

Acil Durum Bina Tahliye Sistemi Tasarımı

Design of an Emergency Building Evacuation System

Selahattin Gökceli, Nikolay Zhmurov, Güneş Karabulut Kurt, Berna Örs Yalçın

Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Bölümü
İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye
{gokcelis, zhmurov, gkurt, siddika.ors}@itu.edu.tr

Özet

Gelişmekte olan elektronik ekipmanların bir sonucu olarak bina otomasyon sistemleri (building automation systems-BAS) kullanımı ve modelleri hızla yaygınlaşmaktadır. BAS birçok farklı servisin tek merkezden, akıllı ve otomatik şekilde yönetimini sağlar. Fakat BAS uygulamaları farklı sorunları beraberinde getirmektedir. Farklı içerikteki servislerin, çok farklı nitelikteki donanımlarla sağlanması sebebiyle her servise uygun bir otomatik yönetim modeli geliştirmek oldukça zordur. Bu çalışmada, BAS kapsamında özel bir hizmet olarak bir acil tahliye modeli önerilmiş; farklı donanımlara ve yazılım araçlarına uygun olacak şekilde bir servis modeli geliştirilerek uygun servis tanımları yapılmıştır. Böylece gelecekteki BAS uygulamalarında önemli bir gereksinim olması beklenen acil tahliye senaryosu için pratik ve verimli bir model önerilmiş ve yönetimin nasıl olabileceği gösterilmiştir. Ayrıca alt servis tanımlarının pratikliği, basit ve düşük maliyetli donanımlarla yapılan gerçeklemlerle gösterilmiştir.

Abstract

As a result of recent developments in electronic equipment and sensor technology, usage and implementation models of building automation systems (BAS) are increasing. BAS provides smart, automatic and centralized management of various different services. However, BAS implementation contains several challenges. Due to realization of different services with hardware that can be very different from each other; it is very hard to propose an automatic management model that is suitable to each service. In this study, as a specific service included in BAS services, an emergency evacuation model is proposed. Moreover, a service model and corresponding definitions that can be appropriate to various hardware and software tools, are proposed. In other words, a practical and efficient model is proposed for emergency evacuation scenario. A management approach is also demonstrated. Beside these, in order to show practicality of service definitions, implementation by using hardware and software tools with low costs are realized.

1. Giriş

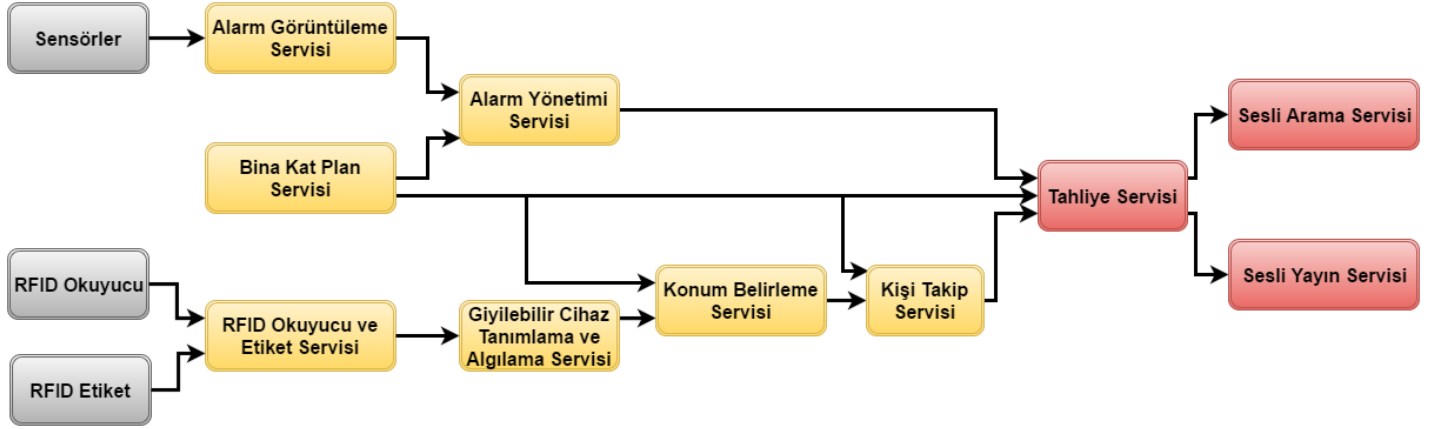
Son dönemde ilgili sensör türlerinde ve destekleyici elektronik cihazlarda gözlenen gelişmeye bağlı olarak bina içi akıllı sistemlerin kullanımı hızla artmaktadır. Yaygınlaşan kullanımlar ele alındığında kullanıcı memnuniyeti artmakta, bina içinde bulunan kaynakların yönetimi hızla daha

