

Video Gözetleme Uygulamalarında Kamera Sabotaj Sezimi

Camera Sabotage Discovery for Video Surveillance Applications

Anıl Aksay¹, Alptekin Temizel², A. Enis Çetin³

1 Elektrik ve Elektronik Mühendisliği, Orta Doğu Teknik Üniversitesi

2 Enformatik Enstitüsü, Orta Doğu Teknik Üniversitesi

3 Elektrik ve Elektronik Mühendisliği, Bilkent Üniversitesi

anil@eee.metu.edu.tr, atemizel@ii.metu.edu.tr, cetin@bilkent.edu.tr

Özetçe

Son yıllarda video gözetim uygulamaları için kullanılan kamera sayılarında kayda değer artış olmuştur. Bu kameraların amaçlandığı gibi çalışıyor olması anlamlı bilgi yakalaması önemlidir. Suç işleyecek kişiler kamera önünü kapatarak, boya püskürterek ya da kamera odağını bozarak görüntülerinin ve eylemlerinin kaydedilmesini engellemek yoluna başvurmaktadır. Kameraları gözleyen birisinin olmaması ya da dikkatinin dağınık olması sabotajın fark edilememesine neden olur ve sistem normal olarak çalışıyor ve kaydediyor olsa bile kayıtların kullanılamaz olmasına yolaçar. Bu bildiride, dalgacık alanında arkaplan çıkarımı yöntemi kullanılarak kamerada görüş azalması ve kamera önünün kapatılması durumlarının gerçek zamanlı kestirimi önerilmektedir. Ayrıca, sistemin gerçek hayat koşullarında daha güvenilir çalışması için bazı yöntemler de önerilmektedir.

Abstract

In the recent years, number of surveillance cameras deployed has increased significantly. However it is important that these cameras are functioning as intended and capturing meaningful data. Offenders resort to techniques such as blocking the camera view, using a foreign object to cover the lens, spray painting or de-focusing the camera lens to prevent capture of their images and recording of their actions. These cameras are often unattended or security guard might have lost his focus and if discovery of such an attempt is not immediate, even though there is no failure in the system and the images are still being recorded, these recordings are not useful. In this paper, we propose methods for real-time discovery of visibility loss and covered camera lens using background subtraction in wavelet domain. We also propose some methods to increase robustness of the system in real-life scenarios.

1. Giriş

Dijital video kayıt sistemlerinin video gözetlemesi için kullanılmasıyla, video kayıtlarının gerçek-zamanlı otomatik analizi önem kazandı. Fakat kaydedilen video resimlerini işe yaramaz yapmaya çalışan kamera sabotaj sezimi konusunda çok fazla yayın bulunmamaktadır. Kamera sabotaj metotları, kamera görüntüsünü engellemek, kamera lensini yabancı bir obje ile

kapatmak, kamera lensinin boyanması ve tersodaklama içermektedir. Sis ve azalmış görüş algılama sistemleri ve metotları yol uygulamaları için bulunsa da [1,2], gözetleme sistemleri için yapılan çözümler yayınlanmamıştır [3,4] ve bu sistemlerin performansları değerlendirilememektedir.

Bu çalışmada, engellenmiş kamera görüntüsü ve azaltılmış görüş sezimi için iki yeni algoritma önerilmiştir. Algoritmalar, öğrenilmiş arkaplan modeli bazlı olup, baz resmi olarak hem arkaplanı hem de arkaplanın dalgacık dönüşümünü kullanır. Sunulan algoritmaların 16 kameraya kadar gerçek-zamanlı olarak çalıştırılabilmesi planlanmıştır. Bu yüzden hesaplama karmaşıklığının düşük olması çok önemlidir. Arkaplan çıkarımının ve şüpheli aktivite seziminin dalgacık uzayında yapılması karmaşıklığın düşük olmasını sağlar.

