

**T.C.
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI**



**BLUETOOTH BEACON TEKNOLOJİSİ KULLANARAK
LOKASYON VE MÜZE ESER TANITIM UYGULAMASI
GERÇEKLEŞTİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

SEVGİ CANSU AYDALKA

BALIKESİR, AĞUSTOS - 2018

T.C.
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI



BLUETOOTH BEACON TEKNOLOJİSİ KULLANARAK
LOKASYON VE MÜZE ESER TANITIM UYGULAMASI
GERÇEKLEŞTİRİLMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

SEVGİ CANSU AYDALKA

Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Seydi DOĞAN (Tez Danışmanı)

Dr. Öğr. Üyesi Ahmet ÖZKURT (Eş Danışmanı)

Doç. Dr. Metin DEMİRTAŞ

Dr. Öğr. Üyesi Taner AKKAN

Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Kubilay EKER

BALIKESİR, AĞUSTOS - 2018

KABUL VE ONAY SAYFASI

Sevgi Cansu AYDALKA tarafından hazırlanan “BLUETOOTH BEACON TEKNOLOJİSİ KULLANARAK LOKASYON VE MÜZE ESER TANITIM UYGULAMASI” adlı tez çalışmasının savunma sınavı 07.08.2018 tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen jüri tarafından oy birliği / ~~oy~~ ~~çokluğu~~ ile Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

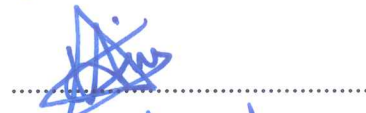
Danışman
Prof. Dr. Seydi DOĞAN



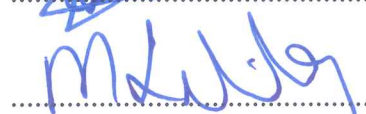
Eş Danışman
Dr. Öğr. Üyesi Ahmet ÖZKURT



Üye
Doç. Dr. Metin DEMİRTAŞ



Üye
Dr. Öğr. Üyesi Taner AKKAN



Üye
Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Kubilay EKER



Jüri üyeleri tarafından kabul edilmiş olan bu tez Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunca onanmıştır.

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Doç. Dr. Necati ÖZDEMİR



ÖZET

BLUETOOTH BEACON TEKNOLOJİSİ KULLANARAK LOKASYON VE MÜZE ESER TANITIM UYGULAMASI GERÇEKLEŞTİRİLMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

SEVGİ CANSU AYDALKA

**BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

(TEZ DANIŞMANI: PROF.DR SEYDİ DOĞAN)

(EŞ DANIŞMAN: DR. ÖGR. ÜYESİ AHMET ÖZKURT)

BALIKESİR, AĞUSTOS - 2018

İç mekan lokasyon işlemlerinde açık alanlarda kullanılan teknolojiler yeterli gelmediği durumlarda kapalı alan teknolojileri geliştirilmeye ihtiyaç duyulmaktadır. Bu tez çalışmasında Bluetooth Low Energy (BLE) teknolojisinden yararlanarak ve gömülü elektronik devreler kullanılarak kapalı alanlarda lokasyon belirleme işlemi hedeflenmiştir. Bu sayede sergi, müze ve kültür merkezlerinde ziyaretçilerin konumlarına bağlı olarak sesli ve görsel içeriklerle sergi spesifik koleksiyon ürünleri, tarihi eserler ve her türlü ürün hakkında detaylı bilgiler sağlanabilmektedir.

Çalışmamızda gömülü mikrodenetleyici yoluyla bluetooth modül üzerinden (Radio Frequency) RF bluetooth beaconların bulunduğu konuma göre lokasyon belirleme işlemi gerçekleştirilmiştir. Bluetooth 4.0 teknolojisi destekleyen RF beaconlardan gelen verilerin okunması için AT Komutları kullanılarak bir donanım-yazılım gerçekleştirilmiş, beaconların kimlik numaraları ve alınan sinyal güçlerine bağlı olarak en yakın beaconu, dolayısıyla istenen bölgeyi algılayan bir lokasyon belirleme sistemi ve yazılımı tasarlanmış ve uygulanmıştır.

Bu tez çalışmasında geliştirilen sistem ile temelde ürün ve hizmet tanıtımı gerçekleşmesi ile beraber, kullanıcı lokasyon belirleme, mağaza otomasyonları ve desteklenen mobil yazılımlar ile çok daha geniş boyutta sistemlere entegrasyon yapılabilmesi için örnek bir uygulamanın mümkün hale geldiği gösterilmiştir.

ANAHTAR KELİMELEER: Bluetooth Low Energy (BLE), arduino, bluetooth modül, beacon, lokasyon, AT komutları.

ABSTRACT

AN APPLICATION FOR LOCATION AND MUSEUM ARTIFACT PRESENTATION USING BLUETOOTH BEACON TECHNOLOGY

MSC THESIS

SEVGI CANSU AYDALKA

BALIKESIR UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE

ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERING

(SUPERVISOR: PROF. DR. SEYDİ DOĞAN)

(CO-SUPERVISOR: DR. AHMET ÖZKURT)

BALIKESİR, AUGUST 2018

It is necessary to develop the technology which will be used for indoor applications, when the technology being used for outdoor applications is not suitable for the indoor applications. In this study, it is aimed to get the location knowledge in closed areas by Bluetooth Low Energy (BLE) technology and embedded electronic circuits. In this way, it can be provided detailed information to the visitors about all kinds of specific collection items, historical works, audio and visual contents depending on the location of them in exhibitions, museums and cultural centers.

In this study, location determination in a closed area was carried out depending on the position of RF bluetooth beacons on bluetooth module via embedded microcontroller. Hardware and software program using AT Commands have been developed for the receive the data sent from RF beacons being suitable for the Bluetooth 4.0 technology. A location determination system, which perceives the nearest that is the target area depending on the identification numbers of beacons and signal strengths, and software program were developed and implemented.

In this study, it has been shown that it is possible to implement an application used for giving information about the artifacts and products to the visitors by the developed system. Additionally, it is possible to integrate much wider dimensional systems and determine the location of users/visitors for store automatizations, via supported mobile softwares.

KEYWORDS: Bluetooth Low Energy (BLE), beacon, arduino, bluetooth modul, location, AT comands.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
İÇİNDEKİLER.....	iii
ŞEKİL LİSTESİ.....	iv
TABLO LİSTESİ.....	v
KISALTMA LİSTESİ.....	vi
ÖNSÖZ.....	vii
1. GİRİŞ.....	1
2. KURAMSAL TEMELLER.....	8
2.1 Bluetooth Low Energy Teknolojisi.....	8
2.2 Beacon Teknolojisi.....	10
2.3 Bluetooth Beacon.....	13
2.4 Arduino.....	15
2.5 Akıllı Ekran.....	18
3. SİSTEM TASARIMI VE YAZILIM.....	20
3.1 Sistem Bileşenleri.....	22
3.1.1 Standart Beacon.....	23
3.1.2 Arduino Uno.....	23
3.1.3 HM-10 Bluetooth Modül.....	25
3.1.4 Nextion HMI Akıllı 2.4 Inch Dokunmatik TFT LCD Ekran....	26
3.1.5 MP3 Decoder Devresi.....	31
3.2 Yazılım.....	31
3.3 AT Komutları.....	34
3.3.1 HM-10 Bluetooth Modül İçin Kullanılan AT Komutları.....	34
3.3.2 AT Komutlarının Seri Port Ekranında Uygulanması.....	37
4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	40
5. KAYNAKLAR.....	42

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1: BLE ile haberleşmenin sembolik gösterimi.....	8
Şekil 2.2: Beacon cihazının kılıf içerisinde ve açık şekilde gösterimi	10
Şekil 2.3: Beacon data paketi gösterimi.....	11
Şekil 2.4: Beaconun çalışma prensibinin şematik olarak gösterimi.....	13
Şekil 2.5: Arduino kartının genel görünümü.....	15
Şekil 2.6: Nextion firmasına ait akıllı ekranın ön ve arka yüzey görüntüsü.....	18
Şekil 3.1: Sistemi oluşturan bileşenlerin açık gösterimi.....	21
Şekil 3.2: Tasarlanan sistemin blok şeması.....	21
Şekil 3.3: HM-10 ile FTDI arasındaki bağlantı gösterimi.....	22
Şekil 3.4: Kullanılan standart beaconun genel görüntüsü.....	23
Şekil 3.5: Arduino Uno kartının genel görünümü.....	24
Şekil 3.6: HM-10 bluetooth modülünün genel görünümü.....	25
Şekil 3.7: Nextion akıllı kart editor ekranı görüntüsü.....	27
Şekil 3.8: Nextion akıllı kart editor ekranında eser bilgisi görüntüsü.....	28
Şekil 3.9: Eserden uzakta Nextion akıllı ekran görüntüsü.....	29
Şekil 3.10: Eser yakınında Nextion akıllı ekran görüntüsü.....	29
Şekil 3.11: Tasarlanan sistemin kutulanmış haldeki görüntüsü.....	30
Şekil 3.12: Eserden uzakta (a) ve eser yakınında (b) akıllı ekran görüntüsü.....	30
Şekil 3.13 Open-smart kartına ait görsel.....	31
Şekil 3.14: Yazılım blok şeması.....	32
Şekil 3.15: AT Komutu.....	37
Şekil 3.16: AT+NAME Komutu.....	37
Şekil 3.17: AT+ADDR Komutu.....	38
Şekil 3.18: AT+VERR Komutu.....	38
Şekil 3.19: AT+BAUD Komutu.....	38
Şekil 3.20: AT+NOTI Komutu.....	39
Şekil 3.21: AT+ROLE Komutu.....	39

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Tablo 2.1: Teknolojik olarak kullanılan bazı beacon çeşitleri	14
Tablo 2.2: Bazı arduino çeşitleri ve özellikleri.....	17
Tablo 2.3: Bazı Nextion akıllı ekran modelleri ve özellikleri.....	19
Tablo 3.1: Bluetooth Beaconlara ait örnek ID değerleri.....	34
Tablo 3.2: Bazı AT komutları.....	35



KISALTMA LİSTESİ

BLE	: Bluetooth Low Energy
RF	: Radio Frequency
GPS	: Global Position System
Wi-Fi	: Wireless Fidelity
RFID	: Radio Frequency Identification
NFC	: Near Field Communion
WGS84	: Word Geodetic System 1984
UWB	: Ultra Wide Band
WLAN	: Wireless Local Area Network
IMWI	: Indoor Mapping Web Interface
OSM	: Open Street Map
RSSI	: Received Signal Streng İndication
IPNS	: Indoor Positioning and Navigation Systems
QR	: Quick Responsible
AR	: Augmented Reaity
UID	: Universal Identifier
UUID	: Universal Unique Identifier
USB	: Universal Serial Bus
URL	: Uniform Resource Location
GSM	: Global System for Mobile Communications
AVR	: Alf Vegard RISC
PIC	: Peripheral Interface Controller
HMI	: Human Machine Interface
TFT	: Thin Film Transistor
MCU	: Micro Controler Unit
FTDI	: Future Technology Devices International
ICSP	: In Circuit Serial Programing
UART	: Universal Asynchronous Received-Trasmitter
TTL	: Transistor-Transistor Logic

ÖNSÖZ

Yüksek Lisans çalışmalarım boyunca bilgi birikimlerini esirgemeyen ve bu çalışmamın ortaya çıkmasını sağlayan değerli hocam Prof. Dr. Seydi DOĞAN' a,

Tez çalışmamın her aşamasında desteğini eksik etmeyen ve yardımları ile çalışmamın seyrini yönlendiren değerli eş danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Ahmet ÖZKURT' a, Arduino çalışmaları konusunda desteklerini esirgemeyen Dr. Öğr. Üyesi Taner AKKAN' a, gömülü sistemler üzerine çalışmama ilham kaynağı olan sayın hocam emekli Öğr. Gör. Hasan KÜZGİL' e,

Çalışmalarım sırasında her daim moral ve destekleriyle yanımda olan aileme,

Saygı, sevgi ve teşekkürlerimi sunarım.

Sevgi Cansu AYDALKA

1. GİRİŞ

Günümüzde gelişen teknoloji ile beraber bulunulan konumun lokasyon bilgileri hakkında bilgi sahibi olmak veya gidilmek istenilen konuma nasıl gidileceğini öğrenmek için çeşitli alternatifler kullanılabilir. Bulunulan konumun açık alan ya da kapalı alan olması durumu da gelişen teknoloji ile sorun olmaktan çıkmıştır. Hayatın önemli bir bölümünün kapalı alanda geçmesi ve bu kapalı alanların karışık iç yapısı, kapalı alanda çeşitli amaçlar için kullanılacak olan teknolojiye olan ihtiyacı da beraberinde getirmiştir. Açık alanlarda konumun belirlenmesi için Global Positioning System (GPS) sinyallerini kullanmak yeterli olurken, kapalı mekanlarda konumun belirlenmesi için daha hassas ve kapalı ortamdaki etkilenmeyen sinyallere ihtiyaç duyulmaktadır [1].

Konumlandırma; üzerinde konum bilgisi verebilecek mahiyette cihaz taşıyan kullanıcının belirli bir koordinat sisteminde yerinin belirlenmesi şeklinde ifade edilir. Konum bilgisinin artan popülaritesi, konum varsayımı ile ilgili çalışmalarını hızlandırmıştır [2]. Bu amaçla, kapalı mekanlarda yapılan incelemeler özellikle son 10 yıl içerisinde popüler olmuş ve Wireless Fidelity (Wi-Fi), Radio Frequency Identification (RFID) gibi yöntemler kapalı mekanlarda konumlandırmalar için alternatif yöntemler olarak karşımıza çıkmıştır. Yukarıda bahsedilen yöntemlerden Wi-Fi'nin ortam ve güç kaynağı tarafından kısıtlanmasından, RFID'nin ise kullanıcının konumlandırmayı gerçekleştirmesi için özel ekipmana ihtiyaç duymasından dolayı bu yöntemler tercih edilmelerine rağmen dezavantajlara sahiptir. Bu yöntemlere alternatif olan ve aynı zamanda üstünlük sağlayan Bluetooth Low Energy (BLE) teknolojisi, kapalı alan konumlandırma bilgileri sağlamak üzere kullanılmak için uygun bir teknoloji olması yanında, sinyal gücünü sabit seviyede tutabilme özelliğinden dolayı avantajlara sahiptir [3].

Kapalı alan konum bilgisi veren teknolojiler havaalanları, üniversite kampüsleri, ofis binaları ve müzeler gibi insan yoğunluğunun oldukça fazla olduğu kapalı alanlarda kullanılmaya potansiyellerine sahip olmalarından dolayı, teknoloji sektörlerinin ve ticari kuruluşların artan ilgilerini üzerlerine toplamışlardır. Kapalı

alanlarda daha fazla bilginin kullanıcılara sunulması ve bunun bir sektör haline gelmesi, bu teknolojilere olan ilgili araştırmaların geliştirmesi ve iyileştirilmesine sebep olmuştur. Ancak halen kapalı alan lokalizasyonu veren teknolojiler yeteri kadar yaygın olmamanın yanı sıra, standart hale getirilmiş ve kullanıcılara sunulmuş olan ve sensör platformlarını da içerecek kadar geliştirilmiş bir durumda değildir [4].

Günümüzde Wi-Fi ve Bluetooth özellikli cihazların popülaritesinin artması, bu teknolojilerin iyileştirilmesi ve geliştirilmesi üzerine çalışan firmaların 21. yüzyıldaki teknoloji kullanım senaryolarını ve vizyonlarını da değiştirmiştir. Bilgisayar tabanlı bu cihazların küçülmesi ve taşınabilir hale gelmesi de konumlandırmanın daha kolay bir şekilde yapılabilmesini sağlamıştır. Kablosuz teknolojiler daha önceleri sadece cihazları internete bağlamak gibi kısıtlı alanlar için kullanılırken, akıllı cihazların ve özelliklerinin gelişmesiyle birlikte, Near Field Communication (NFC), RFID, Bluetooth, Z-Wave, ZigBee gibi teknolojiler ile kısa menzilli kablosuz teknolojilerde gelişmiştir [5].

