

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

728748


ELEKTRİK TESİSLERİNDE SCADA SİSTEMLERİ İÇİN  
TCP/IP TABANLI UÇ BİRİM UYGULAMASI


Elektrik Müh. Sadık KÜÇÜKSARI

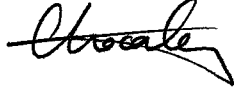
F.B.E Elektrik Mühendisliği Anabilim Dalında  
Hazırlanan

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Osman KILIÇ

Doç. Dr.  
Halim Yıldız  


Doç. Dr. Osman KILIÇ  


Doç. Dr. Celal KOCA TEPE  


İSTANBUL, 2002

728748

# İÇİNDEKİLER

Sayfa

KISALTMA LİSTESİ .....	vi
ŞEKİL LİSTESİ.....	viii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	ix
ÖNSÖZ .....	x
ÖZET .....	xi
ABSTRACT .....	xii
1. GİRİŞ .....	1
2. TCP / IP PROKOTOLÜ .....	2
2.1 TCP/IP nedir?.....	2
2.1.1 TCP/IP modeli .....	2
2.1.2 TCP/IP'nin özellikleri .....	3
2.1.3 TCP/IP yapısı ve çalışması .....	4
2.2 OSI başvuru modeli .....	6
2.2.1 OSI Mimarisi.....	7
2.2.2 Katmanlar arası sanal etkileşim .....	12
2.3 TCP/IP katmanı ve OSI.....	12
2.3.1 TCP/IP Protokol mimarisi.....	13
2.3.2 Uygulama Katmanı Protokolleri .....	17
2.3.3 Ulaşım Katmanı Protokolleri .....	17
2.3.4 Yönlendirme Katmanı Protokolleri.....	21
2.3.5 ICMP Internet Control Message Protokol .....	23
2.3.6 Fiziksel Katman .....	24
3. ETHERNET .....	25
3.1 Ağ Mimarileri .....	25
3.2 Ethernet Teknolojisi .....	26
3.3 802.x Ailesi ve Protokolleri .....	27
3.4 Ethernet – IEEE 802.3 .....	29
3.5 Adres Çözümleme Protokolü, ARP .....	31
3.6 CSMA/CD.....	32
3.7 Kablolama Standartları .....	32
3.8 Ethernet'in OSI Başvuru Modelindeki yeri .....	32
4. MİKROELEKTRONİK DÜNYASI .....	34
4.1 Giriş.....	34
4.2 Mikroişlemciler .....	36
4.2.1 Giriş/Çıkış -Girdi/Çıktı .....	37
4.2.2 CPU ( Central Proccesing Unit -Merkezi İşlem Birimi ).....	37

4.2.3	Bellekler .....	38
4.3	Mikrodenetleyiciler .....	39
4.4	Neden Mikroişlemci Değil de Mikrodenetleyici Kullanılıyor ? .....	39
4.5	PIC Mikrodenetleyicileri .....	40
4.6	Neden PIC? .....	41
4.7	Neden PIC16F877 ? .....	41
4.8	PIC Nedir? .....	42
4.9	PIC Donanım Özellikleri .....	43
4.9.1	PIC Bellek Çeşitleri .....	44
4.9.2	PIC'in Özellikleri .....	46
4.9.3	Bir PIC'in İşlem Yapabilmesi İçin Gerekli Bileşenler .....	47
4.10	PIC 16F877 .....	48
4.10.1	Genel Tanımlama .....	49
4.10.2	PIC 16F877'nin Genel Özellikleri .....	49
4.10.3	PIC 16F877'nin Belirleyici Özellikleri .....	50
4.10.4	PIC 16F877 Fiziksel Yapısı .....	50
4.10.5	Bellek Organizasyonu .....	55
4.10.6	Program Bellek Organizasyonu .....	55
4.10.7	Veri Bellek Organizasyonu .....	59
4.10.8	Veri EEPROM ve Flash Program Hafızası .....	59
4.10.9	Osilatör tipleri .....	60
4.11	PIC Assembly ve PIC 16F877 Programlama Temelleri .....	61
4.11.1	Assembler ve PIC Assembly .....	61
4.11.2	PIC Assembly Dili Yazım Kuralları .....	61
4.11.2.1	Program Yazımında Noktalı Virgül (;) Kullanımı .....	63
4.11.2.2	Bir Program Satırının Kısımları .....	63
4.11.2.2.1	Etiket .....	63
4.11.2.2.2	Atama Deyimi (EQU) .....	64
4.11.2.2.3	Sabitler .....	64
4.11.2.2.4	ORG Deyimi .....	65
4.11.2.3	PIC Assembly Komutlarının Yazılışı .....	65
4.11.2.3.1	Byte yönlendirmeli komutlar .....	65
4.11.2.3.2	Bit Yönlendirmeli Komutlar .....	66
4.11.2.3.3	Sabit İşleyen Komutlar .....	67
4.11.2.4	Program Bölümleri .....	67
4.11.2.4.1	PIC Serisinin Tanıtılması Ve Kaynak Dosyanın Belirtilmesi .....	67
4.11.2.4.2	Kaydedici Tanımlamalarının Yapılması .....	68
4.11.2.4.3	Bit Tanımlamalarının Yapılması .....	69
4.11.2.4.4	Giriş ve Çıkış Tanımlamaları .....	69
4.11.2.4.5	PIC'in Yapacağı İşlemlerin Yazılması .....	70
4.11.3	PIC 16F877 Komut Takımı .....	70
5.	SCADA SİSTEMİ .....	72
5.1	Genel Tanımlar .....	72
5.1.1	İşletme Kaynak Yönetimi Kademesi .....	72
5.1.2	İşletme Yönetim Kademesi .....	73
5.1.3	Süreç Denetim Kademesi .....	73
5.1.4	İşletme Kontrol Kademesi .....	73
5.2	İşletme Yönetimi ve SCADA Sistemi .....	73
5.3	SCADA Sistemi .....	74

5.4	SCADA Uygulama Alanları .....	75
5.5	Temel SCADA Fonksiyonları.....	75
5.6	SCADA Yapısı.....	76
5.7	İzlenebilir şebekeler .....	78
5.7.1	Ölçüm sistemleri (Enerji izleme şebekeleri) .....	79
5.7.2	İleri SCADA kavramları .....	79
5.8	SCADA Sisteminin Kontrol Birimleri.....	80
5.8.1	Uzaktan Bilgi Toplama ve Denetleme Birimi (RTU).....	80
5.8.2	RTU' nun Sistem İçerisindeki Yeri.....	83
5.8.3	RTU' nun Görevleri .....	84
5.8.4	Bilgi Toplama ve Depolama .....	84
5.8.4.1	Kontrol ve Kumanda.....	86
5.8.4.2	İzleme (Monitöring).....	87
5.8.4.3	Arıza Yerini Tespit ve İzolasyonu .....	87
5.8.5	RTU' nun Ana Bölümleri .....	88
5.8.5.1	İletişim Ünitesi.....	88
5.8.5.2	Merkezi İşlem Birimi (CPU-Central Processor Unit).....	89
5.8.5.3	Giriş – Çıkış / İzolasyon Ünitesi.....	89
5.8.5.4	Kullanıcı Arabirimi Ünitesi .....	89
5.8.5.5	Test Ünitesi .....	90
5.8.5.6	Güç Kaynağı Ünitesi.....	90
5.9	Kontrol Merkezi (Master Terminal Unit-MTU) .....	90
5.9.1	Kontrol merkezinin sistem içindeki yeri.....	92
5.9.2	Kontrol merkezinin görevleri.....	92
5.9.3	Kontrol merkezi mimarisi .....	93
5.9.4	Sistem bilgisayarları.....	93
5.10	Dağıtım tesisleri kontrol merkezi fonksiyonları .....	94
5.11	İletişim Sistemi .....	95
5.11.1	Tanımı .....	95
5.11.2	SCADA Sisteminde İletişim Sisteminin Önemi .....	95
5.11.3	İletişim Sisteminin Elemanları.....	96
5.11.4	İletişim Mimarisi.....	96
5.11.4.1	Tek Kontrol Merkezli Mimariler .....	96
5.11.4.2	Çoklu Kontrol Merkezli Mimariler.....	97
5.11.4.3	Bileşik Sistemler .....	98
5.11.5	İletişim Teknikleri.....	99
5.11.5.1	Uzak Mesafe İletişimi .....	99
5.11.5.2	Modülasyon.....	99
5.11.5.3	Çoklama ( Multiplexing ).....	100
5.11.5.4	Veri İletişimi .....	100
5.11.6	Veri Tipleri.....	101
5.11.7	Veri İletişim Protokolleri .....	101
5.11.7.1	OSI Referans Modeli .....	102
5.11.7.2	MAC Protokolleri .....	102
5.11.7.2.1	POLLING Protokolü.....	103
5.11.7.2.2	TOKEN RING Protokolü.....	103
5.11.7.2.3	CSMA/CD Protokolü (Carrier Sense Multiply Access/Collision Detect) .....	104
5.11.7.3	TOKEN BUS Protokolü.....	104
5.11.7.4	Bir SCADA İletişim Protokolünden Beklenenler.....	105

6.	ETHERNET I/O.....	106
6.1	Ethernet I/O.....	106
6.2	Ethernet I/O Yapısı .....	107
6.3	Ethernet .....	108
6.3.1	Cyrstal Ethernet .....	108
6.3.2	I/O .....	109
6.4	Ethernet I/O Nasıl Çalışır?.....	109
6.5	SCADA'ya aktarılması .....	110
6.6	Uygulama Şekilleri .....	111
6.7	Programlama .....	111
7.	SONUÇLAR ve ÖNERİLER.....	119
KAYNAKLAR.....		120
ÖZGEÇMİŞ.....		121



## KISALTMALAR

AKM	Ana Kumanda Merkezi
ALU	Aritmetic Logic Unit
ARP	Adres Çözümleme Protokolü
ASCII	American Standard Code for Information Interchange
ATM	Asynchronous Transfer Mode
AUI	Attachment Unit Interface
CCITT	Consulative Committe on International Telegraphy and Telephony
CMOS	Complementary Metal-Oxide-Silicon
CPU	Central Processing Unit
CRC	Cyclic Redundancy Check
CSMA/CD	Carrier Detect, Multiple Access with Collusion Detect
DARPA	Defense Advanced Projects Agency
DDN	Defense Data Network
DNS	Domain Name System
DYS	Dağıtım Yönetim Sistemi
DP	Data Processing
EBCDIC	Extended Binary Coded Decimal Interchange Code
EEPROM	Electrically Erasable. Programmable Memory
EPROM	Erasable PROgrammable Memory
EYS	Enerji Yçnetim Sistemi
FCS	Frame Check Sequence
FDDI	Fiber Distributed Data Interface
FDM	Frekans Bölüşümlü Çoklama
FTAM	File Transfer, Access and Management Protocol
FTP	File Transfer Protokol
ICE	In- Circuit Emulator
ICMP	Internet Control Message Protokol
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
IEN	Internet Engineering Notes
INWG	Internetworking Working Group
ISO	International Standarts Organization
LAN	Local Area Network
LLC	Logical Link Control
MAC	Medium Access Sublayer
MIL NET	Military Networking
MIL STD	Military Standarts
MMI	Man Machine Interface
MTU	Master Terminal Unit
NIC	Network Interface Card
OSI	Open System Interconnection
OTP	One Time Programmable
PC	Personel Computer
PIC	Peripheral Interface Controller
PROM	Programable Read-Only Memory
PWM	Pulse Width Modulation
PWRT	Power-up Timer
RAM	Random Access Memory
RC	Rext-Cext
RFC	Request For Comment

RISC	Reduced Instruction Set Computer
ROM	Read-Only Memory
RTU	Remote Terminal Unit
SAP	Service Access Point of ith layer- ith
SCADA	Supervisory Control and Data Acquisition
SMTP	Simple Mail Transfer Protocol
SNA	System Network Architecture
SNMP	Simple Network Management Protocol
SPI	Serial Peripheral Interface
SFR	Special functions register
TCP/IP	Transmission Control Protocol / Internet Protocol
TDM	Zaman Bölüşümlü Çoklama
TPDU	Transport Protocol Data Unit
UDP	User Datagram Protocol
UUB	Uzak Uç Birim
WAM	Warfare Assessment Model
WAN	Wide Area Network
WDT	Watchdog Timer



## ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1	Verinin iletilmesi.....	2
Şekil 2.2	Ağ Sistemleri.....	5
Şekil 2.3	OSI Başvuru Modeli .....	8
Şekil 2.4	OSI Katmanının ayrımı.....	10
Şekil 2.5	Katmanlar arası sanal etkileşim .....	12
Şekil 2.6	Gelişmiş bir ağ modeli .....	14
Şekil 2.7	Katmanlar arasıiletişim .....	14
Şekil 2.8	TCP Katmanlı yapısı.....	15
Şekil 2.9	Soket numarası yapısı .....	16
Şekil 2.10	TCP formatı.....	19
Şekil 2.11	UDP segment formatı.....	20
Şekil 2.12	TCP Segment formatı.....	21
Şekil 2.13	ICMP segmenti .....	23
Şekil 3.1	LAN Yapısı.....	25
Şekil 3.2	Gelişmiş ethernet sisteminin yapısı.....	26
Şekil 3.3	OSI başvuru modeline göre IEEE LAN standartları.....	28
Şekil 3.4	802.3 ve Ethernet çerçeve formatı .....	29
Şekil 3.5	Ethernetin OSI başvuru modelindeki yeri.....	33
Şekil 4.1	Mikroişlemci sisteminin temel bileşenlerinin blok diyagramı.....	37
Şekil 4.2	Temel PIC Blok diyagramı .....	44
Şekil 4.3	PIC16F877 Pin diyagramı.....	48
Şekil 4.4	PIC16F877 Blok diyagramı.....	51
Şekil 4.5	PIC16F877 Pin tanımları .....	52
Şekil 4.6	PIC16f877 pin tanımları devam.....	53
Şekil 4.7	Bellek organizasyonu .....	56
Şekil 4.8	Bellek yapısı.....	57
Şekil 4.9	Register dosyaları.....	58
Şekil 5.1	Bir işletmenin kontrol kademeleri.....	72
Şekil 5.2	SCADA sisteminin Genel yapısı.....	77
Şekil 5.3	RTU'ya gelen işaretler .....	85
Şekil 5.4	RTU'dan çıkan işaretler .....	86
Şekil 5.5	Bir SCADA İletişiminin Anahtar Elemanları .....	96
Şekil 5.6	Tek Kontrol Merkezi, Tek Bilgi Toplama Ve Depolama Birimi, Radyal Hat.....	96
Şekil 5.7	Tek AKM, Tek UUB, Radyal Hat .....	97
Şekil 5.8	Tek AKM, Çoklu UUB, Paylaşımlı Hatlar.....	97
Şekil 5.9	Çoklu AKM, Çoklu UUB, Çift Portlu .....	97
Şekil 5.10	Çoklu AKM, Çoklu UUB, Çift Portlu (farklı tür).....	98
Şekil 5.11	Tek AKM, Tek Bölge Kontrol Merkezi, Çoklu UUB .....	98
Şekil 5.12	Tek AKM, Çoklu BKM ( Bölge Kontrol Merkezi ), Çoklu UUB (BKM'ler birbiri ile haberleşir ) .....	98
Şekil 6.1	Ethernet I/O yapısı .....	107
Şekil 6.2	Ethernet I/O kartı şeması.....	108
Şekil 6.3	Cyrstal Ethernet Chipi iç yapısı .....	108
Şekil 6.4	Intouch SCADA programı ile yapılabilecek bir örnek uygulama.....	110
Şekil 6.5	Ethernet chipi devresi.....	118
Şekil 6.6	Devre Şeması .....	118

## ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 2.1 Protokol tanımları.....	27
Çizelge 4.1 Bilgisayarın tarihsel gelişimi.....	35
Çizelge 4.2 PIC16F877 özellikleri.....	42



## ÖNSÖZ

Teknolojinin bilgi iletişim çağı üzerindeki etkisinin giderek arttığı günümüzde, enerji sistemlerinin izlenmesinde ve kontrolünde bilgisayar sistemlerinin payı sürekli artmaktadır. Bu payda mikroişlemci dünyasının hızla gelişmesinin katkısı şüphesiz göz ardı edilemez. Sadece elektronik dünyasında değil her türlü uygulamada yerini alan işlemler her sahada uygulanır hale gelmiştir. Enerji sistemlerinin kontrolü ve veri iletişimi SCADA sistemleri ile yapılmaktadır.

Hayatımızın her sahasına giren bilgisayar sistemleri, enerji tesisinde sistemin kontrol ve kumandasında önemli rol oynamaktadır. Özellikle son yıllarda bilgi ağlarının geliştiği, internet kullanımının arttığı günümüzde her türlü uygulama bu alanlarda yapılar hale gelmiştir. Zamanla insan beyninin yerini alan bilgisayar sistemleri sayesinde veriler daha hızlı ve güvenilir işlenmektedir. Bu tez çalışmasında da bu özelliklerden yararlanılmaya çalışılmıştır. SCADA'nın enerji sistemlerindeki uygulaması üzerinde durulmaya çalışılmış, özellikle uç birimlerden alınan verinin güvenilir ve hızlı bir şekilde iletilmesi konusu üzerinde çalışılmıştır. Bu çalışmanın aynı zamanda ülkemizde SCADA'nın enerji sistemlerine uygulanması çalışmalarının hızla arttığı günümüzde yeni fikirler verme ve yeni uygulama alanları bulma konusunda farklı bir bakış açısı kazandıracığı ve yararlı bir kaynak olacağı düşüncesindeyim.

Bu çalışmanın hazırlanmasında yardımlarını esirgemeyen tez danışmanım Doç.Dr.Osman KILIÇ'a, Caner ÜNSALVER'e ve yardımlarını esirgemeyen tüm mesai arkadaşlarıma teşekkür ederim.

## ÖZET

Enerji ihtiyacının günden güne artması enerji sistemlerinin verimli çalışmasını zorunlu tutmaktadır. Büyüyen ve kontrolü zorlaşan enerji sistemlerinde sistem yönetimi ön plana çıkmaktadır. SCADA sistemleri sistem yönetimindeki etkisi ile enerji sistemlerinde de uygulanır hale gelmiştir.

SCADA adı Supervisory Control And Data Acquisition kelimelerinin ilk harflerinden türetilmiştir. Türkçe'ye "İzleme, Kontrol ve Veri Toplama Sistemi" olarak çevrilmiştir. Adından da anlaşılacağı üzere izleme, kontrol ve veri toplama aşamalarının herbirini gerçekleştiren kullanışlı bir sistemdir. Sahadan alınan veriler bu tür sistemler için oldukça önemli bir kriterdir, dolayısıyla bu verilerin toplanması da sistemin güvenliği bakımından son derece önemli olmaktadır. Sahadan uç birimden alınan bu bilgilerin merkezdeki SCADA programına iletilmesi ise bir kısım protokollerle yapılmaktadır.

Bu çalışmada SCADA sistemleri ve bunlar için gerekli olan bilgi toplama elemanı olarak kullanılan uç birimlerin üzerinde durulmuştur. Uç birim uygulamalarından yeni bir sistem olan Ethernet I/O incelenmiş ve bu sistemden alınan veriler doğrultusunda bir SCADA sisteminin simülasyonu yapılmıştır. Simülasyonun gerçekleştirilmesinde mevcut program paketlerinden ve duruma göre görsel dillerle hazırlanan programlardan faydalanılmıştır.

Çalışmamızda, TCP/IP protokolü incelemesi de yapılmış ve bu protokol ile toplanan verilerin etkili bir şekilde kullanılabilmesi görülmüş, ayrıca PIC mikrokontrolörleri ile kontrol sistemleri de incelenmiştir. Çalışma sonunda sistem maliyetinin minimum düzeyde tutulabileceği ve sistemde bulunan veri kablolarının azalması yardımcı elemanlar kullanarak tek bir hat üzerinden işlem yapılabilmesi görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** TCP/IP, Ethernet I/O, PIC, SCADA, iletişim, veri toplama, uç birim.

## **ABSTRACT**

The fact that requirement of power increases gradually force power systems operations work efficiently. System management has become very important in hard-controllable and enlarging systems.

Supervisory And Data Acquisition (SCADA), enables the control and observation of energy systems from operating room. Data is very critical value for systems. Data Acquisition is as critic as data. Because of these reasons transmission of the data to SCADA is confirmed with some protocols.

In this study, SCADA systems and Remote Terminal Unit (RTU) which is necessary for data acquisition are examined. Also Ethernet I/O, the new application of RTU, is examined and a power system is simulated with some package SCADA programs.

TCP/IP protocol is examined for SCADA systems and observed that it is suitable for data acquisition. Furthermore, the applications of control systems with PIC microcontrolers are researched. At the end of this study, it is observed that the cost price of data acquisition is minimum for power system and the number of cables for data acquisition is minimum either.

**Keywords:** TCP/IP protocol, Ethernet I/O, Peripheral Interface Controller, SCADA, remote terminal unit, Data Acquisition, communication.

## 1. GİRİŞ

Veri iletişim ve paylaşımının artması enerji sistemlerinin de güvenilir olarak çalışmasını gerektirmektedir. Buda enerji tesisinin kontrol ve gözleminin kaliteli bir şekilde yapılması ile mümkün olmaktadır.

Enerji tesisinde verinin doğru ve eksiksiz olarak alınması uç birimlerdeki sistemlerin kalitesi ve kontrol merkezi ile uç birim arasındaki iletişimin uygun bir şekilde yapılmasıyla sağlanır. Veri ne kadar sağlıklı alınır ve iletilirse sistemdeki enerji üretimi de o kadar hızlı ve verimli olacaktır.

Kontrol merkezinde verinin izlenip kontrol edilmesi SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition )programları ile yapılmaktadır. Sahadan gelen bilgiler bu programla gözlenir ve gerekirse kontrol amaçlı müdahalelerin yapılmasına olanak sağlar.

SCADA'nın verileri elde etmesindeki en önemli birim uzak uç birimleri olarak bilinen RTUlardır. (Remote Terminal Unit). RTU'lar analog veya dijital verinin alınmasında kullanılır. Daha sonra merkezdeki SCADA programına verileri aktarmaktadır. Bu yapının kalitesi verinin merkeze iletilmesi ile ilgilidir.

RTU'ların maliyeti de sistemde oldukça önemli bir yer tutmaktadır. Çok sayıda ve uzak mesafelerde yer alabilen RTU'lar minimum maliyetli olursa tesis için de o kadar faydalı olmaktadır.

Bu uç birimlerden bir tanesi olan Ethernet I/O, hem verinin merkeze iletilmesinde etkilidir hem de maliyet açısından oldukça düşük bir yapıya sahiptir. Gerektiğinde çok uzaktaki bir yerden bile Ethernet I/O'ya ulaşmak mümkün olmaktadır. Buda hayatın bir parçası olan internet üzerinden rahat bir şekilde yapılabilir.

İlerleyen bölümlerde Ethernet I/O nun çalışmasındaki yapıları, protokolleri, SCADA'daki yeri ve en sonunda da Ethernet I/O hakkındaki detaylı bilgi anlatılmaktadır.

## 2. TCP/IP PROTOKOLÜ

### 2.1 TCP/IP nedir?

Günümüzde bilgi paylaşımı artık hayatımızın bir parçası haline geldi. Özellikle son yıllarda internetin yaygınlaşması ile insanların web üzerinden yada mail ile bilgilerini aktarması bunu artıran faktörlerden bazıları oldu.

Veri haberleşme ağları kullanıcıların bilgisayar ve bilgi kaynaklarını ortaklaşa kullanabilmeleri için geliştirilmiştir. Dünyanın her yerindeki bilgisayar ve networkün internet üzerinde bilgi ve mesaj paylaşımı yapmalarını sağlayan düşünce aslında basittir. Her mesaj ve bilgi paket (packet) denilen ufak parçalara ayrılır, bu paketler doğru yere ulaştırılır ve paketler yerine ulaştıktan sonra yeniden birleştirilerek alıcı bilgisayarların kullanabileceği ve sunabileceği şekilde orijinal haline gelir. Bu işleri yapmak, internet üzerindeki en önemli iki iletişim protokolü olan "Transmission Control Protocol" ve "Internet Protocol"ün görevidir. Kısaca bunlara TCP/IP denir. TCP paketlere ayırma ve yeniden birleştirme işini yaparken, IP paketlerin doğru hedefe gitmelerini sağlamakla hükümlüdür.



Şekil 2.1 Verinin iletilmesi

#### 2.1.1 TCP/IP modeli

Şu an dünyada en çok kullanılan protokol türü olan TCP/IP protokolünün temeli bilgisayar ağlarını birbirine bağlamak amaçlı ortaya çıkmıştır. Böylelikle gerek uzaktaki sistemler olsun gerekse yakındaki sistemler arasında bilgi aktarımı rahat bir şekilde yapılabilir.

1969 yılında DARPA (Defense Advanced Projects Agency) Amerika'da örnek bir paket anahtarlama ağı oluşturulması için bir proje başlattı. Bu ağın adı ARPANET' dir. ARPANET, veri haberleşmesindeki tekniklerin öğrenilmesi ve askeri amaçlarla ortaya çıktı. Nükleer bir savaş esnasında telefon hatlarının çoğunun tahrip olması durumunda bilgisayar

iletişiminin sürdürülmesi amaçlanıyordu. Paket anahtarlamalı ağlarda, her mesaj küçük parçalara bölünür ve bu parçaların varış noktasına başarı ile ulaşıp orijinal mesajın oluşturulması sağlanır. 1972, ağların ağı ortaya çıkmaya başladı. 40 bilgisayardan oluşan bir ARPANET gösterisi yapıldı. 1975 yılında başarılı bir biçimde ARPANET işlevsel bir ağ konumunu aldı, birçok organizasyon bu ağa katıldı.

1983 yılında, Internetworking Working Group (INWG) TCP/IP' ye temel halini verdi. TCP/IP protokolleri de askeri standart olarak (MIL STD) uyarlanmıştır. Aynı yıllarda İnternet terimi yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. TCP/IP protokolünün Unix işletim sistemine eklenmesinin ardından, 1984 yılında DNS (Domain Name System) tanıtılmıştır. DNS' in tamamlanması 4 sene sürmüştür. 1985 yılında, NSFNET süper bilgisayarlar arası TCP/IP tabanlı ağın oluşturulup çalıştırılması için kuruldu.

Eski ARPANET, MILNET ve daha küçük ARPANET (DDN: Defense Data Network) olmak üzere ikiye ayrılmıştır. 1990 yılında ARPANET varlığını yitirmiştir.

Günümüzde en çok TCP/IP protokolü kullanılmaktadır, çünkü paket anahtarlamalı (packet-switched) bir network olan internette, gönderen ve alıcı arasında sürekli ve tek bir bağlantı yoktur. Bunun yerine; bilgi, gönderildiği zaman ufak paketlere bölünür ve (alıcı tarafından yeniden birleştirmek üzere) değişik rotalardan aynı anda gönderilir. Buna karşılık, telefon sistemi bir devre-anahtarlamalı (circuit-switched) networktür. Bir devre-anahtarlamalı networkte bir bağlantı yapıldığı zaman (örneğin bir telefon görüşmesi), networkün o kısmı sadece bu tek bağlantı için kullanılır. TCP/IP protokol kümesi internetin yanı sıra birçok ticari ve araştırma ağlarında da yoğun olarak kullanılmaktadır. Bizim Ethernet I/O sistemimizde de bu protokol tercih edilmiştir.

### **2.1.2 TCP/IP'nin özellikleri**

TCP/IP protokolünün özelliklerini şu şekilde sıralayabiliriz:

- Açık protokol standartları: Standartlar kolaylıkla elde edilebilir ve herhangi bir işletim sistemi ya da bilgisayar donanımından bağımsız geliştirilebilir.
- Fiziksel ağ donanımından bağımsızlık: Bu özellik TCP/IP' ye birçok değişik ağ ile entegrasyon olanağı sağlar. TCP/IP,

- Ethernet,
- Token ring,
- X25
- FDDI
- ATM gibi değişik ağlarda ve fiziksel iletim ortamlarında çalıştırılabilir.

- Ortak bir adresleme yapısı: Bu sayede herhangi bir TCP/IP aygıtı dünya çapında tek olarak adreslenir.
- Tutarlı ve geniş çaplı kullanıcı servisleri için standardize edilmiş st katman protokolleri. TCP/IP' nin açık doğasından ötürü tüm standartlara ilişkin dokümanlar ücretsiz olarak temin edilebilir. TCP/IP protokol ailesindeki tüm protokoller aşağıdaki üç Internet standardı yayınından birinden temin edilebilir.

- Military Standarts (MIL STD)
- Internet Engineering Notes (IEN)
- Request For Comment (RFC)

### 2.1.3 TCP/IP yapısı ve alışması

Kişisel bilgisayarların bilgi paylaşımının bütün avantajlarından yararlanmaları için, TCP/IP protokollerini algılayan ve tercüme edebilen özel bir yazılım kullanmaları gerekir. Bu yazılıma “socket” yada “TCP/IP stack” denir. PC ' ler için olan yazılıma “Winsock” denir. PC'ler için değişik winsock versiyonları mevcuttur. Macintosh ' lar için olan yazılım Internet ve kişisel bilgisayar arasında bir arabulucu gibi hizmet eder. Kişisel bilgisayarlar internetin en basiti, en ilkel kısımlarından Winsock veya macTCP kullanmadan yararlanabilirler. Fakat, Internet'ten tamamiyle yararlanmak için TCP/IP stack'ları kullanmak şarttır.(Comer,1999) Bizim projemizde kontrol ve haberleşme kısmında bu protokol kullanılmaktadır.

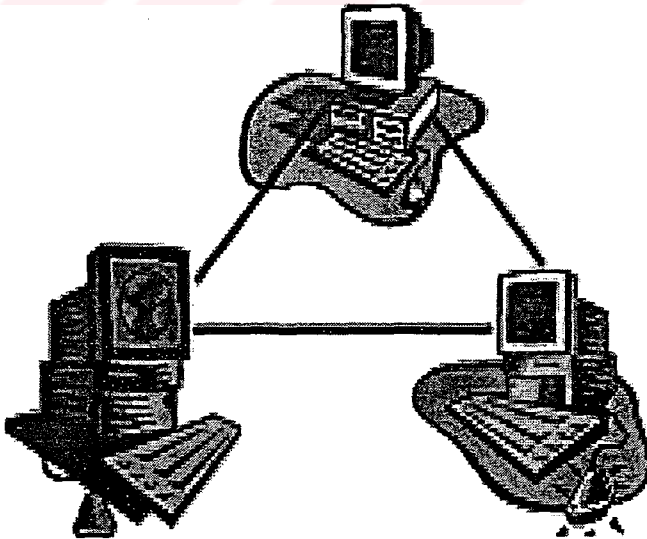
TCP/IP ile veri aktarımı şu şekilde olur:

1-Paket-anahtarlamalı ağlarda, bir bilgisayardan diğerine ağ üzerinden bilgi gönderildiğinde, bu verinin ufak paketlere bölünmesi demektir. Bir ağda kullanılan ara elemanlardan bir seri anahtar olan routerlar her paketi ağ üzerinden ayrı ayrı gönderirler. Bütün paketler alıcı tarafa

ulaştığı zaman, bunlar yeniden birleştirilerek uniform ve orijinal haline getirilir. Veriyi paketlere bölme, bu paketleri ağ üzerinde yönlendirme ve diğer tarafta yeniden birleştirme işlemleri iki protokol tarafından yapılır: veriyi yönlendiren Internet Protocol (IP) ve veriyi paketlere ayırıp, alıcı bilgisayarda yeniden birleştiren Transmission Control Protocol (TCP).

2-Donanım limitlerinin de içinde olduğu birkaç nedenden dolayı ağ üzerinden gönderilen bilgi, her biri 1.500 karakterden daha ufak paketlere bölünmelidir. Her pakete bir başlık (header) verilir. Bu başlıkta çeşitli bilgiler bulunur, örneğin paketlerin diğer paketlerle birleştirilmesi durumunda bu işin hangi sırayla yapılacağı gibi. TCP her paketi yaratırken ayrıca bir de kontrol toplamı (checksum) hesap eder ve başlığa ekler. Bu TCP tarafından alıcı tarafta kullanılan bir sayıdır ve TCP bu sayıyı kontrol ederek transfer sırasında pakette herhangi bir hata meydana gelip gelmediğini kontrol eder. Checksum paketdeki veri miktarının hassas bir ölçümüdür.

3-Her paket ayrı IP “zarflarına” konur. Bu zarflar ağa veriyi nereye göndermesi gerektiğini söyleyen adres bilgileri içerir. Her veri için kullanılan her zarfta, yeniden birleştirilmek üzere aynı adrese gönderilmesi için, aynı adres bilgileri bulunur. IP “zarfları” gönderici adresi, alıcı adresi, imha edilmeden önce geçmesi gereken zaman gibi bilgiler içerir.



Şekil 2.2 Ağ Sistemleri

4-Paketler ağ üzerinden gönderilirken, yol üzerindeki routerlar (yönlendirici) IP zarflarını inceler ve adreslerine bakarlar. Bu routerlar, hedefe en yakın olan bir sonraki routera paketleri yollamak için en uygun rotayı seçerler. Paketler bir dizi routerdan geçtikten sonra yerlerine ulaşırlar. Ağ üzerindeki trafik yükü sürekli değiştiğinden, paketler farklı rotalardan yollanabilir ve karışık sıralı varabilirler.

5-Paketler hedefe ulaştıkça TCP her paket için bir checksum hesaplar. Sonra bunu paket içinde gönderilen checksum ile karşılaştırır. Eğer checksum' lar birbirine uymuyorsa, TCP paketin içindeki verinin transfer sırasında hasar gördüğünü anlar. Daha sonra bu paketi imha ederek orijinal paketin yeniden transfer edilmesini talep eder.

6-Bütün hasarsız paketler alıcı bilgisayar tarafından alındığında, TCP bunları birleştirerek orijinal ve uniform hale getirir.

## 2.2 OSI başvuru modeli

IBM System Network Architecture (SNA), IBM ve uyumlu donanım ve yazılım platformlarına dayalı veri iletişim ağları için IBM tarafından geliştirilmiş katmanlı bir mimaridir. Buna karşılık, her organizasyon veri iletişim ağlarını oluşturmak için alternatif yöntemler oluşturan mimariler geliştirdiler. Bunlar iki şekilde olmaktadır.

1. Hemen hemen her büyük kuruluş kendi markasını taşıyan mimarileri sunarlar ve bu mimari diğerleri ile uyumsuzdur.
2. Eğer ticari müşteri, kendi DP (Data Processing) işlemleri için çoklu donanımlar kullanıyorsa, farklı bilgisayar ağlarını bağlama daha zor olmaktadır.

Bunlara karşı, standart bir kurallar kümesi veya protokollere gerek vardır. Farklı heterojen bilgisayar ağları arasında bilgi değişimi için bu protokoller acil olarak gerekmektedir. Değişik standart organizasyonları standart mimariler, protokoller ve arayüzler geliştirmek üzerine çalışmaktadır.

“Consulative Committee on International Telegraphy and Telephony (CCITT)” telefon ve veri aktarımında değişik standartları geliştiren uluslararası bir standart organizasyonudur. (Örnek, X. 3, X. 25, X. 28, X. 29 )

“Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)” bilgisayar ağları standartlarına odaklanmıştır. Özellikle, IEEE 802 projesi bunlardan biri olup başka yerel alan ağları standartları geliştirmişlerdir.

Standartların geliştirilmesi, farklı platformlar arasında iletişime izin vermesi ve katmanlı mimarilerin avantaj ve potansiyel yararlarından kaynaklanmaktadır. International Standards Organization (ISO) nun geliştirdiği başvuru modeli, iletişim sistemleri standartları böylesine bir genel gereksinimi karşılamak için geliştirilmiştir. Bu standartlar kümesi, Open System Interconnection (OSI) dir. OSI modeli var olan mimarilerin en iyi özelliklerini almıştır. OSI aynı zamanda, ek özellikler üreterek heterojen iletişim ağlarında iç bağlantıyı kolay ve daha etkin olarak yapabilmektedir.

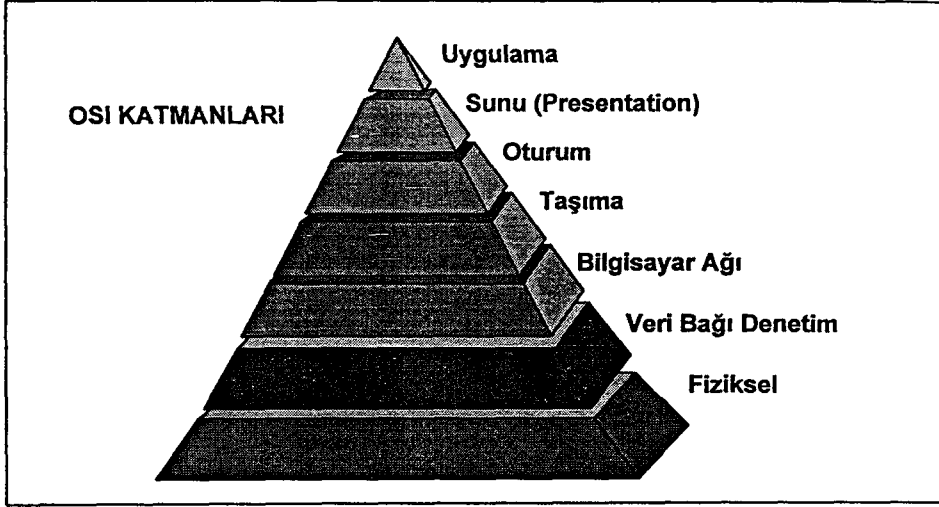
OSI modeli hala geliştirilmekte olmasına rağmen, başvuru modeli olarak satıcılar ve standart organizasyonları tarafından kullanılmaktadır. Bu yedi mimari katmandan oluşan, sıradüzensel katmanlı bir mimaridir. Her katman özel bir OSI bilgisayar ağı fonksiyonunu yerine getirir. Bir üstteki üst düzey katman altındaki düşük düzeyli katmandan hizmet isteğinde bulunur. Ve iletişim, noktadan-noktaya (peer-to-peer) dayalı yapılırken diğer düğümlerdeki karşı gelen katmanlar arasında iletişime girer.

### **2.2.1 OSI Mimarisi**

OSI referans modeli 7 katmanlı yapı ile haberleşme protokollerin işlevlerini tanımlar. OSI modelinin her katmanı uygulamalar arası veri aktarımı esnasında gerçekleşen işlevleri tanımlar. Aşağıdaki şekil 2.3 de 7 katmanlı OSI referans modeli görülmektedir. Bir katman bir protokol tanımlamaz, bir işlev tanımlar. Bu işlev birçok protokolle gerçekleştirilebilir

OSI referans modelinde tam bir hiyerarşik bir yapı vardır. Hiyerarşinin en üstünde kullanıcıların koşturduğu uygulama programları ve en altta ise verinin bit düzeyinde aktarılması vardır. Ara katmanlar bu iki katman arasında gerekli uygulamaları içerir.

Her katman bir üst katmana hizmet sunarken bir alt katmandan kendisi için hizmet ister. Aşağıda, şekil 2.3'de katmanların sıralanması ve aktarılabacak verinin yukarıdan aşağıya ilerlerken genişlemesi görülmektedir.



Şekil 2.3 OSI Başvuru Modeli

7. Katman; Uygulama Katmanı (Application Layer): Uygulama programlarının ağa erişimi için gerekli işlevleri kapsar; kullanıcının etkileşimde bulunduğu uygulama programları doğrudan bu katmanla iletişim içindedir. Bu katman için dosya akarımı, elektronik mektuplaşma, uzaktan dosya erişimi, ağ yönetimi, terminal protokolleri gibi standartlar geliştirilmiştir.

