

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**UZAKTAN SAYAÇ OKUMA TEKNİKLERİ VE
MODBUS-RTU, IEC 61107 MOD C
PROTOKOLLERİ İLE ÖRNEK YAZILIM**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Müh. Emre Sami SÜZER**

Anabilim Dalı: ELEKTRİK MÜHENDİSLİĞİ

Programı: ELEKTRİK MÜHENDİSLİĞİ

HAZİRAN 2006

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**UZAKTAN SAYAÇ OKUMA TEKNİKLERİ VE
MODBUS-RTU, IEC 61107 MOD C PROTOKOLLERİ
İLE ÖRNEK YAZILIM**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Müh. Emre Sami SÜZER
608.02.04**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 05 Mayıs 2006
Tezin Savunulduğu Tarih : 15 Haziran 2006**

**Tez Danışmanı : Y.Doç.Dr. Serhat İKİZOĞLU
Diğer Jüri Üyeleri Prof.Dr. Ömer USTA (İ.T.Ü.)
Doç.Dr. Mehmet BAYRAK (S.Ü.)**

HAZİRAN 2006

ÖNSÖZ

Tez çalışmamın içeriğinin belirlenmesinde, geliştirilmesinde yardımlarını esirgemeyen danışman hocam Sayın Y. Doç. Dr. Serhat İKİZOĞLU'na, tez konumla ilgili uygulama ve geliştirme yapabilmeme olanak sağlayan Selahattin Caner'e ilgi ve desteklerinden dolayı teşekkür ederim.

Mayıs, 2006

Emre Sami SÜZER

İÇİNDEKİLER

TABLO LİSTESİ	vi
ŞEKİL LİSTESİ	vii
ÖZET	ix
SUMMARY	x
1. GİRİŞ	1
1.1. Sayaç Otomasyonu	2
2. VERİ HABERLEŞMESİ	5
2.1. Alıcılar ve Vericiler	6
2.2. Şeffaf Haberleşme	6
2.3. Ana/Uydu Yapısı ve Adreslemesi	6
2.4. Haberleşme Hızı	7
2.5. Haberleşme Arayüzleri	7
2.5.1. RS-232 Standardında Haberleşme	7
2.5.2. RS-485 Standardında Haberleşme	10
2.5.3. 20 mA Akım İlmîği Haberleşmesi	11
2.5.4. Telefon Hattı Üzerinden Haberleşme	13
2.5.5. GPRS ile Haberleşme	14
2.5.6. Radyo Frekansıyla Haberleşme	15
2.5.7. Fiber-optik Kablo ile Haberleşme	18
2.5.8. Enerji Hattı Üzerinden Haberleşme	19
2.6. Haberleşme Yöntemleri Kıyaslaması	20
3. TEMEL HABERLEŞME PROTOKOLLERİ	21
3.1. MODBUS Haberleşme Protokolü	21
3.1.1. Modbus-RTU Haberleşme Komutu	22
3.1.1.1. Modbus-RTU Komutunun İşlenmesi	23
3.1.2. Modbus-RTU Veri Kodlaması	24
3.1.3. Modbus-RTU Veri Adreslemesi	24
3.1.4. Modbus-RTU Fonksiyon Kodları	24
3.1.4.1. Ortak Fonksiyon Kodları	24
3.1.4.2. Kullanıcı Tarafından Belirtilmiş Fonksiyon Kodları	24
3.1.4.3. Rezerve Edilmiş Fonksiyon Kodları	25
3.1.5. Modbus-RTU Veri Alanı	25

3.1.6.	Modbus-RTU Hata Kontrolü Alanı	25
3.1.7.	Seri Hatta Veri İletimi	26
3.2.	IEC 61107 Haberleşme Protokolü	26
3.2.1.	IEC 61107 Haberleşme Mesajları	26
3.2.1.1.	İstek Mesajı	26
3.2.1.2.	Tanımlama Mesajı	27
3.2.1.3.	Onaylama ve Seçim Mesajı	28
3.2.1.4.	Veri Mesajı	29
3.2.1.5.	Programlama Komut Mesajı	29
3.2.1.6.	Opsiyonel Kısmi Bloklı Programlama Komut Mesajı	31
3.2.1.7.	Programlama Modu Veri Mesajı	32
3.2.1.8.	Programlama Modu Kısmi Veri Mesajı	32
3.2.1.9.	Hata Mesajı	32
3.2.1.10.	Durdurma Mesajı	33
3.2.2.	IEC 61107 Haberleşme Modları	34
3.2.2.1.	IEC 61107 Mod A	34
3.2.2.2.	IEC 61107 Mod B	35
3.2.2.3.	IEC 61107 Mod C	36
3.2.2.4.	IEC 61107 Mod D	38
3.2.2.5.	IEC 61107 Mod E	38
3.2.3.	IEC 61107 Sözdizimi	38
3.2.3.1.	Veri Okunması ve Cevap	38
3.2.3.2.	Programlama Modu	40
4.	VİSUAL BASIC İLE ÖRNEK HABERLEŞME YAZILIMI	41
4.1.	MODBUS-RTU Haberleşme Protokolü Bölümü	41
4.1.1.	Endüstriyel Yazılımların Davranışlarının İncelenmesi	43
4.1.2.	Haberleşme Testleri	47
4.1.3.	Visual Basic 6.0 ile Yazılım Geliştirilmesi	48
4.2.	IEC 61107 Mod C Haberleşme Protokolü Bölümü	53
4.2.1.	Endüstriyel Yazılımların Davranışlarının İncelenmesi	54
4.2.2.	Haberleşme Testleri	56
4.2.3.	Visual Basic 6.0 ile Yazılım Geliştirilmesi	58
4.2.3.1.	Bütün Değerlerin Okunması	58
4.2.3.2.	Tek Bir Değerin Okunması	59
4.2.3.3.	Yük Profili Okunması	60
5.	SONUÇLAR	61

KAYNAKLAR	63
EKLER	65
ÖZGEÇMİŞ	73

TABLO LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 2.1.	RS-232 En çok kullanılan dokuz sinyali	9
Tablo 2.2.	RS-232, RS-422 ve RS-485 karakteristik özellikleri	11
Tablo 2.3.	Standartlar ve haberleşme hızları	13
Tablo 2.4.	Sık kullanılan Hayes komutları.....	14
Tablo 2.5.	GPRS sınıfları.....	15
Tablo 2.6.	Radyo frekansı spektrumları.....	16
Tablo 2.7.	Haberleşme yöntemleri kıyaslama tablosu	20
Tablo 3.1.	IEC 61107 Mod B haberleşme hız ayar tablosu	27
Tablo 3.2.	IEC 61107 Mod C haberleşme hız ayar tablosu	28
Tablo 3.3.	IEC 61107 protokol kontrol karakteri tablosu	28
Tablo 3.4.	IEC 61107 mod kontrol karakter tablosu	29
Tablo 3.5.	IEC 61107 programlama komut mesajları tablosu	30
Tablo 3.6.	IEC 61107 komut tipi tanımlayıcı karakterleri	30
Tablo 3.7.	IEC 61107 programlama komut mesajları tablosu	31
Tablo 3.8.	IEC 61107 komut tipi tanımlayıcı karakterleri	31
Tablo 4.1.	Portmon ile Modbus-RTU haberleşmesi izlenmesi	44
Tablo 4.2.	Modbus-RTU sayacı veri tablosu	45
Tablo 4.3.	IEC 61107 Mod C Portmon haberleşme verileri birinci kısım.....	54
Tablo 4.4.	IEC 61107 Mod C Portmon haberleşme verileri ikinci kısım	55
Tablo 4.5.	IEC 61107 Mod C Portmon haberleşme verileri üçüncü kısım ...	55
Tablo 4.6.	IEC 61107 Mod C Portmon haberleşme verileri son kısım	56

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 1.1.	Sayaç otomasyonu haberleşme yapısı	3
Şekil 1.2.	Sayaç otomasyonu merkezi istasyon donanım yapısı	4
Şekil 2.1.	Paralel ve seri haberleşme.....	5
Şekil 2.2.	Haberleşme hızı.....	7
Şekil 2.3.	RS-232 gerilimleri.....	9
Şekil 2.4.	RS-485 sonlandırma direnci	10
Şekil 2.5.	Akım ilmiği devre şeması.....	12
Şekil 2.6.	Radyo frekansı yayılım örüntüleri	18
Şekil 3.1.	Genel Modbus komutu yapısı	22
Şekil 3.2.	Modbus haberleşme komut gönderimi	22
Şekil 3.3.	Modbus hata cevabı gönderimi.....	23
Şekil 3.4.	Modbus Uydu komut işlenmesi.....	23
Şekil 3.5.	IEC 61107 istek mesajı	26
Şekil 3.6.	IEC 61107 tanımlama mesajı	27
Şekil 3.7.	IEC 61107 onaylama ve seçim mesajı	28
Şekil 3.8.	IEC 61107 veri mesajı	29
Şekil 3.9.	IEC 61107 programlama komut mesajı.....	29
Şekil 3.10.	IEC 61107 kısmi programlama komut mesajı.....	31
Şekil 3.11.	IEC 61107 programlama modu veri mesajı.....	32
Şekil 3.12.	IEC 61107 programlama modu veri mesajı.....	32
Şekil 3.13.	IEC 61107 hata mesajı.....	32
Şekil 3.14.	IEC 61107 durdurma mesajı.....	33
Şekil 3.15.	IEC 61107 Mod A haberleşme diyagramı.....	34
Şekil 3.16.	IEC 61107 Mod B haberleşme diyagramı.....	35
Şekil 3.17.	IEC 61107 Mod C haberleşme diyagramı.....	37
Şekil 3.18.	IEC 61107 Mod D haberleşme diyagramı.....	38
Şekil 3.19.	IEC 61107 Veri okuması sözdizimi	39
Şekil 3.20.	IEC 61107 Programlama sözdizimi	40
Şekil 4.1.	Modbus-RTU bölümü ekran görünümü	41
Şekil 4.2.	Modbus-RTU bölümü haberleşme sonrası durum ekranı.....	42
Şekil 4.3.	Modbus-RTU bölümü veri çözümlemesi sonu.....	43
Şekil 4.4.	NRG haberleşme sorgusu	44
Şekil 4.5.	NRG haberleşme cevabı	46
Şekil 4.6.	Modbus-RTU bölümü NRG enerji izleme yazılımı	47
Şekil 4.7.	Modbus-RTU bölümü Docklight başarılı sorgu örneği	48
Şekil 4.8.	Modbus-RTU bölümü Docklight hatalı fonksiyon kodu denemesi.	48
Şekil 4.9.	Modbus-RTU bölümü Docklight hatalı cihaz adresi denemesi ...	48
Şekil 4.10.	Modbus-RTU bölümü Docklight hatalı veri adresi denemesi	48
Şekil 4.11.	IEC 61107 Mod C bölümü bütün değerlerin okunması	53

Şekil 4.12.	IEC 61107 Mod C bölümü tek bir değerin okunması	53
Şekil 4.13.	IEC 61107 Mod C bölümü yük profili okunması	54
Şekil 4.14.	IEC 61107 Mod C Docklight testi.....	56
Şekil 4.15.	IEC 61107 Mod C Docklight cihaz adresi olmadan haberleşme testi	57

UZAKTAN SAYAÇ OKUMA TEKNİKLERİ VE MODBUS-RTU, IEC 61107 MOD C PROTOKOLLERİ İLE ÖRNEK YAZILIM

ÖZET

Bu çalışmaya, uzaktan sayaç okuma tekniklerinden olan RS-232 haberleşme hattı ile haberleşme, RS-485 hattı ile haberleşme, akım ilmiğiyle haberleşme, telefon hattı üzerinden haberleşme, GPRS ile haberleşme, radyo frekansıyla haberleşme, fiber optik kablo ile haberleşme ve enerji hattı üzerinden haberleşmeden bahsedilerek başlanmıştır. Ele alınan teknikler, haberleşmenin nasıl yapıldığına dair teknik bilgiler verilerek incelenmiştir. Bundan sonraki bölümde ise uzaktan sayaç okuma sistemlerinde ve endüstriyel sistemlerde çok sık olarak kullanılan iki protokol olan Modbus-RTU ve IEC 61107 Mod C haberleşme protokolleri incelenmiştir. Haberleşme protokolleri standartlar üzerinden anlatılmıştır. Çalışmaya sözü edilen iki protokolde çalışan test yazılımı geliştirilmesiyle son verilmiştir. Yazılım yaygın olarak kullanılan Visual Basic programlama diliyle Visual Basic 6.0 ortamında geliştirilmiştir. Geliştirme aşamasında mevcut haberleşme yazılımları haberleşme kapısı izleme yazılımlarıyla incelenmiş ve taklit edilmiştir. Çalışma prensipleri anlaşıldıktan sonra yazılım geliştirilmeye başlanmıştır. Yazılım haberleşme kapısı ve karaktistikleri parametrik olduğundan dolayı birçok deneme yapma imkânı ve oluşturulan raporlar sonucunda sistemi analiz etme imkânı sunmuştur.

REMOTE METERING TECHNIQUES AND SAMPLE SOFTWARE FOR MODBUS-RTU, IEC 61107 MODE C PROTOCOLS

ABSTRACT

This study begins with the explanation of techniques RS-232 communication line, RS-485 communication line, current loop, communication through local telephone utility, GPRS communication, radio frequency communication, fiber-optic cable communication and power line carrier communication for remote metering applications. These techniques are analyzed through communication establishing techniques. On the next section two commonly used communication protocols, Modbus-RTU and IEC 61107 Mode C are analyzed. The analysis is based on the currently standards. The study is finalized after developing of software for the mentioned protocols. The software is developed on Visual Basic 6.0 with the well known Visual Basic language. While generating the software existing communication softwares were studied and mimicked. After the principles were understood, developing initiated. The software offers extensive range of opportunities to analyze the system with the parametric structure of communication port and communication characteristics. Also the generated reports offer a comprehensive analysis of the system.

1. GİRİŞ

Standart sayaç okuma yöntemlerinde sayaç verileri bir görevlinin sayacın yanına giderek sayaç bilgilerini almasıyla gerçekleşmektedir. Görevli sayaçtan faturaya esas bilgileri not ettikten sonra bu bilgileri fatura kesilmek üzere merkeze getirmekte veya o anda el cihazlarıyla fatura oluşturmaktadır. Bu sistem işletme maliyetleri açısından son derece yüksek yükümlülükler gerektirmekle birlikte, kimi zaman bu harcamalar sonucunda bile sayaç okuması yapılamayan hatta fatura kesilemeyen sayaç noktaları kalmaktadır. Bu noktalara “kıyas” hesabıyla fatura kesilmektedir.

Sayaç otomasyonunun kullanılmasıyla birlikte artık sayaç okuma yapılması için bir görevliye ihtiyaç duyulmamakta ve bu şekilde ulaşılması en zor noktalar bile rahatlıkla okunabilmektedir.

Sayaç otomasyonunun bir başka faydası ise enerji analizlerinin rahatlıkla yapılabilmesidir. Günümüzdeki elektrik sayaçları enerji endekslerinin yanında gerilim, akım, güç faktörü ve hatta harmonik değerlerini de ölçebilen yapıdadır. Sayaç otomasyonu ile her nokta sürekli olarak izlenebildiğinden dolayı enerji kalitesi analizleri, yük tahminleri gibi birçok analiz rahatlıkla yapılabilir.

Sayaç otomasyonu yardımıyla teknik olmayan enerji kayıpları da minimize edilebilir. Sayaca müdahalenin algılandığı ve sayaç hafızasında saklandığı sayaçlar yaygınlaşmaktadır. Sayaç otomasyonu sayesinde bu müdahaleler anında tespit edilerek gerekli işlemler zaman kaybetmeden yapılabilir.

Tezin ilk bölümünde sayaç otomasyonundan ve bu uygulamanın getirecekleri anlatılmıştır. Sonraki bölümde uygulamada kullanılan haberleşme sistemlerinden bahsedilmiştir. Bu kısımda söz edilen sistemler bugün en yaygın olarak kullanılan sistemlerdir. Üçüncü bölümde ise endüstride ve sayaç otomasyonunda neredeyse standart olmuş olan iki haberleşme protokolü, Modbus-RTU ve IEC 61107 Mod C incelenmiştir. Tez bu iki protokolü destekleyen bir Microsoft Windows yazılımının Visual Basic 6.0 ile geliştirilmesiyle sonlanmıştır.

1.1. Sayaç Otomasyonu

Sayaç otomasyonu bir diğer adıyla AMR (Automated Meter Reading), enerji ölçüm cihazlarından (elektrik, gaz, su vb. sayaçları) verilerin otomatik olarak okunması ve okunan verilerin faturalama ve analiz amaçlı olarak veritabanı içeren bir merkezi istasyona iletilmesidir[1].

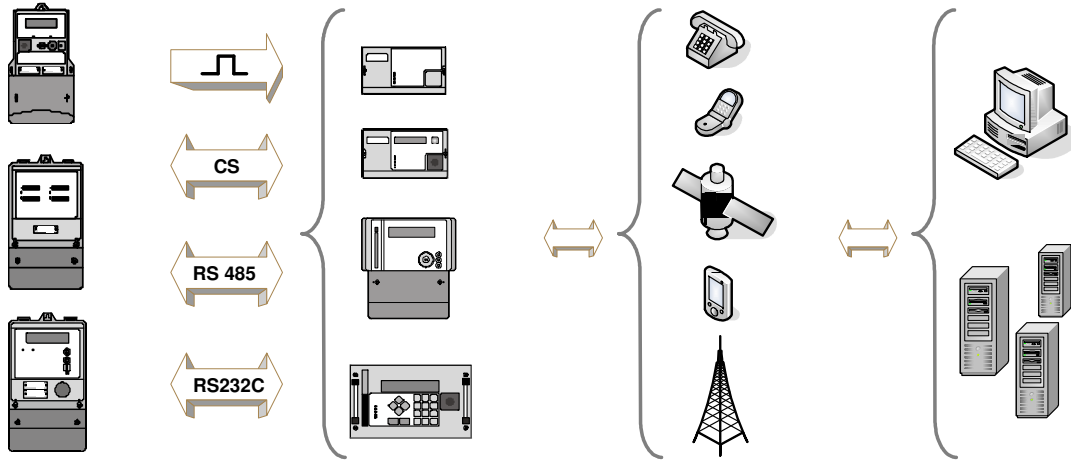
Bir AMR sisteminin getireceklerini şu şekilde özetleyebiliriz:

1. Daha hızlı okuma, okuma görevlisi sayısında ve işletme giderlerinde azalma,
2. Daha hassas sayaç okunması ve daha az fatura şikâyeti,
3. Köpek saldırısı, olumsuz hava gibi ters durumlarla çok daha az karşılaşma,
4. Günlük tüketimi önemli aboneler için daha sık okuma,
5. Market durumuna göre daha fazla müşteri kazanmak amacıyla, daha teşvik edici kompleks tarife oranları ayarlanması,
6. Okunması zor olan yerlerde (yüksek suç oranı, çok uzak vb.) görevli olmaksızın okuma,
7. Elektrik demandının kontrolü ve istek üzerine sayaç okuma imkânı[2].

Sayaç otomasyonunun en büyük getirisi teknik olmayan kayıpların minimuma indirilecek olmasıdır.

Bir elektrik şebekesi hiçbir zaman %100 hırsızlığa karşı güvenli olamaz. Çoğu sistemde hırsızlık oranı %1-2 olmasına karşın bunun finansal karşılığı çok büyük boyutlarda olabiliyor. ABD’de 1998 senesinde kaçak oranı %0,5 ile %3,5 arası olduğu tahmin ediliyor ve bu oranın karşılığı olarak, yıllık faturanın 280 milyar dolar olduğu düşünülürse, yaklaşık olarak 10 milyar dolar çalındığı söylenebilir[3].

AMR sistemlerinin yapısı genel olarak Şekil 1.1’de gösterilmiştir. Sisteme bakıldığında ilk katmanda sayaçları görülür. Kullanılan sayaçlar akıllı sayaç diye tabir edilen sayaçlardır. Akıllı sayaçlar kullanılan enerji miktarlarına ek olarak enerji hattındaki birçok elektriksel parametreyle ilgili de ölçüm yapar. Bir başka özellikleri ise çeşitli haberleşme çıkışları yardımıyla uzaktan okunabilmeleridir.



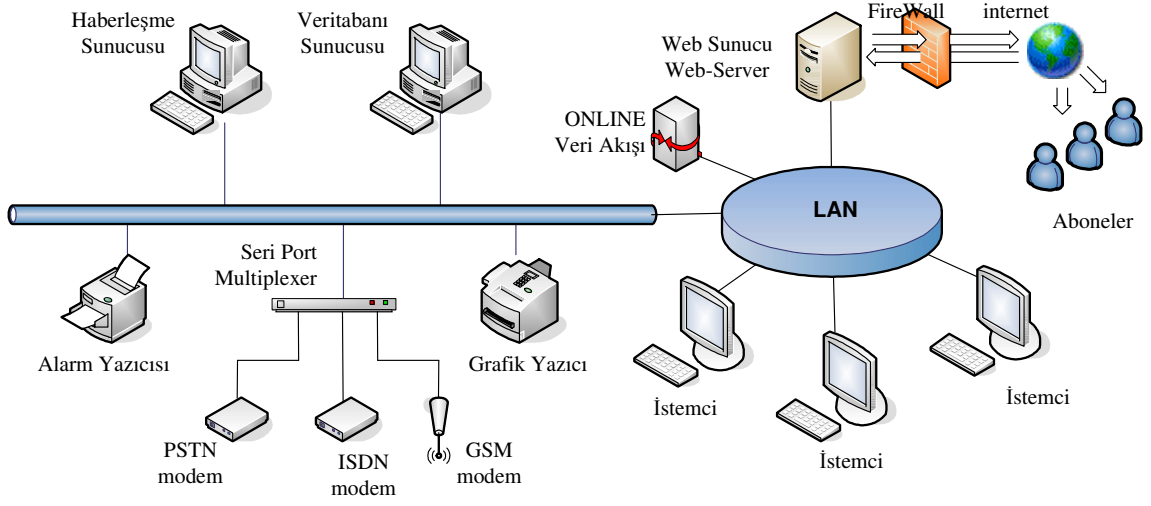
Şekil 1.1: Sayaç otomasyonu haberleşme yapısı

İkinci katmanda ise haberleşme ekipmanları bulunur. Bu ekipmanlar haberleşme tipine göre GSM, GPRS, PSTN modem, veri toplayıcı üniteler vb. olabilir. Amaçları bağlı oldukları sayaçlarla haberleşme bağlantısını sağlamaktır.

