

**T.C  
FIRAT ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**KONTROL ALAN AĞI PROTOKOLLÜ SENSÖR AĞI İLE  
SİLO KONTROL DOLUM SİSTEMİ**

**OĞUZ MISIR**

**Yüksek Lisans Tezi**

**Mekatronik Mühendisliği Anabilim Dalı  
Danışman: Yrd. Doç. Dr. Cafer BAL**

**Haziran-2015**

T.C  
FIRAT ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KONTROL ALAN AĞI PROTOKOLLÜ SENSÖR AĞI İLE SİLO KONTROL  
DOLUM SİSTEMİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ  
OĞUZ MISIR

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 23 Haziran 2015  
Tezin Savunulduğu Tarih : 17 Haziran 2015

Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Cafer BAL (F.Ü)

Diğer Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Abdulkadir ŞENGÜR (F.Ü)

Doç. Dr. Davut HANBAY (İ.Ü)

HAZİRAN-2015

**T.C.**  
**FIRAT ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**KONTROL ALAN AĞI PROTOKOLLÜ SENSÖR AĞI İLE SİLO KONTROL  
DOLUM SİSTEMİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**OĞUZ MISIR**

**121134101**

**Anabilim Dalı: Mekatronik Mühendisliği**

**Programı: Elektronik Sistemler**

**Danışman: Yrd. Doç. Dr. Cafer BAL**

**HAZİRAN – 2015**

## ÖNSÖZ

Endüstriyel elektronik sistemlerde kullanılan Kontrol Alan Ağı (CAN) ile silo sistemlerinin kontrol edilmesine yenilik getirilerek, sektörün bu alanlarda karşılaştığı problemleri ortadan kaldırılması bu tez çalışmasında amaçlanmıştır.

Bu tez çalışması süresince bilgi ve tecrübelerinden faydalandığım, tez çalışmasının her aşamasında bana yol gösteren ve destek olan danışman hocam Yrd. Doç. Dr. Cafer BAL'a teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmasında maddi ve manevi desteğini esirgemeyen, değerli görüş ve fikirlerini benimle paylaşan TEKNO Endüstriyel Tasarım CEO 'su Sayın Yaşar KARAGÖL 'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Bu tez çalışması TEKNO S.A.R.L firması tarafından finansal olarak desteklenmiştir. Çalışmaların gerçekleştirilmesinde tüm teknik ve yönetim ekibine çalışmalara katkılarından dolayı teşekkür ederim.

Son olarak hayatımın her aşamasında her yönde ve her an desteklerini hissettiğim babama, anneme, kardeşlerime, Sayın Simge Karakaş'a ve değerli öğrenci ev arkadaşlarıma teşekkürlerimi sunarım.

**OĞUZ MISIR**

**ELAĞIĞ-2015**

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
<b>ÖNSÖZ</b> .....	<b>II</b>
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	<b>III</b>
<b>ÖZET</b> .....	<b>V</b>
<b>SUMMARY</b> .....	<b>VI</b>
<b>ŞEKİLLER LİSTESİ</b> .....	<b>VII</b>
<b>TABLOLAR LİSTESİ</b> .....	<b>IX</b>
<b>KISALTMALAR</b> .....	<b>X</b>
<b>1. GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
1.1 Literatür Taraması .....	3
1.2 Tezin Amacı.....	4
1.3 Tezin Kapsamı Ve Organizasyonu .....	5
<b>2. MİKRO DENETLEYİCİLER VE ALGILAYICILAR</b> .....	<b>6</b>
2.1 Mikro Denetleyici Yapısı .....	6
2.2 Bir Mikro Denetleyicinin Sahip Olduğu Özellikler .....	8
2.3 Algılayıcılar .....	9
2.4 Sönsörlerin Sınıflandırılması .....	10
2.4.1 Giriş Büyüklüklerine Göre .....	10
2.4.2 Çıkış Yöntemlerine Göre.....	10
2.4.3 Besleme Sınıflarına Göre.....	11
2.5 Dinamik Ölçümler İçin Algılayıcılar.....	11
2.5.1 İvme Ölçer .....	11
2.5.2 Basın Ölçer .....	12
2.5.3 Kuvvet Ölçer.....	13
2.5.4 Hız Ölçer.....	13
2.5.5 Tork Algılayıcı.....	14
2.5.6 Nem Algılayıcı.....	14
2.5.7 Seviye Algılayıcısı.....	15
2.6 Mikro Denetleyici ile Algılayıcı Data Haberleşmesi.....	15
2.6.1 Mikro Denetleyici ile Algılayıcı Data Haberleşmesi Örneklendirme .....	16

<b>3.</b>	<b>ENDÜSTRİYEL İLETİŞİM.....</b>	<b>18</b>
3.1	Veri Haberleşme .....	18
3.2	OSI Referans Modeli .....	19
3.3	Endüstriyel İletişim Protokolleri.....	20
3.5	Haberleşme Standartları.....	23
3.6	Endüstriyel Haberleşme Protokolleri.....	24
<b>4.</b>	<b>CAN.....</b>	<b>28</b>
4.1	CAN.....	28
4.2	CAN Hattının Yapısal Özellikleri .....	30
4.3	CAN Mesajları.....	31
4.4	CAN Hata Önleme.....	37
4.5	CAN Hata Tolerans Modu (Fault-Tolerant Mode):.....	38
4.5.1	Hata Yönetimi.....	39
4.6	Mikro Denetleyici Yardımı İle CAN Haberleşmesi .....	40
<b>5.</b>	<b>ENDÜSTRİYEL SİSTEMLERDE ETHERNET .....</b>	<b>45</b>
5.1	TCP/IP .....	45
5.2	TCP/İP Protokol Yapısı .....	46
5.3	Tcp ile Haberleşme .....	48
5.4	Veri Transferi: .....	50
<b>6.</b>	<b>SİLO SİSTEMLERİ İÇİN ALGILAYICI AĞI.....</b>	<b>53</b>
6.1	Silo Kontrol Sistemleri İçin SAA Tasarımı.....	56
	<b>SONUÇ VE TARTIŞMA .....</b>	<b>65</b>
	<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>67</b>

## ÖZET

Yapı sektöründe kullanılan malzemelerin depolanmasında ortam şartlarının malzemeler üzerindeki etkisi büyük öneme sahiptir. Büyük boyutlu yapı kimyasal silolarında saklanan maddeler ısı, nem, basınç gibi parametrelerin denetimi izlenerek sabitlenir. Bu parametrelerin ölçümünde kullanılan algılayıcılar silo içerisindeki maddelerin korunmasında görev alır. Algılayıcılar tarafından algılanan parametreler bir elektronik kontrol ünitesi yardımıyla denetlenebilir. Silo sayısının fazla olduğu çalışma alanlarında her bir silonun denetlenmesi için bir merkezi izleme ağına ihtiyaç duyulur. Elektronik algılayıcıları izleme teknolojilerinde kullanılan haberleşme protokolü CAN çoklu sistemlerin izlenmesi için bir ağ kurulmasını destekler.

Bu tez çalışmasında CAN iletişim protokolü ile silo sistemlerine depolanan yapı kimyasal maddelerinin dolumu, boşaltımı ve madde korunumu için otomatik silo kontrol sistemi tasarlanmıştır. Tasarlanan silo kontrol sistemlerinin izlenmesi için CAN haberleşme protokolü ile bir algılayıcı ağı gerçekleştirilmiştir. Algılayıcı ağına 112 âdete kadar silo ünitesinin CAN hattı vasıtası ile erişimi desteklenmektedir. CAN haberleşme hattına bağlanan silo ünitelerinin CAN ETHERNET bağlantısı ile bilgisayar ağlarına bağlanarak SCADA sistemleri üzerinden denetlenmesine imkân sağlanmaktadır. ETHERNET bağlantısı sayesinde 112 den daha fazla silo ünitesinin sahip olduğu çalışma sahalarında çoklu algılayıcı ağlarının artırılması desteklenmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** CAN, silo, Yapı Kimyasalları, Algılayıcı, ETHERNET.

## **SUMMARY**

### **A SILO CONTROL REFILL SYSTEM WITH CAN SENSOR NETWORK**

Environmental circumstances are very important to store goods. Raw materials stored in big size chemical silos are kept while preventing effects of extraordinary circumstances caused by temperature, moisture, pressure parameters. Sensors those who are used for measuring those parameters are necessary for keeping those materials. Information of those parameters are controlled by a control unit. It's needed to have a central communication network to inspect silos when there are many silos in site. Communication protocol CAN supports to have a control on this multi node system and to have this kind of network.

In this thesis, we have designed a silo control system to control filling and storing chemical materials in silo system by using CAN communication protocol, and designed a sensor network working on CAN protocol to inspect this silo control system. CAN communication protocol with a sensor network designed to monitor the silo control system has been realized. Access to a network of 112 grain silos sensor unit is supported CAN line. CAN communication line connecting the silo unit connected to the computer network via an ETHERNET connection is provided through inspection facilities SCADA systems. ETHERNET connections through work in silos owned by more than 112 course units are supported to increase the multi-sensor network.

**Key Words:** CAN, Silo, Chemical, Sensor, ETHERNET.



## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1 Genel amaçlı bir mikro denetleyici temel bileşenleri .....	7
Şekil 2.2 Genel mikro denetleyici sistemi.....	8
Şekil 2.3 Günümüz teknolojisinde bir mikro denetleyici [15].....	8
Şekil 2.4 İvme Ölçer.....	12
Şekil 2.5 Statik Basınç Algılayıcı. ....	12
Şekil 2.6 Kuvvet Ölçer. ....	13
Şekil 2.7 Hız Algılayıcısı. ....	14
Şekil 2.8 Sıcaklık Algılayıcısı.....	15
Şekil 2.9 Seviye Ölçer Algılayıcıları.....	15
Şekil 2.10 Mikro Denetleyici Algılayıcı Diyagramı. ....	16
Şekil 2.11 Mikro Denetleyici Sıcaklık Algılayıcısı Uygulaması. ....	17
Şekil 3.1 Gönderciden alıcıya mesaj iletimi diyagramı. ....	18
Şekil 3.2 OSI Referans Modeli. ....	19
Şekil 3.3 Endüstriyel Bağlantı Örnek İletişim Modeli.....	21
Şekil 3.4 Birden Fazla İletişim Protokollünün Haberleşmesi. ....	21
Şekil 3.5 8 Bit Paralel Haberleşme Modeli. ....	22
Şekil 3.6 Seri Haberleşme. ....	23
Şekil 3.7 RS485 Standart 'ı Modeli. ....	24
Şekil 4.1 CAN iletişimi. ....	28
Şekil 4.2 Genel Olarak Bir Mikro Denetleyicide CAN Bağlantısı. ....	30
Şekil 4.3 Genel Olarak Bir Mikro Denetleyicide CAN Bağlantısı. ....	31
Şekil 4.4 CAN mesajı.....	32
Şekil 4.5 11 Bit Kimlik Alanına Sahip CAN Mesajı. ....	33
Şekil 4.6 29 Bit Kimlikli CAN Mesajı.....	35
Şekil 4.7 CAN Mesajı Bit Süresi. ....	36
Şekil 4.8 CAN Mesajı Hata Önleme Mekanizması.....	38
Şekil 4.9 CAN Hata Toleransı.....	39
Şekil 4.10 MCP2510 Blok Şeması[30]. ....	41
Şekil 4.11 PIC32 CAN Ünitesi Diyagramı[31].....	43

<b>Şekil 4.12</b> MCP 2551 Bağlantı Diyagramı.....	44
<b>Şekil 5.1</b> TCP/IP Protokollü.....	45
<b>Şekil 5.2</b> TCP/IP protokollü yapısı.....	46
<b>Şekil 5.3</b> TCP Protokollü Haberleşme Bitleri. ....	48
<b>Şekil 6.1</b> Algılayıcı Mesajı.....	53
<b>Şekil. 6.2</b> Silo sistemi.....	54
<b>Şekil 6.3</b> Silo Ağı(Algılayıcı Ağı).....	55
<b>Şekil 6.4</b> Sistem CAN Düğüm Noktası.....	56
<b>Şekil 6.5</b> Silo Sistem Kartı.....	57
<b>Şekil 6.6</b> Merkezi Kontrol Kartı.....	58
<b>Şekil 6.7</b> CAN-ETHERNET köprüsü. ....	59
<b>Şekil 6.8</b> Menü Paneli.....	60
<b>Şekil 6.9</b> Silo Numarası Seçim Paneli.....	60
<b>Şekil 6.10</b> Kontrol Panel.....	61
<b>Şekil 6.11</b> Tcp Ip Silo Kontrol İp Ayarlama Paneli.....	61
<b>Şekil 6.12</b> Tcp Ip Silo Kontrol Ara yüzü.....	62
<b>Şekil 6.13</b> Nem Ayarı Menüsü.....	63
<b>Şekil 6.14</b> Genel Silo Kontrol Sistemi.....	64

## TABLolar LİSTESİ

<b>Tablo 2.1</b> Mikro denetleyici giriş çıkış üniteleri.....	7
---	---

## KISALTMALAR

<b>CAB</b>	: Controller Area Network
<b>TCP/IP</b>	: Transmission Control Protocol/Internet Protocol
<b>Mbps</b>	: Megabit per second
<b>PLC</b>	: Programmable lojic controller
<b>DSP</b>	: Dijital Signal procesing
<b>CIN</b>	: Computer integrated manufacturing
<b>MCU</b>	: Micro controller Unit
<b>UART</b>	: Universal Asynchronous Receiver Transmitter
<b>ADC</b>	: Analog Dijital Converter
<b>RTC</b>	: Real time clock
<b>PWM</b>	: Pulse-width modulation
<b>OSI</b>	: Open Systems Interconnection
<b>CRC</b>	: Cyclic Redundancy Check
<b>SCADA</b>	: Supervisory Control and Data Acquisition
<b>SPI</b>	: Serial Pripheral Interface
<b>I2C</b>	: Inter-Integrated Circuit
<b>FPGA</b>	: Field Programmable Gate Array
<b>WAN</b>	: Wide Area Network
<b>LAN</b>	: Local Area Network
<b>CSMA / CD</b>	: Carrier Sense Multiple Access With Collision Detection
<b>DNS</b>	: Domain Name System

<b>FTP</b>	: File Transfer Protocol
<b>UDP</b>	: User Datagram Protocol
<b>MSS</b>	: Maximum Segment Size
<b>PAR</b>	: Positive Acknowledgment Scheme
<b>STS</b>	: Silo Tanıma Sistemi
<b>SAA</b>	: Silo Algılayıcı Ağı

## 1.GİRİŞ

Kütlece büyük malzemelerin uzun süreli olarak özelliklerini kaybetmeden depolanmasında silolar kullanılırlar. Hacimsel olarak büyük miktara sahip malzemeler inşaat, gıda ve tarım gibi sektörlerde oldukça fazla bulunur. Silolarda depolanan malzemelerin uzun süreli olarak saklanması durumunda, malzemelerin kendi özelliklerini kaybetmemesi için buldukları ortam şartlarındaki sıcaklık, basınç, nem gibi parametreler kontrol altında tutulmalıdır. Bu parametrelerin uygun değerleri ile kıyaslanmasını gerektiren, güncel değerlerinin ölçümünde algılayıcılar kullanılır. Depolan malzemelerin artmasıyla birlikte silo sayısı da artmaktadır. Bu sebepten dolayı siloların denetiminde kullanılan elektronik ünitelerin sayısı da artmaktadır. Bu artış ise siloları kontrol eden elektronik ünitelerin merkezi kontrol ünitelerle haberleşmesi zorunluluğu ortaya çıkarmaktadır.

Haberleşme teknolojilerinin gelişmesiyle birlikte, artık geçmişe kıyasla, daha güvenli, daha hızlı, daha çok bilgi transferi yapılması imkânı sağlanmıştır. Teknolojik ilerleme algılayıcı teknolojisinde de gelişmeyi beraberinde getirmiştir. Algılayıcı bilgilerinin artan teknolojik haberleşme sistemleriyle desteklenmesi günümüz endüstriyel sistemlerine çözüm üretmektedir.

Endüstriyel sistemlerde, veri haberleşme sistemlerinin iyileştirilmesi, oluşabilecek problemlerin çözümlenmesi, çoklu elektronik sistemlerin haberleştirilmesi ve optimizasyonu talep edilen önemli özellikler arasındadır. Bu sebeplerden dolayı sistemlerde endüstriyel ağlar kullanılmaktadır. Endüstriyel haberleşme sistemlerinde kullanılan FİELD BUS, PROFİBUS, UART, ETHERNET, CAN en çok tercih edilen iletişim sistemleridir. Üreticiler tarafından geliştirilmiş bu sistem veya protokoller PC, PLC, DSP ve Mikro denetleyicilerde harici olarak yazılımsal denetimle kullanıma sunulmaktadır.

Endüstriyel haberleşme sistemleri içerisinde geniş bir kullanım alanı bulunan FİELD BUS ağlar, bilgisayar yardımıyla Bilgisayar entegrasyonlu üretim Computer integrated manufacturing (CIN) ve daha alt düzeylerde ki algılayıcılarla süreç denetimleri için tasarlanmıştır [1]. Süreç denetimine tabi tutulan sistemler genel olarak hiyerarşik bir

düzene sahiptir ve birbirinden farklı düzeylerde oluşan yapılarla bir sistem oluşturur. Yüksek düzeydeki yapıların denetiminde bilgisayarlar yer alırken daha düşük seviyelerdeki yapılarda algılayıcılar ve kontrol mekanizmaları yer alır [2]. FİELD BUS haberleşme sistemlerinin sunduğu haberleşme hiyerarşisi düzeni, algılayıcılarla bir ağ kurulmasına ve FİELD BUS ağlar arasında yer alan CAN iletişim protokolü ile ağ tabanlı algılayıcı uygulamalarına uyumluluk sağlamaktadır. CAN protokollünün sağladığı özelliklerin başında, mesaj temelli kimlik ataması ile algılayıcı denetimine sunulan sistemlerde, bir ağ kurulmasını desteklemektedir.

CAN özelliği gereği çok güçlü iletişim hatası önleme mekanizmasına sahiptir ve bu hata denetim mekanizması, haberleşme ortamına bağlantı erişimi yöntemi olarak tahrip edici olmayan bit yöntemiyle onaylama geri döngüsüne sahiptir [3].

CAN mesaj tabanlı denetimi, servis edilen mesajların merkezi olarak data konumlandırılmasına ve bilgilerin 125Kbit/s ile 1Mbit/s arasındaki hızlarla 40 m ile 500 m arasındaki tüm düğüm noktalarından, veri haberleşmesini sağlamaktadır. CAN yüksek güvenli mesaj haberleşme özelliği ile çevresel etkilerden oluşan gürültüden etkilenmemesinden dolayı endüstriyel iletişimde tercih edilmektedir. Kendi içinde bir kimlik tabanlı denetim döngüsüne sahip olan CAN, endüstriyel sistemlerde yer alan algılayıcı ve anahtarlama denetimi yapan sistemlerde güçlü, güvenli veri aktarımı sayesinde ağ denetimine olanak sağlamaktadır.

Endüstriyel sistemlerde oluşturan yerel bir ağın bilgisayarlarla haberleştirilmesinde, ETHERNET alt yapısı yaygın olarak kullanılır. ETHERNET tercih sebebi yapan üstünlüklerin başında CAN haberleşme protokolü ile aynı alt yapıya sahip olması, algılayıcı ve kontrol ünitelerinden veri akışına büyük kolaylıklar sağlaması gelmektedir. Böylece ETHERNET, endüstriyel sistemleri bilgisayar ağlarıyla uyumluluk sağlayarak SCADA ve uzaktan erişimli sistemlerde kullanışlı hale getirmiştir.

## 1.1 Literatür Taraması

Kontrol alan ağı 1986 yılında Robert Bosch tarafından otomobillerdeki çok sayıda algılayıcı ve denetleyiciyi bir kablo yumağı ile bağlamak yerine, bunlar arasındaki veri transferini üst düzey güvenlikle kablo karmaşasından kurtarıp iki kablodan iletişim sağlamak için tasarlanmıştır [4]. Tasarımın 1992' de Mercedes marka araçlarda kullanıma başlamasıyla birlikte CAN iletişim protokolü endüstriyel sistemlerde de kullanılmaya başlanmıştır.

Yüksek hızda, yüksek güvenli bilgi iletişiminin denetlenebilir sistemlerde, büyük ölçekte gerçek zamanlı iletişim, endüstriyel sistemlerin isteklerine cevap verecek niteliktedir. Bu sebeple endüstriyel sistemlerde de kullanılmaya başlanmıştır [5]. Otomobiller üzerindeki CAN ağından bağlantı sağlanarak algılayıcı bilgilerinin paylaşımına Nick Papadoglou ve Elias Stipidis, CAN protokolü kullanan araçların durum ve lokasyon bilgilerini GSM aracılığı ile SMS tabanlı konum bilgilendirme sistemi tasarımı gerçekleştirmişlerdir [6].

CAN protokolünün kontrol sistemleri uygulamalarına adapte edilmesiyle çeşitli çalışmalar yapılmış literatürde bu uygulamalara örnek olarak Hong-Hee Lee ve Ui-Horn Jeong tarafından CAN protokolü tabanlı merkezi CAN ağında birden fazla motorun hız ve zamanlama alanında çalışma yapmıştır [7]. Benzer bir çalışmayla da A.Valera robotların merkezi kontrol ünitesiyle hareket kontrollünü gerçekleştirmiştir. FIELD BUS ile robotlarla motor hız ve açı kontrollü ile ilgili çalışma yapmıştır [8].

CAN protokollünün günümüz bilgisayar sistemlerine uyumluluk sağlama yönünden H. Ekiz, iki farklı CAN segmentini yine CAN tabanlı köprülerle birleştirilmesini ve bu ağların performans analizini gerçekleştirdiği çalışmalar yapmıştır [9]. Robot teknolojilerinin gelişmesiyle çoklu kontrol sistemlerine erişimlerde İ.Yabanova, S.Taşkın, denetleyici alan ağı üzerinden bir mekatronik sistemin kontrollünü gerçekleştirmiştir [10]. CAN haberleşme sistemlerinin artmasıyla, CAN hattında oluşan bağlantı hatalarının çözümüne yönelik olarak A.Özdemir, asansör haberleşme sistemlerinde CAN hata tolerans modu kullanımını, kablo düğümlerinin şase ve birbirleri arasındaki kısa devre durumlarını incelemiştir [11].



Endüstriyel sektörde algılayıcılar aracılığıyla üretimde görev alan makinelerin denetim analizlerinin izlenmesi için M. Ali Şimşek, K. Taşdelen, çalışmalarında CAN kullanarak, endüstriyel ortamlarda, üretimin kalitesini artırmada, sahada bulunan cihazların bilgilerinin gerçek zamanlı olarak izlemişlerdir [12]. Endüstriyel sistemlerdeki dağıtık algılayıcı ağlarına çözüm olarak Ç. Özdemir, CAN/TTCAN Sistemlerin UPPAAL programı ile modellenmesi ve zamanlama doğrulamasını gerçekleştirerek, dağıtık birimler arasındaki haberleşme sistemlerine uygulanması ve performans gereksinimleri incelemişlerdir [13].

## **1.2 Tezin Amacı**

Bu tez çalışmasının amacı, CAN iletişim protokollünün sağladığı mesaj temelli adlandırma ile algılayıcılara kimlik vererek bir algılayıcı ağı oluşturmaktır. Daha sonra bu algılayıcı ağıdan alınan her bir verinin organize bir şekilde merkezi kontrol ünitesine aktarılmasını gerçekleştirmektir.

Endüstriyel sistemlerde, üstün haberleşme özelliklerine sahip ağlar kurarak süreç denetimli sistemlere veri servisi sağlanması amaçlanmaktadır. Bu çalışmada bu yapıya benzer olarak yapı kimyasallarının korunmasında kullanılan siloların süreç denetlenmesi gerçekleştirilmektedir. Silo sistemlerinin denetlenmesinde kullanılan her bir silo algılayıcı ağı (SAA), silo sistem kartında toplanıp merkezi kontrol ünitesine aktarılması sağlanmaktadır.

Bir veya daha fazla silodan oluşsan sistemlerde, her bir siloya içerisinde yer alan malzemenin korunmasında katkı sağlayacak siloya ait sıcaklık, nem, ağırlık, doluluk, doğru malzeme - doğru silo eşleşmesi vs. gibi çok sayıda parametreyi algılayan algılayıcılardan oluşturulan bir algılayıcı ağ kurulur. Silo içerisinde korunan malzeme azaldığında veya takviye edilmesi gerektiğinde, siloya boşaltılacak malzemenin doğru siloya boşaltılmasının sağlanması için, silo tanıma sistemi (STS), tasarlanması amaçlanmıştır. Oluşturulan SAA kumanda merkezinden takip ve kontrolünün gerçekleştirilmesi silo tanımlamasına göre merkezi bilgisayar vasıtası ile sağlanması amaçlanmıştır.