Bölüm 2’de görüntülenen sahnenin arkaplanını edinmek için kullanılan arkaplan çıkarım metotlarını inceliyoruz. Bölüm 3’te, engellenmiş kamera görüşü sezimi için, Bölüm 4’te de azalmış görüş sezimi için birer metot öneriyoruz. Daha sonra Bölüm 5’te sistemin dayanıklılığını arttırmak ve yanlış kabul hatası oranını düşürmek için bazı geliştirmeler öneriyoruz. Bütün sistem Bölüm 6’da açıklanıyor. Deneysel sonuçlar Bölüm 7’de ve yorumlar Bölüm 8’de veriliyor.

2. Arkaplan çıkarım metodu

Kamera görüntüsünün kasıtlı olarak değiştirilmesi, arkaplanı da değiştireceğinden, kestirilen arkaplan görüntülerinin normal arkaplardan olan sapmaya göre kamera sabotaj sezimi yaparak yanlış kabul hataları azaltılmış olur.

Arkaplan çıkarımı genellikle sahnedeki objelerin bölütlenmesi için kullanılır [5]. Bu konuda çeşitli yer edinmiş metodlar yayınlanmıştır [6-10]. [6]’da anlatılan arkaplan çıkarım algoritması her piksele IIR filtresi uygulayarak arkaplanı değiştiriyor. Uyarlanır eşik değerleri ile pikselleri önplan ve arkaplan olarak sınıflandırıyor and sonradan-işleme ile sınıflama hataları düzeltiliyor.

Arkaplan videonun zamansal durağan kısmı olarak tanımlanabilir veya aynı şekilde videodaki durağan pikseller arkaplanı oluşturur. Hareketli bölgeler ve objeler videonun belirli bölgelerinde sadece kısa süreli olarak yer aldıklarından, sahne bir süre izlenerek arkaplanı oluşturacak olan pikseller kestirilebilir. Arkaplanı kestirmek için basit bir yöntem video çerçevelerinin ortalamasını almak olabilir. Hareketli objeler ve bölgeler çerçevenin bir kısmını kapladığı için arkaplanının bir

kısmını kamufle ederler ama etkileri zaman içinde yok olur. Carnegie Mellon Üniversitesi'ndeki Video Gözetleme ve Görüntüleme Projesi [7] için etkin karmaşıklığı olan özyineli arkaplan kestirim bazlı bir metod önerilmiş. Çalışmamızda arkaplan kestirimi için bu metodu kullanmamıza rağmen [6-10]'daki diğer metodlar da benzer şekilde kullanılabilir.

$I_n(x,y)$ n . çerçevedeki (x,y) noktasındaki pikselin parlaklık değeri olsun. Aynı noktadaki kestirilen arkaplan parlaklık değeri $B_{n+1}(x,y)$ ise aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$B_{n+1}(x,y) = \begin{cases} aB_n(x,y) + (1-a)I_n(x,y) \\ (x,y) \text{ hareketli değil} \\ B_n(x,y), (x,y) \text{ hareketli} \end{cases} \quad (1)$$

Burada $B_n(x,y)$, aynı noktadaki arkaplanın bir önceki kestirilmiş parlaklık değeridir. Başlangıçta $B_0(x,y)$ ilk çerçeve olan $I_0(x,y)$ değerlerine ayarlanır. Güncelleme parametresi olan a ise 0 ile 1 arasında pozitif bir gerçek sayıdır. Bu parametre değişimlerin arkaplanda güncellenme süresini etkiler. Parametre küçültülerek sistemin değişimlere daha çabuk adapte olması sağlanabilir. (x,y) noktasındaki bir pikselin I_n ve I_{n-1} 'deki parlaklık değerleri eğer aşağıdaki eşitsizliği sağlıyorsa hareketli sayılır:

$$|I_n(x,y) - I_{n-1}(x,y)| > T_n(x,y) \quad (2)$$

Burada $I_{n-1}(x,y)$, aynı noktadaki $(n-1)$. çerçevedeki parlaklık değeri, $T_n(x,y)$ ise o noktadaki pikselin istatistiksel önemli parlaklık değişimini anlatan eşik parametresidir. Bu parametre özyineli olarak aşağıdaki formüle göre değiştirilir:

$$T_{n+1}(x,y) = \begin{cases} aT_n(x,y) + (1-a)(c|I_n(x,y) - B_n(x,y)|) \\ (x,y) \text{ hareketli değil} \\ T_n(x,y), (x,y) \text{ hareketli} \end{cases} \quad (3)$$

Burada $c > 1$ ve $0 < a < 1$. Başlangıç eşik değerleri görgül olarak hesaplanmış değerlere atanmıştır. (3)'ten görülebileceği üzere c değeri yükseldikçe, kestirim yönteminin hassasiyeti düşmektedir.

