Pamukkale Univ Muh Bilim Derg, 23(5), 581-587, 2017

Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi

Pamukkale University Journal of Engineering Sciences

Akıllı kapılara yeni özellik: Bilgi paylaşımlı güvenlik

A new peculiarity to intelligent doors: Security through information sharing

Mehmet Hilal ÖZCANHAN[1*]

[1]Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir, Türkiye.
hozcanhan@cs.deu.edu.tr

Geliş Tarihi/Received: 13.02.2016, Kabul Tarihi/Accepted: 28.10.2016 doi: 10.5505/pajes.2016.48753
* Yazışılan yazar/Corresponding author Araştırma Makalesi/Research Article

Öz

Günümüzde inşa edilen yeni binalar, içerilerine eklenen gömülü sistemler vasıtasıyla akıllı hale getirilmektedir. Bunun yanında, tüm dünyadaki gibi yurdumuzda da akıllı bina kullanıcılarına sağlanan avantajları ortalama alım gücüne sahip kullanıcılara da sağlanmak amacıyla, yüksek maliyeti olmayan akıllı giriş kapı çözümleri sunulmaya başlanmıştır. Bu çalışmada hem yeni binaların giriş kapıları, hem de mevcut giriş kapılarının güvenliğini ve işlevselliğini artırıcı akıllı kapı eklentisi önerisinde bulunulmaktadır. Çalışmamız gömülü sistem donanımı ve yazılım öğeleri içermektedir. Öneri, Arduino platformuna dayalı somut bir prototip tasarımı ve pilot bir uygulama ile desteklenmektedir. Yazılım kısmında hem sunucu hem de istemci yazılımları geliştirilmiştir. Özetle, sistem ev sahibi evde olmadığı zamanlarda kapısını çalanla uzaktan görüşme olanağına ve tercih ettiği takdirde ziyaretçilerle ilgili tecrübe ve bilgileri diğer gönüllü sosyal paydaşlarla karşılıklı paylaşarak, gelişmelerden önceden haberdar olma avantajlarına kavuşturulmaktadır. Önerilen çözüm Nesnelerin İnternet'ine somut bir örnek teşkil etmekle kalmamakta, günümüzün sosyal paylaşım düşkünlüğünü bir avantaja dönüştürmektedir. Tasarıma uygun olarak üretilen bir sistem ile yapılan testler ve sonuçları da bu çalışmada takdim edilmektedir. Önerilen tasarım benzer çözümlerle kıyaslanmakta ve kıyaslama sonuçları tartışılmaktadır. Planlanan ileriki çalışmalar da sonuçtan sonra ortaya konmaktadır.

Anahtar kelimeler: Akıllı evler, Akıllı kapılar, Gömülü sistemler, Güvenlik

Abstract

Today's newly constructed buildings are being turned into intelligent homes, by the addition of embedded systems into them. In order to provide advantages similar to intelligent home users in our country, relatively lower cost intelligent entry door solutions are being offered to middle class consumers, as in other countries. In present work, a new intelligent door accessory is proposed which increases the security and functionality of both new and already installed doors. Our work involves embedded system hardware and software components. The proposal is supported by a prototype design based on the Arduino platform and a concrete pilot application. The software part contains both a server and a client application. In brief, the system provides the house owner with the opportunity to remotely meet the person knocking at the door and the advantages of obtaining in advance information about visitors, by sharing preferred information reciprocally with other social group members. The presented design is not only a concrete example for Internet of Things technology, but it also turns the social media frenzy into an advantage. In this paper, the tests conducted on a system produced according to the proposed design and the test results are also presented. The proposed solution is compared with similar solutions. The comparison results are discussed and the planned future work is put forward, after the conclusion.

Keywords: Intelligent homes, Intelligent doors, Embedded systems, Security, Smart doors

1 Giriş

Günümüzde işlemci-hafıza içeren cihazların, bilgisayarların boyutlarının küçülmesi ve kablosuz iletişimin yaygınlaşması ile ev otomasyonlarında kullanımları artmıştır [1]. Ev otomasyonları daha çok enerji tasarrufunun, yaşam konforunun ve ev güvenliğinin artırılmasına yönelik uygulamalardan oluşmaktadır [1],[2]. Özellikle taşınabilir (mobil) akıllı cep telefonu ve tablet bilgisayarların (tabletler) İnternet'e erişimi kolaylaştıkça hareket halindeki kullanıcıların ev-yaşamı konforunu artıran ve kolaylaştıran uygulamalar genişlemiştir. Örnek olarak bulunulan çevredeki mekânların anlık reklam-kampanya-duyurularının alınması, evlerdeki cihazların uzaktan kontrolü, hırsızlık girişimlerinin cep telefonlarına haber verilmesi sayılabilir. Özellikle bir eve ait aksam ve öğelerin gömülü sistem eklentileriyle yönetilebilir hale (akıllı) getirilmeleri, ardından kablolu telefonlar vasıtasıyla aletlerin uzaktan yönetilebilmesi Akıllı Ev kavramının yaygınlaşmasına sebep olmuştur [3]. Eve ait öğeleri uzaktan yönetmekle sağlanacak enerji tasarrufunun çözüm maliyetlerini amorti edebileceğinin anlaşılması ile de tek hanelik evlerden tüm gökdelen dairelerine varan büyüklükte binaları kapsayan akıllı çözüm yelpazesi ortaya çıkmıştır. Akıllı Ev (tek konut) çözümleri ile Akıllı Bina (tüm daireler) çözümleri, kapsamları açısından birbirlerinden farklı tutulmaktadır. Ancak, Avrupa Birliği'nce yayınlanan Binaların Enerji Performansı Yönergesi'ne (BEPY) göre çeşitli kategorilerdeki binaların ya da tek tek evlerin enerji harcamalarına daha katı kurallar getirilmesi tavsiye edilmektedir [1],[4]. Bu açıdan, sağladığı enerji tasarrufu nedeniyle Akıllı Ev çözümleri BEPY'ni destekleyen teknolojiler kategorisinde yer almaktadır. Ancak, Akıllı Bina tasarımları daha çok yeni binalara uygulanmakta ve yüksek gelirli kullanıcı kesimine hitap etmektedir. Mevcut evlerin çoğunluğunun ise BEPY'ne uyumlu olmaktan uzak olduğu bilinmektedir.

