

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**DEPREM SONRASI ARAMA-KURTARMA ÇALIŞMALARI İÇİN
KABLOSUZ SAKLAMA BİRİMLERİNİN BAŞARIM ANALİZİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Gürhan AVDAN**

Anabilim Dalı : Bilgisayar Mühendisliği

Programı : Bilgisayar Mühendisliği

HAZİRAN 2011

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**DEPREM SONRASI ARAMA-KURTARMA ÇALIŞMALARI İÇİN
KABLOSUZ SAKLAMA BİRİMLERİNİN BAŞARIM ANALİZİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Gürhan AVDAN
(504081516)**

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 06 Mayıs 2011

Tezin Savunulduğu Tarih : 07 Haziran 2011

**Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Sanem SARIEL-TALAY (İTÜ)
Diğer Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Sema OKTUĞ (İTÜ)
Yrd. Doç. Dr. Esin ERGEN (İTÜ)**

HAZİRAN 2011

ÖNSÖZ

Tez çalışmam boyunca benden yardımlarını, desteğini, sabrını ve bilgisini esirgemeyen değerli hocam Yrd. Doç. Dr. Sanem Saniel-Talay'a teşekkürü bir borç bilirim. Kendisinin danışmanlığında çalışma fırsatı bulduğum için çok şanslı olduğumu düşünüyorum ve bana bu imkanı sunduğu için kendisine bir kez daha teşekkür ediyorum.

Bu tezin ortaya çıkmasında sağlamış olduğu imkan ve katkılardan dolayı Yrd. Doç. Dr. Esin Ergen'e teşekkürlerimi sunuyorum. Ayrıca testler aşamasında sağlamış olduğu yardımlardan dolayı Gürşans Güven'e ve RFID temelli sistem geliştirme aşamasında vermiş olduğu katkılardan dolayı Çağrı Eroğlu'na teşekkür ediyorum.

Son olarak aileme teşekkürlerimi sunuyorum. Bana vermiş oldukları destek, sabır ve sevgi olmadan bu tezin ortaya çıkması düşünülemezdi.

Mayıs 2011

Gürhan AVDAN

Bilgisayar Mühendisi

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	iii
İÇİNDEKİLER	v
ÇİZELGE LİSTESİ.....	ix
ŞEKİL LİSTESİ.....	xi
ÖZET.....	xiii
SUMMARY	xv
1. GİRİŞ	1
1.1 Tezin Katkıları.....	3
1.1.1 Arama-kurtarma çalışmaları için gerekli bilgilerin yerel bir sistem ile sağlanması	3
1.1.2 RFID ile duyarga teknolojilerinin geliştirilen sistem kapsamında başarımların analizi	3
2. MOTİVASYON VE YÖNTEM	5
2.1 Motivasyon.....	5
2.2 Amaç	8
2.3 Yöntem	8
3. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	11
3.1 RFID Teknolojisinin İncelenmesi	11
3.2 Duyarga Teknolojisinin İncelenmesi	13
3.3 Arama-Kurtarma Çalışmalarını Kolaylaştırmak için Geliştirilen Sistemlerin İncelenmesi	15
4. VERİ MODELİNİN OLUŞTURULMASI	19
4.1 Veri ve Saklama Birimindeki Temsilleri	19
4.1.1 Bina bilgileri veri tipleri analizi	20
4.1.1.1 Bina genel bilgileri	20
4.1.1.2 Bina görsel bilgileri.....	22
4.1.1.3 Binada bulunan tehlikeli maddeler ve konumları	23
4.1.1.4 Binada bulunan kişilere ilişkin bilgiler	24
4.1.2 Muhtarlık bilgileri veri tipleri analizi.....	25
4.1.3 Arama-kurtarma sonuç/değerlendirme bilgileri veri tipleri analizi	27
4.2 Veri (Data) Modeli	28
5. SİSTEM MİMARİSİ VE ARAYÜZLER	35
5.1 Sistem Mimarisi	35
5.1.1 Duyarga tabanlı sistemin işleyişi	37
5.1.1.1 Duyargaya veri yazma.....	38
5.1.1.2 Duyargadan veri okuma	40
5.1.1.3 Duyarga seçme protokolü	41
5.1.1.4 Protokolde gerçekleştirilen iyileştirmeler	44
5.1.2 RFID tabanlı sistemin işleyişi	47
5.1.2.1 RFID etiketlerine veri yazma	47

5.1.2.2 RFID etiketlerinden veri okuma.....	48
5.1.2.3 RFID etiketi seçme protokolü	49
5.2 Sistemin Arayüzleri	50
5.2.1 Arama-kurtarma genel arayüzü	50
5.2.1.1 Bina genel bilgileri paneli	51
5.2.1.2 Bina resimleri paneli	54
5.2.1.3 Kat planları paneli	55
5.2.1.4 Tehlikeli maddeler paneli	56
5.2.1.5 Kişisel bilgiler paneli	57
5.2.2 Arama-kurtarma sonuç değerlendirme arayüzü	61
5.2.3 Muhtarlık arayüzü	63
6. LABORATUAR TESTLERİ	67
6.1 Test Edilen Ekipmanın Fiziksel Özellikleri	67
6.1.1 RFID ekipmanının teknik özellikleri.....	67
6.1.2 Duyarga ekipmanının teknik özellikleri.....	68
6.1.2.1 Sensenode v.1.3 duyargasının teknik özellikleri.....	68
6.1.2.2 Sensenode v.2.1 duyargasının teknik özellikleri.....	69
6.2 RFID Ekipmanının Laboratuvar Ortamında Test Edilmesi.....	70
6.2.1 Veri boyutu-veri okuma süresi ilişkisi testleri	70
6.2.2 Veri boyutu-veri yazma süresi ilişkisi testleri.....	71
6.2.3 Açık-okuma başarıları testleri	72
6.2.4 Dış anten ile açık-okuma başarıları testleri	75
6.3 Duyarga Ekipmanının Laboratuvar Ortamında Test Edilmesi.....	77
6.3.1 Sensenode v.1.3 ekipmanının laboratuvar ortamında test edilmesi	77
6.3.1.1 Veri boyutu-veri okuma süresi ilişkisi testleri	77
6.3.1.2 Açık-okuma başarıları testleri	78
6.3.2 Sensenode v.2.1 ekipmanının laboratuvar ortamında test edilmesi	80
6.3.2.1 Sensenode v.2.1 ve Sensenode v.1.3 duyargaları için veri boyutu-veri yazma testleri	81
6.3.2.2 Açık-okuma başarıları testleri.....	82
7. SAHA TESTLERİ.....	85
7.1 Test Ortamı Bilgileri.....	85
7.2 RFID Ekipmanı ile Saha Testleri	86
7.2.1 Etiket tarama ve okuma süreleri.....	87
7.2.2 Çoklu etiket okuma testleri	88
7.3 Duyarga Ekipmanı ile Saha Testleri.....	90
7.3.1 Sensenode v.1.3 ekipmanı ile yapılan saha testleri	91
7.3.1.1 Sensenode v.1.3 duyarga ekipmanı ile yapılan saha sınavı testleri..	92
7.3.1.2 Birinci grup saha testleri	98
7.3.1.3 Sensenode v.1.3 duyargasının değerlendirilmesi	102
7.3.2 Sensenode v.2.1 ekipmanı ile yapılan saha testleri	103
7.3.2.1 İkinci grup saha testleri	103
7.3.3 Üçüncü grup saha testleri (Sensenode v.2.1 ve RFID ekipmanı ile).....	106
7.3.3.1 RFID ekipmanı ile okuma uzaklığı-okuma süresi ilişkisi testleri	107
7.3.3.2 Sensenode v.2.1 ekipmanı ile okuma uzaklığı-okuma süresi ilişkisi testleri.....	109
7.3.3.3 Görüş hattı dışında kalan birimin okunması testi.....	110
7.4 Veri Saklama Birimi Olarak Kullanılan Teknolojilerin Karşılaştırılması.....	111
7.4.1 İki teknolojinin temel özelliklerinin karşılaştırılması	111

7.4.2 Birincil bilgilerin okunması testleri: Okuma uzaklığı–okuma süresi karşılaştırması	113
7.4.3 Çoklu birim okuma süresi karşılaştırması.....	115
8. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	117
KAYNAKLAR	121

ÇİZELGE LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 4.1 : Veri birimleri dönüşümleri.	20
Çizelge 4.2 : Bina kullanım amaçları.	21
Çizelge 4.3 : Güvenlik teşkilatlarına ait farklı bina tipleri.	22
Çizelge 4.4 : Bina taşıyıcı sistem tipleri.	22
Çizelge 4.5 : Tehlikeli madde tipleri.	23
Çizelge 4.6 : Patlayıcı tipleri.	24
Çizelge 4.7 : Bina bilgileri ve bellek gereksinimleri.	26
Çizelge 4.8 : Muhtarlık bilgileri ve bellek gereksinimleri.	27
Çizelge 4.9 : Arama-kurtarma sonuç/değerlendirme bilgileri ve bellek gereksinimleri.	28
Çizelge 6.1 : Sensenode duyargaları arasındaki farklılıklar.	70
Çizelge 6.2 : RFID etiketine örnek veri yazma süreleri.	72
Çizelge 6.3 : Etiketin z eksenini etrafında döndürülmesi ile elde edilen sonuçlar.	73
Çizelge 6.4 : Etiketin y eksenini etrafında döndürülmesi ile elde edilen sonuçlar.	74
Çizelge 6.5 : Etiketin x eksenini etrafında döndürülmesi ile elde edilen sonuçlar.	75
Çizelge 6.6 : Etiketinin x, y ve z eksenleri etrafında döndürülmesi ile elde edilen sonuçlar (okuyucuda dış anten varken).	77
Çizelge 6.7 : Veri boyutu-veri okuma süresi testi sonuçları.	78
Çizelge 6.8 : x eksenini için değişen açı değerlerine karşılık paket kayıp oranı değerleri.	79
Çizelge 6.9 : y eksenini için değişen açı değerlerine karşılık paket kayıp oranı değerleri.	79
Çizelge 6.10 : z eksenini için değişen açı değerlerine karşılık paket kayıp oranı değerleri.	80
Çizelge 6.11 : Veri boyutu-veri yazma süresi testi sonuçları.	81
Çizelge 6.12 : x eksenini için değişen açı değerlerine karşılık paket kayıp oranı değerleri.	82
Çizelge 6.13 : y eksenini için değişen açı değerlerine karşılık paket kayıp oranı değerleri.	82
Çizelge 6.14 : z eksenini için değişen açı değerlerine karşılık paket kayıp oranı değerleri.	83
Çizelge 7.1 : Katlar için 12 adet etiketinin taranması ve bir etiketinin okunması için geçen ortalama.	88
Çizelge 7.2 : Katlar için ortalama erişilen etiket sayısı ve alıcı-gönderici etiket arasındaki uzaklıklar.	89
Çizelge 7.3 : Bina-1 ölçüleri (alıcı ve gönderici duyargalar arasındaki uzaklıklar)..	92
Çizelge 7.4 : Saha sınavı testleri ile tüm açılar için elde edilen sonuçlar.	95
Çizelge 7.5 : Piller %100 dolu iken her kat için birincil bilgilerin okunma süresi (sn).	96

Çizelge 7.6 : Piller %88 dolu iken her kat için birincil bilgilerin okunma süresi (sn).	97
Çizelge 7.7 : Piller %72 dolu iken her kat için birincil bilgilerin okunma süresi (sn).	97
Çizelge 7.8 : Bina-2 ölçüleri (alıcı ve gönderici duyargalar arasındaki uzaklıklar)..	98
Çizelge 7.9 : Katlar için ortalama erişilen duyarga sayısı ve alıcı-gönderici duyarga arasındaki uzaklıklar.....	102
Çizelge 7.10 : Katlar için ortalama erişilen duyarga sayısı ve alıcı-gönderici duyarga arasındaki uzaklıklar.....	105
Çizelge 7.11 : Bina-3 ölçüleri (alıcı ve gönderici duyargalar arasındaki uzaklıklar).	106
Çizelge 7.12 : Bina-3 üzerinde RFID ekipmanı ile okuma uzaklığı-okuma süresi ilişkisi testleri.....	108
Çizelge 7.13 : Bina-3 üzerinde Sensenode v.2.1 ekipmanı ile okuma uzaklığı-okuma süresi ilişkisi testleri.	109
Çizelge 7.14 : Bina-3 üzerinde okuma uzaklığı-okuma süresi ilişkisi testleri karşılaştırması.	114
Çizelge 7.15 : RFID ve v.2.1 duyargası için x eksenini için açı-okuma süresi karşılaştırması.....	115
Çizelge 7.16 : RFID ve v.2.1 duyargası için y eksenini için açı-okuma süresi karşılaştırması.....	115
Çizelge 7.17 : RFID ve v.2.1 duyargası için z eksenini için açı-okuma süresi karşılaştırması.....	115
Çizelge 7.18 : Çoklu birim okuma süresi karşılaştırması.	116

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 : RFID teknolojisi için geliştirilen sistem [2].	5
Şekil 2.2 : Kablosuz duyarga teknolojisi için geliştirilen sistem [2].	6
Şekil 5.1 : Duyarga tabanlı sistem tasarımı.	35
Şekil 5.2 : RFID tabanlı sistem tasarımı.	36
Şekil 5.3 : Duyargaya veri yazma süreci adımları.	39
Şekil 5.4 : Duyargadan veri okuma süreci adımları.	40
Şekil 5.5 : Duyarga seçme protokolü.	42
Şekil 5.6 : İyileştirilmiş duyarga seçme protokolü.	45
Şekil 5.7 : Protokole alındı bilgisinin eklenmesiyle paket kayıplarının önlenmesi...	46
Şekil 5.8 : RFID etiketine veri yazma.	47
Şekil 5.9 : RFID etiketinden veri okuma.	48
Şekil 5.10 : Etiket seçme protokolü.	49
Şekil 5.11 : Arama-kurtarma genel arayüzünde Bina genel bilgileri paneli.	51
Şekil 5.12 : Arama-kurtarma genel arayüzünde doğruluk kontrolü mesajı.	54
Şekil 5.13 : Bina resimleri paneli.	55
Şekil 5.14 : Resimden onaltılık koda dönüşüm ve tersi dönüşüm işlemleri.	55
Şekil 5.15 : Kat planları paneli.	56
Şekil 5.16 : Tehlikeli maddeler paneli.	57
Şekil 5.17 : Tehlikeli maddelerin konumlarının ilgili kat planı üzerinde işaretlenmesi.	58
Şekil 5.18 : Kişisel bilgiler paneli.	58
Şekil 5.19 : Kişisel bilgiler ekranında örnek bir uyarı mesajı.	59
Şekil 5.20 : Sağlık bilgileri ekranı.	60
Şekil 5.21 : Arama-kurtarma sonuç değerlendirme ekranı.	62
Şekil 5.22 : Kişiye ait durum bilgisinin girilmesi.	63
Şekil 5.23 : Tanımlanamayanlar ekranı.	64
Şekil 5.24 : Tehlike ve yoğunluklarının girilmesi.	64
Şekil 5.25 : Muhtarlık arayüzü.	65
Şekil 5.26 : Mahalledeki binalara ilişkin bilgiler.	66
Şekil 5.27 : Mahalleye ait planlar.	66
Şekil 6.1 : Kullanılan i-Card CF okuyucusu ve ILR etiketi.	67
Şekil 6.2 : Genetlab Sensenode v.1.3 a) duyarga düğümü b) duyarga düğümü için koruyucu kapsül.	69
Şekil 6.3 : Genetlab Sensenode v.1.3 anten yayılımı a) eksenler b) örüntü.	69
Şekil 6.4 : Sensenode v.2.1 duyarga düğümü.	70
Şekil 6.5 : z eksenı etrafında döndürülen etiketin farklı açılardaki konumları (anten ve etiketin yandan görünüşü).	73
Şekil 6.6 : y eksenı etrafında döndürülen etiketin farklı açılardaki konumları (anten ve etiketin üstten görünüşü).	74
Şekil 6.7 : x eksenı etrafında döndürülen etiketin farklı açılardaki konumları (anten ve etiketin üstten görünüşü).	76
Şekil 6.8 : Kişi sayısı-veri boyutu ilişkisini gösteren grafik.	78

Şekil 6.9 : Kişi sayısı-okuma süresi ilişkisini gösteren grafik.....	79
Şekil 6.10 : Kişi sayısı-veri yazma süresi ilişkisini gösteren grafik.	81
Şekil 7.1 : İTÜ Ayazağa Yerleşkesi Elektrik-Elektronik Fakültesi binası ön cephesi (Bina-1) ve ölçüleri.....	86
Şekil 7.2 : İTÜ Ayazağa Yerleşkesi Elektrik-Elektronik Fakültesi binası arka cephesi (Bina-2) ve ölçüleri.....	87
Şekil 7.3 : Toplu konut içinde test yapılan blok (Bina-3) ve ölçüleri.....	87
Şekil 7.4 : Bina-2 üzerinde çoklu etiket okuma testleri sırasında etiketlerin bina üzerine yerleşimi ve alıcı ile gönderici arasındaki uzaklıkların temsili gösterimi (d_{ij} : göndericinin bulunduğu kata göre alıcı ile arasındaki uzaklık, i: etiket numarası, j: kat numarası).....	89
Şekil 7.5 : Alıcı duyarga ve gönderici duyarga arasındaki açı 90 (pozisyon no 1). ..	93
Şekil 7.6 : Alıcı duyarga ve gönderici duyarga arasındaki açı 0 (pozisyon no 2).	93
Şekil 7.7 : Alıcı duyarga ve gönderici duyarga arasındaki açı 180 (pozisyon no 3). ..	93
Şekil 7.8 : Pillerin doluluk oranı-birincil bilgilerin okunma süreleri ilişkisi.....	98
Şekil 7.9 : Duyarga uzaklığı-okuma süresi ilişkisini gösteren grafik.....	99
Şekil 7.10 : Bina-2'nin zemin katındaki demir parmaklıklar.	100
Şekil 7.11 : Bina-2 üzerinde çoklu duyarga okuma testleri sırasında duyargaların bina üzerine yerleşimi ve alıcı ile gönderici arasındaki uzaklıkların temsili gösterimi (d_{ij} : göndericinin bulunduğu kata göre alıcı ile arasındaki uzaklık, i: etiket numarası, j: kat numarası) (Sensenode v.1.3 için).....	101
Şekil 7.12 : Okuyucu uzaklığı-okuma süresi ilişkisi grafiği.....	103
Şekil 7.13 : Bina-2 üzerinde çoklu duyarga okuma testleri sırasında duyargaların bina üzerine yerleşimi ve alıcı ile gönderici arasındaki uzaklıkların temsili gösterimi (d_{ij} : göndericinin bulunduğu kata göre alıcı ile arasındaki uzaklık, i: etiket numarası, j: kat numarası) (Sensenode v.2.1 için).....	105
Şekil 7.14 : Bina-3 üzerinde test yapılan merdiven boşluğu alanı ve birimlerin yerleştirildiği pencereler.	107
Şekil 7.15 : Bina-3'ün birinci katının ve bina girişinin görüntüsü.	108
Şekil 7.16 : Bina-3 zemin kat, giriş merdiveninin altı.	110
Şekil 7.17 : Okuyucu uzaklığı-okuma süresi ilişkisi karşılaştırma grafiği.....	114

DEPREM SONRASI ARAMA-KURTARMA ÇALIŞMALARI İÇİN KABLOSUZ SAKLAMA BİRİMLERİNİN BAŞARIM ANALİZİ

ÖZET

Bir depremden sonraki arama-kurtarma çalışmalarının etkin ve verimli bir şekilde yapılmasını sağlayan en önemli etkenlerden biri ekiplerin depremde etkilenen afet bölgesi ile ilgili, arama-kurtarma faaliyetlerini hızlandıracak ve kolaylaştıracak lokal bilgilere (örneğin, yerleşim yeri, binalar ve bina sakinleri ile ilgili bilgiler) kısa sürede ulaşabilmeleridir. Ancak mevcut durumda arama kurtarma ekipleri ilgili lokal bilgilere kısa sürede ve sağlıklı bir şekilde ulaşamamaktadır. Bu durum arama-kurtarma çalışmalarının yavaş veya yanlış yönde ilerlemesine neden olmaktadır.

Bu tezin amacı, arama-kurtarma ekiplerince afet bölgelerinde ihtiyaç duyulduğu belirlenmiş bilgileri modellemek ve arama-kurtarma bölgesinde ekiplerin lokal bilgiye ihtiyaç duydukları anda erişimini mümkün kılacak ve bilginin dağıtılmış (decentralized) bir şekilde depolanmasını sağlayacak bir sistem geliştirmektir. Tez kapsamında geliştirilen sistem RFID ve Kablosuz Duyarga olmak üzere iki farklı teknolojiye dayalı olarak tasarlanmış ve bu iki teknolojinin başarımlarını analiz edilmiştir.

Bu doğrultuda, öncelikle arama kurtarma ekiplerinin ihtiyaç duyduğu bilgiler veri saklama birimi olarak kullanılacak teknolojilerin özellikleri göz önünde bulundurularak modellenmiştir. Bellek kapasitesi her iki teknoloji için de en önemli kısıt olarak belirlendiğinden, verinin temsili için özel bir kodlama sistemi kullanılarak saklama birimlerinde depolanabilmesi sağlanmıştır. Bunun yanında, ihtiyaç duyulan verilerin merkezi birimlerde (muhtarlık) depolanabilmesi için bir veritabanı tasarlanmıştır.

Bir sonraki aşamada, arama-kurtarma çalışmalarında ihtiyaç duyulan lokal bilgilerin depolanması ve ihtiyaç duyulduğunda arama-kurtarma ekiplerinin kullanımına hazır şekilde getirilebilmesi için bir sistem tasarlanmıştır. Bu amaçla, iki gelişmiş veri saklama teknolojisi (RFID ve duyarga) sistem tasarımında kullanılmış ve her iki teknoloji için de bir prototip sistem geliştirilmiştir. Bu sistem kapsamında, RFID ve duyarga teknolojileri için verinin saklama birimlerine yazılması ve birimlerden okunmasına yönelik yordamlar geliştirilmiş ve paket kayıplarını önleyen güvenilir bir iletişim yöntemi geliştirilmiştir. Aynı zamanda sistemin işleyişi için ilgili arayüzler tasarlanmıştır.

Sistem tasarımı sonrasında, her iki teknoloji için de laboratuvar ve saha ortamında ilgili testler gerçekleştirilerek belirlenen amaç doğrultusunda gösterdikleri başarımlar analiz edilerek karşılaştırılmıştır. Sonuçlar, RFID ve kablosuz duyarga teknolojileri kullanılarak geliştirilen sistemin, depremde sonraki arama-kurtarma faaliyetlerini yürüten ekiplerce ihtiyaç duyulan lokal bilgileri depolamada kullanılabileceğini ve gerektiğinde bu bilgileri ekiplerin kullanımına sunarak, bilgilere kısa sürede ulaşılmasını sağlayabileceğini göstermiştir. Bu tez kapsamında her iki teknolojinin

avantajları ve dezavantajları karşılaştırıldığında duyargaların RFID'ye oranla daha avantajlı olduğu görülmüştür.

PERFORMANCE ANALYSIS OF WIRELESS STORAGE UNITS FOR SEARCH AND RESCUE OPERATIONS AFTER AN EARTHQUAKE

SUMMARY

Availability of information related to buildings and their residents is an important factor that affects not only the time spent for the search and rescue (S&R) efforts but also the effectiveness of the S&R operations. Currently, S&R teams cannot access this information in a fast and reliable way. The current process is time-consuming and inefficient.

The first goal of this thesis was to model the local information items that are collected or needed during the S&R operations. The second goal was to develop an approach and a related system to store the local information in a decentralized manner and to make the local information readily available and easily accessible for search and rescue teams. The system developed was utilized the Radio Frequency Identification (RFID) and the Wireless Sensors technologies.

At the first step, the local information needed by search and rescue teams is modeled regarding the specifications of the storage unit technologies. Since memory space can be considered as the most important constraint for these technologies, data model is constructed by encoding local information items for representing information in storage units. Furthermore, a database model for required information is constructed to store data in central databases.

In the next step, a system is designed to store the local information that is needed by search and rescue teams and to make it available on demand. For this reason, two different technologies (RFID and wireless sensors) are used for the implementation of the system and a prototype system is developed using both technologies. Basic procedures for reading and writing data to/from storage units are designed and a reliable data transmission to prevent packet losses is implemented for both systems. Besides, user interfaces are designed for data input/output in both systems.

After the system is developed, the data storage technologies were tested both in the laboratory and in the field, and their performances were analyzed based on the needs. The results show that both RFID and wireless sensor based systems can be used to store local information and make this information available to search and rescue teams. When two technologies are compared based on this thesis' requirements, wireless sensor technology seems advantageous over RFID technology.

1. GİRİŞ

Bir depremden sonra arama ve kurtarma çalışmalarının etkin ve verimli bir şekilde yapılması, enkaz altından kurtarılanların sayısını büyük ölçüde etkiler. Yapılan bir çalışma ile, ABD'nin büyük afet durumları için geliştirdiği ülke çapındaki arama ve kurtarma planının uygulamaya konulması için en az 24 saat geçtiği, ancak enkaz altında kalan kişilerin kurtulma olasılıklarının 24 saat sonra %50 veya daha fazla azaldığı tespit edilmiştir [1]. Arama ve kurtarma çalışmalarının etkin ve verimli bir şekilde yapılmasını sağlayan en önemli faktörlerden biri ekiplerin, arama ve kurtarma faaliyetlerini hızlandıracak ve kolaylaştıracak arama-kurtarma alanı ile ilgili lokal bilgilere kısa sürede ulaşabilmeleridir (örneğin, yerleşim yeri, binalar ve bina sakinleri ile ilgili bilgiler). Ancak, afet sırasında (örneğin deprem) merkezi bilgiye ulaşmayı sağlayan altyapı zarar gördüğü ve kapasitesinin üzerinde kullanıldığı için, merkezi veritabanları erişilemez hala gelmekte ve ekipler arama ve kurtarma için gerekli olan bilgilere ulaşamamaktadır.

Merkezi veritabanlarının kullanılmadığı durumlarda ekipler bu tür lokal bilgilerin bir kısmını arama ve kurtarma alanının civarındaki insanlardan toplamakta, bir kısmını da kendi gözlemlerine dayanarak elde etmektedirler. Ancak, lokal bilgileri bu şekilde toplamak ekiplere zaman kaybettirmektedir ve toplanan bilgiler her zaman güvenilir olmayabilir. Bilgiler çok kısa bir sürede elde edilmiş olduğundan ve bilgiyi sağlayan kişiler depremin yol açtığı travmanın etkisi altında olduğundan eksik veya yanlış bilgi toplanabilmektedir. Zaman kaybı ve güvenilir olmayan bilgiler sebebiyle arama ve kurtarma çalışmaları yavaş veya yanlış yönde ilerlemekte ve bu da kurtarılan kişi sayısının düşük olmasına neden olmaktadır. Bu durum, lokal bilgilerin merkezi veritabanları yerine arama-kurtarma ekiplerinin kolayca erişebileceği bir şekilde saklandığı yeni bir yaklaşıma ihtiyaç duyulduğunu göstermektedir.

Bu tezin ana hedefi, arama-kurtarma ekiplerinin ihtiyacı olan gerekli bilgilerin lokal ve dağıtılmış olarak saklanmasını sağlayacak bir sistemin geliştirilmesini sağlamaktır. Bu hedef doğrultusunda tezin amaçları şu şekilde sıralanabilir: (1) arama-kurtarma faaliyetlerini hızlandırma ve kolaylaştırma potansiyeli olan arama ve

kurtarma alanı ile ilgili bilgilerin modellenmesi, (2) bu bilgilerin lokal ve dağıtılmış bir şekilde arama-kurtarma ekiplerinin kullanımına hazır hale getirilmesi için gerekli yaklaşımın belirlenmesiyle tasarlanan bir sistem prototipi geliştirilip, ilgili teknolojilerin kullanılabilirliğinin test edilerek başarımlarının analizlerinin yapılmasıdır.

Tezin ilk amacı doğrultusunda arama-kurtarma ekiplerinin arama-kurtarma bölgesinde ihtiyaç duyduğu bilgiler modellenmiştir. Bu amaçla gerekli bilgiler ile bir veri modeli oluşturulmuş ve bu bilgilerin saklama birimlerindeki temsili belirlenmiştir. Ayrıca bu modelden yola çıkılarak bir veritabanı oluşturulmuştur. Bu tezin ikinci amacı doğrultusunda belirlenen bilgilerin, arama-kurtarma bölgesinde ekiplerin ihtiyaç duydukları anda erişimini mümkün kılacak dağıtılmış şekilde depolanmasını sağlayacak teknolojiler belirlenmiştir. Bu teknolojiler radyo frekanslı tanımlama (RFID) ve Kablosuz Duyarga (Wireless Sensors) teknolojileri olarak saptanmıştır. Her iki teknoloji de uzun okuma menzili, veri saklama kapasitesi ve veri güncelleme olanağına sahip olduğu için tercih edilmiştir. Bu tezin motivasyonu, deprem sonrası arama-kurtarma operasyonlarında gerekli olan bilgileri (bina planı, her daire ve apartmanda oturan kişi sayısı vb.) RFID etiketlerinde veya kablosuz düğümlerde saklamak ve bu etiketleri ekiplerin ulaşabileceği bina veya bina yakınlarındaki noktalara yerleştirmektir. Elde edilen sonuçlara göre, donanım ve yazılım sistemleri tasarımı yapılarak, bir sistem prototipi geliştirilmiştir. Bu sistem hem laboratuvar koşullarında hem de binalar üzerinde her iki teknoloji de kullanılarak test edilmiş ve elde edilen sonuçlar teknolojilerin başarımlarını açısından karşılaştırılmıştır. Sonuçlar, RFID ve kablosuz duyarga teknolojileri kullanılarak geliştirilen sistemin, depremden sonraki arama-kurtarma faaliyetlerini yürüten ekiplerce ihtiyaç duyulan lokal bilgileri depolamada kullanılabileceğini ve gerektiğinde bu bilgileri ekiplerin kullanımına sunarak, bilgilere kısa sürede ulaşılmasını sağlayabileceğini göstermiştir.

