

## Tel Çit Üstü Çevre Güvenlik Sistemleri Donanım Özellikleri Araştırması

\*<sup>1</sup>Gökhan Koç <sup>2</sup>Erdem Ergen ve <sup>3</sup>Korkut YeğİN

\*<sup>1</sup>KoçSistem Bilgi ve İletişim Hizmetleri A.Ş., Çamlıca İş Merkezi, İstanbul 34700, Türkiye

<sup>2</sup> KoçSistem Bilgi ve İletişim Hizmetleri A.Ş., Çamlıca İş Merkezi, İstanbul 34700, Türkiye

<sup>3</sup> Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Ege Üniversitesi, İzmir 35040, Türkiye

### Özet

Tel çit üstü çevre güvenlik sistemleri dahil olmak üzere güvenlik çözümlerine olan ihtiyaç terör saldırıları ve alan ihlalleri dolayısıyla her geçen gün biraz daha artmaktadır. Titreşim analizine dayalı tel çit üstü çevre güvenlik sistemleri pazarında ortak donanımsal özelliklerinin yanı sıra özgün özellikleri de olan çok sayıda çözüm bulunmaktadır. Farklı algılama teknolojilerine sahip çevre güvenlik sistemlerinde segman uzunluğu, segman çözünürlüğü, yapılandırma yetenekleri, haberleşme türleri, entegrasyon kanalları, alarm lokalizasyon becerisi, alarm türleri gibi özelliklerde de farklılıklar gözlemlenmektedir. Çalışma süresince titreşim analizine dayalı tel çit üstü çevre güvenlik sistemleri ayrıntılı olarak incelenmiş ayrıca genel ve özgün tüm donanımsal özellikler literatüre uygun şekilde kategorize edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Titreşim, Tel Çit, Güvenlik, Donanım, Özellik

### 1. Giriş

Yıllık 400 milyon dolar hacme sahip çevre güvenlik sistemleri pazarının %65'i tel çit üstü çevre güvenlik sistemlerinden oluşmaktadır [1]. Yaklaşık 260 milyon dolarlık hacmi bulunan bu alt sektör içerisinde farklı algılama teknolojileri kullanan birçok ürün bulunmaktadır. Bu ürünlerden bazıları;

- FlexZone™ [2]
- FlexZone Wireless Gate Sensor [3]
- FlexPS™ [4]
- IntelliFIBER™ [5]
- Electro-Fence™ [6]
- Flexiguard™ [7]
- INTREPID™ MicroPoint™ II & MicroNet™ II [8]
- INTREPID™ MicroTrack™ II [9]
- FFT Secure Fence [10]
- FFT Aura SR [11]
- VibraTek 3G [12]
- The Ultimate Fence Protection Analyser [13]
- SL-3 Fence Sensor [14]

\*Yazışmalardan Sorumlu Yazar: Adres: KoçSistem, Ünalın Mah. Ayazma Cad. Çamlıca İş Merkezi-B3 Blok Üsküdar 34700, İstanbul TURKIYE. E-mail: gokhan.koc@kocsistem.com.tr, Tel: +905076685377

- FiberPatrol FP1100-X [15]
- FenceSecure™ [16]
- SERIR P2P [17]
- Guardwire [18]
- Defensor [19]
- Rafid [20]
- GeoZone [21]

Tel çit üstü çevre güvenlik sistemlerinin temel fonksiyonu; çite yapılan müdahalenin tespit edilerek alarm bilgisinin güvenlik sorumlularına aktarılmasıdır. Bu müdahaleler; tel çite vurma, tel çiti kesip içerisinden geçme, parçalayarak içerisinden geçme, tel çite tırmanma ve tel çitin altını kaldırıp geçme şeklinde sınıflandırılabilir. Titreşim ölçümüne dayalı tel çit üstü çevre güvenlik sistemleri ilgili müdahaleleri farklı teknolojiler kullanarak algılayabilmektedir. Yaygın olarak kullanılan algılama yöntemleri;

- Fiber optik kablo ile algılama [5][10][11][15]
- Piezoelektrik akustik kablo ile algılama [2][4][8][9][16]
- Kablolü algılayıcı ağları ile algılama [17]
- Kablosuz algılayıcı ağları ile algılama [3][14]
- Manyetik alan değişim analizi ile algılama [12]
- Radyo Frekansı ile algılama [20]

Fiber optik kablo ile algılama ve piezoelektrik akustik kablo ile algılama yöntemleri tel çit üstü çevre güvenlik sistemlerinde en yaygın kullanılan algılama yöntemleridir.

