

Döner Tablalı Montaj Sistemleri için Dağıtık Sensör Tabanlı Tek Hat Kullanan Çift Yönlü Bir Protokol Tasarımı

^{*1}Gökhan Atalı ²Bariş Boru ²S.Serdar Özkan ²Durmuş Karayel
¹Sakarya Üniversitesi, Sakarya Meslek Yüksekokulu, Elektronik Otomasyon Bölümü
²Sakarya Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Mekatronik Mühendisliği Bölümü

Özet

Bu çalışmada tek hat üzerinden çalışan özellikle otomasyon alanında slip ring (kolektör halkası) kullanılan döner tablalı sistemlere uygun yeni bir haberleşme protokolü tasarlanmıştır. Tasarlanan haberleşme protokolü tek bir kablo üzerinden birden fazla istasyonun çift yönlü haberleşmesine sağlamaktadır. Protokol tasarımı sırasında ortam erişim yöntemleri, kodlama teknikleri ve düğümler arası senkronizasyon teknikleri incelenmiş olup haberleşme protokolünün oluşturulmasında bu tekniklerin yapılacak çalışma için uyarlanması, güncellenmesi ve birleştirilmesi sağlanmıştır. Tasarlanan protokol mikro denetleyiciler üzerinde özgün yazılımlar ile gerçekleştirilmiş ve simülasyon ortamında testleri yapılmıştır. Çalışma sonunda ortaya çıkan protokolün açık kaynak kodlu, esnek, kolay uygulanabilir ve özellikle otomasyon alanında dağıtık kontrol problemlerine yeni bir çözüm olması hedeflenmektedir.

Anahtar kelimeler: Tek Hat İletişim, Çift Yönlü Haberleşme, Protokol Tasarımı, Mekatronik Sistem

Abstract

In this study, especially in the field of automation in a single line running through the slip ring (collector ring) to use the turntable system is designed according to a new communications protocol. The communication protocol is designed to allow for the multiple stations bidirectional communication over a single cable. Designed communication protocol is facilitation more than one station to the bi-directional correspondence over a single cable. Media access method protocol during the design, coding techniques and between nodes synchronization techniques is examined for the creation of the communication protocol adaptation studies of these techniques, updating and merging is provided. The protocol is designed with the original software on micro-controllers authenticated and tested in simulation environment is made. Resulting protocol the result of the study is targeted open-source code, flexible, easy to use and especially a new solution to distributed control problems in the automation field.

Keywords: Single Line Communication, Half Duplex Communication Protocol, Mechatronics System

1. Giriş

Günümüzde seri iletişim yaygın olarak kullanılmaktadır. Seri iletişim güvenli haberleşme açısından önem arz ettiği için, otomasyonel çözümlerde ve endüstriyel haberleşme sahalarında tercih edilmektedir. Otomasyon alanında mümkün olduğu kadar az kablo kullanımı ve esnek yapıdaki haberleşme protokollerine ihtiyaç duyulmaktadır. Ancak seri haberleşme protokolleri

*Corresponding author: Adres: Teknoloji Fakültesi, Mekatronik Mühendisliği Sakarya Üniversitesi, 54187, Sakarya TÜRKİYE. E-mail: sozkan@sakarya.edu.tr, Tel: +902642957286

incelendiğinde haberleşmede kullanılan saat sinyali ve verinin farklı hatlardan iletiildiği görülmektedir. Saat sinyali gönderilmeyerek çift yönlü haberleşmeye imkan tanıyan protokoller ticari olarak bulunmaktadır. Fakat bu protokolleri kullanmak için ilgili firmaya ait ürünlere ve yazılımlara sahip olmak gerekmekte ve bu durum sonuç itibariyle işletmeye oldukça yüksek maliyet getirmektedir. Endüstriyel uygulamalarda haberleşme esnasında kablo karmaşıklığı özellikle dönertablalı sistemlerde diğer otomasyonel alanlara göre daha büyük problemler oluşturmaktadır. Bu nedenle araştırmacılar döner tablalı sistemler için yeni seri iletişim çözümleri arayışına girmişlerdir.