Bu tezin ikinci bölümünde çalışmanın motivasyon ve yöntemi, üçüncü bölümünde ise yapılan literatür araştırması yer almaktadır. Dördüncü bölümde, arama-kurtarma çalışmaları sırasında ihtiyaç duyulan bilgi türleri ile ortaya çıkarılan veri modeli ve bu modeli oluşturan bilgilerin veri saklama birimlerinde temsili yer almaktadır. Beşinci bölümde, sistem tasarımının detayları ve geliştirilen prototip sistemin mimarisi verilmektedir. Altıncı bölümde, RFID ve kablosuz duyarga teknolojileri ile laboratuvar ortamında yapılan testler ve sonuçları yer almaktadır. Yedinci bölümde

ise, bu teknolojiler kullanılarak gerçekleştirilen saha testlerine ve bunlardan elde edilen sonuçlara yer verilmektedir. Sekizinci bölümde ise çalışmadan elde edilen sonuçlar ve ileri çalışmaları sunulmaktadır.

1.1 Tezin Katkıları

Bu tezin katkıları iki temel başlık altında incelenebilir: Arama-kurtarma çalışmaları için gerekli bilgileri yerel bir sistem ile sağlama ve RFID ile duyarga teknolojilerinin geliştirilen sistem kapsamında başarımların analizi.

1.1.1 Arama-kurtarma çalışmaları için gerekli bilgilerin yerel bir sistem ile sağlanması

Yapılan araştırmalar göstermiştir ki arama-kurtarma çalışmalarını hızlandırmak amacıyla yapılan çalışmalar, merkezi sistemleri temel almaktadır. Bu durum afet sonrası, iletişim trafiğinin artması ya da altyapının çökmesi halinde önerilen sistemlerin çalışamaz hale gelmesine neden olmaktadır. Bu tez kapsamında gerçekleştirilen sistem ile bilgilerin lokal olarak kablosuz saklama birimlerinde depolanması ve gerekli durumlarda merkezi iletişim altyapısına ihtiyaç duymadan arama-kurtarma ekiplerince bu bilgilere ulaşılması sağlanmıştır.

1.1.2 RFID ile duyarga teknolojilerinin geliştirilen sistem kapsamında başarımların analizi

Bu tez kapsamında RFID etiketleri ve duyarga düğümlerinin kablosuz veri saklama birimi olarak kullanılmasıyla geliştirilen sistemlerin laboratuvar ve saha testleri gerçekleştirilerek detaylı analizi yapılmıştır. Laboratuvar ve gerçek binalar üzerinde yapılan saha testleri sonucu iki teknoloji karşılaştırılarak gerçek koşullar dahilinde böyle bir sistem tasarımında kullanılmaya uygun olup olmadıkları analiz edilmiş ve her iki teknolojinin olumlu ve olumsuz yanları ortaya konmuştur.

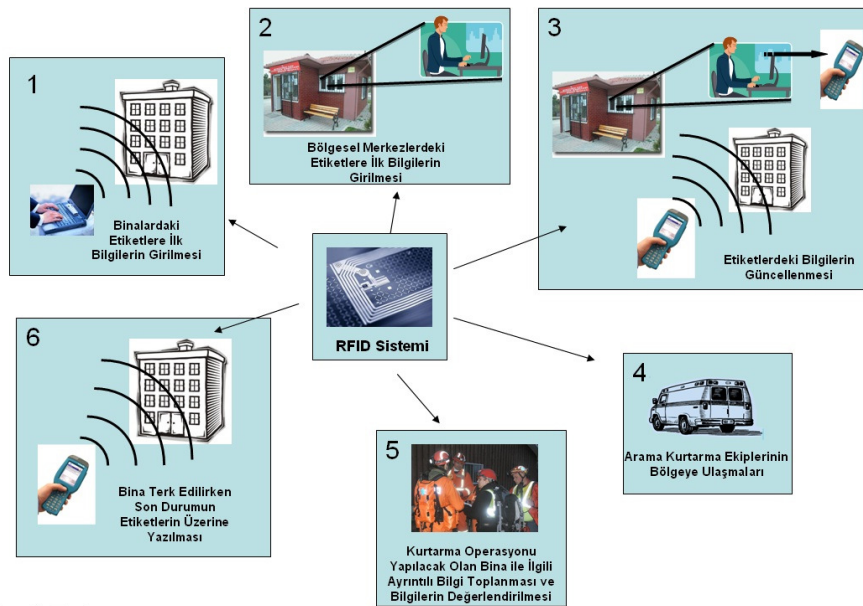
2. MOTİVASYON VE YÖNTEM

Bu bölümde tezin motivasyonu, amacı ve belirlenen amaç doğrultusunda çalışmanın izlediği yöntem açıklanmaktadır.

2.1 Motivasyon

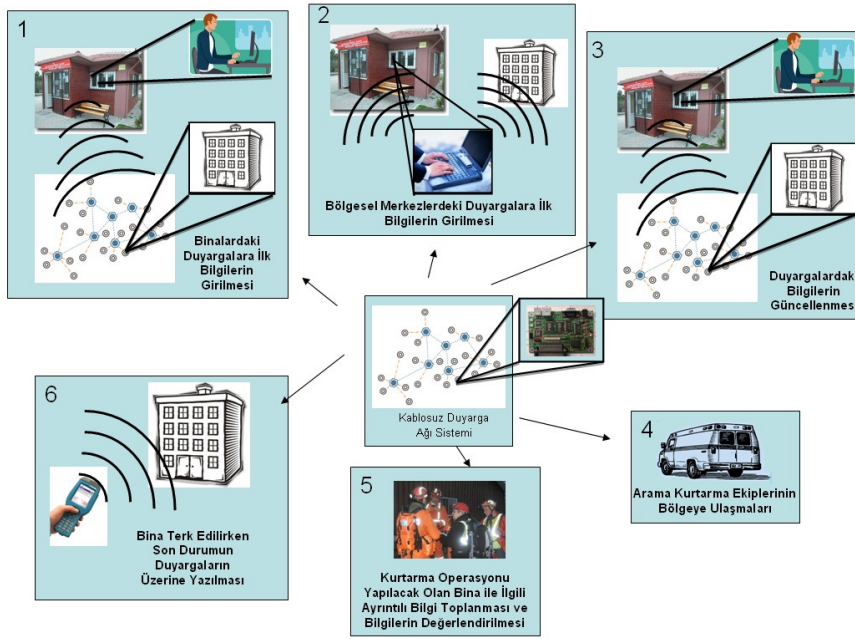
Bu tez kapsamında öngörülen sistemde, RFID etiketleri ve kablosuz duyarga düğümleri gibi iletici veri saklama birimleri binalara yerleştirilecek ve arama-kurtarma faaliyetleri için gerekli olan bilgiler bu birimlere girilecektir (bkz. Şekil 2.1-1 ve Şekil 2.2-1). Arama-kurtarma ekipleri, RFID etiketinden/duyarga düğümünden veri almak ya da RFID etiketine/duyarga düğümüne veri aktarmak için RFID okuyucusu ya da duyarga düğümü ile entegre edilmiş bir dizüstü bilgisayar taşıyacaklardır.

Önerilen sistem bilgileri iki farklı noktada arama-kurtarma ekiplerine sunacaktır. (1) bölge/mahalle bilgilerini içeren ve her bölge/mahalle için önceden belirlenmiş bir noktaya yerleştirilen (örneğin muhtarlık binası) bir veya birkaç birim üzerinde saklanan bilgiler, (2) bina bilgilerini içeren ve her bina üzerine yerleştirilmiş bir veya birkaç veri saklama biriminde saklanan bilgiler.



Şekil 2.1 : RFID teknolojisi için geliştirilen sistem [2].

Bölge/mahalle bilgileri, muhtarlık gibi yerel yönetime ait bir binaya yerleştirilecek olan lokal veri saklama birimlerinde depolanacaktır (bkz. Şekil 2.1-2 ve Şekil 2.2-2). Bölge/mahalle bilgileri, mahalledeki bina türleri, her bir binadaki kişi sayısı ve binanın içeriği (örneğin tehlikeli maddeler) gibi verileri içerir. Bu bilgiler ekipler zarar gören bölgeye ulaştıklarında (bkz. Şekil 2.1-4 ve Şekil 2.2-4), arama-kurtarma ekiplerine bölge hakkında genel fikir vererek hangi binalara öncelik tanıyacakları, hangi binalardan daha fazla kişi kurtarabilecekleri konularında doğru kararlar vermelerine yardımcı olacaktır.



Şekil 2.2 : Kablosuz duyurga teknolojisi için geliştirilen sistem [2].

Arama-kurtarma çalışmaları için öncelik tanınacak bina seçildikten sonra bu binaya ait bilgilere ihtiyaç duyulur. Her bir binada neler bulunduğu (örneğin tehlikeli madde türleri) ve bina sakinleri ile ilgili bilgilerden oluşan bina bilgileri, o bina üzerine yerleştirilmiş olan veri saklama birimlerinde depolanır. Bina bilgileri, binanın 3 boyutlu modeli/fotoğrafı, kat planları, binadaki kişilerin isimleri/yaşları/sağlık bilgileri gibi verileri içerir. Ayrıca, eğer binada tehlikeli madde varsa, bunların türleri ve binada bulundukları yerler hakkında da veri olabilir.

Depremi oluş saat kat planları bilgisini değerlendirirken kullanılarak, kazazedelerin deprem olduğu sırada bulunabilecekleri yerler (örneğin yatak odaları, mutfak, salon) tespit edilebilir. Arama-kurtarma ekipleri, bina kat planlarını hem binaya güvenli giriş yapmak hem de arama çalışmalarında kazazedelerin yerlerini belirlemek ve

buralara en kısa ve güvenli yoldan ulaşmak için kullanırlar. Güvenliğin sağlanması için binaya giriş yapılmadan önce gaz ve su vanaları ile elektrik şalterleri kapatılır. Binada yaşayan kişilerle ilgili bilgiler, kazazedelerin tespit edilmesi ve kurtarılan kazazedelere gerekli olan ilk yardım müdahalelerinin yapılması (örneğin, şeker hastalarına insülin iğnesi yapılması) için kullanılır. Ayrıca, binada bulunan tehlikeli maddelerin türleri ve yerleri arama-kurtarma çalışmaları sırasında oluşabilecek ikincil tehlikelere (örneğin yangın, patlama, radyasyon) karşı önlem alınabilmesi için çok önemlidir. Farklı türlerdeki tehlikeli maddeler farklı güvenlik önlemleri alınmasını gerektirir. Sonuç olarak, arama-kurtarma ekipleri lokal veri saklama birimlerinden ulaştıkları bina bilgileri sayesinde o binada arama-kurtarma çalışmalarını etkin ve doğru bir şekilde yerine getirirler [2].

Binadaki arama-kurtarma çalışmaları tamamlandıktan sonra, arama-kurtarma çalışmalarının sonuçları veri saklama birimine girilir (bkz. Şekil 2.1-6 ve Şekil 2.2-6). Arama-kurtarma çalışmalarının sonuçları binadaki tehlikeler, binadan/enkazdan çıkarılan sağ/ölü/yaralı sayısı ve binaya giriş tarihi/saati gibi bilgilerdir. Bu bilgiler, binaya daha sonra gelecek diğer kurtarma ekiplerine ya da enkazı kaldıracak olan ekiplere binanın son durumu hakkında bilgi verir.

Mahalle bilgilerinin ve bina bilgilerinin güncellenmesi doğru bilgiye ulaşılması açısından çok önemlidir. Kat planları gibi bazı bilgiler aynı kalırken bina sakinleri (örneğin binadan taşınanlar veya binaya yeni taşınanlar) ve binanın içeriği (örneğin tehlikeli madde türleri) ile ilgili bilgilerin periyodik olarak güncellenmesi gerekir (bkz. Şekil 2.1-3 ve Şekil 2.2-3). Güncelleme işlemi sırasında görevli kişinin binaya yerleştirilmiş olan birime belli bir mesafede (örneğin 30-100m) olması gerekir. Görevlilerin bilgisayarlarına ilgili binalara ait güncel bilgiler muhtarlıklardaki bilgisayarlardan Internet yoluyla gönderilebilir. Internet bağlantısı ile görevlilerin RFID okuyucusu/duyarga düğümü ile entegre edilmiş bilgisayarlarına aktarılan güncel bilgiler, ilgili bina birimi ile iletişim kurularak birimlere yazılır.

Lokal olarak depolanan bilgilerin merkezi afet yönetim sisteminde kullanılması ve yedeklerinin olması için bilgiler merkezi bilgi sisteminde de bulunmalıdır. Bunun için, lokal veri depolama sistemine veri girildiğinde, veri elle ya da otomatik olarak merkez sisteme transfer edilmelidir.

2.2 Amaç

Bu tezde iki ana amaç belirlenmiştir:

- (1) arama-kurtarma faaliyetlerini hızlandırma ve kolaylaştırma potansiyeli olan arama ve kurtarma alanı ile ilgili bilgilerin modellenmesi
- (2) bu bilgilerin lokal ve dağıtılmış bir şekilde arama-kurtarma ekiplerinin kullanımına hazır hale getirilmesi için gerekli sistemin geliştirilmesi ve tasarlanan sistemde ilgili teknolojilerin belirlenen amaç doğrultusunda kullanılabilirliğinin test edilmesidir.

İkinci amaç kendi içinde iki alt adımdan oluşmaktadır:

- (1) Veri saklama birimi olarak RFID ve kablosuz duyarga teknolojilerini kullanacak sistemin yazılımsal ve donanımsal olarak tasarımı
- (2) Sistem prototipi geliştirilerek RFID'nin ve kablosuz duyargaların bu koşulları yerine getirmedeki başarısı ve yetersiz kaldığı durumların tespit edilmesi amaçlanmıştır.

2.3 Yöntem

Belirlenen amaçları yerine getirmek için şu yöntem izlenmiştir:

- (1) Gerekli bilginin modellenmesi: Bu aşamada deprem sonrası arama-kurtarma faaliyetleri için gerekli bilgilerin modellenmesi yapılmıştır.

- Her iki teknolojinin de özellikleri göz önünde bulundurularak gerekli bilgiler saklama birimlerinin belleklerinde depolanabilecek bir temsil ile modellenmiştir.
- Verinin merkezi veritabanlarında saklanabilmesi için bir veritabanı tasarımı yapılmıştır.

- (2) Sistem tasarımı ve sistem prototipi geliştirilmesi: Bu aşamada, geliştirilen veri modeli baz alınarak RFID'nin ve kablosuz duyargaların kullanıldığı, deprem sonrası lokal bilgilere ulaşılmasını sağlayacak sistemin yazılımsal ve donanımsal olarak tasarımı gerçekleştirilmiş ve bir sistem prototipi geliştirilmiştir.

- Sistem, belirlenen gereksinimler doğrultusunda her iki teknoloji kullanılarak saklama birimlerine verilerin etkin şekilde yazılması ve birimlerden kayıpsız

şekilde okunması için birbirleri ile etkileşimli modüler olarak tasarlanmıştır. Çalışma kapsamında geliştirilen sistem mimarisi sadece muhtarlık binaları ve konutlar için oluşturulmuş olup, sistemde hem bina saklama birimlerine hem de muhtarlık seviyesindeki saklama birimlerine veri aktarımı için bileşenler oluşturulmuştur. Verinin birimlerin belleğinde etkin şekilde saklanması, kablosuz olarak aktarılan verinin belleğe kayıpsız olarak yazılabilmesi amacıyla verilerin temsili, aktarımı ve saklanması için yöntemler geliştirilmiştir. Saklama birimlerine verilerin aktarılması ve bu bilgilerin istenen zamanlarda okunabilmesi için arayüzler tasarlanmış ve kullanıcıların kolaylıkla veri girişi yapabilmeleri sağlanmıştır.

- RFID ve kablosuz duyarga teknolojileri kullanılarak geliştirilen sistem prototipi, kullanılan ekipmanların API (Application Protocol Interface) ile uyumlu programlama dili ile modellenmiştir. Prototip tasarlandıktan sonra alt bölümlere ayrılarak (örneğin, bellek okuma-yazma, kablosuz haberleşme, duyarga/etiket seçme) adım adım ilerleyerek geliştirmiştir.
- Geliştirilen prototip hem laboratuvar ortamında hem de saha ortamında test edilmiştir. Bu testler sırasında RFID ve Kablosuz Duyarga teknolojilerinin performansı ile bu uygulama açısından uygunluğu ve geliştirilmesi gereken yönleri belirlenmiştir.
- Testler sonucu, her iki teknolojinin karşılaştırılması yapılarak birbirlerine göre olumlu ve olumsuz yönleri ortaya konmuştur.

3. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Bu tez kapsamında yapılan literatür araştırması üç bölüme ayrılmaktadır: RFID teknolojisinin incelenmesi, duyarga teknolojisinin incelenmesi ve arama-kurtarma çalışmalarını kolaylaştırmak için geliştirilen sistemlerin incelenmesi.

3.1 RFID Teknolojisinin İncelenmesi

Radyo Frekansı ile Tanımlama (RFID) teknolojisi, bir tür otomatik tanıma, veri toplama ve lokal veri saklama teknolojisidir ve pek çok nesnenin tespit edilmesinde ve bu nesnelerle ilgili bilgilerin lokal olarak saklanmasında kullanılmaktadır [3]. Fabrikasyon, tarım, ulaşım, sağlık ve inşaat gibi pek çok farklı alan üzerine geliştirilmiş RFID uygulamaları bulunmaktadır. Örneğin, havaalanlarında bagaj takibi, sevkiyat konteynırı takibi, kütüphanelerde kitapların takibi, erişim kontrolü sağlanması, gemi ile nakliye alanlarında kamyon ve römorkların takibi gibi farklı RFID uygulamaları vardır [3]. RFID donanımı, etiket, okuyucu ve anten olmak üzere üç bileşenden oluşmaktadır [4].

RFID etiketleri, nesnelerin içlerine yerleştirilirler veya nesnelere dışarıdan iliştilirler ve iliştiltikleri nesne ile ilgili kullanıcı tarafından girilen bilgileri depolarlar. Bunun yanında çeşitli duyargalar (örneğin ısıya ve neme duyarlı duyargalar) ile bütünleşik olarak çalışabilmektedirler. Ayrıca, verilere izinsiz erişimi ve verilerin üzerinde değişiklik yapılmasını engellemek için parola koruma ve şifreleme gibi bazı güvenlik mekanizmaları da bulunmaktadır. [3,5].

RFID etiketi içerisinde yer alan çip, okuyucudan gönderilen veriye erişme, okuyucuya veri gönderme veya duyarga verilerini toplayabilme gibi işlemleri gerçekleştirmekte ve bu işlemler için enerjiye ihtiyaç duymaktadır. Bu enerji miktarı, etiketin işlevi, etiket ile okuyucu arasındaki işletim mesafesi ve kullanılan radyo frekansı gibi pek çok etkene bağlıdır [3]. Etiketler iletişim ve diğer işlevler için kullanılan enerji kaynağına göre pasif, aktif, yarı aktif, yarı pasif olmak üzere dört gruba ayrılmıştır.

Aktif etiketler, gerekli enerjiyi sağlamak için dahili bir pile ihtiyaç duymaktadır. Bu etiketlerin pil ömürleri yaklaşık 5-10 yıl arasında değişebilmekte ve pilleri yenilenebilen veya yenilemeyen olmak üzere iki türü bulunmaktadır. Aktif etiketler okuyucu ile haberleşmek için kendi pillerini kullandıkları için okuyucudan gelen düşük güçte sinyallere cevap verebilmektedir. Bu etiketlerin boyutları pasif etiketlere oranla daha büyük olmakla birlikte maliyetleri de daha yüksektir. Aktif RFID etiketlerinin birçoğu güncellenebilir bir belleğe sahiptir, etiketlerin bazılarının geniş bellek kapasiteleri vardır (örneğin 32-128 KB), ve pasif etiket türlerine göre çok büyük mesafeler üzerinden iletişim (örneğin 30-100 m) kurabilirler [3,5-8].

Pasif etiketler ise ihtiyaç duyduğu enerjiyi okuyucu tarafından sağlamaktadır. Pasif etiketlerin veri iletim hızları aktif etiketlere oranla daha düşüktür. Bunun sebebi, bu etiketlerin gerekli enerjiyi dışarıdan almasıdır. Ayrıca düşük hızda çok fazla veri transferi uzun zaman alacağı için bellekleri daha küçüktür. Bu etiketler dahili bir pile ihtiyaçduymamaları nedeniyle diğer etiket türlerine göre daha ucuz, daha küçük ve daha hafiftirler [3,5,8].

Yarı aktif etiketler, aktif etiketlere benzer özellikler göstermekte ve okuyucu ile iletişim kurabilmek için dahili pillerini kullanmaktadır. İletişim hali dışında bu etiketler uyku modunda beklemektedir. Okuyucudan gelen ilk sinyal sonrası uyanıp pillerini devreye sokarlar. Kısa bir zamanda fazla sayıda etiket okunması gerektiği durumlarda, her bir etiketin uyanmak için geçirdiği süre, toplam okuma süresini uzatabilir ve uyanma süresi bir dezavantaj oluşturur. Bu etiketlerin pil ömürleri aktif etiketlere oranla daha uzundur ve pasif etiketlere göre daha uzak mesafelerde iletişim kurabilmektedir [3].

Yarı pasif etiketler ise, yarı aktif etiketlerde olduğu gibi enerji ihtiyaçlarını dahili pilleri ile sağlamaktadır. Yarı pasif etiketler, aktif ve yarı aktif etiketlerin aksine sinyal yayınlamazlar. Bu etiketlerin pasif etiketlere oranla yaklaşık 100 kat daha fazla okuma hassasiyetleri vardır; bu da çok zayıf sinyallerin bile okuyucuya ulaşmasını sağlamaktadır. Ayrıca aktif etiketlerden daha uzun pil ömrüne sahiptirler. Eğer duyargalarla entegre çalışıyorlarsa, duyargalardan gelen bilgileri depolamak için kendi pil güçlerini kullanırlar [3].

Etiketler bellek türlerine göre salt okunur (read-only) ve okuma/yazma (read/write) etiketleri olmak üzere iki ana grupta sınıflandırılırlar [6]. Salt okunur etiketler basit

tanımlamaları yapmak amacıyla kullanılır ve bilgi iletimi için gerekli enerjiyi okuyucunun gönderdiği radyo frekansından alırlar [9]. Bu tip etiketler kullanım süresi boyunca sadece bir kere ya imalat sırasında ya da kullanıcı tarafından programlanırlar. Salt okunur etiketlerde programlanan veri değiştirilemez. RFID teknolojisinin en basit formu olan bu etiketlerin bellekleri yaklaşık olarak 8-128 bit kadar veri depolayabilir [8,9]. Okuma-yazma etiketleri genellikle aktif etiketlerdir. Belleklerine kaydedilen bilgi güncellenebilir [9].

3.2 Duyarga Teknolojisinin İncelenmesi

Kablosuz duyarga düğümleri, haberleşme, veri işleme ve algılama özelliğine sahip donanımlar olmakla birlikte birbirleriyle haberleşebilme özellikleri nedeniyle Kablosuz Duyarga Ağlarını (KDA), (Wireless Sensor Networks-WSN), oluşturabilmektedirler. Bağımsız olarak dağılmış ve işbirliği yaparak çalışan otonom duyargalardan oluşan bu ağlar ısı, ses, basınç, gerilim, nem, titreşim, hız, yön, hareket gibi çevresel veya fiziksel koşulları gözlemleyebilmektedir [10-12]. İnsan ulaşımının mümkün olmadığı koşullarda (örneğin bir yangın ortamında) çevre hakkında bilgi toplamak ve bir olayın/kaynağın algılanabilmesi/belirlenebilmesi için duyarga ağları oluşturulur. Duyarga teknolojisinin RFID teknolojisine karşı olan en önemli üstünlüğü veri aktarımının RFID teknolojisinde sadece okuyucu ve etiket arasında yapılabilmesi ve etiketlerin birbirleri ile haberleşememelerinin aksine, duyargaların kendi aralarında haberleşebilmeleri ve bir ağ oluşturabilmeleridir. Duyarga ağlarını oluşturan duyarga düğümlerinin donanımları üzerinde işlemci ile birlikte harici bellek de barındırmaları nedeniyle duyargalar bu tez kapsamında yalnızca veri depolama birimi olarak kullanılabilmiş ve ağ özelliğinin ileri çalışmalar için kullanılabilmesi öngörülmüştür.

Bir duyarga birimi, temel olarak işlemci, alıcı-verici, duyarga (algılama birimi) ve güç kaynağı (pil) olmak üzere dört ana parçadan oluşmaktadır [10]. Bunun yanında bir duyarga biriminde yer belirleyici, güç üretici ve yönlendirici gibi ilave parçalar da bulunabilmektedir. İşlemci birimi, ait olduğu duyarga biriminin diğer duyarga birimleri ile işbirliği yapmasını sağlayacak algoritmaları çalıştırmaktadır. Alıcı-verici birimi ise haberleşmeyi ve duyarga biriminin ağa bağlanmasını sağlamaktadır. Güç üretici ise çevre koşullarından (örneğin, güneş ışığı, hareket) yararlanarak enerji üretmektedir. Yönlendirici birimi, duyarga biriminin coğrafik konumu bulmasını

sağlamaktadır. Ayrıca duyargalar üzerinde veri saklanması sağlayacak bellek de bulunmaktadır [10]. Ağ oluşturarak duyargalardan gelen bilgiler herhangi bir düğüm noktasına aktarılır ve bu noktadan uydular ya da duyarga ağının yakınına yerleştirilmiş giriş noktaları kullanılarak geniş alan şebekelerine aktarılır [10]. Duyarga ağlarında önemli olan algılanan verinin toplayıcı düğüm noktasına aktarılması olduğu için bu verinin hangi duyarga tarafından aktarıldığının bir önemi yoktur. Kablosuz Duyarga Ağları, çok sayıda küçük donanım ve yazılımın birbiri ile yardımlaşarak çalışmasına ihtiyaç duyulan her türlü uygulamada kullanılabilir [10].

Duyarga ağları ilk olarak askeri uygulamalarda takip, denetim ve sınır gözetimlerinde kullanılmıştır. Bunun yanında malzeme takibi ve tedarik zinciri yönetiminde, endüstriyel kontrol ve denetlemede, üretim ve dağıtım hizmetlerinde kullanılmaktadır. Ayrıca ev otomasyonunda ve tüketici elektroniğinde, trafik kontrolünde yoğunluğu ve yol durumlarını denetlemede, yapı içerisindeki dahili hava kontrolünde, mühendislikte yapıların inşasını denetlemede, sağlık hizmeti uygulamalarında ve kentsel arazi haritalandırmasında da kullanılmaktadır [10,13-18].

Kablosuz duyarga ağlarının en önemli özelliklerinden biri kendi kendilerini organize etme özelliğidir. Bu özelliğin bir diğer önemli sonucu olarak da ağdaki düğümlerin bazıları zarar görüp devre dışı kaldığında, diğer düğümler zarar görmüş düğümleri atlayarak kendi aralarında haberleşmeye devam ederler. Bu özellik sayesinde ileride bu tez kapsamında kullanılan duyargaların ağ kurma özelliğinden faydalandığında, deprem sırasında zarar gören düğümler olsa da geride kalan düğümler kullanılarak bilgiye ulaşmada sorun yaşanmaması sağlanabilir.

Duyarga ağlarında en önemli noktalardan biri verinin kayıpsız iletilmesidir. Bununla ilgili çeşitli çalışmalar yapılmış ve bu çalışmalar yoğun olarak Medium Access Channel (MAC) katmanı üzerine yoğunlaşmıştır. Bu çalışmaların biri olan BMAC, uyarlamalı bir eşzamanlama eki (preamble) örnekleme sunarak görev çevrimini düşürmeyi ve boşa dinlemeyi minimuma indirmeyi amaçlamıştır [19]. Bir diğer çalışma olan S-MAC, düşük miktarda kontrol yükü, az miktarda gecikme ve trafik uyarlamalı bir uyanmaya dayalı bir uyku modu çizelgelemesi sunmaktadır. Kontrol yükü ve gecikmeyi düşürmek için komşu düğümler arası uyku modu koordinasyonu önermektedir [20]. T-MAC ise enerji tasarrufu amacıyla bir aktif/uyku modu çevrimi önermektedir. Bu çevrimin aktif modunu dinamik olarak sonlandırarak boşa beklemedeki enerji kullanımını düşürmektedir [21].

3.3 Arama-Kurtarma Çalışmalarını Kolaylaştırmak için Geliştirilen Sistemlerin İncelenmesi

Arama kurtarma ekiplerine yönelik lokal ve merkezi bilgi depolama sistemleri, ekipler arasındaki iletişim ve koordinasyonu sağlamayı temel almaktadır. Bunun nedeni, meydana gelen bir afet sonrası, yerleşim merkezlerinde ortaya çıkan karmaşa dolayısıyla afet yönetiminde yer alan organizasyonlar arasında bir iletişim ve koordinasyon eksikliği meydana gelmesi ve bunun arama-kurtarma çalışmaları için bir engel oluşturmaktadır [22].

Bu amaçla geliştirilen merkezi bilgi sistemlerinden biri olan HAZUS, FEMA tarafından geliştirilmiş olup mühendislik bilgisi ve GIS (Geographic Information Systems) teknolojisini sentezleyerek afet öncesinde ya da sonrasında fiziksel, sosyal ve ekonomik hasarı hesaplayan bir risk değerlendirmesi gerçekleştirmektedir [23]. Bu sistem, arama-kurtarma faaliyetlerinin planlanmasında kullanılmaktadır. Yapılan çalışmalar, mevcut GIS tabanlı afet yönetim sistemlerinin bağımsız ve ayrık yapılarından dolayı veri toplanması ve afet örgütlenmeleri arasındaki veri paylaşımında ortak hareket edilmesini engellediğini göstermiştir [24]. Veriye erişim, bilgi paylaşımı konularında karşılaşılan zorluklar, mevcut afet yönetim sistemlerinin afetlere etkin şekilde cevap verme beklentilerini karşılayamamasına neden olmaktadır [25,26].

Son dönemde, merkezi bilgi sistemlerinin eksikliklerinden yola çıkarak, merkezi ve lokal bilgi sistemlerini birleştiren bilgi sistemleri önerilmeye ve geliştirilmeye başlanmıştır. Bu çalışmaların birinde, internet üzerinden çalışan işbirliği araçları ile birlikte Radyo Frekanslı Tanımlama etiketleri (Radio Frequency Identification-RFID) [27], Coğrafi Bilgi Sistemi (Geographic Information Systems (GIS)) ve bina için tasarlanmış kara kutu sistemleri (Black Box Systems (BBS)) bulunan bir sistem tasarlanmıştır [28]. Önerilen sistem, kurtarma ekiplerine afetlerde işbirliği ile kurtarma yapılması için güvenilir bir ortam sağlamaktadır [29].