Bu katmandan sonra haberleşme katmanı vardır. Bu katman şehir telefon şebekesi, uydular vb. sistemler olabilmektedir. Verilerin toplandığı merkezi üniteyle haberleşme ekipmanları arası haberleşme için yol görevi görürler.

Son katman ise merkezi veri toplama ünitelerinin bulunduğu katmandır. Burada sayaç okuması emirleri verilir, okunan veriler veritabanında saklanır ve gerektiği zamanlarda faturalar ve raporlar oluşturulur.

Sayaç otomasyonunda merkezi veri toplama üniteleri birçok sunucudan oluşabilir. Bu sunucularının her birinin ayrı bir görevi olmaktadır. Bir sunucu sadece haberleşme işlemlerini gerçekleştirirken diğer bir sunucu veritabanı sunucusu olarak çalışabilmektedir. Sistemde bir internet sağlayıcısı görevi üstlenen bir sunucu da mevcut ise sistem aboneleri kendi tüketimlerini günlük olarak izleyebilmekte ve enerji politikalarını bu değerlere göre ayarlayabilmektedirler. Tipik bir sayaç otomasyonu merkezi istasyon donanım yapısı Şekil 1.2’de gösterilmiştir.



Şekil 1.2: Sayaç otomasyonu merkezi istasyon donanım yapısı

2. VERİ HABERLEŞMESİ

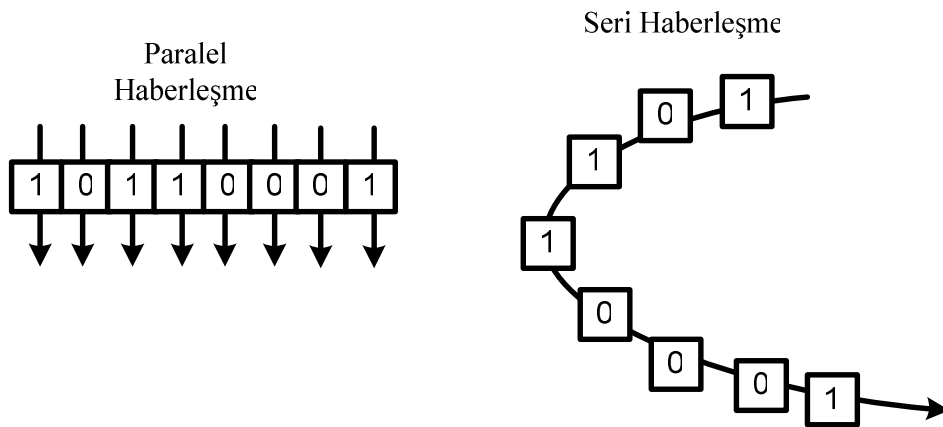
Veri haberleşmesini amacı bir veya birden çok birim arasında bilgi transferi sağlamaktır. Kural olarak, bu bilgi sayı veya harf karakterleri olabildiği gibi çizimler ve resimlerde olabilir[4].

Bilgisayarlar sıfır ve bir olmak üzere ikili düzende karakterleri işlerler. Her bir karakter “bit” olarak tanımlanır. Bir takım bit’lerin birleşmesiyle ikili karakter setleri oluşturulur. En yaygın olarak kullanılan ASCII sistemi 128 karakterden oluşur ve her bir karakter 7 bitten oluşmuştur. Her bir karakter bayt olarak tanımlanır[4].

Bilgisayarın içerisindeki diğer birimlerle iletişimde bütün haberleşme bu seviyede sürdürülmektedir. Bilgisayarlar harici diğer birimlerle haberleşmeye başladığında, haberleşmenin doğru olarak yapılabilmesi için birtakım faktörler ortaya çıkmıştır[4].

Veri en genel anlamda iki yolla iletilir. Bu yollar seri ve paralel iletişimidir[4].

Paralel haberleşme daha hızlı ve daha basittir çünkü bütün bir karakter tek bir seferde iletilir. Seri haberleşmede ise veriler belirli bir sırada parça parça iletilirler. Bu iki sistemin yapısı Şekil 2.1’de görülebilir[4].



Şekil 2.1: Paralel ve seri haberleşme

Seri haberleşme senkron ve asenkron olmak üzere iki ayrılmaktadır. Senkron haberleşmede haberleşme hızı bir saat sinyaliyle belirlenir ve haberleşmenin ne zaman başlayacağı ne zaman biteceği bellidir. Asenkron haberleşmede ise veriler bir başlangıç karakteriyle başlar ve bir bitiş karakteriyle son bulur. Seri haberleşmenin %90-95'i asenkron haberleşmedir[4].

2.1. Alıcılar ve Vericiler

Haberleşme alanında donanımlar alıcı veya verici olarak tanımlanır. Örnek olarak bir bilgisayar ve bir robottan her ikisi de alıcı ve verici olabilir[4].

Haberleşme tek yönlü olduğu takdirde, örnek olarak bir bilgisayarın bir motora “dur” veya “çalış” dediği durumlardaki haberleşmeye “tek yönlü” (simplex) iletişim denir. Eğer motor komuta bir cevap veriyorsa bu haberleşme tipine ise “çift yönlü” (duplex) haberleşme denir[4].

“Yarı çift yönlü” (half-duplex) haberleşme tipinde her iki cihaz da hem verici hem alıcıdır. Yani hem komut gönderir hem komut alırlar fakat aynı anda veri transferi yapmazlar[4].

“Tam çift yönlü” (full-dupleks) haberleşme tipinde ise her iki cihaz da aynı anda veri alıp verebilir. Örnek olarak telefon hatları gösterilebilir[4].

2.2. Şeffaf Haberleşme

İki modemi bir ağ oluşturmak için birbirine bağladığımızda eğer modemler haberleşme mesajlarına karışmazsa bu tip haberleşmeye şeffaf haberleşme denir. Adına neden şeffaf dendiğini “ne girse o çıkar” sözü en iyi biçimde açıklar[4].

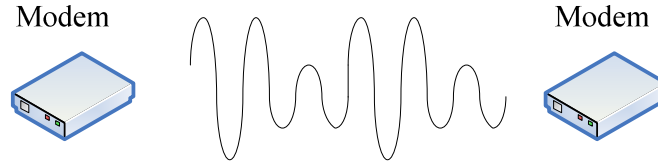
2.3. Ana/Uydu Yapısı ve Adreslemesi

Endüstriyel ağların büyük bir çoğunluğu bir dizi ana (master) cihazın uydu (slave) cihazlara mesaj gönderdiği ve karşılığında uydu cihazların cevap verdiği ana – uydu yapısından oluşmaktadır. Ana, uydu adresi içeren bir mesaj gönderir. Uydu, kendi adresini algılar ve komutta içerilen işlemi gerçekleştirir. İşlem bittiğinde ana cihaza onay mesajı gelir ve ana diğer uydu cihazla aynı işlemi devam ettirir. Bütün uydulara gönderilen mesaja ise “yayınlama” (broadcasting) mesajı denir. Bu, bütün uydu cihazların aynı işlemi gerçekleştirmesi istenildiğinde kullanılır[4].

2.4. Haberleşme Hızı

Optimum haberleşme hızı mümkün en hızlı haberleşme hızı değildir. Bunun nedeni haberleşme hatalarının haberleşme hızının artmasıyla birlikte çoğalmasıdır. Maksimum hızı ayarlayan kablo ve mesafedir. Amaç en güvenilir haberleşmeyi sağlamaktır[4].

Haberleşme hızı saniyedeki bit sayısıyla ölçülür. Dijital bir sinyali haberleşmede kullanılacak sinyale dönüştürmek için modem kullanılır. Şekil 2.2’de görüldüğü gibi modem sinyal dönüştürür ve baud rate saniyede kaç defa sinyalin dönüştürüleceğini belirtir. Her bir dönüşüm alıcının modeme gönderilen bir pakettir[4].



Şekil 2.2: Haberleşme hızı

2.5. Haberleşme Arayüzleri

Fiziksel haberleşme arayüzü birimlerin birbirleriyle nasıl bağlanacağını belirler.

2.5.1. RS-232 Standardında Haberleşme

Bilgisayarın seri portu üzerinden 9 veya 25 pin V.24 standardında haberleşme, veri haberleşmesinde en çok kullanılan arayüzdür. V.24 standardında kablo uzunluğu maksimum 15 metre olması önerilir[4].

RS-232 her zaman en popüler arabirimlerden biri olmuştur. Hemen hemen her PC’de bir RS-232 yer almaktadır. Öte yandan mikrokontrolörlerde ve bağlı oldukları cihazlarda çok büyük bir iş yükünü kaldırmaktadır. RS-232 en sık modem bağlantısında kullanılır, ancak veri toplama modüllerinde, test cihazlarında ve kontrol devrelerinde de sıkça görülmektedir. İki bilgisayar arasında basit bir link için de kullanılabilir[5].

RS-232 haberleşme hattında belirlenmiş en yüksek haberleşme hızı 20.000 bps’dir[5].

PC'deki standart seri port birçok bakımdan RS-232 standardını karşılar. Arabirimin sinyal fonksiyonları, bacak yerleşimi ve diğer karakteristikleri TIA (The Telecommunications Industry Association) tarafından yayımlanan dokümanda yer almaktadır. Standart ilk ortaya çıktığı 1960'lardan bu yana epeyce revizyona uğramıştır. Son olarak 1997 tarihli TIA/EIA-232-F mevcuttur. Öncekiler EIA (Electronics Industries Association) sürümleridir. Ancak, artık bu fonksiyonu TIA üstlenmiştir[5].

RS (Recommended Standard), tavsiye edilen standart anlamına gelmektedir. Standart üç noktayı tanımlar: Linkteki sinyallerin fonksiyonları ve isimlerini, elektriksel karakteristiklerini ve arabirim mekanik yönlerini[5].

Standart, terminal ucuna veri terminal ekipmanı, DTE (Data Terminal Equipment) adını vermiştir. Modem ucu ise devre-tamamlama ekipmanı, DCE (Data Circuit-terminating Equipment) olarak adlandırılmıştır. Aslında linkteki hangi cihazın DTE hangisinin DCE olduğu önemsizdir, ikisinin birden olması önemlidir[5].

Sinyaller DTE perspektifinden isimlendirilmiştir. Örneğin, TD (Transmit data), bir DTE'de çıkışken, bir DCE'de giriş olur. Yine RD (Receive Data) bir DTE'de giriş bir DCE'de çıkıştır[5].

Standart, arabirimde 25 hat olduğunu söyler. Ne var ki gerek PC'lerin gerekse diğer cihazların pek azı, Tablo 2.1'de gösterilen dokuz sinyalden fazlasını destekler. Hatta bazı cihazlar yalnızca üç hattı karşılar. Tek hattı kullananlar dahi bulunmaktadır. İlave sinyaller senkron modemlerde, ikinci iletim kanallarında ve iki hızlı modemlerde iletim hızının seçiminde kullanılmak üzere geliştirilmişlerdir[5].

İki yönlü RS-232 iletişimin zorunlu üç sinyali vardır:

- TD. Veriyi DTE'den DCE'ye taşır. TX ya da TXD de denilmektedir.
- RD. Veriyi DCE'den DTE'ye taşır. RX ya da RXD de denilmektedir.
- SG. Toprak sinyali. GND ya da SGND de denilmektedir.

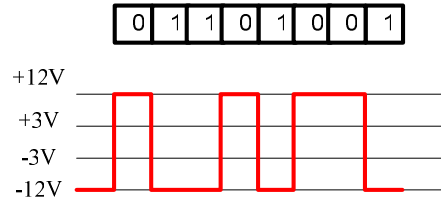
Bunlar dışındaki sinyaller kontrol sinyalleridir ve bir cihazın iletişim anındaki durumuyla veya telefon hattındaki taşıyıcı sinyalin ya da zil sinyalinin durumuyla ilgilidirler[5].

Tablo 2.1: RS-232 En çok kullanılan dokuz sinyali

Pin (9-pin)	Pin (25-pin)	Sinyal	Kaynak	Tip	Tanım
1	8	CD	DCE	Kontrol	Carrier detect
2	3	RD	DCE	Veri	Received data
3	2	TD	DTE	Veri	Transmitted data
4	20	DTR	DTE	Kontrol	Data terminal ready
5	7	GND	-	-	Signal ground
6	6	DSR	DCE	Kontrol	Data set ready
7	4	RTS	DTE	Kontrol	Request to send
8	5	CTS	DCE	Kontrol	Clear to send
9	22	RI	DCE	Kontrol	Ring indicator

RS-232'nin lojik düzeyleri pozitif ve negatif voltajlarla gösterilir. RS-232'nin veri çıkışında (TD), bir lojik 0, +5V'a eşit veya daha pozitif olarak tanımlanır. Lojik 1 ise 5V'a eşit veya daha negatif olarak tanımlanır. Diğer bir deyişle, sinyaller negatif lojik kullanır, yani daha negatif voltaj lojik 1'dir. Kontrol sinyalleri de aynı voltajlarla fakat pozitif lojik ile çalışırlar. Pozitif voltaj fonksiyonun açık olduğunu negatif voltaj ise kapalı olduğunu belirtir[5].

RS-232 hattıyla uzun bir kablo ile veri taşınmasında, sinyalin alıcıya ulaşması sırasında, voltajın zayıflaması veya gürültü yaratması muhtemeldir. Şekil 2.3'de görülebileceği gibi +3V'dan daha pozitif bir giriş RD'de lojik 0, ya da kontrol girişinde Açık'tır. -3V'dan daha negatif bir giriş RD'de lojik 1, veya kontrol girişinde Kapalı'dır. Standarda göre -3V ile +3V arasındaki bir girişin lojik düzeyi belirsizdir[5].

**Şekil 2.3:** RS-232 gerilimleri

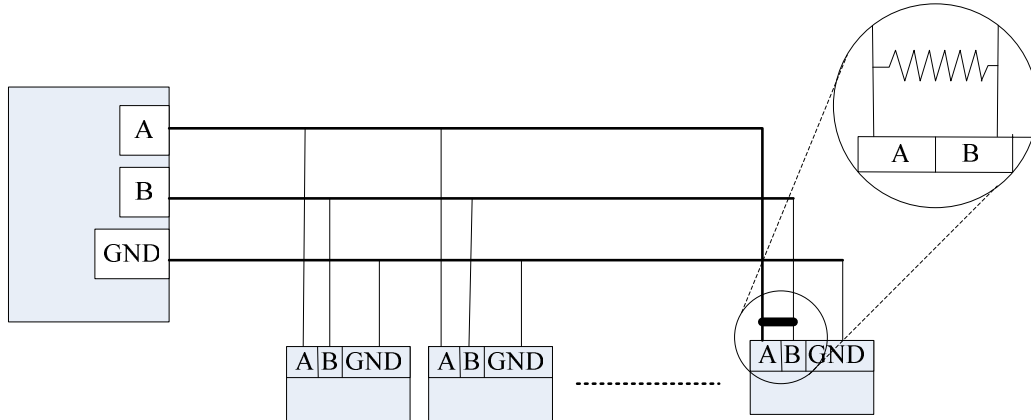
2.5.2. RS-485 Standardında Haberleşme

V.11/ES-422 endüstriyel uygulamalar için uygun olan bir standarttır. Bir merkez bilgisayar ve birden fazla terminal arası haberleşme için yapılandırılmıştır. RS-422 10 birim için geliştirilmiştir[4].

RS-485 ise RS-422'nin güncelleştirilmiş sürümüdür. 32 birime kadar desteklemektedir ve birçok ana/uydu gruplu haberleşmede kullanılabilir. Maksimum 1200 m haberleşme mesafesi önerilmektedir[4].

RS-485 her bir slave'in adreslenebildiği iki telli sistemlerde kullanılabilir. İki telli sistemlerde veri yönü kontrol edilmelidir. Bu el sıkışma sinyaliyle (RTS/DTS) veya veri akışı vasıtasıyla gerçekleştirilebilir. Bağlı birimler, üç-hal olarak tanımlanan ve aktif olmayan iletinin yüksek empedans durumuna geçebildiği ve dolayısıyla hattı yüklediği özellikte olmalıdır[4].

Haberleşme hattını, hattın karakteristik empedansına eşit olan bir empedansla Şekil 2.4'de görüldüğü gibi sonlandırmak önerilmektedir. RS-422 ve RS-485 için 120 Ω 'luk bir direnç önerilmektedir. Sonlandırmanın amacı kablonun sonunda verinin yansımalarını önlemektir[4].



Şekil 2.4: RS-485 sonlandırma direnci

RS-232'den RS-485'e dönüştürücü cihazlar mevcuttur. Bu işlem gerçekleştirilirken RS-485 sürücüsünün bazen üç-hal veya alıcı durumuna geçmesi gerektiği unutulmamalıdır. Normalde RTS sinyali RS-232 devresinden kontrol edilerek bu durumu kontrol eder. Düzgün olarak çalışabilmesi için RTS sinyalinin veri iletilirken yüksek olması ve geriye cevap alırken düşük olması gerekmektedir. Eğer RTS sinyali mevcut değilse gelen veri akışını izleyen dönüştürücüler kullanılmalıdır[4].

Tablo 2.2’de değişik tip haberleşme standartları karakteristiklerini görebilirsiniz.

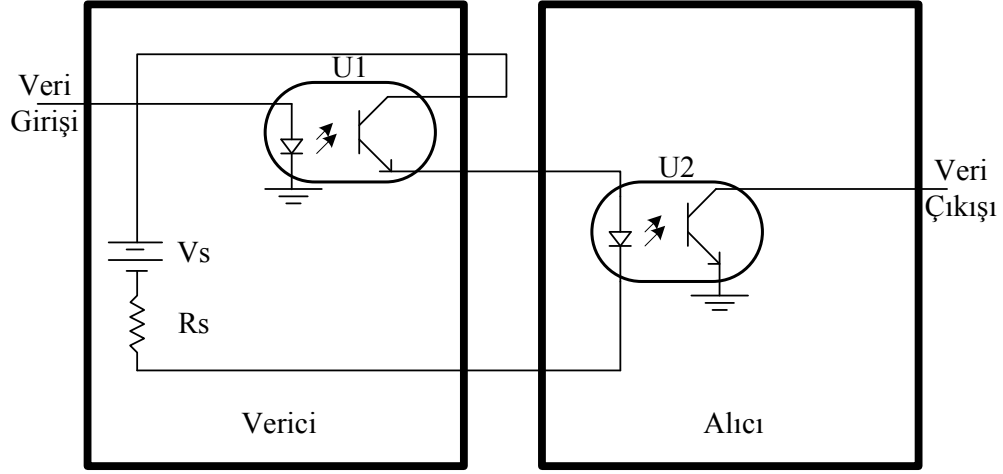
Tablo 2.2: RS-232, RS-422 ve RS-485 karakteristik özellikleri

ÖZELLİK		RS232	RS422	RS485
Tek Bir Hattaki Birim Sayısı		1 SÜRÜCÜ 1 ALICI	1 SÜRÜCÜ 10 ALICI	32 SÜRÜCÜ 32 SÜRÜCÜ
Maksimum Kablo Uzunluğu		15 metre	1200 metre	1200 metre
Maksimum Haberleşme Hızı		20kb/s	10Mb/s	10Mb/s
Maksimum Sürücü gerilimi		+/-25V	-0,25V ile +6V	-7V ile +12V
Sürücü Çıkış Sinyali Seviyesi (Yüklü Min.)	Yüklü	+/-5V ile +/- 15V	+/-2.0V	+/-1.5V
Sürücü Çıkış Sinyali Seviyesi (Yüksüz Maks.)	Yüksüz	+/-25V	+/-6V	+/-6V
Sürücü Empedansı (Ohm)		3k ile 7k	100	54
Alıcı Giriş Gerilimi Aralığı		+/-15V	-10V ile +10V	-7V ile +12V
Alıcı Giriş Hassasiyeti		+/-3V	+/-200mV	+/-200mV

2.5.3. 20 mA Akım İlmîği Haberleşmesi

Uzun mesafelerde sıradan bakır iletken kullanarak haberleşmenin büyük bir problemi haberleşmenin güvenilir olmaması ve girişimin yüksek olmasıdır. Genellikle daha güvenilir sonuç alınması için haberleşme hızı düşürülür. Bu gibi hatlarda güvenilirliği artırmak için denenmiş ve test edilmiş bir yöntem ağ üzerinde akım iletmektir. Akım ilmîği bilinen en eski yöntemlerden biridir[4].

1960’lı yılların başlarına kadar uzun mesafelerde haberleşme için 60 mA akım ilmikleri kullanılmıştı. 1962 yılında yeni çıkan bir cihazla (Model 33 teleprinter) 20 mA akım ilmîği kullanılmaya başlandı ve yaygınlaştı. Yaygınlaşmasının en büyük sebebi uzak mesafe haberleşmesinde en düşük maliyetli çözümü sunmasıydı. 20 mA akım ilmîği 600 metre mesafelerde 19,2 kbps haberleşme hızını desteklemektedir ve 300 bps haberleşme hızında çok daha uzun mesafeler üzerinde haberleşme sağlanabilmektedir[6].



Şekil 2.5: Akım ilmiği devre şeması

20 mA akım ilmiğinin en büyük problemi hiçbir mekanik veya elektriksel standardının olmayışındır. Bu her bir arayüzü tek ve benzersiz yapmaktadır. Bu sebepten dolayı kullanıcı kullanılan devre hakkında teknik bilgiye sahip olmak zorundadır[6].

Şekil 2.5 devre şemasını kullanarak aşağıdaki formüller ve sonuçlar çıkartılabilir.

$$\text{Döngü Akımı} = (V_s - V(\text{verici}) - V(\text{alıcı}) / R_s \quad (2.1)$$

Tipik optokuplörlerde $U_1=0,2V$

İncelemeye geçerseniz:

$$V(\text{alıcı}) = 1.8V$$

Eğer $V_s=12V$ ve $R_s=470\Omega$;

$$\text{Döngü Akımı} = (12 - 0,2 - 1,8)/470=21.3mA \quad (2.2)$$

Eğer $V_s=60V$ ve $R_s=470\Omega$;

$$\text{Döngü Akımı} = (60 - 0,2 - 1,8)/470=123mA \quad (2.3)$$

Görüldüğü üzere cihaz karakteristikleri haberleşme hattının karakteristiğini etkilemektedir. Bir uygulama yapılması için cihaz karakteristiklerinin son derece iyi şekilde bilinmesi gerekmektedir.

2.5.4. Telefon Hattı Üzerinden Haberleşme

Telefon hattı üzerinden haberleşme alıcının bağlı olduğu modemin aranması ve modemin bu çağrıya cevap vermesi anlamına gelir. Arayan ve aranan modemlerin her ikisi de aynı şebeke üzerinde olmalıdır.

Sözü edilen telefon şebekesi ülkenin kullandığı hatlar olabildiği gibi cep telefonu şebekeleri de olabilmektedir.

