

# Bina Çelik Donatısının Sinyal İletiminde Kullanımının Akıllı Yapı İletişim Sistemleri Üzerine Uygulanabilirliği

Hanefi Çınar<sup>1</sup>, Musa Çıbuk<sup>1</sup>, Engin Avcı<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Bitlis Eren Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Bitlis.

<sup>2</sup> Fırat Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Yazılım Mühendisliği Bölümü, Elazığ.  
hcinar@beu.edu.tr, mcibuk@beu.edu.tr, enginavci@firat.edu.tr.

**Özet:** Akıllı bina, akıllı yapı veya akıllı ev kavramları günümüzde bina endüstrisinin popüler konuları haline gelmeye başlamıştır. Akıllı evler bir merkezden kontrol edilebilen, birbirleriyle haberleşebilen, ilişki kurabilen yapılardır. Bu sayede ev sakinlerine, daha tasarruflu, daha güvenli, daha konforlu, ihtiyaçlara cevap verebilen ve hayatı kolaylaştıran bir yaşam sunan evleri akıllı evler olarak tanımlamak mümkündür [1]. Günümüzde, ev ve iş yaşantısını kolaylaştırmak ve günlük hayattaki faaliyetleri daha kolay yapabilmek için teknoloji daha fazla kullanılabilir hale gelmiştir. Gelişen teknolojiye bağlı olarak, işlerin gerçekleştirilme süresi de kısalmış ve işlemlerin yerine getirilmesi daha kolay hale gelmiştir. Günümüzde otomasyon alanında çok önemli uygulamalar gerçekleştirilmekte olup, evlerde kullanılan cihazların kontrol edilebilmesi için tasarlanan sistemler akıllı bina otomasyon sistemlerini ortaya çıkarmıştır [2]. Aynı zamanda akıllı evlerde kullanılan iletişim biçimleri de farklılıklar göstermektedir. Bu farklılıklar dolayısı ile sistemlerin avantajları ve dezavantajları da söz konusudur. İletişim biçimleri incelendiğinde bina çelik donatısının sinyal iletiminde kullanılabilirliği [3] konusu yeni bir bakış açısı olarak değerlendirilebilir. Bu çalışmada çelik donatının sinyal iletiminde kullanımının akıllı bina üzerindeki uygulanabilirliği incelenmiş olup olumlu sonuçlar elde edilmiştir. Sistemin akıllı evlerdeki iletişim sistemlerinin altyapısında kullanılabileceği öngörülmektedir.

**Anahtar Sözcükler:** Akıllı Ev, Çelik Donatı, Akıllı Yapı, Sinyal İletimi.

## Feasibility of Using Building Reinforced Steel Bars to Transmit Signals on Smart Home Communication Systems

**Abstract:** Smart Home, Smart Construction or Smart Building concepts are becoming very popular on construction industry in these days. Smart Home which is controllable from one point, communication and relating with each other and with these technologies they offer home owners' life which is more comfortable, economical, safe, facilitating and meeting with requirements. Nowadays people made technology more usable to simplify life of work and home and daily routine. Due to developing technology implementation time of jobs are getting shorter and realization of jobs are getting easier. Nowadays very important applications are carrying out on the automation field and designed systems for controlling home appliances had brought out smart home automation systems. Concurrently communication styles of smart homes are different than each other and they have some advantages and disadvantages as well. Subject of using building reinforced steel bars to transmit signals in these areas is innovative line of vision about communication methods. In this work feasibility of using building reinforced steel bars to transmit signals on smart home and positive results had obtained. This system's usability of smart home indoor communication systems had envisioned.