Fiber optik kablo ile algılama yöntemi; tel çite yapılan müdahale sonrası fiber kablosu üzerinde ilgili noktada baskı oluşuyor ve kablonun bir ucundan gönderilen sinyaller baskının olduğu noktadan yansıyor geri dönüyor. Böylelikle tel çite hangi noktadan müdahale edildiği, müdahalenin şiddeti vb. gibi veriler tespit edilebiliyor.

Piezoelektrik akustik kablo ile algılama yöntemi; Piezoelektrik dönüştürücüler tel çit üzerindeki hareketleri deforme olduklarında çevresinde voltaj oluşturan kristalleri aracılığı ile tespit eder [25]. Böylelikle tel çite hangi noktadan müdahale edildiği, müdahalenin şiddeti vb. gibi veriler tespit edilebiliyor. Yağmur, rüzgâr vb. çevresel değişikliklerin filtrenmesi ise baskıların kablo üzerinde birçok noktada ve düşük genlikte oluşması ile tespit ediliyor.

Piezoelektrik akustik kablonun fiber optik kabloya göre çeşitli avantajları bulunmaktadır. Fiber optik kablo telleri insan saçından daha incedir ve kolaylıkla kırılabilir ayrıca kablo onarımı vakit alır ve onarım için çeşitli araçlar gerekmektedir. Bunun yanında Piezoelektrik akustik kabloların onarımı basit terminallerle hızlıca gerçekleştirilebilmektedir. Fiber optik kablolarda lazer sinyaller iletilmektedir ve bu sinyaller insan gözü için zararlıdır. Ayrıca lazer diyotların kullanım süreleri 2-3 yıl gibi sürelerle sınırlıdır, değiştirilmesi gerekmektedir.

Fiber optik kabloların da piezoelektrik akustik kablolarla göre çeşitli avantajları bulunmaktadır. Örneğin; fiber optik kablolar üzerindeki kayıp çok düşüktür ve böylece kilometrelerce uzunluktaki bir fiber kablosu tek bir işlemciye bağlanarak güvenlik sağlayabilir. Bu özellik sayesinde çok geniş

bölgelerde fiber optik kablo kullanılan çözümler için fiyat avantajı sağlamaktadır.

Algılayıcı ağları ile algılama; Fiber optik ve piezoelektrik akustik kablo ile algılama yöntemleri dışında tel çit üstü çevre güvenlik sistemleri pazarında kablolu ve kablosuz çeşitli algılayıcı ağları kullanılmaktadır. Bu sistemlerde tel çit üzerine, birbirleri ile kablolu/kablosuz haberleşen, düğümler konumlandırılır ve tel çit müdahale tespiti gerçekleştiren düğümler ilgili verileri ağ geçitleri üzerinden komuta kontrol bilgisayarına iletir. Tel çitin tamamında müdahale analizi yapabilmek için düğümler arasında belirli mesafelerde aralıklar bırakılır ve her düğüm tel çite yapılan müdahaleleri algılayabilecek sensörler ile donatılmıştır. Bazı ürünlerde sinyal işleme süreçleri düğümlerin içindeki işlemcilerde gerçekleştirilirken bazılarında sinyal işleme süreçleri ve karar verme algoritmaları merkezi bilgisayarlarda gerçekleştirilir. Bu şekilde çalışan düğümler alarm kararını vermek yerine sahadan elde edilen titreşim verilerini toplayıp merkez bilgisayarlarına aktarmakla görevlidir. Tel çit üstü çevre güvenlik sistemleri pazarında kablolu ve kablosuz algılayıcı ağlarını kullanan birçok ürün bulunmaktadır [3][14][17]. Kablolu haberleşmede RS422,RS485, Ethernet vb. fiziksel haberleşme ara yüzleri üzerinde Modbus, Profibus, TCP/IP, Hart gibi protokoller [22] kullanılırken kablosuz haberleşmede RF haberleşme ara yüzleri üzerinde Bluetooth, UWB, ZigBee, and Wi-Fi protokoller kullanılmaktadır[23]. Bu ürünlerin kategorileştirilmesinde düğümler arası haberleşme yöntemleri kadar kullanılan algılayıcı türleri de önem arz etmektedir. Algılayıcı ağları üzerine inşa edilen tel çit üstü çevre güvenlik sistemlerinde; piezodiyamik sensörü, ivme, endüktif hız, jeofon ve açığı sensörü gibi algılayıcılar kullanılabilir [17][24].

