

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ENDÜSTRİYEL VERİ İLETİŞİM SİSTEMLERİNDE
BİR PROFİNET UYGULAMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Müh. Esra KAHVECİ**

Anabilim Dalı : ELEKTRİK MÜHENDİSLİĞİ

Programı : KONTROL ve OTOMASYON MÜHENDİSLİĞİ

OCAK 2007

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ENDÜSTRİYEL VERİ İLETİŞİM SİSTEMLERİNDE
BİR PROFİNET UYGULAMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Müh. Esra KAHVECİ
(504031105)**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 25 Aralık 2006
Tezin Savunulduğu Tarih : 30 Ocak 2007**

**Tez Danışmanı : Doç.Dr. Salman KURTULAN
Diğer Jüri Üyeleri Prof.Dr. Bilge GÜNSEL (İ.T.Ü)
Doç.Dr. Fuat GÜRLEYEN (İ.T.Ü)**

OCAK 2007

ÖNSÖZ

Endüstriyel veri iletişim sistemleri günümüzde endüstriyel otomasyon uygulamaların yapıldığı tesislerde en alt otomasyon seviyesinden (sensör-eyleyici seviyesi) en üst otomasyon seviyesine (kontrol seviyesi) kadar önemli bir işleve sahiptir. Bu çalışmada endüstriyel veri iletişimde çok yeni bir konu olan Profinet sistemleri incelenmiştir ve uygulamaları için örnekler verilmiştir.

Çalışmalarım sırasında benden desteğini esirgemeyen danışmanım Doç. Dr. Salman Kurtulan'a ve teknik desteklerinden dolayı Murat Oral ve Zeynel Erdoğan'a teşekkürü bir borç bilirim.

Aralık, 2006

Esra KAHVECİ

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR	v
TABLO LİSTESİ.....	vi
ŞEKİL LİSTESİ	vii
ÖZET	viii
SUMMARY.....	ix
1.GİRİŞ	1
2.PROFINET GENEL YAPI, HABERLEŞME TEMELLERİ VE PROTOKOL YAPISI	3
2.1 Profinet Hakkında Genel Bilgiler.....	3
2.2 Haberleşme Seviyeleri.....	3
2.3 Ağ (Network) yapısı ve elemanları	5
2.3.1 Temel kavramlar	5
2.3.2 Ağ (Network) elemanları	6
2.3.3 Ağ Elemanlarının adreslenmesi	8
2.3.4 Topolojiler.....	9
2.4 Ağ kullanım hakkının kontrolü	11
2.4.1 CSMA/CD prosedürü	11
2.5 Ethernet ile Gerçek Zamanlı Veri İletişimi.....	13
2.5.1 Gerçek zamanlı (Real Time:RT) ve belirginlik tanımları.....	13
2.5.2 Gerçek zamanlı haberleşme kanalı (Real Time Channel)	14
2.5.3 RT Ethernet protokol yapısı.....	15
3. SIEMENS PROFINET HABERLEŞMESİ	18
3.1 Üzerinde Ethernet Bağlantı Noktası Bulunan S7 CPU'larla Sahadaki Profinet Cihazlarına Erişim	18
3.1.1 CPU315-2 PN/DP ile Profinet konfigürasyonunun yapılması.....	18
3.1.2 CPU-CPU arası haberleşme blokları.....	22
3.1.3 T-Blokları parametreleri ve açıklamaları.....	22
3.2 S7 300 Ethernet CP'leri ile Sahadaki Profinet Cihazlarına Erişim	24
3.2.1 PNIO_SEND ve PNIO_RECV blokları çalışma prensibi	25
4. UYGULAMA ÖRNEĞİ: S7300PN CPU VE CP343-1 ARASINDA BİR AÇIK TCP BAĞLANTISI KURMAK	28
4.1 Donanım Ayarlarının Yapılandırılması	28
4.2 Haberleşme Konfigürasyonunun Yapılması	30
4.2 Bağlantıların Tanımlanması	31
4.3 Programlama.....	32
4.3.1 CPU312C işlemcisi programı	33
4.3.2 CPU315-2PN/DP işlemcisi programı	34
4.4 Programın İzlenmesi	35

5. SONUC.....	37
KAYNAKLAR.....	38
ÖZGEÇMİŞ.....	39

KISALTMALAR

TCP	: Transmission Control Protocol
IP	: Internet Protocol
IT	: Information Technology
PLC	: Programmable Logic Controller
OP	: Operator Panel
MPI	: Multi Point Interface
IRT	: Isochronous Real Time
CPU	: Central Processing Unit
CP	: Communication Processor
VAT	: Variable Table

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 2.1: Haberleşme seviyeleri başarımlar karşılaştırması.....	5
Tablo 2.2: RT Ethernet Protokol Yapısı	16
Tablo 4.1: FC5 parametre açıklamaları.....	33
Tablo 4.2: FB101 parametre açıklamaları.....	35

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1: Endüstriyel sistemlerde haberleşme seviyeleri	4
Şekil 2.2: Ağ topolojileri	11
Şekil 2.3: CSMA/CD prosedürü çalışma ilkesi	12
Şekil 2.4: Tam çift yönlü veri iletimi	12
Şekil 2.5: IRT ,RT ve TCP/IP için iletim süreleri.....	14
Şekil 2.6: TCP/IP Protokol katmanları	14
Şekil 2.7: Profinet gerçek zamanlı kanal yapısı.....	15
Şekil 3.1: CPU315-2 PN/DP için donanım ayarları.....	19
Şekil 3.2: IP adresi ataması.....	19
Şekil 3.3: Profinet- IO Hattı.....	20
Şekil 3.4: IP adresi ve cihaz ismi atamaları.....	21
Şekil 3.5: CP343-1 kartı ile oluşturulan Profinet-IO hattı.....	25
Şekil 3.6: FC11 ve FC12 blokları taşınan hafızalar	27
Şekil 4.1: CPU315-2 PN/DP için donanım ayarları ve IP ataması	29
Şekil 4.2: CPU312C ve CP343-1 için donanım ayarları ve IP ataması	30
Şekil 4.3: NetPro sayfası	31
Şekil 4.4: Bağlantı oluşturma.....	31
Şekil 4.5: Uzak IP ve bağlantı noktası tanımlamaları	32
Şekil 4.6: Kontrol Değişkenler Tablosu	36
Şekil 4.7: Set_CON-Settings değişkenler tablosu.....	36

ENDÜSTRİYEL VERİ İLETİŞİM SİSTEMLERİNDE BİR PROFİNET UYGULAMASI

ÖZET

Bu tezde öncelikle haberleşme sistemleri hakkında genel bir bakış açısı verilmiştir. Daha sonra özel bir konu olan Ethernet ele alınmıştır. Ve sonuçta yeni bir Profibus Kullanıcı Organizasyonu otomasyon standardı olan ve komple bir otomasyon çözümü sunan endüstriyel Ethernet tabanlı Profinet ele alınmıştır. Profinet, endüstriyel Ethernet ile bir saha yolu olan ve endüstriyel haberleşme uygulamalarında çok yaygın bir şekilde kullanılan Profibus'ı birleştirir. Bu özellik Ethernet'in saha seviyesindeki uygulamalarda da kullanılacağını anlamına gelmektedir, ki bu sahadaki arabirim çeşitliliğini azaltmak ve arabirimleri tek bir çeşit altında toplamak için çok önemlidir. Ethernet'i saha seviyesi uygulamalarında da kullanılabilir hale getirmek için Profinet, detayları tezde verilmiş olan bir optimize edilmiş gerçek zamanlı haberleşme kanalı: Gerçek-Zaman (RT) sunar .

Bu tezde standart Ethernet ve Ethernet ile gerçek zamanlı veri iletişimi konuları birbirleri ile karşılaştırılmıştır ve birtakım sonuçlar sunulmuştur. Son bölümde Siemens Step 7 Programı ile oluşturulan ve Profinet ile bir açık TCP haberleşmesi örneği içeren uygulama örneği projesi verilmiştir.

Sonuç olarak Profinet , açık bir dağıtılmış otomasyon kurulumuna, Ethernet ve saha yolu üzerinden gerçek zamanlı haberleşme kurulumuna ve açık bilgi teknolojilerinin kullanımına izin veren bir sistemdir. Profinet'in önümüzdeki yıllarda her tip otomasyon uygulamaları ve tüm haberleşme seviyeleri için tercih edilecek bir haberleşme sistemi olacağı şimdiden gözükmektedir.

A PROFINET APPLICATION FOR INDUSTRIAL COMMUNICATION SYSTEMS

SUMMARY

In this thesis firstly a general overview of communication systems is mentioned. Then a specific topic Ethernet is handled. Finally the Profinet, which is the innovative automation standard of the Profibus User Organization for the implementation of a complete automation solution based on Industrial Ethernet, is explained. Profinet brings together Industrial Ethernet and the expertise of Profibus which is a field bus and used very common in the industrial communication. That means Ethernet is going to be used also in the field level, which is very important for reducing interface variety on the field and making all the interface elements unique. In order to be able to use the Ethernet in the field level, Profinet provides an optimized communication channel for real-time communication: Real-Time (RT), which is also mentioned in details in the thesis.

In the thesis the standard Ethernet and the Real Time Data Exchange via Ethernet topics are compared with each other and some results are given. In the last section an application example project, including an open TCP communication over Profinet, and created by Siemens Step7 Editor, is given.

In conclusion Profinet provides; an open distributed automation, a real time communication via field bus and ethernet, and the use of open standards. It seems, that in the coming years Profinet will be preferred as a communication system in every communication levels for all kinds of automation systems.

1.GİRİŞ

Endüstriyel veri iletişim sistemleri, günümüz modern üretim süreçlerinin otomasyonu için gerekli en önemli bileşenlerden biridir. Üretim sürecine ilişkin verilerin toplanması ve değerlendirilmesi bu sistemler aracılığıyla gerçekleşir [1]. Endüstriyel tesislerin işletiminin düzenli bir şekilde yapılabilmesi, sistemin uzaktan izlenmesi ve sistemde oluşan hataların gerçek zamanlı aktarımı ile olanaklıdır [2]. Günümüzde, üretici kuruluşların kendi ürünleri arasındaki iletişimi sağlamak üzere geliştirdiği birçok veri iletişim sistemi bulunur. Profibus, Profinet, DeviceNet, EtherNet/IP, Modbus Plus, Modbus-RTU, Modbus-TCP, CC-Link, ControlNet, CANopen, Interbus, FIPIO, Powerlink, EtherCat, Fieldbus Foundation, Lonworks, AS-Interface ve FL-net bu tür sistemlere örnek gösterilebilir. Endüstriyel veri iletişimde çok sayıda sistem ve protokol kullanılması, farklı ürünler arasındaki iletişimin sağlanmasında sorun yaratmaktadır. Bu sorunları aşmak için, belirli standartlar ve protokoller belirlenerek bu çeşitliliği azaltma yolunda çalışmalar yapılmıştır. Buna örnek olarak, 15 Mart 1996'da Profibus iletişim sisteminin Avrupa standardı olarak kabul edilmesi gösterilebilir[1]. Profibus, günümüzde en yaygın kullanıma sahip iletişim sistemlerinin başında gelmektedir. Profinet ise bilgi teknolojileri (IT) standardı olarak kabul görmüş Ethernet altyapısı üzerine kurulmuş bir Profibus düzenlemesidir.

Bu tezde Profinet haberleşme sistemi ayrıntılı olarak incelenmiş ve değerlendirilmiştir. Bu amaçla önce Profinet genel yapısı tanıtılmış, haberleşme seviyeleri, ağ yapıları, ağ elemanları ve topolojiler açıklanmıştır. Daha sonra Ethernet ile gerçek zamanlı veri iletişimi temelleri, Ethernet üzerine eklenen gerçek zamanlı haberleşme kanalı ve Ethernet protokol yapısından bahsedilmiştir. Siemens Profinet haberleşmesi kısmında ise Siemens firması işlemcileri ve haberleşme kartları ile kurulabilecek Profinet ağ yapılarının özelliklerine, bu elemanlarla kurulabilecek yapılara, haberleşmede kullanılacak özel haberleşme bloklarına, bu bloklara ilişkin parametre açıklamalarına yer verilmiştir ve bu konulara ilişkin bağlantı örnekleri gösterilmiştir.

Uygulama Örneği kısmında ise S7300PN bağlantı noktalı işlemci ile CP343-1 haberleşme kartı arasında Profinet hattı üzerinden bir açık TCP bağlantısı kurulması , donanım ayarlarının ve haberleşme konfigürasyonunun yapılması, bağlantıların tanımlanması ayrıntılı olarak açıklanmıştır. Kurulan sistemin 100 Mbit/s ile çalışma durumu izlenmiş ve değerlendirilmiştir.