**Keywords:** Smart Home, Reinforced Steel, Smart Construction, Signal Transmission.

### 1. Giriş

Günümüzde, ev ve iş yaşantısını kolaylaştırmak için teknoloji daha fazla kullanılabilir hale gelmiştir. Gelişen teknolojiye bağlı olarak, işlerin gerçekleştirilme süresi kısalmış ve işlemlerin yerine getirilmesi daha kolay hale gelmiştir. Günümüzde otomasyon alanında çok önemli uygulamalar gerçekleştirilmekte olup, evlerde kullanılan cihazların kontrol edilebilmesi için tasarlanan sistemler, akıllı bina otomasyon sistemlerini ortaya çıkarmıştır[2]. Aynı zamanda akıllı evlerde kullanılan iletişim

biçimlerinde de farklılıklar görülmektedir. Bu farklılıkların avantajları ve dezavantajları da mevcuttur. Akıllı binalardaki iletişim yöntemleri incelendiğinde bina çelik donatısının sinyal iletiminde kullanılabilirliği[3] fikri yeni bir bakış açısı olarak değerlendirilebilir. Bu çalışmada bina çelik donatısının sinyal iletiminde kullanımının akıllı bina üzerindeki uygulanabilirliği incelenmiştir. Yapılan deneysel çalışmalar neticesinde olumlu sonuçlar elde edilmiştir. Çalışmanın akıllı evlerdeki iletişim altyapısında kullanılabileceği öngörülmektedir. Akıllı ev ve bina

otomasyonunun temel prensibi; yapılarda daha güvenli, daha konforlu ve rahat mekanlar sunmaktır. Bu sayede bina içinde ve dışında bulunan güvenlik, aydınlatma, ısıtma-soğutma, havalandırma, iletişim, müzik ve ev sinema sistemleri, giriş ve çıkış noktaları, yaşam tarzlarına uygun senaryolar dahilinde programlanarak insanlara daha çok serbest zaman, konfor ve kontrol rahatlığı sağlanmaktadır. Bahsi geçen birimlerin telefon, internet veya tuş panelleri üzerinden kontrolü sağlanabilir. Dünyada akıllı evler değişik çalışma prensiplerinde üretilmektedir. Bu çalışma prensipleri temelde aynı olsa da, altyapı kurulumu ve sistem becerileri açısından farklılıklar gösterebilir. Her bir sistemin birbirine göre avantajları ve dezavantajları bulunmaktadır. Bunlar maliyet, modülerlik, kurulum ve beceriler olarak dört başlıkta toplanabilir. Temelde tüm sistemlerin yaptığı işlemler aynıdır. Amaç programlanmış belirli senaryolar dahilinde uzaktaki noktalardan sistemin ve sisteme bağlı olan cihazların kumanda ve kontrolünü sağlamaktır. Kumanda edilecek alt sistemlerin sayısı ve çeşidi arttıkça akıllı eve düşen yük de artmaktadır. İşte bu noktada sistemlerin beceri ve kapasiteleri devreye girmektedir[4]. Bu sistemlerin ana teması fiziksel katman üzerinden sinyal iletimine dayanmaktadır. Kablololu ve kablosuz fiziksel katmanlar yaygın olarak kullanılmakta olup iki katmanında kendine ait bazı sınırlamaları mevcuttur. Bu sınırlamalar daha çok eski yapılarda kendini göstermektedir[5].

