

T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**DÖNER TABLALI MEKATRONİK SİSTEMLER İÇİN  
TEK HATLI ÇİFT YÖNLÜ HABERLEŞME  
PROTOKOLÜ TASARIMI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Gökhan ATALI**

**Enstitü Anabilim Dalı : MEKATRONİK MÜHENDİSLİĞİ**

**Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Barış BORU**

**Ocak 2015**

T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ


**DÖNER TABLALI MEKATRONİK SİSTEMLER İÇİN  
TEK HATLI ÇİFT YÖNLÜ HABERLEŞME  
PROTOKOLÜ TASARIMI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**


**Gökhan ATALI**

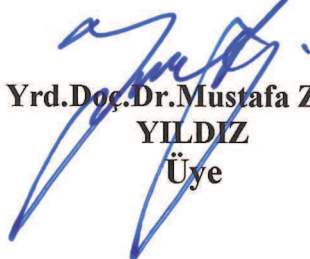
**Enstitü Anabilim Dalı : MEKATRONİK MÜHENDİSLİĞİ**

**Bu tez 06 / 01 /2015 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği ile kabul edilmiştir.**

  
**Yrd.Doç.Dr.Bariş BORU**

**Jüri Başkanı**

  
**Doç.Dr.Sinan Serdar  
ÖZKAN**  
**Üye**

  
**Yrd.Doç.Dr.Mustafa Zahid  
YILDIZ**  
**Üye**

## **TEŞEKKÜR**

Bu konuda bana çalışma imkânı veren ve değerli katkılarını esirgemeyen danışman hocam Yrd. Doç. Dr. Barış BORU'ya, tezimin her aşamasında yardımcı olan değerli hocalarım Doç. Dr. Sinan Serdar ÖZKAN, Doç. Dr. Durmuş KARAYEL'e, tezime desteklerinden dolayı tekniker Cüneyt ÖZYOL'a, manevi desteğini hiçbir zaman esirgemeyen değerli eşim Ayşegül ATALI'ya, doğumuyla hayatımıza yeni bir sayfa açan kızıma ve hayatım boyunca beni destekleyip bugünlere getiren annem Semihe ATALI ve babam Ercan ATALI 'ya teşekkürü bir borç bilirim.

Yapılan bu çalışma, Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı tarafından 0409.STZ.2013-2 numaralı Sanayi Tezleri Destekleme Programı (SANTEZ) tez projesi tarafından desteklenmiştir.

Ayrıca yine bu çalışma, Sakarya Üniversitesi Bilimsel Araştırma Komisyonu Başkanlığı tarafından 2014-50-01-030 numaralı yüksek lisans tez projesi tarafından desteklenmiştir.

## İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	ii
İÇİNDEKİLER .....	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ .....	vii
TABLolar LİSTESİ.....	ix
ÖZET.....	x
SUMMARY.....	xi
BÖLÜM 1.	
GİRİŞ.....	1
BÖLÜM 2.	
HABERLEŞME VE BİLGİSAYAR AĞLARI.....	5
2.1. Haberleşme.....	6
2.2. Haberleşme Türleri.....	7
2.2.1.Sinyal türüne göre haberleşme.....	7
2.2.1.1. Analog haberleşme.....	7
2.2.1.2. Sayısal haberleşme.....	8
2.2.2. İletim ortamının türüne göre haberleşme.....	9
2.2.2.1. Kablolü haberleşme.....	10
2.2.2.2. Kablosuz haberleşme.....	10
2.3. Bilgisayar Ağları.....	11
2.3.1. Bilgisayar ağlarının ortaya çıkış nedenleri.....	12
2.3.2. Bilgisayar ağlarında yerleşim biçimleri (Ağ topolojileri).....	12
2.4. Bilgisayar Ağlarının Sınıflandırılması.....	14

2.4.1. Büyüklüklerine göre bilgisayar ağları .....	14
2.4.1.1 Kişisel alan ağları.....	14
2.4.1.2 Yerel alan ağları.....	15
2.4.1.3 Metropolitan alan ağları.....	15
2.4.1.4 Geniş alan ağları.....	15
2.4.2. Ortam türüne göre bilgisayar ağları.....	16
2.4.2.1. Kablolü ağlar.....	16
2.4.2.2. Kablosuz ağlar.....	16

### BÖLÜM 3.

MODEL VE PROTOKOL TASARIM İLKELERİ.....	17
3.1. Model, Protokol ve Gerçekleştirme.....	17
3.1.1. Protokol.....	22
3.2. Mesaj Biçimlendirme.....	23
3.2.1. Bit yönelimli mesaj biçimlendirme.....	23
3.2.2. Karakter yönelimli mesaj biçimlendirme.....	24
3.2.3. Byte sayma yönelimli mesaj biçimlendirme.....	25
3.2.4. Ön ek ve son ek bilgileri.....	25
3.3. İşlem Kuralları.....	26
3.3.1. Protokol tasarımı nasıl yapılır?.....	26
3.4. Yapısal Protokol Tasarımı.....	29
3.4.1. Basitlik ve modülerlik.....	29
3.4.2. İyi tasarım.....	30
3.4.3. Sağlamlık.....	31
3.4.4. Tutarlılık.....	32
3.4.5. Tasarım için kurallar.....	33

### BÖLÜM 4.

HABERLEŞME PROTOKOLÜ GERÇEKLENMESİ.....	35
4.1. Protokolün Ortaya Konuluş Nedenleri ve Amaçları.....	35
4.2. Endüstriyel Alanlar için Yeni Bir Haberleşme Protokolü.....	36
4.3. Protokol için Temel Kavramlar.....	37
4.3.1. Döner tabla.....	37

4.3.2. Master istasyon.....	39
4.3.3. Slave istasyon.....	40
4.4. Donanımsal birimler.....	40
4.4.1. Elektronik kartların tasarımı.....	40
4.4.2. Mikrodenetleyici.....	42
4.4.3. Slipring (Kollektör halkası).....	44
4.5. Haberleşme ve Bileşenleri.....	45
4.5.1. Temel haberleşme komutları.....	46
4.5.2. Senkronizasyon.....	48
4.5.3. Ortam erişim yöntemi.....	49
4.5.4. Haberleşmenin doğrulanması.....	50
4.5.5. Haberleşme hızı ve veri paketleri.....	51
4.5.6. Haberleşme hattının tek hatta indirgenmesi.....	53
BÖLÜM 5.	
SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	56
KAYNAKLAR.....	59
ÖZGEÇMİŞ.....	62

## SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

TDM	: Zaman Bölmeli Çoğallama
EM	: Elektromanyetik
PAN	: Personel Area Network
POS	: Persoel Operating Space
LAN	: Local Area Network
WAN	: Wide Area Network
MAN	: Metropolitan Area Network
TCP	: Tarnsmission Control Protocol
IP	: Internet Protokol
ISO	: International Organization for Standardization
IEEE	: The Institute of Electrical and Electronics Engineers
STX	: TX başlangıcı
ETX	: TX bitişi
RX	: Veri okuma
TX	: Veri yazma
CRC	: Cyclic Redundancy Check (Döngüsel Artıklık Denetimi)
Master	: Efendi, Birincil, Gönderen
Slave	: Köle, İkincil, Alan
DLE	: Data Link Escape
UTP	: Unshielded Twisted Pair

## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1.	Haberleşme kavramı ve ele alınan konular.....	5
Şekil 2.2.	Bilgisayar ağları ve ele alınan konular.....	6
Şekil 2.3.	Analog sinyal.....	8
Şekil 2.4.	Sayısal (Dijital) sinyal.....	8
Şekil 2.5.	Kablolu iletim ortamı türleri.....	10
Şekil 2.6.	Kablosuz iletişim ortamı.....	10
Şekil 2.7.	Genel bir bilgisayar ağı (internet).....	11
Şekil 3.1.	Model ve protokol tasarımı için ele alınan konular.....	17
Şekil 3.2.	OSI referans modeli.....	19
Şekil 3.3.	TCP/IP iletişim modeli.....	19
Şekil 3.4.	TCP/IP ve OSI referans modellerinin karşılaştırılması.....	21
Şekil 3.5.	Bit doldurma (Bit Stuffing) işlemi.....	24
Şekil 3.6.	Karakter oldurma (Character Stuffing) işlemi.....	24
Şekil 3.7.	Ön ek ve son ek almış mesaj formatı.....	29
Şekil 3.8.	Protokol içerisinde kaynak hedef ilişkisi.....	27
Şekil 3.9.	Protokol tasarımı için örnek bir katmansal çözümleme.....	28
Şekil 3.10.	Hatalara karşı self - stabil davranış.....	30
Şekil 4.1.	Döner tabla motoru.....	38
Şekil 4.2.	Fikstür ve disk.....	38
Şekil 4.3.	Master slave ilişkisi.....	39
Şekil 4.4.	Master slave istasyon devre tasarımı.....	41
Şekil 4.5.	Elektronik kart baskı devre şeması.....	41
Şekil 4.6.	Elektronik kartlara ait baskı devre.....	46
Şekil 4.7.	Mikrodenetleyici 40-pin PDIP PIC18F4520.....	43
Şekil 4.8.	Slipring (kollektör halkası).....	51



Şekil 4.9. Haberleşmenin doğrulanmasında kullanılan artıklık denetim algoritma şeması.....	51
Şekil 4.10. Geliştirilen protokole ait veri paketi parçaları ve gönderiliş sırası	51
Şekil 4.11. Haberleşmeye ait osilaskop ekran görüntüsü.....	53
Şekil 4.12. Optokuplörler ile gerçekleştirilen özgün bağlantı şeması.....	54
Şekil 4.13. Donanımsal testler için oluşturulan master ve slave el terminalleri.....	55

## TABLolar LİSTESİ

Tablo 3.1.	TCP/IP Katmanları, katmanların açıklamaları ve tanımlı protokoller.....	20
Tablo 4.1.	Master ve slave istasyonlar için malzeme listesi.....	42
Tablo 4.2.	PIC18F4520 özellikleri.....	43
Tablo 4.3.	Serin ve serout komutları için haberleşme modları.....	47
Tablo 4.4.	Veri paketi ve uzunluğu.....	49
Tablo 4.5.	Başlangıç karakterleri ve sayı sistemleri karşılıkları.....	52
Tablo 5.1.	Gerçekleştirilen protokole ait özellikler.....	58

## ÖZET

Anahtar kelimeler: Haberleşme Protokol Tasarımı, Çift Yönü Haberleşme, Tek Hat Haberleşme, Döner Tablalı Mekatronik Sistemler

Endüstriyel alanlarda genellikle, çeşitli üretim ve montaj işlemleri için konvansiyonel üretim yöntemleri yerine tam otomatik makineler kullanılmakta ve bu sayı her geçen gün artmaktadır. Mekatronik sistemler olan imalat ve montaj istasyonlarında gerek istasyonlar arası gerekse istasyonlar içerisinde bulunan dağıtık denetleyiciler arasında seri haberleşme protokolleri kullanılmaktadır. Özellikle de döner tablalı sistemlerde tabla ve gövde üzerinde bulunan denetleyicilerin haberleşmesi için tek kablo üzerinden çift yönlü haberleşme protokollerine ihtiyaç duyulmaktadır.

Yapılan çalışmada tek hat üzerinden çalışan özellikle otomasyon alanında slip ring (kolektör halkası) kullanılan döner tablalı sistemlere uygun yeni bir haberleşme protokolü tasarlanmıştır. Tasarlanan haberleşme protokolü tek bir kablo üzerinden birden fazla istasyonun çift yönlü haberleşmesini sağlamaktadır. Protokol tasarımı sırasında ortam erişim yöntemleri, kodlama teknikleri ve düğümler arası senkronizasyon teknikleri incelenmiş olup haberleşme protokolünün oluşturulmasında bu tekniklerin yapılacak çalışma için uyarlanması, güncellenmesi ve birleştirilmesi sağlanmıştır. Tasarlanan protokol mikro denetleyiciler üzerinde özgün yazılımlar ile gerçekleştirilmiş ve simülasyon ortamında testleri yapılmıştır. Çalışma sonunda ortaya çıkan protokolün açık kaynak kodlu, esnek, kolay uygulanabilir ve özellikle otomasyon alanında dağıtık kontrol problemlerine yeni bir çözüm olması hedeflenmektedir.

Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı tarafından düzenlenen Sanayi Tezleri Destekleme Programı (SANTEZ) ile desteklenen 0409.STZ.2013-2 kodlu proje içerisinde yer alan tez konusu, döner tablalı sistem üzerinde bulunan donanımlardan elde edilen bilginin tek hat kullanarak half duplex (yarı zamanlı - çift yönlü) haberleşme yöntemiyle başka bir istasyona aktarılmasını kapsamaktadır.

# **SINGLE LINE HALF DUPLEX COMMUNICATION PROTOCOL DESIGN FOR TURNTABLE MECHATRONICS SYSTEMS**

## **SUMMARY**

Keywords: Communication Protocol Design, Half Duplex Communication, Single Line Communication, Turntable Mechatronics Systems

Generally, fully automatic machines are used instead of conventional production methods for various manufacturing and assembly operations, and the number of this increases every day in industrial areas. In manufacturing and assembly stations, which are mechatronics systems, serial communication protocols are used not only between stations but also between distributed controllers located in stations. Especially in turntable mechatronics systems, half duplex communication protocols are needed through a single cable for the communication of controllers on the table and the body.

In this study, a new communication protocol is designed for turntable systems which used slip ring through a single line especially in the field of automation. The designed communication protocol provides half duplex communication of multiple stations through a single line. During the design of the protocol; media access methods, coding techniques and synchronization between nodes were examined and also adapting, updating and coupling operations of these techniques in forming the communication protocol are provided for the study to be done. Designed protocol is executed with the original software on the microcontroller and the tests were conducted in a simulated environment. The generated protocol at the end of the study aims to be open source, flexible, easy to apply and a new solution to distributed control problems in the automation field.

Thesis subject which is located in the project coded 0409.STZ.2013-2 supported by Industrial Thesis Supporting Program (SAN-TEZ) organized by the Ministry of Science, Industry and Technology involves transferring information acquired from hardware on a turntable system to another station by using single line and with the help of half duplex communication method.

## BÖLÜM 1. GİRİŞ

Günümüzde seri iletişimin oldukça yaygınlaştığı bilinmektedir. Güvenli haberleşme açısından önem arz ettiği için seri iletişim, otomasyonel çözümlerin çokça kullanıldığı endüstriyel haberleşme sahalarında tercih sebebi olmaktadır. Aynı zamanda otomasyon alanında mümkün olduğu kadar az kablo kullanan ve esnek yapıda olan haberleşme protokollerine ihtiyaç duyulmaktadır. Ancak seri haberleşme protokolleri incelendiğinde haberleşmede kullanılan saat sinyali ve verinin farklı hatlardan iletiildiği görülmektedir. Saat sinyali gönderilmeyerek çift yönlü haberleşmeye imkan tanıyan protokoller ticari olarak bulunmaktadır fakat bu protokolleri kullanmak için ilgili firmaya ait ürünlere ve yazılımlara sahip olmak gerekmektedir ve bunların maliyetleri oldukça yüksektir. Bu çalışmada saat sinyali ve veri için ayrılmış hatları tek bir hatta indirgeyerek tamamıyla özgün bir protokol tasarımı yapılmış ve uygulamaya geçirilmiştir.

Konuyla ilgili araştırmalarda birçok çift yönlü haberleşme protokolünün esnek fakat veri iletimi sırasında birden fazla hat gereksinimi duyduğu görülmüştür. Ancak haberleşmenin gerçekleştiği ortamlar bazen, özellikle döner yapıli sistemlerde slipring (kollektör halkası) kullanımına bağıli olarak minimum kablo kullanımına ihtiyaç duymaktadır. Geliştirilen bu protokol eksikliği duyulan bu ihtiyaç için tasarlanmıştır. Kablo karmaşıklığının önüne geçmeyi planlayan bu çalışmada aynı zamanda hızlı ve güvenli bir haberleşme yöntemi olan seri iletişimi tercih edilmiştir.

Gary M. Bonea ve David Capson otomotiv endüstrisinde sac parça montajlarının fikstür kullanmaksızın daha hassas yapılmasını sağlayacak sensör tabanlı bir sistemin tasarımını ve üretimini amaçlamışlardır. Yazarlar çok sayıda gripir ve sensör kullanarak mükemmel konumlama elde ettiklerini ifade etmektedirler. Çalışmalarına ismini veren “Robotic Fixtureless Assembly (RFA)” çalışma hücreleri ile görüntü sensörlerinden elde edilen görüntünün birçok açıdan 3 boyut analizini sağlayan yeni

bir nesne yönelimli yaklaşımda bulunmuşlardır [1]. M. Santochi ve G. Dini otomatik montajda sensör teknolojisini etraflıca anlatmışlardır. Montajda sensör teknolojisini dünü, bugünü ve geleceği hakkında kapsamlı bilgi verdikleri çalışmalarında başarılı örnek uygulamalarda sunmuşlardır. Ayrıca birçok sensör çeşidinin çalışma prensiplerine ve kullanım alanlarına dikkat çekmiş ve yeni uygulama alanlarında sensörlerin yerlerinden bahsetmişlerdir. Bu yönleriyle çalışmaları özgün bir araştırma çalışması olarak gösterilebilir [2]. Üretim tesislerinde konvansiyonel üretimden tam otomatik makinelere geçilmiş ve hatta endüstriyel iletişim sistemlerindeki ilerlemelerle insansız fabrikalardan bahsedilmeye başlanmıştır. Üretim tesislerinin çeşitlenmesi ve insan müdahalesini tamamıyla ortadan kaldırarak tam otomatik çalışan makinelere olan ihtiyacın artması ile otomasyon sistemleri için birçok dijital haberleşme çalışmaları yapılmış ve uygulamaya geçirilmiştir [3,4]. Otomasyon sahalarından alınan verilerin çokluğu ve çeşitliliğinin artması saha iletişim protokollerinin gelişimini paralel yerine seri haberleşmeye yöneltmiştir [5]. Rostislav (Reuven) Dobkin ve arkadaşları seri ve paralel iletişim arasındaki performans değerlendirmelerinde buldukları çalışmalarında her iki iletişim biçimine ait olumlu ve olumsuz yönlere değinmişlerdir [6]. Bu olumsuzlukların birtanesiden söz etmek gerekirse seri haberleşmede paralel haberleşmeye göre daha fazla enerji tüketimi gerçekleşmektedir. Kangmin Lee, Se-Joong Lee, and Hoi-Jun Yoo seri haberleşme esnasında gereksinim duyulan enerji fazlalığını minimize edecek SILENT (Serialized Low Energy Transmission Coding for On-Chip Interconnection Networks) isimli bir kodlama metodu önermişlerdir [7]. Ayrıca seri iletişimin kullanıldığı ortamlarda dikkat edilmesi gereken hususlardan bir diğeri ise haberleşmeyi sekteye uğratacak bit geçişleri ve güç sarfiyatıdır. Bu bağlamda hazırlanacak protokollerde efektif kodlama teknikleri ve uygun elektronik alt yapının dizayn edilmesi önem arz etmektedir. M. Chennakesavulu ve A. Raghavi seri haberleşmede saat sinyali ve iletilen veri arasındaki faz farkını minimize edecek ETI (Embedded Transition Inversion) isimli bir dizayn ve kodlama tekniği önermektedir [8]. Bahsi geçen bu nedenlerle piyasada onlarca endüstriyel iletişim protokolü bir çok farklı firmalar tarafından ortaya çıkarılmış markalaştırılarak standart haline gelmiştir [9]. Ayrıca benzer nedenlerden dolayı otomotiv endüstrisinde de düşük maliyetli haberleşme sistemleri tercih sebebidir. Örnek vermek gerekirse LIN (Local Interconnect Network) adı verilen düşük maliyetli seri haberleşme sistemi otomotiv endüstrisinde yaygın olarak yer

almaktadır. Chindris Gabriel ve Hedesiu Horia bir çalışmalarında LIN Bus Ağı üzerinde özel bir LIN donanımı uygulayarak ağ üzerine başarılı bir sensör entegrasyonu gerçekleştirmişler [10]. Liliana Diaz-Olavarrieta ve David Baez-Lopez ise otomotiv elektroniğindeki gereksinimleri belirledikleri çalışmalarında LIN- Bus ağ sistemi ile benzer yapıda özellik gösteren diğer protokolleri karşılaştırmışlardır [11]. Endüstriyel uygulamalarda haberleşme esnasında başlıca dikkat edilmesi gereken faktörlerden biride kablo karmaşıklığının azaltılmasıdır. Bu ve benzeri sebeplerden dolayı A.Murari ve L.Lotto'nun vakum odalarında meydana gelen yüksek vakum şartlarının çeşitli ısı sensörleri ile elde edilmesini incelerken tek hat ile iletişimi tercih etmişlerdir [12].

