



Endüstriyel Tip Makinalarda Verimliliği Artırmak İçin Optimizasyon

Fulya Aslan^{1*}, Yaşar Nuri Sevgen², Yavuz Ateş³, Osman Yıldırım⁴

^{1*} Arel Üniversitesi, Müh. - Mim. Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye, (ORCID: 0000-0003-2954-1962), fulya-aslan@hotmail.com

² Gelişim Üniversitesi, Müh. - Mim. Fakültesi, Elektrik - Elektronik Müh. Böl., İstanbul, Türkiye (ORCID: 0000-0001-7344-513X), ynsevgen@gelisim.edu.tr

³ Yıldız Teknik Üniversitesi, Elektrik Elektronik Fakültesi, Elektrik Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye (ORCID: 0000-0002-4168-0861), yates@yildiz.edu.tr

⁴ Arel Üniversitesi, Müh. - Mim. Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye (ORCID: 0000-0002-8900-3050), osmanyildirim@arel.edu.tr

(İlk Geliş Tarihi 12 Nisan 2021 ve Kabul Tarihi 27 Haziran 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.913829)

ATIF/REFERENCE: Aslan, F., Sevgen, Y. N., Ateş, Y. & Yıldırım, O. (2021). Endüstriyel Tip Makinalarda Verimliliği Artırmak İçin Optimizasyon. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (25), 355-362.

Öz

Endüstri, sürekli olarak gelişen ve büyüyen bir sektördür. Endüstriyel makinaların tüm bu gelişmelere uyum sağlayarak kaliteli ürün üretebilme, güvenilir, hızlı, yüksek hassasiyetli ve maksimum verimde çalışması endüstri sektörünün temelini oluşturmaktadır. Hassasiyet, hız ve verimin ön plana çıktığı sistemlerde otomasyon devreye girmektedir.

Büyük ölçekli saha sistemlerinde bilginin hızlı bir şekilde aktarımı makinanın mekanik bileşenlerine bağlı olmakla beraber kullanılan haberleşme protokolünün hızına da bağlıdır. Aktarılan verinin büyüklüğü arttıkça, hız ters oranda hareket ederek düşmeye başlar ve makine verimliliği olumsuz yönde etkilenir. Bu olumsuzluğu ortadan kaldırmak amacı ile kompleks makinalar için geliştirilen hızlı ve güvenilir haberleşme protokolleri günümüzde yerini almıştır.

Bu derleme makalesinde endüstriyel haberleşme protokollerinden endüstri sektöründe aktif kullanılan Profibus, Modbus ve Canbus protokolleri incelenmiştir. Protokoller karşılaştırılarak endüstriyel makine otomasyonunda ihtiyaca cevap verebilecek protokol öngörülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Haberleşme protokolleri, Endüstriyel Otomasyon, Modbus, Profibus, Canbus.

Optimization To Increase Productivity In Industrial Machines

Abstract

The industry is a constantly evolving and growing sector. The ability of industrial machines to produce quality products by adapting to all these developments, reliable, fast, high precision and maximum efficiency work is the basis of the industry sector. Automation comes into play in systems where precision, speed and efficiency come to the fore.

In large-scale field systems, the rapid transfer of information depends on the mechanical components of the machine, but also on the speed of the communication protocol used. As the size of the data transferred increases, the speed begins to fall, moving at the opposite rate, and machine efficiency is negatively affected. In order to eliminate this disadvantage, fast and reliable communication protocols developed for complex machines have taken their place today.

In this review article, Profibus, Modbus and Canbus protocols, which are actively used in the industrial sector, are examined from industrial communication protocols. By comparing protocols, a protocol that can meet the needs of industrial machine automation is envisaged.

Keywords: Communication Protocols, Industrial Automation, Modbus, Profibus, Canbus

* Sorumlu Yazar: fulya-aslan@hotmail.com

1. Giriş

Endüstri sektöründe üretici firmalar için bazı temel gereksinimler vardır. Bunların başında kullanılan makinalarda yüksek hız, hassasiyet, güvenilirlik ve verim gelmektedir. Bu temel gereksinimler gerçekleşirken sistemin kolay ve anlaşılır olması, uzaktan kontrol edilebilmesi ve uzaktan izlenebilir olması da aynı önemi taşımaktadır. Tüm bu gereksinimler otomasyon sektörünün doğuşunu gerçekleştirmiştir.

1970'li yıllarda sistemleri kontrol eden cihazlar röleler ve elektronik kartlardı. Ancak zaman içerisinde artan müşteri gereksinimleri ve istekleri mevcut çözümleri yetersizleştirdi. Bu gereksinim ve isteklerin en başında makine izleme, uzaktan müdahale, veri toplama, veri işleme ve raporlama gelmekteydi. Bu istekler doğrultusunda ilk PLC'lerin ortaya çıkışıyla, müşterilerin birçok ihtiyacı çözümlendi.

Saha sistemlerinde PLC'ye ulaştırılan veriler kablolar ile taşınmaktaydı. Mesafe, açık hava koşulları, makinanın çalışma ortamı ve taşınan verinin büyüklüğü kabloların uzunluğu, ağırlığı gibi bazı sorunları da beraberinde getirdi. Gelişen yeni teknolojiler ile birlikte kullanılan kablo sayısı, kablo kesiti ve buna bağlı olarak kablo ağırlıklarında ciddi miktarda azalma oldu.

Büyük üretim tesislerinde ağır şartlara sahip ortamlarda gerçek zamanlı kontrol, veri bütünlüğünün sağlanabilmesi ve kablo maliyetini azaltmak için endüstriyel haberleşme protokolleri ile yeni ağ türleri ortaya çıktı.

Söz konusu bu haberleşme protokolleri ve her bir protokole ilişkin ağ yapısı saha makineleri, PLC'ler ve PC'ler arasında bir iletişim yolu oluşturarak, özellikle endüstriyel otomasyon alanında önemli bir kontrol mekanizması olarak yerlerini alırken aynı zamanda da verimin artırılmasında son derece önemli hale geldiler.

