vii. Elektrik izolasyonu sağlamdır ve topraklama çevrimlerinden uzaktır,
- viii. İletişim güvenliği çok yüksektir.

Fiber optikler ve ilgili yüksek hızlı optik kaynaklar ve dedektörler, sayısal olarak kodlanmış bilginin, daha geniş bant genişliğinde, iletimine uygundur. Böylece ortamda yüksek hızlı veri iletişimleri ile yerel ve geniş alan ağ (LAN ve WAN) uygulamaları daha olanaklı hale gelir. [2-3]

Hat sonlandırma birimleri sinyal üzerinde eşitleme ve filtreleme yaparak zayıflama, bozulma ve gürültü etkilerini en aza indirmeye çalışırlar. Dört telli bakır kablo kullanılarak 5 km. mesafeye kadar yapılan kablolamada tekrarlayıcı gereksinimini de ortadan kaldırarak fiber optik kabloya karşı etkili bir seçenek oluştururlar. [7]

2.8. Bit Kodlaması

Bir fiziki kanaldan, bit sıralamasını (bit sequence) iletmek, temelde iki şekilde mümkündür.

- Dijital verinin çerçevesini bozmadan, bitleri oldukları gibi (veya bir çeşit kodlama ile) hatta koymak.
- Taşıyıcıyı, genlik/frekans/faz olarak ayarlayarak sinyali göndermek.

Dijital veriyi hareket ettirmek için en dolaysız yol, veriyi, doğrudan elektrik hattına koymaktır. Doğrudan kodlamada, gerilim seviyesi 0V, mantıksal '0' ı ve + 10 V mantıksal '1' i temsil eder. Çok kullanılan terminolojide, ikilik '0', boşluğu ve ikilik '1' de işareti gösterir. Çoğu zaman bitler ters kodlanırlar.(reverse coding); '0' (veya boşluk) hattı, yüksek voltaj seviyesinde, '1' alçak voltaj seviyesinde tutar. Kutupsal (Polar) kodlamada ise, ortak bir referansa göre, dijital '0' ve '1' ters seviyelerdedir. Doğrudan, ters ve kutupsal kodlama sifıra-dönüşü-olmayan kodlama olarak adlandırılırlar.(non-return to zero)(NRZ). Çünkü sıfır seviyesine geri dönmesi için zorlanan geçiş yoktur. Bir '1' sıralaması hattın potansiyel seviyesini, seçtiğiniz kodlama şemasına göre, sabit olarak yüksek veya alçak tutacaktır. NRZ kodlama, sese ve parazite duyarlıdır.

Bir NRZ kodlamada, '0' ları taşıyan bilgi sıralamasını, 'mesaj yok' bilgisinden ayırdetmek imkanı yoktur. Bütün bu sorunlar, sifıra-dönüşü-olan (return to zero-RZ)

kodlama ile çözülebilir. RZ, ana veriyi senkronizasyon sinyali ile birleştirir. RZ kodlamada, 0'a göre zıt kutupta iki potansiyel seviye tanımlanır. Her bit, yüksek veya alçak potansiyel seviyede başlar ve her darbenin (pulse) ortasında 0 seviyeye dönüşüm yapar. Geçiş kenarı, alıcının senkronizasyonunda kullanılır. RZ kodlama, NRZ' den iki misli fazla bant genişliği kullanır ve arabirim elektroniği daha karmaşıktır. Ancak avantajları kesinlikle dezavantajlarından daha çoktur.

Diğer farklı ve geniş kullanımı olan bir çözüm de Manchester kodlamadır. Manchester kodlamada her bit iki gerilim seviyesi ile kodlanmıştır ve her darbenin ortasında geçiş vardır. Manchester kodlama, yerel alan ağı (local area network) uygulamalarında yaygın olarak kullanılmaktadır.[2]

2.9. Taşıyıcı Modülasyonu

İletim için gereken sinyalin karakteristiğinin, o sinyali taşıyan hattın karakteristiği ile uyması için, taşıyıcı modülasyonu yapılır. Modülasyon, yüksek frekanslı taşıyıcı dalganın, giriş sinyali için, bazı parametrelerinin değişmesidir. (genlik, frekans, faz gibi.) Alıcı, sinyali, modüle edilmiş taşıyıcıdan ayırır.

Genlik modülasyonu, diğerlerine nazaran, dijital iletişimde daha az kullanılmaktadır. Frekans modülasyonu ve faz modülasyonu daha yaygındır. Taşıyıcı modülasyonunun uygulamasına, analog telefonlarda veri iletimi yapan modemlerde rastlanır.

Bir kanal için teorik en yüksek iletişim hızı, iletişim teknolojisi ile ilgili değildir. Etken olan, kanal bant genişliği ve sinyal/gürültü arasındaki orandır. [2]

2.10. Zaman Senkronizasyonu

Bir haberleşmenin doğru çalışması için, alıcı ve verici istasyonların belli bir zaman referansında uyuşması gerekir. Yani senkronize olmaları gerekmektedir. Senkronizasyon referansı, haberleşme yapan birimlerden birisi (veya dışardan bir birim) tarafından gönderilen frekansı belli bir darbe dizisidir. Senkronizasyon sinyali ya bu işe ayrılmış bir iletken tarafından gönderilir ya da dijital bilgi ile beraber gönderilir. Birinci şıkta ek kablo, ikinci şıkta ise ek bant genişliği gerekir.

Veri haberleşmesi zamana ilişkilendirilmeyebilir. Eğer iletişim için gerekli bitler senkronizasyon darbesi ile beraber gönderilirse, iletişim senkronudur. Eğer, zamanla ilgili değilse iletişim asenkronudur.[2]

2.11. Telefon Ağı ve Modemler

Telefon bağlantısı, veri iletimi açısından, zayıf bir ortamdır. Ancak insan sesini iyi taşıyabilir. Bant genişliğindeki kısıtlama, telefon cihazındaki devreden dolayı ya da birkaç yüz kbits⁻¹ lik veri taşıyabilen burulu çift kablodan dolayı değildir. Bant genişliğindeki bu kısıtlama, hat boyunca ve telefon santrallerinde kurulan filtrelerden dolayıdır.

Sinyaller, uzun mesafe iletiminde, çoğullayıcılara müsaade edilmesi için bant genişliği içinde tutulur. Telefon sisteminde, analog ve dijital teknoloji birleştirilmiştir.

Ses sinyalleri, telefon abonesinden, yerel istasyona burulu çift kablo ile taşınır (analog haberleşme). İstasyonda dijitalleştirilip, yüksek hızlı çoğullayıcı hatlarla (kablo, mikro dalga hattı, uydu, fiber optik v.s.) bir diğer istasyona gönderilirler. Burada tekrar ayrıştırma yapılır ve gidecekleri yere burulu çift kanalı ile ulaştırılırlar.

Dijital veri, telefon hattından doğrudan yayınlanamaz. Çünkü, kısıtlı bant genişliği, doğru akım kısımlarını kesecek ve süratle değişen sinyale parazit yapacaktır. Bu soruna çare olarak, modemler kullanılır. Modem, dijital veriyi, telefon hattının karakteristiğine uyarlar. Modem, modulator/demodulator kelimelerinin kısaltılmışıdır. Bazen de veri iletişim ekipmanı veya DCE olarak anılırlar. Modemler, taşıyıcı dalga üretirler ve iletilecek veriye göre bu dalgayı modüle ederler. Farklı standartlara göre de kullanılan frekans ve modülasyon tipi (genlik, frekans veya faz) değişiklik gösterir.

Modem işlemleri tam (full) yada yarım (half) çift yönlü (duplex) olur: yarım (half) çift yönlüde (duplexte) sadece bir tek cihaz iletim yapar ve karşıdaki alır ve bir protokol iletime ne zaman başlanacağını gösterir. Tam (Full) duplexte ise, farklı frekanslar kullanılır ki modemler peşpeşe veri gönderebilsin. Son model modemler, haberleşmenin hızını ve diğer parametreleri tanıyarak ona uyum sağlayabilirler.

Bilgisayar ve modem arasındaki en yaygın arabirim EIA-232-D' dir. Hat kalitesi düşükse, daha düşük süratlere otomatik olarak geçerler.[2]

2.12. Yerel Alan Ağları (Local Area Network)

Yerel alan ağları (LAN), ancak bir binada veya kısıtlı mesafedeki (bir km) coğrafi bölgelerde, birbirleri ile haberleşme yapabilmeleri için birkaç noktayı birbirine bağlamak için kullanılır. Sorun bant genişliğindedir çünkü çok düşük oranda veri iletimine imkan verir.

Temel olarak LAN, zırhlandırılmış kablo, burulu çift veya eşeksenel kablodur. Her birimin bağlanabileceği şekilde hazırlanmıştır. Çalışma metoduna göre LAN, halka(ring) veya açık-uç(open-end) olarak kurulabilir. LAN, tipik olarak onlarca metre olduğu gibi, birkaç yüz metre de olabilir. Ve 1'den 10 Mbit s⁻¹ veri hızına kadar müsaade eder.

LAN'lar, OSI modelinin 1.ve 2. katmanları ile kaplanmıştır. İkinci katman, ayrıca iki alt-katmana ayrılır. Birisi, ortam erişim kontrolü (medium access control-MAC- fiziksel ortam için gerçek arabirim) ve ikincisi mantıksal bağlantı kontrolü (logical link control-LLC- ağa girişi kontrolden sorumludur.)'dür. [2]

Ağ birleştirici elemanlar:

1.Tekrarlayıcı (Repeater): Tekrarlayıcı, kablo aracılığıyla elde edilmiş bilginin birleştirilmiş diğer tarafa kopyalanmasını ve süreçte güçlendirilmesini sağlar. Tekrarlayıcılar bir sayısal sinyalin gerilim ve/veya akım seviyesini yükseltir ve düzenlerler. Sayısal bir sinyalin içerdiği bilgi tekrarlayıcı tarafından ne türlü bir işleme tabi tutulursa tutulsun aynı kalmaktadır.

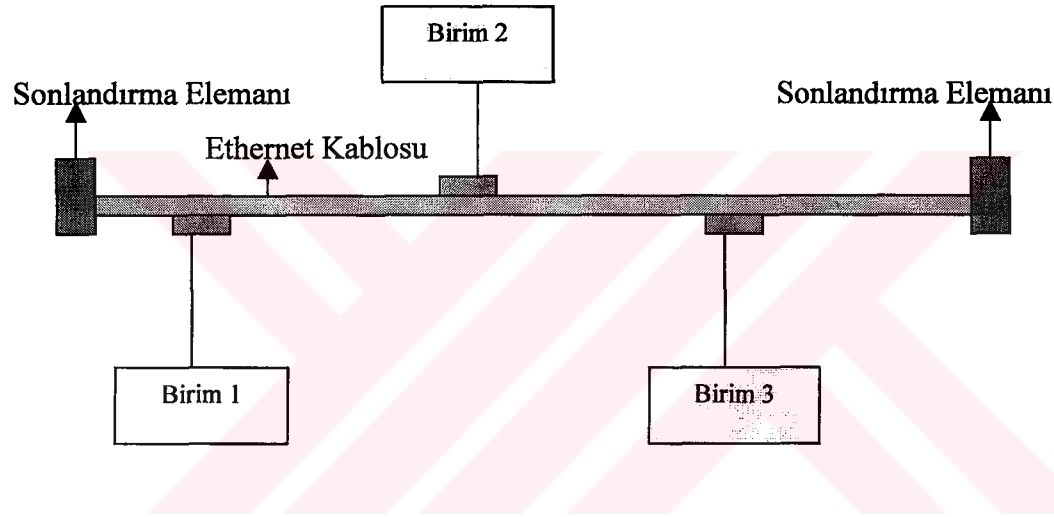
2.Köprü (Bridge): Veri bağı katmanında (Logical Link Control-LLC) aynı protokolü kullanan ağları birleştirmek için kullanılır.

3.Router : Katman 1 ve katman 2'de farklı olan ISO ağlarını birleştirmek için kullanılır. Aynı zamanda, ağ içindeki bir mesajın haberleşme yolunu tanımlar. Köprüye göre daha karmaşık bir görevleri olduğu için çalışma hızları daha düşüktür.

4.Ağgeçit (Gateway): Farklı yapıya sahip ağları birleştirmek için kullanılır. Gateway, bir çok protokolla aynı anda çalışabilen bir router'dır. Bütün katmanların protokollerini ISO referans modeline göre dönüştürürler. [2,7]

2.12.1. IEEE 802.3 Ağı-Ethernet

Ethernet, ofis ve sanayi uygulamalarında yaygın kullanılan bir LAN'dır. Xerox, Intel ve Digital Equipment firmaları tarafından ortaklaşa geliştirilmiş ve piyasaya 1980' de sunulmuştur. IEEE 802.3' ün veri paket tanımı ve endüstriyel ethernetette kullanılan paketle arasında birkaç farklılık olmasına rağmen, işlem prensipleri hemen hemen aynıdır.



Şekil 2.4. Ethernet Konfigürasyonu

Ethernet, bir veri yolu ile ek bağlantılardan oluşur. Fiziksel seviyede, ethernet eşeksenel kablo kullanır. Bazı hallerde, burulu çift kablosu da kullanılabilir. Birleştirilecek en uzak iki nokta arasındaki mesafe 2500 m olabilir ancak IEEE' nin belirlediği 500 m'dir. Maksimum veri transfer hızı 10 Mbit s⁻¹ dir.

Ethernet esnek ve açık bir yapıya sahiptir. Ortamda çok az kayıp vardır ve ortamın, ağ kontrol bilgisayarları ve sunucular (server) gibi aktif parçaları yoktur. Bazı şirketler, bütünüyle ethernet tabanlı haberleşme paketleri sunarlar. Bu paketler, OSI' deki üst katman servislerini de tamamlayabilirler.

2.12.2. IEEE 802.4 Ağı-Token Veriyolu (Bus)

LAN tipi token veriyolu, IEEE 802.4 tanımlamasında anlatılmıştır. Ethernet ile birlikte token veriyolu, sanayide kullanılan, en yaygın yerel alan ağıdır. Token veriyolunda bütün birimler, ağ veri yolu modeline göre bağlanmıştır. Fiziksel iletken, ethernetette olduğu gibi, ya eşeksenel kablo veya burulu çifttir. 1-10 Mbit s⁻¹ arasındaki veri hızını destekler. LAN üzerinden sadece bir tek birim mesaj gönderebilir. Mesaj gönderme hakkı token tarafından tayin edilir, özel bir bit dizisi, bir birimden diğerine geçiş yapar. Tokeni alan birim, belirlenmiş bir zaman aralığında iletim yapma hakkını alır ve iletimden hemen sonra tokeni kendinden sonraki birime devretmek zorundadır. Eğer tokeni alan birimin iletilecek mesajı yoksa, onu bir diğerine devreder. Tokenin bu şekilde devredilmesi ile oluşan dairesel şekil, token veri yolunu mantıksal bir halka yapar. Halbuki fiziki şekil tek hat biçimindedir.