Tez konusu olarak geliştirilen haberleşme protokolü, düğümler arasında sadece veri hattına ihtiyaç duymaktadır ve veri iletimini çift yönlü half duplex olarak gerçekleştirmektedir. Bu haberleşme protokolünü kullanarak birçok düğümü içeren bir haberleşme ağı kurulumu yapılabilmektedir. Esasen bu sayede daha az maliyetli ve kablo karmaşıklığından arındırılmış yeni bir haberleşme protokolü gerçekleştirilmiştir. Özellikle döner tablalı mekatronik sistemlerin ihtiyacı olan kablo karmaşıklığının azaltılmasına çözüm aranmış ve özel bir protokol ile tek hat üzerinde birden fazla istasyonun çift yönlü haberleşmesi sağlanmıştır.

Ülkemizde araştırma sonucu veya bir firma tarafından tasarlanmış olup yaygın kullanım alanı olan özgün ve yerel bir seri haberleşme protokolümüz henüz bulunmamaktadır. 0409.STZ.2013-2 kodlu “Menteşe Montaj Bankosu Mekatronik Sistem Tasarımı” adlı SANTEZ projesi kapsamında geliştirilen haberleşme protokolü çalışması, projede bulunan döner tabla üzerindeki fikstürler ile ana gövde de yer alacak master istasyon arasında master-slave ilişkisine dayalı seri bir half duplex haberleşme gerçekleştirmektedir.

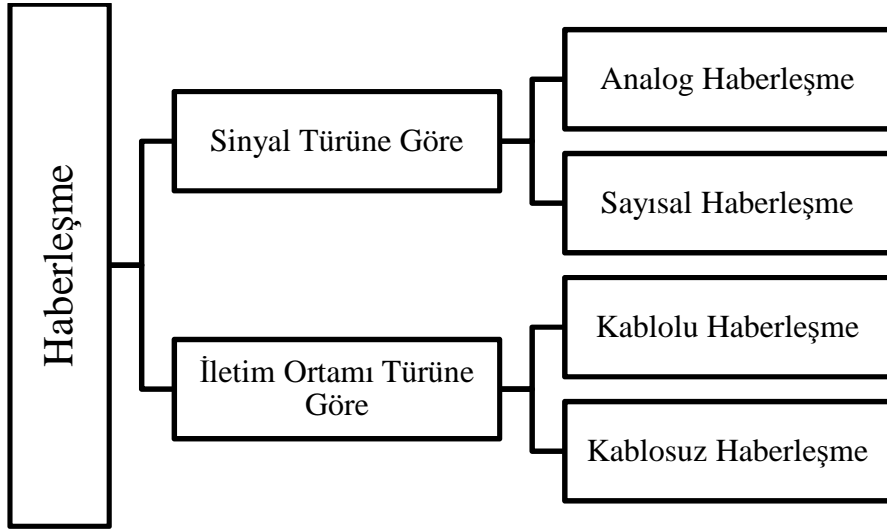
Çalışma beş bölümden oluşmakta olup, giriş olarak isimlendirilmiş olan ilk bölümde; çalışmanın gerekçesi, çalışmaya zemin oluşturan literatür araştırmasının özeti ve yapılan çalışma kısaca açıklanmıştır. İkinci bölümde ise, haberleşme ağları konusunda kısa bilgiler verilerek çalışma alanından bahsedilmiştir. Üçüncü bölümde, protokol tasarımına değinilmiştir. Bu bölümde tasarım sırasında dikkate alınan

kriterlerden bahsedilmiştir. Dördüncü bölümde ise, tasarım aşamaları detaylandırılmış ve yapılan deneysel çalışmalara yer verilmiştir. Beşinci bölümde ise yapılan tez çalışması ile ilgili sonuçlar ve öneriler yer almaktadır.

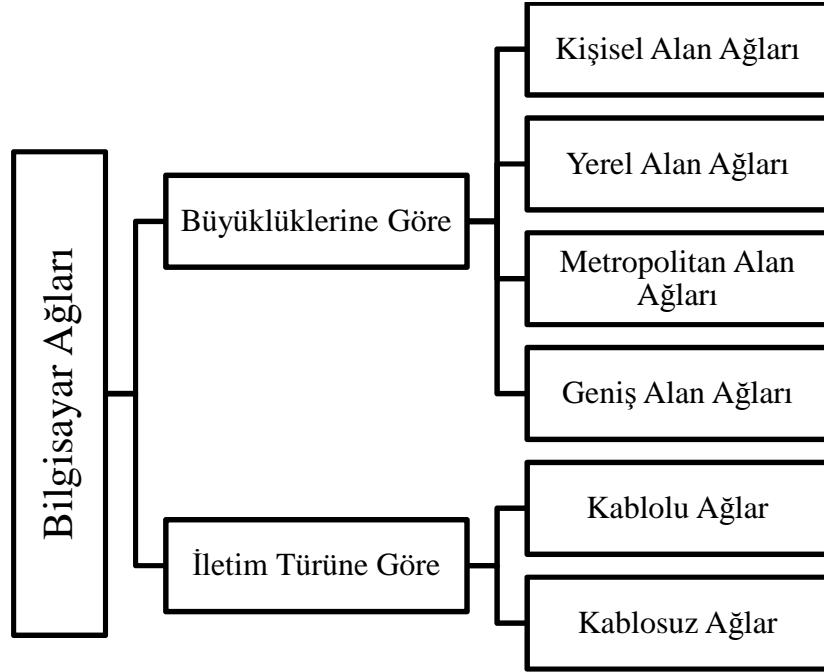


## BÖLÜM 2. HABERLEŞME VE BİLGİSAYAR AĞLARI

Bu bölümde haberleşme protokollerinin esas teşkil ettiği sinyal türleri ve bu sinyal türlerine ait alt sınıflandırmalara yer verilmiştir. Şekil 2.1’de elektronik haberleşmenin sinyal türüne ve iletim ortamına göre hangi başlıklarda şekillendiği gösterilmiştir. Ayrıca Şekil 2.2’de ise genel manada haberleşme sistemlerinin kullanıldığı bilgisayar ağlarından bu bölümde hangi hiyerarşik yapıda bahsedildiği gösterilmiştir.



Şekil 2.1. Haberleşme kavramı ve ele alınan konular



Şekil 2.2. Bilgisayar ağları ve ele alınan konular

## 2.1. Haberleşme

Bilgi ve iletişim teknolojileri özellikle son yıllarda olağanüstü gelişmeler göstermiştir. Bu gelişmeler sayesinde bilgi ve iletişim teknolojilerinin başka alanlardaki bilimsel çalışmaları da hızlı bir gelişim ivmesi kazanmıştır. Önümüzdeki dönemlerde de bu teknolojilerin, önemini koruyacağı ve daha da gelişeceği tahmin edilmektedir. Özellikle telekomünikasyon ve elektronik haberleşme alanlarındaki hızlı gelişmelerin bir sonucu olarak insan hayatında da büyük değişiklikler olmaktadır.

Haberleşme alanındaki hızlı gelişmeler, toplumların yaşam standartlarını geliştirmiş ve insanlığı bilgi toplumu haline getirmiştir. Bilgi toplumunun ana ilkesi bilginin toplum bireyleri arasında etkin bir şekilde paylaşılmasıdır. Haberleşme, bilginin paylaşımı ve aktarımındaki en kritik kavram olup bilgiyi elektriksel yollarla göndermeye, almaya ve işlemeye karşılık gelir. Haberleşmenin temel amacı; herhangi bir biçimdeki bilginin zaman ve uzay içinde “kaynak” olarak adlandırılan bir noktadan, “hedef” olarak adlandırılan başka bir noktaya aktarılmasıdır. Hedefe aktarılan bilginin hatasız veya kabul edilebilir sınırlar içerisinde olması istenir [13-19].

Elektriksel anlamda haberleşme ilk olarak 1840'larda bilginin mors kodları kullanılarak iletildiği telgraf ile başlamış ve sesin elektrik sinyalleri olarak iletildiği telefon ile devam etmiştir. İtalyan bilim adamı Guglielmo Marconi 1886 yılında ilk kablosuz telgraf sistemini geliştirmiş ve 12 Aralık 1901'de, İngiltere'deki Cornwall'dan Kanada'ya bağlı Newfoundland'e ilk Atlantik ötesi radyo sinyalini (Mors alfabesinde üç noktadan oluşan S karakterini) göndermeyi başarmıştır. Bu tarihi sinyalle beraber, kablosuz iletişimin de ilk temelleri atılmıştır [20]. Daha sonra radyo, televizyon, radar, bilgisayar ve GSM gibi haberleşme sistemleri insanlığın hizmetine sunulmuş ve günlük yaşantımızın vazgeçilmez birer parçası olmuşlardır. Haberleşme alanı, günümüzde de en yoğun ve dinamik bilimsel çalışma alanlarından birisi olma özelliğini korumaktadır.

## **2.2. Haberleşme Türleri**

Elektronik haberleşme, geniş ve kapsamlı bir konudur. Dolayısıyla haberleşmenin nasıl ve ne tür ortamlarda gerçekleştiğini, bilginin nasıl iletildiğini iyi kavrayabilmek için haberleşme konusunu sınıflandırmak gerekir. Bu tez çalışmasında yapılan sınıflandırmalara güncel gelişmelere göre literatürde alternatif sınıflandırmalarla karşılaştırılması mümkündür. Elektronik haberleşme konusu bu çalışmada sinyal türüne ve iletim ortamı türüne göre iki şekilde ele alınmıştır.

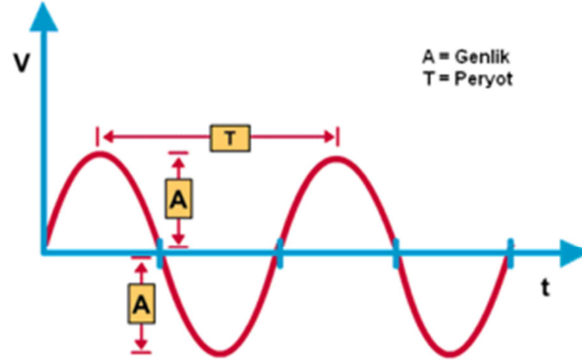
### **2.2.1. Sinyal türüne göre haberleşme**

Sinyal türüne göre sınıflandırma yapılırken temel olarak bilginin taşınmasında kullanılan taşıyıcı sinyalinin formuna bakılır. Haberleşme alanında Analog ve Sayısal sinyal olmak üzere iki tür sinyal formu mevcuttur.

#### **2.2.1.1. Analog haberleşme**

Bazı haberleşme dönüştürücüleri, orijinal bilgi sinyalinin anlık değişimlerini doğrudan takip eden (continuous) elektriksel sinyaller üretirler. Bu tip sinyallere "Analog Sinyal" adı verilir. Örneğin, bir mikrofon kendisine uygulanan ses

enerjisinin değişimini takip eden bir elektriksel sinyal üretmektedir. Şekil 2.3’de bir analog sinyal ve bu sinyale ait karakteristikler gösterilmiştir.

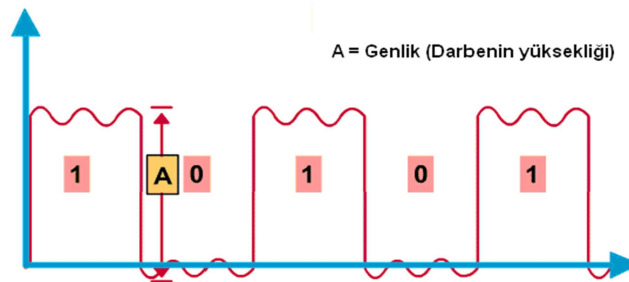


Şekil 2.3. Analog Sinyal

Haberleşme sırasında şayet bilginin taşınmasında analog sinyal kullanılıyor ise bu haberleşmeye “Analog Haberleşme” adı verilir.

#### 2.2.1.2. Sayısal haberleşme

Birçok elektronik cihazda bilginin taşınması sırasında, makineler tarafından kodlanarak anlaşılır hale getirilen kod darbeleri veya işaret değişimleri şeklinde (discrete) elektriksel sinyaller kullanılır. Bu tip sinyallere “Sayısal (Dijital) Sinyal” adı verilir. Bilgisayar sistemleri arasındaki haberleşmede kullanılan sinyalizasyon bu türden bir sinyaldir. En yaygın bilinen sayısal sinyaller veri iletişimde de sıkça kullanılan 2 veya 3 durumlu kare dalgalarıdır. Şekil 2.4’te iki durumlu bir sayısal sinyal formu gösterilmiştir.



Şekil 2.4. Sayısal (Dijital) Sinyal

Taşıyıcı sinyal olarak Sayısal sinyallerin kullanılması ile yapılan haberleşmeye “**Sayısal (Dijital) Haberleşme**” adı verilir. Sayısal haberleşmenin analog haberleşmeye göre bir takım üstünlükleri vardır. Bunlardan üstünlükler;

- Geniş ölçekli entegrasyon ve yarı iletkenler sayesinde çok küçük maliyetli sistemlerin oluşturulabilmesine olanak sağlaması,
- Sinyal iletiminde her yinelemeden sonra temiz (gürültüsüz) darbeler oluşturulabilmesi ve yeni bir gürültü azaltma işleminin yer aldığı bir sonraki yineleyiciye gönderilmesi,
- Zaman bölmeli çoğullama (TDM) işlemi ile iletim kapasitelerinin verimli bir şekilde kullanılabilmesi,
- Şifreleme ve kodlama tekniklerinin dijital sinyallere uygulanması daha kolay ve daha ekonomiktir. Sonuç olarak daha güvenilir haberleşme olanaklarının sunulması şeklinde sayılabilir [17-19].

### **2.2.2. İletim ortamı türüne göre haberleşme**

Haberleşmede bilginin iletildiği bir kaynak, bilginin iletilmek istendiği bir hedef ve bunların yanında kaynak ve hedef arasında bilginin iletildiği bir iletişim kanalı vardır. Bu ortamlar kimi zaman kablolu olabileceği gibi kimi zaman da hava veya boşluk gibi bağlantısız olabilir. İletim ortamının karakteristik özellikleri haberleşmeyi ve haberleşme band genişliğini doğrudan etkileyen önemli bir unsurdur.

Genel olarak ortam türüne göre haberleşme konusu iki sınıfta incelenmektedir. Bunlar;

- Kablolu Haberleşme (Wired Communication)
- Kablosuz Haberleşme (Wireless Communication)



### 2.3. Bilgisayar Ağları

Ağ (Network), çok sayıda canlı veya cansız varlığın bir amaç doğrultusunda bir araya gelmesi ve birbirileri ile etkileşimleri sonucu oluşan sistemler bütünüdür. Günlük hayatta çevremizde çok farklı türlerde ağlar mevcuttur. Örneğin; insan vücudunda yer alan ağlara örnek olarak sinir sistemi, kalp damar sistemi ve sindirim sistemini gösterilebilir. Öte yandan çevremizde karşılaşılabilecek ağlar da vardır. Şehir içme suyu şebekesi, telefon şebekesi, kara, deniz ve havayolları taşıma sistemleri vb. gibi.



Şekil 2.7. Genel bir bilgisayar ağı (Internet)

Şekil 2.7’de gösterilen “Bilgisayar Ağı”, iki yada daha çok bilgisayarın biri birine belirli kurallar çerçevesinde kablolu veya kablosuz olarak bağlanması sonucu meydana gelmektedir. Bilgisayar Ağı içindeki tüm bilgisayarlar yetkiler dahilinde birbiriyle iletişim kurabilmekte ve veri alış-verişinde bulunabilmektedirler.

Bilgisayar Ağları, bilgisayarlar arasında veri paylaşma ihtiyacının bir sonucu olarak doğmuştur. Başka bir deyişle Bilgisayar Ağları kavramı, var olan kaynakların kullanıcılar tarafından beraber kullanılması, bilgiye ortak ulaşmaları ve buna bağlı olarak da maliyet ve zaman tasarrufu sağlanması gereksiniminden ortaya çıkmıştır. Bu temel kuraldan hareketle oluşan ağlar günümüzde uzaktaki bilgiye erişim (Web), kişisel iletişim (E-mail, ICQ, IRC, Video-konferans), interaktif eğlence (Web-TV, oyunlar), uzaktan kontrol ve telemetri gibi kavramlarla hayatımızda önemli bir yer kaplamaktadırlar.

İlk bilgisayar ağı, Amerikan Savunma Bakanlığı için 1969 yılında İleri Araştırma Projeleri Ajansı (Advanced Research Projects Agency - ARPA) tarafından geliştirilen ARPANET (Advanced Research Projects Agency Network)'tir. Bu ağ 1972 yılında bir konferans aracılığıyla kamuoyuna tanıtılmıştır. 1983'te ARPANET, askeri ve sivil iki ağa ayrılmış ve ortaya çıkan diğer ferdi ağlarla beraber bütünü ifade etmek için "İnternet" ismi teklif edilmiştir [21]. Günümüzde en yaygın ve en iyi bilinen bilgisayar ağı İnternet'tir.

### **2.3.1. Bilgisayar ağlarının ortaya çıkış nedenleri**

Bilgisayar ağlarına ihtiyaç duyulmasının temel nedenleri; veri kaynaklarını paylaşmak ve bilgisayarlar arasında etkili bir iletişim kurmaktır. Bilgisayar ağlarına duyulan gereksinimleri şu şekilde listelemek mümkündür;

- Verilerin paylaşımı
- Elektronik Haberleşme
- Çevre birimlerinin paylaşımı
- Uygulamaları ortak kullanmak
- Uzaktan Kontrol

Her ağ yapısında bilgisayarlar arası veri iletişiminin gerçekleşmesini sağlayan yapılar mevcuttur. Bu yapılar ağ elemanlarının konumunu, birbirileri ile olan iletişimlerini ve haberleşme biçimlerini kapsar. Bilgisayar ağlarında kullanılan bu yapılar "Ağ Mimarisi" yada "Ağ Topolojisi" olarak adlandırılır.

### **2.3.2. Bilgisayar ağlarında yerleşim biçimleri (Ağ topolojileri)**

Topoloji terimi bilgisayar ağının fiziksel görünümünü, yerleşimini, kablolama ve diğer ağ birimlerini kapsar. Bu nedenle bir bilgisayar ağının tasarımı yapılacağı zaman onun topolojisi belirlenir. Topoloji ile ilgili konular:

- Fiziksel görünüm
- Tasarım



- Harita gibi unsurlardır.