Bu sistemde, binalarda akıllı bina sistemlerinin var olduğu kabul edilmektedir. Akıllı bina sistemleri sayesinde binanın statik durumu maruz kaldığı dış etkilerle ilgili parametreler sürekli kaydedilmektedir. Kara kutu sistemi (BBS) ise binadaki var olduğu kabul edilen diğer sistemlerle sürekli iletişim halinde kalarak binanın dayanımına ilişkin kritik bilgileri ve afet sonrası binanın durumunu değerlendirmeye ışık tutacak bilgileri depolamaktadır. Bu bilgiler, yapı elemanlarına ait gerilme –

birim boy uzama verileri, afet durumundaki sıcaklık, nem oranı, hava gibi çevresel koşullar, binada bulunan haberleşme sistemleri, asansörler ve tesisat ile ilgili anlık bilgiler ve binadaki insanların konumuna ait verilerden oluşmaktadır. Tüm bu bilgilere ek olarak, bina kat planları, kullanılan yapı malzemeleri, elektrik, su tesisatı ve bina acil çıkış güzergâhları gibi kurtarma operasyonunda faydalı olabilecek bilgiler derlenerek sistemde bulunan dijital veritabanı üzerine kaydedilmesi önerilmektedir.

Bu çalışmada, hareketli tasarsız (ad-hoc) ağı üzerinden bina sistemi ve arama-kurtarma ekipleri arasında iki yönlü bir iletişim altyapısı oluşturmayı hedefleyen bir kara kutu sistemi kullanılmaktadır. Bu sistem, binada bulunan duyarga ve kontrol sistemleri ile bütünleştirilerek afet durumunda binaya ait bilgilere önceden tanımlanmış protokoller aracılığı ile kablosuz bir şekilde ulaşılmasını sağlamaktadır [28]. Hareketli tasarsız ağı üzerinden çalışması sebebiyle, kullanıcılar sisteme hem yakın hem de uzak bölgelerden giriş yapabilmektedir.

Arama-kurtarma için önerilen bir diğer merkezi sistem türü ise GIS tabanlı bilgi sistemidir. GIS, coğrafi bazlı bilgilerin pek çok katmanlar halinde farklı birimler tarafından sistematik olarak depolanmasını ve güncellenmesini sağlayan bir araçtır [30]. Örneğin fay hattı ya da yangına karşı hassas bölgeleri, sokaklar, boru hatları, iskan bölgeleri ve enerji hatları gibi bilgiler ile birlikte GIS tabanlı bilgi sistemi üzerinden görüntüleyen birimler, kurtarma ve zararı azaltma ile ilgili planlamayı hızlı bir şekilde gerçekleştirebilirler [31]. Bölgeye yönlendirilen birimler, bilgisayarlarını kullanarak Internet ya da birimler arasında bilgi akışını sağlayan yerel bir ağ üzerinden gerekli bilgilere ulaşabilirler. Bu şekilde, afet durumunda birimler arası koordinasyon ve yönetim etkin bir şekilde sağlanabilir [31].

Japonya’da yapılan bir çalışmada, [32] afet bölgesinden kurtarma robotları aracılığı ile toplanan verileri GIS’e aktaran özel bir afet bilgi toplama sistemi önerilmektedir [32]. Bu sistemde beş farklı tip kurtarma robotu bulunmakta ve bu robotlar konumlarına ait görüntüleri ve sistemin durumunu eş zamanlı bir şekilde bir "text" dosyası olarak kaydetmektedir. Bu dosya içerisinde, alınan görüntüye ait konum, bu bilgiye özel kimlik numarası, bilginin kaydedildiği zaman, duyarga numarası gibi durumlar bulunmaktadır. Kaydedilen görüntü veritabanı içerisinde bu dosyadaki özellikler kullanılarak aranıp analiz edilmektedir.

Bu sistemde, fotoğraf ve dosyada toplanan veriler kurtarma robotunun tipine göre değişmektedir. Helikopter veya insansız uçak tipindeki robotlar [33] havadan çekilen fotoğrafları sistem aracılığıyla veritabanına eş zamanlı olarak iletmektedir. Araç tipi robot, karada hareket ederek bölgeye ait görüntüleri daha yakın mesafelerden kaydetmektedir. Sürünen ya da yılan tipi robotlar ise enkazın etrafında veya içinde gezinerek kurtarma operasyonunda faydalı olabilecek daha detaylı fotoğraflar çekebilmektedir. Bu çalışma kapsamında, çekilen fotoğrafları standart bir formatta kaydedip XML tabanlı ağ protokolüne dönüştüren ve GIS ve başka sistemler tarafından erişilmek üzere veritabanına kaydeden bir paylaşım sistemi geliştirilmiştir. GIS tabanlı bu sistem ile fotoğrafların ve bilgilerin standart bir formatta kaydedilmesi veri erişiminde büyük bir avantaj sağlıyor gibi görünse de afet sonrası iletişim altyapısının zarar görmesi, internet üzerinden çalışan bu sisteme ulaşılmasına engel olacaktır.

Bir diğer projede, afet bilgilerinin toplanması ve bilgi akışı için radyo frekanslarıyla algılama yapan etiketler (RFID), duyarga düğümleri, küresel konumlama sistemi (GPS), coğrafi bilgi sistemleri (GIS) ve robotlar kullanılmıştır [34]. Bu projede, altyapı aletleri kullanılarak afet sonrası zarar gören bölgeden bilgi toplanması, bu bilgilerin GIS altında birleştirilmesi, kazazedelerin aranması için enkaz üzeri, enkaz içi ve hava robotları gibi farklı tipte robotlar geliştirilmiştir. Ayrıca, afet bilgilerine ulaşılması için sinyal veren kurtarma aleti (rescue communicator (R-Comm)) olarak isimlendirilen bir duyarga düğümü de geliştirilmiştir. R-Comm duyarga düğümü normal durumlarda, güvenlik, koruma, ev aletleri, yaşlı insanlara hastabakıcılık gibi ev ağ servisindeki bilgi akışına hizmet etmektedir. Bir deprem anında, R-Comm hoparlöründen acil durum bilgisi yayımlar, kazazedeleri çağırır, kazazedelerin seslerini kaydederek onlarla ilgili bilgi toplar ve bilgileri afet yönetim merkezine gönderir. ADSL, modem gibi küresel ağ sistemi bozulursa, R-Comm otomatik olarak tasarsız ağa (ad-hoc network) dönüşüp komşu binalarda olan cihazlarla bağlantı kurar ve bilgi akışı sağlanmış olur [34].

Projede, diğer teknolojilerin yanında RFID teknolojisinden de yararlanılmıştır. RFID etiketleri içerisine kazazedelerin güvenliği ve tahliye edilmesi ile ilgili mesaj yazılarak bir elektrik işaret tahtası olarak evin girişine yerleştirilir. Ayrıca bu etiketler, kazazedelerin aranması ile ilgili sonuçların bellekte saklanması sağlar. Bu durum bilginin, binaya gelen diğer arama ve kurtarma ekipleri tarafından okuyucu ile

ulaşılabilmesine olanak verir. Bilgiler, afet yönetim merkezinde toplanır, birleştirilir ve kullanılır. Yer bilgisi GPS anteni ile GIS sisteminden elde edilir ya da bilgi, merkeze kablosuz iletişim ile gönderilir. Ayrıca, kurtarma bilgileri ile iki (2D) ve üç (3D) boyutlu haritalar başlık şeklindeki ekranda görülebilir [34]. Birçok farklı teknolojinin bir arada kullanılması önerilen bu sistemin uygulanması hem afette kazazedelerin daha hızlı bulunmasını hem de kazazedelerle ilgili bilgilerin arama-kurtarma ekipleri arasındaki bilgi akışını güvenli bir şekilde sağlayacaktır. Ayrıca sistem normal durumlarda da bina sakinlerine ev içerisinde bilgi akışı hizmeti verecektir.

Sonuçta, daha önce yapılan çalışma ve uygulamaların ağırlıklı olarak merkezi sistemler üzerine yoğunlaştığı görülmüştür. Ancak hasara sebep olabilecek yüksek şiddette bir deprem sonrası altyapının zarar görmesi veya kapasitesinin üzerinde kullanılması, arama-kurtarma çalışmalarının yoğun olarak yapıldığı ilk bir kaç gün içinde merkezi bilgiye ulaşmayı güçleştirmekte hatta bilginin ulaşılamaz hale gelmesine neden olmaktadır. Bu durum araştırmaların merkezi ve lokal bilgi sistemlerinin birlikte kullanıldığı çalışmalar üzerine odaklanmasına sebep olmuştur. Yapılan alışmalarda RFID teknolojisinin arkadan gelen arama-kurtarma ekiplerine binada yapılan çalışmalarla ilgili bilgi vermek amacıyla sadece bir işaretleme sistemi olarak kullanılması önerilmiştir [34,35]. Bunun yanı sıra ekiplerin birbiri ile ve binadaki akıllı sistemlerle tasarsız (ad-hoc) ağ iletişimi kullanarak haberleşmesi önerilmiştir.

4. VERİ MODELİNİN OLUŞTURULMASI

Arama-kurtarma ekiplerinin ihtiyaç duyduğu bilgilerin kısıtlı belleğe sahip saklama birimlerinde saklanması için bir veri temsili gerekmektedir. Bu bölümde bu bilgilerin saklama birimlerindeki temsili ve bilgilerin merkezi olarak saklanması için oluşturulan veritabanı ile ilgili bilgi verilmektedir.

4.1 Veri ve Saklama Birimindeki Temsilleri

Bu bölümde arama-kurtarma çalışmaları sırasında ihtiyaç duyulduğu belirlenen bilgilerin veri saklama biriminde saklanırken nasıl temsil edilmeleri gerektiği belirlenmiştir. Veri saklama biriminde saklanması planlanan üç tip bilgi bulunmaktadır:

- Bina bilgileri
- Muhtarlık bilgileri
- Arama-kurtarma sonuç/değerlendirme bilgileri

Veri saklama biriminin veri saklama ortamı (bellek) kısıtlı olduğundan verilerin birim üzerinde az miktarda yer kaplayacak şekilde temsili için bir kodlama yöntemi uygulanmıştır. Veri modeli analizi bölümünde ilgili bilgi türleri ve her bir bilgi türünün veri kodlama şekli ve bellek üzerinde kapladığı yer bilgileri sunulmaktadır.

Veri tipleri analizindeki veri birimleri dönüşümleri Çizelge 4.1'deki dönüşüm formüllerine göre yapılmıştır. Veri tipleri kodlamasında tip sayılarına karşılık gelen ondalık sayılar ikili sayıya dönüştürülerek gerekli olan bit miktarı bulunabilir. Örneğin, [0-7] aralığındaki sayılar yedi ondalık sayısının ifade edilebildiği aralığa göre minimum 3 bit ile temsil edilebilir. Sekiz sayısının ikili karşılığı $(1000)_2 = 1*2^3 + 0*2^2 + 0*2^1 + 0*2^0$ şeklindedir. Dolayısıyla sekiz ondalık sayısının ifade edilebilmesi için 4 bit gerekmektedir. Bu şekilde bit sayılarına karşılık ifade edilebilen sayı miktarı ikinin üstel katları şeklinde artmaktadır.

Çizelge 4.1 : Veri birimleri dönüşümleri.

1kB (Kilobyte)	1024B (Byte)
1 metin karakteri	1B
1B	8 bit

4.1.1 Bina bilgileri veri tipleri analizi

Bina bilgileri ana başlıkları ile aşağıdaki gibi istenmektedir:

- Bina genel bilgileri
- Bina görsel bilgileri
- Binada bulunan tehlikeli maddeler
- Binada bulunan kişilere ilişkin bilgiler

Bina genel bilgileri binanın adı, kullanım amacı, coğrafi koordinatları, kat sayısı, yapım yılı, taşıyıcı sistemi ve belirli saatlerde binada bulunan kişi sayıları, bilgilerin en son girildiği tarih ve bina orijinal planına tadilat/güçlendirme yapıp yapılmadığı bilgilerinden oluşur. Bunlara ek olarak binanın resimlerini içeren görsel bilgiler kaydedilir. Kat/tesisat planları zemin, orta ve çatı katları için ayrı ayrı bina görsel bilgilerine ek olarak tutulur. Binada bulunan tehlikeli maddeler, bina kat/tesisat planları ile birlikte görsel olarak kaydedilir. Bunlara ek olarak saklama biriminde binada yaşayan kişilere ilişkin kişisel bilgiler, TC kimlik numarası, isim/soyadı, fotoğraf, daire numarası ve sağlık bilgileri şeklinde tutulmaktadır. Belirlenen bina bilgilerinin temsili kodlama yöntemi kullanılarak yaklaşık 661 kB’lık bir bellek alanında saklanabileceği tespit edilmiştir.

Saklama biriminde tutulabilecek veri miktarı, bellek kısıtlarına göre sınırlı olmaktadır. Hesaplamada, saklama birimlerinde bulunan ortalama bellek miktarlarına uygun olarak binadaki toplam kat sayısı en fazla 50, her kattaki maksimum daire sayısı 6 olarak alınmış ve 100 kişiye ilişkin bilgi tutulduğu varsayılmıştır.

4.1.1.1 Bina genel bilgileri

Bu bölümde bina genel bilgilerinin alt alanlarına ilişkin temsil ve kodlama bilgileri açıklanmaktadır:

Bilgilerin en son girildiği tarih: gg/aa/yyyy formatında toplam 10 karakterden oluşan bir metin halinde saklanmakta ve 80 bit ile temsil edilmektedir.

Bina kimlik bilgisi: Bina kimlik bilgisi bina ile ilgili kayıtların tutulması için ve daha sonra bu bilgilerin veritabanından bulunması sırasında kullanılacaktır. Bina kimlik numarasında yer alan bina ismi fiziksel aramada binaların bulunmasında kullanılacaktır, çünkü binaları çoğunda bina isimleri yer almakta ve binalar mahallelerde isimleri ile tanınmaktadır.

Bina kimlik numarası, yaklaşık olarak semt kimliği için 20 bit, semtteki bina kimliği için 20 bit ve bina ismi için 20 karaktere karşılık 160 bit olmak üzere 200 bit ile temsil edilir.

Bina koordinatları: Coğrafi olarak binanın koordinatları derece, dakika, saniye ve yön bilgileri ile ifade edilir. Bunun için maksimum 90° için 7 bit, maksimum 60 dakika için 6 bit, maksimum 60 saniye için 6 bit ve yön için 1 bit olmak üzere enlem ve boylam için toplam 40 bitle ifade edilir.

Bina kullanım amacı toplam 7 bit ile temsil edilir.

Bina Kullanım Amacı (Genel Sınıflandırma): Dokuz farklı bina kullanım amacı tipi (Çizelge 4.2) 4 bit ile temsil edilir.

Çizelge 4.2 : Bina kullanım amaçları.

Bina Tipi	İndeks
Konut	0
Sağlık Kuruluşlar	1
Eğitim Kurumları	2
İşyeri	3
Güvenlik Teşkilatları	4
Endüstri Tesisleri	5
Konaklama Tesisleri	6
Sosyal Etkinlik Mekanları	7
İbadet Yerleri	8
Konut+işyeri	9

Bina Kullanım Amacı (Dahili Sınıflandırma): Her bir bina kullanım amacı kendi içinde farklı tiplere ayrılmaktadır. Örneğin, güvenlik teşkilatı bina tipi için örnek bir sınıflandırma Çizelge 4.3'te görülmektedir. Bu şekilde yapılan dahili sınıflandırma için 3 bit gerekmektedir.

Bina kullanım amacının temsiline ilişkin bir örnek şu şekilde verilebilir: İtfaiye binası 1 0 0 0 1 1 bit dizi ile temsil edilir. İlk üç 3 bit (1 0 0 = 4) bu binanın bir tür güvenlik teşkilatı binası ve sonraki üç bit de (0 1 1 = 3) itfaiye binası olduğunu ifade eder.

Çizelge 4.3 : Güvenlik teşkilatlarına ait farklı bina tipleri.

Tip	İndeks
Türk Silahlı Kuvvetleri	0
Sivil Savunma	1
Polis	2
İtfaiye	3

Kat Sayısı maksimum 50 kata kadar olan binalar için 6 bit ile temsil edilebilmektedir.

Bina taşıyıcı sistemi için 4 farklı tip bulunduğundan (Çizelge 4.4) toplam 2 bit ile temsil edilebilir.

Çizelge 4.4 : Bina taşıyıcı sistem tipleri.

Taşıyıcı Sistem	İndeks
Betonarme	0
Çelik	1
Ahşap	2
Yığma	3

Bina yapım yılı toplam 12 bit ile temsil edilmektedir. Böylelikle 4096'dan küçük olan tüm yıllar saklanabilmektedir.

Belirli saatlerde binadaki toplam kişi sayısı toplam 35 bit ile temsil edilir. Belirlenen farklı zaman aralıkları şunlardır:

- 08.00-13.00 saatleri arasında
- 13.00-20.00 saatleri arasında
- 20.00-08.00 saatleri arasında
- Binanın hafta içindeki toplam nüfusu
- Binanın hafta sonundaki toplam nüfusu

Maksimum sayı 100 olarak alındığında her biri zaman aralığı için 7 bit veri tutulur.

Bina planına ekleme/tadilat vs yapıp yapılmadığı bilgisi için "yapıldı", "yapılıyor" ve "yapılmadı" şeklinde 3 adet seçenek bulunduğundan 2 bit ile temsil edilmektedir.

4.1.1.2 Bina görsel bilgileri

Bina görsel bilgileri bina fotoğrafı, bir tip kat için bir kat planından oluşmaktadır. Bu bilgiler binalardaki birimlerde saklanacağı için daha az yer tutmaları açısından tesisat planlarının tek bir kat planı üzerinde gösterilmesine karar verilmiştir. Ayrıca,

tehlikeli maddelerin bina içerisinde nerede olduğunun arama-kurtarma ekipleri tarafından hem hızlı hem de daha kolay anlaşılması açısından bu bilginin metin olarak kaydedilmemesine ve kat planları üzerinde gösterilmesine karar verilmiştir. Zemin, orta ve çatı katları için toplam 3 adet kat planı resmi her biri en fazla 100 kB'lık yer tutacak şekilde depolanmaktadır. Toplam 300 kB ile temsil edilir.

Dört ayrı cepheden çekilmiş bina fotoğrafları da her biri en fazla 10kB olacak şekilde toplam 40 kB'lık resim verisi olarak saklanmaktadır. Dört cephesi olmayan binalar için bu miktar daha da düşük olacaktır (10-30 kB arası) ancak toplam bellek hesabında dört cephe fotoğrafı olduğu düşünülmüştür.

4.1.1.3 Binada bulunan tehlikeli maddeler ve konumları

Binadaki tehlikeli madde/diğer tehlike unsurları için toplam 28 bit gerekmektedir. Bunun 4 biti tehlikeli maddenin genel sınıflandırması için, 4 biti dahili sınıflandırma için, 19 biti de maddenin tesisat planı üzerindeki konumu için kullanılmaktadır. Geriye kalan 1 bit ise tehlikeli maddenin gezici olup olmaması durumu için yani bina içinde yerinin sabit olmadığını belirtmek için kullanılmaktadır. Binada bulunabilecek tehlikeli madde/diğer tehlike unsuru sayısı beş ile sınırlandırılmıştır. Bu durumda tüm tehlikeli madde bilgileri 140 bit ile temsil edilmektedir.

Tehlikeli Madde (Genel Sınıflandırma): On tür tehlike madde 4 bit ile temsil edilmektedir (Çizelge 4.5).

Çizelge 4.5 : Tehlikeli madde tipleri.

Madde	İndeks
Boş	0
Patlayıcılar	1
Basıncılı Gazlar	2
Yanıcı Sıvılar	3
Yanıcı Katılar	4
Oksitleyiciler	5
Radyoaktif Tehlikeler	6
Aşındırıcı Sıvılar	7
Diğer Maddeler	8
Mekanik Tehlikeler	9

Tehlikeli Madde (Dahili Sınıflandırma): Her bir dahili sınıflandırma 4 bit ile ifade edilebilir. Örnek bir sınıflandırma altı tip alt tür içeren patlayıcı için Çizelge 4.6'de görülmektedir.

Çizelge 4.6 : Patlayıcı tipleri.

Madde	İndeks
Dinamit	0
Mermi	1
Havai Fişek	2
Fünye	3
Maytap	4
Amonyum Nitrat-Fuel Oil Karışımı	5

Sonuç olarak tehlikeli madde türü genel sınıflandırma için 4 ve dahili sınıflandırma için 4 bit olmak üzere toplam 8 bit ile temsil edilecektir. Tehlikeli madde temsiline ilişkin bir örnek şu şekilde verilebilir: Fünye 0 0 0 1 0 1 1 bit dizi ile temsil edilir. İlk 4 bit (0 0 0 1 = 1) bu maddenin bir tür patlayıcı ve sonraki 3 bit de (0 1 1 = 3) fünye olduğunu ifade eder.

Her bir tehlikeli maddenin 623x352 piksel boyutlarında kaydedilen tesisat planı üzerindeki konumu X koordinatı için 10 bit ve Y koordinatı için 9 bit olmak üzere 19 bitle temsil edilebilmektedir.

4.1.1.4 Binada bulunan kişilere ilişkin bilgiler

Binada yaşayan kişiler için tek tek tutulması gereken bilgi miktarı yaklaşık 0.2kB metin ve 3kB'lık resim bilgisi olarak belirlenmiştir. Saklama biriminde bilgisi tutulabilecek kişi sayısında belirleyici olan unsur resim bilgisidir. Saklama birimi bellek büyüklüğüne göre bu miktar değişebilir. Veri tipleri analizinde kişi sayısı 100 olarak alınmış ve hesaplamalar bu şekilde yapılmıştır. Bu sayı saklama birimi bellek kısıtlarına göre değiştirilebilir.

TC Kimlik No: 37 bit (11 haneli onluk düzen) ile temsil edilir.

İsim/Soyisim: 20 karakter isim ve 30 karakter soyisim için ayrılmak üzere 400 bit ile temsil edilir.

Doğum Tarihi: Gün için 5 bit, Ay için 4 bit ve Yıl için 12 bit olmak üzere toplam 21 bit ile temsil edilir.

Cinsiyet: (E/K) bilgisi 1 bit ile temsil edilir.

Engelli olduğu bilgisi: 6 farklı engel durumunun her biri 1 bit ile olmak üzere toplam 6 bitle temsil edilir.

Vesikalık Fotoğraf: Her bir vesikalık fotoğraf 3kB ile temsil edilir.

Daire ve Kat Bilgisi: toplam 15 bit ile temsil edilir.

- Kat numarası: Bir apartmandaki kat sayısı en fazla 50 olarak kabul edilmiş ve maksimum değer 50 olarak alınmıştır: 6 bit
- Daire numarası: Maksimum değer 300 olarak alınmıştır: 9 bit

Kan Grubu: 8 farklı kan grubu tipi 3 bit ile ifade edilebilir.

Hastalık: 16 tip deprem sonrası arama-kurtarma çalışmaları açısından önemli hastalık için var/yok bilgisi her bir hastalık için 1 bit olmak üzere, toplam 16 bit ile temsil edilir.

Sürekli kullanılan ilaçlar: 5 farklı ilaç için her biri 10 karakterlik (8 bit) metin bilgisi olarak tutulur. Toplam 400 bit ile temsil edilir.

Önceki operasyon bilgisi: 5 farklı operasyon için 10 karakterlik (8 bit) metin bilgisi olarak tutulur. Toplam 400 bit ile temsil edilir.

Alerjiler: 5 farklı alerji tipi her biri 10 karakterlik (8 bit) metin bilgisi olarak tutulur. Toplam 400 bit ile temsil edilir.

Tıbbi Kimlik İzleri: 5 farklı iz için her biri 1 bit olmak üzere, toplam 5 bit ile temsil edilir.

Tüm bina bilgileri için gerekli olan bellek gereksinimleri Çizelge 4.7’de listelenmektedir. Toplam bellek gereksinimi yaklaşık **661kB** olarak belirlenmiştir.

4.1.2 Muhtarlık bilgileri veri tipleri analizi

Muhtarlıktaki veri saklama birimlerinde kaydedilecek olan bilgiler şu şekilde sıralanabilir:

- Ulaşım/alternatif ulaşım planları
- Sokaktaki su, doğalgaz vanalarının, elektrik ana şalterinin yeri ile deprem konteynırlarının yerini gösteren plan
- Binaların kullanım amacı
- Binalardaki tehlikeli maddeler ve tehlike unsurları
- Her bir binadaki toplam kişi sayısı

Ulaşım/alternatif ulaşım planları için 400kB’lik resim bilgisi tutulur.

Çizelge 4.7 : Bina bilgileri ve bellek gereksinimleri.

Açıklama	Adet	Bilgi miktarı	Toplam	Birim
Verilerin güncellenme tarihi	1	80	80	bit
Bina kimlik bilgileri	1	200	200	bit
Bina konumu	1	40	40	bit
Bina kullanım amacı	1	7	7	bit
Bina kat sayısı	1	6	6	bit
Bina taşıyıcı sistemi	1	2	2	bit
Bina yapım yılı	1	12	12	bit
Bina orijinal planına tadilat/ekleme/güçlendirme	1	2	7	bit
Belirli saatlerde binadaki toplam kişi sayısı	5	7	35	bit
Tehlikeli maddeler	5	28	140	bit
Kat/Tesisat planları	3	100	300	kB
Bina cephe fotoğrafları	4	10	40	kB
TC kimlik no	100	37	3700	bit
İsim/Soyisim	100	400	40000	bit
Doğum Tarihi	100	21	2100	bit
Cinsiyet	100	1	100	bit
Engelli	100	6	600	bit
Daire ve kat	100	15	1500	bit
Kan grubu	100	3	300	bit
Hastalık	100	16	1600	bit
İlaçlar	100	400	40000	bit
Operasyon	100	400	40000	bit
Alerji	100	400	40000	bit
Tıbbi Kimlik İzleri	100	5	500	bit
Vesikalık Fotoğraf	100	3	300	kB
Toplam			660.86	kB

Sokaktaki su, doğalgaz vanaları, elektrik ana şalteri ve deprem konteynırlarının yerini gösteren plan için 50 kB’lik resim bilgisi tutulur.

Muhtarlığa bağlı bulunan 100 adet bina olduğu varsayımı altında her bir bina için tutulması gereken bilgiler bina kimlik bilgisi (200 bit), kullanım amacı (6 bit), binadaki tehlikeli maddeler (135 bit) ve binadaki toplam kişi sayısına (7 bit) karşılık düşer.

Tüm muhtarlık bilgileri yaklaşık **455kB**’lik bir bellek alanında saklanabilir. Muhtarlık bilgi türleri ve bunlara karşılık bellek gereksinimleri Çizelge 4.8’da görülmektedir.

Çizelge 4.8 : Muhtarlık bilgileri ve bellek gereksinimleri.

Açıklama	Adet	Bilgi miktarı	Toplam	Birim
Ulaşım/alternatif ulaşım planları	1	400	400	kB
Su, doğalgaz vanaları, konteynırlar vs.	1	50	50	kB
Bina kimlik bilgileri	100	200	20000	bit
Bina kullanım amacı	100	6	600	bit
Tehlikeli madde bilgileri	100	135	13500	bit
Binalardaki toplam kişi sayısı	100	7	700	bit
Toplam			454.25	kB

4.1.3 Arama-kurtarma sonuç/değerlendirme bilgileri veri tipleri analizi

Bu bilgiler bina bilgilerine ek olarak arama-kurtarma çalışmaları sonucunda veri saklama birimine yüklenecek bilgilerden oluşmaktadır:

- Arama-kurtarma ekibinin ismi
- Ekibin binaya giriş/çıkış tarihi ve saati
- Binaya girip girememe durumu önerisi
- Arama-kurtarma ekibinin operasyonu tamamlayıp tamamlamama bilgisi
- Binada yaşayan kişilerin sağ/ölü/yaralı/ulaşılamadı bilgisi (TC Kimlik bilgisi ile eşleştirilmiş)
- Enkazdan çıkarılan ancak o binada yaşamayan kişilere ait ad, soyad ve durum (sağ/ölü/yaralı/ulaşılamadı) bilgisi
- Binadaki tehlikeler

Arama-kurtarma ekibinin ismi için 400 bitlik yer ayrılmaktadır. Ekibin binaya giriş/çıkış tarih ve saatleri 64 bit ile temsil edilmektedir. Ekibin binaya girip girememe durumu gir/girme bilgisi olarak 1 bit ile ifade edilmektedir. Ayrıca ekibin operasyonu tamamlayıp tamamlamadığına ilişkin bilgi de 1 bit ile ifade edilmektedir. Binada yaşayan kişilerin sağ/ölü/yaralı/ulaşılamadı bilgisi TC Kimlik bilgisi ile eşleştirilmiş olarak kaydedilmektedir. Bu dört durum 2 bitlik veri ile ve her bir TC kimlik numarası 37 bitlik veriler ile ifade edilmektedir. Binadan çıkarılan ölü/yaralı sayısı, kayıp sayısı ve binadaki toplam kişi sayısı bu sayede hesaplanabilmektedir. Ölü kişilerin TC kimlik bilgisine resim bilgisi eşleştirmesi ile ulaşılabildiği varsayılmaktadır. Enkaz bölgesinde ulaşılan ve kimliği tespit edilemeyen veya binada yaşamayan kişiler için de ayrı bir liste tutulmaktadır. Bu listede elde edilebildiği takdirde kişinin adı ve soyadı ayrıca sağ/ölü/yaralı/ulaşılamadı bilgisi yer

almaktadır. Kişinin adı elde edilemediği takdirde arama-kurtarma ekipleri tarafından tanımlayıcı bir bilgi girişi de yapılabilir. Bu liste için üst sınır 100 kişi olarak belirlenmiştir.

Kişilerin adları için 160 bit, soyadları için 240 bitlik yer ayrılmaktadır. Ayrıca sağ/ölü/yaralı/ulaşılamadı bilgisi için de 2 bitlik yer ayrılmaktadır. Binada yer alabilecek tehlikeler daha önceden dokuz ayrı sınıfa ayrılmıştır. Bu dokuz sınıf 4 bit ile temsil edilmektedir. Ayrıca bu sınıflar içinde yer almayan diğer tehlikelerin de girilebilmesi için 400 bitlik bir metin alanı ayrılmıştır. Toplamda arama-kurtarma sonuç/değerlendirme bilgileri yaklaşık **5.1 kB**'lık bir bellek alanında saklanabilir. Arama-kurtarma sonuç/değerlendirme bilgi türleri ve bunlara karşılık bellek gereksinimleri Çizelge 4.9'da görülmektedir.

Çizelge 4.9 : Arama-kurtarma sonuç/değerlendirme bilgileri ve bellek gereksinimleri.