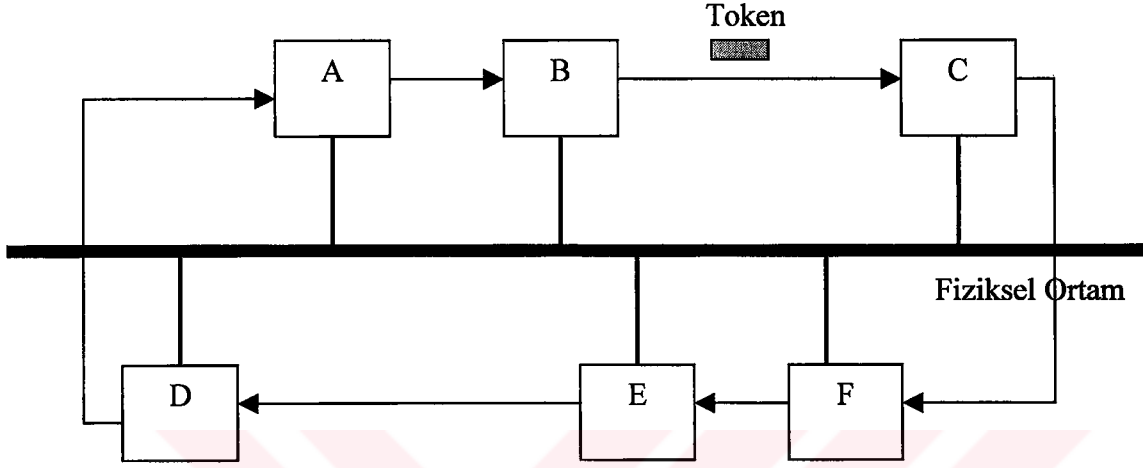
Token veriyoluna bağlanan cihazlar, aktif ya da pasif olabilir. Aktif cihazlar, tokeni birbirlerine devrederler ve token kendilerine ulaştığı zaman iletim yapabilirler. Pasif ya da uydu (slave) istasyonlar, ancak kendilerine aktif (master) bir istasyon tarafından adres edildiği zaman mesaj gönderebilirler ve cevapları ya da onaylamaları çabuk olmalıdır.

Aktif cihazlar genelde proses bilgisayarlar, PLC, robot kontrolörleri ve diğer çok gelişmiş cihazlardır. Pasif birimler ise, algılayıcılar(sensörler), PLC v.s. Bunlar, verinin son kullanıcısı tarafından istenmedikçe iletim yapma gereği duymazlar.

Token veriyolunda, ağ işletimi için, bütün ilgili cihazların aktif katılımını gerektiren koşullar vardır. Yeni bir token'ı yayınlamak, cihaz açıldığında (power-on) veya token'ı elinde tutan cihaz bozulup ona hasar verdiğinde yapılır. Ağ işletimi fonksiyonları için diğer örnekler şunlardır: konfigürasyon değişiklikleri, istasyonların eklenmesi veya çıkarılması, bozuk istasyonların belirlenip ağdan ayıklanması gibi.

Token veriyolunda, bir birimin ortama ulaşması için, hesaplanabilen en kötü durum gecikmesi vardır. Diğer yandan, bir birim kendi başına serbestçe bir iletimi başlatamaz, tokeni beklemek durumundadır. Ethernetle karşılaştırma yaptığımız zaman, farkedilebilen en kötü durum bekleme zamanı vardır. (bu zaman, tokenin bütün diğer birimleri dolaşması ve bu birimlerinde kendilerine izin verildiği kadar

tokeni tutmaları zamanıdır.) Fakat bu zaman, iletimi başlatmadan önce dayatılmış bir bekleme zamanıdır. İletim zamanı da kısıtlıdır. Uzun mesajlar bölünüp ayrı bloklar halinde yayınlanmalıdır. Diğer yandan ethernet, iletim hemen başlatılabilir, sadece iletimin başarılı olacağını garanti etmez ve sıkışık zaman gereksinimi olan uygulamalarda, token veriyolu görüşünün avantajı, işi şansa bırakmayışındadır.[2]

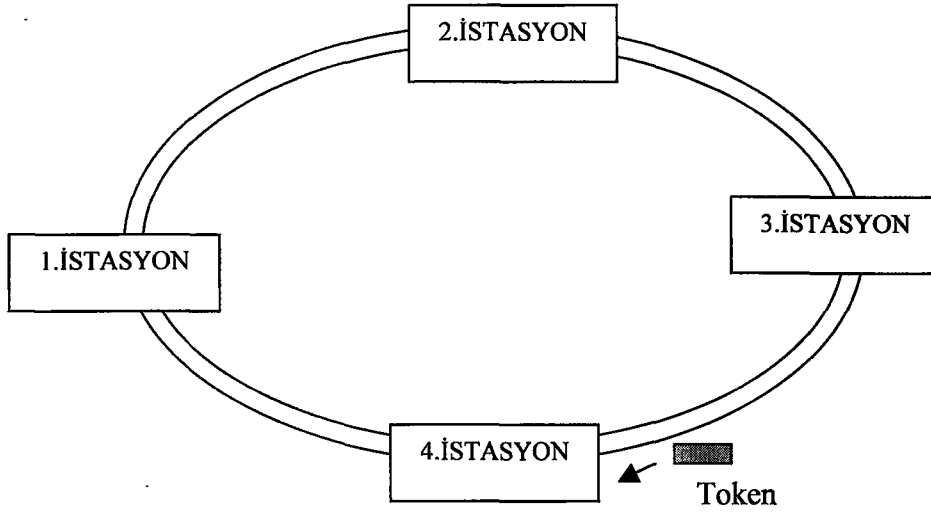


Şekil 2.5. Token Veriyolu İşletim Prensibi

2.12.3. IEEE 802.5 Ağı-Token Halkası (Ring)

Token halkası (ring), LAN için bir çözüm olarak IBM tarafından sunulmuştur. Çalışma prensibi, token veriyoluna benzer. Fark olarak burada, halka sadece mantıksal değil aynı zamanda fizikseldir ve istasyonlar daire şeklinde bağlanmışlardır. Token, devamlı olarak hatta dolaşır, her istasyon onu alır, tekrardan oluşturur ve onu hatta geri koyar. Bir istasyon, token'ı tuttuğu sürece, o istasyon mesaj gönderebilir. Mesajlar, token yerine halkanın üstüne gelerek gönderilirler.(token, iletim bitene kadar istasyonda tutulur) Alternatif olarak, mesajlar token'a eklenir veya token kendisi mesaja eklenir. Kullanılan kablo, burulu çift kablosudur ve kapasitesi $1-4 \text{ Mbit s}^{-1}$ 'dir.

Her istasyon, gelen mesajın gideceği yer sahasına bakar. Eğer mesaj, kendisi için değilse, bir sonraki istasyona gönderir. Mesaj kendisi için ise orada tutulur. Kullanılan protokol tipine göre, mesaj, istasyon istasyon dolaşır ve ilk gönderildiği



Şekil 2.6. Token halkasının çalışma prensibi: Token istasyonlar arasında dolaşır. Bir istasyon sadece, token onda ise mesaj gönderebilir. Bütün istasyonlar, onlara gönderilmiş olan mesajı, tanırlar, biriktirirler ve diğer istasyonlara iletirler. Bir mesaj, mesajı gönderen istasyona dönene kadar halkada kalır.

istasyona gelir. Gönderen bunu mesajın istenen yere ulaştığı açısından onay olarak algılar. Bir istasyon, token halkasında güçlendirilmemişse, giriş ve çıkış veri yolu bağlantıları, bir röle aracılığı ile kısaltılır, böylece mesajlar veri yolu üzerinde, engelle karşılaşmadan iletilebilir.

2.13. Saha Veriyolu Çeşitleri (Fieldbuses)

Sanayi uygulamalarında, veri toplamak ve işlemek için gerekli işin çoğu, merkezi işlemlerin yapıldığı yerden değil de, cihazların kurulduğu yerden gelir. Dijital teknolojinin nimetlerinden yararlanmak isteyen sanayi kesiminde, düşük seviyeli haberleşme için yeni bir dijital standarda yoğun talep vardır. Bu standard, Saha Veri Yolu (Fieldbus) olarak tanınır.

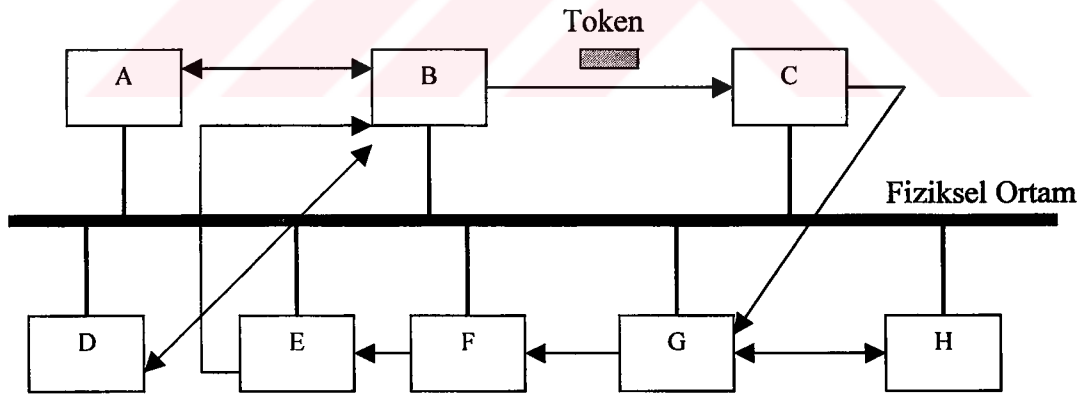
Algılayıcı bakımı daha kolaydır. Test ve kalibrasyon gibi işlemler uzaktan kontrol edilebilir ve bakım personeli tarafından doğrudan müdahale azdır. Toplanmış verinin kalitesi, proses kontrolünün kalitesini doğrudan etkiler.

FIP, Fransız, Alman ve İtalyan firmalarının ortak bir ürünüdür. İngilizce, Factory Instrumentation Protocol ve Fransızca, Flux Information Processus' un baş harfleridir.

FIP, burulu çift iletken kullanır. İletim hızı $31.25 \text{ kbit s}^{-1}$, 1 Mbit s^{-1} ve 2.5 Mbit s^{-1} dir. Bir bölüm için kullanılan kablo boyu, 1 Mbit s^{-1} lik işlemlerde 500m' dir. Ancak gerçek hıza bağlı olarak kablo boyu değişir. Birkaç kısım, birbirine tekrarlayıcılar (repeaters) ile bağlanır. Bir kısma bağlanacak en fazla istasyon sayısı 32 ve sistemin tümüne bağlanabilen en fazla istasyon sayısı 256' dır. Bütün arabirim işlemleri, özel bir entegre devrede toplanmıştır. Adına FULLFIP denir. Bu entegre devre, haberleşme yapan cihazın işlemcisi (CPU) ile, diğer yandan da FIP veri yolu ile bağlanır. Birkaç birim aynı anda tüketici olarak hareket ederek aynı mesajı alabilir.

PROFIBUS, Proses Saha Veri Yolu (Process Fieldbus), Alman sanayicilerinin ürünüdür. Diğerleri gibi profibus da, OSI katmanı 1, 2 ve 7' nin özelliklerini birleştirir. (yani fiziksel ortam, veri bağlantısı ve uygulama)

Profibus fiziksel ortamı, RS-485 kurallarına uygun olarak burulu çift kablodur. Maksimum uzunluk, 1200 m' dir. (tekrarlayıcı kullanılarak 4800 m'ye kadar çıkarılabilir) Veri iletim hızı 9.6, 19.2, 187 ve 500 kbit s^{-1} dir.



Şekil 2.7. PROFIBUS işletim prensibi: B,C,E,F,G ana (master) istasyonları, token'i dolaştırırlar ve token'i tuttuklarında haberleşebilirler. A, D ve H uydu istasyonların, sadece token'ı tutan ana (master) istasyonlardan birisinden gelen doğrudan taleplere cevap vermeye izinleri vardır.

Profibus, IEEE 802.4 token bus modelinin bir versiyonunu, ana (master) ve uydu (slave) istasyonlar ile beraber kullanır. Aktif ve pasif olarak ayrılmış 127 istasyon veriyoluna bağlanabilir. Aktif istasyonlar, tokenı dolaştırırlar ve tokenı aldıklarında mesaj gönderebilirler. Pasif istasyonlar token dolaştırmazlar ve mesaj gönderebilmeleri için, bir aktif istasyon tarafından adreslenmelidirler.

Mesajların, önceliklerine göre iki seviyesi vardır.(Yüksek/Düşük-High/Low). Maksimum uzunlukları, 256 byte'tır.

Profibus, PLC, regülatörler, ve küçük proses bilgisayarları gibi karmaşık birimler ile aynı veri yolu üzerindeki akıllı algılayıcıların bağlantılarını desteklemek için tasarlanmıştır. Mesaj temelli haberleşme sayesinde, mesaj alış-verişinde, mesajın tipi ve miktarında, esnek olmak mümkündür. Ancak, profibus, algılayıcı verisinin tamamının sabit hızda toplanacağını garanti etmez.

Bitbus, Intel' in 1984' te tanıttığı fieldbus' ın adıdır. Diğer şirketlerin sanayi ürünlerine temel oluşturur. OSI'nin ilk iki katmanından oluşur. Fiziksel Katman (1. Katman) ve Veri Bağlantı Katmanı (2.Katman).

Fiziksel seviyede, bitbus, RS-485 standardında burulu çift kablo kullanır. Tek veri yolu üzerine maksimum 28 cihaz bağlanabilir ve tekrarlayıcılar (repeater) kullanılarak birkaç veri yolu birleştirilebilir. İletim hızı, 62.5 kbit s^{-1} , 375 kbit s^{-1} ve 2.4 Mbit s^{-1} dir. En düşük hızda, tekrarlayıcılar arasındaki mesafe 1200 m' ye kadar çıkabilir.

Bitbus, hiyerarşik yapıdadır. Bağlı olan cihazlardan biri ana birim (master) olarak görev yapar, bütün diğerleri ise uydudur. Böylece, ana birim bütün haberleşme işlemini yönetendir. Haberleşme protokolü, kesinlikle rastgeledir. Ana cihaz, uydu cihaza bir mesaj gönderir ve uydu buna cevap vermek zorundadır. Uydu, kendi kendine haberleşme başlatamaz ve başlatmak için de ana (master) cihazdan istek gelmesini beklemek zorundadır.

Uydu, ana cihaza cevabını önceden belirlenmiş zaman içinde vermelidir. Uydu cevap vermezse, ana cihaz, birkaç defa dener. Eğer talep başarılı olmassa, ana cihaz, uydu cihazı, erişilemez olarak kaydeder.

Birkaç bitbus etkin olarak bir aēa baēlıysa, ana (master) birimler, o aēın haberleēme birimleri olurlar. Genelde kuvvetli birim ana birimdir, daha basitler ise uydulardır. Uyduların daha az elektronik devresi vardır. [2]



3.PROFIBUS

3.1. Giriş

PROFIBUS, üretim ve proses otomasyonundaki uygulamalar için bir saha veri yolu standardıdır. Uluslararası standart olan EN 50 170 tarafından desteklenmektedir. Özel bir arabirime gerek duymaksızın, farklı üreticilere ait aygıtların haberleşmelerini sağlar. PROFIBUS, hem yüksek hızlı kritik zamanlı uygulamalarda hem de kompleks haberleşme işlerinde kullanılabilir. PROFIBUS, fonksiyonel olarak, haberleşme protokolleri (DP ve FMS) sunar.

DP, en çok kullanılan haberleşme profilidir. Hız, etkinlik ve düşük bağlantı maliyeti için iyileştirilmiştir. Özellikle, otomasyon sistemleri ve çevreler arasındaki haberleşmeyi sağlamak için tasarlanmıştır.

FMS, genel bir haberleşme profilidir. Akıllı aygıtlar arasındaki haberleşme için gelişmiş uygulama fonksiyonlarını sunar. Hücre seviyesindeki TCP/IP' nin kullanımı ve PROFIBUS' ın teknik gelişiminin sonucu olarak, FMS gelecekte daha az rol alacaktır.