### 1.3 Tezin Kapsamı Ve Organizasyonu

Tez çalışmasının ikinci bölümünde, günümüz teknolojisindeki mikro denetleyiciler özellikleri hakkında temel bilgiler verilmiştir. Mikro denetleyicilerle algılayıcılar arasında nasıl iletişim kurulacağı hakkında bilgi verilmiştir. Algılayıcı türleri incelenip kullanım alanlarına göre giriş ve çıkış yapıları incelenmiştir. Bir mikro denetleyicinin Algılayıcı aracılığı ile nasıl kontrol edileceği ile ilgili algoritma tanıtılmıştır.

Tezin üçüncü bölümünde endüstriyel iletişim yöntemleri tarihsel gelişim süreci ve günümüzde kullanılan teknolojiler tanıtılmıştır. Endüstriyel iletişimde FIELD BUS ağların kullanım alanları özellikleri incelenmiştir. FIELD BUS ağlar içerisinde yer alan MOD BUS, PROFIBUS, CAN, Endüstriyel TCP/IP gibi haberleşme teknolojileri hız ve kullanım alanlarına göre incelenmiştir.

Dördüncü bölümde CAN iletişimi geniş olarak incelenmiştir. CAN protokolünün yapısal özellikleri, CAN mesajlarının yapısı, CAN hata önleme mekanizması, CAN hata tolerans seçenekleri, CAN düğüm bağlantısı ayrıntılı olarak incelenmiştir.

Beşinci bölümde endüstriyel sistemlerde ETHERNET kullanımı ve TCP/IP incelenmiştir. ETHERNET'in endüstriyel sistemlere uyarlanması ve OSI referans modeli tanıtılmıştır.

Altıncı bölümde silo sistemleri için bir algılayıcı ağı tasarımı incelenmiştir. Bu algılayıcı ağının CAN protokollü ile birlikte nasıl kullanılacağı açıklanmıştır. Mesaj kimliği tabanlı CAN mesajlarıyla bir algılayıcı ağının alt yapısı incelenmiştir. Silo sistemleri için bir kontrol ünitesi ve algılayıcı silo merkezi ünitesi uygulaması tasarlanmıştır. Tasarlanan silo kontrol sisteminde tek bir silo için ısı, sıcaklık, basınç, nem, ağırlık parametreleri merkezi kontrol ünitesine aktarılarak CAN-ETHERNET dönüşümünden yararlanarak silo sistemi için bir parametre protokollü oluşturulmuştur.

## **2.MİKRO DENETLEYİCİLER VE ALGILAYICILAR**

Yaşamın her alanında kullanılan elektronik cihazlar bir merkezi kontrol ünitesi tarafından yönetilirler. Hayatımızı kolaylaştıran bu cihazlar teknolojinin etkisi altında kalarak günden güne değişim ve gelişim göstermektedir. Bu gelişimle birlikte kontrol edilen her ünite günümüzün şartlarında insan gücünün azalmasına ve yaşam kalitesinin artmasına sebep olmaktadır.

Yarı iletken maddelerin keşfi ile birlikte doğada bulunan fiziksel parametrelerin ölçülmesi, hesaplanması, haberleştirilmesi ve farklı enerji türlerine çevrilmesi veya kontrol edilmesine imkân sağlamaktadır. Bu noktada mikro denetleyicilerin önemini daha çok kavramaktayız.

Teknolojinin gelişimi ile birlikte hayatımıza giren MCU 4 bit, 8bit, 16 bit, 32 bit gibi sınıflandırmalarla artan donanımsal özellikleri, hızı, güvenliği kanıtlanmış iletişim protokolleri ve kolay programlanabilir özellikleri ile kullanıcılarının gözünde büyük önem taşımaktadır.

Doğada bulunan etkileşim parametreleri ısı, basınç, nem, ışık, hız, ivme, konum vb. mikro denetleyicilerle kontrol edilebilir hale gelmiştir. Bu parametreler doğrultusunda elde edilen veriler endüstriyel sistemlerin hatasız bir şekilde denetleyebilmektedir. Bu parametrelerin elde edilmesine imkân veren yardımcı ekipmanlar algılayıcılardır.

### **2.1 Mikro Denetleyici Yapısı**

Basit olarak bir mikro denetleyici bir giriş ünitesi, işlem ünitesi ve çıkış ünitesi olarak üç üniteden ibarettir.

İşlenmesi gerek bilgi giriş ünitesinden içeri alınıp istenilen şekilde işlenip veya hesaplanıp çıkış ünitesinden sonuç olarak elde edilir. Kontrol edilmesi gereken bilgi bir mikro denetleyicinin algılayıcı formata dönüştürüldükten sonra merkezi işlem biriminde kullanıcının istediği gibi programlanıp tekrar kullanıcının istediği biçimde çıkış ünitesinden bilgi olarak elde edilir.



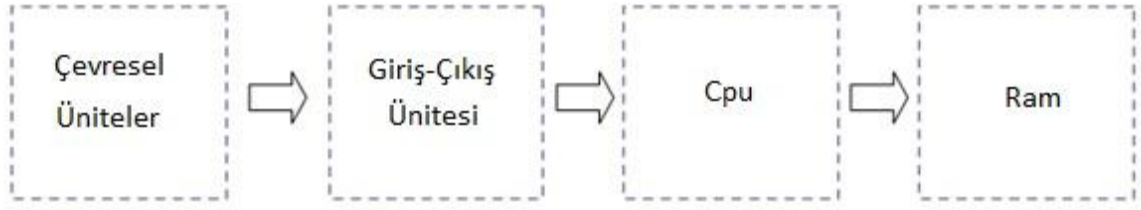
**Şekil 2.1** Genel amaçlı bir mikro denetleyici temel bileşenleri

Belirtilen giriş ve çıkış üniteleri için, endüstriyel çalışmalarından bir örnek olarak, kum yüklü bir tır ağırlığının hesaplanmasında girdi olarak ağırlık ölçen bir algılayıcı çıkışı ve çıkış olarak da tır ağırlığı ve darasının ekranda gösterilmesi işlemidir.

**Tablo 2.1.** Mikro denetleyici giriş çıkış üniteleri.

ÖR	GİRİŞ	ÇIKIŞ
1	Ağılık, Isı, Işık, Nem Vs.Sensorler	Ekran(Lcd, Tft, Oled)
2	Kalevye, button, joistik vb.	Led, Motor
3	CAN, ethernet, uart, spı, usb, vb.	Yazıcı, Html Sayfası
4	Hız, Konum, Zaman, Gps Vb	Kontrol Devreleri
5	Hard disk, sd kart, vb.	Dosya Yazma İşlemleri
6	Flash, eeprom, vb.	Bilgi Saklama
7	İnfrared, Bluetooth, Wireless	Kontak, Anahatar

Genel olarak bir mikro denetleyici merkezi işlem birimine sahip özel bir işlemcidir. Çevresel birimlere sahiptir. Tablo 2.1 de verilen örnek özelliklerdeki birimlerin kullanılabilmesi için her giriş ve çıkış birimini destekleyen çevresel üniteleri mikro denetleyiciler desteklemelidir.

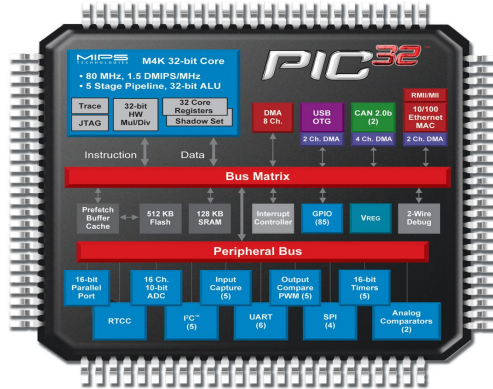


Şekil 2.2 Genel mikro denetleyici sistemi.

## 2.2 Bir Mikro Denetleyicinin Sahip Olduğu Özellikler

Günümüz teknolojisinde artık mikro denetleyicilerin harici donanımları sayesinde bazı algılayıcı donanımlara ve protokollere ihtiyaç kalmamaktadır. Analog dijital dönüştürülürler (ADC), Real time clock (RTC), seri haberleşme protokolleri (UART), Osilatör, Spi, CAN, ETHERNET, Karşılaştırıcılar, Eeprom, Flash, DSP, vs [14].

Bu harici donanımlar kullanıcının denetiminde yazılımsal kontrol ile kullanıma açık hale getirilebilmektedir. Mikro denetleyicilerin bu özellikleri tasarlanan bir devre dizaynında veya sistemde daha az devre elmanı ve daha küçük cihaz oluşturulmasında büyük kolaylıklar sağlamaktadır. Endüstriyel iş sahasında karşılaşılabilecek problemlerin en aza indirgenmesinde genel anlamda çözüm sağlamaktadır. Geliştirilen yöntemlerle kolay programla ve basit devre tasarımıyla kullanıcılarına popülerlik oluşturmuştur.



Şekil 2.3 Günümüz teknolojisinde bir mikro denetleyici [15].

Günümüzde mikro denetleyicilerin kullanım alanları tıp, endüstri, kişisel aletler, haberleşme, savunma sanayi, lojistik vs. Olarak aşağıdaki gibi özetlenebilir.

- Network cihazları
- Motor Denetleyicileri
- ABS (Air-Break Switch) Fren Sistemleri
- Ev Otomasyon cihazları
- Hava Savunma kontrolcüleri
- Tıbbi cihazlar
- Ölüm cihazlar
- Banka ATM'leri (Automatic Teller Machine)
- Eylemsiz Rehber cihazları
- Uçuř Kontrol Cihaz ve Yazılımı
- Uçak ve Fzele fırlatma sistemleri
- Cep Telefonları
- Yönlendiriciler (Router)
- Bilgisayar Mürekkep Yazıcıları
- Fotokopi Makineleri
- Disketler ve hafıza birimleri
- Hesap Makineleri
- Kol Saatleri
- İnternet Radyosu, Tv ve Multimedya Uygulamaları
- PDA'lar (Personal Digital Assistant)
- Endüstriyel Otomasyonlarİin PLC 'ler (Programmable Logic Controller)
- Oyun Konsolları
- Tařınabilir Bilgisayarlar

### **2.3 Algılayıcılar**

Algılayıcı endüstriyel sistemlerin denetlenmesinde yardımcı olan kontrol sistemlerinin duyu organlarına verilen isimdir. Doğada bulunan ısı, ışık, nem, kuvvet, hız, ivme, ph, konum, ses gibi parametrelerin elektriksel olarak algılanması algılayıcılarla mümkündür.

Teknik anlamda algılayıcı ve transducer aynı manada kullanılabilir. 1969' da ISA (Instrument Society of America) bu terimleri aynı anlamda kabul etmiş ve "llen fiziksel

parametre, miktar ve şartları kullanılabilir elektriksel birime dönüştüren bir araç" olarak tanımlamıştır.

## **2.4 Sönsörlerin Sınıflandırılması**

Algılayıcılar ölçülebilme yöntemlerine göre giriş ve çıkış parametreleri türleriyle sınıflandırılırlar.

### **2.4.1 Giriş Büyüklüklerine Göre**

**Mekanik:** Uzunluk, alan, miktar, kütleli akış, kuvvet, tork -moment, basınç, hız, Pozisyon, Ses dalga boyu, ivme.

**Termal:** Sıcaklık, ısı katsayılar.

**Elektriksel:** Voltaj, akım, direnç, kapasitans, dielektrik katsayısı, kutuplandırma, elektrik alanı ve frekans.

**Manyetik:** Alan yoğunluğu, akı yoğunluğu, manyetik moment, geçirgenlik.

**Işıma:** Yoğunluk, dalga boyu, polarizasyon, faz, yansıtma, gönderme.

**Kimyasal:** Yoğunlaşma, içerik, redaksiyon, reaksiyon hızı, PH miktarı.

### **2.4.2 Çıkış Yöntemlerine Göre**

#### **SPI(Serial Peripheral Interface):**

SPI veri yolu full duplex modda çalışan eşzaman bir seri veri aktarımı standardıdır. Usta çıkarak ilişkisi altında çalışan birden fazla algılayıcının tek bir hattan sıralı dijital (logic) haberleşmesini sağlar.

#### **SERİ PORT(UART):**

Evrensel Asenkron Alıcı Vericidir. Algılayıcılardan gelen bilgiyi seri haberleşme protokolünde mikro denetleyiciler ve bilgisayarlarla aynı dilde bilgi alışverişi yapar.

## **I2C:**

Philips firması tarafından geliştirilmiş devre içi düşük hızlı sistemler için haberleşme sağlar. Devre kartı üzerindeki algılayıcılar bilgi toplar.

## **ANALOG:**

Algılayıcılardan alınan elektriksel bilginin 0V 5V , -5V +5V, 4mA 20mA olarak sınırlandırılmış akım ve gerilim olarak lineer ve lineer olmayan biçimde bilgi alış verişi yapar.

### **2.4.3 Besleme Sınıflarına Göre**

#### **Pasif Algılayıcılar:**

Dışarıdan hiçbir enerjinin veya besleme gerilimin etkisi olmadan farklı bir enerji türüne dönüştüren sensör tipidir. Termocouple, kimyasal dönüşümler ve ışık enerjisini elektrik enerjisine dönüştüren sensörlerdir.

#### **Aktif Algılayıcılar:**

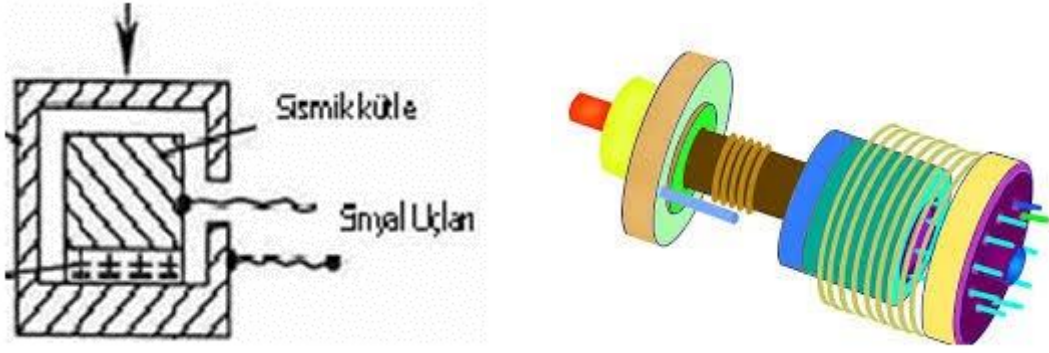
Dışarıdan bir besleme enerjisine ihtiyaç duyan algılayıcılardır. Bu algılayıcı tipleri daha çok küçük ölçekli sinyallerin dönüşümünde kullanılırlar. Çıkış bilgilerini analog ve sayısal format olarak verirler. Aktif algılayıcılar kullandıkları enerji miktarı dış ortama verdikleri enerjiden daha fazladır. İnfrared, ultrasonic, mesafe ölçerler bu algılayıcılara örnek olarak verilebilir.

### **2.5 Dinamik Ölçümler İçin Algılayıcılar**

#### **2.5.1 İvme Ölçer**

İvme ölçerler temel de harekete bağlı titreşim ve şok etkilerini ölçerler. Bir sistemin farklı yerlerinde titreşimin genliği ve fazını analiz yapılabilmesine imkân sağlar. Gerçekleştirilecek olan analiz sonucunda dinamik olarak çalışacak parçaların çalışma modları tanımlanarak tüm sistemin dinamik karakteri ortaya çıkmaktadır. Bu sayede ölçülmesi istenen sistemin hareketine bağlı olarak dinamik ivme sonuçlarını ivme ölçerlerle sağlanır. Çalışma yöntemi olarak X, Y, Z koordinatlarındaki bilgisini ve hareketin o andaki ivmesini alır. Cihaza her hangi bir yönden ivme verirseniz, o kısmın hızı ölçüler.





Şekil 2.4 İvme Ölçer

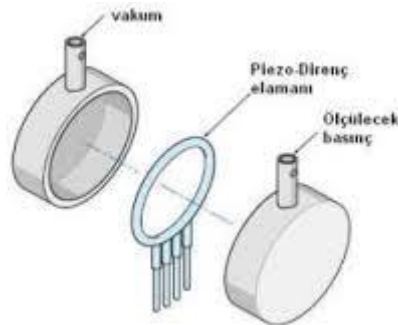
## 2.5.2 Basın Ölçer

### Dinamik Basın Algılayıcıları:

Basın algılayıcıları elektriksel etkiyi kullanarak çalışırlar. 400 ila 500 Khz gibi bir frekans aralığında doğrusal çıkış verebilir ve büyük durgun basınç değerlerinin üzerindeki yüksek frekanslı fakat küçük genlikli değişimleri ölçebilirler. Küçük ölçekli dinamik basınç ölçümlerinde yararlanılır.

### Statik Basın Algılayıcıları:

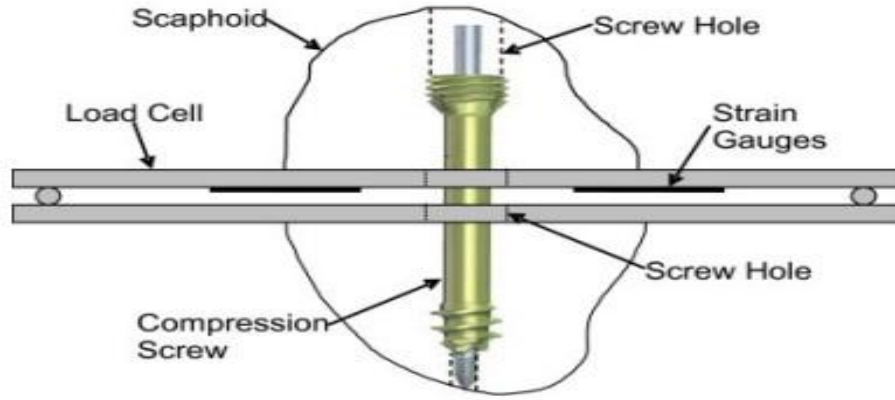
Endüstriyel sistemlerde durağan basınç altında kalan sistemleri ölçmede kullanılırlar. Silo iç basınçlarının denetiminde, tank seviye ölçümlerinde kullanılırlar. Isıtma ve soğutma sistemlerinde kısaca basınç değişimlerinin az olduğu sistemlerde tercih edilirler.



Şekil 2.5 Statik Basın Algılayıcı.

### 2.5.3 Kuvvet Ölçer

Kuvvet algılayıcı genel olarak üzerine kuvvet uygulanan cisme etkiyen deformasyonu ölçerler. Endüstride üzerine uygulanan kuvveti elektrik akımına karşı direnç olarak tepki veren Strain Gage yapıları algılayıcılar kullanılırlar. Bu algılayıcılar hem basma hem de çekme kuvvetini ölçebilirler. Şekil 2.6 da bir strain gage (Kuvvet Ölçer) yapısı görülmektedir.



Şekil 2.6 Kuvvet Ölçer.

### 2.5.4 Hız Ölçer

Doğrusal hız algılayıcıları temel olarak tekrarlanan hız değişimlerini ölçmektedir. Dairesel ve elektromanyetik olarak dönen cisimlerin tekrar sayılarını veren algılayıcı tipleridir. Takometreler, rotary encoder bu algılayıcı türüne örnek olarak verilebilir. Elektromanyetik olarak hız ölçümü yapan algılayıcılar, sargıda hareket eden sabit bir mıknatıstan yapılırlar. Hareket eden yapının içindeki dönen mekanizma hareket ettikçe bir elektromanyetik kuvvet üretilir. Hareket ne kadar fazla olursa etki hızı kadar yüksek bir elektromanyetik kuvvet oluşur. Rotary encoder ile hız ölçümü yapan algılayıcılar döner mekanizma içindeki puls üretici sayesinde çıkış olarak puls sinyali verir ve bu değişime göre hız elde edilir. Şekil 2.7 de bir hız ölçerin iç yapısı verilmiştir.



Şekil 2.7 Hız Algılayıcısı.

### 2.5.5 Tork Algılayıcı

Tork ölçen algılayıcılar genellikle güç üreten dönen mekanizma ile gücü tüketen dönen mekanizma arasına doğrudan bağlanırlar. Tork bu dönel yapıdaki sistemin üzerine etkiğinde bir burulma tepkisi oluşturur ve tork ile doğru orantılı bir açı oluşur. Bir diğer tork algılayıcısı ise tepki torkunu ölçer. Bu sistemde güç türeten rotorun dönmesi sınırlandırılır ve oluşan tork bir kuvvet algılayıcısının tepkisiyle ölçülür.

### 2.5.6 Nem Algılayıcı

Nem algılayıcısında birkaç metot kullanılır. Higrometreler doğrudan %RH ile ayarlanan bir çıkış verir. Psikometreler iki sıcaklık değeri ölçüp bir grafik gösterimi ile bu değerlerini nem veya %RH ile ilişkilendirmek durumundadır. Yoğunlaşma noktası algılayıcı eğer izlenmesi istenen özellik yoğunlaşma noktasında değil ise nem yüzdesini bir tablo aracılığıyla sıcaklık ölçümünden çıkarılmasını sağlar. Diğer bir algılama yöntemi ise en yüksek frekanslı mikrodalga sinyal gönderilerek suyun yüksek frekansa verdiği ısı değer ölçülerek bulunur. Son olarak uzaktan algılama sistemleri nemi kütle ya da hacim olarak ölçebilir. Şekil 2.8 de örnek sıcaklık ölçer görülmektedir.



Şekil 2.8 Sıcaklık Algılayıcısı.

### 2.5.7 Seviye Algılayıcısı

Sıvı seviyeyi çoğunlukla uzunluk birimiyle, sıvı yüzeyinin her hangi bir referans çizgisine göre yüksekliği olarak hesaplanır. Sıvı seviye ölçümleri ile ilgili hesaplar rahatlıkla bir mikro denetleyici tarafından yapılabilir. Böylece eğer tankın, silonun geometrisi ve ölçüleri biliniyorsa sıvının hacmi, eğer ağırlığı da biliniyorsa öz kütlesi hesaplanabilir. Şekil 2.9 da sıvı seviye ölçerler verilmiştir.



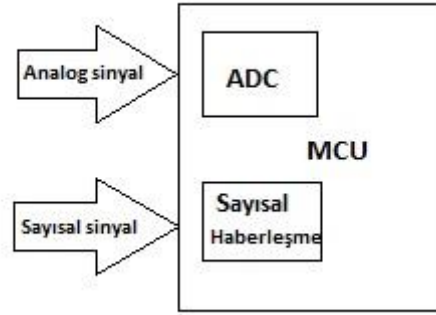
Şekil 2.9 Seviye Ölçer Algılayıcıları.

### 2.6 Mikro Denetleyici ile Algılayıcı Data Haberleşmesi

Algılayıcılarla haberleşme analog ve sayısal olarak 2 arı birim olarak incelenebilir. Analog haberleşme algılayıcının çıktı olarak sürekli zamanda lineer ve lineer olmayan doğru akım veya alternatif akım olarak çıktı vermesi olarak görülür. Bu çıktı bir analog

sayısal dönüştürücü yardımıyla mikro denetleyici ile haberleştirilir, ADC(Analog Dijital Converter) günümüz mikro denetleyicilerinde dâhili olarak bulunmaktadır.

Algılayıcılarda sayısal haberleşme ise sensörden alınan verinin doğrudan sayısal olmasından kaynaklanmaktadır. Algılayıcılarda sayısal haberleşme mikro denetleyicilerle belirli protokoller aracılığı ile yapılmaktadır. Mikro denetleyici ile algılayıcılar arasında haberleşme protokolleri başta seri haberleşme protokolleri olup bunlar SPI(Serial Peripheral Interface), I2C(Inter-Integrated Circuit), UART(Universal Asynchronous Receiver Transmitter), One Wire, CANBUS gibi protokollerdir. Şekil 2.10 da algılayıcılardan gelen sinyaller ve mikro denetleyici diyagramı verilmiştir.