Arkaplanın Dalgacık Dönüşümü (WT), eski çerçevelerin dalgacık katsayıları kullanılarak kestirilebilir. Sahnede hareketli nesne yokken, arkaplanın dalgacık dönüşümü de sabit olacaktır. Fakat hareketli nesnelere ve onların dalgacık katsayıları ise zamanla değişecektir. Bu yüzden (1)-(3)'teki formüller dalgacık uzayında hesaplanarak, arkaplanın dalgacık dönüşümü [5]'te açıklandığı gibi bulunabilir :

$$W^j B_{n+1}(k,l) = \begin{cases} aW^j B_n(k,l) + (1-a)W^j I_n(k,l), \\ W^j I_n(k,l) \text{ de değişim varsa} \\ W^j B_n(k,l), \text{ aksi takdirde} \end{cases} \quad (4)$$

Burada $W^j B_n(k,l)$ j . ölçekteki (k,l) . dalgacık katsayısını belirtir. $W^j I_n$ değerlerinin değişip değişmediğini belirleyen eşik değerleri de (3)'teki gibi uyarlanır şekilde hesaplanır. Hareketli bölgeler ve objeler sahnenin belirli bir kısmını kapladıkları ve zamanla yok oldukları için, kameranın görüşü bir süre incelendiği zaman tüm arkaplan WT'si kestirilebilir. Zaman içinde sabit olmayan dalgacık katsayıları önplan sahnesine aittir ve hareket bilgisi içerir.

Önerilen kamera sabotaj kestirim algoritmalarında, $W^j B_n$ gerçek doğruluk kabul edilip, normal kamera görüşünün WT'sini belirtir ve buna göre olan sapmalar engellenmiş kamera görüntüsü ve azaltılmış görüş sezimi için kullanılacaktır.

3. Engellenmiş kamera görüntüsü sezimi (EKGS)

Kamera görüntüsü bir nesne tarafından engellendiği veya boya ile kapatıldığı zaman, I_n 'nin histogramının düşük sona doğru kayması beklenir. Önerilen algoritma öncelikle I_n ve B_n 'nin histogramını hesaplar. Histogramların en yüksek değerleri karşılaştırılır. Eğer I_n 'in en yüksek değeri daha yüksekse, $|I_n - B_n|$ 'nin histogramı siyaha doğru kaymış mı bakılır. Engellenmiş görüş durumunda, fark resminde siyah tarafta yüksek değerler olması beklenir.

Yukarıda yapılan hesaplamalar dalgacık dönüşümü alınmış çerçevenin düşük-düşük(low-low) ölçeğinde de yapılabilir. Böylece küçük değişimler dalgacık dönüşümü tarafından düzeltilirdiği için sistemin dayanıklılığı artmış olur.

$H_i(.)$ çerçevenin 32-selelik histogramı, i 1 ile 32 arasında bir sayma sayısı ve $\max(H_i(.))$ histogramın en yüksek değeri olsun. Kamera görüşünün engellenmiş olması için (5) ve (6)'nın doğru olması gerekir:

$$\max(H(I_n)) > Th_1 \max(H(B_n)) \quad (5)$$

$$Th_2 \sum_{i=1}^3 H_i(|I_n - B_n|) > \sum_{i=1}^{32} H_i(|I_n - B_n|) \quad (6)$$

Burada $Th_1 > 1$ ve $Th_2 > 1$ eşik değerleri hassasiyet için artırılabilir.