Otomasyon sistemlerinin kritik birimi olan endüstriyel haberleşme protokolleri Açık ve Kapalı Sistem Haberleşme Protokolleri olarak iki grupta incelenmektedir.

Kapalı Sistem Haberleşme Protokolleri, firmaların kendi üretmiş oldukları ürünler arasında veri akışını sağlamak amacı ile kullanılmaktadır. Bu protokoller dışarıdan bir başka üretici tarafından üretilmiş cihazların veri yoluna eklenmesine kapalıdır. Bu nedenle kapalı sistem haberleşme protokolleri olarak adlandırılmıştır.

Açık Sistem Haberleşme Protokolleri ise hem üreticiler hem de bağımsız firmalar tarafından geliştirilen haberleşme protokolleridir. Bu protokoller birbirinden farklı üreticilerin cihazları arasında veri akışı sağlamasına olanak sağlar.

Bu çalışmada Açık Sistem Haberleşme protokollerinden Canbus, Modbus ve Profibus'ın verimliliği arttırmadaki etkinliklerinin incelenmesi hedeflenmiştir. Haberleşme protokollerinin kendi içerisinde iki farklı türe ayrılması sebebi ile de çalışma Açık Sistem Haberleşme Protokolleri ile sınırlandırılarak nitel bir metot uygulanmıştır.

1999 yılında Farsi ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada Can protokolü incelenmiştir. 1980'lerde Robert Bosch tarafından, kullanım kolaylığı ve düşük maliyetinden dolayı otomotiv ve otomasyon endüstrilerinde geniş çapta benimsenmiştir. Bu makale, Can protokolünün her iki sektörde

de nasıl kullanıldığını açıklamaya yönelik yazılmıştır (Farsi vd.,1999).

Thomesse tarafından 2005 yılında yayınlanan makalede teknolojinin başlangıcından itibaren günümüze dek tüm gelişmelerine değinilmiş, çeşitli teknik çözümler analiz edilerek sınıflandırılmıştır. Fieldbus teknolojisinin özellikle zamansal yönleri, ortam erişim kontrol protokolleri ve uygulama ilişkileri ele alınmıştır (Thomesse,2005).

Bao ve arkadaşlarının 2009 yılında yapmış olduğu çalışma Profibus istasyonlarında gelişmiş bir analiz yöntemini önermektedir. Bu yöntemde, ana Profibus DP ağları analiz edilir ve farklı jeton işleme modları kullanılarak öncelik seviyesindeki mesajların ağ yükü üzerindeki etkisi araştırılır. Sonuç olarak, Profibus ağının gerçek zamanlı özelliği, çoğu zorlu uygulamada ihtiyaçları karşılayabilecek özellikte olduğu kanısına varılır (Bao vd., 2009).

2010 yılında Kaya tarafında yapılan tez çalışmasında maliyet analizi sunmak amacı ile Modbus ASCII ve Modbus RTU protokolleri karşılaştırılmış, maliyet analizi sonucunda programlama dili ile yazılmış Modbus protokolü ile yapılan sistemlerin minimum maliyet ile oluşturulduğu görülmüştür (Kaya,2010).

2014 yılında Vadi, Güler ve Bayındır tarafından dergide yayınlanan çalışmada Osi katmanı incelenmiş ve bu katmanı kullanan haberleşme protokolleri konusuna değinilmiştir. Modbus, Profibus, Devicenet, Pacnet, Ethercat, Profinet, Modbus TCP/IP, Ethertnet IP, Canbus, Sercos, Interbus, ASCII, Hart protokolleri incelenmiştir (Vadi vd., 2014).

2015 yılında Mısır tarafından hazırlanan tez çalışmasında Can iletişim protokolü ile silo sistemlerine depolanan yapı kimyasal maddelerinin dolumu, boşaltımı ve madde korunumu için otomatik silo kontrol sistemi tasarlanmış ve bu kontrol sistemin izlenmesi için Can haberleşme protokolü ile bir algılayıcı ağı oluşturulmuştur (Mısır,2015).

Popov tarafından 2019 yılında yapılan çalışmada ise ulaşım sistemlerindeki dijital iletişim için tipik olan değişken iletişim kanalı parametreleriyle oldukça gürültülü ortamlarda çalışan iletişim protokollerinin dinamik optimizasyonu sorunu ele alınmıştır. Önerilen bu yaklaşım, modeli karmaşıklaştıran ve ek hatalar ortaya çıkaran ayrıntılardan arındırılmıştır. İletişim sürecinin en temel özellikleri incelendiğinden, yaklaşımın anlaşılması ve uygulanması kolaydır. Optimizasyonun temeli, bir bilginin doğru iletilme olasılığı, iletişim paketinin parametreleri ve iletişim kanalının etkili kullanımı arasındaki analitik ilişkidir (Popov,2019).

Goli ve Safavi'ye ait 2019 yılına ait çalışmada pratik ve esnek bir yol sağlamak adına Fieldbus fiziksel katmanı ile farklı türdeki fiziksel katmanları bir araya getirerek sinyaller analiz edilmiştir. Önerilen model iletim hattı modellenmesine göre oluşturulmuştur ve HSpice kullanılarak simüle edilmiştir. Sonuçlar simülasyon performansını doğrular nitelikte olmuştur (Goli&Safavi,2019).

2. Haberleşme Protokolleri

Haberleşme Protokolleri, sistemin parçası olan tahrik elemanları, sensörler, kontrolörler gibi otomasyon ekipmanlarının birbirleri ve farklı cihazlar arasındaki veri iletişiminin ortak veri hattı üzerinden gerçekleştirilmesidir.140 şirketin bir araya gelerek oluşturduğu, endüstriyel otomasyon

pazarında yaklaşık %80'lik bir paya sahip olan bu sistemler, "Fieldbus Foundation" tarafından desteklenmektedir (Bayır&Soylu,2014).