Gary M. Bonea ve David Capsonb otomotiv endüstrisinde sac parça montajlarının fikstür kullanmaksızın daha hassas yapılmasını sağlayacak sensör tabanlı bir sistemin tasarımını ve üretimini amaçlamışlardır. Yazarlar çok sayıda gripir ve sensör kullanarak mükemmel konumlama elde ettiklerini ifade etmektedirler. Çalışmalarına ismini veren “Robotic Fixtureless Assembly (RFA)” çalışma hücreleri ile görüntü sensörlerinden elde edilen görüntünün birçok açıdan 3 boyut analizini sağlayan yeni bir nesne yönelimli yaklaşımda bulunmuşlardır [1]. Santochi ve Dini otomatik montajda sensör teknolojisini etraflıca anlatmışlardır. Montajda sensör teknolojisinin dünü, bugünü ve geleceği hakkında kapsamlı bilgi verdikleri çalışmalarında başarılı örnek uygulamalarda sunmuşlardır. Ayrıca birçok sensör çeşidinin çalışma prensiplerine ve kullanım alanlarına dikkat çekmiş ve yeni uygulama alanlarında sensörlerin yerlerinden bahsetmişlerdir. Bu yönleriyle çalışmaları özgün bir araştırma çalışması olarak gösterilebilir [2]. Üretim tesislerinde konvansiyonel üretimden tam otomatik makinelere geçilmiş ve hatta endüstriyel iletişim sistemlerindeki ilerlemelerle insansız fabrikalardan bahsedilmeye başlanmıştır. Üretim tesislerinin çeşitlenmesi ve insan müdahalesini tamamıyla ortadan kaldırarak tam otomatik çalışan makinelere olan ihtiyacın artması ile otomasyon sistemleri için birçok elektronik haberleşme çalışmaları yapılmış ve uygulamaya geçirilmiştir [3,4]. Otomasyon sahalarından alınan verilerin çokluğu ve çeşitliliğinin artması saha iletişim protokollerinin gelişimini paralel yerine seri haberleşmeye yöneltmiştir [5]. Dobkin ve arkadaşları seri ve paralel iletişim arasındaki performans değerlendirmelerinde buldukları çalışmalarında her iki iletişim biçimine ait olumlu ve olumsuz yönleri değerlendirmişlerdir [6]. Lee ve ark., seri haberleşme esnasında gereksinim duyulan enerji fazlalığını minimize edecek SILENT (Serialized Low Energy Transmission Coding for On-Chip Interconnection Networks) isimli bir kodlama metodu önermişlerdir [7].

Ayrıca seri iletişimin kullanıldığı ortamlarda dikkat edilmesi gereken hususlardan bir diğeri ise haberleşmeyi sekteye uğratacak bit geçişleri ve güç sarfıyatı esas teşkil etmektedir. Bu bağlamda hazırlanacak protokollerde efektif kodlama teknikleri ve uygun elektronik alt yapının dizayn edilmesi önem arz etmektedir. Bu konuda yapılan literatür araştırmaları incelendiğinde; Chennakesavulu ve Raghavi seri haberleşmede saat sinyali ve iletilen veri arasındaki faz farkının minimize edecek ETI (Embedded Transition Inversion) isimli bir dizayn ve kodlama tekniği önermektedir [8]. Thompson yaptığı çalışmada; birçok farklı firmalar tarafından ortaya çıkarılmış onlarca endüstriyel iletişim protokolü markalaştırılarak standart haline gelmesini incelemiştir[9]. Gabriel ve Horia çalışmalarında LIN (Local Interconnect Network) Bus Ağı üzerinde özel bir LIN donanımı uygulayarak ağ üzerine başarılı bir sensör entegrasyonu gerçekleştirmiştir [10]. Diaz-Olavarrieta ve Baez-Lopez ise otomotiv elektronikindeki gereksinimleri belirledikleri çalışmalarında LIN- Bus ağ sistemi ile benzer yapıda özellik

gösteren diğer protokolleri karşılaştırmışlardır [11]. Murari ve Lotto'nun vakum odalarında meydana gelen yüksek vakum şartlarının çeşitli ısı sensörleri ile elde edilmesini incelerken tek hat ile iletişimi tercih etmişlerdir [12].