## 2. Akıllı Yapılarda Kullanılan Mantık ve İletişim Teknolojileri

Akıllı evlerde bulunan sistemlerin iletişim mantığı fiziksel katman üzerinden sinyal iletimine dayanmaktadır. Günümüzde kullanılmakta olan sistemler incelendiğinde bakır kablolu sistemler, Enerji hattını kullanan sistemler ve Kablosuz sistemler ilk olarak akla gelenlerdir. Maliyet, kurulum, modülerlik ve beceriler kavramları düşünüldüğünde bu sistemlerin birbirlerine göre avantaj ve dezavantajları mevcuttur. Bakır kablolu sistemlerinde Cat5 ve Cat6 kablolar vasıtası ile tüm sistemin haberleşmesi sağlanmaktadır. Bu sistemler yeni yapılar haricinde kurulum sıkıntılarını da beraberlerinde getirir. Tüm yapı için yeni bir kablolu ihtiyacı doğmaktadır. Bu durum ev sahiplerine istenmeyen bazı rahatsızlıkların yaşatılmasına neden olabilir. Ayrıca bu sistemlerin kurulum maliyetleri de yüksektir. Bakır kablolu sistemlerinin en büyük avantajı veri güvenliği ve en az düzeyde kesintiye uğrayan iletim oranıdır. Enerji hattını kullanan sistemler tüm elektrikli cihazların güç aldıkları elektrik hattından doğrudan kumandasını sağlaması açısından çok büyük avantajlar sunmaktadır. Bu alanda X-10 ve UPB (Universal Poweline Bus) teknolojileri kullanılmaktadır. X-10 cihazlarını son kullanıcı doğrudan devreye alarak sistemi kullanılabilir hale getirebilmektedir. Ayrıca maliyet açısından da bu

sistemlerin avantajını göz ardı etmemek gerekir. Fakat bu sistemlerin kontrol ve kumanda yetenekleri bakır sistemlerde olduğu gibi geniş değildir. Ayrıca faz farkları ve hatlardaki gürültü sistemin önemli bir dezavantajıdır. Bu nedenle bu tür sistemler artık çok fazla tercih edilmemektedir. Bunun yerine UPB (Universal Powerline Bus) teknolojisi X-10'un bazı kısıtlamalarına iyileştirilmiş çözümler sunmaktadır. Kablosuz sistemler ise bu sistemlere nazaran daha ön plana çıkmaktadırlar. Kablosuz sistemler kablo kullanılmamalarından kaynaklanan tasarım kolaylığı, sıklık, esneklik, modülerlik, hareket kabiliyeti gibi kavramlar ele alındığında gelecek vaat eden sistemler arasında yer almaktadırlar. Günümüzde Bluetooth, UWB, ZigBee ve Wi-Fi gibi kablosuz teknolojiler akıllı yapılarda kullanılmaktadır[6]. Kablosuz sistemlerin en büyük dezavantajı bilgi hırsızlığı ve havadaki RF sinyallerinin oluşturduğu kirliliktir. Sistem maliyetleri ise bakır kablolu sistemlerde olduğu gibi yüksektir. Kablo kirliliğinin istenmediği ve mobilitenin önemli olduğu ortamlarda sıklıkla tercih edilmektedirler. Çalışmamızda bahsi geçen bina çelik donatısı üzerinden sinyal iletimi fikri ele alındığında maliyet, beceri, modülerlik ve kurulum açısından önemli avantajların elde edilebileceğini düşünmekteyiz. Sistemlerin birbirleri arasındaki farklılıklar Tablo 1'de görülmektedir.

	Maliyet	Kurulum Kolaylığı	İletişim Becerileri	Modülerlik
<b>Cat 5</b>	Çok Pahalı	Zor	Çok İyi	Çok Düşük
<b>Cat 6</b>	Çok Pahalı	Çok Zor	Mükemmel	Çok Düşük
<b>X-10</b>	Çok Ucuz	Çok Kolay	Zayıf	Düşük
<b>UPB</b>	Ucuz	Çok Kolay	Normal	Düşük
<b>Zigbee</b>	Normal	Zor	Normal	Çok Yüksek
<b>WiFi</b>	Pahalı	Zor	İyi	Çok Yüksek
<b>UWB</b>	Çok Pahalı	Çok Zor	Mükemmel	Çok Yüksek
<b>Bluetooth</b>	Pahalı	Zor	İyi	Çok Yüksek
<b>Çelik Donatı</b>	Çok Ucuz	Kolay	Çok İyi	Yüksek

**Tablo 1.** İletişim sistemlerinin avantaj tablosu

## 3. İletişim Teknolojilerine Yeni Bir Bakış Açısı: Bina Çelik Donatısı.

Bina çelik donatısı üzerinden sinyal iletimi fikri ilk defa 2006 yılında ortaya atıldı[5]. Betonarme yapılarda bulunan çelik çubuklar, bükülmüş ve birbirlerine çapraz teller vasıtası ile bağlanmış olarak bir iletim hattı oluşturabilir. Tipik bir çelik donatısı yapısı Şekil 1'de görüldüğü gibidir.