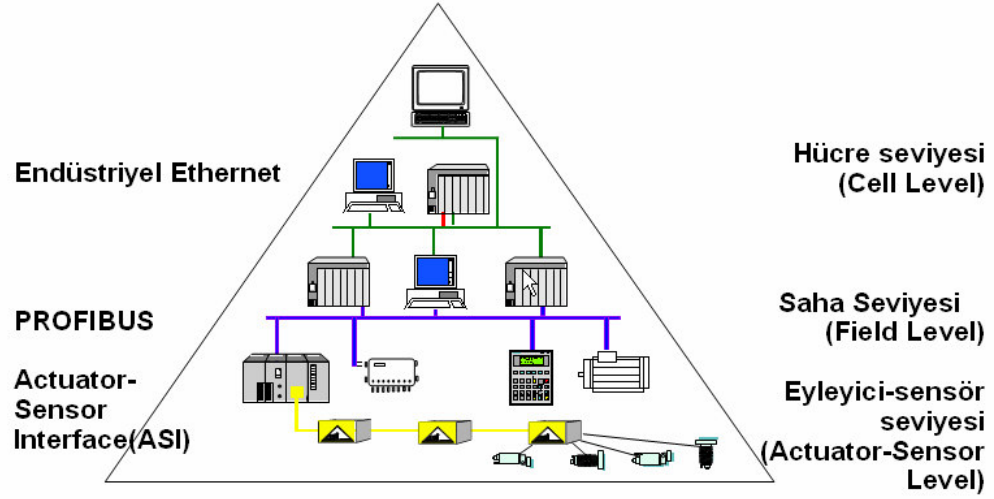
2.PROFINET GENEL YAPI, HABERLEŞME TEMELLERİ VE PROTOKOL YAPISI

2.1 Profinet Hakkında Genel Bilgiler

PROFINET saha seviyesi otomasyon uygulamalarında kullanılan Endüstriyel Ethernet tabanlı bir Profibus kullanıcı organizasyonu (PNO: Profibus User Organization) standardıdır [1]. PROFINET Profibus gibi saha yolu iletişim sisteminin (field bus) üstünlüğünü Ethernet TCP/IP protokolü ve onunla ilişkili açık bilgi teknolojileri (IT) (OPC, DHCP, HTTP..) ile birleştirir. PROFINET sahada dağıtılmış elemanları ve verinin zamanında iletilmesi gereken zaman kritik (tam zamanında iletim) uygulamaları Ethernet arabirimi üzerinden birbirine bağlar. Böylece, mevcut yatırımları bozmadan arabirimleri azaltmak, tek bir çeşit iletişim şekline geçmek, mühendislik hizmetlerini daha basit hale getirmek, yeni uygulamaları daha çok bağlantı noktası ve daha yüksek başarımla gerçekleştirmek olanağı doğar.

2.2 Haberleşme Seviyeleri

Endüstriyel sistemlerde iletişim protokolleri alt çalışma seviyelerine bölünmüştür. Bu seviyeler arasındaki ilişki Şekil 2.1’de gösterilmiştir.



Şekil 2.1: Endüstriyel sistemlerde haberleşme seviyeleri

Eyleyici/sensör seviyesi (Actuator-Sensor Level):

Endüstriyel sistemlerdeki en alt düzey haberleşme seviyesidir. İkilik (mantıksal) sensör ve eyleyici işaretleri bir yol üzerinden iletilir. AS-I veri yolu bu seviye uygulamalar için tercih edilen bir arabirimdir.

Saha seviyesi (Field Level):

Bu seviye giriş/çıkış (I/O) modülleri, sürücüler, valfler, operator panelleri gibi dağıtılmış cihazlarla gerçek zamanlı haberleşmeler yapılan orta seviyedir. Pek çok firmanın bu seviye için ürettiği iletişim sistemleri mevcuttur.

Hücre seviyesi (Cell Level):

Bu seviyede programlanabilir kontrolörler (PLC'ler) birbirleri ile haberleşirler. Bu seviye büyük veri paketlerinin, güvenilir haberleşme fonksiyonları ile iletildiği, verinin zamanında iletilmesinin önemli olmadığı bir seviyedir. Bu seviyede Ethernet, MPI ve Profibus (FMS) ağları kullanılmaktadır.

Bu seviyeler arasındaki iletilen veri miktarı, sistemin tepki süreleri ve ilgili seviyelerin haberleşme frekansları arasındaki ilişki Tablo 2.1'de verilmiştir.

Tablo 2.1:Haberleşme seviyeleri başarımlarını karşılaştırması

	İletilen Veri Miktarı	Tepki Süreleri	İletişim frekansı
Cell Level	Kbyte	100ms-1s	dakika-saniye
Field Level	Byte	10ms-100ms	saniye-milisaniye
Actuator-Sensor Level	Bit	milisaniye	milisaniyeler

2.3 Ağ (Network) yapısı ve elemanları

2.3.1 Temel kavramlar

Veri iletişiminin temellerine geçilmeden önce bazı temel kavramlar verilecektir. Bu bölümde endüstriyel haberleşme için kullanılan bazı temel kavramlar ve tanımları ele alınmıştır.

Haberleşme (Communication): Farklı özelliklere sahip iki veya daha çok katılımcı (partner) arasında kurulan ve uzaktaki katılımcıya veri yazmak veya ondan veri okumak için oluşturulan veri iletişimidir.

Haberleşme katılımcısı (Communication Partner): Diğer birimlerle veri alışverişinde bulunan haberleşme yeteneğine sahip birim olarak tanımlanır.

İstasyon (Station): Bir veya daha fazla alt ağa (subnet) bağlanabilen bir cihaz olarak tanımlanır. Örneğin, Programlanabilir Lojik Kontrolör (PLC), programlama cihazı, operator paneli veya PC olabilir.

Düğüm (Node): Ağ içerisindeki özelliği olan bağlantı noktalarıdır.

Subnet (Alt ağ): Bir veri iletişim yolunun kurulumu ve veri alışverişi için gerekli olan fiziksel elemanlar bütününe verilen addır. Bir alt ağ içerisindeki tüm düğümler (node) birbirlerine geçit yolları (Gateway) ile bağlanırlar. Her alt ağın kendisine ait bir alt ağ kimliği (Subnet ID) vardır.

Ağ (Network): Veri iletmek veya kaynakları paylaşmak için iki veya daha fazla alt ağın birleşimi ile oluşan fiziksel iletişim ortamıdır. Birbirleri ile haberleşebilen istasyonlardan oluşur.

- **Yerel Alan Ağı (LAN:Local Area Network):** Sınırlı bir alan içeren ve genellikle yüksek veri oran yeteneği sağlayan bir ağıdır.

- **Geniş Alan Ağı (WAN:Wide Area Network):** Göreceli olarak daha geniş alanlara yönelik ağlardır. Birçok ağı (LAN) birbirine bağlar. Geniş bir bölge, bir şehir hatta bir ülkeyi kapsayabilir.

Bağlantı (Connection): İki haberleşme katılımcısı (partner) arasında kurulan mantıksal ilişkidir. Bağlantıyı oluşturabilmek için bu mantıksal kurgunun daha önceden yapılandırılmış olması gerekir. Aynı fiziksel iletim hattı üstünde birden fazla bağlantı tanımlanabilir. Her bağlantının iki uç noktası (end point) bulunur. Haberleşmede 2 tip bağlantı yöntemi vardır:

- **Bağlantı yönlü (Connection-Oriented):** Veri iletiminden önce, haberleşme katılımcısıyla bağlantı kurar, veriyi gönderir, ve ardından bağlantıyı koparır. Bu bağlantı tipi bir telefon görüşmesine benzetilebilir: Önce numara çevrilerek arama yapılır, ardından isim verme ve karşılıklı tanışma işlemi gerçekleştirilir ve arayan karşı tarafa mesajı gönderir. Bağlantı ancak iki tarafın da verinin doğru bir şekilde iletildiğinden emin olmasının ardından sonlandırılır [2].
- **Bağlantısız (Connectionless):** Burada haberleşme katılımcısından cevap almayı beklemeksizin veri iletilir. Haberleşme katılımcısının veriyi alıp almadığına bakılmaksızın bağlantı sonlandırılır.

2.3.2 Ağ (Network) elemanları

Üç veya daha fazla cihazı Ethernet ağı üzerinden birbirine bağlayabilmek için; işaretleri birbirine aktarabilecek bir cihaza ihtiyaç vardır. Bağlantılar bu cihaza düz Ethernet kabloları ile yapılmalıdır. Bunu sağlayabilecek birkaç cihaz vardır: Göbek (Hub), anahtar (switch) veya yönlendirici (router).

Göbek (Hub):

Göbek, aldığı işaretleri tekrar eden basit bir cihazdır. Hangi bilgisayarların kendisine bağlı olduğunu bilmez ve kaynak veya hedef bilgisayara ait bir ağ (network) işletimi gerçekleştirmez. Göbekler ağa daha fazla bilgisayar eklemeye olanak tanıyan basit cihazlardır.

Bununla birlikte, bilgisayarların sayısı arttıkça, gereksiz ağ trafiği de artar. Bir ağa göbek ile bağlanmak çok güvenli olmaz çünkü ağa bağlı herhangi bir bilgisayar yayınlanan mesajları dinleyebilecek şekilde konfigüre edilebilir.

Göbek iletilecek işareti kendisine bağlanan tüm cihazlara aynı anda gönderir. Bu işlem Ethernet hattında yoğun bir haberleşme yüküne neden olur. Bu nedenle Profinet'te hiçbir şekilde göbek kullanılmamalıdır, anahtar (switch) tercih edilmelidir [1].

Anahtar (Switch):

Anahtar bir göbek gibidir fakat kendisine bağlanan bilgisayarın IP adresini kayıt eder. Bir mesaj aldığı anda bunu yalnızca gönderilmesi gereken cihaza yollar. Anahtarlar gereksiz veri trafiğini engeller ve yüksek performanslı bir ağ kurmaya olanak sağlar.

Profinet ağlarında cihazlar diğer saha seviyesi haberleşme protokollerindeki aksine birbirlerine doğrudan bağlanmazlar. Profinet'te cihazlar Endüstriyel Ethernet'e bir anahtar üzerinden bağlanırlar. Anahtarın görevi gelen işaretleri yenilemek ve dağıtmaktır. Anahtar kendisine bağlanan bir Profinet cihazının veya diğer anahtar'ların Ethernet adreslerini öğrenir ve sadece belirli bir cihaz veya anahtar için oluşturulan işaretleri ilgili cihaza gönderir. Gelen veriler anında ilgili cihaza gönderilemezse geçici bir süre anahtar bu verileri saklar.

ERTEC-ASIC ile donatılmış olan anahtarlar gelen verilerin önem sırasına konularak yüksek öncelikli verinin önce iletilmesini garanti eder [1].

Her anahtar üzerinde belirli sayıda bağlantı noktası (port) bulunur ve her bağlantı noktasına maksimum bir adet Profinet cihazı ve ya anahtar bağlanabilir.

Profinet'te kullanılacak olan anahtar şu fonksiyonları sağlamalıdır.

- 100 Mbit/s Fast (Hızlı) Ethernet
- Tam Çift Yönlü (Full-Duplex) mod.

Yönlendirici (Router):

Yönlendirici anahtara benzer bir şekilde çalışır, fakat yönlendirici ile ağ üzerindeki düğümlerin hangilerinin yönlendirici üzerinden haberleşebileceği ve hangilerinin haberleşemeyeceği tanımlanabilir. Profinet'te yönlendiriciler alt ağları birbirlerinden ayırmak için kullanılırlar.

Haberleşme Kabloları

İki düğümden oluşan bir haberleşme ağında çapraz Ethernet kablosu kullanılır. Üç veya daha fazla düğümden oluşan ağlarda bağlantı bir anahtar üzerinden yapıldığından düz kablo kullanılmalıdır, anahtar otomatik olarak çaprazlama işlemini yapar [2].

Fast Ethernet (100Mbit/s) Versiyonları

Profinet'te kullanılacak olan cihazların hızlı (Fast) Ethernet'e ve tam çift yönlü (full duplex) iletme göre tasarlanmış olmaları gerekmektedir [1]. Hızlı Ethernet standart Ethernet'e (10Mbit/s) göre 10 kat daha hızlıdır. Hızlı Ethernet'in tam çift yönlü iletimi mümkün kılan iki versiyonu vardır.

- 100Base-TX: 2 çift, kategori 5 UTP (Unshielded twisted pair), maksimum uzunluk:100 m
- 100Base-FX: 2 çift, Multi-Mode Fiber, maksimum uzunluk:400 m

2.3.3 Ağ Elemanlarının adreslenmesi

IP Adresi

Bilgisayarlar arası haberleşme IP paketleri aracılığıyla yapılır. TCP protokolü büyük bir veriyi parçalara ayırır, IP ise bu telgrafların hangi yoldan olursa olsun vericiden alıcıya gitmesini sağlar.

İnternete bağlanan her cihazın bir IP adresi vardır. 32 bitlik (4 baytlık) bu IP adresleri içerisinde ağ kimlikleri (Network ID) ve konuk kimlikleri (Host ID) bilgisini de taşıyan 4 ondalık sayı şeklinde yazılır. Örnek:141.72.5.240

Alt ağ tiplerini ve alt ağ içerisinde yer alacak bilgisayar miktarını tespit etmek amacıyla IP numaraları A,B,C,D ve E sınıflarına ayrılmıştır [3].

