



## CANBUS TEMELLİ ENDÜSTRİYEL SENSÖR AĞI TASARIMI

<sup>1</sup>Hasan ÜZÜLMEZ , <sup>2</sup>Süleyman CANAN , <sup>3</sup>Bayram AKDEMİR 

<sup>1,2</sup>ELFATEK Electronics Co., R&D Department, Konya, TÜRKİYE

<sup>3</sup>Konya Technical University, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Department of Electrical and Electronics Engineering, Konya, TÜRKİYE

<sup>1</sup>[hasan.uzulmez@elfatek.com.tr](mailto:hasan.uzulmez@elfatek.com.tr), <sup>2</sup>[suleyman@elfatek.com.tr](mailto:suleyman@elfatek.com.tr), <sup>3</sup>[bakdemir@ktun.edu.tr](mailto:bakdemir@ktun.edu.tr)

(Geliş/Received: 06.03.2022; Kabul/Accepted in Revised Form: 19.06.2022)

**ÖZ:** Endüstri 4.0 kapsamında sahada kullanılan elektronik sistemlerin veri toplayarak, bu verileri kompleks sistemlerin sağlıklı çalışabilmesi için değerlendirilmek üzere kontrol birimlerine aktarması gerekmektedir. Kontrol birimlerinde değerlendirilen bu veriler sistemin daha verimli kullanılmasını ve uzun ömürlü olmasını sağlamaktadır. Ayrıca endüstriye yönelik tasarlanmış, yaygın olarak kullanılan ve standartları belirlenmiş bir haberleşme protokolü kullanılarak, cihazlar vasıtasıyla sahadan toplanan veriler farklı uygulamalar için değerlendirilebilir. Endüstriyel alanda yük taşımak için kullanılan gezer köprülü tavan vinçlerinde karşılaşılan operatör kaynaklı yanlış kullanımların tespit edilmesi amacıyla bir sensör ağı tasarlanması, bu çalışmanın esas amacıdır. Bu çalışmada, tasarlanan sensör ağı için CANBus haberleşme altyapısı ve CANOpen protokolü kullanılmıştır. Gezer köprülü tavan vinçleri için bir sistem tasarlanmış olup, sistemin genel yapısı gösterilmiştir. Gerçekleştirilen sensör ağı ile endüstriyel alanda kullanılan bir gezer köprülü tavan vincinden; taşınan yükün ağırlığı, taşıma sırasında vinç halatında oluşan salınım ve halat uzunluğu verileri alınmış ve elektronik ortamda depolanmıştır. Sensör ağından alınan verilerin elektronik ortamda depolanması uzun süreli ve sürekli kayıt işleminin yapılabilmesini sağlamıştır. Kaydedilen veriler kullanılarak vinç kullanımı hakkında raporlama ve istatistik çalışmaları yapılabilir. Bu çalışmada, saha uygulamasından elde edilen veriler değerlendirilerek vinç operatörlerinin yanlış uygulamaları tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** IoT, Sensör Ağları, Endüstri 4.0, CANBus

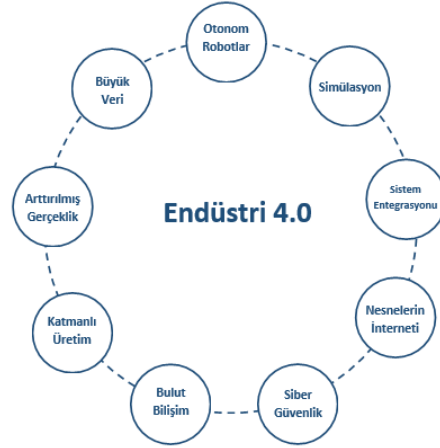
### CANBus Based Industrial Sensor Network Design

**ABSTRACT:** Within the scope of Industry 4.0, the electronic systems used in the field must collect data and transfer them to the control units to be evaluated in order for the complex systems to work properly. These data, which are evaluated in the control units, enable the system to be used more efficiently and to have a long life. In addition, data collected from the field by means of devices can be evaluated for different applications by using a communication protocol designed for industry, widely used and standardized. The main purpose of this study is to design a sensor network in order to detect operator misuse encountered in overhead cranes used for carrying loads in the industrial area. In this study, CANbus communication infrastructure and CANOpen protocol are used for the designed sensor network. A system for overhead cranes has been designed and the general structure of the system is shown. With the realized sensor network, from a overhead crane used in the industrial area; The weight of the transported load, the oscillation of the crane rope during transportation and the rope length data were recorded and stored in an electronic environment. The electronic storage of the data received from the sensor network has enabled long-term and continuous recording. By using the recorded data, reporting and statistical studies can be done about crane usage. In this study, the wrong practices of crane operators were determined by evaluating data obtained from the application.

**Keywords:** IoT, Sensor Networks, Industry 4.0, CANBus

## GİRİŞ (INTRODUCTION)

Teknolojik gelişmeler, özellikle içinde bulunduğumuz yüzyılda büyük bir ivme kazanarak insan hayatını kolaylaştırmıştır. Elde edilen sonuçlar her alanda olduğu gibi endüstriyel anlamda da verimlilik ve performans artışlarına sebep olmuştur. Dördüncü endüstri devriminin özünde, üretim süreçlerinde insan faktörüne gereksinimi azaltarak otonom olarak faaliyette bulunan makineler ve üretim sistemleri yer almaktadır. Üretim sistemleri ve fabrikaların daha akıllı hale geldiği kendi kendini yönetebilen üretim süreçleri oluşturularak insan kaynaklı hataların minimize edilmesi ve üretim süreçlerinde tam bir standardizasyona gidilmesi hedeflenmektedir (Görçün, 2016: 142). Küreselleşmenin en son dalgası olarak adlandırılan Endüstri 4.0 olgusunun üretim ve tüketim süreçlerinde köklü değişimlere yol açacağı ileri sürülmektedir (Schwab, 2016). Endüstri 4.0 devriminin altyapısı 2000'li yılların başında oluşturulmaya başlanmış, kendinden önce ki tüm endüstri devrimlerinden çok daha hızlı şekilde yaygınlaşmış ve kabul görmüştür. Dördüncü sanayi devrimine atfedilen Endüstri 4.0, akıllı sanal-fiziksel sistemler kullanarak akıllı fabrikalar inşa etmek vizyonunu taşır. Endüstri 4.0 otomatik kontrollü akıllı sistemler tarafından kontrol edilen, kendi kendinin konfigürasyonunu yapabilen, kendini izleyebilen, kendini iyileştirebilen üretim ekosistemlerini mümkün kılacaktır. Bunun sonucu olarak Endüstri 4.0 eşi benzeri görülmemiş düzeyde operasyonel verimlilik elde edilmesine ve verimlilikteki büyümenin hızlanmasına izin verecektir (Thames ve Schaefer, 2016). Şekil 1'de temel olarak Endüstri 4.0 bileşenleri ve temel yapısı gösterilmektedir. Bu bileşenlerin tamamı tasarlanacak sistemde kullanılabilirliği gibi yalnızca bazıları tercih edilebilir.