Manyetik alan değişim analizi ile algılama; çift bükümlü tellerden oluşan kablo damarları arasında yaratılan elektromanyetik alan tel çit müdahalelerinde değişim göstermektedir ve böylece tel çite yapılan müdahaleler tespit edilebilmektedir [12]. Bu yöntem kullanılarak oluşturulan çözümlerde tel çite tam olarak hangi noktadan müdahale edildiği bilgisi oluşturulamamaktadır.

Radyo Frekansı ile algılama; tel çit üzerine konumlandırılan 2 kablodan birinin üzerinden yayılan radyo sinyalleri diğer kablo üzerinden dinleniyor ve tel çite yapılan müdahale dolayısıyla her iki kablo arasındaki mesafenin ve açının değişimi sayesinde müdahale tespit edilebiliyor [20]. Bu yöntem kullanılarak oluşturulan çözümlerde tel çite tam olarak hangi noktadan müdahale edildiği bilgisi oluşturulamamaktadır.

Tel çit üstü çevre güvenlik sistemleri sahada kamera sistemleri ve elektrikli tel çitler gibi çeşitli sistemlerle de entegre olabilmektedirler [5]. Ayrıca bazı ürünler hem tel çit üstünde hem de toprağın birkaç santimetre içinde çalışabilmektedirler [11]. Toprak içinde çalışabilen ürünler, tel çite müdahale haricinde, toprak üstü titreşimleri analiz ederek araç, insan ve hayvan algılaması da gerçekleştirebilmektedir.

## 2. Kurulumsal Özellikler

Titreşim algılamasına dayalı tel çit üstü çevre güvenlik sistemlerinin birbirlerinden farklı olduğu diğer bir başlık da kurulum mimarileridir. Kullanılan teknolojiler dolayısıyla kurulum mimarilerinde görülen farklılıklardan bazıları;

- Segman Uzunluğu

- Segman Çözünürlüğü
- Alarm Lokalizasyonu ve Hata Yüzdesi
- Sensor Konfigürasyon Çözünürlüğü
- Kapalı Devre Çalışabilme
- Algılama Başarımı

### **2.1. Segman Uzunluğu**

Segman, tek bir işlemci ya da ağ geçidi ile bunlara bağlı algılayıcıların tamamının oluşturduğu alt sistemin adıdır, bir güvenlik bölgesini tarif eder. Bir işlemciye ya da ağ geçidine bağlanan algılayıcı sayısı ya da algılayıcı bir kablo ise uzunluğu ne kadar fazla olursa boyutu sabit bir bölgenin korunmasında kullanılacak olan işlemci/ağ geçidi miktarı o kadar az olacaktır. Buna bağlı olarak işlemci ve ağ geçitleri için gerekli enerji/network alt yapısal kurulum çalışmaları azalacaktır. Diğer tüm bileşenlerin aynı olduğu düşünülürse; bu durumda hem kurulum hem de donanım maliyetleri görece azalacaktır. Ürün araştırmaları sonucunda; fiber optik algılayıcı kablosu kullanan bazı sistemlerde [10][11][15] segman uzunluğunun 16-80 km aralığına çıkabildiği görülmüştür. Fiber optik kablolu algılayıcıların en önemli rakibi olan piezoelektrik akustik kablolu algılayıcılarda ise maksimum segman boyutunun 200-600 metre aralığında olduğu görülmektedir [2][4][7][8][9]. Diğer teknolojileri kullanan sistemlerde de maksimum segman uzunluğu 150 metre ile 2 kilometre arasında değişim göstermektedir [12][14][17][20].

### **2.2. Segman Çözünürlüğü**

Segmanı oluşturan algılayıcıların ya da algılayıcı kablonun yazılımsal olarak alt birimlere ayrıştırılabilmesidir. Örneğin; eğer bir segman kablosuz sensör ağları altyapısı ile oluşturulduysa ve her sensör arasında 10 metre mesafe bulunuyorsa, yazılımsal olarak segman 10'ar metreler ile alt bölgelere ayrılabilir. Böylece her 10 metre için farklı kameralar ya da kamera açıları tanımlanabilir. Eğer bir segman fiber optik kablodan ya da piezoelektrik akustik kablodan oluşuyorsa ve bu kablolar yazılımsal olarak 1'er metre aralıklarla ayrıştırılabiliyorsa kamera entegrasyonu gibi entegrasyonlar her 1 metre için farklı ayarlanabilir. Ürün araştırmaları sonucunda; segman çözünürlüğüne sahip tüm sistemlerin 20 metrenin altında çözünürlük sağlayabildiği tespit edilmiştir. Segman çözünürlüğüne sahip olmayan sistemlerde tüm segman tek bir blok gibi davranmaktadır ve tel çit müdahale alarmının bu blok içinde hangi noktadan geldiği tespit edilememektedir [4][7].