Açıklama	Adet	Bilgi miktarı	Toplam	Birim
Arama-kurtarma ekibinin ismi	1	400	400	bit
Ekibin binaya giriş/çıkış tarihi ve saati	2	32	64	bit
Binaya girip girememe durumu	1	1	1	bit
Ekibin operasyonu tamamlayıp tamamlamama bilgisi	1	1	1	bit
Binada yaşayan kişilerin sağ/ölü/yaralı/ulaşılamadı bilgisi	100	2	200	bit
Binada yaşamayan (ancak arama-kurtarma çalışmaları sırasında binadan çıkarılan) kişilere ait bilgiler	100	402	40200	bit
Binadaki tehlikeler	5	4	20	bit
Binadaki tehlikeler (metin alanı)	1	400	400	bit
Toplam			5.1	kB

4.2 Veri (Data) Modeli

Belirlenmiş olan sistem gereksinimleri, kullanım senaryoları, süreç modeli ve veri tipleri baz alınarak sistem tasarımında kullanılacak olan veri modeli oluşturulmuştur. Bu modelde sistemdeki varlıklar ve ilişkiler ifade edilmiştir. Veri modeli Boyce-Codd Normal Form (BCNF) normalizasyon ölçütüne göre oluşturulmuştur.

Veri modelindeki varlıklar veritabanındaki tablolara karşılık gelmektedir. Her bir varlık için belirlenen nitelikler, ilgili varlık için ayrıca incelenmiştir. Aşağıda, varlıklara karşılık gelen veritabanı tabloları ve bu tabloların elemanları

açıklamalarıyla birlikte verilmiştir. Ayrıca farklı tabloya ait elemanlar arasındaki ilişki de açıklamalar içerisinde belirtilmiştir.

Varlık - Arama-kurtarma Ekibi

Arama-kurtarma kimliği: (Birincil Anahtar)

Açıklama: Arama-kurtarma ekibi ile ilgili metin bilgisidir.

Varlık - Arama-kurtarma Ekibi-Bina

Arama-kurtarma kimliği: (Arama-kurtarma Ekibi varlığının Arama-kurtarma kimliği niteliğine dış anahtardır. Dış anahtar bu tabloda belirtilen değerin diğer tabloda belirtilen değeri referans aldığını göstermektedir.)

Bina Kimliği: (Bina varlığının Bina kimliği niteliğine dış anahtardır.)

Arama-kurtarma Sonuç Bilgisi: Depremzedelerin sayı bilgisidir.

Arama-kurtarma Bina Tehlike Bilgisi: (Arama-kurtarma Tehlike Bilgisi varlığının Arama-kurtarma tehlike kodu niteliğine dış anahtardır)

Arama-kurtarma başlama zamanı: Tarih ve saat bilgisi olarak tanımlanır.

Arama-kurtarma bitiş zamanı: Tarih ve saat bilgisi olarak tanımlanır.

Binaya girip/girilebilme durumu: E/H olarak tanımlanır.

Varlık - Bina

Bina kimliği: (Birincil Anahtar)

Bina ismi: 20 karakterlik metin olarak tanımlanır.

Bina nüfusu: Binada yaşayan toplam kişi sayısı bilgisidir.

Varlık - Bina Depolama

Bina kimliği: (Bina varlığının Bina kimliğine dış anahtardır.)

Tip kimliği: (Bina kullanım özel tipi varlığı tip kimliğine dış anahtardır.)

Bina taşıyıcı sistem kimliği: (Bina Taşıyıcı Sistemi varlığının Taşıyıcı kimliğine dış anahtardır.)

Bina yapım yılı: Binanın yapım yılını bilgisidir ve maksimum 4096 yılı tanımlanabilir.

Bina konumu: Binanın coğrafi koordinatlarını tanımlar.

Binada dönem toplam kişi: Binanın farklı zaman dilimlerindeki kişi sayısını tanımlar.

Bina cephe fotoğrafları: Binanın farklı cephelerden fotoğraflarına ilişkin resim bilgisidir.

Varlık - Bina Tehlike

Bina kimliği: (Bina varlığının Bina kimliğine dış anahtardır.)

Tehlikeli madde: (Tehlikeli maddeler özel tipi varlığı Tehlikeli madde kimliğine dış anahtardır.)

Varlık - Merkez Bina

Muhtar kimliği: (Birincil Anahtar)

Muhtarlık İsim: Muhtarlık Binasına ilişkin isim bilgisini tanımlar.

Ulaşım/alternatif ulaşım planları: Muhtarlık binasına kayıtlı ulaşım planlarına ilişkin resim bilgisidir.

Su, doğalgaz vanaları: Muhtarlık binasına kayıtlı su/doğalgaz planlarına ilişkin resim bilgisidir.

Varlık - Bina Kullanım Amacı Genel Tipi

Tür Kimliği: (Birincil Anahtar)

Bilgi: Bina harici sınıflandırma genel kullanım amacı bilgisidir.

Seri port katarı: Saklama birimi için seri porta iletilecek bit katarını içerir.

Varlık - Bina Kullanım Amacı Özel Tipi

Tip Kimliği: (Birincil Anahtar)

Bilgi: Bina dahili sınıflandırma özel kullanım amacı bilgisidir.

Seri port katarı: Saklama birimi için seri porta iletilecek bit katarını içerir.

Varlık - Bina Kullanım Amacı Özel Tip - Genel Tip

Tür kimliği: (Bina kullanım genel tipi varlığı tür kimliğine dış anahtardır.)

Tip kimliği: (Bina kullanım özel tipi varlığı tip kimliğine dış anahtardır.)

Varlık - Bina Taşıyıcı Sistemi

Taşıyıcı Kimliği: (Birincil Anahtar)

Bilgi: Bina taşıyıcı sistemini tanımlar.

Seri port katarı: Saklama birimi için seri porta iletilecek bit katarını içerir.

Varlık - Bina-Merkez Eşlenik

Muhtar kimliği: (Merkez Bina varlığı muhtar kimliğine dış anahtardır.)

Bina kimliği: (Bina varlığının Bina kimliğine dış anahtardır.)

Varlık - Kat Tipi

Kat kimliği: (Birincil Anahtar)

Kat tipi açıklaması: Çatı/Zemin/Ara kat bilgisidir.

Seri port katarı: Saklama birimi için seri porta iletilecek bit katarını içerir.

Varlık - Kat Tipi-Kat sayısı:

Bina kimliği: (Bina varlığının Bina kimliğine dış anahtardır.)

Kat kimliği: (Kat Tipi varlığının Kat kimliğine dış anahtardır.)

Kat sayısı: İlgili kat tipi için kat sayısını tanımlar.

Kat planı: İlgili kat tipi için kat planını tanımlar.

Varlık - Kat Tesisat planları

Bina kimliği: (Bina varlığının Bina kimliğine dış anahtardır.)

Su tesisatı: Binanın su tesisatına ilişkin resim bilgisidir.

Elektrik tesisatı: Binanın elektrik tesisatına ilişkin resim bilgisidir.

Doğalgaz tesisatı: Binanın doğalgaz tesisatına ilişkin resim bilgisidir.

Varlık - Tehlikeli Maddeler Genel Tipi

Tehlike Kimliği: (Birincil Anahtar)

Bilgi: Harici sınıflandırmada genel tip madde bilgisidir.

Seri port katarı: Saklama birimi için seri porta iletilecek bit katarını içerir.

Varlık - Tehlikeli Maddeler Özel Tipi

Tehlikeli Madde Kimliği: (Birincil Anahtar)

Bilgi: Dahili sınıflandırmada özel tip madde bilgisidir.

Seri port katarı: Saklama birimi için seri porta iletilecek bit katarını ıerir.

Varlık - Tehlikeli Maddeler Özel Tip - Genel Tip

Tehlike Kimliği: (Tehlikeli maddeler genel tipi varlığının tehlike kimliğine dış anahtardır.)

Tehlikeli Madde Kimliği: (Tehlikeli maddeler özel tipi varlığı Tehlikeli madde kimliğine dış anahtardır.)

Varlık - Kişi

TC Kimlik Numarası: (Birincil Anahtar, TC Kimliği Kişiye özel olup maksimum 11 hanelidir.)

Kişinin İsmi: 20 karakterlik metin olarak tanımlanır.

Kişinin Soyismi: 30 karakterlik metin olarak tanımlanır.

Doğum Tarihi: Gün, ay, yıl bilgisi ile tarih olarak tanımlanır.

Cinsiyet: E/K olarak tanımlanır.

Fotoğraf: Kişi fotoğrafına ilişkin resim bilgisini tanımlar.

Kan Grubu: Kişinin kan grubunu 8 farklı tipten biri olarak tanımlar

Engel Bilgisi: Kişinin engel bilgisini 5 farklı tipten biri olarak tanımlar.

Varlık - Kişi-Bina

TC Kimlik numarası: (Kişi varlığının TC Kimlik Numarası birincil anahtarına dış anahtardır.)

Bina Kimlik: (Bina varlığının Bina kimliğine dış anahtardır.)

Kat no: Kişinin binadaki kat numarası bilgisidir ve maksimum kat sayısı 50'dir.

Daire No: Kişinin binadaki daire numarası bilgisidir ve maksimum daire numarası 300'dür.

Varlık - Kişi Hastalık Bilgisi

TC Kimlik Numarası: Kişi varlığının TC Kimlik Numarası birincil anahtarına dış anahtardır.

Hastalık: Kişinin geıirdiği önemli hastalıklar bilgisidir ve maksimum 15 hastalık bilgisi tanımlanabilir.

Varlık - Kişi Operasyon Bilgisi

TC Kimlik Numarası: (Kişi varlığının TC Kimlik Numarası birincil anahtarına dış anahtardır.)

Operasyon: Kişinin geçirdiği operasyonlar bilgisidir ve maksimum 5 operasyon bilgisi tanımlanabilir.

Varlık - Kişi Alerji Bilgisi

TC Kimlik Numarası: (Kişi varlığının TC Kimlik Numarası birincil anahtarına dış anahtardır.)

Alerji: Kişilerin Alerji bilgisidir ve maksimum 5 alerji bilgisi tanımlanabilir.

Varlık - Kişi Tıbbi Kimlik İzleri Bilgisi

TC Kimlik Numarası: (Kişi varlığının TC Kimlik Numarası birincil anahtarına dış anahtardır.)

İz: Kişinin tıbbi kimlik iz bilgisidir ve ve maksimum 5 iz bilgisi tanımlanabilir.

Varlık - Kişi İlaç Bilgisi

TC Kimlik Numarası: (Kişi varlığının TC Kimlik Numarası birincil anahtarına dış anahtardır.)

İlaç: Kişinin kullandığı ilaçlar bilgisidir ve maksimum 5 ilaç bilgisi tanımlanabilir.

Varlık - Depremzede Arama-kurtarma Bilgisi

Depremzede kimliği} (TC kimlik numarası:(Kişi varlığının TC Kimlik Numarası birincil anahtarına dış anahtardır.)

Depremzede Durum Kodu: (Depremzede Durum kodu varlığı Depremzede durum koduna dış anahtardır.)

Konum: Depremzedenin bulunduğu coğrafi konum bilgisidir.

Varlık - Depremzede Durum Kodu

Depremzede Durum Kodu: (Birincil Anahtar)

Depremzede Durum Bilgisi: sağ/ölü/yaralı/ulaşılamadı durumlarına ilişkin bilgiyi temsil eder.

Seri port katarı: Saklama birimi için seri porta iletilecek bit katarını içerir.

Varlık - Arama-kurtarma Tehlike Bilgisi

Arama-kurtarma Tehlike kodu: (Birincil Anahtar)

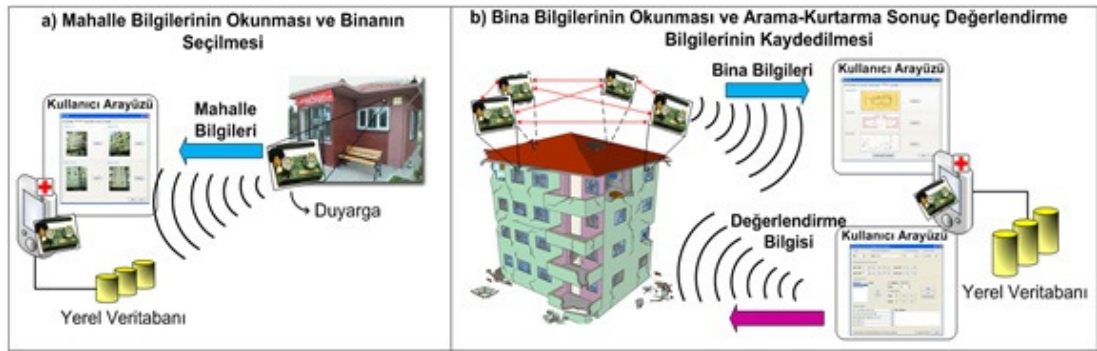
Arama-kurtarma Tehlike açıklaması: Binada enkaz sonrası oluşabilecek tehlikeleri tanımlar.

5. SİSTEM MİMARİSİ VE ARAYÜZLER

Depremden sonra yürütülen arama-kurtarma çalışmalarında ihtiyaç duyulan lokal bilgilerin depolanması ve ihtiyaç duyulduğunda arama-kurtarma ekiplerinin kullanımına hazır şekle getirilebilmesi için bir sistem tasarlanmıştır. İki gelişmiş veri saklama teknolojisinin (RFID ve duyarga) sistem tasarımında kullanılması ve geliştirilen prototipler ile ilgili detaylı bilgiler ilerleyen bölümlerde verilmiştir.

5.1 Sistem Mimarisi

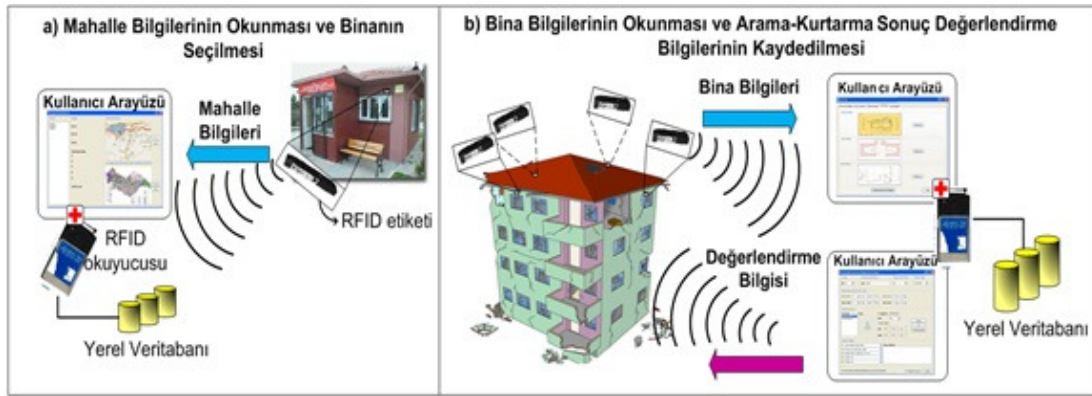
Veri modeli ve gereksinimler göz önüne alınarak arama-kurtarma çalışmalarında veri erişim birimi olarak kullanılmak üzere bir prototip sistem tasarlanmıştır. Sistem bileşenleri ve sistemde yürütülecek süreçler Şekil 5.1 ve Şekil 5.2’de görülmektedir. Sistem, veri girişi ve güncelleme için kullanılan bilgisayarlar dışında, saklama birimi olarak duyargalar/RFID etiketleri, her bir arama-kurtarma personelinin bilgilere erişimini sağlamak ve duyarga/RFID donanımına arayüz oluşturmak üzere bir avuç içi veya dizüstü bilgisayar ve bunlara bağlı bulunan bir alıcı duyarga/RFID okuyucusu donanım birimlerinden oluşmaktadır.



Şekil 5.1 : Duyarga tabanlı sistem tasarımı.

Arama-kurtarma çalışmaları sırasında gerekli olacak bilgilerin afet öncesi sisteme girişinin yapılabilmesi için iki arayüz tasarlanmıştır, bunlar: (1) Muhtarlık Arayüzü ve (2) Bina Arayüzü'dür. Mahalledeki binalar ve bina sakinlerine ilişkin bilgilerin güncel olarak kayıtlı tutulduğu muhtarlık binalarında kullanılmak için tasarlanan Muhtarlık Arayüzü, mahalle ile ilgili yerel bilgiler ile yerel komşuluk sahasında

bulunan binalara ait bilgilerin girişı ve görüntülenmesi için kullanılır (Şekil 5.1-a ve Şekil 5.2-a). Girişı yapılan bilgiler muhtarlık binası üzerine yerleştirilen veri saklama birimlerinde depolanır. Bu arayüzde mahalleye ait ulaşım planı ile mahalledeki su ve doğalgaz vanaları, elektrik ana şalteri ve deprem konteynırını gösteren planın girişinin yapıldığı ve sunulduğu bir alan ayrılmıştır. Ekiplerin mahalledeki bir binaya ait depolanmış bilgileri görüntüleyebilmeleri için ise, Muhtarlık Arayüzü'nün muhtarlıkta kayıtlı bulunan binaların isimlerinin sıralandığı arayüzün sol tarafında yer alan "bina listesi" alanından bir bina ismi seçmeleri gereklidir. Listedten seçilen binaya ait bilgiler orta kısımdaki "bina bilgileri" alanında görüntülenir.



Şekil 5.2 : RFID tabanlı sistem tasarımı.

Her bir binaya ait bina ve bina sakinleri ile ilgili bilgilerin kaydedilmesi için ise Bina Arayüzü kullanılır ve bilgiler bu arayüzden girişleri yapılarak binaya ait birimde depolanır. Bina ile ilgili bilgilerin girişı ve sunumu için beş farklı panel tanımlanarak birbiriyle ilişkili olan bina verileri gruplanmıştır. Bunlar: (1) Binaya ait temel bilgilerin girişinin ve sunumunun yapıldığı "Bina Genel Bilgileri Paneli". (2) Binanın ön, arka ve iki yan yüzüne ait fotoğrafların sisteme yüklenmesi ve istenildiğinde görüntülenmesi için düzenlenen "Bina Resimleri Paneli". (3) Binaya ait zemin kat, ara kat ve çatı kat planlarının sisteme yüklenmesini ve görüntülenmesini sağlayan düzenlemenin yer aldığı "Kat Planları Paneli". (4) Binadaki tehlikeli madde ve tehlike unsurlarının sisteme girişı ve sunumu için hazırlanan "Tehlikeli Maddeler Paneli". Burada ayrıca bir önceki panelde sisteme yüklenen kat planları üzerinde yerleri bilinen tehlikeli maddelerin konumlarının işaretlenebilmesi için bir "Tehlikeli Madde Görsel Bilgileri" alt paneli hazırlanmıştır. (5) Binada yaşayan kişilere ait kimlik ve sağlık bilgilerinin girişı ve görüntülenmesi için düzenlenen "Kişisel

Bilgiler Paneli". Bu panelde de sağlık bilgilerinin girişi için "Sağlık Bilgileri Alt Paneli" hazırlanmıştır.

Arama-kurtarma çalışmaları sırasında ise ilgilenilen binaya ait bilgilerin görüntülenebilmesi şu şekilde gerçekleşir (şekil 5.1-b ve şekil 5.1-b): Bina Arayüzü'nn sol tarafı arama-kurtarma çalışmaları sırasında okuma mesafesinde bulunan farklı binalara ait veri saklama birimlerinin bina isimlerine göre listelendiği "seçilebilir bina listesi" başlıklı bir alan için ayrılmıştır. Bu alan, hemen altındaki "bina tara" tuşuna basılmasıyla, tez kapsamında geliştirilen bina seçme protokolü gereği okuma aralığına giren tüm veri saklama birimlerini bina adları ile listeler. Ekipler bu listede sıralanan bina isimleri arasından, başka bir deyişle okuma alanı içindeki birimler arasından, seçim yaparak ilgilendikleri binaya ait birincil bilgileri arayüzde grntlerler. İstenilen bina ile ilgili tüm bilgilere erişilmesi için ise bu listeden bina adının üzerine tıklanarak, "bina seç" tuşuna basılması gerekir. Böylece ekipler birimler üzerinde depolanmış bina hakkındaki bilgileri kullanarak, binaya giriş stratejilerini belirleyeceklerdir. Bina bilgilerinin girişi ve görüntülenmesi arayüzdeki ilgili paneller üzerinde gerçekleşir.

Arama-kurtarma ekipleri, yürütmüş oldukları operasyon için değerlendirme sonuçlarını yine binalar üzerinde bulunan birimlere yazacaklardır (şekil 5.1-b, şekil 5.2-b). Bunun için Bina Arayüzü'nn sağ alt köşesindeki "Arama-Kurtarma Sonuç/Değerlendirme Ekranını A" butonunu tıklayarak arama-kurtarma sonuç değerlendirme arayüzüne ulaşırlar. Bilgi girişi için açılan ekranda operasyon ile ilgili değerlendirme bilgileri için bırakılan alanlar kullanılır. Bu kısım ekiplerin kısıtlı zamanları gözetilerek, manuel bilgi girişini en aza indirecek şekilde ağırlıklı olarak seçilebilir alanlardan oluşturulmuştur.

Bu şekilde tüm kullanıcı etkileşimlerine uygun arayüz bileşenleri tasarlanmıştır. Önerilen sistem için tasarlanan arayüzler ile ilgili detaylı bilgiler izleyen bölüm 5.2'de verilmiştir.

5.1.1 Duyarga tabanlı sistemin işleyişi

Duyarga teknolojisi kullanılarak geliştirilen prototip sistemin içerisinde duyargalara veri yazma, duyargalardan veri okuma süreçleri ve duyarga seçme protokolünün çalışma prensipleri ile yaşanan problemler ve bunlara getirilen çözümler ilerleyen paragraflarda anlatılmaktadır.

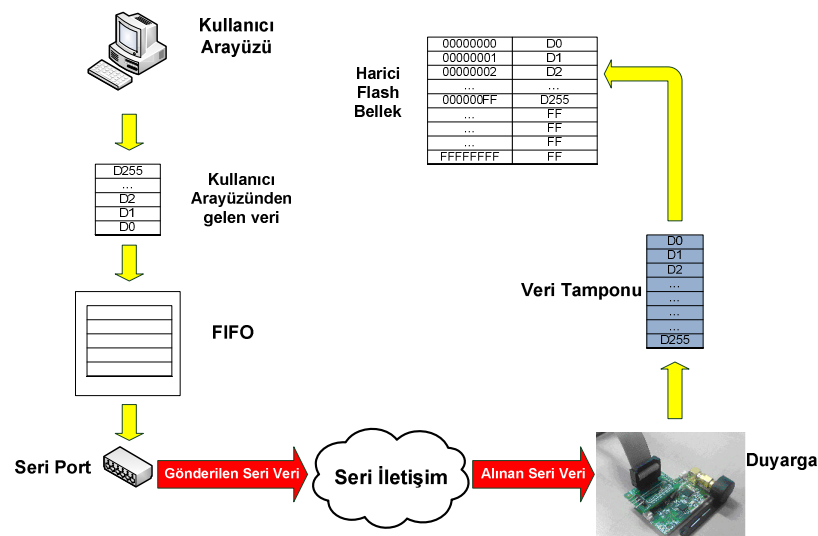
5.1.1.1 Duyargaya veri yazma

Duyargaya veri yazma süreci bina bilgilerinin duyargalara kaydedilmesi/güncellenmesi ve afet sonrası arama-kurtarma çalışmaları sonunda oluşan verilerin duyargalara aktarılması aşamalarında yürütülür. Duyarga program belleğinin (48 KB) verinin toplam boyutundan (661 KB) küçük olmasından dolayı veriler tek bir seferde değil parça parça yazılmıştır. Bu doğrultuda duyargaya veri yazma süreci ile ilgili gerçekleştirilen çalışmalar ve her aşamada elde edilen bilgiler şunlardır:

- Duyargaya veri yazma işlemi için ilk aşamada duyarga üzerinde iki parçadan oluşan toplam 2048B boyutundaki bir dizi kullanılması amaçlanmıştır. Seri port iletişimi kesintisiz olarak devam ettiği için veri kaybı olmaması amacıyla dizi iki parçada ele alınmıştır. Seri porttan gelen verileri atama işleminin öncelikle ilk 1024B boyutundaki bölüme yapılması amaçlanmıştır. Bu bölüm dolduktan sonra verilerin belleğe yazılması, bu sırada gelen verilerin dizinin diğer 1024B boyutundaki bölümüne yazılmaya başlanması ve böylece verilerin ezilmesinin önlenmesi amaçlanmıştır. Seri porttan 3 saniye boyunca veri gelmemesi durumunda ise yazma işleminin sonlandırılması düşünülmüştür. Ayrıca son olarak gelen verilerin toplam boyutunun 1024B'dan küçük olabileceği durumlar için yazma işlemi sonlandırılmadan önce diziye atanan son verilerin de toplam boyut doğrultusunda belleğe yazılması amaçlanmıştır.
- Bu şekilde yapılan tasarım test edildiğinde gelen verilerden ilk 1024B'lık kısmın yazılmaya başlandığı fakat yazma işleminin sonlanamadığı ve yalnızca 256B yazıldığı görülmüştür. Bunun sebebinin seri iletişim ile bellek işlemlerinin aynı SPI (Synchronous Peripheral Interface) kanalını paylaşmaları ve paralel olarak gerçekleşememeleri olduğu anlaşılmıştır. Bunun sonucu olarak seri port iletişiminin kesintisiz olarak devam etmesinin belleğe yazma işlemini böldüğü görülmüştür. Bu doğrultuda seri iletişimin belleğe yazma işleminden önce kapatılması ve daha sonra yeniden aktif hale getirilmesi amaçlanmıştır. Ayrıca seri port iletişimi yazma işleminden önce kapatılacağı için veri kaybı söz konusu olmayacaktır ve bu nedenle tek bir 256B'lık dizi kullanılması yeterli görülmüştür.
- Bu yeni tasarım test edildiğinde ise verilerin tamamının yazılamadığı görülmüştür. Farklı veri dizileri üzerinde yapılan denemeler sonucu 3 ya da 4

parçanın yazılabildiği ve yazma işleminin tekrar bloke olduğu tespit edilmiştir. Bunun üzerine yapılan inceleme sonucu problemin 3 saniye bekleme için kullanılan zamanlayıcıdan kaynaklandığı ve bu zamanlayıcının her 3 saniyede bir oluşturduğu kesmenin yazma işlemini bloke ettiği görülmüştür. Bunun üzerine zamanlayıcı kaldırılmış ve yazma işleminin sonlanması arayüz tarafından gönderilen özel bir karakter ile sağlanmıştır. Bu karakter duyarga tarafından alındığında veri dizisinin sonlandığına karar verir. Ayrıca her parça sonrasında arayüz tarafından özel bir karakter gönderilerek son parçanın da 256B'dan küçük olması halinde belleğe yazılması sağlanmıştır.

Geliştirme aşaması sonunda, duyarganın seri haberleşme ve belleğe yazma gibi işlemleri paralel yürütemediği görülmüştür. Ayrıca kesmeden dolayı zamanlayıcı kontrollü yazma işleminin gerçekleştirilemeyeceği anlaşılmıştır. Bunun üzerine kontrollü özel karakterler aracılığıyla gerçekleştirilen bir parçalı yazma sistemi geliştirilmiştir. Tüm iyileştirmeler de eklenerek tasarlanan yazma süreci adımları bir diyagram halinde Şekil 5.3'te görülmektedir. Şekle göre, arayüzde bir dizi halinde bulunan veriler seri portta bir FIFO (First In First Out) kuyruğuna yazılmaktadır. Bu kuyruğun "ilk giren ilk çıkar" özelliğinden dolayı sırasıyla seri port üzerinden duyargaya aktarılan veriler burada da bir diziye (veri tamponu) atanmaktadır. Son olarak, dizide bulunan veriler belirlenen adresten başlayarak belleğe yazılmaktadır. Burada, kırmızı oklarla gösterilen bölümler seri haberleşmeyi, sarı oklarla gösterilen bölümler ise duyarga içinde ve arayüzde gerçekleşen işlemleri temsil etmektedir.

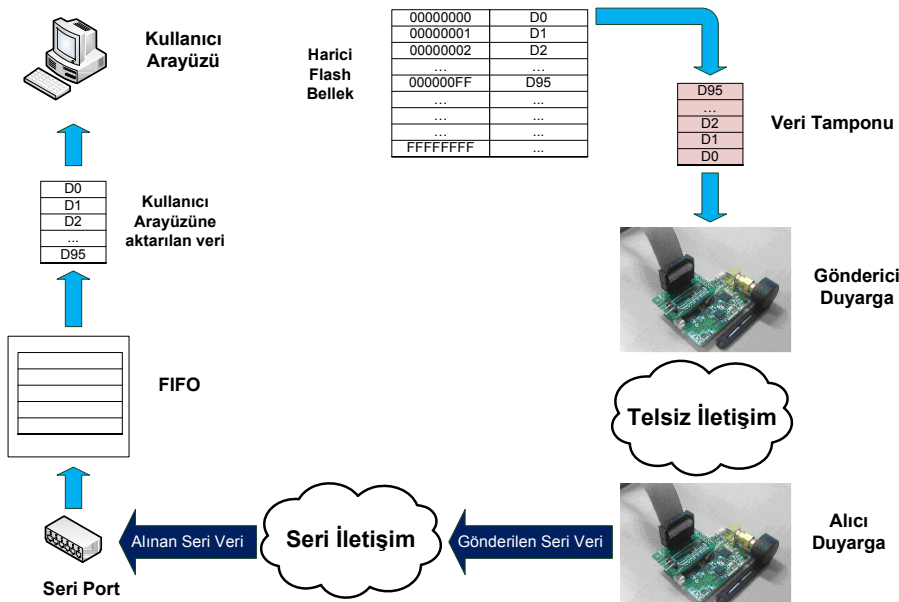


Şekil 5.3 : Duyargaya veri yazma süreci adımları.

5.1.1.2 Duyargadan veri okuma

Duyargadan veri okuma süreci bir duyarga belleğinde saklanan bina bilgilerinin ve/veya arama-kurtarma bilgilerinin kullanıcı arayüzüne aktarılması aşamasında yürütülür.