**Şekil 1.** Endüstri 4.0 Temel Yapısı

*Figure 1. Industry 4.0 Basic Structure*

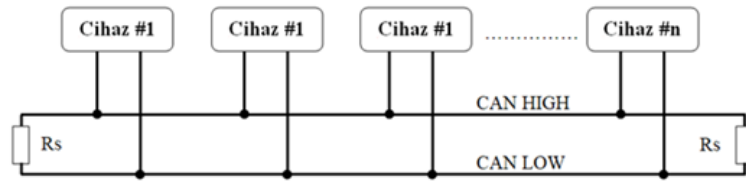
Bu çalışma, endüstride sıkça kullanılan bir iş makinası türü olan gezer köprülü tavan vinçlerinin çeşitli sensörlerle donatılarak daha uzun ömürlü ve verimli şekilde çalışmalarını için bir sistem tasarımı içermektedir. Tasarlanacak sensör sisteminin mevcut vinçler ile entegrasyonu sağlandıktan sonra ilerleyen aşamalarda, nesnelerin interneti, bulut bilişim ve büyük veri gibi özellikler eklenerek Endüstri 4.0 altyapısına uygun bir sistem tasarımı gerçekleştirilebilir. Kontrol sistemine eklenecek sensörler, makinelerin daha güvenli çalışmasını sağlayarak iş kazası olasılığını en aza indirmeyi hedeflemektedir. Tasarlanacak sistem ile makineler dijital bir kimlik kazanarak geriye dönük performans ve kullanım analizleri yapılabilecektir.

## MATERYAL VE YÖNTEMLER (MATERIAL AND METHODS)

### CANBus (CANBus)

Controller Area Network (CAN) haberleşme protokolü konusunda, 1983 yılında özellikle otomotiv endüstrisinde kullanılması için Robert Bosch GmbH şirketi tarafından çalışmalar başlatılmıştır. Üç yıllık çalışmanın ardından gerekli sistem tamamlanmış ve 1986 yılında kullanılmaya başlanmıştır (Bosch, 1991). Bu haberleşme protokolünün başlıca amacı araçlarda bulunan kablo ağı karmaşasını ortadan kaldırmaktır. Bu haberleşme protokolü kullanılarak motor, frenler, klima, sensörler, vb. otomotiv bileşenlerinin arasında paralel olarak kullanılan pek çok kablo yerine sadece iki kablo kullanılması sağlanmıştır. CAN haberleşme protokolü ilk olarak otomotiv sektöründe kullanılsa da hızlı veri iletimi, düşük hata oranı ve uygulama kolaylığından dolayı gömülü sistemlerde de tercih edilmeye başlanmıştır.

Multi-Master yapıya sahip CAN haberleşme sistemi, her CAN düğümünün (aygıt) birbiriyle haberleşebildiği ve cevapların senkron şekilde iletiildiği gerçek zamanlı bir haberleşme sistemdir. Protokolün en önemli avantajlarından biriside birden fazla ünitenin aynı anda hatta erişmesine izin vermesidir. Herhangi bir çakışma durumunda ise yazılım ve donanım olarak bir problem oluşmadan yüksek öncelikli mesaja sahip olan ünite erişim hakkını kazanmakta diğer üniteler alıcı konumuna geçerek haberleşme devam etmektedir (Özdemir, 2009). CAN haberleşme ağlarında düğüm veya aygıtların çalışabilmesi için klasik bir adresleme işlemi yapılmaz, haberleşmede önemli olan mesaj önceliğinin belirlenmesidir. Haberleşme ağı içerisinde bulunan bütün CAN düğümleri birbirlerine mesaj gönderebilir. Ağa bağlı tüm düğümler mesajın tanım (ID) bölümünü kontrol ederek mesajın kendisiyle ilgili olup olmadığını değerlendirir. Mesajın tanım (ID) bölümü, mesajın öncelik sırasını da belirlemek için kullanılır (Cena ve Valenzano, 2003). CAN haberleşme sisteminin avantajı, düşük maliyetli olması ve kolay kullanımı sayesinde en basit uygulamalardan en karmaşık sistemlere kadar uygulanabilmesidir. CAN düğümleri CAN LOW ve CAN HIGH bağlantı noktalarına eklenerek çoğaltılır. CAN alıcı-verici birimi (transceiver) CANBus için uygun olan mikrodenetleyicilerde voltaj seviyelendirmesi için gereklidir. Bu birim diğer cihazlardan kaynaklanan elektriksel gürültülerin bastırılmasını sağlar (Mazran ve diğ., 2009). Şekil 2’de CAN veri yolu üzerinde cihazların bağlantısı gösterilmiştir.



Şekil 2. Basit bir CAN haberleşme hattı

Figure 2. A Basic CAN communication line

CAN haberleşme protokolünün tercih edilmesini sağlayan faktörler aşağıda belirtilmiştir;

**Güvenlik:** CAN haberleşme protokolü, veri iletişiminin en az hata ile yapılmasını sağlar. CAN haberleşme protokolü, çarpışma denetimi için CSMA (Carrier Sense Multiple Access / Çarpışma Denetimi ile Taşıyıcı Algılamalı Çoklu Erişim) erişim mekanizması esasına göre çalışan CSMA/CR (Carrier Sense Multiple Access with Collision Resolution / Çarpışma Çözümü ile Taşıyıcı Algılamalı Çoklu Erişim) kullanır (Anwar ve Khan, 2007). CSMA/CR erişim modelinde, her bir mesaj, tek ve benzersiz bir öncelik ile karakterize edilir. Aynı anda iki ya da daha fazla düğüm iletme geçerse, çarpışma oluşmasını önlemek için, yüksek öncelikli mesaj iletme devam ederken, diğeri yol boşalana kadar bekler. Bu sayede bir kontrol ağında var olan düğüm sayısı kadar farklı öncelik değeri verilebilir (Yavuz ve diğ., 2018).

**Maliyet:** CAN haberleşme sistemi, ağ içerisinde ki her düğümün yalnızca iki kablo ile iletişim kurabilmesini sağlar. Sistem için gereken kablo sayısının az olması ve montaj kolaylığı maliyeti önemli ölçüde düşürmektedir.

**Ölçeklendirilebilirlik:** CAN haberleşme sistemi, 127 adet düğüme kadar genişletilebilir. Sisteme eklenen yeni düğümler için bağlantı herhangi bir noktadan yapılabileceği gibi diğer düğümlerde revizyon yapılmasını da gerektirmemektedir.

**Uygulanabilirlik:** CAN haberleşme sistemi, her geçen gün CAN haberleşme desteği olan ürünlerin piyasaya sürülmesi sayesinde kullanım alanını arttırmaktadır. Uygulama alanı ve ürün çeşitliliğinin fazla olması CAN haberleşme sisteminin kullanımını da tercih edilir hale getirmiştir.

**Bilinirlik:** CAN haberleşme sistemi, otuz yıldan fazla süredir endüstriyel alanda kullanılmaktadır ve pek çok endüstriyel alanda en çok tercih edilen iletişim sistemidir (Kara, 2009).

CAN haberleşme sisteminin geliştirilmesinden önce ve günümüzde CAN haberleşme sistemi dışında en çok kullanılan iletişim sistemleri UART temelli haberleşme sistemleridir. Geleneksel sistemler CAN haberleşme sistemi ile kıyaslandığında avantaj ve dezavantajlara sahiptir. Mikrodenetleyicilerin pek çoğu dahili olarak UART haberleşme sistemini destekleyen donanım modüllerine sahiptir. Bu haberleşme sistemleri düşük maliyetli olduğu için noktadan noktaya haberleşmede kullanılır. Ancak düşük maliyetinin yanında aşağıda belirtilen dezavantajlara da sahiptir.

- UART haberleşme sistemleri, verileri bir byte olarak iletir. Haberleşme sırasında aynı anda birden fazla byte'dan oluşan veri gönderilemez.
- UART haberleşme donanımları hata denetimi fonksiyonuna sahip değildir. Hata denetimi yapabilmek için yazılım fonksiyonları kullanılabilir, yazılım temelli hata denetimi haberleşmenin yavaşlamasına sebep olabilir.