4. Azaltılmış Görüş Sezimi (AGS)

Bu birimin amacı sis, duman ve kamera lensinin odak-dışı kalması gibi durumlarda oluşan azaltılmış görüşü kestirmektir. Azaltılmış görüş durumunun karakteristik özelliği, çerçevenin büyük bölümünde küçük detayların yok olmasıdır ki bu da yüksek frekanslı aktivitenin azalmasını gösterir. Dalgacık dönüşümü yüksek frekans aktivitesini hesaplamak için uygun bir yöntemdir, çünkü çerçevedeki kenarlar yüksek dalgacık katsayıları ve dalgacık uzayında uç değerler oluşturur [11]. Detay karşılaştırması yapmak için dalgacık detay katsayılarının değerlerini karşılaştırmak yeterlidir. I_n çerçevesindeki detay ve kenarların B_n 'deki detaylara ve kenarlara göre büyük oranda azalması azaltılmış görüşü belirtir. Bu da dalgacık uzayında kolaylıkla ölçülebilir. $W_{LH} I_n$, $W_{HL} I_n$ ve $W_{HH} I_n$, I_n 'nin WT'sinin tek aşamalı yatay, dikey ve köşegen detay altbantları olsun. I_n 'nin yüksek frekans aktivitesi aşağıdaki formülle hesaplanabilir:

$$A_{HF}(I_n) = \sum_{k,l} |W_{LH} I_n| + \sum_{k,l} |W_{HL} I_n| + \sum_{k,l} |W_{HH} I_n| \quad (7)$$

B_n için de benzer bir formül geçerlidir:

$$A_{HF}(B_n) = \sum_{k,l} |W_{LH} B_n| + \sum_{k,l} |W_{HL} B_n| + \sum_{k,l} |W_{HH} B_n| \quad (8)$$

Eğer aşağıdaki durum sağlanırsa ise azaltılmış görüş geçerlidir:

$$A_{HF}(I_n) < Th_3 A_{HF}(B_n) \quad (9)$$

Burada $0 < Th_3 < 1$ gerekli hassasiyeti sağlayan ayarlanabilir bir eşik değeridir. Th_3 'ün 1'e yakın olması sistemin AG'e karşı daha hassas olduğu anlamına gelmektedir.



Şekil 1: Test kırıklarının çeşitli çerçeveleri. İlk satır normal (sol) ve engellenmiş kamera çerçevesi (sağ), ikinci satır, normal (sol) ve azaltılmış kamera görüşü (sağ), diğer iki satır ise yanlış kabul hatası veren çerçeveleri (sırasıyla düşük ışık durumunun iki çerçeve, kamerada çalışma hatası (sol) ve ışık lambasındaki kırışma sebebiyle ışık değişimi(sağ)) gösteriyor.

5. Yanlış kabul hatalarına karşı koruma

Bazı başka özellikler kullanılarak sistem dayanıklılığı artırılabilir ve yanlış kabul hataları azaltılabilir. Bu özellikler aşağıda anlatılmıştır.

5.1. Süretilik Sağlaması (SS)

Yakalanan çerçeveleri işlevsiz hale getirme çabasının bir özelliği süretiliktir. Yanlış kabul hatalarını azaltmak ve sistem güvenilirliğini arttırmak için, alarm durumunun süretiliğini bir miktar çerçeve üzerinde kontrol etmek gerekir. Süretilik sağlaması, objelerin anlık kamera görüşü kapaması yüzünden

oluşan yanlış kabul hatalarını azaltır. Alarm sadece Bölüm 3 ve 4'te belirtilen durumlar arka arkaya üç çerçeve boyunca (I_{n-2} , I_{n-1} ve I_n) oluştuğu zaman verilir.

5.2. Düşük Işık Durumları (DID)

Video gözetleme sistemlerinin çalışma koşullarında kameranın çevresinde her zaman yeterli ışık olmayabilir. Karanlık olduğu zaman, çerçevedeki enerji düşer ve gürültü baskın olmaya başlar. Düşük bir değer çevresinde dolaşan gürültü azaltılmış görüş sezimini kandırarak yanlış kabul hatası vermeye yol açabilir. Bunu engellemek için, toplam enerji eşik değerinden düşük olduğu zaman sezim sonuçlarına bakılmaz:

$$E_{HF}(B_n) < Th_4 \quad (10)$$

Burada Th_4 sezim sonuçlarının yetersiz kaldığı en az enerji limitidir.

