

İnsan Hareketlerinin PIR-Sensör Tabanlı bir Sistemle Sınıflandırılması

PIR-Sensor based Human Motion Event Classification

O. Urfaloğlu, Emin B. Soyer, B. Uğur Töreyn ve A. Enis Çetin

Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü
Bilkent Üniversitesi, 06800 Ankara

Özetçe

Bu bildiriye, tek bir pasif kızılberisi sensörü (PIR) kullanılarak beş farklı insan hareketi ve bir hareketsiz arka-plan gürültüsünden oluşan toplam 6 çeşit olay için bir sınıflandırma yöntemi önerilmiştir. Otomatik olay sınıflandırma sistemleri, dinamik süreçler barındıran ortamlar için yeni uygulamalara fırsat vermektedir. Olay sınıflandırması, herhangi bir sensör ya da sensör dizisinden gelen işaretlerin analiz edilerek, belirli bir olaya ait dinamik süreçle eşleştirilmesi olarak tanımlanabilir. Genelde, insan etkinliklerinin izlenmesi uygulamalarında kamera ve mikrofonlar kullanılmaktadır. Bir alternatif veya bir tümleyici yaklaşım olarak, bahsi geçen uygulamalarda PIR sensörleri de kullanılabilir. Bu bildiriye, olay sınıflandırılması için Bayes yaklaşımına dayalı olan şartlı Gauss karışım modeli (CGMM) kullanımı önerilmektedir. Deneysel çalışmalarda, bu yaklaşımın başarılı olduğu görülmüştür.

Abstract

In this paper, we use a modified Passive Infrared Radiation or Pyroelectric InfraRed (PIR) sensor to classify 5 different human motion events with one additional 'no action' event. Event detection enables new applications in environments hosting dynamic processes. Typical event detection applications are based on audio or video sensor data. Given a data stream, often the task is to find or classify specific dynamic processes. Most of the applications for the monitoring of human activities in an environment are based on video sensor data. As an alternative or complementary approach, low cost PIR sensors can be used for such applications. The classification is done by a bayesian approach using Conditional Gaussian Mixture Models (CGMM) trained for each class. We show in experiments that using PIR-sensors, different human motion events in a room can be successfully detected.

1. Giriş

Yaygın olarak hareket tespiti amacıyla kullanılan sıcak cisim hareketlerine duyarlı Pasif Kızılberisi sensörler (Passive InfraRed) son zamanlarda diğer sensör

çeşitleriyle birlikte yaşam alanlarının akıllı hale getirilmesi uygulamalarında da kullanılmaya başlanmıştır [7]. Literatürde akıllı bina/oda uygulamalarında özellikle video tabanlı sistemlere rastlanmaktadır [4, 2, 8] Bu sistemler başarılı sonuçlar elde etmektedir. Kaydedilen görüntüler sadece kişilerin rızasıyla oda dışına güvenli hatlar üzerinden aktarıldığı halde, görüntüleri alınan kişiler kameralı sistemlerin evlerinde bulunmasından rahatsız olmaktadır. PIR tabanlı hareket sistemleri bu açıdan görüntü tabanlı sistemlere bir alternatif teşkil edebilir. Literatürdeki başka bir uygulamada [9], PIR sensör dizisi kullanarak insan hareket yönü ve geçen insan sayısı belirlenmektedir.

Bu bildiriye, PIR sensörü tabanlı insan hareketlerinin izlenip sınıflandırılmasına yönelik bir uygulama önerilmektedir. Düşük maliyetli, piyasada geniş çapta bulunan PIR sensörleri, genelde dış ve iç alanlarda sıcak objelerin hareketini saptamak için kullanılır. PIR sensörü, görüş alanındaki herhangi bir sıcaklık değişimini saptayabilmektedir. Bu amaçla piyasada bulunan PIR sensörlerindeki elektrik devresi A/D çevrimi ve basit bir eşikleme yapmaktadır. Böylece sensörden çıkan sonuç ikil bir işaret olmaktadır.

Bu çalışmada PIR sensörünün elektrik devreden eşikleme öncesi 1 boyutlu (1-D) analog sinyali kullanılmaktadır. Bu şekilde, 3-D bilgisi 1-D bilgiye çevirilmektedir ve bu bilgi kaybı, başarılı olay sınıflandırılmasını engelleyebilir. Önerilen yaklaşımda, bir belirsizlik problemi olduğu ve ona rağmen olay sınıflandırılmasının başarısı gösterilmektedir.