Literatür taraması esnasında karşılaşılan birçok çift yönlü haberleşme protokolünün esnek fakat veri iletimi sırasında birden fazla hat gereksinimi duyduğu görülmüştür. Ancak haberleşmenin gerçekleştiği, özellikle döner yapıları sistemlerde, minimum kablo ihtiyacı duymaktadır. Geliştirilen bu protokol eksikliği duyulan bu ihtiyaç için tasarlanmıştır. Kablo karmaşıklığının önüne geçmeyi planlayan bu çalışmada aynı zamanda hızlı ve güvenli bir haberleşme yöntemi olan seri iletişimi tercih edilmiştir. Verilerin tek hat üzerinden çift yönlü olarak iletiminin sağlanabilmesi için çeşitli testler ile en uygun senkronizasyon ve kodlama tekniği oluşturulmuş ardından yine uygun bir ortam erişim yöntemi tercih edilerek sonuca varılmıştır.

2. Montaj sistemi

Birleşik hareketli sac mekanizmalı ürünlerde mekanizmanın hareketi mafsal bağlantı şartlarına bağlıdır. Bu çeşit bağlantılarda malzemenin şekillendirilmesi ile birleştirme sağlanmaktadır. Geline konfor ve ergonomik şartlar; menteşe, fren ve döndürme kolu gibi mekanizmalarda sistemi oluşturan uzuvları hareket ettirebilmek için gerekli momentin belli sınırlar içerisinde olmasını istemektedir. Hareketli sac mekanizmalı ürünlerin üretiminde İstasyon Tipi, Hat Tipi, Döner Tablalı Sistemler gibi üretim yöntemleri kullanılmaktadır. Genelde kullanılan istasyon tipi üretim yönteminde, iş istasyonları arasında ara stoklar oluşmakta ve dolayısıyla proseslerdeki ergonomik çalışma şartları kısıtlanmaktadır. Diğer taraftan bu tür üretim proseslerinde operasyonlar arası kesintinin söz konusu olması ürün kalitesini olumsuz etkilemektedir. Ayrıca, üretim ve kontrol süresinin uzun olması, fazla operatör gereksinimi aynı zamanda verimliliği de düşürmektedir. Hat tipi üretim yönteminde işlemler bir biri ardınca gerçekleştirildiğinden dolayı genellikle bu yöntemde montaj yürüyen bir bant üzerinde gerçekleştirilmektedir. Ancak bu tür üretimlerde bağlantı yerlerindeki montajın hassas olarak konumlandırılması oldukça zordur. Bu konumlandırma zorluğu çoğu zaman ürün kalitesini olumsuz etkilemektedir. Diğer taraftan montaj sonrası parçaların konum kontrolü ile mafsalların açılıp kapanmasındaki tork ölçümlerinin bant üzerinde yapılması hemen hemen imkânsızdır. Benzer işlemler için bantla birlikte robotları kullanan sistemler olmasına karşılık bunların maliyetleri oldukça yüksektir. Diğer taraftan bantlı sistemde üretim ve montaj araçlarının yerleşimi göz önüne alındığında ihtiyaç duyulan alan da oldukça fazla olacaktır.