Okuma işleminin kablosuz haberleşme ile yapılması amaçlanmıştır ve bu işlemde de yazma işleminde olduğu gibi SPI kanalı paylaşımı (bu kez paylaşım radyo ve bellek işlemleri arasında olacaktır) sebebiyle haberleşme ve bellek işlemlerinin paralel gerçekleştirilemeyeceği görülmüş ve bu doğrultuda bir tasarım yapılmıştır (Şekil 5.4). Bir verinin öncelikle bellekte farklı bir gözde saklanan boyu okunmuş ve bu boy eğer mesaj paketi boyutundan (98B) küçük ise tek bir seferde, büyük ise parçalar halinde okunmuş ve her bir okuma işleminden sonra kablosuz iletişim aktif hale getirilerek okunan veriler, mesaj paketine aktarılıp kullanıcı arayüzüne gönderilmiştir. Şekilde, öncelikle bellekten okunan veriler, tanımlanan bir diziye (veri tamponu) atanmaktadır. Bu dizi içerisindeki veriler kablosuz haberleşme ile alıcı duyargaya gönderilmektedir. Alıcı duyarga üzerinden seri porta aktarılan veriler, burada bir FIFO kuyruğuna alınmaktadır. Son olarak, bu kuyruğun "ilk giren ilk çıkar" özelliği dolayısıyla veriler kuyruğa girme sırasıyla bir diziye yazılıp arayüze aktarılmaktadır.



Şekil 5.4 : Duyargadan veri okuma süreci adımları.

5.1.1.3 Duyarga seçme protokolü

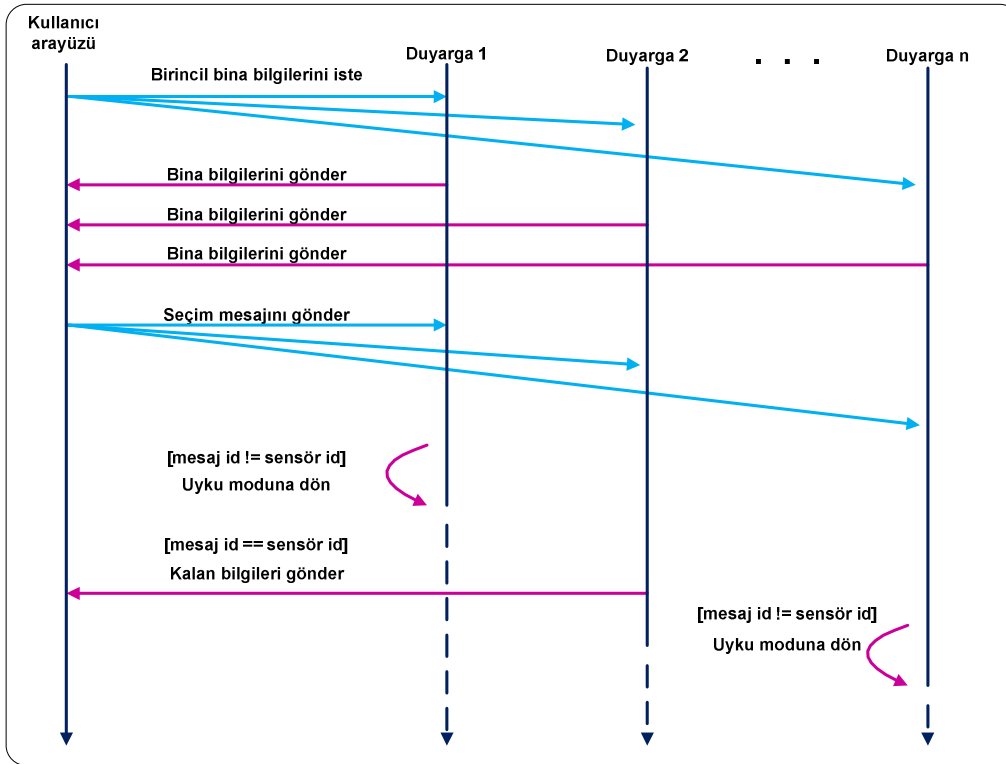
Binada yer alan duyargalara kablolu olarak doğrudan erişim imkanı bulunamayacağı göz önünde bulundurularak duyargalarda yer alan bilgilere kablosuz haberleşme yoluyla ulaşılması amaçlanmıştır. Bu doğrultuda iletişim kuracak arayüzü içeren bilgisayar ile ilgili duyarganın çift yönlü iletişim kurmasından önce ilgili duyarganın belirlenmesi gerekmektedir. Duyarganın belirlenmesi için bir protokol geliştirilmiştir. Arama-kurtarma ekibi arama yapacağı binaya ilişkin verilere bu protokol sayesinde erişebilecektir.

Prototip tasarımında arayüzü içeren bilgisayara bağlı duyarga "alıcı" olarak modellenmiştir. Alıcı duyarganın radyo alanı içerisinde diğer binalara ait duyargalar da yer alabileceği için ilk olarak ulaşılmak istenen binanın seçilmesi gerekliliği düşünülmüş ve bu doğrultuda iki adımdan oluşan bir protokol tasarlanmıştır. Bu protokolde her duyargaya farklı bir "kimlik" bilgisi ve bilgisayara bağlı bulunan duyargaya da bir "numaralı kimlik bilgisi verilmesi düşünülmüştür. Duyarga seçme protokolü duyarga seçimi ve seçime ilişkin bilgilerin listelenmesini içeren iki adımdan oluşmaktadır.

Birinci adım: Bu bölümde bilgisayara bağlı bulunan duyarganın (alıcı duyarga) yayın alanı içerisinde yer alan bütün duyargalar taranarak bu duyargalarda yer alan verilerin binayı tanımlamak için yeterli görülen bir bölümü bilgisayara aktarılmaktadır. Birincil öncelikli bu veri tipleri şu şekilde belirlenmiştir.

- bilgilerin en son güncellendiği tarih
- bina adı
- bina kullanım amacı
- bina kat sayısı detayı (zemin kat-ara kat-çatı katı)
- bina taşıyıcı sistemi
- bina yapım yılı
- bina koordinatları
- binanın ön yüzüne ait fotoğraf
- binanın orijinal planına güçlendirme/tadilat yapıp yapılmadığı bilgisi

Bu veriler 10,05 KB'lık bir yer kaplamaktadır. Protokolün 1. aşamasında alıcı duyarga bir tümegönderim mesajı göndererek kendi menzilineki tüm duyargalara ulaşır (Şekil 5.5). Bu mesajın başlangıç mesajı olduğunun anlaşılabilmesi amacıyla mesaj paketinin veri alanı özel bir karakter ile doldurulmuştur. Bu mesajı alan bir duyarga bir süre bekledikten sonra flash belleğinde yer alan verinin sadece birincil öncelikli veri bölümünü alıcı duyargaya, alıcı duyarganın kimlik bilgisini belirterek göndermeye başlar. Ayrıca, gönderilecek veri miktarının bir gönderilebilen mesaj paketinden (98B) daha büyük olması ve veri gönderen birden fazla duyarga olabilme durumu bulunmaktadır. Buna sebeple, parçalar halinde farklı duyargalardan gelen bu verilerin bilgisayar tarafında yeniden birleştirilebilmesi amacıyla mesaj paketinde verilerin yanı sıra duyarganın kimlik bilgisine de yer verilmiştir.



Şekil 5.5 : Duyarga seçme protokolü.

Her bir duyarga için yanıt verme işlemi öncelikli tüm verilerin periyodik olarak gönderilmesi bitene dek devam eder. Gönderme işleminden önce veriler duyarga belleğinden okunmalıdır ve bu veriler her bir duyarganın belleğinde belirli adreslerde yer almaktadır. Bu doğrultuda adres değerine göre, bellekten verilerin okunmasına başlanır fakat okunacak verinin boyutunun bilinmesi gerekmektedir. Bu nedenle, yapılan tasarım doğrultusunda belleğin ilk bölümlerinde her bir veri bölümünün boyutu 4B olarak yer almaktadır ve öncelikle gönderilecek sıradaki verinin boyutu

okunur. Bu boyut eğer bir mesaj paketi içerisine sığabilecek büyüklükte ise veri doğrudan okunup gönderilir, değilse gerekli işlemler yapılarak kaç paket halinde gönderilmesi gerektiği hesaplanır ve veri bölümler halinde okunarak gönderilir. Verileri seri port üzerinden bilgisayara aktaran alıcı duyarga, alınan mesajın içerisindeki verilerin sonuna, verilerle karışmayacak, bir ayraç ekleyerek dönüştürme işleminin gerçekleştirilip verilerin arayüze yansıtılabilmesi için kolaylık sağlar. Örnek olarak öncelikli verilerden bina fotoğrafı tek başına bir mesaj paketine sığamayacak büyüklüktedir. Dolayısıyla diğer bütün veriler bu ayraç yardımıyla ayrılarak dönüştürülebilmekte ve geri kalan kısım da fotoğraf olarak geri dönüştürülmektedir. Alıcı duyarga 3 sn süreyle veri almadığı takdirde gönderme işleminin sonlandığını bilgisayara bildirerek dönüştürme işleminin başlamasını sağlamaktadır.

İkinci adım: Dönüştürülen bilgiler tasarlanan arayüzde bina adları ile oluşturulan bir listede tutulmakta ve bu listedeki seçime göre arayüze yansıtılan bilgiler değişmektedir. Gerçeklenen arayüzde kullanıcının binayı belirlemesi ile bu binaya ilişkin bir mesaj, tümegönderim ile alıcı bilgisayar tarafından gönderilir. Mesaj paketinin içeriğinde seçilen duyarganın kimlik bilgisi yer almaktadır. Bu mesajı alan duyargalar kendi kimlik bilgileri ile mesaj içeriğinde yer alan kimlik bilgisini karşılaştırırlar. Kendi kimlik bilgisi ile mesaj içeriğindeki aynı olan duyarga, belleğinde yer alan verilerin geri kalan öncelikli olmayan kısmını da göndermeye başlar. Bu arada diğer duyargalar da uyku moduna döner. Gönderme işlemi, birinci bölümde gerçekleştirilen şekilde yapılır. Bu bölümde sadece tek bir duyarga olduğu için gönderme işleminin sonlanması 3 sn süreyle alıcı duyarganın veri almaması sonucu değil, gönderici duyarganın son veriyi de yolladıktan sonra verilerin bittiğine dair bir mesaj göndermesi ile gerçekleşir. Bu mesajı alan alıcı verilerin bittiğini bilgisayara belirterek dönüşüm işlemlerinin başlamasını sağlar.

Protokol tasarım sürecinde karşılaşılan zorluklar: Bu protokolda karşılaşılan en büyük problem, duyargalarda yer alan TinyOS işletim sisteminde MAC (Medium Access Channel) protokolünün tanımlı olmamasıdır. Bu sorun nedeniyle alıcı duyarga tarafında yaşanan paket çakışmaları sonrası paket kayıplarının oluşması ve bu kayıpların dönüştürme işleminde ve özellikle resim dönüştürmede problem yaratmasıdır. Yapılan deneyde flash belleklerinde farklı bilgiler kayıtlı olan 3 duyarga kullanılmıştır. Her bir duyarganın seçilmek istenen bina olarak belirlendiği

farklı senaryolar geliştirilmiştir. Bu senaryolarda, bazı duyargalardan gelen bina fotoğrafına ait verilerin protokolün ilk bölümündeki paket çakışmalarından kaynaklanan paket kayıplarından dolayı tam dönüştürülemediği ya da hiç dönüştürülemediği görülmüştür. Bir sonraki adımda bina seçimi yapıldıktan sonra, iletişim yalnızca alıcı duyarga ile seçilen duyarga arasında yapıldığı için çakışma problemi gözlenmemiştir.

5.1.1.4 Protokolde gerçekleştirilen iyileştirmeler

Protokol tasarımıda karşılaşılan zorluklar göz önünde bulundurularak tasarımıda bazı geliştirmeler ve iyileştirmeler yapılmıştır. Bu geliştirme ve iyileştirmeler ilerleyen bölümlerde detaylı olarak anlatılmaktadır.

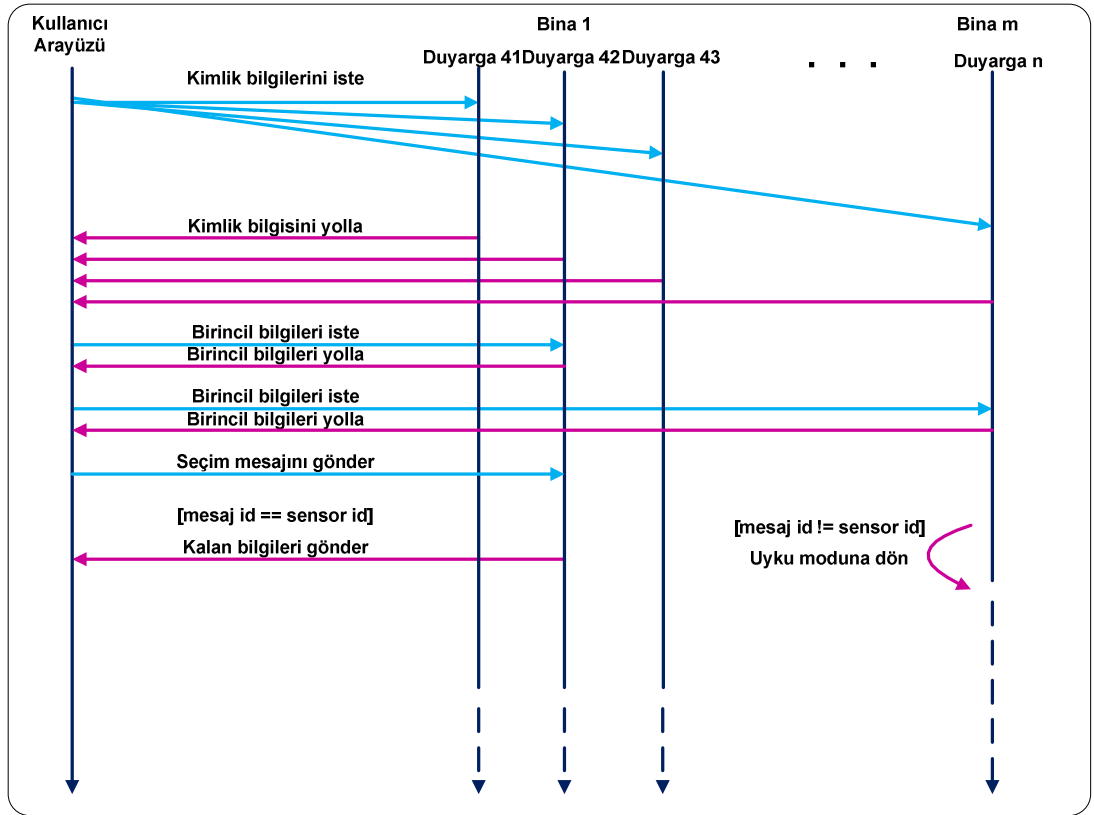
Sıralı gönderim ve aynı binaya ait duyarga seçimi: Protokolün 1. adımında, bilgisayara bağlı bulunan alıcı duyarga bir tümegönderim mesajı ile menzilineki duyargalardan birincil öncelikli bilgileri istemektedir. Bu durum sonucunda bu mesajı alan tüm duyargaların aynı anda mesaj paketi yollamaya başlamasının alıcı tarafta çakışmalara ve bozulmalara neden olduğu görülmüştür. Bunun sonucu olarak birinci adımda tüm duyargaların aynı anda gönderme işlemi yapması yerine sırayla göndermesi planlanmıştır. Bu doğrultuda protokol (bkz. Şekil 5.6) aşağıdaki adımları içerecek şekilde geliştirilmiştir:

- 1) Alıcı duyarga bir tümegönderim mesajı ile menzilineki tüm duyargaların kimlik bilgilerini ister.
- 2) Menzil içindeki duyargalar kimlik bilgilerini alıcıya yollar. Bir binada aynı bilgileri taşıyan birden fazla duyarga olması ve birkaçının menzil içinde kalması durumunda aynı bilgilerin gereksiz olarak transfer edilmesini ve oluşacak haberleşme trafiğini engellemek üzere duyarga ve bina kimlikleri çiftine göre, her bir bina ile ilgili sadece bir duyarganın seçilmesi yönünde bir geliştirme yapılmıştır. Alıcı duyarga gelen kimlik bilgilerini bir dizide saklar. Alıcı duyarga, dizide duyarga kimlik bilgilerinin yanısıra gelen mesajlarda yer alan sinyal gücü bilgilerini (RSSI) de tutar. Duyarga bilgisi geldikçe dizideki bilgiler kontrol edilerek aynı binaya ilişkin duyargalardan sadece sinyal gücü en yüksek olanının bilgilerinin tutulması sağlanır. Bunun sonucu olarak bir binaya ait bilgileri içeren duyargalar arasında sonraki mesajlaşmalarda iletişimin daha iyi kurulabileceği duyarga bilgileri saklanmış olur. Alıcı

duyarga iletişim kurabileceği duyarga sayısını bilmediğinden bu adımı belli bir süre (3 saniye) hiçbir mesajın gelmediğini kabul ederek sonlandırır.

3) Alıcı duyarga, listesinde kimlik bilgisi bulunan tüm duyargalara birincil öncelikli bilgilerini göndermesi için sırasıyla istek mesajı yollar. Bu işlem her bir duyarga için ardışıl olarak yürütülür. Böylece duyargaların aynı anda paket göndermesi önlenmiş olur.

4) Alıcı duyarga, gelen bilgilere ve kullanıcının seçimine göre sadece seçilen duyarga ile haberleşerek ilgili binaya ilişkin tüm bilgileri alır.

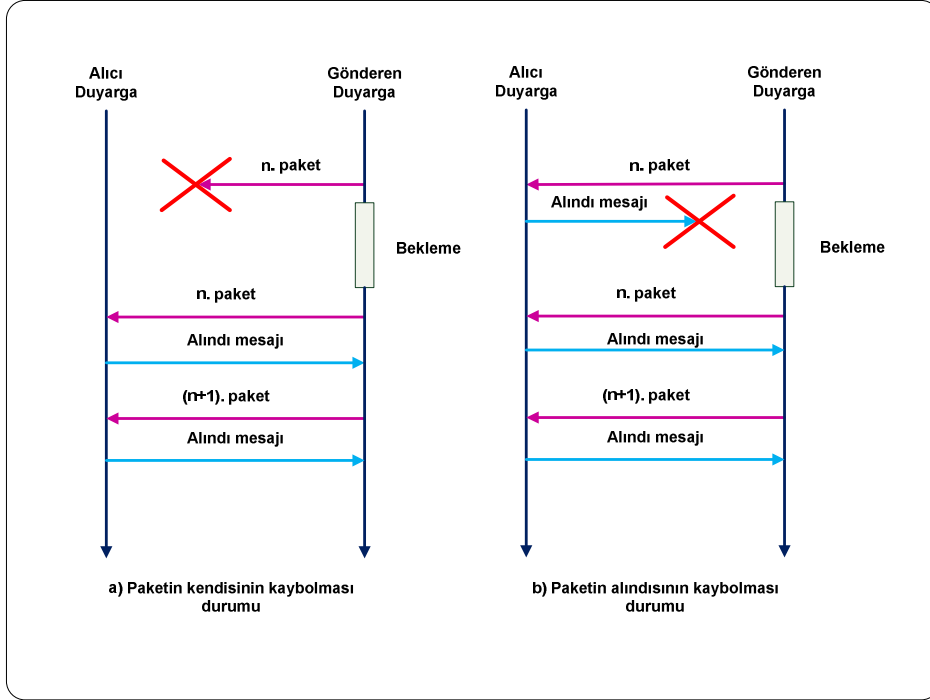


Şekil 5.6 : İyileştirilmiş duyarga seçme protokolü.

Alındılı mesaj aktarımı: Protokol tasarımında karşılaşılan bir diğer problem ise kablosuz iletişimde paket kayıplarının yaşanmasıdır. Bu problemi çözmek üzere güvenilir iletişim için yeniden gönderimi temel alan bir iyileştirme yapılmıştır. Yeni tasarımda her bir paket için alıcı duyarga tarafından alındı bilgisi (ACK) yollanmaktadır. Gönderici duyarga ancak ilgili paket için alındı bilgisinin gelmesi sonucu paketin alıcı tarafa iletildiğini varsayar. Eğer bir pakedin yollanması sonucu belirlenen zaman aşımı süresi (100 ms) sonunda alındı bilgisi gelmemişse bu paketin

kaybolduğu varsayımıyla yeni bir paket gönderimi yapılır. Yeniden gönderme iki durumda söz konusu olmaktadır:

- Paketin kendisinin kaybolması,
- Paketin alıcı tarafa ulaşp alındısının kaybolması.



Şekil 5.7 : Protokole alındı bilgisinin eklenmesiyle paket kayıplarının önlenmesi.

Bir paketin kaybolduğuna belli bir süre içerisinde "alındı bilgisi" gelmemesi durumunda karar verilmektedir. Aynı paketin tekrar seri port üzerinden bilgisayara gönderilmemesi için ise paketlere numara bilgisi eklenmiştir. Bu durumda belleğindeki verileri gönderen duyarga bir mesaj paketi yolladıktan sonra belirli bir süre beklemektedir ve bu süre içerisinde alıcı duyargadan alındı bilgisi gelmezse aynı mesajı paket numarasını değiştirmeden tekrar göndermektedir. Bu süre içerisinde alındı bilgisi gelmesi durumunda ise bir sonraki veri parçasını okuyup paket numarasını bir arttırarak yeni paketi göndermektedir. Alıcı duyarga ise kendisine gelen paketin öncelikle numarasına bakmaktadır. Paket numarası eğer alınan bir önceki paketin numarasından daha büyük ise bunun yeni bir paket olduğuna karar verip verileri seri port üzerinden bilgisayara yolladıktan sonra paketi gönderen duyargaya alındı bilgisini iletmektedir. Yeni gelen paket numarası alınan bir önceki paketin numarasına eşit ise alıcı, alındı bilgisinin gönderen duyargaya ulaşmadığına karar verip verileri seri porttan göndermeden yalnızca alındı bilgisini

göndermektedir. Böylece paket kayıpları sonucu özellikle resim verilerinde yaşanan problemler ortadan kaldırılmıştır (Şekil 5.7).

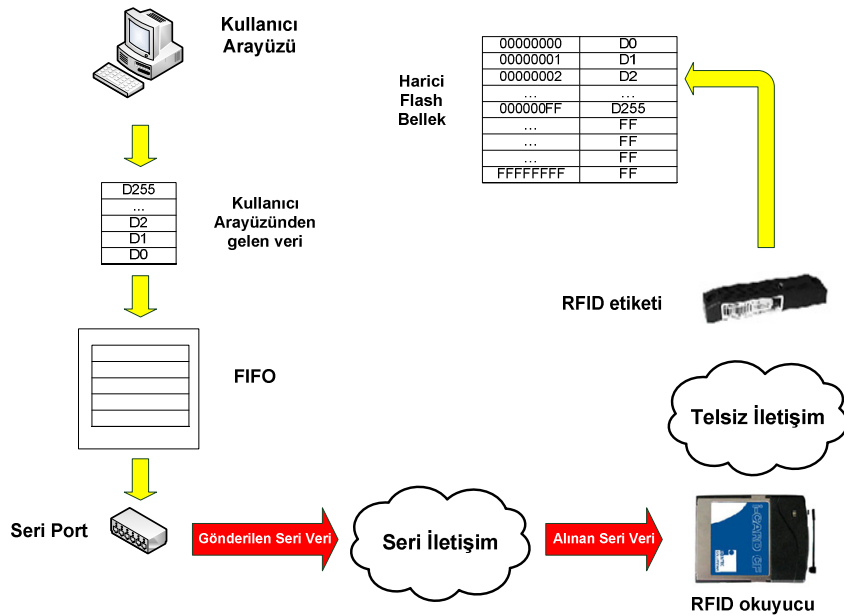
5.1.2 RFID tabanlı sistemin işleyişi

RFID teknolojisi kullanılarak geliştirilen prototip sistemde RFID etiketlerine veri yazma, RFID etiketlerinden veri okuma süreçleri ve etiket seçme protokolünün çalışma prensipleri ile sistem geliştirilmesi sırasında yaşanan problemler ve bunlara getirilen çözümler ilerleyen paragraflarda anlatılmaktadır.

5.1.2.1 RFID etiketlerine veri yazma

RFID etiketlerine veri yazma afet öncesi veya sonrası bina bilgilerini kaydetmek, güncellemek ve saklamak için gerçekleştirilen bir süreçtir.

Arama-kurtarma genel arayüzünde toplanan veriler RFID etiketine kaydedilmeden önce serileştirilerek onaltılık verilere dönüştürülmektedir. Bunun amacı, verileri okuyucu tarafından tanınabilecek sınırlı bir karakter aralığına (0-F arası) dönüştürmektir. Daha sonra bu veriler, sistem üzerinden okuyucuya iletilmektedir (Şekil 5.8). Fakat bu veriler okuyucunun bilgileri geçici olarak sakladığı program belleğinden (64 KB) oldukça büyüktür. Bu yüzden veri, okuyucunun program belleğine parçalanarak yollanmıştır.



Şekil 5.8 : RFID etiketine veri yazma.

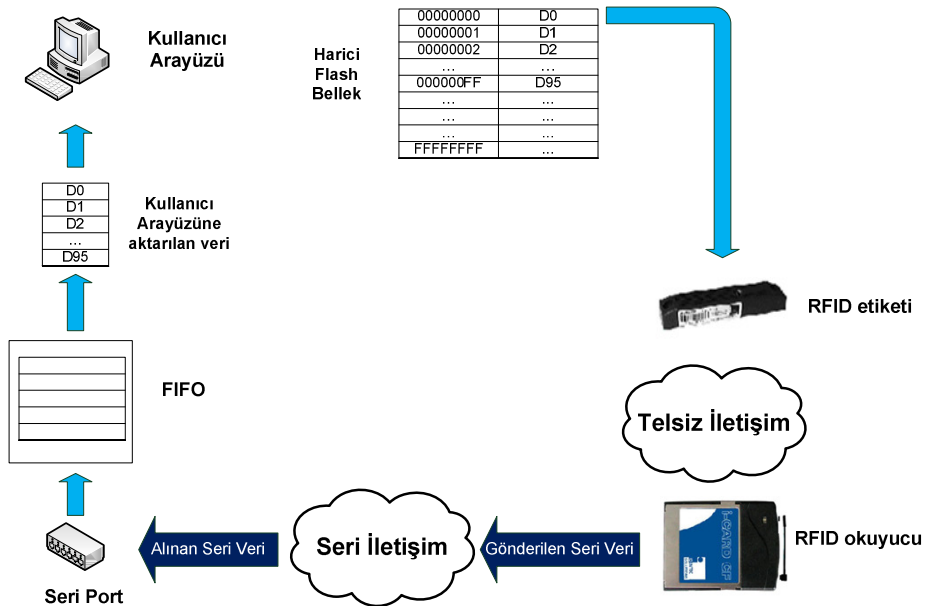
Okuyucu, parçalanmış verileri almakta ve her veri parçasını paketlere bölerek kullanıcı tarafından seçilen etikete yollamaktadır. Kullanıcının ilgili etiketi nasıl

seçeceği Bölüm 5.1.2.2’de verilmektedir. Okuyucu etikete veri yollarken etiketle bağlantı kesilirse okuyucu aynı paketi yollamaya devam etmektedir. Eğer aynı paketi belirli bir süre içerisinde hala yolluyorsa bağlantıyı kesmekte ve arayüz uyarı mesajı vermektedir. Böylece kullanıcı tekrar iletişimi başlatabilir.

5.1.2.2 RFID etiketlerinden veri okuma

Veri okuma süreci, arama-kurtarma çalışanlarının afet sonrası bina ile ilgili bilgilere ulaşabilmek veya güncellemek için RFID etiketinden bilgiyi kayıpsız, hızlı ve sağlanabilecek en uzak mesafeden alabilmesi için yapılan işlemleri kapsamaktadır.

RFID etiketinde bulunan verilerin bilgisayara aktarılabilmesi için etiket ile okuyucunun iletişime geçmesi gerekir. Geliştirilen sistemde kart okuyucusu arayüzden gelen istek doğrultusunda çevresindeki etiketleri taramaktadır. Etiket tarama işleminden sonra seçilen etiketle okuyucu arasında iletişim kurulmakta (etiket seçme protokolü bir sonraki bölümde açıklanmaktadır) ve veri aktarım işlemi gerçekleşmektedir. Paketlerin aktarımı tamamlandıktan sonra RFID etiketi okuyucuya sonlandırma bilgisini yollamakta ve okuyucu, program tarafında bu paketleri birleştirmektedir. Oluşan veri onaltılık çevrime girerek tekrar metin haline dönüştürülmektedir (Şekil 5.9).



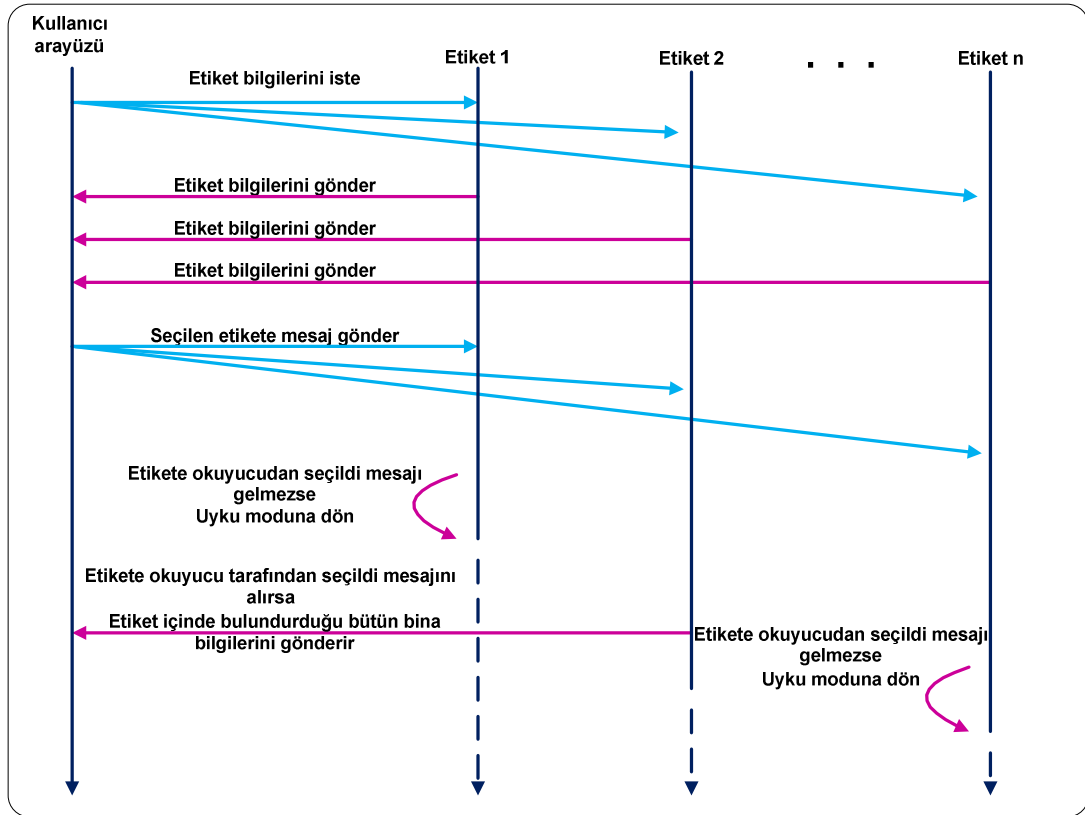
Şekil 5.9 : RFID etiketinden veri okuma.