6. Sistem

Önerilen metodlar *motion wavelet* [13] biçiminde sıkıştırılmış video sağlayan 16 kameralı bir video işleme sistemi [12] üzerinde uygulanmıştır. Kullanılan video sıkıştırma yongası [13] Daubechies' 9/7 çift dikgen dalgacık dönüşümünden faydalanmaktadır. Algoritmalar 16 kamera üzerinde gerçek zamanlı olarak çalıştırılır ve sezilen sabotaj girişimleri sistem kütüğüne detaylı alarm tipi ile birlikte kayıt edilir. Aynı zamanda operatör sesli ve görüntülü sinyallerle uyarılır. Sistemin gelişmiş bir özelliği, sistem normalde kayıt etmiyor olsa bile alarm anından önceki imgelerin kaydına izin vermesidir. Sistem bunu imgeleri sürekli olarak hafızada yuvarlak arabellekte tutarak sağlar.

Farklı ihtiyaçlar ve çevre koşulları nedeniyle gerçek yaşam koşullarında sistem hassasiyetinin ayarlanabilmesi istenir. Hassasiyet ayarı, algoritmalarındaki eşik değerlerine katılabilir. Eşik değerleri sistem olağan koşullarda çalıştırılarak seçilir. Ayrıca kullanıcı tarafından seçilen hassasiyet değerleri de katılarak eşik değerlerinde değişiklik yapılarak kullanıcının istediği hassasiyet sağlanır.

7. Deneysel Sonuçları

Deneysel olarak olağan hassasiyet değeri olan 50 kullanılır (hassasiyet dereceleri [1-100] arasında değişir ve 100 en hassas ifade eder). Bu ayar için eşik değerleri aşağıdaki gibi hesaplanmıştır:

$$Th_1 = 1.4, Th_2 = 1.4, Th_3 = 0.75, Th_4 = 0.1$$

a ve c parametreleri de görgül olarak sırasıyla 0.90 ve 6 bulunmuştur. Süretilik sağlaması süresi 500 milisaniye olarak belirlenmiştir. Sistemi farklı uzunluklarda alarm içeren ve içermeyen video kırıkları ile test ettik. Test videolarından bazı görüntüler Şekil 1'de görülebilir. Gerçek alarm koşulları için EKG içeren 4.5 dakika uzunluğunda ve AG içeren ve 2 dakika uzunluğunda video kırıkları kullanılmıştır. Yanlış alarm koşullarını test etmek için ise 6 saat uzunluğunda ve pek çok

potansiyel yanlış alarm (düşük ışık, arızalı kamera, ani ışık değişimleri, yavaş ışık değişimleri ve kamera sallanması) ve pek çok normal aktivite (sahnedeki yavaş/hızlı hareket eden küçük/büyük objeler) içeren bir video kırığı kullanılmıştır. Sonuçlar Tablo 1 ve 2’de özetlenmiştir.

Tablolarda görülebileceği üzere denetlemelerin eklenmesi doğru tespit edilen EKG miktarında bir değişikliğe yol açmamıştır (halen tüm alarmlar doğru olarak tespit edilir). Ancak denetlemelerin eklenmesi AG için bir alarm koşulunun (toplam 9 alarm içerisinden) kaçırılmasına yol açmıştır. İki durumda da tespit gecikmesi artmıştır. Gecikmenin önemli bir kısmı sürerlilik sağlaması süresi ile kontrol edilebilir. Tablo 2’de sürerlilik sağlama süresinin gecikmeyi artırırken, yanlış tespit edilen alarm sayısını önemli miktarda azalttığı gözlemlenebilir. Sistemin kullanılma senaryoları göz önüne alındığında tespitin gecikmesi yanlış alarmların önemli miktarda düşürülmesini sağlamasından dolayı kabul edilebilir.