Lokalizasyon için kullanılan en yaygın örneklerden biri, GPS alıcısı ve GPS uydularının alt yapısını kullanan World Geodetic System 1984 (WGS84) referans çevresindeki karasal lokalizasyonlardır [6]. GPS donanımının ve teknolojisinin gelişmesi açık hava lokalizasyonunun daha ucuz ve kolay yapılabilmesini sağlamıştır. Ancak, açık hava lokalizasyonunda kolaylık sağlayan GPS'in, havaalanı, fabrika, hastane gibi tipik kapalı alanların lokalizasyonu için uygun bir teknoloji olmaması, bu teknolojiyi kullanan kapalı alan konumlandırma çalışmalarında gelişme sağlasa da, arzu edilen seviyeye henüz ulaşılamamıştır. İç mekanların açık alanlara kıyasla daha küçük olması, bu alanların lokalizasyonunu kolaylaştırırken, bu alanlardaki kısıtlamaların oldukça fazla olması da lokalizasyonu zorlaştırmaktadır. GPS donanımının iç mekan teknolojisine uygun olmaması ayrıca kablosuz sinyallerin girişim, yansıma, kırınım gibi istikrarsızlığa sahip olması gibi sebeplerden dolayı iç mekan lokalizasyonu için yapılan çalışmaların RFID, 802.11, ve Bluetooth sinyalleri kullanan alternatif yöntem ve teknolojilere yönelmesine neden olmuştur. Çok sayıda iç mekan konumlandırma tekniği ve sistemi bulunması yanında, her yöntemin de kendine has güçlü ve zayıf olduğu yönleri bulunmaktadır [6].

Hücresel tabanlı Ultra Wide Band (UWB) sinyallerinin daha az güç tüketimi ve daha kısa sürede iletmesinden ve RFID'den farklı şekilde eş zamanlı olarak farklı

frekans bantlarında çalışabilmesinden, ayrıca 802.11'nin geniş kapsama alanına sahip olmasında ve 2.4 GHz frekans bandında çalıştığından hareketle, Liu ve ark. [7] RFID, Wireless Local Area Network (WLAN), Hücre tabanlı UWB ve Bluetooth gibi iç mekan çözümlerini detaylı olarak kıyaslamıştır. Bu çalışmada, iletişimin sağlanması için etiketler, anten, reader, middleware ve backend, database gibi bileşenlerden oluşan RFID sistemi, nesnelere eklenen etiketleri otomatik olarak tanımak için elektromanyetik alanları kullanmaktadır. Etiketler nesnelere tarafından kapanmış ve görünmeyen durumda olsa bile, kullanıcı sistem ile birlikte etiketlerin yanından geçtiğinde etiketler taranabilmektedir. Ancak RFID sistemi etiketler, okuyucu ve yazılım gibi donanımlara bağlı kaldığından sisteme erişim zorlaşmaktadır [7, 8, 9].

Son yıllarda dikkatleri üstüne çeken BLE teknolojisi güvenlik, sağlık, tüketici elektroniği gibi birçok alanda kullanılabilmektedir. Yapılan tahminlere göre yakında gelecekte BLE teknolojisinin milyarlarca kullanıma sahip olması beklenmektedir. BLE'nin klasik Bluetooth teknolojisiyle benzerliklere sahip olması bu teknolojinin benimsenmesini kolaylaştırmıştır [10]. Ancak klasik Bluetooth teknolojisiyle BLE teknolojisi arasında farklar olup en büyük fark tükettiği enerjide gözlenmektedir. Kısaca, BLE teknolojisi iletişim kurmak için yine bluetooth sinyalleri kullanmasına rağmen çok az enerji harcamaktadır. BLE cihazları çok ucuza üretilme avantajının yanında normal bir saat piliyle birkaç yıldan daha uzun süre çalışacağı tahmin edilmektedir. Dahası çok daha ucuza üretilmektedir [2]. Ayrıca BLE cihazları bir iletişim bağlantısı başlatılıncaya kadar uyku modunda kalarak daha az güç tüketme özelliği ile sıradan bluetooth cihazlarına alternatif olmaktadır [11]. BLE cihazları kısa periyotlarla az veri aktarımı için tasarlanmıştır ve normal bir Bluetooth cihazından daha küçük veri aktarımı yaptığı için pille çalışan sistemler için daha uygundur [12]. Senan ve diğ. [5], yapmış oldukları çalışmada BLE beaconları bina içerisine yerleştirerek ve onları etiketleyerek, hastane ve üniversiteler gibi farklı objeleri içeren kat planlarını kontrol etmek üzere Indoor Mapping Web Interface (IMWI) adı verilen Open Street Map (OSM) tabanlı bir grafik web arayüzeyi kullanmışlardır. Böylece depolanan konum bilgilerine göre kullanıcıların kapalı alanda konumu doğru bir şekilde belirlenmiştir. Kajioka ve diğ. [2], gerçek zamanlı alan kestrimi yapabilmek için bir oda içerisine ve çevresine bir dizi beacon yerleştirerek beaconlardan gelen Received Signal Strength Indication (RSSI) değerlerine göre konum tahmini

yapmışlardır. Çalışmalarının sonucunda % 95'den fazla oranla doğru tahmin elde etmişlerdir.

Gorovyi ve diğ. [13], iç mekan konumlandırılması için GPS sinyallerinin yetersiz kaldığını belirtmiş olup beaconlarla oluşturulmuş kapalı alanlar için gezinme çerçevesi oluşturmuştur. Kullanıcı konumları beaconlardan alınan güç seviyesine göre tahmin edilebileceği ve sinyal gücünün mesafenin karesiyle ters orantılı olduğu belirtilmiştir. Ancak lokasyon belirlenirken bazı zorluklarla karşılaşıldığı görülmüştür. Bina dışındaki sinyaller, bina içindeki sinyallerin engellerden ve duvarlardan yansımaları ayrıca engellerden kaynaklanan girişim ve zayıflama lokasyon belirlemeyi zorlaştıracak olumsuz etkenler olarak belirtilmiştir. Bu etkenler göz önünde bulundurularak beaconlara dayalı Indoor Positioning and Navigation Systems (IPNS) tasarımı yapılmış ve sistemin çalışma prototipi sunulmuştur. Yapılan çalışmalar sonucunda yüksek oranda doğru gerçek zamanlı kullanıcı konumlarına ulaşılmıştır.

Toptan satış mağazasında konumlandırılmış bluetooth beaconlardan yayılan BLE sinyallerinden yararlanarak iç mekan lokalizasyonu üzerine çalışmalar Dickinson ve diğ. [4] tarafından gerçekleştirilmiştir. Mağaza içerisinde birbirine bitişik olan ürün bölümlerine yerleştirilmiş birden fazla beaconun, RSSI okumaları mağaza içerisinde mobil cihazları ile gezinen kullanıcılar sayesinde gerçekleştirilmiştir. Bu sayede kullanıcıların hareketlerine kısıtlamalar getiren mağaza düzeni de göz önünde bulundurularak lokalizasyon sağlanmış olup, ürün bölümleri doğru bir şekilde belirlenmiştir. Ayrıca en yakın beacon yaklaşımı kullanılarak deneysel çalışma yöntemi sunup lokalizasyon yöntemi önermişlerdir.

Chawathe tarafından gerçekleştirilen çalışmada, taşınabilir bilgisayar ya da cep telefonu gibi mobil cihazların yerini belirlemek için bluetooth beaconlardan yararlanılmış ve beaconlardan gelen sinyallere göre lokalizasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. İç mekanlarda sinyal yayılımı karmaşık olduğu etraftaki yapı malzemeleri, akış planları, ve mobilyaların iletim ve yansımaya olumsuz katkıda bulunduğu gerçekleri göz önünde bulundurulduğunda lokalizasyonun zorlaştığı sonucuna varılmıştır [6]. Aynı çalışmada, öğrencilerin derse girişlerini kontrol etmek amaçlı olarak BLE tabanlı beaconlardan yararlanıldığından da bahsedilmiştir. Çalışmada, sistemin sorunsuz olarak çalışması ve öğrencilerin derse katılım sağladıklarının anlaşılması için öncelikle geliştirilmiş olan uygulamanın kullanıcıların

telefonlarına indirilmiş olması ve verilen benzersiz kimlik numarası ile kimlik doğrulaması gerçekleştirmiş olmaları gerektiğinden bahsedilmektedir. Kimlik belirlenmesinin aktif hale gelmesi için ayrıca cep telefonlarındaki bluetooth uygulamasının açık konumda bulunması da gerektiği aksi takdirde, öğrencilerin derse katılım sağladıkları anlaşılamayacağı bildirilmiştir. Çalışmada, öğrenciler beaconların bulunduğu alana girdiğinde otomatik olarak derste bulunduğu doğrulanarak, derse katılım sağlayan öğrencilerin katılımı konusundaki karışıklığın önüne geçilmiştir [6].

Müzeyi ziyaret edip, eserler hakkında bilgi sahibi olmak isteyen ziyaretçilerin daha fazla bilgiye erişmelerini kolaylaştırıcı birçok çalışma söz bulunmaktadır. Quick Response (QR) ve Augmented Reality (AR), müzelerde eserler hakkında tanıtım, resim gibi içeriklere ulaşabilmek için kullanılan çalışmalardan bazılarıdır. QR ile kullanıcıların cep telefon kameraları yardımıyla ilgili eser veya koleksiyon ürününe ait kod taratılıp daha detaylı bilgiye sahip olmak mümkün hale gelmektedir. AR teknolojisi ile de kullanıcılarının akıllı cihazları yardımıyla müzedeki eserler hakkında ayrıntılı bilgi edinebilmesi söz konusu olmaktadır. Tapei Sarayı Müzesini ziyaret eden ziyaretçiler AR teknolojisi sayesinde seçtikleri görselleri akıllı cihazları veya cep telefonlarıyla saat yönü veya saat yönünün tersine döndürerek, bilgi sahibi olmaları yanında, üç boyutlu olarak da görme şansı elde etmektedirler. Müze uygulamalarında kullanılan bu yöntemler ziyaretçiler ile eser veya koleksiyon ürünleri arasında etkileşimi sağlamakla beraber, QR kod ve AR teknolojisinden yararlanabilme için bazı gereklilikleri yerine getirmeleri gibi dezavantajları barındırmaktadır. Kullanıcıların QR Kod teknolojisinin kullanıldığı müzede ziyaretçinin ilgilendiği eserle ilgili içeriklere Wi-Fi yardımıyla ulaşabilmesi için cep telefonu veya akıllı cihaz ile esere ait QR kodunu taratması gerekmektedir [14].

Tercih edilen bir diğer yöntem olan pozisyonlandırma teknolojisi ile kullanıcılara zahmetsizce direk olarak bilgi aktarımı sağlanabilmesi mümkün olmaktadır. Bu yöntemde Wi-Fi, bluetooth ve benzeri iç mekan konumlandırma teknolojileri ile kullanıcılara otomatik olarak buldukları konuma göre içerik aktarımı yapılabilmektedir [15]. Müzede gezinen ziyaretçilerin mobil cihazlarına müzede bulunan koleksiyonlar veya eserlerin yanına monte edilmiş beaconlardan gelen sinyallerle eser hakkında detaylı bilgi aktararak, ziyaretçilerin gezilerinin daha verimli ve zevkli bir şekilde geçmesi sağlanabilmektedir. Böylece, beaconsa dayalı

BLE teknolojisi sayesinde ziyaretçilerin müze içerisinde bilinçsizce gezmelerin önüne geçilmiş olmaktadır. Birçok eserin bulunduğu müzeye gelen ziyaretçiler buldukları en yakın eser konumuna ve eser yakınında bulunma süresine göre; koleksiyonla ilgili hikayelere ve tarihi olaylara, koleksiyonun ziyaretçi istatistiklerine, beacon sistemi tarafından kaydedilmiş verilere ve içeriklerine ulaşabilmektedirler. He ve diğ. [14], yaptığı çalışmada müzedeki ziyaretçilere, eserler ve koleksiyon ürünleri hakkında beacon teknolojisi sayesinde bilgiler aktarılmış ve bunun sonucunda eserler hakkında ilgi uyandırmayı ve ziyaretçilere daha fazla tarih bilgisi vermeyi amaçlamışlardır. Bu çalışmada müzeye gelen ziyaretçiler ile koleksiyonlar arasında etkileşim önerisi sunulmuştur. Beaconların kullanıldığı sistem ele alınmış olup bu sistem müze uygulamalarında uygulanabilir hale gelmiştir. Böylece müze içerisinde ziyaretçilerin gezdikleri ve buldukları konuma göre gezinti davranışları tespit edilmiş ve bu davranışlara göre kullanıcılara çeşitli reklamlar gönderilmiştir.

Giasemi ve diğ. [16], BLE sinyalleri yayan beaconlardan yararlanarak tarihi binalar için mobil yorumlama yapmış ve ziyaretçilerin ihtiyaçlarına göre konum bilgisinden yararlanarak tarihi içerikler sunmuştur. Proje İngiltere'nin Leicester şehrinde bulunan Leicester Kalesi'nde gerçekleştirilmiştir. Beacon temelli lokalizasyona dayalı uygulamada Leicester Kalesi'ne gelen ziyaretçilerin ihtiyaçlarına göre sesli veya görsel içerik sunularak kullanıcıların ilgisi çekilmiş olup, yaptıkları tarihi gezintiden maksimum düzeyde faydalanmaları sağlanmıştır. Klasik olarak tarihi bir iç mekan gezisinde, bilgi edinme sadece bilgi tabloları ve rehberli turla sınırlı kalırken BLE beaconlarının yerleştirilmiş olduğu bu çalışmada kalede ziyaretçilerin konumlarına göre mobil cihazlarına bilgi aktarımı sağlanması sayesinde tarihi mekan hakkında maksimum düzeyde bilgi sahibi olmaları sağlanmıştır. Bu projede farklı ziyaretçi gruplarına yönelik farklı uygulamalar geliştirilerek kullanıcıların tarihi gezideki ihtiyaçlarına yönelik çalışma yapılmıştır. Mobil cihazlarıyla görsel olarak bilgilendirilmeyi tercih etmeyen ya da görme engelli ziyaretçilere yönelik kalede buldukları konumlara göre sesli içerik sunulmuştur. Çocuklu aileleri ilgilendiren kale içindeki diğer bir lokasyon uygulaması ile ise kullanıcılar, çeşitli etkinliklerin olduğu tarihi mekan içindeki farklı yerlere yönlendirilmiştir.

Bu tez çalışmasında, BLE teknolojisinden yararlanarak ve gömülü elektronik devreler kullanılarak kapalı alanlarda lokasyon belirleme işlemi gerçekleştirilmiştir.