Uygulamaya bağlı olarak, iletişim teknolojileri (Fiziksel Profiller) RS-485, IEC 1158-2 veya fiber optikler kullanılır. Uygulama profilleri, protokol ve haberleşme teknolojisinin seçeneklerini tanımlar. Algılayıcı seviyesinde, algılayıcıların sinyalleri bir veri yolu boyunca iletilirler. Veri, çevrimsel olarak iletilir. AS-Arabirimi, bu tip saha uygulamaları için uygun bir veri yolu sistemidir. Saha seviyesinde, I/O birimleri, ölçme dönüştürücüsü, sürücü birimleri, vanalar ve işletme birimleri, gerçek zamanlı bir haberleşme sistemi aracılığıyla otomasyon sistemleri ile haberleşirler. Proses verisinin iletimi, çevrimsel olarak yapılır. Alarmlar, parametreler ve tanılama verisi gerekli olduğu durumlarda çevrimsel olmadan iletilirler. PROFIBUS, bu ihtiyaçları karşılar. Hücre seviyesinde ise, PLC gibi programlanabilir kontrolörler,

birbirleri ile haberleşirler. Bilgi akışı, geniş veri paketlerine ve güçlü haberleşme fonksiyonlarına gerek duyar.

PROFIBUS için mümkün olan üç iletim metodu (fiziksel profil) vardır:

- Üretim otomasyonunda genel uygulamalar için RS-485 iletimi
- Proses otomasyonunda kullanılmak üzere IEC 1158-2 iletimi
- Geniş ağ mesafeleri için fiber optikler

PROFIBUS' ın fiziksel katmanı için, gelecekte 10 Mbit/s ve 100 Mbit/s' lik ticari Ethernet bileşenlerinin kullanılması planlanmaktadır.

PROFIBUS uygulama profilleri, kullanılan iletim teknolojisi ile haberleşme protokollerinin etkileşimlerini tanımlar. Aynı zamanda, PROFIBUS aracılığıyla yapılan haberleşme esnasında saha aygıtlarının hareketlerini tanımlar. En önemli PROFIBUS uygulama profili, PA profilidir. Bu, ölçme dönüştürücüsü ve vanalar gibi proses otomasyon aygıtlarının fonksiyon bloklarını ve parametrelerini tanımlar.[4]

3.2.Temel Özellikleri

PROFIBUS, saha seviyesinden hücre seviyesine kadar dağılmış dijital programlanabilir kontrolörlerin (denetleyiciler) bağlandığı, saha veriyolu sisteminin teknik özelliklerini tanımlar. PROFIBUS, çok ana birimli bir sistemdir. PROFIBUS' ta iki tip aygıt vardır.

- Ana birimler, veriyolundaki, veri haberleşmesini belirlerler. Veri yolu erişim hakkına (token) sahipse dışarıdan gelen bir talep olmadan mesaj gönderebilirler. Ana birime aynı zamanda aktif istasyonda denir. Ana birimlerde ikiye ayrılır: Sınıf 1 Ana Birim ve Sınıf 2 Ana Birim. Sınıf 1 Ana Birim, aktif olarak sadece kendisine ait uydular ile pasif olarakta Sınıf 2 Ana Birim ile haberleşebilir. Sınıf 2 Ana Birim ise, denetleyici konumundadır. Sınıf 1 Ana Birimler, onların uyduları ve kendi uyduları ile konfigürasyon, tanılama ve veri/parametre alışverişi amacıyla haberleşirler. Sınıf 1 ana birim, kendine bağlı olan uydular ile kullanıcının veri alışverişini yürütür. Sınıf 2 ana birim ise devreye alma sırasında kullanılır. Sınıf 2 ana birim de bir uydunun kontrolünü alabilir.

- Uydu aygıtlar, I/O aygıtları, vanalar, sürücüler ve ölçme dönüştürücüleri gibi çevresel aygıtlardır. Veriyolu erişim hakları yoktur. Sadece, alınan mesajları okuyabilirler veya istenildiği zaman ana birime mesaj yollayabilirler. Uydular aynı zamanda pasif istasyonlar olarakta anılırlar. Veriyolu protokolünün küçük bir bölümüne ihtiyaç duydukları için uygulamaları ekonomiktir.

Uluslararası standart ISO ile uyumlu olarak, OSI referans modeline yönelik bir protokol mimarisidir. Etkili bir haberleşme protokolü olan DP, kullanıcı arabirimi olarak 1. ve 2. katmanları kullanır. 3. ve 7. Katman kullanılmaz. Bu mimari, etkili ve hızlı iletim sağlar. Genel haberleşme protokolü olan FMS' te 1. 2. ve 7. katmanlara farklı önemler atanmıştır. Uygulama katmanı olan 7.katmanda, Saha Veriyolu Mesaj Tanımlaması (Fieldbus Message Specification-FMS) ve Düşük Katman Arayüzü (Lower Layer Interface-LLI) vardır. FMS, ana birim-ana birim ve ana birim-uydu haberleşmesi için gereken etkili haberleşme hizmetlerini tanımlar. LLI, 2. katmanın veri iletim protokolünde FMS hizmetlerini tanımlar.

RS-485 iletim teknolojisi kolaydır. Veriyolu yapısı sayesinde, diğer istasyonlar etkilenmeden, sistem adım adım hizmete sokulabilir, istasyonlar eklenebilir veya çıkarılabilir. Sonradan yapılan genişlemelerin, çalışmakta olan istasyonlar üzerinde bir etkisi yoktur. 9.6 kbit/s ve 12 Mbit/s arasındaki iletim hızları mevcuttur. Sistem devreye alınırken, veriyolundaki bütün aygıtlar için tek bir iletim hızı seçilir. Maksimum kablo uzunlukları iletim hızına bağlıdır.

Tablo 3.1. RS-485 teknolojisinin temel özellikleri

Ortam	Zırhlı burulu çift kablo
İstasyon Sayısı	Tekrarlayıcı olmadan her bölüm için 32 istasyon.Tekrarlayıcı ile genişletilebilir.
Konnektörler	9-ışneli (pinli) D tipi konnektör

Tanımlanmış bir baud hızı olan 31.25 kbit/s ile IEC 1158-2' ye göre olan senkron iletim, proses otomasyonunda kullanılır.,

Tablo 3.2. IEC 1158-2 iletişim teknolojisinin özellikleri

Veri İletimi	Dijital, bit-senkron, Manchester Kodlama
İletim Hızı	31.25 kbit/s, Gerilim Modu
Veri Güvenliği	Giriş, Hatasız başlangıç
Kablo	İki telli zırlı burulu çift kablo
Uzaktan Kumanda	İsteğe bağlı, veri hatları aracılığıyla
Yapı	Düz hat, ağaç yapısı veya kombinasyonu
İstasyon sayısı	Bölüm başına 32 istasyon, toplam olarak maksimum 126.
Tekrarlayıcı	4 Tekrarlayıcıya kadar kullanılabilir.

PROFIBUS' ta fiber optik iletkenler, yüksek elektromanyetik girişimli ortamlardaki uygulamalarda, elektriksel izolasyon veya yüksek iletişim hızlarında maksimum ağ mesafesini arttırmak için kullanılabilir. Uygulamaya, mesafeye ve maliyete göre ayrılan farklı özelliklerde fiberler mevcuttur.

Fiber optik teknoloji kullanan PROFIBUS bölümleri, yıldız veya halka yapısında tasarlanmıştır. Bazı üreticiler, RS-485 iletim hatları ve fiber optikler arasında bağlantılar sunarlar. Böylece, bir sistem içinde, her hangi bir zamanda, RS-485 iletimi ve fiber optik iletim arasında bir anahtarlama metodu sağlar.

PROFIBUS Haberleşme profilleri, düzenli bir ortam erişim protokolü kullanır. OSI referans modelinin 2.katmanı tarafından gerçekleştirilmektedir. Aynı zamanda, veri güvenliğini, iletim protokollerinin ve paketlerinin kontrolünü de içerir. PROFIBUS' ta 2. Katman, Saha Veriyolu Hattı (Fieldbus Data Link-FDL) olarak bilinir.Ortam Erişim Kontrolü (Medium Access Control-MAC), bir istasyona veri iletmek için izin verildiğinde prosedürü tanımlar. MAC, belli bir zamanda, sadece bir istasyonun veri iletmeye hakkı olduğunu belirtir. PROFIBUS protokolü, Ortam Erişim Kontrolü için gereken iki ihtiyaç için tasarlanmıştır:

- Kompleks otomasyon sistemleri (ana birimler) arasındaki haberleşme esnasında, belli bir zaman aralığında haberleşme görevlerini yerine getirebilmek için yeterli zaman bütün istasyonlara sağlanmalıdır.

- Kompleks bir programlanabilir kontrolör ile ona atanmış uydular arasındaki haberleşme için, çevrimsel, gerçek zaman veri iletişimi en kolay ve en hızlı bir şekilde uygulanmalıdır.[4]

3.3. ISO/OSI Modelinde PROFIBUS' ın Yeri

Uluslararası bir referans model olarak geliştirilmiş olan ISO/OSI modeli, aşağıdaki tabloda açıklandığı gibi haberleşme işlemini 7 katmana ayırır:

Tablo 3.3. ISO/OSI Modeli

Katman 7	Uygulama Katmanı
Katman 6	Sunum Katmanı
Katman 5	Oturum Katmanı
Katman 4	Taşıma Katmanı
Katman 3	Ağ Katmanı
Katman 2	Veri Bağı Katmanı
Katman 1	Fiziksel Katman

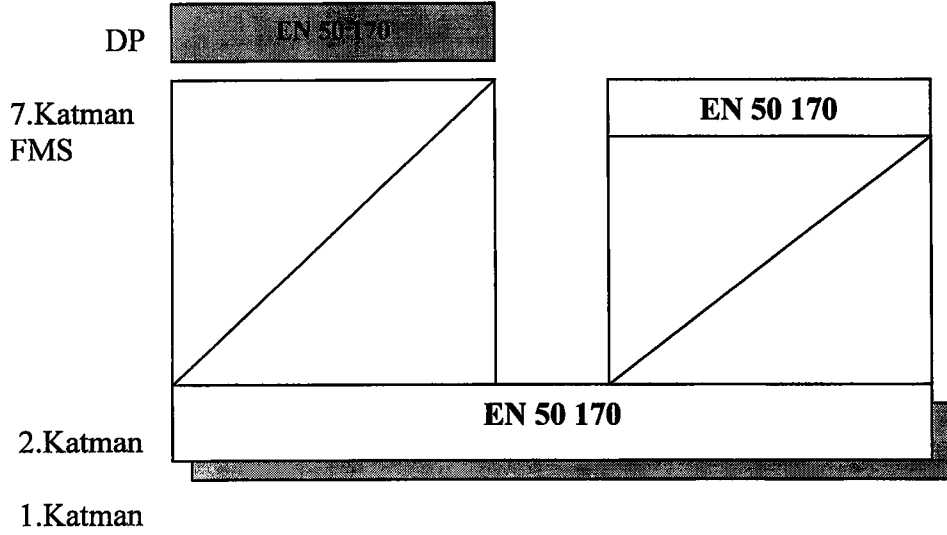
Her bir katmanın tanımı, ilgili standartlarda açıklanmıştır. Profibus ile ilgili ISO/OSI katmanları yukarıdaki tablo içerisinde gri ile renklendirilmiş olanlardır.

Profibus üç varyasyondan oluşur.

Profibus-DP: Bina ve fabrika otomasyonunda ihtiyaç duyulan yüksek hızda veri haberleşmesi sağlamak üzere geliştirilmiştir. Profibus-DP, Avrupa Saha Veriyolu Standardına (EN 50170) dahil edilmiştir. (DP- Decentralized Periphery/ Dağıtılmış Çevre anlamına gelmektedir.)

Profibus-FMS: Endüstriyel haberleşmede, hücre ve saha seviyelerinde veri haberleşmesini sağlamak üzere geliştirilmiş bir çözümdür. (FMS- Fieldbus Message Specification Saha veriyolu mesaj tanımlaması anlamına gelmektedir.)

Profibus-PA: Proses Endüstrisinin gerekleri ve esasta güvenlik zorunluluğu taşıyan veya taşımayan bölgelerdeki uygulamalara çözüm sunmanın yanı sıra saha cihazlarının profibus üzerinden enerjilendirilmesini de kapsar. Profibus-DP'yi temel almaktadır. Genel amaçlı otomasyon ile proses otomasyonu arasındaki haberleşmeyi sağlar.



Şekil 3.1 ISO/OSI Modelinde PROFIBUS

ISO/OSI modelinde, katmanlardan 1. ve 2. Katman, DP ve FMS versiyonları için aynıdır. Diğer bir deyişle, hem fiziksel iletim ekipmanı (örneğin RS-485 tanımlamalarına uygun hatlar, fiber optik iletkenler, fiş bağlantıları, ve parça bağlantıları için tekrarlayıcılar), hem de paket (telegram) veri iletim formatı benzerdir. Katman 3 ve 6 Profibus' ta kullanılmaz. FMS versiyonu, uygulama katmanında tanımlıdır. Uygulamanın verimliliği açısından, Profibus-DP versiyonunun 7. katmanı boş bırakılmıştır. Bu nedenle, DP versiyonu, katman 2' ye ait standart bir uygulama olarak kabul edilebilir.[1]

3.4. PROFIBUS Uygulama Alanları

Haberleşme sisteminden beklenenler göz önüne alındığında, veri miktarı, iletişim süresi ve iletişim frekansı, doğru hiyerarşik seviyenin oturtulmasında dikkate alınması gereken önemli faktörlerdir. Bilgi, tabandan yönetim seviyesine doğru iletilmelidir. Aşağıdaki tablo, haberleşme sistemini, ait olduğu seviyeye yerleştirmede kullanılan ana kriterleri belirler.

Tablo 3.4 Haberleşme Sistemi için Gerekli Veriler

	Veri Miktarı	İletim Süresi	İletim Sıklığı
Yönetim Seviyesi	Mbyte	Saat/dakika	Günlük
Hücre Seviyesi	Kbyte	Saniyeler	Saatler/dakikalar
Saha Seviyesi	Byte	100 μ s'den 100ms'ye kadar	10 ile 100 ms
Algılayıcı seviyesi	Bit	μ s'den milisaniyelere	milisaniyeler

Profibus-DP'nin ana uygulama alanı, 100 μ s ile 100 milisaniye arasında iletimin sağlanması gerektiği yerlerdir. Sistemin özünde planlanan uygulama alanları, (örneğin saha seviyesindeki giriş çıkışlar için yüksek hızda dijital veri haberleşmesi) akıllı veri işleme proseslerinin yetenekleri sayesinde dikkat çekici biçimde gelişmiştir. Profibus, geniş haberleşme hız bandı (9.6 kBaud-12 MBaud) ve paket (telegram) başına 244 byte'a kadar olan özel veri hacmi ile kendini her dalda kabul ettirmiştir. Donanım değişikliğine gidilmeden, Profibus yavaş ve hızlı prosedürlerin (kereste sanayi, şişeleme fabrikaları, ayırma sistemleri) çalışmasında kullanılabilir.

DP ve FMS versiyonları, aynı veri yolu üzerinde birbirini etkilemeden veri taşıyabilirler. Bunun anlamı, her bir versiyonun tam verimle kullanımının yanında, farklı protokollerin sistem büyüdükçe sorunsuz olarak eklenebilmesidir. Eğer her iki protokol, aynı anda kullanılacaksa, sistem konfigürasyonu sırasında tanımlanmalıdır.[1]

3.5. İletim Ortamı (Katman 1)

EN 50170'de ana hat, tip A olarak belirlenmiştir.