### **2.3. Alarm Lokalizasyonu ve Hata Oranı**

Tel çite yönelik müdahaleler alarm ürettiği zaman alarm bilgisi ile birlikte müdahalenin gerçekleştirildiği noktanın ya da bölgenin tanımlanmasına alarmın lokalizasyonu denmektedir. Sensör ağları altyapısı ile oluşturulan sistemlerde alarmın lokalizasyonu algılamayı gerçekleştiren sensörün pozisyonu ile gerçekleştirilir ve hata oranı da sensörün algılama alanı olarak tanımlanır. Örneğin düğümler arasındaki mesafenin 10 metre olduğu bir kablosuz sensör ağı temelli güvenlik sisteminde alarmın lokalizasyonundaki hata oranı +/- 5 metre olarak tanımlanır. Alarm lokalizasyonu titreşime ölçümüne dayalı tel çit üstü çevre güvenlik sistemlerinin en önemli özelliklerinden biridir. İster fiber optik kablolu olsun ister piezoelektrik akustik kablolu; hemen her

üründe alarmı lokalizasyonu +/- 5 metre hata oranını geçmeyecek şekilde desteklenmektedir.

#### **2.4. Sensor Konfigürasyon Çözünürlüğü**

Tesis çevrelerinde bulunan tel çitlerin çevresel koşullar, üretim/kurulum hataları vb. sebeplerle titreşim iletme karakteristiği zaman içerisinde değişebilmektedir. Ayrıca bazı tel çitler rüzgârın şiddetli olduğu noktalardayken bazıları rüzgârsız, az gürültü noktalarda bulunabilir. Bu gibi durumlarda çevre güvenlik sistemleri titreşim iletme karakteristiğindeki farklılıklara ve gürültülere uygun olacak şekilde sensörlerin konfigürasyonlarını değiştirerek güvenlik performanslarını artırabilmektedirler. Fakat her sistem bu esnekliğe aynı oranda sahip değildir. Bazı sistemler [2][8][9] 1-2 metre gibi dar aralıklarda bile kablo sensörlere farklı konfigürasyonlar uygulama esnekliğine sahipken bazıları sadece segman [4] bazlı konfigürasyon uygulama esnekliği sağlamaktadır. Segman bazlı konfigürasyon uygulandığı taktirde segman içerisinde bulunan tüm sensörlerin algılama eşik değerleri ve diğer parametreleri özdeş olmaktadır.

#### **2.5. Kapalı Devre Çalışabilme**

Sensörler ya da sensör kabloları ağ geçitlerinden çıktıktan sonra tel çit boyunca ilerleyip bir noktadan sonra geri dönüp aynı ağ geçidine ya da geri dönmeden farklı bir ağ geçidine aktif olarak bağlanıyorsa kapalı devre çalışıyorlardır. Böylece sensörler ya da sensör kablosu tel çit üzerinde herhangi bir noktadan kesilirse; kesilen noktanın her iki tarafı da algılama fonksiyonuna devam edebilmektedir. Titreşime dayalı tel çit üstü çevre güvenlik sistemlerinden bazıları kapalı devre çalışabilme özelliğine sahiptir [2][15].

#### **2.6. Algılama Başarımı**

Tel çit üstü çevre güvenlik sistemlerinin algılama performansını değerlendirebilmek için Müdahale Tespit Olasılık değerleri ve Algılama Kriterleri birlikte değerlendirilmektedir. Her sistemde müdahale tespit olasılığı tanımlı algılama kriterlerine göre paylaşılmaktadır. Bazı sistemler algılama kriterini tel çit üzerinde yaratılan hareketin hızı ile tanımlarken [8] bazıları tel çite müdahale eden nesnenin ağırlığı ve müdahale süresi ile tanımlamaktadır [14]. İlgili ürünler tarafından paylaşılan müdahale tespit olasılığı değerleri de tanımlanan algılama kriterleri içinde kalan durumlar için geçerli olmaktadır. Algılama kriterleri tanımlama özgürlüğü sayesinde müdahale tespit olasılığı değerleri neredeyse tüm sistemlerde %95-98 aralığında ölçülmüştür [2][8][14].