Katılımcı Kimliği (Host ID): H ve Ağ kimliği (Network ID): N olarak gösterilirse, aşağıdaki tanımlamalar yapılabilir:

A Sınıfı Adresler: Bu sınıftaki IP adres yapısı 0-127.H.H.H şeklindedir. Tipik alt ağ maskesi (subnet mask) 255.0.0.0'dır. IP adresi ile alt ağ maskesi lojik VE işleminden geçirilerek ağın katılımcı bilgisine erişilir. Alt ağ maskesinde sıfır olan bitler katılımcı kimliğinin aralığını belirler.

IP adresinin ilk sekizlisi Ağ kimliğini ve diğer üç sekizlisi Katılımcı kimliği bilgisini içerir. A sınıfı IP adresleri maksimum 126 ağ içerir ve her ağda 24 bitlik katılımcı kimliği vardır (16.777.214 adet katılımcı). Ağ adresi olarak 0 ve 127 kullanılamaz . 127 ile başlayan adresler özel işler için ayrılmıştır. Bu adreslerden 127.0.0.1 kendi bilgisayarımızı gösterir.

B Sınıfı Adresler: Bu sınıftaki IP adresleri yapısı 128-191.N.H.H şeklindedir. Tipik alt ağ maskesi 255.255.0.0 ‘dır.IP adresinin ilk iki sekizlisi Ağ kimliği ve son iki sekizlisi katılımcı kimliğini belirler. B sınıfı IP adresi maksimum 16.384 ağ içerir ve her ağdaki katılımcı sayısı 65.534 olabilir.

C Sınıfı Adresler: Bu sınıftaki IP adresleri yapısı 192-223.N.N.H şeklindedir. Tipik alt ağ maskesi 255.0.0.0 ‘dır. IP adresinin ilk üç sekizlisi Ağ kimliği ve son sekizlisi katılımcı kimliğini belirler. C sınıfı IP adresinin sahip olabileceği ağ sayısı 2.097.152 ve her ağdaki katılımcı sayısı 254’tür.

D Sınıfı Adresler: Bu sınıf sadece çoğa gönderim (multicast) işlemleri için kullanılır. Bu sınıftaki IP adresleri yapısı 224-239.M.M.M şeklindedir [2].

E Sınıfı Adresler: Özel uygulamalar için ayrılmıştır.

MAC Adresi

MAC adresi Ethernet ağındaki cihazın fiziksel modül adresidir. Ethernet ağ cihazlarına, tanınabilmeleri için dünyada bir eşi daha olmayan seri numarası verilir. Bu numaralar, üretici firmalar tarafından fabrikada verilmektedir.

MAC Adresleri 6 sekizlik uzunluğundadır ve onaltılık formatta yazılırlar. Örnek olarak 08-00-06-6B-83-14 bir MAC adresidir. Her üretici firmanın kendi ürünleri için kullanabileceği belirli bir MAC adresi alanı vardır. İlk 3 sekizli üretici firma kodundan oluşmaktadır.

2.3.4 Topolojiler

Topoloji, iletişim sistemini oluşturan bileşenlerin ara bağlaşımını, sistemin işlevini ve konumsal açıdan iletişim sisteminin şeklini belirler. İletişim sistemlerinde çeşitli topolojiler kullanılır.

Yıldız (Star):

Yıldız topolojisinde düğümlerin tamamı merkez noktadan geçer, anahtar kullanılarak oluşturulmuş bir ağ otomatik olarak bir yıldız topolojisi oluşturur. Bu yapıda diğer yapıların aksine ağdaki herhangi bir cihazın devre dışı kalması tüm ağın hatalı duruma geçmesini engeller, sadece hatalı cihaz devre dışı kalır, böylece yüksek verimli ve güvenilir bir ağ kurulmuş olur.

Anahtarın devre dışı kalma riskine karşı yüksek güvenilirlikli bir sistem kurmak için anahtarı yedeklemeli (redundant) yapmak mümkündür; böylece devre dışı kalan anahtarın yerini yedek anahtar otomatik olarak hızlıca alır ve sistemin devamlılığını sağlar.

Yıldız topolojileri, genellikle, üretim makineleri gibi cihaz yoğunluğunun fazla olduğu kısa mesafeli uygulamalarda tercih edilir [1].

Ağaç (Tree):

Birden fazla anahtarın birbiri ile bağlanması sonucunda ağaç topolojisi elde edilir. Her bir anahtara bağlı olan yapı kendi içerisinde bir yıldız topolojisidir. Karmaşık sistemlerin daha basit alt yapılara bölünmesi uygulamalarında tercih edilir.

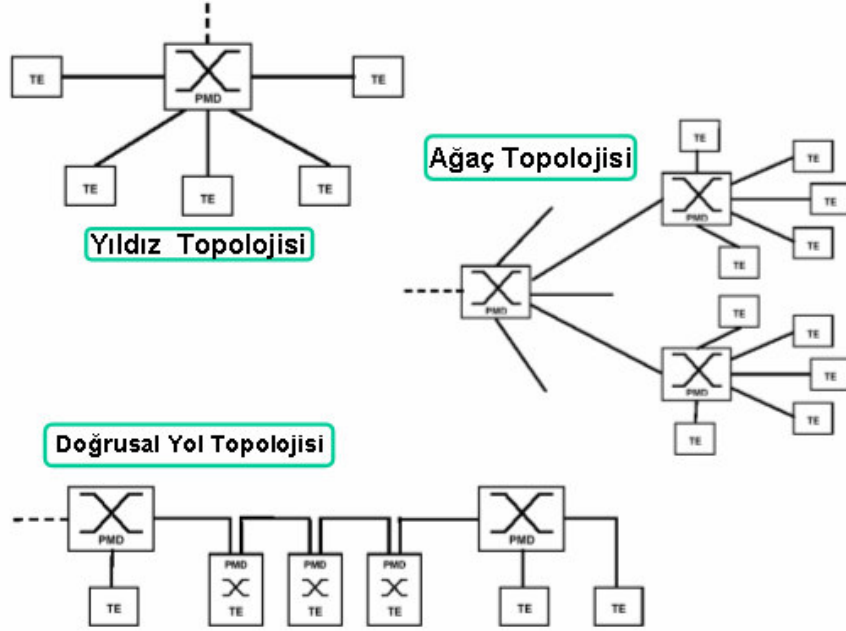
Doğrusal Yol (Line) :

Bu topolojideki tüm düğümler birbirleri ardından doğrusal bir hat üstünde bağlanırlar. Hat üzerindeki düğümlerden birisi devre dışı kaldığında, devre dışı kalan düğümden sonraki cihazlarla haberleşme kesilir. Doğrusal yol topolojisi genellikle konveyör sistemleri veya birbirine bağlı üretim sistemlerinde kullanılır.

Yukarıda anlatılan topoloji yapıları Şekil 2.2’de görülmektedir.

Halka (Ring):

Doğrusal yol topolojisinde açıkta kalan iki ucun bir anahtara bağlanması ile halka topolojisi elde edilir. Halka topolojisi, kablo kopması veya ağ hatalarına karşı yüksek güvenilirlik sağlanması amacıyla tercih edilmektedir.



Şekil 2.2: Ağ topolojileri

2.4 Ağ kullanım hakkının kontrolü

Standart Ethernet aşağıda ayrıntıları açıklanacak olan CSMA/CD prosedürünü kullanır, bu da haberleşme hattına çok ciddi bir yük getirmektedir.

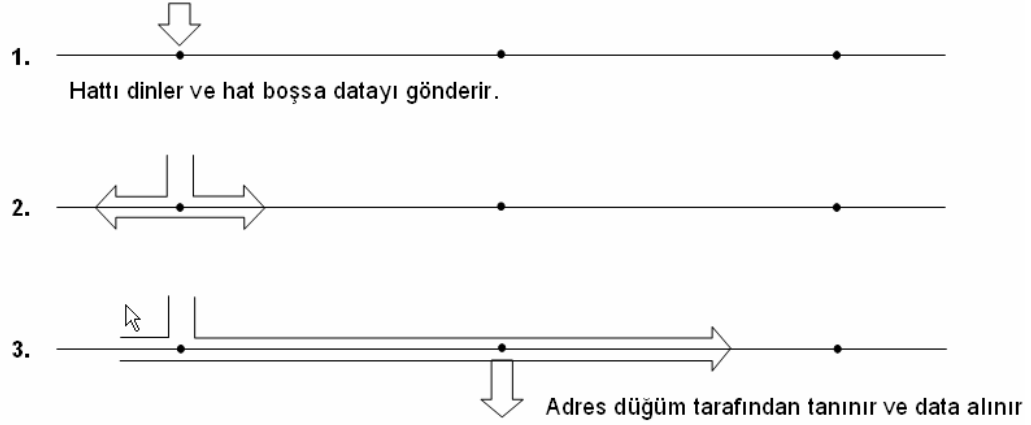
2.4.1 CSMA/CD prosedürü

CSMA/CD (Carrier-Sense-Multiple-Access with Collision Detection), taşıyıcı işaretin algılanması, çoklu erişimce çarpışmanın tespiti anlamına gelmektedir.

Taşıyıcı işaretin algılanması (Carrier-Sence) ağ kartının kablodan bilgi transfer etmeden önce belirli bir süre hattı dinlediği anlamına gelir. Çoklu erişim (Multiple-Access), aynı kabloya birden fazla bilgisayarın bağlanabileceğini belirtir. Çarpışmanın tespiti (Collision Detection) ise hattaki verilerin çarpışmasını engellemek için alınmış bir güvenlik önlemidir.

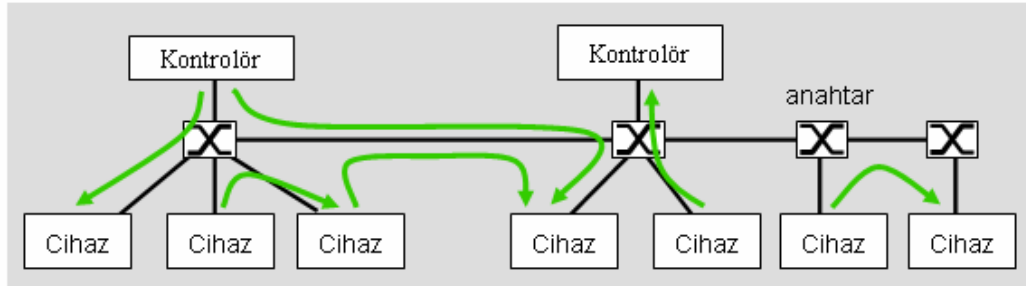
CSMA/CD protokolü, Ethernet ve IEEE 802.3 standardı tarafından kullanılan bir çeşit medya erişim kontrol mekanizmasıdır. Başka bir deyişle, iletişim hattına bilgi paketinin nasıl yerleştirileceğini belirler. Bir birim ağa bilgisini bırakmadan önce, başka bir birimin hatta bilgi bırakıp bırakmadığını anlamak amacıyla , hattı dinler. Bilgi göndermek isteyen cihaz hattın boş olduğuna karar verince, bilgisini bırakır ve

başka bir cihazın bu sırada hatta bilgi bırakıp bırakmadığından emin olmak için dinlemeyi sürdürür. Alıcı cihaz da hattı dinler ve verinin kendisine geldiğini anlarsa kabul eder. Bu işlem Şekil 2.3’ de gösterilmiştir. Eğer bu sırada başka bir cihaz, hattın boş olduğunu sanarak o da hatta bilgisini bırakırsa, çarpışma (collision) oluşur.



Şekil 2.3: CSMA/CD prosedürü çalışma ilkesi

Profinet ise anahtar (switch) teknolojisi sayesinde CSMA/CD prosedürünü kullanmaz. Anahtar tam çift yönlü (full duplex) haberleşmeyi destekler ve böylece çarpışmaları (collision) engeller. Tam çift yönlü iletim ağ cihazının aynı anda aynı bağlantı noktası (port) üzerinden gönderme ve alma işlemini yapabilmesidir. Profinet tam çift yönlü veri iletimi için bir örnek Şekil 2.4’te gösterilmektedir.



Şekil 2.4: Tam çift yönlü veri iletimi

2.5 Ethernet ile Gerçek Zamanlı Veri İletişimi

2.5.1 Gerçek zamanlı (Real Time:RT) ve belirginlik tanımları

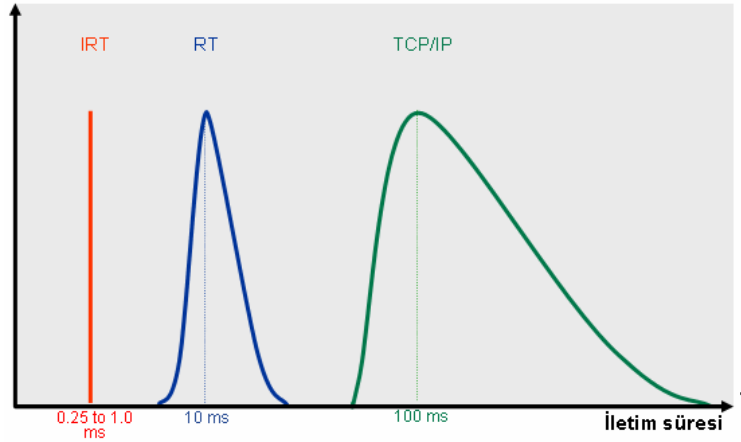
Gerçek zamanlılık bir sistemin dış olayları, oluştuğu andan itibaren belirli bir süre içerisinde tamamlamasıdır. Belirginlik (determinizm) ise bir sistemin önceden tahmin edildiği şekilde davranmasıdır. Endüstriyel ağlarda her ikisi de önem kazanır. Profinet bu iki ihtiyaca da cevap verebilmektedir [1]:

- Bir ağ üzerinde farklı istasyonlar arasında zamanında iletilmesi gereken verilerin transferi belirli bir zaman periyodunda yapılabilir. Profinet bunu; ayrıntıları 2.5.2 'de anlatılacak olan, optimize edilmiş bir gerçek zamanlı haberleşme kanalı (Realtime channel) ile gerçekleştirir.
- Veri haberleşmesi süresi net bir ön kestirim ile bilinmektedir.
- Aynı ağ üzerindeki diğer haberleşmelerin (örneğin pc-cihaz arası) problemsiz bir şekilde yapılacağı kesindir.