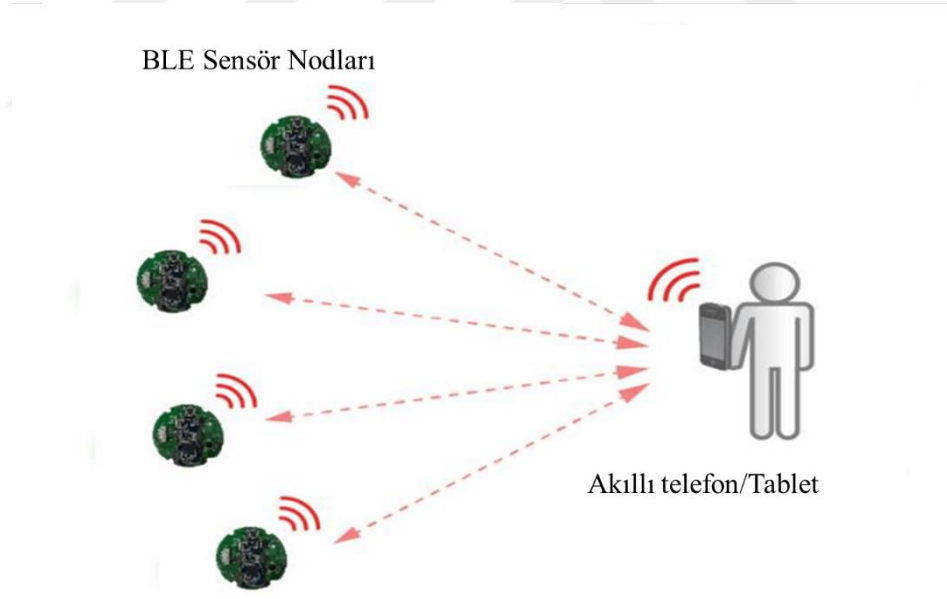
Bu sayede sergi, müze ve kültür merkezlerinde ziyaretçilerin konumlarına bağlı olarak sesli ve görsel içeriklerle sergi spesifik koleksiyon ürünleri, tarihi eserler ve her türlü ürün hakkında detaylı bilgiler sağlanabilmektedir. Bu tez çalışması giriş, kuramsal temeller, sistem tasarımı ve yazılım ve sonuç olmak üzere dört bölüme ayrılmıştır. Giriş bölümünde, açık ve kapalı alan teknolojileri, iç mekan çözümlenmeleri ve lokalizasyon ihtiyacından ortaya çıkan çalışmalar özetlenmiş, literatürde beacon teknolojisi ile ilgili yapılan çalışmalardan ve bu teknolojinin uygulanabilmesi için gerekli olan donanımlardan kısaca bahsedilmiştir. Tezin ikinci bölümünde kuramsal temeller ele alınmış; BLE ve beacon teknolojisi uygulaması ile ilgili teorik bilgi verilmiştir. Üçüncü bölümde, sistem tasarımı ve donanımı açıklanmış, sisteme ait yazılıma ait kodlara yer verilmiştir. Tezin sonuç bölümünde ise müze uygulamalarında kullanmak üzere tasarlanmış sistemimizin beacon teknolojisindeki yeri, genel özellikleri ve kullanımı ile ilgili detaylar açıklanmış, beaconların yerleştirildiği müzede örnek olarak yapılan çalışmanın sonuçları ve sonuçlara ait görsellere yer verilmiştir. Ayrıca kapalı mekanlarda yapılabilecek lokalizasyon çalışmalarına örnek teşkil edebilmesi ve yön verebilmesi açısından tasarlanan sistem ile ilgili geliştirilebilecek özelliklere de sonuç bölümünde değinilmiştir.

2. KURAMSAL TEMELLER

2.1 Bluetooth Low Energy Teknolojisi

Bluetooth Smart olarak da bilinen, Bluetooth 4.0 veya Bluetooth Low Energy (BLE) düşük enerjili kablosuz ağ teknolojisidir. BLE, Bluetooth 4.0'ın bir parçası olarak 2010'da ilk olarak kullanıma sunulmuştur [2]. Son yıllarda dikkatleri üstüne çeken BLE teknolojisi güvenlik, sağlık, tüketici elektroniği gibi birçok alanda özellikle az enerji tüketiminden dolayı (veri aktarımı Bluetooth' a kıyasla oldukça düşük olmasına rağmen) kullanılabilir.

Şekil 2.1 de BLE teknolojisi kullanılarak, veri aktarımının yapıldığı durum görülmektedir.



Şekil 2.1: BLE ile haberleşmenin sembolik gösterimi.

Şekilden görüleceği üzere BLE sisteminin çalışması için BLE sinyalleri yayan BLE sensör nodlarına ve bu sinyalleri algılayacak akıllı cihazlara ihtiyaç duyulmaktadır.

Bluetooth 1994 yılında Ericsson firması tarafından geliştirilen kısa mesafeli radyo frekans sinyallerini kullanan kablosuz haberleşme protokolüdür. Bluetooth teknolojisi cihazları birbirine bağlayarak haberleştirmek ve kablosuz dosya transferine olanak sağlamak için kullanılmaktadır [17].

Bluetooth teknolojisi kullanılmaya başlandığından itibaren gelişimini sürdürmüş ve bir önceki kullanıma sunulan sürümüne göre gelişim göstererek ilerlemeye devam etmiştir. Ayrıca kullanıcıya sunulan yeni versiyonlar önceki versiyonları kapsamıştır ve önceki sürümündeki hatalar giderilerek kullanıcıya bir öncekinden daha iyi kablosuz haberleşme imkanı sunulmuştur. Bluetooth teknolojisinin son sürümü olan BLE de klasik bluetooth sinyalleri gibi temassız olarak uzaktan bilgi alışverişine olanak sağlamaktadır. Piyasaya sürülen Bluetooth 4.0 sürümü yüksek hız ve düşük enerji ve güç tüketim verimliliği gibi avantajlara sahiptir. BLE'nin düşük enerji ihtiyacı, aylarca küçük madeni para pillerle çalışabilen beaconlar için hayati öneme sahip olmaktadır ve beaconlar tarafından yayınlanan BLE sinyalleri Bluetooth 4.0 modülleriyle algılanabilmektedir [17].

BLE teknolojisinin kullanılmasına olanak sağlayacak bluetooth cihazlarının üretimi gün geçtikçe artmaktadır. Ayrıca birçok işletim sistemi BLE teknolojisini desteklemekte ve mobil telefonların %90'ının bu desteği vereceği tahmin edilmektedir [8]. Apple ticari markasının 2013 yılında üretmiş olduğu Bluetooth 4.0'a dayalı ibeacon dikkatleri üzerine çekmiştir [2, 5]. Ayrıca Kontaks firmasının BLE 112 entegresini kullanarak geliştirdiği ve Estimote firmasının içinde Cortex m3 işlemcisi ve Nordic RF vericisi bulunan cihazı BLE teknolojisine dayalı vericilere örnek olarak verilebilir [18, 19]. Bu cihazlara genel olarak beacon diyebilmekteyiz. Gimbal ve Altbeacon BLE alt yapısına dayalı beacon cihazları olup bu cihazlar BLE teknolojiyle birlikte kullanıldığında kullanıcının izlediği noktalar ve lokasyonu hakkında yüksek oranda doğru tahminlere ulaşılabilmektedir [1].

2.2 Beacon Teknolojisi

Beacon, BLE altyapısına dayanan kablosuz iletişimi sağlayan cihazlardır. Düşük enerji tüketimi sayesinde, BLE beaconlar küçük piller ile uzunca bir zaman çalışabilmektedir. Ucuz maliyetli, hafif, küçük ve kurulumu kolay cihazlardır [2].

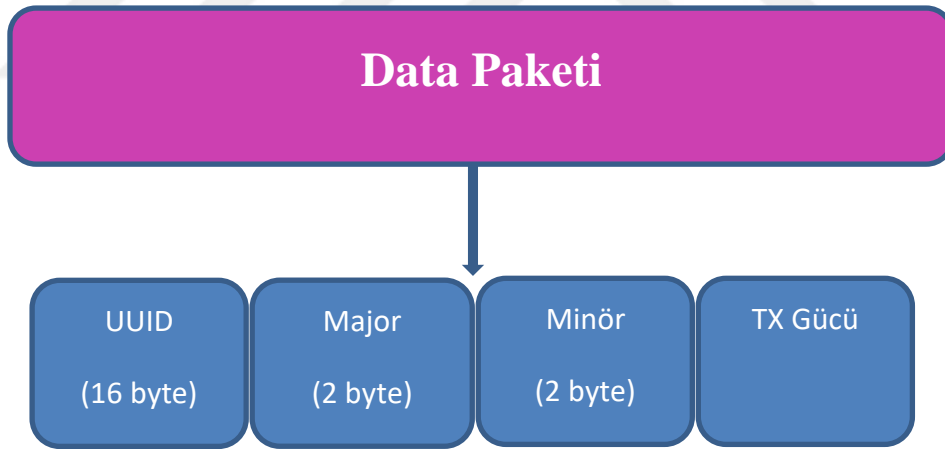


Şekil 2.2: Beacon cihazının kılıf içerisinde ve açık şekilde gösterimi [20].

Beacon hakkında bilinmesi gereken en önemli bilgilerden birisi, bu teknolojinin temel olarak tek yönlü bir iletişim olanağı sunmasıdır. Veri sadece kullanıcının cihazına gelirken kullanıcının cihazından veri aktarımı yapılmamaktadır. Beacon protokolü sadece vericidir. Başka bir deyişle, kullanıcılara veri paketlerini ileten bir yayıncıdır. Kapalı alanlarda kullanıcıların akıllı cihazlarını keşfedebilmesi için beaconlar 20 ms ile 10 saniye arasında farklı aralıklarla veri paketi göndermektedir. Veri gönderme aralıkları ne kadar kısa ise, beaconun paketi göndermiş olduğu cihazları bulması da o kadar hızlı olur ve nihayetinde enerji tüketimi de o kadar fazla olur. Dolayısıyla bu durumda pil ömrü de kısalmaktadır [21].

Beaconların benzersiz olmalarını sağlayan Unique Identifier (UID)'e sahiptir. Bu da beaconların ayırt edilebilmesini ve kolayca izlenebilmesini sağlamaktadır.

Beaconlar düzenli olarak radyo sinyalleri yayınlamakta olup, bu sayede bluetooth donanıma sahip cihazları menzile girdikten sonra görebilmektedir. Sinyal beacon modülünün RSSI temelli bir iç mekan konumlandırma sistemi olarak kullanılmasını sağlamaktadır. Ayrıca uygulamanın aldığı yüksek orta ve düşük sinyaller kullanılarak yakınlık hesaplanabilmektedir. Beacon 128 bit Universal Unique Identifier (UUID) Global Tekil kimlik, 16 bit major, 16 bit minor olmak üzere toplamda 160 bit data paketine sahiptir. UUID bütün bir beacon ağını tanımlamak için kullanılmakta olup örneğin beacon modülünün ait olduğu kuruluş benzersiz şekilde tanımlanabilmektedir. 16 bit uzunluğundaki majör veri paketi büyük bir beacon ağındaki küçük bir grubu tanımlamak için kullanılmaktadır. Yine 16 bit uzunluğundaki minör veri paketi de her bir beaconu ayırt etmek için kullanılmaktadır. Yani, bu sayede bir dizi beacon modülündeki hiyerarşinin en alt düzeyi belirlenebilmektedir [21]. TX gücü ise bir beacona ne kadar yakın olduğumuzu belirlemede kullanılmaktadır [14]. Beacon data paketinin temsili gösterimi şekil 2.3 de verilmiştir.



Şekil 2.3: Beacon data paketi gösterimi.

Beacon sistemi kurulmuş olan alışveriş merkezinde yayın yapan beaconlar kullanıcının cep telefonunu veya diğer akıllı cihazlarını algılayarak, kullanıcıya iletmek istediği mesajı gönderebilmekte ya da lokasyon bilgisi, navigasyon önerisi verebilmektedir. Bu teknolojinin amacı kullanıcıya kapalı mekanlarda nerede olduklarını bildiren sinyaller yollamaktır. Mağaza içindeki reklam ve kupon işlemleri

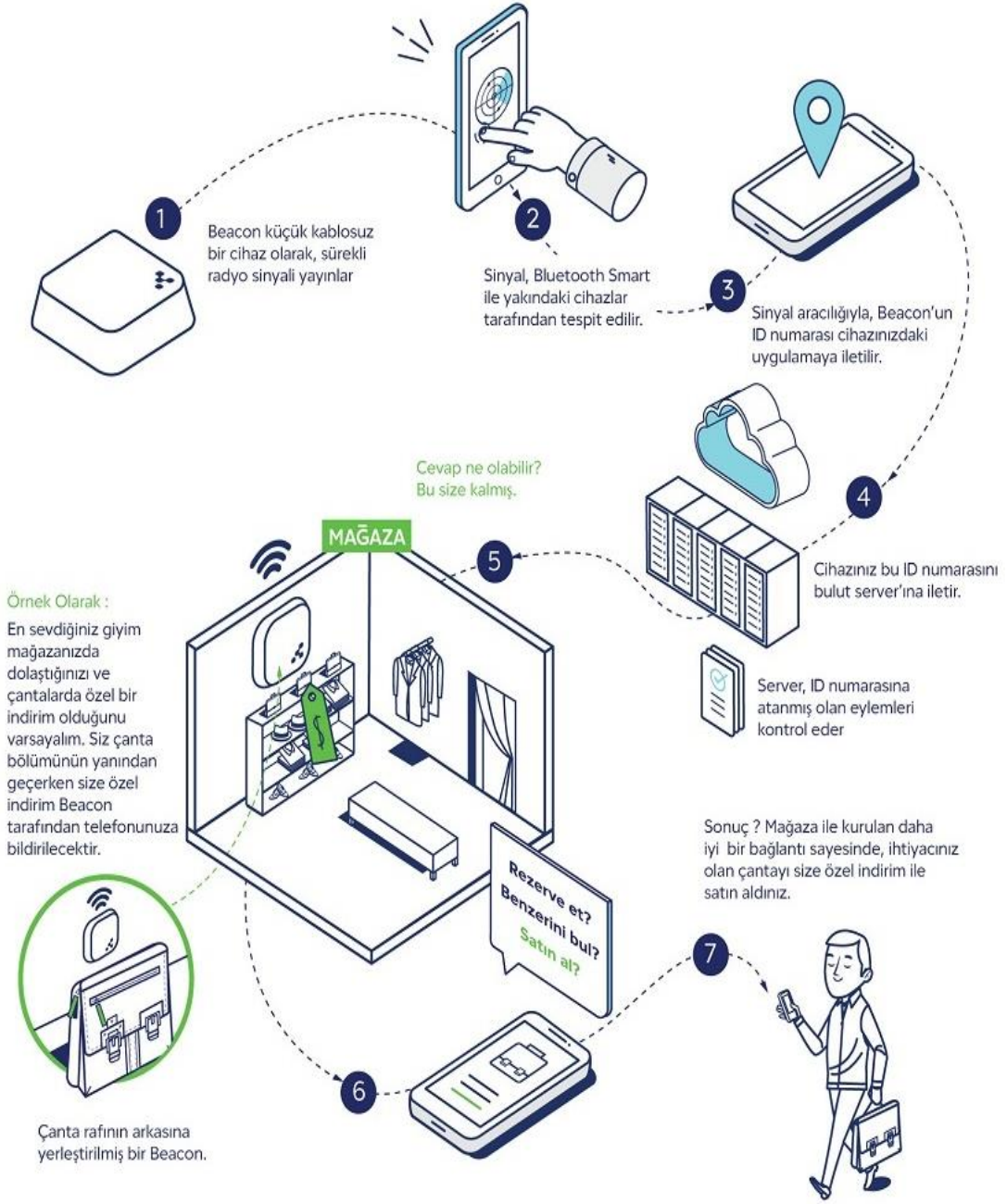
için otomatik bilgi aktarımı beaconların klasik kullanım örneklerindedir. Beaconlar potansiyel müşterileri alışveriş merkezlerindeki reyonlara ve/veya dükkanlara çekmek için rota yönlendirmesi yapabilecektir. Ayrıca felaket tahliye işlemlerinde uygulanabilecektir. Artan rekabetle birlikte restoranlar da müşteri edinmek için gerçek zamanlı ve ucuz olarak otomatikleştirecek bu teknolojiye ihtiyaç duymaktadır. Parkende ve pazarlama amaçlı kullanımlardan farklı olarak müze ve kültür merkezlerinde ziyaretçilere buldukları konuma bağlı olarak tarihi eserler ve her türlü ürün hakkında detaylı bilgiler sağlanabilmektedir. Müzede gezinen ziyaretçiler beacon teknolojisi sayesinde koleksiyonlar hakkında daha fazla tarihi bilgi edinme imkanı bulacaktır [21].