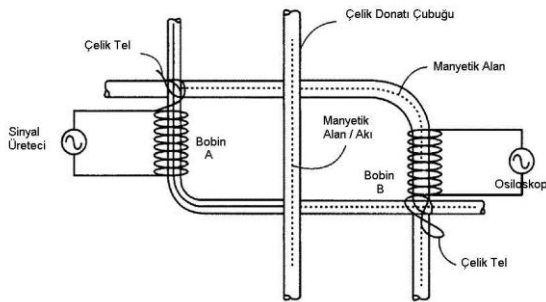


Şekil 1. Çelik donatı kalıbı

Şekil 1’de gösterildiği gibi donatının birbirine bağlı olamayacağı noktalarda paralel birçok yol ile iletişim garanti altına alınmıştır. Burada görülen en önemli sıkıntılardan biri tek bir veri hattının olmasıdır. Bu da iletişim hattının half-duplex olacağı anlamına gelmektedir. Tek bir veri hattı üzerinden sinyal iletimi ancak manyetik alan oluşturma fikri ile mümkün olabilir. Çelik donatı üzerine iletim bobinleri sarılarak donatı üzerinde manyetik alan oluşturmak mümkündür. Bu sayede manyetik alan vasıtası ile sinyallerin iletimi sağlanabilmektedir. Bu alanda yapılan çalışmalar neticesinde bina çelik donatısı üzerinden sinyal iletiminin mümkün olabileceği fikri ortaya atılmıştır[3, 5, 7].

#### 4. Çelik Donatı Modeli

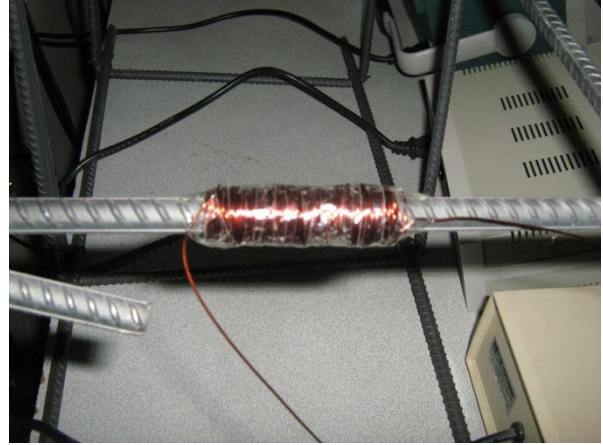
Betonarme yapının omurgası incelendiğinde, burada kullanılan çelik çubukların elektriği iletebildiği görülür. Bu demektir ki; çelik çubuklar bina içerisinde manyetik alanı herhangi iki nokta arasında iletebilirler. Şekil 2’de görüldüğü gibi Bobin A ve Bobin B ile adlandırılan iki bobin herhangi iki çelik çubuğa monte edilirse tüm çelik çubuklar manyetik akımı iletmeye çoğaltılmış paralel yollar gibi davranacaktır. Böylece bina devasa bir transformatör halini alacak ve sinyaller istenen herhangi bir noktaya iletilebilecek veya istenen herhangi bir noktadan alınabilecektir[3].



Şekil 2. Çelik çubukları transformatöre dönüştüren bobin A ve B.