Pek çok üretim otomasyonu uygulamasında güncelleme (update) ve cevap (response) sürelerinin 5-10 ms mertebelerinde olması istenir. Gerçek zamanlı bu tip uygulamalarda haberleşme için Ethernet'li çözüm, anahtar veya Ethernet kontrolörleri gibi standart ağ cihazlarını hücre seviyesinden (cell level) saha seviyesine (field level) doğru yaygınlaştırılması olabilir.

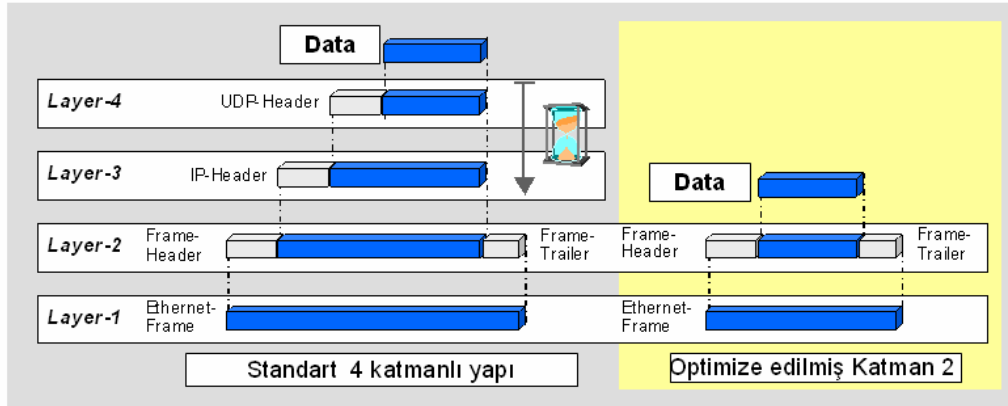
Profinet, otomasyon uygulamaları için kullanılan açık endüstriyel Ethernet standartıdır ve Ethernet üstünden gerçek zamanlı (real time) veri iletişimine izin verir. Böylece Ethernet'in performans seviyesini günümüzün saha yolu (field bus) sistemleri seviyesine çıkartır. Profinet bunu standart TCP/IP protokolünü optimize ederek gerçekler.

Saha elemanlarının uygun bir şekilde seçilmiş olması kaydıyla Profinet gerçek eş zamanlı (IRT) haberleşmeyi de destekler. Böylece iletim süreleri 1ms mertebesine kadar düşürülmüş olur. IRT'nin en yaygın kullanım alanı hareket kontrolü sistemleridir. Şekil 2.5'te IRT, RT ve TCP/IP için iletim sürelerini gösteren bir grafik verilmiştir.



Şekil 2.5: IRT ,RT ve TCP/IP için iletim süreleri

Şekil 2.6’da standart TCP/IP protokol katmanları gösterilmiştir. Burada belirtilen veri paketleri maksimum 1500 bayt olabilmektedir, fakat Şekil 2.6’da da görülebildiği gibi her haberleşme katmanı bir önceki katmandan aktarılan bilginin önüne bir başlık (header) eklemektedir. Katmanlar arttıkça başlıklar artmaktadır ve böylece taşınabilecek verinin miktarı azalmaktadır. Profinette taşınabilecek veri boyutu paket başına maksimum 1440 bayttır.



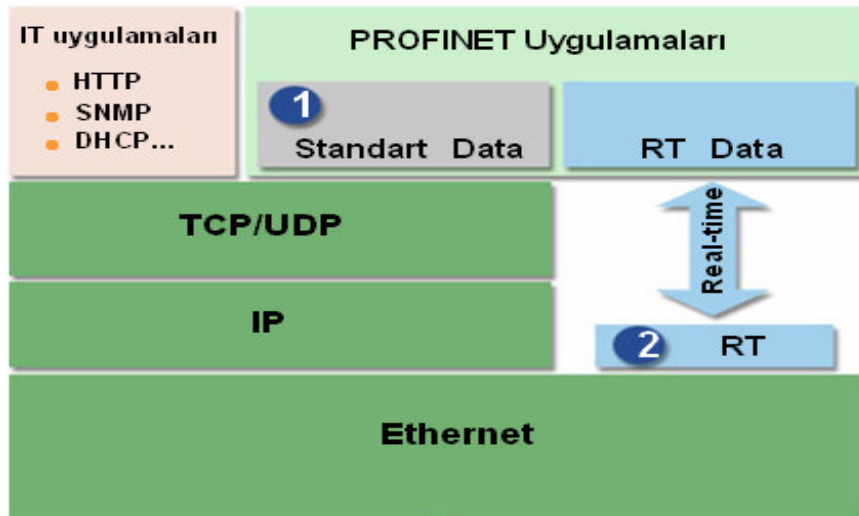
Şekil 2.6: TCP/IP Protokol katmanları

2.5.2 Gerçek zamanlı haberleşme kanalı (Real Time Channel)

Otomasyon uygulamalarındaki gerçek zaman ihtiyaçlarını yerine getirebilmek için Profinet optimize edilmiş bir gerçek zamanlı haberleşme kanalı (Realtime channel) içerir. Bu kanal TCP/IP protokolü yapısında katman 2 (Layer 2) üzerine kurulmuştur. Bu yapı Şekil 2.7’de gösterilmektedir.

Veri paketlerinin adreslenmesi IP adresleri aracılığıyla değil (bu adreslemeler Layer 3'tedir), katılımcı cihazların MAC adresleri aracılığıyla yapılmaktadır (MAC adresi Layer 2'dedir). Böyle bir çözüm, haberleşme yığınlarının (communication stack) iletilme sürelerinin en aza indirilmesi ve otomasyon verilerinin güncellenme hızlarının artmasını sağlar. Bir yandan, Layer 3'teki bazı protokol seviyelerinin devre dışı kalmasıyla telegram uzunluğu küçülür, diğer bir yandan iletilecek verinin daha hızlı bir şekilde gönderilmesi sağlanmış olur.

Ölçümler anahtarlı ağlarda, çok yoğun ağ yükünde Ethernet üzerindeki iki düğüm arasındaki iletim sürelerinin 20 ms'lere kadar çıkabildiğini göstermiştir. Bu büyüklükteki bir ağ yükün standart ağ elemanları ile, örneğin faydalı verinin cihazlardan eşzamanlı olarak yüklenmesi, denetlenemez. Bu durumda da optimum bir sonuç elde edebilmek için Profinet IEEE 802.1q (VLAN :Virtual Lans) standardına göre veri paketlerini öncelik (priority) sırasına koyar ve ağ elemanları cihazlar arasındaki veri akışını bu öncelik temellerine göre yapar. Priority 7 (Network Control:Ağ kontrolü) RT veriler için belirlenmiş olan standart bir önceliktir.



Şekil 2.7: Profinet gerçek zamanlı kanal yapısı

2.5.3 RT Ethernet protokol yapısı

Tablo 2.2 Ethernet protokol yapısını göstermektedir. Çerçeveler arası boşluk'tan (Inter Frame Gap) sonra başlayan kısım Ethernet Çerçevesidir (Frame). Çerçeve bağlantı protokolü düzeyindeki bir seferde iletilen bilgidir.

Tablo 2.2: RT Ethernet Protokol Yapısı

Bilgi	Uzunluk
Çerçeveler arası boşluk	12 bayt
Eş zamanlama	7 bayt
SFD	1 bayt
Hedef MAC Adresi	6 bayt
Kaynak MAC Adresi	6 bayt
Ethernet türü	2 bayt
Çerçeve kimliği	2 bayt
RT Veri	40...1440 bayt
Çevrim sayıcı	2 bayt
Veri durumu	1 bayt
İletim durumu	1 bayt
FCS	4 bayt

Çerçeveler arası boşluk (Interframe Gap): Ethernet cihazları ile iletimde çerçeveler arasında bırakılan boşluk olarak tanımlanır. Bırakılan bu boşluk (süre) cihazlara yeni gelecek çerçevenin kabulü için bir hazırlık süresi imkanı tanır. Minimum süre 96 bitlik (12 bayt) veri aktarımı için gerekli süre olmalıdır. Bu süre 10 Mb/s Ethernet'te 9.6 mikrosaniye, 100 Mb/s Ethernet'te 960 nanosaniye ve 1 Gb/s Ethernet için 96 nanosaniyedir. Bu bilgi Ethernet çerçevesine dahil değildir.

Eş zamanlama (Preamble): Değişken 1 ve 0 değerlerini alan 56 bitlik (7 bayt) ardışıl bit zinciridir. Alıcı istasyonu, göndericinin saatiyle eş zamanlanmak için kullanılır.

SFD (Start Frame Delimiter):

MAC verisinin başlangıcını belirtir. SFD 8 bitlik (1 bayt) alanda, D5 (onaltılık tabanda) sayı değerini içerir.

Hedef MAC Adresi: Mesajı alacak olan istasyonun MAC adresini içerir. Bu adres tek bir istasyon adresi , bir çoğa gönderim (multicast) adresi veya bir tüme gönderim (broadcast) adresi olabilir. Tümü 1 bitlerinden oluşmuş bir adres LAN üzerinde tüm istasyonlara gönderime (broadcast) karşılık düşer.

Kaynak MAC adresi: Mesajı gönderecek olan istasyonun MAC adresidir. Kaynak MAC adresi daima tektir.

Ethernet türü (Ethertype): Ethernet protokol tipini belirler.16 bitlik (2 bayt) bir alandır. Profinet için Ethertype 8892 onaltılık sayıdır.

Çerçeve Kimliği: Çerçeve kimliğini belirleyen 16 bitlik bilgidir.

RT Veri: İletilecek olan gerçek zamanlı veridir. 40 -1440 bayt arasında bir uzunluğa sahip olabilir.

Çevrim sayacı (Cycle Counter): Gerçek zamanlı iletim için gerekli süreyi tutar. Bir bitlik artış 31.25 mikrosaniyelik süre artışına karşılık gelir.

FCS: Çerçeve denetimi.

3. SIEMENS PROFINET HABERLEŞMESİ

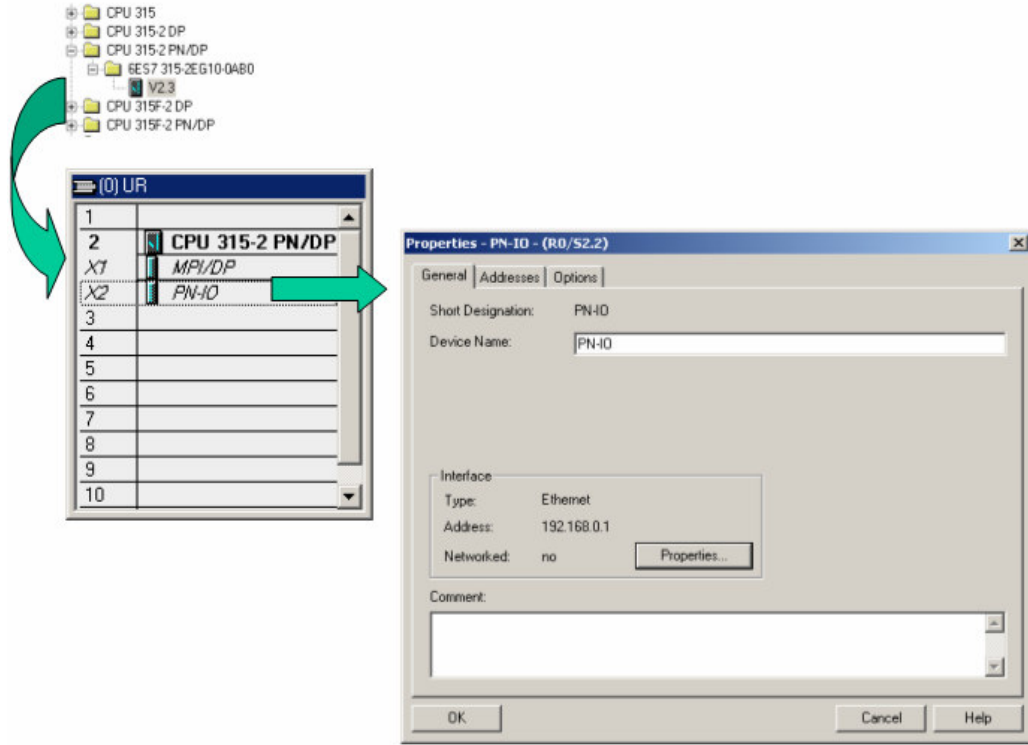
3.1 Üzerinde Ethernet Bağlantı Noktası Bulunan S7 CPU'larla Sahadaki Profinet Cihazlarına Erişim

Siemens S7300 ailesi CPU 315-2 PN/DP ve CPU 317-2 PN/DP ile ilave bir haberleşme kartına gerek duyulmaksızın bir Profinet ağı kurulabilir. Bu işlemcilerin üzerinde Profinet ve Ethernet haberleşmesinde kullanılmak üzere bir RJ45 soketi vardır. Saha seviyesine erişim için kurulacak Profinet hattı doğrudan CPU üzerindeki bu porttan kurulabilir. Bu şekilde kurulacak olan yapıda hatta bağlanacak olan saha cihazlarıyla haberleşmek için ilave bir haberleşme programı veya bloğuna ihtiyaç duyulmaz.