Tablo 3.5. İletken Parametreleri

Parametre	Hat A	Hat B
Empedans (Ω)	135' den 165' kadar	100' den 130' a kadar
Kapasite (birim uzunluk başına-pF/m)	<30	<60
Çevrim Direnci (Ω /km)	110	---
İletken çapı (mm)	0.64	>0.53
Kablo Kesidi (mm ²)	>0.34	>0.22

Tablo 3.6. İletken Uzunlukları

İletim Hızı (kbit/s)	9.6	19.2	93.75	187.5	500	1500	12000
Kablo A	1200	1200	1200	1000	400	200	100
Kablo B	1200	1200	1200	600	200	-	-

Tablo 3.7. Veri yolu Konnektörü

İğne (Pin) No	Sinyal	Görevi
1	Şase	Şase/koruma topraklaması
2	M24	24V çıkışın topraklaması
3	RxD/TxD-P *)	Veri alımı/iletimi (artı)
4	CNTR-P	Tekrarlayıcılar için kumanda sinyali(yön kontrolü)
5	DGND *)	Veri iletimi gerilimi (toprağa göre 5V)
6	VP *)	Hat sonu direncinin besleme gerilimi-P(P5V)
7	P24	Çıkış gerilimi +24V
8	RxD/TxD-N *)	Veri alımı/iletimi (negatif)
9	CNTR-N	Tekrarlayıcılar için kumanda sinyali (yön kontrolü)

*) mecburi sinyalleşmeler kullanıcı tarafından desteklenmelidir.

RS-485 arabirimi için kullanılan burulu çift kablo, oluşturulan seri veri yolu girişime (interference) karşı duyarlı olmayan yapıdadır. EN 50 170 standardına uygun olarak, Profibus kablosu, 9 iğneli, sub D konnektör bağlantı yapısına uyumludur. Bu özellik, uyduya bağlantı sağlar. Her istasyon, 5 ve 6 nolu konnektör iğnelerinde 5V ve toprak (GRN) sağlamak zorundadır. Böylece, her veri yolu, hat sonu dirençleriyle sonlandırılabilir.

Bir Profibus sistemine, 126 adete kadar istasyon bağlanabilir. Veri yolu üzerinde, bu sayıda kullanıcıya hizmet verilebilmesi için, veri yolu sistemi birbirinden bağımsız ayrı katmanlara bölünmelidir. Katmanlar, birbirlerine tekrarlayıcılarla bağlanır. Pasif bir veri yolu istasyonu elemanı olarak, bir tekrarlayıcı, kendisini takip eden istasyonlara verinin iletimi için gerekli sinyal düzeltmesini sağlar.

Katman başına 32 istasyon bağlanabilir, ancak her tekrarlayıcı, hatta ek yük getirdiğinden bir istasyon olarak sayılmaktadır. Uzun mesafede, sistemleri gerçekleştirebilmek için bağ (link) katmanları adı verilen üzerine hiç istasyon bağlanmayan katmanlar kullanılır. Fiber optik bağlantılar sayesinde, günümüzde 2 tekrarlayıcıyla kilometreler mertebesinde iletişim sistemleri kurulabilmektedir.

Pratikte, tekrarlayıcılar, sinyali yenileyen ve yenilemeyen olmak üzere iki tiptir. Sinyali yenileyen tekrarlayıcılar, sinyal kalitesini düzenleyerek veri yolu sisteminin mesafesinin uzamasını sağlarlar.

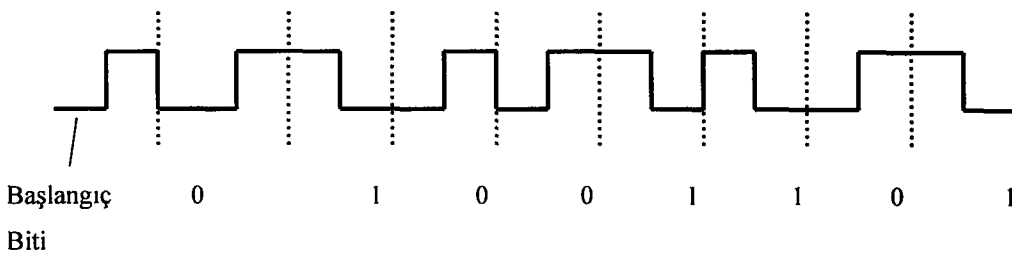
PROFIBUS-DP ve FMS, veriyi NRZ (non return to zero- sıfıra dönmeyen) kodlama sisteminde iletirler. Bit süresince, ikili sinyal 0 veya 1 olmakla beraber değişikliğe uğramaz.

Profibus'ta bir karakter 11 bitten oluşur. (1 başlangıç biti, 8 veri biti, 1 eşlik (parity) biti (çift), ve 1 bitiş biti). Hiçbir haberleşme olmadığı zaman, hat gerilimi "1" seviyesindedir. Başlangıç biti, hattın "0" seviyesine gitmesine neden olur.



Şekil 3.2. NRZ Kodlanmış Sinyaller

PROFIBUS-PA, veriyi, Manchester kodlama ile IEC 1158-2 iletim tekniğini kullanarak iletir. (ikilik düzende 0' dan 1'e değişen kenar 0 olarak, 1'den 0'a değişen kenar ise 1 işareti olarak algılanır.)



Şekil 3.3. Manchester Kodlanmış Sinyaller

Bağlantı hatları (örneğin konnektör ve sürücü arasındaki) mümkün olduğunca kısa tutulmalıdır. Eğer saha şartları uzun hatlar gerektiriyorsa optokuplör vasıtasıyla hat uzatılabilir. Normal koşullarda 1.5 Mbaud üzeri veri iletim hızlarındaki tüm hat kombinasyonlarında, hatta girişimi kompanze edebilmek için konnektör kullanılmalıdır. [1]

3.6. Veri İletişim Katmanı (Katman 2)

ISO/OSI modellemesinde 2.katman, veri paketlerinin genel yapısını, güvenlik mekanizmalarını ve mümkün olan iletişim hizmetlerini tanımlar. Aşağıdaki iletişim hizmetleri standart olarak tanımlanmıştır.

- SDA: (send data with acknowledge) (sadece FMS için)

Ana veya uydu sisteme veri iletimini takiben kısa bir onay mesajı cevap olarak gönderilir.

- SRD: (send and request data with acknowledge) (DP ve FMS için)

Veri, tek bir paket çevrimi içerisinde iletilir ve alınır.

- SDN: (send data with no acknowledge) (DP ve FMS için)

Seçilmiş bir grup için dağıtılmış (Broadcast) veya çoğullanmış (Multicast) paketler.

- CSRD: (Cyclic send and request data) (FMS için)

Profibus-DP, sadece SRD ve SDN servisleriyle çalışır. SRD servisi sırasında, ana (master), çıkış verilerini uyduya gönderir ve giriş verilerini (eğer uyduda varsa), belirli bir zaman içinde alır. Eğer uydu, bir çıkış cihazı ise E5H kısa onayı ile cevap verir. SDN servisi, verileri, bir grup tanımlanmış uydu istasyonlara gönderir. Gerektiğinde bu servis, tetiklenebilir.[1]

3.6.1. Paket (Telegram) Yapısı

İletişim hattının durağan seviyesi “1” dir. Her paketin gönderilme talebinden önce, en azından 33Tbit’ lik (senkronizasyon zamanı) durağan durum sağlanmalıdır. Bütün veriler, her bir karakter arasında boşluk olmadan gönderilir. ASIC’ler bu kurallara uyumludurlar. Paket başlıklarının kısaltmaları aşağıda listelenmiştir.

SD: Start Delimiter (Başlangıç göstergesi)-(paket tiplerini birbirinden ayırmakta kullanılır.)

FC: Function Code (Fonksiyon Kodu) – (paket tiplerini tanımlamakta kullanılır- onay, talep,cevap vb.)

LE: (Length of the net data inc.) (net veri uzunluğu) DA,SA,FC,DSAP,SSAP... [1]

Ler: (Repetition of length) (net veri uzunluğu tekrarı HD=4) (HD-Hamming Distance-Hamming mesafesi, hatalı bir paketin başka bir paket olarak yanlış anlaşılmasına karşı bir protokolün ne kadar güvenli olduğunu gösteren bir ölçüdür. HD=4 demek, en az 4 bitin yanlış olduğunu ve paketin yanlış anlaşılmaması için sağlama hesaplarının yapılması gerektiğini gösterir. [4]

DA: (Destination Adress) (gönderilen adres)

SA: (Source adress) (kaynak adresi)

DSAP: (Destination Service access point) İleti adresi ulaşım noktası

SSAP: (Source Service access point) Kaynak servisi ulaşım noktası

DU: (Data Unit) Veri Birimi

FCS: (Frame Checking Sequence) Çerçeve Kontrol Sıralaması

ED: (End Delimeter) Bitiş göstergesi

Veri bağı katmanı ayrıca güvenli veri iletimini garanti eder.

HD=4 ile aşağıdaki hatalar ortaya çıkartılır:

- Karakter yapı hatası
- Protokol hatası
- Hatalı başlangıç/bitiş belirteci
- Hatalı çerçeve kontrol biti
- Hatalı paket uzunluğu

Profibus-DP, aşağıdaki paket tiplerini ayırt etmek için başlangıç belirteci kullanır:

SD1=Request_FDL_Status: Aktif istasyon her zaman bu paketi veri yolu üzerinde yeni aktif istasyonlar aramak üzere boşluk (GAP) zamanının bitimiyle (SD=10H) göndermeye başlar.

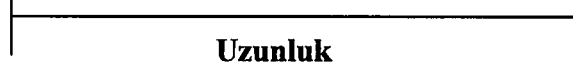
Tablo 3.8. SD1 Paketi

SD	DA	SA	FC	FCS	ED
10H	xx	Xx	x	x	16H

SD2=Paket (Telegram): Değişken uzunlukta veri paketi. SRD servisiyle kullanılır.(SD=68H)

Tablo 3.9. SD2 Paketi

SD	LE	LEr	SD	DA	SA	FC	DSAP	SSAP	DU	FCS	ED
68H	x	x	68H	xx	xx	x	3CH	3EH	x	x	16H



SD3= Paket (Telegram): Sabit uzunlukta veri paketi (SD=A2H)

Tablo 3.10. SD3 Paketi

SD	DA	SA	FC	DU	FCS	ED
A2H	xx	xx	x	x...	x	16H

DU' daki veri her zaman 8 byte uzunluğundadır.

SD4= Token Paket (Telegram): 2 aktif veri istasyonu arasında erişim haklarını sağlayan veri paketidir.

Tablo 3.11. SD4 Paketi

SD	DA	SA	ED
A2H	xx	xx	16H

3.6.2. İstasyon Ekleme ve Çıkarma

Veri yolu sistemine her zaman, aktif ve pasif istasyonlar ekleyip çıkartılabilir. Her aktif istasyon, kendi istasyon adresi (TS=This Station-Bu İstasyon) ile bir sonraki istasyon adresi (NS=Next Station-Bir sonraki istasyon) arasında yeni bir istasyonu bulmakla sorumludur. Ana (master)' da boşluk (GAP) alanı olarak bulunan bu alan (istisna:en yüksek adres ile adres 127 arasındaki alan, boşluk alanının parçası değildir), token' ı aldığı zaman, ana birim tarafından "Request_FDL_Status" çağrısı ile döngüsel olarak kontrol edilir. Eğer aktif istasyon başka bir aktif istasyon bulursa, bir dahaki çevrimde token' ı yeni istasyona verir.

Sistem tarafından aşağıdaki durumlar yönetilebilir.

- Bir çok token
- Jetonun kaybolması
- Jetonun verilmesi sırasında hata
- İstasyon adreslerinin bir çok görevi
- Hatalı verici ve alıcılara sahip istasyonlar
- İstasyonların eklenmesi, çıkarılması
- Aktif ve pasif istasyonların kombinasyonları

3.7. PROFIBUS –DP’ nin Uygulama Katmanı

EN 50 170’ de belirtildiği gibi, bir PROFIBUS paketi (telegram), 0 ile 126 numaralı adreslerdeki istasyonları bağlamak ve her bir paket için 244 byte’a kadar net veri taşımak için kullanılabilir. Ancak, 126 numaralı adres, kullanıcı verisini değiştirmek için kullanılmayabilir. Bütün bilgi alışverişleri, paket başlığında bulunur ve bu başlık servis ulaşım noktalarını(Service Access Points-SAPs) kullanır.

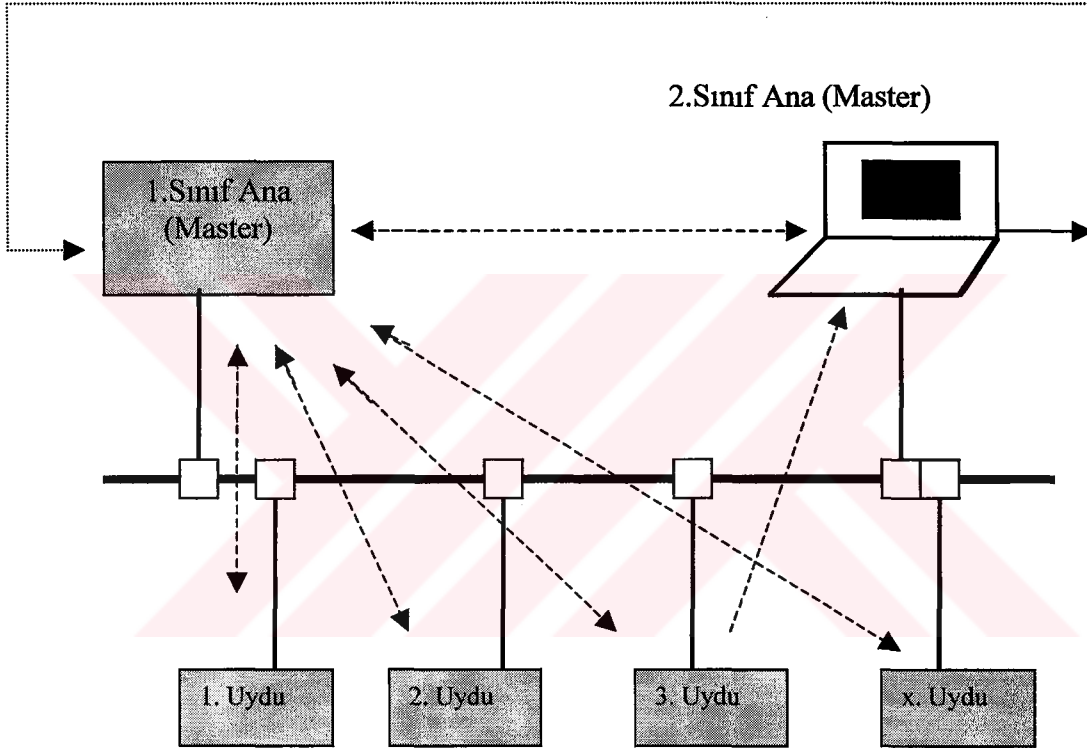
Bütün PROFIBUS uyduları aynı önceliğe sahiptir. 12 Mbaud teknolojisi kullanıldığında, bilgi iletim zamanı mikro saniyeler seviyesinde gerçekleşir. Veri çıkışını etkileyen ana faktör ise genellikle uygulama işlemidir.

PROFIBUS, çevrimsel veri alışverişi ile ana-uydu (master-slave) haberleşmesi prensibi ile çalışır. Sahip olduğumuz ana birim-ana birim(master-master) haberleşmesi, veriyolu üstündeki ana birimlerin her bir uyduya ulaşmasını kontrol eder. Bundan başka ana birim-uydu haberleşmesi de, bağlı olan uydular arasındaki haberleşmeyi kontrol eder.