Bu nedenlerle Döner Tablalı Sistem birleşik hareketli sac mekanizmalarının üretim proseslerinde en uygun yöntem olduğu anlaşılmıştır. Menteşelerin montajı ve kalite kontrolü için bütün işlemlerin döner tabla üzerinde gerçekleştirilmesi alternatif bir çözüm olarak bu çalışmada sunulmaktadır. Döner tablalı montaj sistemi Şekil 1' de görüldüğü gibi 5 adet iş istasyonunda oluşmaktadır. Bunlar sırasıyla; Yükleme ve Boşaltma, Ovalama, Tork Ölçüm ve Markalama istasyonlarıdır.



Şekil 1. İş istasyonları

Yükleme ve Boşaltma İstasyonunda montajı yapılacak olan hareketli sac mekanizmanın montaj parçalarının fikstüre yerleştirildiği ve montajlanmış nihai ürünün fikstürden alınmasının gerçekleştirildiği istasyondur. Ovalama istasyonunda hareketli sac parçaların burç vasıtasıyla birleştirilmesi için orbital perçin presi ile 2sn süreyle kuvvet uygulanmaktadır. Bu iş istasyonunda işlem zamanı toplam 3sn sürmektedir. Daha sonra birleştirilen mekanizma tork istasyonuna gelmektedir. Bu istasyonda montajı gerçekleştirilmiş menteşenin istenilen 0,2 - 2,5 Nm aralıkta tork değerine sahip olup olmadığı kontrol edilmektedir. Tork ölçümünden başarı ile geçmiş parçalar markalama istasyonunda vardiya ve seri numaraları basılarak montaj işlem sonlandırılmaktadır. Söz konusu montaj sistemi esasen birbiriyle senkronize çalışmayı gerektiren alt sistemlerden oluşmaktadır. Sistemin fonksiyonlarını verimli bir şekilde yerine getirebilmesi için kapsamlı bir kontrol sistemine gerek duyulmaktadır. Kontrol sistemi birçok farklı yerden çok sayıda sensörle veri toplamaktadır. Başka bir söyleyişle söz konusu sistem için Dağıtık Sensör Tabanlı Kontrol Sistemi uygun olduğu düşünülmüştür.