Tablo 1: Tabloda başarılı gerçek alarm tespit sayısının yanısıra tespit gecikmesi (yanlış alarm denetlemesi var ve yokken) sunulmuştur. Video kırığında 20 adet EKG ve 9 adet AG bulunmaktadır.

	Yanlış alarm denetlemesi kullanılmadan		Yanlış alarm denetlemesi kullanıldığında	
	Bulunan alarm sayısı	Alarm başına gecikme(sn)	Bulunan alarm sayısı	Alarm başına gecikme(sn)
EKGS	20/20	16.2	20/20	19.2
AGS	9/9	0.33	8/9	1.38

Tablo 2: Tabloda yanlış kabul hata oranları denetimsiz, SS, DID denetimleri ve tüm denetimler durumlarında karşılaştırılmıştır.

	Denetimsiz	SS	DID	Tüm denetimler
EKGS	135/135	38/135	-	13/135
AGS	158/158	68/158	147/158	36/158

8. Sonuçlar

Bu bildiride iki yöntem sunulmuştur. İlk yöntem engellenmiş kamera görüntüsünü, ikinci yöntem ise görüş azalmasını tespit etmeyi amaçlar. Yanlış alarmların sürerlilik sağlamasıyla azaldığı gösterilmiştir. Ayrıca düşük ışık durumları için aksamaya gürbüzlük sağlanmıştır. Deney sonuçları yöntemlerin başarımını ispatlamıştır.

9. Kaynakça

- [1] Aanderaa Instruments Mira Visibility Sensor 3544 , URL: <http://www.aanderaa.com/render.asp?ID=141&closeBelow=141&segment=46&session=>
- [2] C. Busch, E. Debes, “Wavelet transform for analyzing fog visibility”, IEEE Intelligent Systems and Their Applications, vol. 13, no. 6, pp. 66-71, Nov/Dec 1998.
- [3] Vigilant Technologies, camera tampering detection, http://www.adoron.com/site/item.php?ln=en&item_id=129&main_id=60
- [4] 3VR Security, camera tamper, <http://www.3vr.com/>
- [5] B.U. Töreyn, A.E. Çetin, A. Aksay, M.B. Akhan, “Moving Object Detection in Wavelet Compressed Video”, Signal Processing:Image Communication, EURASIP, vol. 20, pp. 255-26 (2005).
- [6] M. Bağcı, Y. Yardımcı, A.E. Çetin, “Moving object detection using adaptive subband decomposition and fractional lower order statistics in video sequences”, *Signal Process.*, pp. 1941–1947, Dec. 2002.
- [7] R.T. Collins, A.J. Lipton, T. Kanade, H. Fujiiyoshi, D. Duggins, Y. Tsin, D. Tolliver, N. Enomoto, O. Hasegawa, P. Burt, L. Wixson, “A system for video surveillance and monitoring: VSAM final report”, *Technical Report CMURI-TR-00-12*, Carnegie Mellon University, May 1998.
- [8] G.L. Foresti, P. Mahonen, C.S. Regazzoni, *Multimedia Video-Based Surveillance Systems: Requirements, Issues and Solutions*, Kluwer, Dordrecht, 2000.
- [9] I. Haritaoglu, D. Harwood, L. Davis, “W4: who, when, where, what: a real time system for detecting and tracking people, in: Third Face and Gesture Recognition Conference”, pp.222–227., April 1998.
- [10] J.C. Huang, W.S. Hsieh, “Wavelet-based moving object Segmentation”, *Electron.Lett.*, 39 (19), Sept. 2003.
- [11] A. E. Çetin and Rashid Ansari, “Signal recovery from wavelet transform maxima”, *IEEE Trans. Image Processing*, 1994
- [12] Visioprime Ltd., 30 St. Johns Road, St. Johns, Woking, Surrey, GU21 7SA, URL: www.visioprime.com.
- [13] Aware Inc., 40 Middlesex Turnpike, Bedford, Massachusetts, 01730, URL:www.aware.com, MotionWavelets real-time software video codec, 1999.