Metin haline gelen veriyi ayrıştırmak için ayraçlar kullanılmaktadır. Bu ayraçlar veri oluşturulurken RFID etiketine yollanacak onaltılık kod dizisine eklenmiştir. Yine ayraçlar yardımıyla veri çözümlenerek arayüz üzerindeki alanlara dağıtılmaktadır.

5.1.2.3 RFID etiketi seçme protokolü

Duyarga tabanlı sistemde olduğu gibi, RFID tabanlı sistemde de etiket seçme protokolü kullanılması gerekmektedir. Okuyucunun bulunduğu bölgede çok sayıda bina olabilir. Bu durumda binalarda bulunan RFID etiketlerindeki bilgilerin okuyucuya aktarılması gerekmektedir. Arama-kurtarma ekipleri bilgi almak istedikleri binaların etiketlerini kullanmak için, arayüzde etiket kimlik bilgilerini içeren bir listeden ilgili etiketi belirledikten sonra etiket seçme protokolü şu şekilde yürütülür:

- Okuyucunun kapsama alanında bulunan etiketler, okuyucuya sinyaller yollayarak iletişim kurabileceklerini bildirirler.
- Okuyucu tarama yaptığı anda kapsama alanındaki bütün etiketlere ulaşır.
- Bu etiketlerin bilgileri arama-kurtarma genel arayüzünde listelenir (Şekil 5.10).
- Liste üzerinde seçilen etiket içindeki tüm bilgiler ikinci bir adımda okuyucu aracılığıyla alınarak arayüze yansıtılır.



Şekil 5.10 : Etiket seçme protokolü.

5.2 Sistemin Arayüzleri

Sistemin işleyişi için üç tip arayüz tasarlanmıştır:

- **Bina Arayüzü:** Bu arayüz ile binalar üzerindeki saklama birimlerinde saklanacak verilerin aktarılması ve saklama birimlerinde bulunan güncel verilerin işlenip kullanıcıya gösterilmesi sağlanır. Kendi içinde Arama-kurtarma genel arayüzü ve Arama-kurtarma sonuç/değerlendirme arayüzünü barındırır.
 - **Arama-kurtarma genel arayüzü:** Bu arayüz aracılığıyla afet öncesinde bina ile ilgili tüm veriler saklama birimlerine aktarılır ve bu bilgiler güncellenebilir. Bu veriler kullanıcıya istenildiği zaman işlenip aktarılır.
 - **Arama-kurtarma sonuç değerlendirme arayüzü:** Bu arayüz ile afet sonrası sivil savunma örgütlerinin kullanacağı verilerin saklama birimlerine aktarılması ve saklama birimlerinde bulunan güncel verilerin işlenip kullanıcıya gösterilmesi sağlanır. Bu arayüz genel arayüze entegre edilmiştir.
- **Muhtarlık arayüzü:** Bu arayüz ile muhtarlık binasında bulunan saklama birimlerinde saklanacak verilerin aktarılması ve saklama birimlerinde bulunan güncel verilerin işlenip kullanıcıya gösterilmesi sağlanır.

5.2.1 Arama-kurtarma genel arayüzü

Arama-kurtarma genel arayüzünde kullanıcı tarafından binaya ilişkin verilerin girişi yapılır ve veriler farklı alt başlıklar altında farklı panellerde kullanıcıya sunulur. Bu panellerden hem veri girişi hem de bilgi sorgulama yapılabilir. Arama-kurtarma genel arayüzü, kullanım rahatlığı da göz önünde bulundurularak birbirleriyle ilişkili olan verileri gruplayacak şekilde 5 panelden oluşacak şekilde tasarlanmıştır:

- **Bina Genel Bilgileri Paneli**
- **Bina Resimleri Paneli**
- **Kat Planları Paneli**
- **Tehlikeli Maddeler Paneli**
- **Kişisel Bilgiler Paneli**

5.2.1.1 Bina genel bilgileri paneli

Binaya ilişkin temel bilgilerin sunulduğu paneldir. Şekil 5.11’de panelin arayüzü görülmektedir.

Bu panelde bulunan veri giriş/okuma alanları şu şekilde sıralanmaktadır:

- **Güncellenme Tarihi:** Bu tarih veri saklama biriminde yer alan bilgilerin en son hangi tarihte güncellendiği bilgisini içerir. Veri saklama biriminden okuma yapılması durumunda bu alan birimin belleğinde saklanan tarih ile doldurulur. Veri saklama birimine veri yazılması halinde ise otomatik olarak o günün tarihini alır.

The screenshot shows the 'Bina Genel Bilgileri' panel in the SBR DAP software. The panel is titled 'Seçilebilir Bina Listesi' and contains various input fields for building information. The 'Güncellenme tarihi' is 31.08.2009. The 'Bina Adı' is 'Boğaziçi Apt.'. The 'Bina Kullanım Amacı' is 'Konut' and 'Bina Tipi' is 'Apartman'. The 'Bina Kat Sayısı Detay' shows 'Zemin Kat Sayısı: 1 katlı', 'Ara Kat Sayısı: 3 katlı', 'Çatı Katı Sayısı: 1 katlı', and 'Toplam Kat Sayısı: 5'. The 'Bina Yapı Sistemi' is 'Betonarme'. The 'Bina Yapım Yılı' is '1990'. The 'Bina Planı Güçlendirme/Teddit/Ekleme Bilgisi' is 'Yapılmadı'. The 'Bina Koordinatları' show 'Enlem: 36° 21' 14'' and 'Boylam: 45° 22' 41''.

Şekil 5.11 : Arama-kurtarma genel arayüzünde Bina genel bilgileri paneli.

- **Seçilebilir Bina Listesi:** Bu alan, bina seçme protokolü aşamasında okuma mesafesinde bulunan veri saklama birimlerindeki bilgilerin bina isimlerine göre listelenmesini sağlar. Bu liste, kullanıcı tarafından bina tara tuşu yardımıyla güncellenebilir. Bu tuşa basıldığında, bina seçme protokolü gereği okuma aralığına giren tüm veri saklama birimi bilgileri bina adları ile listelenir. Listede adı bulunan binaların tanınması için kullanılacak birincil öncelikli veriler ilgili binanın seçilmesiyle arayüz panelinde kullanıcıya sunulur. Bina seç tuşu

yardımla ilgili veri saklama birimi ve dolayısıyla ilgili bina seçilerek binaya ait tüm bilgilerin arayüzde sunulması sağlanır.

- **Bina Adı:** Saklama biriminin ilişkili olduğu binanın adının gösterilmesi veya saklama birimlerine aktarılmak için veri girişi yapmak için kullanılan alandır. Bu alan üzerinde veri uzunluğu kısıtlaması bulunmamaktadır.
- **Bina Türü:** Veri analizinde belirlenen bina türlerine göre seçim yapılması için kullanılır (örn, sağlık kuruluşu). Bu alan kullanıcı tarafından seçim yapmak üzere sunulan bir çoklu seçim menüsü olarak tanımlanmıştır. Seçilebilir alan seçeneklerinin her biri veritabanından çekilmektedir. Menüden istenilen tür seçildikten sonra arayüz dinamik olarak ilgili bina türü ile ilişkili bina tiplerini seçmek üzere sunar.
- **Bina Tipi:** Binanın türüne göre dinamik olarak oluşan bina tipi seçimi için kullanılır (örn, Müstakil Ev -> 1-2 katlı).
- **Zemin Kat Sayısı:** Binanın zemin kat sayısı girişi için kullanılır. Seçilebilir bir bileşen olarak tanımlanmıştır. Seçilebilir alan seçeneklerinin her biri veritabanından çekilmektedir.
- **Ara Kat Sayısı:** Binanın ara kat sayısı girişi için kullanılır. Seçilebilir bir bileşen olarak tanımlanmıştır. Seçilebilir alan seçeneklerinin her biri veritabanından çekilmektedir.
- **Çatı Kat Sayısı:** Binanın çatı katı sayısı girişi için kullanılır. Seçilebilir bir bileşen olarak tanımlanmıştır. Seçilebilir alan seçeneklerinin her biri veritabanından çekilmektedir.
- **Toplam Kat Sayısı:** Bu alanda zemin/ara/çatı katı sayısı bilgilerinin toplam bilgisi dinamik olarak sunulur.
- **Bina Taşıyıcı Sistemi:** Bina taşıyıcı sisteminin seçilmesi için kullanılır (örn, betonarme). Seçilebilir bir bileşen olarak tanımlanmıştır. Seçilebilir alan seçeneklerinin her biri veritabanından çekilmektedir.
- **Bina Planı Güçlendirme/Tadilat/Ekleme Bilgisi:** Bu bölümde binanın orijinal planına bir güçlendirme, tadilat veya ekleme yapıp yapılmadığına ilişkin bilgi seçilebilir bir bileşen aracılığıyla eklenmektedir. Seçilebilen bilgiler "Yapılmadı", "Yapıldı" ve "Yapılıyor" olarak belirlenmiştir.

- Bina Koordinatı: Bina koordinatının enlem ve boylam bilgisi olarak girişı için kullanılır. Metin kutusu ile alınacak bu verilerin doğruluğu kontrol edilerek alınmaktadır. Bu alanda doğruluk kontrolü enlem ve boylamın matematiksel olarak doğru değerler içinde olması şeklinde yapılır.
- Kişı Sayısı Bilgileri: Binada belirli dönemlerde bulunan toplam kişı sayısı bilgileri elde edilemediği durumlarda burada "Ulaşılamadı" seçeneği seçilerek bu bölümde veri girişı yapılmayacağı belirtilir.
- Binada bulunan toplam kişı sayısı: Beş ayrı zaman dilimi için binada bulunan kişı sayıları bilgilerinin alınması için metin kutuları olarak tasarlanmıştır. Bilgi almak üzere aşığıdaki zaman dilimleri seçilmiştir:

- 08.00-13.00 saatleri arası
- 13.00-20.00 saatleri arası
- 20.00-08.00 saatleri arası
- Hafta içi
- Hafta sonu

Bu veriler kullanılarak binada bulunan toplam kişı sayısı dinamik olarak hesaplanır.

- Bina Yapım Yılı: Bina yapım yılı girişı için kullanılır. Bu alan kullanıcı girişı gerektirdiğinden doğruluk kontrolü yapılmaktadır. Bu alana harf ve dört karakterden fazlası girilemez. Bu kontrol her karakter girildiğinde yapılmaktadır. Hatalı bir durumda arayüz uyarı mesajı vererek, hatalı karakterin girişine izin vermez (bkz. Şekil 5.12).
- Bağlantı Durumu: Bilgisayara bağlı alıcı veri saklama birimi ile gönderici veri saklama birimi arasındaki iletişim durumunu göstermektedir.

Arayüzde doğruluk kontrolü tutarsız verilerin oluşmasını önlemek için yapılmaktadır. Seçilebilir veriler dışında diğer bütün alanlar doğruluk kontrolünden geçirilir. Bu kontroller her alanın içeriğine göre değişmektedir. Örneğin binanın yapım yılı ile koordinatlarının doğruluk kontrolleri farklıdır. Fakat sayısal değer gereken yerlerde harf girilmemesi için yapılan kontrol bütün alanlarda ortaktır.

S&R DAP

Seçilebilir Bina Listesi

Güncellenme tarihi: 31.08.2009

Bina Genel Bilgileri | Bina Resimleri | Kat Planları | Tehlikeli Maddeler | Kişisel Bilgiler

Bina Adı: Boğaziçi Apt.

Bina Kullanım Amacı: Bina Türü: Konut Bina Tipi: Apartman

Bina Kat Sayısı Detayı: Zemin Kat Sayısı: 1 katlı Ara Kat Sayısı: 3 katlı Çatı Katı Sayısı: 1 katlı Toplam Kat Sayısı: 5

Bina Taşıyıcı Sistemi: Betonarme **Bina Yapım Yılı:** 1990 **Bina Planı Güçlendirme/Tadilat/Ekleme Bilgisi:** Yapılmadı

Bina Koordinatları: Enlem: 36 Uzunluk: 22 41

Binada Bulunan Toplam Kişi Sayısı:

08.00 - 13.00 saatleri arasında *: 10
 13.00 - 20.00 saatleri arasında *: 5
 20.00 - 08.00 saatleri arasında *: 6
 Hafta içi *: 10
 Hafta sonu *: 10

Kişi Sayısı Bilgileri: Ulaşıldı

Toplam Kişi Sayısı: -

* Bu bilgiler ortalama değerlerdir.

Veri Boyutu:

Arama/Kurtarma Sonuç/Değerlendirme Ekranını Aç

Bağlantı Durumu: Bağlantı yok

Şekil 5.12 : Arama-kurtarma genel arayüzünde doğruluk kontrolü mesajı.

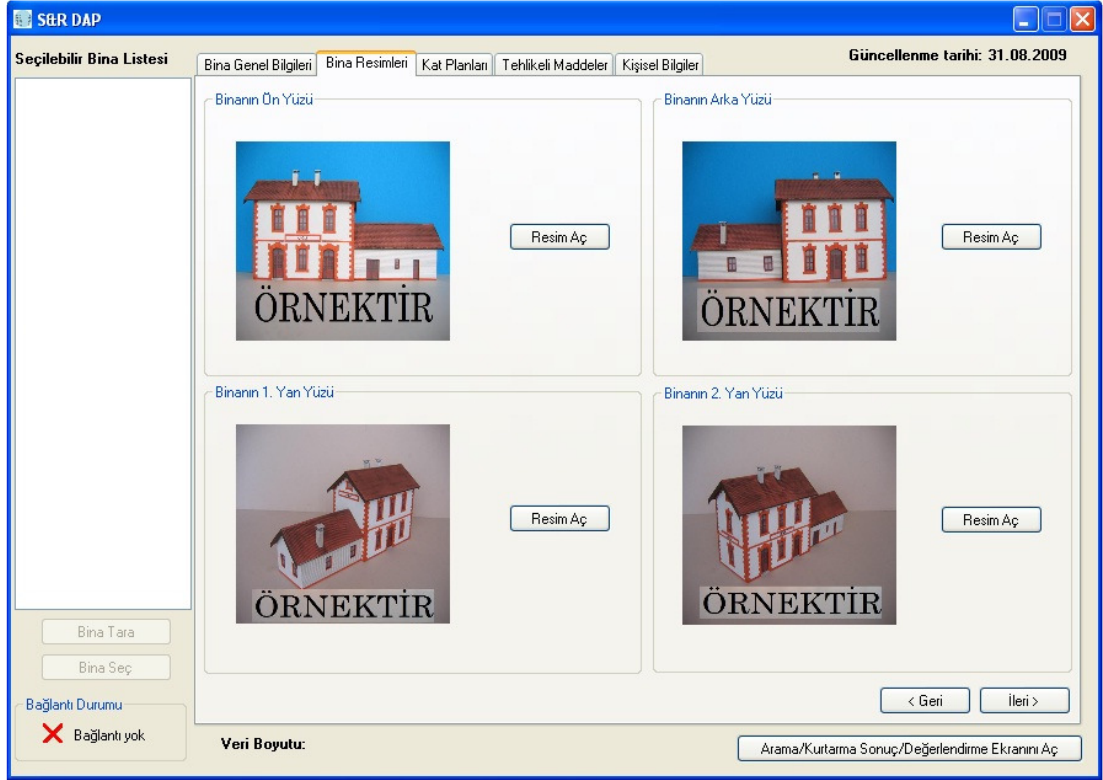
5.2.1.2 Bina resimleri paneli

Bu panelde binanın ön, arka ve iki yan yüzünün fotoğrafları kullanıcı tarafından yüklenir ve istenilen zamanlarda kullanıcıya mevcut resim bilgileri sunulur (bkz. Şekil 5.13).

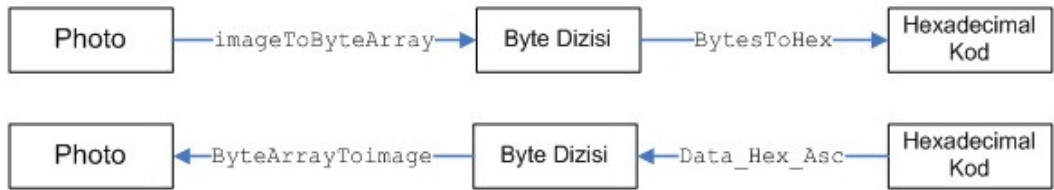
Resimlerin ilgili alanlara yüklenmesinden sonra saklama birimlerine aktarılması için tüm resim bilgisi onaltılık (Hexadecimal) katarıya dönüştürülür. Eklenen bir resmin üzerinde uygulanan süreçler şu şekilde özetlenebilir:

- Fotoğrafın adresi bir değişkene yazılır
- Bu değişkenin gösterdiği fotoğraf sekizli dizisine çevrilir
- Son olarak byte dizisinden onaltılık kod elde edilir

Tez dahilinde bu işlemler için resmi byte dizisine çeviren, byte dizisini onaltılık koda dönüştüren ve bunların tersini gerçekleştiren fonksiyonları içerecek şekilde bir yapı oluşturulmuştur. Bu yapı ile resim verileri onaltılık koda çevrilerek birimlere aktarılır ve aynı şekilde onaltılık kodlar halinde birimlerden okunarak resim verilerine dönüştürülür. Şekil 5.14'te her iki yönde çevirme işlemi görülmektedir.



Şekil 5.13 : Bina resimleri paneli.

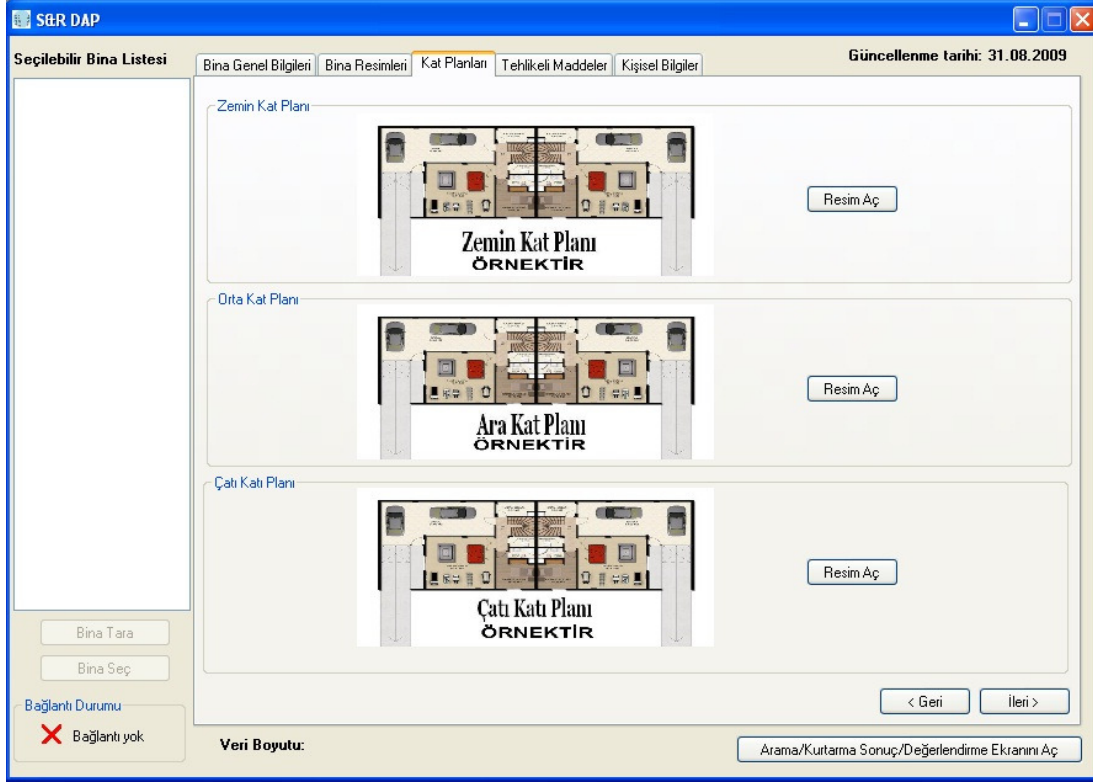


Şekil 5.14 : Resimden onaltılık koda dönüşüm ve tersi dönüşüm işlemleri.

Bu panelde akış kontrolü vardır. Kullanıcı resim aç düğmesine basıp resim eklemeyince kendisine uyarı mesajı yollanır. Her bölge için resim eklemek zorunlu değildir. Resim eklenmeyen alan boş olacaktır.

5.2.1.3 Kat planları paneli

Bu panelde binanın kat planları her bir kat tipi için ayrı ayrı yüklenebilir. Yine aynı panel ile mevcut kat planları kullanıcıya sunulur (bkz. Şekil 5.15). Zemin, ara ve çatı kat planları daha sonra onaltılık çevrime girerek saklama birimine yollanır. Bina resimleri için uygulanan tüm işlemler bu panelde de uygulanır.



Şekil 5.15 : Kat planları paneli.

Kat planları bir sonraki panelde tehlikeli maddelerin nerede bulundukları hakkında bilgi vermek için de kullanılmaktadır. Bu yüzden planların sistem üzerindeki adresi saklanmaktadır. Bu panelde de akış kontrolü vardır. Kullanıcı resim aç düğmesine basıp resim eklemeydiyse kendisine uyarı mesajı yollanır. Her bölge için resim eklemek zorunlu değildir. Resim eklenmeyen alan boş olacaktır.

5.2.1.4 Tehlikeli maddeler paneli

Bu panelde binada bulunan en önemli 5 tehlikeli madde bilgisi kullanıcı tarafından girilir ve mevcut bilgiler sunulur (bkz. Şekil 5.16). Tehlikeli madde cinsi ve ilgili cins seçimi ile dinamik olarak gelen madde adı alanları seçilebilir bir bileşenler olarak tanımlanmıştır. Seçilebilir alan seçeneklerinin her biri çalışmanın önceki aşamalarında belirlenen bilgilerden oluşan veritabanından çekilmektedir. Kullanıcı beşten daha az sayıda tehlikeli madde bilgisi girişi yapabilir.

Bina için bilinen bütün tehlikeli madde unsurları girildikten sonra, bu maddelerin bina üzerindeki konumları biliniyorsa Tehlikeli Madde Görsel Bilgileri düğmesi tıklanarak kat planları üzerinde ilgili kat bilgisi de girilerek maddenin konumu işaretlenir.

S&R DAP

Seçilebilir Bina Listesi

Bina Genel Bilgileri | Bina Resimleri | Kat Planları | **Tehlikeli Maddeler** | Kişisel Bilgiler

Güncellenme tarihi: 31.08.2009

1. Madde

Madde Cinsi: Yanıcı Sıvılar | Tehlikeli Madde: Toluol

2. Madde

Madde Cinsi: Radyoaktif Tehlike | Tehlikeli Madde: Sezyum

3. Madde

Madde Cinsi: Oksitleyiciler | Tehlikeli Madde: Permanantlar

4. Madde

Madde Cinsi: Patlayıcı | Tehlikeli Madde: Fünye

5. Madde

Madde Cinsi: Boş | Tehlikeli Madde: Tehlikeli Madde...

Bina Tara

Bina Seç

Bağlantı Durumu

Bağlantı yok

Tehlikeli Madde Görsel Bilgileri

< Geri | İleri >

Veri Boyutu:

Arama/Kurtarma Sonuç/Değerlendirme Ekranını Aç

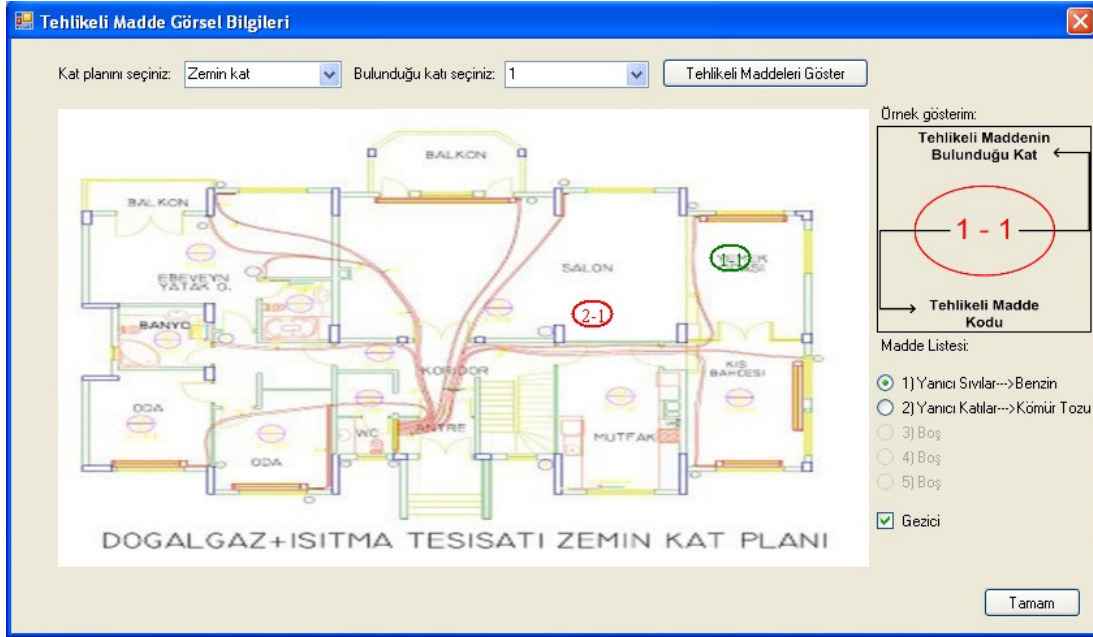
Şekil 5.16 : Tehlikeli maddeler paneli.

Tehlikeli Madde Görsel Bilgileri alt panelinde tehlikeli maddelerin konum bilgilerinin girişi yapılabilir ve mevcut bilgiler kullanıcıya sunulabilir (bkz. Şekil 5.17). Bu panelde binada olduğu belirtilen tehlikeli maddelerin içinden bir seçim yapılır. Daha sonra bu maddenin gezici olup olmama durumu için seçim yapıp ilgili madde için kat bilgisi ve kat planı üzerindeki yeri kullanıcı tarafından işaretlenebilir.

İşaretleme için kullanıcının bilgisayar faresi ile işaret ettiği konum dinamik olarak belirlenir. Kat ve konum bilgilerini saklama birimine aktarmak için tehlikeli maddenin koordinat ve ad bilgileri ayrı ayrı dizilerde saklanır. Mevcut bilgiyi okumak için bu diziler açılır ve çizim işlemi baştan yapılır. Planlar üzerinde bulunan işaretlerin herhangi birinden belli bir anda vazgeçilirse üzerine çift tıklanarak silinebilir. Bu işaretlerden yeşil olanlar belirtilen maddelerin bina içindeki yerinin sabit olmadığını, kırmızı olanlar ise maddelerin yerlerinin sabit olduğunu gösterir.

5.2.1.5 Kişisel bilgiler paneli

Bu panelde binada yaşayan kişilere ilişkin bilgiler kullanıcı tarafından girilir ve mevcut bilgiler sunulur (bkz. Şekil 5.18). Kişi bilgileri bir listede sıralanır ve bu liste şifreleme ve onaltılık dönüşüm sürecinden sonra saklama birimine yollanır.



Şekil 5.17 : Tehlikeli maddelerin konumlarının ilgili kat planı üzerinde işaretlenmesi.

Şekil 5.18 : Kişisel bilgiler paneli.

Kişilere ait veri girişi yapılabilecek alanlar şu şekilde sıralanmaktadır:

- Ad: Nümerik bir ifade girilemez ve karakter sayısı kısıtlaması vardır (bkz Şekil 5.19).
- Soyadı: Nümerik bir ifade girilemez ve karakter sayısı kısıtlaması vardır.

- TC Kimlik No: Harf girilemez ve 11 karakterden fazla veri girişi yapılamaz. Veri güvenliği sağlamak için bu bilgi şifrelenmiştir.
- Doğum Tarihi: Seçilebilir bir bileşen olarak tanımlanmıştır. Giriş yapılmamışsa sistem uyarı mesajı verir.
- Cinsiyet: Seçilebilir bir bileşen olarak tanımlanmıştır. Cinsiyet seçilmezse sistem uyarı mesajı verir.
- Fotoğraf: Diğer resimlerin yüklenmesinde olduğu gibi onaltılık çevrime girerek saklama birimine aktarılır.
- Kan grubu: Seçilebilir bir bileşen olarak tanımlanmıştır.
- Engeller: Çoklu seçilebilir bir bileşen olarak tanımlanmıştır.
- Bulunduğu kat ve numarası: Bina Genel bilgileri panelinde girilen kat ve daire değerlerine göre seçilebilir bir bileşen olarak tanımlanmıştır
- Sağlık bilgileri düğmesi ile bir açılan alt panelde kişinin sağlık bilgilerinin girişi yapılabilir.

Şekil 5.19 : Kişisel bilgiler ekranında örnek bir uyarı mesajı.

Sağlık bilgileri alt panelinde (bkz. Şekil 5.20) girilebilecek sağlık bilgileri temel olarak şu alt alanları içerir:

- Hastalıklar: Veri analizinde belirlenen önemli hastalıklar için var/yok seçimi yapılabilen seçilebilir bir bileşen olarak tanımlanmıştır.
- Sürekli kullanılan ilaçlar: Beş farklı ilaç bilgisi girilebilecek şekilde metin alanı olarak tasarlanmıştır.
- Alerjiler: Beş farklı alerji bilgisi girilebilecek şekilde metin alanı olarak tasarlanmıştır.
- Geçirilen Operasyon Bilgileri: Beş farklı operasyon bilgisi girilebilecek şekilde metin alanı olarak tasarlanmıştır.
- Tıbbi kimlik izleri: beş farklı tıbbi kimlik izleri bilgisi için var/yok seçimi yapılabilen seçilebilir bir bileşen olarak tanımlanmıştır.

Tüm bilgiler kullanıcı tarafından girildiğinde ve tamam düğmesine basıldığında bu panelle ilişkili yazılım nesnesi kişi bilgi gizliliği gerektiren bilgileri (T.C. kimlik no) şifreler.

Şekil 5.20 : Sağlık bilgileri ekranı.

