



Alınış tarihi (Received): 11.05.2018
Kabul tarihi (Accepted): 07.01.2018

Baş editor/Editors-in-Chief: **Ebubekir ALTUNTAŞ**
Alan editörü/Area Editor: **Mehmet Serhat CAN /**
Bülent TURAN

CAN BUS Tabanlı Silo Alan Ağı Tasarımı

Oğuz MISIR^{a,*} Cafer BAL^b Levent GÖKREM^c

^a*Gaziosmanpaşa Üniversitesi Zile Meslek Yüksekokulu Mekatronik Programı, Tokat-Türkiye*

^b*Fırat Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Mekatronik Mühendisliği, Elazığ-Türkiye*

^c*Gaziosmanpaşa Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimler Fakültesi Mekatronik Mühendisliği Tokat-Türkiye*

*Oğuz MISIR, oguz.misir@gop.edu.tr

ÖZET: Silolar içerisinde çeşitli malzemeler depolanırlar ve saklanırlar. Katı, sıvı, gaz gibi çeşitli hallerde saklanan malzemeler türlerine bağlı olarak belirli şartlar altında bekletilirler. Depolanan malzemelerin belirli süreç içerisinde silolar içerisinde bekletilirken gözlemlenmesi, malzemelerin depolanması ve boşaltılması için kontrol gerekmektedir. Siloların kontrolü ve silo içi malzeme miktar takibi, aynı ve farklı türden malzemeler için merkezi bir sistem tarafından denetlenmelidir. Silo sayısının oldukça fazla olduğu uygulama ortamlarında verilerin izlenmesi için merkezi bir ağa ihtiyaç duyulmaktadır. Bu çalışmada silo sistemleri için kullanılan temel algılayıcı türlerine bağlı verilerin izlenmesi ve kontrolü için CAN (Control Area Network-Kontrol Alan Ağı) tabanlı merkezi bir silo alan ağı (SAA) önerilmiştir. CAN'ın mesaj kimlik özelliği kullanılarak siloya özgü verileri, algılayıcı ve silo ayırt edici metotları ile bir endüstriyel haberleşme çözümü sunulmuştur. Bir silo üzerinde bulunan algılayıcılardan alınan bilgiler, CAN ağına katılan her silo için bir silo numarası, algılayıcı türü numarası ve siloları birbirinde ayırmak için kullanılan bir silo kimlik kodu ile siloları sınıflandırmak için bir mesaj metodolojisi önerilmiştir. SAA için kullanılan CAN 2.0 A ve CAN 2.0 B sürümlerinin farklı kimlik alanı uzunlukları değişimlerinden dolayı kısıtlı mesaj kimlik alanına çözüm olarak bir mesaj çerçevesine sığacak şekilde 3 farklı mesaj kimlik metodu geliştirilmiştir. Geliştirilen bu yöntemler sayesinde silo sistemleri için kullanılan temel algılayıcı ve kontrol mesajları için CAN destekli bir merkezi silo alan ağı geliştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler – CAN BUS, Silo, Algılayıcı Ağı, CAN 2.0 A, CAN 2.0 B

CAN BUS Based Silo Area Network Design

ABSTRACT: Various materials are stored in the silos. They are kept under certain conditions depending on the types of materials stored in various forms such as solid, liquid, and gas. It is a requirement that materials to be stored are monitored in a silo for a certain period of time, controlled during the storage and discharge of materials, and controlled by a central system of the same and different kinds of materials. It is desirable to monitor and control data in application environments where the number of silos is high. In this study, a centralized silo area network (SAN) based on CAN (Control Area Network) is proposed for monitoring and controlling data related to the basic sensor types used for silo systems. Using CAN's message authentication feature, an industrial communication solution is presented with silo-specific data, sensor and silo distinguishing methods. Message methodology has been proposed with information from sensors on a silo, a silo number for each silo participating in the CAN network, a sensor type number, and a silo identification code used to separate the silos. Due to the different ID field lengths of the CAN 2.0 A and CAN 2.0 B versions used for SAN, three different message authentication methods have been developed to fit into a message frame as a solution to the restricted message identity field. Thanks to these developed methods, a central silo area network with CAN support for basic sensor and control messages for silo systems has been developed.