Beacon teknolojisinin kullanılabilmesi için aşılması gereken izin katmanları bu teknolojinin yaygınlaşmasını yavaşlatmaktadır. Ancak bu izinler aynı zamanda bir çeşit güvenlik katmanı yaratmaktadır. Kullanıcıların akıllı cihazlarından beacon cihazına bir veri aktarımı gerçekleşmediği için veri güvenliği maksimum seviyeye çıkmaktadır. Beaconlar yalnızca orada bir akıllı cihaz olup olmadığını algılayabilmekte ancak akıllı cihazın ne olduğu veya kime ait olduğu gibi bilgilerle kesinlikle ulaşamamaktadır. Ayrıca beacon teknolojisi kullanıcının isteğine bağlı olarak sunulmakta olup kullanıcı teknolojiden yararlanmak istemiyorsa beacon iletişimi dayatılmamaktadır [21].

Beaconların BLE standardını kullanarak düzenli olarak ve belirli aralıklarla sinyaller yollaması, beacon teknolojisinden yararlanmak isteyen kullanıcıların akıllı cihazlarına yükledikleri uygulamalar sayesinde veri aktarımı yapılması sağlanmaktadır. Sinyaller aracılığı ile beaconlara ait ID numarası kullanıcıların akıllı cihazlardaki uygulamalara iletilmektedir. Böylece akıllı cihazlar belirli işlemleri yapmak üzere tetiklemektedir. Özel bir öğenin (ürün, sanat eseri, mal, dükkan veya kurumun bazı yerleri) yakınına yerleştirilmiş beaconlar aracılığı ile istenilen içerik kullanıcıya aktarılmaktadır [14].

2.3 Bluetooth Beacon

Bluetooth Beaconlar, düşük enerjili Bluetooth sinyallerini ve BLE teknolojisini kullanan konum tabanlı iletişim sağlayan kablosuz cihazlardır. Beaconlar radyo sinyallerini kullanarak akıllı cihazların kendilerini fark etmelerini sağlamak ve bu sayede kullanıcıya bilgi akışı sunmaktadır. Beaconun çalışma prensibinin şematik olarak gösterimi şekil 2.4 de gösterilmiştir.



Şekil 2.4: Beaconun çalışma prensibinin şematik olarak gösterimi [22].

Beaconlarla iletişime geçecek olan cihazlar da yine Bluetooth 4.0 teknolojisine uyumlu olan cihazlar olmalıdır. Bu cihazlar beconlardan gelen pasif sinyalleri yakalayarak lokasyon içerikli görevlerini yerine getirmektedirler. Yani kullanıcıya buldukları iç mekanlarda pasif olarak sinyal yayan beacon cihazlarından mesafeye bağlı olarak kullanıcıya nerede olduklarını bildiren içerikler ulaştırılabilmektedir.

Beaconların BLE teknolojisini kullanmasının sebebi düşük enerjili bluetooth sinyallerinin Wi-Fi ağlarından farklı olarak fiziksel bariyerlerden etkilenmemesidir. Yani beacon sinyalleri duvardan geçebilmektedir. Maliyetleri düşük, küçük boyutlu ve pille çalışan bu cihazlar aynı zamanda BLE çipi ile birlikte seri olarak ucuza üretilmektedir. Az enerji tükettiklerinden dolayı uzun ömürlü olan beacon cihazlarının farklı kullanım alanlarına çeşitleri bulunmaktadır. Aşağıda Tablo 2.1’de beacon çeşitleri ve özellikleri belirtilmiştir.

Tablo 2.1: Teknolojik olarak kullanılan bazı beacon çeşitleri.

BEACON ÇEŞİTLERİ	ÖZELLİKLERİ
STANDART BEACON	Uzun şarj ömrü, güvenilir yayın frekansı, 0-70 metre arası 1 yayın, çıkış gücü (-23,-6,0,4 dB), yayın aralığı, UUID, Major, Minor
UZUN ÖMÜRLÜ BEACON	Biraz daha büyük ve uzun ömürlü, saat pilleri yerine 4 ya da 6 adet kalem pille çalışma, beacon etkinliğinin fazla olduğu yerde daha kullanışlı
SOLAR BEACON	Dış alanlarda kullanılmaya uygun, güneş ışınlarını alabildikleri her yerden kendilerini şarj edebilme
USB BEACON	Universal Serial Bus (USB) girişi olan cihazlara bağlanabilme,
URL-WEB BEACON	Major, Minor, UUID yayınları yerine Uniform Resource Locator (URL) yayınları yapabilme
CLOUD BEACON	Uzun ömürlü beaconlara Global System for Mobile Communications (GSM) sistemlerinin de entegre edilmiş hali, kapsama alanları içerisindeki tüm beaconları yönetebilme, düzenli olarak anahtar değiştirerek güvenliği sağlama
SENSÖR BEACON	Isıl hareket, nem, sıcaklık, titreşim, hareket ya da ivme gibi tüm bilgileri toplayabilme, depolarda, taşıma araçlarında ya da konteynerlerde kullanılabilme, gerçek zamanlı yayın, güvenilir
MİNİ BEACON	Küçüklük, mobilite, esneklik ve uzun ömür, ucuz

2.4 Arduino

Arduino kolayca programlanabilen ve elektronik devre elemanları ile bağlantı sağlayabilen Atmel marka işlemcilerin kullanıldığı hazır bir devre kartıdır. Arduino geniş bir kitleye hitap etmekle birlikte, yeni ve ileri düzeyde elektronik meraklılarına kolaylıkla programlama yapma ve elektronik devre kurma imkanı sunmaktadır. Arduino açık kaynak kodlu mikrodenetleyici kartı olup, kaynak kodları kullanıcı ile paylaşılmakta ve değişiklik hakkı kullanıcıya verilmektedir. Böylece isteyen kişi kendi Arduinosunu kodlayabilmektedir.

Arduino kartları bir Atmel Alf Vegard RISC (AVR) mikrodenetleyici programlama ve diğer devrelere bağlantı için gerekli yan elemanlardan oluşmaktadır. Arduino kartının genel görünümü Şekil 2.5' te gösterilmiştir. Her kartta en azından bir adet 5V luk regüle entegresi, bir 16MHz kristal osilator (bazılarında seramik rezonatör) ve ayrıca USB bağlantısı, güç bağlantısı ve giriş çıkış pinleri bulunmaktadır. USB bağlantısı, bilgisayar ve kart arasındaki bilgi aktarımını sağlarken ayrıca karta program yollamak ve kartı beslemek için kullanılmaktadır. Mikrodenetleyiciye önceden bir bootloader programı yazılı olduğundan programlama için harici bir programlayıcıya ihtiyaç duyulmamaktadır.



Şekil 2.5: Arduino kartının genel görünümü [23].

Mikrodenetleyiciler; merkezi işlem birimi, hafıza ve giriş çıkışları tek bir entegre üzerinde bulundurma özelliklerinden dolayı, taşınabilir küçük bilgisayarlar olarak düşünülebilir. Giriş çıkış uçlarına ve hafıza birimlerine sahip olması sayesinde tek başına çalışabilmekte ve diğer elektronik devrelerle iletişime geçebilmektedir. Analog ve dijital girişleri sayesinde analog ve dijital verileri işlenebilmektedir ve her türlü veri toplanabilmektedir. Böylece sensörlerden gelen verileri kullanarak ses, ışık, hareket gibi çıktılar almak mümkün hale gelebilmektedir. Düşük maliyetli olmaları ve ufak görünüşleri ile gömülü uygulamalarda tercih edilir hale gelmişlerdir.

Günümüzde en çok tercih edilen mikro denetleyici olan Arduinonun, popüler hale gelmesinin nedenlerinden biri kolay programlanabilir olmasıdır. Arduinonun bir parça kod ile programlanabilmesi genellikle kullanım kolaylığı sağlamakta ve yapılması istenilen işlerin daha hızlı ve stabil olarak ilerlemesine olanak tanımaktadır. Yüksek seviyeli C dili ile geliştirilmiş olması, açık kaynak kodlu olması, donanım ve yazılımına kolay bir şekilde ulaşılabilmesi ve Peripheral Interface Controller (PIC) mikrodenetleyiciler gibi çıplak olmayışı arduinonun diğer tercih edilme sebeplerindedir.

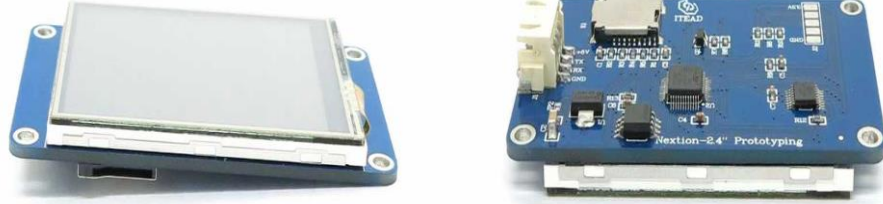
Arduino yapı ve özelliklerine göre çeşitli türlerden oluşmaktadır. Hız ve kapasite olarak çok daha çeşitli arduino kartları bulunmaktadır. Aşağıda Tablo 2.2' de mevcut bazı arduino kartlarına karşılaştırmalı bilgileri bulunmaktadır.

Tablo 2.2: Bazı arduino çeşitleri ve özellikleri.

Adı	Mikrokontrolörü	Çalışma voltajı/ Giriş voltaj aralığı	İşlem hızı	Analog Giriş/ Çıkış	Dijital IO/PWM	EEPROM [KB]	SRAM [KB]	Flash [KB]
Uno	ATmega 328	5V/7-12V	16M Hz	6/0	14/6	1	2	32
Due	AT91SAM3X8E	3,3V/7-12V	84M Hz	12/2	54/12	-	96	512
Leonardo	Atmega32u4	5V/7-12V	16M Hz	12/0	20/7	1	2.5	32
Mega2560	ATmega 2560	5V/7-12V	16M Hz	16/0	54/15	4	8	256
Mega ADK	ATmega 2560	5V/7-12V	16M Hz	16/0	54/15	4	8	256
Micro	ATmega 32u4	5V/7-12V	16M Hz	12/0	20/0	1	2.5	32
Mini	ATmega 328	5V/7-9V	16M Hz	8/0	14/6	1	2	32
Nano	ATmega 168 ATmega 328	5V/7-9V	16M Hz	8/0	14/6	0.512 1	1 2	16 32
Ethernet	ATmega 328	5V/7-12V	16M Hz	6/0	14/4	1	2	32
Esplora	ATmega 32u4	5V/7-12V	16M Hz	-	-	1	2.5	32
Arduino BT	ATmega 328	5V/2.5-12V	16M Hz	6/0	14/6	1	2	32
Fio	ATmega 328	3.3V/3.7-7V	8MHz	8/0	14/6	1	2	32
Pro(168)	ATmega 168	3.3V/3.3-5-12V	8MHz	6/0	14/6	0.512	1	16
Pro(328)	ATmega 328	5V/5-12V	16M Hz	6/0	14/6	1	2	32
Pro Mini	ATmega 168	3.3V/3.3-5-12V/5V/5-12V	8MHz 16M Hz	6/0	14/6	0.512	1	16
LilyPad	ATmega 168V ATmega 328V	2.7-5.5V/2.7-5.5V	8MHz	6/0	14/6	0.512	1	16
LilyPad USB	ATmega 32u4	3.3V/3.8-5V	8MHz	4/0	9/4	1	2.5	32
LilyPad Simple	ATmega 328	2.7-5.5V/2.7-5.5V	8MHz	4/0	9/4	1	2	32
LilyPad SimpleSnap	ATmega 328	2.7-5.5V/2.7-5.5V	8MHz	4/0	9/4	1	2	32
Yun	ATmega 32u4	5V	16M Hz	12/0	20/7	1	2.5	32

2.5 Akıllı Ekran

Akıllı ekranlar ve üzerinde bulunan dokunmatik paneller, günümüzde insan ve makinalar arasındaki iletişimi sağlamak amaçlı kullanılmaktadır. Akıllı ekranlar, makinalara komut verebilme özelliğine sahip, kullanıcıya estetik görsellerle bilgi sunan bir HMI (Human Machine Interface) ürünüdür. Genellikle Thin Film Transistor (TFT) ekran ve üzerindeki dokunmatik panelden, dahili işlemcisi ve dokunmatik kontrolcüsü bulunan bir ekran ve özel arayüz programı sayesinde gösterge, grafik, resim gibi istenilen elemanlar yerleştirilebilmektedir. Oldukça düşük gerilim (5V gibi) ile çalışır ve üzerinde bulundurduğu seri port ile haberleşme sağlayabilmektedir. Akıllı ekranlara editör üzerinden hazırlanan arayüzler, yine seri port üzerinden veya bir mikro sd kart vasıtasıyla yüklenebilmektedir. Bazı türlerinde ise, kendi editörü üzerinden de kod yazılabilmekte ve mikrodenetleyicilerden veya bilgisayarlardan alınan veriler ekranda gösterilebilmektedir. Şekil 2.6'da akıllı bir ekranın ön ve arka yüzeyden görüntüsü gösterilmiştir.



Şekil 2.6: Nextion firmasına ait akıllı ekranın ön ve arka yüzey görüntüsü [24].

Bu ekranlar sayesinde, örneğin müze uygulamasında, kullanıcıya eser hakkında bilgi ve görseller sunulabilmektedir. Aşağıda Tablo 2.3' de Nextion akıllı ekranlara ait bazı modeller ve özellikleri verilmiştir.

Tablo 2.3: Bazı Nextion akıllı ekran modelleri ve özellikleri.

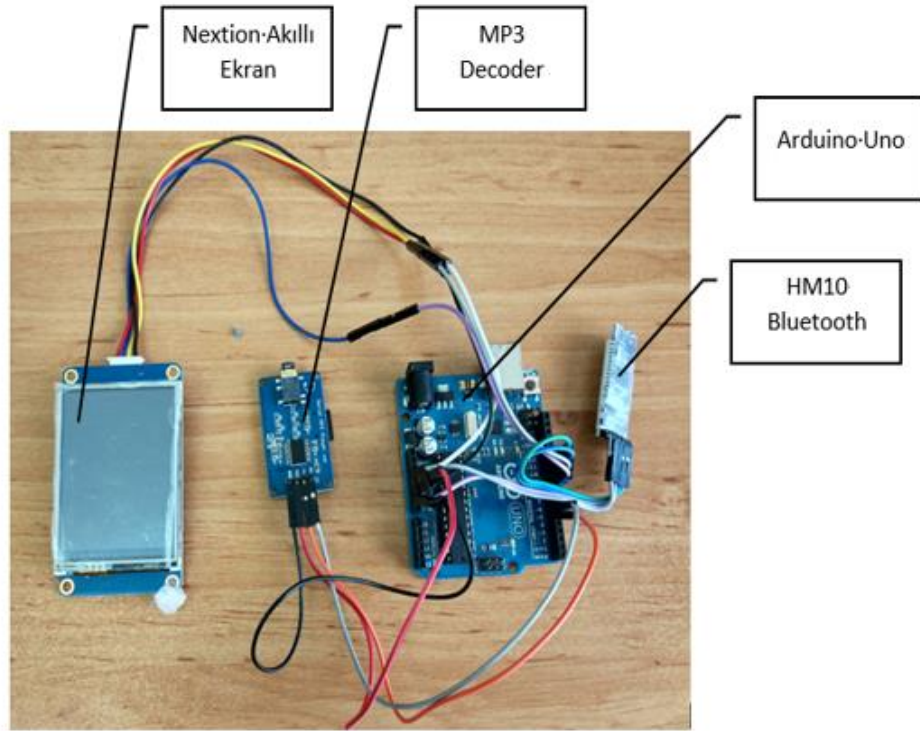
Nextion	Size	Resolution	Touch Panel	Color	Flash (MB)	RAM (Byte)	SKU
NX3224T024_011R	2.4"	320*240	RTP	65536	4	3584	IM150416002
NX3224T028_011R	2.8"	320*240	RTP	65536	4	3584	IM150416004
NX4024T032_011R	3.2"	400*240	RTP	65536	4	3584	IM150416005
NX4832T035_011R	3.5"	480*320	RTP	65536	16	3584	IM150918001
NX4827T043_011R	4.3"	480*272	RTP	65536	16	3584	IM150416003
NX8048T050_011R	5.0"	800*480	RTP	65536	16	3584	IM150416006
NX8048T070_011R	7.0"	800*480	RTP	65536	16	3584	IM150416007
NX3224K024_011R	2.4"	320*240	RTP	65536	16	3584	IM160511002
NX3224K028_011R	2.8"	320*240	RTP	65536	16	3584	IM160511003
NX4024K032_011R	3.2"	400*240	RTP	65536	16	3584	IM160511004
NX4832K035_011R	3.5"	480*320	RTP	65536	32	3584	IM160511005
NX4827K043_011R	4.3"	480*272	RTP	65536	32	3584	IM160511006
NX8048K050_011R	5.0"	800*480	RTP	65536	32	3584	IM160511007
NX8048K070_011R	7.0"	800*480	RTP	65536	32	3584	IM160511008