5.2.2 Arama-kurtarma sonuç değerlendirme arayüzü

Arama-kurtarma sonuç değerlendirme arayüzünde sivil savunma ekipleri tarafından veri girişi yapılacak bilgilere ilişkin alanlar ve bileşenler tasarlanmıştır (bkz. Şekil 5.21). Bu panelden hem veri girişi yapılabilmekte hem de sonraki ekipler için verinin sunulması sağlanmaktadır.

Arayüzde bulunan veri giriş/okuma alanları:

- Versiyon: Bir binaya birden fazla arama-kurtarma ekibi müdahale edebileceği için yeni ekibin girdiği bilgilerin saklama birimi belleğinde bir önceki ekibin bilgileri üzerine yazılması yerine bu verilerin ardarda yazılması şeklinde bir tasarım yapılmıştır. Böylelikle tüm ekipler birbirlerinin verilerini kolaylıkla görebilirler. Bu nedenle arayüzdeki bilgiler versiyonlar halinde gösterilmektedir. Versiyon bilgileri gerektiğinde bu alandan seçilerek ilgili kayıtlar ekrana yansıtılmaktadır.
- Arama-kurtarma ekibinin ismi: Binaya müdahale eden ekibin isminin girildiği metin giriş alanıdır.
- Binaya Gir/Girme bilgisi: Ekiplerin kendilerinden sonra gelecek ekipleri binaya girip girmemeleri konusunda bilgilendirebilmesi için oluşturulmuş alandır ve seçilebilir bir bileşen olarak tanımlanmıştır. "Gir" ya da "Girme" bilgisi seçilebilmektedir.
- Operasyon bilgisi: Ekiplerin operasyonu tamamlayıp tamamlamadığı konusundaki bilgiyi girebilmeleri için seçilebilir bir bileşen olarak tasarlanmıştır. "Tamamlandı" ya da "Tamamlanmadı" bilgileri seçilebilmektedir.
- Arama-kurtarma ekibinin binaya giriş/çıkış zamanları (gün/ay/yıl-saat/dakika): Ekibin binaya giriş ve çıkış zamanlarının girişi için seçilebilir bileşenler olarak tanımlanmıştır.
- Depremzede durumu ile binada bulunan kişilerin adı, resmi, TC kimlik numarası ve durumunun girilebileceği liste: Arama-kurtarma çalışmaları esnasında binada yer alan kişilere rastlanabileceği gibi binada ikamet etmeyen ve/veya kimliği belirlenemeyen kişilere de rastlanabilir. Bu nedenle bu durum için iki ayrı liste tasarlanmıştır. Binada yer alan kişiler için "Depremzede" adlı

bir yazılım sınıf yapısı hazırlanmış ve bu sınıfta kişiye ait tüm bilgilerin yanısıra kişinin durumuna (Sağ, Ölü, Yaralı, Ulaşılamadı) ve binanın içinde bulunup bulunmaması bilgisine de yer verilmiştir. Arama-kurtarma genel arayüzünde yer alan kişilere ait bilgiler doğrudan bu arayüze aktarılmış ve bu bilgiler kullanılarak "Depremzede" sınıfından bir liste oluşturulmuş ve bu kişilerin ad ve soyadlarının listelenmesi sağlanmıştır. Bu listeden seçilen kişinin resim ve T.C. kimlik no bilgilerinin de arayüze yansıtılması sağlanmış ve bu doğrultuda kişinin durum bilgisinin depremdede listesinde güncellenmesi sağlanmıştır (bkz. Şekil 5.22).

Şekil 5.21 : Arama-kurtarma sonuç değerlendirme ekranı.

- Arama-kurtarma çalışmaları esnasında binada yer alan ancak normalde binada ikamet etmeyen ya da kimliği belirlenemeyen kişiler ise başka bir liste ile belirtilmektedir. Kim oldukları bilinmeyen bu tanımlanamayan kişiler için ise "TanımsızKisi" adlı bir yazılım sınıf yapısı oluşturulmuş ve bu yapı içerisinde kişi ad, soyad ve ayrıca depremdede durumu bilgisine yer verilmiştir. Eğer bu kişilerin isimleri öğrenilebilir ya da elde edilebilirse bunun sisteme girişinin yapılabilmesi için ad ve soyad bilgileri yeni veri girişi yapılacak metin alanları olarak tanımlanmıştır. Tanımlanamayan kişilere ait bilgilerin tutulabilmesi için

bu sınıf yapısından bir liste oluşturulmuştur. Bu bilgiler arayüzde yer almakta olan Tanımlanamayanlar düğmesine basılarak açılan Tanımlanamayanlar adlı diğer alt panel aracılığıyla girilebilmektedir (bkz. Şekil 5.23). Bu arayüzde kişi bilgileri girişi yapıldıkça oluşturulan depremzede listesine de ekleme işlemi yapılmaktadır.

- Koordinat bilgileri: Binaya ait enlem ve boylam değerleri olup arama-kurtarma genel arayüzünden doğrudan aktarılmaktadır.
- Binada bulunan tehlikeli maddenin türü: Arama-kurtarma çalışmaları esnasında farkedilen tehlikeli maddelerin girişi için tasarlanmıştır. Seçilebilir bileşenler olarak tanımlanmıştır. Bir bina için beş farklı tehlike unsuru seçilebileceği varsayımı altında tehlike türleri için beş adet seçilebilir alan oluşturulmuştur. Mevcut seçilebilir öğelerde bulunmayan tehlikeli madde türü olması durumu göz önünde bulundurularak bu bilgi için diğer tehlikeler alanı olarak adlandırılan ayrı bir metin giriş alanı eklenmiştir (bkz. Şekil 5.24).

Şekil 5.22 : Kişiye ait durum bilgisinin girilmesi.

5.2.3 Muhtarlık arayüzü

Muhtarlık arayüzü muhtarlık binasındaki saklama biriminde saklanacak bilgilerin girişi ve mevcut bilgilerin sunumu için tasarlanmıştır (bkz. Şekil 5.25). Kullanıcılar tarafından mahalledeki binalara ilişkin veri girişi yapılacak alanlar için ilgili bileşenler oluşturulmuştur. Bu panelden hem veri girişi hem de bilgi sorgulama yapılabilmektedir.

Arayüzde veri girişi/okuma yapılan alanlar:

- Mahallede bulunan binaların isim listesi: Bu listede mahalle muhtarlığına kayıtlı bulunan binaların isimleri yer almaktadır. Bu işlem veritabanında bina – muhtar eşleşmesinin yapıldığı varlıklar kontrol edilerek gerçekleştirilir. Veritabanından muhtarlık numarası ile eşleşen bina numaraları alınıp bina isimleri okunur. Okunan isimler listeye eklenir.

Arama/Kurtarma Sonuç/Değerlendirme Bilgileri

Versiyon: No: 1

Arama/Kurtarma Ekibinin İsmi: İsim: Ekip 5

Binaya Gir/Girme Bilgisi: Gir

Operasyon Bilgisi: Tamamlandı

Ekibin Binaya Giriş Çıkış Tarihi ve Saati

Giriş Tarihi: 18 / Ağu / 1999

Giriş Saati: 06 : 19

Çıkış Tarihi: 18

Depremzede Durumu

Ad Soyad: Hasan Zengin, Duygu Tarcan

Binadaki Tehlikeler

1. Yanıcı/patlayıcı madde varlığı

2. Duman, alev, buhar bulutu varlığı

3. Biyolojik tehlike varlığı (mikrop, virüs vb.)

4. Tehlike Türü

5. Tehlike Türü

* Uzmanlık gerektiren tehlikelerle ilgili bilgi girişi uzman ekiplerce yapılmalıdır.

☒ Değiştirmek istiyorum

Tamam

Şekil 5.23 : Tanımlanamayanlar ekranı.

Binadaki Tehlikeler

1. Yanıcı/patlayıcı madde varlığı

2. Duman, alev, buhar bulutu varlığı

3. Biyolojik tehlike varlığı (mikrop, virüs vb.)

4. Zehirli madde varlığı

5. Radyasyon sızıntısı

6. Biyolojik tehlike varlığı (mikrop, virüs vb.)

7. Duman, alev, buhar bulutu varlığı

8. Bina tesisat sisteminde hasar/sızıntı varlığı

9. Düşük oksijen seviyesi

10. Fazla sayıda vahşi/zehirli/tehlikeli hayvan varlığı

11. Tehlike oluşturabilecek hava durumu bilgisi

Diğer tehlikeler:

* Uzmanlık gerektiren tehlikelerle ilgili bilgi girişi uzman ekiplerce yapılmalıdır.

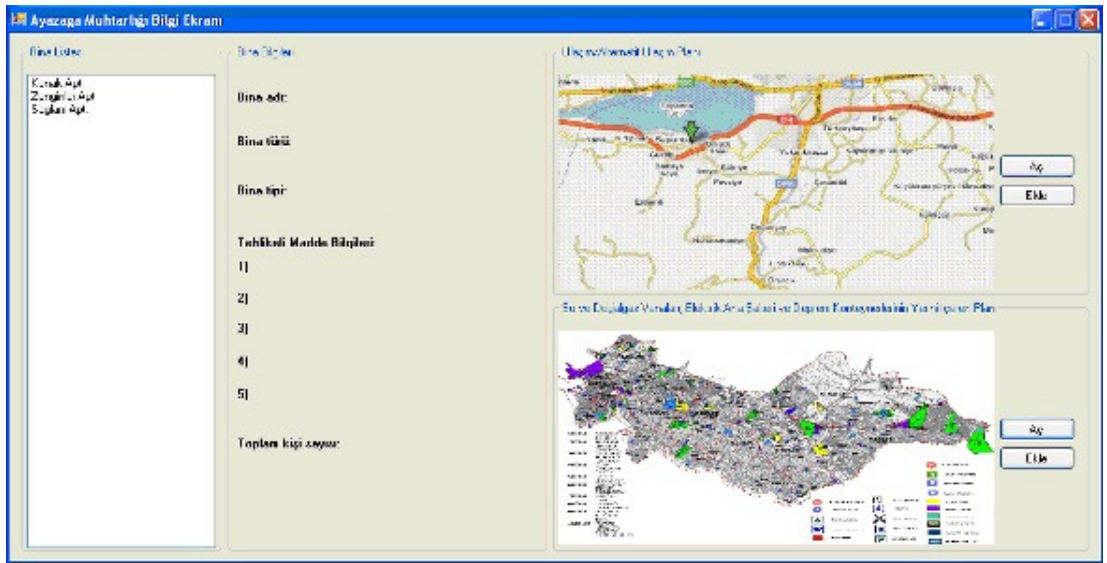
☒ Değiştirmek istiyorum

Tamam

Şekil 5.24 : Tehlike ve yoğunluklarının girilmesi.

- Her bir bina için bina ismi, türü, tipi, binada bulunan en tehlikeli beş unsur ve kişi sayısı bilgileri: Listedten seçilen binaya ait ilgili veriler, bina numarası kullanılarak, bina bilgilerinin saklandığı tablodan alınır ve arayüzde ilgili alanlara aktarılır (bkz. Şekil 5.26). Bu bölümde de herhangi bir veri girişi yapılmamaktadır.

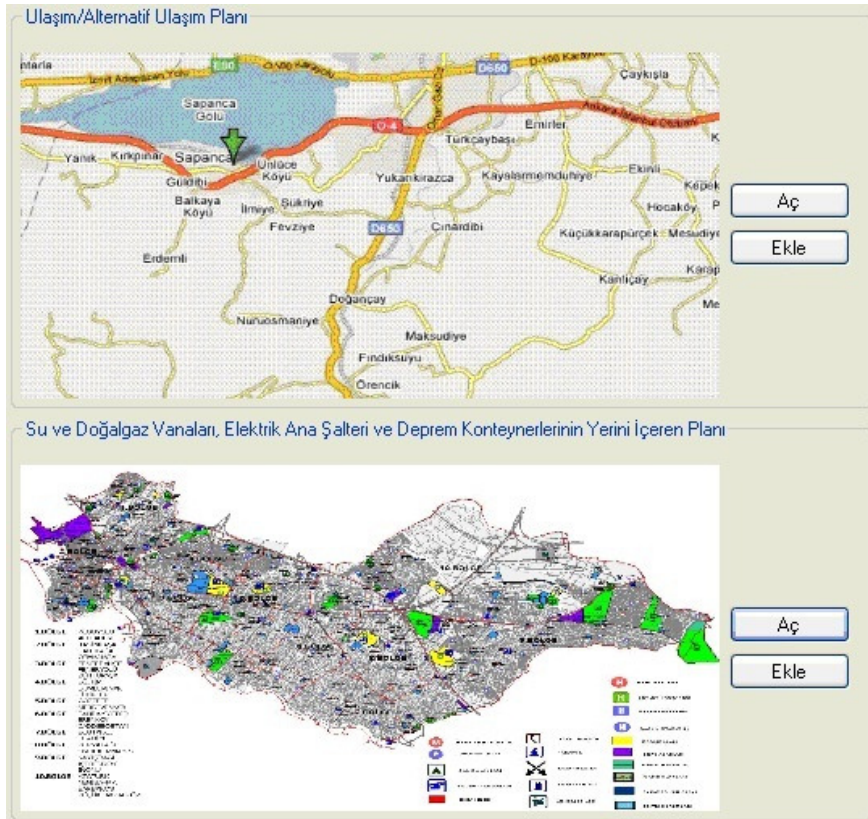
- Mahalle Ulaşım planı, Su ve Doğalgaz Vanaları, elektrik Ana Şalteri ve Deprem Konteynırlarının yerini içeren planlar: Bu bölümde mahalle ulaşım planı, su ve doğalgaz vanaları, elektrik ana şalteri ve deprem konteynırlarının yerini içeren planların kullanıcı tarafından girişi yapılabilmekte ve mevcut planlar kullanıcıya sunulmaktadır (bkz. Şekil 5.27). Veritabanında planlara ait resimlerin diskteki konumları saklanmaktadır. Bu nedenle arayüz açıldığında veritabanından ilgili muhtarlığa ait veriler okunup planlara ait yollarda bulunan resimler ekrana yansıtılır. Yeni bir plan eklenmek istendiği takdirde de bu plana ait resmin diskteki konumu veritabanına eklenir.



Şekil 5.25 : Muhtarlık arayüzü.

Bina Listesi	Bina Bilgileri
Konak Apt. Zenginler Apt. Saglam Apt.	Bina adı: Konak Apt. Bina türü: Konut Bina tipi: Apartman Tehlikeli Madde Bilgileri: 1) Radyoaktif Tehlike - Kobalt 2) Aşındırıcı Sıvılar - Nitrik Asit 3) Boş - Boş 4) Boş - Boş 5) Boş - Boş Toplam kişi sayısı: 47

Şekil 5.26 : Mahalledeki binalara ilişkin bilgiler.



Şekil 5.27 : Mahalleye ait planlar.

6. LABORATUAR TESTLERİ

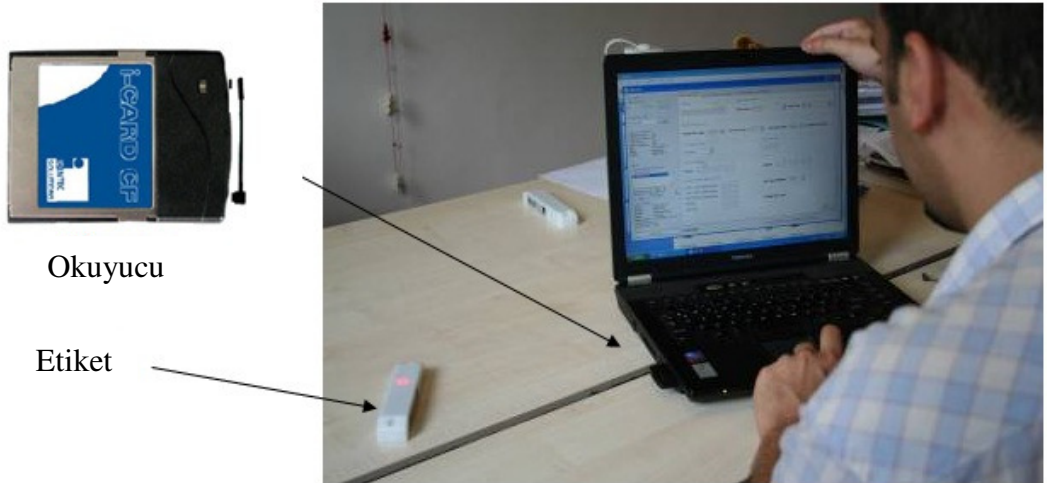
Tezin motivasyonu kapsamında kullanılması önerilen Kablosuz Duyarga ve RFID teknolojilerinin laboratuvar ortamında performanslarının test edildiği deneyler ilerleyen bölümlerde açıklanmaktadır.

6.1 Test Edilen Ekipmanın Fiziksel Özellikleri

Bu bölümde laboratuvar ve saha testleri sırasında kullanılan RFID ve duyarga teknolojilerinin teknik özellikleri detaylı olarak verilmektedir.

6.1.1 RFID ekipmanının teknik özellikleri

Tezde RFID ekipmanı olarak, Identec Solutions firmasının i-Card CF okuyucusu ve ILF (Intelligent Long Range) olarak adlandırılan aktif etiketler kullanılmıştır (Şekil 6.1). RFID ekipmanı iki bileşenden oluşmaktadır: RFID okuyucusu ve RFID etiketi.



Şekil 6.1 : Kullanılan i-Card CF okuyucusu ve ILR etiketi.

RFID okuyucunun üretici kataloğunda verilen özellikleri şöyledir:

- ILR etiketleri ile uyumluluk
- ILR etiketleri normal frekansta yayın yapıyorsa okuma uzaklığı 100m

- ILR etiketleri normal frekansta yayın yapıyorsa yazma uzaklığı 100m
- Okuma oranı 35 etiket/s
- Kapsama alanı içinde 2000 etiketle iletişim desteği
- Bağlantı frekansı, 868.350 Mhz
- 64 Kb flash bellek
- Windows 98/2000/XP sürücü desteği
- Start CF Card boyutlarındadır

Ekipmanın ikinci bileşeni olan RFID etiketi ise, Identec Solutions firmasının Intelligent Long Range (ILR) olarak adlandırdığı aktif etiketlerdir. ILR etiketi de diğer aktif etiketler gibi çalışması için gerekli olan gücü içinde barındığı pilden almaktadır. ILR etiketlerinin özellikleri aşağıda sıralanmıştır:

- Yüksek UHF radyo frekansı ile okuyucu ile arasında 30 metreye çıkabilen okuma uzaklığı
- Etiket sıcaklığını rapor edebilme ve bunu okuyucuya iletebilme özelliği
- 32 KB bellek
- 6 yıl pil ömrü
- Güç kesildiğinde 10 yıl sürebilecek veri koruması
- 100,000 defa veri yazılabilme desteği
- 115 kbits/s senkron veri transferi

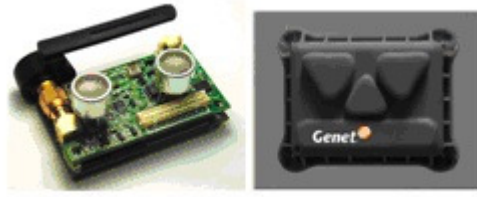
6.1.2 Duyarga ekipmanının teknik özellikleri

Laboratuar ve saha testleri sırasında Genetlab firması tarafından geliştirilen iki farklı model duyarga kullanılmıştır. Bu farklı tür duyargaların teknik özellikleri izleyen bölümlerde verilmektedir.

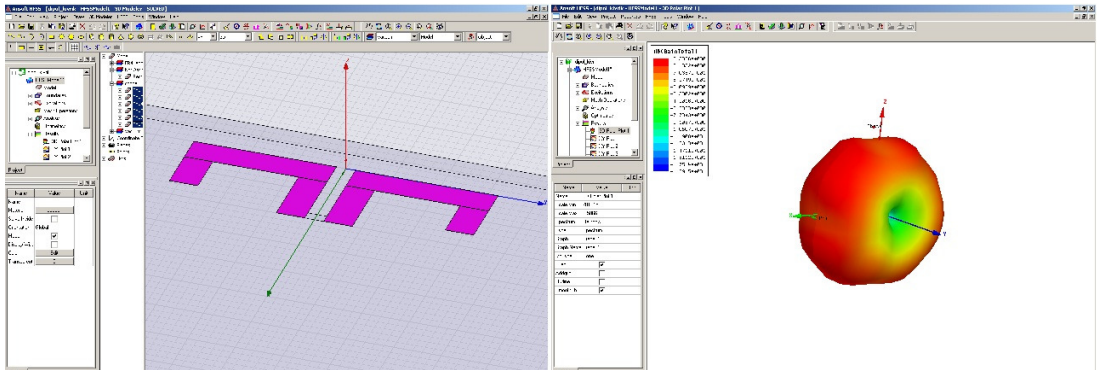
6.1.2.1 Sensenode v.1.3 duyargasının teknik özellikleri

Tez kapsamında gerçekleştirilen duyarga testlerinin bir kısmı Genetlab tarafından geliştirilen Sensenode v.1.3 (Şekil 6.2) düğümleri kullanılarak yapılmıştır. Sensenode v.1.3 48 kB program flash belleği ve 10 kB RAM bulunan TI MSP430 F1611 mikrodenetleyici sayesinde düşük güç tüketmektedir. Bu mikrodenetleyicinin

8 MHz'lik bir osilatörü bulunmaktadır. Ayrıca duyarga düğümünün harici olarak M25P80 1MB seri flash belleği bulunmaktadır. Duyarga düğümü bilgisayar ile seri iletişim için mikrodenetleyici üzerinde yer alan USART1'i (Universal Asynchronous Receiver/Transmitter) kullanmaktadır. Kablosuz haberleşme için IEEE 802.15.4 standartına uyumlu Chipcon CC240 radyo birimi bulunmaktadır. Bu duyarga ağında kullanılan frekans 2.4 GHz ve veri aktarım hızı 250 kbps'dır. Ayrıca duyarga düğümünün entegre analog – sayısal, sayısal – analog çeviricileri (sürekli-ayrık işaret çevirici) bulunmaktadır.



Şekil 6.2 : Genetlab Sensenode v.1.3 a) duyarga düğümü b) duyarga düğümü için koruyucu kapsül.



Şekil 6.3 : Genetlab Sensenode v.1.3 anten yayılımı a) eksenler b) örüntü.

Şekil 6.3 Genetlab Sensenode v.1.3'ün anten yayılımını göstermektedir. Şekil 6.3.a'da anten yayılımının eksenleri görülürken, Şekil 6.3.b'de anten yayılımının örüntüsü görülmektedir. Bu yayılım örüntüsü, hava almayan ve hiçbir bozucu etkenin olmadığı bir ortam için geçerli olmaktadır. Duyargaların açık hava veya laboratuvar ortamında yapılan testlerde aynı şekilde düzgün bir yayılım örüntüsü oluşturması beklenemez. Yürütülen testler de gerçek ortamda radyo yayılım başarımını belirleyebilmek üzere gerçekleştirilmiştir.

6.1.2.2 Sensenode v.2.1 duyargasının teknik özellikleri

Genetlab firması tarafından geliştirilen Sensenode v.2.1 (Şekil 6.4) duyargası teknik özellikler açısından Sensenode v.1.3 duyargasına benzemekle beraber her iki

duyarganın çıkış güçleri arasında farklılıklar bulunmaktadır. Bu farklılıklar Çizelge 6.1’te belirtilmiştir. Sensenode v.1.3 düşük güç tüketimini hedef alarak tasarlanmış bir duyargadır. Düşük güç tüketimi bu duyarganın pil ömrü açısından iyi bir özelliği olsa da yayın alanının kısa olması bu duyargaların uzun yayın alanı (veri aktarımı) gerektiren uygulamalarda kullanımını zorlaştırmakta ve okuma menzilini düşürmektedir. Sensenode v.2.1 ise çıkış gücü yüksek olan bir duyarga olduğundan bu tezde gerçekleştirilen sistem için uygun bir teknoloji altyapısı sunmaktadır.



Şekil 6.4 : Sensenode v.2.1 duyarga düğümü.

Çizelge 6.1 : Sensenode duyargaları arasındaki farklılıklar.

Özellik/Duyarga	Sensenode v.1.3	Sensenode v.2.1
Çıkış Gücü	5 seviye (-25dBm – 0 dBm)	max. +14 dBm (güçlendirici ile)
Alıcı Duyarlılığı	-94 dBm	-101 dBm (güçlendirici ile)

6.2 RFID Ekipmanının Laboratuvar Ortamında Test Edilmesi

Bu bölümde sistemin çeşitli adımlarında birkaç aşamalı olarak yürütülen okuma/yazma süreçlerinin laboratuvar ortamında test edilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla yapılan laboratuvar testleri şunlardır: (1) Değişen veri boyutuna karşılık etiketten veri aktarım süresinin değişimine ilişkin veri boyutu-veri okuma süresi testleri. (2) Değişen veri boyutuna karşılık verinin kayba uğramadan etiketlere aktarılıp aktarılmadığı, aktarımı süresi arasındaki ilişkinin incelendiği veri boyutu-veri yazma süresi testleri. (3) Etiket ve okuyucunun pozisyonlarının veri okuma sonuçlarına etkisini belirlemek için okuyucu sabit tutularak etiketin x-y ve z eksenleri etrafında döndürüldüğü ve her 45 derecelik açı için okuma başarımının değerlendirildiği açı-okuma başarısı testleridir.

6.2.1 Veri boyutu-veri okuma süresi ilişkisi testleri

Laboratuvar ortamında gerçekleştirilen veri okuma testlerinde uygun okuma uzaklığı, en iyi okuma hızı ve en az veri kaybının elde edilmesi hedeflenmiştir. Okuyucunun anteni devrenin içinde olduğundan ve dahili bir anten bulunmadığından veri aktarımının kayıpsız olarak yapılabilmesi için uzaklık 1 metre olarak belirlenmiştir ve deneyler bu

uzaklıkta gerçekleştirilmiştir. 1 metrenin üstündeki mesafedeki testler için ek bir CF card antenine ihtiyaç duyulduğu tespit edilmiştir.

Etiket içinde bulunan 20112B'lık veri başarıyla okunmuştur. 30 kez tekrarlanan testlerde okuma hızının değişmediği görülmüş ve sürenin ortalama 11 saniye olduğu görülmüştür. Testlerde hem veri yazma hem de veri okuma süresinin aktarılan veri boyutu ile doğru orantılı olduğu tespit edilmiştir. Veri kaybını önlemek için okuyucu ve etiket tarafında paketlerin aktarım durumları kontrol edilmiştir. Bu kontroller aracılığıyla karşı tarafa ulaşamayan paket tekrar yollanmaktadır. Böylece yapılan testlerde veri kayıplarının olmadığı gözlenmiştir. Veri okuma esnasında RFID etiketi okuyucudan uzaklaştırıldığında iletişimde kopukluk olması engellenmiş fakat okuma süresinin uzadığı gözlenmiştir. Ortalama sürenin yaklaşık %80'inin radyo frekansı ile sağlanan kablosuz haberleşme ile gerçekleştirildiği hesaplanmıştır. Okunan verilerin ayraçlarla çözümlenerek arayüze yansıtılmasına kadar yaşanan süreç veri işleme süreci olarak tanımlanmaktadır. Veri işleme sürecinin süresi verinin boyutuna göre değişmekte ve ortalama sürenin yaklaşık %20'sini oluşturmaktadır.

6.2.2 Veri boyutu-veri yazma süresi ilişkisi testleri

Bu aşamada gerçekleştirilen testlerde verilerin kayba uğramadan etiketlere aktarılıp aktarılamadığı, veri aktarımının süresi, aktarım mesafesi ilişkileri incelenmiştir.

Laboratuar deneylerinin ilk aşamasında, RFID okuyucusunun bulunduğu sistem ile haberleşebilmesini sağlamak için öncelikle sistem tarafından tanınması ve kendisine port tahsil edilmesi gerekmektedir. Bu doğrultuda, taşınabilir bilgisayara bağlanan okuyucuya PCMCIA üzerinden uygun olan bir seri port atanmıştır. Port alındıktan sonra genel arayüz okuyucu ile bağlantı kurmuş ve okuyucu hizmetlerini genel arayüze açmıştır.

Gerçekleştirilen laboratuar testlerinde üretici kataloğunda 32 KB olarak belirtilen RFID etiketlerinin 25KB'lık kısmının uygulama için kullanılabileceği tespit edilmiştir. İlk 7 KB'lık adres alanları etiket üzerinde bulunan etiketin sisteme ait rutin işlemleri (örneğin LED yakabilme gibi) yapabilmesi için gereken programları ve gerekli veri alanları için ayrılmıştır.

İletişim herhangi bir kesilme olmadan başarı ile sonlandığında arayüzde ne kadar veri transfer edildiği belirtilmektedir. Laboratuar testlerinde bilgisayardan RFID okuyucusuna ve oradan da RFID etiketine gönderilen 20112B'lık (19,64kB) veri

başarıyla transfer edilmiştir. RFID etiketinin flash belleği duyargalara göre daha kısıtlı olduğundan (25KB), testler az miktarda veri üzerinde yürütülebilmektedir. Bu veri 10 kişiye ait resimsiz nüfus ve sağlık kayıtları, 4 katlı konut tipi binaya ilişkin bilgiler, 5 türden tehlikeli madde bilgisi, her biri Jpeg formatında yaklaşık 3kB boyutunda 4 bina cephe fotoğrafı ve yaklaşık 4kB boyutunda 1 adet zemin kat planı bilgilerini içermektedir.

Yazma mesafesi ile ilgili yapılan laboratuvar testlerinde de dahili anten bulunmayışı nedeniyle yazma mesafesinin kısıtlı olduğu belirlenmiş ve bu sebeple testler en fazla 1 metre mesafede gerçekleştirilmiştir. 1 metre altında yapılan bütün veri yazma işlemleri başarılı olmuştur. Veri yazma süresi (hızı) ile ilgili yapılan testlerde 1023B, 10543B ve 20112 B'lık veriler etiketlere 30'ar kez yazılmıştır. Çizelge 6.2'da bu testlerde elde edilen ortalama veri yazma süreleri verilmiştir.

Çizelge 6.2 : RFID etiketine örnek veri yazma süreleri.