Keywords – CAN BUS, Silos, Sensor Networks, CAN 2.0 A, CAN 2.0 B

1. Giriş

Silo, içerisinde çeşitli malzemelerin toplu halde saklanması için kullanılan büyük hacimli yapılardır. Malzemeler bu yapılar içerisinde saklanırken belirli koşullar altında tutulurlar. Silo içerisindeki malzeme uygun sabit sıcaklık, basınç ve nem değerleri altında depolanır. Silolar üzerindeki belirli noktalardan alınan algılayıcı ölçümleri sayesinde, elektronik denetleme birimleri silolarda uygun koşulları sağlar. Gelişmiş algılayıcı teknolojileriyle, mikro-elektromekanik (MEMS) sistemleri içeren, sinyal işleme ve ağ kurma ara yüzleriyle ilişkili yüksek derecede “akıllı” algılayıcıların, dağıtık ölçümler ve kontrol uygulamalarında, algılayıcıların çoğu ile bağlantı kurulabilmesi mümkün olmaktadır. (Zhang ve ark., 2003).

Bu çalışmada silo üzerinde farklı noktalarda bulunan algılayıcılar ile CAN (Controller Area Network) tabanlı bir merkezi algılayıcı ağı tasarlanmıştır. CAN ile silo üzerinde dağıtık halde bulunan birbirinden farklı algılayıcılardan ölçümler alınmaktadır. Bu ölçümler sayesinde silo içerisindeki malzemelerin korunması ve dolun-boşaltım için uygun koşullar sağlanmaktadır. Donanımlı bir silo sisteminde malzemenin korunması için sıcaklık, basınç kontrolleri yapılır. Bunlara ek olarak, silo içerisine malzeme dolunu ve boşaltma için seviye algılayıcıları, basınç güvenlik valfi, dolun güvenlik valfi (pinç valf), filtre ve hava kompresörü denetimleri yapılır. Silo kontrolü için gerekli olan tüm bu kontrol birimleri birer algılayıcı ağı üyesidir. Tek bir silo birkaç adet algılayıcı ile kontrol edilmektedir. Silo sayısı arttıkça algılayıcı sayısı da artmaktadır. Bu durum için bir algılayıcı ağına ihtiyaç duyulmaktadır. Buna ek olarak saha ortamında çalışan birçok silo elektromanyetik gürültü kirliliğine maruz kalır. Bu problem veri akışını bozar. Silo sistemleri için bu türden problemlerle başa çıkabilecek olan haberleşme protokollerinden biri de CAN BUS'tır.

CAN yüksek performanslı ve uluslararası standartta sahip bir FIELD BUS haberleşme protokolüdür. Diğer haberleşme protokolleriyle kıyaslandığı zaman bilgi alışverişi güvenli, esnek ve hızlıdır (Zhongcheng ve ark., 2013). CAN kullanımının amacı diğer haberleşme istasyonlarıyla merkezi kontrolcüye işlem yükü yüklemekten herhangi bir düğüm noktasındaki istasyonla haberleşebilmektedir. Bu durum gelişmiş akıllı algılayıcı ve kontrol sistemlerine geliştirilebilir bir fırsat sunar (Mazran ve ark., 2009).