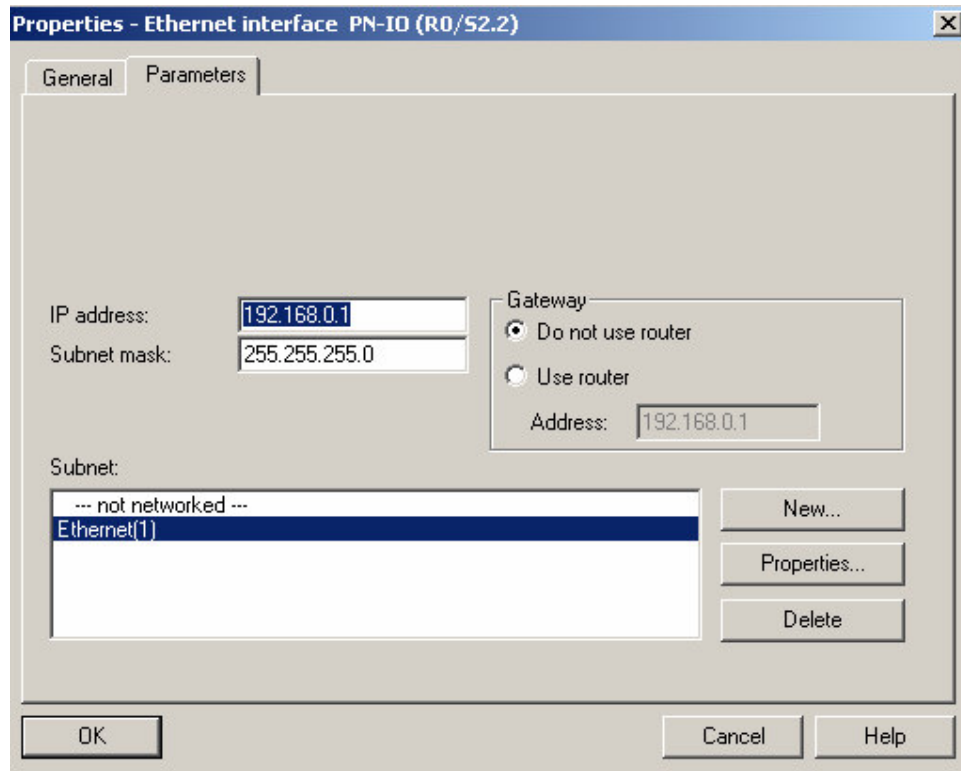
3.1.1 CPU315-2 PN/DP ile Profinet konfigürasyonunun yapılması

S7 Programı ile oluşturulmuş bir projede kurulan S7300 istasyonu donanım ayarlarının yapılabilmesi için “Hardware Config” penceresi açılır. Kullanılacak olan CPU katalogdan seçilir ve tanıtılır. PN-IO satırı çift tıklanarak açılan özellikler (Properties) penceresinden CPU Ethernet bağlantı noktası (port) ayarları uygun şekilde yapılır (Şekil 3.1).

Bu sayfadaki Arayüz (Interface) ayar penceresinden özellikler (Properties) butonu tıklanarak Şekil 3.2’de görüldüğü gibi CPU’nun bağlanacağı Ethernet ağı, Alt ağ (Subnet) penceresinden ayarlanmalı, CPU IP adresi ataması IP adresi penceresinden (IP address) ve alt ağ maskesi (subnet mask) IP sınıfına uygun olarak 2. Bölümde anlatıldığı şekilde seçilmelidir.



Şekil 3.1: CPU315-2 PN/DP için donanım ayarları

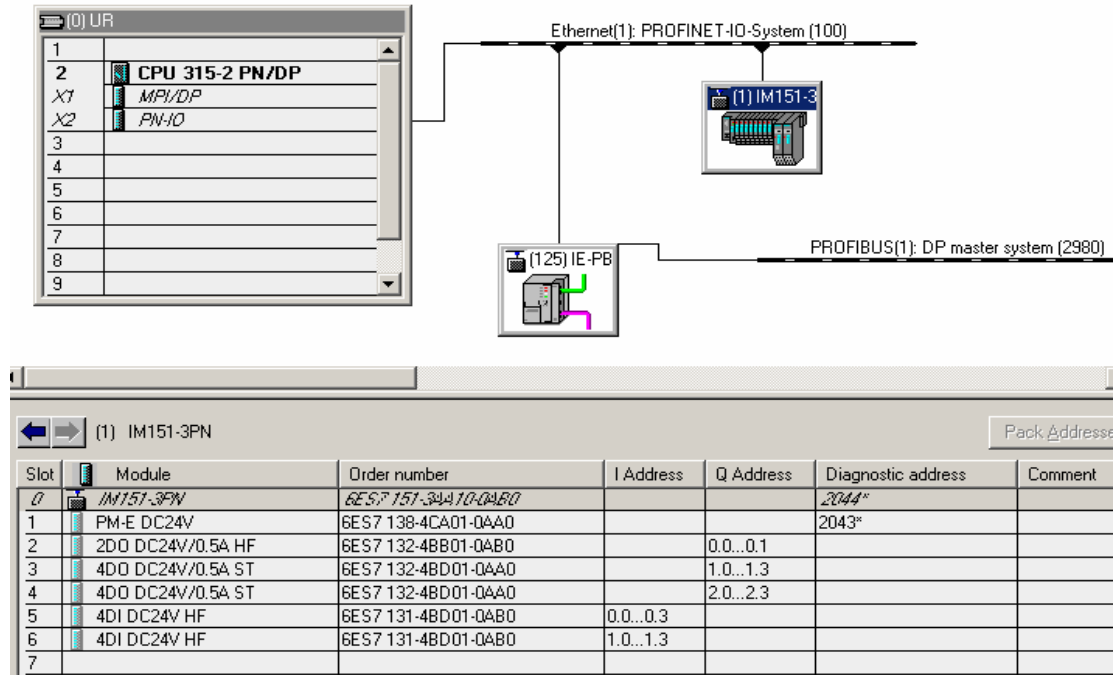


Şekil 3.2: IP adresi ataması

Ethernet ayar sayfası kapatıldıktan sonra PN-IO satırı üzerinde sağ fare tıklaması ile açılan pencereden “Insert PROFINET IO System” seçilmelidir. Böylece CPU Ethernet bağlantı noktasından Ethernet(1):PROFINET-IO-System isimli hat oluşturulur. Bu hat üzerine sahada kullanılan Profinet cihazları katalogdan seçilerek tanıtılmalı , her biri için IP adres atamaları doğru bir şekilde yapılmalıdır ve özellikler (Properties) pencerelerinde cihaz isimleri (device name) sonradan kullanılmak üzere kaydedilmelidir.

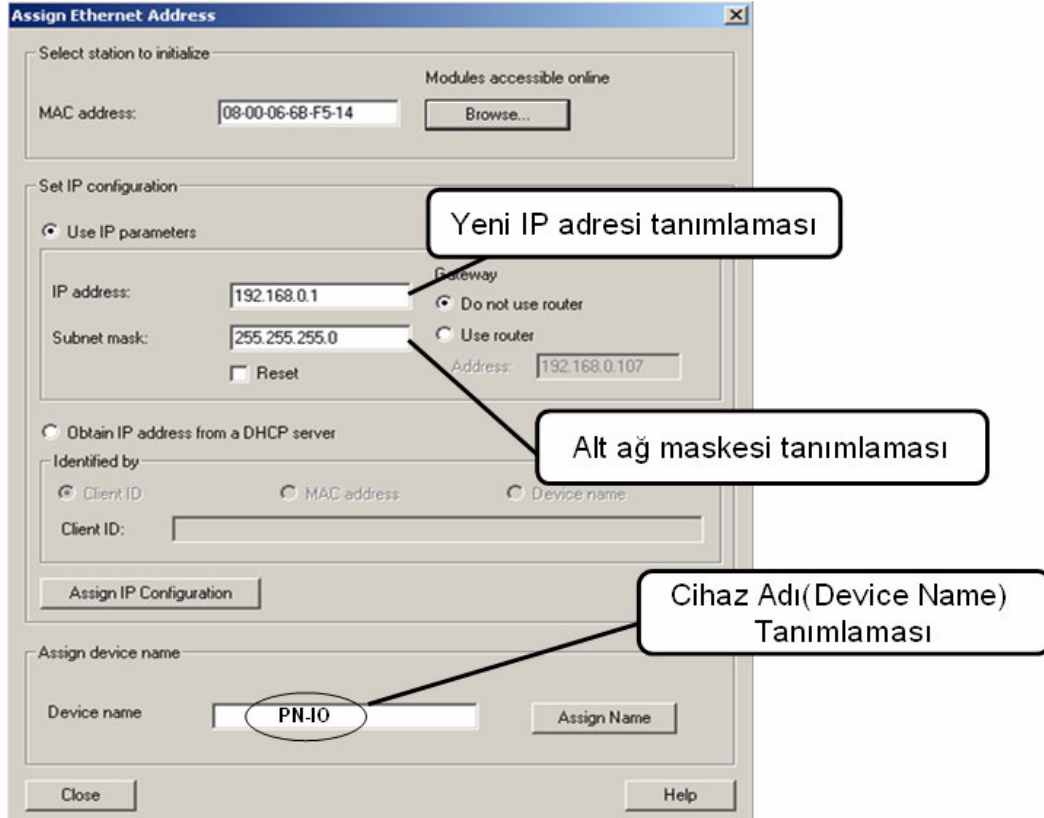
Kullanılan ET 200S modülü sahadaki dağıtılmış giriş / çıkışları (remote I/O) CPU’ya kurulan Profinet hattı üzerinden aktaracaktır. Donanım ayarları oluşturulurken tanımlanan giriş çıkış modül adresleri CPU’nun giriş görüntü ve çıkış görüntü belleği alanlarına dahil edilmiş olur. Bu adreslere erişip okuma ve yazma yapmak için özel fonksiyon ya da fonksiyon bloğu kullanmaya gerek yoktur. Bu alanlara doğrudan erişilebilir, yani doğrudan okuma veya yazma yapılabilir.

Hatta bağlanan bir diğer modül IE/PB Link modülüdür. Bu modül Profibus DP uydularını (slave) Profinet standartlarına uygun gerçek zamanlı (RT) olarak Profinet IO kontrolörüne (burada CPU) bağlayan bir geçit yoludur. Bu modül aracılığıyla standart Profibus modüllerinin tamamı Profinet’e bağlanabilir. Kurulumu tamamlanmış bir Profinet hattı Şekil 3.3’te görülmektedir.



Şekil 3.3: Profinet- IO Hattı

Gerekli ayarlar yapıldıktan sonra Hardware CPU'ya yüklenmeli, ilgili Ethernet ağı fiziksel bağlantıları yapılmalıdır. Step7 ile bilgisayar PG/PC Arayüz (PG/PC Interface) ayarları Ethernet için ayarlanmalıdır ve bağlantı kuracağımız bilgisayara Ethernet ağı ile aynı alt ağda bulunacak şekilde bir IP adresi atanmalıdır. Bu işlemin ardından Simatic Manager ana ekranından PLC sekmesi altından Ethernet Düğümünü Düzenle (Edit Ethernet Node) tıklanarak açılan pencerede sistemde daha önceden belirlenmiş olan IP numaraları ve Cihaz isimleri (device name) düzeltilmelidir. Araştır (Browse) butonuna basılarak sistemdeki tüm cihazlar listelenir. Liste üzerinden MAC adreslerini gördüğümüz cihaz seçilerek IP numaraları tanıtılır IP Konfigürasyonunu Ata (Assign IP Configuration) butonu ile onaylanır. Cihaz isimleri tanıtılır ve İsmi Ata (Assign Name) butonu ile onaylanır. Hattaki tüm cihazlar için bu işlem tekrarlanmalıdır. Ancak bu işlemin ardından sistem hatasız bir şekilde çalışacaktır. IP adresi ve cihaz ismi atamaları Şekil 3.4'de gösterilmiştir.