### **3. Alarm Türleri ve Bilgilendirme Yöntemleri**

Titreşime ölçümüne dayalı tel çit üstü çevre güvenlik sistemlerinin çoğunda bulunan alarm türlerinden bazıları;

- Network Bağlantısı Kesildi Alarmı
- Ağ Geçidi Panosu Kapağı Açıldı Alarmı
- Sensör Kablosu Kısa Devre Alarmı
- Sensör Kablosu Kesildi Alarmı
- Süpervizyon Alarmı

- Pil Seviyesi Alarmı

### **3.1. Network Bağlantısı Kesildi Alarmı**

Ağ geçidi panosu ile komuta kontrol bilgisayarı arasında bulunan networkte ya da ağ geçidi panosundaki Ethernet modemde sorun çıktığı zaman ilgili panoya ulaşılamadığı bilgisinin kullanıcıya iletilmesidir. Eğer komuta kontrol bilgisayarı ile ağ geçidi panosu arasında WiFi, Bluetooth, RS485 gibi farklı bir haberleşme teknolojisi kullanılıyorsa ilgili özellik bu teknolojilere uygun olacak şekilde evirilebilmektedir.

### **3.2. Ağ Geçidi Panosu Kapağı Açıldı Alarmı**

Tesisin içerisinde bulunan ağ geçidi panosunun kapağının açıldığı bilgisinin kullanıcıya iletilmesidir. Böylelikle bakım ve servis çalışmaları haricinde pano kapağı açılırsa saha tarafında farklı sistemlerin bakımları ile alakalı yapılan yanlış müdahaleler de tespit ediliyor olmaktadır.

### **3.3. Sensör Kablosu Kısa Devre Alarmı**

Tel çit üzerine montajlanmış olan sensör kablosunun hangi noktadan ya da herhangi bir noktadan kısa devre edildiği bilgisinin kullanıcıya iletilmesidir.

### **3.4. Sensör Kablosu Kesildi Alarmı**

Tel çit üzerine montajlanmış olan sensör kablosunun hangi noktadan ya da herhangi bir noktadan kesildiği bilgisinin kullanıcıya iletilmesidir.

### **3.5. Süpervizyon Alarmı**

Sahada ya da uzaktan erişimle gerçekleştirilen bakım ve servis çalışmaları yapıldığı bilgisinin kullanıcıya iletilmesidir. Böylelikle servis ve bakım çalışmaları ile alakalı pano müdahaleleri otomatik olarak sistem tarafından kayıt edilebilmektedir.

### **3.6. Pil Seviyesi Alarmı**

Sistem içerisinde kullanılan tüm bataryalarının doluluk yüzdesinin ve kritik eşik değerinin aşıldığı bilgisinin kullanıcıya iletilmesidir.

Yukarıda kısa açıklamalarla paylaşılan alarm türleri tel çit üstü çevre güvenlik sistemlerinin genelinde yaygın olarak desteklenen alarm türleridir. Bu sistemlerde analizler tel çit üzerindeki titreşimlerin ölçümüne dayalı gerçekleştirildiği için algılamaya ek olarak müdahale kaynağı sınıflandırması gerçekleştirilemiyor. Özetle hayvan, insan, araç sınıflandırması ilgili sistemlerin neredeyse tamamında desteklenmemektedir.

Titreşim ölçümüne dayalı tel çit üstü çevre güvenlik sistemlerinde alarm bildirimleri komuta kontrol bilgisayar ekranlarından sesli ve görsel olarak gerçekleştirilmektedir. Bu bildirimlere ek

olarak bazı sistemlerde alarm verileri titreşim karakteristiğini yansıtacak sesler olarak da paylaşılabilir [2][4][7][18]. Ayrıca alarm bildirimlerinin sms, printer ve email ile gerçekleştirilebildiği uygulamalar da bulunmaktadır [8].

#### 4. Sistemsel Entegrasyon Özellikleri

Titreşim ölçümüne dayalı tel çit üstü çevre güvenlik sistemlerinin diğer sistemler ile entegrasyonlarda kullandığı en yaygın entegrasyon aracı kuru kontak rölelerdir [2][3][4][5][6][7][8][10][11][16]. Bu donanım bloğu aracılığı ile güvenlik sistemleri kamera, kapı geçiş sistemleri rüzgar, yağmur sensörleri ile entegrasyon gerçekleştirebilmektedirler.

Geniş arazilerde kamera entegrasyonu için çoğunlukla yazılımsal çözümler tercih edilmektedir. Böylece araziye yeni kameralar eklendiğinde çevre güvenlik sistemleri ile kameraların entegrasyonu kolaylıkla yazılımlar üzerinden gerçekleştirilebilmektedir.