OSI Uygulama Katmanı üç parçadan oluşur.

- **Genel Uygulama Hizmetleri:** Bu hizmetler bütün iletişim partilerinde kullanılabilirler. Genel Uygulama Hizmetlerinin ürettiği protokoller, kullanıcılar arasında yapılacak konuşmanın türünü veya bu konuşmanın yapısını (dosya aktarım yapısı gibi) seçilebilirler. Genel uygulama hizmetleri işleme, koşut zaman ve iyileştirme gibi denetim protokollerini de üretirler.
- **Özel Uygulama Hizmetleri:** Bu hizmetler tüm kullanıcı bilgi değişimi protokollerini içine alır. Bu protokoller tek bir iletişimde özel olabilir veya genel olarak kabul gören, uluslararası tanınan iletişim standartlarıdır. OSI uygulama katmanı standardı olarak bilinen standartlar X. 400 ileti protokolu,

X. 500 Directory Protocol ve File Transfer, Access and Management Protocol (FTAM) dır.

- **Kullanıcı Elementi.** OSI modelinde bilgi kullanıcının en son noktasını sunar. (örnek: son kaynaklanma ve uzaklık noktaları-final origination and destination point)

6.Katman: Sunuş Katmanı (Presentation Layer): Bilginin iletimde kullanılacak biçiminin düzenlenmesini sağlar: Sıkıştırma/açma, şifreleme/şifre çözme, EBCDIC-ASCII dönüşümü ve ters dönüşümü gibi işlevlerin yerine getirilmesini kapsar. Bu katman veri akımı sunu protokollerini üretir (data stream presentation protocols). Bu protokol bilgisayar ağında bilginin tanımlanmasına ve izlerinin bakımının yapılmasına izin verir. İzleyen fonksiyonlar OSI sunu katmanı fonksiyonları olarak tanımlanmıştır.

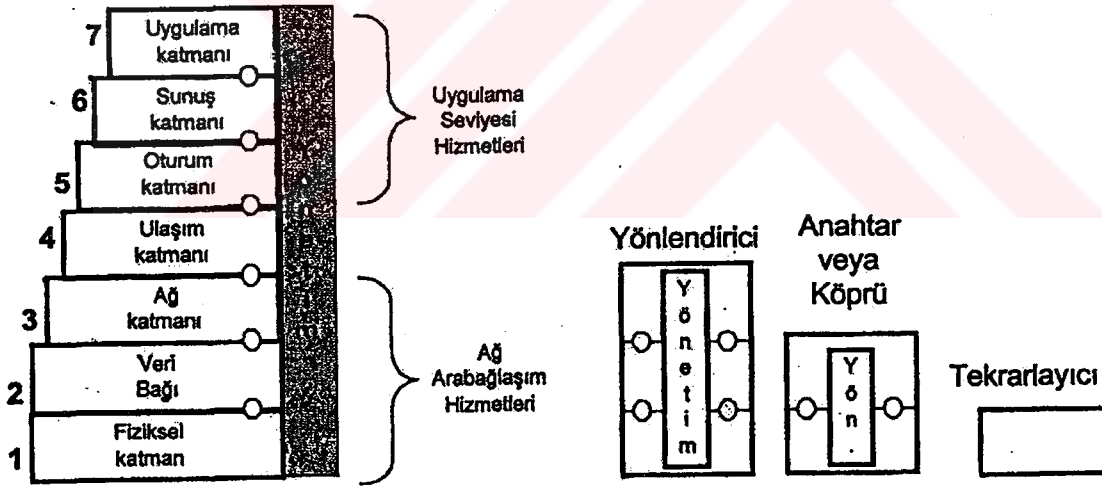
- Veri imlası dönüşümü, örnek veri şifrelemesi (encryption)
- Sunu resim imlası (image syntax) seçimi

5.Katman: Oturum Katmanı (Session Layer): Uç düğümler arasındaki gerekli oturumun kurulması, yönetilmesi ve sonlandırılması işlerini kapsar. İletişimin mantıksal sürekliliğinin sağlanması için, iletişimin kopması durumunda bir senkronizasyon noktasından başlayarak iletimin kaldığı yerden devam etmesini sağlar. Gönderilecek bilgi “senkronizasyon noktaları” ile sınırları belirlenmiş bloklara ayrılır. Karşı ucun oturum katmanı bir bloğun tamamını doğru olarak elde edip üst katmanına teslim ettikten sonra blokla ilgili işi tamamlamış olduğunu, veriyi gönderen tarafa bildirir. Gönderen taraf ise bloğu belleğinden silebilir. İletişim koparsa, iki taraf arasında yeniden bağlantı kurulduğunda son senkronizasyon noktasından başlayarak bilgi gönderilir. Kısaca özetlersek; izleyen fonksiyonlar OSI modeli Oturum Katmanı fonksiyonlarıdır.

- Oturumu başlatma ve etkin duruma getirme
- Oturumu tamamlama ve serbest bırakma
- Oturum bağlantılarının eş zamanlaması ve yeniden eş zamanlaması
- Diyalog denetimi
- Normal ve yollama veri aktarım

4.Katman: Ulaşım Katmanı (Transport Layer): Bilginin son alıcıda her tür hatadan arındırılmış olarak elde edilebilmesini sağlar. Ulaşım katmanının oluşturduğu bilgi bloklarına **bölüm** (segment) denir. Bunlar son alıcıya sırası bozulmuş olarak gelirse, düzgün olarak sıralanmalıdırlar. Bunun için bölümler numaralanır. Bu katman OSI ağ katmanından paketleri alır ve onları iletilere dönüştürür. OSI, taşıma katmanının işlemlerini çok aşamalı prosedürler olarak tanımlar.

- Aşama-1: Kurulma (Establishment) Bu aşamada düşük katmanlara olan bağlantı kurulur.
- Aşama-2: Veri Aktarımı (data transfer). aşaması veriyi OSI katmanları arasında taşır.
- Aşama-3: Serbest Bırakma (release), taşıma bağlantısını ayırma (disconnect) aşamasıdır



Şekil 2.4 OSI Katmanının ayrımı

OSI başvuru modelinin ilk üç katmanı ve 4 katmanının bir kısım özellikleri ağ arabağlaşım cihazlarında kullanılan işlevleri yerine getirirler. Yukarıdaki şekil 2.4' de görüldüğü gibi yukarıdan üç katman ise uygulama programları düzeyinde hizmetleri sunan işlevlere sahiptir.

3.Katman: Ağ katmanı (Network Layer): Veri paketlerinin bir uçtan diğer uca ağdaki çeşitli düğümler (yönlendirici,geçit yolu vs.) üzerinden geçirilip yönlendirilerek alıcısına ulaşmasını sağlayan işlemlere sahiptir. Veri paketinin alıcısına giderken ağ koşullarına, öncelikle ve diğer parametrelere göre hangi yolun yoğun olacağı bu katmanda değerlendirilir. Bu amaçla düğümlere ağ adresi denilen numaralar verilir. Ağ adresi taşıyan bilgi bloklarına **paket** adı verilmektedir. TCP/IP protokolü bu katmanda yürütülen bir protokoldür. Yapılan işlemler şu şekilde özetlenebilir:

- Ağ adreslemesi (atama, çiftleme (pairing) ve eşleme (matching))
- İleti birimlerini öbekleme ve dilimleme
- Veri birimlerine sıra numarası verme (sequencing)
- Anahtarlama ve yol belirleme (routing)
- Yerel akış denetimi
- Seçime bağlı yollama ve veri aktarım denetimi
- Birikme denetimi
- Hata iyileştirme ve uyarma

2.Katman: Veri Bağı Katmanı (Data Link Layer): Gönderilecek bilginin hatalara bağışık bir yapıda lojik işaretlere dönüştürülmesi, alıcıda hataların sezilmesi, düzeltilemiyorsa doğrusunun elde edilmesi için göndericinin uyarılması gibi işlevleri vardır. Gönderilen/alınan lojik işaret bloklarına **çerçeve (frame)** denir. Çerçevelerin içerdiği bit sayısının alt ve üst sınırları standartlarla belirlenmiştir ve genellikle değışken uzunluktadır. OSI veri bağı katmanı izleyen hizmetleri destekler:

- Bağıın bir ucundan diğer ucuna veri taşıma
- Veri bağıını etkin duruma geçirme (activation) ve etken durumdan alma (deactivation)
- Veri bağıı hata yakalama (error detection)
- Geçişli (şeffaf) (transparent) veri akışı
- Veri bağıı hata iyileştirme ve uyarma

1.Katman: Fiziksel Katman (Physical Layer): Verinin fiziksel olarak hat üzerinden aktarılması için gerekli işlevleri kapsar. Veri, bu katman için sıradan bit dizisi olarak algılanır; bitlerin taşıdığı bilgi bu katmanda yorumlanmaz. Bu katman için tanımlanan standartlar taşıyıcı işaretin şekli, verici ve alıcı konumundaki uç noktaların elektriksel ve mekanik özelliklerini

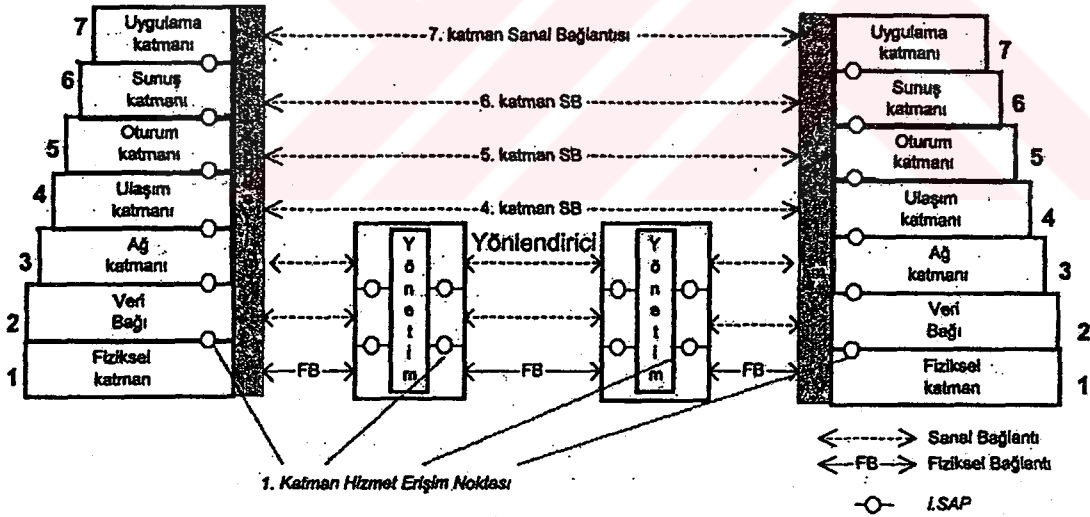
belirler. Örneğin RS-232C, V.35 fiziksel katman standartlarıdır. Kablo standartları, tanımlamaları, işaret şekilleri, gerilim seviyeleri, işaret hızları bu katman için anlamlıdır.

### 2.2.2 Katmanlar arası sanal etkileşim

OSI modelinde her düğümün  $i$ . katmanı, karşı düğümün  $i$ . katmanı ile sanal olarak etkileşimli çalıştığı düşünülür. Bir katmanın hemen üstündeki katmanla etkileşimde bulunması için  $i$ .katman hizmet Erişim Noktası (Service Access Point of  $i^{\text{th}}$  layer-  $i^{\text{th}}$  SAP) adı verilen katmanlar arası geçiş noktasından işaretlenirler.  $i$ . katman protokolü  $i$ . katmanın hangi hizmetler sunacağını ve bu iş için karşı  $i$ . katman ile nasıl bir etkileşim kuracağını belirler.

OSI modeline göre uç düğümlerde 7 katmanın tamamı bulunur ve bir düğüm üzerinde  $i$ .katmanın, yalnızca  $(i-1)$ ., ve  $(i+1)$ . katmanlarla SAP'lar üzerinden bağlantısı vardır.

7.katmanın uygulama çerçevesinde karşı uçtaki katmana gönderdiği bilgi SAP'lardan geçerek kanala çıkarılırken, bu bilgiye her katman kendi eş katmanı ile anlaşması için gerekli bilgileri de ekler. Dolayısıyla gönderilecek bilgi üst katmandan aşağılara giderken bir miktar genişler.



Şekil 2.5 Katmanlar arası sanal etkileşim

### 2.3 TCP/IP katmanı ve OSI

Bilgisayarlar arasında iletişim istendiğinde karşımıza çok sayıda firmanın oluşturduğu bilgisayarlar ve yazılımlar çıkmaktadır. Farklı firmalar farklı formatları ve veri değiştirme protokollerini kullanırlar. Bazen aynı firmanın değişik ürünlerinde bile bu farklılıklara rastlanır.

Bu durumda bilgisayar iletişimi ve bilgisayar ağlarını kullanmak istediğimizde bunlara özel amaçlı iletişim yazılımları geliştirilmesi çok pahalıya mal olmaktadır. Bilgisayar satıcıları için yegane alternatif bir genel kurallar kümesini uyarlamak ve gerçekleştirmektir. Bu anlamda standartlar oluşturmak demektir. Bu gibi standartların şu iki yararı vardır:

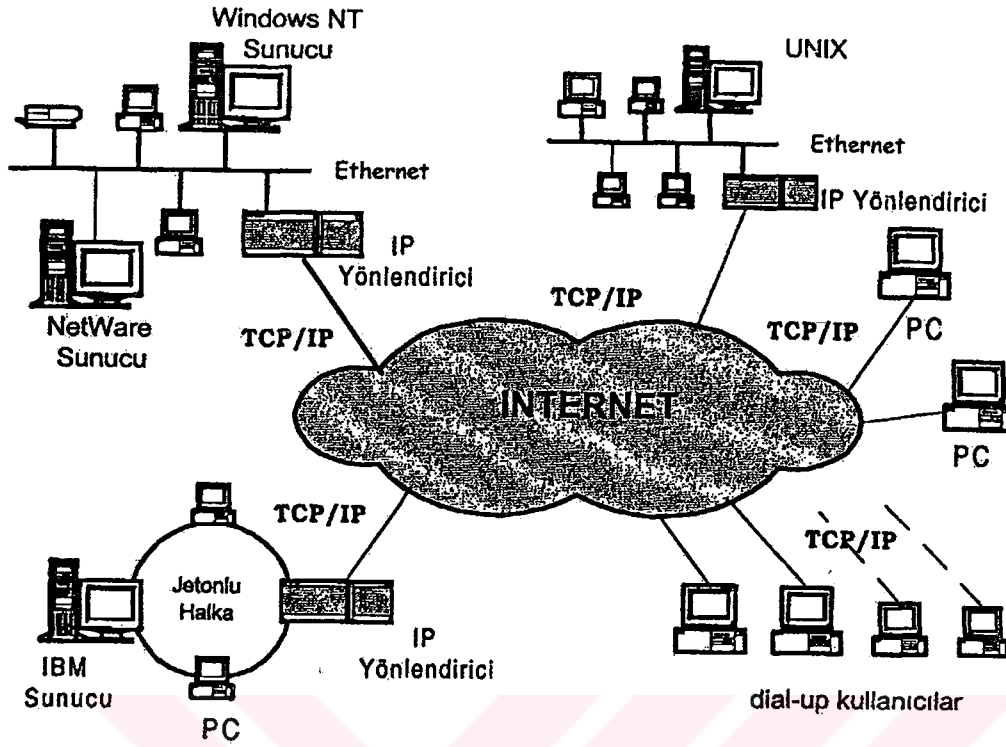
- Standartlar çok geniş kullanım alanları bulmaları nedeniyle firmalara yön verirler. Bu durumda standartları kullanmayan ürünlerin pazarlanması güçleşmektedir.
- Müşterilerde standartlara uyan ürünleri istemektedirler çünkü satıcıların büyük çoğunluğu bu standartlara uygun ürünler üretirler.

Tartışmalar sonunda tek bir standardın yeterli olmayacağı ortaya çıkmaktadır. Dağıtık bir uygulamada, örneğin elektronik posta veya istemci-sunucu etkileşiminde, düzgün bir işlem için karmaşık işletim fonksiyonları kümesine gerek vardır. Güvenilirlik düzeneğinde (mekanizmasında) da olduğu gibi bu fonksiyonların çoğu veya uygulamaya bağlı olarak tamamı geneldir. Bu iletişim görevi, modüler yapıyı içeren bir mimaride en iyi şekilde görülür. Böylesine bir mimaride değişik elementler istenen değişik fonksiyonları gerçekleştirirler. Biri standartları geliştirmeden önce bir yapı veya protokol mimarisini yani iletişim görevlerini tanımlamalıdır.

İçten işletilebilir iletişim standartlarını geliştirmek için iki protokol mimarisi sunulmuştur: TCP/IP protokol (suite) katı ve OSI başvuru modeli. TCP/IP en yaygın kullanım bulan içten işletilebilir mimaridir. Özellikle LAN da yer alırlar.

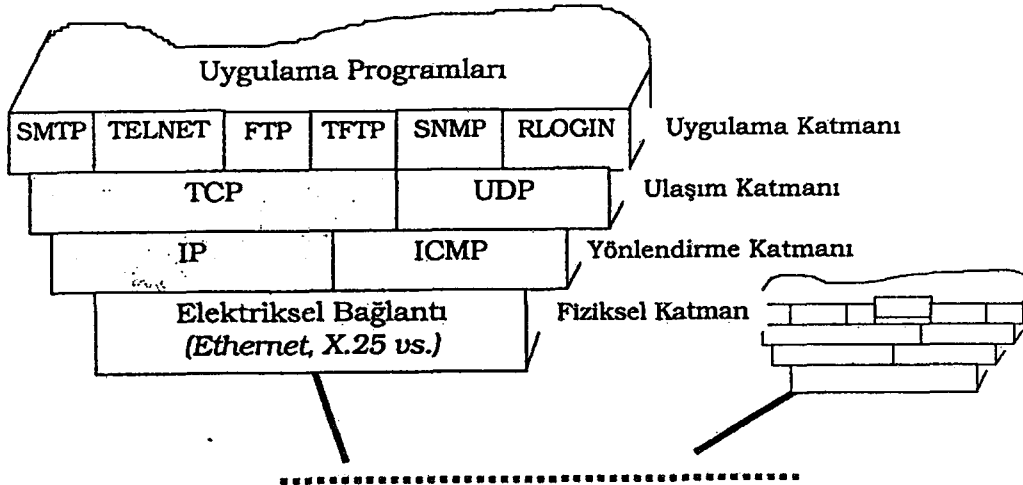
### 2.3.1 TCP/IP Protokol mimarisi

TCP/IP protokol mimarisi katmanlı yapıdadır, ancak OSI de olduğu gibi 7 katmandan değil de yalnız 4 katman tanımlıdır.(Çölkesen,1999) İletişim için gerekli bütün iş dört katmana ayrılmıştır. Her katmanda yapılacak görevler protokol tanımlamalarıyla belirlenmiştir. TCP/IP, bu protokollerin oluşturduğu kümeye verilen genel isimlendirmedir; TCP ve IP isimleri yalnız başlarına küme içinde birer protokol adyken ikisi birlikte protokol kümesine verilen adlandırmadır. Alıcı ya da göndericideki katman karşısındaki katman ile iletişim kurar. Her katman komşu katmanlardan işlevsel olarak bağımsızdır.



Şekil 2.6 Gelişmiş bir ağ modeli

TCP/IP protokol kümesinin sahip olduğu mimari şekli 2.7'de görüldüğü gibi katmanlı yapıdadır; uygulama programlarının bulunduğu katman sayılmaz ise 4 katmanlıdır. En üstte uygulama programları vardır. (Bunlar kullanıcının doğrudan etkileşimde olduğu programlar da olabilir, işletim sisteminin arka planda yürüttüğü programlar da olabilir.). Altında ise iletişim işini koteran katmanlar bulunur.

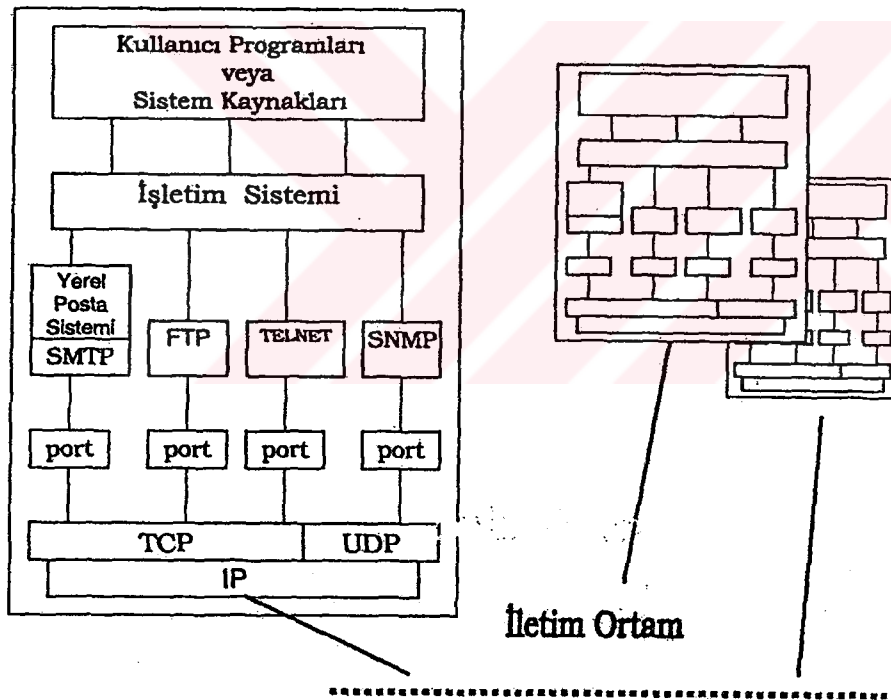


Şekil 2.7 Katmanlar arası iletişim

Uygulama katmanının altında ise sırasıyla ulaşım, yönlendirme ve fiziksel katmanlar vardır. Ulaşım katmanında TCP ve UDP protokolleri, yönlendirme katmanında IP ve ICMP protokolleri tanımlıdır. Görüldüğü gibi her katmanda birden çok protokol vardır; ancak uygulama programları tarafından istenen bir iş yerine getirilirken, her katmandaki protokollerden yalnızca biri kullanılır.(Çölkesen,2000)

Uygulama programları, uygulama katmanındaki protokoller aracılığıyla iletişimde bulunabilirler. Örneğin, elektronik mektup SMTP ile belirlenen kurallar uyarınca aktarılır; bu protokol e-mektubun bir kullanıcıya nasıl gönderileceğini belirler. Ağ üzerindeki başka bir bilgisayar dosya aktarımı için bağlanma ve dosya aktarımı için de FTP kullanır.

Aşağıdaki şekilde TCP/IP' nin katmanlı yapısı değişik açıdan yeniden gösterilmiştir.



Şekil 2.8 TCP Katmanlı yapısı

Görüldüğü gibi iletişim sisteminin hemen altında uygulama protokolleri vardır. Bunlar bir port üzerinden TCP ve UDP' nin bulunduğu katmana erişirler.

TCP protokolünü destekleyen her uç düğümde bir TCP modülü bulunur. Bu modül üst katmandan gelen veri bloklarını 64 KB' yi aşmayan (pratikte 1,5 KB) TPDU (Transport

Protokol Data Unit: Ulaşım katmanları arasında karşılıklı değiş tokuş edilen bilgi birimi.) lara ayrılır veya birleştirilir, ve bunların IP datagramları içinde gönderilmesini sağlar. Alıcının TCP modülü, göndericinin üretim sırasına uygun olarak veri bloklarını üst katmanına geçirir. Gönderici TCP modülü, zaman aşımı süresi içinde alıcıdan alındı mesajı gelmemesi durumunda TPDU' ları tekrarlar.

TCP protokolünde her uçta  $2^{16}$  adet farklı TSAP adresi tanımlanabilir. Bu adresler port olarak isimlendirilir. Uç düğümün 32 bitlik IP adresi ve 16 bitlik port adresi beraberce kullanıldığında ortaya çıkan adrese **soket numarası** denir. TCP bağlantılar socket üzerinden sağlanır.

#### Soket numarası

Port No <i>TSAP Adresi</i>	IP adresi
-------------------------------	-----------

Şekil 2.9 Soket numarası yapısı

0...255 arasındaki port numaraları, standart uygulama katmanı hizmetlerine erişim için ayrılmıştır. Örneğin, FTP için port 21, TELNET için port 23 gibi birçok port numarası belirli uygulamalar için kullanılır. Port numaralarının tanımlamaları RFC 1700 (Request For Comments) dokümanında anlatılmıştır.

TCP bağlantısında iletim birimi sekizlidir. Buna göre örneğin A ucunda üst katman TCP modülüne B'ye gönderilmek üzere peş peşe 4 adet 512 sekizlik mesaj teslim ederse, bu bilgiyi B'ye 4 adet 512 sekizlik veya 2 adet 1k sekizlik veya 2k sekizlik yada başka boyutlarda TPDU'larla geçirebilir.

Katmanların sahip olduğu görevlerin anlaşılabilmesi için, en temel hizmet olan e-mektup örneği üzerinde durulabilir. E-mektup, yazma ortamı sunan yardımcı bir program aracılığıyla alıcıya gönderilir: önce, alıcı ve gönderici adreslerinin belirlenmesi, mektubun konusu ve içeriğinin hazırlanması işleri yapılır. Daha sonra bu protokol uyarınca, hazırlanan mektup bir alt katmana, yani ulaşım katmanına gönderilir. Bu katmanda kullanılan protokol TCP'dir; görevi bir üst katmandan gelen veri paketini gönderebilecek şekilde parçalara (segment) ayırmak ve onlara sıra numaraları vererek karşı tarafa göndermektir. Tabi ki gönderme işlemini bir altında bulunan yönlendirme katmanı IP'den ister. IP protokolü, mektubun doğru adrese ulaştırılması, yani yönlendirilmesi görevini üstlenmiştir. Bu amaçla veri paketinin

önüne IP adres bilgilerini yerleştirir; ardından bu mektup fiziksel katman aracılığıyla karşı bilgisayara iletilir.

TCP/IP protokol kümesindeki protokoller katmanlara göre sınıflanarak ele alınmıştır.

### **2.3.2 Uygulama Katmanı Protokolleri**

Uygulama katmanı için tanımlı olan SMTP, TELNET vs. gibi protokoller bir üstünde bulunan programlara hizmet verirler. Bunların bir üstünde de, ya kullanıcın doğrudan etkileşimde bulunduğu programlar (yani kullanıcı arabirimleri) ya da bilgisayar kaynaklarını başka kullanıcılara erişme olanağı sağlayan programlar bulunur. Bunlar, uygulama tipine göre doğrudan uygulama katmanındaki protokollere başvurular.

**SMTP (Simple Mail Transfer Protokol):** Ağ içerisindeki kullanıcılar arasında elektronik mektup alış verişini düzenler.

**SNMP (Simple Network Management Protokol):** Ağ içerisinde bulunan yönlendirici, anahtar ve hub gibi cihazların yönetimi için kullanılır.

**TELNET :** Bir sistem üzerindeki bir kullanıcının başka bir sisteme bağlanarak, sanki onun terminalindeymiş gibi bağlandığı sistemi kullanmasını sağlar.

**FTP (File Transfer Protokol):** Bir bilgisayardan başka bir bilgisayara dosya aktarımı için bağlanmasını sağlar.

Yukarıdaki protokollerin her biri, biri hizmet sunucu ana makinalarda (server) diğeri hizmet alan uç makinalarda (client) koşturmak üzere iki farklı şekilde gerçekleştirilmiştir.

### **2.3.3 Ulaşım Katmanı Protokolleri**

TCP ve UDP ulaşım katmanı protokolleri, bir üst katmandan gelen veriyi paketleyip bir alt katmana verirler; eğer veri bir seferde gönderilemeyecek kadar uzunsa, alt katmana verilmeden önce parçalara (segment) ve her birine sıra numarası verilir. Genel olarak TCP kullanılır; UDP daha çok sorgulama amaçlı kullanılır.

## A- TCP Transmission Control Protokol

TCP'de tanımlı temel görevler aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Bir üst katmandan gelen verinin uygun uzunlukta parçalara bölünmesi
- Herbir parçaya, alıcı kısmında aynı biçimde sıraya koyulabilmesi amacıyla sıra numarası verilmesi
- Kaybolan veya bozuk gelen parçaların tekrarlanması olarak verilebilir.

TCP kendisine atanmış olan bu görevleri yapabilmek amacıyla, ulaşım katmanında veri parçalarının önüne başlık ekler. Başlık bilgisi ve veri parçası, ikisi birlikte TCP segmenti olarak anılır. Bir alt katmana, örneğin IP katmanına, bu TCP segmenti gönderilir; oradan da bu segment IP başlığı eklenerek alıcıya yönlendirilir.

TCP segmentinin genel formatı aşağıda şekil 2.9'da görüldüğü gibidir. Başlık içindeki alanların kullanım amaçları şöyledir:

### **Gönderici Port No (Source Port) :**

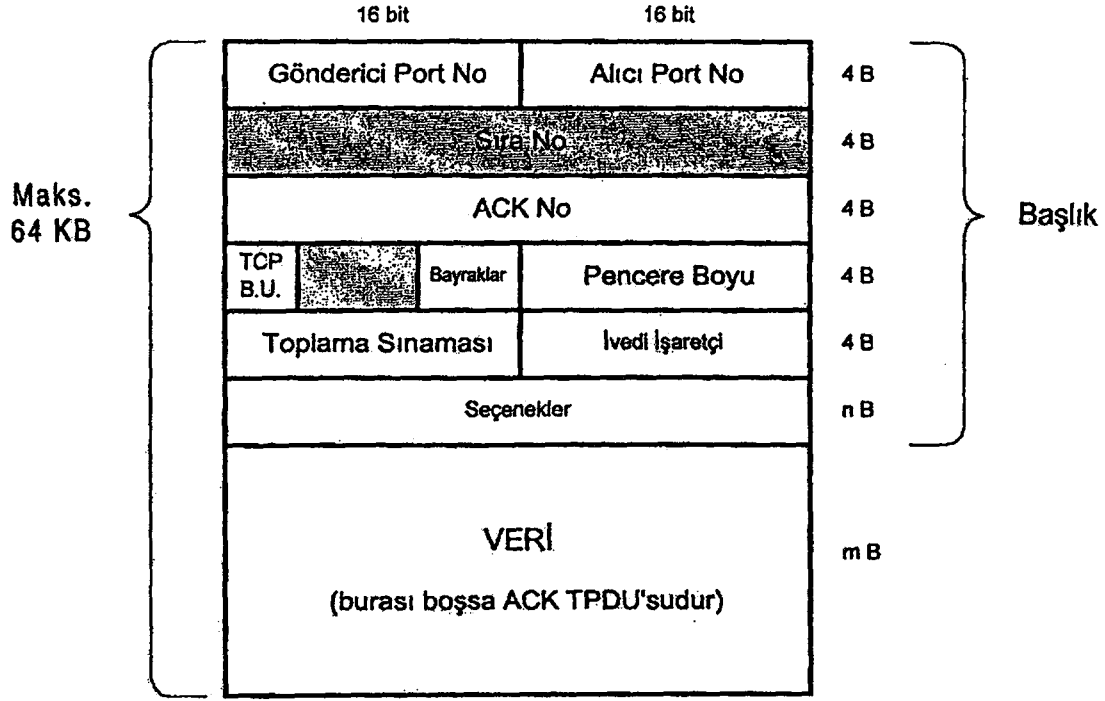
Bir üst katmanda TCP hizmetini isteyen uygulama protokol prosesinin kimliği durumundadır. Karşı mesaj geldiğinde bir üst katmana iletmek için, o protokolün adı değil de port numarası alınır.

### **Alıcı Port No (Destination Port):**

Gönderilen veri paketinin alıcı tarafa da hangi uygulama prosesine ait olduğunu belirtir.

### **Sıra Numarası (Sequence Number):**

Gönderilen paketin sıra numarasını gösterir. Gönderilmeden önce daha küçük parçalara ayrılan verinin, alıcı kısmında yeniden aynı sırada elde edilmesinde kullanılır.



Şekil 2.10 TCP formatı

**Onay Numarası (Acknowledgement Number):**

Gönderilen verinin en son hangi sekizlisinin alındığını göndericiye iletmek için kullanılır.

**Başlık Uzunluğu (Header Length):**

TCP başlığında var olan 32 bit uzunluğundaki sözcüklerin sayısını gösterir.

**Saklı Tutulmuş (Reserved):**

İleride olabilecek genişleme için saklı tutulmuş

**Kod Bilgileri (Bayraklar):**

Kontrol bilgilerini taşımak için kullanılır.

**Pencere (Window):**

Alış tampon belleğindeki kullanılabilir alanın sekizli cinsinden boyu; alış denetimi için kullanılır.

#### **Hata Sınama Bitleri (Checksum):**

Verinin ve başlığın hatasız aktarılıp aktarılmadığını sınamak için kullanılır.

#### **Acil işareti (Urgent Pointer):**

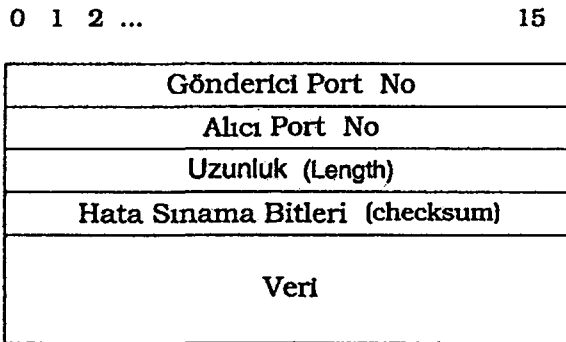
Acil olarak aktarımı sonlandırma vb. durumlarda kullanılır. Acil veri, alıcının uygulama katmanında öncelikle değerlendirmesi gereken veridir.

#### **Veri (Data):**

Acil olarak değerlendirilmesi istenen verinin bölüm içindeki yerini işaret eder.

### **B- UDP User Datagram Protokol**

Ulaşım katmanında tanımlı tek protokol TCP değildir; UDP de bu katmanda tanımlıdır. UDP'nin farkı, sorgulama ve sınama amaçlı, küçük boyutlu verinin aktarılması için olmasıdır; veri küçük boyutlu olduğu için parçalanmaya gerek duyulmaz. Dolayısıyla UDP segmenti TCP segmentinden farklıdır; başlık bilgisi daha az alan içerir. Aşağıda şekil 2.10'da UDP segmentinin formatı verilmiştir .



Şekil 2.11 UDP segment formatı

Gönderici ve alıcı port numaraları TCP başlığındakiyle aynı işleve sahiptir; ; uzunluk alanı veri ve başlığın boyunu gösterir. Kullanılması seçimsel olan hata sına bitleri ise paketin hatadan arınmış olarak alınıp alınmadığını sınamak için kullanılır .

### 2.3.4 Yönlendirme Katmanı Protokolleri

Yönlendirme katmanında tanımlı IP ve ICMP protokolleri bir üst katmandan gelen segmentleri alıcıya, uygun yoldan ve hatasız ulaştırmakla yükümlüdür. Bu amaçla bu katmanda da gelen segmentlere özel bir IP başlık bilgisi eklenir. IP başlık bilgisinin formatı aşağıdaki şekil 2.11'de görülmektedir.

IP başlığındaki alanların kullanım amaçları aşağıda belirtildiği gibidir:

#### Uyarılama (Version):

O anda kullanılan IP'nin uyarlamasını gösterir. Farklı uyarlamada başlıktaki alanların yerleri değişiklik gösterdiğinden, paketin doğru yorumlanması için kullanılır .

#### Başlık Uzunluğu (IP Header length):

Datagram başlığının gerçek uzunluğunu gösterir (32 sözcük anlamında).

0 1 2 ...

Uyarılama	Başlık	Hizmet Türü
Toplam Uzunluk		
Kimlik Saptaması (Identification)		
Bayrak Bitleri	Fragment Offset	
Yaşam Süresi	Protokol	
Başlık için Hata Sınama Bitleri		
Gönderici IP Adresi		
Alıcı IP Adresi		
TCP Segmenti (TCP başlığı + Kullanıcı Verisi)		

Şekil 2.12 TCP Segment formatı

**Hizmet Türü (Service Type):**

Datagramın nasıl yönlendirileceğini belirler; yönlendirmede yapılan yol seçiminde ve bağlantıda kullanılır. Datagramlara bu alan aracılığıyla önem düzeyi atanabilir .

**Toplam Uzunluk (Total Length):**

Tüm IP paketinin (başlık ve veri dahil) uzunluğunu belirtir (sekizli cinsinden olup en fazla 65 535 olabilir).

**Kimlik Saptaması (Identification):**

Kullanıcı karşı tarafla etkileşim içindeyken, mesajlar parçalanarak birçok datagram içinde gönderilebilir. Bu alan, aynı kullanıcı mesajının farklı datagramlar içinde bulunması durumunu açıklayan kimlik bilgisi içerir.

**Bayrak Bitleri (Flags):**

Üç tane olan bayrak bitlerinden ilki (D biti), içinde bulunduğu datagramın kaç parçadan oluştuğunu belirtir. Eğer 1 ise gönderilen verinin tek datagramdan oluştuğu anlaşılır; alıcıya başkası yok bekleme anlamında mesaj iletir. İkinci bayraksa, parçalanıp birçok datagram halinde gönderilen verinin en son olduğunu belirtir. Üçüncüsü saklı tutulmuştur.

**Yaşam Süresi (Time-to-Live):**

Datagramın ağ üzerinde dolaşma süresini belirtir. Verici tarafında yerleştirilen dolaşma değeri her düğümde geçerken azaltılır; sıfıra ulaşırsa, kaybolmuş olduğu varsayılarak datagram ağdan çıkarılır .

**Protokol (Protocol):**

Bir datagramın hangi üst katman protokolüne ait olduğunu belirtir. Alıcı tarafın IP katmanı bu alana bakarak paketi bir üstünde bulunan protokollardan hangisine ileticeğini anlar .

**Başlık için Hata Sınama Bitleri (Header Checksum):**

Datagram başlık kısmının hatasız iletilip iletilmediğini sınamak için kullanılır.

**Gönderici IP Adresi (Source Address)**

Datagramı gönderen yerin gerçek internet adresi yerleştirilir .

**Alıcı IP Adresi (Destination Address):**

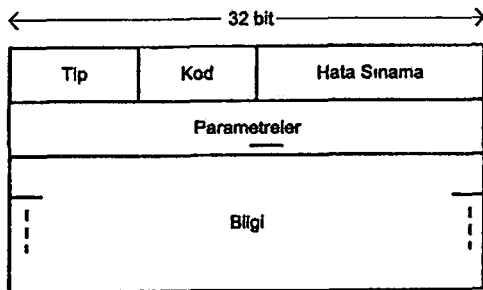
Datagramın gideceği yerin Internet adresi yerleştirilir .

**TCP Segmenti :**

Bir üst katmandan gelen veriyi içerir.