Şekil 3.4: IP adresi ve cihaz ismi atamaları

3.1.2 CPU-CPU arası haberleşme blokları

Ethernet bağlantı noktası (port) olan CPU'ların birbirleriyle haberleşmesi için özel haberleşme blokları oluşturulmuştur. Bu bloklar aracılığıyla kurulan açık TCP haberleşmesi için PN CPU tarafında NetPro ile bir bağlantı (connection) tanımlamaya gerek yoktur. Bağlantı işletim sırasında FB65 ("TCON") fonksiyon bloğunun çağırılmasıyla oluşturulur. Bağlantı kurulduktan sonra FB63 ("TSEND") ve FB64 ("TRCV") fonksiyon blokları aracılığıyla veri alışverişi yapılır. FB66 ("TDISCON") fonksiyon bloğu ile bağlantı sonlandırılır. Bu bloklara T-Blokları (T-Blocks) adı verilmiştir. Gerekli tüm bağlantı ayarları, yapısı UDT65 ile tanımlanmış bir veri blokta saklanmalıdır [1].

TSEND ve TRCV blokları tek bir bağlantı üzerinden aynı anda haberleşebilirler. Gönderilecek veya alınacak veri uzunluğu maksimum 1460 bayt olabilir. Bu bloklar Bölüm 4'teki Uygulama Örneğinde kullanılacaktır.

3.1.3 T-Blokları parametreleri ve açıklamaları

FB65 (TCON) Parametreleri ve Açıklamaları

REQ (Bool): Girişindeki işaretin yükselen kenarında bağlantı kurma işlemini başlatır.

ID (Word): Kurulacak bağlantının kimlik numarasıdır. Bağlantı ayarlarının saklanacağı Veri Bloktaki ID ile aynı olmalıdır.

CONNECT (Any): Haberleşme ayar parametrelerini taşıyan UDT 65 bloğuna bağlantı yapan pointer.

DONE (Bool): İşlem tamamlandı biti.

0: İş henüz başlatılmadı veya henüz bitirilemedi. 1: İş hatasız tamamlandı.

BUSY (Bool): Meşgul biti.

0: İş bitirildi 1: İş henüz bitirilemedi.

ERROR (Bool): Hata biti.

0: Hata oluşmadı 1: İşlem sırasında bir hata oluştu.

STATUS (Word) :Hata oluşması durumunda hata kodunun yazılacağı alan. Blok üzerinde F1 tuşuna basılarak açılacak olan yardım penceresinden hata kodunun anlamı okunabilir.

FB66 (TDISCON) Parametreleri ve Açıklamaları

REQ (Bool): Girişindeki işaretin yükselen kenarında bağlantı sonlandırma işlemini başlatır.

ID (Word): Sonlandırılacak bağlantıya ait kimlik numarasıdır.

DONE (Bool): İşlem tamamlandı biti.

0: İş henüz başlatılmadı veya henüz bitirilemedi. 1:İş hatasız tamamlandı.

BUSY (Bool): Meşgul biti.

0:İş bitirildi. 1:İş henüz bitirilemedi.

ERROR (Bool): Hata biti.

0:Hata oluşmadı 1:İşlem sırasında bir hata oluştu.

STATUS (Word):Hata oluşması durumunda hata kodunun yazılacağı alan.

FB63 (TSEND) Parametreleri ve Açıklamaları

REQ (Bool):Girişindeki işaretin yükselen kenarında veri gönderme işlemi başlatılır.

ID (WORD):Verinin gönderileceği bağlantıyı belirler.

LEN (INT): Gönderilecek verinin bayt olarak uzunluğunu verir.

DONE (Bool): İşlem tamamlandı biti.

0: İş henüz başlatılmadı veya henüz bitirilemedi.1:İş hatasız tamamlandı.

BUSY (Bool) : Meşgul biti.

0:İş bitirildi. 1:İş henüz bitirilemedi.

ERROR (Bool): Hata biti.

0:Hata oluşmadı 1:İşlem sırasında bir hata oluştu.

DATA (Any): Gönderilecek olan verinin adresini ve uzunluk bilgisini içerir. Gönderilecek veri adresi giriş-çıkış görüntü belleği(PII-PIQ), hafıza (Memory) alanı veya veri blok olabilir.

FB64 (TRCV) Parametreleri ve Açıklamaları

EN_R (Bool): Blok çalışması için gerekli izin girişidir. EN_R =1 ise FB64 veri almaya hazırdır.

ID (Word): Verinin alınacağı bağlantıyı belirler.

LEN (INT): Alınacak verinin bayt olarak uzunluğunu belirler.

DATA (Any): Alınan verilerin yazılacağı alan. Adres ve uzunluk bilgisi içerir. Alınan veriler giriş-çıkış görüntü bellek alanlarına (PII-PIQ) , hafıza (Memory) alanlarına veya veri bloklara yazılabilir.

NDR (Bool): Yeni veri alındı biti. NDR 1 ise işlem başarıyla tamamlandı.

BUSY (Bool) : Meşgul biti

0:İş bitirildi. 1:İş henüz bitirilemedi.

ERROR (Bool): Hata biti

0:Hata oluşmadı 1: İşlem sırasında bir hata oluştu.

STATUS (Word): Hata oluşması durumunda hata kodunun yazılacağı alan.

RCVD_LEN (Int):Alınan veri miktarının bayt olarak uzunluğunu verir.

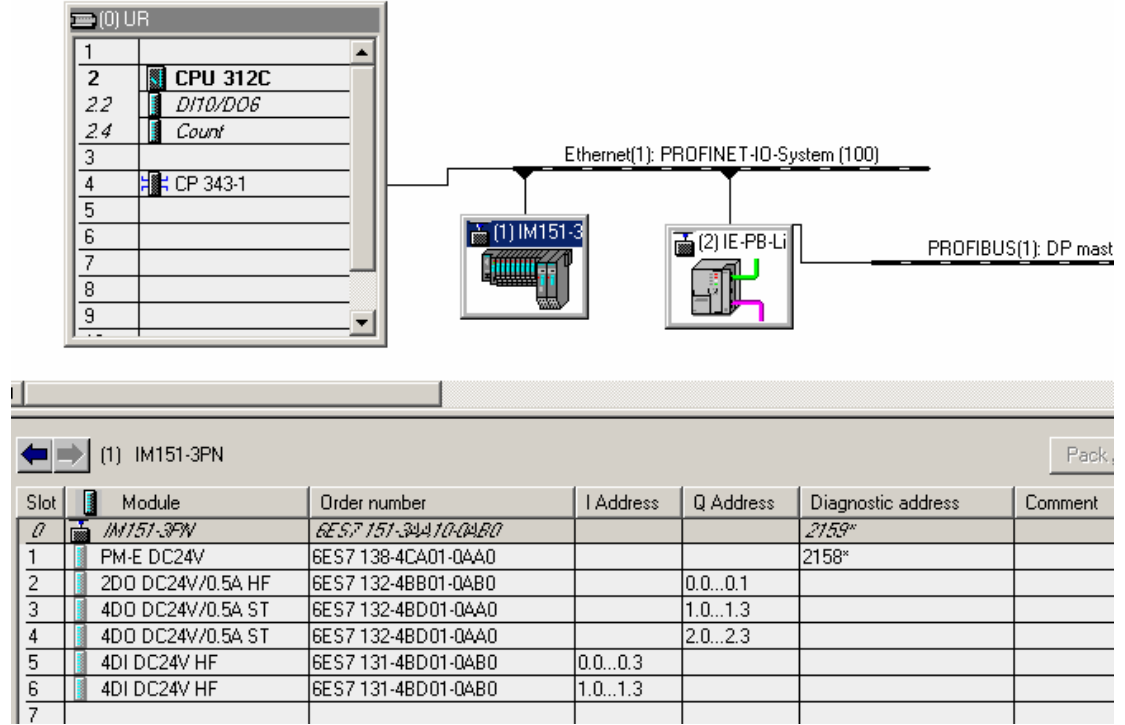
3.2 S7 300 Ethernet CP'leri ile Sahadaki Profinet Cihazlarına Erişim

Sahada dağıtılmış durumdaki I/O cihazlarına erişim için Profinet uyumlu bir Ethernet haberleşme kartı (CP) kullanılabilir. Bu durumda Profinet ağı CP kartı üzerinden kurulur ve hattaki tüm cihazlar CP kartı üzerinden kurulacak Ethernet ağına bağlanır. Bu konfigürasyonda tüm giriş ve çıkış alanları CP kartı üzerindedir, CPU'nun giriş görüntü belleği ve çıkış görüntü belleği alanında değildir. CPU ile CP kartı arasında bir haberleşme yapılarak CPU'nun CP kartına erişip veri okuması ve yazması sağlanmalıdır. Bu amaçla kullanılan bloklar Simatic kütüphanesinde SIMATIC_NET_CP > CP 300 sekmesi altındaki FC11 (PNIO_SEND) ve FC12 (PNIO_RECV)'dir [1].

Sahadaki modüllerden okunan giriş değerleri CP arabelleğinde tutulur ve kurulan bağlantı üzerinden PNIO_RECV bloğu ile ana program döngüsüne dahil edilir. Bu nedenle PNIO_RECV bloğu ana program döngüsü bloğunun (OB1) başlangıç satırında çağırılmalıdır. Okunan giriş değerlerine göre işletilen programda oluşan

çıkış alanları, PNIO_SEND bloğu ile CP arabelleğine gönderilir ve oradan ilgili çıkış kartlarına sürülür. PNIO_SEND bloğu programda tüm çıkışlar yazıldıktan sonra çağırılmalıdır,örneğin OB1'in son satırında.

CP 343-1 kartı ile oluşturulan bir konfigürasyon örneği Şekil 3.5'te verilmiştir.



Şekil 3.5: CP343-1 kartı ile oluşturulan Profinet-IO hattı

3.2.1 PNIO_SEND ve PNIO_RECV blokları çalışma prensibi

Şekil 3.5'teki konfigürasyon için PNIO_SEND ve PNIO_RECV blokları kullanılarak oluşturulmuş bir program örneği aşağıda verilmiştir.

OB1:

NETWORK 1 :

CALL "PNIO_RECV" //FC12 bloğunu çağır

CPLADDR :=W#16#100 //Onaltılık tabanda CP kartının lojik adresi

LEN :=2// Alınacak verinin bayt olarak uzunluğu

IOPS :=P#M 40.0 BYTE 1 // I/O sunucunun durumu

NDR :=M42.0

ERROR :=M42.1 //Hata biti

STATUS :=MW44

CHECK_IOPS:=M42.2

ADD_INFO :=MW46

RECV :=P#M 100.0 BYTE 2 //Gelen verilerin yazılacağı bellek alanı Memory veya Veri blok alanı olabilir.

NETWORK 2:

A M 100.0 // I0.0'a karşılık gelen Memory biti. (IB0 > MB100)

S M 120.0 // Q0.0'a karşılık gelen Memory biti.(MB120 > QB0)

A M 100.1 // I0.1'e karşılık gelen Memory biti.

R M 120.0

NETWORK 3:

CALL "PNIO_SEND" // FC11 bloğunu çağır

CPLADDR :=W#16#100 // Onaltılık tabanda CP kartının lojik adresi

LEN :=3 // Gönderilecek verinin bayt olarak uzunluğu

IOCS :=P#M 50.0 BYTE 2

DONE :=M52.0

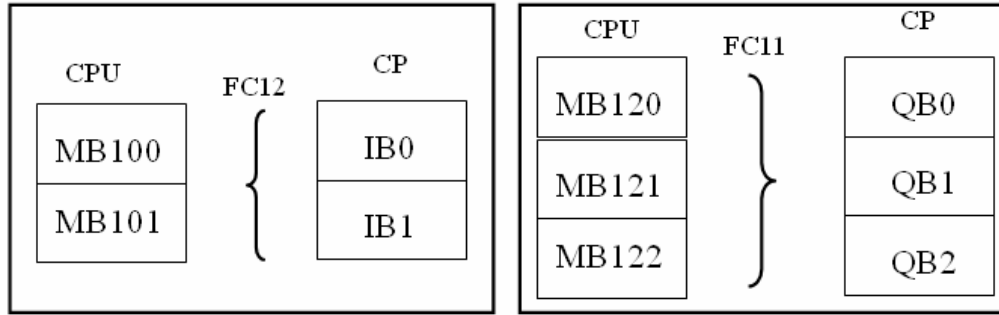
ERROR :=M52.1

STATUS :=MW54

CHECK_IOCS:=M52.1

SEND :=P#M 120.0 BYTE 3 //Gönderilecek verinin bulunduğu bellek adresi. Memory veya Veri Blok olmalıdır.

Yukarıdaki program Şekil 3.6'da gösterildiği gibi FC12 bloğu ile CP kartındaki 2 baytlık giriş alanını CPU'da MB100 ile başlayan 2 baytlık alana transfer eder ve FC11 bloğu ile CPU'da MB120 ile başlayan 3 baytlık alanı CP kartı çıkış belleğine transfer eder. Böylece Network 2'deki program parçası ile giriş kartı I0.0 adresinden okunan lojik sinyal ile çıkış kartı Q0.0 adresi kurulur (set) edilir ve I0.1 ile de sıfırlanır. FC12 bloğu kartlarda tanımlanan giriş adreslerine bakmaksızın daima IB0 giriş baytından itibaren gönderme işlemini başlatır, aynı şekilde FC11 bloğu da daima QB0 çıkış baytından itibaren yazmaya başlar.