verimli hale gelmektedir. Bu sistemler bina otomasyon sistemleri (building automation systems-BAS) olarak adlandırılmaktadır. BAS sistemleri; ısıtma, havalandırma, ışıklandırma, güvenlik ve enerji yönetimi gibi bina içi öğelerin donanım ve yazılım yardımıyla otomatik bir şekilde yönetildiği sistemlerdir. BAS ile özellikle okullarda, hastanelerde, fabrikalarda, ofislerde ve evlerde önemli miktarda kalite artırımı elde edilebilmektedir [1]. Kullanım maliyetlerinin önemli miktarlarda düşürülebilmesi nedeniyle BAS kullanımı giderek artmaktadır. Navigant Research'ın belirttiği üzere, 2013 yılında küresel ekonomik büyüklüğü 58 milyar dolar olan ticari BAS endüstrisinin 2023 yılında 91.9 milyar dolara ulaşması beklenmektedir [2].

Getirdiği açık faydaların fazla olması sebebiyle kullanılması öne çıkarılan BAS'ın, yapısı gereği içerdiği bazı unsurlar kolay uygulanabilirliği engellemektedir. Bina içi hizmetlerin farklılığı, özellikle büyük genişlikteki binalarda kullanıcıların çokluğu ve beklenen hizmetlerin çeşitliliği, kullanılan donanımların sıkça farklılaşması gibi unsurlar ortak bir BAS çözümünü büyük ölçüde zorlaştırmaktadır. Dolayısıyla, sistemin tek bir merkezden verimli bir şekilde yönetilmesi, ortak bir plan ortaya konulması zordur. Bu sorunun çözümü için ortak standartların sağlanması ve İlgili Çalışmalar Bölümü'nde de bahsedildiği gibi ortak haberleşme sistemlerinin kurulması ele alınmaktadır. Buna benzer olarak, BAS'ta sağlanan hizmetlerin birbirlerinden izole çalışmasını engellemek ve ortak bir yönetim sistemi sağlama çabasıyla Avrupa Birliği tarafından fonlanan Building as a Service (BaaS) projesi yürütülmektedir [3]. Projede kapsamlı bir yazılım platformu oluşturularak ve uygun servis tanımları yapılarak ticari BAS'ta ortak bir yönetim konsepti ortaya çıkarılmaya çalışılmaktadır. Böylece önemli bir maliyet avantajı elde edilmesi planlanmaktadır.

Bu çalışmada, BaaS projesi kapsamında özel bir hizmet olarak geliştirilen tahliye servisi modeli detaylarıyla açıklanmaktadır. Acil durumlarda özellikle iş yerlerinde, binaların büyüklüğü ve yapıların karmaşıklığı nedeniyle insanların güvenli bir bölgeye tahliyesi önemli bir sorundur. Gelecekteki ticari BAS uygulamalarında bu sorunun ele alınmasının kaçınılmaz olduğu düşünülerek uygun bir model geliştirilmiştir. Modelin, donanım farklılıklarını gözetenerek her BAS uygulamasına uygun olması hedeflenmiş, buna göre alt servis tanımları yapılmıştır. Detayları açıklanan bu servislerde, ilgili yazılımlara uygun olacak şekilde değişkenler üretilmiş, literatür taraması sonucu donanımların geneline uygun olan tanımlamalar yapılmıştır. Bu detayların dışında, modelde üretilen servislerin basit donanım ve yazılımlarla pratik bir şekilde uygulanabileceği gösterilmiştir.

Bu çalışma 9140003 ITEA BaaS/Tübitak tarafından desteklenmektedir.



