

Çevresel Zekâ ve Algılama Destekli Akıllı Ev

Halil Ertan, Hande Alemdar, Özlem Durmaz İncel, Cem Ersoy

Bogaziçi Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Bilgisayar Ağları Araştırma Laboratuvarı, NETLAB, İstanbul
halil.ertan, hande.alemdar, ozlem.durmaz, ersoy@boun.edu.tr

Özet: Gittikçe maliyetleri düşüp, yetenekleri artan kablosuz algılayıcılar çeşitli nedenlerle gereksinim duyduğumuz akıllı ev uygulamalarını mümkün kılmaya başlamışlardır. Bu uygulamalardan biri de gittikçe yaşlanan ev sakinlerinin, mümkün olduğunca evlerinde dışarıdan destek almadan, bağımsız, yalnız yaşamaya devam edebilmeleri için gerekli insan eylemi tanıma uygulamalarıdır. Bu amaçla iki yetişkinin paylaştığı bir ev değişik tipte telsiz algılayıcılarla donatılmış ve bir ay boyunca evde yapılan aktiviteler ilerde tanıma çalışmalarının doğrulanabilmesi amacıyla etiketlenmiştir. Bu bildiriye, bu algılayıcıların montajından, veri toplamanın zorluklarına, toplanan verinin nasıl işlenebileceğinden, ne tip sonuçlar elde edilebildiğine kadar uzanan deneyimler aktarılmaktadır.

Anahtar Sözcükler: Çevresel Zekâ, Kablosuz Algılayıcı Ağlar, İnsan Eylemi Anlama.

Ambient Intelligence and Sensing Supported Smart House

Abstract: Capabilities of wireless sensors are increasing while their prices are decreasing. This creates an opportunity for the implementation of different smart home applications. One of these applications is the recognition of daily activities for supporting the independent living of elderly. For that purpose, a house with two male adults is installed with various wireless sensors and activities of daily living are tagged for a full month to be used as the ground truth. This paper describes the valuable experience obtained while installing and operating the sensors, the techniques used for analyzing the data and the preliminary results.

Keywords: Ambient Intelligence, Wireless Sensor Networks, Human activity Recognition.

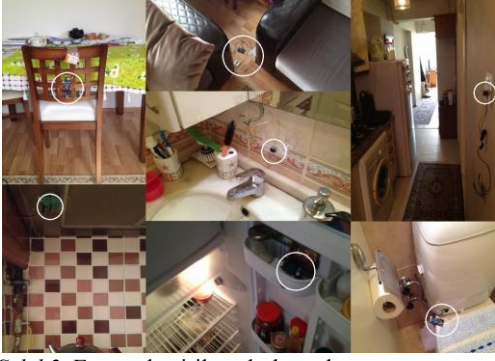
1. Giriş

Kablosuz Algılayıcı Ağlar (KAA) düşük maliyetleri, kablosuz haberleşme, işbirlikçi algılama ve zekâ yetenekleri sayesinde çok farklı uygulama alanlarında verimli çözümler sağlamaktadırlar. Bu uygulama alanlarından birisi de akıllı ev, ya da başla bir deyişle ev otomasyonu, uygulamalarıdır [1]. Akıllı ev ortamlarında KAAlar, ışık kontrolü, uzaktan ev yönetimi, akıllı enerji yönetimi, güvenlik ve emniyet, evde sağlık ve evde bakım gibi çeşitli uygulamalarda kullanılabilir. KAAlar, ortamdaki sıcaklık, ışık seviyesi gibi, çevresel değişkenlerin izlenmesinde kullanılacakları gibi aynı zamanda insan hareketlerinin algılanması ve takibinde de kullanılabilirler. Günlük aktivitelerin takibi, davranışların öğrenilmesi ve böylelikle rutinlerdeki değişikliklerin fark edilmesi özellikle sağlık ve ortam destekli yaşam konularında fayda sağlayabilir.