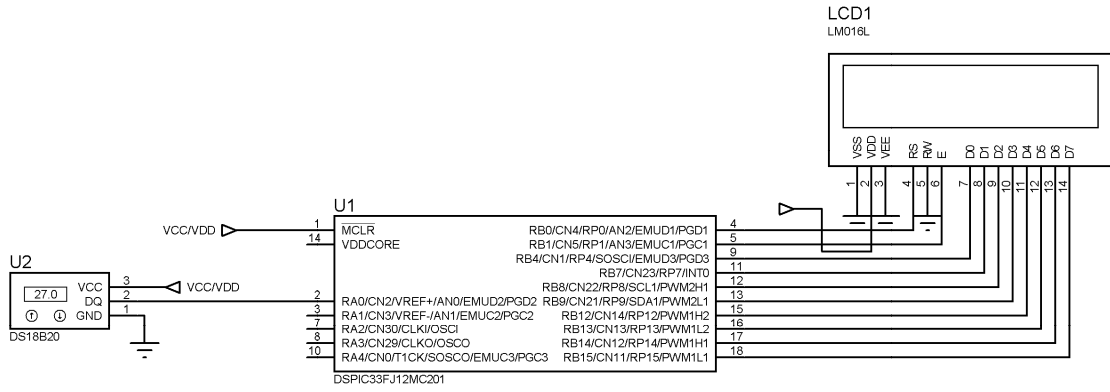
Şekil 2.10 Mikro Denetleyici Algılayıcı Diyagramı.

### 2.6.1 Mikro Denetleyici ile Algılayıcı Data Haberleşmesi Örneklendirme

Şekil 2.11 de ds18B20 sıcaklık algılayıcısından alınan sıcaklık bilgisi one wire protokolü ile mikro denetleyiciye veri aktarmaktadır. Ds18b20 algılayıcı -10 santigrat derece ile + 85 santigrat derece arasındaki sıcaklıkları ölçer. +/- 0.5V hassasiyete sahiptir. Kullanıcı seçeneğine bağlı olarak 9 ve 12 bit çözünürlüğe sahip veri çıkışı vermektedir. Haberleşme için bir tek port gerektirmesi, ekonomik enerji tüketimi ve yüksek veri çözünürlüğü ile pek çok uygulamada kullanılacak gelişmiş bir sıcaklık algılayıcısıdır. Şekil 2.11 de görülen devrede ds18b20 algılayıcının sıcaklık bilgisi lcd ekranda anlık olarak gösterilmesini biçimsel olarak verilmiştir.

## Ds18b20 Sıcaklık Algılayıcısı için Mikro denetleyici Algoritması

1. Mcu başlat.
2. Lcd ayarla.
3. Algılayıcıyı oku.
4. Eğer algılayıcıdan sinyal gelmediyse 2. Git.
5. Algılayıcı sıcaklık değerini hesapla.
6. Sıcaklık değerini lcd de göster.



Şekil 2.11 Mikro Denetleyici Sıcaklık Algılayıcısı Uygulaması.

### 3. ENDÜSTRİYEL İLETİŞİM

#### 3.1 Veri Haberleşme

Verinin belirli yollarla kablo, radyo frekans gibi iletişim yöntemleriyle alıcıya ulaştırılmasına veri haberleşmesi denir. Elektriksel olarak haberleşme analog ve sayısal olarak ikiye ayrılır. Bu haberleşme yöntemlerinin aktarımı bilginin türüne göre değişmektedir. Göndericiden alıcıya aktarılmak istenen bilgi (ses, ısı, ağırlık) , elektriksel bilgiye dönüştürülüp alıcı tarafından algılanıp kullanıcı denetimine sunulmaktadır.

Bilginin istenen alıcıya ulaştırılması, haberleşme sırasında hatasız iletilmesi, verinin gecikme olmadan alıcıya ulaşması gibi parametreler bilgi iletişiminde haberleşme kalitesini belirlemektedir. Haberleşme gerçekleşmesi için belirli birkaç unsura ihtiyaç vardır. Şekil 3.1 de veri haberleşme bileşenleri görülmektedir.

- MESAJ
- GÖNDERİCİ
- ALICI
- İLETİM YOLU
- PROTOKOL

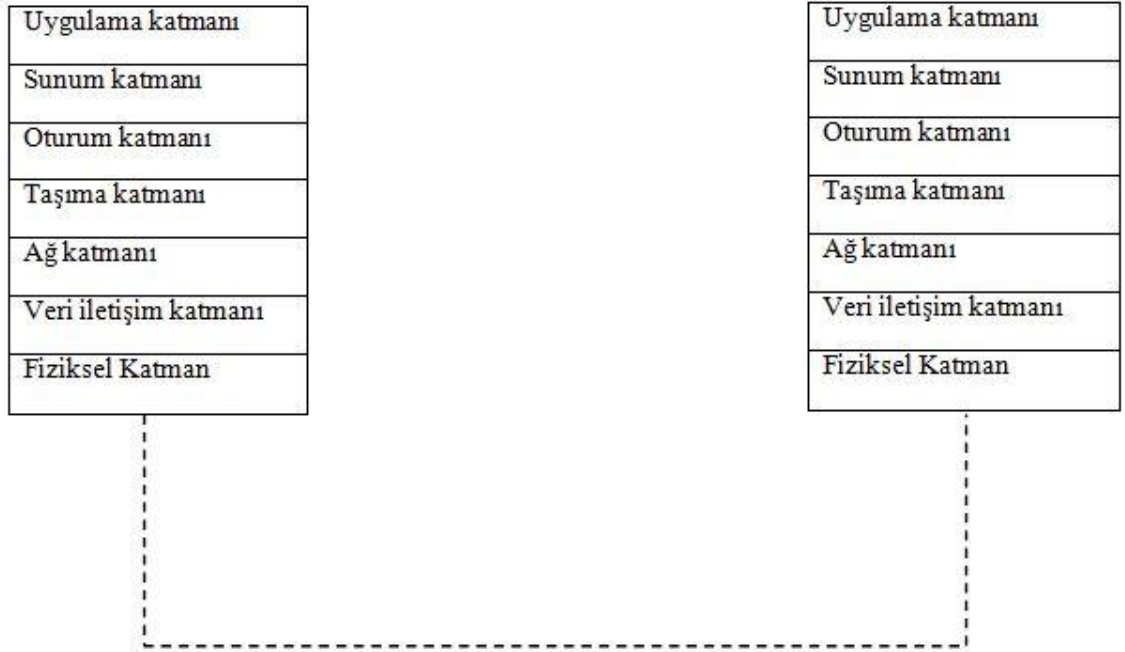


Şekil 3.1 Göndericiden alıcıya mesaj iletimi diyagramı.

Protokol, alıcı ve gönderici arasındaki iletişim dilidir. Belirli en az iki cihaz arasında iletişimi sağlamak amacıyla iletim şartlarını alıcının anlayacağı biçimde iletilme yöntemidir.

### 3.2 OSI Referans Modeli

Elektronik cihazlar arasında haberleşme belirli bir standartta oluşturulması için 1980'li yıllarda Uluslararası Standartlar Organizasyonu International Standards Organization (ISO) elektronik sistemlerin haberleştirilmesinde merkezi bir standarda yapıya ulaşmak yönünde emekleri sonuca bağlamak için bir çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalar neticesinde 1984 'de Açık Sistem Bağlantıları OSI (Open Systems Interconnection) modeli ortaya çıkarılmıştır. Bu yapı sayesinde farklı üreticilerin ürettikleri cihazlar arasındaki iletişimi bir standarda almak ve farklı standartlar arası uygunsuzluk nedeniyle ortaya çıkan iletişim problemini ortadan kaldırılması hedeflenmiştir. OSI modelinde, birden fazla cihaz arasında yapılacak olan iletişim problemini çözmek için yedi katmanlı bir ağ sistemi geliştirilmiştir. Şekil 3.2 de OSI referans modelinin katmanları görülmektedir.



Şekil 3.2 OSI Referans Modeli.

**Uygulama:** Kullanıcı tarafından icra edilen katman.

**Sunum :** Bu blokta alınan mesajlar bilgi biçimine dönüştürülür. Bilginin harf bazlı dönüşümünü veya çözümlenmesi, şifreleme görevlerini bu katman üstlenir.

**Oturum:** 2 cihaz arasında ki bağlantı katmanıdır.



**Taşıma :** Gelen bilginin doğruluğunu denetler. Bilginin aktarımı sırasında oluşan hataları yakalar ve bunları düzeltmek için çalışır.

**Ağ :** Bağlantıyı gerçekleyen ve ulaşılmak istenen alıcı veya vericiye yönlendirilen yönü bulan katmandır. Yönlendirme protokolleri bu katmanda çalışır.

**Veri iletim:** Bu blok fiziksel katmana ulaşım yöntemini belirler. Fiziksel adresleme, ağ topolojisi, akış kontrolü vs. bu katmanın görevlerindedir.

**Fiziksel katman:** Bu katman ağın elektriksel ve mekanik karakteristiklerini belirler. Modülasyon teknikleri, çalışma voltajı, frekansı vs. bu katmanın temel özelliklerindedir. OSI referans modeli bir ağ ara yüzü değildir. OSI bir tek her katmanın görevini tüm detayları ile tanımlar [16].

### 3.3 Endüstriyel İletişim Protokolleri

Endüstriyel otomasyon sistemlerinde algılayıcılar, anahtarlar, hafıza elemanları gibi ekipmanların elektronik cihazlarla haberleştirilmesi ve elektronik cihazların birbiri ile haberleştirilmesinde kullanılan protokollerdir. PLC, mikro denetleyiciler, bilgisayarlar, belirli bir standart da protokoller ile haberleşmektedir. Bulunduğu ortamın şartlarına göre değişim göstermektedir.

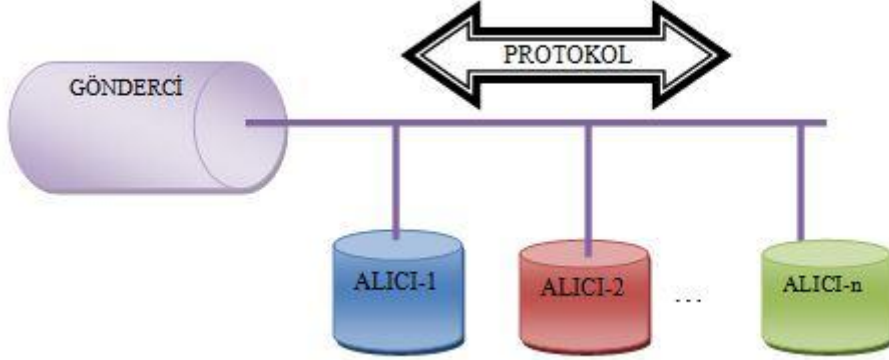
Endüstriyel kontrol üreticileri bir veri iletişimde doğruluk(hata oranı), mesafe (haberleşme uzaklığı), gürültüden etkilenme gibi parametrelerin deneyimleri ile endüstriyel sistemlerdeki haberleşme protokolü ve yöntemleri büyük gelişim göstermiştir.

Teknolojinin gelişimi ile birlikte PLC, mikro denetleyiciler, bilgisayarlar, harici olarak gelişmiş protokollere sahip olarak önümüze gelmektedir. Bu gelişimle birlikte artık daha hızlı bilgi aktarımı, daha uzak mesafelere bilgi aktarımı ve bu özelliklerle birlikte bilginin doğru bir şekilde alıcıya ulaştırılmasını sağlayan yöntemler geliştirilmiştir.

Doğal ortamda bulunan ölçülebilir parametreler (ısı, ışık, ağırlık, nem, basınç) elektriksel bilgiye dönüştürüldükten sonra endüstriyel iletişimde bilgi veya mesaj olarak kullanılırlar. Kullanılan bu mesajların doğrulukları haberleşme sırasında oluşan problemlerden (gürültü) ötürü kullanılan haberleşme tekniği büyük önem taşımaktadır.

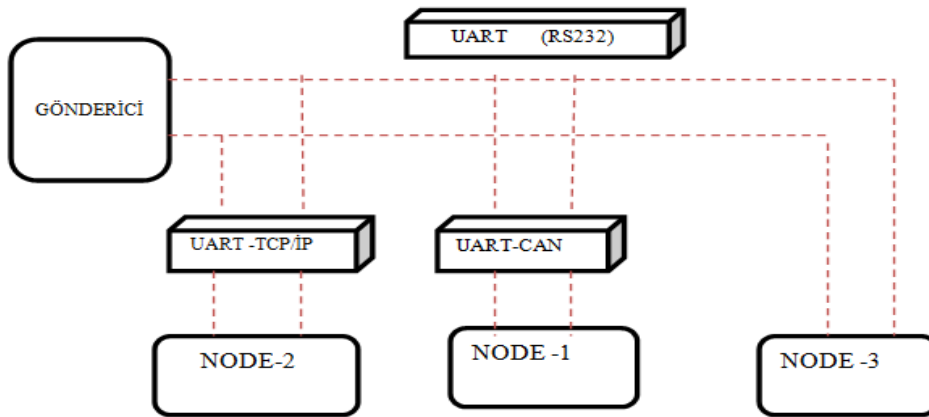
Sistemler sadece tek bir alıcı ve göndericiden oluşmamaktadır. Aynı protokole sahip birden fazla cihazlar aralarında haberleşebilirler. Bu tip haberleşme yöntemlerinde

haberleşmedeki cihaz sayısı, haberleşme mesafesi gibi unsurlar protokol türüne göre değişim göstermektedir. Şekil 3.3 te endüstriyel bağlantı iletişim modeli verilmiştir.



Şekil 3.3 Endüstriyel Bağlantı Örnek İletişim Modeli.

Sistemler birden fazla iletişim protokolü ve birden fazla cihaz ile farklı iletişim protokollerinde haberleşebilirler. Bu sistemlerde farklı iletişim protokolleri birbirine uyumluluk sağlayacak şekilde dönüştürülebilirler fakat bu durumda birbirine benzer iletişim protokollerini kullanmak yeterli olur. Oluşabilecek hız ve bilgi kaymasından dolayı uygun iletişim protokolleri tercih edilir. Şekil 3,4 'te birden fazla iletişim protokolünün kullanımı için diyagram görülmektedir.



Şekil 3.4 Birden Fazla İletişim Protokollünün Haberleşmesi.

### 3.4 Veri Aktarım Yöntemleri

Bilginin haberleştirilmesi 2 tip yöntemle gerçekleştirilmektedir. Bu yöntemler seri ve paralel olarak isimlendirilir. Bilgi tek bir kablo veya birden fazla kablo ile haberleştirilir. Verinin tek bir kablodan birleştirilerek aktarılması seri haberleşme ile olur. Birden fazla kablo parçalanarak haberleştirilmede paralel veri aktarımı ile olur.

Gönderilecek bilgi sayısal olarak haberleştiriliyor ise bilgi 1 ve 0 olarak kodlanır, işte bu bilginin seri ve paralel olarak haberleştirilmesi yöntemi bilginin tek bir kablodan sıralı halde iletilmesi ve birden fazla kablo ile her bir bitin tek bir kablodan haberleştirilmesi ile sağlanır.

#### **Paralel Haberleşme:**

Ayrık zamanda sayısal olarak elde edilen bilgi 1 ve 0'larla ifade edilir. Bu hale dönüştürülmüş bilgi birden fazla kanal ile her bir kanalda 1 ve 0'larla ifade edilerek bilginin aktarılması yöntemidir. Paralel haberleşmede bilgi 4, 8, 16, 32 bit olarak iletilir. Bu bit sayısı bilginin uzunluğuna, haberleşme hızına etki etmektedir [17]. Şekil 3.5 te 8 bit paralel haberleşme modeli görülmektedir.



Şekil 3.5 8 Bit Paralel Haberleşme Modeli.

### **Seri Haberleşme:**

Ayrık zamanda sayısal olarak oluşturulan bilgi sıralı halde tek bir kanaldan iletilmesi seri haberleşme olarak isimlendirilir. Seri olarak kodlanan bilgi alıcı tarafında çözülür ve işleme konur. Gönderilen her bilgi başlama ve sonlandırma işaretleri ile belirlenir [17]. Şekil 3.6 da seri haberleşme modeli görülmektedir.



**Şekil 3.6** Seri Haberleşme.

### **3.5 Haberleşme Standartları**

Tüm dünyada kabul edilen ve uluslar arası standartları durumuna gelmiş haberleşme ara yüzleri vardır. Bütün cihaz üreticileri bu standartlar üzerinden iletişimi yaparak farklı üreticilerin birbirleri ile haberleşmesi olanak sağlar.

#### **RS232 Standart'ı:**

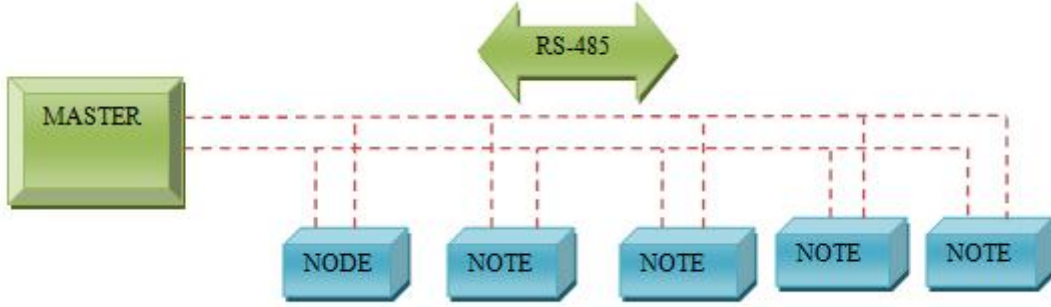
İlk olarak 1962 yılında bulunmuştur. İki terminal arasında asenkron iletişim kurar. RS-232 bağlantıları TTL elektriksel sinyal seviyelerini 5V, 0V taşımaz. Tipik olarak gerilim seviyeleri +12 V ve -12V'dur. Asenkron bir iletişim kullanıldığı için zamanlama bölümü kullanılmaz. RS-232 ile bir iletişim yapılmak istendiğinde her iki birimin de aynı bazı ayarlamalara sahip olması gerekir. Baudrate, parity biti gibi. RS-232 terminali alıcı ve verici bağlantıları üzerinden iletilmektedir.

#### **RS485 Standart'ı**

RS 485 terminali simetrik ve birden fazla ünitenin haberleşmesi için geliştirilen sistemdir. Bu haberleşme standardında iki veri arasındaki diferansiyel gerilim farkı ile haberleşme sağlanır. 1200 m kablo uzunluğuna kadar veri iletişimine izin verir. Maksimum 32 ünite bağlanabilir yarı çift yönlü (half duplex) iletim sağlanır. Kablo uzunluğuna göre iletişim hızı değişim gösterir.

- 62,5 KBit/sn 1200 m - Bir adet izole edilmiş kablo
- 375 KBit/sn 300 m - Bir adet izole edilmiş kablo
- 550 KBit/sn
- 1 MBit/sn
- 2.4 MBit/sn 100 m İki adet izole edilmiş çift kablo (UTP)
- 10 MBit/sn 10 m

Endüstriyel sistemlerinde algılayıcılar, tahrik elemanları, anahtarlama elemanları tek protokolde aynı noktadan haberleşmesinde RS485 standardından yararlanmaktadır. Dolayısıyla birden fazla veri elemanı tek bir merkezden haberleşmeye veya kontrol edilmeye imkân sağlamaktadır[8].



Şekil 3.7 RS485 Standart ı Modeli.

### 3.6 Endüstriyel Haberleşme Protokolleri

Haberleşen üniteler arasında güvenli, hızlı ve anlaşılabilir haberleşme sağlanabilmesi için yararlanılan yazılım ve donanım birimlerine göre parametrelerin yapılandırılması sağlanır. Haberleşme ile ilgili parametrelerin belirlenmesi ile haberleşme yapısı konumlandırılmış olur. Belirli bir yapıdaki bilgi aktarımı ve kontrolü ile ilgili tüm detaylar belirlenmiş ve standartlaşmıştır. Alıcı ve gönderici cihazların belirli bir haberleşme yapısından iletilecek biçimde türetilmiş olması gerekmektedir.

Günümüz teknolojisinde genellikle kullanılan birkaç protokol vardır. Bu protokoller çeşitli firmaların kendilerine çözüm üretmek için kullandıkları protokollerdendir. Endüstriyel iletişimde en sık karşılaşılan problemlerin başlarında veri iletişim hızının yavaş

olması, ortam gürültüsünden ötürü veri kaybı yaşanması daha uzun mesafelere haberleşmenin sağlanması gibi unsurlara çözüm arayışında bulunulmuştur.

Endüstri sektöründe en çok kullanılan PLC, mikro denetleyici, dijital sinyal işleme(DSP), FPGA gibi kontrol üniteleri standartlaşmış bu protokolleri kullanıcıların önüne yazılımsal olarak sunmuştur. Fieldbus, Profibus, Modbus, CANbus, Devicenet vb[18].

### **FİELDBUS:**

Otomasyon sistemlerde, algılayıcı, motorlar ve mikro denetleyicilerden kurulan iletişim alanına FİELDBUS olarak isimlendirilir. Büyük ölçekli çoklu sistemlerin, elektronik ekipmanlar kullanıldığında Fieldbus protokollü ile aralarında haberleşme döngüleri oluşur ve bu döngüler oluşacak bir problem anında arızanın kullanıcıya konumu tam olarak gösterecek şekilde kullanıcı denetiminde belirlenebilir. Bu durum arıza tespitinde kullanılabılır.

Genellikle Fieldbus, PLC arasında kapalı çevrim bir haberleşme kontrollü sağlar. Fieldbus, Yüksek çözünürlüklü ölçme, güvenli veri haberleşmesi, kendi kendini denetleme özellikleri ile saha ortamında güvenli veri iletişimini oluşturur.

### **PROFİBUS:**

Profibus haberleşme protokollü Siemens'in de aralarında bulunduğu birçok PLC firması tarafından geliştirilen ve temel standart olarak tanımlanan bir ağ protokollüdür. Profibus otomasyon üniteleri merkezi olmayan üniteler arasında hızlı olarak haberleşme sağlayan bir haberleşme protokollüdür. PLC 'nin merkezi olarak, çevre birimlerinin uygulama alanlarında olduğu durumlarda iletim hatlarının oluşturulması çok kolay bir şekilde gerçekleştirilmektedir. Merkezi kontrol biriminde (CPU) giriş bilgilerini slave 'lerden alır, denetler ve çıkış bilgilerini slave 'lerin çıkışlarına aktarır.

- Her bir ünite 32, toplamda 126 ünite bağlantısı yapılır.
- Bilgi iletişimi iki damarlı gürültüye karşı en etki gösteren izoleli kablo veya optik bağlantılar ile bağlantı kurulur.
- Veri iletim aralığındaki elektrik kabloları ile 12 km, optik kablolarla 23,8 km kadar desteklenir.

**CAN:**

Açılımı “Controller Area Network Bus” diye bilinen Kontrol Alan Ağı Veri yolu dur. 1980’lerde Robert Bosch tarafından otomotivde kablo yumağı yerine tek bir kablodan yazılım kontrollü veri transferini sağlamak amacıyla tasarlanmıştır. CAN, otomotiv sektöründe popülerdir. Başlangıçta bir tek araç sistemleri için tasarlanmış olsa da yüksek performansı güvenilirliğinden ötürü endüstriyel otomasyon sistemlerinde de tercih edilmektedir. Veri aktarım güvenliğinin büyük önem taşıdığı gerçek zamanlı (Real Time) uygulamalarda da kullanılır. CAN, otomobil sistemleri, akıllı motor denetimi, robot kontrolü, akıllı algılayıcılar, asansörler, makine kontrol birimleri, mekatronik, trafik kontrol sistemleri, havacılık sistemlerinde maksimum 1Mbit/sn ’lik bir hızda veri iletişimi sağlar. Motor, fren, klima, ABS, ESP, enerji tüketimi, yakıt deposu gibi araç algılayıcılarında daha çok tercih edilmektedir. Paket halinde veri taşımakta ve maksimum veri uzunlu 8 byte dır.

**MODBUS:**

1979 yılında MODICON firması tarafından PLC ’ler arası seri iletişim protokolü olarak piyasaya çıkarıldı. Kullanımı kolay ve basit olmasından dolayı endüstride en çok tercih haberleşme protokolüdür. Genel olarak PLC ve SCADA sistemlerinde hizmet vermektedir.

**MODBUS-RTU:**

MODBUS iletişiminde çoğu zaman kullanılan haberleşme protokolüdür. Cihaz seri port üzerinden mikro denetleyici veya PLC sistemleriyle haberleşmektedir.

**MODBUS TCP-IP:**

MODBUS TCP/IP protokolü desteğiyle cihaza bağlı bir bilgisayar gerektirmeden cihazın WAN ve LAN ağının bir elemanı gibi internet ve ağ üzerinden gözlenmesi yapılmaktadır. Ağ tabanlı haberleşme desteği sayesinde cihaza gerçek zamanlı olarak bağlanabilmektedir.

**TCP/IP:**

İlk olarak 1980 yıllarda Amerikan savunma bakanlığı tarafından OSI tabanlı sistemlere destek olarak geliştirildi. Gelişen mikro denetleyici, PLC ve DSP harici olarak ETHERNET donanımı sağlandı ve bu durum Endüstriyel sistemlerde kullanımı popüler

hale geldi. TCP/IP İki katmanlı bir haberleşme protokollüdür. Üst katman TCP (Transfer control protocol) verinin ayrılmadan önce paketlere ayrılmasını ve alıcı tarafında gönderilen paketleri yeniden saf veri haline dönüştürülür. Alt katman IP (internet protocol) de gönderilen paketleri belirtilen ağ adresine yönlendirilmesini sağlar[16].