Açılır kapılar üzerine yerleştirilen sensörler ya da sensör kablolar kapıların hareket etmesi ile birlikte tel çit müdahale alarmı üretmektedirler. Bu sorunun çözümü için açılır kapıların harekete geçtiği anlarda çevre güvenlik sistemleri kuru kontak girişleri ile kapıları hareket ettiren sistemden durum bilgisi alır ve güvenlik fonksiyonlarını hareket sonlanana kadar bypass edebilir [2][3]. Böylelikle hatalı alarm oranları düşürülmüş olmaktadır.

Yağmur, rüzgar, sıcaklık gibi tel çit titreşim karakteristiğini dönemsel değiştiren etkiler çevre güvenlik sistemlerinin algılama performanslarını da etkilemektedir. Bu etkileri minimize edebilmek için bazı çevre güvenlik sistemleri ilgili etkileri ölçen sistemler ile entegre çalışmaktadır ve sensör algılama parametrelerini çevre koşullarına göre değiştirmektedir [5].

#### 5. Komuta Kontrol Bilgisayarı İle Haberleşme Türleri

Titreşim ölçümüne dayalı tel çit üstü çevre güvenlik sistemlerinde saha tarafındaki donanımlar ile komuta kontrol bilgisayarı arasındaki iletişim farklı teknolojilerle gerçekleştirilebilmektedir.

- Ethernet TCP/IP, Fiber [2][8][9]
- RF Haberleşme [3]
- RS 485 [7]
- RS 422 [8]

Saha tarafındaki sensörlerden alınan verileri komuta kontrol merkezine ileten ağ geçitleri ile komuta kontrol bilgisayarları arasındaki iletişim için kullanılan en yaygın teknoloji yerel network bağlantısıdır. Birçok tesiste ilgili haberleşme altyapısı zaten tüm tesisi kapsayacak ölçüde kurulduğu için birkaç ekleme ile sistemlerin haberleşme istekleri karşılanabilmektedir.

#### 6. Algılama Parametreleri Kalibrasyonu

Titreşim ölçümüne dayalı tel çit üstü çevre güvenlik sistemlerinde tel çit türü ayarları, kazanç değerleri, filtre katsayıları, tekrarlı sinyal sayısı gibi algılama parametrelerinin kalibrasyonu otomatik ve manuel olmak üzere iki farklı şekilde gerçekleştirilebilmektedir.

Manuel gerçekleştirilen kalibrasyonlar için komuta kontrol bilgisayarından komut gönderilebileceği gibi bazı ürünlerde USB ile ağ geçidi cihazına direk bağlanarak da çözüm üretilebilmektedir [2]. Ayrıca pazardaki bazı ürünlerde ağ geçidi kartları üzerindeki bulunan butonlar [18], dokunmatik membran switch'ler [5] ve potansiyometreler [21] aracılığıyla algılama parametreleri kalibrasyonları yapılabilmektedir.

Titreşim ölçümüne dayalı tel çit üstü çevre güvenlik sistemleri pazarında ayrıca rüzgar, yağmur, sıcaklık ve benzeri çevresel gürültü kaynaklarını farklı katmanlarda filtreleyen, adaptif thresholdlama ya da mekaniksel sönümlenme yapan dolayısıyla kalibrasyon ihtiyacı bulunmayan sistemler de bulunmaktadır [2][7][8][11][12]. Otomatik kalibrasyon yapan sistemlerin bir kısmı kendi sensör verileri üzerinden analiz yaparken bazıları da VX-25 hava kompanzasyon ünitesi gibi çeşitli çevre gürültüsü ölçen cihazlardan elde ettiği verileri kullanabiliyor [14].

Çevresel değişimlere uyum sağlamak için yazılım katmanında da çeşitli çözümler uygulanabilmektedir. Bunlardan en yaygın kullanılanı toplu analiz yöntemidir; eğer bir sinyal türü birçok noktadan geliyorsa bu sinyal rüzgar, yağmur vb. bir etkinin ürünüdür kabulü ile filtrelemeler yapılabilmektedir [15].

## 7. Fiziksel Özellikler

Sıcaklık ve Nem Dayanımı; Titreşim ölçümüne dayalı tel çit üstü çevre güvenlik sistemlerinin büyük çoğunluğu  $-40^{\circ}\text{C}$  ile  $+70^{\circ}\text{C}$  aralığı için sıcaklık dayanımını desteklemektedir [2][3][4][8][9][33][16][20][21]. Daha yüksek sıcaklıklara ya da daha düşük sıcaklıklara da dayanım gösterebilen ürünler bulunmaktadır [7][10][12][14][17][18] ancak  $-55^{\circ}\text{C}$ 'den düşük ya da  $+90^{\circ}\text{C}$ 'den yüksek sıcaklığa dayanım gösterebilen herhangi bir ürün bulunmamaktadır. İlgili pazardaki ürünlerin neredeyse tamamı %100 nem dayanımı göstermektedir.