**2.3.5 ICMP Internet Control Message Protokol**

ICMP kontrol amaçlı bir protokoldür; genel olarak sistemler arası kontrol mesajları IP yerine ICMP üzerinden aktarılır. ICMP, IP ile aynı düzeyde olmasına karşın, aslında kendisi de IP'yi kullanır. ICMP mesajları IP üzerinden gönderilir. Aşağıda şekil 2.12'de ICMP formatı görülmektedir:



Şekil 2.13 ICMP segmenti

**Tip** : ICMP mesajlarının tipini gösterir .

**Kod** : Mesajın parametrelerini belirlemek için kullanılır .

**Hata Sınama** : Tüm ICMP mesajının hata sınaması için kullanılır.

**Parametreler**: Parametrelerin daha uzun halinin belirlenmesinde kullanılır.

**Bilgi :** Mesajla ilgili bilgi.

Birçok ICMP mesaj tipi vardır. Bunlardan bazıları aşağıdaki gibidir:

- Alıcıya erişilemiyor (Destination Unreachable)
- Zaman Aşımı (Time Exceeded)
- Parametre Sorunu (Parameter Problem)
- Yansıma (Echo)
- Yansıma Karşılığı (Echo Reply)
- Zaman Damgası (Time Stamp)
- Zaman Damgası Karşılığı (Time Stamp Reply)

### **2.3.6 Fiziksel Katman**

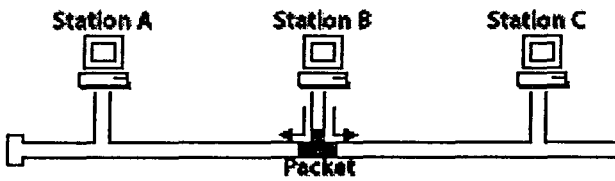
Fiziksel katman için herhangi bir protokol tanımlanmamıştır. Paketin iletilmesini koteran ve halihazırda kullanılan fiziksel aktarım ortamları kullanılabilir.

### 3. ETHERNET

#### 3.1 Ağ Mimarileri

Son 15 yıl içerisinde yerel bilgisayar ağları deneysel bir teknoloji olmaktan çıkıp dünya çapında firmaların anahtar bir iş aracı haline gelmiştir. Bir yerel bilgisayar ağı (LAN, Local Area Network), bir departman, çalışma grubu gibi aynı fiziksel alandaki bilgisayar veya diğer bilgi işleme aygıtlarını birbirlerine bağlayan yüksek hızlı bir haberleşme sistemidir. Bağlantıyı yaygınlaştırmak için ayrıca bu şekilde oluşturulan LAN'lar, kendi aralarında da bağlanabilirler.

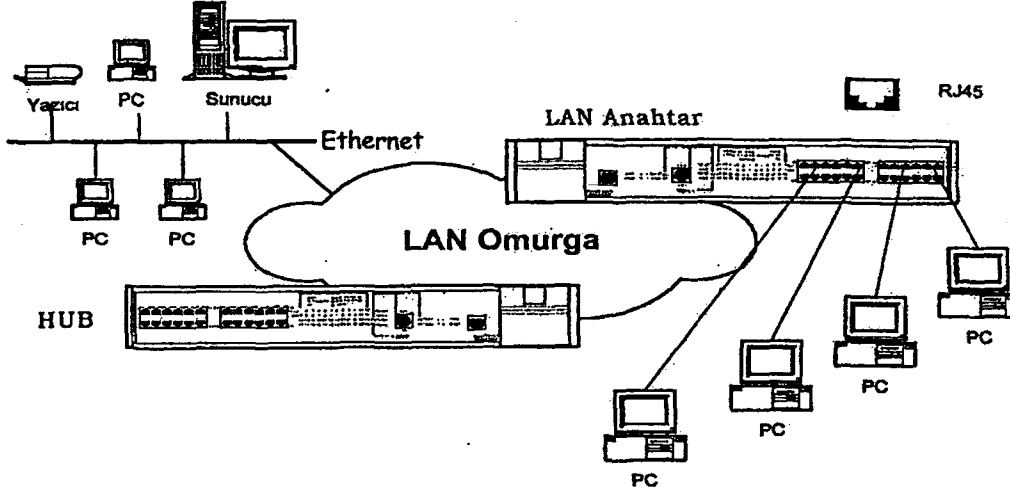
LAN'lar, yazıcı, CD-ROM gibi pahalı donanımlar, uygulama programları ve daha önemlisi kullanıcıların işlerini yapmaları için gerekli bilgi gibi hayati kaynakları elektronik olarak paylaşmalarına olanak sağladıkları için kısa sürede popüler hale gelmişlerdir. LAN'ların geliştirilmesinden önce bilgisayarlar diğerlerinden izole edilmiş ve kendi uygulamalarına göre sınırlandırılmışlardı. Bu kişisel bilgisayarların birbiri ile bağlanmasıyla, verimlilikleri büyük ölçüde artmıştır. Fakat LAN yapısı itibarı ile yerel bir ağ olduğu için ancak bir bina veya bir kat içerisinde kurulabilir. Bilgisayar ağlarının tam anlamıyla faydalanmak, coğrafi olarak nerde olursa olsun, fiziksel olarak nasıl ayrılırsa ayrılısın, birbirinden ayrı LAN'ların tüm çalışanları ve bilgi-işlem kaynaklarını bir araya getirecek şekilde bağlanmasıyla gerçekleşir.



Şekil 3.1 LAN Yapısı

Bugün yerel ağlar paylaşımlı erişim teknolojilerine dayanırlar. Bu, yerel ağa bağlı tüm cihazları, koaksiyel, twisted pair veya fiber optic gibi bir haberleşme ortamını paylaşmaları anlamına gelir. Bilgisayarlar haberleşme ortamını sağlayan bir kablo aracılığı ile birbirlerine bağlanmışlardır. Ağa fiziksel bağlantı bilgisayara takılan Ağ Arabirim Kartı (NIC, Network Interface Card) ile yapılmaktadır. Fiziksel bağlantının gerçekleşmesinden sonra ağ üzerindeki istasyonların birbirleri ile iletişimini yönetmek ağ yazılımına kalmıştır.

LAN uygulamalarında yoğun olarak kullanılan birkaç teknoloji vardır. Bunlardan Ethernet teknolojisi ucuzluğu, kurulum kolaylığı, değişik hızlarda uygulama çeşitliliği olması ve bu teknolojiyi içeren ürünlerin çokluğu açısından yoğun olarak kullanılmaktadır.



Şekil 3.2 Gelişmiş ethernet sisteminin yapısı

### 3.2 Ethernet Teknolojisi

1960'li yılların sonlarında Hawaii Üniversitesi ALOHA adını verdiği bir geniş ağ kurdu. Üniversitenin amacı kampüsün değişik noktalarına yayılmış olan bilgisayarları birbirine bağlamaktı. Bu network modelinin günümüze kadar gelen en önemli özelliği CSMA/CD (Carrier Detect, Multiple Access with Collision Detect (Taşıyıcı sinyalin algılanması, çoklu erişimce çarpışmanın tespiti)) olarak adlandırılan tekniktir. Taşıyıcı sinyalin algılanması - carrier sense- ağ kartının kablodan bilgi transfer etmeden önce belirli bir süre hattı dinlediği anlamına da gelir. Çoklu erişim, aynı kabloya birden fazla bilgisayarın bağlanabileceğini belirtir. Çarpışmanın tespiti ise hattaki verilerin çarpışmasını engellemek için alınmış bir güvenlik önlemidir. Bu eski ağ tasarımı bugünkü ethernetin temelidir.

1972 yılında XEROX firması deneysel amaçlı ilk ethernet kartını üretti ve 1975 yılında ilk ethernet ürününü piyasaya sürdü. Bu ürünün orijinal versiyonu 2.95 Mbps hızında 1km kablo ile 100 den fazla bilgisayarı birbirine bağlamak üzere tasarlanmıştır. XEROX ethernet kartı çok başarılı oldu. Intel, Xerox ve Digital 10 Mbps ethernet konusunda yeni bir standart getirdiler. Oluşturulan bu standart bugün kabul gören IEEE 802.3 standardı ile büyük benzerlikler göstermektedir.

Ethernet networkler değişik kablolar ile bağlanabilir. Ethernet yerel iletişim ağı altında sistemleri birbirine bağlayan bir tür kablolama ve sinyalleşme biçimidir. Bilgisayar haberleşmesinin temelinde OSI modeli geçerlidir. OSI modellemesinde ilk iki katmanda (1. katman -fiziksel- ve 2.inci katman -data link-) belirlenen Ethernet, ilk kez, 1970'lerin sonlarında, Xerox tarafından geliştirilmiştir. 1980'lerde Xerox firmasının DEC ve Intel firmalarıyla ortaklaşa yaptığı çalışmalar sonucunda, Ethernet Versiyon I. için 'Blue Book Standard' (Standart Mavi Kitap) adı altında, bu versiyonun kullandığı standartları açıklayan bir kitap ortaya çıkarılmıştır. Burada açıklanan standartlar arasında, 'baseband' tekniği, CSMA/CD network standardı ve ethernetin ilk dönemlerinde kullanılan ve uzun yıllar yaygın bir şekilde uygulanan koaksiyel kablo kullanım standartları anlatılmaktadır. Bu standart daha sonra 1985 yılında çıkan Ethernet II adlı yeni standartla revize edilmiştir. IEEE 802 numaralı projesinde ve 802.3 CSMA/CD network standardının oluşumunda, Ethernet II Versiyonu baz alınmıştır. Genelde de ethernet paketinin başında yer alan bilgi (header) dışında bir farkları olmadığı için, ikisi birbirlerinin yerine anılırlar.

### 3.3 802.x Ailesi ve Protokolleri

IEEE, 1980 yılı başlarında LAN standartlarını belirlemeye başlamış ve günümüzde yoğun olarak kullanılan standartların temelini atmıştır. IEEE 802.x ailesi bu çalışmalarının sonucu olarak ortaya çıkmış LAN teknolojileri ailesidir; bu teknoloji standardında her tanımlamaya 802.3 benzeri bir numara verilmiştir.(Çölkesen,1999) Bunlar aşağıdaki tabloda gösterilmiştir.

Çizelge 2.1 Protokol tanımları

Protokol Adı	Açıklama
802.1	Ağlar ve sistem yönetimi hakkında genel tanımlamalar
802.2	LLC alt katmanını tanımlar
802.3	Ethernet – CSMA / CD yol erişim yönetimi
802.3u	100Base-T
802.3z	Gigabit Ethernet
802.4	Jetonlu Yol (Token Bus) tanımlaması
802.5	Jetonlu Halka (Token Ring) tanımlaması
802.13	100VG-any LAN
802.xx	.....

IEEE, fiziksel katmanının hemen üzerinde bulunan veri bağı katmanını Ortama Erişim Alt katmanı (MAC-Medium Access Sublayer) ve Mantıksal Bağ Denetim Alt katmanı (LLC-Logic Link Control Sublayer) olarak iki alt katman birarada OSI başvuru modelinin 2. katmanına (Veri Bağı Katmanı) karşı düşer.

- MAC (Media Access Control)
- LLC (Logical Link Control )

Veri bağı katmanı	L L C	802.2			
	M A C	802.3/Ethernet CSMA/CD	802.4 Jetonlu Yol	802.5 Jetonlu halka	
Fiziksel katman	Koaksiyel 10 Mbps	Bükümlü Ekranlı Çift (UTP/STP) 10 Mbps 100 Mbps	Fiber Optik 10 Mbps 100 Mbps 1 Gbps	Koaksiyel 1 Mbps 5 Mbps 10 Gbps	Bükümlü Ekranlı Çift (UTP/STP) 16 Mbps 4 Mbps

Şekil 3.3 OSI başvuru modeline göre IEEE LAN standartları

802'ye dayalı tüm IEEE LAN'larda benzer LLC alt katmanı bulunur. Böylece üst katmanların, ağ donanım yapısı ve türüne bakmaksızın aynı arabirimle çalışması sağlanmış olur. Yukarıdaki şekil 3.3'da IEEE 802 ailesinin OSI başvuru modeline göre temel durumu gösterilmiştir. MAC alt katmanı standartları ise birden fazladır; CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access with Collisio Detect), Jetonlu Halka (Token Ring) bunlardan en yaygın kullanılanlarıdır. Bu iki alt katman, ağ düğümleri arasında hatadan arındırılmış iletişim kotarılması amacıyla beraber çalışır. MAC alt katmanı aktarım ortamına erişimi kotarırken, LLC alt katmanı bağlantı kurulması, bağlantı akış kontrolü, hata düzeltme ve çerçeve sıralanması gibi işlevleri yerine getirir .

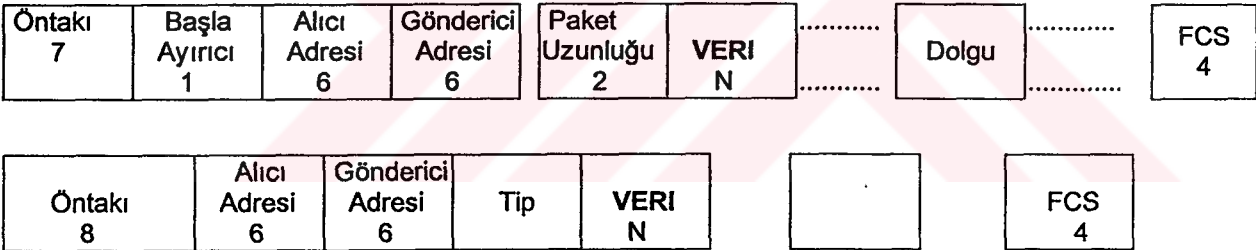
Ethernet network cihazlarına, tanınabilmeleri için, hexadecimal ve dünyada bir eşi daha olmayan seri numarası verilir. Bu numaralar, üretici firmalar tarafından fabrikada verilmektedir.

MAC Adresleri 6 byte uzunluğundadır ve hexadecimal olarak yazılırlar. Örnek olarak 12:34:56:78:90:AB bir MAC adresidir. Her üretici firmanın kendi ürünleri için kullanabileceği belli bir MAC adresi alanı vardır. İlk 3 byte üretici firma kodundan oluşmaktadır. RFC-1700, bu üretici kodlarının listesini içermektedir.

### 3.4 Ethernet – IEEE 802.3

Ethernet ilk olarak, deneysel çalışmaların bir sonucu olarak ortaya çıkmıştır. İlk Ethernet LAN 2.94 Mbps hızında idi; ancak günümüzde bilgisayar haberleşmesine olan gereksinimin artması ve mikroelektronik teknolojin gelişmesine paralel olarak daha yüksek hızlara, 10 Mbps, 100 Mbps ve 100 Mbps gibi hızlara kadar çıkmıştır. Günümüzde Ethernet ve türevleri olan Fast Ethernet, Gigabit Ethernet LAN tarafında vazgeçilmez bir standart haline gelmiştir.

Bir IEEE standart olan 802.3 ile Ethernet aslında birbirinden farklı standartlardır. Ancak ikisi arasındaki fark o kadar çok değildir ve genelde Ethernet ile 802.2 aynı şeylermiş gibi bahsedilir; farklılardan biri çerçeve yapılarıdır. Aşağıdaki şekilde gösterilmiştir.



Şekil 3.4 802.3 ve Ethernet çerçeve formatı

Ethernet ve 802.3 standardında aktarılacak veri çerçeveler içinde alıcısına aktarılır. Çerçeveler içinde gönderilecek veri parçasının yanı sıra alıcı-gönderici adresleri, hata sınama bitleri gibi birtakım kontrol bilgileri de gönderilir.

60 byte'tan oluşan Ethernet paketi cihazın içindeki ethernet kartında yer alan chipset tarafından yaratılır. Paket, tam olarak, 6 byte uzunluğundaki bilginin yaratıldığı kaynak adresinden, 6 byte bilginin gönderileceği alıcı adresinden, 2 byte uzunluğundaki bilginin tipini belirten bilgiden ve 46 byte uzunluğundaki data'dan oluşmaktadır. Bu formatın tam ve doğru olarak oluşumundan tamamı ile kullanılan yazılım sorumludur. Bu bilgilerin ışığında, en kısa ethernet paketinin boyu 62 byte, en uzun ethernet paketinin boyu ise 1514 byte'dır.

**Öntakı (Preamble)**

IEEE'nin ilk 7, Ethernetin sekiz sekizlisi ön takı olarak senkronizasyon için kullanılır; bunun için gönderilen bit deseni 101010....11 şeklinde olup, alıcı saati ile gönderici saatinin senkronize olmasını sağlar. 802.3'de 7 sekizli ön takıya ek olarak bir sekizli de çerçeve başı işaretçisi vardır

**Alıcı Adres (Destination Address)**

Çerçeveyi alacak düğümün adresini içerir; varış adresi olarak da adlandırılabilir ve MAC adresi içermelidir. 48 bit uzunlukta olup, birebir grup ve yayma (broadcast) şeklinde adresleme yapılabilir: Adresin en anlamlı biti adresleme şeklini belirler: birebir adresler için 0, grup veya yayma adreslemesi için ise 1 'dir. En anlamlı bitleri aynı olan grup ve yayma adresleri geri kalan 47 bit ile ayrıştırılır. Hepsi 1 ise yayma adresi olarak algılanır. Grup adresleme için geri kalan 47 bit 1 ve 0 olabilir .

**Gönderici Adresi (Source Address)**

Çerçeveyi gönderen düğümün adresini içerir; 48 bit uzunluktadır

**Tür (Type )**

Bu 2 sekizli tür alanıyla, alınan çerçevelerin hangi üst katman protokolüne veya fonksiyonuna gönderileceği belirlenebilir. Örneğin üç tür servis sunan bir düğüm kendisine gelen çerçevelerin hangi servise ait olduğunu bu alana bakarak anlayabilir .

**Veri (Data)**

Aktarılabilecek olan veri parçasını içerir; 46 ile 1500 sekizli arasında olabilir. Gönderilecek verinin en az ne kadar olacağı önemlidir; 10 Mbps 'lik Ethernet'te 46 sekizliden daha küçük olmamalıdır. Aksi durumda paylaşılan yol üzerinde olan çatışmalar sezilemez.

### Çerçeve Hata Sınaması (Frame Check Sequence )

Bu alana çerçeve hata sınaması için hesaplanan 32 bitlik CRC değeri yerleştirilir. Hata sınaması ön takı dışında çerçevenin tüm bitleri için yapılır

Sonuç olarak Ethernet ile 802.3 arasındaki farklı şöyle özetlenebilir: İki arasında farklılardan biri çerçeve yapısındadır. 802.3 çerçeve yapısında Ethernet'te olmayan birkaç alan daha vardır. Biri öntakıda belirtildiği gibi çerçeve başı işaretçisi, diğerleri de uzunluk ve dolgu (pad) alanlarıdır. 802.3'de çerçeve için koyulacak veri uzunluğu konusunda sınırlama yoktur. Standardı sağlamak ve minimum değeri oluşturmak için verinin sonuna dolgu sekizlileri yerleştirilir. Diğer farklar ise, 802.3'de 48 bitlik adreslemenin yanısıra 16 bitlik adreslemenin de desteklenmesi ve bazı elektriksel bağlantı tanımlamaları üzerinedir.

### 3.5 Adres Çözümleme Protokolü, ARP

Günümüzde yerel ağların oluşturulmasında en çok kullanılan ağ arayüzü Ethernettir. Sistemlere ethernet arayüzü görevi gören kartlar takılarak yerel ağlara kolayca eklenmektedir. Ethernet arayüzleri birbirlerine veri paketi göndermeleri için, kendilerine üretim sırasında verilen fiziksel adresleri kullanırlar; 48 bit olan bu adresler herbir arayüz için farklıdır.

Ancak TCP/IP protokol kümesinin kullanıldığı ağlarda 32 bit olan IP adresleri kullanılır. Eğer fiziksel katmanda Ethernet arayüzü kullanılıyorsa, IP adresden fiziksel adrese dönüşüm işinin kotarılması gerekir. Bunun için sistemlerde adres çözümleme protokolü (ARP) ve ARP tabloları kullanılır.

IP paketi içinde hem alıcı hem de gönderici IP adresi vardır; ancak paketin yerel ağ içerisindeki bir sisteme gönderilebilmesi için donanımın fiziksel adresi de bilinmelidir. IP, paketin gideceği fiziksel adresi öğrenmek için o yerel ağ içindeki bilgisayarlara özel bir sorgulama paketi yayar; ARP istek paketi olarak anılan bu pakette alıcı sisteminin IP adresi vardır ve bunun karşılığı olan fiziksel adresin gönderilmesi istenir. Ağ üzerindeki ARP'leri etkin olan bütün düğümler bu istek paketlerini görürler ve kendilerini ilgilendiriyorsa, istek paketini gönderen yere fiziksel adreslerini gönderirler.

### 3.6 CSMA/CD

IEEE 802.3 ve Ethernet standartlarında yola erişim yöntemi olarak kullanılan CSMA/CD'de, bir ethernet düğüm veri aktarmadan önce yolu dinler, eğer yol, o anda diğer düğümler tarafından veri aktarmak için kullanılıyorsa yolda bir taşıyıcı (carrier) olduğunu sezer ve kendi verisini yola çıkarmaz, bir süre bekler. O anda yolda aktarılan veri paketinin son bitinden itibaren en azından 9.6  $\mu$ s bekler. Eğer bir düğüm o anda yolda taşıyıcı olduğunu sezdiği halde, yola verisini çıkarırsa çatışma (collision) oluşur; veri aktarımı gerçekleşmez.

### 3.7 Kablolama Standartları

802.3 ve Ethernet ağlarda kullanılacak kablo türleri standartlar ile belirlenmiştir. Bu standartlar, kablo türünü, bağlantı topolojisini, mesafe bilgilerini, aktarım hızını ve fiziksel katmanda kullanılan priz/fiş yapısını belirler. Tüm bunlardan amaç, standart ile belirlenen hızın ve başarımın garanti altında tutulmasıdır .

İlk 10 Mbps hızında 802.3 gerçekleştirilimi kalın koaksiyel kablo kullanımına dayanılarak yapılmıştır ve 10Base5 diye adlandırılmıştır. Buradaki 10 hızı, Base sözcüğü aktarımda temel band (base band) kullanıldığını ve 5 rakamı ise ağ dilimlerinin (segments) 500 metre olabileceğini gösteriyor. Kalın koaksiyel kablo uygulaması, zamanında pahalı bir çözüm olmuştur. Onun daha ucuz bir uygulaması olan 10Base2, ince koaksiyel kablo kullanımına dayanır. 10BaseT, bakır bükümlü çift (twisted pair); 100BaseF, fiber optik kablo kullanımına dayanan standartlardır:

10Base-2 -İnce (thin) koaksiyel kablo

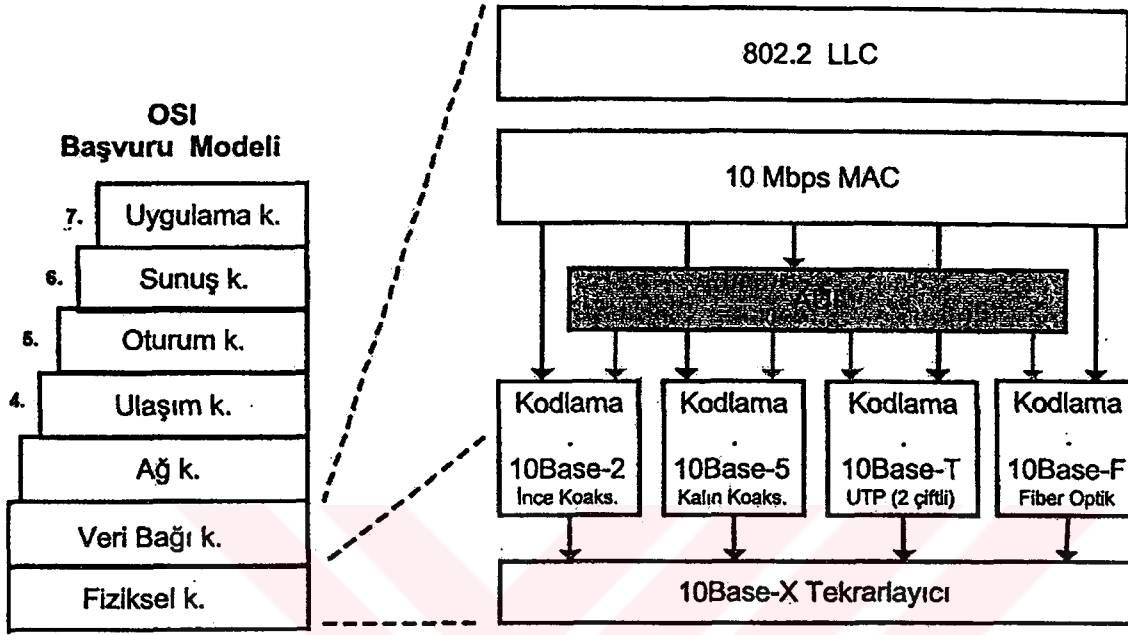
10Base-5 -Kalın (thick) koaksiyel kablo

10Base-T -UTP, STP (bakır) kablo

### 3.8 Ethernet'in OSI Başvuru Modelindeki yeri

Ethernet içerisinde bulunan alt birimler aşağıdaki şekil 3.5'de OSI başvuru modeline göre görülmektedir. OSI'nin ilk katmanına sahip olan Ethernet'te, en üstte LLC ve MAC birimleri, hemen altında kodlama birimi vardır. Şekilden görüleceği gibi, MAC birimiyle kodlama

birimi arasında AUI diye adlandırılan bir birim vardır. AUI birimi, Ethernet'e esnek bir fiziksel arayüz desteği sağlamak amacıyla araya koyulmuş arabirimdir. En altta ise tekrarlayıcı arabirim vardır .



Şekil 3.5 Ethernetin OSI başvuru modelindeki yeri

Ethernet portlu bazı ağ cihazları (örneğin yönlendiriciler) tekrarlayıcı birimine sahip olmaksızın doğrudan AUI portlu olarak üretilir; bu port kısmen Ethernet portudur , ancak bağlantı yapılabilmesi için araya ortam dönüştürücü (transceivers) takılmalıdır. 10base-X ortam dönüştürücü cihazların bir tarafı AUI arayüze, diğer tarafı ise gereksinim duyulan kablolama yapısına göre bakır için BNC, RJ45 ve fiber optik kablo için ST , SC konnektörlü arayüze sahip olurlar .

## 4. MİKROELEKTRONİK DÜNYASI

### 4.1 Giriş

Mikroişlemci ya da daha doğru bir deyişle mikrobilgisayar, Cambridge'de Matematik Profesörü Charles BABBAGE'ın 19. yy.'ın başlarında başlattığı gelişmeler zincirinin en son halkasıdır.

Tüm dünya yüzeyindeki suların kabarma zamanlarına ilişkin tablolar örneğinde gösterdiği gibi, büyük miktarlarda sayısal veriler içeren işlemlerle ilgilenen Babbage, yaşamının büyük bir bölümünü bu tür işlemlerin, bir makine kullanarak otomatik ve hızlı bir biçimde nasıl gerçekleştirilebileceğini düşünerek geçirdi.

1833 yılında başladığı "Analitik Makine" tasarımında, Babbage modern bilgisayar sistemlerinin temeli olan birkaç öneri getirdi:

- 1) Makinenin yaptığı işlem bir saklı program, yani bellekte saklanmış bir komut listesi tarafından denetlenmeliydi. Her bir komut makineye; toplama, çıkarma veya bir sayının bir yerden diğer bir yere taşınması gibi bazı basit işlemleri yaptıracaktı. İşlemler, birbiri ardı sıra, otomatik ve yüksek bir hızda yürütülecek ve bu yolla karmaşık hesaplamaların yapılabilmesi mümkün olacaktı.
- 2) İkinci öneri ise, makinenin yürüttüğü komutların bazı koşullu test komutlarını da içermesi gerektiğiydi. Bu komutlar, bilgisayarın program boyunca izleyeceği yolu belirleyen özel komutlar olacaktı. Bunlar, programcının bir hesaplamanın sonucunu incelemesi ve programın buna göre dallanması, yani incelemenin sonucuna bağlı olarak programın belli bölümlerine atlaması için kullanılabilirdi. Böylece program, bu tür bir test aracılığıyla, hangi aşamada hangi komutun işletileceğini belirleyecekti.

Babbage, analitik makinenin teorik tasarımında çok önemli gelişmeler gerçekleştirmiş olmasına rağmen, pratikte bu tür bir makineyi oluşturmak için gerekli hassas mekanik parçaların bulunmaması nedeniyle tam olarak çalışan bir sistem oluşturamamıştır. Büyük ölçekli bilgisayar sistemlerinin üretimi, İkinci Dünya Savaşı sırasında elektronik alanındaki

gelişmeleri beklemek zorunda kaldı ve bu dönemi izleyen yıllarda bu tür sistemler ortaya çıkmaya başladı. İlk bilgisayarlar, lambalarla üretildi, ancak bunlar çok büyük miktarlarda güç harcıyordu.

Bu lambalı bilgisayarların güvenilirliği çok düşük düzeydeydi. 1950'li yılların sonlarında transistörün kullanıma girmesi, bilgisayar sistem tasarımlarına hız verdi. Transistör gibi aktif elemanların kullanımı sonucu güvenilirliğin artmasıyla birlikte, güç tüketimi ve fiziksel boyutlar da küçüldü. Böylece daha uygun ve daha geniş bir alanda kullanılabilir duruma geldiler .

Boyutların küçültülmesi eğilimi, 1960'lı yıllarda entegre devrelerin ortaya çıkışıyla ve 1970'lerde orta ve büyük kapasiteli entegreleştirmenin gelişimiyle devam etti. Entegreleştirmedeki gelişim, çok karmaşık mantık fonksiyonlarının küçük bir entegreye sığdırılmasına imkan sağladı. Bununla birlikte yarı iletken teknolojisi, 10000 transistörden oluşan tek bir entegre devre ile güçlü bir bilgisayar işlem biriminin yapılabilmesiyle bir gelişme düzeyine ulaşmıştır. Ek bazı entegre devrelerle güçlü bir genel-amaçlı sayısal hesaplama sistemini oluşturan bu birim mikroişlemci olarak bilinir.

Çizelge 4.1 Bilgisayarın tarihsel gelişimi

Gelişme	Tarih
Babbage'nin Analitik Motor'u	1833
Vakumlu lambanın bulunuşu	1910
İlk elektronik sayısal bilgisayar	1946
Transistörün bulunuşu	1947
İlk transistörlü sayısal bilgisayar	1960
Entegre devrenin bulunuşu (10 transistörlü)	1963
İlk mikroişlemci (10000 transistörlü)	1970
100000 transistörlü entegre devreler	1981
Milyonlarca transistörlü entegreler	2000

Herhangi bir elektronik devre tasarlandığında analog ve sayısal elemanlar ile gerçekleştirilebilir fakat bu yer tasarrufu ve esneklik açısından uygun değildir. Bununla birlikte devrede yapılmak istenilen değişiklikler söz konusu olduğunda devrenin yeniden tasarlanıp elemanların ona göre seçilmesi gerekir, bu da ek bir maliyet ve zaman kaybına yol açar .

Yazılımla kontrol edilebilen entegrelerle bu devreyi oluşturmak zaman, yer ve ekonomik açıdan fayda sağlayacaktır. Devrede yapılmak istenilen değişiklikler programa müdahale edilerek yapılabilecektir.

Sonuç olarak, yüzlerce analog ve mantıksal eleman kullanılarak yapılabilecek bir devre programlanabilen bir tek entegre ile gerçekleştirilebilir. Bu da günümüzde artık yazılımın donanımın yerine geçmesinde en büyük etkidir.

#### 4.2 Mikroişlemciler

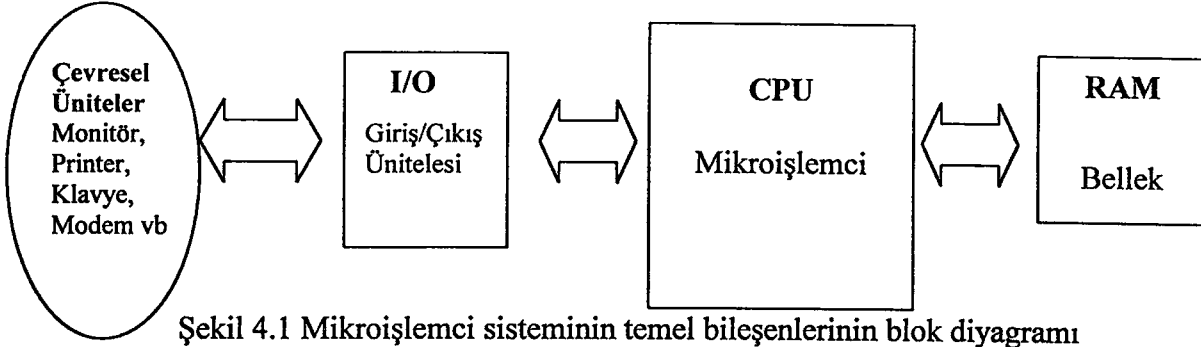
Günümüzde kullanılan bilgisayarların özelliklerinden bahsedilirken duyduğunuz 80386, 80486, Pentium-II, Pentium-III birer mikroişlemcidir (Microprocessor). Mikroişlemciler bilgisayar programlarının yapmak istediği tüm işlemleri yerine getirdiği için, çoğu zaman merkezi işlem ünitesi (CPU- Central Processing Unit) olarak da adlandırılır. PC adını verdiğimiz kişisel bilgisayarlarda kullanıldığı gibi, bilgisayarla kontrol edilen sanayi tezgahlarında ve ev aytgıtlarda da kullanılabilir.

Ön belleğine yazılan programı işleterek istenilen çıkışlara yönlendiren birimdir. Mikroişlemci veya sayısal bilgisayarlar üç temel kısımdan (CPU-Merkezi işlem ünitesi, I/O ve bellek) ve bunlara ek olarak bazı destek devrelerden oluşur. Her bir temel kısım en basitten en karmaşığa kadar çeşitlilik gösterir.

Mikroişlemci belleğinde saklı bulunan program her bir komutu sıra ile okuyarak yürütür. Her komut önce, onu yürütmek için gerekecek işlemleri belirlemek üzere yorumlanır (kodu çözülür) sonrada gereken işlemler uygulanır.(Meadows,1994)

İstenilen bir işi yerine getiren işlemlerin listesine program denir. Program bilgisayarın içinde saklandıkları için de tüm sayısal bilgisayarlar, saklı-program kavramını kullanarak işlem yapar .

Intel, Cyrix, AMD, Motorola mikroişlemci üreticilerden birkaçıdır. Günümüzde mikroişlemciler genellikle PC adını verdiğimiz kişisel bilgisayarlarda kullanılmaktadır.(Turley,1988)



Şekil 4.1 Mikroişlemci sisteminin temel bileşenlerinin blok diyagramı

#### 4.2.1 Giriş/Çıkış -Girdi/Çıktı :

Sayısal ve analog özel fonksiyonlardan oluşur. I/O çoğunlukla mikrokontrolcünün iletişim kurmasına, kontrol etmesine veya bilgi okumasına izin verir. Mikroişlemciye verilen ve işlemlerden alınan veriler bu hat üzerinden sağlanır.

#### 4.2.2 CPU ( Central Proccesing Unit -Merkezi İşlem Birimi ):

Sistemin kalbidir. Bu birim, makinenin komut takımını uygulamak, diğer birimlerin zamanlamasını ve eşzamanlı çalışmasını denetlemek, komut çağırma ve yürütme döngülerini düzenlemek, komut işlenenlerinin adreslerini belirlemek vb. amaçlar için kullanılır.

Bir mikroişlemcide temelde kullanılan üç yol vardır.

- 1) **Veri yolu:** Bu yol; işlemci bellek ve çevre birimleri arasında veri iletmek için kullanılır. Veriler, her iki yöne doğru da akabilir, bir başka deyişle veri yolu çift yönlüdür.
- 2) **Adres yolu:** Bu yol işlemciyi program komutlarına ve veri saklama alanlarına erişimi sağlayan bellek adreslerini ROM ve RAM'a göndermek için kullanılır. Bu gibi adresler, bellekteki komutları ve verileri almak ya da belleğe bilgi kaydetmek amacıyla ulaşılması gereken yerleri belirtir. Adres yolu tek yönlüdür.
- 3) **Denetim yolu:** Bu yol RAM belleğine veri yazıldığı veya ondan veri okunduğuna dair bilgi vermek gibi denetim amaçlarıyla kullanılır. Bu yol aynı zamanda kesmelerin kullanımına olanak sağlayan bağlantıları da içerir.

Tipik bir mikroişlemci komutunun yürütülmesi her üç yolunda kullanımını gerektirebilir. Böylelikle kullanılan ek devreler artarak maliyet yükselir ve tasarım çok karmaşık hal alır. İşlemci ilk olarak komuta, komut adresini adres yoluna koyarak erişir. İkili kodlardan oluşan bu adres, buna karşılık gelen bellek konumu tarafından tanınır ve bu konum istenen komutu veri yolundan işlemciye gönderir. Örneğin eğer bu komut , verinin işlemciden gönderilmesini ve bir RAM konumunda saklanmasını gerektiriyorsa işlemci, adres yolunu istenen konumu belirtmek, veri yoluna veriyi iletmek ve denetim yoluna da RAM a yazıyor olduğunu belirtmek için kullanılır.

#### 4.2.3 Bellekler

Mikrobilgisayar iki tip belleğe sahiptir; RAM ve ROM. ROM, sadece okunur bellek, standart liste ve tablolar gibi değişmeyen verileri ve program komutlarını tutar; rasgele-erişimli bellek ise, veriler üzerinde değişiklik yapılması veya ara sonuçların geçici olarak saklanması gerektiğinde kullanılır.

Her iki bellek, adres, veri ve denetim anayollarına bağlıdır. Bu yollar üzerinden diğer birimlerle bilgi alışverişinde bulunurlar .

ROM' lar, adından da anlaşılacağı gibi, yalnızca okunabilirler. Bu tür bir bellekte veriler, bellek imal edilirken kaydedilir. İşlemci RAM' leri, daha sonra hatırlaması gereken sonuçları yazmak için kullanabilir .

Diğer bir bellek ise, bir bakıma RAM ile ROM arasında bir özelliğe sahip olan PROM, Programlanabilir Sadece Okunur Bellek' tir. Normalde PROM da tıpkı ROM gibi davranır, ancak bir defaya mahsus olmak üzere PROM' a veri veya program komutları yazmak mümkündür .

Bir kez programlandıktan sonra PROM' ların içeriğini değiştirmek mümkün değildir. Fakat diğer bir bellek tipi olan EPROM (Silinir Programlanır Sadece Okunur Bellek) tekrar tekrar programlanabilir. EPROM' ların içeriği, normal olarak entegre devre paketinin üzerindeki pencereden morötesi ışın göndererek silinebilir ve PROM, da olduğu gibi yeni veriler yazılabilir.

Diğer bir bellek ise son zamanlarda çok kullanılmaya başlanan EEPROM (Elektrikle Silinir Sadece Okunur Bellek) tir. EPROM' un morötesi ışınla silinmesi çok zahmetli ve masraflı bir iştir, EEPROM ise işlemci tarafından elektrikle silinebildiği için tekrar tekrar kolaylıkla ve zaman kaybetmeden yazılabildiği için çok kullanışlıdır.

### 4.3 Mikrodenetleyiciler

Bir bilgisayar içerisinde bulunması gereken temel bileşenlerden RAM, I/O ünitesinin tek bir chip içerisinde üretilmiş biçimine mikrodenetleyici, (Microcontroller) denir. Bilgisayar teknolojisi gerektiren uygulamalarda kullanılmak üzere tasarlanmış olan mikrodenetleyiciler, mikroişlemciler göre çok daha basit ve ucuzdur. Günümüz mikrodenetleyicileri otomobillerde, kameralarda, cep telefonlarında, fax-modem cihazlarında, fotokopi, radyo, TV, bazı oyuncaklar gibi sayılamayacak kadar pek çok alanda kullanılmaktadır.