### **ZİGBEE:**

IEEE 802.15.4 standartlı Wireless Sensor Network (Kablosuz Algılayıcı Ağları, WSN) tasarımı olan ZigBee, radyo frekans sistemlerinin tüm özelliklerini destekler. ZigBee, uzaktan kontrol, kontrol ağları çalışmalarında ve gelişmiş kablosuz ağların daha ekonomik ve daha az güç tüketimi ile yapılanmalar da uygulanmaktadır. Geçmiş yıllarda ZigBee temelli sistemler üzerlerindeki pilleri ile çalışarak bilgilerin izleme görevini üstlenmektedir. ZigBee haberleşme birimleri güçlü mesh ağı yapılarında kullanılmaktadır. Bu teknoloji ev, endüstriyel otomasyon sistemleri, askeri, tıbbi ve ticari sistemlerde kullanılabilir ve sismik, termik, manyetik uygulamaları içeriğine alır[19].

### **BLUETOOTH:**

Bluetooth, düşük uzaklıklarda ki cihazları birbiriyle haberleştiren bir kablosuz iletişim yöntemidir ve ismini Viking savaşçısı Harald 'dan almıştır. Bu şahıs, Norveç ile Danimarka'yı bir araya getirmesiyle bilinmektedir. Cep telefonları, bilgisayarları, tabletleri, yazıcıları uzaktan bir ağ ile birleştirir. 1994 yılında İsveçli cep telefonu üreticisi Ericsson, telefonları ve cep telefonu aksesuarları arasında kablosuz iletişim yapabilecek düşük güç tüketimli, ekonomik bir radyo ünitesi üzerine tasarlanmıştır. Daha sonra mühendislik ve endüstriyel sistemlerde kullanılmaya başlandı Cihazlar arası haberleşmede kabloları ortadan kaldırmak amacıyla ortaya çıkarılan bu tasarım giderek dâhili veri ağları ile uzaktan evrensel bir ara yüz, çevre birimleri için bir ara yüz ve küçük ölçekli sistem network 'leri yapılandırmak için bir yöntem olarak kullanılmıştır[20].

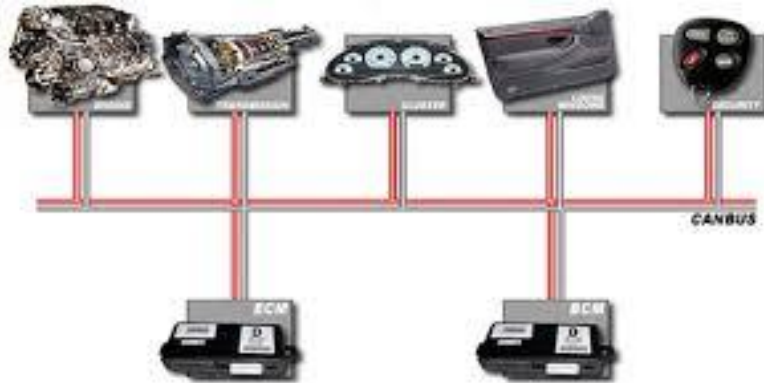


## 4. CAN

### 4.1 CAN

Endüstriyel otomasyon sistemlerinde karşılaşılan büyük problemlerden biri de gürültü kirliliğidir. Bu problemin çözümüne yardımcı olacak haberleşme sistemlerinden biri de CAN iletişim protokolüdür. CAN "Controller Area Network" 1980 'lerde Robert Bosch tarafından otomobil sektöründe kablo tasarrufundan yararlanılmak üzere tasarlandı. CAN otomobil endüstrisinde her ne kadar kullanılsa da günümüzde endüstriyel otomasyon sistemlerinde de kullanılmaya başlandı. Veri iletişiminin güvenilirliği tek bir kablodan bilgi iletimi gibi faktörler endüstride de bu protokolün kullanılmasına yol oluşturdu. CAN 'ın en belirgin özelliklerinden biri de veri iletişiminin aktarım sırasındaki güvenilirliğidir. CAN bağlantı hattı üzerinden kontrol ünitelerinin yönlendirdiği veriler CAN verisi olarak isimlendirilir[21].

İçerisinde Kontrol Alan Ağ modülü bulunan ilk entegre 1989 yılında Intel tarafından piyasaya sunulmuştur. Bu süreçten sonra, Siemens, Motorola, Philips ve Microchip gibi büyük firmalar CAN entegrelerini üretmeye başlamışlardır [22]. Şekil 4.1 'de bir otomobilin merkezi CAN haberleşme sistemi görüntülenmektedir.



Şekil 4.1 CAN iletişimi.

CAN yüksek düzeyli performansı ve karakteristik özelliklerinden dolayı birçok parçalı endüstriyel kontrol sistemlerinde popüler olarak kullanılmaktadır. CAN, gerçek zamanlı(Real Time) bir seri iletişim protokolüdür. CAN'ın kullanıldığı değişik ağ uygulamalarına akıllı motor kontrolü, robot denetimi, akıllı algılayıcılar, asansörler, akıllı binalar ve laboratuvar otomasyonu, medikal cihazlar örnek verilebilir[2].

Seri bilgi, paralel bilgi. Seri yönlendirmeli veri haberleşmesinde, mesaj transferi birbirinden farklı olarak 2 kablo veya bir kablo ve merkezi refens üzerinden, önceden belirlenmiş voltaj bilgisi olarak gönderilir. Yönlendirilen paralel bilgi transferi durumlarında 2 veya ikiden fazla sayıdaki kablo üzerinden sürekli bilgi transferi sağlanır. CAN bilgi transferinde, her bilgi kullanıcısının veya Elektronik kontrol ünitelerinin hem veri aktaran hem de bilgi alan cihaz olabileceği bilinir. CAN transferi üzerinden veri aktarımı sırasında farklı tüm cihazlar bilgiyi alırken sadece bir veri kullanıcısı bilgiyi gönderir[23].

CAN yapılan hesaplamalar sonucunda bir asırda bir tane tespit edilemeyen mesaj hatası yapabileceği belirlenmiştir. Mikro denetleyici üreticileri bu iletişim protokolünü harici donanım olarak kullanıcılara sunmuştur. Yazılımsal olarak kontrol edilebilmesine imkân sağlayan CAN protokolüne sahip mikro denetleyiciler tasarımcılarına kolaylıklar sağlamaktadır. Otomotiv sektöründen havacılığa, motor kontrolü, robotik sistemler, akıllı algılayıcılar, mekatronik sistemler gibi alanlarda kullanılabilir. CAN diğer haberleşme protokollerinden farklı olarak adres temelli değil, mesaj kimliği ve mesaj temelli çalışmaktadır. Her mesaja özgü bir kimlik numarası bulundurulur. Mesajlar maksimum 8 byte olacak şekilde yollar. Aynı alan ağına birden fazla alıcı veya gönderici bağlanabilir hatta bağlanan her bir cihaz farklı bir mesaj kimliğine sahiptir. Her bir cihaz  $2^{11}$  kimlik numarasından birine sahip olabilir. CAN protokolü iki kablo ile haberleşme gerçekleştirilir. Aktarılan bilgi donanımsal olarak bu iki kablo arasındaki diferansiyel gerilim yöntemi ile düzenlenir. CAN kablo uzunluğu maksimum 30 metredir. İletişim hızı ise maksimum 1 Mbit/sn 'dir.

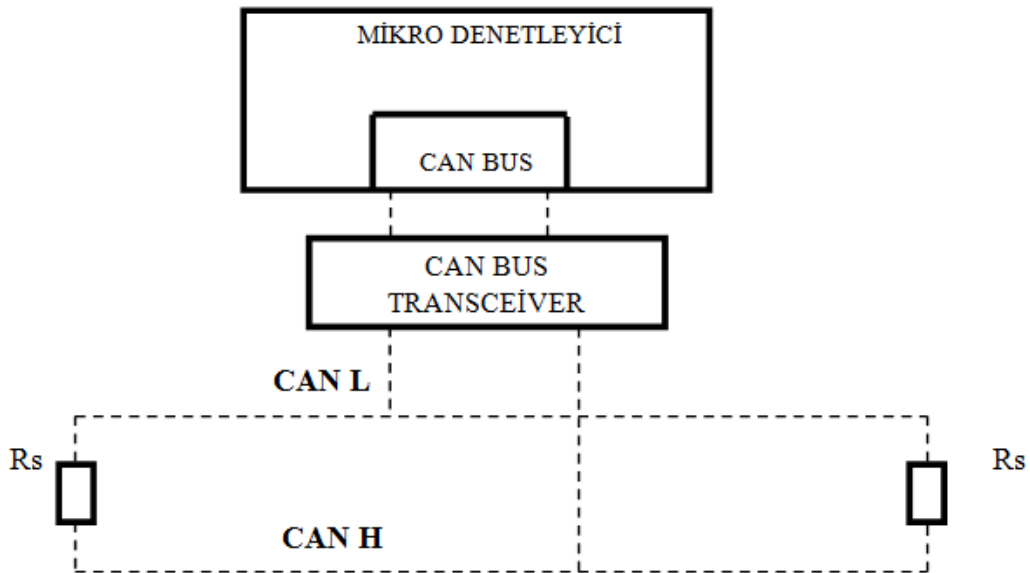
- CAN kullanılarak algılayıcı ve haberleşme bağlantıları azaltılmıştır. Ayrıca bir algılayıcının bilgileri birçok noktada kullanılmaya başlanmıştır.
- Kablo bağlantılarında ağırlık indirgenmiştir.
- Kontrol üniteleri bağlantılarında az sayıda ünite bağlantısı kullanılmıştır.

- Otomobillerde arıza teşhisini baritleştirmiştir.

## 4.2 CAN Hattının Yapısal Özellikleri

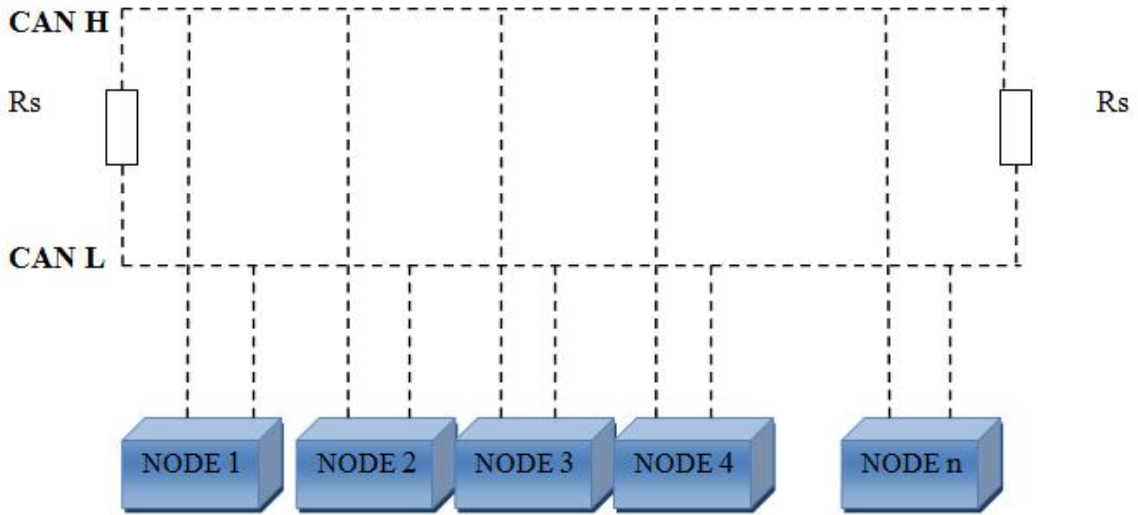
CAN bağlantıları oluşturan 2 iletim bağlantıları bir hat sonlandırma direnci ile birbirlerine bağlıdır. Hat sonlandırma direnci verilerin eko yapmasını engeller böylece bilgi gideceği noktaya vardıkdan sonra eko yapmaz bu şekilde veri bilgileri karışmaz. CAN denetleyicisi ve CAN alıcı vericisi elektronik denetleme birimleri içerisinde barındırır. CAN kablosuna bağlı her kontrol ünitesinin içerisinde CAN kontrolörü ve CAN haberleşme birimleri dahidir.

Haberleşme birimlerinin CAN hat bağlantılarına yönlendireceği bilgiler belirli bir denetim biçimine ait olmalıdır. Bu denetimsel veri sistemi mikro denetleyicilerle gerçekleştirilmesi ek olarak zaman alır. Kontrol birimi tarafından CAN hattına bilgi yönlendirilmesi gerektiğinde, mikro denetleyicilerde gelen veriler CAN kontrolörü ve CAN alıcı vericisi tarafından CAN verisinin mantıksal düzenini denetler. CAN hattından veri çekilmesi gerektiğinde ise CAN kontrolörü ve CAN alıcı vericisi tarafından Bus verileri, mikro denetleyicinin anlayabileceği sinyallere dönüştürülür. Şekil 4.2 'de sonlandırma dirençleri bağlanmış CAN bağlantı diyagramı görüntülenmektedir.



Şekil 4.2 Genel Olarak Bir Mikro Denetleyicide CAN Bağlantısı.

CAN donanımında gönderici ve alıcı birimleri birbirinden bağımsızdır. Bağlantı yapısından dolayı gönderilen tüm mesajı alıcılar dinleyebilir. Her bir mesajı ait kimlik numarası denetlenerek istenilen mesaj alınabilir. Sistemin lojik seviyesi 2 farklı değeri alır. Lojik1 recessive (çekingen), lojik0 dominant (baskın) olarak isimlendirilir. Farklı düğümlerden aynı anda 0 ve 1 yazılması durumunda 0 'ın 1 karşı tarafı baskın gelmesidir. 0 'ın 1e üstün gelmesi sonucu küçük mesaj kimliğine ait mesajlar öncelik kazanırlar. Mesaj gönderilmesi belirlendiğinde mesaj yol boş olana kadar bekletilir. Yol da mesaj olmadığı kısaca yol boş olduğunda düğüm yola başla işaretini vererek mesajı yollamaya başlar. Eğer yol boşaldığında birden fazla düğüm gönder mesajı yazmaya başlarsa düşük kimlikli mesajı yazan düğüm yolu ele geçirir ve diğer düğümler aradan çekilerek tekrar göndermek üzere yolun boşalmasını beklerler. Şekil 4.3 'te CAN düğümlerine bağlı olan kimlik atanmış CAN kontrol üniteleri görüntülenmiştir.



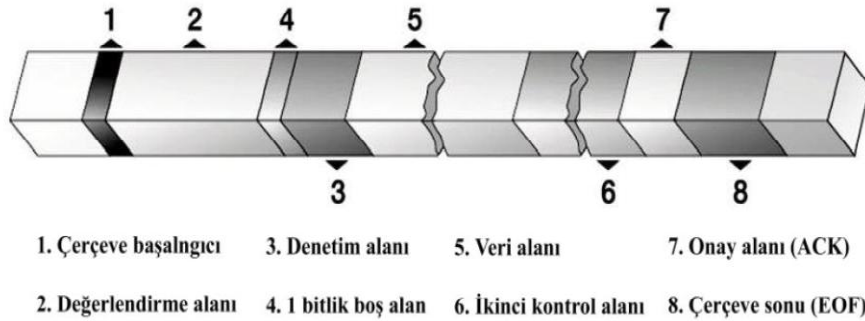
Şekil 4.3 Genel Olarak Bir Mikro Denetleyicide CAN Bağlantısı.

### 4.3 CAN Mesajları

CAN noktasındaki bütün bir mesaj Veri Çerçevesi diye isimlendirilir. Bir bilgi çerçevesi birkaç farklı isimle adlandırılan alanlardan oluşur. Her alandaki verinin bir numaraya sahiptir (Bilgisayarın algılayabileceği şekilde veriler mümkün olabilen küçük ölçekli parçalara bölünmüştür 0 veya 1. Bu farklı parçalar cümledeki kelimelere benzetilebilir. Bit'ler kelimelerdeki her bir harfe örnek gösterilir[23].

CAN protokolünde üstün öncelikli mesaja bozmayacak denetleme metodu kullanılmaktadır. Bunun anlamı mesaj çarpışmaları olsa bile karar metodunun sonunda bu öncelikli mesajlar bozulmamış olarak kalır ve herhangi bir gecikme meydana gelmez. Bu denetim sisteminin gerçekleştirilebilmesi için iki şeye ihtiyaç vardır. Birincisi, lojik seviyelerin baskın veya çekinik olarak tanımlanması gerekir. İkincisi ise, gönderim yapan düğüm göndermeye çalıştığı lojik seviyenin ağ üzerinde gerçekten görünüp görünmediğini görmek için ağın durumunu belirlemek zorundadır. CAN 'da lojik 0 biti baskın, lojik 1 biti ise çekinik olarak tanımlanmıştır [24].

CAN mesajlarında Ağ üzerindeki tüm düğümler mesaj göndermeye başlamadan önce ağda bir devir suresince herhangi bir etkinlik olmadığını gözlemlemelidir (Carrier Sense). Bu zaman diliminde gözlemlenen bir periyotla bir işlev olmazsa ağ üzerinde bulunan her düğüm mesaj göndermek için eşit haklara sahip olurlar (Multiple Access). Eğer ağ üzerindeki iki düğüm aynı anda ilettime başarlarsa düğümler çarpışmayı algılar (Collision Detection) ve uygun işlemi yapar. [10]. Bu durumu açıklanmış diyagram şekil 4.4 'te görüntülenmektedir.



Şekil 4.4 CAN mesajı.

### Çerçeve Başlangıcı:

Çerçeve başlangıcı alıcılara veri yönlendirilmekte olduğunu gösterir. Bu alan her zaman baskın bit 'e aittir.

### Değerlendirme Alanı:

Bu alanda veri biriminin önceliğini tanımlayan bir tanımlayıcı alan bulunur.

### Denetim Alanı:

Bilgi uzunluğu, verilerin tamamının gönderilip gönderilmediği ve denetlenip denetlenmediği denetim alanına kaydedilir.

### Veri Alanı:

Bütün mesajı tanımlayan alandır. Bu alandaki bilgiler 8, 16, 24, 32, 40, 48, 56, 64 bitlik bilgiler olabilir.

### İkinci Kontrol Alanı, Onay Alanı ve Çerçeve Sonu:

Bu biriminin işlevi, verilerin bütün olarak gelip gelmediğinin veya karışık karışmadığını bildirmektedir.

### Hata Durumu:

CAN haberleşme süresince problemler oluşabilir. Veri transferinin aksamasının nedeni şunlar olabilir;

- Kablo kesikliği,
- Bağlantı birleşmesi
- Elektromanyetik etkiler.

Karşılaşabilecek hatalar mesaj çerçevelerinde yanlış haberleşmelere neden olur. CAN protokolü hata tespit etme sistemine sahiptir. Bu sistem denetleme üniteleri farkına varmadan hatayı belirler ve düzeltir.

Veri mesajları en çok 8 byte veri taşıyabilir, istek mesajları ise belirli mesaja sahip verinin alınmasıdır. İki tür CAN standardı vardır bunlar, CAN 2.0A, CAN 2.0B

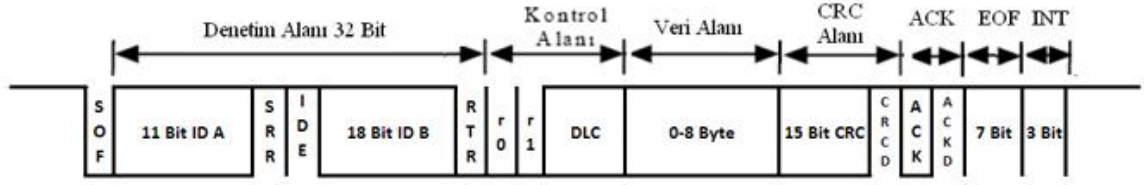
CAN 2.0A 11 bit 'lik mesaj kimlik numarasına sahiptir. Maksimum 2048 adet farklı mesaj numarası kullanılabilir, kısaca 2048 tane CAN ünitesi aralarında haberleştirilebilir.



Şekil 4.5 11 Bit Kimlik Alanına Sahip CAN Mesajı.

Her veri alanı SOF “Start Of Frame” bilgisiyle başlar. Bu alan 1 bitliktir ve baskındır. Bu işlemin ardından 12 bitlik denetim alanı gelmektedir. İlk 11 biti mesaj kimlik alanıdır ve bu alandaki kimlik değeri ile mesajlar tanımlanır. Denetim alanındaki son bit RTR diye isimlendirilir ve özel anlamı vardır. Bu bit 0 (çekinik) ise yönlendirilen çerçeve veri alanıdır ve veri alanında, kimlik alanında tanımlanan mesaja ait veri vardır. Bu bit 1 ise çerçeve istek çerçevesidir ve veri alanı yoktur. Bu çerçevenin kimlik alanındaki değer ile belirlenen mesaj a ait veri ilgili düğümlerden istenmektedir. Bu çerçeveyi alan alıcı kimlik alanındaki değeri okuyarak hangi veriyi göndermesi gerektiğini anlar ve yol boşa çıktığında gönderir. Bu sebepten dolayı CAN yönlendirici ve alıcı olarak görevlendirilmektedir. Kimlik alanındaki ilk 7 bit ardışık olarak çekinik olamaz. Şekil 4.5 ‘te bu CAN mesaj çerçevesini özetleyen diyagram gösterilmiştir.

Denetlenen çerçeveden sonra kontrol birimi alanı gelmektedir. Bu alanın birinci biti IDE olarak isimlendirilir ve bu çerçevenin 11 bitlik kimlik alanına sahip 2.0A çerçevesi olduğunu belirten dominant bir bittir. Bu bitin ardından bir bitlik kullanılmayan rezerve alan gelmektedir. 4 bitlik DLC alanı gönderilen verinin kaç byte olduğunu söyler. Kontrol alanını veri alanı takip etmektedir. Veri alanı en fazla 8 byte olabilmektedir. Veri alanını CRC alanı takip eder. Bu alan 16 bitliktir ve 15 bitlik CRC (Cyclic Redundancy Check) bilgisi ile resesif CRC Delimiter bitinden oluşmaktadır. CRC alanı gönderilen SOF alanından CRC alanına kadar gönderilen verinin doğru olup olmadığının anlaşılması için bir değerdir. Veriyi gönderen düğüm veri üzerinde bir takip işlemler yaparak 15 bitlik CRC değerini hesaplar ve çerçeveye ekler. Alan düğüm veriyi aldığı zaman göndericinin yaptığı işlemler ile aynı işlemleri yapar ve CRC ‘yi tekrar hesaplar. Alınan ve gönderilen CRC tutarlı ise veri doğru gönderilmiştir. Alıcı düğümlerden en az 1 tanesi bile veriyi yanlış aldıysa veri tekrar gönderilmelidir. CRC alanını ACK alanı takip eder. Bu alan 2 bitliktir. İlk bitini gönderici resesif olarak gönderir. Eğer veri en az bir alıcı tarafından doğru alınmışsa alıcı yola dominant biti yazar. Böylece gönderici mesajın en az bir alıcı tarafından alındığını anlar. Eğer gönderici baskın biti okuyamazsa ACK işaretinden kaynaklı bir hata olduğuna kanaat getirir ve veriyi tekrar yollar. Bu alanın ikinci biti ise ACK delimiter olarak adlandırılır ve resesiftir. Daha sonra çerçevenin sonlandırıldığını belirten 7 bitlik EOF alanı gelir. Bu alandaki bitler çekiniktir. Daha sonra ise çerçeveler arasında boşluk bırakmak amacıyla 3 bitlik INT alanı gelmektedir ve bitleri çekiniktir[23].



Şekil 4.6 29 Bit Kimlikli CAN Mesajı.

CAN 2.0B 29 bit lik mesaj kimlik numarasına sahiptir. ECAN(Extended CAN) olarak da isimlendirilir. Maksimum 536.870.912 adet farklı mesaj numarası üretilebilir. 536.870.912 adet CAN node ( CAN ünitesi) kullanılabilir. Şekil 4.6 da CAN 2.0B mesaj çevresi alanları gösterilmiştir.

CAN, veri iletişim alnına erişim biçimi olarak bit öncelikli yapı ile CSMA/CD kullanır. Bu yapılandırma, mesajların çarpışmamasını test etmekle beraber, iletişim hattının uzunluğunu kısıtlar. CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection) , CAN, hatasız tarnsfer özelliğini bu yapıyı denetlemesinden alır[19].

#### **Kontrol Alanı (Control Field):**

6 bit veriden oluşur. Birinci biti CAN 2.0A veya CAN 2.0B sürümünü belirler. Veri Alanının kaç byte 'tan oluştuğunu belirten bitlere de sahiptir.