CAN ile bir çift kablo üzerinde düğümler oluşturularak mikro denetleyici yardımıyla algılayıcılar düğüm noktalarına eklenerek bağlanabilmektedir. Bu sayede, silo üzerinde farklı noktalardan tek bir çift kablo üzerinden algılayıcılardan veri toplanabilmektedir. Mesaj iletimine dayanan sistemin avantajı, her bir düğüm noktasındaki kontrolcüler için yeniden programlamasına ihtiyaç olmadan yeni düğümler ekleyerek düğüm noktasına bağlanabilen sistemlerin genişletilmesine imkân sağlanmaktadır (Krzysztof ve ark., 2015). Bu çalışmanın amacı, silo üzerinde bulunan algılayıcılar ve artan silo sayısına bağlı olarak düğüm noktalarına algılayıcılar eklenerek merkezi bir Silo Alan Ağı (SAA) oluşturmaktır. CAN, mesajlara kod tanımlama ve hedef adres seri numarası yeteneğiyle, mesaj iletimleri tek bir noktaya ve birden fazla noktaya veri yayımlayabilmektedir (Ye, 2010). Çoklu yönetim erişimi bu seri haberleşme sisteminin anahtar özelliğidir. Düğümlerdeki tüm birimler haberleşme hattı boş olduğunda veri aktarabilir. Çoklu eş zamanlı iletim çakışması, öncelik temelli karar verme algoritması tarafından çözülmektedir. Bir aktarıcı bir mesajı tüm düğümlere yayımlar ve her bir düğüm tanımlı alıcılara göre uyumlu olup olmadığına karar verir (Pan ve ark., 2014).

SAA silolarda kullanılan algılayıcılar için CAN mesaj tabanlı bir algılayıcı ağı tasarımıdır. SAA ile her bir silonun üzerinde bulunan algılayıcılar bir kimlik numarasına sahip olur. Bu kimlik numarası ile aynı türden algılayıcılar gruplandırılır. Bu gruplandırmalara bağlı olarak bir siloya bağlı olan algılayıcılara, silo kimlik numarası verilir. Bu sayede herhangi bir silodaki bir algılayıcı kendi türünden ve silo numarasına göre gruplandırılmış olur. Bu kimlik numaraları algılayıcıları birbirine karıştırmadan silo ve algılayıcı türüne göre haberleşmeyi sağlar.

Bu çalışmada CAN destekli SAA (Silo Alan Ağı) ile silo kontrolü için kullanılan algılayıcılar vasıtasıyla bir ağ tasarımı sunulmaktadır. Ayrıca, bu ağ tasarımı silo kontrol sistemleri için hızlı, esnek, gerçek zamanlı, güvenilirliği yüksek genişletilebilir bir ağ tasarımı geliştirilmiştir.

2. CAN BUS

CAN (Controller Area Network) (ISO, 2003) gerçek zamanlı ve dağıtık kontrolü destekleyen bir Field BUS seri haberleşme ağı türüdür. Ucuz, esnek, yüksek hızlı, güvenilirliği yüksek karakteristik özelliklere sahiptir (Xiang ve ark., 2013) (Bosch, 1991). CAN protokolü Robert Bosch tarafından 1980'lerde geliştirilmiştir. Algılayıcılar, aktuatörler ve diğerleri arasında gerçek zamanlı olarak güvenilir ve etkili bir haberleşme standardı olarak tanımlanır (Flores-Arias ve ark., 2016) (Mazran ve ark., 2009).

CAN yolcu taşıyan araçlarda, yük taşıyıcı araçlarda, deniz araçlarında ve diğer araç tiplerinde kullanılmaktadır. CAN'in ilk üretim amacı bu araçlar için idi. Fakat bu protokol aynı zamanda endüstriyel otomasyonda, gömülü kontrol uygulamalarında, makine, medikal ve diğer birçok endüstriyel alanlarda popüler hale geldi (Johansson ve ark., 2005). CAN BUS CSMA/AMP (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection and Arbitration on Message Priority) mekanizmasını kullanır. Eş zamanlı olarak, tanımlı mesajları öncelik durumuna göre tahsis eder (Rezha ve ark., 2015).

CAN mesajları Çizelge 1'de gösterildiği gibi SOF (Start-of -Frame) mesaj başlangıç biti, identifier (mesaj kimliği), iletim isteği için RTR (Remote Transmission Request), CRC mesaj kontrolü alanı, 8 byte mesaj alanı, ACK mesaj geçerliliği alanı ve EOF mesaj sonlandırma alanlarına sahiptir (Johansson ve ark., 2005).