Bir mikroelektronik denetleyici öncelikle, her ikisi de düşük düzeyli elektrik sinyalleri biçimindeki giriş ve çıkışlar olarak bilgi içeren bir sistemdir. Giriş verisinin (eski ve yürürlükteki) çıkışı oluşturmak üzere nasıl işleneceği, bir algoritma tarafından tanımlanır. Mikrodenetleyici aslında özel amaçlı bir bilgisayardır, algoritma ise bilgisayarın uyum sağlayabileceği biçimdedir, yani bir bilgisayar programıdır. Program üzerinde değişiklik yaparak, girişlerin, çıkışları denetleme biçimini değiştirebiliriz. Mikrodenetleyicilerde yazılım ve donanım bir bütündür. Mikrodenetleyici programlanarak sayısız uygulama yapılabilir.

Günümüz mikrodenetleyicileri birçok chip üreticisi tarafından üretilmektedir. Her firma ürettiği chip'e farklı isimler vermektedir. Örneğin Microchip firması ürettiklerine PIC adını verirken, Intel'in ürettiği ve 1980'lerin başında piyasaya sürüldüğü 8051 , bazen MCS-51 olarak da adlandırılır.

### 4.4 Neden Mikroişlemci Değil de Mikrodenetleyici Kullanılıyor ?

Mikroişlemci ile kontrol edilecek bir sistemi kurmak için en azından şu üniteler bulunmalıdır; CPU, RAM, I/O ve bu ünitelerin arasındaki veri alış verişini kurmak için DATA BUS (data yolu) gerekmektedir. Elbette bu üniteleri yerleştirmek için baskılı devreyi de unutmamak gerekmektedir. Mikrodenetleyici ile kontrol edilecek sistemde ise yukarıda saydığımız ünitelerin yerine geçecek tek bir chip (Mikrodenetleyici) ve bir de devre kartı kullanmak

yolu) gerekmektedir. Elbette bu üniteleri yerleştirmek için baskılı devreyi de unutmamak gerekmektedir. Mikrodenetleyici ile kontrol edilecek sistemde ise yukarıda saydığımız ünitelerin yerine geçecek tek bir chip (Mikrodenetleyici) ve bir de devre kartı kullanmak yeterlidir. Tek chip kullanarak elektronik çözümler üretmenin maliyetinin daha düşük olacağı kesindir. Ayrıca da kullanım ve programlama kolaylığı da ikinci bir avantajıdır. İşte yukarıda saydığımız nedenlerden dolayı son zamanlarda bilgisayar kontrolü gerektiren elektronik uygulamalarda mikrodenetleyici kullanmaya eğilimin artmasının haklılığını ortaya koyuyor .

#### 4.5 PIC Mikrodenetleyicileri

Neredeyse her mikroişlemci üreticisinin ürettiği birkaç mikrodenetleyicisi bulunmaktadır. Bu denetleyicilerin mimarileri arasında çok küçük farklar olmasına rağmen aşağı yukarı aynı işlemleri yapabilmektedirler. Her firma ürettiği chip'e bir isim ve özelliklerini birbirinden ayırmak için de parça numarası vermektedir. Örneğin Microchip ürettiklerine PIC adını, parça numarası olarak da 12C508, 16C84, 16F84, 16C711 gibi kodlamalar verir. Intel ise ürettiği mikrodenetleyicilere MCS-51 ailesi adını vermektedir. Genel olarak bu adla anılan mikrodenetleyici ailesinde farklı özellikleri bulunan ürünleri birbirinden ayırt etmek için parça numarası olarak da 8031AH, 8051AH, 8751AHP, 8052AH, 80C51 FA gibi kodlamalar kullanılmaktadır.(Altınbaşak, 2000)

Bir uygulamaya başlamadan önce hangi firmanın ürünü kullanılacağına, daha sonra da hangi numaralı denetleyicinin kullanılacağına karar vermek gerekir. Bunun için mikrodenetleyici gerektiren uygulamada hangi özelliklerin olması gerektiği önceden bilinmesi gereklidir. Aşağıda bu özellikler sıralanmıştır:

- Programlanabilir dijital paralel giriş/çıkış.
- Programlanabilir analog giriş/çıkış.
- Seri giriş/çıkış ( senkron, asenkron ve cihaz denetimi gibi).
- Motor veya servo kontrol için pals sinyali çıkışı.
- Harici giriş vasıtasıyla kesme.
- Timer vasıtasıyla ile kesme.
- Harici bellek arabirimi.
- Harici bus arabirimi (PC ISA gibi).
- Dahili bellek tipi seçenekleri(ROM, EPROM, PROM ve EEPROM).

Daha da ayrıntıya girecek olursak bu listede sıralanacak özellikler uzayıp gidecektir. Microchip'in ürünü olan PIC'i özelliklerine gelince. Microchip, 8-bit'lik mikrodenetleyici ve EEPROM üreten bir Amerikan şirkettir. Arizona eyaletinde iki, Tayland ve Tayvan'da da birer tane olmak üzere toplam dört fabrika ile kendi alanında dünyada söz sahibi olan bir chip üreticisidir.

#### 4.6 Neden PIC?

Bilgisayar denetimi gerektiren bir uygulamayı geliştirirken seçilecek mikrodenetleyicinin ilk olarak tüm isteklerinizi yerine getirip getirmeyeceğine, daha sonra da maliyetinin düşüklüğüne bakılmalıdır. Ayrıca, yapılacak uygulamanın devresini kurmadan önce seçilen mikrodenetleyicinin desteklediği bir yazılım üzerinde simülasyonunu yapıp yapılmayacağı da dikkate alınmalıdır.

Yukarıda saydığımız özellikleri göz önüne aldığımızda Microchip'in ürettiği PIC'leri kullanmak en akılcı bir yol olduğunu görülmektedir. PIC kullanılmasının nedenlerini şöyle sıralayabiliriz:

- Yazılımın Microchip'ten veya internetten parasız olarak elde edilebilmesi.
- Çok geniş bir kullanıcı kitlesinin bulunması.
- PIC'lerin çok kolaylıkla ve ucuz olarak elde edilebilmesi.
- Elektronik hobi olarak uğraşanların bile kullanabildikleri basit elemanları kullanarak yapılan donanımla programlanabilmesi.
- Çok basit reset, clock sinyali ve güç devreleri gerektirmeleri.

#### 4.7 Neden PIC16F877 ?

Ethernet I/O sistemimizde kullanılan PIC modeli PIC16F877 modelidir. Bunun nedeni yukarıda açıklananlar ışığında şu şekildedir.

Teknik özellikleri incelendiğinde görülen PIC16F877' nin üstün özellikleri; bu özelliklerin içinde en önemlisi mikrodenetleyicinin program belleğinin flash teknolojisiyle üretilmiş olmasıdır.

Flash memory teknolojisi ile üretilen bir belleğe yüklenen program, chip'e uygulanan enerji kesilse bile silinmez. Yine bu tip bir belleğe istenirse yeniden yazılabilir. Flash bellekler bu özellikleri ile EEPROM bellekler ile aynı görünmektedirler. Gerçekten de Flash ile EEPROM bellek aynı şeylerdir. Ancak bazı üreticiler tarafından EEPROM belleğe Flash ROM da denilmektedir.

Bir diğer neden de, programlama donanımının çok ucuz ve kullanışlı olması

Çizelge 4.2 PIC16F877 özellikleri

ÖZELLİKLER	PIC16F877
Çalışma hızı	DC-20Mhz
Program Belleği	8Kx14 word Flash ROM
EEPROM Belleği	256 byte
Kullanıcı RAM	368 x 8 byte
Giriş / Çıkış port sayısı	33
Timer	Timer0, Timer1, Timer2
A / D çevirici	8 kanal 10 bit
Capture / Comp / PWM	16 bit Capture 16 bit Compare 10 bit PWM çözünürlük
Seri çevresel arayüz	SPI (Master) ve 12C (Master / Slave) modunda SPI portu (senkron seri port)
Paralel slave port	8 bit, harici RD,WR ve CS kontrollu
USART / SCI	9 bit adresli

#### 4.8 PIC Nedir?

PIC, adını İngilizce'deki Peripheral Interface Controller cümlesindeki kelimelerin baş harflerinden almış olan bir mikrodenetleyicidir. Eğer bu cümleyi Türkçe'ye çevirirsek, "Çevresel üniteleri denetleyici arabirim" gibi bir anlam çıkacaktır. PIC gerçekten de çevresel üniteler adı verilen lamba, motor, role, ısı ve ışık sensörü gibi I/O elemanların denetimini çok

hızlı olarak yapabilecek şekilde dizayn edilmiş bir chip'tir. RISC mimarjisi adı verilen bir yöntem kullanılarak üretildiklerinden bir PIC'i programlamak için kullanılacak olan komutlar oldukça basit ve sayı olarak da azdır. 1980'lerin başından itibaren uygulanan bir tasarım yöntemi olan RISC (Reduced Instruction Set Computer) mimarisindeki temel düşünce, daha basit ve daha az komut kullanılmasıdır.

#### 4.9 PIC Donanım Özellikleri

Microchip ürettiği mikrodenetleyicileri 4 farklı gruba (genellikle aile diye adlandırılır) ayırarak isimlendirmiştir. PIC ailelerine isim verilirken kelime boyu (Word Length) göz önüne alınmıştır. Şimdi kelime boyunun ne anlama geldiğine bakalım. Microprocessor veya mikrodenetleyiciler kendi içlerindeki dahili veri saklama alanları olan registerleri arasındaki veri alış verişini farklı sayıdaki bitlerle yaparlar. Örneğin 8088 mikro işlemcisi chip içerisindeki veri alış verişini 16-bit ile yaparken, Pentium işlemcileri 32-bit'lik verilerle iletişim kurarlar. Bir CPU'nun dahili veri yolu uzunluğuna kelime boyu denir.

Microchip PIC'leri 12/14/16 bit'lik kelime boylarında üretmektedir ve buna göre aşağıdaki aile isimlerini vermektedir.

- PIC16C5XX ailesi 12-bit kelime boyu,
- PIC16CXXX ailesi 14-bit kelime boyu,
- PIC17CXXX ailesi 16-bit kelime boyu,
- PIC12CXXX ailesi 12-bit/14-bit kelime boyuna sahiptir.

Bir CPU'nun chip dışındaki harici ünitelerle veri alışverişini kaç bit ile yapıyorsa buna veri yolu bit sayısı denir. PIC'ler farklı kelime boylarında üretilmelerine rağmen harici veri yolu tüm PIC ailesinde 8-bit'tir. Yani bir PIC, I/O portu aracılığı ile çevresel ünitelerle veri alışverişi yaparken 8-bit'lik veri yolu kullanır.

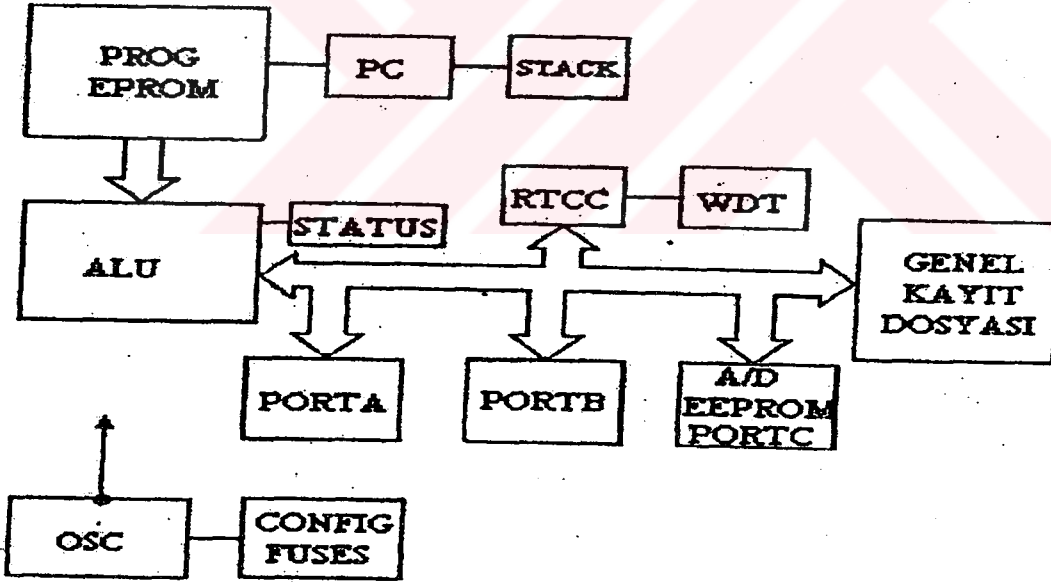
PIC programlayıcıları program kodlarını yazarken bir komutun kaç bit'lik bir kelime boyundan oluştuğuyla pek fazla ilgilenmezler. Seçilen bir chip'i programlarken uyulması gereken kuralları ve o chip'le ilgili özelliklerin bilinmesi yeterlidir. Bu özellikler PIC'in bellek miktarı, I/O portu sayısı, A/D dönüştürücüye sahip olup olmadığı, kesme (interrupt) fonksiyonlarının bulunup bulunmadığı, bellek tipinin ne olduğu (Flash, EPROM, EEPROM

vb.) gibi bilgilerdir. Bu özelliklerin en son değişikliklerini içeren güncel ve tam bir listesine microchip'in kataloglarından ulaşmak mümkündür.

CPU bölgesinin kalbi ALU dur. (Aritmetic Logic Unit-Aritmetik mantık birimi) ALU, W (Working-Çalışan) adımda bir yazmaç içerir. PIC, diğer mikroişlemcilerden, aritmetik ve mantık işlemleri için bir tek ana yazmaca sahip oluşuyla farklılaşır. W yazmacı 8 bit genişliğindedir ve CPU' da ki herhangi bir veriyi transfer etmek üzere kullanılır.

CPU alanında ayrıca iki katagoriye ayırabileceğimiz “ Veri Yazmaç Dosyaları (Data Register Files)” bulunur. Bu veri yazmaç dosyalarından biri I/O ve kontrol işlemlerinde kullanılırken, diğeri RAM olarak kullanılır.

PIC' ler de Harward Mimarisi kullanılır. Harward mimarisi mikrokontrolcülerde veri akış miktarını hızlandırmak ve yazılım güvenliğini arttırmak amacıyla kullanılır. Ayrı bus'ların kullanımıyla veri ve program belleğinde hızlı bir şekilde erişim sağlanır.



Şekil 4.2 Temel PIC blok diyagramı

#### 4.9.1 PIC Bellek Çeşitleri

Farklı özellikte program belleği bulunan PIC'ler microchip firması tarafından, piyasaya sürülmektedir. Bunlar:

- Silinebilir ve programlanabilir bellek (Erasable **PRO**grammable Memory-. EPROM)
- Elektriksel olarak silinebilir ve programlanabilir bellek (Electrically Erasable. **PRO**grammable Memory-EEPROM). **FLASH** bellek olarak da adlandırılır.
- Sadece okunabilir bellek (**Read-Only Memory-ROM**).

Her bir bellek tipinin kullanılacağı uygulamaya göre avantajları ve dezavantajları vardır. Bu avantajlar; fiyat, hız, defalarca kullanmaya yatkınlık gibi faktörlerdir.

**EPROM** bellek hücrelerine elektrik sinyali uygulayarak kayıt yapılır. EPROM üzerindeki enerji kesilse bile bu program bellekte kalır. Ancak silip yeniden başka bir program yazmak için ultra-violet ışını altında belirli bir süre tutmak gerekir. Bu işlemler EPROM silici denilen özel aygıtlarla yapılır. EPROM bellekli PIC'ler iki farklı ambalajlı olarak bulunmaktadır:

- Seramik ambalajlı ve cam pencereli olan tip, silinebilir olan tiptir.
- Plastik ambalajlı ve penceresiz olan tipler ise silinemez (OTP) tiptir.

Seramik ambalajlı ve pencereli olan bellek içerisindeki programın silinmemesi için pencere üzerine ışık geçirmeyen bir bant yapıştırılır. Ultra-violet ışığı ile silinmesi istenildiğinde bu pencere açılır ve silici aygıt içerisinde belirli bir süre bekletilir. Plastik ambalajlı EPROM'lar ise programlandıktan sonra silinmesi mümkün değildir ve fiyatı silinebilen tipe göre oldukça ucuzdur. Silinemeyen tipe **OTP (One Time Programmable -Bir defa programlanabilir)** olarak adlandırılır.(Altınbaşak, 2000)

**EEPROM** belleği bulunan bir PIC içerisinde program yazmak için PIC programlayıcı vasıtasıyla elektriksel sinyal gönderilir. EEPROM üzerindeki enerji kesilse bile bu program bellekte kalır. Programı silmek veya farklı yeni bir program yazmak istendiğinde PIC programlayıcıdan elektriksel sinyal gönderilir. Bu tip belleğe sahip olan PIC'ler genellikle uygulama geliştirme amacıyla kullanılırlar. Microchip bu tip belleğe çoğu zaman **FLASH** bellek olarak da adlandırmaktadır. Fiyatları silinemeyen tiplere göre biraz pahalıdır. Bellek erişim hızları ise EPROM ve ROM'lara göre daha yavaştır. PIC16F877 bu tip program belleğine sahiptir.

**ROM** program belleğine sahip PIC'lerin programları fabrikasyon olarak yazılırlar. EPROM ve EEPROM eşdeğerlerine nazaran fiyatları oldukça düşüktür. Ancak fiyatının düşüklüğünden dolayı gelen avantaj bazen çok pahalıya da mal olabilir. ROM bellekli PIC programlarının fabrikasyon olarak yazılması nedeniyle PIC'in elde edilme süresi uzundur. Programda oluşabilecek bir hatanın PIC'e program yazıldıktan sonra tespit edilmesi, eldeki tüm PIC'lerin atılmasına da neden olabilir. Bu tip PIC'ler çok miktarda üretilecek bir ürünün maliyetini düşürmek amacıyla seçilir. Program hataları giderilemediği için uygulama geliştirmek için uygun değildir. Microchip, ROM program bellekli PIC'lere parça numarası verirken "CR" (PIC16CR62, PIC16CR84 gibi) harfleri kullanılır.

#### 4.9.2 PIC'in Özellikleri

**Güvenirlilik:** PIC komutları bellekte çok az yer kaplarlar. Dolayısıyla bu komutlar 12 veya 14 bitlik bir program bellek sözcüğüne sığarlar. Harvard mimarisi kullanılmayan mikrodenetleyicilerde yazılım programının veri kısmına atlama yaparak bu verilerin komut gibi çalışmasını sağlamaktadır . Bu ise büyük hatalara yol açmaktadır. PIC' lerde bu durum engellenmiştir.

**Hız:** PIC oldukça hızlı bir mikrodenetleyicidir. Her bir komut satırı 1µsn'lik bir zaman diliminde işlenir. Örneğin 5 milyon komutluk bir programın 20Mhz' lik bir kristalle işletilmesi yalnız 1sn sürer. Bu süre kabaca 386 diye tanımladığımız sayısal bilgisayarın hızının yaklaşık 2 katıdır. Ayrıca PIC'lerin RISC mimarisine sahip olmasının hıza etkisi oldukça büyüktür.

**Komut Takımı:** PIC'te bir işlem gerçekleştirmek için kullanılacak komut sayısı oldukça azdır. Örneğin PIC16F8XX ailesinde 33 komutu kullanarak sınırsız sayıda işlem yapabilmek mümkündür.

**Statik işlem:** PIC mikrodenetleyici tamamıyla statik bir işlemcidir. Bu da demek oluyor ki işlemciye pals sağlayan osilasyon kaynağı durdurulsa bile işlenen veriler muhafaza edilmektedir.

**Sürme özelliği:** PIC'ler yüksek bir sürme kapasitesine sahiptir. Çıkış olarak tanımlanan pinlerin yalnız birinin aktif olması halinde 40mA çekilebilmektedir. Entegre elemanın tamamı düşünüldüğünde ise 150 mA'e kadar akım çekilebilmektedir.

**Güvenlik:** PIC üretim özelliği itibariyle bir protect yani koruma bitine sahiptir. Bu bitin programlanması yolu ile PIC içerisine yazılan programın başkaları tarafından okunması ve kopyalanmasına engel olunmuş olur.

**Flash olma özelliği:** Bu özellik PIC'in yeniden programlanabilir olması durumunu ifade etmektedir. Yani PIC üzerine yazılan program geliştirme amacı ile silinebilir ve yeni bir program yüklenebilir.

#### 4.9.3 Bir PIC'in İşlem Yapabilmesi İçin Gerekli Bileşenler

**Giriş-Çıkış (I/O):** Mikrodenetleyicinin dış dünya ile ilişkisini sağlayan, girdi ve çıktı şeklinde ayarlanabilen bir bağlantı pinidir.

**Yazılım:** Mikrodenetleyicinin çalışmasını ve işletilmesini sağlayan bilgidir. Başarılı bir uygulama için yazılım hatasız olmalıdır. Yazılım C, Pascal veya Assembler gibi çeşitli dillerde veya ikilik(binary) olarak yazılabilir.

**Donanım:** Mikrodenetleyiciyi, bellek, arabirim bileşenleri, güç kaynakları, sinyal düzenleyici devreler ve bunları çalıştırmak ve arabirim görevini üstlenmek için bu cihazlara bağlanan tüm bileşenlerdir

**Simülatör:** PC üzerinde çalışan ve mikrodenetleyicinin içindeki işlemleri simüle eden MPSIM gibi bir yazılım paketidir. Hangi olayların ne zaman meydana geldiği biliniyorsa bir simülatör kullanmak tasarımları test etmek için kolay bir yol olacaktır. Öte yandan simülatör, programları tümüyle veya adım adım izleyerek hatalardan arındırma fırsatı sunar. Şu anda en gelişmiş simülatör programı Microchip firmasının geliştirdiği MPLAB programıdır.

**ICE :** PIC MASTER olarak da adlandırılır. (In- Circuit Emulator / İç devre takipçisi) PC ve Mikrodenetleyicinin yer alacağı soket arasına bağlanmış yararlı bir gereçtir. Bu gereç yazılım, PC de çalışırken devre kartı üzerinde bir mikrodenetleyici gibi davranır. ICE, bir programa

girilmesini, mikro içinde neler olduğunu ve dış dünyayla nasıl iletişim kurulduğunun izlenilmesini mümkün kılar.

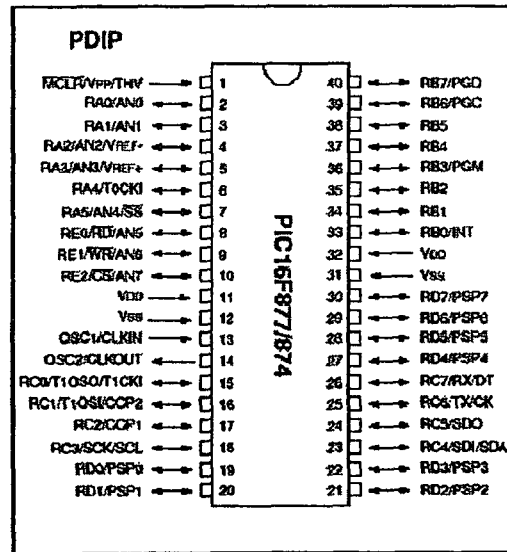
**Programlayıcı :** Yazılımın mikrodenetleyicinin belleğinde programlamasını ve böylece ICE'nin yardımı olmadan çalışmasını sağlayan bir birimdir. Çoğunlukla seri port'a bağlanan bu birimler çok çeşitli biçim, ebat ve fiyatlara sahiptir.

**Kaynak Dosyası :** Hem assembler' in hem de tasarımcının anlayabileceği dilde yazılmış bir programdır. Kaynak dosya mikrodenetleyicinin anlayabilmesi için önceden assemble edilmiş olmalıdır.

**Assembler :** Kaynak dosyayı bir nesne dosyaya dönüştüren yazılım paketidir. Hata araştırma bu paketin yerleşik bir özelliğidir. Bu özellik assemble edilme sürecinde hatalar çıktıkça programı hatalardan arındırırken kullanılır. MPASM, tüm PIC ailesini elinde tutan Microchip' in son assemble edicisidir.

**Nesne dosyası (object file) :** Assembler tarafından üretilen bu dosya; programcı, similatör veya ICE'nin anlayabilecekleri ve böylelikle dosyanın işlevlerinin çalışmasını sağlayabilecekleri bir dosyadır. Dosya uzantısı assemble edicinin emirlerine bağlı olarak, .OBJ veya .HEX olur.

#### 4.10 PIC 16F877



Şekil 4.3 PIC16F877 pin diyagramı

#### 4.10.1 Genel Tanımlama

PIC 16F877 yüksek performanslı, CMOS, full-statik, 8 bit mikrodnetleyicidir. Tüm PIC 16/17 mikrodnetleyicileri gibi PIC 16F877 de RISC mimarisini kullanmaktadır. PIC16F87X mikroları birçok esas özelliklere sahiptir. 14 seviyeli, derin küme ve çoklu iç ve dış kesme kaynaklarına sahiptir. İki aşamalı komut hattı tüm komutların tek bir saykilla (çevrimle) işlenmesini sağlamaktadır. Yalnızca bazı özel komutlar 2 saykıl çekerler. Bu komutlar dallanma komutlarıdır. PIC16F87X ailesi dış elemanları azaltacak spesifik özelliklere sahiptir ve böylece maliyet minimuma inmekte, sistemin güvenilirliği artmakta, enerji sarfiyatı azalmaktadır. Bunun yanı sıra tüm PIC'lerde 4 adet osilatör seçeneği mevcuttur. Bunlarda tek pinli RC osilatör, düşük maliyet (4 MHZ), LP osilatör (Kristal veya seramik rezonatör), enerji sarfiyatını minimize etmekte (asgari akım) (40 KHZ), XT kristal veya seramik rezonatör osilatörü standart hızlı ve HS kristal veya seramik rezonatörlü osilatör çok yüksek hıza sahiptir (20 MHZ). PIC mikrodnetleyicilerinin en büyük özelliği sleep modu özelliğidir. Bu mod sayesinde işlem yapılmadığı durumlarda PIC uyuma moduna geçerek çok düşük akım çeker. Kullanıcı bir kaç iç ve dış kesmelerle PIC' i uyuma modundan çıkarabilmektedir. Yüksek güvenilirlikli Watchdog Timer kendi bünyesindeki çip üstü RC osilatörü ile yazılımı kilitlemeye karşı korumaktadır. PIC16F877 EEPROM program belleği , aynı aygıt paketinin orijinali ve üretimi için kullanılmasına olanak vermektedir. Yeniden programlanabilirliği mikroyu uygulamanın sonundan kaldırmadan kodu güncelleştirmeye izin vermektedir. Bu aygıtın kolayca erişilemediği, fakat prototipinin kod güncelleştirmesi gerekli olduğu durumlarda, bir çok uygulamanın geliştirilmesinde yararlıdır. Bunun yanı sıra bu kodun güncelleştirilmesi diğer ayrı uygulamalarda da yararlıdır.

#### 4.10.2 PIC 16F877'nin Genel Özellikleri

- Yüksek hızlı RISC işlemciye sahiptir;
- 35 adet komut mevcuttur;
- Tüm komutlar 1 saykıl çeker, (Dallanma komutları 2 saykıl çeker.);
- 20 Mhz'ye kadar işlem hızına sahiptir;
- 8Kx14 word'lük flash program belleği mevcuttur;
- 368x8 bayt'lık data belleği;
- 256x8 byte'lık EEPROM data belleği;
- PIC16C73B/74B/76/77 ile uyumlu pin yapısı;

- Doğrudan ve dolaylı adresleme;
- Power-on Reset (POR), Power-up Timer (PWRT) , üzerinde bulunan RC osilatör ile çalışan Watchdog Timer (WDT);
- Programlanabilen kod koruma;
- Enerji tasarrufu için uyku (SLEEP) modu;
- Düşük güçlü yüksek hızlı CMOSFLASH/EEPROM teknolojisi;
- Tamamen statik dizayn;
- Devre üzerinde seri programlama;
- 5 V'luk kaynak ile çalışma;
- 2 V ile 5.5 V arasında işlem yapabilme özelliği;
- Düşük güç harcaması;

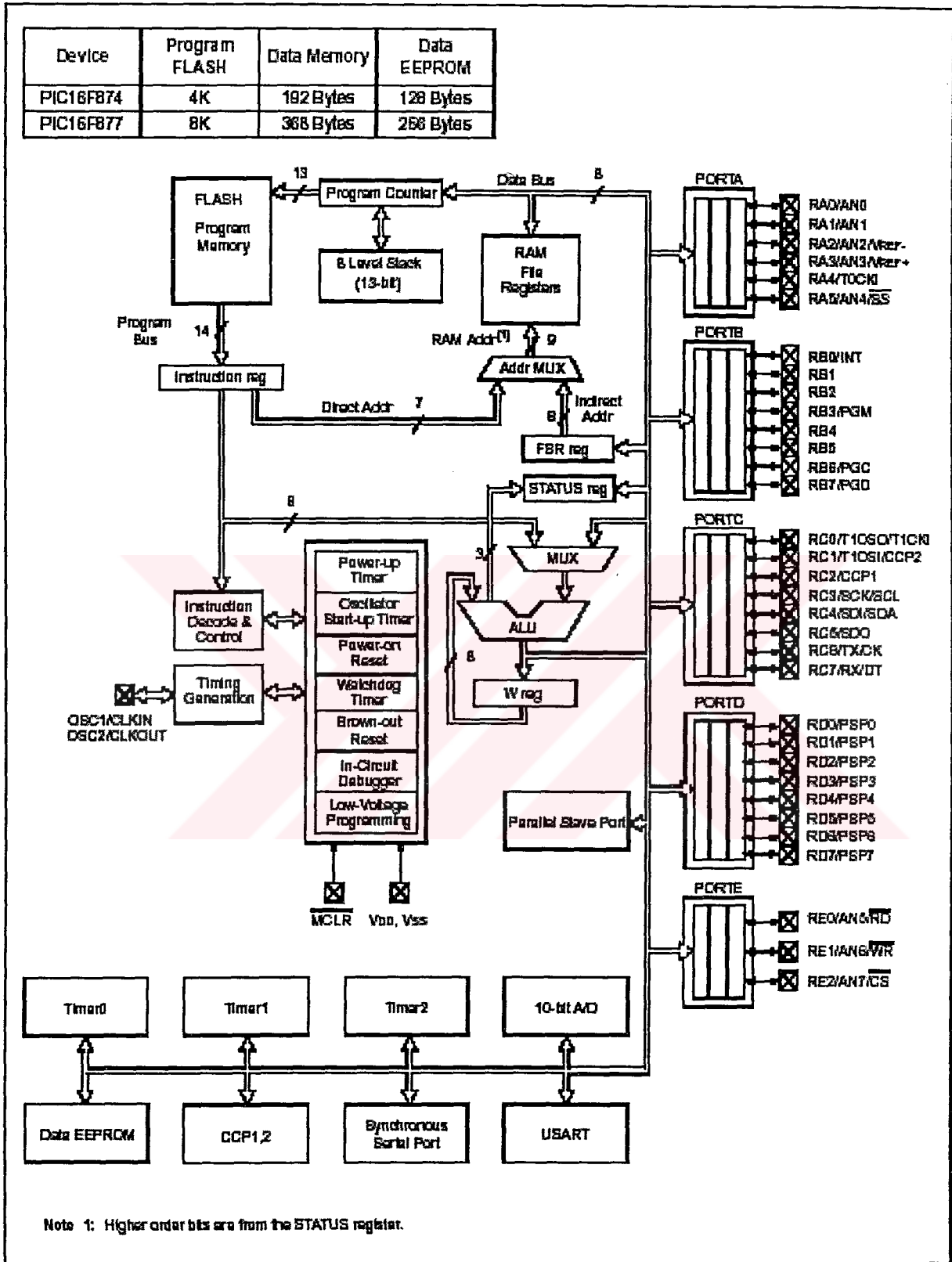
#### 4.10.3 PIC 16F877'nin Belirleyici Özellikleri

- Timer0: 8 bit prescaler'e sahip 8 bit zamanlayıcı/sayıcı,
- Timer1: Sleep modunda artış gösterebilen ve harici saat darbesiyle artırılabilen Prescaler' li 16 bit zamanlayıcı/sayıcı,
- Timer2:8bit periyot kaydedicili, prescaler ve postscalerli 16bit zamanlayıcı/sayıcı,
- İki adet tutma, karşılaştırma, PWM modülü
- 200ns çözünürlükte 16 bitlik karşılaştırma
- 10 bit çözünürlükte PWM
- 10 bit çok kanallı Analog-Dijital çevirici
- Seri port ve I2C modülleri
- 9 bit adres saptamaya sahip USART/SCI
- 8 bit genişliğinde paralel slave port

#### 4.10.4 PIC 16F877 Fiziksel Yapısı

PIC16F877'nin tüm portları her biri bağımsız olarak sayısal giriş veya çıkış olarak kullanılabilme imkanı vermektedir. Bu portlar kendi aralarında beş ana guruba ayrılmaktadır. (PORTA, PORTB, PORTC, PORTD, PORTE) Aşağıdaki şekilde PIC16F877'nin basitleştirilmiş iç yapısı blok diyagramı şeklinde görülmektedir. Diğer şekillerde ise pinlerin tanımları görülmektedir.

FIGURE 1-2: PIC16F874 AND PIC16F877 BLOCK DIAGRAM



Şekil 4.4 PIC16F877 Blok diyagramı

TABLE 1-2: PIC16F874 AND PIC16F877 PINOUT DESCRIPTION

Pin Name	DIP Pin#	PLCC Pin#	QFP Pin#	I/O/P Type	Buffer Type	Description
OSC1/CLKIN	13	14	30	I	ST/CMOS <sup>(4)</sup>	Oscillator crystal input/external clock source input.
OSC2/CLKOUT	14	15	31	O	—	Oscillator crystal output. Connects to crystal or resonator in crystal oscillator mode. In RC mode, OSC2 pin outputs CLKOUT which has 1/4 the frequency of OSC1, and denotes the instruction cycle rate.
MCLR/VPP	1	2	18	I/P	ST	Master Clear (Reset) input or programming voltage input. This pin is an active low RESET to the device.
RA0/AN0	2	3	19	I/O	TTL	PORTA is a bi-directional I/O port. RA0 can also be analog input0. RA1 can also be analog input1. RA2 can also be analog input2 or negative analog reference voltage. RA3 can also be analog input3 or positive analog reference voltage. RA4 can also be the clock input to the Timer0 timer/counter. Output is open drain type. RA5 can also be analog input4 or the slave select for the synchronous serial port.
RA1/AN1	3	4	20	I/O	TTL	
RA2/AN2/VREF-	4	5	21	I/O	TTL	
RA3/AN3/VREF+	5	6	22	I/O	TTL	
RA4/T0CKI	6	7	23	I/O	ST	
RA5/SS/AN4	7	8	24	I/O	TTL	
RB0/INT	33	36	8	I/O	TTL/ST <sup>(1)</sup>	PORTB is a bi-directional I/O port. PORTB can be software programmed for internal weak pull-up on all inputs. RB0 can also be the external interrupt pin. RB3 can also be the low voltage programming input. Interrupt-on-change pin. Interrupt-on-change pin. Interrupt-on-change pin or In-Circuit Debugger pin. Serial programming clock. Interrupt-on-change pin or In-Circuit Debugger pin. Serial programming data.
RB1	34	37	9	I/O	TTL	
RB2	35	38	10	I/O	TTL	
RB3/PGM	38	39	11	I/O	TTL	
RB4	37	41	14	I/O	TTL	
RB5	38	42	15	I/O	TTL	
RB6/PGC	39	43	16	I/O	TTL/ST <sup>(2)</sup>	
RB7/PGD	40	44	17	I/O	TTL/ST <sup>(2)</sup>	

Legend: I = input    O = output    I/O = input/output    P = power  
 — = Not used    TTL = TTL input    ST = Schmitt Trigger input

Note 1: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured as an external interrupt.

Note 2: This buffer is a Schmitt Trigger input when used in Serial Programming mode.

Note 3: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured as general purpose I/O and a TTL input when used in the Parallel Slave Port mode (for interfacing to a microprocessor bus).

Note 4: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured in RC oscillator mode and a CMOS input otherwise.

Şekil 4.5 PIC16F877 pin tanımları

TABLE 1-2: PIC16F874 AND PIC16F877 PINOUT DESCRIPTION (CONTINUED)

Pin Name	DIP Pin#	PLCC Pin#	QFP Pin#	I/O/P Type	Buffer Type	Description
RC0/T1OSQ/T1CKI	15	16	32	I/O	ST	PORTC is a bi-directional I/O port. RC0 can also be the Timer1 oscillator output or a Timer1 clock input.
RC1/T1OSI/CCP2	18	18	35	I/O	ST	RC1 can also be the Timer1 oscillator input or Capture2 Input/Compare2 output/PWM2 output.
RC2/CCP1	17	19	36	I/O	ST	RC2 can also be the Capture1 Input/Compare1 output/PWM1 output.
RC3/SCK/SCL	18	20	37	I/O	ST	RC3 can also be the synchronous serial clock input/output for both SPI and I <sup>2</sup> C modes.
RC4/SDI/SDA	23	25	42	I/O	ST	RC4 can also be the SPI Data In (SPI mode) or data I/O (I <sup>2</sup> C mode).
RC5/SDO	24	26	43	I/O	ST	RC5 can also be the SPI Data Out (SPI mode).
RC6/TX/CK	25	27	44	I/O	ST	RC6 can also be the USART Asynchronous Transmit or Synchronous Clock.
RC7/RX/DT	28	29	1	I/O	ST	RC7 can also be the USART Asynchronous Receive or Synchronous Data.
RD0/PSP0	19	21	38	I/O	ST/TTL <sup>(2)</sup>	PORTD is a bi-directional I/O port or parallel slave port when interfacing to a microprocessor bus.
RD1/PSP1	20	22	39	I/O	ST/TTL <sup>(2)</sup>	
RD2/PSP2	21	23	40	I/O	ST/TTL <sup>(2)</sup>	
RD3/PSP3	22	24	41	I/O	ST/TTL <sup>(2)</sup>	
RD4/PSP4	27	30	2	I/O	ST/TTL <sup>(2)</sup>	
RD5/PSP5	28	31	3	I/O	ST/TTL <sup>(2)</sup>	
RD6/PSP6	29	32	4	I/O	ST/TTL <sup>(2)</sup>	
RD7/PSP7	30	33	5	I/O	ST/TTL <sup>(2)</sup>	
RE0/ <del>RD</del> AN6	8	9	25	I/O	ST/TTL <sup>(2)</sup>	PORTE is a bi-directional I/O port. RE0 can also be read control for the parallel slave port, or analog input5.
RE1/ <del>RD</del> AN8	9	10	26	I/O	ST/TTL <sup>(2)</sup>	RE1 can also be write control for the parallel slave port, or analog input6.
RE2/ <del>RD</del> AN7	10	11	27	I/O	ST/TTL <sup>(2)</sup>	RE2 can also be select control for the parallel slave port, or analog input7.
V <sub>SS</sub>	12,31	13,34	6,29	P	—	Ground reference for logic and I/O pins.
V <sub>DD</sub>	11,32	12,35	7,28	P	—	Positive supply for logic and I/O pins.
NC	—	1,17,28,40	12,13,33,34		—	These pins are not internally connected. These pins should be left unconnected.

Legend: I = Input    O = output    I/O = Input/output    P = power  
 — = Not used    TTL = TTL Input    ST = Schmitt Trigger Input

Note 1: This buffer is a Schmitt Trigger Input when configured as an external interrupt.

Note 2: This buffer is a Schmitt Trigger Input when used in Serial Programming mode.

Note 3: This buffer is a Schmitt Trigger Input when configured as general purpose I/O and a TTL Input when used in the Parallel Slave Port mode (for interfacing to a microprocessor bus).