#### 5. Kurulum ve Deneysel Sonuçlar

Sistemin sinyal iletimindeki verimliliğinin elde edilmesi adına deneysel bir çelik donatı modeli oluşturulması gerekmektedir. Bu çalışmada oluşturulan çelik donatı modelinde 12 mm kalınlığında çelik çubuklar kullanılmıştır. Bu model üzerine 0,8 mm kalınlığında bakır bobinaj teli ile 200 sarım yapılmış ve yalıtılmıştır. Model yapısı Şekil 3’de gösterildiği gibidir.



Şekil 3. Donatı modeli üzerine montajı yapılmış bobin sargısı.

Çalışmada A ve B bobin uçları arasında sırasıyla 1-10MHz arasında 1MHz artırılarak kare, üçgen ve sinusoidal dalga sinyallerinin B bobinindeki osiloskop çıkışları gözlemlenmiştir. Bu şekilde yapılan ölçümlerde elde edilen sonuçların ortalama karesel hata oranları tablo 2’de verildiği gibidir. Bu değerler Tablo 2’de gösterilmiştir. Bu veriler ışığında çelik donatının sinyal iletimine elverişli olabileceği saptanmıştır.

	Kare Dalga Sinyal	Sinusoidal Dalga Sinyal	Üçgen Dalga Sinyal
1 MHz	0.952	0.001	0.012
2 MHz	0.564	0.371	0.469
3 MHz	0.114	0.096	0.084
4 MHz	0.076	0.045	0.043
5 MHz	0.054	0.030	0.026
6 MHz	0.046	0.032	0.024
7 MHz	0.060	0.023	0.022
8 MHz	0.051	0.017	0.024
9 MHz	0.015	0.008	0.015
10 MHz	0.007	0.003	0.012

Tablo 2. Bulunan karesel ortalama hata oranları.

Bu sonuçlar incelendiğinde 1MHz, 2MHz ve 3MHz seviyelerinde bilhassa kare dalga üzerinde sinyallerin hata oranlarının yüksek olduğu görülmektedir. Elektronik iletişim sinyallerinde ise kare dalga sıklıkla kullanılmaktadır. Örneğin ethernet mimarisinin  $\pm 5V$  kare dalga sinyalleri kullandığı bilinmektedir. Manyetik alan devrelerinde ise sinusoidal ve üçgen dalga

sinyallerinde hata oranlarının daha düşük olduğu göze çarpmaktadır. 4MHz ve daha yüksek değerlerde ise hata değerlerinde önemli oranda düşüş gözlenmektedir. Bu istenen bir durumdur. Ayrıca 10MHz seviyesindeki sinyallerin hata değerlerini incelediğimizde hata oranlarının sırasıyla 0.007, 0.003, 0.012 seviyelerine kadar düştüğü görülmektedir. Çok küçük hata değerlerinin elde edilmesi bu seviyelerde sinyal iletiminin neredeyse kusursuz olduğunu göstermektedir.

Elde edilen veriler incelendiğinde 3MHz üzerindeki sinyallerin manyetik alan ile iletimin verimli olabileceği düşünülmektedir. 8MHz üzerinde ise çok daha verimli sonuçlar elde edilebileceği gözlemlenmektedir.

## 6. Sonuç

Bu çalışmada bina çelik donatısının sinyal iletiminde kullanımının akıllı yapıların iç iletişim sistemleri üzerinde uygulanabilirliği konusu irdelenmiştir. Transformatörün çalışması prensiplerine dayanan fikirden hareketle özel olarak hazırlanan kolon çelik donatısı üzerinde uygulama yapılmıştır. Bobinler çelik donatı üzerine monte edilerek tüm çelik çubukların bobinler arasında manyetik akı yolunu oluşturması sağlanmıştır. Çelik çubuklar paralel yolların çoklanması şeklinde birbirine bağlı olduğundan, oluşturulan yapıda tüm kolon kocaman bir sinyal transformatörü halini almıştır.