Şekil 3.6: FC11 ve FC12 blokları taşıyan hafızalar

4. UYGULAMA ÖRNEĞİ: S7300PN CPU VE CP343-1 ARASINDA BİR AÇIK TCP BAĞLANTISI KURMAK

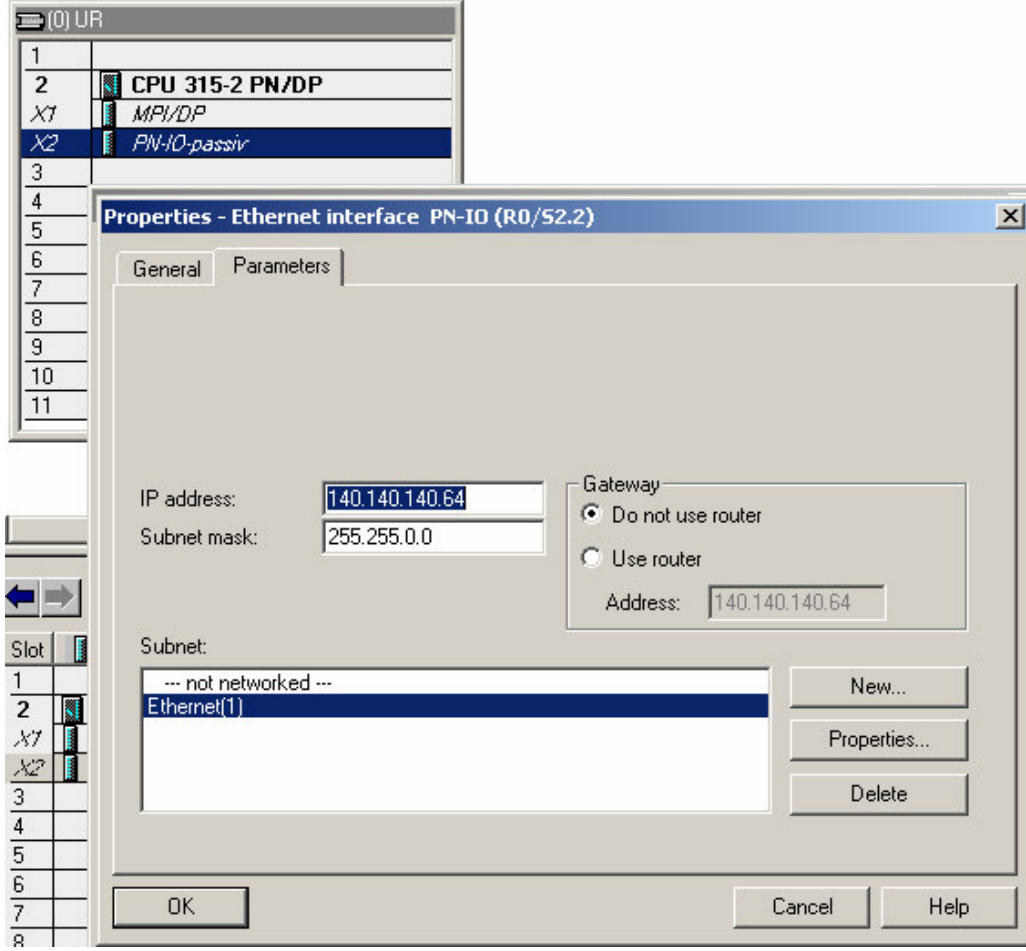
Uygulama Örneğinde CPU315-2 PN/DP işlemcisi CPU312C işlemcisi ve CP343-1 haberleşme kartına, kurulacak Ethernet ağı üzerinden bağlanacaktır ve Bölüm 3’de özellikleri açıklanan T-blokları kullanılarak veri haberleşmesi yapılacaktır.

Burada kurulacak olan bağlantı protokolü bağlantı yönlü (connection oriented) olacaktır, katılımcı istasyonla bir bağlantı kurulmadan veri transferi yapılmayacaktır.

Tüm gerekli bağlantı ayarları, yapısı Siemens tarafından tanımlanmış olan UDT65 bloğu kullanılarak oluşturulan bir Veri blokta (DB) saklanacaktır.

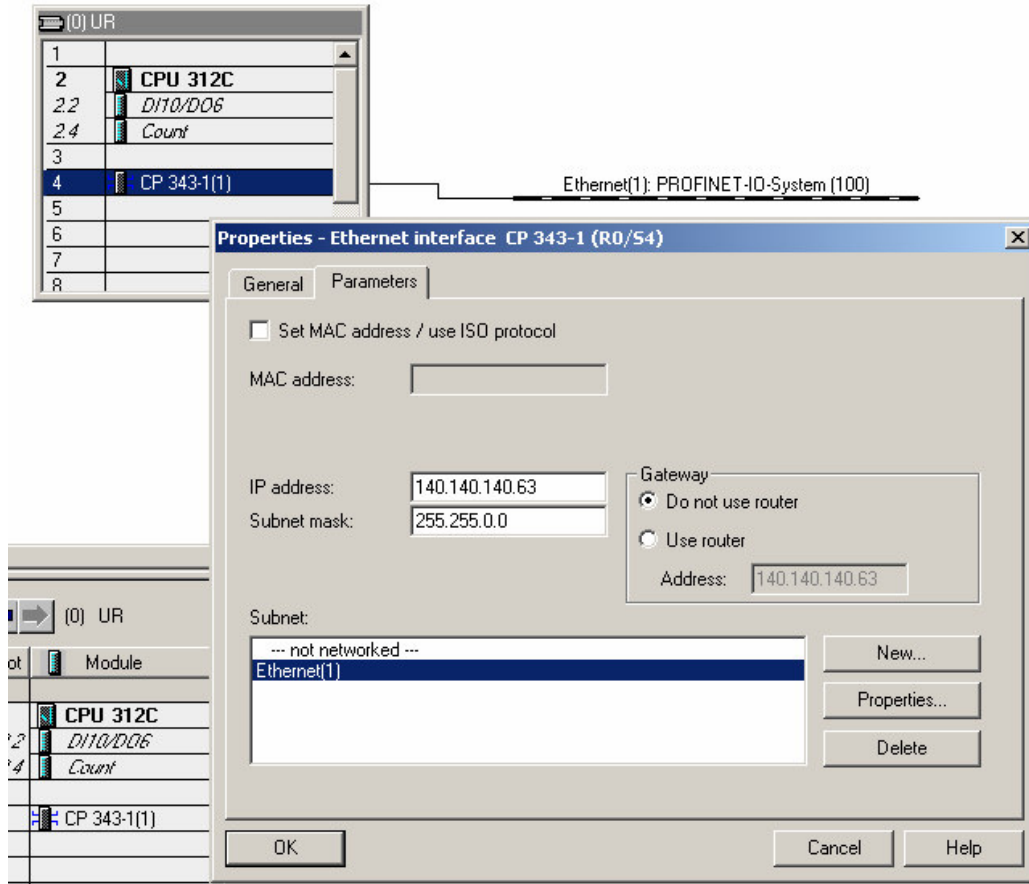
4.1 Donanım Ayarlarının Yapılandırılması

CPU315-2 PN/DP işlemcisi için donanım ayarları Bölüm 2’de anlatıldığı şekilde yapılmıştır. IP adresi olarak 140.140.140.64, alt ağ maskesi olarak 255.255.0.0 seçilmiş ve Ethernet (1) alt ağına bağlanmıştır. Yapılan bu ayarlar Şekil 4.1’gösterilmektedir.



Şekil 4.1: CPU315-2 PN/DP için donanım ayarları ve IP ataması

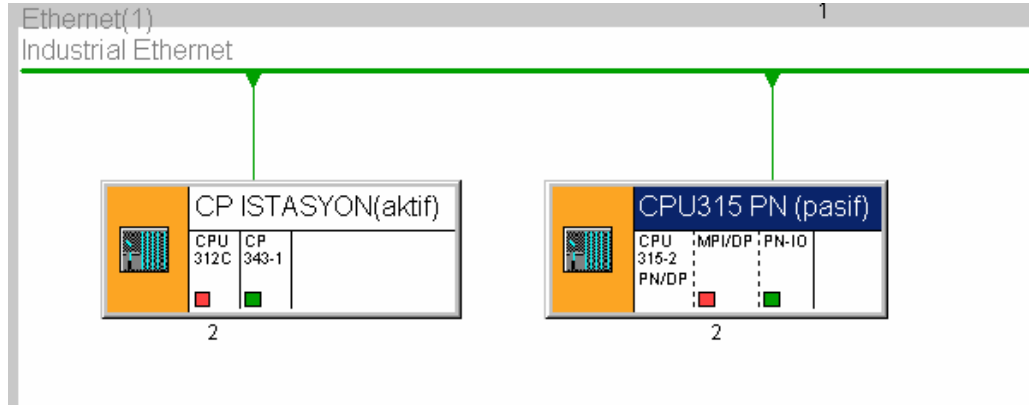
CPU312C işlemcisi ve CP343-1 haberleşme kartı için gerekli donanım ayarları Şekil 4.2’de gösterildiği gibi yapılmıştır. CP343-1 kartı için IP adresi olarak 140.140.140.63, alt ağ maskesi olarak 255.255.0.0 seçilmiş ve Ethernet(1) alt ağına bağlanmıştır.



Şekil 4.2: CPU312C ve CP343-1 için donanım ayarları ve IP ataması

4.2 Haberleşme Konfigürasyonunun Yapılması

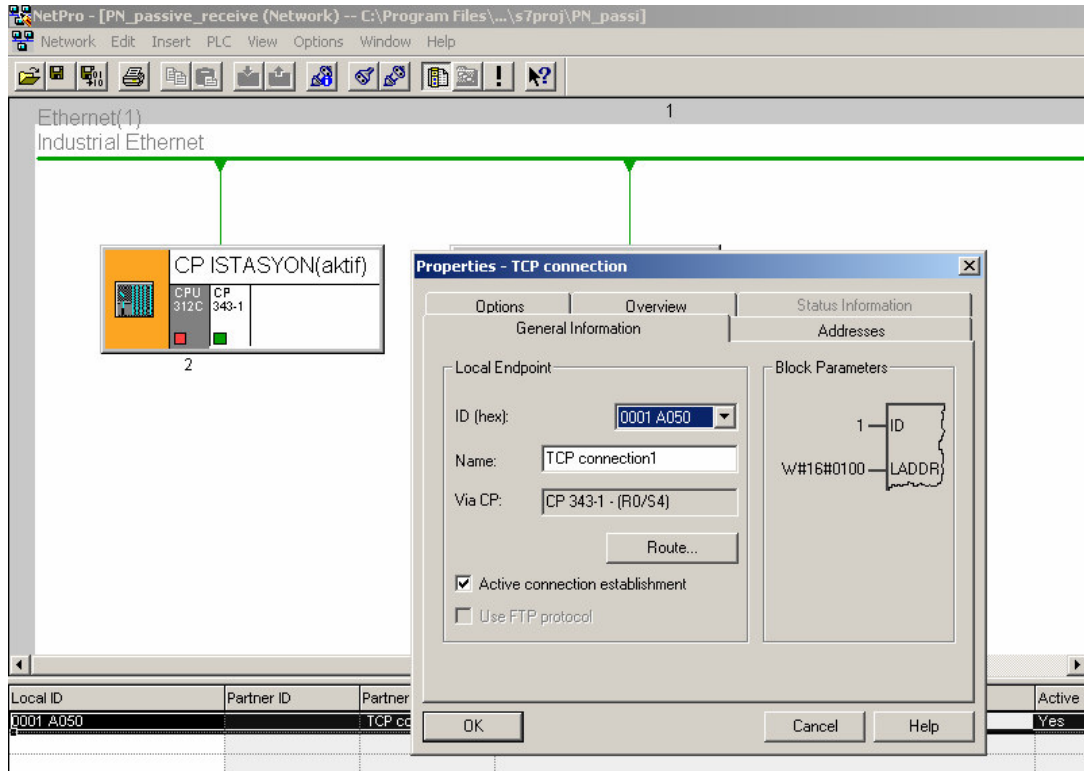
Donanım ayarlarının yapılandırılmasının ardından haberleşme için gerekli olan bağlantı tanımlamaları yapılmalıdır. Bu işlem Simatic Manager altında bir alt program olan NetPro'da yapılır [4]. NetPro programına Hardware Config altından Options > Configure Network menüsünden ulaşılabilir. Donanım ayarlarını yaptığımız sistem için NetPro sayfasının görüntüsü Şekil 4.3'te verilmiştir. Bu pencere cihazlar arasında kurulan ağların izlenebildiği ve gerekli bağlantıların yapıldığı penceredir.



Şekil 4.3: NetPro sayfası

4.2 Bağlantıların Tanımlanması

NetPro penceresinde CPU312C tıklanarak “Yeni Bağlantı Ekle” (Insert New Connection) menüsü ile bir bağlantı eklenir, açılan pencerede bağlantı tipi TCP ve bağlantı katılımcısı olarak belirsiz katılımcı (unspecified partner) seçilir, Şekil 4.4.