Saha Veri Yolu Sistemleri olarak da adlandırılan Haberleşme protokolleri, daha çok endüstriyel otomasyon sektöründe görülen makine verilerini toplama ve izlemek amacı ile kullanılan sensör, transmitter, sürücü gibi ekipmanlar ile bu cihazlardan alınan verilerin toplandığı ekipmanlar arasında iletişimi sağlayan zincir, halka, yıldız, ağaç ve dal tipi iletişim ağlarında kullanılabilen bir ağ türüdür ve haberleşme protokolleri başlığı altında da toplanabilir (Selçuk & Özçelik,2000).

Endüstriyel makinelerin geniş bir yelpazeye sahip olması farklı haberleşme protokollerinin doğmasına neden olmuştur. Bir haberleşme protokolü seçimi yaparken bakılması gereken en önemli kriter uygulamanın ihtiyaçlarıdır. Maliyet de göz önünde bulundurularak seçilecek protokolün sisteme kolay entegre edilebilir olması, sistem kontrolü için gerekli hız ve zaman kriterlerine sahip olması, uygulamada taşınacak veri miktarına uygun veri kapasitesine sahip olması gerekli şartlardır. Bu şartları ise protokolün mimarisini de belirleyen ağ topolojisi, açık-kapalı sistem yapısı ve hata teşhis imkanları belirlemektedir.

2.1. Profibus Protokolü

Proses Saha Yolu Process Field Bus uluslararası standartlarla (IEC 61158, EN 50170) tanımlanmış açık saha endüstriyel iletişim protokolüdür (Bayır, İ. Ve Özçelik, İ., 2017). Profibus, 1987 yılında 21 firmanın katılımı ile 'alan veri yolu' denilen proje ile ilk olarak ortaya atılmış, daha sonradan Alman Eğitim ve Araştırma Departmanı (BMBF) tarafından 1989'da yapılmıştır (Onur,2008).

Farklı üreticilerin ürettiği Profibus cihazları arasındaki iletişim, herhangi bir arabirim gerektirmeden yapılabilir. Bu özellik Profibus'ın açık (interoperability) bir standart olmasını sağlar. Bu özelliğe ek olarak Profibus, hem yüksek hız gerektiren kritik zamanlı uygulamalarda hem de karmaşık iletişim işlerinde kullanılabilir.

2.1.1. Profibus Temel Karakteristikleri

Profibus, saha seviyesinden hücre seviyesine kadar dağıtılmış sayısal kontrol cihazlarının bir ağ üzerinden haberleşmesini sağlayan bir iletişim protokolüdür. Profibus, birden fazla aktif istasyonlu (master) bir sistemdir. Bu yapı, dağıtık çevreirim cihazlarının aynı anda tek bir veri yolu üzerinden kontrol edilmesi ve izlenmesini sağlar (Yiğit,2000).

Profibus'ın ağ topolojisi master (yönetici, efendi) ve slave (yardımcı, köle) istasyonlarından oluşur. Bu istasyon devreleri birbirinden ayrıdır. Veri ekranlı kablo ile iletilir (Öztürk&Yılmaz,2007).

2.1.1.1. Aktif İstasyonlar (Master)

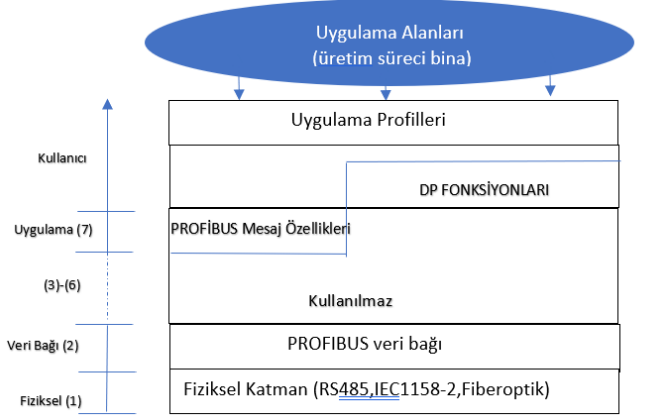
Veri yolu üzerindeki veri trafiğini belirlerler. Veri yoluna ulaşım hakkına (jeton) sahipse, bir master istasyonu herhangi bir talep olmadan mesaj gönderebilir. Programlanabilir lojik kontrolörler (Programmable Logic Controller, PLC), operatör paneller (Operator Panel, OP) ve kişisel bilgisayarlar (Personel Computer, PC) master cihazlara örnek olarak verilebilir.

2.1.1.2. Pasif İstasyonlar (Slave)

Çevreirimdeki cihazlar veya elemanlardır. Giriş/Çıkış modülleri, valfler, motor tahrik üniteleri ve transmitter pasif cihazlara örnek olarak verilebilir. Bu cihazların veri yoluna ulaşım hakları yoktur; ya yalnız gelen mesajları teyit ederler ya da master cihazdan istek geldiğinde onlara mesaj gönderirler.

2.1.2. Profibus Protokol Yapısı

Profibus protokol yapısı, IEC 61158 ve EN 50170 standartları ile tanımlı olup OSI referans modeline dayanmaktadır. OSI referans modeline göre oluşturulan modelde her katman, kendisi için net olarak tanımlanmış görevleri gerçekleştirir: Katman 1 (fiziksel katman), fiziksel taşıma karakteristiklerini belirlerken, Katman 2 (veri bağı katmanı) veri yolu erişim protokolünü belirler. Katman 7 (uygulama katmanı) ise uygulama fonksiyonlarını tanımlamaktadır (Bayır&Soylu,2014).