Altında yatan gömülü sistemler teknolojisi pahalı olmaktan çıktıkça, Akıllı Bina çözümleri yaygınlaşmıştır. Tarihçe olarak iletişimin pahalı sayıldığı 1993 tarihli çalışma [1]'den günümüze, yönetilebilen konut öğelerinin sayısı epey artmıştır [2]. Kablolu telefon veya kiralık hatlar üzerinden yönetilen elektronik ve bilgisayarlı cihazlar, İnternet Servis Sağlayıcı hizmetlerinin ucuzlamasıyla da İnternet üzerinden yönetilmeye başlanmıştır. Böylece Nesnelerin İnterneti (Internet of Things, IoT) teknolojisi doğmuş, ev otomasyonlarında yer alan ev aletleri ve öğeleri de IoT teknolojisiyle yönetilenlerin başında gelen aletler olarak bu alanda yerlerini almışlardır [5],[6]. Gömülü sistem yazılımcılığındaki gelişmeler de Akıllı Ev uygulamalarını

ivmelendirmiş, öğeler üzerinde tek tek uzmanlaşmaya yardımcı olmuştur. Bu çalışmada odaklanılan konu ise Akıllı Evlerde bir bölüm olarak gözetilen ve genellikle sadece kilit kısmı dikkate alınan giriş kapılarının akıllı hale getirilmesidir. Yayının geriye kalan bölümlerinde, Mevcut çözümler ve Akademik Çalışmalar 2. Bölümde aktarılmaktadır. 3. Bölümde önerilen donanım ve yazılım anlatılmaktadır. 4. Bölümde yapılan testler ve sonuçları açıklanmakta ve tartışılmaktadır. Sonuç ve gelecek çalışmalar ise 5. Bölümde sunulmaktadır.

2 Mevcut çözümler ve akademik çalışmalar

Günümüzdeki Akıllı Ev ve Akıllı Kapı çözümleri sadece enerji tasarrufu sağlamayı değil, yaşam konforu ve ev güvenliğini de artırmayı amaçlamaktadır [1],[2].

2.1 Mevcut ticari çözümler

2.1.1 Akıllı Evler

İlk Akıllı Ev çözümünün 1975 yılında İskoç bir firma tarafından sunulduğu kabul edilmektedir. X10 protokolunu geliştiren firma, bağdaşan ev aletlerinin mevcut elektrik hatları üzerinden haberleşebilmesini sağlamıştır [5]. Daha sonra arz topluluğu Siemens, Cisco, IBM ve Microsoft gibi uluslararası büyük firmalarla büyümüştür [7]. Ülkemizde de yerli ve yabancı menşeili birçok çözüm satışa sunulmuştur. Yeni inşa edilen çok katlı yüksek binalarda olabildiğince çok ev işlevini üstlenmek hedeflenmektedir. Mevcut ikametgâh ve binalara Akıllı Ev özelliği kazandırmak yeni veri-enerji kablolaması ve ev aksamlarında tadilat-değişim gerektirdiğinden tercih edilmemektedir. Akıllı Evlerin sağladığı avantajlar, sınıfları, kurulum yöntemleri ve öğeleri hakkında detaylı bilgi almak için salt Akıllı Evler hakkında yayınlara yer veren International Journal of Smart Home Dergisi'nin sitesinden yararlanılmaktadır [8]. Bu çalışmada, rekabet eşitliğini bozmamak adına ürün isimleri verilmemiştir.

2.1.2 Akıllı kapılar

Akıllı giriş kapıları da Akıllı Ev çözümlerine benzer avantajları sunmayı hedeflemekte ve yerli-yabancı birçok farklı ürün satışa sunulmaktadır. Klasik çözümler, ev içerisindeki kişilere kapıyı çalanların ses ve görüntülerini ulaştırmak üzerine yoğunlaşmıştır. Ancak, bu çözümler evde kimsenin olmadığı durumlarda kimseye fayda sağlamamaktadır. Zamanla giriş kapılarının özel statüsü fark edilmiş ve ayrı bir öğe olarak ele alınmaya başlanmışlardır. Hatta Akıllı Ev çözümlerinin bazı öğeleri Akıllı Kapı çözümleri olarak sunulmuştur [9]. Dünyaca ünlü firmaların çözümleri yurdumuzda Akıllı Ev çözümleriyle aynı kategori altında tüketiciye sunulmaktadır [10]. Ancak bu çözümlerde daha çok kapıdaki kilidin uzaktan açılmasına veya kapatılmasına odaklanıldığı görülmektedir [11]. Ticari çözümlerin ticari sır ve patent haklarına tabii satış ürünleri olmalarından dolayı haklarında detaylı teknik bilgi alınamamakta, sadece sağladıkları avantajlı özellikler tekrarlanmaktadır.

Sunulan çözümlerin yazılımlarının hangi programlama dilinde veya hangi veri tabanı kullanılarak üretildiği; azami kaç tane kullanıcının çözüme ait ortak veri tabanını kullanabilme kapasitesi olduğu bilinmemektedir. Bu özellikler hem ticari çözümler hakkında detaylı tartışmaya girilmesini engellemekte, hem de kullanıcıları olumsuz etkileyecek bir bilinmez olarak kalmaktadır [4]. Akıllı giriş kapılarının son kullanıcı fiyatları Akıllı Ev çözümlerinden daha ucuz, ancak bir beyaz eşya fiyatından daha yüksek olmaktadır. Bunun en önemli göstergesi Akıllı Ev fiyatlarına kapının da dâhil edilmesidir [9].

2.2 Önceki akademik çalışmalar

Akademik çalışmalar ev otomasyonlarının sınıflandırılmasıyla başlamıştır [1]. Daha sonra X10 teknolojisi yerine, kişisel bilgisayar ve Çift Ton Çok Frekanslı (Dual Tone Multi-Frequency, DTMF) telefon ve bilgisayar kullanan ev otomasyonu önerisinde bulunulmuştur [3]. Sonraki aşamada kişisel bilgisayarın yerini DTMF'li uzaktan kumanda konsolu almıştır [12]. DMTF de yerini kategori 5 yapısal kablolama ve radyo frekanslı, kablosuz önerilere bırakmıştır [2]. Bir sonraki çözüm önerileri yerel alan ağ yapısı kullanımına yönelmiştir. Önce eve ait öğeler Ethernet protokolü kullanabilen ağ bağlantısı donanımına kavuşturulmuş; bilahare, öğeler evdeki yerel alan ağ içerisine dâhil edilmiştir. Merkezdeki yerel ağ kumanda konsoluna sırasıyla telefon, kiralık hat, yaygınlaşan İnternet veya GSM operatörlerinin altyapısı üzerinden uzak bağlantı önerilmiştir. İlk İnternet tabanlı önerilerden birisi olan çalışma [13]'te aynı zamanda veri tabanı kullanılması da önerilmiştir. İnterneti kullanan diğer bir çalışmada ise günümüzün yıldızı parlayan teknolojisi IoT'ye atıfta bulunularak, bir ağ etrafında toplanmış fiziksel öğelerin İnternet üzerinden yönetilmesi örnek bir uygulama ile gösterilmiştir [6]. Aynı çalışmada, boyutu küçülen bilgisayarlara örnek teşkil eden bir platform kullanılmıştır. Günümüzde Akıllı Ev çözümlerinde kullanılan kablolu ve kablosuz ağ teknolojileri (WLAN, Zigbee gibi) çalışma [14]'te incelenmekte ve evlere sağlanabilecek güvenlik ile ilgili bir örnek sunulmaktadır. Akıllı Evlerde kullanılan iletişim teknolojileri ve yöntemleri güvenlik sağlamadaki başarıları yönünden, 2016'da yayınlanan detaylı bir çalışmada metodik bir yaklaşımla incelenmiştir [4].