Bir ana birim, ana birim parametre kayıtlarını aldıktan sonra kendine bağlı uydular ile bilgi alışverişine başlar. Ana birim parametre kayıtları, parametre/konfigürasyon verileri, bağlı olan uyduların adres listesi ve veri yolu parametrelerini içerir. Başlangıç sırasında, ana birim bütün haberleşme bağlantılarını ayarlar ve sürelerini izler. Geçerli bir paket aldığı anda, bağlı olan uydu istasyon, kendine ait olan ve ana birim tarafından ayarlanmış olan izlenme süresini tekrar tetikler. Haberleşmede herhangi bir hata oluştuğu zaman, katılan bütün istasyonlar bunu hemen algılar ve bir

durum paketi ile rapor edilir. Uydular, çıkışları, önceden tanımlanmış duruma ayarlarlar ve ana birim bunları tekrar biçimlendirmek zorundadır.

Bir silme (RESET) işaretinden veya gerilim işaretinin geri gelmesinden sonra, ana birim kendine bağlı olan uydular ile tekrar bağlantı kurmayı dener. Haberleşme sağlanırken, ana birim, en düşük adresten en yüksek adrese doğru haberleşmeye başlar. Veri yoluna farklı sınıflardan ana birimler bağlanabilir. Gerçek uygulamalarda ise, veriyolu tasarlanırken, veriyolu çevrim süresi, montajı yapılan kablolar ve ana birimin fonksiyonelliği göz önünde tutulmalıdır.



Şekil 3.4. İki Ana Birim ve Dört Uydu Birimli Veri Yolu Konfigürasyonu

Yukarıdaki örnekte, sınıf 1 ana birim, 1, 3 ve x numaralı uydu ile olan kullanıcı veri haberleşmesini yürütür. Daha sonra, token'ı, sınıf 2 ana birime verir. Sınıf 2 master, veriyi 3 no' lu uydudan alır ve sıra tekrar sınıf 1 ana birime geçer ve böyle devam eder.

Haberleşmenin mümkün olduğunca hızlı devam etmesi için, sınıf 1 ana birim-ana birim haberleşmesi sağlanmaz. İki sınıf 1 ana birim arasındaki haberleşme, sadece sıra değişimi esnasındaki veri yolu kullanımı ile sınırlandırılmıştır.

Token tutma süresi (T_h) ayarlanmalıdır böylece token ondayken ana birim, kendine bağlı olan uydular ile haberleşmeye yeterli zaman bulabilir.

Bir veriyolu çevrim süresi, hedeflenen çevrim süresi ile tanımlanır. Bu hedeflenen çevrim süresi gerçek çevrim süresinden kesinlikle büyük olmak zorundadır. ($T_{TR} =$ Ana birimin, token'ı tekrar almasına kadar geçen süre. $T_{RR} =$ token'ın alındığı gerçek zaman.

Paket başını da içeren, bir paketin toplam uzunluğu 255 byte'tır. Yalnızca Veri_Değişim (Data_Exchange) başlığı 9 byte uzunluğundadır. Diğer bütün başlıklar 11 byte uzunluğundadır. Giriş ve çıkışların okunması esnasında her bir ana birim, her bir uydunun giriş çıkış verilerini okuyabilir. Okunan girişler ve okunan çıkış paketleri Veri_Değişim (Data_Exchange) paketi ile aynı yapıdadır. Tek fark Okunan_Giriş ve Okunan_Çıkış paketleri DSAP ve SSAP içerir ki bu da paket başlığını 2 byte uzatır. 244 byte' tan fazla kullanıcı verisi kullanılmamalıdır böylece her ana birim, diğer uydu istasyonların giriş/çıkışlarını tamamen okuyabilir.

Bir PROFIBUS ana birimi, otomatik olarak yeni aktif bir istasyonu tanımlar. PROFIBUS-DP aynı zamanda, Çoklu (Multicast) ve Geniş (Broadcast) iletişim paketlerini destekler. Çoklu yayın telegramı, sadece belirlenmiş bir gruba gönderilir ve yalnızca bu grup tarafından kabul edilir. Genel yayın paketi ise bütün istasyonlar tarafından kabul edilir. PROFIBUS, çoklu ve genel yayın paketlerini evrensel kontrol paketleri gibi adres 127 ve seçilen grubun numarası ile gönderir.

Her bir paketin başlığında, yapılacak görevleri belirtmek için, bir SSAP (Source Service Access Point) ve bir DSAP (Destination Service Access Point) vardır. Veri_İletişimi (Data_Exchange), belirlenmiş SAP ile olur.

PROFIBUS DP için ayrılan SAP' ler

DEFAULT SAP: Veri İletişimi

SAP54: Ana birim-ana birim iletişimi

SAP55: İstasyon adresi değiştirme (set_slave_add)

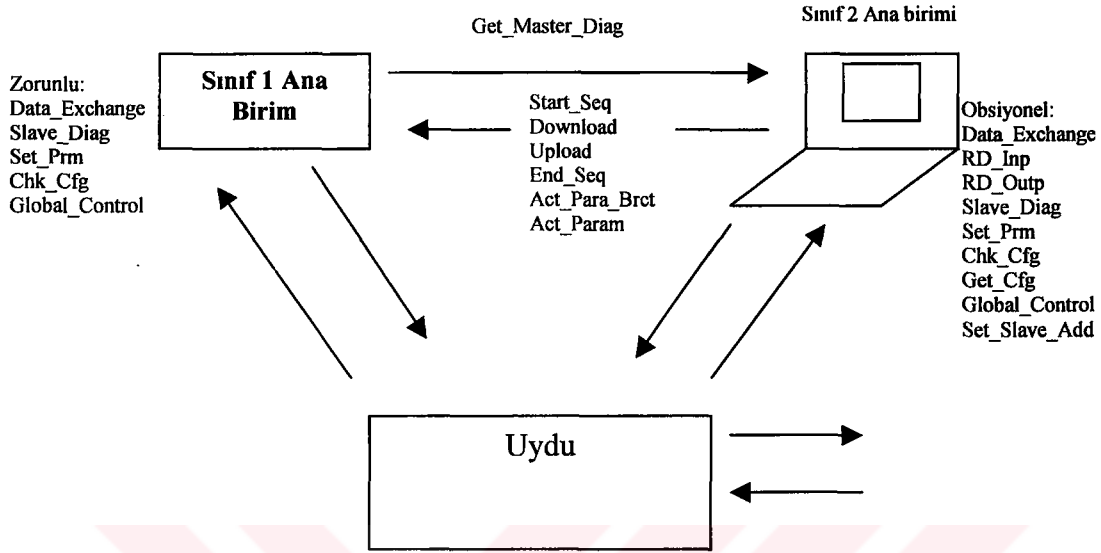
SAP56: Giriş Oku (rd_inp)

SAP57: Çıkış Oku (rd_outp)

SAP58: DP uydunun kontrol komutları (global_control)

SAP59: Konfigürasyonu oku (get_cfg)

- SAP 60 : Tanı bilgilerini oku (Slave_Diagnosis)
 SAP 61 : Parametre gönder (Set_Prm)
 SAP 62 : Konfigürasyonu kontrol et (Chk_Cfg)



Şekil 3.5. Zorunlu/Opsiyonel Hizmetler

Start_Seq = Veri parametresini indirme işlemini başlat

Download = parametre kayıtlarını yükle

Upload = parametre kayıtlarını işle

End_Seq = parametre kayıtlarının indirme/yükleme işlemini bitir.

Act_Para_Brct= sınıf 2 olan bir ana birim, bütün veri kayıtlarını tüm ana birimler için aktif hale getirebilir.

Act_Param= parametre kayıtlarını aktif hale getir.

Sınıf 2 bir ana birim, indirme/yükleme dizinine “Start_Seq” komutuyla başlar ve “End_Seq” komutuyla bitirir. Bu şekilde, güvenilir bir veri iletimi sağlanmış olur. [1]

3.7.1. Güvenli Hata Modu (Fail Safe Mode)

Bu mod, veriyolu veya sistemde bir hata oluştuğu zaman, I/O modüllerinin sinyallerinin durumunu tanımlar. Güvenli hata durumunda bütün çıkış sinyallerinin gerilim seviyesi sıfır olur.

Doğru veri iletimini sağlamak ve güvenilirliği arttırmak için, Sınıf 1 ana birim, ayrıntılı bir paketi, o anki durumunu bildirmek için, belli aralıklarla uydulara gönderir. Çalışma durumundayken veri biriminin 1 sekizliği = 0' dır. Ne zaman ana birim (master), sorunsuz duruma geçer, bütün uydulara ayrıntılı bir paket gönderir. Bir sonraki veri döngüsünde, ana birim (master), veri paketlerini bütün istasyonlara gönderir ve gönderilen çıkış verisinin uzunluğu 0'dır. Bu, uyduların belirlenmiş bir durumu kabul etmelerine izin verir. Eğer ayrıntılı kontrol paketinde herhangi bir yanlışlık varsa uydu, sorunsuz durumu ve veri iletişim durumunu ayırt edemez. Güvenli hata modunu desteklemeyen bir uydu, çıkış verisi 0 olan bir veri paketini alır.

Dur (Stop)

Bu durumda, ana birim ve uydular arasında veri iletişimi yoktur.

Sorunsuz Durum (Clear State)

Bu durumda, ana birim (master), kendine bağlı olan uyduları parametrelendirmeye ve biçimlendirmeye çalışır, kullanıcı veri işlemini yapar. Ana birim, uyduların giriş bilgilerini okur ve çıkışları da güvenli hata durumunda tutar.

Operate State

Ana birim (Master), ikinciller ile kullanıcı veri işlemi yapar. Çevrimsel veri iletişiminde, uyduların girişleri okunur ve çıkış bilgileri de uydulara gönderilir.

3.8. PROFIBUS-DP Uydunun Durum Makinası (state machine)

Durum makinası (State Machine), bir PROFIBUS-DP' nin, her durumda nasıl davranacağını belirler.

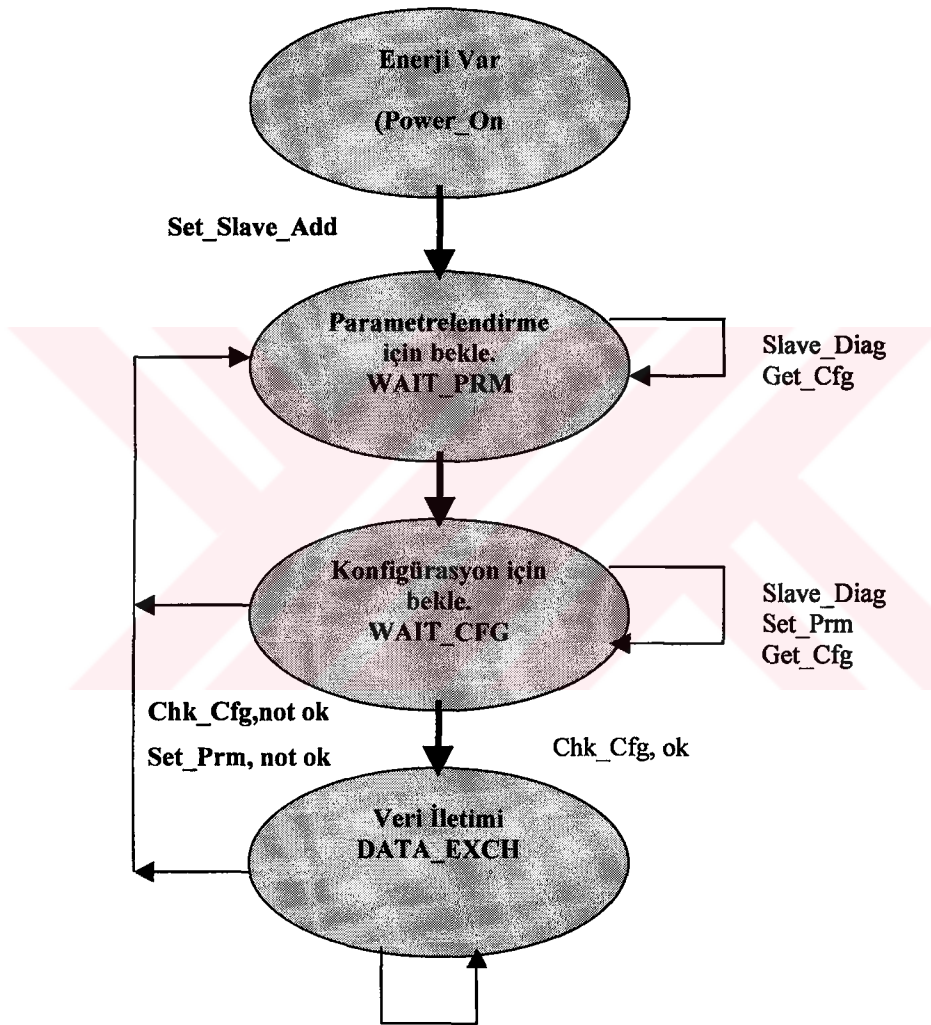
- Enerji Var (Power_On)

Bir uydu, bir istasyon adresini değiştirmek için, yalnız Power_On durumundayken, bir ana (master) istasyonun Set_Slave_Address (uydu adresini ayarla) komutunu kabul eder. Uyduda bu adresi saklayabilmek için mutlaka silinemeyen bir hafıza bulunmalıdır.

- Parametrelendirme için bekle (Wait_Prm-Wait for Parameterization)

İçsel kurulumdan sonra uydu, bir parametre paketi veya Get_Cfg paketini bekler ve bunun dışında gelecek olan tüm mesajları işlemeyi reddeder. Veri iletişimi işlemi henüz başlamaz.

Bir parametre paketi, en azından standartın gerektirdiği bir bilgiyi içermelidir. Buna ek olarak, kullanıcı ile ilgili parametre bilgileride içerir. Bu bilgilerin anlamını özelleştirmek kullanıcıya bağlıdır.



Şekil 3.6. PROFIBUS-DP Uydunun Durum Makinası (State Machine)

- Konfigürasyon için bekle (Wait_Cfg-Wait for Configuration)

Konfigürasyon paketi, giriş ve çıkış byte' larının sayısını belirler. Böylece, ana birim (master), uyduya bir paket döngüsü içinde kaç I/O byte'ı göndereceğini bildirir.

Buna ek olarak, “Get_Cfg” paketi, her ana birimin (master), herhangi bir uydunun konfigürasyonunu taraması için de kullanılabilir. Her durumda, “Get_Cfg” paketi, bir uydu tarafından kabul edilir.

- Veri iletişimi (Data_Exch-Data Exchange)

Tüm parametre ve konfigürasyon değerleri kabul edildiğinde uydu, Data_Exch durumunda olduğunu farzeder. Ana birim ile veri alışverişi yapar.

- Tanılama (Diagnostics)

Uydu, ana birimine (master) durumu hakkında bir bilgi vermek için, yüksek öncelikli cevap isteme şeklinde tanılama paketi kullanır.

Uydu, tanılama işlemini, hata mesajı veya durum mesajı olarak kullanabilir. Sistemde tanımlanan bitlere ek olarak, kullanıcı, kullanıcı ile ilgili tanılama verilerini kullanabilir. Bütün istasyonlar (sadece belirlenmiş ana birim-master değil), mevcut tanılama bilgisini tarayabilir.

- Girdi_Oku Çıktı_Oku (Read_Inputs, Read_Outputs)

Her ana birim (master), veri iletişimi durumunda, herhangi bir uydunun giriş ve çıkış durumunu tarayabilir. Bu fonksiyon, otomatik olarak ASICs tarafından veya kurumsal olarak gerçekleşir ve kullanıcı uygulaması gerektirmez.

- Gözetleyici (Watchdog)

Bu fonksiyon, bir uyduya veriyolunu zamana göre izleme izni verir. Böylece, ana birimin (master) hala aktif olup olmadığından emin olur.

Gözetleyici (Watchdog) zamanına, güvenlik faktörünün en az 25%’ i eklenmelidir. Böylece veri çevrimi, paket tekrarlamalarına bağlı olarak uzadığı takdirde bir uydunun, kendisini veriyolundan ayırması engellenmiş olur. Fiber optik iletkenlerin kullanılması, bu tehlikeyi önlemek için iyi bir yoldur.