Note 4: This buffer is a Schmitt Trigger Input when configured in RC oscillator mode and a CMOS input otherwise.

Şekil 4.6 PIC16F877 pin tanımları devam

**PORT A:** Bu port RA0, RA1, RA2, RA3, RA4, RA5 olmak üzere 6 bitlidir. Bu bitler analog / sayısal çevirici olarak konfigüre edilebilmektedir.

PORTA	0x05
TRISA	0x85 giriş/çıkış belirleme yazmacı
ADCON1	0x9FRA portlarının A/D, referans gerilimi veya Sayısal giriş/çıkış olarak seçiminde kullanılır.
YAZMAÇLAR VE ADRESLER	

**PORT B:** RB0, RB1, RB2, RB3, RB4, RB5, RB6, RB7 olmak üzere 8 bit genişliğindedir. B portunun tüm bacakları dahili bir dirençle VDD'ye bağlanmıştır. Fakat bu özellik uygulamalarda göz önünde bulundurulmaz. Bu özellik ancak OPTION yazmacının 7. bitini 0 yaparak aktif hale getirilir.

PORTB	0x06
TRISB	0x86 çıkış/giriş belirleme yazmacı
OPTION REG	0x81
YAZMAÇLAR VE ADRESLER	

**PORT C:** RC0, RC1, RC2, RC3, RC4, RC5, RC6, RC7 olmak üzere 8 bit kapasitelidir. SPI, Doğrudan bilgisayarla iletişim yapma, Yakalama/Karşılaştırma ve PWM gibi özel fonksiyonlar yazmaçların ayarlanmasıyla bu portta kullanılır.

PORTC	0x07
TRISC	0x87; giriş/çıkış belirleme yazmacı
MOVLW	B'00001111'
MOVWF	TRISC
YAZMAÇLAR VE ADRESLERİ	

**PORT D:** RD0, RD1, RD2, RD3, RD4, RD5, RD6, RD7 olmak üzere 8 bitlidir. Bütün portlar Schmitt Trigger girişlidir

BSF STATUS,RP0 ; Bank 1

BCF STATUS,RP1 ; Bank 1

MOVLW B'00000000'

MOVWF TRISC

BCF STATUS,RP0 ; Bank 0

BCF STATUS,RP1 ; Bank 0

PORTD	0x08
TRISD	0x88 giriş/çıkış belirleme yazmacı
TRISE	0x89

YAZMAÇLAR VE ADRESLERİ

**PORT E:** RE0, RE1, RE2 olmak üzere 3 bitlidir. Bu bacaklarında Schmitt Trigger girişleri vardır. Ayrıca her bir bacak analog / sayısal çevirici olarak kullanılmaktadır. Eğer PORTD yi TRISE yazmacının PSPMODE bitini 1 yapıp 8bit genişliğinde mikro işlemci portu olarak kullanırsak (parelel slave port) PORTE bacakları PORTD nin bağlandığı mikroişlemci bus nında sırasıyla OKUMA, YAZMA, CHIP SELECT kontrol girişleri olarak kullanılır.

PORTE	0x09
TRISE	0x89 giriş/çıkış belirleme yazmacı
ADCON1	0x9F;

YAZMAÇLAR VE ADRESLERİ

BSFSTATUS,RP0 ; Bank 1

BCFSTATUS,RP1 ; Bank1

MOVLW B'10000111' ;TMR0 prescaler, 1:256 Bölme pulsı

MOVWF OPTION\_REG

MOVLW B'00001110' ;Left seçme,1 analog channel

MOVWF ADCON1

MOVLW B'00000001'

MOVWF TRISA

MOVLW B'00000000'

MOVWF TRISB

MOVLW B'00000000'

MOVWF TRISC

MOVLW B'00000000'

MOVWF TRISD

MOVLW B'00000000'

MOVWF TRISE

BCF STATUS,RP0 ; Bank 0 (Sayfa)

BCF STATUS,RP1 ; Bank 0 (Sayfa)

Indirect addr(*)	00h	Indirect addr(*)	80h	Indirect addr(*)	100h	Indirect addr(*)	180h
TMRO	01h	OPTION REG	81h	TMRO	101h	OPTION REG	181h
PCL	02h	PCL	82h	PCL	102h	PCL	182h
STATUS	03h	STATUS	83h	STATUS	103h	STATUS	183h
FSR	04h	FSR	84h	FSR	104h	FSR	184h
PORTA	05h	TRISA	85h		105h		185h
PORTB	06h	TRISB	86h	PORTB	106h	TRISB	186h
PORTC	07h	TRISC	87h		107h		187h
PORTD(1)	08h	TRISD(1)	88h		108h		188h
PORTE(1)	09h	TRISE(1)	89h		109h		189h
PCLATH	0Ah	PCLATH	8Ah	PCLATH	10Ah	PCLATH	18Ah
INTCON	0Bh	INTCON	8Bh	INTCON	10Bh	INTCON	18Bh
PIR1	0Ch	PIE1	8Ch	EEDATA	10Ch	EECON1	18Ch
PIR2	0Dh	PIE2	8Dh	EEADR	10Dh	EECON2	18Dh
TMRL	0Eh	PCON	8Eh	EEDATH	10Eh	Reserved(2)	18Eh
TMRIH	0Fh		8Fh	EEADRH	10Fh	Reserved(2)	18Fh
T1CON	10h		90h	General purpose register 16byte	110h	General purpose register 16byte	190h
TMR2	11h	SSPCON2	91h		111h		191h
T2CON	12h	PR2	92h		112h		192h
SSPBUF	13h	SSPADD	93h		113h		193h
SSPCON	14h	SSPSTAT	94h		114h		194h
CCPR1L	15h		95h		115h		195h
CCPR1H	16h		96h		116h		196h
CCP1CON	17h		97h		117h		197h
RCSTA	18h	TXSTA	98h		118h		198h
TXREG	19h	SPBRG	99h		119h		199h
RCREG	1Ah		9Ah		11Ah		19Ah
CCPR2L	1Bh		9Bh		11Bh		19Bh
CCPR2H	1Ch		9Ch		11Ch		19Ch
CCP2CON	1Dh		9Dh		11Dh		19Dh
ADRESH	1Eh	ADRESL	9Eh		11Eh		19Eh
ADCON0	1Fh	ADCON1	9Fh		11Fh		19Fh
General purpose register 96bytes	20h	General purpose register 80bytes	A0h	General purpose register 80byte	120h	General purpose register 80byte	1A0h
			EFh		16Fh		1EFh
	7Fh	Accesses 70h7Fh	F0h FFh	Accesses 70h7Fh	170h 17Fh	Accesses 70h7Fh	1F0h 1FFh
BANK0		BANK1		BANK2		BANK3	
BCFSTATUS.RP0 ; Bank0		BSFSTATUS.RP0 ; Bank1		BCFSTATUS.RP0 ; Bank2		BSFSTATUS.RP0 ; Bank3	
BCFSTATUS.RP1 ; Bank0		BSFSTATUS.RP1 ; Bank1		BSFSTATUS.RP1 ; Bank2		BSFSTATUS.RP1 ; Bank3	
BANK0		BANK1		BANK2		BANK3	

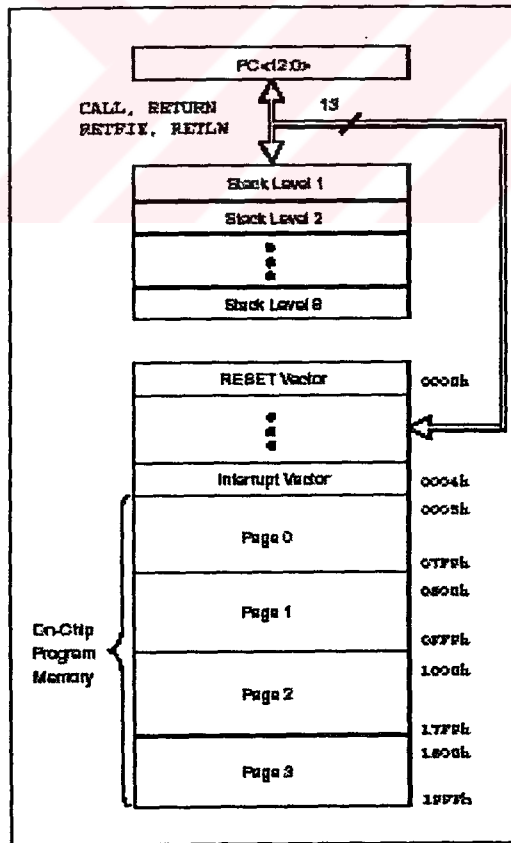
Şekil 4.7 Bellek organizasyonu

#### 4.10.5 Bellek Organizasyonu

Her PIC mikrodenetleyicisinde 3 bellek bloğu bulunmaktadır. Bunlar program belleği, veri belleği ve bunları ayıran veri hattıdır. Her bir bellek kendi taşıyıcısına sahiptir; böylece her bir bloğa erişim aynı osilatör süreci boyunca meydana gelebilmektedir. Bunun ötesinde, veri belleği genel amaçlı RAM ve özel fonksiyon kayıtları (SFR) olmak üzere ikiye bölünür. SFR'ler her bir bireysel özelleşmiş modülü ele alan bölümde açıklanan özel modülleri kontrol etmek için kullanılmaktadır. Veri belleği EEPROM veri belleğini de içermektedir. Bu bellek, direkt veri belleğine planlanmamış, fakat indirekt olarak planlanmıştır; ve indirekt adres göstergeleri okumak/yazmak için EEPROM belleğinin adresini belirlemektedir.

#### 4.10.6 Program Bellek Organizasyonu

PIC 16F877 13 bit program sayacına ve 8Kx14 adresleme kapasitesine sahiptir. PIC16F877 denetleyicisi 8Kx14 FLASH program belleğine sahiptir. Reset vektörü 0000h ve kesme vektörü 0004h adresindedir. Şekil 4.8'de PIC16F877 program bellek haritası görülmektedir.



Şekil 4.8 Bellek yapısı

FIGURE 2-3: PIC16F877/876 REGISTER FILE MAP

File Address	File Address	File Address	File Address
Indirect addr. <sup>(*)</sup> 00h	Indirect addr. <sup>(*)</sup> 80h	Indirect addr. <sup>(*)</sup> 100h	Indirect addr. <sup>(*)</sup> 180h
TMR0 01h	OPTION_REG 81h	TMR0 101h	OPTION_REG 181h
PCL 02h	PCL 82h	PCL 102h	PCL 182h
STATUS 03h	STATUS 83h	STATUS 103h	STATUS 183h
FSR 04h	FSR 84h	FSR 104h	FSR 184h
PORTA 05h	TRISA 85h	105h	185h
PORTB 06h	TRISB 86h	PORTB 106h	TRISB 186h
PORTC 07h	TRISC 87h	107h	187h
PORTD <sup>(1)</sup> 08h	TRISD <sup>(1)</sup> 88h	108h	188h
PORTE <sup>(1)</sup> 09h	TRISE <sup>(1)</sup> 89h	109h	189h
PCLATH 0Ah	PCLATH 8Ah	PCLATH 10Ah	PCLATH 18Ah
INTCON 0Bh	INTCON 8Bh	INTCON 10Bh	INTCON 18Bh
PIR1 0Ch	PIE1 8Ch	EEDATA 10Ch	EECON1 18Ch
PIR2 0Dh	PIE2 8Dh	EEADR 10Dh	EECON2 18Dh
TMR1L 0Eh	PCON 8Eh	EEDATH 10Eh	Reserved <sup>(*)</sup> 18Eh
TMR1H 0Fh	8Fh	EEADRH 10Fh	Reserved <sup>(*)</sup> 18Fh
T1CON 10h	90h	110h	190h
TMR2 11h	SSPCON2 91h	111h	191h
T2CON 12h	PR2 92h	112h	192h
SSPBUF 13h	SSPADD 93h	113h	193h
SSPCON 14h	SSPSTAT 94h	114h	194h
CCPR1L 15h	95h	115h	195h
CCPR1H 16h	96h	116h	196h
CCP1CON 17h	97h	General Purpose Register 117h	General Purpose Register 197h
RCSTA 18h	TXSTA 98h	16 Bytes 118h	16 Bytes 198h
TXREG 19h	SPBRG 99h	119h	199h
RCREG 1Ah	9Ah	11Ah	19Ah
CCPR2L 1Bh	9Bh	11Bh	19Bh
CCPR2H 1Ch	9Ch	11Ch	19Ch
CCP2CON 1Dh	9Dh	11Dh	19Dh
ADRESH 1Eh	ADRESL 9Eh	11Eh	19Eh
ADCON0 1Fh	ADCON1 9Fh	11Fh	19Fh
20h	A0h	120h	1A0h
General Purpose Register 96 Bytes	General Purpose Register 80 Bytes	General Purpose Register 80 Bytes	General Purpose Register 80 Bytes
7Fh	EFh	16Fh	1EFh
Bank 0	accesses 70h-7Fh	accesses 70h-7Fh	accesses 70h-7Fh
	F0h	170h	1F0h
	FFh	17Fh	1FFh
Bank 1	Bank 2	Bank 3	

■ Unimplemented data memory locations, read as '0'.  
 \* Not a physical register.

Note 1: These registers are not implemented on the PIC16F876.  
 Note 2: These registers are reserved, maintain these registers clear.

Şekil 4.9 Register dosyaları

#### 4.10.7 Veri Bellek Organizasyonu

Veri belleği genel amaçlı yazmaçlar ve özel işlev yazmaçları (SFR) olmak üzere ikiye ayrılır. RP0 ve RP1 bitleri küme seçimi için ayrılmış bitlerdir. Her bir bank (küme) 7Fh' ye kadar (128 bayt) uzanır. Her bank'ın alt kısımları özel işlev yazmaçları için ayrılır. Üstteki özel işlev yazmaçları ise statik RAM olarak kullanılan yazmaçlardır. Bütün banklarda özel işlev yazmaçları vardır. Özel işlev yazmaçlarındaki yüksek kullanım bir banktan kod indirilmesi ve hızlı erişim için başka bankta gösterilebilir.

- = 00 Bank0
- = 01 Bank1
- = 10 Bank2
- = 11 Bank3

#### 4.10.8 Veri EEPROM ve Flash Program Hafızası

Veri EEPROM ve FLASH program hafızası normal işlem süresinde okunabilme ve yazılabilme özelliğine sahiptir. Veri belleği, kaydedici dosyaya doğrudan planlanmamıştır. Bunun yerine bu bellek, özel fonksiyon kaydı üzerinden dolaylı olarak adreslenmiştir. Burada bu belleği okuyan ve yazan 6 özel kaydedici mevcuttur.

- EECON1
- EECON2
- EEDATA
- EEDATH
- EEADR
- EEADRH

EEPROM veri belleği okuma ve yazmaya izin verir. EEDATA yazma/okuma için 8 bitlik veri tutar ve EEADR erişilen EEPROM adreslerini saklar. EEDATH ve EEADRH kaydedicileri veri EEPROM' u kullanmak için erişemezler. Bu aygıtlar Oh ile FFh genişliğindeki adresli EEPROM belleğinin 256 byte' ına sahiptir. EEPROM veri belleği yüksek silme/yazma süreçlerine oranlanmıştır. Yazma süresi yonga (chip) zamanlayıcısı tarafından denetlenmektedir. Yazma süresi chipten chipe olduğu gibi sıcaklık ve gerilimle de

değişmektedir. Program hafızası kelime okuma ve yazmasına izin verir. Byte veya word verisi otomatik olarak silinir ve yeni veri yazılır. Program hafızası arabirimi bloklandığı zaman, EEDATH: EEDATA kaydedicileri oku/yaz için 14 bit veriyi 2 byte word halinde tutar. EEADRH ve EEADR kaydedicileri EEPROM'da 13 bitlik 2 byte word adresini tutar. Bu aygıtlar OH ile 3FFFh arasındaki adreste 8K word program EEPROM'una sahiptir. Program hafızasına yazılan değer bir talimat olmayı gerektirmez. Bu yüzden kalibrasyon parametreleri, seri numaraları ASCII kodunda depolanabilir.

#### **4.10.9 Osilatör tipleri**

PIC16F877 mikrodenetleyicilerinde 4 çeşit osilatör tipi bulunmaktadır. Kullanıcı bu 4 moddan birini seçerek iki biçimlendirme bitini (FOSC1 ve FOSC2) programlayabilir.

LP Kristal veya seramik rezonatör- asgari akım - 40Khz

XT Kristal veya seramik rezonatör- genel amaçlı - 4Mhz

HS Kristal veya seramik rezonatör- yüksek hız - 20 Mhz

RC Direnç/ Kapasitör zaman sabitli - düşük maliyet - 4Mhz

#### **Kristal Osilatör / Seramik Rezonatör**

XT, LP ve HS modları, kristal veya seramik rezonatörlerin, OSC1/CLKIN ve SC2/CLKOUT pinlerine bağlanmalarıyla kurulur. PIC16F84' te osilatör dizaynı paralel kesim kristali kullanmayı gerektirir. Kesim kristallerinin seri bağlanması ile, kristallerin üzerindeki frekans değerlerinden farklı bir frekans değeri oluşabilir. XT, LP ve HS modlarında OSC1/CLK1 dışardan sürülebilir

#### **Harici Kristal Osilatör Devresi**

Ambalaj öncesi osilatör TTL girişli basit osilatör devresi kurulabilir. Ambalaj öncesi osilatör geniş işlem alanı ve denge sunmaktadır. İyi tasarlanmış kristal osilatör TTL girişleri ile iyi performans sağlayacaktır. İki tip kristal osilatör devresi mevcuttur. Birisi seri rezonanslı ve diğeri de paralel rezonanslı osilatördür.

## RC Osilatörü

Zamanlamaya duyarsız uygulamalar için RC osilatörü fazla maliyeti azaltmaktadır. RC osilatör frekansı, voltaj ihtiyacına, direnç (Rext) değerine, kondansatör (Cext) değerine, çalışma ısı derecesinin değerine bağlıdır. Bunun ötesinde ambalaj tipindeki şekil kapasitansındaki farklılıkları da, özellikle düşük Cext değerlerinde, osilatörün frekansını etkileyebilmektedir. Kullanıcı dış R ve C elemanlarının toleransı nedeniyle meydana gelen değişiklikleri de dikkate almaktadır.

## 4.11 PIC Assembly ve PIC 16F877 Programlama Temelleri

### 4.11.1 Assembler ve PIC Assembly

#### Assembler

Bir text editöründe assembly kurallarına göre yazılmış olan komutları PIC'in anlayabileceği hexadecimal kodlara çeviren (derleyen) bir programdır. Microchip firmasının hazırladığı MPASM bu işi yapan assembler programıdır. Assembler'e çoğu zaman compiler (derleyici) de denir.

#### PIC Assembler

Assembly dili, bir PIC'e yaptırılması istenen işlerin belli kurallara göre yazılmış komutlar dizisidir. Assembly dili komutları İngilizce dilindeki bazı kısaltmalardan meydana gelir. Bu kısaltmalar genellikle bir komutun çalıştırılmasını ifade eden cümlelerin baş harflerinden oluşur. Böylece elde edilen komut, bellekte tutulması kolay bir hale getirilmiştir. Örneğin: BTFSC (Bit Test Skip if Clear): İlgili biti test et, eğer sıfırsa bir sonraki komutu atla, anlamında kullanılan İngilizce cümlelerin kısaltmasıdır.

### 4.11.2 PIC Assembly Dili Yazım Kuralları

PIC assembly programlarının bilgisayar ortamında yazılabilmesi için notepad, edit gibi yazım araçlarına ihtiyaç vardır. Microchip firmasının PIC uygulamaları için özel olarak hazırlanmış olduğu MPLAB programını kullanmamız halinde bu gibi yazım araçlarına ihtiyaç duyulmaz.

Çünkü MPLAB içerisinde assembly PIC assembly dilinde program yazmak için text tabanlı bir yazım editörü ve ayrıca MPASM mevcuttur

MPASM assembler programının yazılan komutları doğru olarak algılayıp, PIC'in anlayabileceği hexadecimal kodlara dönüştürebilmesi için şu bilgilerin program içerisinde özel formatta yazılması gerekir.

- Komutların hangi PIC'e ait olduğu (PIC 16F877,PIC 16F84, PIC 16C71...vb)
- Programın bellekteki hangi adresten başlayacağı.
- Komutların ve etiketlerin neler olduğu
- Programın bitiş yeri

### Örnek :

PIC 16F877'de PORTC'nin 4 bit LSB bitlerini giriş olarak, 4 bit MSB bitlerini çıkış olarak tanıtan ve PORTC'nin 2. Bitinin 1 olması durumunda PORTC nin 6. Bitini 1 yapan programın yazımı:

```

;-----Örnek Program 1-----
    list    p=16f877    ;kullanılacak PIC in seçimi
;-----
;Adres tanımlama bloğu
status equ  h'03'
portc  equ  h'07'
trisc  equ  '87'
;-----
    org    h'00'        ;programı 00 adresinden başlat
;-----
;PORTC nin G/Ç tanımlamasının yapılması
    clrf   portc
    bsf    status,5     ;bank1 seçildi
    movlw h'0F'
    movwf trisc
    bcf    status,5     ;bank0 seçildi
;-----
;Program bloğu
basla   bcf    portc,6

```

```

btfss portc,2
goto basla
bsf portc,2
devam btfsc portc,2
goto devam
goto basla
end ;sonlandırma

```

#### 4.11.2.1 Program Yazımında Noktalı Virgöl (;) Kullanımı

Baş tarafında (;) bulunan satırlar, assembler tarafından hexadecimal kodlara dönüştürülmez. Bu satırlar programın geliştirilmesi esnasında hatırlatıcı açıklamaların yazılmasında kullanılır. Ayrıca program bölümleri birbirinden ayırmak için (----- veya =====) çizgileri kullanmak, programı görsel olarak daha okunur hale getirdiği gibi bu çizgiler arasına uyarılar ve açıklamalar da yazılabilir. Bu sayede programda bir hata veya sorun meydana geldiğinde takip işlemi daha rahat yapılır.

#### 4.11.2.2 Bir Program Satırının Kısımları

##### 4.11.2.2.1 Etiket

PIC belleğindeki bir adresin atandığı, hatırlamayı kolaylaştıran kısaltmalardan meydana gelen sembolik işaretlere etiket denir. Örneğin PORTC etiketi, PIC 16F877'nin kaydedici dosyası belleğindeki C portunun bulunduğu adresi temsil eden etikettir. Etiketler program içerisinde 1. kolana yazılır.

Portc equ h'07' yazıldıktan sonra C portunun hangi adreste olduğunu akılda tutmaya gerek yoktur. Programın herhangi bir yerinde portc etiketi kullanıldığında, C portunun adresi olan h'07' yazılmış gibi işlem görülür.

Birinci kolona yazılan ve adres atanmayan etiketler de kullanılabilir. Örneğin başla ve devam bu tip etiketlerdendir. Bu etiketler program akışını istenilen yere dallandırmak için kullanılırlar. Bu tip etiketlerin adresi özel kaydedici adresi gibi fiziksel bir adres değildir. Bu

şekilde tanımlanan bir etikete assembler otomatik olarak adres verir. Bu adresi programcının bilmesi gerekmez.

Etiket tanımlarken uyulması gereken kurallar şunlardır.

- Etiketler birinci kolona yazılmalıdır.
- Etiketler bir harfle veya alt çizgi ( \_ ) ile başlamalıdır.
- Etiketler içerisinde Türkçe karakterler kullanılamaz.
- Etiketler bir assembly komutundan oluşamaz.
- Etiketlerin içerisinde alt çizgi, rakam, soru işareti bulunabilir.
- Etiketler en fazla 31 karakter uzunluğunda olabilir.
- Etiketlerde büyük/küçük harf duyarlılığı vardır. (“Devam” diye tanımlanmış bir etiketi program içerisinde “devam” yazarak kullanmak mümkün değildir.)

#### 4.11.2.2.2 Atama Deyimi (EQU)

EQU deyimi PIC 16F877'nin belleğindeki bir hexadecimal adresi belirlenen bir etikete atamak için kullanılır. Aşağıda bu atama deyimine birkaç örnek gösterilmiştir.

```
portb equ h'06'
say1  equ h'10'
portc equ h'07'
```

#### 4.11.2.2.3 Sabitler

PIC assembly dilinde hexadecimal, binary ve decimal sayılar birer sabittir. Sabitler movlw, sumlw, andlw gibi bazı komutların içerisinde ve atama işlemlerinde kullanılırlar. Sabitler program içerisinde kullanılırken hexadecimal olduğuna dair “h” veya 0x.., binary olduğuna dair “b”, decimal olduğuna dair “d” karakterleri ile birlikte kullanılmalıdırlar.

```
movlw    b'01000111' ;binary sabit
sublw    d'126'       ;decimal sabit
sublw    h'0F'        ;hexadecimal sabit
movlw    0x0F         ;hexadecimal sabit
```

#### 4.11.2.2.4 ORG Deyimi

ORG İngilizcedeki “origin” kelimesinden gelmektedir. ORG deyimi program içerisinde iki amaç için kullanılır.

- Program komutlarının hangi adresten itibaren başladığını gösterir.  
org h'00'
- PIC 16F877'nin interrupt (kesme) alt programlarının başlangıç adresini belirlemede kullanılır.  
org h'04'

#### 4.11.2.3 PIC Assembly Komutlarının Yazılışı

PIC 16F877'nin toplam 35 tane komutu vardır. Bu komutların yazılış biçimini dört grupta toplayabiliriz.

- Byte yönlendirmeli komutlar
- Bit yönlendirmeli komutlar
- Sabit işleyen komutlar
- Kontrol komutları

Komutların yazılış biçimlerini açıklarken bazı tanımlama harfleri kullanacağız. Öncelikle bu harflerin anlamlarını vermekte fayda vardır.

f=File register (Kaydedici)

d=destination (gönderilen yer)

d=0→w kaydedicisi (akümülatör)

d=1→f kaydedicisi

k=sabit veya adres etiketi

b=bit tanımlayıcı

b=binary sayıları belirleyen harf

d=decimal sayıları belirten harf

h=hexadecimal sayıları belirten harf

#### 4.11.2.3.1 Byte Yönlendirmeli Komutlar

f,d→f: Hexadecimal adres veya kaydedici adı

Komut                      d:Komutun çalıştırılmasından sonra verinin yazılacağı yer.  
                                     d=0→w kaydedicisi  
                                     d=1→f kaydedicisi

#### Örnek

movf h'03',0 ;h'03' adresindeki kaydedicinin içeriğini w kaydedicisi içerisine kopyalar

movf status,0 ;STATUS kaydedicisinin içeriğini w kaydedicisine kopyalar.

movf status,1 ;STATUS kaydedicisinin içeriğini yine STATUS kaydedicisine kopyalar.

**Not:**Bit yönlendirmeli komutlarda destination (gönderilecek yer) belirleyen d'nin yazıldığı yere 0 veya 1 yazmak hatırlatıcı olmayabilir. MPASM bunu dikkate alarak 0 yerine w, 1 yerine f yazmaya izin verir. MPASM'nin MS-DOS versiyonunda ise w ve f harflerinin otomatik olarak kullanılmasına izin verilmez. Bu durumda her programın tanımlama bölümüne aşağıdaki eşitlikler yazılmalıdır.

w     equ    0

f     equ    1

Bu eşitliklerden sonra komutlarda destination belirlemek için w ve f harfleri kullanılabilir. Örneğin:

decfsz        say1,f

movf         say2,w

#### 4.11.2.3.2 Bit Yönlendirmeli Komutlar

f,b→f: Hexadecimal adres veya kaydedici adı

Komut                      b:0-7 arasında hexadecimal sayı veya etiket (EQU komutu ile  
                                     adresi tanımlanmış olmalıdır)

#### Örnek

bcf    h'03',5        ;h'03' adresindeki verinin 5. Bitini sıfırla

bsf    porta,2        ;PORTA'nın 2. bitini birle

#### 4.11.2.3.3 Sabit İşleyen Komutlar

k→k: sabit (b'00110011', h'0F', d'255' gibi)

Komut

##### Örnek

movlw h'2F ;w kaydedicisine 2F hexadecimal sayısını yükler  
addlw d'221 ;w kaydedicisindeki sayıya 221 decimal sayısını ekler.

##### Örnek

goto dongu ;programı dongu ile belirtilen yere dallandır.  
call timer ;program akışı timer etiketi ile belirtilen alt programa dallanır

#### 4.11.2.4 Program Bölümleri

Bu kısımda programın metin belgesi olarak nasıl yazıldığı konusuna değinilecektir. Yazılan programı temel olarak 5 kısımda toplayabiliriz.

- PIC serisinin tanıtılması ve kaynak dosyanın belirtilmesi
- Kaydedici tanımlamalarının yapılması
- Bit tanımlamalarının yapılması
- Giriş ve çıkış pinlerinin belirlenmesi
- PIC'in yapacağı işlemlerin yazılması (Program bloğu)

##### 4.11.2.4.1 PIC Serisinin Tanıtılması ve Kaynak Dosyanın Belirlenmesi

Piyasada değişik isimlerle değişik işlemleri gerçekleştiren PIC'ler satılmaktadır. Her bir PIC'in değişik yapı ve tanımlamaları vardır. Bu tanımlamaların kayıtları ise PIC'in özellikleri göz önünde tutularak yazılmış kaynak dosyalarda tutulur. Ancak her bir seriye ait özellikleri tek tek bilme imkanımız çok azdır. Bu nedenle PIC üreten firmalar üretilen elemana ait özellik ve kaynak dosyaları hazır halde bize sunmaktadır. Bizler bu kaynak dosyalardan kullanacağımız PIC'e ait olanını alabilir ve kendimize göre değişiklikler yaparak kullanabiliriz. Ancak yapılacak değişiklikler standart özellikleri etkilememelidir. Bir kaynak dosyada temel olarak standart register tanımlamaları (W, F, STATUS, EEDATA, EEADR, PORTA, PORTB....gibi), standart bit tanımlamaları (WREN ZERO, CARRY....gibi) ve var ise kendimize ait macrolar bulunmaktadır.

Her program metninin baş tarafında yer alması gereken seri tanıtımı ve kaynak dosya belirtme işlemi aşağıdaki şekillerde gerçekleştirilebilir.

```
list p=16f877
```

```
#include <16f877.inc>
```

Yukarıdaki tanımlamanın ilk satırında kullanılacak pic'in serisi belirtilmiştir.2. satırda ise program metninin bulunduğu klasör içerisinde aranması istenen kaynak dosya (INCLUDE dosyası) belirtilmiştir.

#### 4.11.2.4.2 Kaydedici Tanımlamalarının Yapılması:

Yukarıda bize sunulan kaynak dosyaların içerisinde standart kaydedicilerin tanımlandığından söz etmiştik. Ancak çoğu çalışmada tanımlanan bu kaydediciler yetersiz kalmaktadır ve yeni RAM bölgeinden kaydediciler tanımlanması gerekmektedir. Bu durumda kullanılmak istenen kaydedici bellek bölgesinin adresi ile eşleştirilip bir isim verilerek program içerisinde belirtilebilir ve ilerleyen işlemlerde rahatlıkla kullanılabilir. Ancak bu işlem gerçekleştirilirken kaynak dosya içerisinde tanımlanan standart adresleri bilmek ve tanımlayacağımız kaydedicilerin adreslerini bu adreslerin dışında seçmemiz gerekmektedir. PIC 16F877 kaynak dosyası içerisinde yer alan standart kaydedicilerin bir kısmı aşağıdaki gibidir.

indf	equ	h'0000'
tmr0	equ	h'0001'
pcl	equ	h'0002'
status	equ	h'0003'
fsr	equ	h'0004'
porta	equ	h'0005'
portb	equ	h'0006'
portc	equ	h'0007'
portd	equ	h'0008'
porte	equ	h'0009'
pclath	equ	h'000a'

#### 4.11.2.4.3 Bit Tanımlamalarının Yapılması

Program içerisinde programdaki işlemleri daha rahat anlamak ve yazım esnasında hatayı azaltmak için çıkış pinlerine ve entegre içerisinde kontrolü sağlayacak bitlere kolay anlaşılabilir isimler verilebilir. İsimlendirilecek bu bitlerin ise programda belirlenmesi gerekir. Yani verilecek ismin hangi kaydedicinin hangi bitine ait olduğu programa yazılmalıdır. Bu kısımda yine kaynak dosyada kullanılan bazı standart bitler karşımıza çıkar. Bitleri isimlendirir iken bu standart bitleri göz önünde bulundurmak gerekir. Standart olarak tanımlanan bitlerin bazıları aşağıda sunulmuştur.

```
;---- status bitleri -----
#define    irp        status,7
#define    rp1        status,6
#define    rp0        status,5
#define    not_to     status,4
#define    not_pd     status,3
#define    z          status,2
#define    dc         status,1
c         status,0
```

#### 4.11.2.4.4 Giriş ve Çıkış Tanımlamaları

PIC 16F877 giriş ve çıkışın yapıldığı pinler PORTA, PORTB, PORTC, PORTD, PORTE pinleridir. Bu portlara ait tüm pinleri hem giriş hem de çıkış olarak kullanabiliriz. Ancak program içerisinde pinlerin hangisini giriş için hangisini çıkış için kullandığımızı belirtmek gerekir. Çıkış için tanımlanan bir pine gerilim girişi yapmak bu pinin bozulmasına neden olabilir. Bu yüzden işlemlerde kullanılmayan pinleri programda giriş olarak tanımlamak faydalı olmaktadır. Bir program içerisinde yapılabilecek giriş ve çıkış tanımlamaları aşağıda örnekler halinde sunulmuştur.

```
bank1
movlw    b'00011100'
movwf   trisa
```

```

movlw  b'01100110'
movwf  trisb
bank0

```

#### 4.11.2.4.5 PIC'in Yapacağı İşlemlerin Yazılması

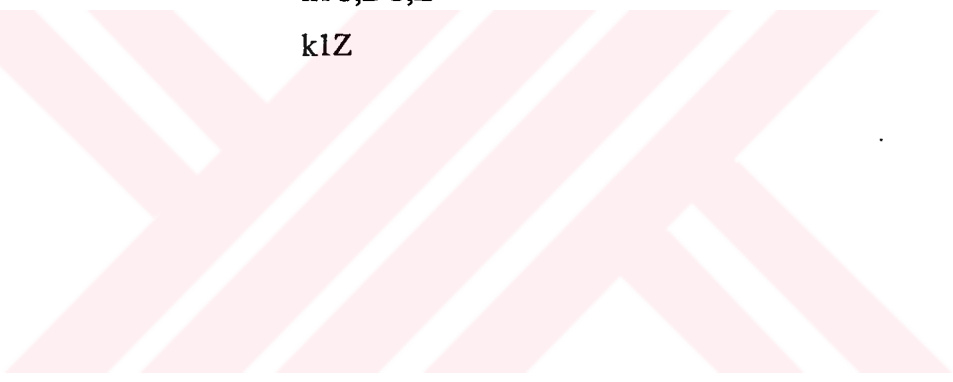
PIC'in yapacağı işlemleri yazmak demek komutları bir algoritma veya akış şemasına göre programda yerlerine yazmak demektir.

#### 4.11.3 PIC 16F877 Komut Takımı

PIC 16F877'nin programlanmasında kullanılan 35 komutluk komut takımı aşağıda verilmiştir.

Komut	Süresi(T)	Etkilenen Bit
ADDWF		f,d1C,DC,Z
ANDWF		f,d 1Z
CLRF		f1Z
CLRWF		-1Z
COMF		f,d1Z
DECF		f,d1Z
DECFSZ		f,d1(2)
INCF		f,d1Z
INCFSZ		f,d1(2)
IORWF		f,d1Z
MOVF		f,d1Z
MOVWF		f1
NOP		-1
RLF		f,d1
RRLF		f,d1
CSUBWF		f,d1C,DC,Z
SWAPF		f,d1
XORWF		f,d1Z
BCF		f,b1
BSF		f,b1

BTFSC	f,b1(2)
BTFSS	f,b1(2)
ADDLW	k1C,DC,Z
ANDLW	k 1Z
CALL	k2
CLRWDT	-1TO,PD
GOTO	k2
IORLW	k1Z
MOVLW	k1
RETFIE	-2
RETLW	k2
RETURN	-2
SLEEP	-1TO,PD
SUBLW	k1C,DC,Z
XORLW	k1Z

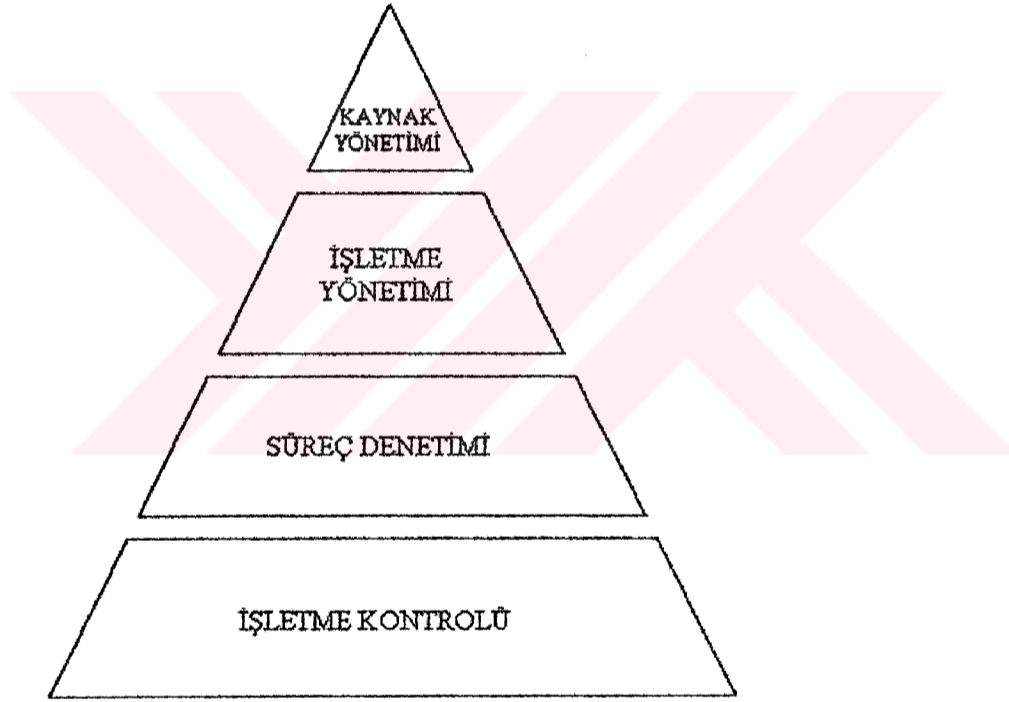


## 5. SCADA

### 5.1 Genel Tanımlar

Kapsamlı ve entegre bir "Veri Tabanlı Kontrol ve Gözetleme Sistemi" (Supervisory Control and Data Acquisition) kontrol sistemi sayesinde, bir tesise veya işletmeye ait tüm ekipmanların kontrolünden üretim planlamasına, çevre kontrol ünitelerinden yardımcı işletmelere kadar tüm birimlerin otomatik kontrollü gözetilmesi sağlanabilir.

Bu tür sistemler kademeli işleme özelliklerinden dolayı değişik işletmelerin tüm kontrol ihtiyaçlarını kademeli olarak gerçekleştirmelerine imkan verir. Bu kademeler şekilde 5.1'de görülmektedir.