Kullanılacak olan algılayıcılar ve izlenecek olan eylemler uygulama amaçlarına göre değişiklik gösterebilir. Örneğin, egzersiz ya da spor uygulamalarında kullanıcının ne kadar hareketli olduğunu anlamak için ivmeölçer gibi hareket algılayıcılar koşma, yürüme gibi eylemlerin anlaşılmasında kullanılabilirken, kişinin davranışlarının daha kapsamlı algılanabilmesi için uyumak, yemek yemek, banyo yapmak gibi günlük yaşam aktivitelerinin takibinde değişik algılayıcılar kullanmak daha etkin ve yaygın bir çözümdür. Günlük yaşam aktivitelerinin takibinde insan vücudu üzerinde

taşınabilecek ya da ortama yerleştirilmiş algılayıcılar kullanılabilir. Ortamsal algılayıcılar, vücutta taşınan algılayıcılarla karşılaştırıldığında kişinin harici bir aygıt taşımaması ve faaliyetlerini sınırlamaması gibi önemli avantajlar sağlamaktadırlar. Ayrıca kamera tabanlı insan hareketi takibi uygulamalarına göre de özel hayata etki etmemeleri gibi avantajları göze çarpmaktadır.

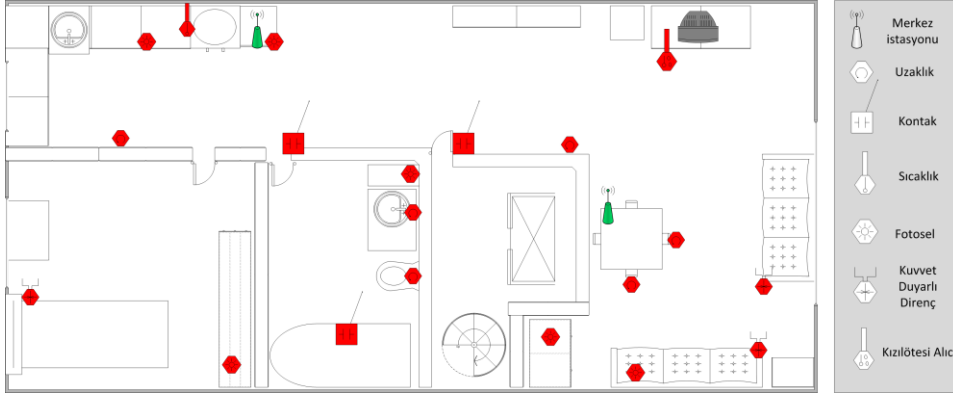
Çevresel algılayıcı destekli akıllı ev ortamlarında günlük insan hareketlerinin takibi konusundaki uygulama alanlarına daha yakından baktığımızda özellikle sağlık ve ortam destekli yaşam konuları ön plana çıkmaktadır. Sağlık alanında, örneğin kullanıcının ne kadar süre uyuduğunu, kaç kez tuvalete gittiğini anlamak Alzheimer gibi hastalıkların teşhisi ya da gidişatı hakkında fikir verebilir [2]. Öte yandan ortam destekli yaşam uygulamaları için uzun süreli insan hareketlerinin takibi insan davranışlarının ve günlük rutinlerin öğrenilmesine ve bu rutinlerden sapmaların anlaşılmasına yardımcı olabilir. Ayrıca akıllı ev ortamında günlük eylemlerin yakından takibi, evde yaşayan kişilerin elektrik, su gibi kaynak tüketimini takip etmek ya da kişilerin birbirleriyle, örneğin aile içindeki, etkileşimlerini izlemek için de kullanılabilir. Bu alanların yanı sıra, ortamdaki algılayıcılarla insan aktivitelerinin takibi, davranış değişikliğini desteklemek için ikna edici uygulamalarda da yardımcı olabilir. Örneğin, eğer kişi sağlıksız beslenme alışkanlıklarını değiştirmek istiyorsa ya da evdeki gereksiz kaynak tüketimini azaltmak istiyorsa, günlük aktivitelerin takibi ve