Akıllı Evleri oluşturan gömülü sistemlerin sağladığı verilerin kullanıcılara yansıyan olumlu etkilerinin daha da artırılması için Internet üzerinden paylaşılması önceki çalışmalarda açıkça tavsiye edilmiştir [15]. Hatta, İnternet üzerinden bilgi paylaşımı bir adım öteye götürülerek Akıllı Evlerden elde edilen verilerin sosyal paylaşım sitelerinde paylaşılması önerilmiştir [16]. Bu önerileri dikkate alarak yapılan bir çalışmada Akıllı Evlerle gerçekleştirilen etkileşimlerin mevcut sosyal paylaşım sitesi Facebook üzerinden yetkilendirilmiş grup üyeleriyle paylaşılması önerilmiştir [17]. Çalışmada IoT yerine özellikle Nesnelerin Ağı (Web of Things) terimine vurgu yapılarak, nesnelerin yönetim ve listeleme aracı olarak web tarayıcı teknolojisine dikkat çekilmiştir.

Popüler akademik arama motorlarında yapılan literatür taramasında Akıllı Kapılar üzerine Türkçe ve İngilizce yapılan "Akıllı Kapı, Smart Door, Intelligent Door, i-Kapı, i-Door gibi sorgulara fazla sayıda sonuç çıkmamıştır. Kapılara özel kullanıcılar arası veri paylaşımı da çalışmalarda pek ele alınmamıştır. 2015'te yapılan bir çalışmada, giriş kapısına gömülen bir cep telefonu vasıtasıyla kapıyı çalan kişinin yüz tanımlaması yapılarak ev sahibine kimliğinin mesaj olarak atılması önerilmektedir [18]. i-Door adı verilen çalışmada, ev sahiplerine önceden tanımlanmış ziyaretçilerin kayıtlardaki fotoğrafları, önceden tanımlanmamış ziyaretçilerin ise ziyaret anında cep telefonu kamerası tarafından çekilen fotoğrafları gönderilmektedir. Çalışma fotoğrafı değerlendiren kullanıcının onayı ile kapı kilidinin açılıp açılmamasına karar vermekle sonuca ulaşmaktadır. Çalışma ticari ürünlerde de kullanılan akıllı kilit uygulamasına bir örnektir. Ancak, i-Door bazı dezavantajlara sahiptir. Örneğin, kapıyı çalan kişinin

kameradan haberdar olup tam karşısında poz verir şekilde durduğu varsayımı gerçekçi kurgu oluşturmamakta; kayıtlı görüntülerle mukayese için hareket halindeki bir kişiden yeterli netlik ve isabette bir görüntü alınması garanti edilmemektedir. İlk kez ziyarete gelen bir kişinin fotoğrafının da tanı konacak kadar iyi olduğu varsayılmaktadır. Diğer bir dezavantaj da kapıdaki hareketlilikle ilgili ses girdisi yer almamasıdır. Bu özellikler sistemin gerçek hayat uygulamalarında yanlış veya eksik tespitlerde bulunma tehlikesinin olduğuna işaret etmektedir. Oysa, kapıya gelen kişinin kamera önüne çağrılarak kısa bir süre bekletilmesi, doğru bir tespitin yapılmasını garanti edebilecektir.

Daha çok analiz içeren bir çalışmada ise yüz tanımlamasına ilaveten, tanıma hatalarını en aza indirgeyecek insan mevcudiyeti teyidi ve hareket yorumlaması önerilmektedir [19]. Kızılötesi, ultra-sound gibi klasik duyarga yöntemlerinin eleştirildiği yayında uzaysal geçici olasılık modeli (spatial temporal probability model) kullanılmaktadır. Kapıdaki kişinin kapıyı çalıp çalmama niyeti ise hareket yönü takibine dayanan, kapıya erişim olasılığı tahmini yapılarak belirlenmektedir. Çalışmanın en kısıtlayıcı özelliklerinden birisi algılama bölgesi (Region of Interest: ROI) tanımından kaynaklanmaktadır. Önerilen yöntemin başarısı olayların ROI'de gerçekleşmesine dayanmaktadır. Ayrıca, ROI'den elde edilecek görüntülerin hatalı sonuçlara yol açmaması için, her kurulumda kameraların özel açıda yerleştirilmesi ve eğitilmesi gerekmektedir. Yayında, giriş kapısının açılıp açılmama kararı sonuçları %99.6 doğru olarak açıklansa da, niyet tespiti doğru tahmin oranının 0.9'da kaldığı kabul edilmektedir. Kameraların uzun öğrenme zamanı ve çok sayıda fotoğraf örneklemesine ihtiyaç duyulmasından ötürü, önerilen çözümün fazla pratik olmadığı da değerlendirilmektedir.

3 Önerilen donanım ve yazılım

Günümüzdeki Akıllı Ev ve Akıllı Kapı çözümleri sadece enerji tasarrufu sağlamayı değil, yaşam konforu ve ev güvenliğini de artırmayı amaçlamaktadır [1],[2].

3.1 Motivasyon, kısıtlar ve katkılarımız

Modern ailelerde fertler iş ve okula gitmek üzere genellikle sabahleyin evlerinden ayrılmakta, ikametgâhlar akşam saatlerine kadar boş kalmaktadır. Bu süre içerisinde, kimsenin olmadığı sayısız eve, sayısız sonuç alınamayan ziyaretler gerçekleşmektedir. Ülkemizde ve dünyadaki ev sayısı dikkate alındığında, her gün gerçekleşen milyonlarca sonuçsuz ziyaretlerin bir kısmının dahi önlenmesinin büyük bir verimliliğe yol açacağı anlaşılmaktadır. İlaveten ziyaret bilgilerinin paylaşılabildiği bir ortam yaratarak sadece ziyaretin taraflarını değil, konuyla ilgili olabilecek tüm kamunun bilgilendirilmesinin faydalı olacağı aşikârdır. Dolayısıyla, giriş kapılarında yaşanan bilgi kaybını azaltmak bu çalışmanın başlıca motivasyonunu oluşturmaktadır. Amacımızın başarıya ulaşması ise, önerimizin mümkün olduğunca çok sayıda tüketicinin alım gücüne hitap edebilmesine dayanmaktadır. Ancak, kullanıcıların kapılarına gelen kişilerin görüntülerini paylaşabilmeleri için kapıya kayıt yapıldığına dair uyarı yazısı asılması gerekmektedir. Kayıtların paylaşılmasının doğurabilecek hukuki durum kullanıcıyla yapılacak bir sözleşmeyle yasal zemine bağlanmalıdır. Paylaşımların yasal boyutu hukuk alanının konusu olup yayınımızın kapsamı dışında kalmaktadır. Her yerde olduğu gibi ülkemizde de görüntülü paylaşımlarla ilgili konular kanunlarla yönetilmeye çalışılmaktadır.