Şekil 1. BAS modelinde tanımlanan servisler ve aralarındaki giriş-çıkış ilişkileri.

2. İlgili Çalışmalar

BAS yapılarıyla ilgili literatürde farklı konular ele alınmıştır. [4] çalışmasında BAS uygulamalarının, bina içi farklı karakteristiklere sahip mekanizmaların birlikte kontrolü ve yönetimini gerektirmesi sebebiyle kullanılan haberleşme sisteminin önemi vurgulanmıştır. Bu kapsamda, BACnet ve LonWorks gibi standartlar ele alınmış ve kapsamlı bir literatür araştırması verilmiştir. Görülmektedir ki çeşitli özellikteki bileşenler sebebiyle verimli ve pratik bir BAS yönetim modeli kullanmak zorluk içermesine rağmen büyük derecede fayda sağlamaktadır. Benzer şekilde [5] çalışmasında, BAS'ın günlük yaşamda getireceği faydalara değinilerek haberleşme sistemleri üzerinde durulmuştur. Bunlardan BACnet ve LonWorks ele alınmış, temel prensipleri açıklanmıştır. [6] çalışmasında, günümüzde artan enerji maliyetleri sorunu hedef alınarak BAS içinde bir akıllı enerji tüketim modeli önerilmiştir. Önerilen modelde kullanıcı ve yapının ilgili kullanım profili çıkarılarak sistem tüketimi izlemekte, fazla tüketim durumunda uyarı verecek şekilde çalışmaktadır. [7] çalışmasında ise, bahsedilen yapısı nedeniyle başka teknolojilerle bütünleşik kullanımı zor olabilen BAS'ın bilgisayar destekli tesis yönetimi modeli (computer-integrated facility management -CIFM) yapılarıyla birlikte kullanımı araştırılmış, buna izin verebilecek kullanım modelleri belirtilmiştir. [8] çalışmasında, kablosuz haberleşme teknolojilerinin BAS'taki kullanımı ele alınmış, bu kullanımın sağladığı avantaj ve dezavantajlar açıklanmıştır. Benzer olarak [9] çalışmasında, BAS için kullanılan ticari kablosuz haberleşme teknolojileri; uygulama maliyetleri, güvenilirlik ve diğer sistemlerle uyumlu çalışmaya tanındığı olarak açısından değerlendirilmiştir. Bu kapsamda ilgili teknolojilerinin iyi ve kötü yönleri belirtilmiştir. [10] çalışmasında ise, BAS'ın verimli çalışmasının sağlanması için uygun haberleşme ağları ele alınmış, kablosuz haberleşme bazı yaklaşımlar öne çıkarılmıştır.

3. BAS Tahliye Modeli

Önerilen BAS için tahliye modelinin detayları bu bölümde açıklanacaktır. Modele göre ilgili sensörler yönetilerek alınan veri işlenmekte, belirlenen kriterler doğrultusunda alarmlar tanımlanmakta ve elde edilen verinin içeriğine göre alarm oluşturulmaktadır. Bir yandan Radyo frekansı tanımlama (Radio Frequency Identification - RFID) teknolojisi kullanılarak bina içindeki kişilerin konum bilgisi takip edilmekte ve üretilen

tahliye servisine göre kişilere sesli yardım sunulmaktadır. Modelin pratik ve verimli bir işleyişe sahip olabilmesi amacıyla bu adımlara göre alt servisler tanımlanmış ve sistemin yönetimi buna göre oluşturulmuştur. Servisler ve aralarındaki bağlantılar Şekil 1'de gösterilmiştir. Bu servisler alt bölümlerde açıklanmıştır.

3.1. Alarm Görüntüleme Servisi

Bu servis ile belirlenen sensörlerden ilgili zaman dilimlerinde alınan veri toplanmakta ve tablo haline getirilmektedir. Bu servis Alarm Yönetimi Servisi için temel niteliktedir ve sağlanan verilere göre servis sırası takip edilmektedir. Bu servişçe, sensörlerin özel isimleri yani ID bilgileri, sensörün türü (yangın veya gaz) ve sensörün gönderdiği ölçüm değeri alınmakta ve Alarm Yönetimi Servisi'ne gönderilmektedir. Burada sistemdeki ID ve ölçüm bilgisi gibi tanımlar, piyasada bulunan ve kullanılabilecek sensörlerin teknik özelliklerine uyumlu olacak şekilde tanımlanmıştır.