3. SİSTEM TASARIMI VE YAZILIM

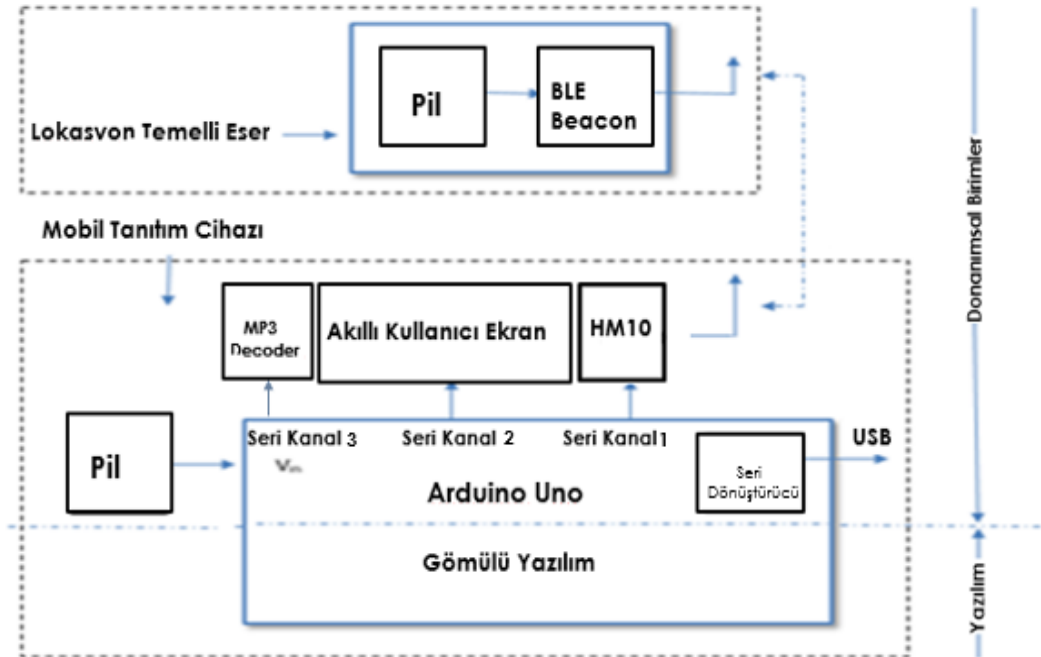
Klasik olarak beacon teknolojisi ile ilgili yapılan çalışmalarda lokalizasyon işlemi en yakın beacon'un kullanıcıların cep telefonunu veya tablet gibi akıllı cihazlarıyla algılamasıyla gerçekleştirilmesi sağlanmaktadır. Böylece kişinin bulunduğu konum belirlenebilmesinin yanında, kullanıcıya bulunduğu konuma ait bilgi, reklam ve istenilen içerikler gönderilebilmektedir. Bu durumda beacon teknolojisinden yararlanılabilmesi için kullanıcıların akıllı cihazlarında bluetooth'u açmış olmaları, ilgili yer bildirim özelliklerini aktif etmeleri ve seyir halinde buldukları kapalı alan içindeki beacon iletişimine izin vermeleri gerekmektedir. Bunlar yapılmadığı durumda beacon cihazları ilgi çekici ve hoş tasarımlı küçük plastik kutucuklar olmaktan öteye geçemeyecektir. Ancak çalışmamızda bu sorunu ortadan kaldırmak için cep telefonu kullanmak yerine HM-10 Bluetooth modül, arduino mikroişlemcisi, nextion akıllı ekran ve MP3 decoder devresi bileşenlerinden oluşan sistemimizin tasarımı gerçekleştirilmiştir. Son yıllarda BLE sinyallerden yararlanılarak yapılan uygulamalar manuel işlem gerektirmemesi kullanıcıların lokalizasyonun otomatik olarak sağlanması gibi avantajlara sahip olsa da sistemin kullanıcıların cep telefonlarına bağlı olarak çalışması, kullanıcıların gerekli uygulamayı indirmiş olmaları ve telefonlarında bluetooth uygulamasının açık konumda bulundurmalarının gerekmesi dezavantaj olarak karşımıza çıkabilmektedir.

Beaconlar olduğu gibi kullanılabilmesinin yanında vitrin veya reyonlara gizlenmiş olarak kullanılabilir. Belirli bölgelere monte edilmiş bu cihazlar düzenli olarak sinyaller göndermektedir. Beaconlar Arduinodaki kodumuzda belirttiğimiz yer ismini, lokasyon bilgisini, tanıtımı ya da reklamı tekrar tekrar gönderir. HM-10 beaconlar tarafından gönderilen veri paketlerini algılayarak Arduino ile beaconlar arasındaki iletişimi sağlamaktadır. Beaconların lokalizasyon bilgisi vermesi özelliğinden yararlanarak çalışmamızda, müze uygulamalarında kullanılmak üzere ziyaretçilere eserlerin tanıtımı yapılması amaçlı Nextion akıllı ekranından ve MP3 decoder devresinden yararlanılmıştır. Bu çalışmada kullanılan sistem Arduino mikrodenetleyici, bluetooth beacon, HM-10 bluetooth modül, programlanabilir akıllı

ekran ve MP3 decoder devresi bileşenlerinden oluşmakta olup tasarlanan sistemin fiziki görünümü Şekil 3.1’ de ve blok şeması ise şekil 3.2’de verilmiştir.

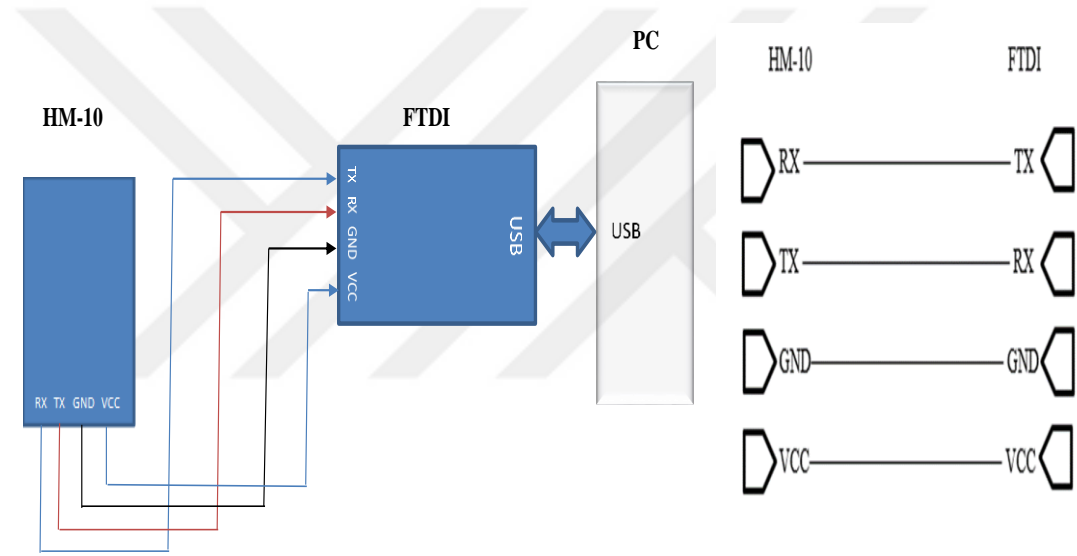


Şekil 3.1: Sistemi oluşturan bileşenlerinin açık gösterimi.



Şekil 3.2: Tasarlanan sistemin blok şeması.

BLE Beaconlarla yaptığımız çalışmayı sürdürürken Bluetooth 4.0 teknolojisinden yararlanacağımız için bu teknoloji ile uyumlu olan master mode HM-10 bluetooth modül kullanılmıştır. HM-10 bluetooth modülü Micro Controller Unit (MCU)'ya ve master konuma geçerek çevrede bluetooth device arama yapabilme özelliğine sahip olduğundan tercih edilmiştir. HM-10 ile Future Technology Devices International (FTDI) arasında bağlantı sağlanmıştır. Şekil 3.3'de HM-10 ile FTDI arasındaki bağlantı gösterimi verilmiştir. Bu bağlantı sayesinde AT Komutları ile HM-10 bluetooth modülü kişisel bilgisayar portu üzerinden ayarlanabilmekte ve programlandıktan sonra Arduino devresine bağlanarak kullanılabilir.



Şekil 3.3: HM-10 ile FTDI arasındaki bağlantının gösterimi.

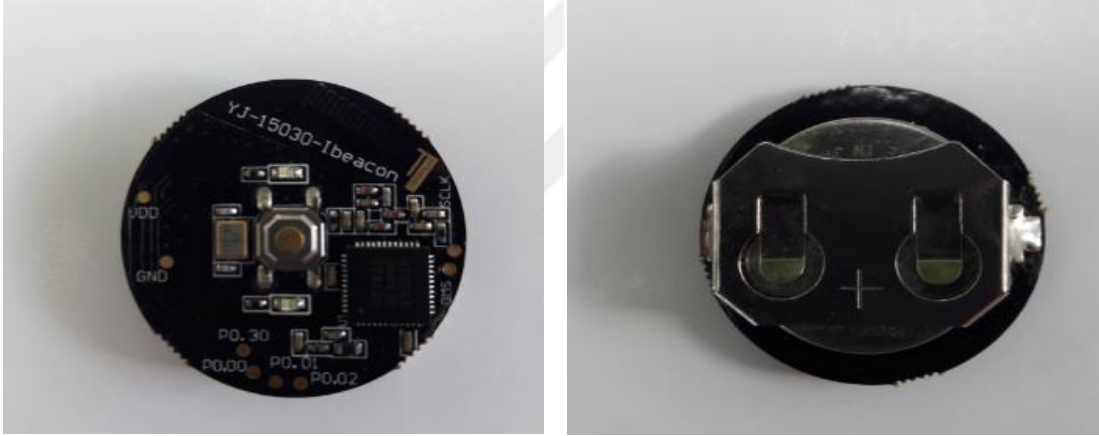
3.1 Sistem Bileşenleri

Çalışmamızda Arduino mikroişlemcisinden yararlanılarak bluetooth modül yardımıyla beaconların bulunduğu konuma göre lokasyon belirleme işlemi gerçekleştirilmiştir. Sistemimiz Standart Beacon, Arduino Uno HM-10 Bluetooth Modül, Nextion NX3224T024_011R model akıllı ekran ve MP3 Decoder devresinden oluşmaktadır. Sistem bileşenleri ile ilgili bilgiler aşağıda verilmektedir.

3.1.1 Standart Beacon

Hem güvenilir yayın frekansı hem de kullanışlı küçük boyutlarıyla dikkat çeken standart beaconlar gerekli tüm donanım ve yazılımları bünyesinde bulundurmaktadır. BLE sinyalleri yayan Standart Beacon'lar kullanıcı ile tek yönlü iletişim yapmakta, ancak çift yönlü etkileşimler sadece yazılım yardımıyla gerçekleştirilebilmektedir.

Genel görüntüsü şekil 3.4 de verilen standart Beacon cihazlar, 0-70 m arasında saniyede 1 yayın ile 0 dB'de yaklaşık 1 yıl kullanılabilen cihazlardır. Standart beaconların ayarlanabilir parametreleri; çıkış gücü (-23,-6,0,4 dB), yayın aralığı, UUID, Major, Minor şeklinde olup, bu parametreler ayarlanarak standart bir Beacon'ın sağladığı tüm imkanlardan yararlanabilmektedir.



Şekil 3.4: Kullanılan standart beaconun genel görüntüsü.

3.1.2 Arduino Uno

Arduino'nun yaygın olarak tercih edilen modeli şekil 3.5 de görseli verilen Arduino Uno olup, kullanıcıya kullanım kolaylığı sağlamasından dolayı birçok çalışmada tercih edilmektedir. Bu çalışmada kullanılan Arduino Uno 14 tane dijital giriş/çıkış pinine sahip olup, bunlardan 6 tanesini PWM çıkışı olarak kullanabilmektedir. Ayrıca Arduino Uno 6 adet analog giriş/çıkış pini bir adet 16 MHz

kristal osilatörü, USB bağlantısı, power jakı, In-Circuit Serial Programming (ICSP) başlığı ve reset butonu da içermektedir. Arduino Uno, sahip olduğu bu bileşenlerle mikrodenetleyiciyi destekleyebilmekte ve bilgisayarın USB portuna bağlanarak, bir adaptör ile ya da pille de çalıştırabilmekte ve harici bir programlayıcıya ihtiyaç duymamaktadır.

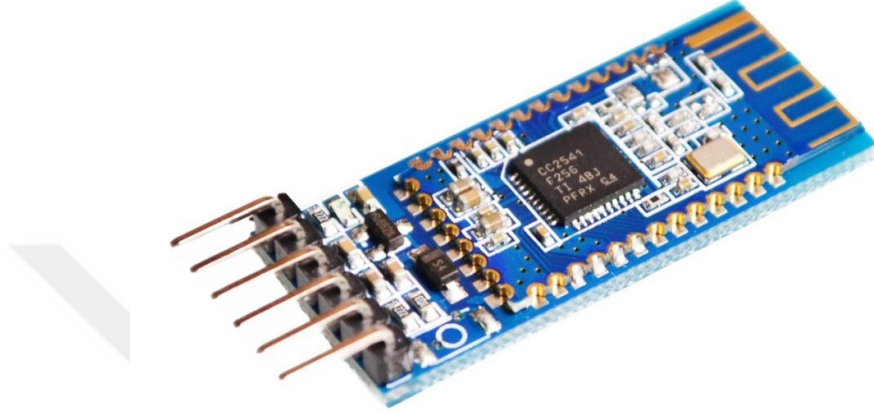


Şekil 3.5: Arduino Uno kartının genel görünümü [25].

Çalışmada kullanılan, Arduino Uno bir bilgisayar, başka bir Arduino ya da diğer mikrodenetleyiciler ile haberleşme için çeşitli imkanlar sunmaktadır. Arduino Uno'nun içermiş olduğu ATmega328 mikrodenetleyicisi, RX ve TX pinlerinden erişilebilen Universal Asynchronous Receiver-Transmitter (UART) Transistor-Transistor Logic (TTL) (5V) seri haberleşmeyi desteklemektedir. Kart üzerindeki RX ve TX girişlerindeki LEDler, USB den seri çipe ve/veya USB den bilgisayara veri aktarılırken yanıp sönmektedir. Software Serial kütüphanesi Arduino Uno'nun digital pinlerinden herhangi biri üzerinden seri haberleşmeye imkan sağlamaktadır. Arduino Uno üzerindeki ATmega328 mikrodenetleyicisine önceden bir bootloader yüklenmiş olup, bu bootloader sayesinde Arduino'yu programlamak için harici bir programlayıcı donanıma ihtiyacı ortadan kalkmaktadır. Arduino Uno, orjinal STK500 programını kullanarak haberleşmektedir.