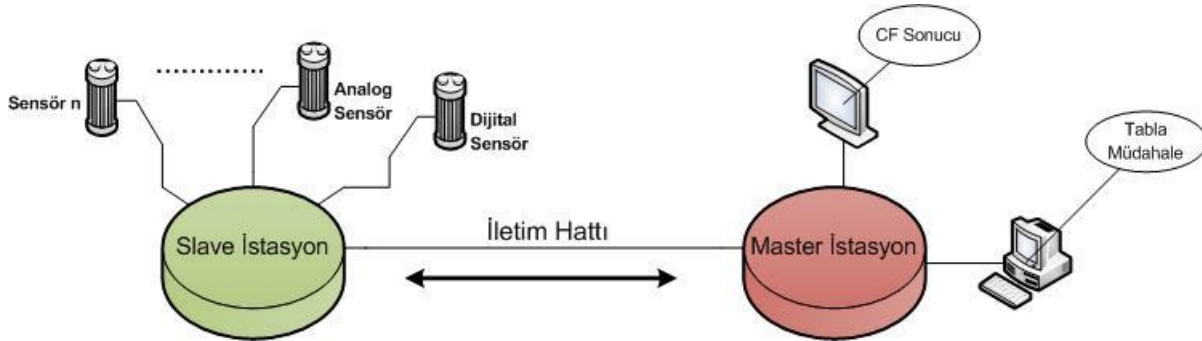
3. Haberleşme Protokolünün Tasarımı

Bu çalışma değişik montaj kademeleri, muayene, ölçüm ve kontrol gibi birçok farklı prosesin bir birine bağlı olarak ardışık bir şekilde gerçekleştirilmesini sağlayan bir sistemin geliştirilmesini esas almaktadır. Bu nedenle sistem birçok montaj ve test istasyonlarına sahiptir. Bu istasyonların birbiriyle bütünleşik olarak hassas ve senkronize çalışması gerekmektedir. Bu da temel olarak özgün bir sistem mimarisi ile uygun bir algoritmanın hazırlanmasının ardından gerekli donanımların belirlenerek haberleşme protokolünün oluşturulması ve ana sisteme entegrasyonunun gerçekleştirilmesiyle olmaktadır. Geliştirilen haberleşme protokolünün kontrol algoritması, ana tablanın master ve her bir istasyonun ise slave olarak kabul edildiği master-slave (efendi-köle) ilişkisine dayanmaktadır. Master yerine geçen ana denetleyici her bir istasyonda

bulunan sensörler ile iletişim halindedir ve herhangi bir istasyonda gecikme, hata gibi herhangi bir engel fark ettiğinde tüm sistemi durdurur ve hatayı rapor eder.

Döner tablalı sistemlerin endüstride kullanılmasının yaygınlaşması ile birlikte ortaya çıkan sorunlardan bir tanesi kablo karmaşıklığıdır. Haberleşme esnasında ana tablada bulunan kontrol organlarının döner tablada bulunan sensör ve benzeri diğer elmanlar ile bağlantısı esnasında birçok kablo gereksinimi meydana gelmektedir. Haberleşme hızını ve kodlama yapısını karmaşıklığa sürükleyen bu kablo fazlalığı veri transferinin gerçekleştirildiği hat için önem arz etmektedir. Veri hattı üzerinden gönderilecek veri paketleri ticari amaçla satılan haberleşme protokollerinin birçoğunda saat sinyali (clock pulse) vasıtasıyla senkronize edilmekte ve veriyi oluşturan her bir bitin gönderilmesi bu sinyal aracılığıyla sağlanmaktadır. Ancak saat sinyali, toprak hattı ve birden fazla veri hattının bir araya gelmesi ile ortaya çıkan kablo fazlalığı döner tablalı sistemlerde haberleşmeyi sekteye uğratabilmektedir. İşte bu sebeple endüstriyel uygulamalarda kullanılmak üzere geliştirilen bu haberleşme protokolü half duplex çalışmayı referans alarak veri gönderimini tek hat ile sağlamaktadır.

Şekil 2’ de master ve slave istasyonlar arasında tek hat kullanarak half duplex gerçekleşen haberleşme şematize edilmiştir.

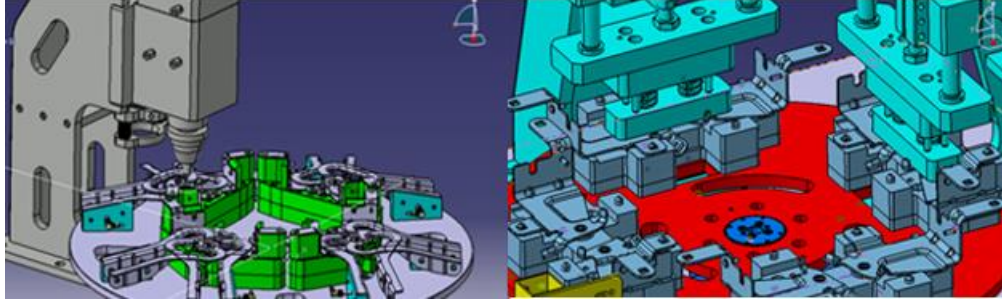


Şekil 2. Master – Slave ilişkisi

3.1. İstasyonlar arası ilişki

Geliştirilen protokol master - slave ilişkisine dayalı endüstriyel bir haberleşme protokolüdür. Döner tabladan bağımsız olarak ana gövdede bulunan master istasyonun görevi, slave istasyondan gelecek olan bilgileri referans değerler ile kontrol etmek ve kontrol sonucunu döner tablada bulunan slave istasyona iletmektir. Şekil 3’ te gösterilen fikstürlerde bulunan menteşelerin kabul ret onayları için fikstürler üzerinde bulunan sensörlerden çeşitli ölçümler alınmaktadır. Alınan bu ölçümler master istasyonda referans değerler ile karşılaştırılmakta ve üretim devamlılığı bu kontrol sonuçlarına göre devam ettirilmektedir. Eğer kontrol sonucu