Çizelge 1. 1. Servis için üretilen değişkenler ve türleri.

Değişkenin Adı	Değişkenin Türü
ID	unsigned long
Sensör Türü	short
Ölçüm Değeri	short

3.2. Bina Kat Plan Servisi

Birçok diğer servis için temel nitelikte bir servistir. Herhangi başka bir servisten bir çıkış almamakta; oda, kat, bina ID'si ve üç boyutlu konum bilgileri gibi bilgileri tutmaktadır. Alarm üretiminin ardından özellikle tahliye hizmetinde kilit bir göreve sahiptir.

Çizelge 2. 2. Servis için üretilen değişkenler ve türleri.

Değişkenin Adı	Değişkenin Türü
Bina/Kat/Oda ID	integer
Bina/Kat/Oda Tanımı	string
Bina/Kat/Oda Geometrisi X, Y, Z Koordinatları	float

3.3. Alarm Yönetimi Servisi

Bu servis, Alarm Görüntüleme Servisi'nden alınan veri tablosunu ve Bina Kat Plan Servisi'nden alınan konum bilgisini kullanarak alarm üretimine karar vermektedir. Sensörün türüne göre ilgili ölçüm sonucunu, önceden tanımlı eşik seviyesi ile karşılaştırmakta ve konum bilgisini de yorumlayarak alarmın üretilmesine veya üretilmemesine karar vermektedir. Tahliye sisteminin işlemesi için alarmın üretilmesi yani bu servisin kararı önemli olduğundan bu servisin doğru çalışması önemli bir gerekliliktir. Alarm kararına göre varsa alarmın yeri ve seviyesi ile acil durum tipi tahliye servisine gönderilmektedir.

Çizelge 3. 3. Servis için üretilen değişkenler ve türleri.

Değişkenin Adı	Değişkenin Türü
ID	unsigned long
Ölçüm Değeri	short
Alarm Derecesi	integer (1'den 5'e kadar değer alıyor)
Bölge ID'si	unsigned long
Zaman Bilgisi	Gün/Ay/Yıl

3.4. RFID Okuyucu ve Etiket Servisi

Bu servis, tahliye anında kişiye özel planın işleminde konum bilgisinin doğru şekilde sağlanması sürecinde temel görevlidir. RFID okuyucuları, menzil içerisindeki etiketlerin ID bilgilerini ve alınan işaret gücü göstergesi (received signal strength indicator-RSSI) bilgilerini alıp tablo halinde veriyi çıkışa vermektedir. Burada RSSI seviyesi, etiket ile okuyucu arasındaki uzaklığı gösterdiği için kullanılmaktadır.

Çizelge 4. 4. Servis için üretilen değişkenler ve türleri.

Değişkenin Adı	Değişkenin Türü
RFID Okuyucu ID Değeri	integer
RFID Etiketinin ID Değeri	string
RFID Etiketinin RSSI Değeri	float

3.5. Giyilebilir Cihaz Tanımlama ve Algılama Servisi

RFID Okuyucu ve Etiket Servisi'nin ilgili RFID okuyucu için ürettiği tabloyu ve bina içinde kayıtlı RFID okuyucuların bulunduğu tabloyu giriş olarak alır. Öncelikle okuyucunun ID'sini kayıtlı okuyucular arasında tarar ve kayıtlılar arasında olup olmadığına karar verir. Ardından kayıtlı ise okuyucudan, etiketler ile arasındaki RSSI değerlerini ister. Sonuçta RFID Okuyucu ve Etiket Servisi'nin çıkış tablosuna benzer bir tablo üretilir. Buradaki okuyucuların kayıtlı olduğu kesin olan okuyucular olması, üretilen tabloyu nispeten farklı kılmaktadır.

Çizelge 5. 5. Servis için üretilen değişkenler ve türleri.