Bir ağın topolojisi, onun yapabileceklerini ve çalışma biçimini etkileyen ana özelliğidir. Bu nedenle topolojiler belirlenirken şu hususlar göz önünde bulundurulmalıdır:

- Ağı'nın gereksinim duyduğu aygıtların tipi
- Aygıtların yetenekleri
- Ağı'nın büyümesi
- Ağı'nın yönetilme biçimi

Bir bilgisayar ağı için topoloji biçimine karar vermek, bilgisayar ağını oluşturmak üzere atılan ilk adımdır. Kablolama, kuruluş, işletim ve yönetim büyük lde seçilen yerleşim biçimine bağlıdır [23]. Yerleşim biçimi ayrıca bilgisayar ağı üzerindeki bilgisayarların iletişimini de etkiler. Bu nedenle yerleşim biçimi seçenekleri iyi bir şekilde incelenerek bilgisayar ağı oluşturmaya karar verilmelidir. Bir bilgisayar ağı tasarımı için tanımlanmış topolojiler;

- Yol (Bus)
- Yıldız (Star)
- Halka (Ring)
- Örgü (Mesh)
- Hücresel (Cellular)

Yerleşim biçimlerinin bazıları "aktif", bazıları ise "pasiftir". Aktif yerleşim biçimlerinde bilgisayar ağı üzerindeki bilgisayarlar, verinin bir bilgisayardan diğerine gönderilmesinde etkendirler ve bu nedenle, eğer bilgisayar ağı üzerindeki bilgisayarlardan birisi çalışmazsa veri iletişimi durur. Pasif iletişim biçimde ise bilgisayarlar veri iletişiminde etken değildirler. Sadece bilgisayar ağı üzerinde dolaşan veriyi dinlerler [22-24].

## 2.4. Bilgisayar Ağlarının Sınıflandırılması

Bilgisayar Ağları kendi içlerinde değişik sınıflandırmalara tabi tutulurlar. Bunlar içerisinde en yaygın olan iki sınıflandırma mevcuttur. Bunlar:

- Ağların hizmet verdikleri alanların büyüklüklerine göre
- Kullanılan erişim ortamına göre

sınıflandırılmaktadır.

### 2.4.1. Büyüklüklerine göre bilgisayar ağları

Büyüklüklerine göre bilgisayar ağları arasında yapılan sınıflandırmada en önemli kriter hizmet alanına bağlı olarak verinin iletileceği mesafelerdir. Mesafelere bağlı olarak ağlar kendi içlerinde değişik teknolojiler ve teknikler kullanarak özelleşmektedirler. Kısa mesafeler için oluşturulan ağlarda çoklu ve hızlı veri iletimleri söz konusudur. Uzun mesafeler için oluşturulan ağlarda ise sinyal zayıflaması, gürültü ve kablolama maliyeti gibi etkenler nedeniyle veri iletim hızları düşebilmektedir. Bu da geniş coğrafyalarda daha farklı çözümlere yönelmeyi gerektirmektedir. Sonuç olarak bu durum, kapsama mesafeleri bakımından değişik ağ sınıflarının ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Bu ve benzer nedenlerden dolayı ağ yapıları 4 gruba ayrılır.

#### 2.4.1.1. Kişisel alan ağları

Kişisel Alan Ağı (Personel Area Network - PAN), daha çok kişinin kendisini çevreleyen “Kişisel İşletim Alanı (Personal Operating Space - POS)” olarak adlandırılan alan içerisinde kurulan ağlardır. POS kavramı literatürde kişiyi 10m uzaklığa kadar çevreleyen bir alan olarak tanımlanmaktadır [25,26]. Bu tür ağlar ev ya da küçük iş yerlerinde birkaç bilgisayar ve benzeri çevre birimlerinden oluşan ağlardır.

### 2.4.1.2. Yerel alan ağıları

Yerel Alan Ağları (Local Area Network - LAN), bir bina, okul, hastane, kampüs gibi sınırlı bir coğrafik alanda kurulan ve çok sayıda kişisel bilgisayarın yer aldığı ağlardır. Normalde tek tür erişim ortamına eğilim gösterirler ve genellikle 10km<sup>2</sup>'lik bir alanı aşmazlar [22-24]. LAN'lar, kamu kurum ve kuruluşlarında, şirketlerde, üniversitelerde, konferans salonlarında ve benzeri pek çok yerde kullanılmaktadır. Bir LAN içinde çok sayıda bilgisayar, yazıcı, tarayıcı ve diğer benzer çevre birimler yer alabilir.

### 2.4.1.3. Metropolitan alan ağıları

Metropolitan Alan Ağı (Metropolitan Area Network - MAN), bir şehri kapsayacak şekilde yapılandırılmış iletişim ağlarına veya birbirinden uzak yerlerdeki yerel bilgisayar ağlarının (LAN) birbirileri ile bağlanmasıyla oluşturulan ağlara denilmektedir [28]. LAN'lardan daha geniş kapsama alanına sahip ağlardır. Metropolitan olarak adlandırılmasının sebebi genelde şehrin bir kısmını veya tamamını kapsamasındandır. Ağa bağlı her bölge arasında tam erişim gerekmediğinden değişik donanım ve aktarım ortamları kullanılabilir. MAN'larda genellikle kiralık hatlar veya telefon hatları kullanılmaktadır.

### 2.4.1.4. Geniş alan ağıları

Geniş Alan Ağı (Wide Area Network - WAN), bir ülke ya da dünya çapında çok uzak mesafeler arasında iletişimi sağlayan ağlardır [29]. Aralarında uzun mesafe olan LAN ve MAN'ların birleşmeleriyle meydana gelir. Günümüzde bilinen en meşhur WAN Internet'tir. Genelde WAN'lar için iki ayırım yapılır. Bunlar;

- Enterprise WAN: Bir kuruluşun tüm LAN'larını bağlar. Çok büyük yada bölgesel sınırları olan ağları kapsar.
- Global WAN: Tüm dünyayı çevreleyen bir ağ olabileceği gibi, birçok ulusal sınırları ve uluslararası kuruluşun ağını kapsar.

## 2.4.2. Ortam türlerine göre bilgisayar ağları

Bu sınıflandırma şeklinde bilgisayar ağları, ağdaki cihazlar arası iletişim için kullanılan ortamın türüne göre sınıflandırılır. Ortam türü iletişim şeklini etkileyen önemli bir faktördür. Bu noktada kablolu ve kablosuz olmak üzere iki tür ortamdan bahsedilebilir. Bu ortamlar kullanılarak oluşturulan ağlarda;

- Kablolu Ağlar ve
- Kablosuz Ağlar

olmak üzere iki sınıfta incelenmektedir.

### 2.4.2.1. Kablolu ağlar

Kablolu bilgisayar ağlarında, cihazlar arasındaki bağlantı fiziksel olarak kullanılan (bakır veya fiber optik gibi) kablolar aracılığıyla gerçekleştirilir. Kullanılan kablonun karakteristik özellikleri iletişimin hızını ve şeklini doğrudan etkiler. Bakır kablolar daha çok ekonomik oluşları sebebiyle kısa mesafelerde ve bina içi uygulamalarda tercih edilirken her türlü elektriksel etkiden etkilenmek gibi dezavantajları vardır. Buna karşın uzun mesafelerde ve binalar arası kullanımda fiber kablolar tercih edilir. Bu kablolar ışıkla çalıştıklarından hiç bir elektriksel etkiden etkilenmezler. Ancak buna karşın bakır kablolarla göre maliyetleri yüksektir [13,14].

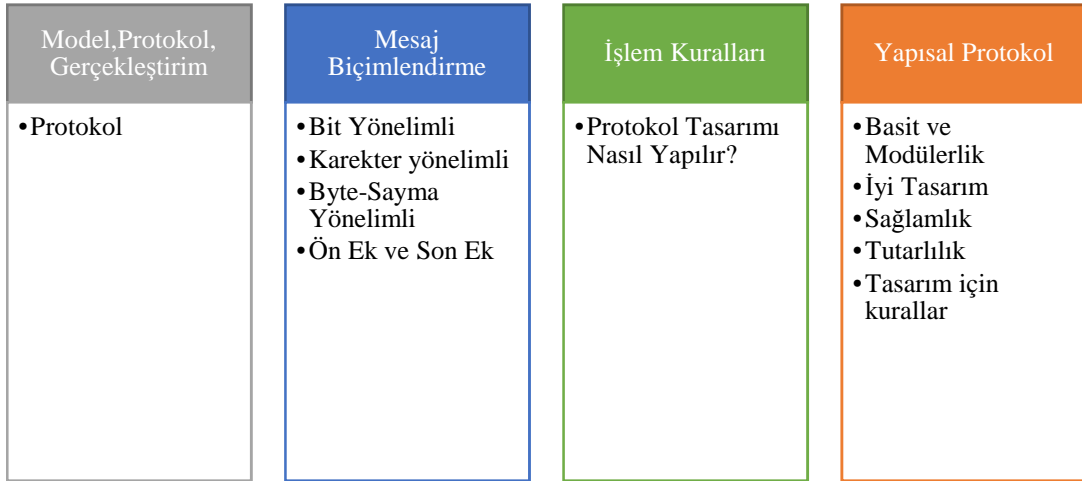
### 2.4.2.2. Kablosuz ağlar

Kablosuz Ağlar, birden fazla bilgisayar veya sayısal cihazın birbirleriyle kablosuz veri iletişimi sağlamalarıyla oluşan ağlardır. Bu ağlar; özel amaçlı, eğitim amaçlı, ulusal veya halka açık ağlar olarak kurulabilirler [17-20].

Genelde kablosuz ağlarda kullanılan aygıtlar, taşınabilir bilgisayar, el bilgisayarı gibi cihazlardır. Bu tür cihazların kablosuz olarak kullanılması birçok kolaylık sağlamaktadır. Örneğin cep telefonu kullanıcıları, e-postalarına erişmek için cep telefonlarını kullanabilirler.

## BÖLÜM 3. MODEL VE PROTOKOL TASARIM İLKELERİ

Bu çalışmada endüstriyel alanlarda çalışan mekatronik sistemler üzerinde gerçekleşen haberleşmelerde kullanılmak üzere protokol tasarımı ve gerçekleştirilmesi hedeflenmiştir. Konuyla ilgili temel kavram ve teknoloji çözümleri, literatür çalışmaları ışığında bu bölümde ele alınmıştır. Şekil 3.1’de bölüm içerisinde geçen konu başlıkları ve bu başlıklara ait alt başlıklar sınıflandırılmıştır.



Şekil 3.1. Model ve protokol tasarımı için ele alınan konular

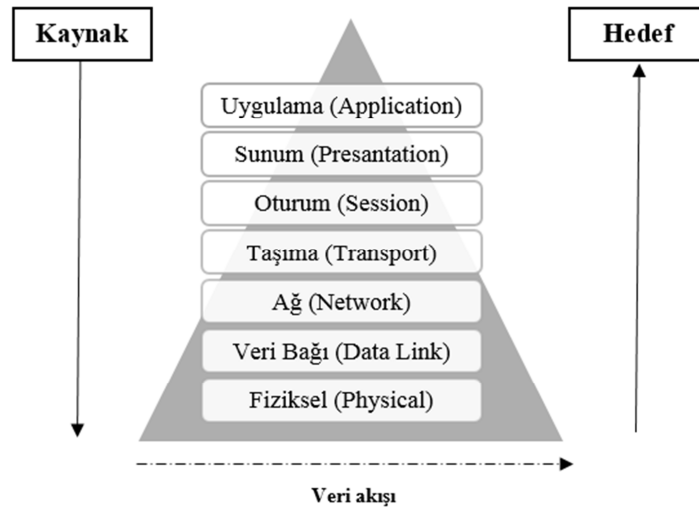
### 3.1. Model, Protokol ve Gerçekleştirme

Bilgisayar ve diğer iletişim ağlarıyla ilgili bilinmesi gereken en temel kavramlar model, protokol ve bu protokollerin gerçekleştirmeleridir. Genelde model, protokol ve bunların gerçekleştirilmesi arasındaki ayırım karıştırılmaktadır. İletişim ağlarında birimlerin tasarım ve seçiminden önce bunlar arasındaki ayırımın iyi bilinmesi gerekir. Bu kavramlara kısaca şu şekilde değinilebilir;

- **Model;** verinin X noktasından Y noktasına taşınması için yol göstermeleri ve genel kavramları içerir. Ayrıca verilmesi gereken servisleri ve bu servislerden hangi adımların sorumlu olduğunu tanımlar.
- **Protokol;** donanım ve yazılımı ilgilendiren belirli kurallar serisidir. Üreticiler tarafından kullanılan ağ servislerini gerçekleştirmek ve veriyi ağ ortamında taşımak için tasarlanırlar. Her protokol, model tarafından belirtilen servislerden birisini gerçekleştirir.
- **Gerçekleştirme;** protokole bağlı kalınarak, ürünlerin gerçekleştirilmesidir. Farklı üreticilerin ürünleri görünüş olarak farklı olacaktır. Ancak geliştirilen ürünler protokol ve model tanımlarına uygun gerçekleştirilirse birbirileri ile uyumlu çalışabilirler.

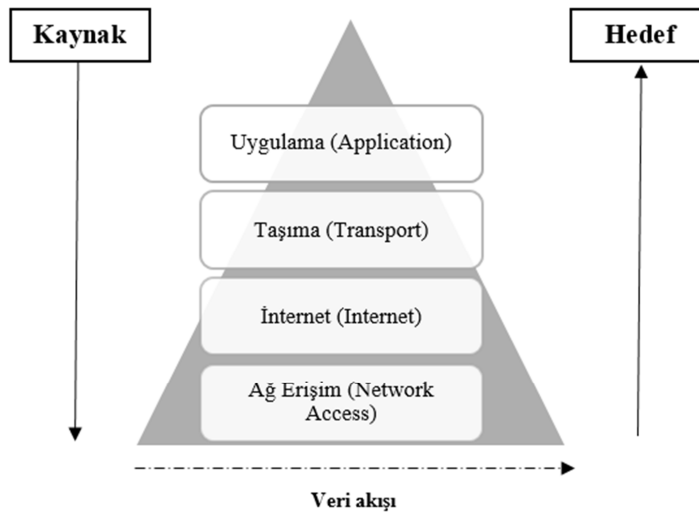
İletişim alanında, günümüzde en çok bilinen model tasarımlar TCP/IP ve OSI Referans Modeli'dir. OSI (Open Systems Interconnection), ISO (International Organization for Standardization) tarafından ilk olarak 1978 yılında ortaya konmuş ve daha sonra bu standart 1984 yılında yeni bir düzenlemeyle başvuru modeli olarak yayımlanmıştır. Bu model kısa sürede kabul göerek yaygınlaşmış ve ağ işlemleri için bir kılavuz olmuştur. Bu modelin temel amacı; farklı bilgisayarlar ve haberleşme sistemleri için bilginin anlaşılabilir hale getirilmesi ve ağdaki cihazlar arasında aktarılmasını sağlama olarak özetlenebilir [14-23].

OSI Referans Modeli, hiyerarşik bir yapıya sahip olup 7 katmandan oluşur. Bu katmanlar: Fiziksel, Veri Bağı, Ağ, Taşıma, Oturum, Sunum ve Uygulama olarak adlandırılırlar. Bu hiyerarşinin en üst basamağında kullanıcıların çalıştırdığı uygulama programları, en alt basamağında ise verinin bit düzeyinde aktarılması sonucu oluşan değerler yer alır. Ara katmanlar bu iki katman arasında gerekli olan tüm işlem ve uygulamaları içerirler. Her katman bir üst katmana hizmet sunarken, bir alt katmandan hizmet alır. Şekil 3.2'de bu katmanlar ve bunlar üzerinden veri iletiminin nasıl gerçekleştiği görülmektedir.



Şekil 3.2. OSI referans modeli

OSI modelinin tüm dünyada gördüğü genel kabule rağmen internetin kullandığı model TCP/IP Modeli'dir. Bu modelin temelleri 1960'ların sonunda ve 1970'lerin başında ABD Savunma Bakanlığının ARPANET projesi ile atılmıştır. Daha sonraları uygulamada yaygın olarak kabul görmüştür. Halen günümüz internetinin temel modelini oluşturmaktadır. TCP/IP Modeli OSI'ye göre daha eski olup OSI Referans Modeli geliştirildiğinde TCP/IP modeli temel alınmıştır. Bu nedenle TCP/IP Modeli, OSI Referans Modelinin atası sayılmaktadır. TCP/IP modeli de tıpkı OSI modelinde olduğu gibi katmanlı bir yapıya sahiptir. Şekil 3.3'te TCP/IP Modeli katmanları ile gösterilmektedir.



Şekil 3.3. TCP/IP iletişim modeli

Şekil 3.3’de görüldüğü gibi TCP/IP Modelinde 4 katman vardır. Bunlar; Ağ Erişim, İnternet, Taşıma ve Uygulama katmanlarıdır. TCP/IP modelindeki her katmanda gerçekleştirilen hizmetlerin türü ve kullanılan protokoller Tablo 3.1’de daha ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

Tablo 3.1. TCP/IP Katmanları, katmanların açıklamaları ve tanımlı protokoller

Katman	Açıklama	Protokoller
Uygulama	TCP/IP uygulama protokollerini ve ana bilgisayar programlarının ağı kullanmak için taşıma katmanı hizmetleriyle nasıl bir arabirim oluşturacağını tanımlar.	HTTP, Telnet, FTP, TFTP, SNMP, DNS, SMTP ve diğerleri
Taşıma	Ana bilgisayarlar arasında iletişim oturumu yönetimi sağlar. Veri taşınırken kullanılan bağlantının hizmet düzeyini ve durumunu tanımlar.	TCP, UDP, RTP
İnternet	Verileri IP veri birimleri olarak paketler. Bu paketler, veri birimlerini ana bilgisayarlar ve ağlar arasında iletmek için kullanılan kaynak ve hedef bilgilerini içerir. IP veri birimlerinin yönlendirilmesini gerçekleştirir.	IP, ICMP, ARP, RARP
Ağ Erişimi	Koaksiyel kablo, optik fiber veya çift bükümlü bakır kablo gibi bir ağ ortamıyla doğrudan arabirim oluşturan donanım aygıtları tarafından bitlerin elektriksel olarak nasıl işaret haline getirileceği de dahil olmak üzere verilerin fiziksel olarak ağ içinden nasıl gönderileceğini belirtir.	Ethernet, Token Ring, FDDI, X.25, Frame Relay, RS-232, v.35

TCP/IP Modeli ve OSI Referans Modeli her ne kadar farklı modeller olsa da yukarıda bahsedildiği üzere aslında tamamen birbirinden farklı değildir. İki model arasındaki benzer yönler ve ayrıldıkları noktalar aşağıdaki gibidir;

Benzerlikler:

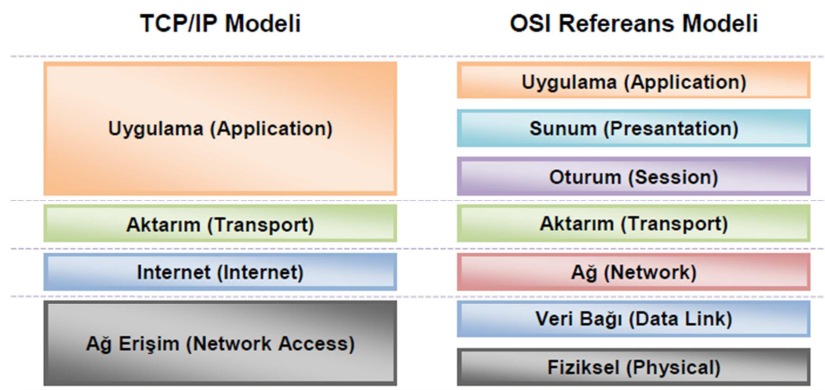
- Her ikisi de katmanlı yapıdadır.
- Her ikisi de içerik bakımından farklı olsa da uygulama katmanına sahiptir.
- Her ikisi de devre-anahtarlamalı teknolojiyi benimsemiştir.
- Her ikisinde de karşılaştırılabilir taşıma ve ağ katmanları vardır.