Otomobil ve yan sanayi endüstrilerinde karşılaşılan problemler sebebiyle UART temelli haberleşme sistemlerinin yetersizliği ortaya çıkmaya başlamıştır. Otomobiller üzerinde genelde bir noktadan diğer noktaya haberleşme kullanıldığı için kablo sayısı ve maliyetleri artmış, kablo sayısının fazla olmasından dolayı araç ağırlığı olumsuz etkilenmiş ve daha karmaşık haberleşme ağının gerekli hale gelmesi, gelişmiş bir haberleşme protokolü ihtiyacını ortaya çıkarmıştır (Özer ve diğ., 2020). Endüstride PLC, mikro denetleyici, dijital sinyal işleyici ve FPGA gibi kontrol ünitelerinin birbirleri ile haberleşebilmesi için Fieldbus, Profibus, Modbus, Devicenet, CANBus, vb. protokoller geliştirilmiştir (Mısır, 2015). Bu sorunu çözmek isteyen otomobil üreticileri maliyeti yüksek olmayan ve işlevsel mikrodenetleyicilerin kullanılabilceği bir haberleşme sistemi hakkında araştırmalara başlamış ve CANBus haberleşme sistemini geliştirmişlerdir. Aşağıda CAN haberleşme sisteminin geleneksel haberleşme sistemleri ile arasındaki farklar belirtilmiştir (Kara, 2009).

- CAN haberleşme sistemi mesaj tabanlı haberleşme protokolüdür ve mesaj boyutu 8 byte olarak belirlenmiştir. (Gelişmiş sistemlerde 64 byte olabilir.)
- CAN haberleşme sistemi için kullanılan donanımlar hata denetim özelliğine sahiptir. Yazılım destekli hata denetiminin sebep olduğu yavaşlamalara sebep olmaz.
- Günümüzde mikrodenetleyiciler CAN haberleşme donanımına dahili olarak sahiptir.
- CAN haberleşme sistemlerini hem yerel hemde ayrık sistemler içerisinde kullanmak mümkündür.
- CAN haberleşme sisteminde, düğümler arasında kablo kalitesi ve haberleşme hızına bağlı olarak 1 km mesafeye kadar iletişim kurulabilir.

Çizelge 1'de CAN haberleşme hattında veri alışverişi yapan cihazların aralarında ki haberleşme hızına göre kullanılabilcek en uzun hat uzunluğu metre cinsinde belirtilmiştir (Kalaycı, 2015).

**Çizelge 1.** CAN haberleşme hattı için haberleşme hızı ve hat uzunlukları*Table 1. Communication speed and line lengths for the CAN communication line*

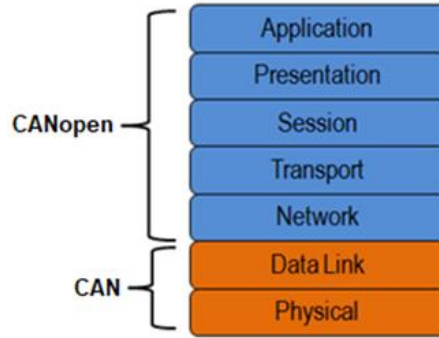
Haberleşme Hızı (kbps)	Hat Uzunluğu (m)
1000	40
500	100
250	200
125	500
100	660
50	1000

Hat üzerindeki yansımaları engellemek için Sonlandırma Dirençleri ( $R_s$ ) kullanılmalıdır. Sonlandırma dirençlerinin değerini belirlemek için kablonun empedansına bakılmalı ve dirençleri buna göre seçilmelidir.

CAN haberleşme protokolünde, kullanılan bir cihazın bozulması, tüm sistemin durmasını gerektirmez. Sadece ilgili cihaza ait birim çalışmaz, diğer tüm birimler çalışmaya devam eder. Bu da sistemin daha güvenli olmasını sağlar.

### CANopen(CANopen)

CANopen haberleşme protokolü, endüstriyel alanda kullanılan elektronik cihazlar için tasarlanmış cihaz profil özelliklerini içeren ve uluslararası alanda standart haline gelmiş CAN tabanlı bir yüksek katman haberleşme protokolüdür (Ayaz, 2014). CANopen haberleşme protokolü OSI modeli üzerinde ağ (Network) katmanı ve üstündeki katmanların fonksiyonlarını işletir. CAN (Controller Area Network) haberleşme sistemi OSI modelinin Veri bağlantı (Data link) ve fiziksel (Physical) katman gibi daha düşük düzeydeki seviyelerinde kullanılır (CiA, 2002). Şekil 3'de CANopen OSI referans modeli ve katmanları gösterilmiştir.

**Şekil 3.** CAN ve CANopen OSI modeli*Figure 3. CAN and CANopen OSI model*

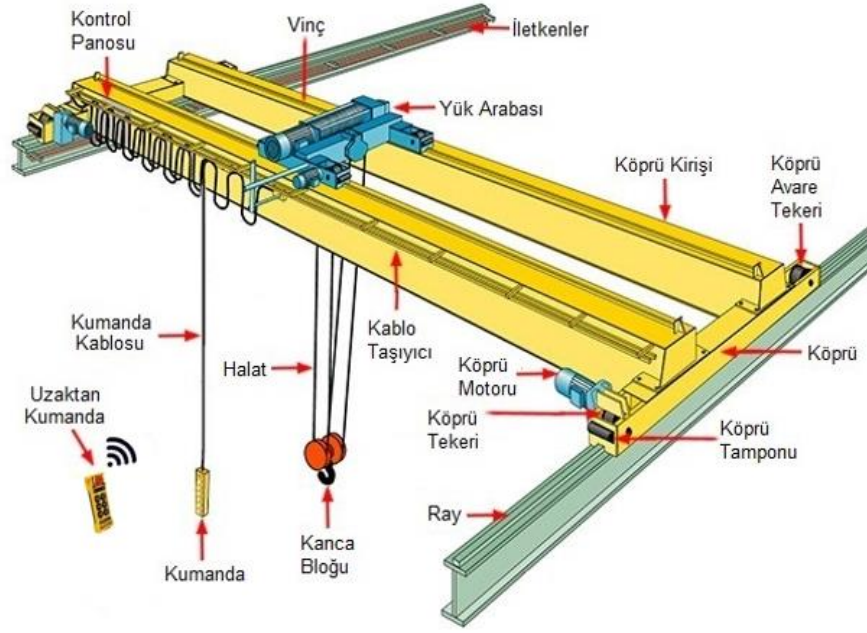
CANopen haberleşme protokolü, CAN in Automation (CiA) adında bir kuruluş tarafından 1992 yılından itibaren geliştirilmeye başlanmıştır. Endüstriyel alanda ortaya çıkan ihtiyaçlar doğrultusunda, endüstriyel alanda faaliyet gösteren firmalar tarafından temelleri atılan kuruluş, günümüzde farklı sektörlerden yaklaşık 710 üyesiyle çalışmalarına devam etmektedir. CAN in Automation (CiA) kuruluşu, CANopen protokolünün dünya çapında standartlaşması, tanıtımının yapılması ve geliştirilme faaliyetlerinin sürekli olarak devam etmesinden sorumludur. Kuruluş merkezi Almanya'nın Nuremberg şehrinde yer almaktadır. Kurumun alt iştiraki olan CiA GmbH firması ise CANopen haberleşme protokolü ile ilgili sertifikasyon çalışmalarının yapılması ve talimatların düzenlenmesi görevini yerine getirmektedir. CAN in Automation (CiA) kuruluşu aynı zamanda CAN Newsletter adında teknik yayınlar ve CAN haberleşme sistemleri hakkında ürün ve hizmetlerin kılavuzlarını oluşturarak yayımlanmasını sağlamaktadır (CiA, 2002).