Şekil 1. Profibus protokol yapısı

Profibus-DP, katman 1, 2' ye ilave olarak kullanıcı arabirimi kullanan etkili bir iletişim protokolüdür. Katman 3, 4, 5, 6 ve 7 bu profil için tanımlanmamıştır. Özelleştirilmiş bu yapı, hızlı ve etkin bir haberleşmeye imkân tanır. Direk veri bağı eşleyici (Direct Data Link Mapper, DDLM), kullanıcı arabiriminin katman 2'ye kolay erişimini sağlar. Kullanıcı arabirimi bölümünde, çeşitli cihazlar için kullanıcı fonksiyonları ile sistem ve cihaz reaksiyonları tanımlanmıştır (Profibus Technical Description,1999).

Sağlamış olduğu yüksek hızda veri haberleşmesi sayesinde bina otomasyonu ve makine otomasyonu gibi zamanın kritik önem taşıdığı sektörlerde kullanılmaktadır.

Profibus-FMS, katman 1, 2 ve 7'nin tanımlandığı genel bir iletişim protokolüdür. Uygulama katmanı, Saha yolu Mesaj Özellikleri (FMS) ve Düşük Katman Arabiriminden (Lower Layer Interface, LLI) oluşur. FMS, master-master (ana-ana) ve master-slave (ana-köle) iletişimi için birçok haberleşme hizmeti tanımlarken LLI, çeşitli haberleşme ilişkilerini sağlar (Hung,2000).

Profibus-PA, genel amaçlı otomasyon ile proses otomasyonu arasındaki haberleşmeyi sağlar. Proses endüstrisinin gerekleri ve

esasta güvenlik zorunluluğu taşıyan veya taşımayan bölgelerdeki uygulamalara çözüm sunar. Ayrıca saha cihazlarının Profibus üzerinden enerjilendirilmesine olanak sağlar (Yiğit,2000). IEC 1158-2 içerisinde belirlenen iletim tekniğini kullanır. Güvenli bir devrede veri yolu hatlarından zayıf akım geçer ve arıza oluşsa bile patlayıcı kıvılcım oluşmaz böylece patlama riski minimize edilir. Profibus-PA' nın dezavantajı, 31.25 kbit/s'lik veri iletim hızına sahip olmasıdır ki bu da veri aktarımını ve cevap süresini olumsuz etkilemektedir.

Veri Bağı Katmanı bir istasyonun veri gönderme talebini aldıktan sonra verinin nasıl gönderileceğini belirler. Bu aktarım iki tip ihtiyaca göre belirlenir. Bunlar;

Kompleks otomasyon sistemleri (ana birimler-master) arasındaki haberleşme esnasında bütün istasyonlara, tanımlanan zaman aralığında görevlerini yerine getirebilmek için yeterli zaman tanımlanmalıdır.

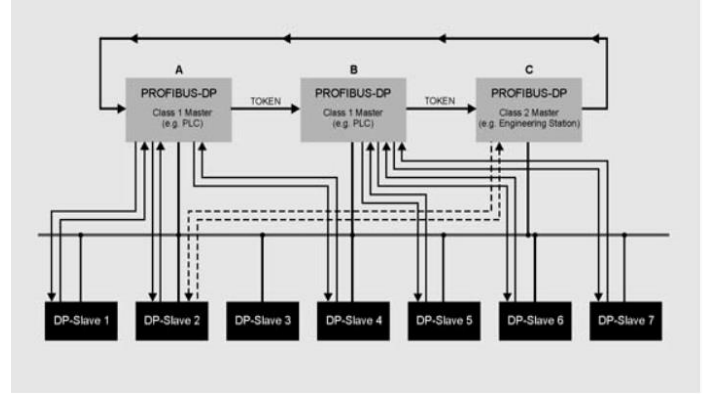
Kompleks bir programlanabilir kontrolör ile ona atanmış uydular (slave) arasındaki haberleşme için, çevrimsel, gerçek zaman veri iletişimi en kolay ve en hızlı bir şekilde uygulanmalıdır.

Şeklinde (Kaya,2010). Bu ihtiyaçlardan yola çıkarak Profibus erişim kontrolü, kompleks veri yolu istasyonlarının (master) birbirleri ile haberleşmesi için jeton aktarma prosedürünü (token passing procedure) kullanır.

Jeton aktarma prosedürü (token passing procedure) her master cihaza daha önceden zaman aralığı tanımlaması yapar. Veri yoluna erişim hakkı, bir master cihazdan diğerine özel bir paket olan jeton paketi vasıtasıyla aktarılır. Bu paket, mantıksal bir jeton halkasındaki (token ring) tüm master cihazları, önceden tanımlanmış olan maksimum jeton rotasyon süresi (token rotation time) içerisinde dolaşmalıdır. Bu süre, daha sonraki güncellemeler için tekrar konfigüre edilebilir.

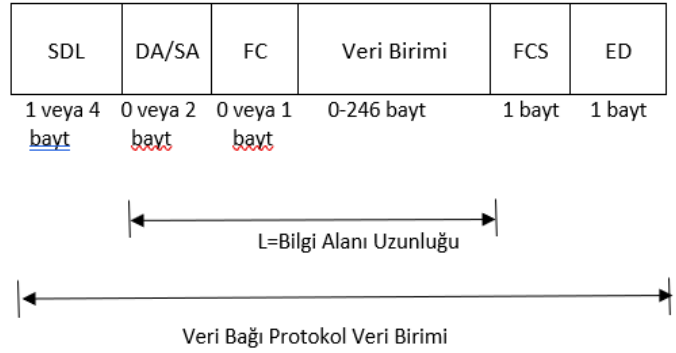
Jeton aktarma prosedürü, yalnızca kompleks istasyonların kendi aralarındaki haberleşmelerinde kullanılır.