Telekomünikasyon şebekesi haberleşme hızı 2.400 bps ile 56.000 bps arasında değişmektedir ve bu hızı sadece modemler belirlemez. Telekomünikasyon hattı da bu hızın belirlenmesinde önemli bir etkidir[4].

Telefon hattı üzerinden haberleşmede kabul edilmiş standartlara uymak çok önemlidir. Bunun nedeni alıcı ve verici modemlerin her iki tarafta da ne tür cihazlar kullanıldığını bilmeye imkânlarının olmamasıdır. Standartları Tablo 2.3’de görebilirsiniz.

Tablo 2.3: Standartlar ve haberleşme hızları

Standart	Haberleşme Hızı
V.21	300 bit/s
V.22	1.200 bit/s
V.22 bis	2.400 bit/s
V.32	9.600 bit/s
V.32 bis	14.400 bit/s
V.34	28.800 bit/s
V.34 bis	33.600 bit/s
V.90	56.000 bit/s

Telefon modemi kontrol edebilmek için talimatlara ihtiyaç vardır. Hayes Microcomputer Products firması standart olmuş olan bir talimat dili geliştirmişlerdir.

Bu dil Hayes komutları olarak bilinir. Tablo 2.4’de sık kullanılan komutlardan bazıları gösterilmiştir.

Tablo 2.4: Sık kullanılan Hayes komutları

AT	A/ ve +++ dışındaki bütün komutların başında bulunur.
A	Gelen çağrıyı cevaplamak için kullanılır.
A/	Son komutu tekrar eder
B4	300 bps protokolü
B5	1200 bps V.22 protokolü
B6	2400 bps V.22/bis protokolü
B7	4800 bps V.32 protokolü
B8	9600 bps V.32 protokolü
B9	14,400 bps V.32 bis protokolü
Ds	Arama komutu
DP	Arama komutu. Pulse tipi.
DS	Kayıtlı numara arama komutu
DT	Arama komutu. Tone tipi.
@	5 saniye bekle
,	Bekleme
D;	Komut modunda devam et.
P	Pulse araması.
Sn=N	Register n değerini N yap.
S0=N	Otomatik cevap çalma sayısını N yap.
U	Sistem parolasını güncelle.
X,X0, X1	Çevir sesi bekleme, meşgul yok.
X2, X4	Çevir sesi bekle, meşgul yok
X3	Çevir sesi bekleme, meşgul tanınıyor.
Z	Reset komutu
&V	Saklanan profilleri göster
&Zn=s	Telefon numarası sakla
+++	Çıkış kodu

2.5.5. GPRS ile Haberleşme

Markete yeni giren teknolojilerden biri de GPRS (General Packet Radio Service). GPRS GSM teknolojisinin bir uzantısıdır. GPRS ile veri paketlenir ve GSM ağı üzerinde internette olduğu gibi iletilir. Veri paketleri işaretlenir ve böylece band genişliğine bağlı olarak hedeflerine herhangi bir mevcut yoldan ulaşabilirler. İletim noktasında tekrar birleştirilir ve kullanılırlar. Gerçekte her cihaz çevrimiçi olacak ve veri iletmeye ve almaya müsait olacaktır aynı internete bağlı bir sunucu gibi[7].

Diğer telekomünikasyon teknolojileri gibi GPRS teknolojisi de çok hevesli bir şekilde geliştirilmiş ve 85 kbps haberleşme hızını sunmuştur. Pratikte bu hızları sağlayamasa da bile GSM'in bugün sunduğu 9600 bps hızın çok ötesindedir. Daha da önemlisi GPRS ile haberleşme zaman bazlı arama masraflarının aksine kilobayt başına “centlerle” ifade edilmektedir[7].

GPRS genelde “2.5G” olarak tanımlanır, yani ikinci (2G) ve üçüncü (3G) mobil telefon teknolojileri arasındadır. GSM ağındaki kullanılmayan TDMA (Time Division Multiple Access) kanallarını kullanarak ortalama bir hız sağlar[8].

GPRS eski CSD (Circuit Switched Data) bağlantısından farklıdır. CSD’de bir veri bağlantısı bir devre oluşturur ve tüm band genişliğini devrenin ömrü boyunca buraya sağlar. GPRS ise paket değişimlidir, yani birçok kullanıcı aynı iletim kanalını sadece iletecek verileri olduğunda kullanır. Bu demektir ki mevcut band genişliği o anda veri alışverişi yapan kullanıcılara atanabilir[8].

GPRS hızı atanan TDMA kanallarıyla direkt olarak alakalıdır. Tablo 2.5’de GPRS sınıflarını ve atadıkları kanalları görebilirsiniz.

Tablo 2.5: GPRS sınıfları

Sınıf	Downlink Kanalı	Uplink Kanalı	Aktif Kanal
1	1	1	2
2	2	1	3
3	2	2	3
4	3	1	4
5	2	2	4
6	3	2	4
7	3	3	4
8	4	1	5
9	3	2	5
10	4	2	5
11	4	3	5
12	4	4	5

2.5.6. Radyo Frekansı ile Haberleşme

Radyo frekansı iletimi dünyada uzun mesafeli haberleşme için bir dönüm noktası olmuştur. Genel olarak radyo frekansı yükseldikçe taşınabilen band genişliği miktarı artmaktadır. Bu yüzden GHz bandları en fazla genişliği sağlarlar. Ancak GHz bandları:

- Uydu ve karasal mikrodalga frekanslarıyla paylaşılırlar,

- Doğrusaldırlar (iletim noktaları optik olarak birbirini görmelidir),
- Atmosferik şartlardan etkilenir ve oksijen tarafından absorbe edilirler[9].

Yirminci yüzyılın başlarında ilk transatlantik radyo işaretleri Guglielmo Marconi tarafından İngiltere'den Newfoundland'a iletilmiştir. Bunu takriben radyo haberleşmesi sürekli bir biçimde gelişmiştir. Radyo haberleşmesi ve prensipleri günümüzde halen yaygın bir şekilde kullanılmaktadır[9].

Frekans spektrumunda yer alan değişik bandlar için frekans aralıkları Tablo 2.6'da belirtilmiştir[9].

Tablo 2.6: Radyo frekansı spektrumları

Band Adı	Frekans Aralığı	Dalga Şekli Adı
VLF	3-30kHz	Mirametrik
LF	30-300kHz	Kilometrik
MF	300-3000kHz	Hektometrik
HF	3-30MHz	Dekametrik
VHF	30-300MHz	Metrik
UHF	300-3000MHz	Desimetrik
SHF	3-30GHz	Santimetrik
EHF	30-300GHz	Milimetrik
IR	300-3000GHz	Desimilmetrik

Radyo frekansları genel olarak yayınımları bazında üç türlü sınıflandırılabilir:

- Kara dalgası
- Gökyüzü dalgası
- Saçılmalı yayınımlar[9].

Kara dalgaları, dünya yüzeyi boyunca seyahat ederler. Kara dalgalarının üç türü bulunmaktadır. Yüzey dalgası, doğrusal dalga ve yer yansıtılmalı dalga. Binlerce

kilometre yayını için yüzey dalgası yayınında tipik olarak VLF ve LF işaretleri kullanılır. VHF, UHF, SHF ve EHF frekans bantları doğrusal dalga yayını kullanır. Doğrusal dalga uçuğu geçemeyeceğinden, bu tip yayını görüş hızı yayını olarak da bilinir. Tipik sistemlerde alıcı ve verici arasında 30-40 km mesafe olmalıdır. Yerden yansıtılmalı dalgalar, yansıtılmış bir dalga 180 derece faz kaymasına sebep olduğundan, genellikle haberleşme için zararlıdır[9].

Dünyanın atmosferine doğru yol alan gökyüzü dalgaları ya devam edip uzay boşluğuna çıkarlar veya üst atmosferde iyonize olmuş parçacıklar tarafından yansıtılırlar. Bu işaretin gücüne, işaretin iyonize olmuş tabakaya hangi açı ile çarptığına ve işaretin frekansına bağlıdır. Ayrıca iyonosfer tarafından yansıtılan işaretler gece vakti daha uzun mesafelere ulaşabilirler. İyonosfer “D” (50-100km), “E” (100-160km), F1 (150-250km) ve F2(250-400km) katmanlarından oluşur. Gece vakti “E” katmanı kaybolur ve F1 ve F2 katmanları birleşerek tek bir “F” katmanı oluştururlar (150 ile 400 km arasında herhangi bir konumda). “E” katmanı gece kaybolduğundan düşük frekanslı gökyüzü dalgaları atmosferde daha yükseklerle tırmanıp, “F” katmanında kırılırlar. Bu yüzden geceleri radyo cihazları daha fazla sayıda yayını istasyonuna ulaşırlar. MF ve HF işaretler genellikle gökyüzü dalgalarını kullanırlar. Genel olarak iletim ortamı çok değişken olduğundan bu frekanslar haberleşme için pek kullanılmazlar. Ek olarak düşük frekansları düşük bant genişliğine sebep olduğundan çok düşük sayıda kanalı desteklerler[9].

İyonosferden yansıyıp algılanabilecek maksimum kullanılabilir frekans şu şekilde hesaplanır[10].

$$f_{kritik} = 9 \times 10^{-3} \sqrt{N} \quad (2.4)$$

$$f_{muf} = \frac{f_{kritik}}{\sin \alpha} \quad (2.5)$$

N: Santimetre kare başına elektron yoğunluğu

α : Atak açısı

Başka bir yayını yöntemi ise saçılmalı yayınıdır. UHF/SHF aralığındaki doğrusal dalgalar iletildiğinde Troposfer ve Stratosfer’in yoğunluk karakterlerinden etkilenebilirler. Bu, dalgaların ileri, yana ve hatta geriye doğru kırılmasına sebep olabilir. Çok güçlü alıcıların, vericilerin ve büyük alıcı antenlerin kullanılması gereklidir. Fakat bu yan bant işaretleri 300 – 600 km mesafeyi katedebilirler. İşaret gücünde düşüş çok yüksektir ve işaret çeşitli gürültü kaynaklarından etkilenebilir[9].

Sinyal kalitesi alınan sinyalin girişime oranıyla ifade edilir Formülü (2.6)'da görülmektedir.

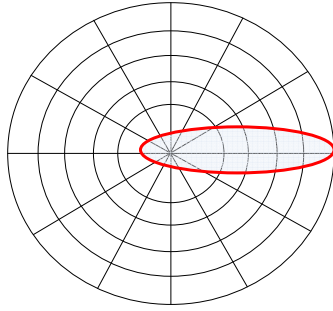
$$SNR = \frac{S}{N} \quad (2.6)$$

S: Alınan sinyal

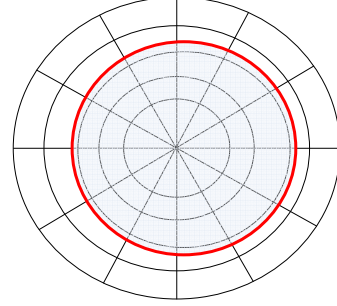
N: Girişim

Radyo haberleşmesinin düzgün şekilde çalışabilmesi için bilgiyi alıcı antenin en iyi algılayacağı şekilde gönderen bir anten tipi seçmek önemlidir. Bu seçim için ise en iyi yöntem deneme yöntemidir. Anten seçimini haberleşme mesafesi, konum, coğrafik çevre etkilemektedir[4].

Radyo frekansı ile haberleşmede çok yaygın olarak kullanılan iki anten tipi yayılım örüntüsü Şekil 2.6'da gösterildiği gibidir.



Yagi yayılım
örüntüsü



Dipol yayılım
örüntüsü

Şekil 2.6: Radyo frekansı yayılım örüntüleri

Dipol anteni dairesel bir yayılım sunar. Girişimle ilgili problemleri azaltmak ve radyo dalgalarını bir yönde yoğunlaştırmak için Yagi anteni gibi antenler kullanılmaktadır[4].

2.5.7. Fiber-optik Kablo ile Haberleşme

Fiber-optik endüstriyel ortamlarda veri iletiminde popüler olmaya başlamıştır. Bunun en büyük sebepleri uzun mesafelerdeki yüksek hızı ve bu hızlarda dahi elektromanyetik girişime tamamen bağımsız olmasıdır[4].

Haberleşme prensibi kablolu haberleşmeyle tamamen aynıdır.

Camın yansıtma katsayısı yaklaşık olarak 1,5 olduğundan dolayı cam bir fiber-optik kabloda haberleşme hızı yaklaşık olarak 200.000 km/s'dir. Fiber-optik bir kablo ile haberleşmede haberleşme mesafesi ışığın kablo içerisindeki dağılmasına bağlıdır ve bu dağılma da kablonun cinsine. Bu özelliklerinden dolayı bir fiber taşıma sistemi genellikle MHzxkm olarak karakterize edilir. Örnek olarak 500 MHzxkm'lik bir sistem 500MHz'lik bir sinyali 1 km boyunca veya 1000MHz'lik bir sinyali 0,5 km boyunca taşıyabilmektedir.

2.5.8. Enerji Hattı Üzerinden Haberleşme

Enerji hattı üzerinden haberleşme yani "Power Line Carrier (PLC)" veri sinyallerinin güç iletim hatlarına ilave edilerek gönderildiği sistemdir. 1950'li yıllarda tarife değişimi için kullanılmaya çalışılmıştır. Bu denemede 100Hz ile 3000Hz arası bir sinyal frekansı kullanılmıştır fakat sistem enerji hatlarındaki enerji kalitesini düşük olması sebebiyle yeterli güvenilirliği gösterememiştir[11].

Gelişimde kullanılan ilk teknikte 1950'li yıllarda birkaç 10kW'lık sistemlerde denemeler yapılmıştır. Sistem tek yönlü haberleşme sağlamaktadır ve sokak aydınlatmasında, yük kontrolünde ve tarife değişimde kullanılmıştır. Yeni sistemler ise 1980'li yılların başlarında geliştirilmiştir, farkı ise daha yüksek haberleşme hızıdır. 5 ile 500kHz arası frekanslar yaygın olarak kullanılmıştır. Sinyal, gürültü oranı sinyalin yayılımı kadar önemli olmuştur. 1980'lerin sonlarında ve 1990'ların başlarında ise çift yönlü haberleşme geliştirilmiştir. Bugün gelişmiş protokol teknikleri kullanılabilmektedir. Tahmin edilen gelecek GHz seviyelerinde çok daha fazla band genişliğinde haberleşmeye (Mbps seviyelerinde) olanak sağlamaktadır[12].

2.6. Haberleşme Yöntemleri Kıyaslaması

Değişik haberleşme yöntemlerinin kıyaslamasını Tablo 2.7’de görebilirsiniz.

Tablo 2.7: Haberleşme yöntemleri kıyaslama tablosu

Haberleşme Yöntemi	Artıları	Eksileri
Radyo haberleşmesi	<ul style="list-style-type: none">- Kurulum maliyeti ucuz- Kurulumu kolay	<ul style="list-style-type: none">- Sadece tek yönlü haberleşme- Pil ile çalışma
Telefon hattı üzerinden haberleşme	<ul style="list-style-type: none">- Düşük yoğunluktaki yerleşimler için ideal- Yerel telefon şebekesi fiyatları sabitse ucuz- İstenilen an okuma yapılabilir- Uzaktan enerji kesme ve verme işlemleri gerçekleştirilebilir	<ul style="list-style-type: none">- Müşteri telefon hattıyla girişim olma olasılığı- Telekom şebekesine bağımlılık
GSM Şebekesi üzerinden haberleşme	<ul style="list-style-type: none">- Telefon şebekesinin olmadığı fakat kapsama alanında olan yerler için uygun- Çok geniş alanları kapsama	<ul style="list-style-type: none">- Haberleşme maliyeti oldukça yüksek
Enerji hattı üzerinden haberleşme	<ul style="list-style-type: none">- Telekomünikasyon şebekesinden tamamen bağımsız- Yeni sayaçlar istenildiği an kolaylıkla sisteme adapte edilebilir	<ul style="list-style-type: none">- Şu an için düşük haberleşme hızı- Trafolarda yüksek maliyetli toplayıcı üniteler

3. TEMEL HABERLEŞME PROTOKOLLERİ

Haberleşme birçok değişik haberleşme protokolleri ile yapılabilmektedir. Sayaç otomasyonunda ve endüstride en yaygın kullanılan haberleşme protokolleri ise Modbus-RTU ve IEC 61107 protokolüdür.

3.1. MODBUS Haberleşme Protokolü

Modbus, Modicon tarafından programlanabilir lojik kontrolörleri (PLC) için tasarlanmış ana/uydu veya usta/çirak mimarisi temelli bir haberleşme protokolüdür. Endüstride son derece yaygın olarak kullanılan bir haberleşme protokolü olmuştur. Yaygın bir haberleşme protokolü olmasını aşağıdaki özelliklerine borçludur[13].

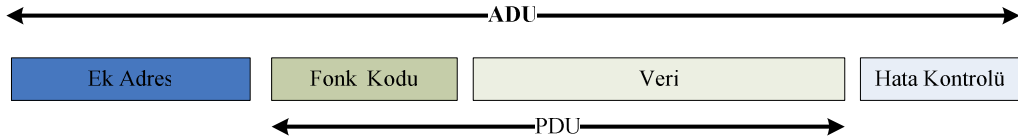
- Açık olarak yayınlanır.
- Birkaç gün gibi kısa sürelerde uygulanabilir.
- Sağlayıcı tarafında çok fazla kısıtlama getirmeden ham verileri iletir[13].

Modbus-RTU verinin kompakt ve ikili düzende gösterilmesidir. Modbus ASCII ise insan tarafından okunabilir ve gereksiz birçok veriye sahip biçimdir. Her iki protokol de seri tabanlıdır. RTU biçimi verilerin doğruluğunu kontrol etmek amacıyla “Döngüsel Artıklık Kontrolünü” (Cyclic redundancy check(CRC)) kullanırken ASCII biçimi “Boylamsal Artıklık Kontrolünü” (Longitudinal redundancy check) kullanır. Modbus/TCP ise Modbus-RTU gibidir, tek farkı verilerin TCP/IP veri paketleri içerisinde gönderilmesidir[13].

3.1.1. Modbus-RTU Haberleşme Komutu

Modbus-RTU protokolü haberleşme katmanlarından bağımsız bir protokol veri birimi (PDU) tanımlar. Modbus protokolü değişik haberleşme ağlarında uygulama veri birimi içerisinde (ADU) birtakım ek alanlar oluşturulmasını gerektirir[14].

Genel bir Modbus komut yapısı Şekil 3.1’de gösterilmiştir.

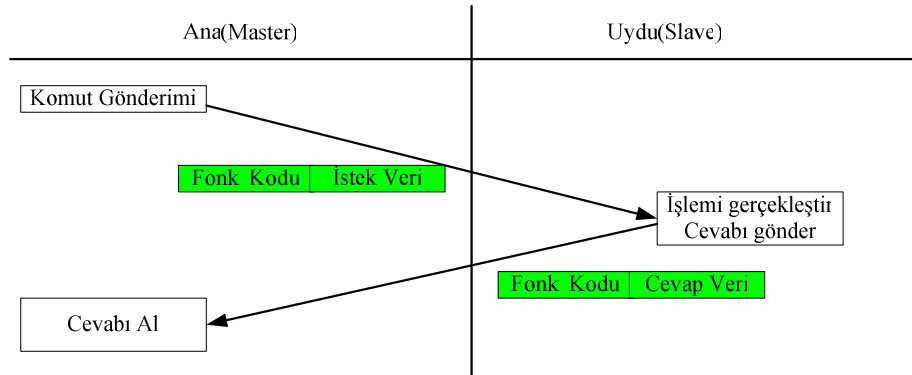


Şekil 3.1: Genel Modbus komutu yapısı

ADU, yani uygulama veri birimi, ne tür bir işlem yapılacağına dair bilgileri içerir. İşlem türü fonksiyon kodlarında belirtilir. Geçerli fonksiyon kodları 1...255 arası rakamlardır, fakat 128...255 arası normal dışı durumlar için saklanmışlardır. Fonksiyon kodu alanı bir bayt olarak belirtilen veri birimidir. Ana (master) tarafından bir istek uyduya (slave) gönderildiğinde fonksiyon kodu ne tür bir işlemin gerçekleştirileceğini bildirir. “0” fonksiyon kodu geçerli bir fonksiyon kodu değildir[14].

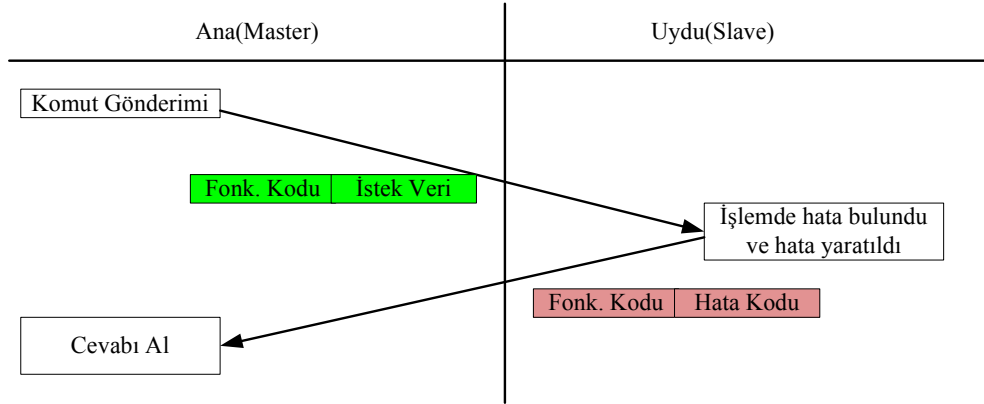
Veri alanı fonksiyon koduyla belirtilen fonksiyonun ayrıntılarını içerir. Bu kısım kayıt adreslerini, işlenecek veri miktarını ve veri baytı gibi değerleri barındırabilir. Veri alanı ek bir bilgi gerektirmeyen bazı fonksiyonlarda mevcut olmayabilir. Bu durumlarda fonksiyon kodu yapılacak işi tam anlamıyla anlatıyor demektir[14].

Eğer ana cihazdan uydu cihaza gönderilen komutta bir hata yoksa uydu cihaz ilgili fonksiyona ilişkin işlemi gerçekleştirir. Yapılan işleme göre uydu cihaz ana cihaza fonksiyon koduyla birlikte Şekil 3.2’deki gibi bir cevap gönderir[14].