Önerimize uygun üretilmiş bir giriş kapısına gelen kişi(ler) ile ev sahibi arasında uzaktan yapılacak yüz yüze görüşmenin, diğer çözümlerin avantajlarına ilaveten sağlayacağı katkılar şunlardır:

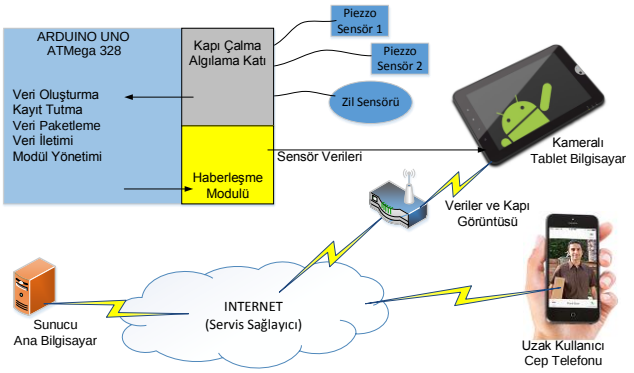
1. Ucuz ve her kapıya uyarlanabilir yeni bir çözüm sunarak çok sayıda tüketiciye ulaşılması,
2. Giriş kapıları konusunda hem donanım hem yazılım içeren yerli çözüm sağlanması.

Önerimizle sağlanan ve diğer çözümlerin de sunduğu avantajlar ise şunlardır:

1. Önemli tebligat, kargo veya duyurudan haberdar olarak maddi veya manevi kaybın önlenmesi,
2. Ziyaretçilerle ilgili sosyal paylaşım ortamında bilgi paylaşarak tüm paydaşların ev güvenliğinin ve yaşam konforunun artırılması,
3. Ziyarete gelenlerin sonuçsuz dönmesinin önlenmesi,
4. Giriş kapısının ziyaretçilere uzaktan açılması yanında açılmasının engellenebilmesi.
5. Kapıda yaşanan gelişmelerin bilgilendirme niteliğinde paylaşılarak, olumsuz olgulara karşı önlem alınabilmesi.

Aslında, giriş kapılarındaki ziyaretçilerle uzaktan görüntülü konuşma yapmak veya ziyaretin bilgilerini paylaşmak toplumumuzun alışmış olduğu bir fikir olmadığı bilinmektedir. Ancak, kullanıcıların kapılarına gelen kötü niyetli kişilerden diğer paydaşları haberdar etmek; ileride onların da kendilerini haberdar etmelerini istemeleri doğal karşılanmalıdır. Sıra dışı olsa da, önerimize Sosyal Paylaşımlı Akıllı Kapı (SPAK) adı verilmiştir. Dört temel öğeden oluşan SPAK'ın genel yapısı Şekil 1'de görülmektedir. SPAK öğeleri şunlardır:

1. Kapı gömülü sistemi ve tablet donanımı,
2. Kapı gömülü sistemi ve tablet yazılımı,
3. Veri tabanı ve paylaşım sitesi sunucu donanımı,
4. Veri tabanı - paylaşım sitesi sunucu yazılımları ve akıllı telefon istemci yazılımları.



Şekil 1: SPAK'ın genel şeması.

3.2 Önerilen tasarımın donanım öğeleri

Tasarımın birinci öğesi kapı üzerindeki kapı çalmasını algılayan duyargalar (sensör) ve bağlı bulundukları kontrol kartı ile tablettir (bk. Şekil 1). Duyargaların tespitleri, ara devre elemanları üzerinden mikrodenetleyici ve hafızaya sahip Arduino Uno [20] kartına sunulmaktadır. Arduino Uno verileri belirlenmiş bir formata sokarak bir üst öğeye sunan gömülü sistemi oluşturmaktadır. Kapı donanımının ikinci öğesi,

kamerası giriş kapısının dışına bakar şekilde yerleştirilmiş, Android işletim sistemine sahip bir tablettir. Tablet kapı çalınıyor uyarısını ve yapılacak görüntülü görüşmeyi üstlenen donanımdır. Tablet pahalı olmamakla beraber WiFi, Bluetooth ve Ethernet teknolojilerini kullanarak bilgi iletebilme kapasitesine sahiptir. Görünmeyen önemli bir donanım da kapı görüntüsünü kullanıcıya taşıyacak İnternet veya GPRS sağlayıcının altyapısıdır. Bu altyapıyı kullanma bedeli günden güne ucuzlamaktadır. SPAK çözümü için özellikle bir hizmet alınmasına gerek bulunmamaktadır. Hemen hemen her evde hali hazırda mevcut olan İnternet hizmeti SPAK için yeterlidir. SPAK'ın diğer donanım öğesi ise kapılardan kullanıcılar tarafından onaylanarak gelen veri ve görüntüleri saklayan, bir veri tabanına sahip sunucu ana bilgisayarıdır. Ana bilgisayar aynı zamanda saklanan veri ve görüntüleri kullanıcı tarafından onaylanan şekilde paylaşıma açan sunucu rolünü de görmektedir. Sunucu kullanıcı sayısına göre özel bir firmaya ait tek bir bilgisayar olacağı gibi, gereken durumlarda bulut bilişim teknolojisi altında çalışan bir sunucu seviyesine de çıkartılabilmektedir. Sunucu, yasal zemin sağlandığı takdirde çalışma [17]'deki gibi Facebook veya diğer sosyal paylaşım ağları ile ilişkilendirilebilmektedir.

SPAK tasarımında kapı çalma olgusunun algılanmasına çok önem verilmiştir. Gelen ziyaretçi kapıyı üç şekilde çalabilmektedir: Kapı ziline basarak, kapı tokmağını çarptırarak, kapı yüzeyine sert şekilde elle vurarak. Diğer çözümlerde kapı zilinin basılması gerekirken, SPAK'ta her üç yöntemin de kullanılabileceği öngörülerek birden fazla sensör ve devre elemanı kullanılmıştır. Kapıya farklı büyüklükte ve hassasiyette, piezo elektik malzemeden oluşan, basınca duyarlı titreşim sensörleri yerleştirilmiştir. Titreşim sensörleri tokmak altına ve kapının yerden bir metre yüksekliğin üzerindeki vuruş beklenen bölgedeki birkaç noktaya konumlandırılmıştır. Böylece, ziyaretçi zil tuşunu kullanmadan kapıyı çalsa da vuruş algılanabilmektedir.