Master-slave prosedürü; o anda jetona sahip master cihaz, slave cihaz (lar)ına erişim hakkını tanımlar. Master, slave cihazına mesaj gönderebilir veya onun gönderdiği mesajı okur. Erişim sistemindeki bu prosedürler sayesinde, aşağıdaki konfigürasyonlar gerçekleştirilebilir ki bu yapı, sistem konfigürasyonuna büyük esneklik sağlar (Willig&Wolisz, 2001).



Şekil.2 Profibus Token Passing ve Master-Slave Haberleşmesi

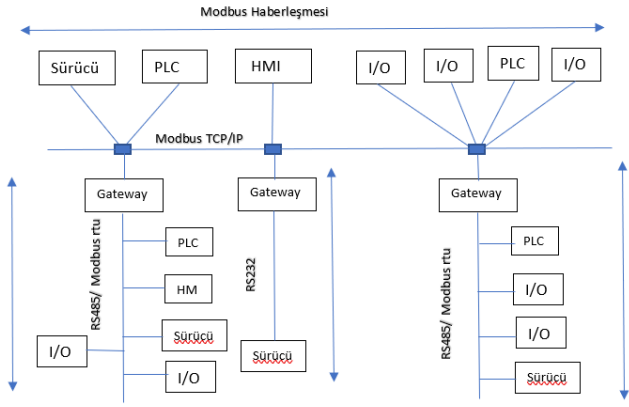
Profibus Veri Paketi genel olarak; bir başlangıç belirtici (start delimiter, SD) alanı, bilgi alanı (information field), çerçeve kontrol dizisi (Frame Control Sequence, FCS) ve bitiş belirticisinden (End Delimiter, ED) oluşur (IEC 61158 series, 2001, Siemens,1999). Her Bir Profibus paketi, maksimum 255 bayttan oluşur.



Şekil 3. Veri bağı çerçeve biçimi

2.2. Modbus Protokolü

Endüstriyel otomasyon haberleşme protokollerinden biri olan Modbus protokolü, Modicon firması tarafından 1979 yılında PLC'lerin haberleşmesi için geliştirilen bir protokoldür. Kolay kullanımı, açık protokol olması ve fazla kısıtlaması olmayan bir protokol olduğundan endüstriyel alanda oldukça yaygın kullanılmaktadır. Çalışma mantığı efendi-köle (Master-Slave) yapısına dayanır ve haberleşme daima master tarafından başlatılır (Coşgun,2016). Modbus haberleşme ağında PLC, HMI, I/O (Giriş/Çıkış Birimleri), ağ geçitleri (Gateway) ve sürücüler gibi birçok farklı tipte cihaz bulunabilir. Şekil 4' de görüldüğü gibi farklı fiziksel katmanlarda çalışan farklı Modbus protokol ağları birbirlerine ağ geçidi aracılığıyla bağlanabilir.

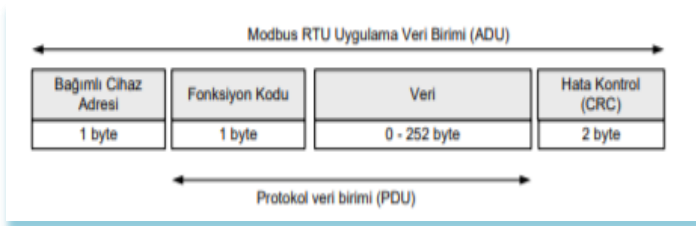


Şekil.4 Modbus ağ mimarisi

Modbus Protokolü OSI Referans modelinin 1,2 ve 7. Katmanını kullanır. 2. Katmanda olan Veri bağı katmanının da Modbus RTU ve Modbus ASCII protokolleri çalışır.

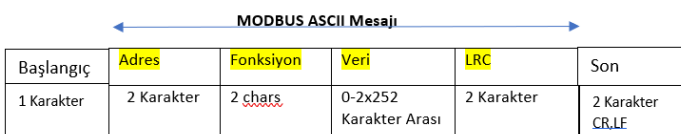
Modbus RTU Protokolü, Modbus RTU protokolü bir çeşit ana birim/bağımlı birim (master/slave) arasında veri haberleşmesi yapan bir protokolüdür. Üzerinde bir ana cihaz (master node) ve bu cihaza bağlı çalışan bağımlı cihazlar (slave node) bulunur. Her karakter 1byte boyutundadır. Hata kontrolü CRC hesaplama yöntemi ile yapılmaktadır.

Veri paketinde maksimum 256byte veri taşıma kapasitesine sahiptir.



Şekil.5 Modbus RTU veri paketi yapısı

Modbus ASCII Protokolü, verilerin ASCII kodlama sistemine göre kodlanarak yollanmasına dayanır. Hata kontrolü olarak Boylamsal Artıklık Kontrolü (LRC- Longitudinal Redundancy Check) kullanılır. LRC iki karakterden oluşmaktadır ve her gelen paket için özel hesaplanır. Her karakter 2 byte olacak şekilde yollanır. Bu yüzden Modbus RTU protokolünde yollanan bir mesaj boyutu Modbus ASCII protokolünde iki katı kadar daha büyüktür ve bu da Modbus ASCII protokolünün iletim hızınının, Modbus RTU protokolüne göre daha yavaş olmasına yol açmaktadır.

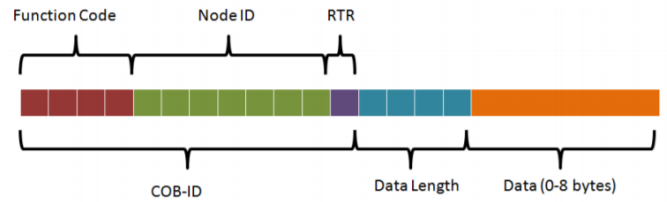


Şekil.6 Modbus ASCII veri paketi yapısı

2.3. Canbus Protokolü

Kelime anlamı olarak Controller Area Network kelimelerinin kısaltılmasından oluşan Can, özellikle otomotiv sektöründe kullanılan yoğun kablolanmanın önüne geçerek, kontrolörlerin iki kablo üzerinden karşılıklı haberleşmesini sağlamak amacı ile kurulmuş bir network ağıdır. Özellikle Otomotiv sektörü için 1980'li yıllarda Robert Bosch tarafından geliştirilmiştir.