Şekil 3.2: Modbus haberleşme komut gönderimi

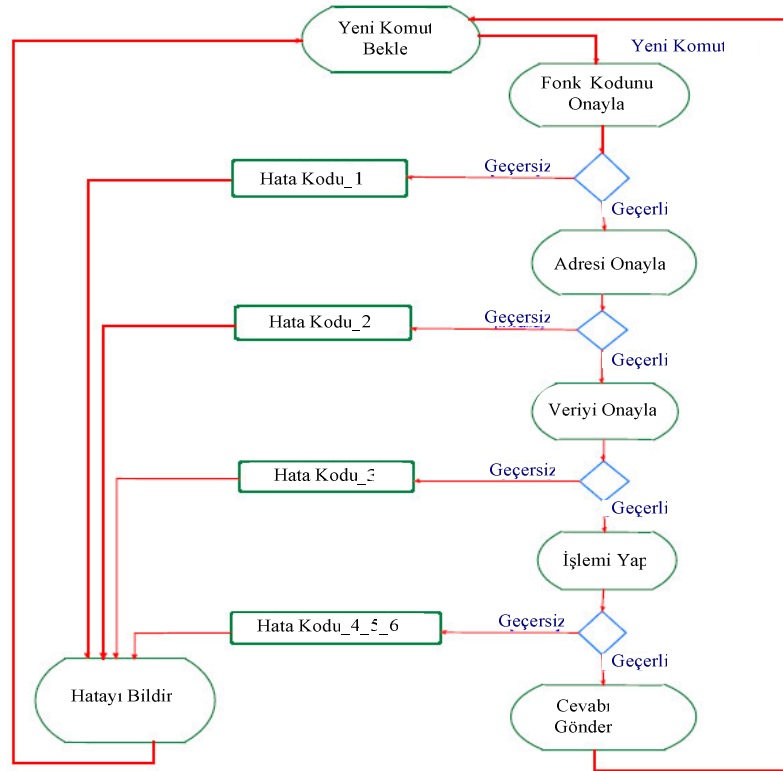
Normalin dışında bir durumda, uydu orijinal fonksiyon koduyla birlikte Şekil 3.3’de görüldüğü gibi bir hata mesajı döndürür[14].



Şekil 3.3: Modbus hata cevabı gönderimi

3.1.1.1. Modbus-RTU Komutunun İşlenmesi

Ana cihazdan alınan komuttan sonra uydu cihaz gelen fonksiyon koduna göre işlemi Şekil 3.4’de gösterildiği gibi gerçekleştirir.



Şekil 3.4: Modbus Uydu komut işlenmesi

3.1.2. Modbus-RTU Veri Kodlaması

Adreslerde ve veri elemanlarında modbus ‘big-Endian’ kodlamasını kullanır. Bu yöntemde eğer nümerik değer tek bir bayttan daha büyükse, en önemli bayt ilk önce gönderilir. Örnek olarak 16 bitlik 0x1234 verisini göz önüne alınırsa, ilk bayt 0x12, sonraki bayt ise 0x34 değerini gönderir[14].

3.1.3. Modbus-RTU Veri Adreslemesi

Modbus’da her veri 0 ile 65535 arası numaralarda adreslenmiştir. Cihaz içerisindeki veri modellemesi tamamen üreticiye özeldir.

3.1.4. Modbus-RTU Fonksiyon Kodları

Modbus fonksiyon kodları üç gruba ayrılmıştır[14].

3.1.4.1. Ortak Fonksiyon Kodları

- İyi tanımlanmışlardır,
- Eşsiz olmaları garantidir,
- MODBUS-IDA.org birliğince doğrulanmıştır,
- Ortak kullanım için belgelenmiştir,
- Uygunluk testi mevcuttur,
- Atanmış fonksiyon kodlarıyla birlikte, sonradan kullanım için ayrılmış fonksiyon kodlarını da içerir[14].

3.1.4.2. Kullanıcı Tarafından Belirtilmiş Fonksiyon Kodları

- İki aralıkta tanımlanmışlardır. Bu aralıklar 65...72 arası ve 100...110 arasındır.
- Spesifikasyonda belirtilmemiş olmasına rağmen kullanıcı bir fonksiyon kodu uygulayabilir.
- Belirtilen fonksiyon kodunun eşsiz olacağına dair bir garanti yoktur[14].

3.1.4.3. Rezerve Edilmiş Fonksiyon Kodları

- Ortak kullanım için ayrılmamışlardır, sadece belirli firmaların kullanımı için saklanmışlardır[14].

3.1.5. Modbus-RTU Veri Alanı

Veri alanı iki onaltılı gruptan oluşmuştur, aralığı 00 ile FF'dir. Ana cihazdan uyduya gönderilen komutta veri alanı, fonksiyon koduyla birlikte yapması gereken işlemi açıklayan bilgiler içerir. Örnek olarak; ana, bir grup kaydı "03" komutuyla okuması istiyorsa, veri alanı hangi kayıtların okunacağını ve ne kadar veri okunacağını içerir.

Eğer hiçbir hata oluşmazsa, uydu tarafından ana tarafına gelen cevapta veri alanı cevabın içeriğini içerir. Eğer bir hata olursa veri alanı hatanın açıklamasını belirten hata kodunu içerir[15].

3.1.6. Modbus-RTU Hata Kontrolü Alanı

Hata kontrolü alanı onaltı bitlik yani iki adet sekiz bitlik veriden oluşur. Hata kontrolü alanı değeri döngüsel artıklık kontrolünün (CRC) bir sonucudur. CRC alanı mesajın en sonuna eklenir. Bu işlem yapılırken ilk önce düşük sıralı bayt ilk önce, yüksek sıralı bayt ise en son eklenir[15].

Hata kontrolü alanı dışında, hata kontrolü için kullanılan bir başka yöntem de "parite" kontrolüdür.

Kullanıcı kontrolörleri parite kontrolü için "Tek(Odd)" veya "Çift(Even)" olarak belirtebilir. Eğer parite kontrolü istenmiyorsa "Yok(None)" olarak da seçim yapılabilir. Bu her bir karakterde parite bitinin nasıl ayarlanacağını belirtir. Eğer "Tek" veya "Çift" parite kontrolü seçilmişse "1" bitlerinin sayısı her bir karakter grubunda sayılacaktır. Parite biti bu sayıya ve seçilen parite tipine göre "0" veya "1" olarak ayarlanacaktır[15].

Örnek olarak RTU karakter dizimi 11000101 ise, burada "1" bitlerin sayısı dört. "Çift" pariteyi seçilmişse, parite biti "0" olacaktır. Bunun nedeni 4 artı 0'ın yine çift bir sayı olan 4 değerini vermesidir[15].

3.1.7. Seri Hattta Veri İletimi

Standart Modbus hattında veriler iletilirken oluşturuldukları sırayla yani soldan sağa doğru gönderilirler[15].

3.2. IEC 61107 Haberleşme Protokolü

IEC 61107, uluslararası standart olan ve şebeke sayaçlarını okumada sıklıkla kullanılan bir haberleşme protokolüdür. Özellikle Avrupa Birliği ülkelerinde kullanılır. Seri haberleşme kapısından ASCII veri gönderir. Fiziksel ortam LED tarafından gönderilen ışık darbeleri ve bunları algılayan fotodiyot veya bir çift tel olabilir[16].

Genel olarak protokol bir oturum açmayla başlar. Oturum açma işleminde okuma birimi bir sayaç numarası belirtir. Bu işlemten sonra okuma birimi ve sayaç uygulayabilecekleri maksimum haberleşme hızına karar verirler[16].

Protokol, beş alternatif protokol modu sunar. Bu modlar A, B, C, D ve E modlarıdır. A, B ve C protokol modlarında okuma yapan cihaz ana(master) gibi davranırken, D modunda sayaç ana gibi davranır[17].

3.2.1. IEC 61107 Haberleşme Mesajları

3.2.1.1. İstek Mesajı

Yapısı Şekil 3.5’de gösterildiği gibidir. Okuma cihazından sayaca gönderilen açılış mesajıdır. Cihaz numarası opsiyoneldir[17].

/	?	Cihaz Adresi	!	CR	LF
---	---	--------------	---	----	----

Şekil 3.5 IEC 61107 istek mesajı

/ : Başlama karakteri

? : Haberleşme isteği karakteri

! : Bitiş karakteri

CR+LF : Tamamlama karakteri (“Carriage Return” ve “Line Feed”)

Cihaz adresi seçime bağlı bir alandır. Üretici firmanın verdiği bir numaradır ve maksimum otuz iki karakterden oluşur. Karakterler 0...9 arası rakamlar, A...Z arası büyük ve küçük harfler ve “boşluk” olabilir. Adresin başındaki “0” karakterleri dikkate alınmaz. Hiçbir cihaz adresi gönderilmediğinde de gönderilen cihazlar komuta cevap verirler[17].

3.2.1.2. Tanımlama Mesajı

Yapısı Şekil 3.6’da gösterildiği gibidir. Sayacın istek mesajına cevabıdır[17].

/	X	X	X	Z	\	W	Tanımlama	CR	LF
---	---	---	---	---	---	---	-----------	----	----

Şekil 3.6: IEC 61107 tanımlama mesajı

/ : Başlama karakteri

XXX : Üretici tanımlama karakterleri

Z : Haberleşme hızı belirleme karakteri. Bu karakterin protokol moduna göre değişik anlamları olabilmektedir.

- **A modu:** Bu modda haberleşme hızı değişimi olmaz, yani sabittir. Bu modda karakterin bir önemi yoktur.

- **B modu:** Haberleşme hızı değişimi olan bir protokoldür. Bu karaktere göre haberleşme hızı ayarlanır. Haberleşme hızı ayar tablosu Tablo 3.1’de görülebilir.

Tablo 3.1: IEC 61107 Mod B haberleşme hız ayar tablosu

Z	Haberleşme Hızı [bps]
A	600
B	1200
C	2400
D	4800
E	9600
F	19200
G,H,I	Ayrılmış

- **C modu:** Haberleşme hızı değişimi olan bir protokoldür. Bu karaktere göre haberleşme hızı ayarlanır. Haberleşme hızı ayar tablosu Tablo 3.2’de görülebilir.

Tablo 3.2: IEC 61107 Mod C haberleşme hız ayar tablosu

Z	Haberleşme Hızı [bps]
0	300
1	600
2	1200
3	2400
4	4800
5	9600
6	19200
7,8,9	Ayrılmış

- **D modu:** Haberleşme hızı her zaman 2400 bps ve haberleşme karakteri her zaman “3” olarak atanmıştır.

\W : Dizi ayracı olarak kullanılır. Opsiyoneldir.

CR+LF : Tamamlama karakteri (“Carriage Return” ve “Line Feed”)

3.2.1.3. Onaylama ve Seçim Mesajı

Yapısı Şekil 3.7’de gösterildiği gibidir. Mod C ve E’de kullanılan gelişmiş fonksiyonların kullanımı içindir[17].

ACK	V	Z	Y	CR	LF
-----	---	---	---	----	----

Şekil 3.7: IEC 61107 onaylama ve seçim mesajı

ACK : Onaylama karakteri.

V : Protokol kontrol karakteri. Kontrol karakteri tablosu Tablo 3.3’deki gibidir.

Tablo 3.3: IEC 61107 protokol kontrol karakteri tablosu

V	Açıklama
0	Normal protokol prosedürü
1	İkincil protokol prosedürü
2	HDLC protokolü
3-9	Ayrılmış

Y : Mod kontrol karakteri. Mod karakteri tablosu Tablo 3.4’de gösterildiği gibidir.

Tablo 3.4: IEC 61107 mod kontrol karakter tablosu

Y	Açıklama
0	Veri okuması
1	Programlama modu
2	İkili düzen modu
3-5	Ayrılmış
6-9	Üretici tarafından belirlenmiş

CR+LF : Tamamlama karakteri (“Carriage Return” ve “Line Feed”)

3.2.1.4. Veri Mesajı

Yapısı Şekil 3.8’de gösterildiği gibidir. Cihazın normal cevap mesajıdır[17].

STX	Veri Bloğu	!	CR	LF	ETX	BCC
-----	------------	---	----	----	-----	-----

Şekil 3.8: IEC 61107 veri mesajı

STX : Çerçeve başlangıç karakteri (Start of Text).

! : Bitiş karakteri

CR+LF : Tamamlama karakteri (“Carriage Return” ve “Line Feed”)

ETX : Çerçeve bitiş karakteri (End of Text).

BCC : Veri kontrol karakteri (Block Check Character).

3.2.1.5. Programlama Komut Mesajı

Yapısı Şekil 3.9’da gösterildiği gibidir. Programlama ve blok şeklinde okuma için kullanılır[17].

SOH	C	D	STX	Veri Bloğu	ETX	BCC
-----	---	---	-----	------------	-----	-----

Şekil 3.9: IEC 61107 programlama komut mesajı

SOH : Başlık başlangıcı karakteri (Start of Header).

C : Komut mesajı tanımlayıcı karakteri. Programlama komut mesaj tablosu Tablo 3.5’de görülebilir.

Tablo 3.5: IEC 61107 programlama komut mesajları tablosu

C	Açıklama
P	Parola komutu
W	Yazma komutu
R	Okuma komutu
E	Çalıştırma komutu
B	Çıkış komutu

D : Komut tipi tanımlayıcı karakteri. Komut tipi tanımlayıcı karakterleri tablosu Tablo 3.6’da görülebilir.

Tablo 3.6: IEC 61107 komut tipi tanımlayıcı karakterleri

C	D	Açıklama
P	0	Güvenli algoritma için veri işleniyor
	1	Cihazda tutulan değer için veri işleniyor
	2	Üreticiye özel güvenli algoritma için veri işleniyor
	3-9	Ayrılmış
W	0	Ayrılmış
	1	ASCII kodlu veri yaz
	2	Biçimli haberleşme verisi yaz
	3	Kısmi ASCII kodlu veri yaz
	4	Kısmi Biçimli haberleşme verisi yaz
	5	Ulusal kullanım için ayrılmış
	6-9	Ayrılmış
R	0	Ayrılmış
	1	ASCII kodlu veri oku
	2	Biçimli haberleşme verisi oku
	3	Kısmi ASCII kodlu veri oku
	4	Kısmi Biçimli haberleşme verisi oku
	5-6	Ulusal kullanım için ayrılmış
	7-9	Ayrılmış
E	0-1	Ayrılmış
	2	Biçimli haberleşme verisi işle
	3-9	Ayrılmış
B	0	Tam oturum kapatma
	1-9	Ayrılmış

STX : Çerçeve başlangıç karakteri (Start of Text).

ETX : Çerçeve bitiş karakteri (End of Text).

BCC : Veri kontrol karakteri (Block Check Character).

3.2.1.6. Opsiyonel Kısmi Bloklı Programlama Komut Mesajı

Yapısı Şekil 3.10’da gösterildiği gibidir. Uzun mesajlar için kullanılan programlama ve blok şeklinde okuma mesajıdır[17].

SOH	C	D	STX	Veri Bloğu	EOT	BCC
-----	---	---	-----	------------	-----	-----

Şekil 3.10: IEC 61107 kısmi programlama komut mesajı

SOH : Başlık başlangıcı karakteri (Start of Header).

C : Komut mesajı tanımlayıcı karakteri Programlama komut mesaj tablosu tablo 3.7’de gösterilmiştir.

Tablo 3.7: IEC 61107 programlama komut mesajları tablosu

C	Açıklama
P	Parola komutu
W	Yazma komutu
R	Okuma komutu
E	Çalıştırma komutu
B	Çıkış komutu

D : Komut tipi tanımlayıcı karakteri. Tablosu Tablo 3.8’de görülebilir.

Tablo 3.8: IEC 61107 komut tipi tanımlayıcı karakterleri

C	D	Açıklama
P	0	Güvenli algoritma için veri işleniyor
	1	Cihazda tutulan değer için veri işleniyor
	2	Üreticiye özel güvenli algoritma için veri işleniyor
W	0	Ayrılmış
	1	ASCII kodlu veri yaz
	2	Biçimli haberleşme verisi yaz
	3	Kısmi ASCII kodlu veri yaz
	4	Kısmi Biçimli haberleşme verisi yaz
	5	Ulusal kullanım için ayrılmış
R	0	Ayrılmış
	1	ASCII kodlu veri oku
	2	Biçimli haberleşme verisi oku
	3	Kısmi ASCII kodlu veri oku
	4	Kısmi Biçimli haberleşme verisi oku
	5-6	Ulusal kullanım için ayrılmış
E	0-1	Ayrılmış
	2	Biçimli haberleşme verisi işle
B	0	Tam oturum kapatma

- STX** : Çerçeve başlangıç karakteri (Start of Text).
- EOT** : Kısmi blok sonu karakteri (End of Text Block).
- BCC** : Veri kontrol karakteri (Block Check Character).

3.2.1.7. Programlama Modu Veri Mesajı

Yapısı Şekil 3.11’de gösterildiği gibidir. Blok halinde veri transferi için kullanılır[17].

STX	Hata Kodu	ETX	BCC
-----	-----------	-----	-----

Şekil 3.11: IEC 61107 programlama modu veri mesajı

- STX** : Çerçeve başlangıç karakteri (Start of Text).
- ETX** : Çerçeve bitiş karakteri (End of Text).
- BCC** : Veri kontrol karakteri (Block Check Character).

3.2.1.8. Programlama Modu Kısmi Veri Mesajı

Yapısı Şekil 3.12’de gösterildiği gibidir. Blok ve kısmi veri transferi için kullanılır[17].

STX	Veri Bloğu	EOT	BCC
-----	------------	-----	-----

Şekil 3.12: IEC 61107 programlama modu veri mesajı

- STX** : Çerçeve başlangıç karakteri (Start of Text).
- EOT** : Kısmi blok sonu karakteri (End of Text Block).
- BCC** : Veri kontrol karakteri (Block Check Character).

3.2.1.9. Hata Mesajı

Yapısı Şekil 3.13’de gösterildiği gibidir.

STX	Hata Kodu	ETX	BCC
-----	-----------	-----	-----

Şekil 3.13: IEC 61107 hata mesajı

STX : Çerçeve başlangıç karakteri (Start of Text).

ETX : Çerçeve bitiş karakteri (End of Text).

BCC : Veri kontrol karakteri (Block Check Character).

3.2.1.10. Durdurma Mesajı

Yapısı Şekil 3.14’de gösterildiği gibidir.

SOH	B	0	ETX	BCC
-----	---	---	-----	-----

Şekil 3.14: IEC 61107 durdurma mesajı

SOH : Başlık başlangıcı karakteri (Start of Header).

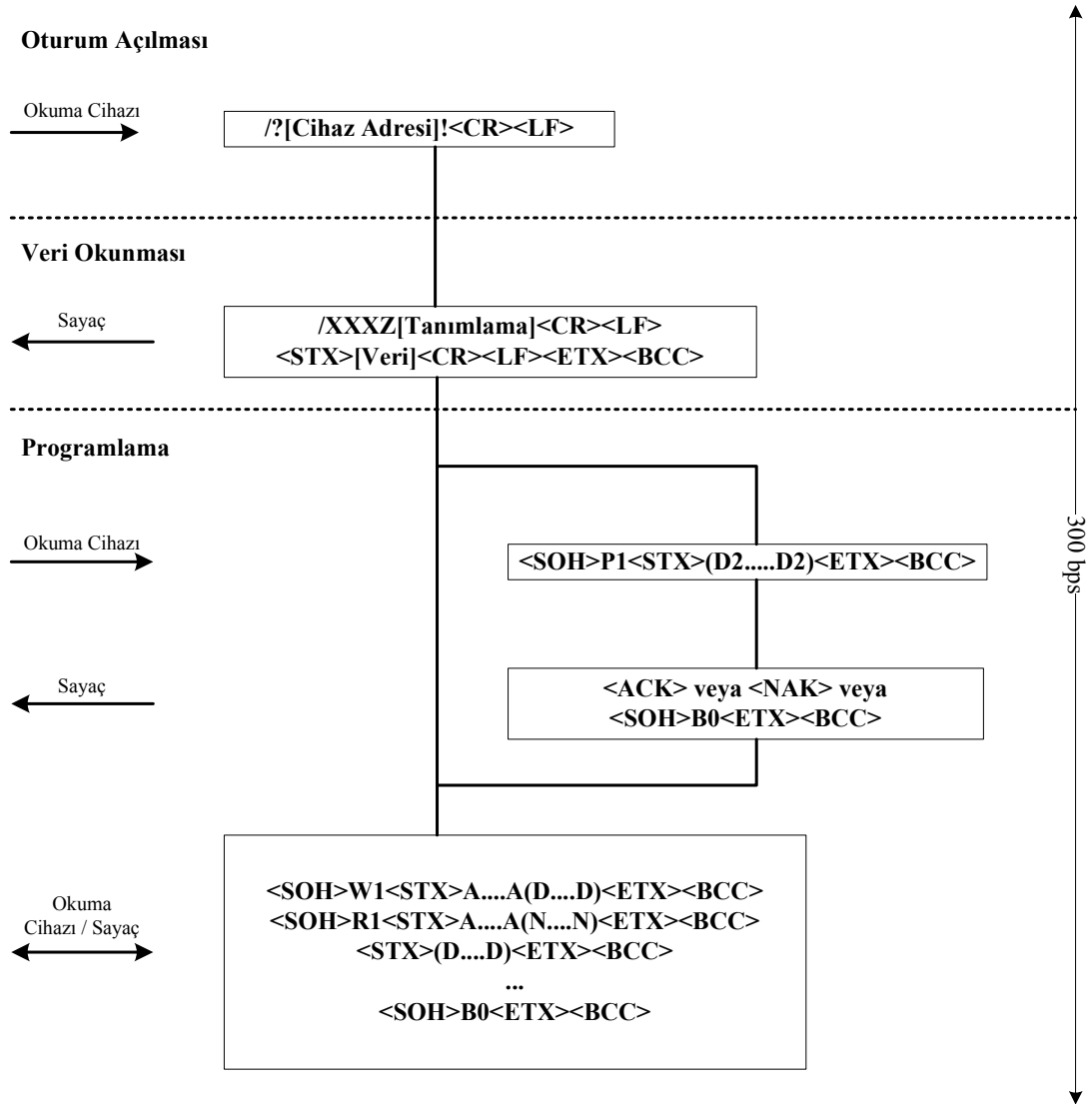
ETX : Çerçeve bitiş karakteri (End of Text).

BCC : Veri kontrol karakteri (Block Check Character).