Şekil 2: Eve yerleştirilen algılayıcılar

Fotoseller ortamdaki ışık yoğunluğuna karşı duyarlıdır ve evde dolap içlerine, buzdolabı içine ve çekmecelere yerleştirilerek açma ve kapama gibi eylemlerin anlaşılmasında kullanılmışlardır. Uzaklık

algılayıcıları 10 cm gibi kısa mesafedeki nesnelerin varlığını ölçmekte yararlıdır. Evde musluk ve klozet kapağına yerleştirilerek el yıkama ve tuvalet eylemlerinin anlaşılmasında kullanılmışlardır. Sonar uzaklık algılayıcıları ise daha uzun menzildeki (6,45 metre kadar) nesnelerin varlığını ölçebilmekte ve evde koridorlara ve oda girişlerine yerleştirilerek geçişlerin izlenmesinde destek sağlamışlardır. Kontak algılayıcılar, fotoseller gibi kapıların ve çekmecelerin açılıp kapanması eylemlerini yakalamak için benzer yerlere monte edilmişlerdir. Sıcaklık algılayıcı mutfakta ocak yakınlarına yerleştirilmiş ve yemek yapma/hazırlama eylemlerini tanımadaki kullanılmıştır. Kızılötesi alıcı ise televizyonun çözücü ünitesinin üzerine yerleştirilmiş ve televizyon izleme eyleminin takibinde kullanılmıştır.



Şekil 3: Ev planı ve algılayıcıların konumları

Şekil 2’de eve yerleştirilen algılayıcıların resimleri gösterilirken Şekil 3’te evin planı ve algılayıcıların yerleri verilmiştir. Algılayıcıların tiplerinin ve yerlerinin seçimi konusunda en önemli nokta algılayıcıların ve hedeflenen eylemlerin eşleştirilmesi ve buna göre karar verilmesidir. Örneğin tuvalet eyleminin gerçekleşmesi için, birçok hareketin/aktivitenin aynı anda ya da arka arkaya tüm eylem boyunca gerçekleşmesi beklenir. Öncelikle kişi tuvalet kapısını kapatır ve bu ilk aktiviteyi tetikler ve banyo kapısına yerleştirilmiş olan kontak algılayıcı veri göndermeye başlar. Daha sonra kişinin klozet kapağını kaldırmasıyla kapağa yerleştirilmiş olan dijital uzaklık algılayıcı veri göndermeye başlar. Daha sonra musluğun yanına yerleştirilmiş olan uzaklık algılayıcı kişi ellerine yıkamaya başlayınca aktive olur ve veri iletmeye başlar. Özet olarak, tüm bu hareketler bütünsel olarak tuvalet eylemini oluşturmaktadır. Eve yerleştirilen tüm algılayıcılar ve hedeflenen eylemlerin listesi Tablo 1’de verilmiştir.

2.4. Veri Toplama

Literatürdeki çalışmaların birçoğundan farklı olarak, bu çalışmada laboratuvar ortamı yerine gerçek bir ev ortamında ve tek kişinin yaşadığı bir evden veri toplamak yerine çok sakinli bir evden veri toplanmıştır. Gerçek veri kümelerinin oluşturulması yaygın hesaplamalı insan eylemleri tanıma sistemlerinin yaygınlaşması için bir zorunluluktur ve bu çalışmadaki motivasyonumuz tek sakinli akıllı ev ortamları konusundaki genel geçerliğin çok sakinli akıllı ev ortamlarında da sağlanabileceğini göstermektir. Ayrıca, çok sakinli bir ev ortamında kişilerin eylemlerinin yanı sıra kişiler arasındaki sosyal etkileşimi de takip etmek mümkün olacaktır. Evde yaşayan kişilerin çevreleri ve dolayısıyla algılayıcılarla etkileşimlerini takip etmek için algılayıcılar sürekli örnekleme yapmıştır.