Şekil 5.1 Bir işletmenin kontrol kademeleri

#### 5.1.1. İşletme Kaynak Yönetimi Kademesi

İşletmenin üretim için gerekli kaynakların planlandığı bu kademe, üretim ve hizmet politikalarını destekleyecek kararlar alınır ve uygulanır. Hizmet ve üretim yönetimi departmanları ile diğer departmanlar arasındaki işbirliği gerçekleştirilir. Bu kademe, organizasyon piramidinin tepesini oluşturur. Entegre bir SCADA kontrol sisteminin bu kademe en alt kademedeki gelen verileri değerlendirilerek işletmelerin stratejileri geliştirilir, politikalar saptanır ve işletme ile ilgili önemli kararlar alınır.

### 5.1.2 İşletme Yönetim Kademesi

İşletmelerde veya tesislerde bulunan bölümler arası işbirliği bu düzeyde sağlanır. İşletme yönetim katmanında bir önceki seviyede saptanmış stratejilere uygun kararlar oluşturulur ve işler sırası ile yürütülür. Bu kademe daha çok bir işletme müdürlüğü işlevini üstlenir.

### 5.1.3 Süreç Denetim Kademesi

Süreç denetim kademesi ile izleme ve veri toplama fonksiyonlarının gerçekleştirilmesiyle tesisler ve makineler arası eş-zamanlılık sağlanması amaçlanır. Bu kademe, genellikle merkezi kontrol ve kumanda odası bünyesindeki kontrol cihazları ve SCADA yazılımlarını içerir.

### 5.1.4 İşletme Kontrol Kademesi

Otomasyon piramidinin sonuncu kademesi, işletmelerin fiziksel kontrollerinin yapıldığı kademe olarak tanımlanabilir. Burada, mekanik ve elektronik aygıtlar arabirimlerle bağlanarak işletme fonksiyonlarını yürütürler. Denetim komutları bu düzeyde tesisin çalışmasını sağlayan elektriksel sinyallere ve makine hareketlerine dönüşür, bu dönüşümler elektronik algılayıcılar aracılığıyla toplanır. Toplanan veriler elektrik işaretlerine çevrilerek SCADA sistemine aktarılır. Tahrik motorları, vanalar, lambalar, hız ölçüm cihazları, sıcaklık, kuvvet ve moment elektronik algılayıcıları burada bulunur. SCADA sisteminden verilen komutlar, bu kademe, elektrik işaretlerine çevrilerek, gerçek dünyada istenen hareketlerin oluşması sağlanır (vanaların açılıp kapanması, ısıtıcıların çalıştırılıp durdurulması gibi).

## 5.2 İşletme Yönetimi ve SCADA Sistemi

İşletme bir bütün olduğuna göre yönetim fonksiyonlarının başarıyla gerçekleştirilebilmesi için kademeler arası koordinasyonun sağlanması gerekmektedir. SCADA sistemi, bir üretimin verimli yapılmasıyla ilgili her türlü kaynağı bir arada değerlendiren, simülatör özelliği taşıyan, yönetim bilişim sistemi altyapısını barındıran bir planlama aracı olarak düşünülebilir. Üretim denetimi fonksiyonunun hedefleri şunlardır:

- İş emri alıştırmalarının mümkün olduğunca iyi bir şekilde tutturulması,
- Ürünlerin veya hizmetlerin olabilecek en kısa sürede üretilmesi,
- Süreç içi envanterin miktar ve süre olarak minimumda tutulması,

- Üretim hücre ve makinelerin dengeli yüklenmesi,
- Üretimin maliyet ve kalite düzeyi yönünden en uygun aletlerle yapılmasıdır.

Aynı zamanda bir bilgi iletişim ağı olan SCADA sistemlerinin birincil fonksiyonu, belirlenen hedefleri tutturacak üretim denetimi ve süreçleri izleme etkinliklerinin başarıyla gerçekleşmesi ve buna katkıda bulunmasıdır. Burada etkin bir bilgisayar teknolojisinin veri toplama sistemiyle iletişimli ve gerçek-zamanlı olarak gerçekleştirilmesi şarttır. Günümüzde, bilgisayar teknolojisinin basit yazılım modülleri sayesinde bölümler arasında gerçek-zamanlı ilişki imkanları ayrıca sağlanabilmektedir.

### 5.3 SCADA Sistemi

SCADA sözcüğü Supervisory Control And Data Acquisition kelimelerinin ilk harflerinden oluşturulmuştur. Türkçe'ye "Denetimli Kontrol Ve Veri Toplama Sistemi" olarak çevrilebilir. Bir SCADA sistemi Denetim, Kontrol ve Veri Toplama işlevlerini yerine getirir.

**Denetim ve Kontrol İşlevi:** Belirli bir cihaza veya tesise uzaktan kontrol uygulayabilmek ve verilen kontrol komutuna göre çalışmasını sağlayabilmek ayrıca davranışını kontrol komutu doğrultusunda olup olmadığını doğrulayabilmektir.

**Danışmalı Kontrol Sistemi :** Bir iletişim kanalı üzerinden Multiplexing ( yol çoklama ) tekniği kullanılarak, uzak ve geniş bir coğrafi bölgeye yayılmış bulunan, çok sayıda cihaz ve tesisin sistem operatörü ( işletmeci ) tarafından, denetim ve kontrolünü sağlayan sistem olarak tanımlanır.

SCADA sistemleri; sistem operatörlerine, merkezi bir kontrol noktasından geniş bir coğrafi alana yayılmış petrol ve gaz alanları, boru sistemleri, su şebekeleri, termik ve hidrolik enerji üretim sistemleri ile iletim ve dağıtım tesisleri gibi alanlarda vanaları, kesicileri, ayırıcıları, anahtarları uzaktan açıp kapama; ayar noktalarını değiştirme, alarmları görüntüleme, ölçü bilgilerini toplama işlemlerini yerine getirir. Bu noktada ortaya çıkan uzaklık kavramı; kontrol bölgesi ile kontrol edilen cihaz arasındaki mesafenin telli kontrol kullanılmaya elverişli veya pratik olmadığı uzaklıktır.

#### 5.4 SCADA Uygulama Alanları

SCADA sisteminin pek çok kullanım alanı vardır. Dağınık bir yapıya sahip bölgesel ve yerel tesislerin bir çoğunda kullanılmaktadır. Başka sistemlere de altyapı teşkil etmektedir. İlave birimlerle SCADA sistemi “ENERJİ YÖNETİM SİSTEMLERİ veya ENERJİ DAĞITIM SİSTEMLERİ” gibi sistemler oluşturur.

SCADA sisteminin başlıca kullanım alanları şunlardır ;

- Kimya Endüstrisi
- Doğal Gaz ve Petrol Boru Hatları
- Petrokimya Endüstrisi
- Demir-Çelik Endüstrisi
- Elektrik Üretim ve İletim Tesisleri
- Elektrik Dağıtım Tesisleri
- Su Toplam, Arıtma ve Dağıtım Tesisleri
- Trafik Kontrolü
- Bina Otomasyonu

Kısaca bir tesiste; ölçüm ve kontrol yapılacak alan genişse, basit komutlar ve görüntülemelerle kontrol yapılabilecekse ve iyi bir işletme için düzen ve hızlı cevap süreleri gerekli ise SCADA kullanılır.

#### 5.5 Temel SCADA Fonksiyonları

SCADA sisteminin fonksiyonlarını ;

- 1) Denetim Fonksiyonları ( Monitoring, Olay ve Alarm İşleme )
- 2) Kontrol Fonksiyonları
- 3) Veri Toplama
- 4) Verilerin Kaydı ve Saklanması olarak dört grupta toplayabiliriz.

**Denetim Fonksiyonları :**

Durum denetimi ( açık – kapalı ).

Eşik ve limit değer denetimi ( analog ölçümler ).

Olay ve alarmların rapor edilmesi, gruplandırılması, sınıflandırılması.

**Kontrol Fonksiyonları :**

Kontrol edilecek cihazların tek tek kontrolü ( ayırıcı ve kesicilerin uzaktan açılıp kapatılması, trafo kademe değiştirici kontrolü, vb).

Regülatörlere veya rölelere kontrol işaretlerinin gönderilmesi.

**Veri Toplama :**

Analog ölçümler ( akım, gerilim, aktif ve reaktif güçler, yağ ve sargı sıcaklıkları, kademe değiştirici konumu, vb. )

Durum ölçüleri ( kesici ve ayırıcıları açık kapalı konumları, röle kontak konumları, vb.)

Enerji ölçümleri ( sayaç çıkışından alınan birim enerji işaretlerinin sayılması )

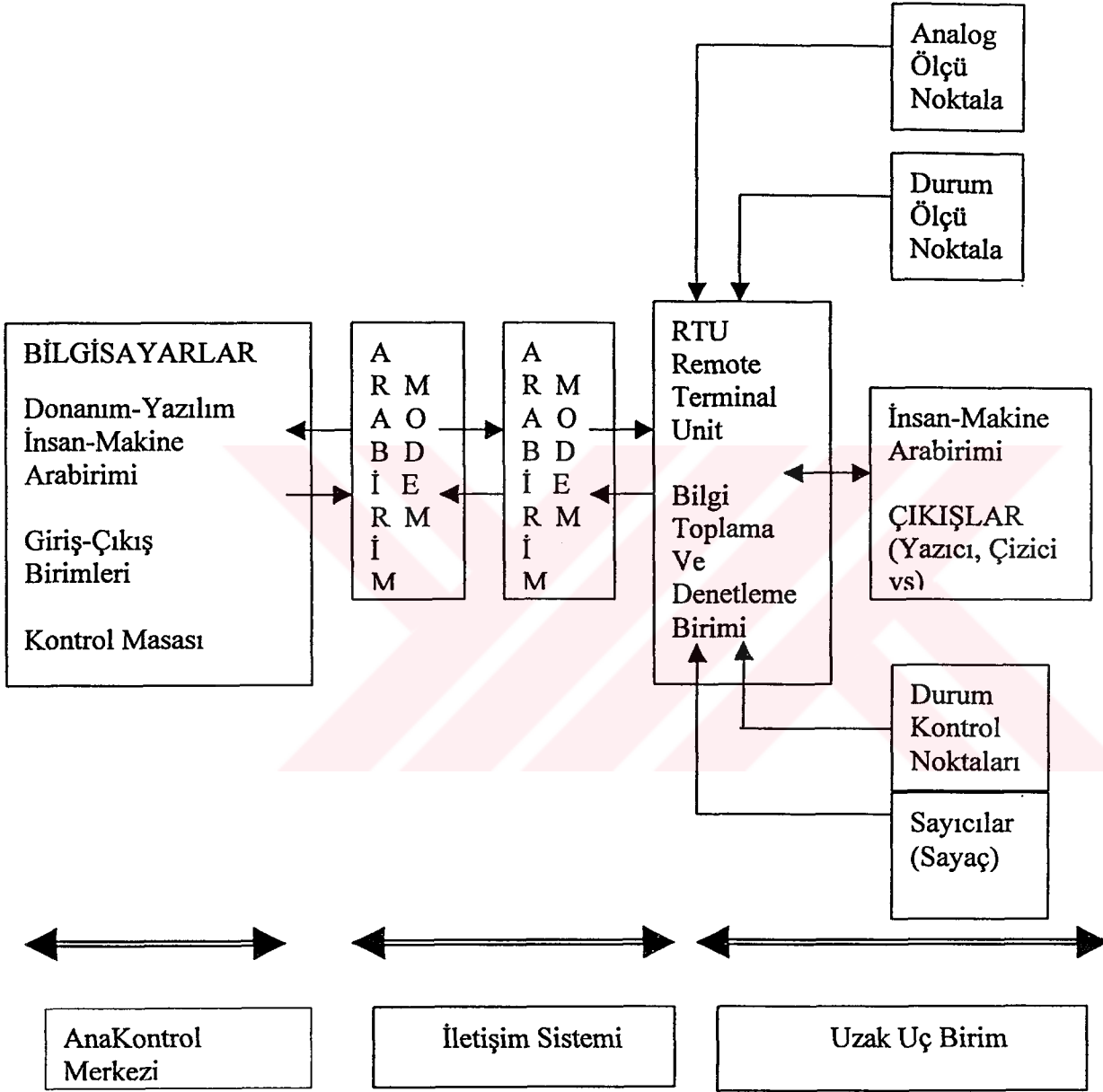
**Verilerin Kaydı ve Saklanması :**

Denetim, Kontrol ve Veri Toplama işlevlerinden elde edilen veriler isteğe bağlı aralıklarla ve istenen sürede saklanır.

**5.6 SCADA Yapısı**

SCADA esas olarak üç ana kısımdan oluşur :

- 1) Uzaktan Algılama Ünitesi ( UUB – Uzak Uç Birim )  
( RTU – Remote Terminal Unit )
- 2) İletişim Sistemi
- 3) Kontrol Merkezi Sistemi ( AKM- Ana Kumanda Merkezi )  
( MTU – Master Terminal Unit )



Şekil 5.2 SCADA sisteminin Genel yapısı

Genel olarak SCADA sisteminden beklenenler:

- Sisteme ait elektriksel ve endüstriyel parametrelerin PC'den izlenebilmesi.
- Set edilen değerler için alarm alabilme
- İstenen değerlerin talep edilen periyotlarda kaydedilmesi

- Grafik, Trend izleme ve kaydetme imkanı
- Enerji tasarrufuna imkan sağlayan veri tabanı
- Ürün bazına indirgenebilen enerji maliyeti
- Elektrik sarfiyatının faturalanması
- Tek bir merkezden dükkan, ofis, grup ve bina bazında yük kontrolü
- Öncelik seçimli yük atma ve yük alma
- Arıza takibi
- Sistemdeki her noktaya PC'den kumanda imkanı

Yazılımdan (software) beklenenler ise:

- Çabuk kolay uygulama tasarımı
- Dinamik grafik çizim araçları
- Çizim kütüphaneleri
- Alarm yönetimi
- Tarih bilgilerinin toplanması
- Rapor üretimi

### 5.7 İzlenebilir şebekeler

Ölçüm sistemlerinin yerleştirilmesi, kaynakların en etkin biçimde kullanılması ve etkin maliyet kontrolü kurulması üzerinde odaklanmıştır. Bir hizmetin üretimdeki reel maliyetinin saptanması ve hizmetin yapılmasının sağlanması için elektriğin ünite başına maliyeti saptanmalıdır. Enerji tüketimi (kwh, kVARh), maksimum talep gücü (kW, kVA); maliyet (true cost), voltaj, akım, güç faktörü ve Harmonik Distorsiyonu ile ilişkilidir. Uygun bilgi gözetimi ve yazılım yönetimi ile çevrili bir ölçüm şebeke uygulaması, elektrik tüketiminin maliyet ve kalitesinin doğrudan ölçümüne imkan tanır.

Ölçüm şebekesi şunları sağlayacaktır:

- Fatura doğrulamasını sağlama
- Kullanılan enerji tutarının saptanması
- Tüketim bilgisinin otomatik olarak toplanması ve analiz edilmesi
- Enerji kullanım hedeflerini belirlemeye yardımcı olmak
- Hedef performansının başarısı ve idaresi için sürekli bilgi akışı sağlama

Başlıca değerlendirme, şebeke görüntülenmesinden öncelikli olarak taşınabilir cihazların kullanılması ile sağlanabilir. Böylece en etkin maliyet yaklaşımı ile cihaz belirlenmesi ve donanım analiz yeterliliği de garanti edilmektedir. Bugünün, düşük maliyet-yüksek performanslı PC'leri ve RS-485 protokolü ile optik fiber şebekesinin sadeleştirilmesi ile birleştirilmiş çok fonksiyonlu mikroişlemci cihazları büyük ölçüde detaylandırılmış olarak fabrika-bina sistemlerinin izlenmesine imkan tanır. Bugün, fabrika ve bina izlenmesi karmaşık ve pahalı bir işlem olmaktan çıkmıştır.

### 5.7.1 Ölçüm sistemleri (Enerji izleme şebekeleri)

Bir şebekenin izlenebilmesi için merkezi yönetim merkezine ölçüm değerleri gönderecek fonksiyonel Uzak Uç Birimleri olmalıdır. Bu birimler birbirlerine kusursuz bir ağ ile bağlı olmalıdır. Bu ağ sistemleri genel olarak yakın mesafelerde fiber optik (cam fiber yada plastik fiber) ve uzak mesafelerde ise uydular (vericiler) vasıtasıyla sağlanmaktadır.

### 5.7.2 İleri SCADA kavramları

Kamu hizmeti gören bir kuruluşun tipik bir sistem planlaması bir gözetici kontrol ve veri edinme (SCADA) sistemini oluştururken, göz önüne alması gereken çok çeşitli kavram ve uygulamalarla karşılaşır. Sistemin çalışma şartları çok ani değişen teknolojilerden ve yüksek derecede rekabete dönük iş ortamından etkilenmektedir. Bu değişiklikler elektrik endüstrisinin diğer elemanlarının aksine, sadece SCADA sistemleri için gelişmemekte, bunun yanında geleceğin SCADA sistemlerine çok derinden bir etki yapacak şekilde diğer teknolojik forumlar tarafından da üretilmektedir.

**Yönlendirici Kuvvetler:** Endüstrinin ilk 30 yılı boyunca SCADA sistem kavramlarında çok az bir değişiklik meydana gelmiştir. Belli bir amaç için uygun olarak geliştirilmiş, sadece bu işe tahsis edilen bilgisayarlar bilgi toplamış ve Uzak Uç Birimlerine (Remote Terminal Units-RTU) 1200-baud iletişim hatları üzerinden kontrol komutları yollamıştır. RTU'lar, adlarından anlaşılardan daha fazla bir anlam ifade etmeyen ana merkeze hizmet etmenin ötesinde hiçbir zeka birimi veya fonksiyonu bulunmayan bir bilgisayar sisteminin Uzak Uç Birimleriydi. Bu sistemler, diğer kuruluş yatırımlarıyla ya çok az ilişkiliydi veya hiç ilişkili değildi. Sonuçta, SCADA sistem tasarımının ve oluşturulmasının hem indirici transformatör merkezi hem de kontrol merkezi bazında kuruluş mühendisliği ve işletmesinin diğer yönleri ile ilgisi

kalmamıştı. Kuruluşların gittikçe artan rekabete dayanan iş ortamı SCADA'nın kendine ait bir süreç olarak değil, kuruluş işlemleri sürecinin bir kısmı olarak yeniden değerlendirilmesine sebep olmaktadır.

Modern SCADA sisteminin donanımı ve yazılımı, kuruluşun çıkarını en yüksek seviyeye ulaştırmak için geniş teşebbüslü yönetim bilgi sistemlerinin stratejisine dahil edilmelidir. Ayrıca, bir SCADA sisteminin tesisi, işletimi ve bakımı ile ilgili olan özel gayretler, rekabet içinde bulunan iş hayatının gereği olarak, azaltılmalı veya ortadan kaldırılmalıdır.

İndirici transformatör merkezi işlemleri, güçlü çalışan bilgisayarlarının ve akıllı cihazların kullanılması sayesinde otomatikleştirilmektedir. Bu cihazlar, SCADA için olduğu kadar sınırlı işlemler için de indirici transformatör merkezi için toplanan verinin entegrasyonu ve kontrolü işlemini oluşturmak üzere devreye dahil edilebilir. Sonuç, elektriğin iletimi ve dağıtımı için entegre edilmiş bir koruma, kontrol ve gelir yönetimi sistemidir. Bu sistemler, ayrıca, daha önce ana indirici transformatör merkezleri tarafından icra edilen yüksüz işlemler (off-load processes) için yeterli hesaplama kapasitesine de sahiptir. Bu işlemlerden bazıları indirici transformatör merkezinde daha verimli ve daha doğru bir biçimde gerçekleştirilebilir.

İletişim teknolojisindeki gelişmeler SCADA endüstrisini yeni yönlerle yöneltmeye devam etmektedir. Günümüzde, bir kuruluş sistemindeki her iletim transformatör merkezi için servis iletişimine (1,44 megabit/saniye) sahip olmak maliyet açısından uygundur. Bu, büyük veri bloklarının iletimini sağlar ve SCADA mimarisini ve fonksiyonelliğini 1200-baud limitli eski iletişim sistemlerinden kurtarır. İletişimindeki bu gelişmeler nedeniyle indirici transformatör merkezi SCADA sistemi, kuruluş yatırımında daha geniş bir rol üstlenecektir. Fiber optik teknolojisinin, direkt uydu yayıncılığının ve bağımsız şirketlerin sayısal servis sağlayıcılarının (third-party digital service providers) gelişmesi, yüksek oranda veri iletimini ekonomik hale getirmiştir.

## **5.8 SCADA Sisteminin Kontrol Birimleri**

### **5.8.1 Uzaktan Bilgi Toplama ve Denetleme Birimi (RTU:Remote Terminal Unit)**

Remote Terminal Unit Türkçe'ye tam kelime anlamıyla "Uzak Uç Birim" veya "Uzak Giriş Birimi" olarak çevrilebilir. Uzak Uç Birimin yaptığı işlevler göz önüne alındığında Türkçe'ye

çevrinin “Uzaktan İzleme ve Denetleme Ünitesi” veya “Uzaktan Bilgi Toplama ve Denetleme Birimi” olarak yapılması daha doğru olur.

Bir SCADA Sisteminde RTU – Uzaktan Bilgi Toplama ve Denetleme Birimi; bulunduğu merkezin sistem değişkenlerine ilişkin bilgileri toplayan, depolayan gerektiğinde bu bilgileri kontrol merkezine belirli bir iletişim ortamı yolu ile gönderen, kontrol merkezinden gelen komutları uygulayan bir SCADA birimidir.(Whei-Min ve Mo-Shing,1986)

SCADA Sistemi içerisinde yerel ölçüm ve kumanda noktaları oluşturan RTU’ lar birbirine bağlanabilen çeşitli cihazlara, kesicilere, ayırıcılara kumanda edebilir. Ölçülmesi gereken akım, gerilim, aktif ve reaktif güç, güç faktörü gibi değerler ölçülebilir. Ayrıca ayırıcı, kesici (Açık, Kapalı), durumlarını kontrol edebilme imkanı sağlar. RTU yardımıyla merkezi kumanda ve izlemeyi sağlamak için RTU’ lar ölçüm sonuçları ile cihazın çalışma durumlarını (Kesici açık, Ayırıcı kapalı) merkeze ileterek merkezden gelen komutlar doğrultusunda bulunan (Kesici aç, Ayırıcı kapa) işlemlerini yapar. Böylece merkezi denetim birimlerinin başında bulunan sistem operatörünün tüm ölçüm sonuçlarını görmesini ve gerekli komutları göndererek sistemin denetlenmesini sağlar. Fakat RTU’ nun görevi sadece ölçüm yapmak ve komut uygulamak değil ölçüm sonuçlarının belirli sınırlar içerisinde olup olmadığını da denetleyerek aykırı ya da alarm durumlarında merkeze bildirmektir.

İlk zamanlarda SCADA Sistemlerinde kullanılan RTU’ lar mikroişlemcisizdi, mikroişlemcisiz RTU’ lar sadece ölçüm yaparak bu ölçüm bilgilerini merkeze bildirerek merkezden gelen komutlar doğrultusunda işlem görürlerdi. Bu tip RTU’ lar kullanılarak oluşturulan SCADA Sistemlerinde bir çok olumsuzluklar meydana gelmekteydi.

Alarm durumlarında ve diğer bütün işlemlerin merkezi denetim sistemi üzerinden yapılmasından dolayı ortaya çıkan problemler şu şekilde sıralanabilir:

- a. Merkezin devre dışı kaldığı yada merkezle RTU’ ların iletişiminin kesildiği durumlarda oluşacak sorunlarla müdahale edilmemekte ve sonuç olarak da sistemin işletimi aksamaktadır.
- b. Alarm durumlarında, merkezin alarm kararı verip RTU’ ya komut göndermesi belli bir süre almaktadır. Bu da, anında müdahale edilmesi gereken durumlarda sakıncalara yol açmaktadır.

c. Mikro işlemcisiz olan RTU' larla oluşturulan SCADA sisteminin çalışabilmesi için merkezin sürekli olarak RTU' lar ile sürekli iletişim halinde olması gerekmektedir. Ancak bu sayede merkez, denetlenen cihazlar hakkında bilgi sahibi olup istenilen işlemleri yerine getirebilir. Bu durumda çok yoğun iletişim trafiğinin yaşandığı SCADA Sistemlerinde özel bir iletişim hattının bulunması gerekir.

d. Mikro işlemcisiz RTU' lar, kullanıcının özel gereksinimlerinin bulunduğu yada karmaşık kontrol algoritmalarının uygulandığı durumlarda yetersiz kalmaktadır.

e. Tüm SCADA sisteminin yükü merkez bilgisayarı üzerinde olacağından çok hızlı, yüksek işlem gücü olan, pahalı bilgisayar kullanmak gerekmektedir. Bu da ekonomik yük getirmektedir.

İşlemcili RTU' lar, tüm olumsuz yanları değerlendirerek alarm uyarıları üretebilir ve bu durumlarda ne yapılacağına anında kendileri karar vererek yerinde müdahale edebilir. Aynı zamanda işlemcili RTU' lar kullanıcının özel isteklerini yerine getirecek şekilde programlanabilir, böylece denetleyici cihazların kullanıcı gereksinimleri karşılayacak şekilde sağlanmış olur. Bu esnada diğer işlemcili RTU' larla haberleşerek işlemlerin yerine getirilmesi sağlanmış olur. Birbirleri arasındaki iletişimi sağlarken aynı zamanda merkezi birim tarafından sürekli gözetlenerek sistemin tümünün denetlenmesine izin verirler.

İşlemcili RTU' ların endüstrideki avantajları:

- a. Mikro işlemcili RTU' lar en karmaşık kontrol yöntemlerinin dahi uygulanmasını sağlarlar.
- b. Mikro işlemcili RTU' lar kendi başlarına karar verebildikleri için, çoğu zaman merkez birimine gerek duymadan uygulamanın devamı için gerekli işlemleri yerine getirirler. Bu da toplam sistem performansını önemli ölçüde artırır ve tepki süresini azaltır. Böylece kalıcı yada ölümlü sonuçlanan hasar durumlara acil müdahale edilebildiği için tüm sistemin güvenilirliği sağlanır.
- c. Mikro işlemcili RTU' lar normalde kullanılan pek çok elektro mekanik yada mekanik cihazın işlevini üstlenmektedir. Mekanik cihazlar, uzun kullanım süreleri sonucunda

aşınmakta verimleri düşmekte ve güvenilirlikleri azalmaktadır. Tamamıyla elektronik yapıdaki RTU ise hassasiyetinde hiçbir değişiklik olmadan dahi uzun süre çalışabilmektedir.

d. Mikroişlemcili RTU' lar kendi başlarına karar verebildikleri, için merkez bilgisayarın yapacağı pek çok işi de üstlenmiş olur. Bu genel sistemin güvenilirliğini arttırmaktadır. Merkez biriminin durması veya iletişimin kesilmesi durumunda akıllı RTU hiç durmadan görevini icra etmekte ve gerekli tüm işlevleri yerine getirmektedir.

e. Merkezin işlem yükünün RTU' lara dağılması sonucunda, merkezin RTU' lar ile sık iletişim kurma gereksinimi kalmayacak, iletişim trafiği hafifleyecek, iletişim ortamı daha verimli kılınacaktır.(Kaynak,1989)

### **5.8.2 RTU' nun Sistem İçerisindeki Yeri:**

RTU' nun fiziksel olarak üzerinden bilgi toplayabileceği, gerektiğinde kumanda edebileceği giriş ve çıkış noktaları vardır. Elektrik tesislerinde; akım ve gerilim trafoları, ayırıcı, kesici ve röle durumları RTU tarafından izlenmekte ayrıca aynı RTU tarafından tali merkezdeki çeşitli birimlerin kontrolü mümkün olabilmektedir.

Bir SCADA siteminde bir veya birkaç kontrol merkezi olabilirken aynı sistemde RTU sayısı 100' lerce olabilmektedir. Bu nedenle RTU' lar; sistemin taşınabilirliği güvenilirliği ve özellikle maliyeti gibi önemli öğelerinin doğrudan belirleyicisi olmaktadır. RTU' ların küçük boyutta olması ve kullanılacak bölgelerin doğal koşullarına dayanabilecek şekilde üretilmesi çok önemlidir.

RTU' lar tali merkezlerde en fazla 3-4 metrekairelik yer kaplayacak boyutlarda ve 1,5-2 mete yüksekliğe sahip panolara yerleştirilir. Tali merkez boyutları ile karşılaştırıldığında bu ölçüler oldukça normaldir. Eğer bir sistemin kontrol ve gözlenmesi için mevcut cihazlarda daha büyük cihaz kullanılıyorsa; hem maliyet hem de taşınabilirlik açısından kurulan sistemin önemli dezavantaja sahip olacağı açıktır.

### 5.8.3 RTU' nun Görevleri

Günümüzde RTU' lar mikroişlemcilerin her geçen gün değişmesi sayesinde esnek, çok fonksiyonlu, daha akıllı ve daha ekonomik hale gelmektedir. Temel fonksiyonları değişmemek kaydıyla RTU' lar gün geçtikçe artan kullanıcı isteklerine cevap verecek şekilde geliştirilmektedir. Tanımından da anlaşılacağı gibi RTU – Bilgi Toplama ve Denetleme Biriminin en önemli iki görevi;

1. Bilgi Toplamak ve Depolamak
2. Gerekli Kumandaları Gerçekleştirmektir.

Bu iki görev RTU' nun değişmeyen temel özelliğidir. Bir RTU' nun kontrol fonksiyonları kısıtlı olabilir ancak yukarıdaki özelliklerinden taviz verilemez. RTU' nun kullanıcılarına daha verimli hizmet etmeleri istendiğinde, bu fonksiyonlara zamanla bir yenisini daha eklenmiştir. Bu da tali merkez seviyesinde gösterimdir. RTU' nun yukarıdaki iki görevinin birleştirilmesi ile oluşturulan bir diğer görevi daha vardır. Bu da arıza yeri tespiti ve izolasyonu görevidir.

RTU' nun görevlerini tekrar sıralayacak olursak;

1. Bilgi Toplama ve Depolama
2. Kontrol ve Kumanda
3. İzleme (Monitoring)
4. Arıza Yeri Tespiti ve İzolasyonu

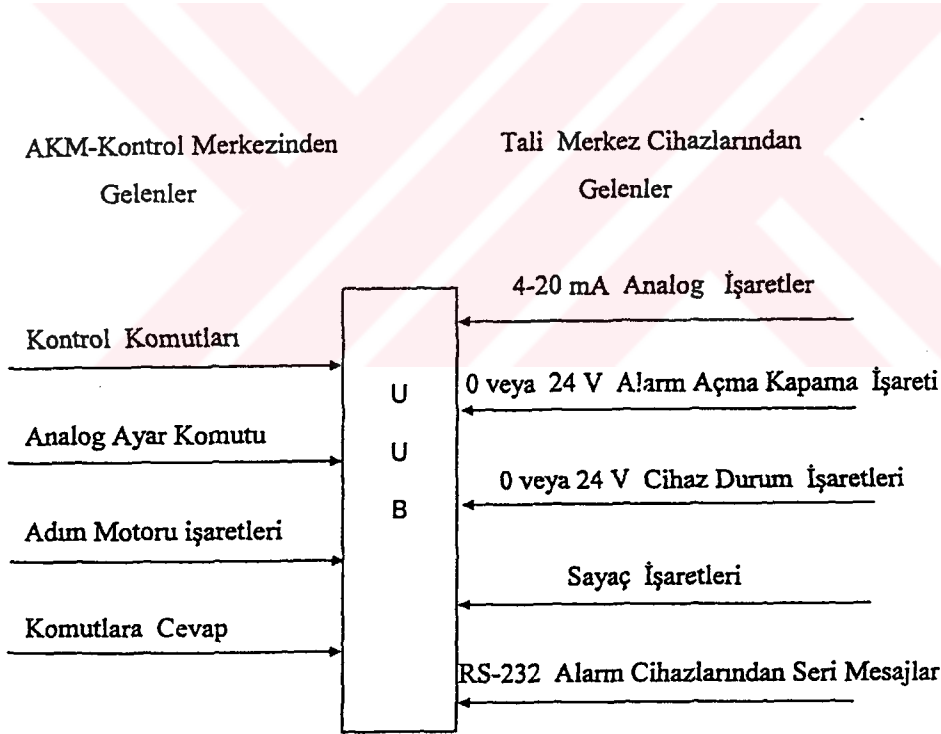
### 5.8.4 Bilgi Toplama ve Depolama

RTU' lar tali merkezlerde, analog değerler, alarm ve durum bilgileri ve sayaç değerlerini toplarlar. Böylece bağlı oldukları tali merkezlerin ve ait oldukları ana merkezin ihtiyacı olan tüm bilgileri toplayarak otomasyonun ilk prensibini gerçekleştirmiş olurlar. Toplanan bu bilgileri kendi üzerlerindeki hafızalarında saklarlar. Bu bilgiler; MTU kendilerini sorgulayınca kadar veya ayarlanan belli süreler için saklanır. Bilgi toplama işini kendilerine verilen periyodik aralıklarla veya ayarlandıkları değerlerden sapmalar olduğunda yeni değerleri kaydetmek şeklinde yerine getirirler.(Murthy ve Jagannadh, 1993)

Analog değerler; örneğin elektrik tesislerinde akım, gerilim, aktif ve reaktif güç gibi değerler sistemden izole durumundaki ölçü trafoları, transdüserler yardımıyla gerektiğinde analog çoklayıcılar kullanılarak alınır. Durum değerleri ise mekanik ve/veya optik izolasyonla alınabilir.

RTU' lar bilgilerin toplanmasını ve gönderilmesini RS-232 veya RS-485 seri formatta çalışan cihazlarla yapmaktadır. Bu, SCADA fonksiyonelliğini arttırmamakta fakat sahadaki lokal veri transferini basitleştirmektedir.(Boyer, 1993)

RTU topladığı değerleri gerekirse bir ön işlemden geçirebilir. Ön işlem; bilgilerin kullanıcı tanımlı hale getirmesi olayıdır. Yani analog bir bilgi sayısal bir bilgiye çevrildikten sonra RTU' da oluşturulmuş bir veri tabanı vasıtasıyla, o değere ait sınır değerlerle karşılaştırmaya veya matematiksel bir hesaplama tabi tutulur. Bu işlemlerden sonra o bilginin kontrol

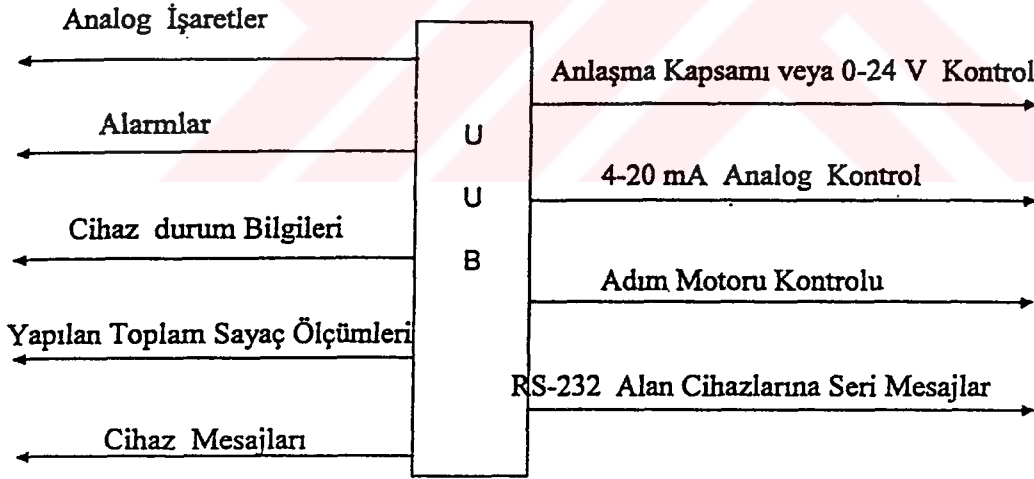


Şekil 5.3 RTU' ya gelen işaretler

merkezine gönderilmeye değer bir bilgi olup olmadığı da ortaya çıkar. Örneğin uzun bir süre aynı değerde seyreden bir bilgiyi her ölçüldüğünde kontrol merkezine göndererek iletişim kanalını meşgul etmektense, sadece değişiklik olduğunda göndermek daha mantıklı ve pratik olmaktadır. Buna İngilizce'de "Ayıklamalı Raporlama" anlamına gelen "Report by Exception" denmektedir. Bilgi alındıktan ve işlemden geçirildikten sonra gerekliyse ya o anda

Kontrol Merkezine gönderilir yada daha sonra sorgulandığında gönderilmek üzere RTU' da depolanır. Depolanan bu bilgiler RTU' da oluşturulmuş veri tabanı kütüğüne "oluş sırasına göre" kaydedilir. Oluş sırasına göre kayıt; beklenmedik durumlarda farklı zaman ve bölgelerde oluşan hızlı durum değişikliklerinin tek bir zaman ekseni üzerine kaydedilir. Hata sonrası analizlerde ve gerçek zaman içinde operatörün gerekli manevrayı yapmasında kullanılır. "Oluş Sırasına Göre Kayıt" İngilizcesiyle "Sequence of Events Tagging" bilgilerin, RTU' da olsun, Kontrol Merkezinde olsun, belli bir zaman hassasiyetine göre, oluş sırasına göre kaydedilerek rapor edilmesi anlamına gelmektedir. Bu hassasiyet tipik olarak durum değerleri için 1 milisaniye, analog değerler için 20 milisaniyedir. Örneğin bir kesicinin açması ile bir diğer kesicinin kapanması arasında 1 milisaniyeden daha çok bir zaman farkı varsa, bu iki olayın aynı zamanda değil farklı zamanlarda gerçekleştiği söylenir.

Bu şekilde bir depolama işlemi sayesinde bir gün içinde hangi olayın, tam olarak, ne zaman ve kaç defa gerçekleştiği Kontrol Merkezi tarafından rahatlıkla izlenmektedir. Bu SCADA gibi gerçek zamanlı (Real Time) bir sistemde mutlaka bulunması gereken bir özelliktir.



Şekil 5.4 RTU'dan çıkan işaretler

#### 5.8.4.1 Kontrol ve Kumanda

Elektrik tesislerinde uzaktan kumandalı olarak bir kesiciyi, bir ayırıcıyı, açmak kapatmak regülasyon amacıyla trafoların sekonder kademelerini değiştirmek vb. kumandalar RTU tarafından gerçekleştirilir.

#### 5.8.4.2 İzleme (Monitöring)

RTU' nun diğer bir görevi ise, bütün yukarıda belirtilen görevlerin doğru şekilde yerine getirildiğine ilişkin bölge operatörüne kanıt olarak görüntü sunmasıdır. Başka bir deyişle, örneğin elektrik tesisleri trafo merkezlerindeki bir bilgisayarda gösterim işlevidir. Bu, diğer iki görev kadar önemli olmamakla birlikte, tali merkez seviyesinde böyle bir işleve de zamanla gereksinim duyulmuştur. Böylece tali merkezden diğer tali merkezlere bilgi göndermek, kontrol işareti göndermek, programlama yapmak bilgisayar teknolojisinin hızla gelişmesi ile birlikte, mümkün hale gelmiştir. Burada RTU; aldığı bilgileri, yapılan kumandaların sonuçlarını sadece Kontrol Merkezine bildirmek ve bünyesinde isteğe bağlı olarak depolamakla birlikte, aynı zamanda sınırlı bir veri tabanı yapısına sahip yerleşik veya portatif bir gösterim bilgisayarına da bildirmektedir. Bilgisayar yapısında yazıcı ve çizici gibi donanımlar da kullanmak mümkündür.