3.2.2. IEC 61107 Haberleşme Modları

3.2.2.1. IEC 61107 Mod A

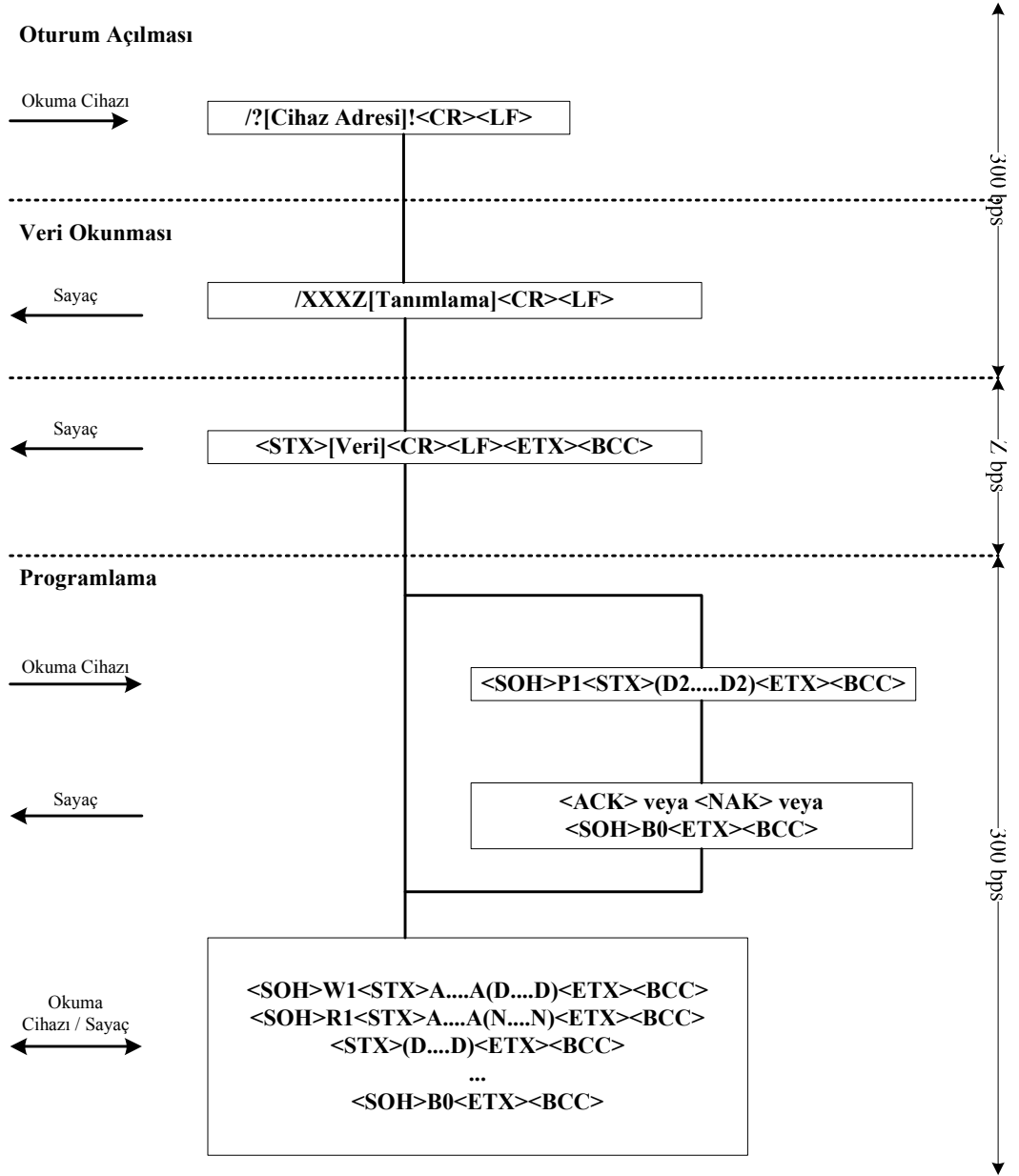
Yapısı Şekil 3.15’de gösterildiği gibidir. Protokol Mod A, sabit 300 bps haberleşme hızında çift yönlü veri alışverişi sağlar. Programlama moduna, veri okunması tamamlandıktan sonra programlama komutuyla girilebilir. Parola komut mesajı bu işlem için gereklidir[17].



Şekil 3.15: IEC 61107 Mod A haberleşme diyagramı

3.2.2.2. IEC 61107 Mod B

Yapısı Şekil 3.16’da gösterildiği gibidir. Protokol mod B değiştirilebilir haberleşme hızında çift yönlü veri iletimi sağlar. Tanımlama mesajından sonra cihaz veri iletimini durdurur. Bu süre içerisinde okuma yapan cihaz ve sayaç, tanımlama mesajında belirtilen haberleşme hızına göre haberleşme kapılarını ayarlarlar ve haberleşme yeni haberleşme hızında devam eder. Programlama moduna ise veri okunmasından hemen sonra geçilebilir. Bu işlem için 300 bps hızında programlama modu parolasını içeren komut mesajı gönderilir[17].



Şekil 3.16: IEC 61107 Mod B haberleşme diyagramı

3.2.2.3. IEC 61107 Mod C

Yapısı Şekil 3.17’de gösterildiği gibidir. Protokol Mod C haberleşme hızı değişimiyle çift yönlü veri iletimi sağlar. Veri iletimi veri okuma, programlama ve üretici tarafından belirtilen özel modları içerebilir[17] .

Haberleşme 300 bps hızında başlar, tanımlama mesajına göre bir onaylama mesajı sayaca gönderilir. Bu onaylama mesajında belirtilen haberleşme hızına göre haberleşme başlar.

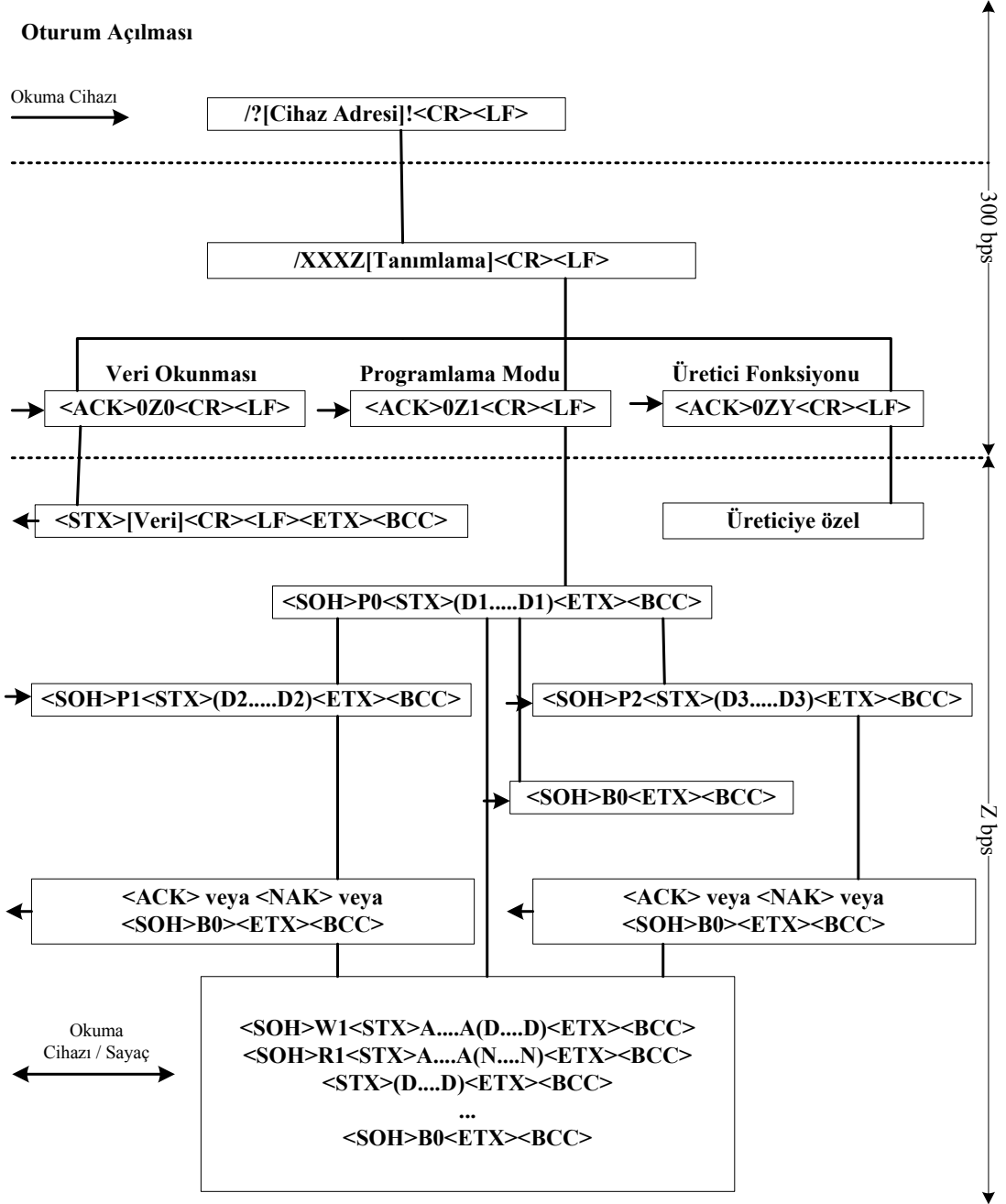
Eğer tanımlama mesajına cevap olarak bir cevap gönderilmez ise veya “Z” değeri “0” olarak gönderilmişse haberleşme 300 bps hızında devam eder. Haberleşme hızı “Z” hızına sadece tanımlama ve onay mesajlarındaki “Z” değerleri birbiriyle aynı ise geçer[17].

Programlama moduna geçiş için onay mesajının “<ACK>0Z1<CR><LF>” olarak gönderilmesi gerekmektedir. Aksi takdirde programlama moduna geçiş sağlanamaz. Yanlış bir onay mesajında cihaz programlama moduna geçemez ve 300 bps hızında standart veri iletimi gerçekleştirir[17].

Üretici tarafından tanımlanmış özel fonksiyonlara geçiş için, üretici tarafından belirtilen ve 6 ile 9 arasında olabilen “Y” karakteri onay mesajıyla birlikte sayaca gönderilmelidir[17].

Örnek üretici tarafından tanımlanmış fonksiyon girişi:

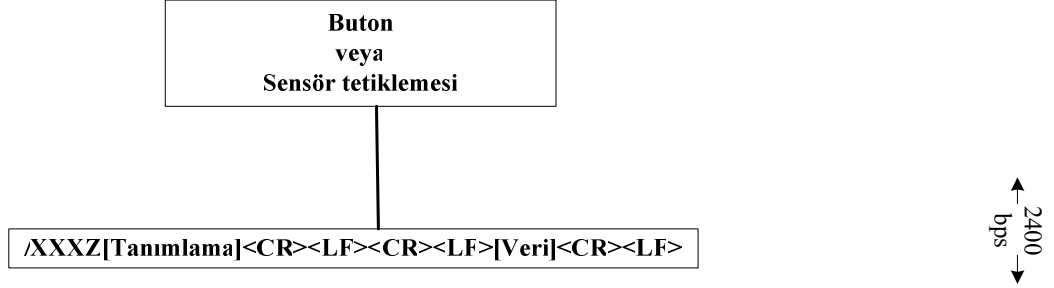
“<ACK>0Z7<CR><LF>”



Şekil 3.17: IEC 61107 Mod C haberleşme diyagramı

3.2.2.4. IEC 61107 Mod D

Yapısı Şekil 3.18’de gösterildiği gibidir. Protokol D 2400 bps haberleşme hızında tek yönlü haberleşmeyi destekler ve sadece veri okuması yapılabilir. Programlama yapılamaz[17].



Şekil 3.18: IEC 61107 Mod D haberleşme diyagramı

3.2.2.5. IEC 61107 Mod E

Başlama komutuna cevap olarak sayaç bir tanımlama karakter seti gönderir. Bu karakter setinde “\” karakteri bulunabilir ve bu karakter her zaman bir başka karakterle devam eder. İkinci karaktere göre cihazın değişik fonksiyonlarına giriş yapılabilir[17].

3.2.3. IEC 61107 Sözdizimi

IEC 61107 protokolünün değişik modlarında veriler aşağıdaki sözdizimi yapısıyla aktarılırlar.

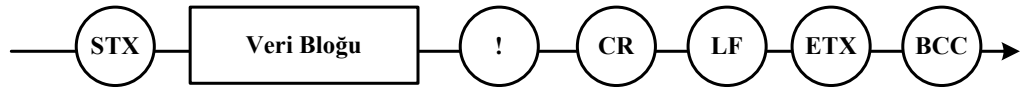
3.2.3.1. Veri Okunması ve Cevap

Standart veri okunmasında kullanılan sözdizimi aşağıdaki gibidir.

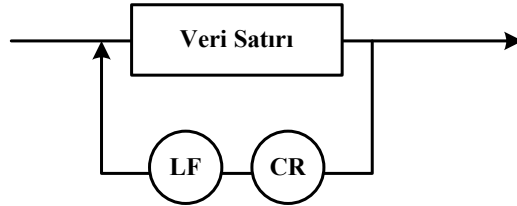
Bir veri bloğu bir dizi veri satırından oluşur ve bu veri satırları CR (carriage return) ve LF (line feed) karakterleri ile ayrılırlar. Bir veri satırı bir veya daha fazla veri seti içerebilir. Bir veri seti genel olarak, bir adres tanımlama numarası, değer, birim ve sınır karakterlerinden oluşur. Bir veri satırı 78 karakterden fazla olamaz ve bu sayıya sınır karakterler de dâhildir[17].

Veri okunması sırasında gelen veri yapısı Şekil 3.19’da gösterilmiştir.

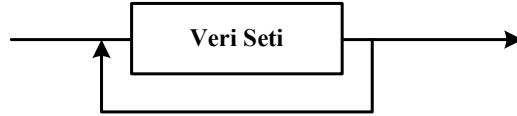
Veri mesajı:



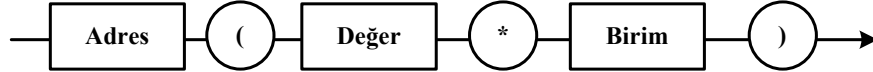
Veri bloğu:



Veri satırı:



Veri seti:

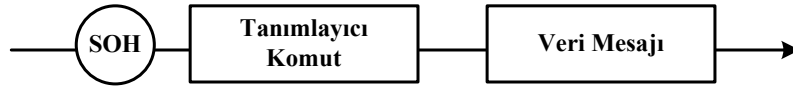


Şekil 3.19: IEC 61107 Veri okuması sözdizimi

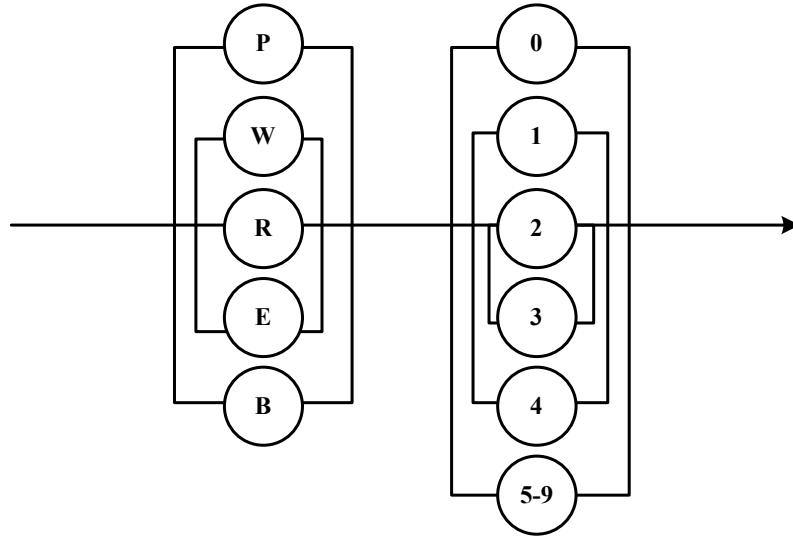
3.2.3.2. Programlama Modu

Standart veri programlanmasında kullanılan sözdizimi Şekil 3.20’de gösterilmiştir.

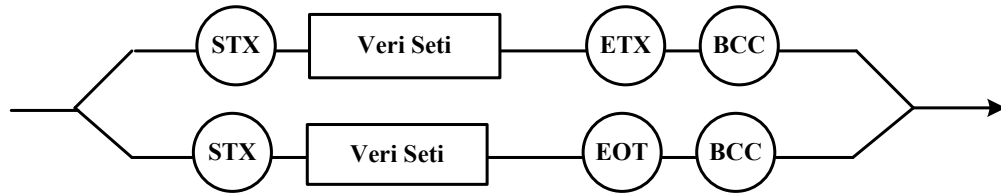
Komut mesajı:



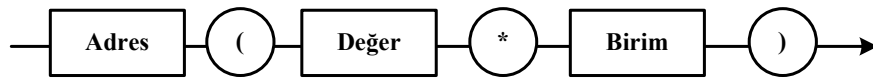
Tanımlayıcı komut:



Veri mesajı:



Veri seti:



Şekil 3.20: IEC 61107 Programlama sözdizimi

4. VISUAL BASIC İLE ÖRNEK HABERLEŞME YAZILIMI

Yazılım dilinin Microsoft Visual Basic 6.0 seçilmesinin nedeni endüstride son derece yaygın olarak kullanılan bir dil olmasıdır.

Yazılımın amacı bir önceki bölümde belirtilen Modbus-RTU ve IEC 61107 Mod C haberleşme protokollerinde haberleşen sayaçların verilerinin okunmasıdır. Yazılım esnek bir yapıda hazırlanmıştır, bu sayede endüstrideki birçok sayacı rahatlıkla okuyabilecek yapıdadır.

Yazılımdaki iki değişik haberleşme protokolü iki ayrı bölümde geliştirilmiştir.

4.1. MODBUS-RTU Haberleşme Protokolü Bölümü

Yazılımın MODBUS-RTU bölümünün genel görüntüsü Şekil 4.1’deki gibidir.

The screenshot shows a Windows-style application window titled "MODBUS-RTU Haberleşme". The interface is split into two panes. The left pane, titled "Modbus-RTU [OKUMA]", contains several input fields: "Fonksiyon Kodu [HEX]", "Okuma Başlangıç Register [DEC]", "Toplam Alınacak Register Boyutu [DEC]", and "Cihaz Tanımlama Numarası [DEC]". Below these is a "Sorgu Oluştur >>" button and a status bar with a series of colored squares. Further down are fields for "Haberleşme Kapısı", "Baud Hızı [bps]", "Parite", "Veri Biti", and "Stop Biti", followed by a "Gönder" button. At the bottom left is a "Cevap" label and a large text area. The right pane, titled "Modbus-RTU [CEVAP ÇÖZÜMLEME]", has a "Ayrınma Bloğu Boyutu" field and a "Bloklara Ayır" button. Below this is a large text area for the response. At the bottom right is a "Cevap Çözümleme Fonksiyonu" dropdown menu and a "Rapor Oluştur" button.

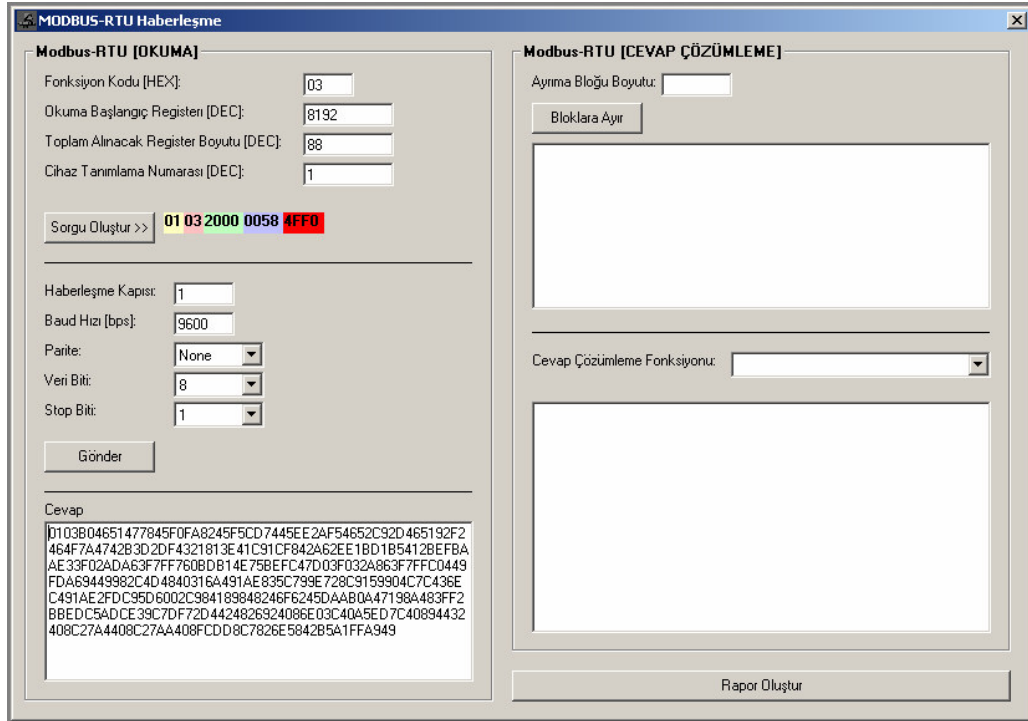
Şekil 4.1: Modbus-RTU bölümü ekran görünümü

Modbus-RTU haberleşme protokolünde sayaçlara gönderilecek okuma komut dizisinin oluşturulması için gerekli olan “fonksiyon kodu”, “okuma başlangıç registeri”, “toplam alınacak veri boyutu” ve “cihaz tanımlama” numarası girildikten sonra “sorgu oluştur” butonu ile sayaca gönderilecek komut dizisi oluşturulur.

Sayacın haberleşeceği haberleşme kapısı ayarları olan “kullanılacak haberleşme kapısı”, “haberleşme hızı”, “parite”, “veri biti” ve “stop biti” değerleri girildikten sonra “gönder” butonu ile oluşturulmuş olan komut dizisi sayaca gönderilir ve cevap beklenir.

Gelen cevap hata kontrol baytlarını, fonksiyon kodunu, cihaz adresini ve son olarak asıl istenilen veri kısmını içerir.

Bir okuma sonrasında yazılımın görüntüsü Şekil 4.2’deki gibidir.



Şekil 4.2: Modbus-RTU bölümü haberleşme sonrası durum ekranı

Gelen cevaptan cihaz haberleşme adresini, fonksiyon kodunu ve hata kontrol verilerini çıkarttığımız zaman elimizde ham veri kalmış olur. Bu veri gönderdiğimiz komut dizisine göre bir dizi veri içermektedir, fakat bu veriler birbirinden gözle ayıramamaktadır. Ayrım için her sayaç için özel olan haberleşme dokümanından

yararlanarak her bir değerin kaç bayt ile gönderildiği tespit edilir ve buna göre “ayırma bloğu boyutuna” bu değer yazılır. Daha sonra “bloklara ayır” butonuyla gelen veri parçalarına ayrılır.