Farklar:

- TCP/IP modeli, OSI Referans Modelindeki Sunum ve Oturum katmanlarını Uygulama katmanı içine almıştır.
- TCP/IP Modeli, OSI Referans Modelindeki Fiziksel ve Veri-Bağı katmanları, Ağ Erişim adıyla tek katman içine almıştır.
- TCP/IP daha az katmana sahip olduğu için daha basit görünmektedir.
- İnternet TCP/IP modeli üzerine kurulmuştur. Dolayısıyla denenmiş ve övgü almış bir modeldir. OSI modeline göre kurulmuş bir protokol yoktur. Ancak hemen hemen hepsi OSI modelinden ilham almaktadır.

TCP/IP Modeli ve OSI Referans Modelinin karşılaştırılması ve katmanlar arası ilişki Şekil 3.4'te gösterildiği gibidir.



Şekil 3.4. TCP/IP ve OSI referans modellerinin karşılaştırılması

Modeller, geniş perspektiften bakarak yapılacak işin özünü ortaya koyarlar. Bir bakıma işin anayasası gibidirler. Belli bir ürünün nasıl tasarlanması gerektiği, hangi servislerin verilmesi istendiğinin bir genellemesidir. Bunların nasıl gerçekleştirilmesi gerektiğine ilişkin herhangi bir detay bilgi vermezler. İşin yapılmasıyla ilgili teknik detaylar ve nasıl yapılacağı protokoller tarafından belirlenir. Başka bir deyişle modeller çözüm katmanlarını ve katmanlar arası gerekli hiyerarşiyi ortaya koyar. Herhangi bir problemin çözümü için tek bir katman veya bu katmanda çalışan protokol(ler) yeterli gelmez. Problemin çözümünde modelde bulunan tüm katmanlar ve protokoller üzerlerine düşen görevleri eksiksiz yerine getirmelidirler.

Tasarım çalışmasında ortaya çıkacak olan ürün bir yazılım, donanım veya bu ikisinin birlikteliği ile oluşturulmuş olabilir. Genel olarak alt katmanlar daha çok fiziksel ve donanımsal unsurları barındırırken kullanıcıya yakın üst katmanlara doğru gidildikçe çözümler mantıksal ve yazılımsal olarak şekillenmektedir.

### 3.1.1. Protokol

Protokol kavramı veri iletişimi için ilk olarak Nisan 1967'de İngiltere Ulusal Fizik Laboratuvarında çalışan R.A. Scantlebury ve K.A. Bartlett tarafından yazılan “*A protocol for use in the NPL data communications network*” adlı bildiriye kullanılmıştır [34]. Protokol, dağıtık bir sistemde, uçlar arasında bilgi alış-verişi için kullanılan bir anlaşma şekli ve kurallar bütünüdür. Yapısal anlamda bakıldığında protokoller aslında konuşma dillerine çok benzerler. Buradan hareketle bir protokol için şunlar söylenebilir;

- Mesajların ifadesi için kesin bir format tanımlar. Örneğin Morse kodlarında kullanılan nokta ve çizgiler gibi.
- Veri alış-verişi için işlem kurallarını ortaya koyar.
- Veri alış-veriş için diğerleri tarafından anlaşılacak şekilde anlamlı ifadeler tanımlar.

Protokol kavramı ve protokol tasarımında en önemli nokta; protokollerin sadece bilgi alış-verişi için bir kurallar kümesi değil aynı zamanda gönderici ve alıcı arasında bir anlaşma olduğudur. Bu anlaşma, veri akışını ve bu esnada olabilecek olası durumları ele almalı ve bu durumların hepsine karşı bir tepki sunabilmelidir. Örneğin iletim esnasında gönderici ve alıcı arasında bulunan hattın kopması, gönderilen bilginin bir noktada kesintiye uğraması, doğru kişi ile muhatap olunup olunmadı vb. gibi durumlar düşünülmeli ve bu durumların oluşması halinde tarafların nasıl davranması gerektiği protokol tasarımında açıkça ortaya konmalıdır.

Bir protokolün kusursuz olması için tüm olasılıkların değerlendirilmesi gerekir. Ancak aksi ispatlanmadıkça her protokolün içerisinde hata barındırabileceği varsayılır [34]. Protokollerin aynı zamanda bir anlaşma olduğu fikrinden yola çıkarak

hataların en aza indirilmesi ve protokolün herkese açık olması için standartlaşma yoluna gidilir.

Veri iletişimi alanında pek çok standartizasyon kuruluşu vardır. National Institute of Science and Technology (NIST), Federal Telecommunications Standards Committee (FTSC), Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) gibi kuruluşlar bunlardan bir kaçıdır. Ancak bu alandaki en önemli iki kuruluş International Standards Organization (ISO) ve International Telecommunications Union (ITU)'na bağlı olan Consultative Committee of International Telephony and Telegraphy (CCITT)'dir [34].

### **3.2. Mesaj Biçimlendirme**

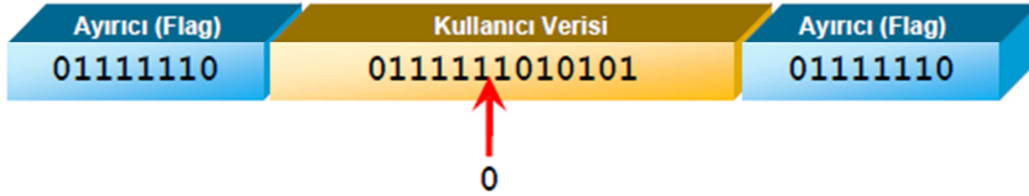
Veri iletiminde, gönderilecek olan verinin her iki uç noktasının da anlaşılabilir bir şekilde yapılandırılması gerekir. Yapılandırmadan kasıt, gönderilecek olan verinin, A ve B noktaları arasındaki fiziksel ortamda bitlerin ne şekilde organize edileceğini ve gönderilecek veri ile ilgili tanımlayıcıların birbirinden ayırt edilmesi hususlarıdır. Böylece alıcı taraf bir veri akışının geldiğini anlayabilecek ve devam eden bir akışın da nerede biteceğini sezebilecektir. Bu noktada 3 temel biçimselleştirme şekli mevcuttur [34]. Bunlar;

- Bit Yönelimli
- Karakter Yönelimli
- Byte-Sayma Yönelimli

#### **3.2.1. Bit yönelimli mesaj biçimlendirme**

Bu yaklaşımda veri bir bit akışı şeklinde aktarılmaktadır. Karşı tarafta mesajın sağlıklı olarak algılanabilmesi için gönderilen veri benzersiz bir bit dizgesinin arasına konur. Bu dizgeler “Ayırıcı (delimiter)” veya “Çerçeveleme Bayrağı (Framming Flag)” olarak tanımlanır. Ayırıcılar özel bir bit dizisidir ancak bu dizinin normal gönderilen veri içinde tesadüfi bulunması olasıdır. Bu durumda alıcı tarafın bunu ayırt edebilmesi gerekir. Bu gibi durumlarda veri içerisindeki benzer bit dizgesi

içerisinde uygun yere ekstra lojik 0 yerleştirilerek dizgenin ayırıcıdan farklı olması sağlanır. Bu işleme “Bit Doldurma (Bit Stuffing)” adı verilir. Bu durum Şekil 3.5’te açıklanmıştır. Şekil 3.5’teki gibi 01111110 şeklinde bir ayırıcıyı veri içerisinde elimine etmek için 0’dan sonra gelen 5. 1’den hemen sonra araya bir 0 daha konur.

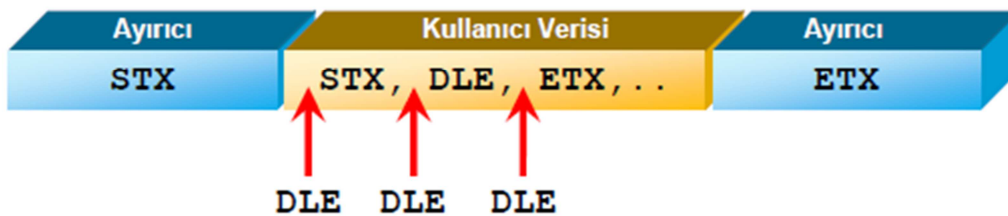


Şekil 3.5. Bit doldurma (Bit Stuffing) işlemi

Bit Yönelimli Mesaj Biçimlendirme yaklaşımı herhangi bir katmanda kullanılabilir. Bu yaklaşım HDLC (High Level Data Link Control) ve IBM’in SDLC (Synchronous Data Link Control) protokollerinde ortam erişim katmanında kullanılır.

### 3.2.2. Karakter yönelimli mesaj biçimlendirme

Bu yaklaşımda ayırıcı ve kontrol kodları için bit dizgesi yerine karakterler kullanılır. Bu yaklaşımda da ayırıcı ve kontrol karakterlerinin (STX, ETX, DLE) gönderilecek veri içerisinde bulunması olasılığı vardır. Bu tip durumlarda veri içerisindeki benzer karakterin önüne ekstra bir DLE (Data link Escape) karakteri konur. Bu işleme Karakter Doldurma (Character Stuffing)” adı verilir ve bu durum Şekil 3.6’da gösterilmiştir.



Şekil 3.6. Karakter doldurma (Character Stuffing) işlemi

Bu yöntemde, çift kontrol karakteri ard arda bulunamaz. Alıcı taraf veriyi okurken karşısına DLE karakteri çıktığında, bu DLE karakterini veriden siler ve hemen

ardından gelen STX, ETX karakterlerini bir kod olarak değil normal bir veri olarak okumaya devam eder. Eğer alıcı önünde DLE olmayan bir STX veya ETX okursa bunu bir ayırıcı olarak algılar ve ona göre davranır.

### 3.2.3. Byte-sayma yönelimli mesaj biçimlendirme

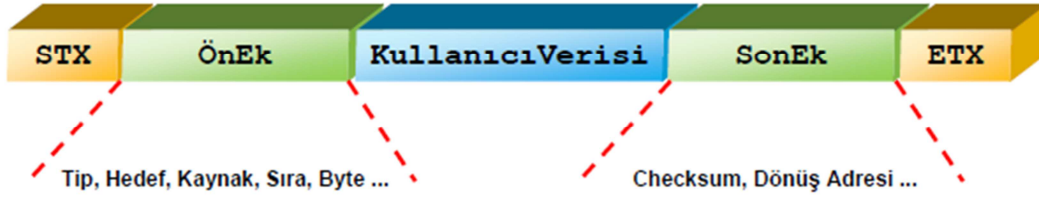
Bit Yönelimli ve Karakter Yönelimli yaklaşımlarda her zaman için gönderilecek veri modifikasyona ve ekstra eklemelere maruz kalabilir. Ancak bu yaklaşımlar veriyi bir başlangıç ve bitiş ile sınırlandırdığı için büyük miktarda ham verilerin iletilmesinde kullanışlıdır. Öte yandan Byte-Sayma yaklaşımında gönderilecek veri için bir başlangıç ayırıcı (STX) ve gönderilecek verinin miktarı karşı tarafa iletilir. Böylece alıcı taraf STX'den sonra ne kadar bir veri okuyacağını bilir. Böylece veri içerisinde kontrol karakterlerini tespit edip doldurma işlemi yapma ve veri bitişini (ETX) kullanma gibi işlemlere gerek kalmamaktadır.

Günümüzdeki pek çok protokol bu tekniği kullanılır. Örneğin DEC'in bir protokolü olan DDCMP (Digital Data Communication Message Protocol) bu tekniği kullanmaktadır.

### 3.2.4. Ön ek ve son ek bilgileri

Kaynak ve hedef arasında gönderilen bilgi paketleri sadece ham veri dizisi şeklinde olursa eksik kalmaktadır. Gönderilen verinin yolda bozulma ihtimali, akış kontrolü, kaynak-hedef ilişkisi ve benzeri bir takım denetim ve kontrol mekanizmaları için bu parametrelerin veri ile beraber gönderilme zorunluluğu ortaya çıkmaktadır. Örneğin verinin yolda bozulma ihtimaline karşı hata kontrol ve düzeltme mekanizmaları kullanılabilir. Ancak bunun anlamlı olabilmesi için veri ile beraber bir kontrol ifadesinin (Error Checksum) olması ve bunun veri ile beraber alıcıya gönderilmesi gerekmektedir. Öte yandan akış denetim mekanizmaları kullanılmak istenirse bu durumda sıra numarası ve akış kontrol gibi bilgilerinde veri ile beraber gönderilmesi gerekmektedir.

Sonuç olarak protokol tasarım esnasında gönderilmek istenen bilgiye ek olarak denetim ve kontrol mekanizmaları için bir takım ek bilgilerin de gönderilme zorunluluğu vardır. Bu bilgiler önem ve öncelik durumlarına göre veri ile beraber bir Ön Ek (Header) ve Son Ek (Trailer) şeklinde gönderilir. Bu durumda mesaj formatı Şekil 3.7’de verilen hali alır.



Şekil 3.7. Ön ek ve son ek almış mesaj formatı

Mesaj formatı olarak Ön Eklerde genellikle tip, hedef, kaynak, sıra numarası, önem derecesi, paket uzunluğu vb. gibi parametreler gönderilirken, Son Eklerde ise genellikle hata kontrol toplamı, dönüş adresi vb. gibi parametreler kullanılır. Bu parametrelerin hangilerinin kullanılacağı ve nereye yerleştirileceği protokol ihtiyaçlarına göre tasarımcı tarafından belirlenmelidir.

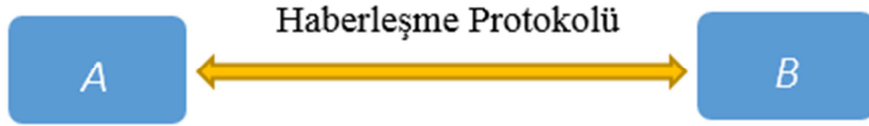
### 3.3. İşlem Kuralları

Protokol tasarımı yapılırken öncelikle amacın belirlenmiş olması gerekmektedir. Daha sonra, bu amaç doğrultusunda yapılacaklar, adım adım ortaya konulmakta ve bu adımlar arası etkileşim ve işlem kuralları belirlenmektedir. İşlem kuralları, protokol tasarımının en önemli unsurlarından biridir ve protokolün davranış biçimini oluşturmaktadır. Veri aktarımının nasıl gerçekleşeceği ve olaylar karşısında nasıl tepki verilmesi gerektiği bu kurallar tarafından ortaya konulmaktadır.

#### 3.3.1. Protokol tasarımı nasıl yapılır?

Bir protokol tasarlanırken temel olarak istenilen amaca uygunluğu göz önüne alınmalıdır. Dolayısıyla öncelikli olarak ortada bir gereksinim olması gerekmektedir. Bu gereksinim öncelikli olarak iyi tanımlanmış olmalı ve ihtiyacı net olarak ortaya koymalıdır. Elektronik haberleşmenin özündeki çözülmesi gereken sorun kaynak ve

hedef arasındaki bilgi alış-verişinin nasıl olacağıdır. Haberleşme trafiğinin her iki uç tarafından kabul edilmiş belli kurallar ve denetimler çerçevesinde, akış ve hata denetimi gibi mekanizmalar için çift yönlü olması gerekmektedir. Şekil 3.8’de A ve B arasındaki iletişim ilişkisi gösterilmiştir.



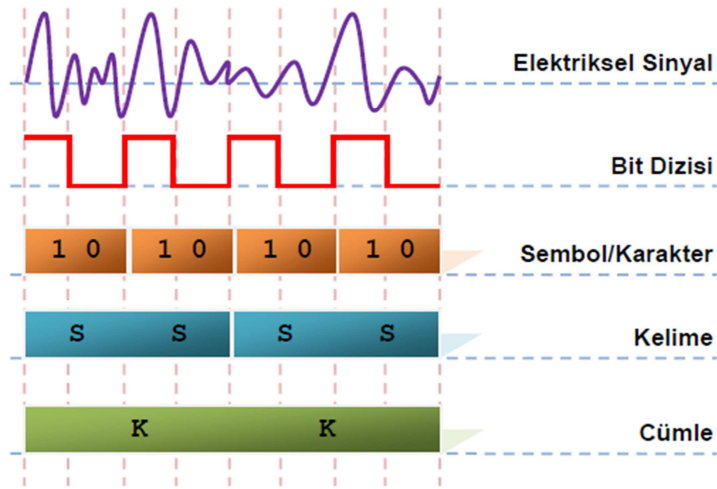
Şekil 3.8. Protokol içerisinde Kaynak - Hedef ilişkisi

Şekil 3.8’de de görüleceği üzere A ve B noktaları arasındaki iletişim, belirli bir iletişim protokolü çerçevesinde gerçekleşmektedir. Bir iletişim protokolü gerçekleştirilirken göz önünde bulundurulması gereken işlemler şunlardır;

- Bilgi alış-veriş işleminin başlatılması ve sonlandırılması (Initiation - Termination)
- Gönderici ve Alıcının aynı hızlarda buluşması (Synchronization)
- İletim hatalarının tespiti ve giderilmesi (Error Detection and Correction)
- Verinin kodlanması ve biçimlendirilmesi (Formatting)

Bu işlemlerin tümünün tek bir basamakta tanımlanıp çözülmesi, çözümü karmaşık ve hataya açık bir hale getirmektedir. Oysaki bir protokolün mümkün olduğu kadar basit ve hatalardan uzak olması amaçlanmaktadır. Bu nedenle yapılması gereken; haberleşme için gerekli adımların kendi içinde tanımlanıp çözülmesi ve daha sonra bu çözümlerin bir araya getirilmesi ile sonuca ulaşmak olmalıdır. Burada genel çözümün, katmanlardan oluşmuş bir yapı olarak düşünülmesi gerektiği açıktır.

Şekil 3.9’da protokol tasarımı için örnek bir katmanlı çözüm gösterilmiştir.



Şekil 3.9. Protokol tasarımı için örnek bir katmansal çözümlenme

Katmanlı yapıların her biri kendi içinde bağımsız bütünler şeklinde ele alınabileceği gibi bazen birleştirilmiş olarak da düşünülebilir. Tasarım esnasında 5 farklı tanımlama gereksinimi vardır [34]. Her bir katman tanımlanırken;

- Sunulan servisler ve görev tanımları,
- Varsayımlar,
- Mesajları oluşturan değişkenler,
- Kodlama (Format),
- İşlem Kuralları göz önünde bulundurulmalıdır.