#### **Veri Alanı (Data Field):**

CAN maksimum 8 byte veri uzunluna sahiptir. Bu veri uzunlu 1 den 8 e kadar değer alabilir. İletilecek bilgi uzunluğu kontrol alanından ayarlanır.

#### **Dönüşsel Artıklık Kontrol Alanı (Cyclic Redundancy Control Field – CRC Field):**

15 bitlik CRC Sequence ve CRC Delimiter 'dan oluşur. Görevi pakete ait CRC Kodunu tutmaktır. CRC kodu bilgi güvenli için bilgiye has üretilen denetme kodudur.

#### **Alındı Bilgisi Alanı (Acknowledgement Field - ACK Field):**

Başla biti ile itelim hattına gönderilen bilgi geri kalan bilgi bitleri ile gönderilir ve giden bilgi alınına alındı biti aktif hale getirilir.

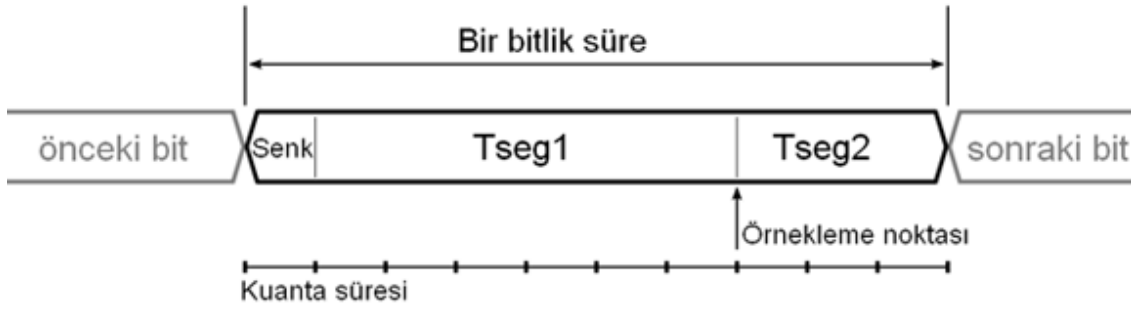
#### **Hata Çerçevesi (Error Frame):**

Bilgi alanı ve İstek alanının gönderiminde ya da alımında hata oluştuğu zaman gönderen ya da alıcılar tarafından ne tip hatanın olduğunu belirten mesaj alanıdır.



### **BIT Süresi :**

Çoğu başka seri sistemlere karşı olarak, CAN protokolünde bit hızı doğrudan baud rate bölüntüleşmesi kurarak uygulanmaz. CAN donanımlarında baud rate ön bölücüsü vardır fakat kuenta denilen küçük bir zaman dilimini üretmek için kullanılır. Bir bitlik süre 3 kısıma bölünmüştür. Birinci kısım eşleme kısmıdır ve sabit olarak bir kuenta uzunluğundadır. Devam eden birimlerde ise Tseg1 ve Tseg2 olarak adlandırılır ve kullanıcı tarafından uzunlukları kuenta cinsinden ayarlanabilir. Bir bitlik devir en kısa 8 en uzun 25 kuenta büyüklüğünde olmalıdır. Gönderilen bitin alıcıda alındığı nokta örnekleme noktası diye isimlendirilir ve şekil 4.7 'de bu veri süreci gösterilmiştir.



**Şekil 4.7** CAN Mesajı Bit Süresi.

Tseg1 ve Tseg2 oranı ayarlanarak örnekleme noktası bir bitlik zaman içerisinde kaydırılabilir. Bunu yapılmasındaki amaç iletim hattının uzunluğuna göre sistemin kararlı çalışabilmesini sağlamaktır. Uzun iletim hatları kullanıyorsa örnekleme noktası geri çekilmelidir. Osilatör hassas değil ve çözünürlüğü düşük ise örnekleme noktası ileri kaydırılır. Ek olarak alıcılar bit zamanlamalarını ayarlayarak vericiye kilitlenebilirler. Bu vericinin bit hızındaki ufak sapmaları telafi eder. Her bit, kullanıcı tarafından ayarlanabilen, SYNCHRONOUS JUMP WIDTH denilen, 1-4 kuenta süresi arasında değer alan bir değişken tarafından ayarlanır. Bit hızı aşağıdaki bağıntı ile hesaplanır(BRP=Baud Rate Presaler)[23].

$$\text{Bit Rate} = \text{PCLK} / ( \text{BRP} * ( 1 + \text{Tseg1} + \text{Tseg2} ) )$$

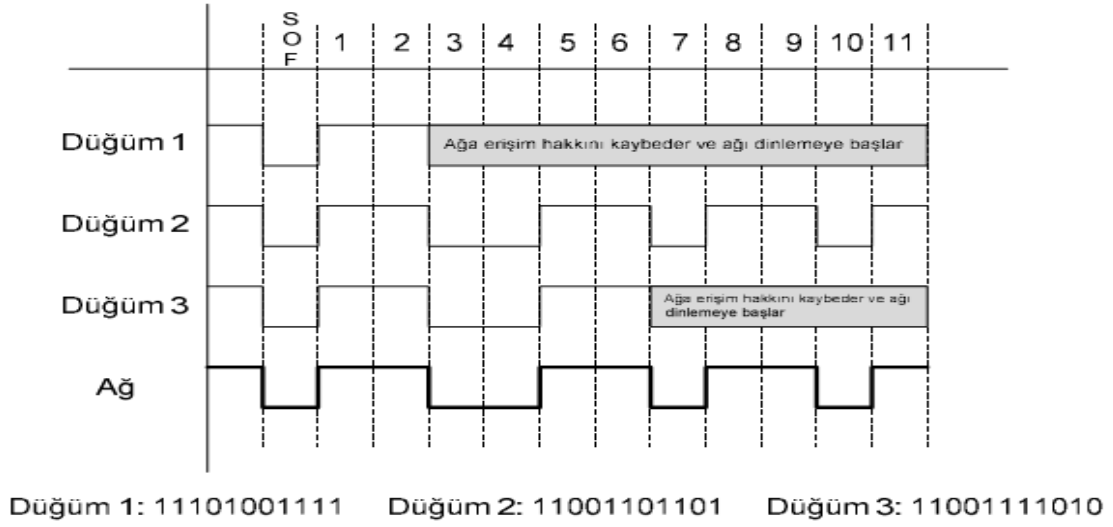
#### 4.4 CAN Hata Önleme

CAN protokolünün 5 tane hata ayıklama mekanizması vardır. Anlık bir durumda hata gerçekleştiğinde yönlendirici bilgiyi tekrar gönderir böylece denetleyicinin mesaja etki yapmasına ihtiyaç kalmaz. Algılayıcı hata belirleme mekanizmalarından (3) adedi çerçeve düzeyinde (2) tanesi ise bit düzeyindedir. Çerçeve altında yapılandırılan çerçeve formatı denetimi, CRC kontrolü ve ACK (onay) denetimidir. Bit seviyesindeki yapılandırılanlar ise bit denetimi ve bit stuffing denetimidir.

Alıcı veriyi transfer ettikten sonra verinin formatını denetler ve çerçeve yapısı ile uyumluluğunu karşılaştırır. Alınan CAN mesajında eksik veya hatalı bilgi varsa veri kabul edilmez ve veri transferinde hata birimine bırakılır. Bu yapı doğru çerçevede veri aktarılmasını sağlar. Çerçeve seviyesindeki ikinci hata önleme denetimi ise CRC alanıdır. SOF bitinden CRC bitlerinin başına kadar olan bitler denetimlerden filtre edilerek CRC kodu türetir. Gelen çerçeve tarafındaki bu CRC kodu alınan veri ile denetlenir ve alınan mesajın kontrollü sağlanır. Çerçeve kontrolünden itibaren alıcının mesaj alanı kontrol etmesi ile formata uyan fakat hatalı mesajlar sınırlanır.

Gelen mesaj son hata denetimi ise ACK verisinin göndericiye transfer edilmemesidir. ACK bitinin tanımı gelen mesajı alıcının algılamasıdır. Gönderici CRC bilgilerini aktardıktan sonra ACK bitini çekinik formda transfer edilir. Gelen mesajlardan en az bir tanesinin hattaki çekinik olan ACK bitini baskın bitle baskın gelmesi istenir. Eğer zaman gecikmesi durumunda ACK biti göndericiye gönderilmediyse ACK bitinde hatalı olduğu şeklinde belirlenir. Böyle bir durumda göndericide hata oluşur ve ACK tanımlanması gelene kadar aynı mesajı tekrar yönlendirir.

Bit merkezli hatalardan ilki bit stuffing problemidir. Yönlendirici ve alıcı birim arasındaki saat işareti gönderilmez. Bunun yerine transfer hattındaki CANL ve CANH bağlantılarındaki lojik değişimler ile eşleme yapılır. Bu durumun belirtisi olarak aynı denetim seviyeden (çekinik) 5 ten fazla bitin peş peşe gelmesi senkronizasyonun bozulduğu manasına gelir ve alıcıda hataya sebebiyet verir. Bunun önüne geçmek için gönderici aynı 5 seviyeden sonra karşı seviyeden bir bit yönlendirerek haberleşmeye devam eder.



Şekil 4.8 CAN Mesajı Hata Önleme Mekanizması.

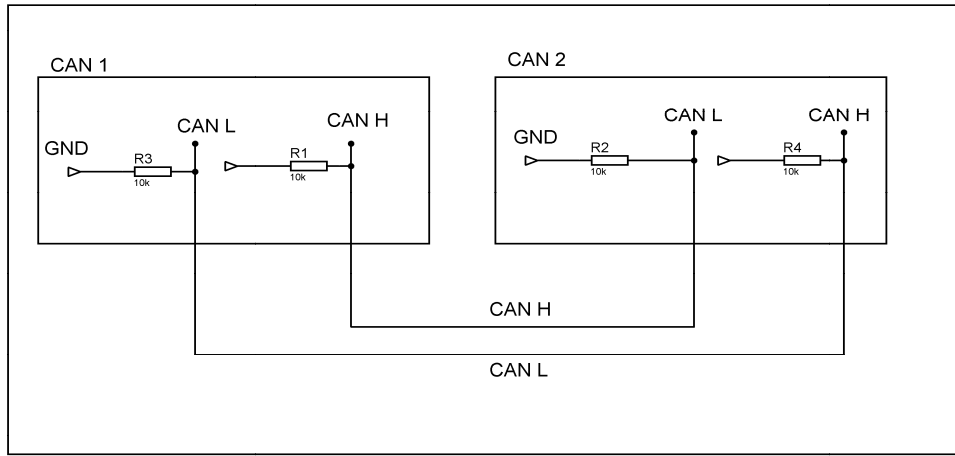
Bunun neticesi olarak herhangi bir düğüm belirli bir anda hata mesajı oluşturmak istediğinde veri yoluna 6 adet baskın bit koyar ve hataya neden olur. Bit çerçevesindeki diğer hata ise bit denetimidir. Her düğüm haberleşmesinde yazdığı biti tekrar geri okuyarak kendisinin gönderdiğinden daha üstün veri varlığına bakar. Eğer daha üstün mesaj varsa geri çekilerek veri yolunun uygun olmasını bekler. Bu durumda haberleşme düğümü kazanmış olur ve veriyi göndermeye devam eder. Aynı zamanda da gönderdiği bitleri geri okur. Eğer veri yolunu kazanan düğüm gönderdiği seviyeden farklı bir seviye okursa hata oluşturur. Düğüm noktalarını haberleşme hattındaki izin durumu şekil 4.8 de gösterilmiştir.

CAN yapısının temelinde her mesajın farklı bir kimlik ile etiketlenir. Mesajları etiketlerken bu kurala dikkatle uyulması gerekmektedir. Yoksa farklı düğümlerin aynı kimliğe ait farklı veriler göndermesi alıcıda CRC hatasına sebep olacaktır.

#### 4.5 CAN Hata Tolerans Modu (Fault-Tolerant Mode):

Elektronik sistemlerdeki algılayıcı sayısının artışıyla ve talep edilen algılayıcı sinyallerinin haberleştirilmesinde sistem içi haberleşme ağının fiziksel katmanında yeni problemler ve ihtiyaçlar ortaya çıkmıştır. CAN haberleşme hatalarına karşı çok güçlü ve güvenilir bir yapı ortaya koymaktadır. Fakat Fiziksel katman CAN sisteminin en zayıf noktasıdır[22].

Bu problemden dolayı ISO 11898-3 standardı ile CAN Hata-Tolerans Modu tanımlanmıştır. Normal durumda çift kanal olan haberleşme hattı hata anında tek kanala geçerek haberleşmeyi sürdürür. Bu yapı gelişmiş bir hat sonlandırma direncine ihtiyaç duyar. Haberleşme ağında her bir kontrol sistemi üzerinde Şekil 4.9 deki gibi CAN H ve CAN L hatlarına sonlandırma dirençleri bağlanır. Bu sistem dağıtılmış, lineer olmayan, çoklu yıldız ağ topolojileri gibi esnek ağ yapılarının oluşturulmasına imkân sağlar[27].



Şekil 4.9 CAN Hata Toleransı.

Hata-Toleranslı CAN alıcı-vericiler(transceiver) ağ hata belirleme yapısı sayesinde sağlanır. Bu yapı sayesinde +/- besleme hattına kısa devre, hatların birinin kesilmesi, hatların birbirine kısa devre olması gibi neredeyse bütün elektriksel problemlere karşı koruma sağlanmıştır ve bu problemler tolere edilebilir. Bu tür hataların belirlenmesi durumunda çift hattan tek hat haberleşmeye geçiş saniyenin mikro saniyeden daha kısa sürede gerçekleşir[28].

#### 4.5.1 Hata Yönetimi

CAN hata yönetimi mekanizması transceiver sayesinde korumaya karşı çözümlere getiren, veri hatasını düzelter sistemdir. Transceiver herhangi bir kısa devre durumunda hata toleransı için düzenleme yapar[25].

Bu hatalar başlıca;

- CAN H kablo kesilmesi
- CAN L kablo kesilmesi
- CAN L besleme hattı kısa devre
- CAN H besleme hattı kısa devre
- CAN H GND kısa devre
- CAN L GND kısa devre

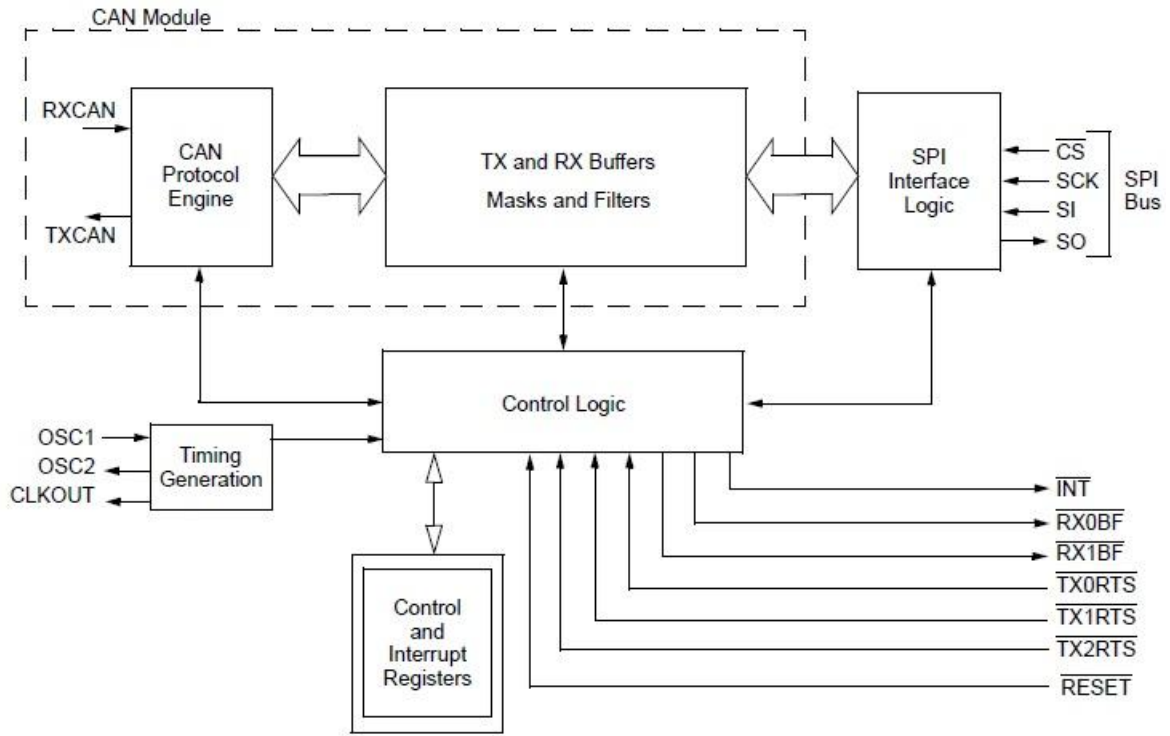
Yukarıdaki hata durumları oluşmadan önce Normal CAN 2 üniteli bağlantısı şekil 4.9 ‘da gösterilmiştir.

#### **4.6 Mikro Denetleyici Yardımı İle CAN Haberleşmesi**

Gelişen mikro denetleyici teknolojiyle birlikte CAN iletişim protokolü harici ve donanımsal olarak desteklenmektedir. Mikro denetleyici üreten çeşitli firmalar CAN iletişim protokollünün denetlenmesinde genel olarak C dili ile programlanmasına imkan vermektedir. Harici olarak desteklenen CAN donanımsal birimi mikro denetleyici çevresel haberleşmesinde kullanılan SPI iletişim alt yapısıyla CAN donanımı desteklenebilmektedir.

##### **Harici CAN Kontrol ünitesi:**

Microchip firmasının SPI iletişim birimi ile haberleşmeye destek veren CAN donanımsal birimi MCP2510 uygulamalarda CAN Protokolü işlevlerini yerine getirmek için tasarladığı bağımsız kontrol ünitesidir[29]. 8 bitlik veri alışverişini SPI ara yüzü ile haricen bu donanım sayesinde donanımsal olarak desteklenmeyen mikro denetleyicilerde tercih edilir. Genel olarak CAN kontrol ünitesi şekil 4.10 ‘da görüntülenmektedir.



Şekil 4.10 MCP2510 Blok Şeması[30].

#### Mesaj Gönderme ve Alma Tampon Bellek(Tx and Rx Buffer):

Tampon bellek de 3 veri gönderme 2 data alma tampon belleği vardır. Mikro denetleyici Spı ara yüzünden gelen gönderme bilgisi ilk olarak Tx(gönderme data birimi) aktarılır. Servise aktarılacak bilgilere öncelik sırası verilir bu sayede mesajın aktarılması için sıralama belirlenir.

CAN mesajı olarak gelen veri önce Rx (alıcı tampon) aktarılır daha sonra mesaj filtrelemesinden geçtikten sonra CAN protokol motorundan mikro denetleyiciye gönderilir. Bu sayede CAN mesajı düğüm noktasından alınıp işlenebilir. CAN düğümüne gelen her mesaj 2 data tampon bölgesinden birine yazılabilir.

#### Maske ve Filtreleme(Mask and Filter):

CAN düğüm noktasından gelen mesajların mikro denetleyiciye gelmeden önce filtreleme işlemi tabii tutulur. Gelen mesajların tanımlayıcı bitlerine ait veri filtre ve maske alanında karşılaştırılır. Gelen mesajların maskelenmiş bitlerine bakılarak doğrudan filtre edilmesine ve ya filtre işlemi uygulanmadan geçişine izin verilir.

### **CAN Protokol Motoru( CAN Protokol Engine):**

CAN protokolünün mesaj içeriklerini denetleyerek oluşturan ve ayrıştıran bölümdür. Mesaj geldiğinde gelen mesajın çerçevesine bakarak hata denetimi yapar. Gönderilen mesajları CAN protokollüne uygun hale getirerek CAN hattına uygunluğunu ayarlar. Zamanlama, veri yönetimi, hata gözetimi, Cheksum, kaydediciler bu alan denetiminde kontrol edilir.

### **Zamanlama(Timing Generation):**

Protokol motoru, mantıksal kontrol ünitesi gibi mikro denetleyici ile haberleşmeyi sağlayan birimlerin saat sinyal üretici ve saat sinyal çıkışı sağlar.

### **Kontrol ve Kesme Kaydedicisi(Control and Interrupt Register):**

Mesaj alışverişi sağlandığında veya gönderildiğinde oluşturulacak kesmelerin kontrollü bu üniteden sağlanır. CAN bilgi alışverişinin diğer kaydedici işlemleri bu üniteye yer alır.

### **Mantıksal Kontrol Ünitesi(Control Logic):**

Alıcı tamponda oluşan bellek aşımı, gönderici hata sayıcısı, mesaj hatası, gönderici hata limit aşımı durumu, alıcı kaydedici limit aşımı, gönderici veya alıcı hata limit aşımı ve bu durumlara oluşabilecek kesme durumları bu üniteye gerçekleşir. Üstün güvenlik önlemlerinden ötürü genelde hata bazlı denetimi bu alanda yapılır. Kontrol donanımı yeniden başlatma işlemi bu ünite yapısı altında gerçekleştirilir.

### **SPI(SPI Interface Logic):**

MCP 2510 ile mikro denetleyici arasındaki haberleşme ara yüzüdür. Kaydedicilerin kontrolü, mesaj bilgileri seri olarak bu ara yüz ile gerçekleşir.

### **Donanımsal Olarak Üzerinde CAN Ünitesi Bulunduran Mikro Denetleyiciler:**

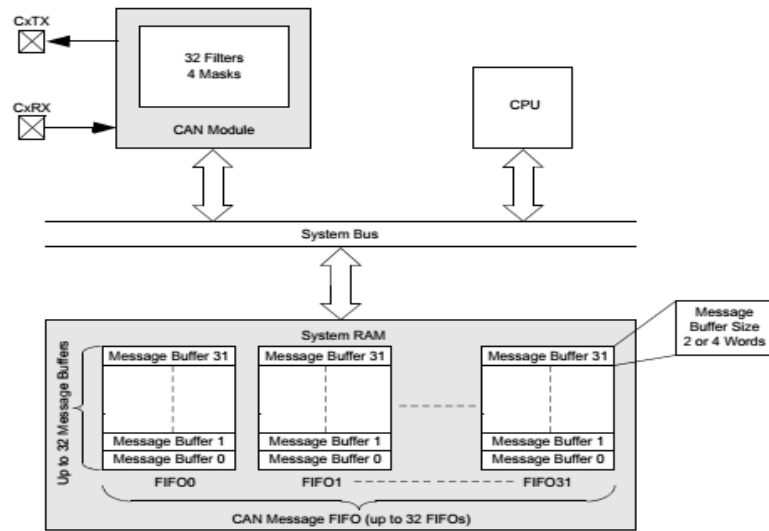
Mikro denetleyici üretici firmalar dışarıdan harici bir donanım gerektirmeden gömülü sistemlere bu üniteyi tek bir bütünleşmiş üzerine yerleştirerek devreler üzerindeki optimizasyonu sağlamışlardır. Bu ünite yerleşik halde dışarıda hiçbir seri haberleşme protokolüne ihtiyaç duymadan mikro denetleyiciler vasıtasıyla doğrudan CAN kontrol kaydedicilerine ulaşılmasına teknik olarak sağlamışlardır.

Günümüzde 8 ve 16 bitin yanı sıra 32 bitlik mikro denetleyici teknolojisinin teknik birimlere ulaştırılmasıyla mikro denetleyicilerin donanımsal özelliklerine CAN ünitesi eklenmiştir. Bu çevresel üniteyi destekleyen mikro denetleyici firmaları başlıca Microchip, Texas instruments, NXP, STMicroelectronics, gibi firmalar teknik kullanıcılar hizmet vermektedir.

Microchip firmasının 32 bit mikro denetleyici olan PIC32mx795F512L mikro denetleyici çevresel donanım olarak CAN ünitesini kullanmaktadır. Geniş tampon bellek alanı, CAN 2.0, 32 filtre, 4 maske, 32 mesaj belleğine sahip bir denetleyicidir.

Genişletilmiş CAN haberleşme modülüne sahip bu denetleyici sadece mikro denetleyici çıkışında CAN RX ve CAN TX bağlantı noktasına sahiptir. MCP 2510 da olduğu gibi ayrı bir saat üreticine ihtiyacı yoktur doğrudan kaydedicilere erişebilir.

32 mesaj tampon belleği sayesinde CAN ünitesine gelen mesajlar hızlı bir şekilde işlenebilir. Her 32 mesaja ait 32 filtre denetlenir. CAN protokollü aşırı güvenlik önlemlerinden dolayı maksimum 8 byte büyüklüğünde mesaj taşır. Günümüz teknolojinde daha büyük uzunlukta mesajlar taşınmasına ihtiyaç olduğundan bu denetleyicinin sahip olduğu büyük tampon belleği sıralı halde daha uzun mesajlar aktarılmasına izin vermektedir ve bu yapı şekil 4.11 'de görüntülenmektedir.