3.1.3 HM-10 Bluetooth Modül

Bu çalışmada, Şekil 3.6' da genel görünümü verilmiş olan HM-10 bluetooth modülü kullanılmış olup, bu modüller BLE haberleşmeyi sağlayan düşük maliyetli ve düşük güç tüketimine sahip, küçük cihazlardır. HM-10 modülün üzerinde TI CC2541 bulundurması Bluetooth 4.0 protokolünü destekleyebilmesini sağlamaktadır.



Şekil 3.6: HM-10 bluetooth modülünün genel görünümü [26].

Çalışma gerilimleri 5V olan bu modülün kolay kullanım için RX, TX, AT, RESET pinleri modülün üzerinde bulunmaktadır. Pinler erkek header şeklinde olup breadboard kullanımına uygundur. Modül, 30 metrelik bir alanda haberleşme mesafesine sahiptir ve 2,4 GHz frekansında haberleşme yapılmasına olanak tanımaktadır. Arduino ve farklı mikrodenetleyicilerle birlikte kullanıma uygun olup aynı zamanda Android cihazlarla ve bilgisayarlarla beraber rahatlıkla kullanılabilir. Kullanılan HM-10 bluetooth modülüne ait özellikler aşağıda verilmiştir.

HM-10 Bluetooth Modül Özellikleri

- TI CC2541 çip, 256 KB
- TI CC2541 Bluetooth düşük enerji çözümü
- Seri UART (9600bps)
- Bluetooth protokolü: Bluetooth V4.0 BLE

- Çalışma Frekansı: 2.4 GHz ISM (Endüstriyel, Bilimsel, Medikal uygulamalar) bandı
- Serial port arayüzü
- 30 metreye kadar modüller arası haberleşme
- Ultra düşük güç tüketimi 400uA ~ 800uA
- Default Baud Rate: 9600,8,1,n.
- Hassasiyet: ≤ -93 dBm
- Çıkış Gücü: ≤ 3 dBm
- Asenkron Hız: 2.1 MBps/160 KBps
- Senkron Hız: 1 MBps/1 MBps
- Güvenlik: Kimlik Doğrulama ve Şifreleme
- Çalışma Gerilimi: 3.6V-6VDC
- Master-Slave modu değiştirebilme, ekipman isimlerini değiştirebilme,

3.1.4 Nextion HMI Akıllı 2.4 Inch Dokunmatik TFT LCD Ekran

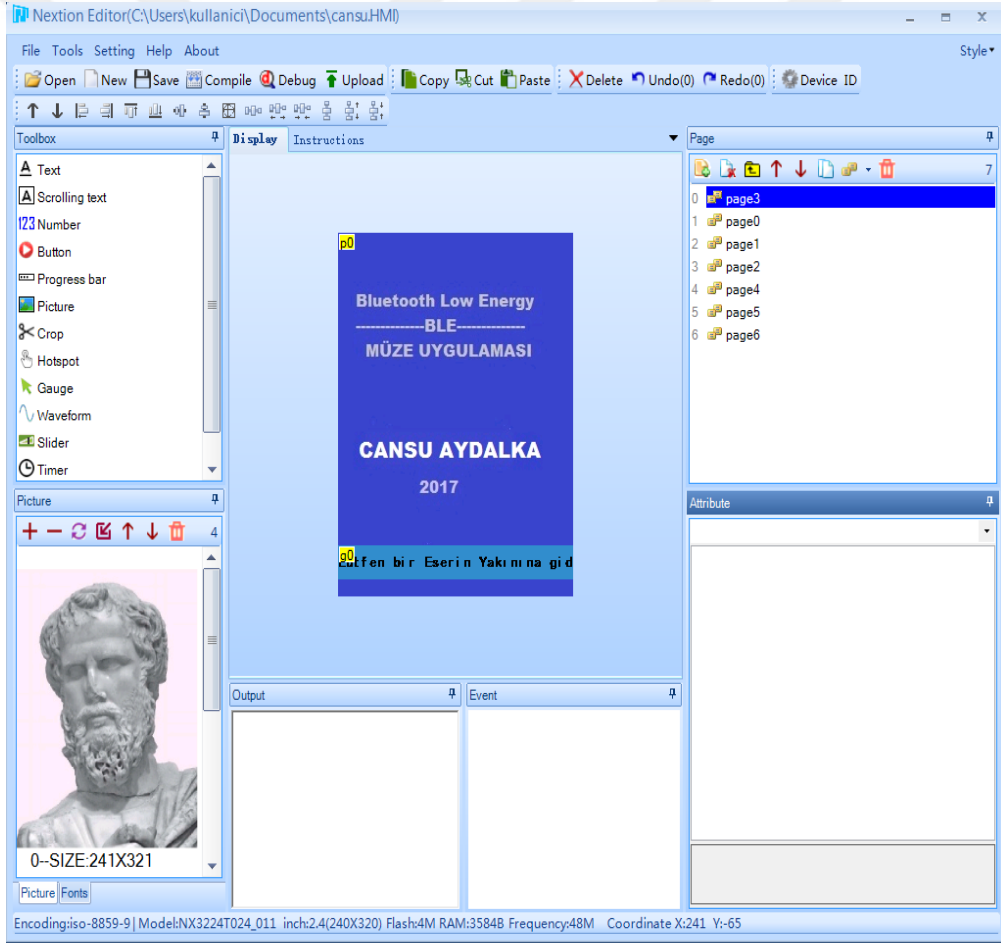
Çalışmamızda kullandığımız 2.4 inch boyutunda 320x240 çözünürlüğündeki NX3224T024_011R model Nextion HMI akıllı ekran, donanım kısmında bir dizi TFT kartı ve yazılım kısmında ise Nextion editoründen oluşmaktadır. Nextion TFT kartı iletişim için tek bir seri port kullandığından dolayı, kullanıcının harici kablolama yapmasını gerek kalmamaktadır. Nextion editörü ise, butonlar, metin ekleme özelliği, ilerleme çubuğu, kaydırma çubuğu, enstrümantasyon paneli gibi çok kullanan öğelere sahip olması yanında, kapsamlı arabirim tasarımlarına olanak vermektedir. Nextion HMI cihazı bu çalışmada, kullanıcıya buldukları konuma göre lokasyon bilgisi ve görsel içerik aktarması için kullanılmıştır. Kullanılan Nextion HMI Akıllı 2.4 Inch Dokunmatik TFT LCD Ekranı ait özellikler aşağıda verilmiştir.

Nextion HMI Akıllı 2.4 Inch Dokunmatik TFT LCD Ekran Özellikleri

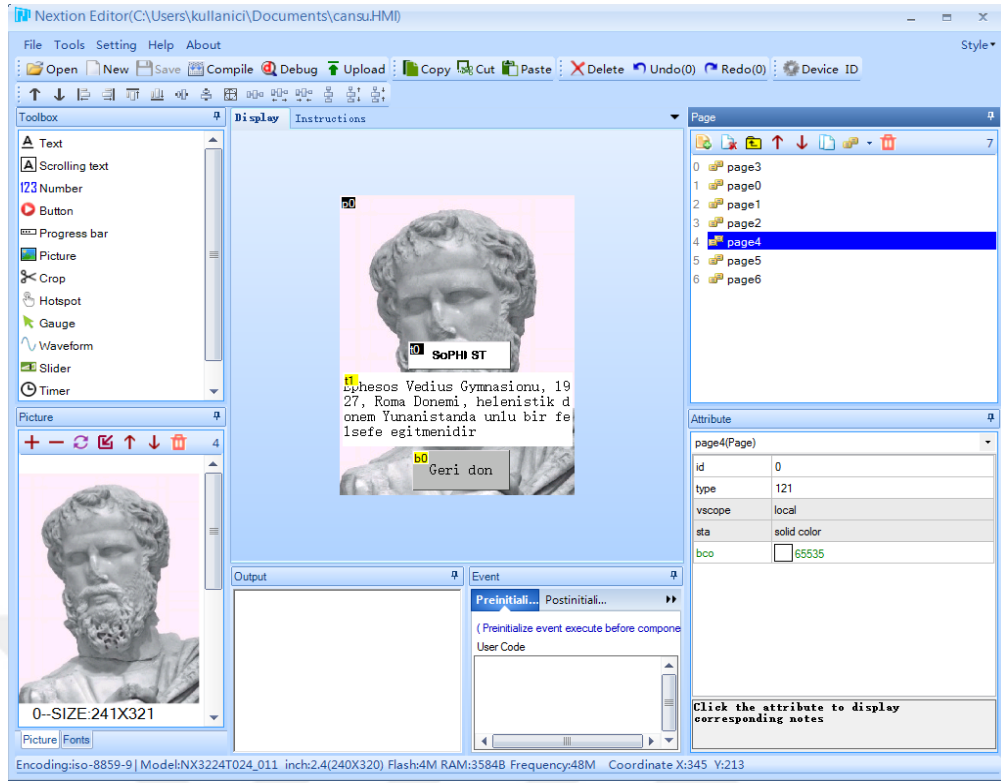
- 320 x 240 çözünürlük
- RGB 65K gerçek renk
- TFT 4 telli rezistif dokunmatik panelli ekran.

- Kolay 4 pinli tüm TTL Seri Hostlara bağlanabilen arabirim
- Kullanıcı kodu ve verisi için 4M Flash.
- Firmware güncellemeleri için kart üzerinde micro-SD slotu.
- Görüntüleme Alanı:36.72mm(U)×48.96mm(G)
- Parlaklık Ayarı:0~180 nit, 1% adımlarla
- 5V90mA güç tüketimi

Nextion akıllı ekranın programlanması, Nextion akıllı ekrana özel kendi editörü üzerinden yapılmış olup, kullanılan editor ekranının ekran görüntüleri aşağıdaki Şekil 3.7 ve Şekil 3.8’ de verilmiştir.

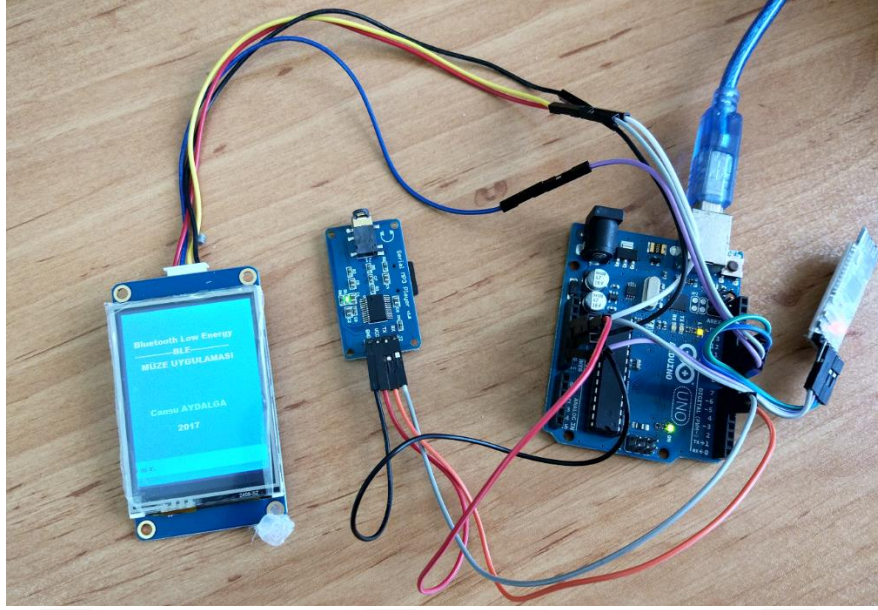


Şekil 3.7: Nextion akıllı kart editor ekranı görüntüsü.

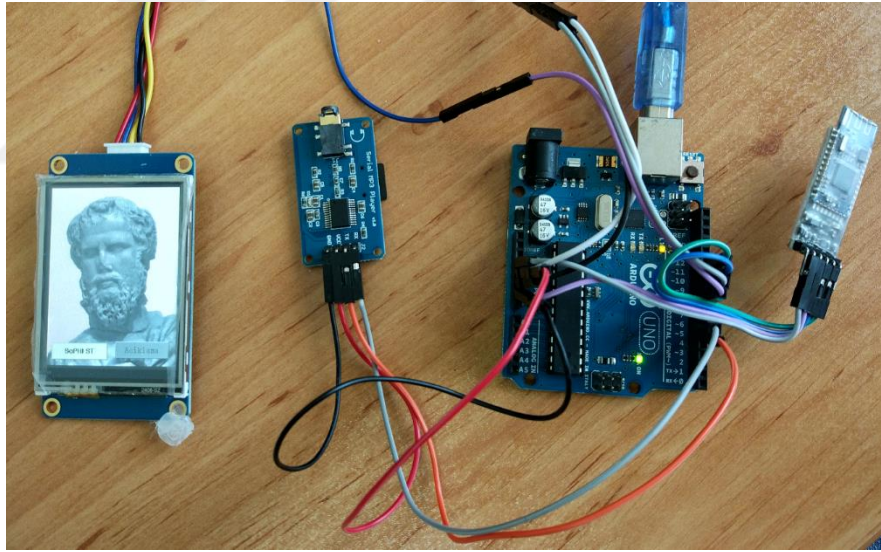


Şekil 3.8: Nextion akıllı kart editor ekranında eser bilgisi görüntüsü.

Önceden akıllı ekrana ve MP3 devresine SD kart vasıtasıyla yüklenmiş olan bilgiler, görseller ve ses dosyaları, eserlerin yakınına monte edilmiş ve en güçlü RSSI değeri ile yayın yapan beaconun, tasarladığımız sistem ile müze içerisinde gezinti yapmakta olan ziyaretçiyi algılaması sonucu bu ziyaretçilere tasarlanan sistem vasıtasıyla sunulmaktadır. Bu sayede ziyaretçilerin zorluk çekmeden eser hakkında sesli ve görsel bilgilere ulaşabilmesi mümkün hale gelmektedir. Ziyaretçinin müze içinde gezerken, esere uzak olduğu durumdaki ve örneğin Sophist heykeline yaklaştığı varsayıldığında, Nextion akıllı ekranında oluşacak olan görüntüler, sırasıyla Şekil 3.9 ve Şekil 3.10'daki gibi olacaktır. Ziyaretçi farklı bir esere doğru ilerlediğinde tasarlanan ve taşımakta olduğu sistem vasıtasıyla, o eser hakkındaki bilgilere de ulaşabilmesi mümkün olmaktadır.



Şekil 3.9: Eserden uzakta Nextion akıllı ekran görüntüsü.

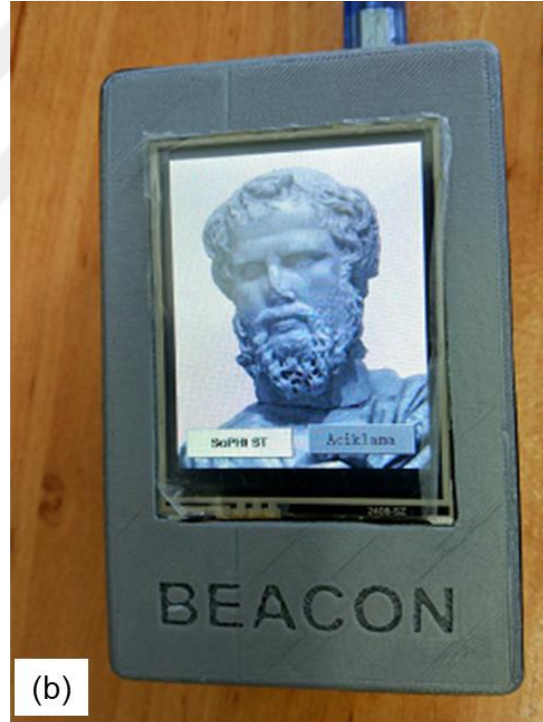
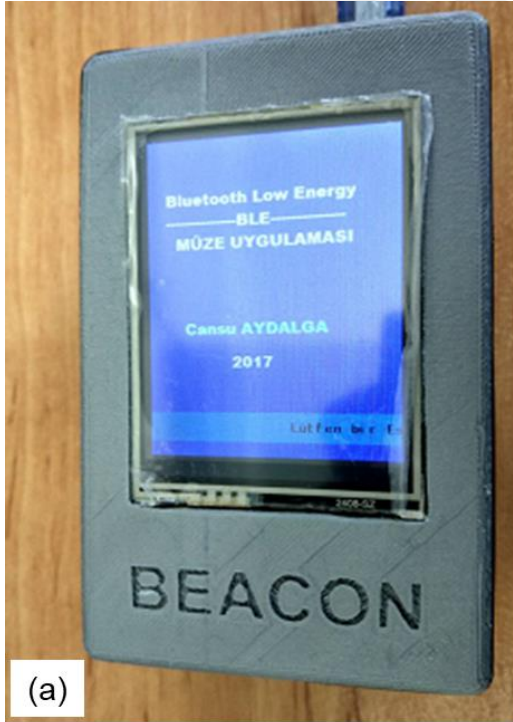


Şekil 3.10: Eser yakınında Nextion akıllı ekran görüntüsü.