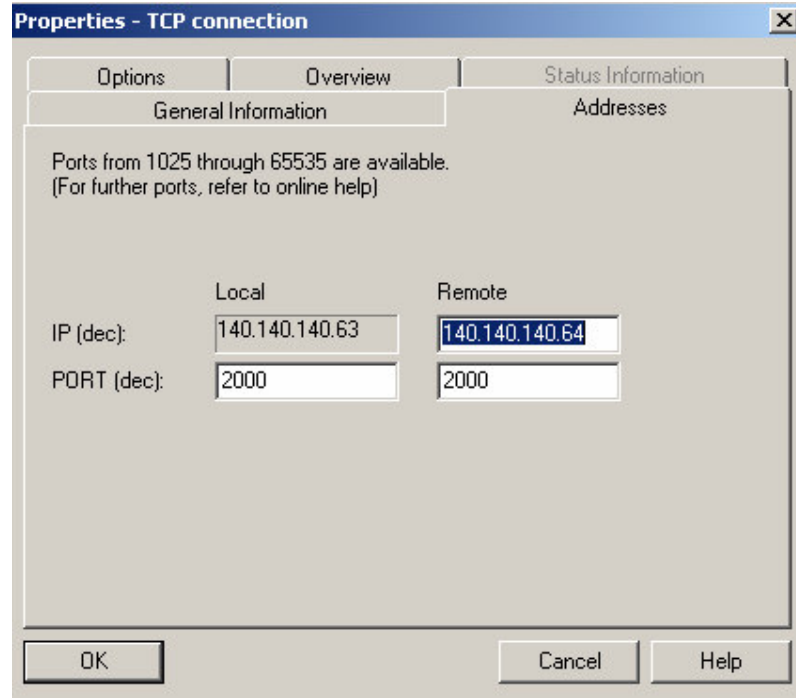


Şekil 4.4: Bağlantı oluşturma

Bu pencerede aktif bağlantı kurulumu (Active connection establishment) işaretlenmelidir. Bu bağlantıda CP kartı diğer CPU ile aktif bir bağlantı oluşturacaktır.

CPU315-2 PN/DP için NetPro'da bir bağlantı tanımlaması yapılmayacaktır. Bu işlemci bağlantıyı Bölüm 2' de anlatılan T-Blokları ile gerçekleştirecektir. Bağlantı çalışma sırasında FB65 bloğunun çağrılmasıyla kurulacak ve FB66 bloğu ile sonlandırılacaktır.

Ayarlar (Properties) penceresinden bağlantı noktası ayarları yapılır. Burada uzak (remote) IP adresi, katılımcı IP'si olan 140.140.140.64 seçilir ve bağlantı noktası 2000 olarak tanımlanır (Şekil 4.5).



Şekil 4.5: Uzak IP ve bağlantı noktası tanımlamaları

Bu ayarlar her iki işlemciye de ayrı ayrı yüklenmelidir.

4.3 Programlama

Haberleşme için her iki işlemci tarafında da program yazılır. Programda kurulan bağlantıda CPU312 aktif gönderici ve CPU315-2PN/DP pasif alıcı konumundadır.

4.3.1 CPU312C işlemcisi programı

Bu programda FC5 (AG_SEND) bloğu kullanılacaktır. Bu blok konfigürasyonu NetPro'da yapılmış olan TCP bağlantısı üzerinden Ethernet CP kartına erişip veri gönderen bir fonksiyondur. FC5 bloğuna ait parametre açıklamaları Tablo 4.1'de görülmektedir. Burada gönderilecek olan veri DB100 veri bloğunun ilk 100 bayt alanıdır.

OB1

Network1

```
A    M    0.7 //M0.7 bitinin çıkan kenarında M1.1 bitini sürer.  
FP   M    1.0  
=    M    1.1
```

Network2

```
CALL "AG_SEND"  
ACT  :=M1.1  
  
ID   :=1  
  
LADDR :=W#16#100  
  
SEND  :=P#DB100.DBX0.0 BYTE 100  
  
LEN   :=100  
  
DONE  :="SEND_DONE"  
ERROR :="SEND_ERROR"  
STATUS:="SEND_STATUS"
```

Tablo 4.1: FC5 parametre açıklamaları

ACT	Veri ACT girişinin yükselen kenarında iletmeye başlar
ID	Datanın gönderileceği bağlantı kimliği. NetPro da belirlenmiş olan değerdir.
LADDR	Verinin gönderileceği CP kartı Lojik adresidir.
SEND	Gönderilecek verinin kaynağı ve uzunluğu bilgisidir.
LEN	Gönderilecek verinin uzunluk bilgisidir.
DONE	İşlem tamamlandı biti.
ERROR	Hata biti.
STATUS	Durum kodu.Hata oluşması durumunda hata tipi hakkında detaylı bilgi verir.

4.3.2 CPU315-2PN/DP işlemcisi programı

Bu programda CP343-1 tarafından gönderilen verileri almak için özel bir haberleşme fonksiyon bloğu olan FB101 (RECV) kullanılmıştır. FB101 Bölüm 2’de detayları açıklanan FB65(TCON), FB64(TRCV) ve FB66 (TDISCON) bloklarını kullanır, bu bloğa ilişkin parametre açıklamaları Tablo 4.2’de verilmektedir. Haberleşme Parametreleri yapısı UDT65 ile belirlenen DB5 (CON-Settings) veri bloğunda saklanacaktır. Alınan veriler DB7 veri bloğunda saklanacaktır.

Ana döngü programı aşağıdaki şekildedir.

OB1

Network 1

```
CALL FB 101 , DB101
EN_R      :=M120.0
HOLD_CON  :=M120.1
ID        :=W#16#1
LEN       :=100
NDR       :=M150.0
ERROR     :=M150.2
STATUS    :=MB152
RCVD_LEN  :=MW154
CON_Settings:="CON-Settings".Connection_1
```

Network 2

```
AN  M  150.0
BEC
L   MB  10
L   1
+I
T   MB  10
```

FB101 bloğu iç yapısı ekte verilecek olan “EK 1: Program” isimli program disketindedir.

Tablo 4.2: FB101 parametre açıklamaları

EN_R	Veri alma işlemi EN_R=1 olduğu zaman başlar
HOLD_CON	Bu hafıza elemanı lojik değeri 1 olduğu sürece bağlantı koparılmaz
ID	Bağlantı kimliğidir. Veri bloğundan girilecek olan ID ile aynı olmalıdır
LEN	Alınacak verinin bayt olarak boyutunu verir.
CON_settings	Bağlantı veri bloğunu işaret eden ANY pointer
NDR	Yeni veri geldiğini gösteren sinyal
ERROR	Hata sinyali
STATUS	FB101 bloğunun durumu 0 == hazır 1 == bağlan 2 == gönder 3 == al 4 == bağlantıyı sonlandır 5 == HATA
RCVD_LEN	Alınan verinin bayt olarak boyutu

4.4 Programın İzlenmesi

Programlar ilgili işlemcilere yüklendikten sonra CPU312C işlemcisi DB100 veri bloğundan gönderilecek olan veri değerleri atamaları yapılır. CPU315-2 PN/DP işlemcisi programı altında oluşturulan değişkenler tablosundan (VAT) izleme (monitor) ve değer değiştirme (modify) işlemi yapılabilir. Şekil 4.6’da gösterilen “Kontrol” isimli değişken tablosu FB101’in çalışma şartlarını ve durum göstergelerini içeren bir tablodur .

“Kontrol” tablosundaki M120.0 (“act”) ve M120.1 (“hold_con”) değişken değerleri 1 yapılarak (modify) veri alımı başlatılır.

Tablodaki diğer değişkenler ise sadece izleme için kullanılırlar ve yukarıdaki kısımlarda açıklanan parametre değerlerini gösterirler.

Haberleşme parametrelerinin (IP adresi , port adresi vs.) atamalarının yapılabilmesi için “Set_CON-Settings” isminde bir değişkenler tablosu oluşturulmuştur. Bu tablodaki “modify value” sütunundaki değerler yazılarak haberleşme için gerekli parametreler yüklenmiş olacaktır.

Var - [Kontrol -- PN_passive_receive\CPU315 PN (pasif)\CPU 315-2 PN/DP\57-Program(1)]					
Table Edit Insert PLC Variable View Options Window Help					
	Address	Symbol	Display format	Status value	Modify value
1		// Haberleşme aktif			
2	M 120.0	"act"	BOOL		true
3	M 120.1	"hold con"	BOOL		true
4		// ===== durum bilgileri (sadece izleme için)=			
5		// Durum			
6	M 150.0	"NDR"	BOOL		
7	M 150.2	"error"	BOOL		
8	MW 154	"received length"	DEC		
9		// Blok durumu			
10	MB 152	"status"	DEC		
11		// Alınan telegramlar			
12	MB 10	"received_telegrams"	DEC		
13					

Şekil 4.6: Kontrol Değişkenler Tablosu

Var - [Set_CON-Settings -- PN_passive_receive\CPU315 PN (pasif)\CPU 315-2 PN/DP\57-Program(1)]					
Table Edit Insert PLC Variable View Options Window Help					
	Address	Symbol	Display format	Status value	Modify value
11	DB5.DBB 9	"CON-Settings".Connection_1.rem_staddr_len	HEX		B#16#04
12		//			
13		// remote port uzunluğu (aktif bağlantı için=2 / pasif bağlantı için=0)			
14	DB5.DBB 10	"CON-Settings".Connection_1.rem_tsap_id_len	HEX		B#16#00
15		//			
16		// local port			
17		// 2000 --> 07D0 --> Byte1=D0 Byte2=07			
18	DB5.DBB 12	"CON-Settings".Connection_1.local_tsap_id[1]	HEX		B#16#D0
19	DB5.DBB 13	"CON-Settings".Connection_1.local_tsap_id[2]	HEX		B#16#07
20		//			
21		// remote IP-adresi			
22		// e.g. 169.254.205.165 --> A9.FE.CD.A5 --> Byte1=A5 Byte2=CD Byte3=FE Byte4=A9			
23	DB5.DBB 34	"CON-Settings".Connection_1.rem_staddr[1]	HEX		B#16#3F
24	DB5.DBB 35	"CON-Settings".Connection_1.rem_staddr[2]	HEX		B#16#8C
25	DB5.DBB 36	"CON-Settings".Connection_1.rem_staddr[3]	HEX		B#16#8C
26	DB5.DBB 37	"CON-Settings".Connection_1.rem_staddr[4]	HEX		B#16#8C
27		//			
28		// remote port			
29		// 2000 --> 07D0 --> Byte1=D0 Byte2=07			
30	DB5.DBB 40	"CON-Settings".Connection_1.rem_tsap_id[1]	HEX		B#16#D0
31	DB5.DBB 41	"CON-Settings".Connection_1.rem_tsap_id[2]	HEX		B#16#07

Şekil 4.7: Set_CON-Settings değişkenler tablosu

5. SONUC

Bu tezde Profinet haberleşme sistemi ayrıntılı olarak incelenmiş, laboratuarda örnek bir yapı kurularak işletilmiş ve değerlendirilmiştir. Bu örnekte Siemens S7300 PN Ethernet bağlantı noktalı işlemci ile CP343-1 haberleşme kartı arasında Profinet hattı üzerinden bir açık TCP bağlantısı kurulmuştur. Donanım ayarları ve haberleşme ile ilgili konfigürasyon 100 Mbit/s ile çalışma durumu için gerçekleştirilmiştir. Gerçeklenen sistemin varolan birçok endüstriyel veri yolu ile sağlanan hızların çok üstünde çalıştığı ve daha büyük veri paketlerinin iletimine olanak sağladığı gözlenmiştir. Bu özellikleri ile endüstriyel otomasyon sistemlerinin her seviyesindeki haberleşme uygulamaları için etkin bir çözüm olmaya aday görünmektedir. Açık bilgi teknolojilerini dağıtılmış otomasyon sistemleri ile bütünleştirilmesi ve Ethernet üzerinden gerçek zamanlı haberleşme olanağı sağlaması da ek bir üstünlük olarak değerlendirilebilir.

KAYNAKLAR

- [1] SIMATIC NET Profinet System Course, Version A1.1, Siemens
- [2] SIMATIC NET Industrial Ethernet System Course KO-7KETHER, Siemens
- [3] **Bir T.**, 2005. Endüstriyel veri iletişiminde tcp/ip uygulaması, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [4] **Berger, H.**, 2000 Automating with Simatic : integrated automation with Simatic S7-300/400 controllers, software, programming, data communication, operator control and process monitoring, Publicis MCD Verlag, Munich

ÖZGEÇMİŞ

Esra Kahveci 1980 yılında İstanbul'da doğdu. Ortaokul ve lise eğitimini Kartal Anadolu Lisesinde tamamladı. 1998 yılında İTÜ Elektrik Elektronik Fak. Elektrik Müh. Bölümüne başladı. 2003 yılında mühendislik diplomasını alıp aynı fakülte, Kontrol ve Otomasyon bölümünde yüksek lisans eğitimine başladı.

Halen Siemens Sitrain Eğitimsi olarak Teko Elektronik şirketinde çalışmaktadır.