Canbus protokolü, mesaj tabanlı bir haberleşme protokolüdür. Çoğu haberleşme protokolünde yapıldığı gibi modüllerin adreslerine göre bir programlama yapılmamaktadır. Mesaj çerçevesi içerisinde hedef adresi yoktur. Ağ üzerindeki alıcı düğümler tüm mesajları kontrol eder ve kendileri için uygun olan mesajı alırlar. Bu yüzden taşınan veri boyutu maksimum 8 byte'dır.



Şekil.7 Canbus veri paketi yapısı

Can hattında maksimum veri aktarım hızı 1000Kbit/s kadar çıkabilmektedir. Veri ağı uzunluğu da 1000m uzunluğa kadar çıkmaktadır. Tablo 1'de veri aktarım uzunluğu ile maksimum aktarım hızı arasındaki ilişki verilmiştir.

Tablo 1. Veri ağı uzunluğu ile aktarım hızı arasındaki ilişki

Veri Ağı Uzunluğu (m)	Aktarım Hızı (kbits/s)
50 metre	1000 Kbit/s
110 metre	500 Kbit/s
620 metre	135Kbit/s
790 metre	100Kbit/s
1000 metre	50Kbit/se

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

3.1. Profibus

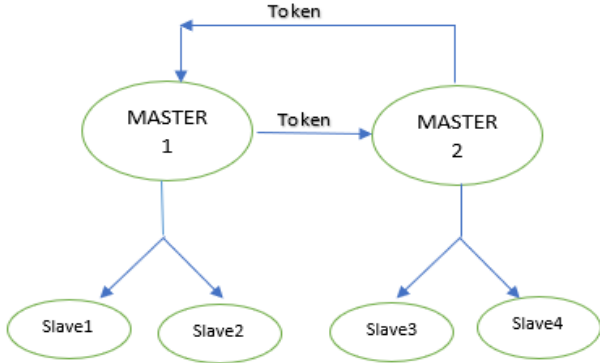
OSI katmanı yapısı sayesinde hızlı ve etkin haberleşme imkânı sağlar. Katmanlarda cihazın reaksiyonlarını, fonksiyonlarını okuyabilir aynı zamanda sisteme dahil edilen bileşenlerin kimlik bilgilerine ulaşabiliriz. 2.Katmanı olan Veri Hattında kullanılan Profibus DP, Profibus PA ve Profibus FMS profilleri sayesinde hızlı ve uygulamaya yönelik veri yapısı oluşturur. 7. Katmanı olan Uygulama Katmanında sunulan DPV0, DPV1 ve DPV2 versiyonları sayesinde gelişmiş uygulama alanı sağlar.

OSI Katmanı	PROFIBUS			Yönetim	
7	Uygulama	DPV0	DPV1		DPV2
6	Sunum				
5	Oturum				
4	Taşıma	--			
3	Ağ				
2	Veri Hattı	FDL			
1	Fiziksel	EIA-485	Optik	MBP	

Şekil.8 OSI Katman Yapısı

Profibus DP protokolü ile 100 m'de 12 Mbps hızına kadar veri taşınabilir.

Profibus da diğer protokollerden farklı olarak birden fazla master cihaz bulunabilir. Master cihazlar arasında Token passing erişim kontrolü kullanılır. Bu sayede master cihazlar altında çalışan enerjilendirilmemiş slave cihazlara da yayın yapılabilir. Ayrıca master cihazların biri arızalanmış olsa dahi diğer master çalışmaya devam eder. Bu özellik Profibus'ı diğer protokollerden ayırır.



Şekil.9 Token Passing ve Master-Slave Çalışma prensibi

Diğer iki protokole nazaran uzun mesafede taşınacak veri boyutu artar. Maksimum veri taşıma kapasitesi 255 byte'dır.

İstasyon veri erişilebilirliği yüksek olması nedeni ile master tarafında otomatik ya da manuel olarak hata sıfırlama yapılabilir.

Master cihazlar, slavelerin durum bilgisine ulaşabilmektedir. Slave haberleşme hızı master tarafından belirlenip slavelere deklare edildiğinden ekstra ayar gerektirmez ve yine Master, maksimum çıkacağı haberleşme hızını kendisi hesapladığından (kablo mesafesi ve slave sayısını dikkate alır) maksimum performansta çalışır. Bu da diğer iki protokolden farklı olarak daha açık, otomatik, hızlı ve anlaşılır bir mimari yapı kurulmasını sağlar.

3.2. Modbus

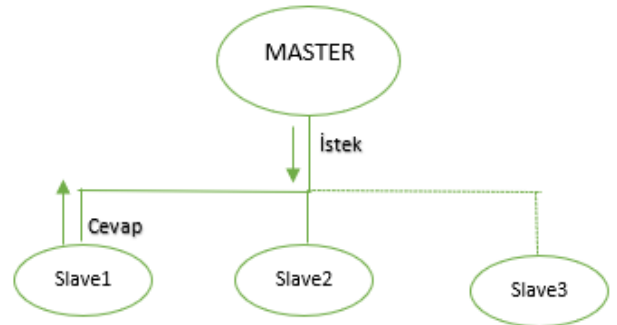
OSI Referans Modelinin 1,2 ve 7. katmanını kullanır. 7. Katman olan Uygulama Katmanı makine endüstrisinde Slave cihaz olarak kabul edilen sensörler, aktüatörler, transmitter gibi çevre birim cihazları bulunur. 2. Katmanı olan Veri İletimi katmanında ise Modbus RTU ve Modbus ASCII protokollerini sunar.