Modbus-RTU haberleşme protokolünde gelen veriler onaltılık yani “hexadecimal” olarak gelirler. Bu değerlerin yine cihaza özel haberleşme kataloğuna bakılarak çevrim metodu belirlendikten sonra çözümlenmesi gerekmektedir. Uygun çözümleme metodu seçildikten sonra istenilen veriler alınmış olunur. Ayrılmış ve çözümlenmiş sonuçların gösterimi Şekil 4.3’de gösterilmiştir.

The screenshot displays the MODBUS-RTU Haberleşme software interface. The left panel, titled 'Modbus-RTU [OKUMA]', contains input fields for 'Fonksiyon Kodu [HEX]:' (03), 'Okuma Başlangıç Register [DEC]:' (8192), 'Toplam Alınacak Register Boyutu [DEC]:' (88), and 'Cihaz Tanımlama Numarası [DEC]:' (1). Below these is a 'Sorgu Oluştur >>' button and a status bar showing '01 03 2000 0058 4FF0'. The right panel, titled 'Modbus-RTU [CEVAP ÇÖZÜMLEME]', shows 'Ayrırma Bloğu Boyutu: 8' and a 'Bloklara Ayır' button. Below this is a list of hexadecimal data blocks: 465147FB, 45F159D3, 45F5152D, 45EDF8D7, 4652A24D, 465178B8, 464FC173, 42B3EC1D, 4321C93F, and 41C8580F. The 'Cevap Çözümleme Fonksiyonu:' is set to 'IEEE Floating Point'. Below this is a list of decimal values: 13393.9951171875, 7723.22802734375, 7842.64697265625, 7615.10498046875, 13480.5751953125, 13406.1796875, 13296.3623046875, 89.9611587524414, 161.786117553711, 25.042973602295, 83.0543518066406, -3.82220633327961E-02, -0.491470128297806, and 0.507387280464172. At the bottom right is a 'Rapor Oluştur' button.

Şekil 4.3: Modbus-RTU bölümü veri çözümlemesi sonu

4.1.1. Endüstriyel Yazılımların Davranışlarının İncelenmesi

Endüstride kullanılan sayaç okuma yazılımlarından biri de “Contrel” firmasının geliştirmiş olduğu “NRG” enerji izleme yazılımıdır.

Programın geliştirilmesine bu yazılımın bir haberleşme kapısı izleyici programı olan “Portmon” yazılımı ile incelenmesiyle başlanmıştır.

Yazılım bir saniye boyunca izlenerek Tablo 4.1’de görülen kayıt defteri alınmıştır.

Tablo 4.1: Portmon ile Modbus-RTU haberleşmesi izlenmesi

Sıra	Zaman	Yazılım	Port	Veri
0	10:41:58	nrg.exe	Serial0	StopBits: 1 Parity: NONE WordLength: 8
1	10:41:58	nrg.exe	Serial0	EOF:0 ERR:0 BRK:0 EVT:0 XON:0 XOFF:0
2	10:41:58	nrg.exe	Serial0	Shake:1 Replace:40 XonLimit:0 XoffLimit:0
3	10:41:58	nrg.exe	Serial0	Length 8: 01 03 10 00 00 10 40 C6
4	10:41:58	nrg.exe	Serial0	Length 0:
5	10:41:58	nrg.exe	Serial0	Length 32: 01 03 20 00 00 01 6D 00 00 00 D8 00 00 00 D5 00 00 00 CD 00 00
6	10:41:58	nrg.exe	Serial0	Length 5: 00 96 50 C0 F3
7	10:41:58	nrg.exe	Serial0	Purge: RXCLEAR
8	10:41:58	nrg.exe	Serial0	
9	10:41:58	nrg.exe	Serial0	
10	10:41:58	nrg.exe	Serial0	
11	10:41:58	nrg.exe	Serial0	
12	10:41:58	nrg.exe	Serial0	Rate: 9600
13	10:41:58	nrg.exe	Serial0	
14	10:41:58	nrg.exe	Serial0	
15	10:41:58	nrg.exe	Serial0	StopBits: 1 Parity: NONE WordLength: 8
16	10:41:58	nrg.exe	Serial0	EOF:0 ERR:0 BRK:0 EVT:0 XON:0 XOFF:0
17	10:41:58	nrg.exe	Serial0	Shake:1 Replace:40 XonLimit:0 XoffLimit:0
18	10:41:58	nrg.exe	Serial0	Length 8: 01 03 10 0E 00 08 21 0F
19	10:41:58	nrg.exe	Serial0	Length 0:
20	10:41:58	nrg.exe	Serial0	Length 0:
21	10:41:58	nrg.exe	Serial0	Length 0:
22	10:41:58	nrg.exe	Serial0	Length 21: 01 03 10 00 00 96 50 00 01 64 90 00 00 33 68 00 00 2B 48 22 C2
23	10:41:58	nrg.exe	Serial0	Purge: RXCLEAR
24	10:41:58	nrg.exe	Serial0	
25	10:41:58	nrg.exe	Serial0	
26	10:41:58	nrg.exe	Serial0	
27	10:41:58	nrg.exe	Serial0	
28	10:41:58	nrg.exe	Serial0	Rate: 9600
29	10:41:58	nrg.exe	Serial0	
30	10:41:58	nrg.exe	Serial0	

0-2 satırları arasında haberleşme kapısı ayarları görülebilmektedir. Dur bitinin sıfıra ayarlandığı, paritenin kullanılmadığı, veri bitinin ise sekiz bit olduğu yine buradan görülebilmektedir. 3 numaralı satırda ise sayaca ilk sorgu gönderilmektedir. Buradaki sorguyu Modbus-RTU protokolüne göre analiz edersek Şekil 4.4 elde edilir.

01	03	1000	0010	40C6
Cihaz Adresi	Fonksiyon Kodu	Başlangıç değeri	Veri boyutu	CRC

Şekil 4.4: NRG haberleşme sorgusu

“01” olarak gönderilen değer cihazın adresidir. Bu adres 255’e kadar herhangi bir rakam olabilir. Daha sonra “03” fonksiyon kodu gönderilmiştir. Bu fonksiyon kodu standart okuma fonksiyon kodudur ve iki adet veriyle desteklenmesi gerekmektedir. Bu veriler okumaya başlanacak register değeri ve okunacak veri boyutudur. Bu ek verileri cihazın haberleşme dokümanında bulunabilir. İlgili kısım haberleşme dokümanında Tablo 4.2’de görüldüğü gibi verilmiştir.

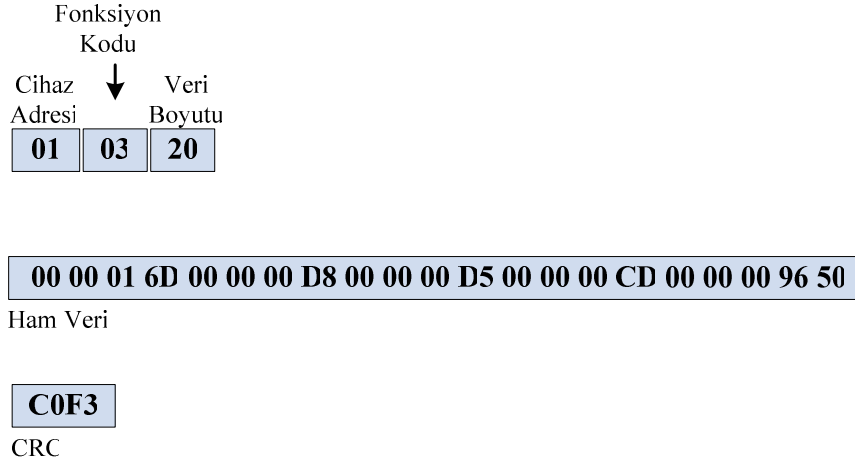
Tablo 4.2: Modbus-RTU sayacı veri tablosu

Register	Word	Description	Unit	Type
\$1000	2	3-PHASE SYSTEM VOLTAGE	[V]	(Unsigned)
\$1002	2	PHASE VOLTAGE L1-N	[V]	(Unsigned)
\$1004	2	PHASE VOLTAGE L2-N	[V]	(Unsigned)
\$1006	2	PHASE VOLTAGE L3-N	[V]	(Unsigned)
\$1008	2	LINE VOLTAGE L1-2	[V]	(Unsigned)
\$100A	2	LINE VOLTAGE L2-3	[V]	(Unsigned)
\$100C	2	LINE VOLTAGE L3-1	[V]	(Unsigned)
\$100E	2	3-PHASE SYSTEM CURRENT	[mA]	(Unsigned)
\$1010	2	LINE CURRENT L1	[mA]	(Unsigned)
\$1012	2	LINE CURRENT L2	[mA]	(Unsigned)
\$1014	2	LINE CURRENT L3	[mA]	(Unsigned)
\$1016	2	3-PHASE SYS. POWER FACTOR	[-]	(Signed)
\$1018	2	POWER FACTOR L1	[-]	(Signed)
\$101A	2	POWER FACTOR L2	[-]	(Signed)
\$101C	2	POWER FACTOR L3	[-]	(Signed)
\$101E	2	3-PHASE SYSTEM COSΦ	[-]	(Signed)
\$1020	2	PHASE COSΦ1	[-]	(Signed)
\$1022	2	PHASE COSΦ2	[-]	(Signed)
\$1024	2	PHASE COSΦ3	[-]	(Signed)
\$1026	2	3-PHASE S. APPARENT POWER	[VA]	(Unsigned)
\$1028	2	APPARENT POWER L1	[VA]	(Unsigned)
\$102A	2	APPARENT POWER L2	[VA]	(Unsigned)
\$102C	2	APPARENT POWER L3	[VA]	(Unsigned)
\$102E	2	3-PHASE SYS. ACTIVE POWER	[W]	(Unsigned)
\$1030	2	ACTIVE POWER L1	[W]	(Unsigned)
\$1032	2	ACTIVE POWER L2	[W]	(Unsigned)
\$1034	2	ACTIVE POWER L3	[W]	(Unsigned)
\$1036	2	3-PHASE S. REACTIVE POWER	[VAR]	(Unsigned)
\$1038	2	REACTIVE POWER L1	[VAR]	(Unsigned)
\$103A	2	REACTIVE POWER L2	[VAR]	(Unsigned)
\$103C	2	REACTIVE POWER L3	[VAR]	(Unsigned)
\$103E	2	3-PHASE SYS. ACTIVE ENERGY TimeBand 1	[100*Wh]	(Unsigned)
\$1040	2	3-PHASE S. REACTIVE ENERGY TimeBand 1	[100*VARh]	(Unsigned)
\$1042	2	3-PHASE SYS. ACTIVE ENERGY TimeBand 2	[100*Wh]	(Unsigned)
\$1044	2	3-PHASE S. REACTIVE ENERGY TimeBand 2	[100*VARh]	(Unsigned)
\$1046	2	FREQUENCY	[mHz]	(Unsigned)
\$1048	2	NEUTRAL CURRENT	[mA]	(Unsigned)
\$104A	2	3-PHASE SYS. APPARENT ENERGY TimeBand 1	[100*Wh]	(Unsigned)
\$104C	2	3-PHASE SYS. APPARENT ENERGY TimeBand 2	[100*VARh]	(Unsigned)

Komut dizisindeki veri alanlarına bakıldığında ilk alandaki değer “1000H”. Bu değer tablosuyla karşılaştırıldığı zaman “üç faz sistem gerilimi” değerinden okumaya başlandığını anlaşılr. İkinci alandaki değer ise “0010H”. Yani “1000H”, ile “1010H” arası okuma yapılıyor.

En sondaki “40C6H” ise CRC kontrolü sonucunda oluşturulmuş olan verilerdir.

Yazılım cihazdan gelen veriyi iki adımda toplamıştır. Bu veriler 5. ve 6. satırlarda görülebilir. Veri Şekil 4.5’de görüldüğü gibi incelenmiştir.



Şekil 4.5: NRG haberleşme cevabı

Görüldüğü üzere gelen cevapta veriyle birlikte ek alanlar da mevcuttur. Bu ek alanlar:

- **Cihaz Adresi:** Cevap veren cihazın tanımlanması için kullanılır.
- **Fonksiyon Kodu:** Nasıl bir işleme cevap verdiğini tanımlamak için kullanılır.
- **Veri Boyutu:** Beklenen verinin bayt cinsinden değeridir.
- **CRC:** Gelen veride hata olup olmadığı buradan kontrol edilir.

Son olarak istediğimiz verileri almak için yazılım ham veriyi çözümlemelidir. Veri çözümlemesini cihaz tip daha önceden tanımlı olduğundan dolayı uygun çözümleme fonksiyonuyla çözümler ve son kullanıcıya sunar.

Real-Time Measures - 001 - Node 1 -		
Voltage		
3Ph.V	374,0 V	
V1	221,0 V	
V2	217,0 V	
V3	211,0 V	
V1-2	374,0 V	
V2-3	379,0 V	
V3-1	370,0 V	
Current		
3Ph.I	37,64 A	
I1	89,40 A	
I2	12,80 A	
I3	10,80 A	
In	0,000 A	
Frequency		
Hz	49,90 Hz	
Active Power		
3Ph.W	13,60k W	
W1	9,800k W	
W2	1,520k W	
W3	2,280k W	
Reactive Power		
3Ph.Q	19,44k VAr	
Q1	17,08k VAr	
Q2	2,320k VAr	
Q3	0,000 VAr	
Apparent Power		
3Ph.S	24,72k VA	
S1	19,72k VA	
S2	2,760k VA	
S3	2,240k VA	
Average Power		
3Ph.W	38,12k W	
3Ph.Q	0,000 VAr	
3Ph.S	0,000 VA	
Power Factor		
3Ph.PF	0,550	
PF1	0,498	
PF2	-0,556	
PF3	1,000	
Energies		
Wh+ 1	17182,4 kWh	
VArh+ 1	25016,9 kVArh	
Wh+ 2	0,0 kWh	
VArh+ 2	0,0 kVArh	

Şekil 4.6: Modbus-RTU bölümü NRG enerji izleme yazılımı

İncelenen bölümde üç faz akıma kadar olan kısım okunmuştur. Yazılım bir dizi sorgu sayesinde bütün verileri alır ve bunları Şekil 4.6'da gördüğümüz ekranda gösterir.

4.1.2. Haberleşme Testleri

Başka yazılımların nasıl haberleştiği incelendikten sonra birtakım yardımcı programlarla haberleşme kapısından komut dizileri gönderilerek sayacın verdiği cevaplar incelenmiştir.

Sorguları gönderecek yardımcı yazılım olarak Docklight yazılımı kullanılmıştır. Bu yazılım sayesinde istenilen haberleşme kapısı ayarlarında istenilen biçimde veriler gönderilebilmektedir.

İlk olarak bir önceki bölümde incelenen haberleşme komut dizisi “01 03 10 00 00 10 40 C6” yazılım ile sayaca Şekil 4.7’de görüldüğü gibi gönderilmiştir.

```
20.04.2006 10:44:28.43 [TX] - 01 03 10 00 00 10 40 C6
20.04.2006 10:44:28.70 [RX] - 01 03 20 00 00 01 6D 00
                                00 00 D7 00 00 00 D5 00
                                00 00 CD 00 00 01 6B 00
                                00 01 72 00 00 01 6A 00
                                00 96 A0 C6 44
```

Şekil 4.7: Modbus-RTU bölümü Docklight başarılı sorgu örneği

[TX] ile belirtilen yazılımdan gönderilen veri, [RX] ile belirtilen kısım ise sayaçtan gelen veridir.

```
20.04.2006 10:51:19.63 [TX] - 01 09 15 00 00 0A 59 C0
20.04.2006 10:51:19.84 [RX] - 01 89 02 C6 51
```

Şekil 4.8: Modbus-RTU bölümü Docklight hatalı fonksiyon kodu denemesi

Şekil 4.8’deki örnekte ise yanlış bir fonksiyon kodu cihaza gönderilmiştir. Cihaz bu fonksiyon koduna cevap olarak bir hata mesajı döndürür.

```
20.04.2006 10:52:20.20 [TX] - 05 03 10 16 00 10 A1 02
```

Şekil 4.9: Modbus-RTU bölümü Docklight hatalı cihaz adresi denemesi

Şekil 4.9’daki sorguya ise sayaç cevap vermemiştir. Bunun nedeni cihaz adresinin “01” olmasına rağmen cihaza “05” adresiyle soru sorulmasıdır. Cihaz kendisi “05” numaralı cihaz olmadığı için sorguyu çalıştırmamıştır.

```
20.04.2006 10:53:50.60 [TX] - 01 03 09 98 00 02 46 78
20.04.2006 10:53:50.66 [RX] - 01 83 02 C0 F1
```

Şekil 4.10: Modbus-RTU bölümü Docklight hatalı veri adresi denemesi

Şekil 4.10’daki örnekte ise cihazda olmayan bir adresten veri isteniyor. Bu durumda da cihaz hata döndürmüştür.

4.1.3. Visual Basic 6.0 ile Yazılım Geliştirilmesi

Yazılımın Modbus-RTU bölümünde ilk etapta girilen okuma parametrelerine göre komut dizisi oluşturulur. Cihaza gönderilen sorgu onaltılık düzende olduğu için

bütün veriler bu düzene çevrilir sorgu oluşturacak şekilde birleştirilirler. En son olarak da hata kontrol karakterleri oluşturulup sayaca gönderilir.

01: Private Sub btnSorguOlustur_Click()

02: On Error GoTo hata

03: Dim sorguCRCsiz As String

04: lblSorgu(0).Caption = Right("00" & Hex(txtcihazID), 2)

05: lblSorgu(1).Caption = Right("00" & Hex(txtFonksiyonKodu), 2)

06: lblSorgu(2).Caption = Right("0000" & Hex(txtBaslangicRegisteri), 4)

07: lblSorgu(3).Caption = Right("0000" & Hex(txtRegisterBoyutu), 4)

08: sorguCRCsiz = lblSorgu(0).Caption & lblSorgu(1).Caption & lblSorgu(2).Caption _ & lblSorgu(3).Caption

09: lblSorgu(4).Caption = Right("0000" & crc16(sorguCRCsiz), 4)

10: Exit Sub

11: hata:

12: MsgBox "Hata oluştu." & vbCrLf & Err.Description, vbCritical, "Hata"

13: End Sub

Bu kısımdan sonra oluşturulan sorgu cihaza gönderilir ve cihazdan bu sorguya cevap beklenir. Aşağıdaki kodlar “gönder” butonuna tıklandığında çalıştırılır.

01: Private Sub btnGonderModbus_Click()

02: On Error GoTo hata

03: btnGonderModbus.Enabled = False

04: Dim sorgum As String

05: sorgum = lblSorgu(0).Caption & lblSorgu(1).Caption & lblSorgu(2).Caption _
& lblSorgu(3).Caption & lblSorgu(4).Caption

06: modbus_gonder sorgum, CInt(txtRegisterBoyutu)

07: btnGonderModbus.Enabled = True

08: Exit Sub

09: hata:

10: MsgBox "Hata oluştu." & vbCrLf & Err.Description, vbCritical, "Hata"

11: End Sub

11 numaralı satır sorguyu gönderen fonksiyonu işaret eder. Fonksiyon şu şekildedir.

01: Private Function modbus_gonder(ByRef sorgu As String, numberofregisters As Integer) As Boolean

02: On Error GoTo ErrorHandler

03: txtModBusCevap.Text = ""

04: Dim i As Integer, j As Integer, xwait As Double, hataID As Integer, hatamesaji As String

05: Dim xstrAnswer As String

06: modbus_gonder = False

07: PortBaslat

08: strcommand = Trim(sorgu)

09: xstrAnswer = MSComm1.Input

10: MSComm1.Output = ConvertASCII(strcommand)

11: xwait = GetTickCount()

12: Do While MSComm1.InBufferCount < numberofregisters * 2 + 5

13: DoEvents

14: If (GetTickCount() - xwait) > 5000 Or (GetTickCount() - xwait) < 0 Then 'zaman kontrolü

15: lblUyari.Caption = "Buffer gerekli uzunlukta değil."

16: GoTo devam

17: End If

18 Sleep 50

20: Loop

21: devam:

22: xstrAnswer = AsciiToHex(MSComm1.Input)

23: If Len(xstrAnswer) > 4 Then

24: If crc16(Left(xstrAnswer, Len(xstrAnswer) - 4)) <> Right(xstrAnswer, 4) Then

25: *lblUyari.Caption = "CRC doğrulanamadı."*

26: *End If*

27: *Else*

28: *lblUyari.Caption = "CRC doğrulanamadı."*

29: *End If*

30: *modbus_gonder = True*

31: *txtModBusCevap.Text = xstrAnswer*

32: *On Error Resume Next*

33: *MSComm1.PortOpen = False*

34: *Exit Function*

35: *ErrorHandler:*

36: *MsgBox Err.Description*

37: *End Function*

7 numaralı satıra kadar genel ayarlamalar yapılır ve bu satırda “PortBaslat” fonksiyonu çağırılarak seçilen haberleşme ayarlarına göre haberleşme kapısı açılır. 9 numaralı satırda eğer haberleşme kapısında bekleyen veri varsa bir değişkene alınarak boşaltılır. 10 numaralı satırda oluşturulmuş olan sorgu haberleşme kapısından gönderilir. Bu aşamadan sonra sayaçtan cevap beklenir. Eğer belirli bir sürede ki bu süre yazılımda 5000 ms olarak belirlenmiştir beklenen veri boyutunda veri gelmez ise fonksiyon hata döndürerek işlemi sonlandırır. Beklenen veri boyutu istenilen veri boyutu sayısının iki katına beş eklenerek oluşturulur. Bunun nedeni her bir verinin iki word yer tutması ve gelen veri içerisinde cihaz adresi, fonksiyon kodu, veri boyutu ve CRC kontrol karakterleri içeren verilerin bulunmasıdır. Her bir verinin iki word tuttuğunu cihaza özel olan kitapçığından alınan ve Tablo 4.2 de gösterilen ikinci sütundan görülebilir. Bu sayı sayaçtan sayaca değişiklik gösterebilir. Veri düzgün olarak alındıktan sonra ise CRC kontrolünden geçer. Bu kontrolü de başarıyla tamamlarsa veri ekrana yansıtılır. Fonksiyon haberleşme kapısının kapatılmasıyla son bulur.

Bu aşamadan sonra bloklara ayırarak gelen verinin çözümlenmesi işlemi başlar.