Tasarım içerisindeki bu ifadelerin her biri hiyerarşik bir yapıda tanımlanabilir [34]. Hiyerarşik yaklaşım, uygulama ve protokol tasarımları için en uygun yaklaşımdır. Tasarım ve karşılaşılan problemler kendi içinde basamaklara bölünür ve her basamak kendi disiplini içerisinde çözümlenir. Hiyerarşideki her bir katman kendi içerisinde bağımsız olmalıdır. Böylece elde edilecek çözüm açık bir mimariye sahip olacaktır. Teknolojik gelişmelere bağlı olarak sistemde yenilik veya değişiklik yapılması gerektiğinde tüm tasarım yerine sadece ilgili basamak değiştirilir. Bu şekilde daha verimli ve etkili model tasarımların elde edilmesi mümkündür.



### 3.4. Yapısal Protokol Tasarımı

Protokol tasarımı, günümüzde iyi bilinen tekniklerin uygulanması ile gösterilebilir bir mühendislik problemidir [34]. Örneğin OSI Referans Modeli'nin fiziksel katmanında farklı tipteki bilgi taşıyıcılarının davranış karakteristiklerinin ne olduğunu, bu taşıyıcılar üzerinden verinin nasıl hızlı bir şekilde iletilebileceğini ve sonucunda oluşabilecek ortalama hata oranlarının iyi bilinmesi gerekmektedir. Bu alanda pek çok kodlama ve senkronizasyon tekniği mevcuttur [34].

#### 3.4.1. Basitlik ve modülerlik

Buraya kadar bahsedilen tasarım konuları ve ilkeleri göz önünde bulundurulursa iki temel husus ortaya çıkmaktadır. Bunlar;

- Basitlik
- Modülerlik

Bir protokol, mümkün oldukça anlaşılır olmalıdır. Ayrıca tüm protokol süreçleri doğrulanabilir ve sürdürülebilir olmalıdır. Sağlam ve iyi yapı bir protokol, kolay anlaşılır ve iyi tasarlanmış, mümkün olan minimum sayıda parçanın bir araya getirilmesi ile meydana gelmektedir. Her parça kendi içinde sadece bir işlevi barındırmalı ve gerçekleştirmelidir. Protokolün nasıl çalıştığını anlamak demek aslında bu protokol içerisindeki parçaların yapısını ve birbirileri ile nasıl etkileşimde olduklarını anlamak demektir.

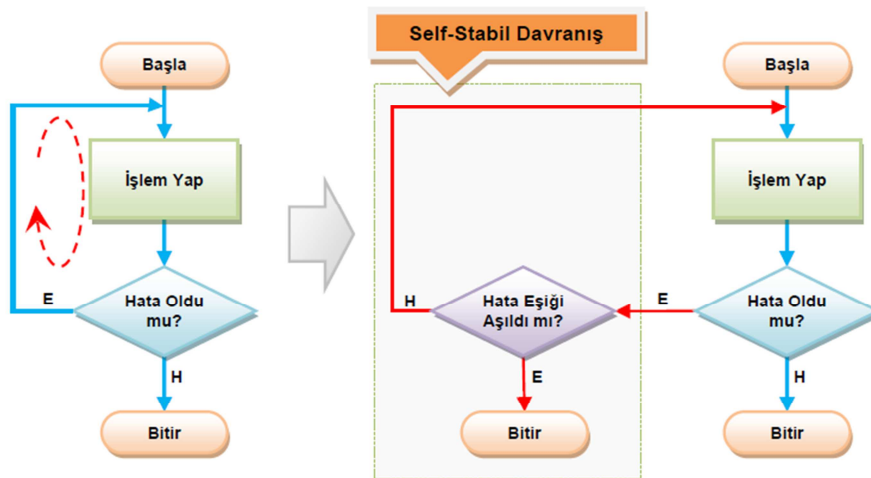
Protokol bünyesindeki her işlev parçası kendi içerisinde geliştirilir, test edilir, uygulanır ve sürdürülür. Ortogonal fonksiyonlar birbirinden bağımsız bileşenlere ayrılabilir ve her bileşenin işleyişi bir diğerine bağımlı değildir. Örneğin protokol içerisindeki hata düzeltme modülü sadece bir hata olması durumunda devreye girmelidir ve bunun dışında hat hızı, şifreleme, zaman senkronizasyonu, akış kontrolü vb. gibi unsurlarla da ilgilenmemelidir. Çünkü bu konuların her biri ile kendi içinde özelleşmiş başka modüller ilgilenmeli ve her biri ayrı bir modül tarafından işlenmelidir.

Tasarım içerisindeki bir modülün işleyişi bir başka modüle bağımlı olmamalıdır. Başka bir deyişle protokol tasarımında “ortogonallik” aranmalıdır. Bu sayede modüller bir çalışma yapısı ortaya çıkacak olup tasarımın her bir modülü kendi sorumlu olduğu problemi çözecek ve tüm modüller birleşince de tasarım çözümü ortaya konulmuş olacaktır.

### 3.4.2. İyi tasarım

İyi tasarlanmış bir protokol ne çok özelleştirilmiş ne de yetersiz tanımlanmış olmalıdır. Erişilemeyen veya yürütülemeyen bir kod içermemelidir. Bunun yanında olası tüm ihtimalleri değerlendirebilmeli veya kontrollü bir tepki verebilmelidir. Örneğin yetersiz tanımlanmış bir protokol, öngörülme bir bilgi veya paket aldığı anda, bu durum karşısında nasıl tepki verileceğini bilemez ve göndericiye her hangi bir cevap gönderemez.

İyi tasarlanmış bir protokol self-stabil olmalıdır. İstenmeyen durum tekrarlarından ve sonsuz çıkmazlardan kendini koruyabilmelidir [34]. Bunun için en çok kullanılan yaklaşım bir durum sayacı ve eşik değeri tutulmasıdır. Sayaç eşik değere ulaştığında protokol denemekte olduğu işlemin o an için mümkün olmadığına karar verir. Bu aşamadan sonra işlemde tamamen vazgeçilir veya kullanıcıya bilgi verilerek daha sonra denemek üzere döngüye neden olan sebeplerin ortadan kalkması beklenir. Self-Stabil Davranış yaklaşımı Şekil 3.10’da gösterilmiştir.



Şekil 3.10. Hatalara karşı self-stabil davranış

Örneğin CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access With Collision Detection), tekniğini kullanan protokollerde, veri gönderildikten sonra herhangi bir çakışma durumu için hat kontrol edilir. Eğer bir çakışma durumu söz konusu olur ise bir geri dönüş algoritması kullanılarak en başa, veri gönderme işlemine yeniden dönülür ve veri tekrar gönderilmeye çalışılır. Bu işlem çakışmasız gönderim gerçekleşene kadar tekrar eder. Ancak bu haliyle sürekli çakışmalı bir ortamda göndericinin kendi içinde döngüye girmesi kaçınılmazdır. CSMA/CD tekniğinde bunun önüne geçmek için bir çakışma algılama eşiği bulunmaktadır. Gönderici verisini gönderdikten sonra çakışma olup olmadığını kontrol eder ve çakışma var ise elindeki sayacı bir artırarak yeniden gönderme işlemini gerçekleştirir. Eğer sayaç eşik değerine ulaşır ise bu durumda, gönderici veri gönderme işleminden vazgeçer ve kullanıcıyı bilgilendirerek işlemi sonlandırır.

Ayrıca, iyi tasarlanmış bir protokol kendiliğinden değişen durumlara uyum sağlayabilmelidir. Veri gönderimi sırasında gönderici ve karşı taraftaki alıcının iletim hızını algılayabilmesi ve gerektiğinde bu hızda meydana gelecek artış veya azalışları yakalayıp uyabilmesi gerekmektedir. Örneğin TCP/IP protokol kümesindeki TCP protokolünün kullandığı veri akış denetim mekanizması olan “sliding window” tekniği buna örnek olarak verilebilir. Bu teknikte gönderici, ilk önce veriyi belirli bir hızda gönderir. Alıcı taraf bu hızı karşılayamadığı zaman “window size” değerini küçülterek karşı tarafa bildirir. Bu bildirim alan gönderici daha az sayıda paket göndermeye başlar. Ters durumda alıcı göndericinin hızlanmasını isterse window size değerini büyütür. Böylece gönderici birim zamanda daha fazla bilgi göndererek aktarım hızını arttırmış olur. Bu işlem iletim hattının durumu, gönderici ve alıcının yoğunluğu, iletim hattının anlık kapasitesi ve sistemin trafik yüküne bağlı olarak, dinamik bir şekilde sürekli olarak güncellenir.

### 3.4.3. Sağlamlık

Sadece normal çalışma koşullarını değerlendirebilen ve bu koşullar altında çalışan protokol tasarlamak kapsamlı bir protokol tasarımına göre daha kolaydır [34]. Ancak bu şekilde tasarlanmış her protokolün sağlam olduğunu söylemek doğru değildir. Önemli olan, bir protokolün beklenmedik her durum karşısında uygun ve doğru

davranışı sergileyebilmesidir. Sağlamlığın temel kriteri ise bir protokolün mümkün olduğu kadar bağımlılıklarının en aza indirilmesi ile gerçekleşir. Bir protokol, ortam ve teknolojik değişimlere ne kadar az bağımlı ise o derece sağlamlığı artacaktır. Bunun içinde olabilecek en az seviyede varsayımlarda bulunulmalı ve bu varsayımların, teknoloji ve çevresel parametrelere bağımlılığı minimumda tutulmalıdır. Örneğin 1970'lerde pek çok bağlantı seviyeli protokol geliştirilmiştir [34]. O zamanlar günümüzdeki gibi gigabit hızlar söz konusu değildi. İlk tasarlandıklarında gayet iyi çalışan bu protokoller zamanla iletim hızlarının artmasına uyum sağlayamamış ve tam anlamıyla yüksek hızları destekleyememişlerdir.

Sağlam bir protokol tasarımı teknolojiye yeni gelişmelere karşı otomatik olarak kendini bu değişimlere adapte edebilmelidir. Sağlamlık için en iyi yaklaşım, her çıkan yenilikte tasarıma ek yapmak değildir. Çünkü yapılan her ekleme yeni birtakım varsayımlar getirecek ve bu da zamanla oluşacak değişikliklere adaptasyonu gittikçe güçleştirecek ve tasarımı karmaşıklaştıracaktır. Oysaki sağlamlık ve iyi bir tasarım için basitlik en temel ilkedir. Zaruri olmayan tüm varsayımlar atılarak protokol mümkün olduğu kadar minimalist bir yaklaşımla tasarlanmalıdır [35].

#### **3.4.4. Tutarlılık**

İyi tasarlanmış bir protokol tutarlı olmalıdır. Tutarlı bir protokol, benzer her türlü girişim ve olaylara karşı hep aynı ve istenilen tepkiyi verir. Tutarlılık sadece doğru çalışma durumları için değil aynı zamanda hata ve hatadan kaçış durumları içinde geçerlidir.

Bir protokolün tutarlılığını yok eden ve hataya düşmesine neden olan bazı hata durumları vardır. Bunlardan en önemli üçü aşağıda listelenmiştir:

- Kilitlenme (Deadlocks): Bir protokol çalışma esnasında şayet kendi içinde belirtilen hiç bir çıkış yolunun olmadığı bir noktaya gelirse bu noktada kilitlenir. Protokol bu aşamada çalışmasını durdurur ve hiç bir zaman var olmayan bir koşul beklemeye başlar. Kilitlenme durumu daha çok protokolün tasarım yetersizliğinden kaynaklanır.

- Döngü (Livelocks): Protokol çalışması esnasında, bazı rutinlerin kendi kendini sürekli tekrarlaması sonucu bu durum ortaya çıkar. Böyle bir durumda kilitlenmeden farklı olarak protokolün duruma karşı bir tepkisi vardır fakat verilen tepki protokolü tekrar aynı tepkiyi vermesine neden olacak etkiyi doğurur. Kısaca protokol kendi içinde sonsuz döngüye girer. Bu durum yeterince self-stabil olmayan protokollerde karşılaşılan bir durumdur.
- Yanlış Sonlandırma (Improper Terminations): Protokolün çalışmasının beklenmeyen şekilde sonlanması durumudur. Protokol beklenen veya tasarlanan akışının dışında farklı bir şekilde sonlanır. Bu durum önemli güvenlik açıklarına neden olabilir.

Çoğu durumda bu hatalı durumları, manuel olarak veya tasarım esnasında fark etmek mümkün olmamaktadır. Geliştirilen uygun araç ve donanımlarla tasarlanan protokolün hata ve yanlış davranışlarından arındırılması gerekir.

### 3.4.5. Tasarım için kurallar

Her protokol belli bir amaca hizmet ettiği için amacın gerektirdiği özel durumlar söz konusu olabilmektedir. Ancak bir protokol tasarımı için dikkat edilmesi gereken noktalar belli başlıklar altında toplanabilir. Bu kurallar, tasarımın nasıl olması gerektiği ve nelere dikkat edilmesi gerektiğini genel anlamda ortaya koymaktadır. Bu kurallar aşağıdaki gibi sıralanabilir [35];

- Problemin iyi tanımlanmış ve net olduğundan emin olunmalıdır. Böylece tasarımın amacı net olarak ortaya çıkmış ve tüm tasarım kriterleri, ihtiyaçlar ve kısıtlamalar tasarıma başlanmadan önce belirlenmiş olacaktır.
- Servislerin ve işlevlerinin tanımlanması, hangi işlem neyi tanımlar, nasıl yapar ve kimden önce gelir sorularını yanıtlanması gerekir.
- Tasarımın mümkün olduğunca basit olmasına özen gösterilmelidir. Gereksiz özelliklerle şişirilmiş tasarımlar basit tasarımlara göre daha fazla hataya neden olmaktadır. Karmaşıklık arttıkça tasarımların entegrasyonu, kontrolü ve sürdürülebilirliği zorlaşır, etkinliği azalır.

- İşlevlerin kendi aralarında ve çevre ünitelerle etkileşimlerinin nasıl olacağı tasarlamalıdır.
- İşlevlerin birbirilerine bağımlılıklarından kaçınılmalıdır. İşlevler ortogonal olmalı ve dolayısı ile modülerlik sağlanmalıdır.
- Gereksiz sınırlandırmalar ve tanımlamalar yapılmamalıdır. İyi bir tasarım geliştirilebilir olmalıdır.
- Geliştirilen tasarım sadece bir problem değil, bir problem sınıfını çözümlenmelidir.
- Tasarım tamamlamadan önce üst seviye bir prototipi gerçekleştirilmeli ve başlangıçta belirlenen kriterleri karşılayıp karşılamadığı doğrulanmalıdır.
- Tasarımın tamamlanmasından sonra performans ölçümleri yapılmalı ve sonuçlar istenen seviyede değilse tasarım optimize edilmelidir.
- Tasarımın optimize edilmiş son hali kontrol edilmelidir. Böylece üst seviye eşdeğer prototip tasarımı doğrulanmış olacaktır.

## **BÖLÜM 4. HABERLEŞME PROTOKOLÜ GERÇEKLENMESİ**

### **4.1. Protokolün Ortaya Konuluş Nedeni ve Amaçları**

Hangi protokol olursa olsun geliştirilecek olan protokolün gerçekleştirilmesi bir amaca hizmet etmelidir. Eğer ortamda giderilmesi gereken bir sorun varsa bu çözüm aşamalarına gerek duyuluyor demektir. Tasarlanan bu protokol ile özünde iletişim olan, kablo karmaşıklığından arındırılmış, optimal hızda çalışan güvenilir bir çözüm ortaya konulmaktadır. Esasen en kısa haliyle amaç; bilginin doğru ve güvenilir bir şekilde tek hat üzerinden iletilmesidir.

Tez konusu; araç ön kaput menteşelerinin montajı ve kalite kontrolü için yeni teknolojileri kullanan universal bir mekatronik sistemin tasarlanması ve prototip imalatının gerçekleştirilmesini kapsayan SANTEZ projesi içerisinde bir kısım olarak yer almaktadır. Söz konusu ön kaput menteşe iki ana parça, bir burç ve bir pim (perçin)'den oluşan hareketli bir mekanizmadır. Bu mekanizmanın şekil ve konum toleransları oldukça önemlidir. Ayrıca yeni montaj standartları menteşe mekanizmasının açılıp kapanmasında uygulanan tork değeri için de alt ve üst sınırları olan belli bir aralığı şart koşmaktadır. Proje çıktısı sistem montaj, ölçme ve kontrol işlemlerini bir biri ardınca otomatik olarak gerçekleştirebilecektir. Esasen söz konusu montaj ve kalite kontrol işlemleri proje ortaklarından olan Toksan firmasında konvansiyonel yöntemler kullanılarak ayrışık prosesler halinde yapılmaktadır. Ancak mevcut üretimde, iş istasyonları arasında ara stoklar oluşmakta ve dolayısıyla proseslerdeki ergonomik çalışma şartları kısıtlanmaktadır. Diğer taraftan mevcut üretimde operasyonlar arası kesintinin söz konusu olması ürün kalitesini olumsuz etkilemektedir. Ayrıca mevcut durumda, üretim ve kontrol süresinin uzun olması ile fazla operatör gereksinimi verimliliği de düşürmektedir. Geliştirilen döner tablalı yeni sistem, menteşelerin otomatik olarak montajı, açılıp-kapanma tork ölçümü, montajın kalite kontrolü ile elde edilen verilerin transferi ve değerlendirilmesi

işlevlerini yerine getirecektir. Bu nedenle uygun özellikte sensör ve elektronik donanımların temini ve konfigürasyonunu önem arz etmektedir.

Tez konusunun da içinde yer aldığı projenin konusu, değişik montaj kademeleri, muayene, ölçüm ve kontrol gibi birçok farklı prosesin bir birine bağlı olarak ardışık bir şekilde gerçekleştirilmesini sağlayan bir sistemin geliştirilmesidir. Bu nedenle sistem birçok montaj ve test istasyonlarına sahiptir. Bu istasyonların birbiriyle bütünleşik olarak hassas ve senkronize çalışması gerekmektedir. Bu da temel olarak özgün bir sistem mimarisi ile uygun bir algoritmanın hazırlanması, programın yazılması, haberleşme protokolünün oluşturulması ile gerekli donanımların belirlenerek ana sisteme entegrasyonunun gerçekleştirilmesine bağlıdır.

Dolayısıyla proje sonucu ortaya çıkacak olan Menteşe Montaj Bankosu Mekatronik Sistem Tasarımı adlı projede ara stokların ortadan kaldırılması, iş istasyonlarının tek hücreye dönüştürülmesi, hatasız üretim yapılması mümkün olabilecek ve verimlilik artışı sağlanabilecektir. Ayrıca, iş güvenliği koşullarında da iyileşme olacaktır.

#### **4.2. Endüstriyel Alanlar için Yeni Bir Haberleşme Protokolü**

Endüstriyel alanlarda değişik montaj kademeleri, muayene, ölçüm ve kontrol gibi birçok farklı prosesin bir arada bulunduğu sistemler mevcuttur. Dolayısıyla bu sistemler birçok montaj ve test istasyonlarına sahiptir. Bu istasyonların birbiriyle bütünleşik olarak hassas ve senkronize çalışması gerekmektedir. Tez konusu olan ve geliştirilen haberleşme protokolünün kontrol algoritması, ana tablanın master ve her bir istasyonun ise slave olarak kabul edildiği master-slave (efendi-köle) ilişkisine dayanmaktadır. Master yerine geçen ana denetleyici her bir istasyonla iletişim halindedir ve herhangi bir istasyonda gecikme, hata gibi her hangi bir engel fark ettiğinde tüm sistemi durdurur ve hatayı rapor eder. Bu durum yeni yöntemlerin ve teknolojilerin kullanıldığı bir kontrol ve haberleşme sistemini zorunlu kılar. Bu da temel olarak özgün bir sistem mimarisi ile uygun bir algoritmanın hazırlanması, programın yazılması, haberleşme protokolünün oluşturulması ve gerekli donanımların belirlenerek ana sisteme entegrasyonunun gerçekleştirilmesi görevlerini kapsamaktadır.