PCB'lerin korozyon dayanımını artırmak ve kısmen sızdırmazlık sağlamak için neredeyse tüm ürünlerde PCB'ler üzerine conformal coating işlemi uygulandığı tespit edilmiştir.

Kablolar güneş ışınlarına, yağmura ve sıcaklığa dayanımı artırmak için genellikle yüksek yoğunluklu siyah renkli polietilen ile kaplanmış görünmektedir [8]. Bazı ürünlerde kabloların saldırılara karşı dayanımını artırmak için anti-vandal kablolar [4] ve esnek paslanmaz çelik spiral borular kullanılmıştır [7].

Ağ geçici panolarının muhafazalarında çoğunlukla kalıplanmış ABS plastik [5] ve dökme alüminyum[2][13] malzemeleri kullanılmaktadır. Bazı ürünlerde içerdeki ısıyı dışarı atmak ve sızdırmazlığı bozmamak için membran havalandırmalar kullanılmıştır [4]. Ayrıca bazı ürünlerin saldırılara karşı dayanımını artırmak için vandal dayanımlı muhafaza kullanılan versiyonları da bulunmaktadır [14].

Sızdırmazlık için çoğunlukla IP66/67 standartına sahip sızdırmaz muhafazalar kullanılmıştır ancak bazı ürünlerde sızdırmazlık kutular üzerine ultrasonik kaynak uygulayarak gerçekleştirilmiştir [14]. Ultrasonik kaynaklama yöntemi iki malzemeye aynı anda çok yüksek frekansta titreşim vererek malzemelerin birbirine kaynamasını sağlayan bir yöntemdir. Bu yöntem ile sızdırmazlık



konusunda yüksek başarımlar elde edilebilirken ürün kutusunun tekrar açılması güç hale gelmektedir. Hemen her ağ geçidi panosu içerisinde istenmeyen kapak açma durumlarını tespit edebilmek için sabotaj anahtarları konumlandırılmıştır [14]. Ayrıca birçok üründe yıldırımlardan korunabilmek için panolar içine yıldırım koruyucular konumlandırılmıştır.

## 7. Sonuç

Çalışma süresince titreşim analizine dayalı tel çit üstü çevre güvenlik sistemlerinin kullandıkları algılama teknolojileri, kurulum özellikleri, alarm türleri, alarm bilgilendirme yöntemleri, entegrasyon özellikleri, sistem içi ve sistem dışı haberleşme yöntemleri ve algılama kalibrasyon yöntemleri ayrıntılı olarak analiz edilmiştir. Hangi özelliğin genel hangi özelliğin bir sisteme özgü özellik olduğu bilgisi de ayrıca paylaşılmıştır.

## Referanslar

- [1] Future Fiber Technologies Inc., The Boundaries of Security 2013 – Global Trends in Perimeter Security, 2013, Available: <http://www.perimetar.co.rs/uploads/pdf/Boundaries-of-Security-2013-perimetar-tesla-sistemi-literatura.pdf>
- [2] Senstar Corporation, Architectural and Engineering Specification for a Fence-Mounted Perimeter Intrusion Detection System FlexZone™, April 2014, Available: <http://senstar.com/wp-content/uploads/2014/03/FlexZone-AE-Specification-G6DA0115-001-RevB1.pdf>
- [3] Senstar Corporation, FlexZone Wireless Gate Sensor Protection for sliding and swinging Gates, Available: <http://senstar.com/wp-content/uploads/2015/07/FlexZone-Wireless-Sensor-R1-LR1.pdf>
- [4] Senstar Corporation, Architectural/Engineering Specification for a Fence-Mounted Perimeter Intrusion Detection System FlexPS™, January 2011, Available: <http://senstar.com/wp-content/uploads/2012/04/FlexPS-AE-Spec.pdf>
- [5] Senstar Corporation, Fiber Optic Cable Fence Disturbance Sensor, May 2011, Available: <http://senstar.com/wp-content/uploads/2012/04/IntelliFIBER-AE-Spec.pdf>
- [6] Advanced Perimeter Systems Limited, Electric Fence Gates, Available: <http://www.aps-perimeter-security.com/electric-fence-gates/>
- [7] Advanced Perimeter Systems Limited, FLEXIGUARD™, Available: <https://www.aps-perimeter-security.com/mainpdfs/Flexiguard.pdf>
- [8] Southwest Microwave, Inc., INTREPID™ Series I1 Single-Platform Perimeter Intrusion Detection And Monitoring System, April 2014, Available: <http://www.southwestmicrowave.com/pdfs/INTREPID-Single-Platform-PIDS-Spec-EN.pdf>
- [9] Southwest Microwave, Inc., INTREPID™ Series I1 Single-Platform Perimeter Intrusion Detection And Monitoring System, April 2014, Available: <http://www.southwestmicrowave.com/pdfs/INTREPID-Single-Platform-PIDS-Spec-EN.pdf>