3.9. Veriyolu zamanlaması

T_{syn} = Başlamadan önce, her istasyonun en az bir kez durağan duruma geçmesi için gereken süredir.

T_{id1} = Bir uydunun son karakterinin alınmasından sonra, bir sonraki paketin gönderilmesine kadar geçen bekleme süresidir. Bu süre en az T_{syn} + güvenlik faktörü kadar olmalıdır.

$\min T_{sdr}$ = Bir uydunun, cevap vermeden önce beklemesi gereken süredir.

$\max T_{sdr}$ = Bir uydunun cevap vermesi gereken süreden sonraki maksimum süredir.

Tablo 3.12. Tbit cinsinden Süreler

İletişim Hızı kBit/s	9.6	19.2	93.75	187.5	500	1500	12000
$\min T_{sdr}$	11	11	11	11	11	11	11
$\max T_{sdr}$	60	60	60	60	100	150	800

3.10. Mesaj ve Veriyolu Çevrimlerinin Hesaplanması

Bir PROFIBUS sisteminin reaksiyon süresi aşağıdaki faktörlere bağlıdır.

- TSDR (Bir istasyonun cevabından sonraki reaksiyon süresi)
- Seçilen iletim hızı
- Min_Slave_Interval *)
- Belirlenen net veri uzunluğu.

*) Min_Slave_Interval, uydunun bir ana birimle (master) veri iletişimi yapabildiği iki çevrim arasında geçen süredir.[1]

Örnek:

Bir ana birim (master) ve 5 uydu bir PROFIBUS-DP' ye bağlıdır. Her uydu başına, 10 byte çıkış verisi ve 20 byte giriş verisi iletilecektir. İletişim hızı, 12 Mbaud' dur.

1 Tbiti 12 Mbaud' ta = $1/12.000.000 \text{ bit/sec} = 83 \text{ ns}$

1 Karakter, 11 bit içerir (örnek: 1 başlangıç biti 1 bitiş biti, 1 eşlik bit ve 8 veri biti)

→ 1 karakter, $83\text{nsec} \cdot 11 = 0.913\mu\text{s}$.

Kısaltmaların açıklamaları :

T_{MC} = Bir paket çevriminin süresi (paket talebi + T_{SDR} + uydudan gelen cevap süresi)

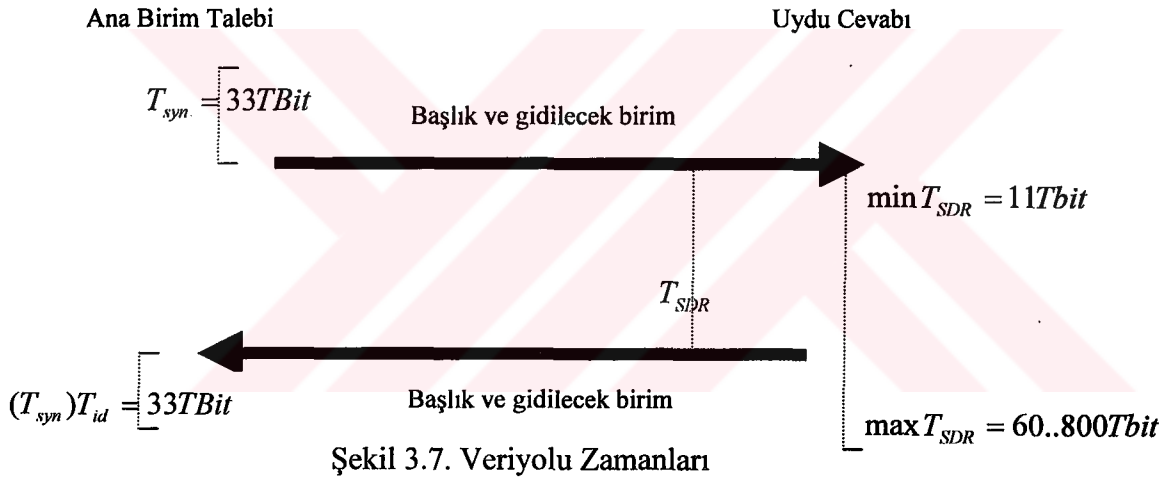
T_{BC} = Bir veri yolu döngüsünün süresi

Çok ana birimli sistem kullanıldığında, veriyolu çevrimleri eklenmelidir. Token paketleri ihmal edilmektedir.

Veri alışverişinde, paket başlığı 9 byte'tan oluşur.

$T_{syn} = 33TBit$ ve $T_{id1} = 75TBit$ olarak kabul edilmiştir. (1.5 Mbaud' ta $T_{id1} = 36TBit$ olarak alınmalıdır.) Veriyolundaki sinyallerin süreleri ihmal edilebilecek kadar kısadır.

Bir paket çevrimi için gereken süre Şekil 3.7'de gösterildiği gibi, paket başlıklarını ve veriyolu zamanlarını toplayarak hesaplanır.



$T_{MC} = (2 * \text{byte cinsinden başlığın uzunluğu}) * 11 \text{ bit} + T_{SDR} + T_{syn} + T_{ID1} \text{ bit cinsinden}$

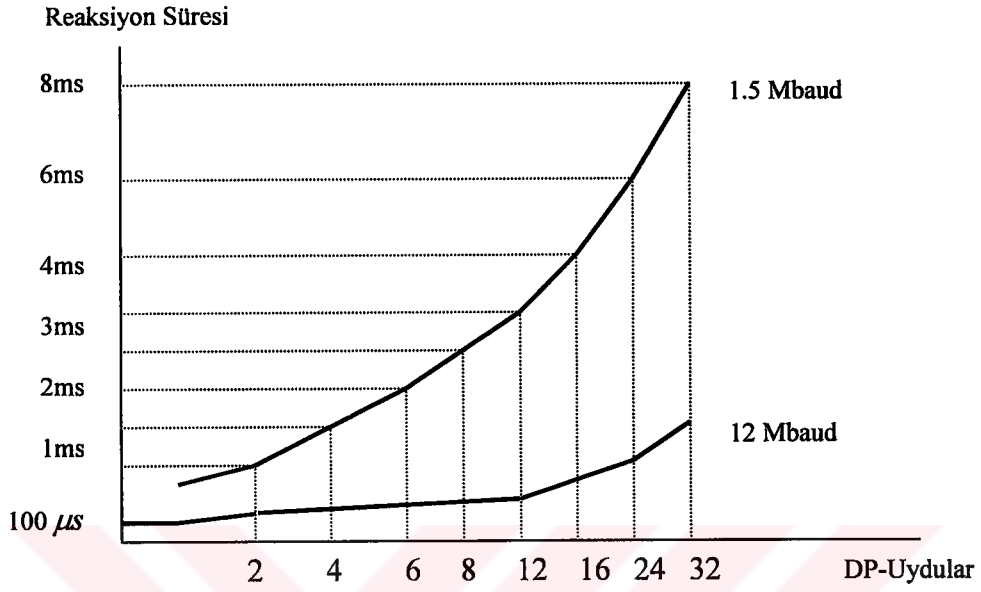
$$T_{MC} = 198 \text{ bit} + 30\text{bit} + 33\text{bit} + 75\text{bit} = 336\text{bit} * 83\text{ns} = 28 \mu s.$$

Paket başlığı ve veriyolu zamanları için gereken temel süre, $28 \mu s$ 'dir. Bu örnekte, bir paket çevrimi için yaklaşık süre:

$$T_{MC} = 28 \mu s + \text{toplam veri (10 byte çıkış + 20 byte giriş)}$$

$$T_{MC} = 28 \mu s + 30 \mu s = 58 \mu s / \text{uydu}$$

12Mbaud' da 1 karakter iletebilmek için gerekli olan zaman, $28 \mu s + 1 \mu s/\text{kullanıcı verisi}$ 'dir. Min_Slave_Interval = $100 \mu s$

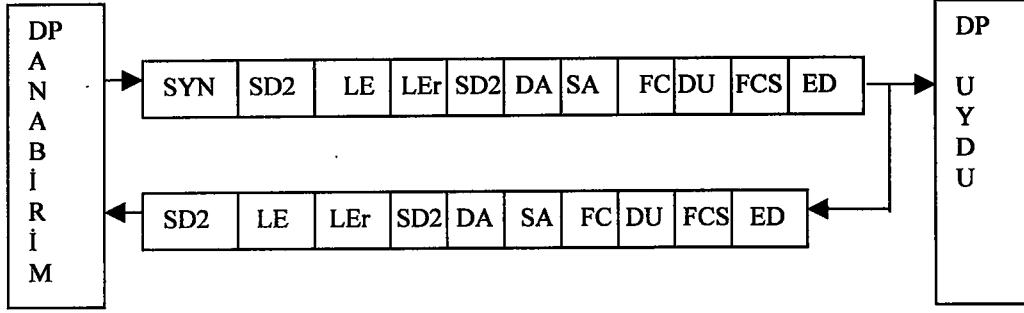


Şekil 3.8. PROFIBUS' ta Reaksiyon Süreleri (Her uydu, 4 byte giriş ve çıkış bilgisi içerir.)

3.10.1. Paket Sıralaması



Şekil 3.9. Paket Haberleşmesinin Sıralaması



Şekil 3.10. Paket Haberleşmesinin Sıralama İlkesi

Syn: Senkronizasyon Zamanı

DA: Gideceği adres

SD2: Başlangıç

DU: Veri Birimi

LE: Uzunluk

FCS: Çerçeve kontrol Sıralaması

LEr: tekrarlanmış uzunluk

SA: Kaynak Adresi

ED: Bitiş

FC: Fonksiyon kodu

Bir uydu ile veri iletişimi yapabilmek için ana birim (master) başlangıç sırasında aşağıdaki paket sıralamasını takip etmelidir.

1. Tanılama talebi
2. İstasyon adresini değiştirme (Opsiyonel yalnızca sınıf 2 ana birimler için)
3. Uyduları parametrelendirme
4. Uyduları konfigüre etme
5. Veri iletişiminden önce sistemin doğru çalıştığını anlamak için tanılama talebinde bulunma
6. Veri iletişimi
7. Global kontrol (genel)

Tanılama mesajları, yeniden parametrelendirme, yeniden konfigüre etme ve genel kontrol mesajları istenildiği gibi gönderilebilir.

DA (Destination Address _ İleti Adresi) ve SA (Source Address_Kaynak Adresi) hakkında genel bilgi : DA veya SA' deki MSB=1 (most significant bit), DSAP ve SSAP' nin paket başlığını takip edeceğini gösterir.[1]

3.10.2. İstasyon adresi değiştirme

Güç açık (Power_on) durumunda bir sınıf 2 ana birimi (master), SAP= 55' i paket başında uyduların istasyon adresini değiştirmek için kullanabilir.[1]

3.10.3. Tanılama Talebi

Başlangıç sırasında, parametrelendirme paketinden ve durum makinasından önce (state machine), ana birim (master), her zaman tanılama verisi talebinde bulunur. Uydu tarafında, bir tanılama mesajı gerekli olur olmaz, ikincil, yüksek öncelikli cevap paketi ile veri haberleşmesi esnasında cevap verir. Bir sonraki çevrimde, ana birim (master), bu uydudan, normal veri alışverişi yerine, bir tanılama talep eder. Bütün ana birimler (master), her uydudan olan tanılama verisini talep edebilirler. Kullanıcı ile ilgili tanılama bilgisine ek olarak, bir DP uydunun tanılama bilgisinde, 6 byte standart tanılama bilgisi bulunur.

Standart tanılama bilgisi kısımları, durum makinası ile şirket yazılımlarında veya ASIC uyduların mikroprogramları içinde kalıcı olarak belirtilir. Tanılama, sinyal değişikliklerinde bir hata oluştuğunda talep edilmelidir. Hiçbir zaman belli bir çevrim içinde talep edilmez çünkü sisteme, aynı verilerin tekrarı ile veri iletişimi sırasında yük bindirir.[1]

- PRM_REQ (Sekizlik 2-Octet 2)

Bu uygulama, belli başlı bir tekrar parametrelendirme veya tekrar konfigüre etme durumunda görölür. Bunu takiben ana birim (master) yeni parametre ve konfigürasyonla yeniden başlar.

- STAT_DIAG (Sekizlik 2-Octet 2)

Uygulamadaki bir durum nedeniyle, uydu geçerli bir bilgi sunamaz. Uydu, bu biti tekrar ayarlayana kadar ana birim (master) yalnızca tanılama talebinde bulunur. Fakat PROFIBUS-DP' nin durumu veri_iletişimidir. Bu da veri iletişiminin, statik tanılama (Stat_diag) biter bitmez başlaması demektir.

- EXT_DIAG (Sekizlik 1-Octet 1)

Eğer bu bit ayarlanmış ise tanılama girişi mutlaka kullanıcı_alakalı tanılama alanında mevcut olmalıdır.

- **Özel Tanılama Uygulamaları (Sekizlik 8- Octet 8)**

Ana birim, kullanıcı alakalı tanılamları 3 farklı biçimde saklayabilir.

- 1) Araç alakalı tanılama

Tanılama bilgileri herhangi bir biçimde şifrelenebilir.

- 2) Tanımlayıcı_alakalı tanılama

Konfigürasyonda belirtilmiş her bir byte için 1 bit ayrılmıştır.

- 3) Kanal_alakalı tanılama

Uydu, tanılama kanalına girer ve tanılama sıralamasına sebep olur. Her bir giriş 3 byte gerektirir.

- **Durum**

EXT_DIAG biti 0'a ayarlandığında, veri sistem tarafından durum bilgisi olarak tanımlanır. Bu veriler ana birim (master) tarafından tanılama olarak algılanmaz.

- **EXT_DIAG_OVERFLOW (Sekizlik 3-Octet 3)**

Tanılama için ayrılan alandan daha fazla tanılama verisi var ise uydu bu biti ayarlar.

Örnek: Akıllı ASIC uydu ile tanılama bitleri ve uzatılmış tanılamlar.

3.11. Sistem Açısından Tanılama Süreci

Uydunun tanılama bilgisi, sadece ana (master) tarafından kontrol edilir.

Ana birim, uygun veri byte'larını kullanarak PLC/sunucu programına uygulamayla ilgili tüm tanılama bilgilerini sunar. Eğer "Dış Tanılama" biti '1'se, tanılama yapılacak uydular genel tanılamada önceden değerlendirilebilir. PLC programı, bundan sonra özel bir hata rutini çağırabilir. Standart tanılama bilgisi ve kullanıcı bilgisi, ana birim tarafından değerlendirilebilir.[1]

3.11.1. Parametresel Paket

Ana birim, kendini uyduya tanıtmak ve uydunun çalışacağı modu belirlemek için parametresel paket kullanır.

Aşağıdaki standart özellikler parametreselleştirilebilir.

- Uydu gözetlemeli veya gözetlemesiz çalışır.

Bu, güvenlik nedenleri için gereklidir. Böylece bir ana arabiriminin aktif olup olmadığı belirlenebilir.

- Veriyolunun atılışı bittikten sonra bir uydunun yanıt verebileceği en kısa süre.
- Donma/Senkronize modu kullanılabilir. (örneğin : sürücüler ve sayaçlar.)
- Diğer ana birimler için DP-uydusu aktif (pasif) yapılabilir.
- Evrensel kontrol paketlerinde grup ataması için yer ayrılması. Her bir bit bir grubu simgeler.
- Tanımlanmış kimlik için ana birim adresi.
- Kullanıcıya ilişkin parametreler (Ana birimin Temiz (Clear) durumundaki davranışı)

(Gözetleme zamanlayıcısı için temel alınan zaman 2. ve 3. sekizliklerde 10 msn olarak tanımlanmıştır.)