Tasarlanan sistemin bileşenlerini oluşturan Arduino, HM-10 Bluetooth Modül, Nextion Akıllı Ekran ve MP3 Decoder kullanıcıya kullanım kolaylığı ve görsellik sağlaması amacıyla bir kutu içerisine alınmıştır. Tasarlanan kutuya ait görsel Şekil 3.11’de da ve eser yakınında ve uzağındaki durum için sistemin kutu içine monte edilmiş durumdaki ekran görüntüleri Şekil 3.12’de verilmiştir.



Şekil 3.11: Tasarlanan sistemin kutulanmış haldeki görüntüsü.

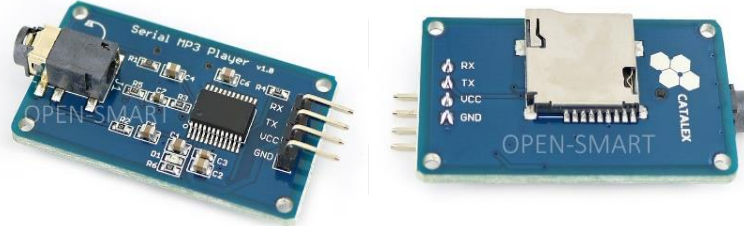


Şekil 3.12: Eserden uzakta (a) ve eser yakınında (b) akıllı ekran görüntüsü.

3.1.5 MP3 Decoder Devresi

Bu çalışmada, gezilen alanda aktif olan en yüksek RSSI gücü ile yayın yapan eserin yakına gelindiğinde eserin fotoğrafı ve açıklamasının programlanabilir akıllı ekran tarafından gösterilmesinin yanında daha önceden ilgili ürüne tayin edilerek üzerindeki sd karta depolanmış mp3 formatındaki ses dosyasını kulaklık yoluyla kullanıcıya ileten YX5300 IC barındıran open-smart kartı kullanılmıştır. Bu karta ait görsel şekil 3.13’de verilmiştir.

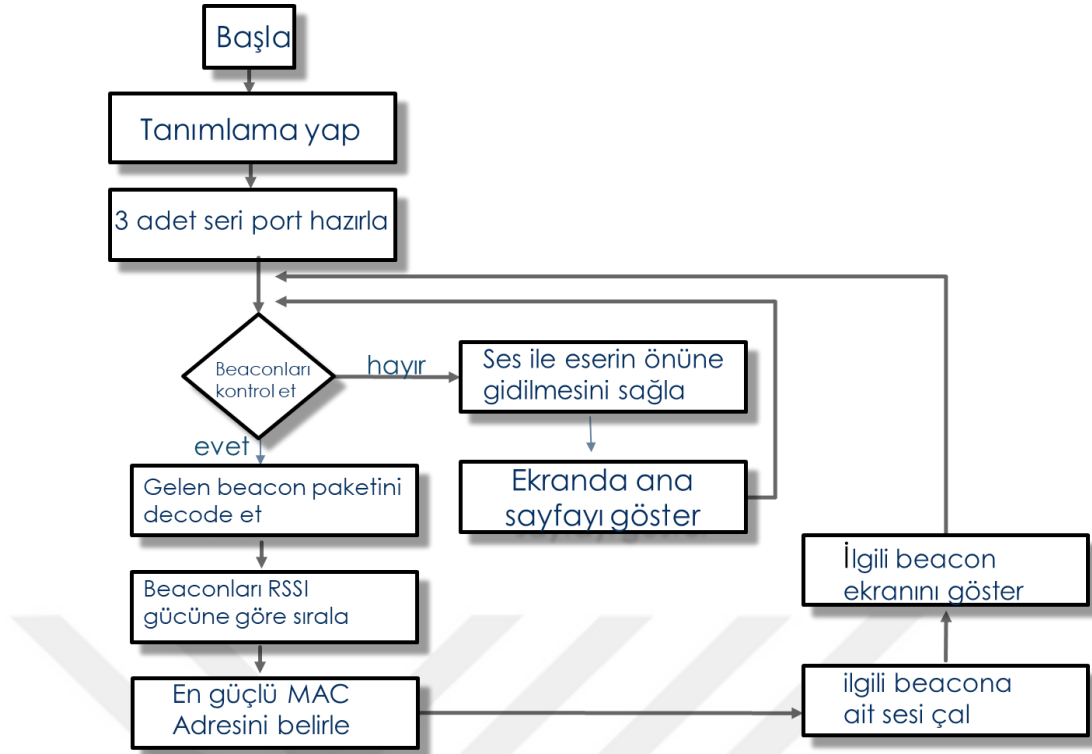
Bu kart, seri port üzerinden 9600 Baud ile Arduino ile haberleşerek 8-48 KHz hızlarındaki mp3 dosyalarını oynatabilmekte, duraklatabilmekte, önceki ve sonraki dosyaya geçebilmekte, dosya ve dizin arayabilmektedir.



Şekil 3.13: Open-smart kartına ait görsel [27].

3.2 Yazılım

Yazılımı gerçekleştirebileceğimiz arduinoya özel arayüz programı bulunmaktadır. USB kablosu yardımıyla ve arduino üzerinden arduinoya ait programa ulaşmak mümkündür. Sistemin çalışmasını sağlayan yazılımın blok şeması şekil 3.14’de verilmiştir.



Şekil 3.14: Yazılım blok şeması.

Gerçekleştirilen çalışmada yazılım kodları, arduino programında yazıldıktan sonra yüklenmiş olup arduino ile bluetooth modülün haberleşmesi sağlanmıştır. Aşağıda yazılım içerisinde yer alan AT komutları açıklanmıştır.

```
mySerial.write("AT");
```

komutu test komutudur. Bağlantının sağlanıp sağlanmadığını kontrol etmek için kullanılmaktadır.

```
mySerial.write("AT+MODEM");
```

komutu ile seri bağlantı (RXD / TXD) üzerinden AT komutlarını yalnızca merkezi bir cihaz modüle bağlanana kadar geçerli olan bir komuttur.

```
mySerial.write("AT+DISI?");
```

komutu çevredeki beaconları aramak için yazılım içerisinde kullanılmaktadır. Serial port ekranına AT+DISI komutu yazıldığında gelen cevap aşağıdaki gibi olmaktadır.

OK + DISC: [p1: p2: p3: p4: p5]

p1: Fabrika ID (uzunluğu 8);

p2: Beacon ID (uzunluğu 32)

p3: Major Değer (uzunluk 4); Minör Değer (uzunluk 4); Ölçülen Güç (uzunluk 2)

p4: MAC (uzunluğu 12);

p5: RSSI (uzunluğu 4)

Bluetooth beaconlar kullanılarak yapılan bu çalışmada aşığıdaki değerler okunmuştur. Okunan bu değerlerde iki ayrı bluetooth beaconsa ait ID'ler bulunmaktadır. Beaconsun ID'leri tasniflenerek karşılaştırma yapmak üzere kullanılmıştır. Bluetooth Beaconsa ait örnek ID değerleri Tablo 3.1' de verilmiştir.

OK+DISISOK+DISC:4C000215:FDA50693A4E24FB1AFCFC6EB07647825:271B
271BC5:AAC70A804B65:-064OK+DISC:4C000215:FDA50693A4E24FB1AFCFC
6EB07647825:27113A41C5:E75138D0D6CD:-081OK+DISCE

Modul1:

4C000215:FDA50693A4E24FB1AFCFC6EB07647825:271B271BC5:AAC70A804
B65:-064

Modul2:

4C000215:FDA50693A4E24FB1AFCFC6EB07647825:27113A41C5:E75138D0D6
CD:-081

Tablo 3.1: Bluetooth Beaconlara ait örnek ID değerleri.

BEACON	MODÜL 1	MODÜL 2
p1: Fabrika ID	4C000215	4C000215
p2: Beacon ID	FDA50693A4E24FB1 AFCFC6EB07647825	FDA50693A4E24FB1AFCFC 6EB07647825
p3: Major ve Minör Değer, Ölçülen Uzunluk	271B271BC5	27113A41C5
p4: MAC	AAC70A804B65	E75138D0D6CD
p5: RSSI	-064	-081

3.3 AT Komutları

Hayes isimindeki bir firma tarafından oluşturulan bir haberleşme standardı olan AT Komutları ismini her komutun başında AT harflerinin bulunmasından almaktadır. Arduino üzerinden AT Komutları ile bluetooth modül ile ilgili bilgilere ulaşmak ya da bazı parametreleri değiştirmek mümkün hale gelmektedir.

3.3.1 HM-10 Bluetooth Modül İçin Kullanılan AT Komutları

HM-10 bluetooth modülü, seri UART bağlantısı üzerinden AT komutları ile kontrol edilmektedir. Bu nedenle HM-10 bluetooth modül ile haberleşebilmek için seri bağlantı yaparak, bazıları Tablo 3.2’ de verilen AT Komutlarından yararlanılmıştır. Seri monitörün alt kısmında bulunan baud hızını 9600 olarak ayarlandıktan sonra Seri Port ekranına girdiğimiz AT komutları sayesinde modülün iç yapısı hakkında aşağıdaki verilere ulaşılmıştır. Ayrıca değiştirmek istediğimiz parametreler de değiştirilmiştir.

Tablo 3.2: Bazı AT komutları.

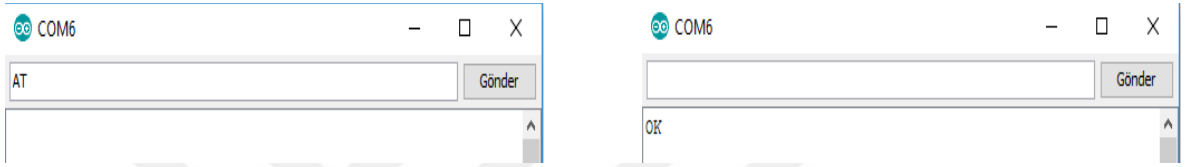
AT	Test komutu ya da bağlantı kesme komutu	OK cevabı geldiyse bağlantımız ve serial port ayarlarımız doğrudur.
AT+NAME?	İsim sorgulama	Modülün adı öğrenilir.
AT+NAME(yeniad)	Modülün adını değiştirme	Modül tarafından yayınlanan ad değiştirilir. Yeni adın maksimum uzunluğu 12 karakterdir.
AT+ADDR?	HM-10 mac adresini sorgulama	Mac adres 12 basamaklı bir sayıdır.
AT+VERS? AT+VERR?	Ürün yazılımı sürüm numarasını sorgular	Örneğin: HMSoft V540
AT+RESET	Modülü yeniden başlatır.	Seri Port ekranına OK+RESET cevabı gelir.
AT+RENEW	Fabrika ayarlarını geri yükler.	Tüm ayarları sıfırlamak için hızlı ve kolay yoldur.
AT+BAUD?	Seri iletişimi için kullanılan baud hızını sorgular. Arduino'nun Bluetooth modülüyle konuşmak için kullandığı ana cihazın hızıdır.	Seri port ekranında 0-8 arası değerler okunur. OK+Get:0 0 – 9600 1 – 19200 2 – 38400 3 – 57600 4 – 115200 5 – 4800 6 – 2400 7 – 1200 8 – 230400 Varsayılan ayar 0 – 9600'dır. Hem Arduino hem de HM-10 cihazlarının aynı baud hızını kullanması gerekir.
AT+BAUDx	Seri iletişim için kullanılan baud hızını ayarlar	x 0 ile 8 arasında bir değerdir. Ancak Arduino ile çalışılırken Arduino seri monitörünün sağladığı maksimum baud hızın 115200'tir. Örneğin AT + BAUD8 ile baud hızını 230400 olarak ayarlanırsa, modülle iletişim sağlanamaz.
AT+NOTI?	Bildiri durumunu sorgular.	Ekranda 0 ya da 1 değeri okunur. 0 – bildirimler kapalı. 1 – bildirimler açık.
AT+NOTIx	Bildirim durumunu ayarlar	Bildirimler açıksa, HM-10 bir onay mesajı ile komutlara cevap verecek veya AT komutunda "OK" ve bağlantı kesildiğinde "OK + LOST" gibi belirli

		olaylar gerçekleştiğinde bir mesaj yollayacaktır. AT + NOTIO - bildirimleri kapat AT + NOTII - bildirimleri açın
AT+PIN?	Eşleştirme için kullanılan PIN numarasını sorgular	Seri port ekranında 6basamaklı PIN numarası okunur.
AT+PIN(yeni PIN)	Yeni PIN numarası ayarlanır.	PIN numarası 6 karakter olmalıdır. Örneğin AT+PIN123456 yazılırsa PIN numarası 123456 olarak ayarlanır.
AT+ROLE?	Mevcut rolü sorgular Master ya da Slave mod	Seri portta 0 ya da 1 okunur. 0 = Slave Mod 1 = Master Mod
AT+ROLEx	Cihazın rolünü ayarlar.	Slave Mod'a geçmek için AT+ROLE=0 Cevap: OK+Set:0 Master Mod'a geçmek için AT+ROLE=1. Cevap: OK+Set:1
AT+IMME?	Başlangıç modunu sorgular.	Seri Portta 0 ya da 1 okunur. 0 = Otomatik olarak bağlandığını gösterir. 1 = Bağlanmadan önce bir bağlantı komutu beklediğini gösterir. (AT+START, AT+CONN, AT+CONL)
AT+IMMEx	Başlangıç modunu ayarlar.	AT+IMME=0 Başlangıçta otomatik bağlanmayı ayarlar AT+IMME=1 Manuel bağlantı moduna ayarlar. AT+IMMEx genellikle AT+ROLEx ile birlikte kullanılır.
AT+MODE?	Çalışma modunu sorgular.	Seri Portta 0,1 veya 2 değeri olunur.
AT+MODEx	Çalışma modunu ayarlar.	0: İletim Modu 1: İletim Modu + PIO Toplama Modu 2: İletim Modu + Uzaktan Kumanda Varsayılan:0
AT+DISI?	Beacon bulmak için tarama başlatır.	Seri Portta OK + DISK: [p1: p2: p3: p4: p5] okunur. p1: Fabrika Kimliği p2: iBeacon Kimliği p3: Major Değer, Minör Değer, Ölçülen Güç p4: MAC p5: RSSI

3.3.2 AT Komutlarının Seri Port Ekranında Uygulanması

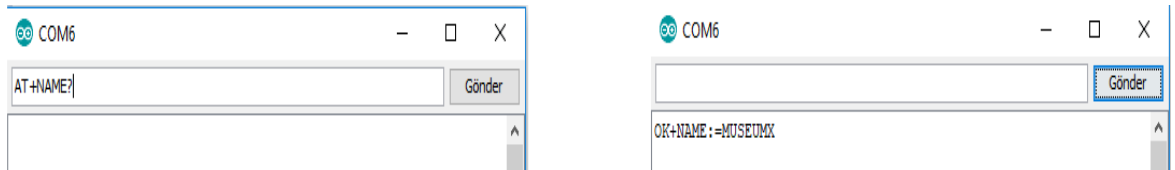
Seri Port ekranına girilen AT komutları sayesinde modül hakkındaki verilere ulaşılabilmekte ve değiştirilmek istenilen parametreler yerine yenileri oluşturulabilmektedir.