Önerilen sistemde, 1-D PIR sinyalinden öznetelik çıkarma için dalgacık dönüşümü kullanılmaktadır. Deneysel sonuçlara göre, dalgacık dönüşüm bölgesindeki sinyal işlemi, sinyaldeki ani değişimleri yakaladığı ve durgun kısmı yoksaydığı nedeniyle, zaman alanındaki sinyal işleminden daha iyi sonuç çıkarmaktadır. Bu uygulamada, sinyaldeki ani değişimler, sürüklemeler veya düşük frekans değişimlerinden daha önemlidir.

Olay sınıflandırılması, şartlı Gauss karışım modeli (Conditional Gaussian Mixture Models (CGMM)) kullanılarak gerçekleştirilmektedir.

Bildiriye, bölüm 2 PIR olay sınıflandırılma sistem-

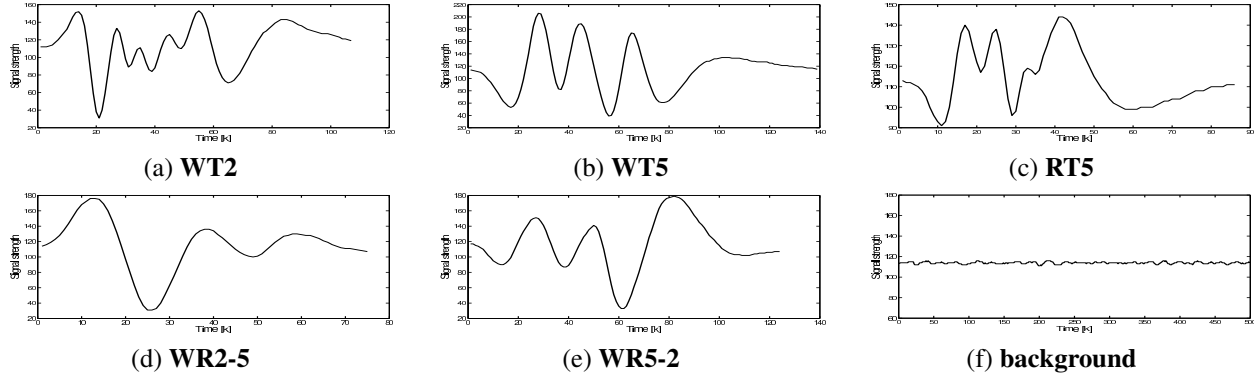


Figure 3: Olaylara ait tipik örneklenmiş sensör sinyaller. Şekiller (d) ve (e), sensöre yakın hareketin büyük genlikli sinyale sebep olduğunu gösterir

Aşağıdaki ortalama ve ortak değişimliliği ile

$$\begin{aligned} \mu_j &= \begin{pmatrix} \mu_{j,a}(10 \times 1) \\ \mu_{j,b}(1 \times 1) \end{pmatrix} \\ \Sigma_j &= \begin{pmatrix} \Sigma_{j,a}(10 \times 10) & \Sigma_{j,b}(1 \times 1) \\ \Sigma_{j,c}(1 \times 1) & \Sigma_{j,d}(1 \times 1) \end{pmatrix}, \end{aligned} \quad (5)$$

CGMM'in ortalamaları $\hat{\mu}_j$ ve ortak değişimliliği $\hat{\Sigma}_j$ şu şekilde hesaplanır [1]

$$\hat{\mu}_j = \mu_{j,b} + \Sigma_{j,c} \Sigma_{j,a}^{-1} (w_{k-10:k-1} - \mu_{j,a}) \quad (6)$$

$$\hat{\Sigma}_j = \Sigma_{j,d} - \Sigma_{j,c} \Sigma_{j,a}^{-1} \Sigma_{j,b}. \quad (7)$$

Böylece, amaçtaki CGMM ele geçirilir

$$q(w_k | w_{k-10:k-1}) = \sum_{j=1}^M \alpha_j \mathcal{N}(w_k, \hat{\mu}_j, \hat{\Sigma}_j). \quad (8)$$

Verilen dalgacık katsayılarıyla $w_k, k = 1, \dots, N$ logaritmik olabilirlik belirlenir

$$\begin{aligned} L &= \log \left(\prod_{k=10}^N q(w_k | w_{k-10:k-1}) \right) \\ &= \sum_{k=10}^N \log(q(w_k | w_{k-10:k-1})). \end{aligned} \quad (9)$$

Sınıflandırılma sonucu \hat{e} , tüm sınıflardan en yüksek logaritmik olabilirliği yaratır.

$$\hat{e} = \operatorname{argmax}_e \{e | L_e\}. \quad (10)$$

Burada, L_e, e sınıfına ait olan logaritmik olabilirliktir.