CANopen haberleşme protokolünü destekleyen cihazlar pek çok yardımcı alt protokolü de içermektedir. Bu alt protokoller yardımıyla pek çok fonksiyon gerçekleştirilmektedir. CANopen içerisinde bulunan başlıca alt protokoller şunlardır;

- **Network Management (NMT) Protokolü:** NMT protokolünün amacı, cihazların ağ davranışını kontrol etmektir. Ağ başlatma, hata kontrolü ve cihaz durumu kontrolü için hizmetler sağlar. CANopen ağında yalnızca bir NMT yöneticisi etkindir.
- **Heartbeat Protokolü:** Bir CANopen cihazı, CANopen yöneticisinin veya mesaj alıcısının cihazın hala çalışır durumda olduğunu anlaması amacıyla periyodik olarak mesaj gönderir. Belirli bir süre içinde bir mesaj gelmezse, yönetici farklı bir işlem yapabilir.
- **Service Data Object (SDO) Protokolü:** Hizmet veri nesnelere (SDO), bir CANopen cihazının parametrelerine erişme izni verir. Bu nedenle SDO protokolü esas olarak konfigürasyon parametrelerini düzenlemek için kullanılır.
- **Process Data Object (PDO) Protokolü:** İşlem veri nesnelere (PDO'lar) kısa yüksek-öncelikli CAN mesajlarıdır. PDO'lar, bir cihazın kontrol ve durum bilgileri, sensörler tarafından ölçülen değerler, vb. gerçek zamanlı verilerin iletilmesi için kullanılır. İşlem verileri bir cihazdan (üretici) bir başka cihaza (tüketici) veya diğer birçok cihaza iletebilir. Hem alıcı hem de verici cihazların bir PDO içeriğinin nasıl yorumlanacağını bilmesi gerekmektedir.
- **Synchronization Object (SYNC) Protokolü:** SYNC protokolü, temel ağ senkronizasyon mekanizmasını sağlar. SYNC üreticisi, senkronizasyon nesnesini (SYNC) periyodik olarak tetikler. SYNC protokolünün aktarım süresi yapılandırılabilir.
- **Time Stamp Object (TIME) Protokolü:** Zaman damgası nesnesi 6 byte olarak zaman bilgisini içermektedir. Zaman bilgisi, 1 Ocak 1984 tarihinden bu yana geçen süreyi milisaniye cinsinden belirtmektedir.
- **Emergency Object (EMCY) Protokolü:** Acil durum mesajları, bir cihazda dahili hata durumunun meydana gelmesiyle tetiklenir ve ilgili cihazdan yüksek önceliğe sahip olarak diğer cihazlara iletilir. Bu mesaj, diğer cihazları kesme tipi hata uyarıları için uygun hale getirir. Bir acil durum mesajı, her hata olayı için yalnızca bir kez gönderilebilir, acil durum mesajları tekrarlanmamalıdır. Bir cihazda yeni bir hata oluşmadığı sürece, başka bir acil durum mesajı gönderilmemelidir.

### **Vinç Sistemleri(Crane Systems)**

Tasarlanacak sistemin ana bileşeni yük kaldırma ve taşıma işlemi için endüstride sıkça kullanılan gezer köprülü tavan vinçleridir. İnsan gücünün yeterli olmadığı yerlerde büyük ve ağır cisimlerin kaldırılması ve taşınması için kullanılan iş makinalarına vinç denir. Vinçler ağır iş makinası sınıfında bulunan endüstriyel makinalardır. Şekil 4'de gezer köprülü tavan vinci ve sistemi oluşturan temel bileşenler bulunmaktadır. Gezer köprülü tavan vinçleri açık alanlar yada kapalı iç mekanlarda kullanılacak farklı konfigürasyonlarda üretilebilmektedir.



Şekil 4. Gezer köprülü tavan vinçleri ve temel bileşenleri (<https://srscert.com/kopru-vinc>, 25.09.2021 tarihinde ziyaret edildi)

Figure 4. Overhead crane and essential components

Bu tarz iş makinelerinde sistem ne kadar iyi tasarlanırsa da operatörün yeterince tecrübeli olmaması veya dikkatsiz davranması sonucunda maddi hasar oluşturan kazalar ile sık sık karşılaşmaktadır. Taşınan yük veya doğrudan vincin kendisi zarar görmekte, verimliliği ve kullanım ömrü azalmaktadır. Vinç sistemlerin de yükün kaldırılması ve taşınması sırasında oluşabilecek yanlış kullanımdan kaynaklanan arızaların oluşmasını engellemek için insan faktörünü en aza indirecek şekilde gerekli mekanik ve elektronik sistemlerle tedbirler alınmalıdır. Vinç kullanımında insan faktörü en önemli etmenlerden biridir. Operatörün gerekli yetkinlikte olmaması taşınacak yükün dengesiz ve aşırı yüklenmesi, kaldırma pozisyonunda yanlış konumda bulunan köprü ve araba, yükün taşınması sırasında ani hızlanma ve yavaşlama yapılarak yükte salınım meydana gelmesi gibi maddi hasara sebep olabilecek yanlış kullanımlar ortaya çıkmaktadır.

Vinç operatörleri genellikle yüksek stres ve konsantrasyon gerektirecek şekilde çalışmaktadır. Uzun süre çalışmanın getirdiği yorgunluk ve çevresel etkiler iş kazası riskini arttırmakta ve üretimin aksamasına, malzeme ve zaman anlamında israfa neden olabilmektedir.

#### Sensörler(Sensors)

#### Yük Hücresi ve Aşırı Yük Kontrol Sistemi(Loadcell and Overload Control System)

Vinçlerde kullanılan yük sensörleri, kaldırılan yükün vincin kaldırma ve taşıma kapasitesini aşmayacak şekilde olmasını aksi durumda kaldırma ve taşıma işleminin yapılmamasını sağlar. Vinç kapasitesi üzerinde yük kaldırma ve taşıma işlemi gerçekleştiğinde vinç sistemi başta taşıyıcı çelik halat olmak üzere tüm mekanik bileşenlerde kalıcı hasar bırakabilir. Yük hücresinin kapasitesi üzerinde malzeme yüklenmesi durumunda yük hücresi deforme olarak yanlış ölçüm sonuçlarına sebep olabilir. Şekil 5'te vinçlerde kullanılan halat tipi bir yük hücresi ve aşırı yük kontrol sistemi gösterilmiştir.



**Şekil 5.** Halat tipi bir yük hücresi ve Aşırı Yük Kontrol sistemi  
*Figure 5. A rope type loadcell and Overload Control system*

### Açı Sensörleri(Angle Sensors)

Açı limit sensörü, vinç ve operasyon güvenliğini arttırmak amacıyla halatın iki eksendeki ayarlanabilir limit değerinden fazla açı ile vincin yükü kaldırma işlevini gerçekleştirmesini önleyen bir sensördür. İki eksende ölçülen açı değerini haberleşme hattına iletir. Şekil 6'da vinç halatına bağlanan bir açı limit sensörü ve iki eksen için çalışma şekli gösterilmiştir.



**Şekil 6.** Halat tipi açı limit sensörünün çalışma eksenleri  
*Figure 6. Working axes of rope type angle limit sensor*

### Tur Sayıcı(Rotary Limit Switch)

Tur Sayıcı, vinçlerde bulunan halatın çalışma aralığını belirlemek için kullanılır. Aşağı ve yukarı limit, aşağı ve yukarı yavaşlama olmak üzere toplamda dört röle ile kontrol sağlanmaktadır. Temassız olarak vinç tamburuna takılan sensör sayesinde tambur ile yük arasında ki mesafeyi cm cinsinden tespit eder. Halat mesafe bilgisini haberleşme hattına iletir.