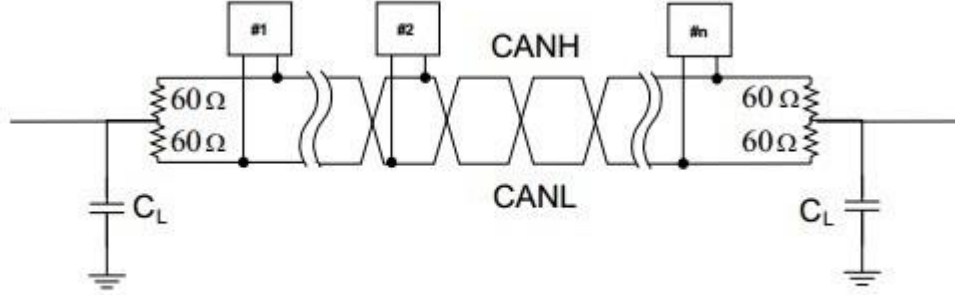
Çizelge 1.CAN Mesajı

Table 1. CAN Message

SOF	IDENTIFIER	RTR	CONTROL	DATA (8 BYTE)	CRC	ACK	EOF
-----	------------	-----	---------	------------------	-----	-----	-----

CAN 40m kablo uzunluğunda 1 Mbit/sec hızında iletişim kurabilmektedir. Bir CAN mesajı maksimum 8 byte veri taşıyabilmektedir. CAN mesajları bir mesaj kimlik numarasına sahiptir. Bu mesaj kimlik numarası bir mesaja öncelik durumu atar ayrıca alıcılara mesaj filtresi özelliği verir (Tindell ve ark., 1994). CAN 2.0 A ve CAN 2.0 B iki ayrı CAN BUS sürümüdür. CAN 2.0 A 11 bit mesaj kimliğine sahiptir. CAN 2.0 B 29 bit mesaj kimliği özelliğine sahiptir. CAN düğümlerinden gönderilen ve alınan mesajlar bir kimlik numarasına sahip olduğundan dolayı alıcılara tanımlı mesajlar ulaşır.

Şekil 1’de gösterildiği gibi CAN düğümleri CAN L ve CAN H bağlantı noktalarına eklenerek çoğaltılır. CAN alıcı-verici birimi (transceiver) CAN BUS için uygun olan mikro denetleyicilerde voltaj seviyesi kayması olduğundan gereklidir. Bu birim CAN BUS’da ihtiyaç duyulan CAN L ve CAN H bağlantılarında sinyal farkı oluşturmaya yardımcı olacaktır. Ayrıca bu ünite gürültü artırıcılar tarafından sebep olunan voltaj toleransına karşı koyabilmektedir (Mazran ve ark., 2009).



Şekil 1. CAN düğüm Bağlantısı (Intruments, 2012)

Figure 1. CAN Node Connection (Intruments, 2012)

3. SİLO SİSTEMLERİ İÇİN SAA (Silo Alan Ağı)

CAN mesajları bir kimlik numarasına sahip olduğundan, bu mesajlar kimlik numaraları denetlenerek ayırt edilebilmektedir. CAN iki ayrı sürüme sahiptir. Bunlardan Standart CAN (CAN 2.0 A) 11 bit uzunluğunda kimlik numaraları alabilmektedir. Diğer CAN sürümü ise genişletilmiş CAN 2.0 B (Extended CAN) 29 bit uzunluğunda kimlik numaraları alabilmektedir. CAN sahip olduğu kimlik özellikleri sayesinde bir siloya bağlı algılayıcıları türlerine göre ayrıklaştırabilme yeteneği kazanmaktadır. Bir silo içerisindeki malzemenin denetimi için sıcaklık, basınç, nem kontrolü yapılır. Ayrıca siloya malzeme doldurma boşaltma işlemleri için seviye algılayıcıları, basınç güvenlik valfi, dolmuş güvenlik valfi (pinç valf), filtre ve hava kompresörü algılayıcıları kullanılmaktadır.