Bu çalışmada ilk olarak AT komutu ile bağlantıların doğru olup olmadığı ve iletişimin sağlanıp sağlanmadığını kontrol edilmiştir. Seri port ekranında OK yanıtı alınması, bağlantının sağlandığını göstermiştir.



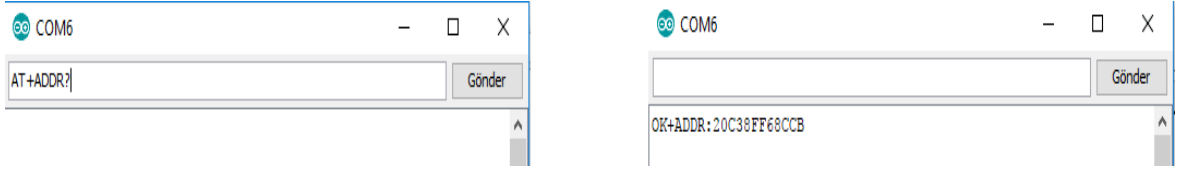
Şekil 3.15: AT Komutu.

AT+NAME komutu ile modülün ismi öğrenilmektedir. Daha sonra modüle kendi belirlediğimiz isim verilebilmektedir. Çalışmamızda modülün adı MUSEUMX olarak değiştirilmiştir.



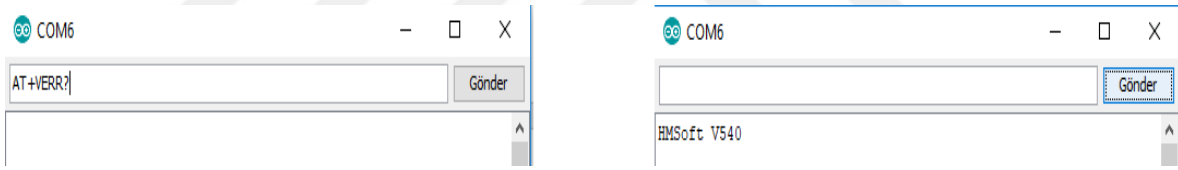
Şekil 3.16: AT+NAME Komutu.

AT+ADDR komutu ile modülümüzün 12 karakterden oluşan MAC adresini öğrenilmektedir. Bu çalışmada Seri port ekranında modülün MAC adresi 20C38FF68CCB olarak okunmuştur.



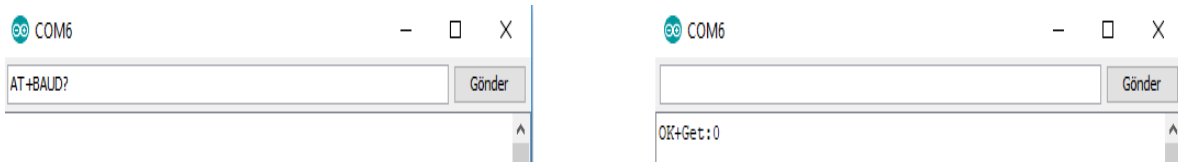
Şekil 3.17: AT+ADDR Komutu.

AT+VERR komutu ile ürün yazılımı sürüm numarası öğrenilmektedir. Bu çalışmada modülün sürüm numarası HMSoft V540 olarak okunmuştur.



Şekil 3.18: AT+VERR Komutu.

AT+BAUD komutu seri iletişim için kullanılan baud hızını sorgulamaktadır. Seri port ekranında 0 değerinin okunması baud hızının 9600 olduğunu göstermektedir.



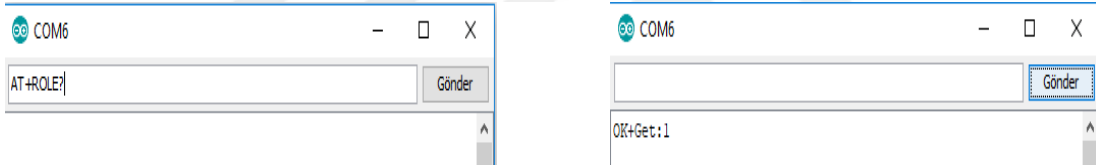
Şekil 3.19: AT+BAUD Komutu.

AT+NOTI komutu ile modülün bildiri durumunu öğrenilmektedir. Seri port ekranında okunan 1 değeri modülümüzün bildiri durumunun açık olduğunu göstermektedir.



Şekil 3.20: AT+NOTI Komutu.

AT+ROLE komutu ile modülün hangi modda çalıştığı öğrenilmektedir. Seri port ekranında okunan 1 değeri modülün master modda çalıştığını göstermektedir.



Şekil 3.21: AT+ROLE Komutu.

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Lokalizasyon bilgisine olan ihtiyaç, konum belirlemeye yönelik çalışmaları arttırmıştır. Son yıllarda popüler olan RFID ve Wi-Fi gibi iç mekan teknolojilerinin sahip oldukları dezavantajlar yeni bir iç mekan teknolojisine olan ihtiyacı doğurmuştur. Maliyeti düşük, düşük enerjili ve BLE sinyalleri yayan beacon cihazlarıyla kullanıcıya sunulan BLE teknolojisi, kapalı alanlarda kullanıma uygun olması ve sinyal gücünü sabit seviyede tutabilmesi özellikleriyle diğer kapalı alan teknolojilerine üstünlük sağlamaktadır.

Bu çalışmada, BLE Beacon modeli, Arduino mikrodenetleyici kartı ve Bluetooth 4.0 modül ile lokasyon belirleme işlemi yapılmıştır. Gömülü elektronik devreler kullanarak beaconların okunuşu gerçekleştirilmiştir. Bu sayede özel gömülü donanım kullanıcı uygulamaları ortaya çıkarılmıştır.

AT Komutları kullanılarak beaconlar ve bluetooth modül bilgilerine ve RSSI değerlerine ulaşılması mümkün olmuştur. RSSI değerleri okunarak yakınlık uzaklık bilgisi elde edilmiştir. Sistemimiz en yakın beaconu algıladığından kapalı alanlarda kolaylıkla lokasyon belirleme işlemi yapılmıştır. Beaconların lokasyon bilgisi vermesinden yararlanarak müze uygulamalarında kullanabileceğimiz ve kullanıcıya kullanım kolaylığı sağlayacak sistemin tasarımı yapılmıştır. Bu sisteme Arduino ve HM-10 Bluetooth modülün dışında Nextion Akıllı Ekran ve MP3 Decoder bileşenleri eklenmiştir. Bu bileşenler sayesinde beaconlar tarafından yayınlanan sinyallerin HM-10 tarafından algılanmasıyla beraber kullanıcıya bilgi akışı sağlanmaktadır ve eser hakkında tarihi bilgilerin verilmesi dışında ziyaretçilere sesli ve görsel bilgi aktarımı mümkün hale gelmektedir.

Dickinson ve diğ. [4] tarafından mağaza içerisindeki bölümlere yerleştirilmiş beaconlarla gerçekleştirilen çalışmada RSSI okumalarının gerçekleştirilebilmesi ve lokalizasyonun sağlanabilmesi için kullanıcıların mobil cihazlarını yanında bulundurmaları gerekmektedir.

Chawathe tarafından gerçekleştirilen çalışmada, öğrencilerin derse giriş çıkışlarını kontrol etmek amacıyla beconlardan yararlanılmıştır. Ancak bu çalışmada da öğrenci yoklamalarının sorunsuz şekilde alınabilmesi yani öğrencilerin lokalizasyonlarının yapılabilmesi için mobil cihazlarını yanlarında bulundurmaları gerekmektedir. Ayrıca öğrencilerin mobil cihazlarına istenilen uygulamayı indirmiş ve giriş sağlamış olmaları ve olmaları gerekmektedir [6].

He ve diğ. [14] ve Giasemi ve diğ. [16], çalışmamıza benzer olarak beaconlar kullanarak müze uygulamaları üzerine çalışma gerçekleştirmişlerdir. Müze veya tarihi mekanlarda ziyaretçilere gezinti davranışlarına göre eserler klasik yöntemlerin dışında sesli veya görsel bilgi aktarımı yapılmıştır. Ancak bu çalışmada da diğer çalışmalarda olduğu gibi sistem kullanıcıların akıllı cihazlarına bağlı olarak çalışmaktadır. Yani müzedeki eserlere ait sesli veya görsel içerikler kullanıcıların akıllı cihazlarına iletilmekte olup bu durum dezavantaj olarak karşımıza çıkabilmektedir. Beacon'a bağlı yapılan bu çalışmalarda kullanıcıların cep telefonlarını veya akıllı cihazlarını yanlarında bulundurmaları istenilen uygulamaları indirmiş ve bluetooth uygulamasını açık konumda bulundurmuş olmaları zorunlu hale gelmektedir. Gerçekleştirilen tasarım ile yukarıda belirtilen bu dezavantajların önüne geçilmiştir. Çalışmamızda kullanıcıların akıllı cihazlarına alternatif olarak HM-10 Bluetooth modül, Arduino mikrodetleyici kartı, nextion akıllı ekran ve MP3 decoder devresi bileşenlerinden oluşan sistemimizin tasarımı gerçekleştirilmiştir. Sistemimizin yazılım kısmında ise arduino mikroişlemcisine ait arayüz programında gerekli arduino kodları yazılmış olup müzedeki esere ait bilgiler bu kodlarla birlikte verilmiştir. Tasarlanan bu sistem sayesinde kullanıcıların akıllı cihazlarına ihtiyaç duyulmadan beaconlar sayesinde bilgi aktarımı mümkün hale gelmiştir ve bu durum tasarımımıza özgünlük kazandırmıştır.

Beaconların lokasyon ve sinyal genliği bilgisi kullanarak çeşitli aygıtlar geliştirilebilir durumdadır. Beaconlarla yapılan lokalizasyona bağlı çalışmalarda kullanıcıların ihtiyaçlarına bağlı olarak aktarım yapılacak içerikler değişime açıktır. Bu çalışma, çeşitli müze uygulamalarında kullanılabilmeyle beraber diğer kapalı iç mekanlarda kullanım potansiyeline sahiptir.

5. KAYNAKLAR

- [1] Cheng, R. S., Hong, W. J., Wang, J. S. and Lin, K. W., “Seamless guidance system combining GPS, BLE beacon, and NFC technologies”, *Hindawi Publishing Corporation Mobile Information Systems*, 1-12, (2016).
- [2] Kajioka, S., Mori, T., Uchiya, T., Takumi, I., Matsuo, H. and Tomoya, M., “Experiment of indoor position presumption based on RSSI of bluetooth LE Beacon”, *2014 IEEE 3rd Global Conference on Consumer Electronics (GCCE)*, Tokyo, Japan, 337 – 339, (2014).
- [3] Wang, Y., Yang, Q., Zhang, G. and Zhang, P., “Indoor positioning system using euclidean distance correction algorithm with bluetooth Low Energy beacon”, *2016 International Conference on Internet of Things and Applications (IOTA)*, Pune, India, 243 – 247, (2016).
- [4] Dickinson, P., Cielniak, G. and Szymanczyk, O., “Indoor positioning of shoppers using a network of bluetooth low energy beacons”, *2016 International Conference on Indoor Positioning and Indoor Navigation (IPIN)*, Alcalá de Henares, Spain, 1-8, (2016).
- [5] Sharhan, S. M. H. and Zickau, S., “Indoor mapping for location-based policy tooling using Bluetooth low energy beacons”, *2015 IEEE 11th International Conference on Wireless and Mobile Computing, Networking and Communications (WiMob)*, Berlin, Germany, 28-36, (2015).
- [6] Chawathe, S.S., “Beacon placement for indoor localization using bluetooth”, *2008 11th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems*, Beijing, China, 980-985, (2008).
- [7] Liu, H., Darabi, H., Banerjee, P. and Liu, J., “Survey of wireless indoor positioning techniques and systems”, *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics Part C: Applications and Reviews*, 37(6), 1067–1080, (2007).

- [8] Sekmen, B., “İç mekan servisleri için etkin bir beacon donanımı”, Yüksek Lisans Tezi, *Istanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Bilgisayar Mühendisliği Ana Bilim Dalı, İstanbul.
- [9] Kumar, B. G. A, Bhagyalakshmi, K. C., Lavanya K. and Gowranga K. H., “A bluetooth low energy based beacon system for smart short range surveillance”, Bangalore, India, *IEEE International Conference On Recent Trends In Electronics Information Communication Technology*, 1181 – 1184, (2016).
- [10] Gomez, C., Oller, J. and Paradells, J., “Overview and evaluation of bluetooth low energy: An emerging low-power wireless technology”, *Sensors*, MDPI, 12(9), 11734-11753, doi:10.3390/s120911734, (2012).
- [11] Bouchard, K., Ramezani, R. and Naeim, A., “Evaluation of bluetooth beacons behavior”, *2016 IEEE 7th Annual Ubiquitous Computing, Electronics & Mobile Communication Conference (UEMCON)*, New York, ABD, 1-3, (2016).
- [12] Bouchard, K., Eusufzai, M. R., Ramezani, R. and Naeim, A., “Generalizable spatial feature for human positioning based on bluetooth beacons”, *2016 IEEE 7th Annual Ubiquitous Computing, Electronics & Mobile Communication Conference (UEMCON)*, New York, USA, 1-5, (2016).
- [13] Gorovyi, I., Roenko, A., Pitertsev, A., Chervonyak, and Vovk, V., “Real-time system for indoor user localization and navigation using bluetooth beacons”, *2017 IEEE First Ukraine Conference on Electrical and Computer Engineering (UKRCON)*, Kiev, Ukraine, 1025 – 1030, (2017).
- [14] He, Z., Cui, B., Zhou, W. and Yokoi, S., “A proposal of interaction system between visitor and collection in museum hall by iBeacon”, *2015 10th International Conference on Computer Science & Education (ICCSE)*, Cambridge, UK, 427-430, (2015).
- [15] Namiot, D., “On indoor positioning”, *International Journal of Open Information Technologies*, 3(3), 23-26, (2015).

- [16] Giasemi, V., Jones, R. F., Coleman, S., Long, P. and Simpson, E., “Leicester castle tells its story beacon-based mobile interpretation for historic buildings”, *2015 Digital Heritage*, 1, 411-412, (2015).
- [17] Internet of Things Turkiye, <http://ioturkiye.com/2016/10/ble/>, (2016).
- [18] Estimote, Beacon Tech Overview, <http://developer.estimote.com/>, (2016).
- [19] Kontakt IO Inc., Beacon Hardware, <https://kontakt.io/products-and-solutions/beacon-hardware-firmware/>, (2016).
- [20] <http://akdenizbilisim.net/web.aspx>, (26.04.2018).
- [21] Allurwar, N., Nawale, B. and Patel, S., “Beacon for Proximity Target Marketing”, *International Journal Of Engineering And Computer Science*, 5, 16359-16364, (2016).
- [22] <http://www.endustri40.com/beaconbluetooth-tabanli-etkilesim-teknolojisi/>, (27.05.2018).
- [23] <https://www.indiamart.com/proddetail/arduino-mega-2560-15616689691.html>, (26. 04. 2018).
- [24] <https://www.direnc.net/2-4-inch-nextion-hmi-dokunmatik-tft-lcd-ekran-4mb>, (27.05.2018).
- [25] <http://www.astanadigital.com/products/Arduino-Uno-R3-Compatible/1048> (26.04.2018).
- [26] <http://artofcircuits.com/product/hm-10-ble-bluetooth-4-0-cc2541-wireless-module>, (27.05.2018).
- [27] <https://tr.aliexpress.com/item/MP3-module-Music-Player-module-TF-MicroSD-Card-MP3-Audio-Board-Sound-module-UART-Control-for/32650260044.html>, (19.06.2018).