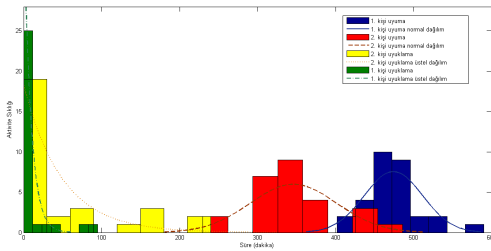
	Algılayıcı Cinsi	Konumu	Hedef Eylem
Ph1	Fotosel	Oturma odasındaki dolabın içinde	1. kişinin gardirobunu kullanması
Ph2	Fotosel	Oturma odasındaki yatak olarak kullanılan kanepenin içinde	1. kişinin uyku eylemi
Ir1	Kızılötesi Alıcı	Oturma odasındaki TV önünde	TV İzleme
Fo1	KDD	Oturma odasındaki 1. kanepenin altında	Kanepede oturma, uzanma, uyuklama
Fo2	KDD	Oturma odasındaki 2. kanepenin altında	Kanepede oturma, uzanma, uyuklama
Di3	Dijital Uzaklık Algılayıcı	Oturma odasındaki sandalyenin arka tarafında	Sandalyede oturma
Di4	Dijital Uzaklık Algılayıcı	Oturma odasındaki sandalyenin arka tarafında	Sandalyede oturma
Ph3	Fotosel	Mutfaktaki buzdolabının içinde	Buzdolabı kullanımı
Ph4	Fotosel	Mutfaktaki çekmece içinde	Mutfak çekmece kullanımı
Ph5	Fotosel	Yatak odasındaki gardirobun içinde	2. kişinin gardirobunu kullanması
Ph6	Fotosel	Banyodaki dolabın içinde	Banyo eylemlerinin anlaşılmasında dolabın kullanımı
Co1	Kontak Algılayıcı	Dış kapıda	Dışarı çıkma, kapının açılması
Co2	Kontak Algılayıcı	Banyo kapısında	Banyo kapısının açık yada kapalı olması
Co3	Kontak Algılayıcı	Duşakabin kapısında	Duşakabin kapısının açık yada kapalı olması
So1	Sonar Uzaklık Algılayıcı	Koridordaki duvarda	Koridordan geçişler
So2	Sonar Uzaklık Algılayıcı	Mutfak duvarında	Mutfak eylemleri
Di1	Dijital Uzaklık Algılayıcı	Banyodaki musluğun yanında	Musluğun kullanımı, el yıkama
Di2	Dijital Uzaklık Algılayıcı	Klozet kapağında	Tuvalet eylemleri
Te1	Sıcaklık Algılayıcı	Mutfakta ocağın üzerinde	Yemek eylemleri
Fo3	KDD	Yatak odasındaki yatağın altında	2. kişinin uyuması

Tablo 1: Kullanılan algılayıcılar, konumları ve hedeflenen eylemler

Düşük örnekleme aralığı kişilerin hareketliliği göz önüne alındığında verikayıbına yani eylemlerin ve hareketlerin düzgün yakalanamamasına sebep olabilir. Öte yandan yüksek örnekleme aralığı ise algılayıcıların bataryalarının çabuk tükenmesine yol açabilir. Bunlar göz önünde bulundurularak, veri toplama aşamasında örnekleme aralığı 10 Hz olarak seçilmiştir. Ayrıca, pil kullanım sürelerini uzatmak için algılayıcılar sürekli kablosuz olarak veri göndermekten ziyade sadece gönderecek verileri olduğunda, yani aktive olduklarında veri gönderecek şekilde programlanmıştır. Bu iyileştirmeler sonucunda algılayıcıların ne kadar aktive olduğuna ve ne kadar sıklıkla veri gönderdiklerine göre 30 gün boyunca

amacımız insanların davranışlarını takip ederek ve öğrenerek hayat kalitelerini arttırmaktır. Özellikle sağlık ve sosyal iletişim konuları hedeflenmektedir. Bu bağlamda temel olarak eylem süreleri, eylem sıklıkları ve eylem zamanları dikkate alınmıştır. Örneğin Şekil 4'te 30 gün boyunca evde yaşayan kişilerin ne kadar süre uydukları ve uyukladıkları ile ilgili bilgiler gösterilmiştir. Buna göre, örneğin ikinci kişinin günlük ortalama uyku süresi yaklaşık 5,5 saat olarak hesaplanmıştır. Bu süre sağlıklı bir yaşam için az bir süredir ve akıllı evden yaptığımız çıkarımlarla kişiye daha uzun süreli uyuması gerektiği tavsiye edilebilir. Uyku sürelerindeki ya da sıklıklarındaki değişimleri göz önünde bulundurularak ayrıca insanların davranışlarındaki farklılıklar yakalanarak Alzheimer gibi hastalıkların teşhisi ya da gidişatı hakkında destek verilebilir. Sosyal iletişim konusunda, örneğin kişilerin beraber harcadıkları vakitler takip edilerek aile içi iletişimi arttırmaları tavsiye edilebilir.