referans değerler aralığında olmayan bir menteşe üretimi gerçekleşmiş ise döner tablann durdurulması sağlanmakta ve ilgili fikstürün numarası master istasyonda görüntülenmektedir. Kontrol fikstür (CF) olarak adlandırılan bu kontrol işlemi tek hat üzerinden half duplex bir iletişim ile sağlanmaktadır. Şekil 2' de bu ilişki şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 3. Fikstürler ve döner tabla

3.2 Senkronizasyon ve veri paketi

Haberleşme esnasında senkronizasyonun sağlanması için haberleşme hızı büyük önem arz etmektedir. Verilerin transferi sırasında oluşabilecek küçük bir senkron hatası verinin yanlış kodlanmasına neden olabilmektedir. Sistemde kullanılan donanımsal ekipmanlardan haberleşme hızına en çok etkisi olan donanım mikrodenetleyicidir.

Senkronizasyonun sağlanması sırasında izlenen yöntemde; master olan cihaz sürekli olarak veri gönderimi yaparken, slave cihazın herhangi bir anda iletişime dahil olması durumunda master cihazdan gelen başlangıç bitini alarak lojik 0'da bulunan hattın lojik 1'e çekilmesi sağlanmış olmaktadır. Tam bu noktada başlangıç bitinin ardından gelen özel karakter bilgisi slave cihaz tarafından 100ms'lik timeout (zaman aşımı) değeri içerisinde başarılı bir şekilde tanımlanır ise iletilmesi gereken bilgi slave cihazda bir değişkene kaydedilir. Yine bu 100ms timeout değeri içerisinde yaklaşık 30ms sürede slave cihaz bu defa gönderici konumuna geçerek master cihaza veri paketi gönderiminde bulunur. Toplam gönderim ve alım için geçen süre 100ms içerisinde gerçekleştiği için herhangi bir senkron kayması meydana gelmemektedir.

Geliştirilen tek hat üzerinden çift yönlü haberleşme sağlayan protokolün gerçekleşmesinde haberleşme hızı 2400bps olarak belirlenmiştir. Master ve slave istasyonların haberleşmesinde kullanılan PIC18F4520 mikrodenetleyici entegresinin 40Mhz çalışma hızına sahip olması bu haberleşme hızında çalışmaya imkân tanıyabilmektedir. Ancak, döner tablalı sistem gereksinimleri göz önüne alınarak sistem için yeterli olan 2400 bps tercih edilmiştir. Bilindiği üzere haberleşme hızının artırılması gürültülerden etkilenme oranını arttıracaktır. Baud hızına bağlı olarak 2,4 kHz haberleşme hızına sahip olan protokolde her bir bitin gönderilmesi için geçen süre yaklaşık 0.416 ms olarak belirlenmiştir. Dolayısıyla veri uzunlukları ile birlikte verilen 50 bitlik bir adet veri paketinin gönderimi için geçen süre 20,8 ms olarak hesaplanmıştır.