01: *Private Sub btnBlokLaraAyir_Click()*

02: *On Error GoTo hata*

```

03: Dim i As Integer
04: Dim ayirmaBlogu As Byte
05: Dim cevap As String
06: If IsNumeric(txtAyirmaBloguBoyutu.Text) Then
07:     ayirmaBlogu = Int(txtAyirmaBloguBoyutu.Text)
08: Else
09:     ayirmaBlogu = 4
10: End If
11: cevap = Mid(Trim(txtModBusCevap.Text), 7, Trim(Len(txtModBusCevap.Text)) - 10)
12: If Len(cevap) > 0 Then
13:     lstAyrilmisBlokler.Clear
14:     For i = 0 To Int(Len(cevap) / ayirmaBlogu) - 1
15:         lstAyrilmisBlokler.AddItem Mid(cevap, (i * ayirmaBlogu) + 1, ayirmaBlogu), i
16:     Next i
17: Else
18:     MsgBox "Lütfen önce okuma yapın."
19: End If
20: Exit Sub
21: hata:
22: MsgBox Err.Description, vbCritical, "Hata"
23: End Sub

```

10 numaralı satıra kadar ayırma bloğu değerinin düzgün olarak girilip girilmediği kontrol edilir. 11 numaralı satırda ise sayaçtan gelen cevaptan ham veri çıkartılır. Bu aşamadan sonra bir listeye bloklar belirtilen boyutlarda bölünerek yazılırlar.

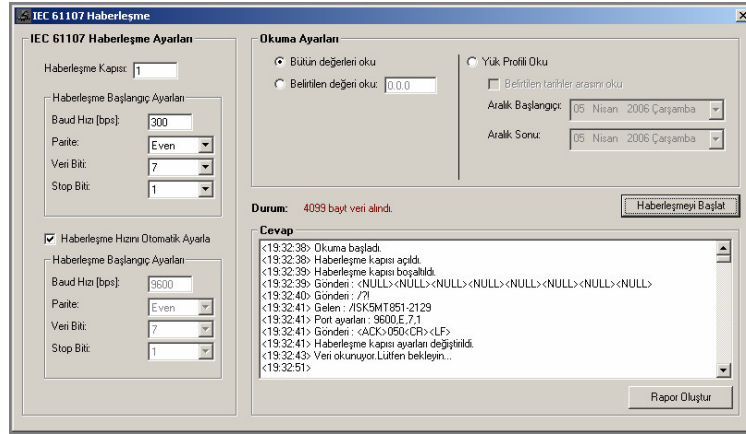
Son olarak ise cevap çözümleme gerçekleştirilmelidir. Bu işlem sayaca özel olduğundan dolayı detaylı değinilmemiştir.

İki tarifeli aktif ve reaktif enerji ölçümü yapan Asset marka NPM50(dt-rs) dijital enerji sayacı enerji parametreleri okuması sonucunda yazılım tarafından oluşturulan rapor Ek A'da görülebilir.

4.2. IEC 61107 Mod C Haberleşme Protokolü Bölümü

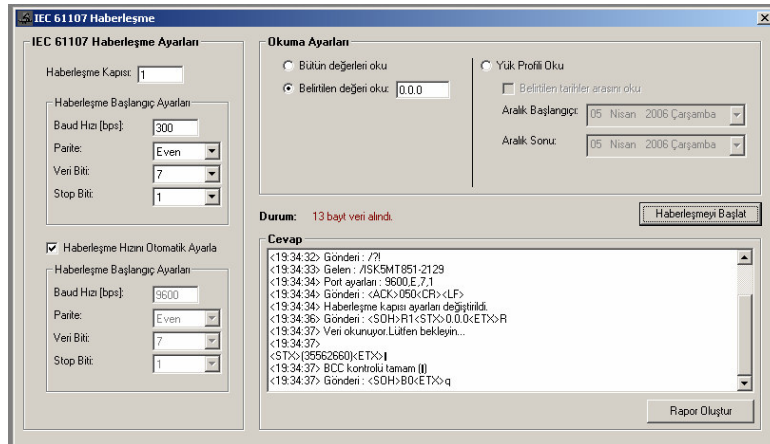
Yazılımın bu bölümü IEC 61107 Mod C haberleşme protokolünde veri okuması yapmayı sağlamaktadır. Okumanın üç ayrı tipi gösterilmiştir. Bu tipler:

- **Bütün verilerin okunması:** Bu uygulama protokolün en basit düzeyde haberleşme biçimidir. Tek bir sorguyla cihaz içerisindeki bütün veriler çekilir. Yapılan bir okuma sonrası görüntü Şekil 4.11'de gösterilmiştir.



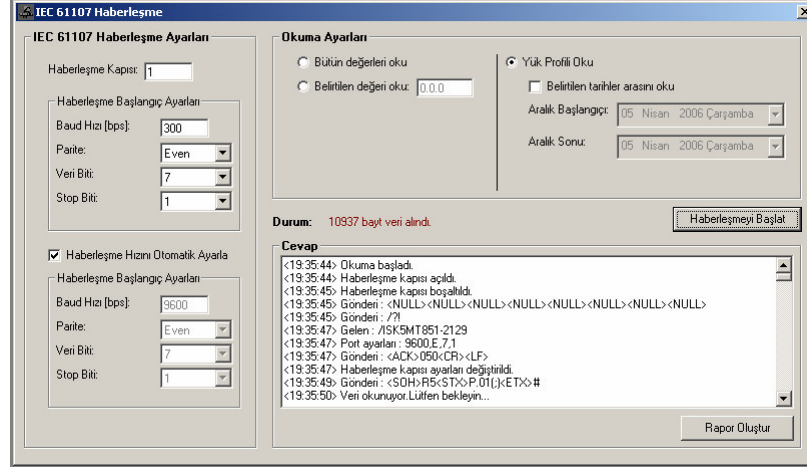
Şekil 4.11: IEC 61107 Mod C bölümü bütün değerlerin okunması

- **Tek bir değer okunması:** Bu uygulamada sayaç içerisinde istenilen herhangi bir parametre çekilebilir. Şekil 4.12'de ekran görüntüsü mevcuttur.



Şekil 4.12: IEC 61107 Mod C bölümü tek bir değer okunması

- **Yük profili okunması:** Sayacın özel bir fonksiyonu olan yük profili kaydının okunması için kullanılır. Şekil 4.13’de ekran görüntüsü mevcuttur.



Şekil 4.13: IEC 61107 Mod C bölümü yük profili okunması

Haberleşme başlatılmadan önce “IEC 61107 Haberleşme Ayarları” çerçevesinden haberleşme ayarlarının yapılması gereklidir. Bilindiği üzere bu protokolde haberleşme 300 bps hızında başlamak zorundadır, fakat haberleşmenin hızı okuma esnasında sayaçtan gelen cevaba göre değiştirilebilmektedir. İstenildiği takdirde yazılım sayaçtan gelen cevaba göre haberleşme ayarlarını değiştirebilir veya manüel ayarlar kullanılabilir. Manüel ayarlar kullanıldığında sayaç bu ayarları desteklemiyorsa haberleşme sağlanamayacaktır.

4.2.1. Endüstriyel Yazılımların Davranışlarının İncelenmesi

Endüstride kullanılan sayaç okuma yazılımlarından biri de “İskraemeco” firmasının geliştirmiş olduğu “Meterview” enerji izleme yazılımıdır. Programın IEC 61107 Mod C bölümünün geliştirilmesine de bu yazılımın “Portmon” yazılımı ile incelenmesiyle başlanmıştır.

Tablo 4.3: IEC 61107 Mod C Portmon haberleşme verileri birinci kısım

0	10:59:52	Kview.exe	Serial1	Rate: 300
1-3	10:59:52	Kview.exe	Serial1	StopBits: 1 Parity: EVEN WordLength: 7
4	10:59:52	Kview.exe	Serial1	EOF:0 ERR:0 BRK:0 EVT:0 XON:11
5	10:59:52	Kview.exe	Serial1	XOFF:13
6	10:59:53	Kview.exe	Serial1	
7-9	10:59:53	Kview.exe	Serial1	Length 8:
10	10:59:53	Kview.exe	Serial1	Purge: RXABORT RXCLEAR
11	10:59:53	Kview.exe	Serial1	Length 13: /?35562660!..
12-28	10:59:53	Kview.exe	Serial1	RI:-1 RM:-1 RC:5000 WM:0 WC:0
				Length 17: /ISK5MT851-2129..

Tablo 4.3’de haberleşmenin ilk kısmı görülmektedir. 0. satırda haberleşme hızının 300 bps ile başladığı görülmektedir.10. satırda ise cihaza ilk sorgu gönderilmiştir. Sorguda sayaç numarası da belirtilmiştir fakat bu tek sayaç olduğu ortamlarda opsiyoneldir.

“.” karakteriyle gösterilen değerler ASCII kodlamasında bir karşılığı olmayan “carriage return”, “line feed” gibi karakterlerdir.

Bu aşamadan sonra okuma yapan cihaz, yani bu durumda bilgisayar, bir “acknowledgement” komutu göndererek, haberleşme hızında anlaşma sağlar.

Tablo 4.4: IEC 61107 Mod C Portmon haberleşme verileri ikinci kısım

62	10:59:55	Kview.exe	Serial1	
63	10:59:55	Kview.exe	Serial1	Length 6: .050..
64	10:59:55	Kview.exe	Serial1	
71	10:59:55	Kview.exe	Serial1	
72	10:59:55	Kview.exe	Serial1	Rate: 9600
73	10:59:55	Kview.exe	Serial1	

Tablo 4.4’te 64. satırda “acknowledgement” komutu görülmektedir. Komut tam olarak “<ACK>050<CR><LF>” şeklindedir. Bu komuttan hemen sonra 72. satırda haberleşme hızının 9600 bps’e değiştirildiği görülmektedir.

Tablo 4.5: IEC 61107 Mod C Portmon haberleşme verileri üçüncü kısım

75	10:59:55	Kview.exe	Serial1	StopBits: 1 Parity: EVEN WordLength: 7
76	10:59:55	Kview.exe	Serial1	EOF:0 ERR:0 BRK:0 EVT:0 XON:11 XOFF:13
78	10:59:55	Kview.exe	Serial1	Purge: RXABORT RXCLEAR
79	10:59:55	Kview.exe	Serial1	RI:-1 RM:-1 RC:1500 WM:0 WC:0
80	10:59:55	Kview.exe	Serial1	Length 1: .
81	10:59:56	Kview.exe	Serial1	Length 1: F
82	10:59:56	Kview.exe	Serial1	Length 1: .
83	10:59:56	Kview.exe	Serial1	Length 1: F
84	10:59:56	Kview.exe	Serial1	Length 1: (
85	10:59:56	Kview.exe	Serial1	Length 1: 0
86	10:59:56	Kview.exe	Serial1	Length 1: 0
87	10:59:56	Kview.exe	Serial1	Length 1: 0
88	10:59:56	Kview.exe	Serial1	Length 1: 0
89	10:59:56	Kview.exe	Serial1	Length 1: 0
90	10:59:56	Kview.exe	Serial1	Length 1: 0
91	10:59:56	Kview.exe	Serial1	Length 1: 0
92	10:59:56	Kview.exe	Serial1	Length 1: 0
93	10:59:56	Kview.exe	Serial1	Length 1:)
94	10:59:56	Kview.exe	Serial1	Length 1: .
95	10:59:56	Kview.exe	Serial1	Length 1: .

Tablo 4.5'te haberleşme devam etmektedir. Burada haberleşmenin sadece bir kısmı alınmıştır. Bu kısımdan Tablo 4.6'daki gibi devam eder ve en son olarak “blok check character” ile son bulur.

Tablo 4.6: IEC 61107 Mod C Portmon haberleşme verileri son kısım

4174	11:00:03	Kview.exe	Serial1	Length 1: !
4175	11:00:03	Kview.exe	Serial1	Length 1: .
4176	11:00:03	Kview.exe	Serial1	Length 1: .
4177	11:00:03	Kview.exe	Serial1	Length 1: .
4178	11:00:03	Kview.exe	Serial1	Length 1: j

4.2.2. Haberleşme Testleri

Başka yazılımların nasıl haberleştiği incelendikten sonra Modbus-RTU protokolünde olduğu gibi Docklight yazılımıyla haberleşme testine geçilmiştir. Protokolün standart başlangıç sorgusu ilk etapta gönderilmiştir. Şekil 4.14'deki gibi normal okuma işlemi gerçekleştirilmiş ve bütün değerler alınmıştır.

```

20.04.2006 11:14:42.81 [TX] - /?35562660!<CR><LF>
20.04.2006 11:14:43.78 [RX] - /ISK5MT851-2129<CR><LF>
<STX>F.F(00000000)<CR><LF>
0.9.1(130239)<CR><LF>
.9.2(060420)<CR><LF>
0.0.0(35562660)<CR><LF>
.0.1(00000000)<CR><LF>
0.0.2(00000000)<CR><LF>
0.0.3(00000000)<CR><LF>
0.0.4(2004)<CR><LF>
.4.2(1)<CR><LF>
0.4.3(0001.000)<CR><LF>
0.8.0(15)<CR><LF>
0.8.5(60)<CR><LF>
1.8.0(000000.00)<CR><LF>
1.8.0*01(000000.00)<CR><LF>
.8.0*02(000000.00)<CR><LF>
1.8.0*03(000000.00)<CR><LF>
1.8.0*04(000000.00)<CR><LF>
1.8.0*05(000000.00)<CR><LF>
1.8.0*06(000000.00)<CR><LF>
1.8.0*07(000000.00)<CR><LF>
1.8.0*08(000000.00)<CR><LF>
1.8.0*09(000000.00)<CR><LF>
.8.0*10(000000.00)<CR><LF>
1.8.0*11(000000.00)<CR><LF>
1.8.0*12(000000.00)<CR><LF>
1.8.1(000000.00)<CR><LF>
1.8.1*01(000000.00)<CR><LF>
1.8.1*02(000000.00)<CR><LF>
1.8.1*03(000000.00)<CR><LF>
.8.1*04(000000.00)<CR><LF>
1.8.1*05(000000.00)<CR><LF>
1.8.1*06(000000.00)<CR><LF>
1.8.1*07(000000.00)<CR><LF>
1.8.1*08(000000.00)<CR><LF>
1.8.1*09(000000.00)<CR><LF>
1.8.1*10(000000.00)<CR><LF>
1.8.1*11(000000.00)<CR><LF>

```

Şekil 4.14: IEC 61107 Mod C Docklight testi

Hatta tek bir cihaz olduğu için cihaz adresine ihtiyaç yoktur. Cihaz adresi olmadan aynı sorguyu gönderdiğimizde Şekil 4.15’deki sonuç alınmıştır.

```

20.04.2006 11:10:48.68 [TX] - /?!<CR><LF>

20.04.2006 11:10:49.40 [RX] - /ISK5MT851-2129<CR><LF>
<STX>F.F(00000000)<CR><LF>
0.9.1(125844)<CR><LF>
.9.2(060420)<CR><LF>
0.0.0(35562660)<CR><LF>
.0.1(00000000)<CR><LF>
0.0.2(00000000)<CR><LF>
0.0.3(00000000)<CR><LF>
0.0.4(2004)<CR><LF>
.4.2(1)<CR><LF>
0.4.3(0001.000)<CR><LF>
0.8.0(15)<CR><LF>
0.8.5(60)<CR><LF>
1.8.0(000000.00)<CR><LF>
1.8.0*01(000000.00)<CR><LF>
.8.0*02(000000.00)<CR><LF>
1.8.0*03(000000.00)<CR><LF>
1.8.0*04(000000.00)<CR><LF>
1.8.0*05(000000.00)<CR><LF>
1.8.0*06(000000.00)<CR><LF>
1.8.0*07(000000.00)<CR><LF>
1.8.0*08(000000.00)<CR><LF>
1.8.0*09(000000.00)<CR><LF>
.8.0*10(000000.00)<CR><LF>
1.8.0*11(000000.00)<CR><LF>
1.8.0*12(000000.00)<CR><LF>
1.8.1(000000.00)<CR><LF>
1.8.1*01(000000.00)<CR><LF>
1.8.1*02(000000.00)<CR><LF>
1.8.1*03(000000.00)<CR><LF>
.8.1*04(000000.00)<CR><LF>
1.8.1*05(000000.00)<CR><LF>
1.8.1*06(000000.00)<CR><LF>
1.8.1*07(000000.00)<CR><LF>
1.8.1*08(000000.00)<CR><LF>
1.8.1*09(000000.00)<CR><LF>
1.8.1*10(000000.00)<CR><LF>
1.8.1*11(000000.00)<CR><LF>
.8.1*12(000000.00)<CR><LF>
1.8.2(000000.00)<CR><LF>
1.8.2*01(000000.00)<CR><LF>
1.8.2*02(000000.00)<CR><LF>
1.8.2*03(000000.00)<CR><LF>
1.8.2*04(000000.00)<CR><LF>
1.8.2*05(000000.00)<CR><LF>
.8.2*06(000000.00)<CR><LF>
1.8.2*07(000000.00)<CR><LF>
1.8.2*08(000000.00)<CR><LF>
1.8.2*09(000000.00)<CR><LF>
1.8.2*10(000000.00)<CR><LF>
1.8.2*11(000000.00)<CR><LF>
1.8.2*12(000000.00)<CR><LF>
1.8.3(000000.00)<CR><LF>
1.8.3*01(000000.00)<CR><LF>

```

Şekil 4.15: IEC 61107 Mod C Docklight cihaz adresi olmadan haberleşme testi

Sayacın bu yazılım ile testine dikkat edilmesi gereken nokta bir “acknowledgement” mesajının gönderilmemiş olmasıdır. Bu durumda cihaz 300 bps haberleşme hızında verileri göndermeye devam etmiştir. Eğer sayaca bu veri gönderilirse, sayaç 9600

bps hızında verileri göndermeye başlar. Haberleşme kapımız hala 300 bps ile veri beklediğinden dolayı anlamsız veriler gelmiş gibi gözükür.

4.2.3. Visual Basic 6.0 ile Yazılım Geliştirilmesi

Yazılımın IEC 61107 Mod C bölümünde haberleşme tipi üç gruba ayrılmıştır. Bu gruplar “bütün değerlerin okunması”, “tek bir değerin” okunması ve “yük profilinin okunması” şeklindedir. Bu üç grupta yapılan işlem aynı butona bağlanmıştır ve fonksiyon içerisindeki bir seçim bloğuyla (if, elseif) birbirinden ayrılmıştır.

Fonksiyonun genel yapısı şu şekildedir.

01: *EnableCloseButton frmIEC61107.hWnd, False*

02: *Screen.MousePointer = vbHourglass*

03: *txtCevap.Text = ""*

04: *Dim ilkCevap As String ...*

14: *Dim tmpCevap As String ...*

23: *tmpCevap = ""*

24: *If optOkumaAyarlari(0).Value Then*

İlk satırda haberleşme sırasında programın kapatılması sayacı etkileyeceğinden dolayı pencere kapatma butonu etkisizleştiriliyor. 3 numaralı satırdan 14 numaralı satıra kadar değişkenler tanımlanıyor ve sonraki satırlarda 23 numaralı satıra kadar bu değişkenlerin ilk değerleri atanıyor.

Fonksiyon parçasının son satırında yani 24 numaralı satırda ise üç grubumuzun seçimi başlıyor.

4.2.3.1. Bütün Değerlerin Okunması

Bu bölümdeki amaç sayacın bütün veri okunmasının yapılmasıdır.

Bu işlem için öncelikle yazılımda belirtildiği ayarlarla haberleşme kapısı açılır ve 1000 ms kadar portun açılması beklenir. Sonraki adımda eğer cihaz uyku

modundaysa uyanması için “NULL” karakter dizisi gönderilir. Enerjilendirilmiş bir sayaç için bu işleme gerek yoktur.

Cihaz uyandırıldıktan sonra protokolde standart olarak belirtilmiş olan sorgumuz sayaca gönderilir.

MSComm1.Output = CStr("/?!") & Chr(13) & Chr(10)

Sayaç bu mesaja kendini tanıtıcı bir mesajla cevap verecektir ve mesajın beklenmesi gerekmektedir. Mesajın geldiği yeni satır karakterlerinin gelmesiyle anlaşılır. Bu işlem için “BekleYeniSatır” fonksiyonu kullanılmıştır.

ilkCevap = bekleYeniSatir(2000)

Gelen tanıtıcı mesaj alınarak bu mesajdaki ayarlara göre haberleşme istenilen ayarlarda devam etmesi için “acknowledgement” mesajı gönderilir. Bu mesaj gönderilmemesi durumunda sayaç 300 bps hızında verileri aktarmaya devam edecektir.

MSComm1.Output = Chr(6) & CStr("0") & CStr(Mid(ilkCevap, 5, 1)) & CStr("0") & Chr(13) & Chr(10)

Bu komut gönderildiğinde haberleşme kapısı ayarları sayaca göre ayarlanmak zorundadır. Aksi takdirde gelen veriler anlamsız olacaktır.

Bu aşamadan sonra sayaçtan verilerin gelmesi beklenir. Bütün veriler alındıktan sonra BCC kontrolü yapılarak işlem sonlandırılır.

Yazılım oluşturduğu okuma raporu Ek B’de görülebilir.

4.2.3.2. Tek Bir Değerin Okunması

Bu okuma tipinde cihaz verilerinden istediğimiz bir adet veri okunabilir.

Bütün verilerin okunmasıyla haberleşme hızının değişimine kadar aynıdır, fakat değişimden sonra ek bir komut gönderilerek cihazın istenilen işlemi yapması sağlanır.

gonderiKomutu = Chr(1) & CStr("R1") & Chr(2) & Trim(txtOkunacakDeger.Text) & Chr(3)

gonderiKomutu = gonderiKomutu & makeBCC(gonderiKomutu)

MSComm1.Output = gonderiKomutu

Bu aşamadan sonra cihazdan verinin gelmesi beklenir. Veri geldikten sonra haberleşmenin sonlandırılması gereklidir.

gonderiKomutu = Chr(1) & CStr("B0") & Chr(3)

gonderiKomutu = gonderiKomutu & makeBCC(gonderiKomutu)

MSComm1.Output = gonderiKomutu

Yazılım oluşturduğu okuma raporu Ek C’de görülebilir.

4.2.3.3. Yük Profili Okunması

Yük profili her sayaçta olan bir özellik değildir. Yük profiliyle geçmişe dönük periyotlarda enerji tüketimleri izlenebilmektedir.

Okunma mantığı tek bir değer okunmasıyla son derece benzerdir. Haberleşme hızı değişiminden sonra okunmak istenilen zaman aralığı cihaza gönderilir. Bir zaman aralığı belirtilmez ise bütün değerleri döndürür.

If chkYukProfiliTarih.Value = 1 Then

gonderiKomutu = Chr(1) & CStr("R5") & Chr(2) & CStr("P.01(" & tarihDegerleri & ")") & Chr(3)

Else

gonderiKomutu = Chr(1) & CStr("R5") & Chr(2) & CStr("P.01(;)") & Chr(3)

End If

İşlem haberleşmenin sonlandırılma sinyaliyle bitirilir.