Parametreleştirmeden sonra, ana birim uygun uydu birime konfigürasyon paketi göndermelidir. Konfigürasyon paketi, uydu kayıtlı konfigürasyon üzerine gönderilen konfigürasyonu kontrol edebilmesini sağlar.

Başlangıç aşamasını sonuçlandırmak için, ana birim, uydunun durumunu kontrol eder ve parametreselleştirme ve konfigürasyonun doğru olup olmadığını anlamak için tanılama paketlerini değerlendirir. Başka tanılama bilgisi yoksa ana birim kullanıcı veri haberleşmesine başlayabilir.

Veri haberleşmesi, paket başlığındaki önceden belirlenmiş SAP tarafından gerçekleşir. Ana birim, çıkış verisini uyduya yollar ve eğer varsa giriş verisini alır. Eğer uydu bir çıkış cihazıysa, “E5H” ile yanıt verir.

Okuma_girişleri :Ana birim, Veri_Alışverişi modundaki uydunun giriş verilerini okumak için bu paketi kullanır.

Okuma_çıkışları :Ana birim, Veri_Alışverişi modundaki uydunun çıkış verilerini okumak için bu paketi kullanır.

SDN servisi kullanarak, ana birim senkronizasyon amacıyla bir uydu grubuna evrensel kontrol paketinde istendiği gibi komutlar (senkronize, donma, veri temizleme) yollayabilir.

SYNC ve FREEZE modları opsiyonel servislerdir. Veri Temizleme Servisine göre, her ana ve uydu birim evrensel kontrol paketini işleyebilmelidir, böylece bir hata oluştuğunda çıkışlar daha önceden tanımlanmış bir duruma aktarılabilir.

Ana birim, FREEZE paketi kullanarak bir veya bir grup uydunun şu anki durumlarındaki girişlerini dondurabilir. Bir SYNC paketi, hazırda bulunan çıkış verilerin çevreye transferini hazır hale getirir ve sonra da bu durumda donmalarını sağlar. Bir UNSYNC/UNFREEZE komutu bu durumu iptal eder.[1]

3.12. PROFIBUS-DP Profilleri

Profiller, PROFIBUS' ın belli uygulama alanlarında nasıl kullanılacağını belirler. Kullanıcı profilleri kullanılarak, fabrika sahipleri ve son kullanıcılar parçaların değiştirilebilirliğinin avantajını yaşarlar.

Kodlayıcı Profili :

Bu profil dönme, dönme açısı ve tek-çevrimli veya çok-çevrimli doğrusal kodlayıcı çözünürlüklerini PROFIBUS-DP' ye tanıtır. İki cihaz sınıfı,ölçekleme, kesme başarımı ve genişletilmiş teşhis gibi temel ve ek fonksiyonları tanımlar.

NC/RC Profili :

Bu profil, PROFIBUS-DP ile değişik tipte robotların nasıl kontrol edildiğini tanımlar.

Sürücü Teknoloji Profili :

Önde gelen sürücü parçaları üreticileri biraraya gelerek PROFIDRIVE isimli grubu oluşturdular. PROFIDRIVE, haberleşmeyi bir sürücü zinciri içine sokarak düzenli bir profil oluşturur. Bu profil, transfer edilen verinin hız-kontrollu bir sürücü içerisinde nasıl işlenebileceğini tanımlar.[1]

3.13. GSD DOSYASI OLUŞTURMA

Geliştirilmiş ürünü açık bir şekilde tanımlayabilmek için, DP uydu veya sınıf 1 ana birim (master) üreticisi, cihaz dökümanı formatında bir GSD dosyası oluşturmalıdır. Bu dosya konfigürasyon ve sertifika için gereklidir. Bir GSD dosyasının içinde, üretici hakkında bilgi, desteklenen baud hızları, zamanlama

bilgisi, desteklenen özellikler ve uygun olan I/O sinyalleri hakkında bilgi vardır. Bir GSD dosyası, her DP/PA uydu için tanımlanmış olmalıdır.

PROFIBUS-DP sistemini konfigüre etmek için, önde gelen PLC üreticileri (Allen Bradley, Bosch, Mitsubishi ve Siemens) ana birimin (master) konfigüre edilebilmesi için parametre verilerinin oluşturulmasını kolay hale getiren konfigürasyon yazılımı önermektedir. PROFIBUS tarafından GSD dosyası olarak isimlendirilen elektronik dökümanlar, bu açık konfigürasyonun temelini oluşturur.

Ekipman, konfigürasyon için gerekli veriyi uygun uydunun GSD dosyasından alır. GSD dosyalarının tanımı, tüm standart uyduların tüm standart ana birimlerle (master) çalışabileceğini garanti eder.

“Sürükle ve Bırak” yöntemi kullanılarak birkaç dakika içinde birçok uyduya sahip bir veriyolu sistemi konfigüre edilebilir. Konfigürasyon yazılımı bağlanacak tüm uyduların GSD dosyalarını birleştirerek, veriyolu sisteminin ilgili verilerini içeren ana birim (master) parametre kaydını oluşturur.

Varolan sisteme yeni bir uydu eklenmek istendiğinde Yükleme Servisi kullanılarak önceki parametre modülü yüklenir. Konfigürasyon ekipmanı (tool) içinde varolan konfigürasyon, yeni uyduya eklenir ve parametreselleştirme verisi ana birime (master) tekrar yüklenir. Aktif veriyolu istasyonu, yeni bir aktif veriyolu istasyonunu otomatik olarak tanır. Sistem, kendine RESET atar ve veriyolu sistemi kendi kendini yeniden konfigüre eder.

Konfigürasyon ekipmanının GSD dosyasından direk olarak aldığı uydulla ilgili veriye ek olarak, ana birimi (master), aşağıda yer alan konfigürasyon ekipmanındaki protokolle ilgili veriler ve veriyolu hakkında bilgilendirmek gerekir.

- Kullanılan protokol (DP/FMS veya Karışık ağ)
- Seçilen iletim hızı (Ekipman tüm istasyonların bu iletim hızını destekleyip desteklemediğini kontrol eder.)

- GAP faktörü (eklenmiş aktif istasyon arandıktan sonra yapılan veriyolu geçiş sayısı)
- HAS (En büyük istasyon adresi)
- Gözetleme zamanı
- PLC içinde : CPU ve adresleme tipi [1]



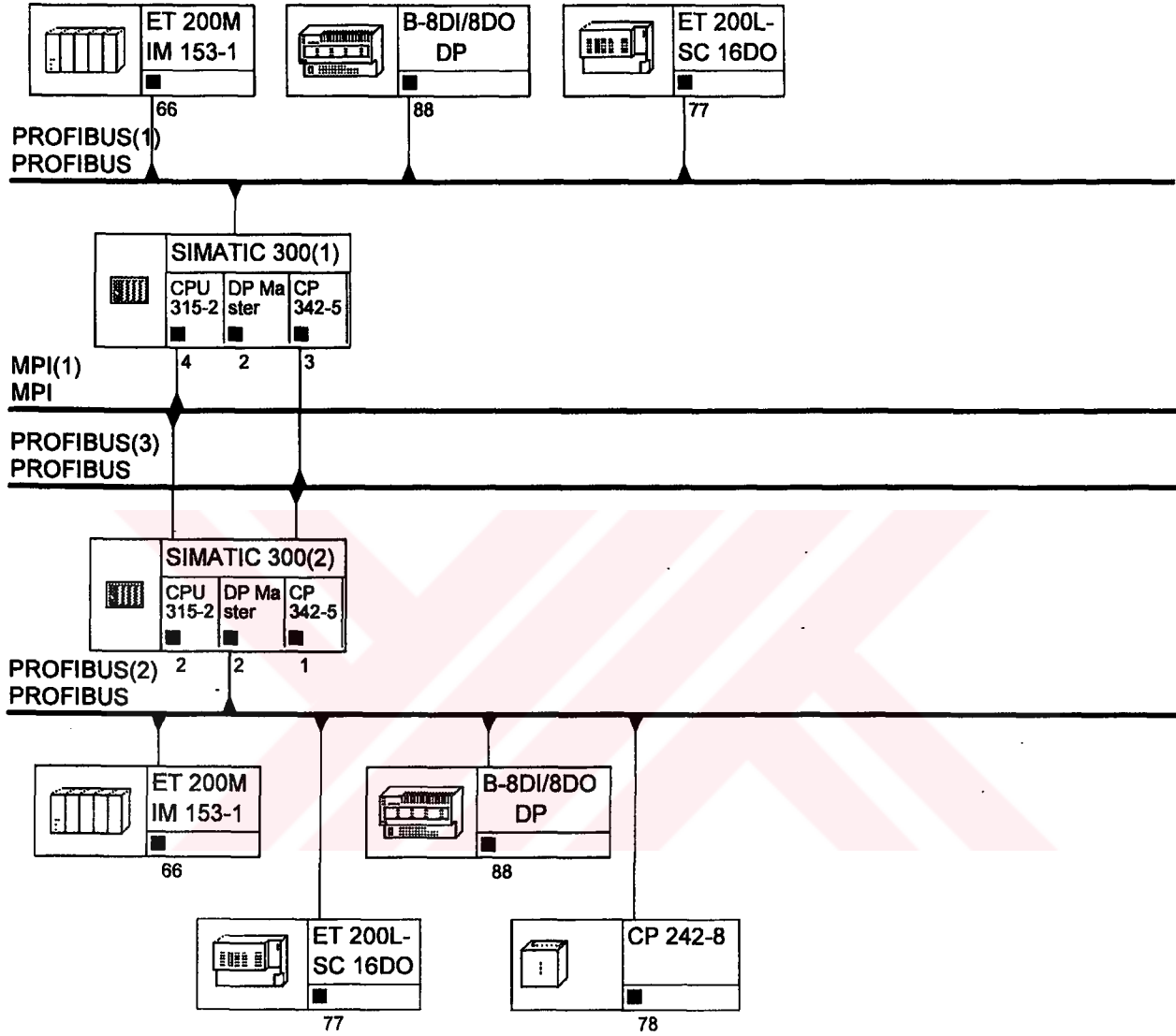
4. BİR PROFIBUS AĞI UYGULAMASI

4.1. Giriş

Bu bölümde, iki ana birim ve bu ana birimlere bağlı çeşitli uydu birimlerinden oluşan bir PROFIBUS ağı uygulaması verilmiştir. Bu uygulamada, bir PROFIBUS iletişim ağının nasıl kurulacağı açıklanmış ve çeşitli işletme durumları irdelenmiştir. İletişim ağına ilişkin hatalı çalışma durumları oluşturularak, ana birimlerin davranışları gözlenmiş ve bu tür durumlarda yapılacak işlemler açıklanmıştır. Ağın seçilen veri akış hızlarına göre veri iletişim hızları kuramsal olarak hesaplanmış ve elde edilen sonuçlar deneysel olarak gözlenmiş ve karşılaştırılmıştır.

4.2. İletişim Ağının Kurulması

İletişim ağı, iki adet ana birim ve bu ana birimlere bağlı uydu birimlerden oluşmuştur. Ana birim olarak iki adet SIMATIC S7-300 CPU315-2 DP PLC'si kullanılmıştır. Bu ana birimler ağ üzerinden Ana-Uydu erişim tekniği ile kendi uydu birimleri arasında iletişim sağlamaktadır. Ana birimlerin kendi aralarında iletişimi için ayrı bir iletişim ağı (MPI) kullanılmıştır. Uygulamaya ilişkin ağ yapısı Şekil 4.1'de gösterilmiştir. Bu iletişim sisteminde fiziksel olarak üç adet RS-485 ara birimi ile bağlı üç ağ iletkeni bulunmaktadır. Birinci iletken PROFIBUS(1) 1.Ana birim sistemi, ikinci iletken PROFIBUS(2) 2.Ana birim sistemi ve 3.İletken (MPI) iki ana birim arasındaki iletişimi sağlamak için kullanılmaktadır. PROFIBUS(3) iletkeni ise iki Ana birim arasındaki iletişimi PROFIBUS iletişim tekniği ile sağlamak amacıyla kullanılabilir. Ancak, uygulamamızda bu durum incelenmemiştir. Uygulamada uydu birimler olarak, 6 adet uzak nokta giriş-çıkış birimleri ve bir adet SIMATIC S7-200 CPU 214 PLC ve bu PLC'nin ağ üzerinden iletişim sağlaması için bir PROFIBUS ara birimi (CP 242-8) kullanılmıştır.[5]



Sekil 4.1. Bir PROFIBUS ağı uygulaması

Şekil 4.1'den görüleceği üzere iletişim sisteminde iki ana istasyon bulunmaktadır. Bunlardan birinci istasyon (STATION_1) bir ana birim (CPU 315-2DP) ve üç uydu birimi (ET 200M IM 153-1, ET 200L-SC ve bir ET 200B birimleri uzak nokta giriş-çıkış birimleri), ikinci istasyon (STATION_2) ise bir ana birim (CPU 315-2 DP) ve dört uydu birimi (ET 200M IM 153-1, ET 200L-SC, ET 200B birimleri uzak nokta giriş-çıkış birimleri ve CP242-8 arabirimi üzerinden ağı bağlı CPU 214) yer

almaktadır. ET 200M IM 153-1 birimi SM 323 (8 dijital giriş, 8 dijital çıkış), iki adet SM 374 (8 dijital giriş, 8 dijital çıkış) modülleri üzerinden uzak noktalarda bulunan sistemlere bağlanmıştır. ET 200L-SC modülünün üstünde 16 dijital çıkış, ET 200B modülünün üstünde de 8 dijital giriş, 8 dijital çıkış vardır.

Ana birim ile uydu birimler arasındaki ağ kurulumu S7-300 PLC'ler için hazırlanmış STEP-7 programlama yazılım paketi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Her uydu için ayrı bir PROFIBUS adresi atanmış ve bu adresler uydu birimleri üzerinde de donanımsal olarak ayarlanmıştır.

Birinci ana birim olan CPU315-2 modülünün MPI adresi 4, ikinci ana birim olan CPU315-2 modülünün MPI adresi 2' dir. PROFIBUS adresi hem donanımda hem yazılımda 66 olarak ayarlanmış olan ET 200M modülünün giriş adresleri IB0, IB1, IB2, çıkış adresleri QB0, QB1, QB2 olarak, PROFIBUS adresi hem donanımda hem yazılımda 88 olarak ayarlanmış olan ET 200B modülünün giriş adresi IB3, çıkış adresi QB3 olarak, PROFIBUS adresi 77 olarak ayarlanmış olan ET 200L-SC modülünün çıkış adresi QB4, QB5, QB6, QB7 olarak, PROFIBUS adresi 78 olarak ayarlanmış olan CPU 214 modülünün giriş adresi IB4'ten IB67' ye kadar, çıkış adresleri ise QB8' den QB71'e kadar adreslenmiştir.

Ana birim olarak çalışan birimlerin işlemcisinde yürütülen programlar uydu adreslerine doğrudan erişebilir. Giriş-çıkış adreslerinin yeni değerleri her tarama çevriminin başında PROFIBUS ağı üzerinden alınır ve işlemcinin görüntü belleğine yazılır. Hesaplanan değerler tarama çevriminin sonunda uydulara iletmek üzere ağın bellek alanına konur. Ancak ikinci ana birime bağlı olan CPU 214 işlemcisini uydu olarak kullanabilmek için CPU 214 PLC'sine özel bir program yazmak gereklidir. Bu amaçla S7-200 PLC'ler için hazırlanmış, STEP 7-Micro/WIN 32 yazılımı kullanılır. [6]

CPU 214 programlanmadan önce bu işlemciye ilişkin modül yapısının belirlenmesi gerekir. Uygulamamızda bir adet CPU 214 ve buna doğrudan bağlı bir iletişim arabirimi CP 242-8 bir yapı seçilmiş olduğundan bu birime ilişkin adresler Tablo 4.1'de verildiği gibi olur.