Sonuçlar ve Öneriler

Bu çalışma kapsamında geliştirilen haberleşme protokolü çalışması, döner tablalı sistemlerde tabla üzerindeki fikstürler ile ana gövde de yer alan master istasyon arasında master-slave ilişkisine dayalı seri bir half duplex haberleşme gerçekleştirmektedir. Mevcut seri haberleşme protokolleri incelendiğinde haberleşmede kullanılan saat sinyali ve verinin farklı hatlardan iletiildiği görülmektedir. Saat sinyali gönderilmeyerek çift yönlü haberleşmeye imkan tanıyan protokoller ticari olarak bulunmaktadır fakat bu protokolleri kullanmak için firmaya ait ürünlere ve yazılımlara sahip olmak gerekmektedir ve bunların maliyetleri oldukça yüksektir. Bu çalışmada saat sinyali ve veri için ayrılmış hatları tek bir hatta indirgeyerek bir protokol tasarımı yapılmış ve uygulamaya geçirilmiştir. Bu haberleşme protokolü iki düğüm arasında sadece veri hattına ihtiyaç duymaktadır ve veri iletimi çift yönlü half duplex olarak gerçekleşmektedir. Bu sayede daha az maliyetli ve kablo karmaşıklılığında arındırılmış yeni bir haberleşme protokolü gerçekleştirilmiştir. Özellikle döner tablalı mekatronik sistemlerin ihtiyacı olan kablo karmaşıklılığının azaltılmasına çözüm aranmış ve özel bir protokol ile tek hat üzerinde birden fazla istasyonun çift yönlü haberleşmesi sağlanmıştır.

Önerilen kodlama tekniği protokolün kullanıldığı ortama göre hataları azaltmak için değiştirebilir. Eğer protokol mikrodenetleyici yerine daha yüksek hesaplama kapasitesine sahip denetleyiciler ile kullanılacaksa TDMA ortam erişim yönteminde bulunan ölü zamanlardan kaçınmak için CDMA/CD gibi ortam erişim yöntemleri tercih edilebilir.

Esasen döner tablalı mekatronik sistemler için tasarlanan bu protokol diğer endüstriyel alanlar içinde geliştirilerek uygulanabilir. Döner tablalı sistemlerin karakteristik özellikleri göz önüne alınarak tasarlanan protokole ait ortam erişim yöntemi ve diğer spesifikasyonlar uygulanacak alanın teknik karakterleri göz önünde bulundurularak güncellenebilmektedir.

Teşekkür

Yapılan bu çalışma, Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı tarafından 0409.STZ.2013-2 numaralı Sanayi Tezleri Destekleme Programı (SANTEZ) tarafından ve Sakarya Üniversitesi Bilimsel Araştırma Komisyonu Başkanlığı tarafından 2015-09-18-001 numaralı proje kodu ile desteklenmiştir.

Referanslar

- [1] Martin Bates, Capter-8 Serial Communications, Interfacing PIC Microcontrollers (Second Edition), Embedded Design by Interactive Simulation, 2014, Pages 263-297
- [2] Holzmann, G.J., 1991, Design and Validation of Computer Protocols, Prentice-Hall, New Jersey, 543p
- [3] Merlin, P.M., 1976, A Methodology for the Design and Implementation of Communication Protocols, IEEE Transactions on Communications, Volume 24, Issue 6, p.614-62

- [4] Petitt, D.G., 1997, Reliable Multicast Protocol Design Choices, MILCOM'97 Proceedings, Volume 1, p.242-246
- [5] Chen, L., Singh, G., 2002, Enhancing Multicast Communication to Support Protocol Design, Proceedings. Eleventh International Conference on Computer Communications and Networks, p.328-333
- [6] Fei-Huang Chang, Young-Ming Chen, Ma-Lian Chia, David Kuo, Ming-fen Yu, All-to-all broadcast problem of some classes of graphs under the half duplex all-port model, Discrete Applied Mathematics, March 2014,
- [7] Varsamou, M., Antonakopoulos, T., Papandreou, N., 2004, From Protocol Models to Their Implementation: A Versatile Testing Methodology, IEEE Design & Test of Computers, Volume 21, Issue 5, p.416-428
- [8] P.Vijaya Sanka Rao, Pradip Mandal, Current-mode full-duplex (CMFD) signalling for high-speed chip-to-chip interconnect, Microelectronics Journal, April 2011, doi:10.1016/j.mejo.2011.04.007