Değişkenin Adı	Değişkenin Türü
RFID Okuyucu ID Değeri	integer
RFID Etiketinin ID Değeri	string
RFID Etiketinin RSSI Değeri	float

3.6. Konum Belirleme Servisi

Servis, Giyilebilir Cihaz Tanımlama ve Algılama Servisi'nden kayıtlı RFID okuyucuların olduğu tabloyu ve Bina

Kat Plan Servisi'nden ilgili bilgileri giriş olarak almaktadır. Kayıtlı RFID okuyucuların kat planında karşı düşen bilgileri kullanılarak konumları servisçe hesaplanır.

Çizelge 6. 6. Servis için üretilen değişkenler ve türleri.

Değişkenin Adı	Değişkenin Türü
RFID Okuyucu ID Değeri	integer
Bina/Kat/Oda Geometrisi X, Y, Z Koordinatları	float
Zaman Bilgisi	Gün/Ay/Yıl

3.7. Kişi Takip Servisi

Konum Belirleme Servisi'nden RFID okuyucuların konum bilgileri ve Bina Kat Plan Servisi'nden ilgili bilgiler giriş olarak alınır. Sonuçta hız ve yön hesaplanarak kişi takibi yapılır. Hız ve yön bilgisini içeren bir tablo çıkış olarak verilir.

Çizelge 7. 7. Servis için üretilen değişkenler ve türleri.

Değişkenin Adı	Değişkenin Türü
Hız Bilgisi	float
Yön Bilgisi	integer
Zaman Bilgisi	Gün/Ay/Yıl

3.8. Tahliye Servisi

Tahliye sisteminin en önemli servislerinden birisidir. Giriş Kontrol Yönetimi'nden bina içinde bulunan kişilerin listesini; Alarm Yönetimi Servisi'nden acil durum türü, yeri ve seviyesini; Kişi Takip Servisi'nden hız ve yön bilgilerini içeren tabloyu ve Bina Kat Plan Servisi'nden ilgili bilgileri giriş olarak almaktadır. Bu servisin işlevi, daha önceki servislerce üretilen veriyi sentezlemek ve tahliye sürecine karar vererek kişi tahliye planlarını başlatmaktır. Sentezlenen veri çıkış olarak üretilir ve Sesli Arama veya Sesli Yayın Servisleri başlatılır.

Çizelge 8. 8. Servis için üretilen değişkenler ve türleri.

Değişkenin Adı	Değişkenin Türü
Sesli Arama ID Bilgisi	integer
Arayan ID Bilgisi	integer
Kullanıcı ID Bilgisi	integer
Sesli Yayın ID Bilgisi	integer
Bölge Bilgisi	integer

3.9. Sesli Arama Servisi

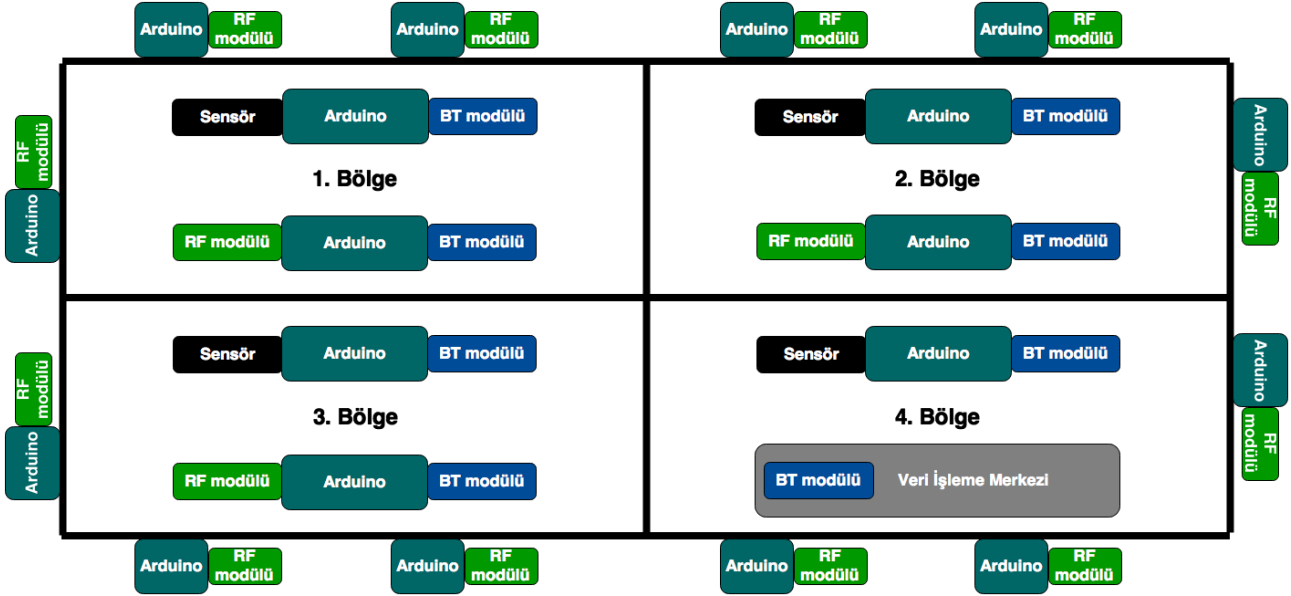
Tahliye Servisi tarafından üretilen sesi giriş olarak alır ve sesli arama hizmeti verir.