#### 5.8.4.3 Arıza Yerini Tespit ve İzolasyonu

RTU' nun bütün bu görevlerine ek olarak, tesis için oldukça önem taşıyan bir başka görevi daha vardır. Bu görev; Arıza Yerinin Tespiti ve İzolasyonudur. Bu özellik genellikle bir çok SCADA sisteminde olmayan bir özelliktir. Bu görevi yerine getirmek için RTU kendi bünyesinde; Arıza Arabirimi Modülü ve buna bağlı bulunan Arıza Akımı Algılayıcı Modülleri bulunmaktadır. Bu modüller vasıtasıyla arızalar algılanmakta ve RTU' ya bildirilmektedir. RTU Arıza Arabiriminden tüm Arıza Algılayıcıların sorgulanması için gerekli komut verilir. Arabirim, Arıza Akımı Algılayıcı Modülleri ile haberleşerek arıza akımının geçtiği noktaları öğrenir ve RTU' gönderir. RTU bu bilgilerin ve Kontrol Merkezinden gelen komutların ışığında sistemin arızalı bölgesinin izole edilmesi için harekete geçerek gerekli komutları Arıza Akımı Algılama Modüllerine gönderir ve arıza izolasyonu tamamlanmış olur.

Klasik yöntemlerle arıza yerinin bulunmasının ve izolasyonunun saatlerle ölçülecek bir zaman aldığı bilinmektedir. Bunun yerine SCADA sisteminin getirdiği ve RTU' nun görevleri arasında bulunan yöntemlerle arızalar; saniyelerle ölçülecek bir sürede tespit edilmekte ve izole edilmektedir. Üst paragrafta bahsedilen olaylar sadece 1-10 saniye sürmektedir. RTU' nun bu görevi sayesinde kullanıcıya çok önemli bir avantaj sağlanmakta, arıza yerinin belirlenmesi ve izolasyonu kayıpsız ve en ekonomik biçimde halledilmiş olmaktadır.

### 5.8.5 RTU' nun Ana Bölümleri

Yukarıda açıklanan görevleri yerine getirmek için RTU' nun 6 ana bölümü bulunmaktadır.

Bu bölümleri şöyle sıralayabiliriz.

- a. İletişim Ünitesi
- b. Ana İşlem Ünitesi (CPU)
- c. Giriş Çıkış İzolasyon Ünitesi
- d. Kullanıcı Arabirimi Ünitesi
- e. Test Ünitesi
- f. Güç Kaynağı Ünitesi

#### 5.3.5.1 İletişim Ünitesi

Bu ünite RTU' ile iletişim ortamı arasında bir köprü rolü oynar ve iletişimden sorumlu bölümdür. Bu iletişim ortamı birden fazla olabilir. Günümüzde, bu ortamlar üzerine kurulu bir takım iletişim standartları ve bu standartların oluşturduğu iletişim protokolleri vardır. İletişim ünitesi Kontrol Merkezinden gelen ve bu protokoller dahilinde oluşturulmuş komutları değerlendirerek, gerekli işlemleri ana işlemciyle temasa geçerek başlatır. Bu işlemlerin sonunda da uygun cevapları aynı protokoller çerçevesinde düzenleyerek Kontrol Merkezi yönünde iletişim ortamına yollar.

Yeterli bir iletişim performansı için İletişim Ünitesinde olması gereken özellikler:

- a. İletişim kanallarında oluşacak gürültüye karşı, RTU' nun korunmuş olması. Bunun için gelen iletişim sinyalinin toprağı ile ünite toprağının farklı olması.
- b. Başka RTU' larla yada Kontrol Merkezleri ile haberleşmeyi sağlayacak birden fazla kanal yapısı.
- c. Kanalda kullanılacak çeşitli iletişim ortamlarının ve protokollerinin desteklenmesi.
- d. Hata bulucu ve hata giderici yapıya sahip olması. Sinyalin hatalı gelebileceği olasılığı nedeniyle fark edilir ölçüde düzeltme yapabilecek bir yazılım yapısı.
- e. Kanalin gürültü seviyesini devamlı kontrol eden bir donanım yapısı.
- f. RTU "Mesajı Yolla (Transmit)" konumundan belli bir süre sonra "Mesajı Al (Receive)" konumuna geçmez ise RTU' nun kendini otomatikman kanaldan ayırma özelliği (Anti-streaming) nin desteklenmesi.

### 5.8.5.2 Merkezi İşlem Birimi (CPU-Central Processor Unit)

Bu ünite, tüm RTU' nun beyni durumundadır. Diğer ünitelerde hiç gerekmeyen Mikroişlemci Tabanlı Mimari bu kısımda bir zorunluluktur. RTU' nun ulaşabildiği tüm notalarla ilgili bilgilerin bulunduğu bir veritabanını saklayan hafıza birimi de bu mimari içindedir.

Bu ünitenin görevleri birkaç maddede şu şekilde özetlenebilir:

- a. Her türlü analog ve durum işaretlerini ve alarm bilgilerini Giriş-Çıkış-İzolasyon ünitesinden toplamak ayıklayıp süzmek etmek, gereksizleri elemek.
- b. Kontrol işlemleri için gerekli sinyalleri aynı üniteye göndermek.
- c. Kontrol merkezinden gelen, İletişim Ünitesinin aldığı ve tercüme ettiği komutlara ve sorgulamalara cevap vermek.
- d. Mevcut veritabanındaki bilgilerin ışığında olayları oluş sırasına göre rapor etmek.

### 5.8.5.3 Giriş – Çıkış / İzolasyon Ünitesi

Birçok RTU' da Giriş – Çıkış ve İzolasyon üniteleri içi içe geçmiş durumda bulunmaktadır, ve genellikle beraber incelenmektedir. Bulunduğu merkezdeki olumsuz çevre şartlarına karşı RTU' nun korunması görevini üstlenir. Bulunduğu yerdeki tüm analog ve durum değişkenleri ile analog ve sayısal çıkışlar bu birim tarafından alınır, gerekli izolasyonlar bu birimde yapılır. İzolasyon optik ve mekanik olmak üzere iki çeşittir. Bir çok RTU' da her iki seviyede de izolasyon güvenlik açısından mevcuttur.

### 5.8.5.4 Kullanıcı Arabirimi Ünitesi

RTU' nun bulunduğu istasyon bilgilerinin sadece Kontrol Merkezinde kullanıcıya sunulması düşüncesi yıllarca korunmuş olmasına rağmen modern birçok RTU' da kullanıcı arabirimine gerek duyulduğu anlaşılmıştır. İstasyon seviyesinde otomatik yada manuel olarak yapılacak işlemlerden durum bilgilerinden orada bulunan operatöründe haberdar olması için istasyonda bir bilgisayar ile yazıcı ve çizicinin bulunması kaçınılmaz olmuştur. Sadece merkeze ilişkin bir veri tabanına yönelik bir gösterim işlevi RTU' nun kendisi tarafından yapılmalıdır.

#### 5.8.5.5 Test Ünitesi

SCADA RTU' nun fonksiyonlarını yerine getirip getirmediğini Test Ünitesi vasıtası ile gerçek zamanlı olarak izler. RTU' nun bütün üniteleri bu ünite tarafından test edilerek arıza olup olmadığı tespit edilir. Arıza halinde gerektiğinde RTU' nun diğer RTU' ları etkilemeyecek biçimde iletişim kanalından izole edilme (Anti-streaming) görevi de yine bu ünite tarafından yerine getirilir.

#### 5.8.5.6 Güç Kaynağı Ünitesi

RTU' nun güç kaynağı genellikle bulunduğu merkezde hazır bulunan 48 Volt ve 125 Volt DC kaynaklardır. Bunların bakımsız akü-redresör kaynağı olması tercih edilir. Güç kaynağı ünitesinin RTU' da sağlıklı çalışması için RTU toprağı ile bulunduğu merkezin toprağının birbirinden ayrı olması gerekir. Bu güç kaynağı ünitesi RTU' nun tüm diğer ünitelerini beslemektedir. Ayrıca merkezde yedekte kullanılmak üzere standartlar dahilinde 250 Volt AC ve 24 Volt DC kaynak vardır.

#### 5.9 Kontrol Merkezi (Master Terminal Unit-MTU)

İngilizce, yaygın olarak kullanılan adı Master Terminal Unit Türkçe'ye ana veya yönetici giriş birimi olarak çevrilebilir. Yaptığı işlevleri de göz önüne alarak bu birimi Ana Kontrol Merkezi veya kısaca Kontrol Merkezi olarak Türkçe'ye çevrilebilir. Bundan sonra İngilizce kısaltılmış adıyla MTU, Türkçe kısaltılmış adıyla AKM olarak alınacaktır. Kontrol merkezi; geniş bir coğrafi alana yayılmış tesislerin, bilgisayar esaslı bir yapıyla uzaktan kontrol edildiği, izlendiği ve yönetildiği yer olarak tanımlanabilir. Kontrol Merkezleri genelde SCADA sistemlerinin ve kontrol edilecek tesislerin merkezi bir yerine kurulur.

Kontrol Merkezi, sistem güvenilirliğinden sorumludur. Yetki verilmeksizin açma ve kapama işlemi yapılamaz. Bunun sonucunda merkez; bakım için dağıtım birimlerinin hizmetten çekilmesi, işletme modelinde değişiklikler yapmak, dağıtım sisteminde arıza durumunda ortaya çıkan sorunların çözümü için gereken bütün açma-kapama işlemlerine müsaade eder ve bunları denetler.

Kontrol merkezi, yüklerin izlenmesinden sorumludur ve bunların kabul edilebilir sınırlar içerisinde kalması için, ya uygun otomatik cihazları devreye almak suretiyle yada işletme programını değiştirmek suretiyle önlemleri almak zorundadır.

Dağıtım sisteminde arıza olması durumunda kontrol merkezi sorunları gidermek ve mümkün olan en kısa sürede normale dönüşü sağlamak zorundadır. Bir yandan dağıtım donanımının devre dışı kalması stratejisini hesaba katarak, kritik durumların ortaya çıkarılmasına imkan verecek çağdaş izleme yöntemleri kullanılmalı, diğer yandan arızaların anında yerlerinin tespitine imkan vermelidir.

Kontrol merkezinde özellikle tüketim miktarları, dağıtım donanımının kullanım sayıları ve arızalar hakkında istatistikler tutulması çok önemlidir. Bu istatistikler daha sonra geçmişteki işletme planlamasında aynı zamanda sistem planlamasında kullanılır.

İstatistiklerin yapılması; nicelik ve nitelik bakımından verilerin toplanmasını, ileride kullanılmak üzere bu verilerin kayıtlara geçirilmesini, planlama ve bilgisayar donanımı gereksinimlerine uyarlanmış hesaplama yöntemlerini kullanmayı gerektirmektedir.

SCADA sisteminde geniş bir alana yayılmış RTU'ların koordineli çalışması, RTU'lardan gelen bilgilerin yorumlanması, kullanıcılara sunulması ayrıca kullanıcıların isteklerini RTU'lara ileterek merkezi kumandanın sağlanması işlevlerini SCADA sisteminde ana kontrol merkezi yerine getirir.

Merkezi bilgisayar; RTU'lardan periyodik olarak gelen verileri, sistem üzerinden alınan ikazları, istenilen bilgileri düzenli olarak saklar. Merkezi yazılım bu bilgileri değerlendirerek kontrol eder. SCADA sistemlerinde merkezi bilgisayar vasıtası ile RTU'lardan ve sistemin diğer elemanlarından toplanan bilgiler gerek duyulan hallerde her türlü raporlar çıktı olarak kullanıcının istemine sunulur. Merkezi sistemde denetlenen sistemin akış diyagramının ekran üzerinde görüntülenmesi sağlanır. Dolayısı ile operatör tüm sistemi ekran üzerinde gözlemleyerek sistem takibi yapabilir. Sistemin çalışması açısından RTU'lardan gelen alarm ve arıza uyarıları çok önemli olduğundan merkezi yazılım bu durumları görsel ve sesli olarak operatöre bildirir.

Merkezi sistem birimi; yöneticilerin, işletme operatörlerini, bakım elemanlarını ve tüm işletim sistemini gerçek zamanlı görsel olarak izleyebildikleri fiziksel çevredir. Kontrol merkezinde merkezi bilgisayardan başka bulunan kullanıcı ara birimleri aşağıdaki gibi sıralanabilir:

**Bilgisayar terminalleri:** Bir çok kullanıcıya çalışma imkanı veren bu terminaller operatörlerin sistemi takip edebilmelerini sağlar. Sistemin kontrolü için gerekli bilgilerin girilmesi veya değiştirilebilmesi mümkün olabilmektedir.

**Bilgisayar Ekranları:** Ekranlar ile dinamik işletme noktasının (kesici, ayırıcı, motor, vana, ölçü noktası) sürekli gözlenmesi sağlanır.

**Yazıcılar:** İşletmeye ve sisteme ait tüm durum ve arıza hallerini raporlama imkanı sağlar.

### 5.9.1 Kontrol merkezinin sistem içindeki yeri

Kontrol merkezleri için sistemde, SCADA sisteminin büyüklüğüne göre, ayrı bir mekan olmalıdır. Bu ayrı kontrol merkezinden; tüm SCADA sistemine kumanda edilir, gerekli bilgiler toplanır, uygun veri bir veri tabanı programını ile bilgiler depolanır, gelen veriler ve alarmlar analiz programları ile yorumlanır, veriler üzerinde işlem yapılır, bunların yazılım programları vasıtası ile görüntülenmesi ve yazıcı çıktıları alınabilir. Kontrol merkezleri SCADA sistemi içinde, bir tane olabileceği gibi, sistemin büyüklüğüne göre, birkaç tane de olabilir. Hatta çok büyük sistemlerde ana kontrol merkezlerinin altında ALT-KONTROL MERKEZ'leri de bulunabilir.

### 5.9.2 Kontrol merkezinin görevleri

Kontrol merkezleri kısaca bilgisayarlardan, giriş çıkış birimlerinden, insan makine ara biriminden (MMI: Man Machine Interface), RTU'larla haberleşme birimlerinden, bilgi depolama birimleri ve bunların ek birimlerinden oluşur. Kontrol merkezleri yukarıda kısaca bahsedilen donanımları ile şu görevleri yerine getirir:

1. Uzaktaki RTU birimlerinden verilerin toplanması
2. Toplanmış verilerin yazılım programları ile işlenerek ekrana veya yazıcıya gönderilmesi
3. Sistemde kontrol edilecek cihazlara kontrol komutu gönderilmesi

4. Belli olaylar karşısında alarm üretme ve gelen alarmları operatöre en hızlı şekilde iletme
5. Meydana gelen olayları ve verileri zaman sırasına göre kaydetme
6. Başka bilgisayar sistemleri ile iletişimde olma
7. Dağıtım yönetim sistemi (DYS) ve enerji yönetim sistemi (EYS) gibi üst seviye uygulama programlarını çalıştırma
8. Yazıcı, çizici, haberleşme birimleri gibi ek birimlerin kontrolü.

### 5.9.3 Kontrol merkezi mimarisi

Kontrol merkezleri;

1. Sistem bilgisayarları,
2. Kullanıcı ara birimleri insan makine ara birimleri (MMI), operatör ara birimi de denir.
3. Veri toplama giriş-çıkış birimleri (frond-end bilgisayarlar),
4. Mimik diyagram ya da ekran projeksiyon sistemleri
5. Yazıcılar ve çiziciler
6. Veri depolama birimleri
7. Kesintisiz güç kaynağı
8. Zaman ayar sistemi
9. Yerel iletişim ağı
10. İzole, yükseltilmiş tabanlı kumanda odası veya odaları gibi bileşenlerden oluşur.

### 5.9.4 Sistem bilgisayarları

Bilgisayarlar, kontrol merkezindeki her türlü ek birimler üzerinde, denetimi ve koordinasyonu sağlayan birimlerdir. Bu işlemleri giriş, çıkış, bellek, merkezi işlem birimi, bilgisayar işletim sistemi ve uygun yazılım programları vasıtası ile yerine getirmektedir.

**Giriş birimi:** Giriş birimi, merkezi işlem birimine dış birimlerden verilerin gelmesini sağlar.

Bu birimin kontrol ettiği birimler şunlardır :

- a) Klavye: Yazıların girilmesi için kullanılır.
- b) Grafikselle giriş birimi: Mouse, digitizer, scanner gibi şekil ve benzeri şeylerin bilgisayara aktarılmasında kullanılır.

- c) Haberleşme birimleri: Bilgisayarın diğer bilgisayarlarla iletişim kurmasını sağlar. Bu iletişim genellikle MODEM (telefon hatları) ya da veri ağlarıyla (LAN,WAN gibi) sağlanır.
- d) Depolama birimleri: Depolama birimleri gelen verileri ya da bilgisayarlarda çalışan programları depolamak için kullanılır. Bu birimler sabit disk, manyetik teyp gibi birimlerdir.

**Çıkış birimi:** Çıkış birimi verilerin dış dünyadaki birimlere ulaştırılmasını sağlar. Örneğin ekrandaki bir bilginin yazıcıya aktarılması için bu birim kullanılır. Çıkış birimine bağlı olan birkaç birim şöyle sıralanabilir :

- Yazıcılar
- Çiziciler
- Depolama birimleri
- Grafikselle gösterim birimleri

**Yazıcılar :** Raporlar, alarmlar gibi bilgilerin kağıt üzerine aktarılmasını sağlar.

**Depolama birimleri :** Yedekleme ve depolama amacıyla kullanılır.

**Grafikselle gösterim birimleri :** Bilgisayarlardaki verilerin kullanıcıya gösterilmesinde kullanılır. Bu birimlerden bir kaçısı monitör, ekran projeksiyon makineleri, mapboard'lardır.

### 5.10 Dağıtım tesisleri kontrol merkezi fonksiyonları

Dağıtım tesisi Kontrol Merkezi; uzun vadeli planlama analiz aşamasından transformatör merkezlerine veya bakım ekiplerine iletilen açma-kapama kararlarına kadar dağıtım sisteminin yönetilmesini sağlamaktadır. Kontrol merkezi, kısmi bir kesintiden sonra dağıtım sisteminin kısa sürede yeniden işletmeye alınmasına uygun olmalıdır:

- 1) Önleyici bakım analizlerinden faydalanarak dağıtım şebekesinin bakım programları hazırlanır.
- 2) İşletme stratejileri geliştirilir ve bunun sonucuna göre koruyucu cihazlar uyarlanır. Stratejiler dağıtım sisteminin sistematik bir analizinden geçirilerek belirlenir.
- 3) Bakım ve işletme programında en son yapılan düzeltmeler kontrol merkezinin personeline verilir. Bunlar, donanımı hizmetten çıkarmak veya hizmete sokmak kararını vermek

zorundadır ve bu kararları gerekli açma – kapama işlemlerini yapmak için trafo merkez birimlerine veya işletme personeline göndermek zorundadır.

- 4) Dağıtım tesisinin gözetimi ve kumandası için tam sorumluluk üstlenir; açma – kapama emirleri ve yetkisi, yük akışlarının izlenmesi, işletme arızalarının giderilmesi burada yapılır.
- 5) OG alt iletim sistemi arızalarının giderilmesi ve trafo merkezlerinin kumandası sadece kontrol merkezinden yapılır.
- 6) Besleyici arızaları normal olarak trafo merkez birimleri tarafından otomatik giderilebilir. Bazı durumlarda da kontrol merkezinden giderilmektedir.
- 7) Kontrol merkezi tüketim, yüklenme düzeyleri, donanım kullanımı ve arızalarla ilgili bütün temel istatistiklerin hazırlanmasını sağlar.
- 8) Tesis işletme ve arızalarının analizini yapar ve bunların sonucunda işletme politika ve tekniklerin geliştirilmesini sağlar.

## **5.11 İletişim Sistemi**

### **5.11.1 Tanımı**

İletişim; bir bölgeden başka bir bölgeye, veri veya haberlerin gönderilmesi işlemidir. İletişim sisteminin çalışabilmesi için iletişim yolu ve veri ortamı veri veya haberi iletilebilecek şekle getiren bir cihaz ( modem) alıcı uçta veri veya haberin anlaşılması için ilk şekline çevirecek bir cihaz ( modem ) mutlaka sistemde var olması gereken elemanlardır.

### **5.11.2 SCADA Sisteminde İletişim Sisteminin Önemi**

SCADA sisteminde sistemin işletilebilmesi için iletişim hayati bir öneme sahiptir. İletişim sistemindeki kanalların veri elde edilmesi ve kontrolündeki hızı SCADA sistemini önemli ölçüde etkilemektedir.Kontrol merkezi ve UUB lerdeki işlemler ne kadar hızlı yürütülürse yürütülsün sistemin hızı iletişim sisteminin hızı ile sınırlıdır. İdeal bir iletişim sistemi; güvenilir, maliyeti düşük, gerekli tüm fonksiyonlara sahip her türlü ortamda çalışabilen bir sistemdir.

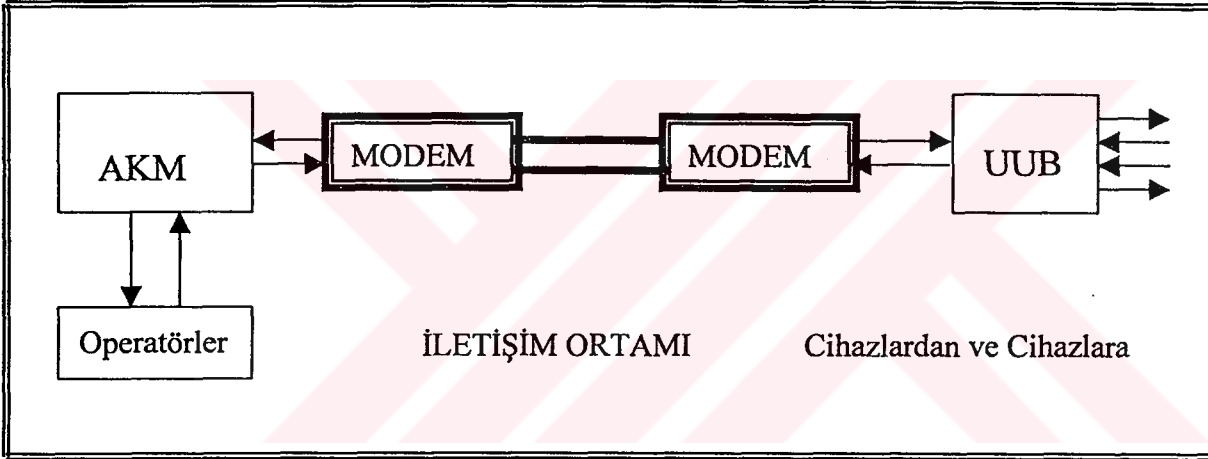
### 5.11.3 İletişim Sisteminin Elemanları

Çok basit bir SCADA sistemi bir Kontrol Merkezi ( AKM ) ve bir Bilgi Toplama ve Denetim Ünitesinden ( UUB ) oluşur. Bu basit sistemin bütünleşmesi için AKM ile UUB arasında haberleşme; dolayısıyla bir iletişim sistemi gerekir. İletişim sisteminin başlıca elemanları şunlardır.

İletişim ortamı

Veri iletişim cihazı ( modem )

İletişim sağlanan cihazlar ( AKM, UUB )

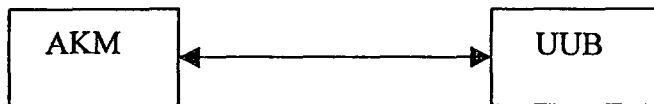


Şekil 5.5 Bir SCADA İletişiminin Anahtar Elemanları

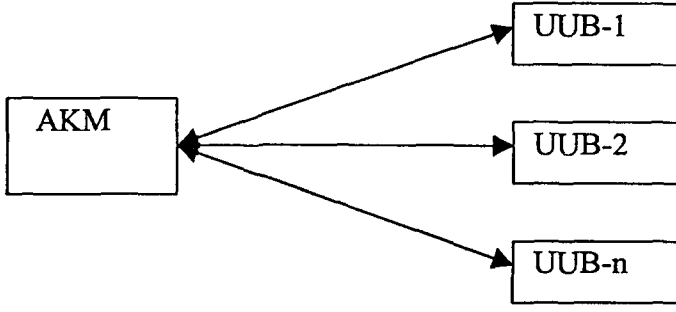
### 5.11.4 İletişim Mimarisi

İletişim mimarisi aşağıdaki parametrelere göre belirlenmektedir: Sistemde kullanılacak UUB'lerin sayısı, UUB' ye bağlı birimler ve bu birimlere ulaşım hızı, UUB'lerin yerleşimi, Elde bulunan haberleşme kolaylıkları, ulaşılabilecek haberleşme teknikleri ve araçları

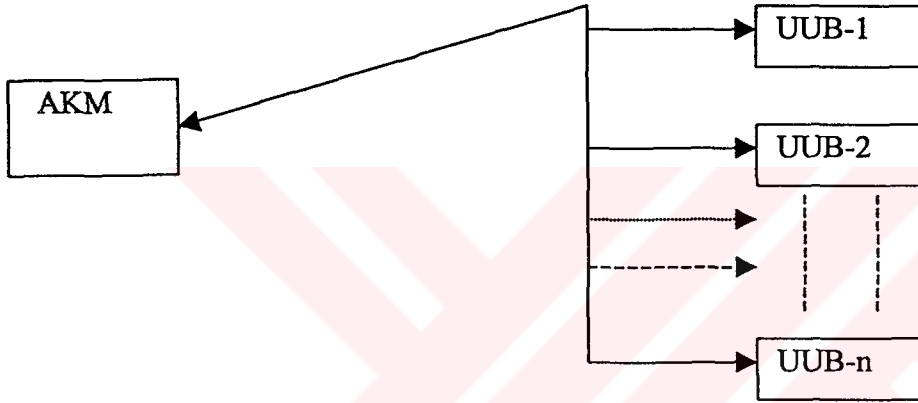
#### 5.11.4.1 Tek Kontrol Merkezli Mimariler



Şekil 5.6 Tek Kontrol Merkezi, Tek Bilgi Toplama ve Depolama Birimi, Radyal Hat

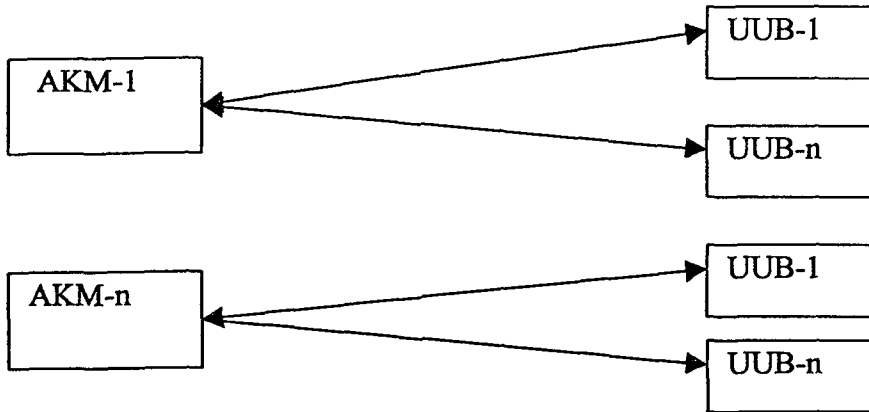


Şekil 5.7 Tek AKM, Tek UUB, Radyal Hat

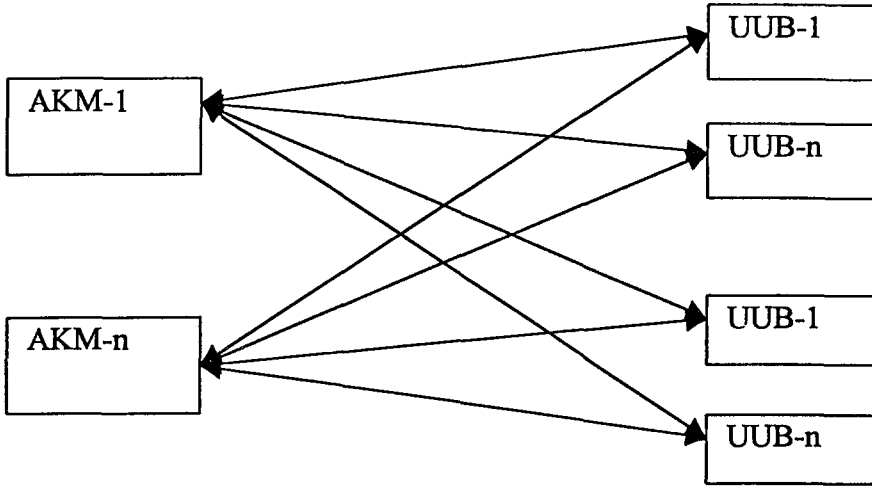


Şekil 5.8 Tek AKM, Çoklu UUB, Paylaşımlı Hatlar

#### 5.11.4.2 Çoklu Kontrol Merkezli Mimariler

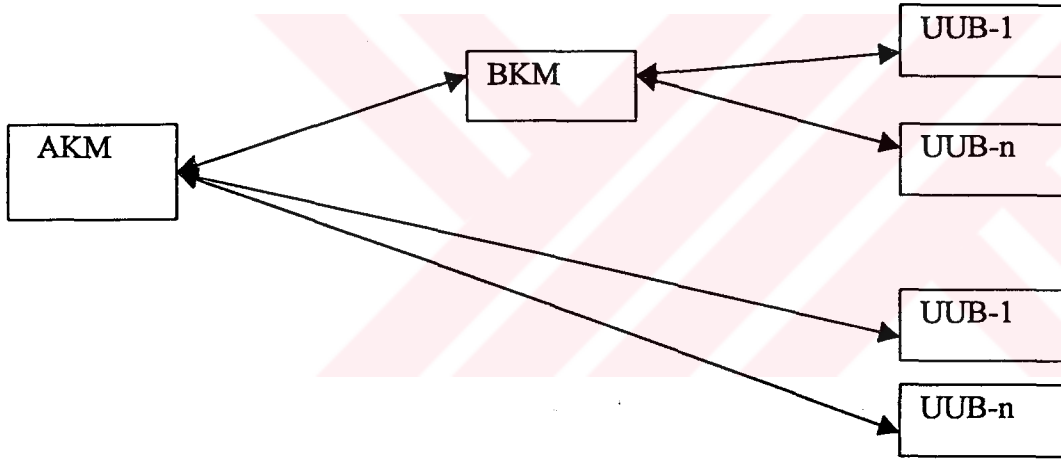


Şekil 5.9 Çoklu AKM, Çoklu UUB, Çift Portlu

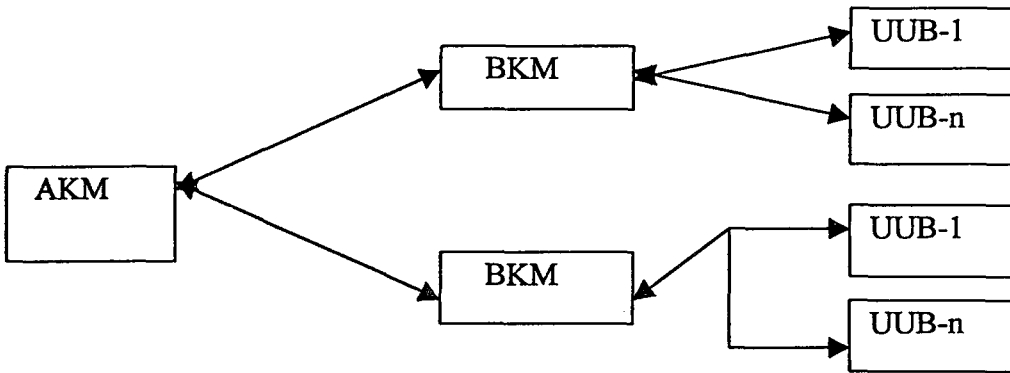


Şekil 5.10 Çoklu AKM, Çoklu UUB, Çift Portlu(Farklı tür)

#### 5.11.4.3 Bileşik Sistemler



Şekil 5.11 Tek AKM, Tek Bölge Kontrol Merkezi, Çoklu UUB



Şekil 5.12 Tek AKM, Çoklu BKM ( Bölge Kontrol Merkezi ), Çoklu UUB (BKM'ler birbiri ile haberleşir )

## 5.11.5 İletişim Teknikleri

### 5.11.5.1 Uzak Mesafe İletişimi

Uzak mesafe iletişimde seri iletim tercih edilir. Yani kontrol merkezi (AKM) ve UUB arasında gidip gelen tüm veriler seri olarak iletilir. Bunun anlamı iletişim kanalına binary karakterlerin bir katarı gönderildikten sonra ancak diğer bir katarı gönderilir. SCADA Sistemi iletişiminde kullanılan tüm veriler binary modundadır. Analog olarak ölçülen tüm değerler dijital değerlere çevrilir. Bu işlem Analog / Dijital dönüştürücüler vasıtasıyla yapılır.

### 5.11.5.2 Modülasyon

Bir verini uzak bir noktaya doğru olarak aktarılması için, bir çevrime (Modülasyona) ihtiyacı vardır. Aynı şekilde çevrime uğramış verinin alıcı tarafından yorumlanıp anlaşılması için tekrar gerçek durumuna dönüştürülmesi (Demodülasyon) gerekir. Modüle edilen veriler iletişim kanalına verilerek alıcı tarafa iletilir.

Veri iletişiminde üç farklı kanal kullanılır. Bunlar;

Simplex Kanal

Half Dublex Kanal

Full Dublex Kanal' ır.

**Simplex Kanal:** Bilginin tek yönde iletilebildiği kanaldır.

**Half Dublex Kanal:** Bilgini iki yönde iletilebildiği kanaldır. Fakat haberleşme kanalını bir anda yalnız bir taraf kullanabilmektedir.

**Full Dublex Kanal:** Bilgi her iki yönde iletilirken, kanal üzerinde aynı anda birden fazla veri iletişimi sağlanabilmektedir.

Half ve Full Dublex Kanallarda her iki tarafta da bir modilatör ve birde demodülatör bulunmak zorundadır.

Birkaç bitten oluşan doğruluk kontrol bölümü, veri üzerinde işlem yapılması ile verici de elde edilir. Alıcı kendisine ulaşan veri üzerinde aynı işlemi yapar. Bunu kontrol bitleri ile karşılaştırır. Aynı sonuç elde edilir ise veri doğru olarak iletilmiş demektir.

#### 5.11.6 Veri Tipleri

Kontrol merkezi ile UUB arasında iletilmesi gereken üç tip veri vardır.

**Geçerli Veri ( Current Data);** bir cihazın veya durumun o andaki durumu ile ilgili veridir

**Kayıtlı Data ( Data Snapshot );** belirli bir süre UUB de saklanan veridir.

**Durum Değişikliğinden Sonraki Veri ( Data By Exception Reporting );** bir işlem veya cihazın durumu bir önceki kaydedilmiş durumuna göre değişiklik göstermişse aktarılan veridir.

Kontrol Merkezinden UUB ye veri transferinin amacı, cihaz kontrolü, ayar noktalarının kumandası ve büyük miktarda veri iletimidir. UUB den Kontrol Merkezine veri transferinin amacı ise; Kontrol Merkezinin istediği yukarıdaki veri tiplerinin hatasız transferidir

#### 5.11.7 Veri İletişim Protokolleri

SCADA sistemi içerisinde iletişim yoluna dağıtılmış kontrol sistem öğelerinin uzak terminal birimlerinin birbirleri arasında haberleşebilmeleri için en önemli unsurlardan birisi de iletişim protokolüdür.

Veri iletişimi protokolleri, kontrol merkezleri arası, kontrol merkezi ile RTU'lar arası veya RTU'lar arası yapılan iletişimin binary veri veya mesaj yapısını belirleyen kurallar setidir. Bilindiği gibi MTU ve RTU arasında iletilecek veriler binary sayı serileri ile oluşturulmaktadır. Protokoller bir sıfırdan oluşan uzun mesaj serileri oluşturmak için şifre sağlamaktadır.

İletişimde farklı protokoller kullanılabilir. Kullanılacak birden fazla port sayesinde kontrol merkezinin birden fazla RTU'yla, RTU'ların birden fazla kontrol merkezi ile haberleşmesi mümkündür. Ayrıca bu portların aynı iletişim protokolünü kullanması şart değildir. İki portta,

iki farklı iletişim protokolü kullanılabilir. Bu avantaj bize değişik protokoller kullanan bilgisayarlar ile haberleşme imkanı sağlar. Burada dikkat edilmesi gereken önemli nokta, birbiri ile iletişim kuracak bir MTU ile RTU arasında aynı protokolün kullanılmasının zorunluluk olmasıdır.

SCADA ve cihaz üreticileri herhangi bir standart protokol oluşturmadan önce kendileri için özel iletişim protokolleri üretmişlerdir. Ancak bugün IEC standart organizasyonu tarafından hazırlanmış uluslararası iletişim protokolleri kullanılmaya başlanmıştır.

IEC iletişim protokollerinden IEC 870.6 numaralı protokol, kontrol merkezleri arası iletişimi düzenlemekte IEC 870.5 numaralı iletişim protokolü ise kontrol merkezleri ile RTU arasındaki iletişimi düzenlemektedir.

Protokol, SCADA sisteminin en güvenilir olması gereken kısmıdır. Eğer protokol iyi tasarlanmamışsa iletişim yolu ne kadar esnek ve hızlı olursa olsun bir trafik tıkanıklığının olması ihtimali çok yüksek olur. Özellikle tehlike anlarında uzak terminallerden gelen verileri uyarı mesajları iletişim yolunu tıkayabilir.

#### **5.11.7.1 OSI Referans Modeli**

Ağ iletişimde standart oluşması amacıyla International Standart Organisation tarafından Open System Interconnection (OSI) modeli ideal ağ yapısı için model olmak üzere geliştirilmiştir. Model ağları yedi katmanda incelenmektedir. İzleyen OSI modelinde yedi katmanlı yapıda olduğu gibi SCADA sistemlerinde kullanılan protokoller de bu yapıya uyar.

#### **5.11.7.2 MAC Protokolleri**

Birçok MAC protokolü aynı sınıfa ait protokollerle benzer davranış gösteren kategorilerde düzenlenir.

**Selection (Seçim):** Brinci / ikinci gibi öncelik kontrolünün olduğu hatlarda en genel kullanılan metottur. Bu teknikte hat üzerindeki terminallerden biri ana terminal olur. Bu terminal hat üzerindeki diğer terminallere mesaj gönderme ve mesaj almadan sorumludur.

**Reservation (Saklama):** Sürekli trafiğin söz konusu olduğu durumlarda bu teknik kullanılır. Bu teknikte zaman belli aralıklarla bölünür. Gönderimde bulunmak isteyen terminal birimi ilerdeki zaman parçalarını belli bir süre için rezerve eder.

**Contention (Çekişme):** Bu teknikte sıranın kimde olduğunu anlamak için bir denetim gerekmez. Bütün terminaller zaman almak için çekişmeye girerler. En önemli avantajı gerçekleştirmelerin kolay olmasıdır. Hafif ve orta düzeyde trafik için etkilidir. Bununla beraber ağır yük altında performans düşüklüğü gösterir.

Bu protokollerin çoğu ağların büyümesine bağlı olarak geliştirilmiştir. LAN ve WAN'larda bulunan MAC problemleri çok noktalı bir hatta bulunabilen SCADA sisteminde olan problemlere çok benzer. Bundan dolayı tekniklere bağlı olarak kullanılan protokollerden Polling, Token Ring, CSMA/CD ve Token BUS, SCADA sistemlerinde en çok kullanılır.