3. Deneysel Sonuçlar

Sınıflandırma başarımları doğruluğu, her sınıftan 50 kayıt üretilerek saptanır. Kaydedilen örnek sinyaller şekil 3'te

gösterilmiştir. 'Tek bir ayırma' bağımsız geçerlilik sınavıyla, her kayıt için diğer 49 kayıtları kullanarak GMM eğitimi yapılır. Sonuçta, her sınıfta test için 50 kayıt oluşturulur.

Tab. 1 her eğitilmiş sınıfın Gauss sayısını M_e gösterir.

class	WT2	WT5	RT5	WR2-5	WR5-2	BG
M_e	9	1	6	7	1	1

Table 1: Her GMM p_e 'e ait olan Gauss sayısı M_e

Tablo- 2'de önerilen yaklaşımın 6 farklı sınıf için sınıflandırma başarımları gösterilmektedir. Başarımlar olasılığı P_s ile belirtilmiştir. Yanlış sınıflandırma hataları birbiriyle bulunmamaktadır, yani bir sınıf sadece bir tane başka sınıf e_f olarak hatalı saptanmaktadır. Hangi

class	WT2	WT5	RT5	WR2-5	WR5-2	BG
P_s	1	0.98	0.98	0.96	0.92	1
e_f	-	WT2	WT2	WR5-2	WR2-5	-

Table 2: Sınıflandırma başarımları ve yanlış sezilen sınıflar

sınıfların birbirine benzer olduğu, denklem (9)'daki birikimli olabilirlik değerlerle belirlenir. Şekil 4'de her sınıftan bir olan 6 değişik hareket dizisinden oluşan logaritmik olabilirlik değerleri gösterilmektedir. Şekil 4 (a)'ya göre, sınıf WT2 ve WT5 logaritmik olabilirlik değerleri benzerdir. Şekil 4 (e)'ye göre, sınıf WR2-5 ve WR5-2'de benzerlik bulunur. Başka bir ilginç benzerlik ise RT5 ve WT2 arasında, şekil 4 (c)'de görülmektedir. Bu benzerlik, sezgisel özellik olarak sensöre yakın bir teğet yürüyüşün bir bakımdan sensöre uzaktaki bir teğet koşuşuna benzemesine karşı düşer.

Toplamda, arkaplan olayı diğer olaylardan iyice ayrılabilir. Toplamda, arkaplan olayı diğer olaylardan iyice ayrılabilir.