Kapı zilinin çalmasına sebep olan zil tuşuna ilaveten yapılan basit bir buton anahtarı eklentisiyle, tuşa basıldığında Arduino kartına bağlanan bir devre de beraber tamamlanmakta ve çalan kapı, zil sesi ile aynı anda algılanabilmektedir. Böylece SPAK uygulaması her kapıya uyarlanabilmektedir. Kapı çalması algılandığında, Arduino kartındaki yazılım vasıtasıyla bir uyarı üretilmekte ve tablete alarm ulaştırılmaktadır. Arduino kartı tablete uyarıyı birden fazla iletişim yöntemiyle iletebilmektedir. İlk tercih, tabletle eşleştirilmiş bir Arduino Bluetooth modülü kullanmaktır. Çevredeki diğer elektronik aletlerin yayınlarının girişimi (interference) yüzünden Bluetooth iletişiminin sorunlu olması durumunda, bir Arduino WiFi modülü ile evdeki internet servis sağlayıcı firmaya ait modem üzerinden iletişim tercih edilebilmektedir. Bu seçeneğin de sorunlu olması durumunda, bir Arduino Ethernet modülü ile tablete takılacak bir USB-Ethernet dönüştürücü üzerinden kablolu iletişim kurulabilmektedir. Tablet uyarıyla uyanarak kamerasını açıp uzaktaki kullanıcıyı aramaktadır. Kapının çok hafif çalındığı durumlarda birisinin kasıtlı olarak çaldığını garanti etmek için sesli mesaj vererek kapıdaki kişiden kapıyı tekrar çalması istenmektedir. Kapı çalındığına dair alarm tabletten ana bilgisayara da birkaç yöntemle iletilebilmektedir. İlk yöntemde bir internet servis sağlayıcının modemini kullanılmaktadır. Eve ulaşan kablolu İnternet servisi bulunmaması durumunda, daha pahalı olmakla beraber ikinci tercih tablet yerine akıllı telefon kullanarak, GPRS hizmetiyle ana bilgisayara ulaşmaktır. Özetle, bir servis sağlayıcının erişim altyapısı kullanılarak ana bilgisayara bilgiler ve görüntüler yüklenmektedir. Veri ve görüntüler ana veri tabanına işlenirken tablet bir yandan da uzaktaki kullanıcıyı aramaktadır. Düşünülenin aksine, uzaktaki kullanıcı ile görüntülü görüşme özel bir yazılım gerektirmemektedir. Günümüzde yaygın olarak dağıtılan lisanssız ürünler özel bir modda çalıştırılarak, kullanıcı müdahalesi gerekmeden otomatik görüntülü arama gerçekleştirebilmektedir. Uzaktaki kullanıcı cep telefonuna gelen çağrının evin giriş kapısından kaynaklandığını çağrı isminden anlayarak yanıt vermektedir. Ziyaretçilerle görüşerek onları kamera önüne alabilmekte ve sesli görüşmeyle de kimlik ve niyet tanısı koyabilmektedir. Kapıdaki kişilerin aile fertlerinden birisi olması durumunda özel bir yazılıma geçerek kapıyı uzaktan açabilmektedir. Evde yaşlı ve çocuk birisinin olması ve kapının açılmamasının tercih edilmesi durumunda, kapı içerden açılamayacak konuma getirilebilmektedir. Ancak, kapıya uzaktan açma-kapama özelliği kazandırılabilmesi için ek bir maliyetle kapıya elektronik açma-kapama sinyali algılayabilen anahtar takılması gerekmektedir. Çalışmamızda bu özellik test edilememiş sadece uzaktan verilen bir komutla led ışığı yakılıp söndürülmek suretiyle kapıya takılacak özel kilite sinyal gönderilmesi simüle edilmiştir.

3.3 Önerilen Tasarımın Yazılım Öğeleri

SPAK tasarımının iki yazılım öğesi de ikişer alt öğeden oluşmaktadır. Geliştirilen yazılım öğeleri şunlardır.

1. Kapı gömülü sistemi SPAK yazılımı,
2. Kapı tableti SPAK yazılımları,
3. Veri tabanı-paylaşım sitesi SPAK sunucu yazılımları,
4. Akıllı telefon SPAK istemci yazılımı.

İlk yazılım öğesi Arduino kartı üzerinde koşan ve sensör algılamalarını uyarıya dönüştüren, sonra da verileri tablet bilgisayara ileten gömülü sistem yazılımıdır. Kapı tablet yazılımları ise iki bileşenden oluşmaktadır. İlk bileşen Arduino'dan gelen uyarı üzerine uyandırılan lisanssız ses ve görüntülü görüşme yazılımıdır. İkinci bileşen ise gelişmenin (kapı çalma ve zamanı) bilgileriyle, kapı girişinin görüntüsünü web servisler aracılığı ile ana bilgisayara ulaştıran SPAK istemci yazılımıdır. Kullanıcı dilerse uzaktan onay vererek örnek görüntüyü ana bilgisayar üzerinde saklayabilmektedir. SPAK sunucu yazılımları ise 3 temel servis yapısından oluşmaktadır:

1. Yetkilendirme ve kimlik denetleme web servisi,
2. Multimedya veri paylaşım – gönderim web servisi,
3. Bilgilendirme ve uyarı web servisi.

Yetkilendirme ve kimlik denetleme web servisi ile kullanıcıların yetkilendirilme ve kimlik denetleme işlevleri gerçekleştirilmektedir. Multimedya veri paylaşım - gönderim web servisleri, resim veya video verilerini saklama ve ekrana getirme işlevlerini yapmaktadır. Bilgilendirme ve uyarı web servisleri de kapı üzerindeki sensör bileşenlerinden gelen verileri kullanarak kullanıcının uyarılması sürecinde kullanılmaktadır. Kapı çalması gerçekleştiğine dair kullanıcının bilgilendirilmesi bu servisin temel fonksiyonudur.

Veri paylaşımı ve bilgilendirmeler de bu servis sayesinde mümkün olmaktadır. SPAK sisteminin verileri Microsoft SQL Server veritabanı yönetim sistemi kullanılarak saklanmakta ve yönetilmektedir. Tablet ve cep telefonu yazılım bileşenleri ise JSON (JavaScript Object Notation) web servis teknolojisi kullanılarak hazırlanmıştır.