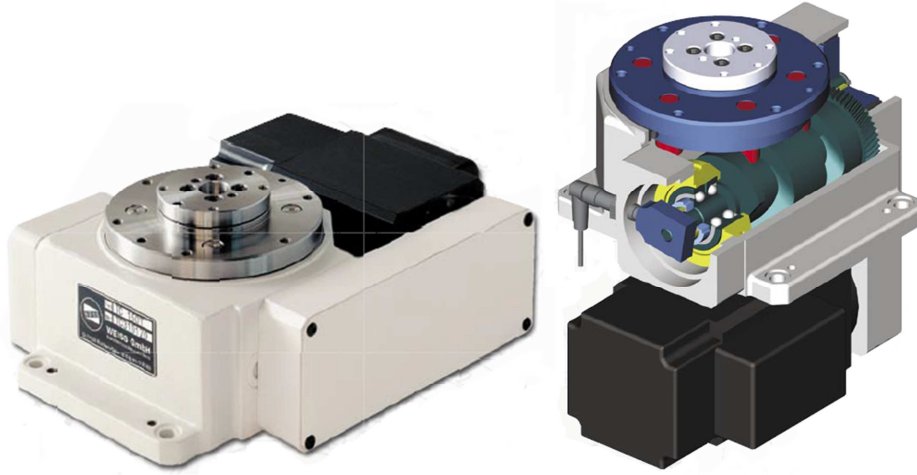


Döner tablalı sistemlerin endüstride kullanılmasının yaygınlaşması ile birlikte ortaya çıkan sorunlardan bir tanesi kablo karmaşıklığıdır. Haberleşme esnasında ana tablada bulunan kontrol organlarının döner tablada bulunan sensör ve benzeri diğer elmanlar ile bağlantısı esnasında birçok kablo gereksinimi meydana gelmektedir. Haberleşme hızını ve kodlama yapısını karmaşıklığa sürükleyen bu kablo fazlalığı veri transferinin gerçekleştirildiği hat için önem arz etmektedir. Veri hattı üzerinden gönderilecek veri paketleri piyasada bulunan haberleşme protokollerinin bir çoğunda saat sinyali (clock pulse) vasıtasıyla senkronize edilmekte ve veriyi oluşturan her bir bitin gönderilmesi bu sinyal aracılığıyla sağlanmaktadır. Ancak saat sinyali, toprak hattı ve birden fazla veri hattının bir araya gelmesi ile ortaya çıkan kablo fazlalığı döner tablalı sistemlerde haberleşmeyi sekteye uğratabilmektedir. İşte bu sebeple endüstriyel uygulamalarda kullanılmak üzere geliştirilen ve tez konusu olan haberleşme protokolü half duplex çalışmayı referans alarak veri gönderimini tek hat ile sağlamaktadır.

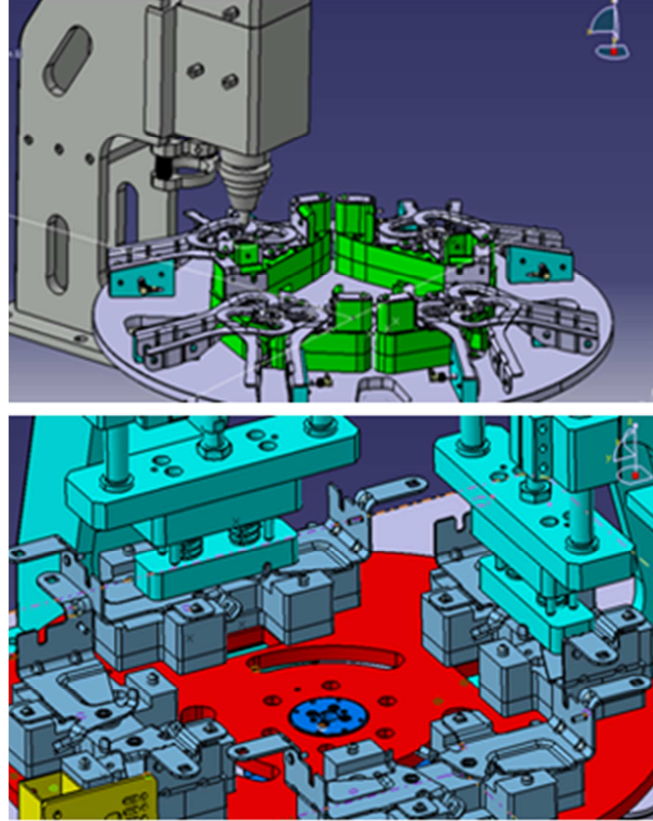
### **4.3. Protokol İçin Temel Kavramlar**

#### **4.3.1. Döner tabla**

Üzerine bağlanan işe uygun fikstürlerde her adımda farklı işlemlerin yapılmasını sağlayan hassas bir transfer elemanlardır. Konveyör bant sistemlerine alternatif olarak kullanılan döner tabalar, üzerlerinde bulunan fikstürleri farklı iş istasyonlarında işlenmek üzere taşımaya sağlarlar. Döner tabla sistemleri motor, disk ve fikstür olmak üzere genel olarak 3 kısımdan oluşmaktadır. Şekil 4.1’de gösterilen döner tabla motoru, Şekil 4.2’de gösterilen çeşitli ebat ve kalıplardaki fikstürleri disk üzerinde çeşitli amaçlara yönelik (montaj, ovalama, burç çakma, markalama, kontrol v.b) iş istasyonlarında işlenmek üzere döndürür. Bu sayede fikstürler üzerinde bulunan malzemenin işlenmesi sağlanmış olur.



Şekil 4.1. Döner Tabla Motoru

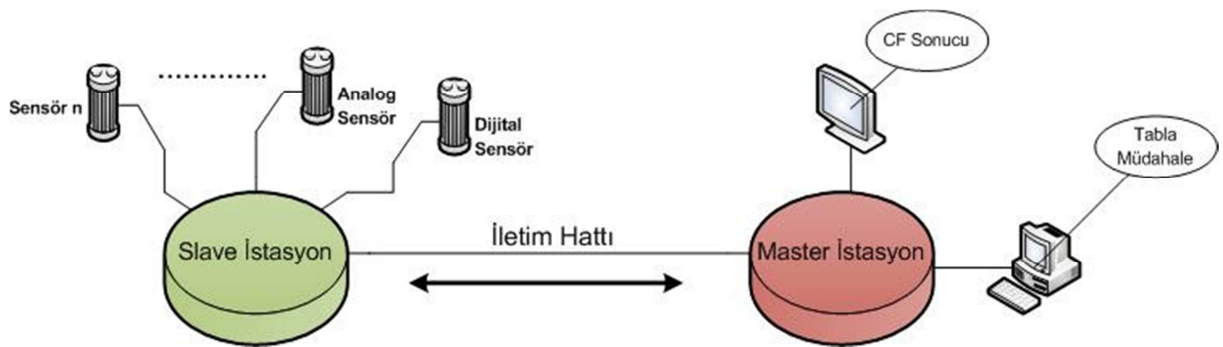


Şekil 4.2. Fikstür ve Disk

### 4.3.2. Master istasyon

Geliştirilen protokol master - slave ilişkisine dayalı endüstriyel bir haberleşme protokolüdür. Döner tabladan bağımsız olarak ana gövdede bulunan master istasyonun görevi, slave istasyondan gelecek olan bilgileri referans değerler ile kontrol etmek ve kontrol sonucunu döner tablada bulunan slave istasyona iletmektir. Şekil 4.2’de gösterilen fikstürlerde bulunan menteşelerin kabul ret onayları için fikstürler üzerinde bulunan sensörlerden çeşitli ölçümler alınmaktadır. Alınan bu ölçümler master istasyonda referans değerler ile karşılaştırılmakta ve üretim devamlılığı bu kontrol sonuçlarına göre devam ettirilmektedir. Eğer kontrol sonucu referans değerler aralığında olmayan bir menteşe üretimi gerçekleşmiş ise döner tablanın durdurulması sağlanmakta ve ilgili fikstürün numarası master istasyonda görüntülenmektedir. Kontrol fikstür (CF) olarak adlandırılan bu kontrol işlemi tek hat üzerinden half duplex bir iletişim ile sağlanmaktadır. Şekil 4.3’te bu ilişki şematik olarak gösterilmiştir.

Master ve slave çalışma istasyonlarının sürekli haberleşme halinde olmaları üretimi aksatacak herhangi bir olumsuz durumun tespiti için oldukça önemlidir. Master istasyon sürekli slave istasyondan bilgi almaktadır. Master istasyon döner tabla başında bulunan operatörden veya herhangi bir olumsuz durumdan kaynaklı bilgi eksikliği için bu denetimi sürekli yapmaktadır.



Şekil 4.3. Master - Slave İlişkisi

### 4.3.3. Slave istasyon

CF kontrolleri için kullanılan çeşitli analog ve dijital sensörlerin bağlı olduğu istasyon slave istasyon olarak adlandırılmaktadır. Şekil 4.3'te gösterilen slave istasyon fikstürler üzerinde bulunan tüm sensörlerden aldığı bilgileri anlık olarak master istasyona iletmektedir. Bu iletim için yine master istasyonun kullandığı veri hattı kullanılmaktadır. Dolayısıyla bilgi akışı esnasında kısmi olarak master ve slave yer değiştirmekte, master ve slave istasyon karşılıklı olarak gönderen ve alıcı olarak görev değişikliğine gitmektedir. Half duplex haberleşme yönüne giren bu haberleşme şekli geliştirilen protokolün haberleşme yöntemini oluşturmaktadır.

## 4.4. Donanımsal Birimler

### 4.4.1. Elektronik kartların tasarımı

Mevcut haberleşme master - slave ilişkisine dayalı bir haberleşmeyi içermektedir. Her iki istasyonunda bire bir benzer yapıda olan elektronik kart ile donanımsal gerçekleştirilmesi sürdürülebilirlik açısından önem arz etmektedir. Ayrıca her iki istasyonunda aynı yapıda olmasının bir diğer nedeni master ve slave istasyonların veri gönderip alma sırasında görev değişikliğine gitmeleridir. Bu nedenle bire bir benzer üretimi gerçekleştirilen bu donanımlar, haberleşme sırasında yazılımsal olarak sürekli yer değiştirmekte belirli aralıklarda gönderici (TX) belirli aralıklarda ise alıcı (RX) olarak görev almaktadırlar.

İmal edilen elektronik kart öncelikle Proteus Elektronik Simülasyon Platformunda test ve analiz edilmiştir. Şekil 4.4'te gösterilen devrenin analiz ve test işlemlerinin tamamlanmasının ardından devre Ares Elektronik Kart Baskı Devre Platformunda (Şekil 4.5) baskı devre formuna taşınmıştır. Devre elemanlarının bir birine etkisi ve yerleşim düzeni açısından optimal yerleşme düzeninde tasarımı tamamlanan baskı devre şemasının gerçekleştirilmesi Şekil 4.6'te gösterilmiştir.



Her iki (master istasyon ve slave istasyon) devre kartı üzerinde bulunan elemanların listesi Tablo 4.1’de verilmiştir.

Tablo 4.1. Master ve Slave istasyonlar için malzeme listesi

Malzemenin Adı	Birim	Miktar
PIC18F4520	Adet	2
LCD Panel 2x16	Adet	2
7805 regülatör	Adet	2
10k potansiyometre	Adet	2
1k direnç	Adet	14
100ohm direnç	Adet	6
470ohm direnç	Adet	6
18pF kondansatör	Adet	4
100uF	Adet	2
100nF	Adet	2
PC817 optokuplör	Adet	4
On-Off buton	Adet	2
Push buton	Adet	10
Led	Adet	6

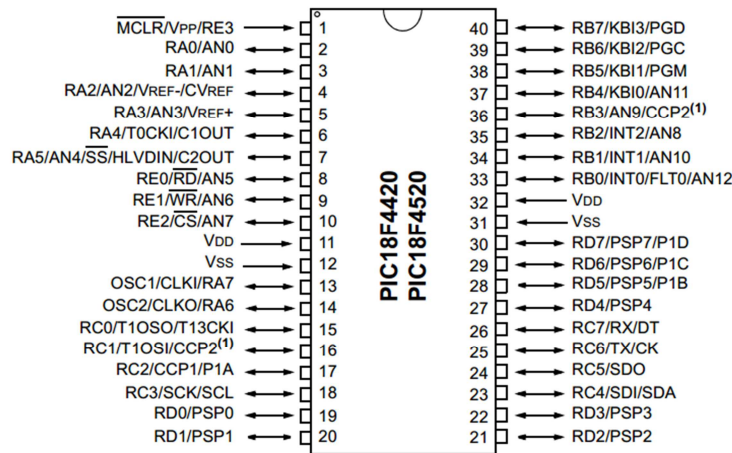
#### 4.4.2. Mikrodenetleyici

Tasarlanan protokolün endüstriyel ortamda çalışması amaçlandığı için mikrodenetleyici seçimi büyük önem arz etmektedir. Ortam sıcaklığı, parazitler, ortamda bulunan diğer donanım ve teçhizatlar haberleşmeyi aksatabilen unsurlardır. Bu sebeple donanımsal ve yazılımsal bir takım çözümlerin getirilmesi bölüm 3’te de değinildiği üzere protokol tasarımında önem arz etmektedir.

Master ve Slave istasyonlarda kullanılmak üzere Microchip firmasına ait PIC18 serisinde bulunan PIC18F4520 mikrodenetleyicisi tercih edilmiştir. Şekil 4.7’de kullanılan mikrodenetleyiciye ait PDIP formu verilmiştir. Ayrıca Tablo 4.2’de ise çalışma istasyonlarında kullanılan mikrodenetleyiciye ait özellikler sunulmuştur. Bu mikrodenetleyicinin tercih edilmesindeki etkenler;

- Endüstriyel sahalara uygunluk,
- Çalışma sıcaklığı aralığı,
- Çalışma frekansı,
- Bellek kapasitesi,
- Giriş-çıkış sayısı,
- Seri haberleşmeye imkanı

olarak sıralanabilir.



Şekil 4.7. Mikrodenetleyici 40-pin PDIP PIC18F4520

Tablo 4.2. PIC18F4520 Özellikleri

Özellik	PIC18F4520
Çalışma frekansı	DC – 40 MHz
Program hafızası (Byte)	32768
Veri hafızası (Byte)	1536
EEPROM hafızası (Byte)	256
Kesme kaynakları	20
I/O portları	A,B,C,D,E
Zamanlayıcılar	4
PWM modülü	2
Seri iletişimler	MSSP, Enhanced USART
Paralel haberleşmeler (PSP)	Var
10 bit ADC modül	13 giriş kanalı

Tablo 4.2. PIC18F4520 Özellikleri (devamı)

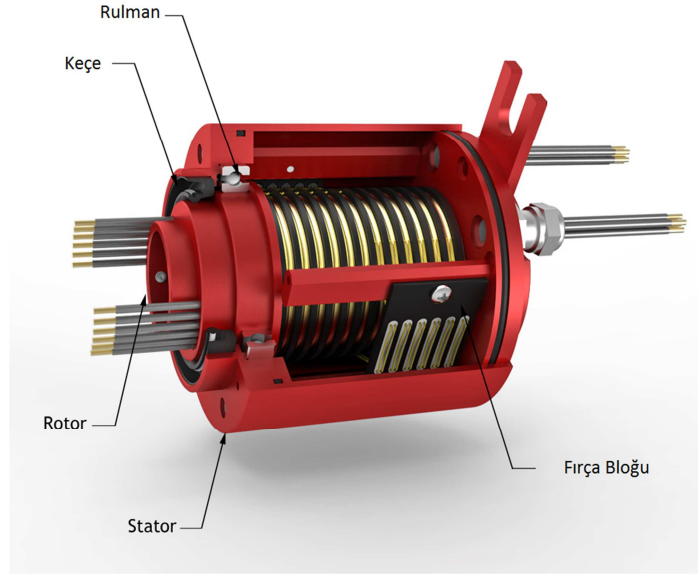
Reset ve Beklemeler	POR, BOR, RESET Instruction, Stack Full, Stack Underflow (PWRT, OST), MCLR (optional), WDT
Programlanabilir High/Low tespiti	Var
Paket tipleri	40-Pin PDIP 44-Pin QFN 44-Pin TQFP

#### 4.4.3. Slipring (Kolektör Halkası)

Elektromekanik bir ürün olan slipring elektriksel gücü ve elektrik sinyallerini sabit bir yapıdan dönen bir yapıya iletimini sağlamak için kullanılan bir üründür. Slipringler aralıklı, kesintili veya sürekli dönmesi istenen her elektromekanik sistemde güç ve/veya veri iletimi için kullanılabilir. Bu ürünlerle mekanik performans artırılarak, çalışma esnasında dönen kısım ile sabit kısım arasında kablo bağlantılarının zarar görmesi engellenir ve hareketli sisteme veri akışı sağlanır. Kollektör halkası, döner elektrik arayüzleri, akım toplayıcı iletişim bileziği, fırça tutuculu bilezik sistemi, döner elektrik konnektörleri, kollektör, fırdöndü, döner mafsallı veya döner elektrik eklemleri olarak adlandırılır. En yaygın kullanımı slipring motorlar, elektrik jeneratörleri, paketleme makineleri, kablo tamburları, döner kameralar, rüzgar türbinleri gibi yerlerdir [36].

Döner tablalı sistemlerde temel olarak motor yardımıyla dairesel hareket gerçekleştiren bir disk yer almaktadır. Bu disk üzerine yerleştirilen fikstürler çeşitli işlevleri yerine getiren çalışma istasyonlarını dolaşır ve bu sayede bir tam turda fikstür üzerinde bulunan malzeme birçok aşamadan geçmiş olur. Bu aşamalar; burç çıkarma, ovalama, tork ölçümü, geçer geçmez kontrolü, markalama aşamalarıdır. Şekil 4.8’de örnek slipring yapısı gösterilmiştir.





Şekil 4.8. Slipring (kollektör halkası)

#### 4.5. Haberleşme ve Bileşenleri

Gömülü sistemler; otomotiv, telekomünikasyon veya üretim gibi alanlarda kullanılan ürünlere gömülü bilgi işleme olarak tanımlanabilir. Bu tür sistemlerin güvenilirlik, gerçek zamanlı çalışma, verimlilik gibi büyük ölçekli gereksinimleri bulunmaktadır. Gömülü sistem teknolojileri her alanda gelişen teknoloji için anahtar kelime oluşturmaktadır [37].

Geliştirilen haberleşme protokolü özel olarak tasarlanan elektronik devre kartına ve yazılıma sahiptir. Yazılımsal ve donanımsal olarak özgün bir tasarıma sahip olan bu haberleşme protokolünün yazılımsal olarak düzenlenmesinde PIC yazılım platformlarından Pic Basic Pro tercih edilmiştir.