Şekil 7'de vinç halat tamburunun tur sayısını sayan tur sayıcı cihazı gösterilmiştir.



**Şekil 7.** Tur sayıcı cihazı  
*Figure 7. Rotary Limit Switch device*



### Harici Gösterge(External Display)

Harici gösterge cihazı, panelin büyüklüğüne bağlı olarak kapalı ve açık alanlarda uzak mesafeden mesajların görüntülenek bilgi verilmesi amacıyla kullanılmaktadır. Haberleşme hattından aldığı ağırlık, açı ve halat mesafesi gibi bilgileri göstererek sistem hakkında bilgi verir. Şekil 8’de vinç köprüsü üzerine yerleştirilen harici gösterge paneli gösterilmiştir.



Şekil 8. Harici gösterge paneli

Figure 8. External display panel

### Uzaktan Kumanda(Remote Control)

Vinçlerin uzaktan kablosuz olarak kumanda ve kontrol edilebilmesini sağlayan elektronik sistemlerdir. Uzaktan kumanda sistemi sayesinde kullanıcı güvenli şekilde vinci kontrol edebilir. Kablolu kontrol sistemlerinde göre daha uzun ömürlü ve kolay kullanıma sahiptir. Haberleşme hattından aldığı ağırlık, açı ve halat mesafesi bilgilerini kullanarak vinci güvenli şekilde çalışmasını sağlar. Şekil 9’de vinç sisteminin uzaktan kontrolü için kullanılan kumanda alıcı ve verici cihazları gösterilmiştir. Vinç üzerindeki tüm cihazlardan gelen bilgileri alarak değerlendiren kontrol ünitesidir.

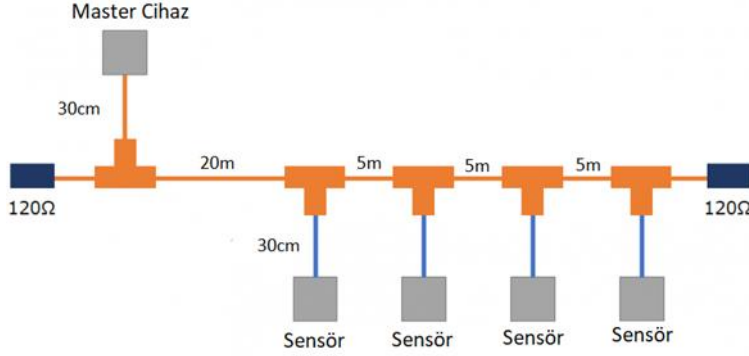


Şekil 9. Vinç kontrolü için kullanılan uzaktan kumanda alıcı/verici seti

Figure 9. Remote control receiver/transmitter set used for crane control

### UYGULAMA(APPLICATION)

Vinç kontrol sistemlerinde kullanılan elektronik kumanda ve güvenlik ekipmanlarını kendi aralarında bilgi alışverişi yapacak şekilde düzenleyerek, kontrol sisteminin daha güvenli hale getirilmesi amaçlanmıştır. Tasarlanan sistemde yaygın kullanımı ve yüksek güvenlik seviyesi sebebiyle CAN haberleşme yöntemi tercih edilmiştir. Ayrıca bu sistemde kullanılan cihazların diğer endüstriyel sistemlere de bağlanabilmesi için endüstriyel bir haberleşme protokolü olan CANopen protokolü kullanılmıştır. Tasarlanan sistemde 11 bit adresleme yapılan CAN 2.0A standardı kullanılmıştır. CANopen protokolü aynı hat üzerinde 127 cihaza kadar kullanıma izin vermektedir. Tasarlanan sistemde kullanılacak elektronik cihazlar dahili CAN donanımı barındıran ARM tabanlı mikrodenetleyiciler kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Şekil 10’da basit bir CAN haberleşme hattı gösterilmiş olup cihazlar arasında uygulanabilecek mesafeler gösterilmiştir.



Şekil 10. Cihazlar ve sensörler arasında uygulanan Hat topolojisi sistemi

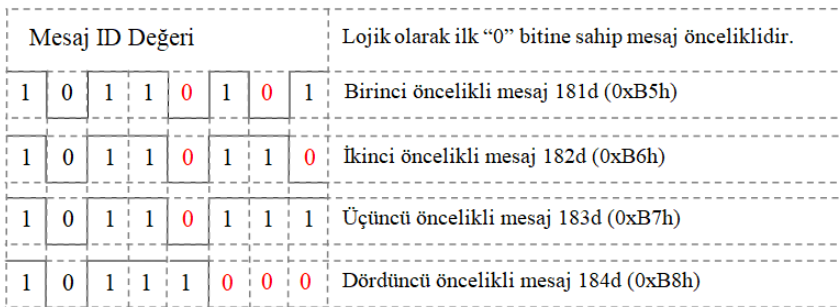
Figure 10. Line topology system implemented between devices and sensors

Bu uygulamada aynı sensör tipleri veya farklı sensörler aynı hatta bağlanabilir, elde edilen veriler farklı cihazlar üzerinde farklı amaçlar için kullanılabilir. CAN haberleşme protokolünde mesaj önceliği mesajı tanımlayan ID değerine göre belirlenmektedir (Yavuz ve diğ. , 2018). Mesaj ID değeri küçük olan mesaj öncelikli mesajdır. Örneğin hatta bağlı dört adet cihazın belli aralıklarla gönderdiği mesajlar Çizelge 2’de gösterilmiştir. Şekil 11’de mesaj ID değerinin önceliğinin belirlenmesi işlemi gösterilmiştir.

Çizelge 2. CAN hattına bağlı cihazlardan gelen mesajlar

Table 2. Messages from devices connected to the CAN line

ID	DLC	Data0	Data1	Data2	Data3	Data4	Data5	Data6	Data7	Cihaz
181	8	0x01	0x00	0x00	0x00	0x00	0x00	0x00	0x00	Halat aç limit sensörü
182	8	0x00	0x01	0x00	0x00	0x00	0x00	0x00	0x00	Aşırı yük kontrol sistemi
183	8	0x00	0x00	0x01	0x00	0x00	0x00	0x00	0x00	Tur sayıcı
184	8	0x00	0x00	0x00	0x01	0x00	0x00	0x00	0x00	Harici gösterge paneli
185	8	0x00	0x00	0x00	0x00	0x01	0x00	0x00	0x00	Uzaktan kumanda