Pratik uygulamada bu durumu ispat etmek için deney devresi olarak hazırlanan kolon yapısı üzerinde denemeler yapılmış ve bu bakış açısında ileri çalışmalar için birçok faydalı bilgi elde edilmiştir. Sonuçlardan 3MHz üzerinde olan sinyallerde daha iyi cevaplar elde edilmiş ve 8MHz üzerindeki sinyallerde ise çok daha iyi değerlere ulaşılmıştır. Bu frekans değerleri güvenlik, ev ağı (internet) ve telefon gibi birçok bina otomasyon sistemi için çok kullanışlıdır. Çalışmada adı geçen sistemler için gerekli dönüştürücü elektronik devrelerin tasarımı halinde çelik donatı üzerinden anlamlı bilgi iletimi mümkün olacaktır. Bina içerisinde bu sisteme uygun bir kablosuz ethernet kartı tasarlanırsa, bu kart ile tüm daire içerisinde kablosuz internet kullanımı mümkün olabilir. Aynı şekilde diğer otomasyon sistemleri içinde bu düşünülebilir. Hatta günümüzde yeni yeni hayat bulan güvenlik, yangın, telefon ve diğer sistemlerin internet ortamına aktarılması düşünülürse böyle bir sistemle bina içi tüm iletişim sistemlerinin haberleşmesi sağlanabilir.

Bu çalışmada Tablo 1'de incelenen diğer ortamlar değerlendirildiğinde çelik çubuk ortamının veri güvenliği, maliyet, montaj kolaylığı, eski yapılarda kolay uygulanabilirliği, kullanıcılara verilen rahatsızlığın minimum düzeyde olması, sinyal kirliliğinin oluşmaması gibi konular düşünüldüğünde

sistemin kullanımı avantajlı olduğu düşünülmektedir. Fakat sistemin betonarme yapılarda uygulanabilir olması küçük bir dezavantaj olarak karşımıza çıkmaktadır.

Sonuç olarak bu çalışmada irdelenen avantaj ve dezavantajlar değerlendirildiğinde, bina çelik donatısının akıllı yapılar üzerinde uygulanabilirliği fikri olumlu sonuçlarla desteklenmiştir. Sistemin diğer bazı sistemlere kıyasla belirlenen üstünlüklerinin de ilgili alanda yapılacak çalışmalara ışık tutabileceği düşünülmektedir.

## 7. Kaynaklar

[1] Yılmaz, H., Akıllı Ev in Dünyadaki ve Türkiye'deki Yeri-1, Best Dergisi, Sayı 38, Ağustos 2004.

[2] Işık, H., Altun, A.A., Mikrodenetleyici Kullanarak Cep Telefonu Kontrollü Akıllı Ev Uygulaması, Selçuk Üniv. Teknik Bil. MYO, Teknik-Online Dergi, Cilt 4, sayı 1, 2005.

[3] Avcı, E., Çınar, H., Betonarme Yapılarda Kullanılan Çelik Donatının Sinyal İletiminde Kullanımına Yönelik Elverişlilik Araştırması, Elektrik – Elektronik ve Bilgisayar Sempozyumu 2011.

[4] Gençoğlu, M. T., Akıllı Evler, Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Elazığ.

[5] Jason Kam-tong Chan, Martin H.L. Chow, Alex P.K. Wai "Innovative use of building reinforced steel bars to transmit signals within a building" The Hong Kong Polytechnic University, Hong Kong, IEEE

[6] Niu Dou, Yang Mei, Zhao Yanjuan, Zhang Yan, The networking technology within Smart Home system -- ZigBee Technology, Pages:29-33, Computer Science-Technology and Applications, 2009. IFCSTA '09. International Forum on, 25-27 Dec. 2009, IEEE.

[7] Jason Kam-tong Chan, Martin H.L. Chow and Alex P.K. Wai, Feasibility Of Using Building Reinforced Steel Bars To Transmit Signals, Railway Engineering - Challenges for Railway Transportation in Information Age, 2008. ICRE 2008. International Conference on 25-28 March 2008, IEEE.