Pic Basic Pro yazılım platformu esnek PIC programlama yapısına sahip bir platformdur. MicroCode Studio altında çalışan bu gömülü sistem yazılım platformu, derleyici özelliği sayesinde de ayrıca bir derleme programından bağımsız yazılan program kodlarına ait HEX kodlarını oluşturmaya imkan sunmaktadır. MicroCode Studio, yapılacak basic yazılımının yazıldığı ve görsel olarak hataları ve

fonksiyonları görebileceğimiz bir arayüz programı olarak düşünebiliriz. MicroCode Studio'nun desteklediği PIC serileri şunlardır;

- PICmicro 10 -12 Serileri
- PICmicro 16C, 16F ve 17 Serileri
- PICmicro 18C ve 18F Serileri

#### 4.5.1. Temel haberleşme komutları

Elektronik haberleşme esnasında 8 bitlik bir bilginin tek bir seferde başka bir üniteye aktarılması için 8 adet bağlantı ucu kullanılırsa yani her bir bit için bir uç kullanır ise bu bir paralel aktarma işlemidir. Şayet 8 bitlik bir bilgiyi başka bir üniteye tek bir uç kullanarak aktarma işlemi gerçekleşirse buda seri aktarma işlemidir.

Seri haberleşmede verici ve alıcı ünite bir birlerine tek bir veri hattı ile bağlanırlar. Verici gönderdiği bitleri belirli bir formatta yani belirli zaman içinde belirli sayıda gönderir. Bu şekilde oluşturulan senkronizasyon ile 8 adet bitin gönderilmesi yapılır ve alıcıda bu bitleri teker teker alır. Alıcı ile verici arasındaki çalışma hızı uyumluluğu açısından seri iletişimde haberleşme hızı önem arz etmektedir. Birim zaman içinde gönderilen veya alınan bit sayısı ile ifade edilen "Baud Rate" yani haberleşme hızı bu senkronizasyonun sağlanmasındaki en önemli unsurdur. Alıcı ve vericinin aynı senkron içinde alış verişlerini yapılabilmesi için bu hızın her iki taraf için de aynı değere ayarlanması gerekmektedir.

#### "SERIN" Komutu

Genel komut yapısı;

SERIN Pin, Mode, {Timeout, Label} {[Qual...]} {[Item]}

Standart asenkron seri veri giriş komutudur. Seri veri gönderebilen bir üniteden gelen bilgiyi almak için kullanılmaktadır [38]. Parametrelerine bakacak olursak; SERIN komutundan hemen sonra seri verinin alındığı pin yer almaktadır. Burada PortA.0 veya PortB.2 gibi port pinleri kullanılabilir. İkinci parametre

ise haberleşmenin gerçekleşeceği hızı belirlemek için kullanılmaktadır. Bu haberleşme hızlarına ait değerler ve uygun mod bilgileri Tablo 4.3'te verilmiştir.

Tablo 4.3. Serin ve serout komutları için haberleşme modları

Mode İsmi	Mode No	Haberleşme Hızı	Veri Şekli
T2400	0	2400	Düz
T1200	1	1200	Düz
T9600	2	9600	Düz
T300	3	300	Düz
N2400	4	2400	Invert
N1200	5	1200	Invert
N9600	6	9600	Invert
N300	7	300	Invert

Eğer komutların kullanımında Mode isimleri ile kullanılmak istenilirse programın başına Include “modedefs.bas” komut kütüphanesi eklenmelidir.

Serin komutunun kullanımında geçen parametreler ve açıklamaları şu şekildedir [39];

Her bir mod da bilginin düz mü yoksa invert (terslenmiş) edilmiş haliyle mi alındığı bellidir. Mode ismi T harfi ile başlayan seriler düz, N harfi ile başlayan seriler ise terslenmiş olarak veriyi alırlar.

Diğer parametre olan ve gerektiğinde kullanılan Timeout parametresi ise milisaniye cinsinden belirlenir. Bu parametrenin amacı belirtilen süre içerisinde herhangi bir veri alınmaz ise program Label (etiket) parametresi ile belirtilen program konuma geçiş yapar.

Genellikle doğru haberleşme yapılabilmesi için gönderilen bilgilerin başına belirli ifadeler yerleştirilir. Bu yerleştirilen bilgilere qualifier denir. Bu bilgiler rakam olabileceği gibi bir karakter dizisi de olabilir. Qualifier parametresi bir veya birden fazla karakter olabilmektedir.

En son parametre ise gelen bilginin depolanacağı değişken ismidir ve ITEM olarak gösterilmiştir. Bu parametreye kullanılacak değişken adı yazılır. Örneğin; **SERIN PortA.0, 0, ["GKW"] , BLG** şeklinde bir kullanım incelenirse, bu komutta qualifier olarak kullanılan bilgi **"GKW"** bilgisidir. Program **PortA.0** dan gelen bilgilere sürekli bakacak ve **"GKW"** bilgisini alır ise arkasından gelen 8 bitlik bilgiyi **BLG** değişkenine aktaracaktır. Aksi taktirde BLG değişkeni olduğu gibi kalacaktır. Bu sistem, haberleşmede yanlış veri alımını önleyen etkin bir sistemdir.

### **"SERIN2" Komutu**

Genel komut yapısı;

SERIN2 Pin, Mode, {[WAIT,TYPE,Item]}

Örnek bir kod: SERIN2,GIRIS,396,[WAIT ("W"), HEX BLG]

SERIN komutuna benzer bir komuttur. Bu komutta da önce veri alış ucu belirlenir ve uç otomatik olarak giriş için ayarlanır. Daha sonra haberleşme hızı belirlenir. Haberleşme hızı belirlenirken;  $\text{Haberleşme Hızı} = (1.000.000/\text{Baud Rate})-20$  şeklinde bir hesaplama gerçekleştirilir. Haberleşme hızından sonra SERIN komutuna benzer şekilde belirli bir karakter veya karakter dizisinin alınması beklenir. Bu karakterler doğrulandıktan sonra gelen 8 bitlik bilgi Binary ise BIN, Hexadecimal ise HEX, Decimal ise DEC formatlı olarak tanımlanır ve ardından bir değişkene alınır.

### **4.5.2. Senkronizasyon**

Haberleşme esnasında senkronizasyonun sağlanması için haberleşme hızı büyük önem arz etmektedir. Verilerin transferi sırasında oluşabilecek küçük bir senkron hatası verinin yanlış kodlanmasına neden olabilmektedir. Donanımsal ekipmanların, özellikle kullanılan mikrodenetleyicinin haberleşme hızı seçimine etkisi önemlidir.

Senkronizasyonun sağlanması sırasında izlenen yöntem şu şekilde gerçekleşmektedir; master olan cihaz sürekli olarak veri gönderimi yapmaktadır. Slave cihazın herhangi bir anda hatta dahil olması durumunda master cihazdan gelen başlangıç bitini alarak lojik 0'da bulunan hattın lojik 1'e çekilmesi sağlanmış olur.

Tam bu noktada başlangıç bitinin ardından gelen özel karakter bilgisi slave cihaz tarafından 100ms lik timeout değeri içerisinde başarılı bir şekilde tanımlanır ise iletilmesi gereken bilgi slave cihazda bir değişkene kaydedilir. Yine bu 100ms timeout değeri içerisinde yaklaşık 30ms sürede slave cihaz bu defa gönderici konumuna geçerek master cihaza veri paketi gönderiminde bulunur. Toplam gönderim ve alım için geçen süre 100ms içerisinde gerçekleştiği için herhangi bir senkron kayması meydana gelmemektedir.

Geliştirilen tek hat üzerinden çift yönlü haberleşme sağlayan protokolün gerçekleşmesinde haberleşme hızı 2400bps olarak belirlenmiştir. Master ve slave istasyonların haberleşmesinde kullanılan PIC18F4520 mikrodenetleyici entegresinin 40Mhz çalışma hızına sahip olması bu haberleşme hızında çalışmaya imkan tanıyabilmektedir. Ancak, döner tablalı sistem gereksinimleri göz önüne alınarak sistem için yeterli olan 2400 bps tercih edilmiştir. Bilindiği üzere haberleşme hızının artırılması gürültülerden etkilenme oranını arttıracaktır. Baud hızına bağlı olarak 2.4 kHz haberleşme hızına sahip olan protokolde her bir bitin gönderilmesi için geçen süre yaklaşık 0.416 ms olarak belirlenmiştir. Dolayısıyla Tablo 4.4’de veri uzunlukları ile verilen 50 bitlik bir adet veri paketinin gönderimi için geçen süre 20,8 ms olarak hesaplanmıştır.

Tablo 4.4. Veri paketi ve uzunluğu

Data	Başla biti	1. Başla karakteri	2. Başla Karakteri	Analog kontrol	Dijital kontrol	Analog bilgi	Dijital bilgi	Bitiş biti
Uzunluk (bit)	1	8	8	8	8	8	8	1

#### 4.5.3. Ortam erişim yöntemi

TDMA (Zaman Paylaşımli Çoklu Erişim) yöntemini kullanan sistemlerde birbirinden bağımsız pek çok kaynaktan gelen bilgiler, aynı ortam üzerinden farklı zamanlarda iletilirler. Geliştirilen haberleşme protokolünün master slave ilişkisine dayalı olması ve kullanım çeşitliliğine göre çoklu slave yapısında çalışabilir olmasından dolayı ortam erişim yöntemi olarak TDMA tercih edilmiştir. Ayrıca TDMA ortam erişim yöntemi ilave hat dinleme, çarpışma sezinleme gibi işlemlere gerek duymadığından

işlemsel yükü daha azdır. Zaman paylaşımlı ortam erişim yöntemini kullanarak oluşturulan ağdaki her bir slave için belirli erişim zamanları tayin edilebilmekte ve veri paketlerinde bulunan özel karakterler ile her bir slave'e erişim senkron bir şekilde sağlanabilmektedir.

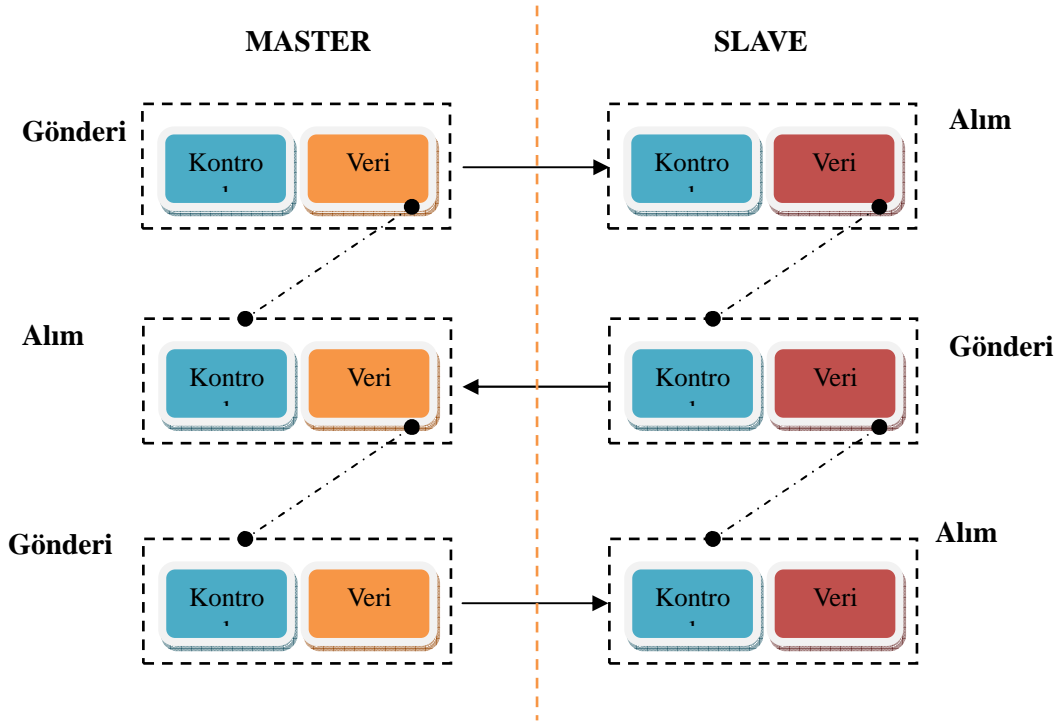
Ortam erişim yöntemine ek olarak, geliştirilen protokolde haberleşme belirli karakterler üzerinden de kontrollü bir şekilde gerçekleşmektedir. Master ve tüm slave cihazlar ağ üzerinde belirli etiketler ile donatılmış olarak yer almaktadır. Haberleşmenin daha etkin ve güvenilir sağlanması için TDMA yöntemi ile bu özel etiketleme sistemi birlikte çalışmaktadır.

#### **4.5.4. Haberleşmenin doğrulanması**

Seri haberleşmenin gerçekleştiği ortam erişimlerinde haberleşme esnasında veri transferleri gerçekleştirilirken hatalı değişimler meydana gelebilmektedir. Bu hataların giderilmesi amacıyla genellikle seri haberleşmelerde döngüsel artıklık denetimi adı verilen CRC hata bulma yöntemi kullanılmaktadır. CRC'ler, denetim (veri doğrulama) değerinde (enformasyon eklenmeden gönderilen) bir artıklık ve döngüsel kodların temelini oluşturan bir algoritma olduğu için bu adla adlandırılır [40].

Geliştirilen tek hat kullanarak çift yönlü çalışan haberleşme protokolünde ise özgün bir döngüsel artıklık denetim algoritması geliştirilmiş ve uygulanmıştır. Algoritmanın çalışması şu şekildedir; Haberleşme anında her bir 8 bitlik bilgi için yine 8 bitlik bir kontrol alanı oluşturulmaktadır. Bu kontrol bilgisi analog ve dijital bilgi için ayrı ayrı oluşturulmakta ve kontrol edilmektedir. Kontrol işlemi için gönderici tarafından gelen bilgi, alıcı cihaz tarafından kontrol değişkenine aktarılır ve alıcı cihaz veri gönderimi sırasında kendi göndereceği veri bilgisine ek olarak bu kontrol değişkenini de gönderir. Bir önceki adımda veri gönderimi yapan cihaz bu defa alıcı konumundadır ve gelen bilgiyi değişkenlere kaydeder. Kontrol değişkeninde gelen bilgiyi bir önceki adımda gönderdiği bilgi ile karşılaştırır ve doğruluğunu tespit eder. Doğrulama işlemi sırasında 8 bitlik verinin bozulduğunu tespit ederse ekrana sinyal hatası yazar. Alıcı cihaz tekrar gönderime geçtiğinde ise karşı cihazdan gelen veri

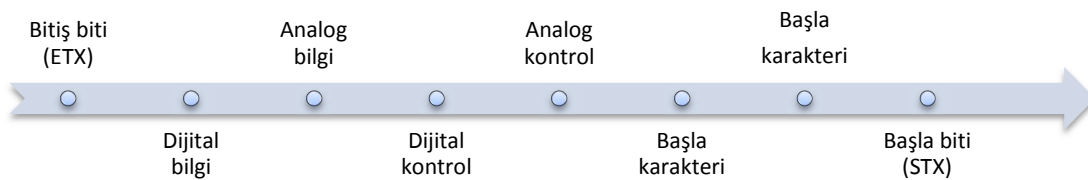
bilgisini bir kontrol değişkenine yazar ve gönderir. Karşı cihazında benzer kontrol işlemini gerçekleştirmesi ile bu işlemler bir sürekli döngü şeklinde gerçekleştirilir. Şekil 4.9’da bu algoritmanın işleyişi şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 4.9. Haberleşmenin doğrulanmasında kullanılan artıklık denetim algoritma şeması

#### 4.5.5. Haberleşme hızı ve veri paketleri

Bir seri haberleşme örneği olan bu haberleşme protokolü seri haberleşme sırasında verilerin bitler halinde gönderilmesi esasını temel alır. Verilerin paket paket gönderildiği seri haberleşme sistemlerinde olduğu gibi bu haberleşme protokolünde de veriler Şekil 4.10’deki paket yapısında iletilmektedir.



Şekil 4.10. Geliştirilen protokole ait veri paketi parçaları ve gönderiliş sırası

Veri paketini oluşturan ilk bit başlangıç bitidir. Hat üzerinde veri transferinin gerçekleşmediği anlarda sürekli lojik 0 (low) sinyali mevcuttur. Gerçeklenen protokolün endüstriyel alanlarda kullanılması söz konusu olması sebebiyle hattın sürekli düşük seviyede yani lojik 0 da tutulması esas alınmıştır. Hattın veri paketi gönderimlerinin dışında sürekli lojik 0 olması sebebiyle eğer bir haberleşme başlatılacak ise, haberleşmenin başlamasına imkan tanıyacak bir bite ihtiyaç duyulmaktadır. Başlangıç biti olarak hattın lojik 0 da olması sebebi ile hat üzerinde değişiklik meydana getirecek lojik 1 sinyali kullanılmıştır.

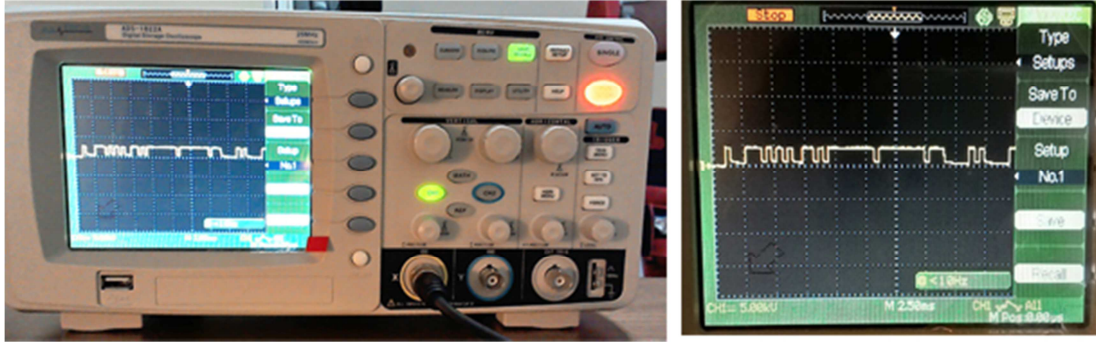
Başlangıç bitinin ardından hat üzerinde verinin güvenli bir şekilde iletilmesi amacıyla veri transferini başlatacak 2 adet başlangıç karakteri gönderilmektedir. Bu karakterlerin amacı haberleşmeyi istenilen başlangıç verisi ile başlatabilmek dolayısıyla cihazların birbirini tanımasını ve senkronizasyonunu oluşturmasını sağlamaktır. Bu karakterler master cihaz için "G" ve "M", slave cihaz için "G" ve "S" olarak belirlenmiştir. Örneğin; slave cihaz master cihazdan "G" ve "M" karakterlerini ard arda gördüğü anda iletilmek istenilen verileri almaya başlamaktadır. Bu karakterlerden her biri 8 bitten oluşan bir ASCII bit karşılığına sahiptir. Bu karakterlere ait ASCII bit karşılıkları Tablo 4.5'te verilmiştir;

Tablo 4.5. Başlangıç karakterleri ve sayı sistemleri karşılıkları

Karakter	Decimal	Hexadecimal	Octal	Binary
G	71	0x47	0107	01000111
S	83	0x53	0123	01010011
M	77	0x4D	0115	01001101

Bahsedilen bu başlangıç karakterlerinden sonra analog ve dijital verilerin iletilmesi sağlanmaktadır. Karşı cihaz sürekli bu başlangıç biti ve başlangıç karakterleri sorgunu yapar ve doğrulama gerçekleştikten sonra 8 bit analog, 8 bit dijital olmak üzere 16 bitlik veriyi hafızasına aktarır ve/veya ekranda görüntüler. 16 bitlik verinin gönderilmesinin ardından bir başka gönderime başlangıç verebilmek amacıyla hatta bulunan sinyal tekrar lojik 0'a çekilir. Haberleşmenin gerçekleşmesi esnasında oluşan veri paketlerine ait osilaskop görüntüleri Şekil 4.11'de verilmiştir.