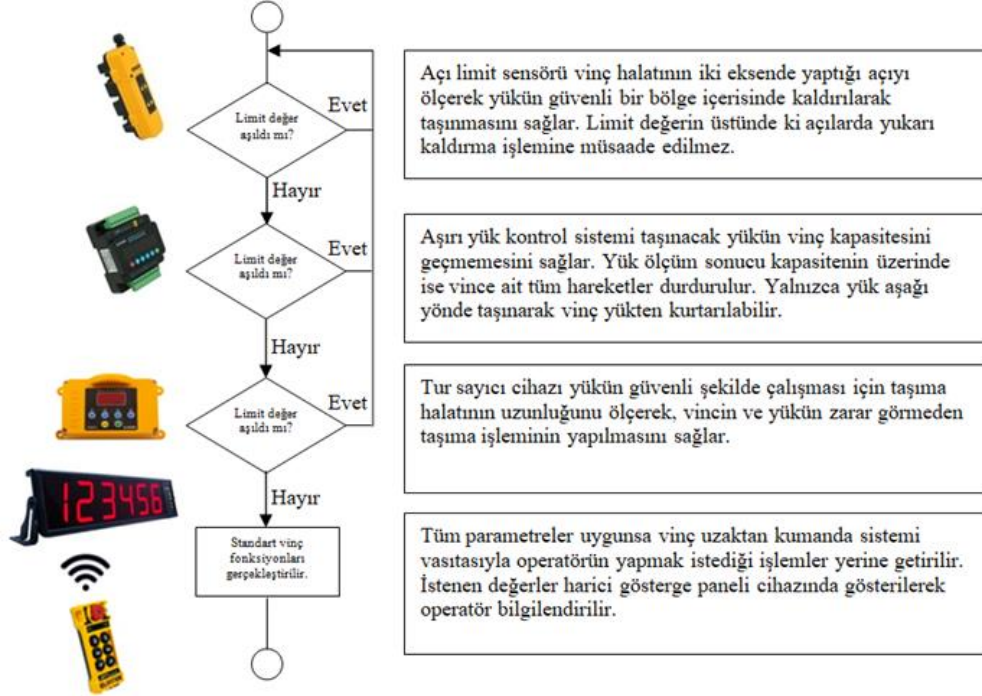


Şekil 11. Mesaj ID değerine göre öncelikli mesajın belirlenmesi

Figure 11. Determining the priority message according to the message ID value

Tasarlanacak sistemde mesaj öncelik sırası Aç Limit Sensörü, Aşırı Yük Kontrol Ünitesi, Tur Sayıcı ve Harici Gösterge Paneli cihazı olarak belirlenmiştir. Öncelik sırası belirlenirken vinç kullanım senaryoları göz önünde bulundurulmuştur. Vinç halatının açısının limit değerler üzerinde olduğunu belirten mesaj alındığında kaldırma işlemi gerçekleştirilmez. Vinç halatının açısı limit değerler altında ise kaldırma işlemi yapılır ve aşırı yük kontrolü yapılır, yük değeri limit değerlerin üzerinde ise vincin kaldırma ve diğer hareketleri yapmasına müsaade edilmez. Vinç halat açısı ve kaldırılan yük değeri belirlenen limitler altında ise kaldırma işlemi için Tur Sayıcı cihazından gelen halat uzunluk bilgisi değerlendirilir, yük kaldırma mesafesi dışında çıkmışsa kaldırma işlemi durdurulur. Tüm cihazlardan

alınan değerlerin harici gösterge paneli cihazında gösterilmesi sağlanır. Harici gösterge paneli cihazından yayınlanan mesajların sistemin çalışmasına bir etkisi olmadığından en az önceliğe sahip mesajlardır. Şekil 12’de tasarlanan sistemin genel çalışma akışı gösterilmiştir.



Şekil 12. Tasarlanacak sistemin gezer köprülül tavan vinçleri için genel çalışma akışı

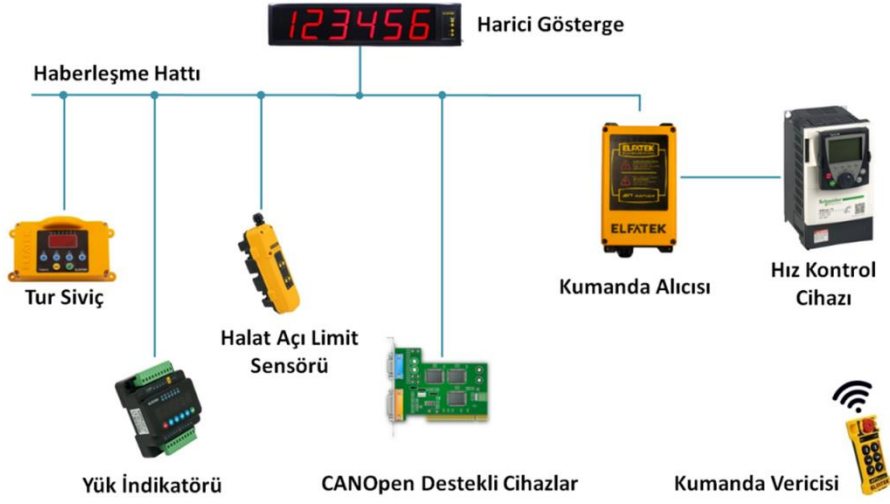
Figure 12. General working flow for the overhead cranes of the system to be designed

Tasarlanan sistemde yük indikatörü vinç kancasına bağlı yükün ağırlığını, halat açısı limit sensörü kanca halatının iki ekseninde açı bilgisini, tur sayıcı cihazı kancanın yere olan uzaklığını anlık olarak ölçerek elde edilen verileri haberleşme hattına gönderirler. Harici gösterge paneli bu verileri operatörlerin görerek değerlendirmesini sağlar. Böylece vinç kullanıcısı operatörler sistem hakkında bilgi sahibi olurlar. Haberleşme hattında bulunan veriler aynı zamanda uzaktan kumanda alıcısına da iletilmektedir. Kumanda alıcısı operatörün kumanda vericisini kullanarak gönderdiği komutları ve haberleşme hattından aldığı verileri kullanarak vincin kontrolünü sağlar. Sensörlerden gelen mesajlar uzaktan kumanda cihazı tarafından değerlendirilerek sistemin güvenli şekilde kullanılması sağlanır. Limit değerler aşılmışsa, operatörün komutlarını uygulamayarak sistemin zarar görmesini engeller. Tasarlanan sistemde tüm cihazlardan gelen verileri değerlendirilerek vinç operatörünün yapmak istediği işlemin gerçekleştirilmesine karar veren cihaz uzaktan kumanda alıcısıdır. Dolayısıyla sistemin yöneticisi uzaktan kumanda cihazıdır.

Çeşitli endüstriyel cihazlardan oluşan ve CAN haberleşme protokolü kullanan sensör ağı oluşturulmuştur. Bu ağ yapısına yeni cihazların kolayca eklenmesi mümkündür. Ayrıca bu sisteme tasarlanacak uygun cihazlar vasıtasıyla internet üzerinden erişim sağlanabilir ve Endüstri 4.0 kapsamında sisteme yeni bir bakış açısı kazandırılabilir. Böylece sisteme ait bilgilere erişilebilir cihaz parametreleri uzaktan kontrol edilerek, ayarlanabilir. Vinç sisteminden toplanacak veriler çeşitli analiz ve değerlendirmelerden geçirilerek vincin ne kadar verimli kullanıldığıyla ilgili sonuçlar elde edilebilecektir. Şekil 13’te uygulaması yapılan sistemin genel yapısı gösterilmiştir.

Tasarlanan sistemin saha uygulaması kalıp ve plastik enjeksiyon imalatı yapan bir işletmede yapılmıştır. İşletmede bulunan tavan vincine aşırı yük kontrol sistemi (Şekil 14a), halat açısı limit sensörü (Şekil 14b), tur sayıcı (Şekil 14c), harici gösterge paneli (Şekil 14d) ve uzaktan kumanda cihazlarının (Şekil 14f) montajları yapılarak CAN hattı üzerinden bütün cihazların birbirleriyle haberleşmeleri sağlanmıştır. Saha uygulaması yapıldıktan sonra sistemin çalışmasını takip etmek ve vinç kullanımı

hakkında bilgi toplamak amacıyla CAN hattına cihazlar tarafından gönderilen mesajlar bir kayıt cihazı (Şekil 14e) ile kaydedilmiştir. Şekil 14’de saha uygulaması gösterilmiştir.