Şekil 4.11 PIC32 CAN Ünitesi Diyagramı[31].

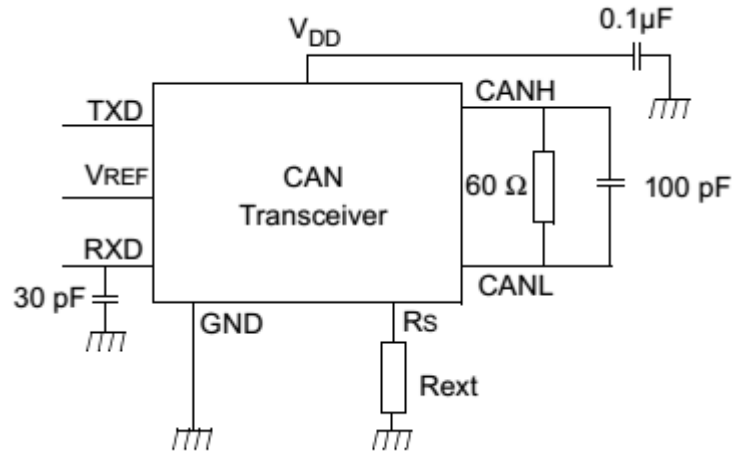


## CAN Yönlendirici(Transceiver):

CAN kontrol ünitesi ile bağlantı noktaları arasındaki yönlendiricidir. Mesajların uzak mesafelere aktarılmasını gerçekleştirir. Birçok firma tarafından üretilmektedir. Kontrol ağı fiziksel topolojisi ISO11898 ile standartlaştırılmıştır. Sinyal güçlendirme durumuna göre çeşitlendirilmiştir. Başlıca üreten firmalar NXP, Microchip, Siemens, Texas bu firmaların ürettikleri sisteme örnek olarak şekil 4.12 'de Microchip firmasının ürettiği Sıpi arayüzlü MCP 2510 görüntülenmektedir.

Microchip firmasının ürettiği MCP 2551 bu görevi üstlenmektedir. MCP 2551 özellikleri;

- 1Mbit/s veri aktarma hızı
- 112 bağlantı düğümü
- 12V ve 24V sistemler için uygundur.
- Güç sıfırlama ve gerilim koruması
- Otomatik termal kapatma koruması
- Yüksek gerilim tepe noktalarına karşı koruma
- Yüksek gürültü bağışıklığı
- Düşük akım bekleme



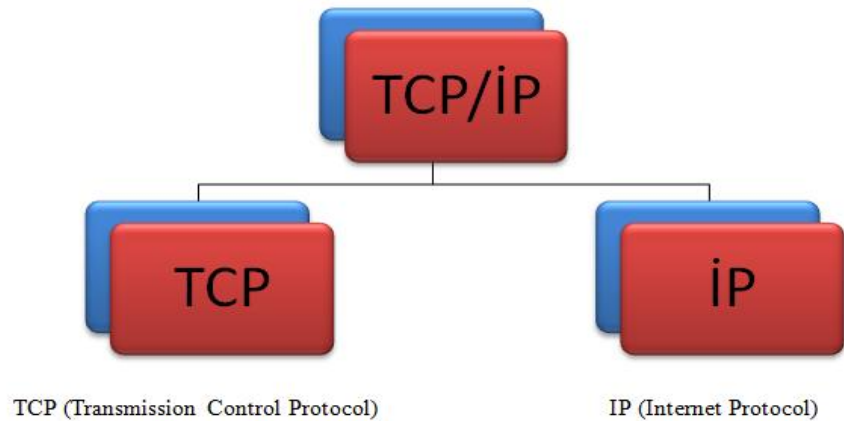
Şekil 4.12 MCP 2551 Bağlantı Diyagramı.

## 5. ENDÜSTRİYEL SİSTEMLERDE ETHERNET

Endüstriyel uygulama alanlarında ve küçük ölçekli LAN uygulamalarında yaygın olarak kullanılan ETHERNET LAN protokolü OSI referans modelinin 1. ve 2. katmanlarına karşılık gelmektedir. Günümüzde 1000 Mbps veri transfer hızlarına imkân tanıyan ETHERNET LAN uygulamalarını (örneğin ETHERNET ve Gigabit ETHERNET gibi) endüstride görmek mümkündür [32].

### 5.1 TCP/IP

TCP/IP OSI referans modelinde bulunan katmanların birleşiminden meydana gelen bir protokoldür. OSI referans modelinde bulunan katmanların çoğunda TCP/IP olamamaktadır. TCP/IP (Transfer kontrol protokolü İnternet protokolü) elektronik cihazların karşılıklı haberleşebilmesi için kullanılan en yaygın protokol kümesidir. TCP/IP genel olarak iki katmanlı internet destekli protokoldür. Yüksek TCP katmanının da verinin paket olarak birleştirilip gönderilmesi ve alıcı tarafında TCP paketlerinin ayrıştırılıp ham bilgi haline getirilen katmandır. Alt ip katmanında gönderilen bilginin belirtilen ağ adresine yönlendirmesini sağlar ve bu yapı şekil 5.1 'de görüntülenmektedir.



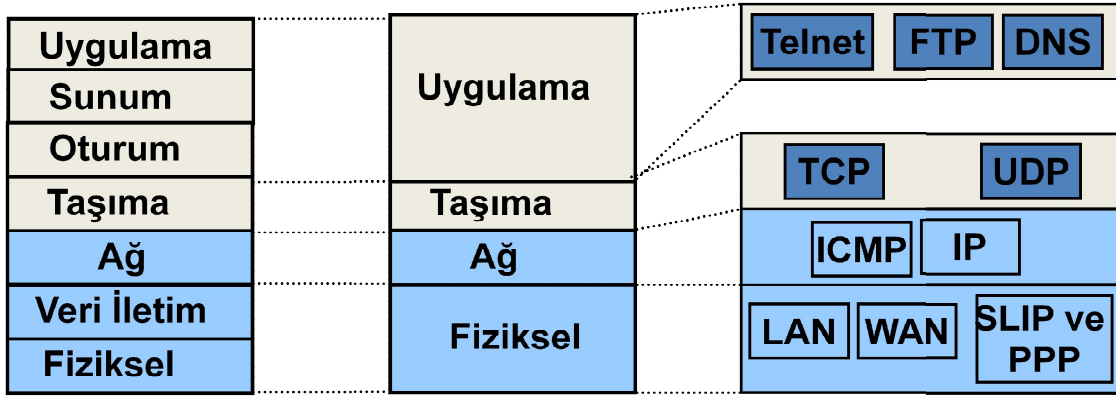
Şekil 5.1 TCP/IP Protokollü.

Endüstriyel sistemlerde algılayıcıların, motorların kısaca elektriksel olarak kontrol edilebilir her cihazın bir biri ile ve bir ortak merkezle haberleşmesi günümüz

endüstrisinde önemli bir yer almıştır. Endüstriyel cihazlarda ETHERNET bağlantısı ile kullanılan TCP/İP protokolü artık algılayıcı, motor, mikro denetleyici, PLC, FPGA gibi kontrolcülerin internet ve bilgisayar ortamına bağlanmasına imkân tanımaktadır. Binlerce kilometre uzaklıktaki bir kullanıcı internet ile endüstriyel sistemleri izleyebilir ve denetlemesini yapabilmektedir. Veri iletişimdeki aktarım hızı, gönderilen mesajların güvenli iletilmesi, iletişim kurulacak cihazlara internetin olduğu her yerden ulaşılması gibi faktörler ETHERNET bağlantısının tercih sebeplerindedir. Teknolojinin ilerlemesi ile birlikte üreticiler artık mikro denetleyicilere harici ETHERNET bağlantısı ve dolayısıyla TCP/İP protokollü desteği sağlamaktadırlar. Bu desteğin sayesinde algılayıcılar, motorlar vs ve diğer denetleyiciler ETHERNET ortamında kontrol edilebilmektedirler[33].

## 5.2 TCP/İP Protokol Yapısı

TCP/IP katmanına gönderilen bilgiler katmanlara göre paketlenip gönderilir ve alıcı tarafında paketler çözülür ve veri gönderilir. Bu yapıyla, gönderilen veri, gönderme biçimi ve gönderme katmanını izole ederek haberleşmeyi basitleştirir ve bu katmanlar şekil 5.2 'de görüntülenmektedir.



Şekil 5.2 TCP/IP protokollü yapısı.

**Uygulama katmanı** : Ayrı yapılar üzerindeki iletişim ve ara yüzlerle haberleşmeyi sağlar. Bu katmanda bilgiyi göndermeye çalışan ara yüz ve göndermeye hazırladığı dosya formatı tanımlanır. Şekil 5.2 de gösterildiği gibi DNS,FTP formatlarıdır.

**Taşıma katmanı** : Terminaller arası iletişimi sağlar. Bu blokta bilginin nasıl gönderileceği ayarlanır. TCP ve UDP bu katmanda bulunur.

**Ağ katmanı :** IP bu katmanda bulunur, IP bilgisinin mesaj paketlerine uygulandığı alandır. Bu katmanda IP ve IPv4 haberleşme protokolleri bulunabildiği gibi ICMP, IGMP ve ARP işlem bilgisi ve terminaller arası uyumluluk bilgilerini de üzerinde barındırır.

**Fiziksel Birim:** Bilginin fiziksel olarak ne şekilde aktarılacağını tanımlayan alandır. Haberleşmenin karakteristik özelliklerini, hız, baudrate, kodlama, kod çözme gibi yöntemlerin belirlendiği katmandır..

TCP veri gönderimi bağlantı soketleri ile yapılır. Soketler ip numarası ve bağlantı numarasına bağlı olarak gönderilir. Port numarası bilginin hangi terminale aktarılacağını ayarlar. TCP bilgiyi izole edebilir. 3 bölümden oluşan karşılıklı bağlantı yöntemi kullanılır. Yönlendirici alınan bilgileri bekleme durumunda alır ve yönlendirici istenilen bağlantıyı kullanarak iletişim isteği ister. Yönlendirici onay verisi ile iletişimi sağlar. TCP, bağlanmış ve güvenliği sağlanmış haberleşmeyi yaparak gönderme katmanına büyük olanaklar sağlar. Birçok ara yüz kendine has protokollerini kullanmaktansa TCP katmanın sağladığı hizmeti kullanılır ve bu sayede cihazlar arasındaki haberleşme standartlaştırılmış olur. TCP' nin sağladığı hata ayıklama, bilginin güvenli aktarılma hizmetlerinin standartlaştırılmış yapısı kullanılarak haberleşme sistemlerinde büyük kolaylıklar sağlamaktadır.

TCP, haberleşme sistemleri arasında bağlantı kurmak için İp adresi soket numarası ve port numarası kullanarak iletişimi sağlar. İnternet bağlantı protokolü bağımsızdır ve yönlendirilen mesajlarının alıcıya ulaşmalarında kesinlik aranmaz. Bu problemi çözmek için TCP' den yardım alınır. Bu yapı sayesinde, sağlıklı veri haberleşmesi yapabilmek için farklı çözümlenmeler kullanılır.

TCP çok tercih edilen, iletişimde olan cihazlarla güvenli haberleşmeyi gerçekleştiren, izafi fiziksel sistem yapısı ile çalışan haberleşme ara yüzüdür. TCP genelde IPv4, IPv6 protokollü ile kullanılır. TCP yapılandırıldığı cihazlar arasındaki ağ bağlantısından izoledir. Ağ yapısı ve tasarımı tek olarak haberleşme hızını belirler[13].

TCP 'nin özellikleri:

- Bağlantılar arası haberleşme yapar.
- Üst düzey veri güvenliği kullanır.
- Ağa üye olan cihaz arasında veri akış denetimi yapar
- Çoklu bağlantıyı destekler.

- Bağlantı gerçekleştikten sonra haberleşme yapılır.
- Paketlenen mesajlara güvenlik testi yapar.

### 5.3 Tcp ile Haberleşme

Üst düzey bloktan alınan verinin belirli boyutta paketlere ayrılması, paketleri gelen bölümde aynı standarda hizalamasıyla, kaybolan veya zarar gören paketlerin yeniden gönderilmesini sağlar, ara yüzler arasında konumlandırma yapılmasını, güvenilir paket yönlendirilmesi, yöneticilerde bilgi aktarılmasını engellemesini sağlama gibi görevleri TCP yapmaktadır.

TCP'ye yönlendirilmiş ve tanımlanmış olan görevleri gerçekleştirerek gönderme katmanındaki mesaj paketlerinin başına başlık verisi ekler. Başlık verisi ve haberleşme paketiyle TCP mesajı olarak anılır. Mesajlara sıra numarası tanımlanır. Paketler tanımlanmış sayılarda yönlendirilir. Alıcı cihazlar da mesaj çerçeveleriyle paketler alıcıya iletildikçe mesajları tampon hafızaya alır. Mesajlar tampon hafızaya ulaştıkça alıcı cihazlar, yönlendirilen son çerçeve için onay verisini gönderici cihaza yönlendirir bu mesaj yapısı şekil 5.3 'de görüntülenmektedir.

KAYNAK PORT			HEDEF PORT
MESAJ SIRA SAYISI			
ACK SAYISI			
BAŞLIK BOYUTU(6)	SAKLANMIŞ VERİ (4)	KOD VERİLERİ(6)	ÇERÇEVE BOYUTU(16)
CHECKSUM(16)			İVEDİ DURUM İŞARETÇİSİ(16)
OPSİYON BİTLERİ			
BİLGİ BİTLERİ			

Şekil 5.3 TCP Protokollü Haberleşme Bitleri.

**Kaynak Portu (Source Port):** Yönlendirilen cihazın kullandığı TCP portu bir üst blokta TCP mesajı isteyen işlem birimin kimliği konumundadır. Yönlendirici bilgi alındığında üst blokta göndermek için, protokol ismi yerine port numarasından yararlanır. 2 byte kaynak portuna sahiptir.

**Hedef Port (Destination Port):** mesaj alan cihazın yararlandığı TCP portu. Yönlendirilen veri mesajının alıcıda hangi ara yüz denetimine sahip olduğunu belirler. Yönlendirme konumundaki üst blok protokolünün konumu belirtir. 2 byte 'dır.

**Sıra Numarası (Sequence Number):** yönlendirilen mesajın sıra numarasını belirtir. Yönlendirilmeden önce küçük paketlere parçalanmış mesajın, alıcı tarafında tekrar aynı hizalama yapılması için kullanılır. 4 byte 'dır.

**ACK Numarası (Acknowledgment Number):** yönlendirilen mesajın son bölümünün alındığı belirtir.

**Başlık Boyutu(Header Length):** TCP mesajının boyutunu, TCP başlık eklentisinde var olan 4 byte'lık kısmı belirtir.

**Saklı Tutulmuş (Reserved):** Gelecek mesajlarda oluşan verileri tutar. Yeni mesajlarda kullanılmak üzere denetlenir

**Denetim Bitleri (Bayraklar, Flags):** Denetleme verilerinin tutulduğu alandır. Yönlendirilen mesajların içeriğini taşır.

**Pencere (Window):** Mesaj boyutunu taşır. Gelen veri kontrolünde kullanılır. 2 byte 'dır. Hata denetleme verisi (Cheksum) bilginin ve başlığın hatasız olarak yönlendirilmesinde kullanılır. 2 byte 'dır.

**Acil İşaretçisi (Urgent Pointer):** Anlık haberleşmeyi sonlandırma, flag bloğunda anlık olarak denetlenen mesajın yönlendirilmesi durumunda kullanılır. Acil veri, gelen verinin uygulama bloğunda değerlendirilmesi gereken birimdir.

TCP internet de kullanılan bir haberleşme protokollüdür. Dosya alışverişi ve uzak paylaşımlarda kullanılır. Güvenliği olmayan haberleşme bağlantılarında mesajların olduğu gibi alıcıya ulaşmasında garanti edilmez. Fakat TCP yönlendirilen bilgilerin gönderildiği hıza alıcıya aktarılmasını yaparak güvenli haberleşme sağlar. TCP cihazlar arasındaki yapılandırılan izafi bir bağlantıyla çalışır.

Üç yollu el sıkışma yöntemiyle yönlendiriciye port numarasıyla birlikte bir bağlantı isteği yollar. İsteği alan yönlendirici bu isteğe karşı bir onay mesajı gönderir. Son olarak yönlendirici cihaz sunucuya bir onay mesajı gönderir ve bağlantı gerçekleşmiş olur. Bağlantı gerçekleştikten sonra mesaj alışverişi sağlanabilmektedir. Bu haberleşmeye full

duplex olarak isim verilir. TCP mesaj tabanlı hata denetimi sağlar. Yönlendirilen her veri paketi için bir sayı türetilir. Cihazlar bu numarayı kullanarak paketleri tanır. Doğru mesaj alındığın da mesaj gönderilen cihaza doğru mesaj onay bilgisi yönlendirilir. Fakat hata oluşursa hata biti veya mesaj alıcıya gönderilmez. Hata olduğunda bağlantı sağlandığı sürece mesaj tekrar tekrar gönderilir. Bir cihaz başka bir cihaza oturum açma isteği gönderdiğinde belli bir yönlendirme adresi tanımlanır. Bu IP adresi ve fiziksel bağlantı adresidir. Fakat bu durumda yeterli değildir, yönlendirici karşı cihaza hangi uygulamayla bağlantıda olduğunu belirtmektedir. Oriented bağlantısı mesaj gönderilmesinde yönlendirilen mesaj paketler alıcıya aynı düzende ve güvenli bir haberleşmeyle yönlendirilmektedir. Herhangi bir veri kaybolur, zarar gelirse veri tekrar gönderilir veya haberleşme başarısız olduğu yönlendirilir. Bu durumun çözümü her aktarılan veriden sonra bir sonraki verinin alıcıya gönderilmesidir. Yönlendirici gönderilen veriden sonra diğer paketin verisini yönlendirirse bu durum haberleşme hızında yavaşlamaya neden olur. Birçok oriented bağlantısı güvenlik ara yüzü, ağ üzerinden iletişim hızında büyük önem arz ettiğinden aynı anda çok sayıda mesaj gönderir. Alıcı tarafından alınan bu mesajlardan sonra gönderilen mesajların tamamıyla ilgili bir veri alıcıya gönderilir. Bu duruma pencere boyutu veya pencereleme ismi verilir. Bilgisayardan bilgisayara güvenli haberleşme tekrarlama veya mesaj kaybı olmadan mesajların iletim güvenliği sağlanmış olur. Bu durum olumlu bilgilendirme mesajının doğru aktarıldığını sağlayan yöntemdir. Bu yöntemle belli sayıda bilgi paketleri yönlendirirlikten sonra alıcı tarafından paketlerin güvenli olarak alındığı gönderici merkeze iletilir. Kaynak bilgisayar, bu bilgilerin tamamını saklar ve olumsuz bir durum oluştuğunda hedef kaynağa mesajların tekrardan gönderilmesi başka bir veri paketi göndererek verinin hepsini doğru gelene kadar bu işlem devam eder.

#### **5.4 Veri Transferi:**

TCP 'nin sağladığı özelliklerin başında karşılıklı güvenli veri akışı sağlamasıdır. Gönderilen bilgiler 1 byte bloklar şeklindedir. Bu mesajlar, bağlantıda olan cihazlarda sürdürülen TCP protokolünü çalıştıran uygulamalara bloklar halinde yönlendirilir. Veri blokları farklı boyutlarda olabilir. Bu paketler yönlendirilecek uzun paket değerini aşmayacak boyutta olmalıdır. TCP protokolünde mesaj boyutunu kısıtlayacak bir önlem yoktur. Yönlendirilen veri boyutunu kısıtlayacak birim IP katmanıdır. Bundan dolayı TCP protokolü, oturumların verimli olabilmesi için MSS (Maksimum Segment Size ) en uzun

paket boyutu için bir karşılık belirleme durumundadır. MSS yönlendirilecek en uzun parça boyutudur. Açılan bağlantı için kullanılır. TCP protokolünde yönlendirilen mesaj paketleri 1 byte 'lık veriler şeklindedir. TCP protokolü alınan ve yönlendirilen bilgileri işaretleyerek denetler. Denetleyerek yönlendirdiği her paket için bağlantıda olduğu birimden cevap bekler. Bu tanımlama tasarımı sayesinde haberleşme anında zarar gören paketler tekrar gönderilebilir. Çoğalma yöntemi ile TCP, cihazlar arasında birden fazla oturum sağlar. Bu protokol istenilen her uzunlukta mesajın yönlendirilmesini destekler. Yönlendirilen mesajlar sadece bir byte 'lık mesaj alabileceği gibi, mesajlar 100 MB veri transfer haberleşmesinde de kullanılabilir. TCP gönderdiği her mesajı sayılandırır. Bu sayılar kullanılarak yönlendirilen mesajların gönderildiği hiza ile oturumda olan alıcıda alınmasını gerçekleştirir. Buna (sequencing of bytes) alınan byte 'ların hizalaması denir. Uygulamalar TCP protokolünü kullanarak, her seferinde birden fazla byte içeren paketler yönlendirir. TCP aldığı bu mesaj bilgilerini saklar, mesajları tek bir blok veya bloklar hâlinde gönderir. TCP protokolü ilettiği verinin gönderdiği hiza ile alınmasını garanti etmek durumundadır.

TCP protokolü verileri belirli bir hiza ile dizilmiş veriler şeklinde iletir. Tüm mesajların yönlendirildiği on bir TCP ünitesine aktarabilmek için, TCP protokolünün (push) fonksiyonunu gerçekleşmesi sağlanır. Push fonksiyonu alınan verilerin bir üst katmana aktarılmasını sağlar.

TCP 'den aktarılan mesajların herhangi bir tümleşik durumu yoktur. TCP protokolü, yönlendirilen mesaj sistemi hakkında herhangi bir veriye hâkim değildir. Protokol veritabanı mesajları veya işaretlenmiş bilgiler taşıyabilir. Biçimsel olarak bu bilgilerin hangi uygulamalara sahip olduğunu belirleyemez. Ancak TCP protokolü kullanan ara yüzlerle sağlanabilir. Alınan verileri yorumlayan ara yüzler bu verileri kendi içlerinde kullanacakları şekillere ayarlar.

TCP protokolünün özelliklerinden birisi bağlantı noktaları arasında güvenli oturum sağlamasıdır. Bunun için TCP hasar görmüş, kaybolmuş, birden fazla yönlendirilmiş ve düzenli sıraya göre yönlendirememiş mesajları yönlendirmek ve bu hatalardan kaynaklanan problemleri çözmek durumundadır. Bu durumda TCP Pozitif Bilgilendirme diyagramı (Positive Acknowledgement Scheme) diye bilinen PAR yöntemini kullanır. Alınan her veri paketine karşılık bir veri paketi gönderilir. TCP protokolü, gönderdiği her veriye karşılık bir hiza numarası (sequence number) oluşturur ve buna karşılık yönlendirdiği her bilgi mesajına karşılık bir veri sayısı (acknowledgement number) almayı



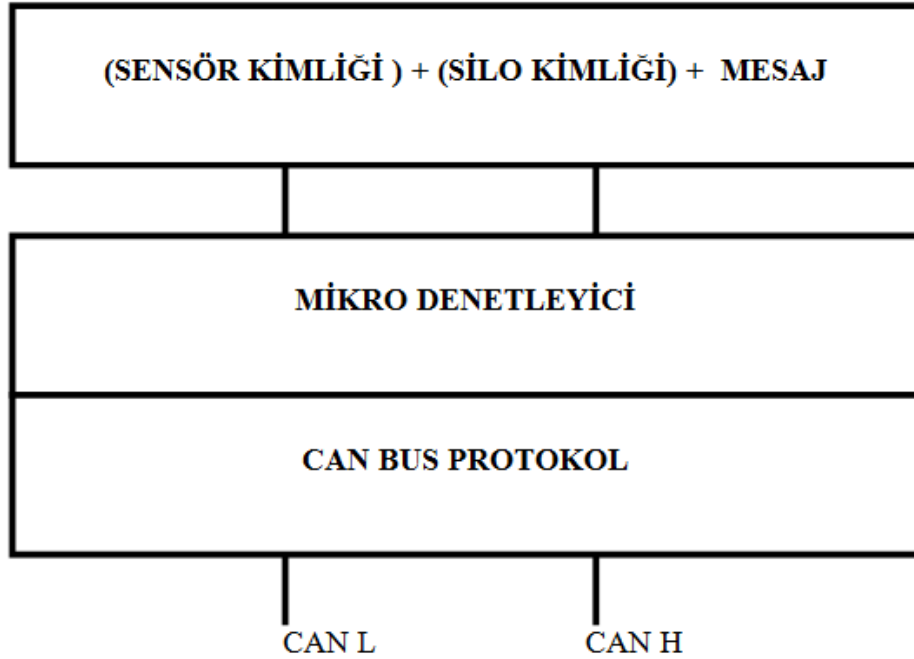
bekler. Eğer y6nlendirdiği bilgiye karşılık belirlenen zamanlama (timeout) sonunda veri ACK alamazsa, paketi tekrar y6nlendirmek durumunda kalır. G6nderilen bilgilere dizi (sequence) numarası atanması, verilerin belirli bir hıza hâlinde y6nlendirilmesini ve birden fazla tekrarlanmasını 6nler. Gelen paketlerdeki herhangi bir hasar TCP başlığında oluşan denetim toplamı değerini bloğunda( header checksum) tespiti sağlanır. Alınan mesajlardaki denetim toplam alanı (checksum) geğerli değerse paketler sayılmaz ve işlemde yer almaz.