Tablo 2. Modbus Protokolü ve OSI Model katman yapısı

Katman	ISO/OSI Model		
7	Uygulama	MODBUS Protokolü	Uygulama
6	Sunum	Boş	
5	Oturum	Boş	
4	Taşıma	Boş	
3	Ağ	Boş	
2	Veri İletimi	MODBUS Seri Protokolü	Hat
1	Fiziksel Bağlantı	EIA/TIA-485 veya EIA/TIA 232	

Erişim Kontrolü Master-Slave mantığı ile çalışır. Modbus protokolünde bir master bulunur. Master ile Slave arasındaki veri iletişimi sıra ile gerçekleşir. Bu da paketler arasında zaman gecikmelerine ve cevap verme sürelerinin uzamasına neden olur. Büyük boyutlu veri taşınması tercih edilmez. Çünkü hem paket büyüklüğü hem de mesafe uzadığı için veri aktarım hızı düşecektir.

Ayrıca Slave cihazlardan durum bilgisi alma yetkinliği olmadığından hata ayıklamak ve hata sıfırlamak oldukça zordur, tüm sistemin tekrar başlatılması gerekebilir.



Şekil.10 Master-Slave Çalışma prensibi, Maksimum Veri taşıma kapasitesi 256 byte'dır.

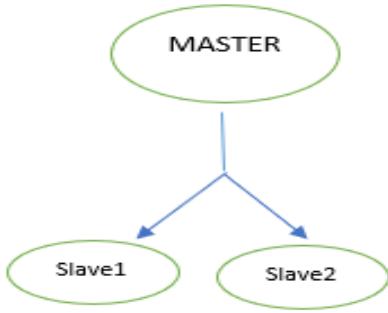
3.3. Canbus

OSI Referans Modelinin 1,2 ve 7. Katmanını kullanır. 2. Katmanı olan Veri katmanında taşınan veri boyutu maksimum 8 byte boyutundadır.

Tablo 3. Canbus OSI Referans Modeli

Uygulama Katmanı	
Nesne Katmanı	-Mesaj Durum İşleme
	-Mesaj Filtreleme
Transfer Katmanı	-Hata Durdurma
	-Hata Belirleme ve Sinyalleşme
	-Mesaj Doğrulama
	-Onaylama
	-Kabul Edilebilme (Arbitration)
	-Mesaj Çerçeveleme
	-İletim Oranı ve Zamanlama
Fiziksel Katman	-Sinyal Seviyesi ve Bit Oluşturma
	İletim Ortamı

Modbus da olduğu gibi Erişim kontrolü master-slave şeklindedir. Sitemde tek master olacağından slavelerden veri iletişimi sıra ile yapılmaktadır. Buda paketler arasında zaman gecikmelerine ve cevap verme sürelerinin uzamasına neden olur.



Şekil.11 Canbus Master-Slave Yapısı

Tablo 4. Canbus Veri ağı uzunluğu ile aktarım hızı arasındaki ilişki

Veri Ağı Uzunluğu (m)	Aktarım Hızı (kbits/s)
50 metre	1000 Kbit/s
110 metre	500 Kbit/s
620 metre	135Kbit/s
790 metre	100Kbit/s
1000 metre	50Kbit/s

Veri aktarım hızı 50 m mesafede 1000 Kbit/s hızına ulaşabilir.

4. Sonuç

Haberleşme protokolleri; saha makineleri, kontrolörler ve bilgisayarlar arasında bir iletişim yolu oluşturur. Özellikle endüstriyel otomasyon alanında önemli bir kontrol mekanizmasıdır ve verimin artırılmasında son derece önemlidir.

Derleme çalışmasında endüstriyel haberleşme protokollerinin etkinliklerinin incelenmesi hedeflendi. Açık sistem haberleşme protokollerinden Modbus, Profibus ve Canbus protokollerinden hangisinin daha etkin ve verimliliği arttırdığını tespit edebilmek amacı ile bu konuda yapılan çalışmalar incelendi.

Konu ile ilgili yapılan yayınlar incelendiğinde endüstriyel makinalarda protokollerden bazılarının daha etkin kullanıma sahip olduğu, bazılarının ise daha verimsiz kullanıma sahip oldukları görüldü. Çalışmada konu edinilen üç haberleşme protokolü detaylı olarak incelendi ve her bir protokole ait özelliklere yer verildi. Birbirleri arasındaki farklar tablo şeklinde sunuldu.

Tablo 5' de görülebileceği üzere Profibus protokolünün diğer protokollere göre makine endüstri sektöründe neden kullanılması gerektiğini; veri aktarım hızı, taşınabilen yüksek veri boyutu ve 127 cihaz bağlanabilme özelliği ile açıklayabiliriz. Sadece Profibus'da bulunan Token Passing özelliği sayesinde sistemde birden fazla master bulunabilmesi, enerjilendirilmemiş slave cihazlara yayın yapabileme imkânı sağlar. Ayrıca master cihaz arızalansa dahi yedek master devreye girerek sistemin durmasını engeller. Master cihazlar, slave cihazların anlık durum bilgisine ulaşır. Slave cihazların haberleşme hızını master cihazlar belirler. Bu durum ekstra bir ayar gerektirmez. Master cihazlar kendi haberleşme hızını kablo mesafesini ve slave sayısını dikkate alarak kendisi belirler ve maksimum hızda, maksimum performansta çalışmaya olanak sağlar. Düşük ve yüksek mesaj önceliği sayesinde master cihazlara ulaşan bilgiler arasında yüksek öncelikli mesajı ayırır ve hızlı reaksiyon vermeye olanak sağlar. Ayrıca mimarisinde bulunan Profibus DP, Profibus PA ve Profibus FMS varyasyonları sayesinde endüstride geniş bir yelpazeye sahip olan Profibus, işleyiş olarak tüm teknolojik yeniliklere uyum sağlayabilecek bir yapıdadır. Profibus, genişletilebilir olması nedeni ile de diğer protokollere göre daha fazla tercih edilir.