Bu çalışmada CAN mesaj çerçevesiyle birlikte taşınan CAN mesaj kimliği kullanılarak, algılayıcıları tiplerine ve silo numarasına göre tanımlayacak yeni bir mesaj kimlik kodu oluşturulmaktadır. Bu yeni mesaj kimliği numarasıyla birlikte bir silo ya ait olan algılayıcılar tiplerine göre ve her bir silo için oluşturulan ek bir silo numarasına göre kodlanır. Silo numarası ve algılayıcı tipi koduna ek olarak bu kodlara yeni bir kod numarası daha eklenir. Bu sayede silo numaralı algılayıcı tipine bağlı yeni bir kimlik numarası üretilmiş olur. CAN mesajları bu üretilmiş kimlik numarasıyla alıcılara iletilir.

Bu kodlama işlemi için üç ayrı metot önerilmiştir. Birinci metot Standart CAN 2.0 A Sürümü İçin Gruplama metodudur. Bu metot Çizelge 2’de gösterildiği gibi ilk 4 biti silo numarasını oluşturur. Sonraki 3 bitlik alanı grup numarası oluşturur. Bu ilk 7 bitlik alan silo ve algılayıcı tipi için silo-algılayıcı kodunu oluşturur. Algılayıcı tipi belirli olan silo numarasına bağlı olarak bir kimlik numarası eklenir. Bu eklenen kimlik numarası son 4 bitlik alanını oluşturur. 11 bitlik CAN 2.0 A algılayıcı kodu tanımlanmış silo numarasına bağlı yeni bir kimlik numarası üretilmiş olur.

Çizelge 2.Standart CAN**Table 2.** Standard CAN

Mesaj Kimliği			Mesaj
Silo	Sensör Kodu	Kimlik	
4 Bit	3 Bit	4 Bit	8 Byte

Silolar için kullanılan algılayıcı tipleri ve kodları Çizelge 3’de gösterilmiştir. Bu algılayıcı tipleri sabit-değişmez numaralara sahiptir. Algılayıcı tipi kodu için ayrılan 3 bitlik alan 7 farklı algılayıcı türünden oluşmaktadır. Bu algılayıcı türleri bir siloyu kontrol edebilmek için kullanılan temel algılayıcı tipleridir.

Çizelge 3. Silo için algılayıcı türleri**Table 3.** Types of sensors for silos

Sensor kodu	Tür
1	Sıcaklık
2	Basınç
3	Alt Seviye
4	Üst Seviye
5	Filtre
6	Hava Kompresör Pompası
7	Akış Valfi

İkinci metot, Standart CAN 2.0 A sürümü için mesaj alanı kullanarak gruplama yöntemidir. Bu metot geliştirilmesinin amacı birinci metotta Çizelge 2’de gösterildiği gibi kullanılan 11 bitlik standart CAN 2.0 A 15 silo için bir ağ kurulabilmektedir. Bu kısıtlamayı ortadan kaldırmak için ikinci metot geliştirilmiştir. İkinci metotta Çizelge 4’de gösterildiği gibi silo kodu ilk 7 bitlik alanı oluşturmaktadır. Sonraki 4 bitlik alanı algılayıcı tipi kodundan oluşmaktadır. Bu 11 bitlik alan SAA’nın silo-algılayıcı kodunu oluşturur ve CAN mesaj alanının tamamı kullanılmış olur.