## 6.SİLO SİSTEMLERİ İÇİN ALGILAYICI AĞI

Yapı kimyasallarının stoklanmasında kimyasal maddelerin korunması büyük öneme sahiptir. Büyük boyutlu yapı kimyasal silolarında saklanan maddeler ısı, nem, basınç gibi faktörler denetlenerek sabitlenir. Şantiye sahasında bulunan sayıca fazla silo sistemlerinin kontrolü ve sistemlere ait ağırlık, ısı, basınç gibi parametrelerin gösterilmesi çoklu olmasından dolayı haberleştirilmesi ve kontrol edilmesi kolay değildir.

Sistemlerin üzerinde barındırdığı algılayıcılar sayıları her bir sistem için oldukça fazla olmasından dolayı tek bir merkez ile yönetilmesi için sistemlerin bir ağ ile yönetilmesi olumlu yönde etkilere sahiptir. Algılayıcıların bir ağ tasarımı ile denetlenmesi farklı noktalarda bulunan algılayıcılardan alınan bilgilerin senkronize edilmesine ve parametrelerin silo bazlı konumlandırılmasına imkân sağlamaktadır.

Endüstriyel sistemlerde ise ağ yapılarında istenilen parametrelerin başında veri iletişim güvenliği, uzun süreli çalışma ömrü ve herhangi bir arıza durumunda bu arızanın kolay tespiti ile arızaların kısa sürede giderilmesi beklenmektedir.

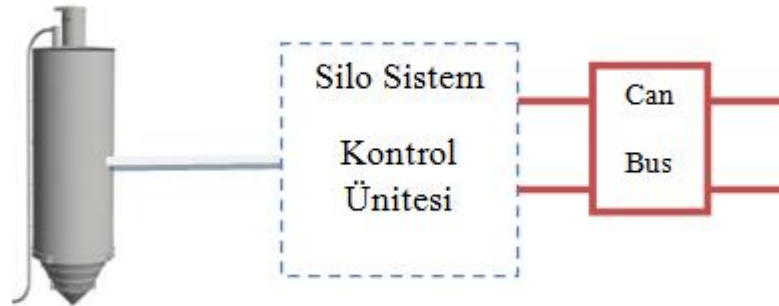


Şekil 6.1 Algılayıcı Mesajı.

Bu tez çalışmasında silo içerisinde bulunan endüstriyel maddelerin dolum ve boşaltma işlemi sırasında ve oluşabilecek problemlerin ortadan kaldırılması için algılayıcı denetimi ile denetlenebilir bir kontrol ağı tasarlanmıştır. Bu SAA sayesinde silo için denetlenmesi istenen parametreler CAN iletişim protokollü ile veri iletişimi hızlı ve güvenli olarak sağlanmaktadır.

Şantiye sahasında görev alan silolar arası mesafe, çoklu silo sayısı, her bir siloya ait algılayıcı sayısı bu durumdan dolayı oluşan kablo karmaşası, her bir siloda bulunan farklı kimyasal maddeler birbirinden farklı süreç kontrollüne sahiptir. Sisteme ait bu faktörlerin denetlenebilmesi için algılayıcı ağı denetiminde CAN iletişimi en uygun yapılardan biridir.

Algılayıcıların türlerine göre mikro denetleyiciden alınan algılayıcı bilgileri her bir silodan alınan farklı algılayıcıya ait kimlik numarası verilerek CAN iletişim ağı ile merkez kontrol ünitesine gönderilmektedir. Kimlik verilen her bir algılayıcı, silo numarası verilerek silo bazlı algılayıcı kimlik numarası verilmektedir. Bu algılayıcı numarası sayesinde her bir siloya ait algılayıcı bilgileri farklı mesafelerden tek bir merkeze, ayırt edilerek ulaştırılmaktadır. Kimlik denetimli CAN mesajı şekil 6.1 'de görülmektedir.



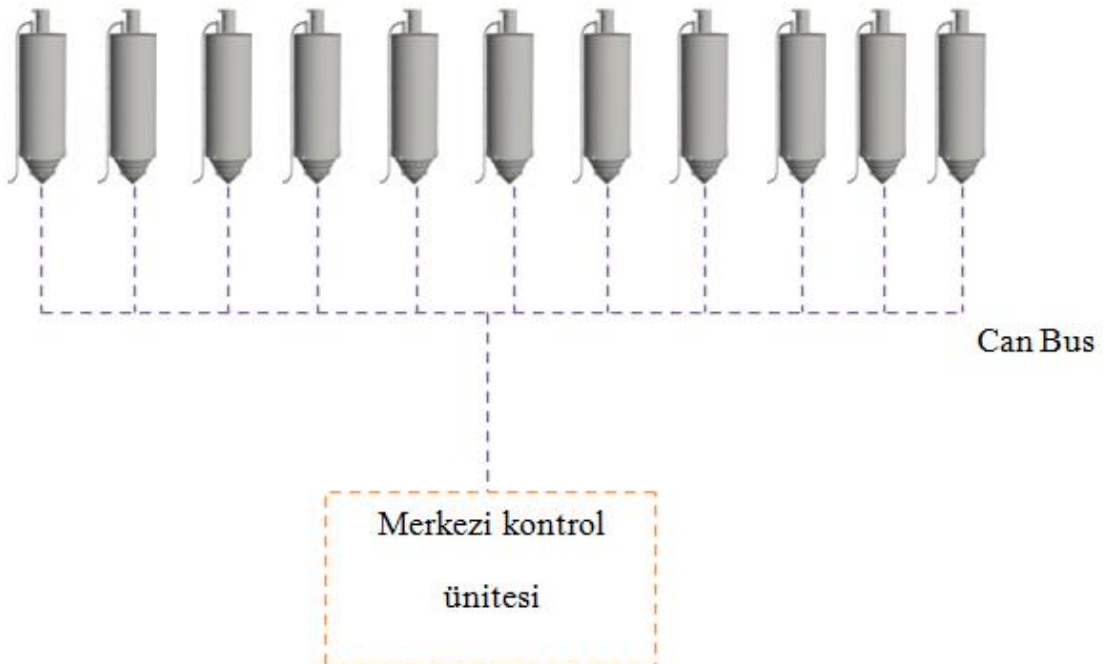
Şekil. 6.2 Silo sistemi.

SAA tasarımında her bir siloya ait algılayıcılar yüksek donanımsal özelliklere sahip tek bir mikro denetleyici ile CAN iletişim hattına gönderilmektedir. Bu yapı şekil 6.2 de temsil edilmiştir. Bu sayede her bir silo tek bir sistem olarak kontrol edilebilmektedir. Tasarlanan sistemler tek bir merkezle iletişimde silo bazlı kontrolle adapte edilmektedir.

Silo bazlı oluşturulan kimlik bilgileri sayesinde ağı katılan her bir sistemin anlık olarak denetimi sistem içindeki süreç yönetimiyle sağlanmaktadır. Sistemde oluşan herhangi bir bağlantı hatası durumunda herhangi bir sistemin sinyal bağlantı durumuna göre bağlantısı olmayan algılayıcı analizi de bu yöntem sayesinde belirlenebilmektedir.

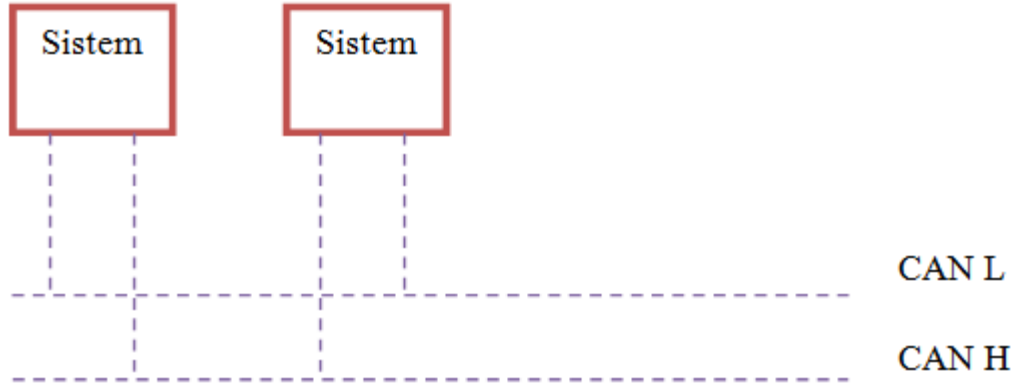
Silo sistemi içerisindeki algılayıcı denetiminde, siloya ait bilgilerin CAN iletişimi ile bilgi alışverişi sadece iki kablo ile yapılmaktadır. Kablo karmaşasını ortadan kaldıran bu yapı sistemlerin haberleşmesinde iki kablo ile ağ denetimi yapılmasına izin vermektedir. Silo sistemlerinde oluşan bu ağ, farklı mesafelerden alınan bilgileri CAN iletişimi sayesinde veri güvenliğini maksimuma yükselterek ağ içerisinde haberleşme kalitesini yükseltmektedir.

Tek bir siloya ait sistemde sıcaklık, basınç, nem, seviye kontrollü, filtre, ağırlık gibi denetlenecek algılayıcılar sistem içerisinde silo ya ait koruma denetimi yapmakta, ayrıca merkeze gönderilmesi için haberleşmeye olanak sağlamaktadır. Sistem içerisinde kendi döngüsünde ADC, SPI, UART gibi haberleşme donanımlarıyla bilgiler kimliklendirme işleminden sonra merkeze yönlendirilmektedir



Şekil 6.3 Silo Ağı(Algılayıcı Ağı).

Algılayıcıları üzerinde bulunan tek bir sistem CAN protokolü data alışverişi sağlanan iki bağlantılı kabloya ( CAN L – CAN H) düğüm oluşturacak şekilde şekil 6.4 ‘deki gibi bağlanır.



Şekil 6.4 Sistem CAN Düğüm Noktası.

Şekil 6.4 de görüldüğü gibi sistem bağlantıları iki kablo üzerinde düğüm oluşturmaktadır. Bağlantısı sağlanan her sistem sistemin bir ağ üyesi olmaktadır. CAN protokolün sağladığı mesaj kimlik yöntemine göre  $2^{11}$  adet farklı mesaj alış verişi sağlanabilmektedir. Farklı mesaj kimlikleri her mesaja ait algılayıcının türünü ve hangi siloya ait olduğunu belirtmektedir. Bu sayede örneğin A silosuna ait 123 numaralı sıcaklık algılayıcısı sıcaklık bilgisini merkezi kontrol ünitesine aktarmaktadır.

### 6.1 Silo Kontrol Sistemleri İçin SAA Tasarımı

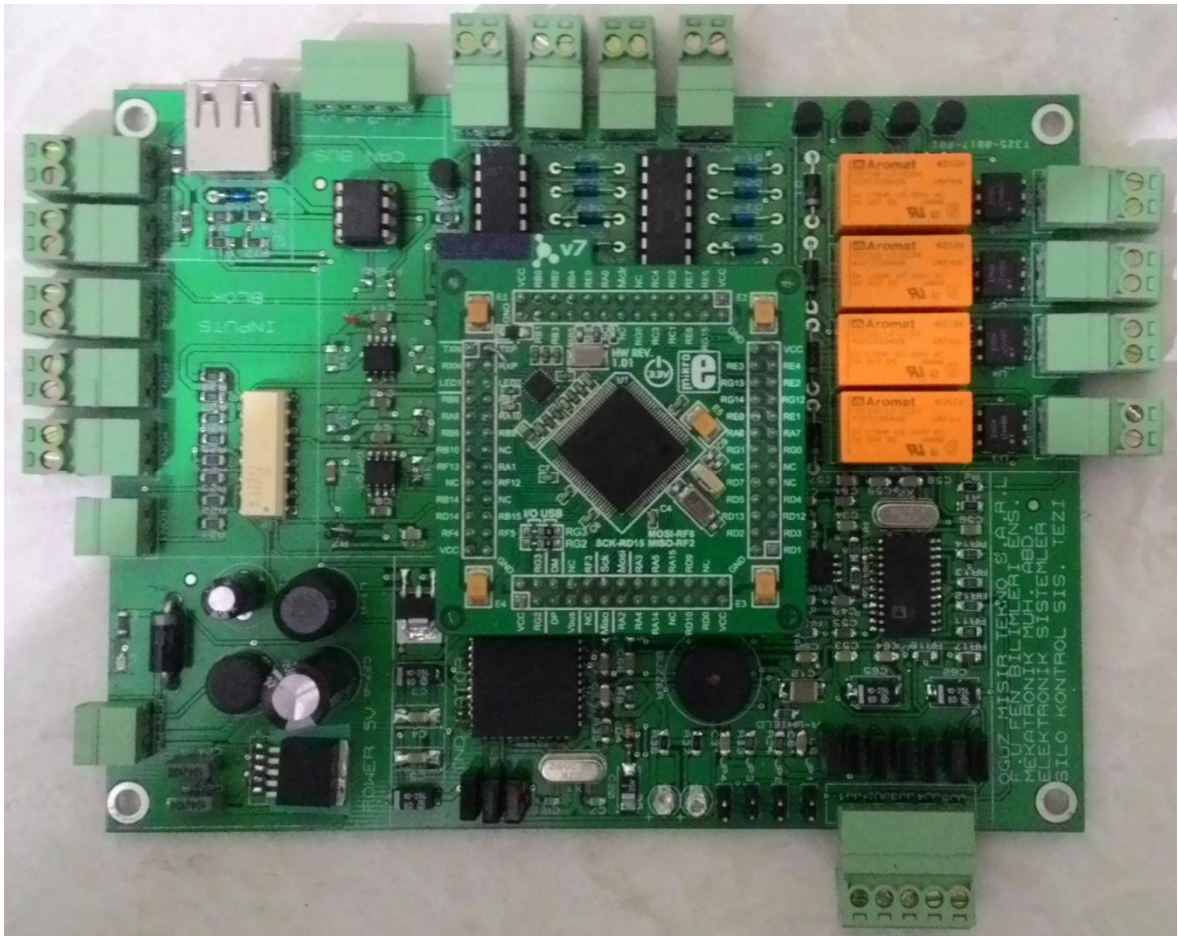
Tez çalışmasının bu bölümünde silo sistemleri için dolun ve silo içi malzeme koruması için endüstriyel uygulaması gerçekleştirilmiştir. Yapı kimyasal silolarının dolun esnasında iç basınç durumu, malzeme silo içi seviye durumu, silo dolunu sırasında jet filtre ile pinomatik havalandırmasının durumuna bağlı olarak dolun hattında pinç valf kontrollü, malzeme koruması için sıcaklık ve nem kontrollü, malzeme akışını kolaylaştırmak için havalandırma sistemi kontrolü tek bir elektronik kart ile optimize edilmiştir.

CAN protokolü alt yapısıyla algılayıcılardan algılanan bilgileri tek bir hat üzerinden iletilmesi mümkündür. Isı, nem, basınç algılayıcıları analog olarak ölçülürler bu algılayıcıların mikro denetleyici tarafından işlenip haberleştirilmeye hazır hale getirilmesi

için dijital formata dönüştürmesi gerekir. Dijital bilgi alır hale gelen algılayıcılar CAN protokollü ile merkezi işlem birimine denetlenmesi için gönderilir.

### **Silo Kontrol Sistemi Kartı:**

Silo sistem kartı silo üzerinde bulunan algılayıcılardan bilgileri okuyarak silo dolun ve boşaltma ve koruma görevlerini üstlenir. Bu kontrol biriminde sıcaklık, iç basınç, nem, filtre, seviye ölçümü, hava pompası, ağırlık, pinç valf ve malzeme taşıma aracı temelli kimliklendirme tanıma sistemi denetimi gerçekleştirilir. Her bir kontrol parametresinden alınan değerler süreç denetimine tabi tutulur.



**Şekil 6.5** Silo Sistem Kartı.

Kart üzerinde algılayıcılardan okunan analog bilginin dijitale dönüştürülmesinde, MCP 3204 12 bit çözünürlükte Analog Dijital Dönüştürücü (ADC) kullanılmıştır. Ayrıca ağırlık ölçümü için yüksek hassasiyete sahip 24 bit AD7730 ADC kullanılmıştır. Sistem denetimini ve haberleşme ara yüzünü üzerinde barındıran PIC32 mikro denetleyici

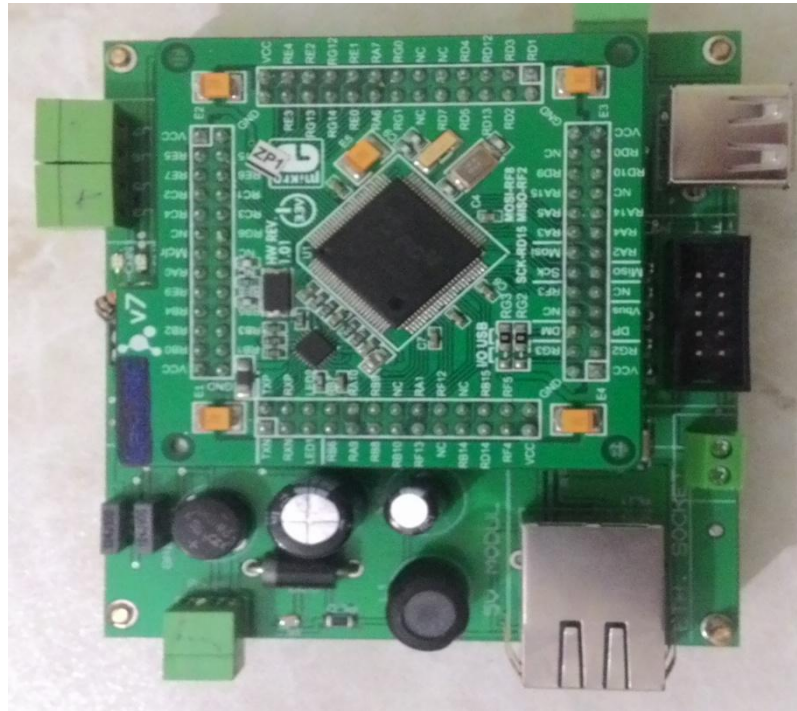
kullanılmıştır. Üzerinde CAN, ETHERNET modülleri bulunduran bu mikro denetleyici silo sisteminde filtre kontrolü, hava pompası kontrolü, alarm, çıkış birimleri denetimi de yapılmaktadır. Ünite içerisinde silo içersine doğru malzemenin yüklenmesi için geliştirilen tek hat (one wire) kimlik denetimi devresi de bulunmaktadır. Bu kimlik denetimi STS sayesinde silo içersine yanlış malzeme yüklenmemesi için silo koruması sağlanmaktadır.

Silo parametrelerinin dolun ve koruma aşamasında anlık olarak takibi için silo merkezi kontrol ünitesi tasarlanmıştır.

### **Silo İçin Merkezi Kontrol Kartı:**

Merkezi kontrol kartı ünitesi CAN düğümlerine bağlı olan silo kontrol sistemi kartlarından gelen parametreleri silo bazlı olarak TFT ekranda gösteren sürücü ve haberleşme kartıdır şekil 6.6 'da ki gibi. Bu kart üzerinde dokunmatik TFT ekran sürücü ünitesi mevcut olup silolar arasındaki kontrol parametrelerini anlık olarak gösterilmesini sağlamaktadır.

Dokunmatik panel ile silo siteminin her birinin ayrı ayrı yapılandırma ayarlamalarının yapılmasına olanak oluşturulmaktadır. Sistem içi haberleşme durumu her bir siloya ait ağırlık, nem ve basınç bilgileri çoklu medya kontrol panelinden takip edilebilmektedir.



**Şekil 6.6** Merkezi Kontrol Kartı.

Merkezi kontrol ünitesi üzerinde barındırdığı ETHERNET modülü sayesinde ağ üzerindeki bilgisayarlarla haberleşme sağlar. Uzaktan erişimle desteklenen sistemlerde ETHERNET alt yapısı en çok tercih edilen yapılardandır. Bu sebepten ötürü endüstriyel sistemlerin uzaktan erişimle kontrolüne yön vermektedir. Bu çalışmada merkezi kontrol kartında aktarılan silo sistemlerin parametre bilgileri CAN ünitesinden alınarak mikro denetleyici katında TCP/ IP protokolü ile doğrudan bilgisayar ağlarına şekil 6.7 'de gösterildiği gibi aktarılmaktadır.



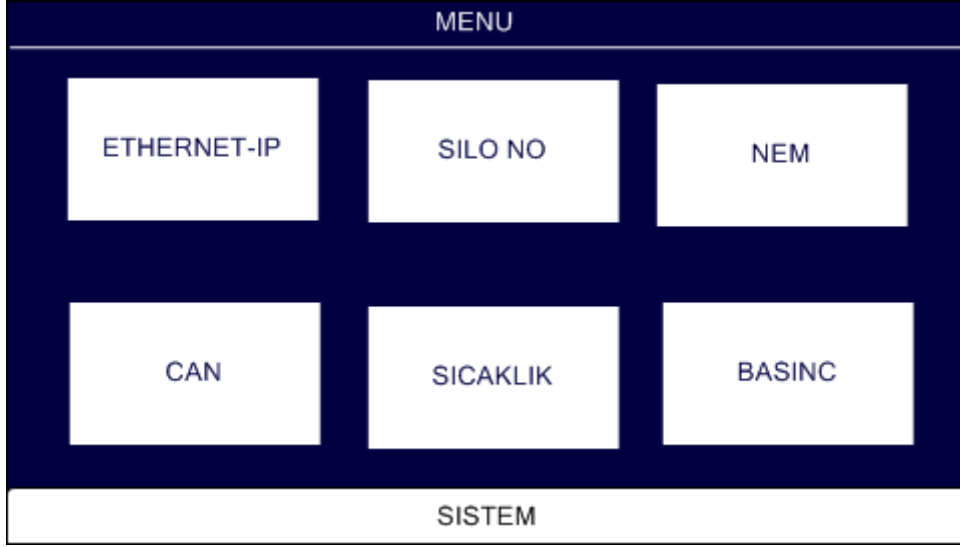
Şekil 6.7 CAN-ETHERNET köprüsü.

Kontrol alan ağı (CAN) OSI referans modelinde olduğu gibi ETHERNET ile benzer özellikler taşır. Bu durum CAN iletim katmanında bulunan verilerin ETHERNET TCP/İP alt yapısına uyarlanarak endüstriyel sistemlerin bilgisayarla algılayıcı izleme ya da algılayıcılarda oluşturulan sistemleri bir merkezi ağında kontrol imkânı sunar.

#### **Silo Sistemleri Veri Kontrol Paneli:**

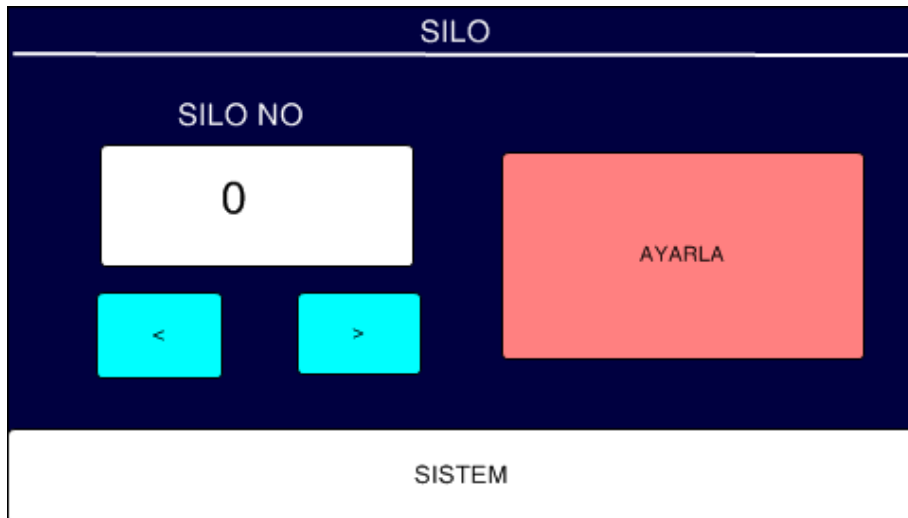
Kontrol paneli silo ağında numaralandırılmış aynı veya farklı malzeme yüklenmiş siloların anlık olarak durum değişimlerini gösteren paneldir. Herhangi bir silonun dolum aşamasındayken malzeme dolduracak borunun bağlantıda olup olmadığı, iç basıncını ve ilk dolum aşamasında tanımlı malzeme taşıyıcı kamyonun doğru siloya bağlantı yapıp yapmadığı bilgileri bu panelde görüntülenir.