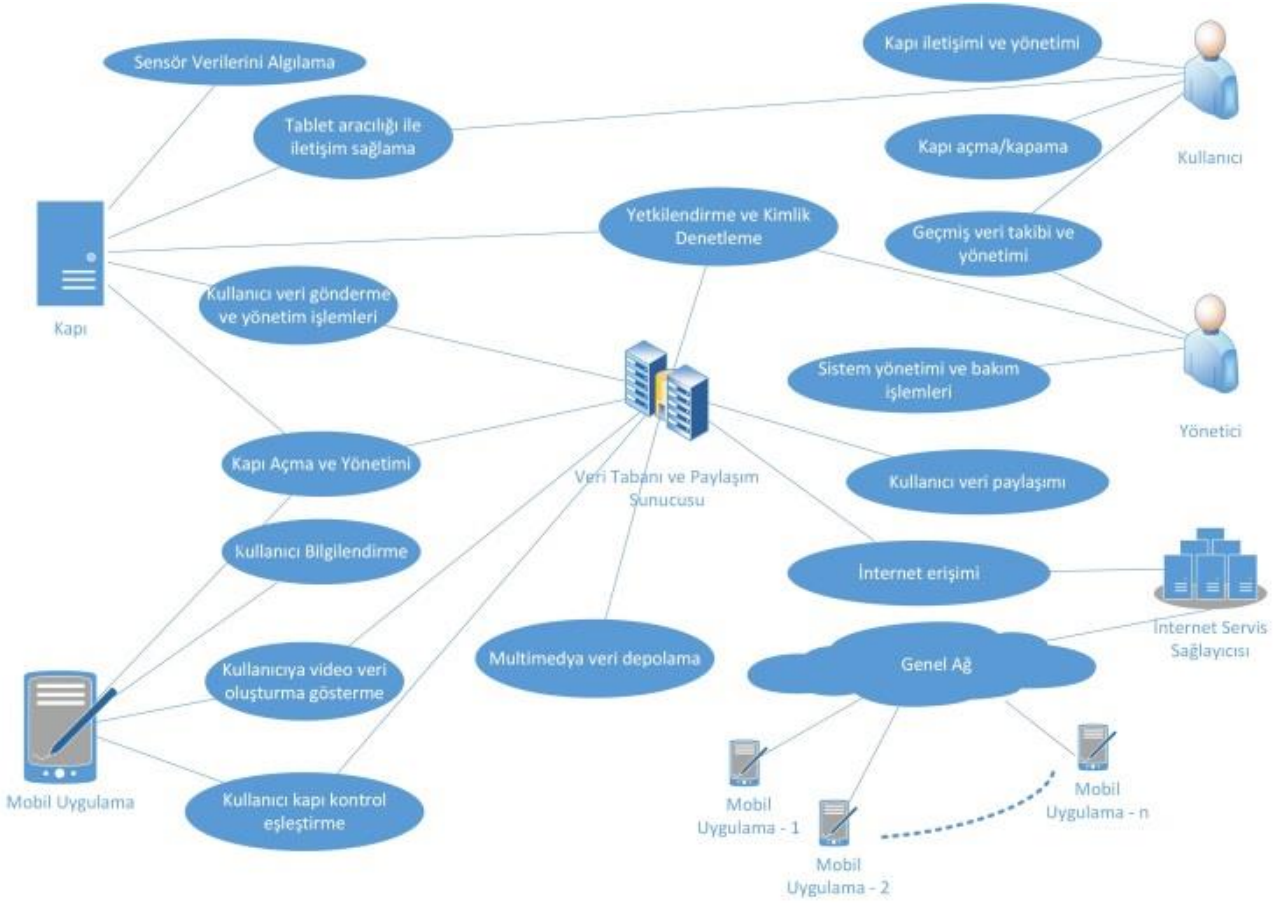
Kullanılan nesne tabanlı yazılım tasarımı bakış açısıyla tasarımdaki aktörler Akıllı Kapı, Kullanıcılar, Sistem Yöneticisi, Mobil Uygulama, İnternet Servis Sağlayıcısı ve Veri Tabanı-Paylaşım Sunucusu olarak belirlenmiştir. Şekil 2'de SPAK tasarımının nesneye dayalı "kullanım şekli" (use case) şeması anlatılmaktadır. Akıllı Kapı aktörünün temel görevi sensör uyarılarının algılanması, tablet aracılığı ile iletişim, resim veya video gibi multimedya verilerini gönderme ve kapı açma-kapama işlevselliğini sağlamaktır. Akıllı Kapı için atanmış olan özel kimlik numaraları kapının gömülü sistem donanımı ile eşleştirilmiştir. Bu eşleştirme ile gerçekleşen işlemler kullanıcılara ve veri sunucusuna aktarılmaktadır. Akıllı Kapı aktörünün kapının çaldığını algılaması durumunda, önceden tasarlanmış bir uyarıyı tablete göndermektedir. Bu sırada Bluetooth iletişimi üzerinden uyarı bildirimi bekleyen tablet uyarı mesajını aldığında, "kapı çalıyor" alarmı üretmekte ve görüntülü haberleşme yazılımından uzaktaki Kullanıcı aktörünü aramaktadır. Kullanıcı aktörü cep telefonuna gelen çağrıyı kabul ederek kapıdaki kişi veya kişilerle, kapıya monte edilmiş olan tabletin kamerası vasıtasıyla yüz yüze görüşmektedir. Kullanıcı aktörü ayrıca akıllı kapı ile uzaktan yönetim (açma-kapama) işlevlerini, web servis tasarım özelliklerini kullanarak yerine getirmektedir. Kullanıcı aktörü dilediği takdirde fotoğraf karesi alarak veya video çekerek görüntüleri veri tabanı sunucusunda saklayabilmektedir. Kullanıcı aktörü geçmiş veri ve görüntülere de sunucu üzerinden erişebilmektedir.

Kullanıcı aktörlerinin cep telefonlarında kullandıkları SPAK yazılımına ait ekran menüleri Şekil 3'te verilmiştir. Menü kolay kullanım amacıyla basit olarak tasarlanmıştır. Kullanıcı aktörü sadece dört menü tuşuyla yukarıda tanıtılan işlev ve yönetim seçeneklerine erişmektedir. Örneğin, Sosyal Paylaşım Tuşuyla daha önce Görüntü Tuşu seçeneğinde çekilen fotoğrafı, yazdığı paylaşıma ek olarak diğer kullanıcılarla paylaşabilmektedir.

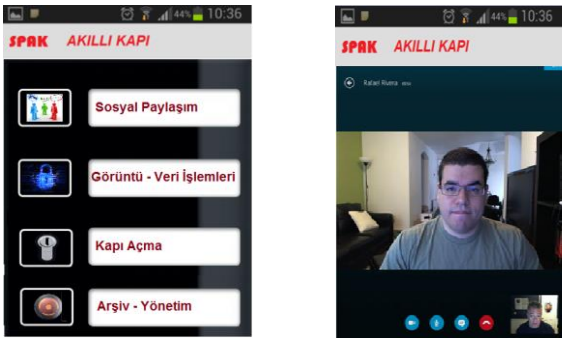
Sistemin son bileşeni olan Yönetici aktörü ile sistemin temel bakım, kayıt tutma ve yönetim süreçleri yerine getirilmektedir. Akıllı Kapı kimlik eşleştirme ve denetleme sisteminin kontrolü de aynı Yönetici aktörü tarafından sağlanmaktadır. Kullanıcı kendisiyle ilgili yönetim işlemlerine Şekil 3'teki en alt butona basarak erişmektedir.

4 Test sonuçları ve değerlendirme

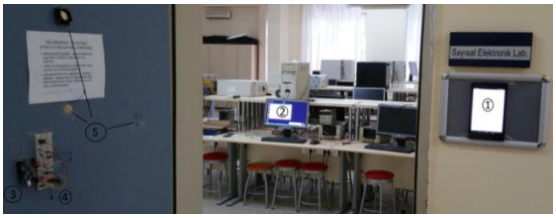
SPAK tasarlandıktan ve her öğe ayrı ayrı test edildikten sonra laboratuvar ortamında birleştirilerek çalıştırılmıştır. Laboratuvar kapısının bir evin giriş kapısı gibi kullanıldığını gösteren deney düzeneği Şekil 4'te gösterilmektedir. Deney düzeneğinde ana bilgisayar görevi gören bir kişisel bilgisayar (2), bir tablet (1), bir Arduino Uno (3), üç adet titreşim sensörü (5) ve ara kablo ile bir kablosuz WiFi modem kullanılmıştır. Kapı zilinin anahtarı ve kilite açma-kapama sinyal gönderi simülasyon diyotu da devrede yer almaktadır. Kapının dışında iz bırakmamak için tablet ders planı çerçevesine monte edilmiştir. Arduino ile tablet arasında Bluetooth, tablet ile sunucu arasında da WiFi kablosuz iletişim kullanılmıştır. Kapı kapatıldığında düzenek içerde kalmakta, enerji besleme ve ara bağlantı kabloları yerleştirilmektedir.