Şekil 13. Gezer köprülü tavan vinçleri için uygulanabilecek bir sistem  
Figure 13. A system applicable to overhead cranes



Şekil 14. Tasarlanan sisteme ait saha uygulaması  
Figure 14. Application of the designed system

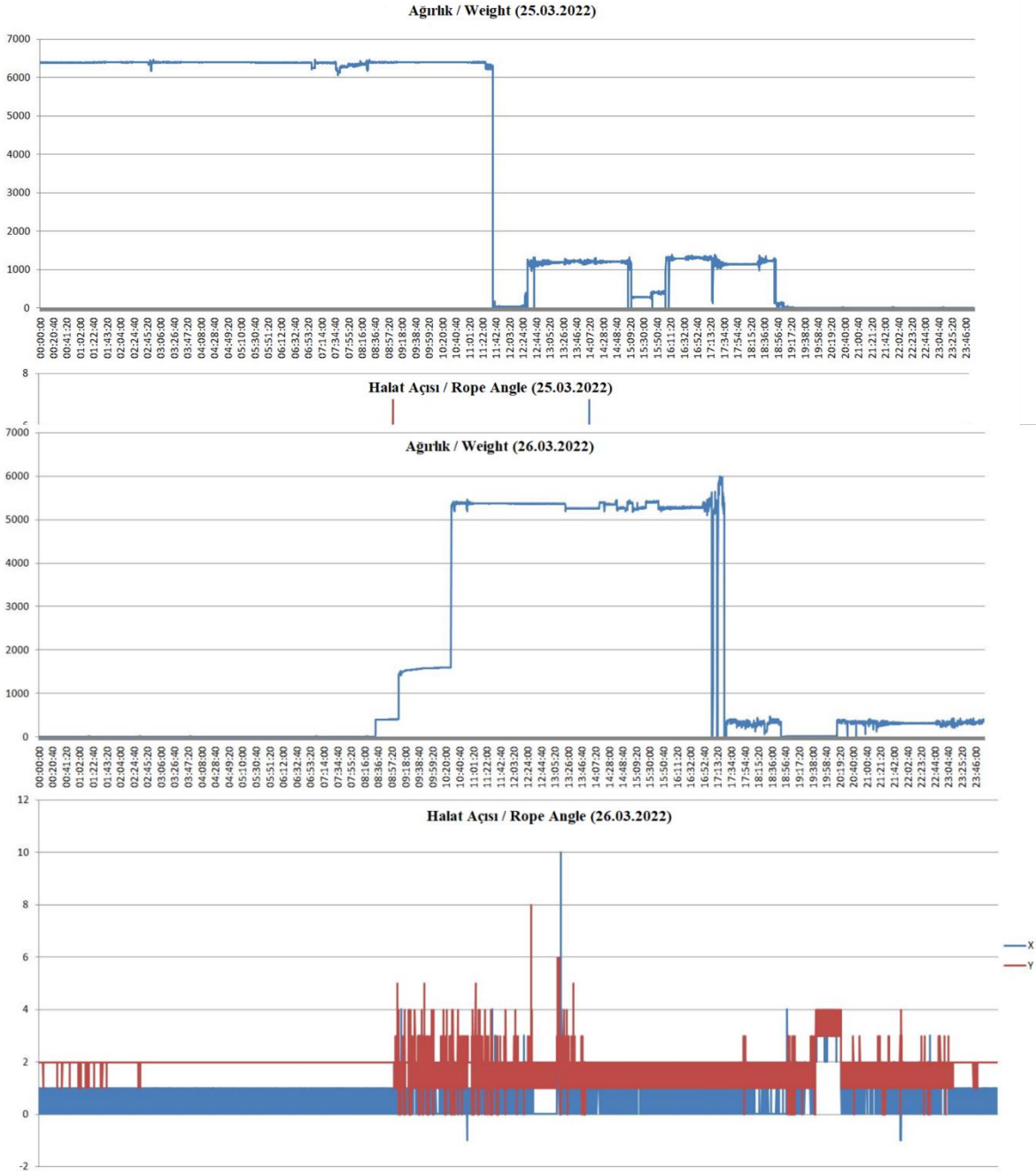
Yapılan çalışmada, vinç operatörlerinin kullanım alışkanlıklarını doğru tespit edebilmek için operatörler gerçekleştirilen sistem hakkında bilgilendirilmemiştir. Uygulanan sistemin vinç kullanımını engellenmeden sadece verilerin toplanarak kaydedilmesi sağlanmıştır. CAN hattına bağlanan kayıt cihazı, CAN hattına diğer cihazların gönderdiği mesajları alarak internet üzerinden sunucu sistemine kaydetmiştir. Cihazlar CAN hattına 500 milisaniyede bir mesaj gönderecek şekilde ayarlanmış ve kayıt cihazında 10 saniyede bir CAN hattına gönderilen tüm mesajları sunucuya ileterek kaydedilmesini sağlamıştır. Çizelge 3’de kaydedilen mesajlara ait örnek gösterilmiştir. Vinç üzerinde oluşturulan kayıt sistemi vasıtasıyla günlük 8640 adet ağırlık, halat açısı ve tur sayıcı limit rölesi bilgisi kaydedilmiştir.

**Çizelge 3.** Vinç kullanımını gösteren kayıtlar

*Table 3. Records showing crane use*

		Halat Açı Limit Sensörü				Aşırı Yük Kontrol			Tur Sayıcı		
Tarih	Zaman	ID	X	Y	Relay	ID	Weight	Relay	ID	Relay Min	Relay Max
17.03.2022	16:31:00	1	1	3	0	2	2745	1	3	0	0
17.03.2022	16:31:10	1	1	6	1	2	2745	1	3	0	0
17.03.2022	16:31:20	1	1	5	1	2	2745	1	3	0	0
17.03.2022	16:31:30	1	0	0	0	2	2740	1	3	0	0
17.03.2022	16:31:40	1	1	3	0	2	2745	1	3	0	0
17.03.2022	16:31:50	1	1	4	0	2	2740	1	3	0	0
17.03.2022	16:32:00	1	1	1	0	2	2740	1	3	0	0
17.03.2022	16:32:10	1	1	1	0	2	2740	1	3	0	0
17.03.2022	16:32:20	1	1	2	0	2	2740	1	3	0	0
17.03.2022	16:32:30	1	1	2	0	2	2745	1	3	0	0
17.03.2022	16:32:40	1	0	1	0	2	2745	1	3	0	0
17.03.2022	16:32:50	1	0	1	0	2	2740	1	3	0	0

Saha testi için kurulan sistem 17.03.2022 – 30.03.2022 tarihleri arasında 14 gün boyunca vinç kullanımı ile ilgili bilgileri, vinç üzerinde bulunan aşırı yük kontrol sistemi, halat açısı limit sensörü ve tur sayıcı cihazlarından alarak kaydetmiştir. Operatörlerin vinci kullanma alışkanlıklarını etkilememesi için vinç kullanımını kısıtlayacak yada operatörü sesli veya ışıklı olarak uyaracak herhangi bir önlem alınmamıştır. Çizelge 3’de cihazlardan alınan iki eksende taşıma halatı açısı bilgisi, taşınan yüke ait ağırlık bilgisi ve taşıma halatının maksimum ve minimum konumlarında ait limit röle bilgileri gösterilmektedir. Kaydedilen veriler incelendiğinde vinci kullanan operatörlerin yükü kaldırmadan önce taşıma halatının açısına dikkat ederek limit değerlerin üzerinde ki açısı değerlerinde kaldırma işlemi yapmadıkları gözlemlenmiştir. Ayrıca saha testi boyunca taşıma kancasını belirlenen minimum ve maksimum güvenli bölge içerisinde kullandıklarından tur sayıcı cihazı limit röleleri hiç aktif olmamıştır. Vinç kullanımında en çok karşılaşılan sorun vinci kapasitesi üzerinde yük taşınması ve mesai bittiğinde yükün askıda bırakılarak bütün gece vinci gereksiz yere yük altında bırakılması olduğu anlaşılmaktadır. Şekil 15’de belirtilen tarihlerde kaydedilen veriler grafik üzerinde gösterilmiştir. Taşınan yüke ait ağırlık bilgisi ve halat açısı bilgileri eşzamanlı kaydedilmiştir. Grafikten görüldüğü üzere 25.03.2022 Cuma günü gece boyunca mesai başlangıcına kadar bir önceki gün taşınan yük vinç üzerinde askıda bırakılmıştır. Bu durum yanlış kullanıma örnek olarak verilebilir. Grafik incelendiğinde halat açısında değişimin meydana geldiği noktalar, yükün taşınma sırasında oluşan salınımları göstermektedir.