Tablo 4.1. S7-200 CPU 214 içinde CP 242-8 Modülünün Adreslenmesi

14DI	10 DO	8 DI	8DO	8AI	8AO
I0.0	Q0.0	I2.0	Q2.0	AIW0	AQW0
I0.1	Q0.1	I2.1	Q2.1	AIW2	AQW2
I0.2	Q0.2	I2.2	Q2.2	AIW4	AQW4
I0.3	Q0.3	I2.3	Q2.3	AIW6	AQW6
I0.4	Q0.4	I2.4	Q2.4	AIW8	AQW8
I0.5	Q0.5	I2.5	Q2.5	AIW10	AQW10
I0.6	Q0.6	I2.6	Q2.6	AIW12	AQW12
I0.7	Q0.7	I2.7	Q2.7	AIW14	AQW14
I1.0	Q1.0				
I1.1	Q1.1				
I1.2					
I1.3					
I1.4					
I1.5					

CP 242-8 modülünün kontrol verileri (byte olarak) ile BS3-BS0 değerlerine bağlı çeşitli banklar tanımlanır. CPU214 programı için kullanılacak olan banklar ve bu bankları tanımlayan ikilik kodlanmış veriler Tablo 4.2’de verilmiştir.[8,9]

Tablo 4.2. Bank Numaraları

BS3	BS2	BS1	BS0	BANK NO
0	0	0	0	BANK 0
0	0	0	1	BANK 1
0	0	1	0	BANK 2
0	0	1	1	BANK 3
0	1	0	0	BANK 4
0	1	0	1	BANK 5
0	1	1	0	BANK 6
0	1	1	1	BANK 7
1	0	0	0	BANK 8
1	0	0	1	BANK 9
1	0	1	0	BANK 10
1	0	1	1	BANK 11
1	1	0	0	BANK 12
1	1	0	1	BANK 13
1	1	1	0	BANK 14
1	1	1	1	BANK 15

S7-200 kullanıcı programı ile ağdaki DP ana birimine ilişkin çıkışlarını okunması ve giriş bilgilerini yazılması için aşağıdaki program kullanılabilir. Bu program ile, 64

byte'lık veri PROFIBUS-DP ağına ilişkin belleğe aktarılır ve bu bellekteki 64 byte'lık veri PLC veri belleğine alınır.[9]

Program 4.1.

ANA PROGRAM	AÇIKLAMA
LD SM0.1	// ilk tarama çevriminde
SI Q2.7, 1	// PLC_RUN durumunda
RI Q2.0, 4	// 0 nolu Bankı seç
LDN I2.4	// DP_CONS=0 ise
A I2.1	// CP hazır ise
CALL 0	// Altprograma dallan.
ALTPROGRAM	
LD SM0.0	
SI Q2.2, 2	//12 nolu bankı seç.
BMW VW400, AQW0, 8	// VW400 ile VW414 arasındaki verileri aktar .
SI Q2.0, 1	//13 nolu bankı seç.
BMW VW416, AQW0, 8	// VW416 ile VW430 arasındaki verileri aktar .
SI Q2.1, 1	//14 nolu bankı seç.
RI Q2.0, 1	
BMW VW432, AQW0, 8	// VW432 ile VW446 arasındaki verileri aktar .
SI Q2.0, 1	//15 nolu bankı seç.
BMW VW448, AQW0, 8	// VW448 ile VW462 arasındaki verileri aktar .
RI Q2.0, 4	//0 nolu bankı seç.
SI Q2.2, 2	//12 nolu bankı seç.
BMW AIW0, VW500, 8	// 12 nolu bankdaki 8 kelimelik veriyi VW500 adresinden başlatarak PLC değişken bellek alanına aktar.
SI Q2.0, 1	// 13 nolu bankı seç.
BMW AIW0, VW516, 8	// Ağ belleğindeki 8 kelimelik veriyi VW516 adresinden başlatarak PLC değişken bellek alanına aktar.
SI Q2.1, 1	//14 nolu bankı seç.
RI Q2.0, 1	
BMW AIW0, VW532, 8	//Ağ belleğindeki 8 kelimelik veriyi VW532 adresinden başlatarak PLC değişken bellek alanına aktar.
SI Q2.0, 1	// 15 nolu bankı seç.
BMW AIW0, VW548, 8	//Ağ belleğindeki 8 kelimelik veriyi VW548 adresinden başlatarak PLC değişken bellek alanına aktar.
RI Q2.0, 4	// 0 nolu bankı seç.

4.3. İletişim Sisteminin Çalışma Özellikleri

Uygulamada göz önüne alınan iletişim sisteminde, iki ayrı istasyon bulunmaktadır. Birinci istasyonda (Simatic-300_1), bir ana birim ve üç uydu birim vardır. Simatic-30_1 istasyonu PROFIBUS(1) ağ iletkeni ile üç uyduya bağlanmıştır. PROFIBUS veri iletişim sistemi ile en çok 12 Mbit/s veri iletimi sağlanabilir. Ancak ağdaki uydular en çok 1.5 Mbit/s veri hızıyla çalışabildiğinden veri hızı 1.5 Mbit/s olarak

seçilmiştir. İkinci istasyon (Simatic-300_2), iletişim ağı için de aynı nedenlerle ağ hızı 1.5 Mbit/s seçilmiştir. Birinci istasyonda toplam 12 byte giriş/çıkış verisi, ikinci istasyonda ise toplam 140 byte giriş/çıkış verisi aktarılmaktadır. İkinci istasyonda en fazla veri iletimi yapılan uyduda (CPU 214-toplam 128 byte giriş/çıkış) veri iletim süresi Bölüm 3.10'da verilen hesaplama yöntemi kullanılarak bir çevrim için $T_{MC} = 0.283ms$ olarak bulunmuştur. Ancak, gerçek uygulamada, bu değerin 1.2 ms olduğu gözlemlenmiştir. Bunun nedeni, veri yolu üzerindeki elemanların gecikme sürelerinin hesaplama örneğinde varsayılan değerlerden farklı olmasıdır. Tüm sistem için geçerli olan veri iletim süresi Step-7 yazılımı yardımıyla belirlenebilir. Bu yazılım ile belirlenen bir çevrim süresinin maksimum değeri 17.3 ms olarak verilmiştir. Bu değer, veri iletiminde karşılaşılabilecek en uzun süredir. Hat uzunluklarının, Step-7 yazılımında tanımlanan veri yolu hızı değerleri için geçerli olan hat uzunluklarından daha kısa olması durumunda bu değer daha küçük olabilir. Verinin gerçek hızını belirleyebilmek için S7-300 PLC'sinde bir test programı yazılmıştır. Bu program yardımıyla verinin tanımlanan sürede iletilip iletilmediği belirlenebilir. S7-300 PLC'sinde yazılan test programı Program 4.2'de verilmiştir. Bu program parçası S7-300 PLC'si sistem programı tarafından kontrol edilen süreye bağlı kesmeli çalışan OB35 organizasyon bloğuna yazılmıştır. Bu bloğun çalışma sıklığı Step-7 yazılımındaki donanım konfigürasyonu ile belirlenebilmektedir. Bu bloğun çalışma sıklığı çeşitli değerlere ayarlanarak verinin gerçek iletim süresi belirlenebilir. Uygulamada, veri iletiminin maksimum 17.3 ms ile yapıldığı varsayılarak OB35 için iki ayrı çevrim süresi seçilmiş ve sistem devreye alınarak sonuçlar karşılaştırılmıştır. Bu programın tasarımı aşağıda sıralanan durumları sağlayacak şekilde gerçekleştirilmiştir:

- 1- Her program çevriminde bir bellek bitinin değeri değiştirilmesi sağlanır.
- 2-Bu bellek bitinin her 0'dan 1'e geçişi S7-300 PLC'sindeki bir sayıcı ile sayılır.
- 3-Aynı bellek biti, PROFIBUS veriyolu üzerinden S7-200 PLC'sindeki bir başka sayıcıda sayılmak üzere gönderilir.
- 4- S7-200 PLC'sine yazılan bir program parçası yardımıyla her iki sayıcı içeriği karşılaştırılır.

Program 4.2

```
ORGANIZATION_BLOCK OB 35
NETWORK
    A      I      4.0;
    A      M      0.0;
    CU     C      0;
NETWORK
    L      C      0;
    T      MW     100;
    NOP    0;
NETWORK
    L      MW     100;
    L      255;
    >=I    ;
    R      C      0;
NETWORK
    AN     M      0.0;
    =      M      0.0;
NETWORK
    A      I      4.0;
    A      M      0.0;
    =      Q      8.0;
NETWORK
    A(     ;
    L      MW     100;
    T      QW     10;
    SET    ;
    SAVE   ;
    CLR    ;
    A      BR;
    )      ;
    JNB    _001;
    L      MW     100;
    T      MW     16;
_001: NOP 0;
NETWORK
    A      I      4.1;
    R      C      0;
END_ORGANIZATION_BLOCK
```

OB35 organizasyon bloğunun çalışma süresi 20 ms seçildiğinde her iki sayıcının içeriğinin eşit olduğu, OB35'in çalışma süresi 10 ms seçildiğinde S7-200 PLC'sindeki sayıcı içeriğinin S7-300 PLC'sindeki sayıcı içeriğinden küçük olduğu görülmüştür. Eğer her iki PLC'deki sayıcı içerikleri eşit ise veri yolu hızı OB35 organizasyon bloğunun çalışma süresinden eşit veya kısadır. Eğer S7-200 PLC'sindeki sayıcı içeriği, S7-300 PLC'sindeki sayıcı içeriğinden küçük ise veri yolu hızı OB35 organizasyon bloğunun çalışma süresinden uzundur. Böyle bir durumda OB35 organizasyon bloğunun çalışma süresi, her iki PLC'deki sayıcı içerikleri eşit oluncaya kadar arttırılarak, veri yolunun gerçek hızı bulunabilir.

Veriyolu hızı, 19.2 kbit/s seçildiğinde veri iletişim süresi, Step 7 yazılımında 1.2 saniye olarak verilmektedir. Test programıyla yapılan uygulamada 12 iletim çevrimin 3485 ms’de tamamlandığı görülmüştür. Buna göre bir çevrim süresi, 0.29 s olur. Bu uygulamada veri hızının yüksek olmasının nedeni, S7-200 modülünün iletim kablosu uzunluğunun 19.2 kbit/s veri hızı için geçerli olan 1200 m’den kısa olmasıdır. Mesafe kısa olduğu için veri daha hızlı aktarılmaktadır. Veri iletim süresi seçilen bir değerde sabit tutulabilir. Bu işlem Step 7 yazılımı ile yapılabilir.

Uygulamada, iki istasyonun hatalı çalışma durumları iki farklı durumda incelenmiştir. Birinci durumda, uydu birimlerinden herhangi birinin devre dışı kalması durumunda, bu uydunun bağlı olduğu istasyondaki bütün birimler devreden çıkmakta ve bütün çıkışlar sıfırlanmaktadır. Bu çalışma biçimi, sistem içinde yer alan herhangi bir bölümün kontrolsüz kalmasının sakıncalı olduğu durumlar için tercih edilebilir. İletişim ağı üzerindeki ana birimlere herhangi bir işlem yapılmadığı zaman çalışma biçimi bu şekildedir. İkinci durumda ise uydu birimlerinden herhangi birinin devre dışı kalması durumunda, sistemin diğer birimlerle çalışmasını sürdürmesi istenmektedir. Uygulamada her iki durum oluşturulup sonuçlar gözlemlenmiştir. S7-200 PLC’sinin enerjisi kesildiğinde veya STOP konumuna geldiğinde, S7-300 PLC’si işletim sistemi programı OB82 organizasyon bloğunu etkin duruma getirir. Eğer, bu blok PLC belleğine yüklenmemişse, bu blok işlenemeyeceğinden S7-300 PLC’si sistem hatası vererek STOP durumuna geçer. Rack üzerinde bulunan ve adresi 88 olan ET 200B modülü STOP konumuna getirildiğinde ise etkin olan organizasyon bloğu OB86 olup bu bloğun PLC belleğine yüklenmemesi durumunda yine S7-300 PLC’si STOP durumuna geçer. Bu iki durumda da PLC’nin STOP durumuna geçmemesi ve diğer birimlerin çalışmasını sürdürmesi için hata türü ile ilgili organizasyon blokları PLC belleğine yüklenir. Laboratuvarında, bu çalışma biçimleri ayrı ayrı oluşturulup Step-7 yazılımındaki hata analizi yardımıyla incelenmiş ve gözlemlenmiştir.

5. SONUÇ

Endüstriyel otomasyon sistemlerinin önemli bir bölümünü oluşturan endüstriyel veri iletişim sistemleri gelecekte daha da önem kazanacaktır. Ülkemizde bu konuda yeterli bilgi birikiminin ve kaynakların bulunmadığı bilinen bir gerçektir. Bu konuyla ilgili bilgiler daha çok gerçek sistemler üzerinde yapılan çalışmalarla elde edilebilmektedir. Bu çalışmada, bir endüstriyel veri iletişim sistemi kurularak çalışma özellikleri incelenmiştir. Bu amaçla, 15 Mart 1996'da Avrupa standardı olarak seçilen PROFIBUS veri iletişim sistemi ile bir uygulama tasarlanmış ve gerçekleştirilmiştir. PROFIBUS iletişim ağı ile boyutu 244 byte'tan daha küçük olan veriler ms'ler mertebesindeki hızlarda iletilebilmektedir. Bu iletim süresi birçok endüstriyel prosesin otomasyon uygulamaları için yeterlidir. PROFIBUS iletişim ağı ile hızlı (ms mertebesinde) veri akışı gerektiren dağılmış kontrol sistemleri kurmak olasıdır. Bu ağın özellikleri ve çalışma biçimleri ile ilgili çeşitli bilgiler elde edilerek sunulmuştur.

KAYNAKLAR

- [1] **Manfred, P.**, 1997. Rapid Way To PROFIBUS-DP, Copyright PROFIBUS Nutzerorganisation.
- [2] **Olsson, G. and Piani, G.**, 1992. Computer Systems for Automation and Control, Prentice-Hall.
- [3] **Tooley, M.**, 1997. Newnes Data Communications Pocket Book, 3rd Edition, Butterworth Heinemann Ltd.
- [4] <http://www.profibus.com>
- [5] **SIEMENS**, 1997. SIMATIC NET, “NCM S7 for PROFIBUS Primer”, Copyright Siemens AG.
- [6] **Kurtulan, S.**, 1996. Programlanabilir Lojik Kontrolörler (PLC) ve Uygulamaları, İ.T.Ü. Elektrik-Elektronik Fakültesi, Bileşim Yayıncılık A.Ş.
- [7] **SIEMENS**, 1997. Communication with SIMATIC, Copyright Siemens AG.
- [8] **SIEMENS**, 1996. Simatic Software-System Software for S7-300 and S7-400 System and Standard Functions (Reference Manual), Copyright Siemens AG.
- [9] **SIEMENS**, 1997. Simatic Net CP242-8 AS-Interface Master / PROFIBUS-DP Slave Manual, Copyright Siemens AG.

ÖZGEÇMİŞ

Canan H. YİĞİT, 1977'de İstanbul'da doğdu. 1994'te Kadıköy Anadolu Lisesi'nden mezun olduktan sonra aynı sene İstanbul Teknik Üniversitesi Elektrik-Elektronik Fakültesi Elektrik Mühendisliği Bölümü'ne girdi. Bu bölümden 1998'de mezun olup, Siemens/Simko A.Ş. firmasının Otomasyon Eğitim Bölümü'nde PLC (programlanabilir lojik kontrolör) Programlama eğitmeni olarak çalışmıştır.