#### 5.11.7.2.1 POLLING Protokolü

Birçok SCADA sisteminde bu protokol, soru cevap şeklindedir. Kontrol merkezi hat üzerindeki ilk terminali yoklar (polling). Eğer gönderilecek bir bilgi varsa, terminal mesaj gönderir. Kontrol merkezi, hat üzerindeki tüm terminaller bağlanana kadar ikinci ve diğer terminalleri yoklamaya devam eder. Bu protokol performans, terminallerin sayısı, iletim hızı, gidip gelme gecikmesi gibi birçok parametre ile belirlenir. Bundan dolayı kontrol merkezinden her bir terminale sürekli sormada varsayılan zaman kaybından dolayı Polling protokolünün verimi oldukça düşer.

#### 5.11.7.2.2 TOKEN RING Protokolü

Paket anahtarlama yöntemi kullanılır. Jeton (token) adı verilen 24 bit'lik bir bilgi ağ üzerinde dolaştırılır. Jetonu ele geçiren terminal, bunu yoldan çekip yola bilgisini bırakır. Göndereceği veri bittiğinde jetonu yola yeniden koyar. Ağ üzerinde tek bir jeton gezdiği için aynı anda iki terminal birden ilettime geçemez. Tekrar veri göndermek isterse jetonu ele geçirene kadar bekler. İletim yapamayan terminal gelen bilgi olduğu gibi bir sonraki terminale aktarır. Bu protokol, iletişim teknolojisinin halka biçiminde olduğu durumlarda kullanılır. Olumlu yanı, yoğun trafikte bile verimi yüksektir. Olumsuz yanı ise, veri aktarımı gereksinimi duyan terminal, jetonu ele geçirene kadar bekler.

### 5.11.7.2.3 CSMA/CD Protokolü (Carrier Sense Multiply Access/Collision Detect)

Bir çeşit medya erişim kontrol mekanizmasıdır. İletişim hattına nasıl bilgi paketinin yerleştirileceğini belirler. Bir RTU, ağ hattına bilgisini bırakmadan önce başka bir RTU'nun ağa bilgi bırakıp bırakmadığını anlamak amacıyla hattı dinler. Hattın boş olduğuna karar verince bilgisini bırakır ve başka bir RTU, bu sırada hatta bilgi bırakıp bırakmadığından emin olmak için dinlemeyi sürdürür. Eğer bu sırada başka bir RTU, hattın boş olduğunu sanarak o da hatta bilgi bırakırsa çarpışma (collision) olur. RTU, iletimini keser ve iletmeyi deneyene kadar rastgele periyodunda bekler.

Bu protokolde kontrol merkezinden sürekli sorgulama için kanal kullanılmaz. Bundan dolayı verim %80-90 arasındadır. İki dezavantajı vardır: Birincisi, gönderme işlemine mesajın gönderme gecikmesini kontrolsüz yapan rasgele bir işlem dahildir. Bu yolla belli bir mesajın varma zamanını belirlemek olası değildir.

Kontrolsüz gecikme, protokole cevap verme zamanının kesin olması gereken gerçek zaman sistemlerinde kullanımı zayıflatır. İkinci zorluğu bir çalışma izleme tekniğine sahip olması gerekir. Genellikle bu çok zor olmaksızın belli fiziksel araçlarla uygulamaya konulabilir. Bu tekniklerin radyo kanallarında ya da iletim sistemlerinde kullanımı kısmen alınan işaretlerin farklı şiddet ve ses seviyesine bağlı olarak güçlüklerle sebep olur. Bu nedenle bu tip fiziksel araçlar kullanıldığında SCADA sistemlerinde en önemli durum olan aynı sınıf içinde CSMA'sı olmayan başka bir protokol kullanılmalıdır. Bu protokol her zaman bir çarpışma olduğunu, kanal tüm iletim zamanı süresince boşuna harcanıldığını ve sadece çarpışma zamanı sezmesi olmadığını belirtmektedir. Bu da CSMA/CD'nin kullanımını oldukça düşürür.

### 5.11.7.3 TOKEN BUS Protokolü

Bu protokol de Polling protokolü gibi MAC protokolleri sınıfına ait seçim tekniklerini kullandığı için aynı temel prensibe sahiptir. Bu, çarpışmanın olmadığı anlamına gelir. Bu protokolde düğümler kontrol merkezinden başlayan bir sırada düzenlenir. Tüm RTU'lardan geçer, sonra kontrol merkezine geri döner. Periyot, kontrol merkezinden herhangi bir RTU'ya mesaj iletimi ile başlar. Bu mesaj bir işaret olarak iş görür ve periyodun ilk RTU'su tarafından alındıktan sonra, kontrol merkezine ya da herhangi bir RTU'ya bir mesaj gönderilir. Bu ikinci mesaj, periyottaki RTU tarafından alındıktan sonra yeni bir işaret olarak iş görür ve iletim görevine başlar. Bu işlem, kontrol merkezine tekrar erişene kadar devam eder.

Görüldüğü gibi, bu protokol, cevabın bir sonraki terminalde soru olarak kullanıldığı Polling protokolünden farklı değildir. Bu protokol tarafından sunulan performans kontrol merkezinden sorma işlemi elimine edildiğinden dolayı Polling protokolünden daha verimlidir. Bu verimlilik yaklaşık %80-90 civarındadır. Token Bus protokolü sabit şartlarda çok iyi çalışır, fakat normal olmayan durumlarda ciddi problemler çıkarır. Mesajdaki hata, RTU'daki bozukluk ya da periyoda yeni RTU dahil olması, protokolün normal çalışma dinamiklerini keser. Bu anormal durumu çözmek için bazı prosedürlere gereksinim vardır. Genellikle bu işlemler çekişme (contension) tekniklerine uygulanır. Bununla beraber bu dağılmış durumlar sadece ara sıra üretildiği için aşırı çalışmaya etki yapmaz. Sonuç olarak sabit durumlar için mesaj geçme ve normal olmayan durumlar için de çekişme teknikleri gibi çift tekniğe gereksinim duyulduğunda Token Bus protokolünün kullanım esnekliğini sınırlar.

#### **5.11.7.4 Bir SCADA İletişim Protokolünden Beklenenler**

Genel olarak kabul edilmiş protokoller kullanarak maliyetin azaltılması SCADA sisteminin kurulmasını kolaylaştırır.

İletişim ortamından bağımsız olmalıdır. Elde bulunan ortamlarda çalışabilmelidir. Yüksek düzey fonksiyonları karşılayabilmeli, konfigürasyonu değişken mesajları ve yüksek hızdaki iletişimi sağlayabilmelidir. Firma bağımlı olmamalıdır. Tanınmış temel standartları içermelidir. ISO-OSI standartlarına uygun olmalıdır. Asenkron bayt tabanlı olmalıdır. Geniş olarak veri nesnelerini desteklemelidir. Hatasız veri iletimi için kodlama tekniklerini içermelidir. Veri gönderirken, azami hız ve kodlama sağlanmalıdır. Geniş adresleme yeteneği olmalıdır. Farklı alarm düzeyleri tanımlanabilmelidir. Sisteme ait konfigürasyonlar aşağı ve yukarı gönderilebilmelidir. Tam tanımlı ve detaylı bilgi verilebilmelidir. Sistem test edilebilmelidir.

Yukarıda açıklanan şartları sağlayan protokoller, tüm çabaların yeni teknolojiler geliştirmeye yöneltilmesini, yeni teknolojilere hızlı uyum sağlanabilmesini ve satış maliyetlerinin azalmasını sağlayacaktır.

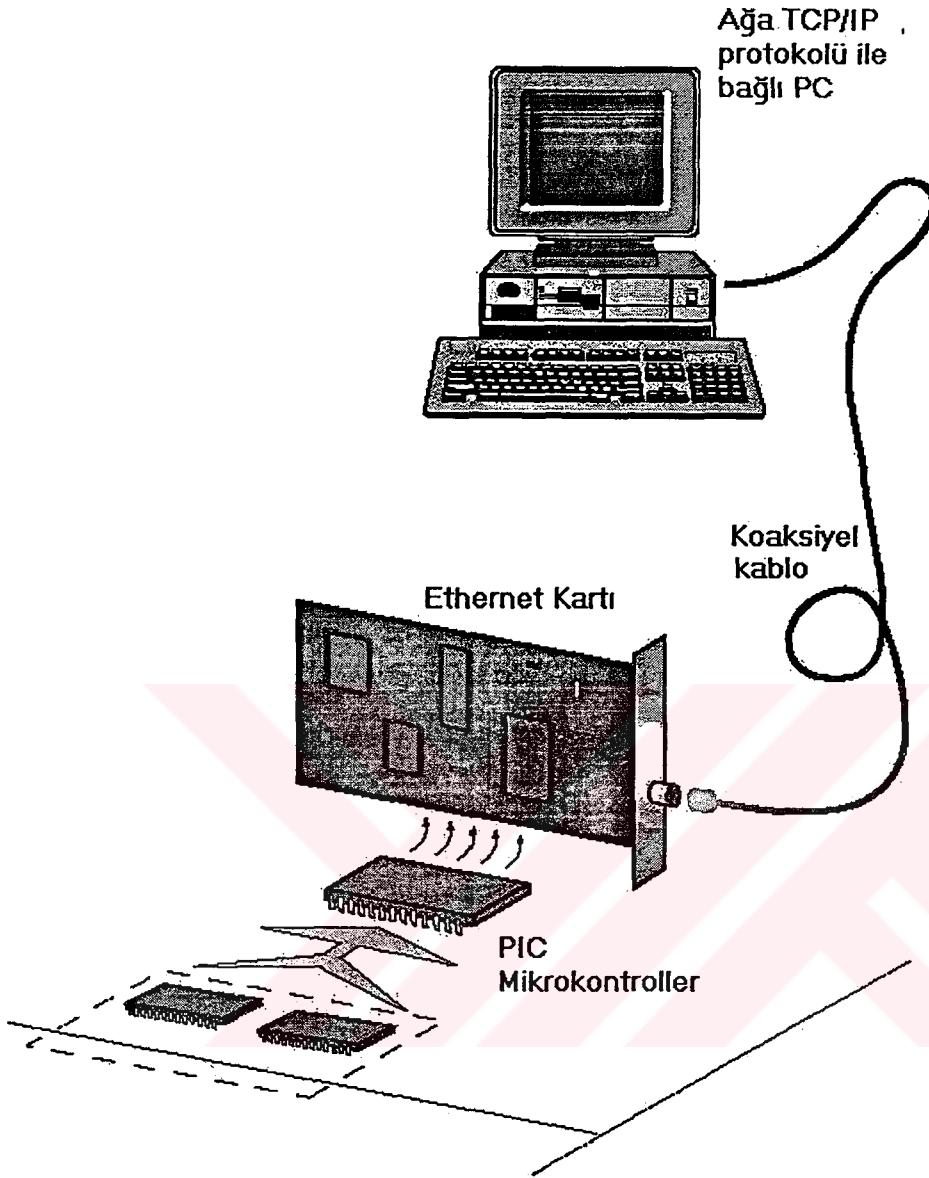
## 6. ETHERNET I/O

LAN teknolojisi gelişip yaygınlaştıkça, ethernet bilgisayar ağlarının kurulmasında oldukça etkili ve bir o kadar ekonomik olmaya başladı. 10 Mbps ve 100 Mbps hızlarındaki ethernet kartları gelişip ucuzlayınca, işletmeler ethernet kartını ölçüm yapma ve kontrol uygulamalarında tercih eder oldular. Buna bağlı olarak gerçekleştirilen gerçek zamanlı kontrol uygulamaları klasik LAN uygulamalarından biraz farklılık göstermektedir. Son yıllardaki gelişmeler etherneti doğrudan haberleşme aracı olarak kullanıp veri toplamada, endüstrinin ihtiyacı olan I/O (input-output) ları toplamada kullanılmaya olanak sağlar hale geldi. Burada ethernetin bilgisayarla doğrudan kullanımından uzaklaşıp dış ortamda kullanımı söz konusu olmuştur. Ethernet tabanlı veri toplama ve I/O sistemleri gelişmeden önce çevreden bilgi toplayan birimler ile merkez arasındaki bilgisayarlar arasında farklı haberleşme protokolleri ve bağlantıları kullanılmaktaydı. Bu sistem yeni bir bakış açısının doğmasına sebep olmuştur.

### 6.1 Ethernet I/O

Ethernet I/O sistemi, veri toplama ve kontrol etme konusunda saha elemanları olan sensörler, transducerler gibi elemanlar ile kontrol edilen birim arasında bağlantı sağlayan bir yapıdadır. Bu sistem çevreden dijital veri alabileceği gibi analog veride alabilmektedir. Bunlara örnek olarak; dijital veri de bir seviye sensörü, açık kapalı bilgisi gösterilebilir, analog bilgi olarak da elektrik tesislerinde önemli bir kriter olan akım ve gerilim değerlerinin okunması gösterilebilir. Ethernet I/O kendisi doğrudan akım ve gerilim okuması yapabileceği gibi başka bir analog bilgi okuma yapan cihaz üzerinden de okuma yapabilmektedir. Dış ortamdan alınan bilgiler sisteme ulaştırılır ve duruma göre sistemden alınan bilgiler doğrultusunda kontrol yapılmış olur.(Madden, 1988)

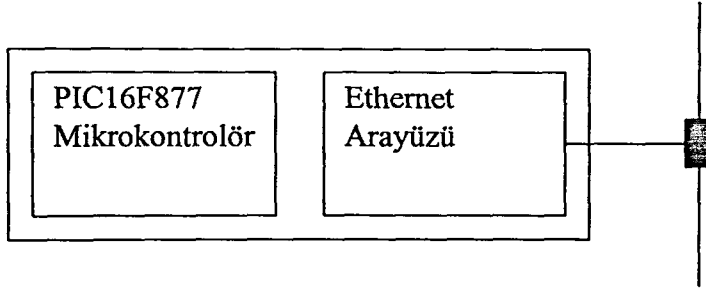
Bugün günümüzde Ethernet I/O sistemi doğrudan bilgisayarlara bağlantı yapılarak çevreden verilerin toplanmasında kullanılmaktadır. Aynı zamanda bir ağ uygulaması olarak da yararlanılmaktadır. Başlı başına bir bilgisayar görevi görebilmesi özelliğinden dolayı birden çok Ethernet I/O sisteminden klasik bir LAN sistemi oluşturulabilir. Böylelikle toplanan veri sayısı artacaktır ve aynı zamanda birden çok noktadan gözlem ve kontrol yapılmış olacaktır.



Şekil 6.1 Ethernet I/O yapısı

## 6.2 Ethernet I/O Yapısı

Ethernet I/O iki kısımdan oluşmaktadır. Bilgisayarla haberleşmeyi sağlayan ethernet kısmı ve alınan bilgiler doğrultusunda veri toplayan veya kumanda gerçekleştiren I/O kısmı, yani PIC kısmıdır. PIC'in port uçlarında ölçülen bir sıcaklık bilgisi yada vana açık-kapalı bilgisi ethernet kartı üzerinden bir bilgisayara kendi ethernet kartı üzerinden bağlanarak bilgisayarda çalışan bir programa bilgi gönderme işlemi gerçekleşmektedir. Bu bilgisayardaki programın en yaygın kullanımı SCADA adı verilen programlardır.



Şekil 6.2 Ethernet I/O kartı şeması

### 6.3 Ethernet

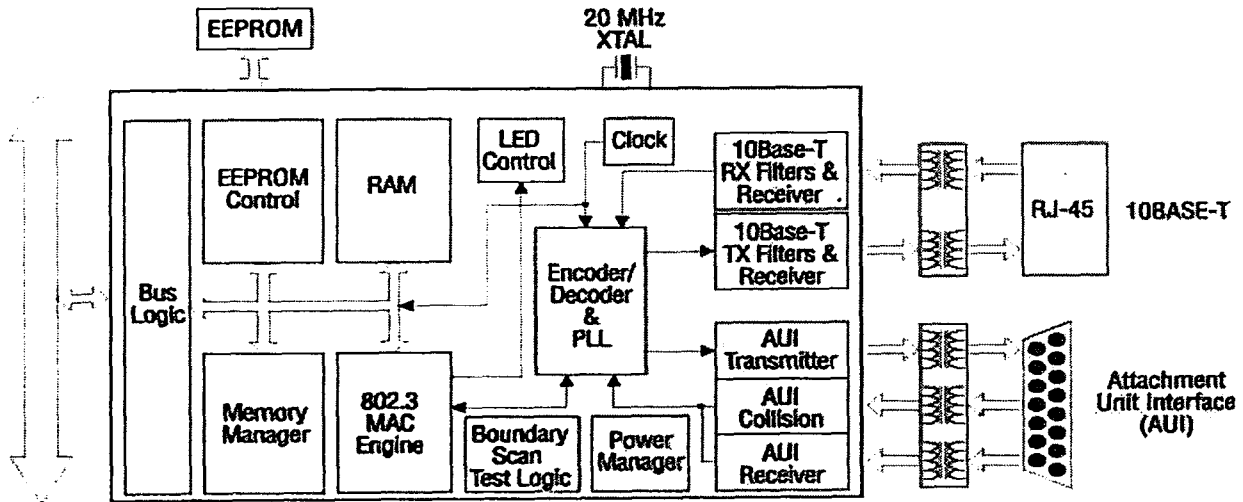
Ethernet I/O'nun ethernet kısmı, güncel hayatta LAN uygulamalarında kullandığımız IEEE 802.3 standardına uygun olan haberselme kartıdır. Bu kısım ile ilgili daha detaylı bilgi ethernet bölümünde anlatılmıştı. (Potter, 1998)

Bu sistem doğrudan bir PC kullanılan ISA veya PCI ethernet kartları kullanılacağı gibi, yine bu kart firmalarının ürettiği chipleri kullanarak daha küçük boyutta ethernet kartı yapılarak kullanılmaktadır.

Bizim uygulamamızda "Cyrstal" firmasının ürettiği CS8900A model chipi kullanıldı ve bu chipi kullanarak yaptığımız ethernet kartı sistemimize adapte edildi.

#### 6.3.1 Cyrstal Ethernet

Cyrstal Ethernet Chip'i 20 MHz'lik osilatörle çalışan, ISA bus uyumlu bir chiptir. Bu chipin iç yapısı aşağıda şekil 6.3'de görülmektedir.



Şekil 6.3 Cyrstal Ethernet Chipi iç yapısı

### 6.3.2 I/O

Veri toplama ve kontrol etme işlemleri ise PIC mikrokontrolörü tarafından gerçekleştirilmektedir. PIC mikrokontrolörleri içinde RAM, CPU gibi işlem birimleri barındırmalarından dolayı küçük boyutta yaptığı işlerle tercih sebebi olmuştur. PIC'lerle ilgili daha detaylı bilgi daha önceki bölümlerde anlatılmıştı. Burada PIC olarak Microchip firmasının PIC16F877 model PIC'i kullanılmaktadır.

### 6.4 Ethernet I/O Nasıl Çalışır?

Haberleşme sistemi dijital olarak bit seviyesinde gerçekleşmektedir. Ethernet sistemlerinin yapısı tekrar incelenirse en alttaki fiziksel katman çevreyle olan bağlantıdır. Burada bit seviyesinde işlem yapılmaktadır. Aynı şekilde PIC mikrokontrolörleri de bit seviyesinde işlem yapmaktadır. Dolayısıyla bu iki sistemin haberleşip veri aktarımı yapması kolaylaşmaktadır.

PIC mikrokontrolörleri , portlarından aldığı 1 veya 0 bilgisini işleyerek Ethernetin girişine yine bit seviyesinde bilgi olarak aktarmaktadır. Ethernete gelen bu bilgiye protokol ilave edilerek TCP/IP ile bilgisayara gönderilmektedir. Kendisine gelen paketi açan bilgisayar çevreden bir ölçüm yapıldığını anlıyor ve bunu ilgili programda uygulamaya koymaktadır.

Bilgisayarlar arasındaki bilgi aktarımı port üzerinden olduğu için her iki tarafta hangi portu kullanacağını bilmektedir.

TCP/IP protokolü kullanılarak veri aktarımı yapıldığında her iki taraftaki sistemde bu protokolün yüklü olması gerekmektedir. İki bilgisayar karşılıklı haberleşiyorsa bu protokol içinde mevcut bulunan işletim sisteminde bulunduğu için ayrıca bu protokolü yüklemeye gerek yoktur. Fakat bizim Ethernet I/O sistemimizin bir tarafında bilgisayar varken diğer tarafında PIC+Ethernet kartı vardır. Dolayısıyla bu tarafta da bu protokolün bir şekilde yüklü olması gerekmektedir. Bu işlem PIC'in programlanması sırasında yazılmaktadır.

## 6.5 SCADA'ya aktarılması

SCADA programlarında gözlemin ve gerektiğinde kontrolün yapılabilmesi için çevreden bir veri alması gerekmektedir. Bu veriyi alan ve TCP/IP protokolü ile programa aktaran çevresel uç birim Ethernet I/O kartıdır. Bu noktada iki durum söz konusudur.

- 1- Her firmanın ürettiği SCADA programları ethernet ile haberleşmeyi desteklemeyebilir. Destekleyen programlarda bir tag tanımlanırken veriyi ethernet üzerinden alması gerektiği belirtilmektedir. Ethernetden okuyacağı bilgi Ethernet I/O kartından gelen bilgidir.
- 2- Desteklemeyen programlarda , bu programın yerine TC/IP protokolünü destekleyen, bu protokolle uygulamalar yapmaya olanak sağlayan DELPHI,Visual Basic gibi programlama dilleri ile küçük çapta da olsa bir SCADA programı oluşturulabilmektedir.



Şekil 6.4 Intouch SCADA programı ile yapılabilecek bir örnek uygulama

## 6.6 Uygulama Şekilleri

Ethernet I/O sisteminde kullanılan PIC'in 40 pinli olması ve bu pinli olması ve bu pinlerden 16 tanesinin I/O olarak kullanılması bu sayıdan çok I/O kullanılamamasına neden olmaktadır. u tür durumlarda LAN uygulaması şeklinde I/O sayısı artırılabilir. Birden çok Ethernet I/O kartı bir hub üzerinden yine birden çok bilgisayara bağlanarak aynı anda çalıştırılabilir. Burada her bir Ethernet I/O kartının bir IP si mevcuttur. LAN da bilgisayar gibi çalıştığı için IP ye sahip olması gerekmektedir. Böylelikle hangi karttan nasıl bir bilgi geldiği anlaşılmaktadır. Aynı şekilde birden çok kart yanyana seri olarak haberleştirilebilir.

Bir başka kullanım yeri ise yine endüstride çok yaygın olarak kullanılan kontrol elemanı PLC (Programmable Logic Controller) ler tarafından da kullanılabilir. PLC nin ethernet modulu aracılığıyla Ethernet I/O kartı üzerinden bilgi alış verişi gerçekleşmektedir. Bu PLC için yine bir I/O teşkil etmektedir.

## 6.7 Programlama

Kullanılan PIC'de TCP/IP protokolüne göre işlem yapacak programın yüklü olması gerekmektedir. Böylelikle diğer bilgisayarlarla haberleşme sağlanmış olacaktır. Bunun yanında PIC'in 16 I/O sunun ne şekilde kullanılacağı yine aynı programda ihtiyaca göre yazılmalıdır. Aşağıda PIC'de bulunması gereken TCP/IP protokolünün bir kısmı görülmektedir. Bu program internet ortamından rahatlıkla elde edilebilmektedir.

```
list p=pic16f877
__config h'3ffa' ;HS crystal, 20Mhz
include <p16f877.inc>
```

```
;
```

```
;
```

```
IP1 equ d'192'
```

```
IP2 equ d'168'
```

```
IP3 equ d'1'
```

```
IP4 equ d'2'
```

```
;
MAC1 equ 0x00
MAC2 equ 0x00
MAC3 equ 0x00
MAC4 equ 0x12
MAC5 equ 0x34
MAC6 equ 0x56
;
;
ppRD macro addr
    movlw addr&0xff
    movwf offsetL
    movlw addr>>8
    movwf offsetH
    call ReadPP
endm
;
ppWR macro addr,val
    movlw addr&0xff
    movwf offsetL
    movlw addr>>8
    movwf offsetH
    movlw val&0xff
    movwf valueL
    movlw val>>8
    movwf valueH
    call WritePP
endm
;
Dinput macro
    bsf STATUS,RP0
    movlw 0xff
    movwf TRISB
```

```
    bcf STATUS,RP0
    endm
;
Doutput macro
    bsf STATUS,RP0
    clrf TRISB
    bcf STATUS,RP0
    endm
;
ior macro port
    movlw port
    call ioRead
    endm
;
iow macro port
    movwf PORTB
    movlw port
    movwf PORTA
    call ioWrite
    endm
;
; Crystal CS8900 PacketPage equates
;
portRxTxData equ 0x00
portRxTxData1 equ 0x02
portTxCmd equ 0x04
portTxLength equ 0x06
portISQ equ 0x08
portPtr equ 0x0a
portData equ 0x0c
portData1 equ 0x0e
;
; CS8900 PacketPage Offsets
```

```
;  
ppEISA    equ 0x0000  
ppProdID  equ 0x0002  
ppIOBase  equ 0x0020  
ppIntNum  equ 0x0022  
ppMemBase equ 0x002C  
ppRxCfg   equ 0x0102  
ppRxCtl   equ 0x0104  
ppTxCfg   equ 0x0106  
ppBufCfg  equ 0x010A  
ppLineCtl equ 0x0112  
ppSelfCtl equ 0x0114  
ppBusCtl  equ 0x0116  
ppTestCtl equ 0x0118  
ppISQ     equ 0x0120  
ppRxEvt   equ 0x0124  
ppTxEvt   equ 0x0128  
ppBufEvt  equ 0x012C  
ppRxMiss  equ 0x0130  
ppTxCol   equ 0x0132  
ppLineSt  equ 0x0134  
ppSelfSt  equ 0x0136  
ppBusSt   equ 0x0138  
ppTxCmd   equ 0x0144  
ppTxLength equ 0x0146  
ppIndAddr equ 0x0158  
ppRxStat  equ 0x0400  
ppRxLength equ 0x0402  
ppRxFrame equ 0x0404  
ppTxFrame equ 0x0A00  
;  
; Register Numbers  
;  
REG_NUM_MASK    equ 0x003F
```

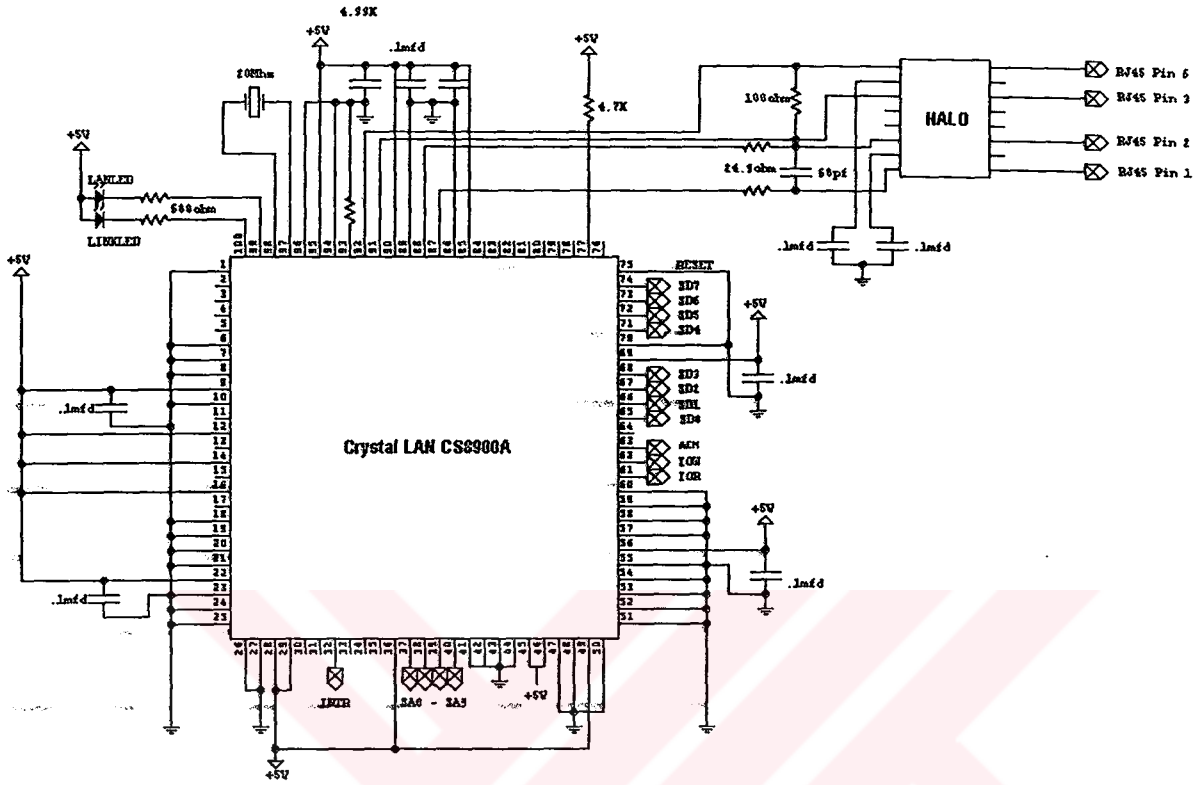
```
REG_NUM_RX_EVENT equ 0x0004
REG_NUM_TX_EVENT equ 0x0008
REG_NUM_BUF_EVENT equ 0x000C
REG_NUM_RX_MISS equ 0x0010
REG_NUM_TX_COL equ 0x0012
;
; Self Control Register
;
SELF_CTL_RESET equ 0x0040
SELF_CTL_HC1E equ 0x2000
SELF_CTL_HCB1 equ 0x8000
;
; Self Status Register
;
SELF_ST_INIT_DONE equ 0x0080
SELF_ST_SI_BUSY equ 0x0100
SELF_ST_EEP_PRES equ 0x0200
SELF_ST_EEP_OK equ 0x0400
SELF_ST_EL_PRES equ 0x0800
;
; Bus Control Register
;
BUS_CTL_USE_SA equ 0x0200
BUS_CTL_MEM_MODE equ 0x0400
BUS_CTL_IOCHRDY equ 0x1000
BUS_CTL_INT_ENBL equ 0x8000
;
; Bus Status Register
;
BUS_ST_TX_BID_ERR equ 0x0080
BUS_ST_RDY4TXNOW equ 0x0100
;
; Line Control Register
;
```

```

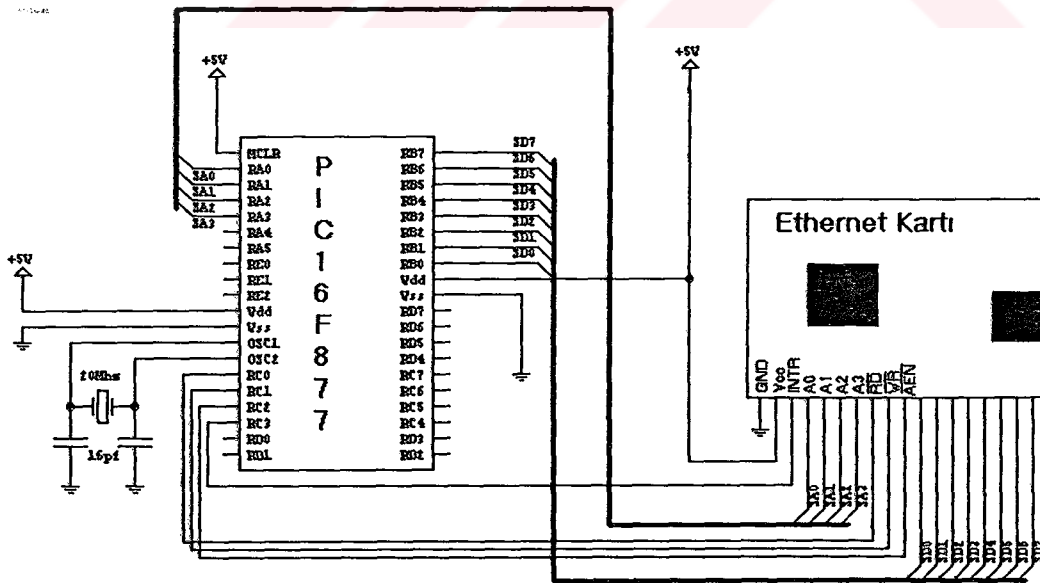
LINE_CTL_RX_ON    equ    0x0040
LINE_CTL_TX_ON    equ    0x0080
LINE_CTL_AUI_ONLY equ    0x0100
LINE_CTL_10BASET equ    0x0000
;
; Test Control Register
;
TEST_CTL_DIS_LT   equ    0x0080
TEST_CTL_ENDEC_LP equ    0x0200
TEST_CTL_AUI_LOOP equ    0x0400
TEST_CTL_DIS_BKOFF equ    0x0800
TEST_CTL_FDX      equ    0x4000
;
; Receiver Configuration Register
;
RX_CFG_SKIP       equ    0x0040
RX_CFG_RX_OK_IE   equ    0x0100
RX_CFG_CRC_ERR_IE equ    0x1000
RX_CFG_RUNT_IE    equ    0x2000
RX_CFG_X_DATA_IE  equ    0x4000
;
; Receiver Event Register
;
RX_EVENT_RX_OK    equ    0x0100
RX_EVENT_IND_ADDR equ    0x0400
RX_EVENT_BCAST    equ    0x0800
RX_EVENT_CRC_ERR  equ    0x1000
RX_EVENT_RUNT     equ    0x2000
RX_EVENT_X_DATA   equ    0x4000
;
; Receiver Control Register
;
RX_CTL_RX_OK_A    equ    0x0100
RX_CTL_MCAST_A    equ    0x0200

```

```
RX_CTL_IND_A    equ  0x0400
RX_CTL_BCAST_A  equ  0x0800
RX_CTL_CRC_ERR_A  equ  0x1000
RX_CTL_RUNT_A   equ  0x2000
RX_CTL_X_DATA_A  equ  0x4000
;
;Transmit Configuration Register
;
TX_CFG_LOSS_CRD_IE equ  0x0040
TX_CFG_SQE_ERR_IE equ  0x0080
TX_CFG_TX_OK_IE   equ  0x0100
TX_CFG_OUT_WIN_IE equ  0x0200
TX_CFG_JABBER_IE  equ  0x0400
TX_CFG_16_COLL_IE equ  0x8000
TX_CFG_ALL_IE     equ  0x8FC0
;
;Transmit Event Register
;
TX_EVENT_TX_OK    equ  0x0100
TX_EVENT_OUT_WIN  equ  0x0200
TX_EVENT_JABBER   equ  0x0400
TX_EVENT_16_COLL  equ  0x1000
;
;Transmit Command Register
;
TX_CMD_START_5    equ  0x0000
TX_CMD_START_381  equ  0x0080
TX_CMD_START_1021 equ  0x0040
TX_CMD_START_ALL  equ  0x00C0
TX_CMD_FORCE      equ  0x0100
TX_CMD_ONE_COLL   equ  0x0200
TX_CMD_NO_CRC     equ  0x1000
TX_CMD_NO_PAD     equ  0x2000
```



Şekil 6.5 Ethernet chipi devresi



## 7. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Teknoloji ilerledikçe çok çeşitli sistemler gelişmektedir. Özellikle verilerin hızlı ve güvenli bir şekilde iletilmesi önem kazanmaktadır. Endüstriyel sistemlerde I/O sayısının ve çeşitliliğinin artması gelişmiş sistemlere olan ihtiyacı artırmıştır. Ethernet I/O sistemini en büyük özelliği maliyetinin çok düşük olmasıdır. Kullanılan ethernet ve PIC entegreleri piyasa da çok rahat bir şekilde bulunabilmektedir. Bunun yanında sahadan alınan 16 I/O'nun 16 ayrı kablo ile kontrol odasına götürülmesine gerek kalmadan tek bir koaksiyel kablo ile bu veri iletilmektedir. Bu sistemle uzak mesafelerden bilgi güvenli bir şekilde ile alınıp tekrar bilgi gönderimi yapılabilir. Bu konuda bu sistemin en güzel uygulaması internet üzerinden kontroldür.

Bu sistem sayesinde şu anda endüstride kullanılan mevcut haberleşme protokollerine ve sistemlerine bir yenisi daha eklenmiştir. Bu sistemde hem kullanımı kolay hemde yaygın bir şekilde kullanılan, günümüz hayatında yeri git gide artan bir haberleşme sistemi kullanılmıştır. Bu da ileride bu sistemin çok rahat bir şekilde geliştirilip farklı şekillerde uygulama yapma imkanı tanımaktadır. Bunlara verilebilecek en güzel öneri ise internet üzerinden kontrol olmaktadır. Artık günümüzde bilgi iletişim çağının hızla ilerlemesi endüstriyel uygulamalarında bu konuya kaymalarına neden olmaktadır. Böylelikle bir sistem yöneticisinin sisteme her zaman her yerden ulaşma olanağı doğacaktır. Aynı zamanda kontrol işlemide gerçekleşmiş olacaktır.

**KAYNAKLAR**

Altınbaşak, O., (2000), Mikrodnetleyiciler PIC Programlama, Atlas Basım Yayım, İstanbul

Allen-Bradley, "Ethernet/IP", Data sheet.

Boyer, A.S., (1993), "SCADA Supervisory Control And Data Acquisition", America.

Comer, E.D., (1999), Internetworking with TCP/IP, U.S.A

Çölkesen, R. ve Örencik, B., (1999), Bilgisayar Haberleşmesi ve Ağ Teknolojileri, Papatya Yayıncılık, İstanbul.

Çölkesen, R., (2000), Network TCP/IP Unix, Papatya Yayıncılık, İstanbul

Dancels, A., Salter, W., (1999) "International Conference on Accelerator and Large Experimental Physics Control Systems", 1999, trieste, Italy

Kasemir, K.U., Dalesio, L.R., "Interfacing The Controllogix PLC Over Ethernet/IP", THDT002, cs.NI/0110065, U.S.A

Kaynak, O., (1989), "Dağıtılmış Denetim Sistemleri", Boğaziçi, İstanbul.

LANQuest Labs, "Performance Benchmark of Switch Networks Versus Non-Switch Networks", September, 1988

Madden, Dave and Steed, Michael, "How to Choose a Data Acquisition Platform", Design engineering, Sept., 1988

Meadows, R., (1994), Mikroşlemciler Esaslar, elemanlar ve Sistemler, Milli Eğitim Yayınları, Eskişehir.

Murthy, L. S. N. ve Jagannadh, K., (1993), "Integrated Automation Scheme of a Distribution Substitution for Local-Remote Monitoring And Control", Third International Symposium On Distribution and Demand Side Management, San Francisco.

Opto 22, "Understanding and Evaluating Ethernet and TCP/IP Technologies for Industrial Automation" White Papers.

Potter, D., (1998), "Using Ethernet for Industrial I/O and Data Acquisition", National Manufacturing Week, 1998.

Saunders, S., (1998), Data Communications Gigabit Ethernet Handbook, McGraw-Hill, U.S.A

Şahin, S.E., (1993), "TUBİTAK AEAGE Elektrik Dağıtım Tesisleri SCADA Semineri", 201-21 Eylül 1993, Bursa.

Turley, J.L., (1988), Advanced 80386 Programming Techniques, McGraw-Hill, 1988

Whei-Min, L. and Mo-Shing C., (1986), "An Overall Distribution Automation Structure", Electric Power System Research.

**ÖZGEÇMİŞ**

Doğum Tarihi	05.02.1978	
Doğum Yeri	Burdur	
Lise	1989-1996	Burdur Anadolu Lisesi
Lisans	1996-200	Yıldız Teknik Üniversitesi Elektrik – Elektronik Fakültesi Elektrik Mühendisliği Bölümü
Yüksek Lisans	2000-2002	Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik Mühendisliği Anabilim Dalı Elektrik Mühendisliği Programı

**Çalıştığı Kurum**

2002 – Devam ediyor

Yıldız Teknik Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Araştırma Görevlisi