3.10. Sesli Yayın Servisi

Tahliye Servisi tarafından üretilen sesi giriş olarak alır ve sesli yayın hizmeti verir.

4. Donanım Bileşenleri ve Gerçeklemesi

Bu bölümde, alt servislerin gerçekleştirilmesinde kullanılabilecek donanım bileşenleri ve uygulama detayları açıklanmıştır.



Şekil 2. BAS Tahliye Modeli'nin donanımlar ile gerçekleştirme senaryosu.

Çizelge 9. 9. Servis için üretilen değişkenler ve türleri.

Değişkenin Adı	Değişkenin Türü
Sesli Arama ID Bilgisi	integer
Arayan ID Bilgisi	integer
Kullanıcı ID Bilgisi	integer

Çizelge 10. 10. Servis için üretilen değişkenler ve türleri.

Değişkenin Adı	Değişkenin Türü
Sesli Yayın ID Bilgisi	integer
Bölge Bilgisi	integer

gönderici RF modülleri bulunmaktadır. RF modülü süren ve düzgün çalışmasını sağlayan programı hafızasında tutan Arduino kartları her konfigürasyonun ortasında olacak şekilde gösterilmiştir. İkinci konfigürasyon, okuyucu olarak RF modülünü ve gönderici olarak BT modülünü kullanan RFID okuyucusudur. Etiketlerden topladığı veriyi veri işleme merkezine gönderir. Son konfigürasyon bir sensör konfigürasyonudur. Sensörün/sensörlerin bağlandığı Arduino kartından ve bir gönderici BT modülünden oluşmaktadır. Bütün bu modeller için temel gereksinim olan BT-RF modülleri arasındaki iletişim ve ilgili Arduino programlaması kolayca uygulanabilmektedir. Donanım özelliklerine bağlı olarak senaryo oluşturulmuştur.

4.3. Gerçekleme-Servis İlişkisi

Her bir donanım konfigürasyonu birden fazla serviste kullanılacak şekilde önerilmektedir. RFID etiketleri, Alarm Görüntüleme Servisi, Bina Kat Plan Servisi, RFID Okuyucu ve Etiket Servisi, Giyilebilir Cihaz Tanımlama ve Algılama Servisi, Konum Belirleme Servisi ile Kişi Takip Servislerinde görev alacak şekilde planlanmıştır. RFID etiketlerinden veri toplayan RFID okuyucuları, etiketlerle beraber aynı servislerde kullanılacak şekilde düşünülmüştür. Sensör konfigürasyonu, Alarm Görüntüleme Servisi ve Alarm Yönetimi Servislerinde yer alacak şekilde yapılmıştır. Her bir donanım bileşeni, servis açıklamalarında verilen değişken türüne ve servis yapısına uyacak şekilde yapılandırılmıştır. Veri işleme merkezi olan bilgisayara ise bütün servislerin yönetilmesinde kullanılması planlanmaktadır.