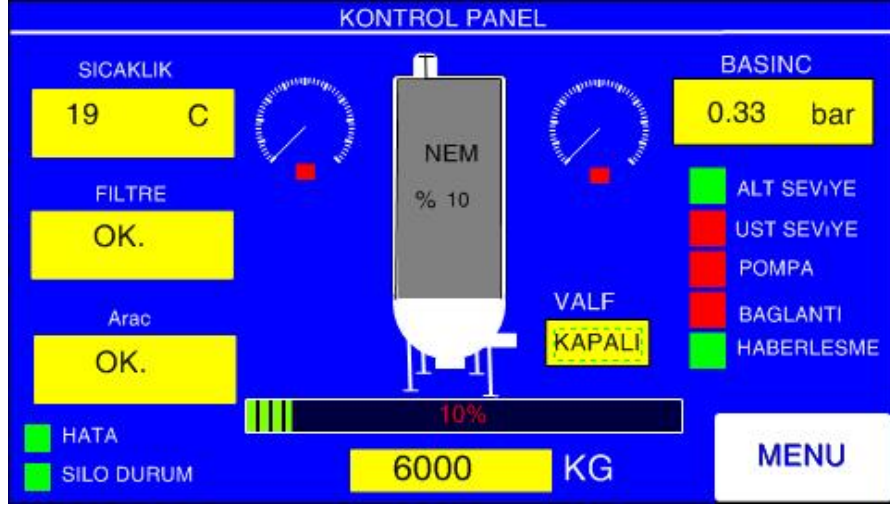


Şekil 6.8 Menü Paneli.

Merkezi silo kontrol paneline bağlanan silo sistemi adedince numaralandırılan siloların kodu kontrol panelinden ayarlandıktan sonra belirtilen numaradaki silonun verileri ekranda görünür bu sayede izlenmesi istenen silonun kodunun sistemde ayarlanması yeterlidir. Veri kontrol panelinde silo sistemlerine doğrudan ulaşılabilmesi için ETHERNET ayarlarından sistemin IP 'sinin girilerek doğrudan silo sistemlerinin kodu değiştirilip ulaşılabilir. Şekil 6.8 'de görüldüğü gibi ana menüden ayarlanması gereken parametre bölümüne girilerek menüye ulaşılır. Silo secimi menüsüne ulaşıldığında şekil 6.9 'da görüldüğü gibi silo numarası bu bölümden değiştirilerek istenilen silonun parametreleri şekil 6.10 'da görüldüğü gibi izlenebilir

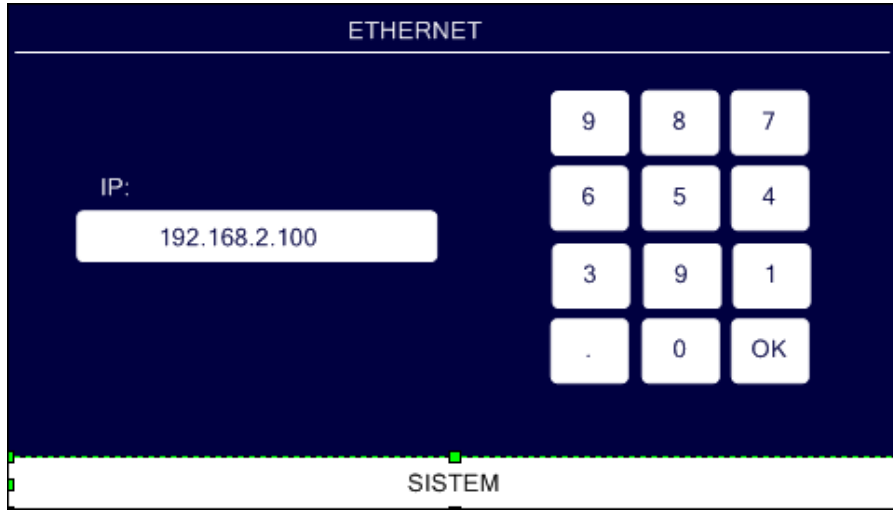


Şekil 6.9 Silo Numarası Seçim Paneli.



Şekil 6.10 Kontrol Panel.

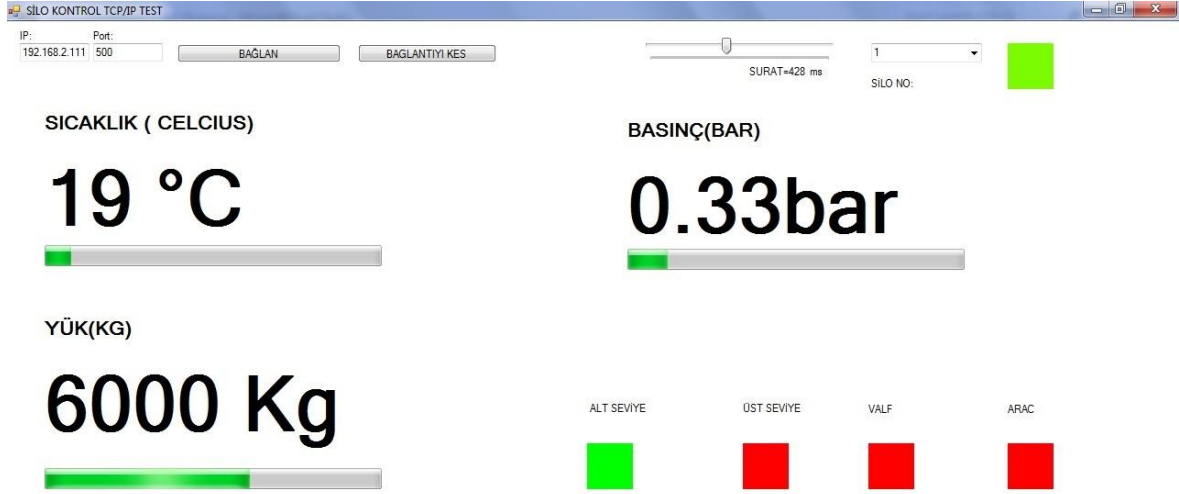
Kontrol paneli üzerinde bulunan silo durum görev sekmesi yeşil renge dönüştüğünde silo durumun güvenli olduğu bilgisi belirlemektedir. Silo çalışır durumdayken herhangi bir hata olduğunda hata paneli kırmızı renge dönüşmektedir bu durumda alt seviye, üst seviye, pompa ya da dolun sırasında bağlantı hatası sekmeleri kırmızı yeşil renkte yanıp sönmektedir. CAN bağlantı hatası oluşması durumunda ise haberleşme sekmesi yeşil renkten kırmızıya dönüşmektedir.



Şekil 6.11 Tcp Ip Silo Kontrol İp Ayarlama Paneli.

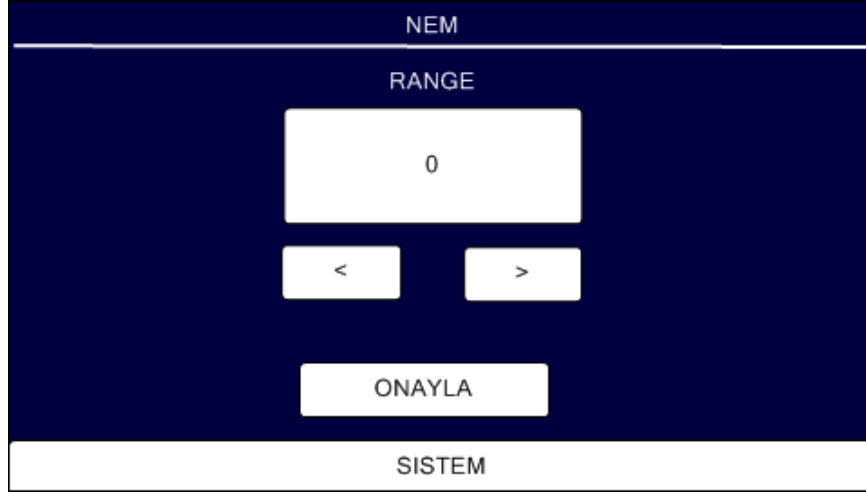
Şekil 6.12 de görüldüğü gibi, CAN- ETHERNET dönüşümü sayesinde sıcaklık, basınç, nem, alt seviye, üst seviye, valf ve araç durumu parametreleri bilgisayar ortamına aktarılmaktadır. ETHERNET bağlantısında ağa bağlanacak silo ağı sisteminin IP numarası girildikten sonra bağlantı sağlanabilir. IP numarası girilen SAA 'da çimento, katkı

malzemesi gibi silolardan herhangi birinin izlenebilmesi için silo kontrolü, TCP/IP programından silo numarası değiştirilerek bu silolara ETHERNET TCP/IP ağı üzerinden ulaşılmış olur.



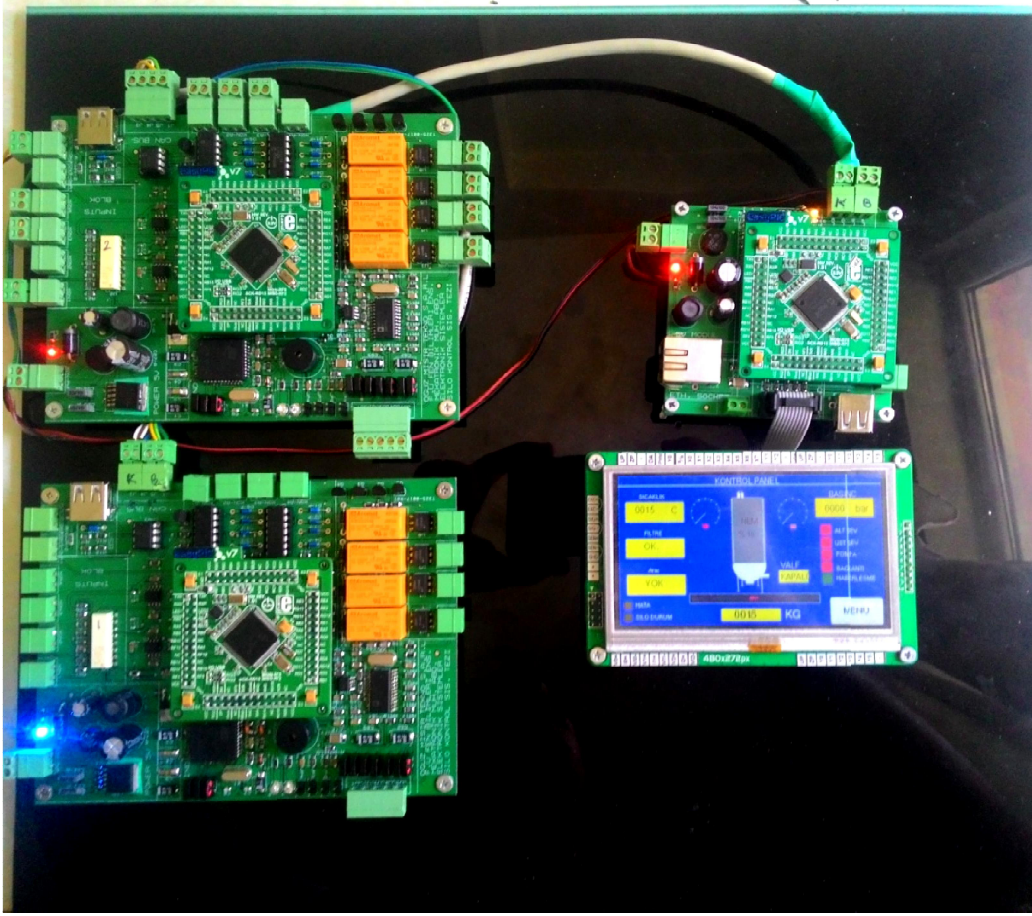
Şekil 6.12 Tcp Ip Silo Kontrol Ara yüzü.

Herhangi bir siloya malzeme yüklenmesi durumunda siloya malzeme yükleyecek aracın doğru malzemeyi doğru siloya yüklenmesi sağlandığında, Silo kontrol TCP/IP programında o an ki bağlantısı görüntülenen silonun araç sekmesi yeşil renkte yanar. Böylece farklı türden malzemelerin farklı silolara yüklenmesi STS sayesinde önlenmiş olur. Doğru malzeme yükleyecek aracın yükleme bağlantısı yapıldığı durumda TCP/IP Silo Kontrol Ara yüzünde görüntülenen silonun ağırlık, basınç, sıcaklık, alt seviye üst seviye farklı boyutlardaki siloların kapasite, nem vs. şekil 6.13 de görüntülenen ayarları yapılan silolara göre kapasite değerler otomatik olarak ara yüzde görüntülenmektedir.



Şekil 6.13 Nem Ayarı Menüsü.

Tez çalışmasında genel olarak gerçekleştirilen silo kontrol sistemi şekil 6.14 de görünmektedir. Gerçekleştirilen sistemde iki adet silonun sistem kartı bulunmaktadır. 1. Kart da çimento silosuna ait sıcaklık, basınç, nem, alt seviye, üst seviye, STS, çıkışlar, valf, pompa denetimi yapılmaktadır. Denetimi yapılan bu parametreler CAN üzerinden merkezi kontrol sistemine gönderilmektedir. Silo kontrol sistemine gelen parametreler şekil 6,9 ‘da silo numarası ayarlandıktan sonra TFT ekranda şekil 6.10 ‘da ki gibi görüntülenmektedir. 2. Karta ise katkı maddesi bulunmaktadır. Silo numarası ayarlandıktan sonra 1. Karta olduğu gibi ara yüz programından parametreler takip edilebilmektedir. Genel silo kontrol sisteminde SAA gerçekleştirilerek 112 tane silonun denetimi ara yüz programında ve silo kontrol sisteminde bulunan ekrandan ayrıca kontrol edilebilmektedir. Daha çok sayıda silonun denetlenebilmesi için CAN-ETHERNET dönüşümü sayesinde silo sayısı denetimi artırılabilir.



Şekil 6.14 Genel Silo Kontrol Sistemi.

## SONUÇ VE TARTIŞMA

Bu çalışmada CAN ve TCP/IP protokolleri ve endüstriyel elektronik sistemlerin haberleşmesi incelenmiştir. CAN iletişim protokollünün endüstriyel sistemlere uygulanması ve silo sistemlerine adapte edilmesi sağlanmıştır. Silo içerisinde depolanan maddelerin korunması için sıcaklık, basınç, nem vs. algılayıcıları temel olarak incelenmiştir. Silo içerisine malzeme yükleme ve boşaltma işlemleri için alt seviye, üst seviye, pinç valf, hava pompası algılayıcılar incelenerek silo koruma denetimleri için bir silo kontrol sistemi tasarlanmıştır. İnşaat, tarım gibi sektörlerde en çok ortaya çıkan problemlerden biri depolanacak malzemelerin dolumu sırasında farklı türden malzemelerin aynı türden olmayan silolaya doldurularak silo içerisindeki malzemelerin özelliklerini kaybetmesidir. Bu problemin önüne geçilmesi için bir STS sistemi tasarlanmıştır.

Silo tanıma sisteminde depolanacak malzeme ile aynı türünde malzemelerin silo içerisine dolumu sağlanmaktadır. STS ile yüklenen malzemeler uzun süreli olarak silo içerisinde korunarak tüketilmektedir. Silo sistemlerinin kontrollünde algılayıcılar kullanılmaktadır. Silolarda kullanılan algılayıcılarının denetimi için her bir silo için elektronik kontrol ünitelerine ihtiyaç vardır.

Silo sayısının fazla olduğu çalışma ortamlarında siloları kontrol eden elektronik ünitelerin sayısı da artmaktadır. Çoklu sayıda silo elektronik kontrol ünitesi barındıran çalışma alanlarında bu elektronik ünitelerin bir ağ denetimi ile kontrol edilmesi kaçınılmazdır. Bu sebepten ötürü çoklu silo kontrolü için bir SAA tasarlanmıştır. Tasarlanan bu algılayıcı ağı uygulamalı olarak gerçekleştirilmiştir. SAA sayıca fazla algılayıcının tek bir merkezden kontrol edilmesine olanak sağlamaktadır. SAA 'nın tasarımında CAN protokolünün, iki kablodan sayıca fazla elektronik ünitenin haberleşirmesi, özelliğinden yararlanılmıştır. CAN protokolünün bu özelliği kullanılarak SAA ile sayıca fazla silonun tek bir merkezden yönetilmesi gerçekleştirilmiştir. SAA 'da 112 tane silonun denetimi izlenebilmektedir. Daha çok sayıda silonun denetiminin sağlanabilmesi için silo kontrol sisteminde CAN- ETHERNET dönüşümüyle bir merkezi yerel ağ tasarlanmıştır. CAN- ETHERNET dönüşümünde ETHERNET ara yüzü TCP/IP ile her bir silo ağına IP numarası verilerek silo ağı genişletilmiştir. Bu sayede silo sistemlerinin sayısı artırılmıştır. Gerçekleştirilen SAA merkezi olarak kontrol edilmesi için

bir merkezi kontrol ünitesi tasarlanmıştır. Bu sistem üzerinde dokunmatik TFT ekran kullanılmıştır. Merkezi kontrol ünitesi üzerinden izlenmesi istenen silo seçimi gerçekleştirilerek, harici olarak operatörlerce takibi sağlanmıştır. Merkezi kontrol ünitesi üzerinde bulunan CAN-ETHERNET dönüşümüne ek olarak bir SCADA ara yüzü gerçekleştirmiştir. Bu sayede bilgisayar sistemleri üzerinden SAA kontrol edilebilmektedir.

Otomotiv sektörü için tasarlanan CAN protokollünün endüstriyel sistemlere uygulanmasına örnek nitelikte bir sistem yapılandırılmıştır. Gerçekleştirilen SAA'nın endüstriyel silo sistemlerinin problemlerine önemli bir çözüm ortağı olması öngörülmektedir.

## KAYNAKLAR

- [1] **Ozcelik, I., Ekiz, H.**, 2004. Design Implement and performance Analysis of the PROFIBUS/ATM Local Bridge, Computer Standart Interface, 1-14
- [2] **Bayılmış C., Ertürk İ., Çeken C.**, 2005. IEEE 802.11 KLAN Kullanarak CAN Segmentlerin Genişletilmesi için Yeni Bir Çözüm, J. Fac. Eng. Arch. Gazi Univ., Vol 20, No 2, 197-204.
- [3] **Tenruh, M.**, 2002. Design and Performance Analysis Area Network Cut-Through Bridges, Politeknik Dergisi, 4, 267-272.
- [4] **Coskun, U.**, 2008 "Controller Area Network Ve Uygulaması", Yüksek Lisans Tezi, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Gebze.
- [5] **Hopkins, A.**, 2003, Controller Area Networks, Computer Science Seminar.
- [6] **Papadoglou, N., Stipidis, E.**, 1999. Short message service link for automatic vehicle location reporting, IEEE Electronic Letters, Vol.35, No.11, sf.876-877.
- [7] **Lee, H., Jeong, H.**, 2000. A Study on Speed Synchronization for Multi-Motors Using Controller Area Network, IEEE 2000, sf.234-239.
- [8] **Valera, A. Salt, J., Casanova, V., Ferrus, S.**, 1999. Control of Industrial Robot With a FieldBus, IEEE 1999, sf.1235-1241.
- [9] **Ekiz H., Kutlu A., Baba, M.D., Powner, E.T.**, 1996. Performance Analysis of a CAN/CAN Bridge, IEEE 1996, sf.181-188.
- [10] **Yabanova, D., Taskın, S., Ekiz, H., Cimen, H.**, 2010 . “ Denetleyici Alan Ağı Üzerinden Mekatronik Bir Sistemin Kontrolü” Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi , (7) 63-72.
- [11] **Özdemir, A.**, 2014. “Asansör Haberleşme Sistemlerinde CANbus Hata tolerans Modu Kullanımı” , Asansör Sempozyumu, İzmir.
- [12] **Şimşek, M.A., Taşdelen, K.**, 2015. Denetleyici Alan Ağı Üzerinden Sensör Verilerinin İzlenmesi. Akademik Bilişim, Eskişehir.



- [13] **Özdemir, Ç.** CAN/TTCAN, 2014. Sistemlerin UPPAAL Aracı ile Modellenmesi ve Zamanlama Doğrulaması, UYMS.
- [14] **Topaloğlu, N., Görgünoğlu, S.**, 2003. Mikroişlemciler ve Mikro denetleyiciler, Seçkin Yayıncılık, Ankara.
- [15] [www.microchip.com/pagehandler/en-us/family/32bit](http://www.microchip.com/pagehandler/en-us/family/32bit), Nisan 2014.
- [16] **Karadeniz, Ş.**, 2014. Ağ Donanımları Cihazlar, [w3.gazi.edu.tr/~sirin/kaynaklar/ppt/Ag/TCP\\_IP.ppt](http://w3.gazi.edu.tr/~sirin/kaynaklar/ppt/Ag/TCP_IP.ppt).
- [17] [web.karabuk.edu.tr/emelkocak/dersler/MTM406.html](http://web.karabuk.edu.tr/emelkocak/dersler/MTM406.html), Nisan 2014.
- [18] **Uğur., K.**, 2014. Endüstriyel İletişim Protokolleri, Otomasyon Dergisi, [www.otomasyondergisi.com.tr/arsiv/yazi/endustriyel-iletisim-protokolleri](http://www.otomasyondergisi.com.tr/arsiv/yazi/endustriyel-iletisim-protokolleri).
- [19] **Bahadır K., Levent T., Serdar K.**, 2009. XIV. Türkiye’de İnternet Konferansı Bildirileri, İstanbul.
- [20] **Mehmet Ali Ö.**, 2006. “Bluetooth Üzerinden Güvenli Veri İletimi. ” Yüksek Lisans Tezi. Kahraman Maraş Sütçü İmam Üniversitesi. KAHRANMARAŞ.
- [21] [hbogm.meb.gov.tr/modulerprogramlar/kursprogramlari/motorlu\\_araclar/moduller/otomotiv\\_yonetim\\_sistemleri1.pdf](http://hbogm.meb.gov.tr/modulerprogramlar/kursprogramlari/motorlu_araclar/moduller/otomotiv_yonetim_sistemleri1.pdf), 2008, MEB.
- [22] **Kutlu A., Turan C.**, “ Elektronik Deney Modüllerinin LabView ile Kontrolü ”, SDU International Journal of Technologic Sciences Vol. 2, No 3, September 2010 pp. 1-8.
- [23] **Bosch GmbH, R.** 1991. CAN Specification, Version 2.0, Germany.
- [24] **Microchip Technology Inc.**, "Controller Area Network (CAN) Basics", 1999.
- [25] **MAXIM Integrated**, 2002, ±80V Fault-Protected/Tolerant CAN Transceivers for In-Car Applications.
- [26] **Etschberger, K.**, 2001, Controller Area Network Basics, Protocols, Chips and Applications, IXXAT Press, Weingarten.
- [27] **ISO 11898**, 1993, Road vehicles Interchange of digital information Controller Area Network (CAN) for high speed communication.
- [28] **Schade, F., NXP Semiconductors**, 2011, Application Hints TJA1055 CAN Fault-Tolerant Transceiver.
- [29] **Microchip MCP2510** Stand Alone CAN Controller With Spi Interface, 2002.
- [30] **Microchip**, CAN Products and Solutions, 2015.
- [31] **Microchip**, PIC32, 2015.

- [32] **Halsall F.**, 1996. Data Communications, Computer Networks and Open Systems, Addison Wesley, UK.
- [33] [hbogm.meb.gov.tr/modulerprogramlar/kursprogramlari/bilisim/moduller/TCP\\_IPiletimkatmani.pdf](http://hbogm.meb.gov.tr/modulerprogramlar/kursprogramlari/bilisim/moduller/TCP_IPiletimkatmani.pdf), 2008, MEB.

## **ÖZGEÇMİŞ**

Oğuz MISIR, 1990 yılında Samsun'da doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini Samsun 'da tamamladıktan sonra 2008 yılında Fırat Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Elektronik ve Bilgisayar Eğitimi Bölümü Elektronik Öğretmenliğini kazandı. 2012 yılında mezun oldu ve aynı yıl Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mekatronik Mühendisliği Anabilim Dalında yüksek lisans eğitimine başladı.