Şekil 4:



Evdeki günlük ortalama uyuma ve uyuklama süreleri

2 ila 8 kez pillerin değiştirilmesi söz konusu olmuştur. Verilerin etiketlenmesi için kullanıcılara basit bir bilgisayar arayüzü sağlanmış ve bu arayüzden 27 farklı etiket arasından seçim yapmaları istenmiştir.

3. Veri Analizi ve Çıkarımlar

İnsan eylemlerinin ve davranışlarının öğrenilmesi konusunda yürüttüğümüz bu çalışmada temel

4. Sonuç ve Öneriler

20 değişik telsiz algılayıcı ile donatılmış gerçek bir evde yaşayan iki kişiden bir ay boyunca sürekli toplanan veri, insan eylemleri tanıma çalışmaları açısından çok değerlidir. Sınıflama çalışmalarının başarımlarının belirlenebilmesi için her gün 60-100 arası eylem etiketlenmiştir. Bu verilerden elde edilen ön sonuçlara göre evde yaşayan kişilere daha sağlıklı yaşayabilmeleri açısından uyku veya yemek alışkanlıkları ile ilgili iyileştirme önerileri yapılabilir. Eğer ilerde bu tip bir sistem sizden uzak yaşayan yaşlı bir yakınınızın evine kurulursa, bu kişinin sağlık durumu, bilişsel yeteneklerindeki uzun vadeli değişiklikler izlenebilir. Şu anda bir yandan toplanan veri ile en yüksek başarılı eylem tanıma çalışmaları

yapılırken, öte yandan da bu tip bir sistem yeni bir eve kurulurken, öğrenilen model parametrelerinin yeni eve aktarılabilmesi için makine öğrenme yöntemleri araştırılmaktadır.

İnsan eylemlerinin tanınması konusundaki en büyük zorluklardan biri algılayıcılardan gelen veriden insan eylemlerinin anlaşılmasıdır. Bu çalışmada algılayıcılardan toplanan işlenmemiş verinin hedef eylemlerle eşleştirilmesi konusunda denetimli makine öğrenmesi algoritmalarından yararlanılmakta ve toplanan veri faktöriyel saklı Markov modelleri ile işlenmektedir. Öğrenilen model değişkenlerinin, önerilen akıllı ev sistemi başka evlere yerleştirilirken aktarmalı öğrenme [8] yöntemleri ile yeni ortamlara göre ayarlanabilmesi hedeflenmektedir.

5. Kaynaklar

[1] C. Gomez and J. Paradells, “Wireless home automation networks: A survey of architectures and technologies,” *Communications Magazine, IEEE*, vol. 48, no. 6, sf. 92 – 101, 2010.

[2] H. Ertan, H. Alemdar, O. Durmaz Incel, C. Ersoy, Bilişsel rahatsızlıkları olan kişilerin yaşam kalitesini artırmak için akıllı bir koltuk tasarımı, SIU 2012, Fethiye-Muğla, 2012.

[3] D. Cook, M. Schmitter-Edgecombe, A. Crandall, C. Sanders, and B. Thomas, “Collecting and disseminating smart home sensor data in the casas Project”, In Proc. of CHI09 Workshop on Developing Shared Home Behavior Datasetsto Advance HCI and Ubiquitous Computing Research, 2009.

[4] Emmanuel Munguia Tapia, Stephen S. Intille, and Kent Larson. “Activity recognition in the home using simple and ubiquitous sensors”. In *Pervasive*, sf. 158–175, 2004.

[5] Anthony Fleury, Michel Vacher, and Norbert Noury. SVM-Based Multimodal Classification of Activities of Daily Living in Health Smart Homes: Sensors, Algorithms, and First Experimental Results. *IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine*, 14(2):274–283, 2010.

[6] T. van Kasteren, A. Noulas, G. Englebienne, and B. Kruse, “Accurate activity recognition in a home setting,” in *Proceedings of the 10th international conference on Ubiquitous computing*, New York, NY, USA: ACM, 2008, sf. 1–9.

[7] Arduino open-source electronics prototyping platform, <http://www.arduino.cc/>

[8] T. L. M. van Kasteren, G. Englebienne, and B. J. A. Kruse. Transferring knowledge of activity recognition across sensor networks. *Pervasive Computing*, sf. 283–300, 2010.