5. Sonuçlar

Bu çalışmada ticari kullanımı ve önemi yaygınlaşan BAS için bir acil durum sistemi önerilmiştir. BAS'ın farklı içerikteki hizmetleri içermesinin bir sonucu olan ortak bir yönetim modeli uyarlamının zorluğu ele alınmış, tahliye sistemi için verimli ve pratik bir model önerilmiştir. Alt servis tanımları, çeşitli donanım ve yazılımların karakteristiklerine uygun olacak şekilde yapılmıştır. Ayrıca alt servis tanımlarının gerçek uygulamalara

4.1. Donanım Bileşenleri

Şekil 2'de önerilen BAS Tahliye Modeli'nin donanımsal gerçekleştirilmesi gösterilmektedir. Donanım, Arduino kartı, radyo frekans (radio frequency-RF) modülü, Bluetooth (BT) modülü ve veri işleme merkezi olmak üzere dört temel bileşenden oluşmaktadır. Arduino kartı, genel amaçlı giriş-çıkış (general-purpose input/output-GPIO) pinlere sahip, programlanabilen, mikrodenetleyici bazlı bir karttır. RF modülü, üzerine anten takılan ve belli aralıktaki frekanslarda işaretleri üretip algılayabilen elektronik bir modüldür. BT modülü, kısa mesafelerde kablosuz veri paylaşımı için tasarlanmış olan Bluetooth standardında işaretler gönderip alabilen bir modüldür. Veri işleme merkezi, BT modülü olan ve büyük miktarda hesaplama yapabilen bir karar verme ünitesidir. Önerilen BAS Tahliye Modeli kapsamında bir bilgisayar olarak düşünülmüştür.

4.2. Gerçekleme Detayları

Yukarıda anlatılan ilk üç adet donanım bileşeni kullanılarak üç adet farklı donanım konfigürasyonu önerilmiştir. Birincisi, Şekil 2'de bölgelerin duvar kısımlarına yerleştirilecek RFID etiketleridir. RFID etiketlerinin görevi ortama sürekli ID bilgilerini ve mesajlarını göndermek olduğundan sol taraflarında alıcı modülleri bulunmamaktadır. Sadece sağ taraflarındaki

uygun olduğunu göstermek amacıyla birtakım düşük maliyetli donanım kullanılarak bu servisler gerçekleştirilmiştir. Detaylarla gösterildiği üzere BAS uygulamaları için verimli bir model üretilmiştir.

6. Kaynaklar

- [1] F. Shu, M. N. Halgamuge, and W. Chen, "Building automation systems using wireless sensor networks: radio characteristics and energy efficient communication protocols," *Electronic Journal of Structural Engineering*, pp. 66–73, 2009.
- [2] N. Research, "Commercial building automation systems market report. <https://www.navigantresearch.com/research/commercial-building-automation-systems/>," October 2015.
- [3] BaaS, "<http://www.baas-itea2.eu/cms/home-menu-item/>," July 2016.
- [4] W. Kastner, G. Neugschwandtner, S. Soucek, and H. M. Newman, "Communication systems for building automation and control," *Proceedings of the IEEE*, vol. 93, no. 6, pp. 1178–1203, June 2005.
- [5] D. Snoonian, "Smart buildings," *IEEE Spectrum*, vol. 40, no. 8, pp. 18–23, Aug 2003.
- [6] H. Wicaksono, S. Rogalski, and E. Kusnady, "Knowledge-based intelligent energy management using building automation system," in *IPEC, 2010 Conference Proceedings*, Oct 2010, pp. 1140–1145.
- [7] A. Bozány, "Integration of building automation systems and facility information systems," *Hungarian Electronic Journal of Sciences, HU ISSN 1418*, vol. 7108, 2003.
- [8] C. Reinisch, W. Kastner, G. Neugschwandtner, and W. Granzer, "Wireless technologies in home and building automation," in *Industrial Informatics, 2007 5th IEEE International Conference on*, vol. 1.
- [9] M. Kintner-Meyer, "Opportunities of wireless sensors and controls for building operation," *Energy engineering*, vol. 102, no. 5, pp. 27–48.
- [10] A. Pinto, M. D'Angelo, C. Fischione, E. Scholte, and A. Sangiovanni-Vincentelli, "Synthesis of embedded networks for building automation and control," in *American Control Conference, 2008*, pp. 920–925.