Yazılım oluşturduğu okuma raporu Ek D’de görülebilir.

5. SONUÇLAR

Sayaç otomasyonu, elektrik enerjisi, gaz, su sayaçları gibi ölçüm cihazlarından verilerin uzak bir merkezden otomatik olarak okunması ve okunan verilerin faturalama ve analiz amaçlı olarak veritabanı içeren bir merkezi istasyona iletilmesidir. Sayaç otomasyonunun düzgün fatura kesilmesinden, enerji politikalarının belirlenmesine, kaçak enerji tüketimi tespitinden detaylı enerji raporlarına kadar birçok avantajı vardır.

Sayaç otomasyonunda kullanılacak haberleşme teknolojileri, diğer teknolojilerde olduğu gibi, gün geçtikçe gelişmektedir. Her gün yeni bir teknolojinin çıktığı bir ortamda en iyi yöntemin hangisi olduğunu seçmek oldukça zordur ve bu yöntem çoğunlukla uygulanacak olan sahaya göre değişim göstermektedir. Geniş alanlarda kullanılabilme özelliği nüfusun oldukça yoğun ve dağınık olduğu alanlarda çok büyük avantajlar sağlamaktadır. Bugün bu özelliği sebebiyle enerji hattı üzerinden haberleşme, radyo frekansı ile haberleşme ve GPRS ile haberleşme büyük ilgi görmektedir.

Haberleşme sistemlerinde, haberleşme teknolojilerinin yanında bir diğer önemli unsur da haberleşme protokolüdür. Haberleşme protokolü verilerin haberleşme hattı üzerinde hangi biçimde, hangi hızlarda ve hangi karakteristiklerde iletileceğini belirtir.

Sayaç otomasyonunda ve endüstride çok yaygın olarak kullanılan iki haberleşme protokolü IEC 61107 Mod C ve Modbus-RTU protokolleridir.

IEC 61107 Mod C haberleşme protokolünde sayaçla düşük bir hızda ilk bağlantıyı kurup daha sonra sayaçla anlaşarak haberleşme hızının ayarlanması çok büyük bir avantajdır. Bu sayede sistemdeki bütün sayaçların aynı hızda olması gerekmemektedir. Diğer bir avantajı ise verilerin insan tarafından kolaylıkla anlaşılabilen ASCII biçiminde gönderiliyor olmasıdır. Bu sayede gelen verilerin işlenmesine gerek kalmamaktadır.

Modbus-RTU haberleşme protokolü ise daha çok endüstride kullanılmaktadır. Bu protokolün en büyük avantajı ise verilerin on altı düzende iletilmesinden dolayı az bir veri alanı büyüklüğünde oldukça büyük veriler iletebilmesidir.

Bu iki protokolü destekleyen haberleşme test yazılımı geliştirilmesinde yaygın olarak bilinen Visual Basic dili seçilmiş ve Visual Basic 6.0 derleme yazılımı kullanılmıştır. Yazılımın amacı, haberleşme kapısı ayarlarının (parite, veri biti vb.) seçilebildiği, haberleşme ayarlanabilir parametrelerinin (fonksiyon kodu, cihaz adresi vb.) değiştirilebildiği bir test ortamı oluşturmaktır.

Modbus-RTU protokolünde cihazdan gelen verinin bölümlere ayrılması ve çözümlenmesi gerekmektedir. Yazılım haberleşmeyi bitirdikten sonra iki sık kullanılan yöntemle bu işlemi de gerçekleştirmekte ve işlem sonucunda rapor oluşturmaktadır.

IEC 61107 Mod C protokolünde standart veri okuması dışında iki fonksiyon daha yazılmıştır. Bu fonksiyonlar, sayaçtan sadece özel bir parametre okunması ve yük profili okunmasıdır. Bütün fonksiyonların raporları oluşturulabilmektedir.

Geliştirilen yazılım sayesinde bu iki protokoldeki sayaçların haberleşmede verdikleri yanıtlar detaylı olarak incelebilmektedir. Endüstride kullanılan sayaç otomasyonu yazılımlarının sayaç okuma modülleri de aynı prensiple çalıştığından dolayı yeni geliştirilen sistemlerin geliştirilmesinde ve denenmesinde faydalı olacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] http://en.wikipedia.org/wiki/Automatic_meter_reading
- [2] **Raymond Ghajar, Joe Khalife, Brahim Richani**, 2002, Design and cost Analysis of an automatic meter reading system for Electricite´ du Liban, UTILITIES POLICY, s. 196-198
- [3] **Thomas B.Smith**, 2004, Electricity theft: a comparative analysis, ENERGY POLICY, s. 2067
- [4] **Westermo Teleindustri AB**, 1994, Industrial Data Communication, 3.0 Edition, s. 12-25, 38-43
- [5] **Jan Axelson**, 2000, Her Yönüyle Seri Port, Birsen Yayınevi, s. 105-111
- [6] **B&B Electronics**, 1995, Current Loop Application Note, s. 4-5
- [7] http://www.metering.com/archive/031/39_1.htm
- [8] <http://en.wikipedia.org/wiki/GPRS>
- [9] **Yasin KAPLAN**, 2000, Veri Haberleşme Kavramları, Papatya Yayıncılık, s. 31-35
- [10] <http://en.wikipedia.org/wiki/Ionosphere>
- [11] **S.J. Holmes, D. Campell**, 1990, Communicating with Domestic Electricity Meters, Schlumberger Industries UK, s. 130
- [12] **Akkermans, H. – Healey, D. – Ottosson, H.**, 1998, The Transmission of Data over the Electricity Power Lines, EnerSearch Sweden, s. 180
- [13] <http://en.wikipedia.org/wiki/Modbus>
- [14] **Modbus-IDA**, 2004, Modbus Application Protocol Specification V1.1a
- [15] **Modicon Inc.**, 1996, Modicon Modbus Protocol Reference Guide PI-MBUS–300 Rev. J
- [16] http://en.wikipedia.org/wiki/IEC_61107

- [17] **13/1271/FDIS**, Electricity metering - Data exchange for meter reading, tariff and load control - Part 21: Direct local data exchange, *Uluslararası Elektroteknik Komisyonu (IEC)*

EK - A

Emre Sami SÜZER (Sayaç Haberleşmesi Raporu - [MODBUS-RTU])

Sorgu Ayarları			
Fonksiyon kodu:	03	Toplam Register Boyutu:	8
Okuma Başlangıç Registeri:	4158	Cihaz Tanımlama Numarası:	1

Oluşturulan Sorgu	
Oluşturulan Soru:	0103103E00082100

Haberleşme Ayarları			
Haberleşme Kapısı:	1	Parite:	None
Haberleşme Hızı [bps]	9600	Veri Biti:	8
		Stop Biti:	1

Cevap			
Ayırma Blok Boyutu	8	Çözümleme Biçimi:	Standart çevrim
Ayrılan Blok		Çözümlemiş Blok	
0002ADC5		175557	
0003E62B		255531	
00000000		0	
00000000		0	

EK - B

Emre Sami SÜZER (Sayaç Haberleşmesi Raporu - [IEC 61107 Mod C])

Okuma Ayarları

Yapılacak İşlem	Bütün değerleri oku
İşlem Açıklaması	-

Haberleşme Ayarları

Haberleşme Kapısı:	2
--------------------	---

Başlangıç Haberleşme Ayarları

Haberleşme Hızı [bps]	300	Veri Biti:	7
Parite:	Even	Stop Biti:	1

Normal Haberleşme Ayarları

Haberleşme Hızı [bps]	-	Veri Biti:	-
Parite:	-	Stop Biti:	-

Cevap

[12:0:11] Okuma başladı.
[12:0:11] Haberleşme kapısı açıldı.
[12:0:12] Haberleşme kapısı boşaltıldı.
[12:0:12] Gönderi : [NULL][NULL][NULL][NULL][NULL][NULL][NULL][NULL]
[12:0:13] Gönderi : /?!
[12:0:14] Gelen : /ISK5MT851-2129
[12:0:15] Port ayarları : 9600,E,7,1
[12:0:15] Gönderi : [ACK]050[CR][LF]
[12:0:15] Haberleşme kapısı ayarları değiştirildi.
[12:0:16] Veri okunuyor.Lütfen bekleyin...
[12:0:24]
□F.F(00000000)
0.9.1(134758)
0.9.2(060423)
0.0.0(35562660)
0.0.1(00000000)
0.0.2(00000000)
0.0.3(00000000)
0.0.4(2004)
0.4.2(1)
0.4.3(0001.000)
0.8.0(15)
0.8.5(60)
1.8.0(000000.00)
1.8.0*01(000000.00)
1.8.0*02(000000.00)
1.8.0*03(000000.00)
1.8.0*04(000000.00)
1.8.0*05(000000.00)
1.8.0*06(000000.00)
1.8.0*07(000000.00)
1.8.0*08(000000.00)
1.8.0*09(000000.00)
1.8.0*10(000000.00)
1.8.0*11(000000.00)
1.8.0*12(000000.00)
1.8.1(000000.00)
1.8.1*01(000000.00)
1.8.1*02(000000.00)

1.8.1*03(000000.00)
1.8.1*04(000000.00)
1.8.1*05(000000.00)
1.8.1*06(000000.00)
1.8.1*07(000000.00)
1.8.1*08(000000.00)
1.8.1*09(000000.00)
1.8.1*10(000000.00)
1.8.1*11(000000.00)
1.8.1*12(000000.00)
1.8.2(000000.00)
1.8.2*01(000000.00)
1.8.2*02(000000.00)
1.8.2*03(000000.00)
1.8.2*04(000000.00)
1.8.2*05(000000.00)
1.8.2*06(000000.00)
1.8.2*07(000000.00)
1.8.2*08(000000.00)
1.8.2*09(000000.00)
1.8.2*10(000000.00)
1.8.2*11(000000.00)
1.8.2*12(000000.00)
1.8.3(000000.00)
1.8.3*01(000000.00)
1.8.3*02(000000.00)
1.8.3*03(000000.00)
1.8.3*04(000000.00)
1.8.3*05(000000.00)
1.8.3*06(000000.00)
1.8.3*07(000000.00)
1.8.3*08(000000.00)
1.8.3*09(000000.00)
1.8.3*10(000000.00)
1.8.3*11(000000.00)
1.8.3*12(000000.00)
1.8.4(000000.00)
1.8.4*01(000000.00)
1.8.4*02(000000.00)
1.8.4*03(000000.00)
1.8.4*04(000000.00)
1.8.4*05(000000.00)
1.8.4*06(000000.00)
1.8.4*07(000000.00)
1.8.4*08(000000.00)
1.8.4*09(000000.00)
1.8.4*10(000000.00)
1.8.4*11(000000.00)
1.8.4*12(000000.00)
5.8.0(000000.00)
5.8.0*01(000000.00)
5.8.0*02(000000.00)
5.8.0*03(000000.00)
5.8.0*04(000000.00)
5.8.0*05(000000.00)
5.8.0*06(000000.00)
5.8.0*07(000000.00)
5.8.0*08(000000.00)
5.8.0*09(000000.00)
5.8.0*10(000000.00)
5.8.0*11(000000.00)
5.8.0*12(000000.00)
8.8.0(000000.00)
8.8.0*01(000000.00)
8.8.0*02(000000.00)
8.8.0*03(000000.00)
8.8.0*04(000000.00)
8.8.0*05(000000.00)
8.8.0*06(000000.00)
8.8.0*07(000000.00)
8.8.0*08(000000.00)

8.8.0*09(000000.00)
 8.8.0*10(000000.00)
 8.8.0*11(000000.00)
 8.8.0*12(000000.00)
 1.6.0(0.0000)(0001010000)
 1.6.0*01(0.0000)(0001010000)
 1.6.0*02(0.0000)(0001010000)
 1.6.0*03(0.0000)(0001010000)
 1.6.0*04(0.0000)(0001010000)
 1.6.0*05(0.0000)(0001010000)
 1.6.0*06(0.0000)(0001010000)
 1.6.0*07(0.0000)(0001010000)
 1.6.0*08(0.0000)(0001010000)
 1.6.0*09(0.0000)(0001010000)
 1.6.0*10(0.0000)(0001010000)
 1.6.0*11(0.0000)(0001010000)
 1.6.0*12(0.0000)(0001010000)
 96.80.1(0)
 96.80.1*01(0)
 96.80.1*02(0)
 96.80.1*03(0)
 96.80.1*04(0)
 96.80.1*05(0)
 96.80.1*06(0)
 96.80.1*07(0)
 96.80.1*08(0)
 96.80.1*09(0)
 96.80.1*10(0)
 96.80.1*11(0)
 96.80.1*12(0)
 96.81.1(0000)
 96.81.1*01(0000)
 96.81.1*02(0000)
 96.81.1*03(0000)
 96.81.1*04(0000)
 96.81.1*05(0000)
 96.81.1*06(0000)
 96.81.1*07(0000)
 96.81.1*08(0000)
 96.81.1*09(0000)
 96.81.1*10(0000)
 96.81.1*11(0000)
 96.81.1*12(0000)
 96.82.1(0000)
 96.83.1(0.0000)
 5.6.0(0.0000)(0001010000)
 5.6.0*01(0.0000)(0001010000)
 5.6.0*02(0.0000)(0001010000)
 5.6.0*03(0.0000)(0001010000)
 5.6.0*04(0.0000)(0001010000)
 5.6.0*05(0.0000)(0001010000)
 5.6.0*06(0.0000)(0001010000)
 5.6.0*07(0.0000)(0001010000)
 5.6.0*08(0.0000)(0001010000)
 5.6.0*09(0.0000)(0001010000)
 5.6.0*10(0.0000)(0001010000)
 5.6.0*11(0.0000)(0001010000)
 5.6.0*12(0.0000)(0001010000)
 8.6.0(0.0000)(0001010000)
 8.6.0*01(0.0000)(0001010000)
 8.6.0*02(0.0000)(0001010000)
 8.6.0*03(0.0000)(0001010000)
 8.6.0*04(0.0000)(0001010000)
 8.6.0*05(0.0000)(0001010000)
 8.6.0*06(0.0000)(0001010000)
 8.6.0*07(0.0000)(0001010000)
 8.6.0*08(0.0000)(0001010000)
 8.6.0*09(0.0000)(0001010000)
 8.6.0*10(0.0000)(0001010000)
 8.6.0*11(0.0000)(0001010000)
 8.6.0*12(0.0000)(0001010000)

1.2.0(000.0000)
1.4.0(003 0.0000)
1.5.0(0.0000)
5.2.0(000.0000)
5.4.0(003 0.0000)
5.5.0(0.0000)
8.2.0(000.0000)
8.4.0(003 0.0000)
8.5.0(0.0000)
32.7(003.9)
52.7(004.0)
72.7(058.5)
96.2.1(0602031339)
96.5(0020E030)
96.52.1(0.571)
96.52.2(0.803)
96.52.3(0.050)
96.6.0(1689.0)
96.7.0(15)
96.7.1(0)
96.7.2(0)
96.7.3(0)
96.51.1(0)
96.51.2(0)
96.51.3(0)
96.51.4(15)
96.51.5(15)
96.51.6(30)
!
□f
[12:0:24] BCC kontrolü tamam (f)

EK - C

Emre Sami SÜZER (Sayaç Haberleşmesi Raporu - [IEC 61107 Mod C])

Okuma Ayarları

Yapılacak İşlem	Belirtilen değeri oku
İşlem Açıklaması	1.8.0 değeri okundu.

Haberleşme Ayarları

Haberleşme Kapısı:	2
--------------------	---

Başlangıç Haberleşme Ayarları

Haberleşme Hızı [bps]	300	Veri Biti:	7
Parite:	Even	Stop Biti:	1

Normal Haberleşme Ayarları

Haberleşme Hızı [bps]	-	Veri Biti:	-
Parite:	-	Stop Biti:	-

Cevap

[11:59:27] Okuma başladı.
[11:59:27] Haberleşme kapısı açıldı.
[11:59:28] Haberleşme kapısı boşaltıldı.
[11:59:28] Gönderi : [NULL][NULL][NULL][NULL][NULL][NULL][NULL][NULL]
[11:59:28] Gönderi : /?!
[11:59:30] Gelen : /ISK5MT851-2129
[11:59:30] Port ayarları : 9600,E,7,1
[11:59:30] Gönderi : [ACK]050[CR][LF]
[11:59:30] Haberleşme kapısı ayarları değiştirildi.
[11:59:32] Gönderi : [SOH]R1[STX]1.8.0[ETX]
[11:59:33] Veri okunuyor.Lütfen bekleyin...
[11:59:33]
[STX](000000.00)[ETX],
[11:59:33] BCC kontrolü tamam (,)
[11:59:33] Gönderi : [SOH]B0[ETX]q

EK - D

Emre Sami SÜZER (Sayaç Haberleşmesi Raporu - [IEC 61107 Mod C])

Okuma Ayarları

Yapılacak İşlem	Yük profili oku
İşlem Açıklaması	01.02.2006 ile 10.02.2006 arası yük profili okundu.

Haberleşme Ayarları

Haberleşme Kapısı: 2

Başlangıç Haberleşme Ayarları

Haberleşme Hızı [bps]	300	Veri Biti:	7
Parite:	Even	Stop Biti:	1

Normal Haberleşme Ayarları

Haberleşme Hızı [bps]	-	Veri Biti:	-
Parite:	-	Stop Biti:	-

Cevap

[12:3:37] Okuma başladı.
[12:3:37] Haberleşme kapısı açıldı.
[12:3:38] Haberleşme kapısı boşaltıldı.
[12:3:38] Gönderi : [NULL][NULL][NULL][NULL][NULL][NULL][NULL][NULL]
[12:3:39] Gönderi : /?!
[12:3:40] Gelen : /ISK5MT851-2129
[12:3:40] Port ayarları : 9600,E,7,1
[12:3:40] Gönderi : [ACK]050[CR][LF]
[12:3:40] Haberleşme kapısı ayarları değiştirildi.
[12:3:43] Gönderi : [SOH]R5[STX]P.01(00602010000;00602100000)[ETX]#
[12:3:44] Veri okunuyor.Lütfen bekleyin...
[12:3:50]
[STX]P.01(0602031200)(00)(60)(6)(1.9)(kWh)(2.9)(kWh)(5.9)(kvarh)(6.9)(kvarh)(7.9)(kvarh)(8.9)(kvarh)[CR][LF] (0.0000)(0.0000)(0.0000)(0.0000)(0.0000)(0.0000)[CR][LF]
(0.0000)(0.0000)(0.0000)(0.0000)(0.0000)(0.0000)[CR][LF]
(0.0000)(0.0000)(0.0000)(0.0000)(0.0000)(0.0000)[CR][LF]
P.01(0602031500)(80)(60)(6)(1.9)(kWh)(2.9)(kWh)(5.9)(kvarh)(6.9)(kvarh)(7.9)(kvarh)(8.9)(kvarh)[CR][LF] (0.0000)(0.0000)(0.0000)(0.0000)(0.0000)(0.0000)[CR][LF]
P.01(0602061000)(40)(60)(6)(1.9)(kWh)(2.9)(kWh)(5.9)(kvarh)(6.9)(kvarh)(7.9)(kvarh)(8.9)(kvarh)[CR][LF] (0.0000)(0.0000)(0.0000)(0.0000)(0.0000)(0.0000)[CR][LF]
P.01(0602061100)(80)(60)(6)(1.9)(kWh)(2.9)(kWh)(5.9)(kvarh)(6.9)(kvarh)(7.9)(kvarh)(8.9)(kvarh)[CR][LF] (0.0000)(0.0000)(0.0000)(0.0000)(0.0000)(0.0000)[CR][LF]
P.01(0602071700)(60)(60)(6)(1.9)(kWh)(2.9)(kWh)(5.9)(kvarh)(6.9)(kvarh)(7.9)(kvarh)(8.9)(kvarh)[CR][LF] (0.0000)(0.0000)(0.0000)(0.0000)(0.0000)(0.0000)[CR][LF]
P.01(0602071800)(30)(60)(6)(1.9)(kWh)(2.9)(kWh)(5.9)(kvarh)(6.9)(kvarh)(7.9)(kvarh)(8.9)(kvarh)[CR][LF] (0.0000)(0.0000)(0.0000)(0.0000)(0.0000)(0.0000)[CR][LF]
P.01(0602071900)(A0)(60)(6)(1.9)(kWh)(2.9)(kWh)(5.9)(kvarh)(6.9)(kvarh)(7.9)(kvarh)(8.9)(kvarh)[CR][LF] (0.0000)(0.0000)(0.0000)(0.0000)(0.0000)(0.0000)[CR][LF]
P.01(0602072000)(E0)(60)(6)(1.9)(kWh)(2.9)(kWh)(5.9)(kvarh)(6.9)(kvarh)(7.9)(kvarh)(8.9)(kvarh)[CR][LF] (0.0000)(0.0000)(0.0000)(0.0000)(0.0000)(0.0000)[CR][LF]
P.01(0602072100)(00)(60)(6)(1.9)(kWh)(2.9)(kWh)(5.9)(kvarh)(6.9)(kvarh)(7.9)(kvarh)(8.9)(kvarh)[CR][LF] (0.0000)(0.0000)(0.0000)(0.0000)(0.0000)(0.0000)[CR][LF]
(0.0000)(0.0000)(0.0000)(0.0000)(0.0000)(0.0000)[CR][LF]
(0.0000)(0.0000)(0.0000)(0.0000)(0.0000)(0.0000)[CR][LF]
(0.0000)(0.0000)(0.0000)(0.0000)(0.0000)(0.0000)[CR][LF]
P.01(0602080100)(00)(60)(6)(1.9)(kWh)(2.9)(kWh)(5.9)(kvarh)(6.9)(kvarh)(7.9)(kvarh)(8.9)(kvarh)[CR][LF] (0.0000)(0.0000)(0.0000)(0.0000)(0.0000)(0.0000)[CR][LF]
(0.0000)(0.0000)(0.0000)(0.0000)(0.0000)(0.0000)[CR][LF]
(0.0000)(0.0000)(0.0000)(0.0000)(0.0000)(0.0000)[CR][LF]

© 2006 The Authors
Journal compilation © 2006 Blackwell Publishing Ltd

ÖZGEÇMİŞ

Emre Sami SÜZER, 1981 yılında İstanbul'da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini İstanbul'da tamamladı. 1999 yılında Marmara Koleji'ni bitirdi. Aynı yıl İstanbul Teknik Üniversitesi Elektrik Mühendisliği Bölümü'nü kazandı. Buradan mezun olduğu 2003 yılının Eylül ayında İstanbul Teknik Üniversitesi Elektrik Mühendisliği'nde yüksek lisans eğitimine başladı.