Şekil 15. Saha uygulamasında kaydedilen veri örnekleri

Figure 15. Data samples recorded in application

## SONUÇ (RESULTS)

Yapılan çalışmada, birden çok sensör kullanılan gezer köprülülük tavan vinçlerinde operatör kaynaklı iş kazalarının azalacağı ve makina kullanım ömrünün uzayacağı öngörülmüştür. Saha uygulamasında elde edilen veriler değerlendirildiğinde vincin kapasitesi üzerinde yük taşınmasının engellenebileceği ve vinç operatörünün mesai sonunda taşınan yükü askıda bırakmasının önlenmesi durumunda vinç kullanım ömrünün artacağı ortaya çıkmaktadır. Halat açı limit sensörü ve tur sayıcı cihazlarından alınan verilere göre uygulamanın yapıldığı işletmedeki vinç operatörleri, taşıma halatı açısı ve mesafesine dikkat ederek vinci kullanmışlardır. Taşıma işlemi başladığında yani yükün zeminle teması kesildiğinde halat açısında büyük değişimler olmamıştır. Bu durumda operatörler herhangi bir uyarı olmadan, halat

açısını kontrol ederek taşıma işlemine başlamışlardır. Taşıma esnasında oluşan açı değerinde ki değişimler oluşan salınımları işaret etmektedir. Halat açı değeri sağa/sola veya ileri/geri yönlerinde eğim olduğundan artı/eksi değer alabilmektedir Salınımların kısa süreli olması operatörlerin bilinçli olarak vinç hareketi ve hızını kontrol ederek salınımı engellediklerini göstermektedir. Sistemin kurgulandığı şekilde halat mesafesinin operatörler tarafından en az ihlal edilen parametre olduğu anlaşılmaktadır. Saha uygulaması boyunca halat mesafesi belirlenen güvenli bölge içerisinde kalmış ve cihaz üzerindeki limit röleler aktif olmamıştır. Saha uygulaması sonucunda tavan vinçlerinde kullanılacak elektronik güvenlik sistemlerinin insan kaynaklı sorunları büyük ölçüde engelleyeceği görülmüştür. Ayrıca gelecekte sisteme eklenecek başka tür elektronik sistemlerde kolayca dahil edilebilecektir. Farklı üreticilerin geliştirecekleri CANopen protokolünü destekleyen endüstriyel cihazlar (Sensörler, kontrol cihazları, aktüatörler, vb.) sisteme dahil edilerek çok daha fonksiyonel sistemler geliştirilebilecektir. Bu şekilde sensörlerden oluşan güvenlik sisteminin kullanımın yaygınlaşması için vinç imalatı yapan firmaların teknik olarak bilgilendirilerek teşvik edilmesi ve operatörlerin eğitilmesi gerekmektedir. İlerleyen dönemde yasal zorunluluklar ve sistemin makina ömrü ve verimine olan etkisi gözönünde bulundurulduğunda, endüstriyel alanda yer bulması beklenmektedir.

Vinç kullanımı sırasında elde edilen veriler değerlendirilerek vinç kullanım profili oluşturulabilir. Oluşturulacak çalışma profili kullanılarak yanlış kullanımlar önceden belirlenerek engellenebilecektir. Geliştirilecek Endüstri 4.0 tabanlı kontrol sistemleri ile elektronik olarak ölçülen ağırlık, halat açısı ve halat uzunluğu gibi parametreler dışında pek çok çevresel etki uzaktan izlenerek ve kontrol edilerek daha güvenli sistemler tasarlanabilecektir. Gelişen teknolojiler değerlendirildiğinde geleneksel taşıma amaçlı ağır iş makinaları üreten firmalara yeni bir vizyon kazandırılmıştır.

#### TEŞEKKÜR (ACKNOWLEDGEMENT)

Bu çalışmanın uygulama aşamasında teknik destek ve uygun çalışma ortamını sağlayan ELFATEK Elektronik ve geliştirilen sistemin test edilmesi için firma bünyesinde bulunan gezer köprülü tavan vincinin kullanımına müsaade eden KOREKSEN 3D Baskı ve Robotik firmasına teşekkür ederiz.

#### KAYNAKLAR (REFERENCES)

- Ayaz, S., "Asansör kumanda sistemlerinde CANopen haberleşme protokolü", *Asansör Sempozyumu*, İzmir, 281 – 287, 25-27 Eylül 2014.
- Bosch, R., 1991, "CAN Specification Version 2.0", Stuttgart.
- Cena G., Valenzano A., 2003, "A protocol for automatic node discovery in CANopen networks," *IEEE Trans. on Industrial Electronics*, vol. 50, no. 3, 419 – 430.
- CiA, 2002, "DS301, Version 4.02, CANopen Application Layer and Communication Profile".
- CiA, 2002, "DSP305, Version 1.1," Layer Setting Services and Protocol (LSS).
- Kalaycı, O., 2015, "PLC ve CAN-Bus haberleşme protokolü ile bina enerji yönetimi uygulaması", Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
- Kara, İ., 2009, "CAN haberleşme protokolünün incelenmesi ve bir sıcaklık kontrol sistemine uygulanması", Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- <https://srs-cert.com/kopru-vinc>, ziyaret tarihi Eylül 25, 2021.
- The Basics of CANopen, 2013, "<http://www.ni.com/white-paper/14162/en/>".
- Özer, T., Kıvrak, S., Oğuz, Y., Kelek, M.M., 2020, "STM32f103C8 Mikroişlemcisi kullanılarak CAN haberleşme Protokolü tabanlı veri toplama sistemi uygulaması", *Afyon Kocatepe University International Journal of Engineering Technology and Applied Sciences*, Vol3(1), 27 – 31.
- Yavuz E., Sarıca S., Artuç E., 2018, "Kontrol Alan Ağları İçin Optimum Mesaj Zamanlaması", *Journal of Engineering Sciences and Design*, 6(3), 532 – 540.
- Thames L., Schaefer D., 2016, "Software-Defined Cloud Manufacturing for Industry 4.0", *Procedia CIRP*, 52, 12 – 17.
- Görçün Ö. F., 2016, "Dördüncü Endüstri Devrimi: Endüstri 4.0", *Beta Basım Yayıncılık*, İstanbul, 142.

- Schwab K., 2017, "Dördüncü Sanayi Devrimi", *Optimist Yayıncılık*, İstanbul, 18.
- Anwar K., Khan Z.A., "Dynamic Priority Based Message Scheduling on Controller Area Network", *Proceedings of International Conference on Electrical Engineering (ICEE'07)*, Lahor, Pakistan, 1-6, Nisan 2007.
- Mazran E., Amat A. B., Siva K. S., 2009, "Controller Area Network (CAN) Application in Security System", *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 59.
- Özdemir, A., 2004, "Endüstriyel ağlar (CANbus üzerine bir uygulama: CANUP)", Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Mısır, O., 2015, "Kontrol alan ağı protokollü sensör ağı ile silo kontrol dolum sistemi", Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.