Şekil 2: SPAK Yazılım şeması.



Şekil 3: SPAK istemci yazılım menüleri ve görüşme ekranı.



Şekil 4: SPAK'ın laboratuvar ortamında test edilmesi.

Bluetooth modülü (4) vasıtasıyla dışardan kapının çalındığı bilgisi kablosuz iletişimle tablete (1) ulaştırılmaktadır. Veri tabanı ve paylaşım sitesi sunucusu görevini masa üstü bir bilgisayar (2) görmektedir. Deneylerde, ziyaretçi rolündeki kişiler laboratuvar kapısı kapalı vaziyette iken dışarıda durarak kapıyı çalmışlar; ev sahibi rolündeki kişiler de cep telefonlarına yüklenen yazılımlar vasıtasıyla uyarıları yanıtlamışlardır. Yapılan deneylerde kapı çalmasının algılanması, alarm oluşturma ve iletme, veri tabanına kayıt atma, alarmı görerek ziyaretçi ile görüntülü görüşme yapma ve ziyaretle ilgili bilgileri paylaşma işlemleri hatasız olarak gerçekleşmiştir. Deneylere gönüllü öğrenciler ve öğretim elemanları katılmıştır. Kullanıcıların önerileriyle yazılım menülerinde ve bazı özelliklerde değişiklikler yapılmış, SPAK menüleri daha kullanıcı dostu (user friendly) hale getirilmiş ve deneyler tekrarlanmıştır.

SPAK donanımının kapı üzerine uygulanması zor işlemler gerektirmemekte ve kurulum kolayca her kapıya uyarlanabilmektedir. Gerçek bir uygulamadan pek de farklı olmayan bu donanımın toplam maliyeti de epey düşüktür. Ticari yazılım olarak da kullanıcının ödeyeceği lisans ücretleri bulunmamaktadır. Tablet ve cep telefonu Android işletim sistemi kullanmaktadır. En önemli bedel SPAK için üretilmiş gömülü sistem yazılımı, tablet yazılımı, veri tabanı yazılımı, paylaşım sitesi yazılımı ve cep telefonu yazılımı için kullanıcı başına bir abonelik ücretinden oluşmaktadır. Bazı güvenlik firmalarının günde 1 TL'ye kampanya yaptıkları çözümlere bakıldığında; SPAK'ın da birçok tüketiciye hitap edebilecek bir çözüm oluşturduğu anlaşılmaktadır.

Yapılan deneylerde, kullanıcılardan akıllı ev çözümlerinin değerlendirme kriterleri olan enerji tasarrufu, yaşam konforu, kullanım kolaylığı ve güvenlik katkısı açılarından SPAK'ı değerlendirmeleri istenmiştir. Değerlendirmede bir ile on arasında puanlama ölçeği kullanılmıştır. Puanlamada, 10 puan "pek iyi", 1 puan da "çok başarısız" anlamında kullanılmıştır. Deneye katılan 40 kullanıcının SPAK'ın listelenen faydaları sağlamada artırıcı bulup-bulmadıkları konusundaki puanlamalarının ortalamasını gösteren değerlendirme sonuçları Tablo 1'de verilmektedir. Tüm kullanıcılar SPAK'ın kapılarına gelenlerle görüşme sağlamasına konfor açısından tam not verirken, enerji tasarrufunu artırıcı katkısının fazla olmadığını değerlendirmiştir (1.4/10). Kullanıcılar değerlendirme sorularına verdikleri yanıtlarda yaşam konforunu artırıcı özelliğe tam not vermeye gerekçe olarak, SPAK'ın kapıya yanıt verilememesinden doğabilecek olumsuzlukları (cezalı duruma düşme, gelen evrakı merkezinden almaya gitmek gibi) önleyebilmesini vermiştir. SPAK'ın enerji tasarrufunu artırıcı bulunulmamasının gerekçesi ise elektrik tüketen herhangi bir öğenin kontrol etmemesi gösterilmiştir. Güvenliği artırıcı bulunması 10 üzerinden 9.3 puan alan SPAK, kullanım kolaylığı açısından ise 8.1 puan almıştır. Kullanıcılar SPAK'ın gelenlerin tespiti ve tespitlerin diğer kullanıcılarla paylaşımının ev güvenliğini kesinlikle artırdığını belirtmişlerdir. Ziyaretçilerle ev sahiplerinin yüz yüze görüştürülmelerini de büyük kolaylık olarak değerlendirmişlerdir. Ancak görüntülü görüşme yazılımı ile SPAK veri saklama-paylaşım yazılımlarının ayrı uygulamalar olmasının yazılımların birinden diğerine geçiş yeteneği gerektirdiğini ve akıllı telefon kullanımında zorlanan kullanıcılar için kolay olmayabileceğini belirtmişlerdir (8.1).

Tablo 1: SPAK'In sağlanan faydaları artırımını değerlendiren puanlama tablosu.

Enerji Tasarrufu	Yaşam Konforu	Kullanım Kolaylığı	Güvenlik Katkısı
1.4	10	8.1	9.3

SPAK, incelenen ticari çözümler ve akademik önerilerle dört konuda Tablo 2'de kıyaslanmıştır: Akıllı Kapıların sağladığı faydaları ve ev güvenliğini artırmadaki katkı, mevcut kapılara uygulanabilirlik ve maliyet. İnternetten elde edilebilen ticari ürün liste fiyatlarını açıklamadan, bir genellemeyle ticari ürün fiyatlarının genel olarak yüksek olduğu görülmüştür. Sadece çalışma [18] ve SPAK'ın diğer çözüm önerilerine nazaran düşük maliyete sahip oldukları belirlenmiştir. Çözümlerden sadece referans [9]'da önerilen ürün kapı kilidi çözümü sunmayıp ilave özellikler de sunmaktadır. Ancak bu ticari ürün sesli uyarı verse de, uzaktan karşılıklı görüntü iletişimi avantajını sağlamamaktadır. Yine de gaz kaçağı, su baskını alarmları vererek kayıpları azaltma özelliği olduğundan faydaları artırımı hanesinde "pek iyi" puanı ile değerlendirilmiştir. Buradaki önemli gözlem, düşük maliyetine rağmen, SPAK'ın faydaları artırıcı bir öneri olmasıdır. Çalışma [18]'in bir cep telefonunun kapıya gömülmesini önermesi, başarısının cep telefonu kamerasının çözünürlüğüne ve algılayabildiği bölgeye bağlı olması güvenliği artırmada "iyi" olarak değerlendirilmiştir. Oysa, SPAK gibi net ve isabetli bir görüntü alınması sağlayarak doğru tespit garanti edilebilse, "pek iyi" kategorisinde değerlendirilmesi mümkün olacaktır.

Tablo 2: SPAK ve benzer çözümlerin kıyas tablosu.