Çizelge 4.CAN 2.0 A (Standart CAN) Mesaj Alanı Kullanımı**Table 4.** CAN 2.0 A (Standard CAN) Message Space Usage

Silo	Sensör Tip	MESAJ	
		Kimlik	Mesaj
7 Bit	4 Bit	1 Byte	7 Byte

Silo-algılayıcı koduna bağlı oluşturulan kimlik numarası için mesaj alanın ilk 8 biti kullanılır. Bu alanda silo-algılayıcı kodu belli olan algılayıcılar yeni bir kimlik numarası olarak artırılabilir. Bu sayede aynı tipteki algılayıcılar silo koduna ek olarak bir algılayıcı kimlik numarası almış olur. Algılayıcı kimlik (ID) numarası silo üzerindeki algılayıcıları birbiri içerisinde ayırt etmek için kullanılmaktadır.

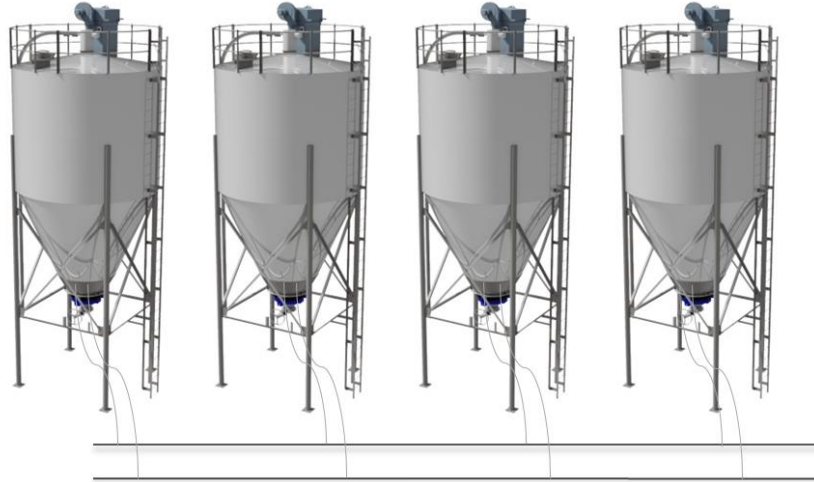
Üçüncü metot genişletilmiş CAN 2.0 B sürümünde 29 bitlik mesaj kimlik alanını kullanarak silo numarası, algılayıcı tipi kodu ve bunlara bağlı bir kimlik kodu oluşturmaktadır. Çizelge 5’de gösterildiği gibi SAA için 29 bitlik CAN mesaj alanının ilk 10 biti silo numarasını oluşturmaktadır. Sonraki 9 bitlik alanı algılayıcı tipi kodu oluşturmaktadır. Mesaj alanın son 10 bitlik alanına silo-algılayıcı koduna bağlı bir kimlik numarası eklenmektedir. Üçüncü metot da kullanılan CAN 2.0 B mesaj kimlik numarası alanı, diğer iki metotta kullanılan mesaj alanlarından daha fazla sayıda algılayıcı kimlikleri üretilebilmektedir. Bu sayede daha fazla sayıda kimlik kodu üretilerek, CAN mesaj alanı kullanılmadan algılayıcılar tanımlı olarak alıcılara ulaştırılır.

Çizelge 5. CAN 2.0 B (Genişletilmiş CAN)

Table 5. CAN 2.0 B (Extended CAN)

Silo	Sensör Tip	Kimlik	Mesaj
10 Bit	9 Bit	10 Bit	8 Byte

Algılayıcılar CAN düğüm noktalarına Şekil 2’de gösterildiği bağlanırlar. Bütün algılayıcılar tek bir kablo çifti üzerinde bulunur. Mesaj kimlik numarasına sahip olan CAN mesaj çerçevesi sayesinde algılayıcılar birbirinden ayırt edilebilir.