Tablo 5. Haberleşme protokollerinin karşılaştırılması

	PROFIBUS DP/PA	MODBUS RTU/ASCII	CANBUS
YIL	1989	1979	1986
KURAN/GELİŞTİREN FİRMA	BMBF/Siemens	MODICON/Schneider E.	Robert Bosch
SAHİP OLUNAN STANDARTLAR	EN 50170, EN 50254 ve IEC 61158	EN 1434-3 (Layer 7)	ISO/DIS 11519-1 ISO/DIS 11898
KABLO TİPİ	2 damarlı, bükülmüş kablo.	2 damarlı, bükülmüş kablo.	2 damarlı, bükülmüş kablo.
AĞ TOPOLOJİSİ	Doğrusal, Yıldız, Dairesel	Doğrusal, Yıldız, Ağaç	Doğrusal, Yıldız, Dairesel
MAX. BAĞLANAN CİHAZ	Her bus 32, Toplam 127 istasyon.	Modbus: 1 master+247 slave	127
MAX. VERİ AKTARIM HIZI	Pofibus DP: 12 Mbps Profibus PA:31,25 Kbps	115,2 Kbps	1Mbps
VERİ AKTARIM MESAFESİ & AKTARIM HIZI İLİŞKİSİ	Profibus: 100m & 12 Mbps 1,2 km & 93,75 Kbps (at repeaters)	1 km (at repeater)	500m & 125 Kbps 40m & 1Mbps
MAX. TAŞINACAK VERİ BOYUTU	0-255 Bytes	256 Bytes	8 Bytes
ERİŞİM KONTROLÜ	Token Passing	Master/Slave	Master/Slave
HATA KONTROL	CRC	Modbus RTU: CRC Modbus ASCII: LRC	CRC
DURUM BİLGİSİ	İstasyon (Slave) haberleşme yönetimi	Durum bilgisi alma yetkinliği yok.	Node haberleşme durumuna erişilebilirlik

Kaynakça

- Bayır, R. ve Soylu, E. (2014). MTM406 Endüstriyel İletişim Sistemleri Ders Notları. Karabük Üniversitesi. <https://web.karabuk.edu.tr/>.
- Bao, W., Zhang H., Li H., Huang W. and Peng D., "Analysis and Research on the Real-Time Performance of Profibus Fieldbus," 2009 WRI World Congress on Software Engineering, Xiamen, 2009, pp. 136-140, doi: 10.1109/WCSE.2009.181.
- Bayımış, İ. ve Özçelik, İ. (2017). IEEE 802.11 kablosuz LAN kullanarak PROFIBUS segmentlerin genişletilmesi. Pamukkale Univ Muh Bilim Derg. 23(5), 573-580. doi: 10.5505/pajes.2016.15579.

- Coşgun, E. (2016). Scada Sistemleri. Kırklareli Üniversitesi.
- Farsi, M., Ratcliff, K., Barbosa, M.: An Overview of Controller Area Network. Computing & Control Engineering Journal, 113-120 (1999).
- G. Popov, "Optimization of Communication Protocols for Data Transfer in Highly Noisy Environments," 2019 International Conference on Creative Business for Smart and Sustainable Growth (CREBUS), Sandanski, Bulgaria, 2019, pp. 1-4, doi: 10.1109/CREBUS.2019.8840041.
- Goli, M. ve Safavi, A.A. (2019). HSPICE Kullanarak Fieldbus Fiziksel Katman Simülasyonu. 2019 6. Uluslararası Kontrol, Enstrümantasyon ve Otomasyon Konferansı (ICCIA). doi: 10.1109 / iccia49288.2019.9030962.
- J. Thomesse, "Fieldbus Technology in Industrial Automation," in *Proceedings of the IEEE*, vol. 93, no. 6, pp. 1073-1101, June 2005, doi: 10.1109/JPROC.2005.849724.
- Kaya, S. (2010). Endüstriyel Otomasyon Sistemlerinde Saha Veri Yolu Teknolojisi. İstanbul Marmara Üniversitesi.
- Mısır, O. (2015). Kontrol Alan Ağı Protokollü Sensör Ağı ile Silo Kontrol Dolu Sistemi. Elazığ Fırat Üniversitesi.
- Öztürk, N. Ve Yılmaz, C. (31 Ocak-2 Şubat 2007) Ağ Tabanlı Endüstriyel Otomasyonda Ağ Gecikmesinin İncelenmesi. *Akademik Bilişim'07- IX. Akademik Bilişim Konferansı Bildirileri*. Kütahya: 155-158.
- PROFIBUS Technical Description, PROFIBUS Brochure, No. 4.002, September 1999.
- Selçuk, F.; Özçelik, İ.: "Endüstriyel İletişim Ağlarında Tek Standartta Doğru", Bileşim Fuar- Endüstriyel Otomasyon 2000, İstanbul, Mart 31, (2000), 114.
- S.Vadi, N. Güler, R. Bayındır, "Endüstriyel Alanlarda Kullanılan Veri İletim Tekniklerinin Karşılaştırılması " Ankara, Ocak 2014 Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi Part:C, Tasarım Ve Teknoloji GU J Sci Part:C 2(1):181-188 (2014).
- Seung Ho Hung. (2000). *Profibus-FMS'nin deneysel performans değerlendirmesi. IEEE Robotics & Automation Magazine*, 7 (4), 64-72. doi: 10.1109 / 100.894034.
- Willig, A. ve Wolisz, A. (2001). *PROFIBUS belirteç geçiren protokolün hataya açık bağlantılar üzerinden halka kararlılığı. Endüstriyel Elektronik üzerine IEEE İşlemleri*, 48 (5), 1025-1033. doi: 10.1109 / 41.954567.
- Yiğit, H.C. (2000). Endüstriyel veri iletişim sistemleri ve bir profibus uygulaması. İstanbul Teknik Üniversitesi.