Çalışma	Faydaları Artırımı	Güvenlik Artırma	Mevcutlara Uygulama	Maliyet
[18]	İyi	İyi	Var	Düşük
[19]	İyi	İyi	Var	Yüksek
[9]	Pek İyi	İyi	Yok	Yüksek
[10]	İyi	Pek İyi	Var	Yüksek
[11]	İyi	Pek İyi	Yok	Yüksek
SPAK	Pek İyi	Pek İyi	Var	Düşük

Çalışma [19]'da önerilen karmaşık fakat hassas bir yöntem ile kapıya gelenlerin kimlik tespiti yapılarak, kapının açılıp kapanması gerçekleştirilmektedir. Doğru kimlik tespiti için hassas kamera açı ayarına, çok sayıda örnek görüntülemeye ve uzun süreli sistem eğitilmesine ihtiyaç duyulması çalışma [19]'un dezavantajlarını oluşturmaktadır. Oysa SPAK çözümünde, bu dezavantajların tümü uzaktaki ev sahibinin kapıyı çalan ziyaretçiyi kameranın önüne geçmesi için uyarıp yüz yüze görüntülü ve sesli olarak görüşmesiyle ortadan kalkmaktadır. Düşük maliyetiyle, her kapıya kolay kurulumuyla ve güvenlik performansıyla SPAK diğer çözümlerden daha başarılı olarak görülmektedir.

4.1 Sınırlar

SPAK çözümündeki sosyal paylaşım özelliği ilk aşamada sadece çözümü edinen kullanıcılar için düşünülmüştür. Bilişimle Hukuku ile ilgili yasal konular sebebiyle çözümü satın almayan ve sözleşme imzalamayan; dolayısıyla sisteme abone olmayan kişilerin sosyal paylaşımda bulunmaları mümkün görünmemektedir. Akıllı kapıların ve Akıllı Evlerin kullanımından doğan yasal hak ve müeyyideler henüz tam olarak belirlenmemiş olmasından dolayı, hukuki konulara tabii hususlar bu çalışmanın kapsamı dışında tutulmuştur.

5 Sonuç ve gelecek çalışmalar

Bu yayında konutlardaki yaşamı daha güvenli ve daha konforlu, ziyaret edenlerin de ziyaretlerini sonuç alınabilir hale getirmek için bir tasarım önerilmiştir. Tasarım donanım ve yazılım öğeleri içermektedir. Önerilen tasarımın bir prototipi üretilmiş ve laboratuvar ortamında teste tabii tutulmuştur. Test sonuçları tasarımın hatasız çalıştığını göstermektedir. Tasarım, deneylerde yer alan kullanıcılar tarafından güvenlik ve yaşam konforunu artırması açılarından "Pek İyi" notu ile değerlendirilmiştir. Kapsamı sebebiyle önerimizin evlerde harcanan enerji tasarrufuna yönelik bir avantaj sağlamadığı görülmüştür. Ancak, önerimizin kapılarda görüşme yapılamamasından dolayı yaşanan kayıpları önlemede etkin bir konuma sahip olabileceği anlaşılmaktadır. Bu katkının yerli kapı üreticileri tarafından değerlendirilerek ürünlerine ilave edilmeye uygun bir özellik olarak algılanması temenni edilmiştir.

Çalışmamıza ilaveten yapılması planlanan işlerin başında öncelikle cep telefonu üzerinde bulunan görüntülü haberleşme ve sosyal paylaşım uygulamalarının bir uygulama altında birleştirilmesi gelmektedir. Ticari bir ürün ortaya çıkması için de girişimler yapılması planlanmaktadır.

6 Teşekkür

SPAK tasarımında yazılım çalışmalarına ilk proje safhalarında emek veren öğrencilerim ve testlerde görev alan diğer gönüllü meslektaşım ve öğrencilere de teşekkür ederim.

7 Kaynaklar

[1] Douligeris C. "Intelligent home systems". *IEEE Communications Magazine*, 31(10), 52-61, 1993.
[2] Yumurtacı M, Keçebaş A. "Akıllı ev teknolojileri ve otomasyon sistemleri". *Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu*, Karabük, Türkiye, 13-15 Mayıs 2009.
[3] Koyuncu B. "PC remote control of appliances by using telephone lines". *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, 41(1), 201-209, 1995.
[4] Andreas J, Boldt M, Carlsson B. "A risk analysis of a smart home automation system". *Future Generation Computer Systems*, 56, 719-733, 2016.
[5] Robles RJ, Tai-hoon K. "Review: context aware tools for smart home development". *International Journal of Smart Home*, 4(1), 1-12, 2010.
[6] Davinder PS, Baldeo A, Phillip C. "Raspberry pi based smart home for deployment in the smart grid". *International Journal of Computer Applications*, 119(4), 6-11, 2015.
[7] Jiang L, Da-You L, Bo Y. "Smart home research". *3rd Conference on Machine Learning and Cybernetics*, Shanghai, China, 26-29 August 2004.
[8] Science and Engineering Research Support Society. "International Journal of Smart Home". http://www.sersc.org/journals/IJSH/ (27.09.2017).
[9] ECO Schulte GmbH & Co. KG. "Akıllı Kapı Yönetimi". https://www.eco-schulte.com/tr/anasayfa/itm-akilli-kapi-yoenetimi/ (27.09.2017).
[10] Hanman International Pte Ltd. "Samsung Smart Door Lock". http://www.samsungdigitallife.com/DigitalDoorLock.php (27.09.2017).
[11] Mul-T-Lock USA. "Entr™ Smart Lock Solution". http://www.mul-t-lock.com/en-us/site/mul-t-lock/for-home/entr/ (27.09.2017).
[12] İsmail C, Ardam H. "A remote controller for home and office appliances by telephone". *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, 44(4), 1291-1297, (1998).
[13] Alkar AZ, Umit B. "An internet based wireless home automation system for multifunctional devices". *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, 51(4), 1169-1174, 2005.
[14] Keçebaş A, Yabanova İ, Oğuz Y, Neşe S V, Yumurtacı M. "Akıllı Evlerde Güvenlik Sistemleri ve Eğitimsel Bir Uygulama". *International Advanced Technologies Symposium*, Elazığ, Türkiye, 16-18 Mayıs 2011.
[15] Aiello M. "The role of web services at home". *IEEE International Conference on Internet and Web Applications and Services*, Guadelope, French Carribean, 19-25 February 2006.
[16] Guinard D, Fischer M, Trifa V. "Sharing using social networks in a composable web of things". *1st International Workshop on the Web of Things at PERCOM 2010*, Mannheim, Germany, 29 March-2 April 2010.
[17] Kamilaris A, Pitsillides A. "Social networking of the smart home". *IEEE International Symposium on Personal Indoor and Mobile Radio Communications*, Istanbul, Turkey, 26-29 September 2010.
[18] Kumar S, Gopalakrishna MT, Hanumantharaju MC. "i-Door: Intelligent door based on smart phone". *3rd International Conference on Frontiers of Intelligent Computing: Theory and Applications*, Bhubaneswar, India, 14-15 November, 2014.
[19] Yang JC, Lai CL, Sheu HT, Chen JJ. "An intelligent automated door control system based on a smart camera". *Sensors*, 13(5), 5923-5936, (2013).
[20] Arduino. "Arduino Home". https://www.arduino.cc (19.09.2016).