Şekil 2. SAA Bağlantısı

Figure 2. SAA Connection

4. Sonuç

Bu çalışmada CAN protokolünün silo sistemlerinin denetlenmesi ve gözetlenmesinde kullanılan algılayıcı verileri için bir merkezi SAA tasarlanmıştır. Ayrıca silo üzerinde bulunan her bir algılayıcı, CAN mesajına ait kimlik ile haberleşmeye sunulan algılayıcıları, silo temelli ve algılayıcıları türüne bağlı olarak birbirinden ayırıştırarak verilerinin

izlenmesini sağlamaktadır. CAN haberleşme noktalarına bir düğüm oluşturarak bağlanırlar. Silo denetleme birimleri haberleşme noktalarına bağlandığı zaman, her bir siloya ait algılayıcı verileri ile algılayıcı kimlik numarası verilerek iletilirler. Bu sayede silo sayısının birden fazla olduğu tesislerde algılayıcı verileri CAN düğüm noktalarından gözetleme birimine servis edilirler. Her bir silo ağın bir üyesi olarak SAA'yı oluştururlar. Bu çalışmada silo sistemleri yerel bir elektronik ağ ile silo parametreleri tek bir merkezden CAN mesajlarının üstün veri güvenliği desteği ile yerel bir silo algılayıcı ağı erişimi geliştirilmiştir.

Açıklama: Bu çalışma 11-13 Nisan 2018 tarihleri arasında I. Uluslararası Bilimsel Çalışmalarda Yenilikçi Yaklaşımlar Sempozyumu'nda özet bildiri olarak sunulmuştur.

Kaynaklar

- Bosch, R., 1991. Germany Patent No. Version 2.0.
- Flores-Arias, J., Ortiz-Lopez, M., Quiles-Latorre, F., 2016. Complete hardware and software bench for the CAN bus. Las Vegas, NV, USA: 2016 IEEE International Conference on Consumer Electronics (ICCE).
- Intruments, T., 2012. CAN Reference Guide. <http://www.ti.com/>.
- ISO., 2003. Road vehicles Controller area network (CAN) Part 1: Data link layer and physical signaling.
- Johansson, K. H., Törngren, M., Nielsen, L., 2005. Vehicle Applications of Controller Area Network. W. S. Dimitrios Hristu-Varsakelis içinde, Handbook of Networked and Embedded Control Systems. 741-765.
- Krzysztof , R., Krzysztof , S., 2015. Methods of identification of data transmitted in the in-vehicle CAN-BUS networks. Methods and Models in Automation and Robotics (MMAR), 2015 20th International Conference on. Międzyzdroje, Poland.
- 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.
- Pan, C., Guo , J., Zhu, L., Shi, J., Zhu, H., Zhou, X., 2014. Modeling and Verification of CAN Bus with Application Layer using UPPAAL. Electronic Notes in Theoretical Computer Science. (309), 31-49.
- Rezha, P. F., Saputra, O. D., Shin, S. Y., 2015. Extending CAN bus with ISA100.11a wireless network. (42), 32-41.
- Tindell, K. W., Hansson, H., Wellings, A. J., 1994. Analysing Real-Time Communications: Controller Area Network (CAN). San Juan, Puerto Rico : Real-Time Systems Symposium, 1994., Proceedings.
- Xiang , G., Dagui, H., Yuanqiang , C., Wei, J., Yi, L., 2013. The Design of a Distributed Control System Based on CAN bus. Takamatsu: Mechatronics and Automation (ICMA), 2013 IEEE International Conference on. doi:10.1109/ICMA.2013.6618071.
- Ye, Q., 2010. Research and Application of CAN and LIN Bus in Automobile Network System. 3rd International Conference on Advanced Computer Theory and Engineering(ICACTE). Chengdu, China.
- Zhang, J., Zhou, J., Balasundaram , P., Mason , A., 2003. A HIGHLY PROGRAMMABLE SENSOR NETWORK INTERFACE. IEEE Int. Conf. on Sensors. Toronto, CANADA: IEEE Int. Conf. on Sensors.
- Zhongcheng, F., Wei, Z., Hui, Z., Gang, S., 2013 . Distributed Battery Management System. 2013 International Conference on Mechatronic Sciences, Electric Engineering and Computer (MEC). Shenyang, China.