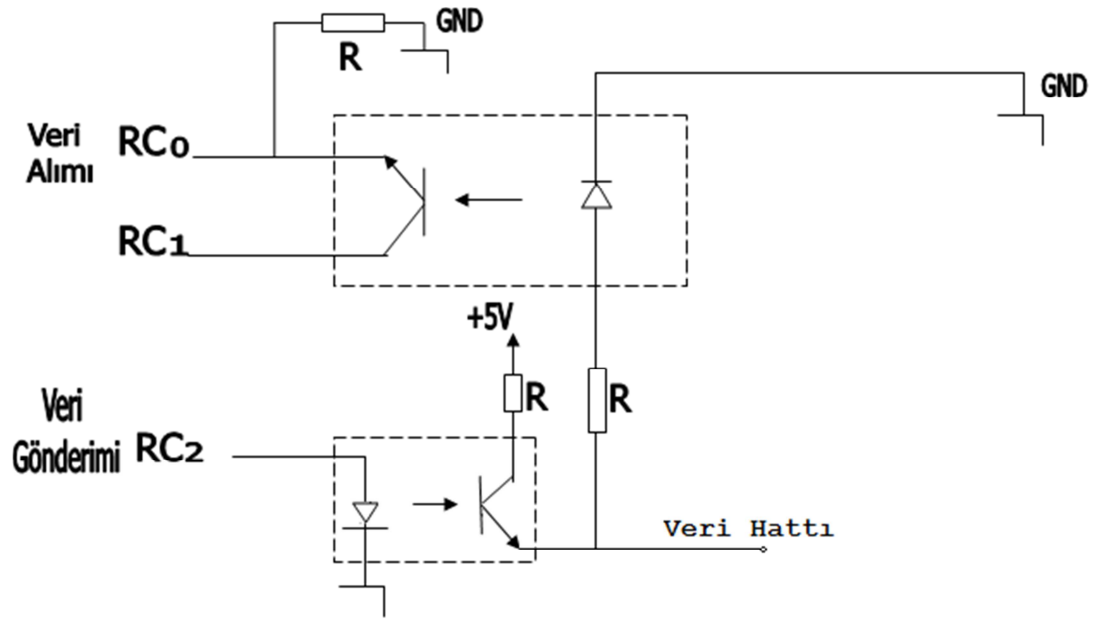
Şekil 4.11. Haberleşmeye ait osilaskop ekran görüntüsü

#### 4.5.6. Haberleşme hattının tek hatta indirgenmesi

Protokolün gerçekleşmesi PIC18F4520 mikrodenetleyicisi üzerinde sağlanmıştır. PDIP tipinde 40 pinli bir mikrodenetleyici üzerine yazılan yazılım sayesinde half duplex çalışan seri bir haberleşme protokolü oluşturulmuştur. Haberleşmenin sağlanması sırasında konvansiyonel yöntemler içerisinde yer alan RX - TX uçlarını kullanmak yerine özgün bir donanımsal yapı gerçekleştirilmiştir. Şekil 4.12’de bağlantı şeması gösterilen yapı sayesinde mikrodenetleyicinin RC0 ve RC2 uçları tek bir bağlantı ucuna dönüştürülmüştür.

Şekil 4.12’de verilen şema içerisindeki kesikli çizgiler ile belirtilen PC817 optokuplörlerinin şekildeki gibi bağlantısını sağlayarak özgün bir bağlantı şeması oluşturulmuştur. Oluşturulan bu yapıda, RC1 ucunun lojik 1 veya lojik 0 olması durumlarında veri hattı olarak gösterilen hat üzerinden RC0 ucu veri alımında, RC2 ucu ise veri gönderiminde kullanılmaktadır. Eğer RC1 ucu lojik 1 olursa optokuplörün ışık kaynağından gelen bilgi kabul edilecek dolayısıyla veri alımı RC0 üzerinden sağlanmış olacaktır. Eğer RC1 ucu lojik 0 olursa RC0 ucu optokuplörün ışık kaynağından gelecek bilgilere kapalı olacaktır. Ancak aynı zamanda RC2 üzerinden optokuplörün ışık kaynağına gelen bilgi ise karşı tarafa aktarılabilir. Bu sayede RC1 ucunun lojik 0 olması durumunda da veri gönderme işlemi gerçekleşmiş olacaktır. Şekil 4.12’de gösterildiği gibi RC0 ve RC2 uçlarının optokuplör bağlantıları bir direnç üzerinden donanımsal olarak tek hatta indirgenmiştir.

Bağlantı sırasında kullanılan PC817 optoküplülerinin diğer bir görevi ise devre üzerinde oluşabilecek gerilim farklarını mikrodenetleyiciye yansıtmayan bir yalıtım meydana getirmektir. Herhangi bir olası gerilim farkından dolayı hat üzerinde yüksek seviyede voltaj oluşması durumunda bu bilgi ilk olarak optoküplöre uğrayacak ve optoküplörün ışık kaynağına zarar verecektir. Düşük maliyette olan optoküplörün devre üzerinden değiştirilmesi sağlanarak yüksek maliyetli mikrodenetleyici ve içerisinde bulunan yazılım korunmuş olacaktır.



Şekil 4.12. Optoküplörler ile gerçekleştirilen özgün bağlantı şeması

Gerçekleştirilen protokolün işleyişini analiz ve test edebilmek için tasarlanan muhafaza kutusu Şekil 4.13'de gösterilmiştir. Master ve slave cihaz olarak 2 adet prototip kutu tasarımı gerçekleştirilmiştir. Haberleşme sırasında analog ve dijital bilgi gönderebilmek amacıyla kutuların üzerine her iki bilgiyi üretecek girişler eklenmiştir. Analog bilgi için potansiyometre, dijital bilgi için buton tercih edilmiştir. Ayrıca sistem enerjisi, veri gönderimi ve veri alımı için de gösterge ledleri kullanılmıştır. Haberleşmenin gerçekleşeceği hat için de blendajlı tek kablo tercih edilmiştir.



Şekil 4.13. Donanımsal testler için oluşturulan master ve slave el terminalleri

## **BÖLÜM 5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER**

Bu çalışma, Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı tarafından desteklenen 0409.STZ.2013-2 kodlu “Menteşe Montaj Bankosu Mekatronik Sistem Tasarımı” adlı SANTEZ projesinin tez aşamalarından birini oluşturmaktadır. Bu proje kapsamında geliştirilen haberleşme protokolü çalışması, projede bulunan döner tabla üzerindeki fikstürler ile ana gövde de yer alacak master istasyon arasında master-slave ilişkisine dayalı seri bir half duplex haberleşme gerçekleştirmektedir.

Ülkemizde araştırma sonucu veya bir firma tarafından tasarlanmış olup yaygın kullanım alanı olan özgün ve yerel bir seri haberleşme protokolümüz henüz bulunmamaktadır. Mevcut seri haberleşme protokolleri incelendiğinde haberleşmede kullanılan saat sinyali ve verinin farklı hatlardan iletildiği görülmektedir. Saat sinyali gönderilmeyerek çift yönlü haberleşmeye imkan tanıyan protokoller ticari olarak bulunmaktadır fakat bu protokolleri kullanmak için firmaya ait ürünlere ve yazılımlara sahip olmak gerekmektedir ve bunların maliyetleri oldukça yüksektir. Bu çalışmada saat sinyali ve veri için ayrılmış hatları tek bir hatta indirgeyerek tamamıyla özgün bir protokol tasarımı yapılmış ve uygulamaya geçirilmiştir. Bu haberleşme protokolü iki düğüm arasında sadece veri hattına ihtiyaç duymaktadır ve veri iletimi çift yönlü half duplex olarak gerçekleşmektedir. Esasen bu sayede daha az maliyetli ve kablo karmaşıklığından arındırılmış yeni bir haberleşme protokolü gerçekleştirilmiştir. Özellikle döner tablalı mekatronik sistemlerin ihtiyacı olan kablo karmaşıklığının azaltılmasına çözüm aranmış ve özel bir protokol ile tek hat üzerinde birden fazla istasyonun çift yönlü haberleşmesi sağlanmıştır.

Geliştirilen haberleşme protokolünün işleyişi sırasında veri paketlerinin uzunlukları 50 bit olarak belirlenmiş ve bu paketler içerisinde yer alan her bir bitin iletim süresi yaklaşık 0,416 ms olarak ayarlanmıştır. Haberleşme hızı baud miktarına bağlı olarak 2.4 kHz hızda gerçekleşmektedir. Baud rate oranı olarak tercih edilen 2400bps

haberleşme hızı, kullanılan kablo tipi ve kalitesine ölçekli olarak artırılabilir. Tercih edilen haberleşme hızında maksimum 60 metre mesafe içerisinde etkin haberleşmenin sağlandığı test edilmiştir. Geliştirilen döner tablalı sistem için uzak mesafeler söz konusu olmadığından haberleşmenin baud hızı 2400bps olarak tayin edilmiştir. Ayrıca bu hız 50 bit veri uzunluğuna sahip veri paketi içinde ideal gönderim hızı olarak tespit edilmiştir.

Endüstriyel sahalarda kullanım alanı bulması amaçlanan protokol için seçilen PIC mikrodenetleyicisi çalışma ısısı ve frekans aralığı olarak uygun görülmüş ve tercih edilmiştir. Ancak gelişen teknoloji ve çeşitli üretim yöntemlerine bağlı olarak yeni nesil birçok mikrodenetleyici piyasada bulunmaktadır. Uygun maliyet analizi ve çalışma testleri yapıldıktan sonra bu yeni nesil mikrodenetleyiciler de haberleşme protokolü için tercih sebebi olabilir ve protokolün geliştirilmesi sağlanabilir.

Önerilen kodlama tekniği protokolün kullanıldığı ortama göre hataları azaltmak için değiştirebilir. Eğer protokol mikrodenetleyici yerine daha yüksek hesaplama kapasitesine sahip denetleyiciler ile kullanılacaksa TDMA ortam erişim yönteminde bulunan ölü zamanlardan kaçınmak için CDMA/CD gibi ortam erişim yöntemleri tercih edilebilir.

Esasen döner tablalı mekatronik sistemler için tasarlanan bu protokol diğer endüstriyel alanlar içinde geliştirilerek uygulanabilir. SANTEZ projesi kapsamında döner tablalı sistemlerin karakteristik özellikleri göz önüne alınarak tasarlanan protokole ait ortam erişim yöntemi ve diğer spesifikasyonlar uygulanacak alanın teknik karakterleri göz önünde bulundurularak güncellenebilmektedir.

Gerçekleştirilen tek hat kullanarak çift yönlü haberleşme sağlayan protokole ait özellikler Tablo 5.1'de gösterilmiştir.

Tablo 5.1. Gerçekleştirilen protokole ait özellikler

Haberleşme hızı	2400bps (2.4kHz)
Veri paketi uzunluğu	50 bit
Data uzunluğu	16 bit
Maksimum kablo uzunluğu	≈60m
Ortam erişim yöntemi	TDMA
Maksimum düğüm sayısı	254
Kullanılan topoloji	BUS
Haberleşme zaman aşımı süresi	100ms
Bit gönderim hızı	0.416ms
Çalışma alanı	Endüstriyel
Haberleşme yöntemi	Seri
Haberleşme yönü	Half duplex

Geliştirilen protokolün, gerek endüstriyel sistemlerde gerekse araştırmacıların çalışmalarında oldukça katkı sağlayarak önemli bir eksikliği gidermesi beklenmektedir.

## KAYNAKLAR

- [1] GARY M. BONE, DAVID CAPSON, "Vision-guided fixtureless assembly of automotive components", *Robotics and Computer Integrated Manufacturing* 19 page 79–87, 2003.
- [2] M. SANTOCHI, G. DINI, "Presented at the Opening Session Sensor Technology in Assembly Systems", Department of Production Engineering, University of Pisa, Italy, *Annals of the CIRP* Vol. 47/2/1998.
- [3] PETER NEUMANN, "Communication in industrial automation—What is going on?", *Control Engineering Practice*, 15 page 1332–1347 year 2007.
- [4] S.A. KOUBIAS, G.D. PAPADOPOULOS, "Modern fieldbus communication architectures for real-time industrial applications", *Computers in Industry* 26 page 243-252 year 1995.
- [5] DEON REYNDERS, STEVE MACKAY, EDWIN WRIGHT, "Practical Industrial Data Communication", Newness publication, 2005.
- [6] ROSTISLAV (REUVEN) DOBKIN, ARKADIY MORGENSHTEIN, AVINOAM KOLODNY, RAN GINOSAR, "Parallel vs. Serial On-Chip Communication", VLSI Systems Research Center, Electrical Engineering Department Technion – Israel Institute of Technology, Haifa, Israel, ACM 978-1-59593-918-0/08/04, 2008.
- [7] KANGMIN LEE, SE-JOONG LEE, AND HOI-JUN YOO, "SILENT: Serialized Low Energy Transmission Coding for On-Chip Interconnection Networks", Korea Advanced Institute of Science and Technology, Daejeon, Korea, 0-7803-8702-3/04 ©IEEE.2004.
- [8] M. CHENNAKESAVULU, A. RAGHAVI, "Design and Analysis of Effective Coding Technique for Serial Links", *International Journal of Science and Research (IJSR)* ISSN (Online): 2319-7064, Paper ID: 27041402, Volume 3 Issue 4, April 2014.
- [9] LAWRENCE M. THOMPSON, "Industrial Data Communications", ISA, 2008.
- [10] CHINDRIS GABRIEL, HEDESIU HORIA, "Integrating Sensor Devices in a LIN bus network", 26th International Spring Seminar on Electronics Technology, 2003.

- [11] LILIANA DIAZ-OLAVARRIETA, DAVID BAEZ-LOPEZ, "A Novel Requirements Metamodel For Automotive Electronic Network", Fieldbus Systems and Their Applications Puebla, Mexico, 2005.
- [12] A. MURARI, L. LOTTO, "Single wire transmission from HV environments of temperature measurements obtained with a smart sensor",2008, doi:10.1016/j.vacuum.2008.07.011, Volume 83, Issue 5 Pages 809–812, 1 January 2009.
- [13] DERİN, H., AŞKAR, M., İletişim Kuramı, Ortadoğu Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, 1979.
- [14] SMALE, P.H., Haberleşme Sistemlerine Giriş, Osman PARLAKTUNA, MEB Yayınları, 1994.
- [15] KILLEN, H.B., Modern Elektronik İletişim Teknikleri, Çev: Mustafa AKAY, MEB Yayınları, 1994.
- [16] PASTACI, H., Modern Elektronik Sistemler, Yıldız Teknik Üniversitesi Yayınları, 1996.
- [17] RONAYNE, J., Sayısal Haberleşmeye Giriş, Çev: Hasan Hüseyin ERKAYA, MEB Yayınları, 1994.
- [18] PROAKIS, J. G., Digital Communications, McGraw-Hill, 928p., 1995.
- [19] GLOVER, I., GRANT P., Digital Communications, Prentice Hall, 734p., 1998.
- [20] DUBENDORF, V.A, Wireless Data Technologies, John Wiley & Sons Ltd, England, 232p., 2003.
- [21] Haberleşme Hakkında Temel Bilgiler,  
<http://www.elektrik.gen.tr/content/view/296/30/> Erişim Tarihi: 18.12.2014.
- [22] KAPLAN, Y., Veri Haberleşmesi Kavramları, Papatya Yayıncılık, 2000.
- [23] BAYKAL, N., Bilgisayar Ağları, SAS Bilişim Yayınları, 502s., 2001.
- [24] ÇÖLKESEN, R., ÖRENCİK, B., Bilgisayar Haberleşmesi ve Ağ Teknolojileri, Papatya Yayıncılık, 393s., 1999.
- [25] INTEL, Understanding Wi-Fi and WiMAX as Metro-Access Solutions, White Paper, 16p, 2004.
- [26] IEEE 802.15 Çalışma Grubu Resmi Web Sitesi:  
<http://www.ieee802.org/15/> Erişim Tarihi: 18.12.2014.



- [27] IEEE Resmi Web Sitesi: <http://www.ieee.org/> Erişim Tarihi: 18.12.2014.
- [28] ÖZDEMİR, M., Wireless LAN Technology & Security Update, Cisco Systems Inc., p.3, April 2003.
- [29] MINOLI, D., Telecommunications Technology Handbook, Chapter 8, Wireless Technologies: WPAN, WLAN, and WWAN, Second Edition, Artech House, Boston London, p.245-335, 2003.
- [30] KÜÇÜKÜNSAL, J., BAYKAL, Y., 2006, Kablosuz Haberleşme Teknolojisi Wimax'de Dünyadaki Durum, URSI-Türkiye 3. Bilimsel Kongresi, p.577-579, 2006.
- [31] DHAWAN, S., Analogy of Promising Wireless Technologies on Different Frequencies: Bluetooth, WiFi, and WiMAX, The 2nd International Conference on Wireless Broadband and Ultra Wideband Communications 2007 (AusWireless 2007), p.14-22, 2007.
- [32] KAVAS, A., Geniş Bandta Telsiz Erişim: WiMAX, EMO, Elektrik Mühendisliği Dergisi, Sayı 429, , s. 61-63, Kasım 2006.
- [33] THIEL, J., Metropolitan and Regional Wireless Networking: 802.16, 802.20 and 802.22, <http://www.cs.wustl.edu/~jain/cse574-06/ftp/wimax.pdf>, 28p., 2006
- [34] HOLZMANN, G.J., Design and Validation of Computer Protocols, Prentice-Hall, New Jersey, 543p, 1991.
- [35] ÇIBUK, M., Wimax/IEEE 802.16 Ağları Üzerinden Web Tabanlı Bio-Telemetri Uygulamaları İçin Protokol Tasarımı Ve Gerçekleştirilmesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Elazığ, 2009.
- [36] <http://www.sliprings.com.tr/> Erişim Tarihi: 18.12.2014.
- [37] MARWEDEL, P., Embedded System Design, University of Dortmund, Germany, ISBN-13 978-0-387-30087-0 (e-book), 2006.
- [38] EDWARDS, S., Using BS2 Serial Communication: Serin and Serout Demystified, Stamp Applications no. 16, June 1996
- [39] <http://320volt.com/picbasic-dersleri-pic-basic-pro-ile-pic-programlama-7/> Erişim Tarihi: 18.12.2014.
- [40] [http://tr.wikipedia.org/wiki/Döngüsel\\_artıklık\\_denetimi](http://tr.wikipedia.org/wiki/Döngüsel_artıklık_denetimi) Erişim Tarihi: 18.12.2014.

## ÖZGEÇMİŞ

Gökhan ATALI, 14.01.1985 de Ankara'da doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini Ankara'da tamamladı. 2003 yılında Gazi Anadolu Meslek Lisesi, Bilgisayar bölümünden mezun oldu. 2005 yılında başladığı Selçuk Üniversitesi Seydişehir Meslek Yüksekokulu, Bilgisayar Teknolojileri ve Programcılığı Programını 2007 yılında 2.lık ile bitirdi. Ardından aynı yıl Sakarya Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi, Bilgisayar Sistemleri Öğretmenliği Bölümünü kazandı ve 2011 yılında bölüm 2.incisi olarak mezun oldu. 2013 yılında Sakarya Üniversitesi Mekatronik Mühendisliği Bölümünde yüksek lisansa başladı. 2014 yılında Sakarya Üniversitesi Sakarya Meslek Yüksekokulu Mekatronik Programında öğretim görevlisi olarak akademik yaşantısına başladı. Şu an Sakarya Meslek Yüksekokulu Mekatronik Programında öğretim görevlisi olarak çalışmaktadır.