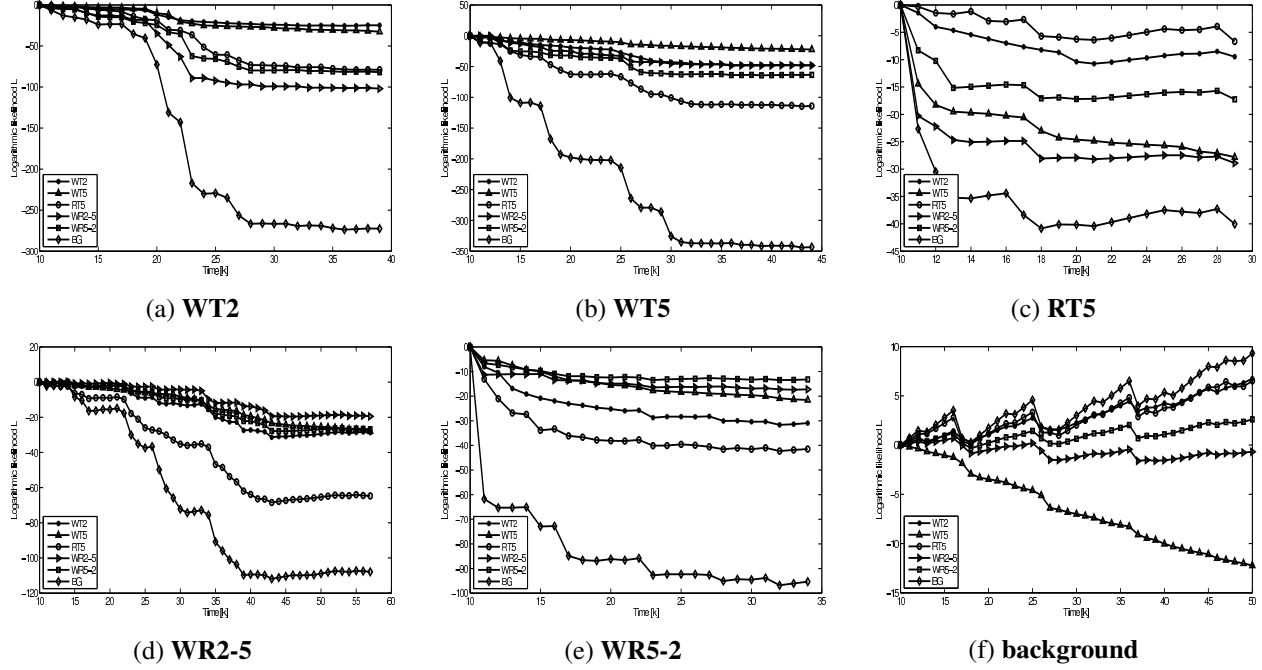


Figure 4: Birikimli logaritmik olabilirlik şekilleri: (a) teğet yürüyüş (2m), (b) teğet yürüyüş (5m), (c) teğet koşuş (5m), (d) radyal yürüyüş (2m'den 5m'ye), (e) radyal yürüyüş (5m'den 2m'ye) ve (f) arkaplan sinyali

4. Teşekkür

Bu çalışma, TÜBİTAK 105E065 BTT-TÜRKİYE, 105E121 ve AT FP6-507752 (MUSCLE-NoE) projeleri tarafından desteklenmektedir.

5. Sonuçlar

Pasif kızılberisi sensörler 3 boyutlu bir ortamdan sadece tek boyutlu bir işaret üretmelerine rağmen, deneysel sonuçlar bu tek boyutlu işaretle insan hareketlerinin başarılı bir biçimde sınıflandırılabilirliğini göstermektedir. Sadece tek bir PIR sensörü kullanıldığı takdirde, ayrıştırılacak sınıflara ait logaritmik olabilirlik değerleri birbirine yakın olmaktadır. Bu sebeple sınıf sayısının artırılması sistemin sınıflandırma başarımını düşürmektedir. Bundan sonraki çalışmalarımızda PIR sensör sayısı arttırılacak, daha dayanıklı bir sınıflandırma için PIR sensör dizilimi kullanılacaktır.

6. Kaynakça

[1] Anderson and Moore. *Optimal Filtering*. Dover Publications, 1979. ISBN-10: 0486439380, ISBN-13: 978-0486439389.

[2] A. Hakeem and M. Shah. Learning, detection and representation of multi-agent events in videos. *Artif. Intell.*, 171(8-9):586–605, 2007.

[3] C. W. Kim, R. Ansari, and A. E. Çetin. A class of linear-phase regular biorthogonal wavelets. In *IEEE*

International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing, pages 673–676, 1992.

- [4] G. G. Medioni, I. Cohen, F. Bremond, S. Hongeng, and R. Nevatia. Event detection and analysis from video streams. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 23(8):873–889, 2001.
- [5] R. A. Redner and H. F. Walker. Mixture densities maximum likelihood, and the em algorithm. *SIAM Review*, 26, april 1984.
- [6] D. M. Titterton, A. F. M. Smith, , and U. E. Makov. *Statistical Analysis Of Finite Mixture Distributions*. John Wiley & Sons, 1985.
- [7] B. U. Töreyn, E. B. Soyer, I. Onaran, and A. E. Çetin. Falling person detection using multi-sensor signal processing. *EURASIP Journal on Advances in Signal Processing*, (29), 2008.
- [8] Z. Xie, M.-L. Shyu, and S.-C. Chen. Video event detection with combined distance-based and rule-based data mining techniques. In *IEEE International Conference on Multimedia & Expo*, pages 2026–2029, july 2007.
- [9] P. Zappi, E. Farella, and L. Benini. Enhancing the spatial resolution of presence detection in a pir based wireless surveillance network. In *Proc. IEEE Int. Conf. on Advanced Video and Signal based Surveillance*, 2007.