- [10] Future Fiber Technologies Inc., High performance perimeter protection, Available: <http://www.fftsecurity.com/download/fft-secure-fence/?wpdmdl=2723>
- [11] Future Fiber Technologies Inc., High resilience intrusion detection, Available: <http://www.fftsecurity.com/download/fft-aura-sr-brochure/?wpdmdl=3017>
- [12] Detection Technologies Inc, 3G The Ultimate Fence Protection Sensor, Available: [http://www.detection-technologies.com/downloads/vibra\\_new.pdf](http://www.detection-technologies.com/downloads/vibra_new.pdf)
- [13] Detection Technologies Inc, Te Ultimate Fence Protection Analyser, Available: <http://www.detection-technologies.com/downloads/duo.pdf>
- [14] RBTec Perimeter Security Systems, SL-3 Fence Mounted Vibration Sensor, Available: [http://www.rbtec.com/sites/rbtec/UserContent/files/SL3/SL3\\_Perimeter\\_Intrusion\\_Detection\\_System.pdf](http://www.rbtec.com/sites/rbtec/UserContent/files/SL3/SL3_Perimeter_Intrusion_Detection_System.pdf)
- [15] Optellios Inc., Cut-Immune Fiber Optic Intrusion Detection System For Perimeter Fence Applications, January 2013, Available: <http://www.optellios.com/pdf/FP1100-X%20AE130226.pdf>
- [16] Harper Chalice Group Limited, FenceSecure™ & WallSecure™, Available: <http://www.egroservice.nl/wp-content/uploads/2013/10/FenceSecure-Brochure-130KB.pdf>
- [17] Dea Security Inc., SERIR P2P Perimeter Intrusion Detection Systems For Metal Fencing, Available: <http://www.deasecurity.com/en/media/flipbooks/DEA-Catalogue-SERIR-P2P/>
- [18] Geoquip Inc., Guardwire, Available: <file:///C:/Users/02482648/Downloads/Guardwire-BROCHURE.pdf>
- [19] Geoquip Inc., Defensor, Available: [http://www.alarmcorp.com.au/product\\_data/product\\_files/Defensor%20-%20Brochure.pdf](http://www.alarmcorp.com.au/product_data/product_files/Defensor%20-%20Brochure.pdf)
- [20] Geoquip Inc., Rafid, Available: [http://www.geoquip.com/files/protected-downloads/26\\_3.pdf](http://www.geoquip.com/files/protected-downloads/26_3.pdf)
- [21] Geoquip Inc., Geozone, Available: [http://www.geoquip.com/files/protected-downloads/33\\_2.pdf](http://www.geoquip.com/files/protected-downloads/33_2.pdf)
- [22] H. K. Verma, Technologies/Protocols For Wired Sensor-Networks, 2014, Available: <http://profhkverma.info/sites/default/files/studentsData/sensorNetworks/chapter2.pdf>
- [23] J. Lee, Y. Su, "C. Shen, *A Comparative Study of Wireless Protocols: Bluetooth, UWB, ZigBee, and Wi-Fi*", The 33rd Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society (IECON), 5-8 November 2007, Available: <http://www.cs.odu.edu/~nadeem/classes/cs795-WNS-S13/papers/advance-005.pdf>
- [24] SKF Condition Monitoring, Vibration Sensors, Available: [http://www.exvalos.cz/soubory/File/SKF/SNIMACE\\_VIBRACI.pdf](http://www.exvalos.cz/soubory/File/SKF/SNIMACE_VIBRACI.pdf)
- [25] United States Nuclear Regulatory Commission, Intrusion Detection Systems and Subsystems Technical Information for NRC Licensees, Available: <http://pbadupws.nrc.gov/docs/ML1111/ML11112A009.pdf>