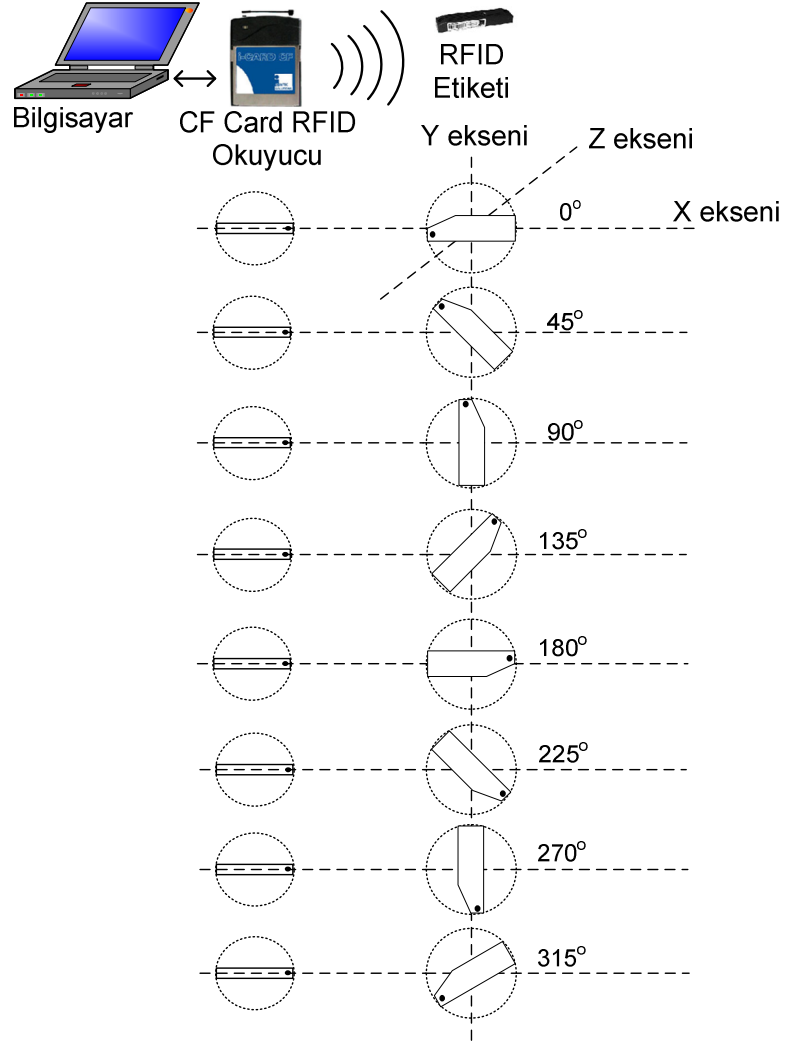
Veri Boyutu (B)	Yazma Süresi (sn)
1023	3
10543	7
20112	13

Bu testlerde yazma süresinin verinin boyutuyla doğru orantılı olduğu gözlenmiştir. Veri aktarımında paket kaybı ile ilgili yapılan testlerde okuyucu ile etiket arasında etkin yazma mesafesi olarak belirlenen 1 metre'lik mesafede veri kaybının hiç olmadığı gözlenmiştir. Fakat mesafe 1 metrenin üstüne çıkarıldığında beklenildiği gibi veri kaybı oranının arttığı hatta yazma işleminin sonlanamadığı gözlenmiştir. Bu sorunun kart okuyucu üzerine dahili bir antenin takılması ile çözülebileceği düşünülmüştür. Dışarıdan takılan anten kapsama alanını arttıracak için veri kaybının minimum seviyeye ineceği tespit edilmiştir.

6.2.3 Açık-okuma başarıları testleri

Laboratuvar testlerinde etiket ve okuyucunun pozisyonlarının veri okuma sonuçlarına etkisini belirlemek için okuyucu sabit tutularak etiket x-y ve z eksenleri etrafında 45'er derece artımlarla döndürülmüş ve okuma başarıları ile aktarım süresi belirlenmiştir:

Etiket z eksen etrafında döndürülmesi: Yapılan ilk test grubunda okuyucu x-y düzlemi üzerinde ve anteni x eksen doğrultusunda iken etiket z eksen etrafında döndürülmüştür (Şekil 6.5). Elde edilen sonuçlar Çizelge 6.3'de verilmiştir.



Şekil 6.5 : z eksenini etrafında döndürülen etiketin farklı açılardaki konumları (anten ve etiketin yandan görünüşü).

Çizelge 6.3 : Etiketinin z eksenini etrafında döndürülmesi ile elde edilen sonuçlar.

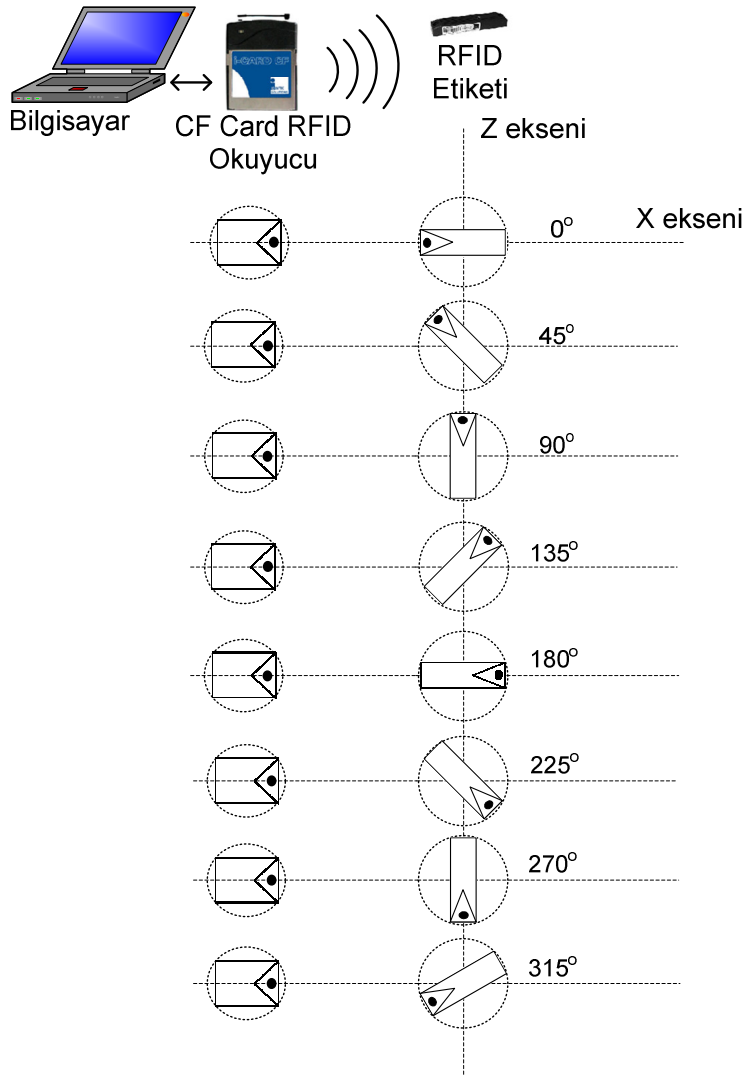
z eksenini – Açısı	Okuma Başarısı
0	Başarılı
45	Başarılı
90	Başarılı
135	Başarılı
180	Başarılı
225	Başarılı
270	Başarılı
315	Başarılı

Elde edilen sonuçlar etiket ile okuyucu arasındaki z eksenindeki açı değişiminin okuma süresini ya da başarısını etkileyici bir unsur olmadığını göstermiştir. Tüm açılar için okuma süresi 11 sn olarak gözlenmiş ve tüm okumalar başarılı olmuştur.

Etiket y ekseninde döndürülmesi: Yapılan ikinci test grubunda, okuyucu yine x-y düzlemi üzerinde ve anteni x eksenine doğrultusunda iken etiket y ekseninde döndürülmüştür (Şekil 6.6). İkinci test grubundan elde edilen sonuçlar Çizelge 6.4’de verilmiştir.

Çizelge 6.4 : Etiket y ekseninde döndürülmesi ile elde edilen sonuçlar.

y eksenine – Açısı	Okuma Başarısı
0	Başarılı
45	Başarılı
90	Başarısız
135	Başarısız
180	Başarısız
225	Başarısız
270	Başarılı
315	Başarılı



Şekil 6.6 : y ekseninde döndürülen etiketin farklı açılardaki konumları (anten ve etiketin üstten görünüşü).

Sonuçlar incelendiğinde, etiketın açısının y eksenı etrafında değıştirildiğinde 90-135-180-225 açılarında, bir başka deyişle okuyucu anteni ile etiketın farklı yönlerė baktığı durumlarda başarılı bir iletişim kurulamadığı görölmektedir.

Bu durumun antenin yayılım örüntüsünden kaynaklandığı düşünölmüştür. Diğer açılar için (0, 45, 270 ve 315) başarılı bir iletişim kurulmuş ve okuma süresi yaklaşık 11 sn olarak gözlenmiştir. Bu durumda etiketlerin RFID okuyucusu ile aynı düzlemde iken birbirine bakar pozisyonda olmasının okuma sonucunu her zaman başarılı kılacağı belirlenmiştir.

Etiketın x eksenı etrafında döndürölmesi: Üçüncü test grubunda ise, okuyucu x-y düzlemi üzerinde ve anteni x eksenı doğrultusunda iken etiket x eksenı etrafında döndürölümüştür (Şekil 6.7). Bu test grubunun sonuçları Çizelge 6.5’da verilmiştir.

Çizelge 6.5 : Etiketın x eksenı etrafında döndürölmesi ile elde edilen sonuçlar.

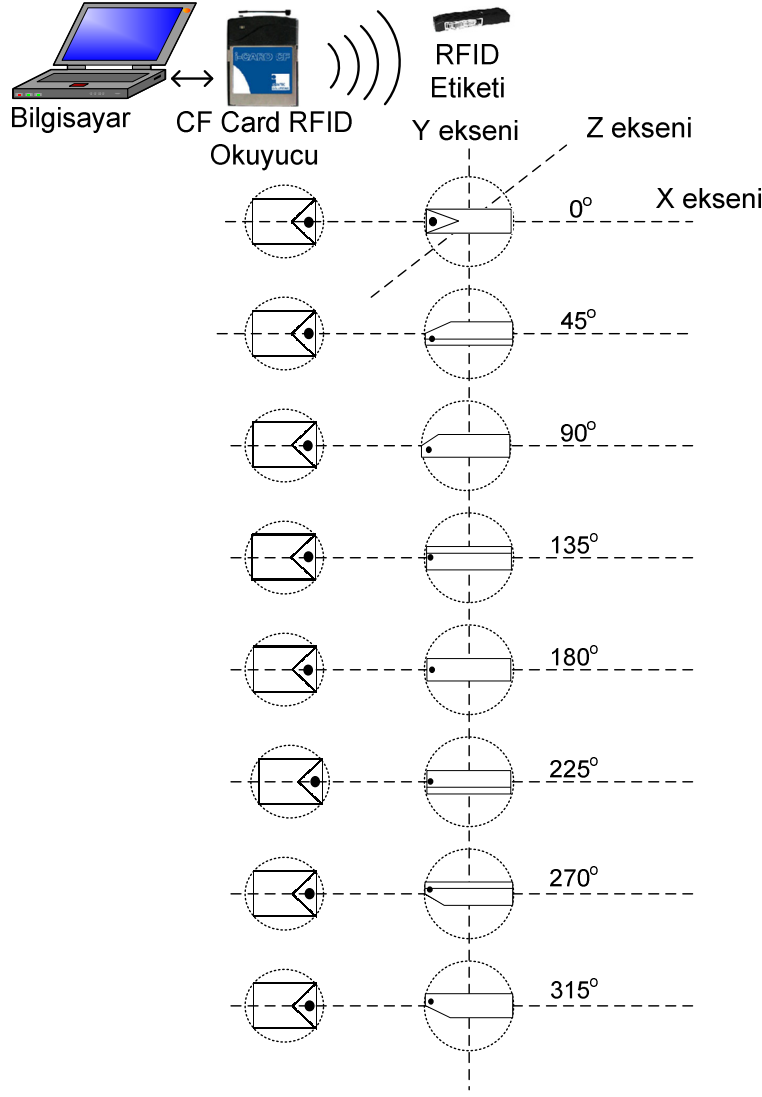
x eksenı – Açık	Okuma Başarısı
0	Başarılı
45	Başarılı
90	Başarılı
135	Başarılı
180	Başarılı
225	Başarılı
270	Başarılı
315	Başarılı

Elde edilen sonuçlar değeriendirildiğinde, x eksenindeki açı değışiminin okuma başarısına ve süresine etki etmediğı görölmüştür. Okuma işleminin tüm açılar için başarılı olduğı ve okuma süresinin 11 sn olduğı gözlemlenmiştir.

Laboratuar testlerinde kapsama alanı içinde iletişim kopukluğu olmadıkça veri kaybı olmadığı gözlenmiştir. Veri kaybının, veri boyutuna bağılı olmadığı ve veri transferi süresince okuyucu ve etiket arasına engelleyici bir unsur girmedikçe veya okuma uzaklığının dışına çıkılmadıkça gözlenmediğı tespit edilmiştir.

6.2.4 Dış anten ile açı-okuma başarısı testleri

RFID etiketleri ile yapılan bu testlerde RFID okuyucusuna entegre edilen dış anten kullanılmıştır. Laboratuar ortamında antensiz olarak gerçekleştirilen açı testlerinde gözlemlenen farklı açılar için aktarım sorunlarının dış anten ile aşılıp aşılamadığı analiz edilmiştir.



Şekil 6.7 : x eksenini etrafında döndürülen etiketin farklı açılardaki konumları (anten ve etiketin üstten görünüşü).

Bu doğrultuda, okuyucu x-y düzleminde bulunmak koşuluyla, okuma yapılacak etiket sırası ile x, y ve z eksenlerinde 0–315 derecelik açıyla döndürülmüştür. Her açı değeri için yaklaşık 7 metrelik mesafeden 5'er kez okuma yapılmış ve sonuçların ortalaması alınmıştır. Bu işlem sonucunda farklı eksenlerdeki farklı açı değerlerinin okuma başarısı ve okuma süresine etkisi gözlemlenmek istenmiştir.

Çizelge 6.6'ta verilen sonuçlar incelendiğinde, bütün eksenlerde tüm açı değerleri için okuma yapılabildiği ve okuma sürelerinin birbirine çok yakın olduğu görülmüştür. Böylece dış anten bulunması durumunda, etiket ile okuyucu arasındaki açının iletişim başarımını etkilemediği anlaşılmıştır. Kart okuyucuya dış anten takıldığında aktarım mesafesinin 65m'ye dek çıktığı gözlemlenmiştir.

Çizelge 6.6 : Etiketın x, y ve z eksenleri etrafında döndürölmesi ile elde edilen sonuçlar (okuyucuda dış anten varken).

Açı	x Eksenı Okuma Süresi	y Eksenı Okuma Süresi	z Eksenı Okuma Süresi
0	11,96	11,95	11,96
45	11,98	11,93	11,99
90	11,93	11,93	11,95
135	11,93	11,91	11,92
180	11,93	11,92	11,92
225	12,01	11,96	11,98
270	11,94	11,96	11,94
315	11,97	11,93	11,95

6.3 Duyarga Ekipmanının Laboratuar Ortamında Test Edilmesi

Bu bölümde laboratuar ortamında duyarga teknolojilerinin değışen veri boyutuna karşılık veri aktarım sürelerinin değışiminin analizi amaçlanmıştır. Ayrıca alıcı ve gönderici duyarga arasındaki açığa bağı olarak oluşan paket kayıplarının nasıl etkilendiğı de ölçölmüştür. Bu amaçla: (1) Bir binaya ait bilgilerin saklandığı duyarga içindeki veri boyutu binadaki kişı sayısı aşama aşama artırılırken (sırayla 1, 5, 10, 25, 50, 100 kişilik binalara ait bilgiler) okuma süresinin bundan nasıl etkilendiğini inceleyen "veri boyutu-okuma süresi ilişkisi" testleri ile, yazma süresinin nasıl değıştiğini inceleyen "veri boyutu-yazma süresi ilişkisi" testleri yapılmıştır. (2) Alıcı duyarga ile gönderici duyarga arasındaki en uygun iletişim açısının bulunabilmesi için açı değıştikçe iletişim sırasında yaşanan paket kayıplarının gözlendiğı "açı-okuma başarısı testleri" yapılmıştır. Bu testler ile 6. Bölüm kapsamında incelenen teknoloji gereksinimleri arasındaki "veri aktarım hızının yüksek olması", "yüksek bellek kapasitesi" ve "veri erişiminde güvenilirlik" koşullarının duyargalar tarafından nasıl karşılandığının test edilmesi hedeflenmiştir.

6.3.1 Sensenode v.1.3 ekipmanının laboratuar ortamında test edilmesi

Bu bölümde Sensenode v.1.3 ekipmanı kullanılarak laboratuar ortamında yapılan veri boyutu-okuma süresi ilişkisi ile açı-okuma başarısı ilişkisi testleri ve bunlardan elde edilen sonuçlar detaylı olarak verilmektedir.

6.3.1.1 Veri boyutu-veri okuma süresi ilişkisi testleri

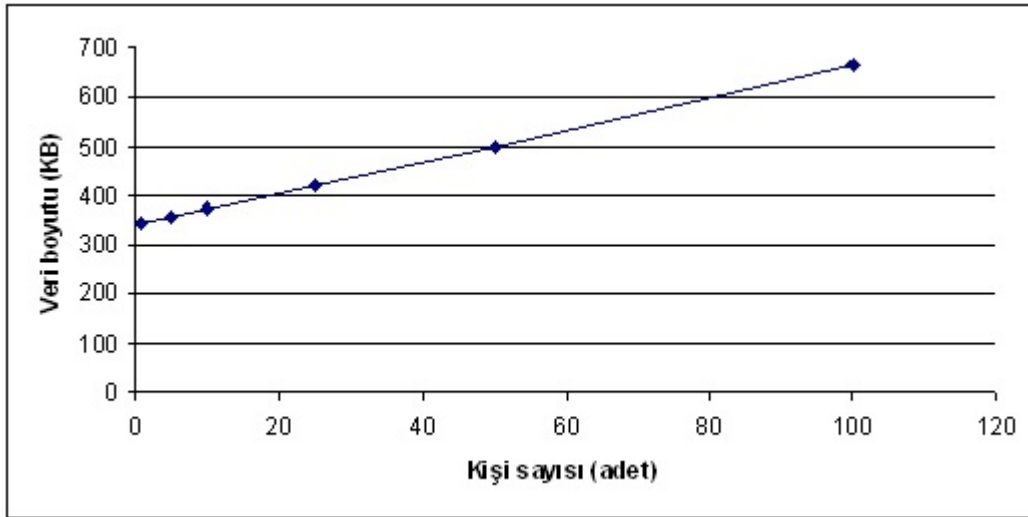
Bu testlerde tek bir duyargadaki verilerin bir başka duyargaya aktarılması durumunda aktarılan veri boyutunun okuma süresine etkisi gözlemlenmiştir. Testler, alındılı mesaj aktarımı sağlayan protokolün kullanıldığı ortamda, paketlerin yeniden

gönderimini minimuma indirmek ve daha sağlıklı sonuçlar elde edebilmek için gönderici ve alıcı duyarga arasında yaklaşık 1 m'lik bir mesafeden gerçekleştirilmiştir.

Bu doğrultuda belleğinde 1, 5, 10, 25, 50, 100 kişilik binalara ait veriler olan duyargalar için ayrı ayrı aktarım testleri yapılmıştır. Kişi sayısı ile veri boyutu ve veri boyutu ile okuma süresi arasındaki ilişki gözlemlenmiş ve sonuçlar Çizelge 6.7'de verilmiştir.

Çizelge 6.7 : Veri boyutu-veri okuma süresi testi sonuçları.

Kişi Sayısı	Boyut (KB)	Süre (sn)
1	342,53	264
5	355,77	275
10	372,17	288
25	421,59	328
50	498,75	392
100	663,87	526

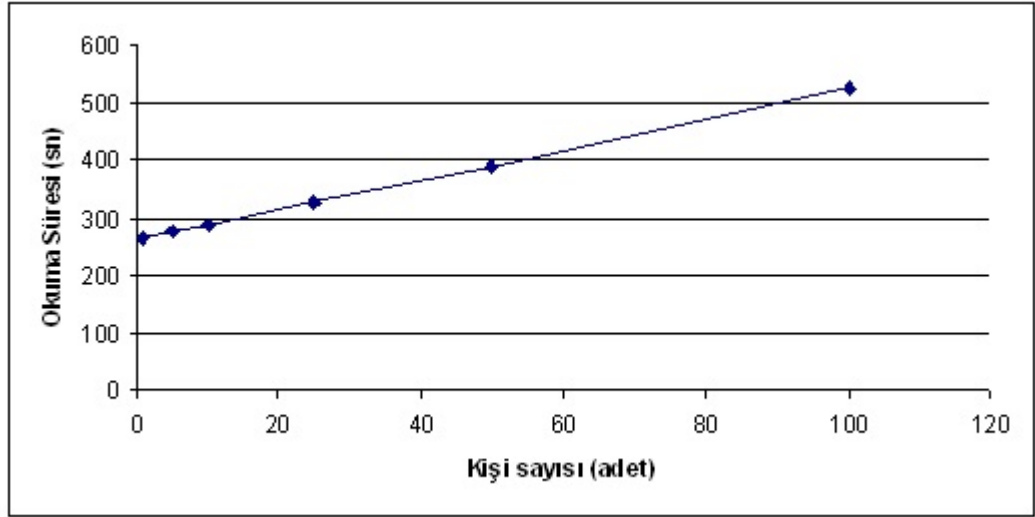


Şekil 6.8 : Kişi sayısı-veri boyutu ilişkisini gösteren grafik.

Şekil 6.8 ve Şekil 6.9 incelendiğinde elde edilen sonuçların beklendiği gibi olduğu ve veri boyutuyla okuma süresinin artan kişi sayısına karşılık doğrusala yakın bir şekilde arttığı görülmüştür.

6.3.1.2 Açı-okuma başarısı testleri

RFID ile yapılan açı testlerinde olduğu gibi, alıcı duyarga sabit tutulurken, alıcı ile gönderici duyarga arasındaki açı 0–315 dereceler arasında sırasıyla x, y ve z eksenleri etrafında 45'er derecelik artımlarla değiştirilerek iletişim sırasında yaşanan paket kayıpları gözlenmiştir (Çizelge 6.8, Çizelge 6.9, Çizelge 6.10).



Şekil 6.9 : Kişi sayısı-okuma süresi ilişkisini gösteren grafik.

Çizelge 6.8 : x eksenini için değişen açı değerlerine karşılık paket kayıp oranı değerleri.

Derece	Ortalama kaybolan paket sayısı	Toplam paket sayısı	Paket kayıp oranı
0	0	115	0
45	2,4	115	2,09
90	6,6	115	5,74
135	0,4	115	0,35
180	0,6	115	0,52
225	8	115	6,96
270	8,2	115	7,13
315	2	115	1,74

Çizelge 6.9 : y eksenini için değişen açı değerlerine karşılık paket kayıp oranı değerleri.

Derece	Ortalama kaybolan paket sayısı	Toplam paket sayısı	Paket kayıp oranı
0	0	115	0
45	1,6	115	1,4
90	3,4	115	3
135	0,4	115	0,35
180	0	115	0
225	0,4	115	0,35
270	0,8	115	0,7
315	0,8	115	0,7

Bu şekilde en az paket kaybının yaşandığı açı(lar) bulunmak istenmiştir. Bunun için bir duyargadan aktarılan birincil bilginin (10,05 KB bilgi her biri 98B'lık 115 mesaj paketi ile gönderilmektedir) herhangi bir protokol kullanılmadan alıcı duyargaya gönderilmesi sağlanmıştır. Bu esnada alıcı tarafa ulaşan paket sayısı gözlemlenerek

aktarımda oluşan paket kayıp oranı hesaplanmıştır. Paket kayıp oranı kaybolan paket sayısının birincil bilgi toplam paket sayısına bölünmesiyle elde edilmiştir.

Çizelge 6.10 : z eksenini için değişen açı değerlerine karşılık paket kayıp oranı değerleri.

Derece	Ortalama kaybolan paket sayısı	Toplam paket sayısı	Paket kayıp oranı
0	0	115	0
45	0,4	115	0,35
90	0	115	0
135	0	115	0
180	2,6	115	2,26
225	0,4	115	0,35
270	2	115	1,74
315	6	115	5,22

Sonuçlar incelendiğinde en iyi performansın her eksen için 0 derecede elde edildiği görülmüştür. Bunun sebebinin her iki duyarganın anteninin aynı doğrultu üzerinde birbirine bakması olduğu görülmektedir. Buna ek olarak, 0 derecelik açının sağlanamadığı koşullarda paket kayıplarının nispeten düşük olduğu 0-45 derece arası bir açıdan okuma yapılması önerilmektedir. Ayrıca x eksenini için, 90, 225 ve 270 derecede, y eksenini için 90 derecede ve z eksenini için 180 ve 315 derecede paket kayıplarının diğer açılara göre daha yüksek olduğu görülmüştür. Sistem tasarımında geliştirilen protokol ile veri aktarımında kayıpların olması engellenmiş ve paket kaybı oluşması durumunda yeniden gönderimin yapılması sağlanmıştır. Her mesaj kaybının 100 ms’lik bir gecikmeye neden olacağı düşünülürse % 2’nin üzerindeki kayıpların çok büyük veriler için zaman kısıtı göz önüne alındığında başarımı düşürücü gecikmelere neden olacağı öngörülmüştür. Ayrıca farklı açı değerleri için farklı sonuçlar alınmasının antenin yayılım örüntüsünden ve kullanılan duyarganın çıkış gücünün düşük olmasından kaynaklandığı düşünülmüştür. Bu sonuçlara göre, Sensenode v.1.3 için laboratuvar ortamında gözlemlenen farklı açılar için değişken sonuçlara karşılık saha ortamında geniş kapsamlı testler yapılarak sonuçların gözlemlenmesi amaçlanmıştır.

6.3.2 Sensenode v.2.1 ekipmanının laboratuvar ortamında test edilmesi

Sensenode v.1.3 duyargası ile gerçekleştirilen testler sırasında menzil sınırlamaları ve yüksek paket kaybı gibi durumlar gözlemlendiğinden Genetlab firması ile görüşmeler sonucunda firmanın çıkış gücü daha yüksek olan Sensenode v.2.1 duyargasını

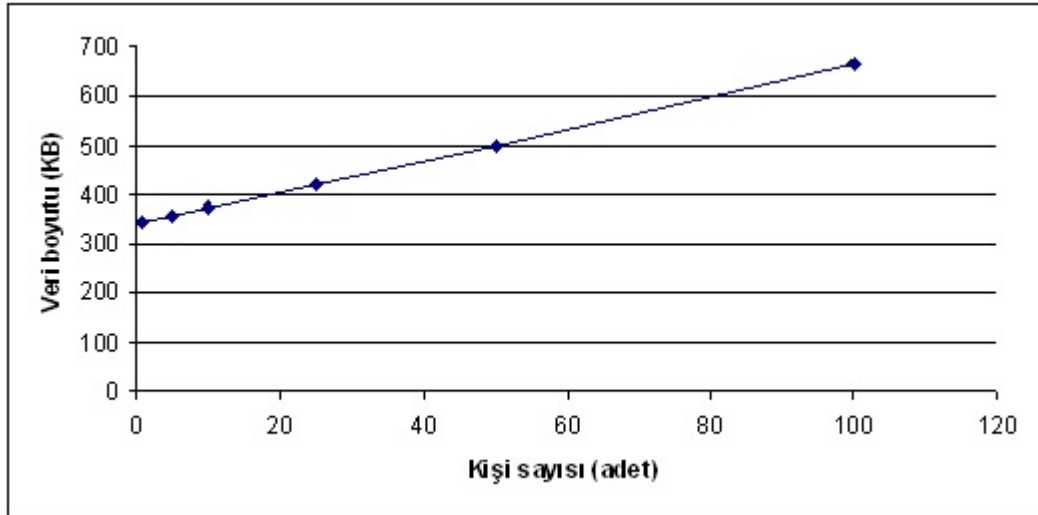
sürüme hazırlamakta olduğu öğrenilmiş ve bu duyargaları içeren bir set ile gerçekleştirilen saha testlerine ek olarak laboratuvar ortamında Sensenode v.2.1 duyargaları için de aç-oku başarıları testleri yapılmıştır. Ayrıca Sensenode v.1.3 ile birlikte bu duyargalar için veri boyutu-veri yazma testleri gerçekleştirilmiştir.

6.3.2.1 Sensenode v.2.1 ve Sensenode v.1.3 duyargaları için veri boyutu-veri yazma testleri

Bu testlerde, duyarga belleğine veri yazma süresi ölçülmek istenmiştir. Bu doğrultuda, değişik sayıda (1, 5, 10, 25, 50 ve 100 kişilik) kişilerden oluşan örnek bina verileri sırasıyla duyargaya yazılmış ve yazma süreleri ölçülmüştür. Yazma işlemi seri port üzerinden gerçekleştirildiği için belleğine veri yazılacak duyarga doğrudan bilgisayara bağlanmış ve dolayısıyla uzaklık, veri yazma testlerinde ele alınmamıştır. Sonuçlar Çizelge 6.11’te verilmektedir.

Çizelge 6.11 : Veri boyutu-veri yazma süresi testi sonuçları.

Kişi Sayısı	Boyut (KB)	Süre (sn)
1	342,53	284
5	355,77	293
10	372,17	304
25	421,59	342
50	498,75	401
100	663,87	519



Şekil 6.10 : Kişi sayısı-veri yazma süresi ilişkisini gösteren grafik.

Şekil 6.10 incelendiğinde, veri yazma süresinin beklenen şekilde veri boyutu ile doğru orantılı bir şekilde arttığı görülmüştür. Bunun sebebi, yazma işleminin seri

iletişim ile gerçekleşmesinden dolayı, kablosuz haberleşmede yaşanan paket kayıplarının olmaması ve bunun sureye etki etmemesi olarak dlmştr.

6.3.2.2 Aı-okuma başarısı testleri

Sensenode v.2.1 duyargası ile yapılacak uzaklık–sre arasındaki ilişkiyi inceleyen testler öncesinde alıcı ve gönderici duyargalar arasındaki ideal açıyı belirlemek için aı–okuma başarısı gözlemlenmiştir. RFID ekipmanı ve Sensenode v.1.3 duyargaları ile yapıldığı gibi, alıcı duyarga ile gönderici duyarga arasındaki açı 0 ve 315 derece arasında sırasıyla x, y ve z eksenleri etrafında 45 derece değiştirilerek, her açıya göre paket kaybı gözlemlenmiştir (izelge 6.12, izelge 6.13, izelge 6.14).

Bu doğrultuda daha önce de yapıldığı gibi, 115 paketten oluşan birincil bilgiler (10,05 KB) paket kayıplarını önlemek üzere geliştirilen herhangi bir protokol kullanılmadan gönderici duyargadan alıcı duyargaya gönderilmiştir. Alıcı tarafta alınan paket sayısına bakılarak kayıp paket oranı bulunmuştur.

Çizelge 6.12 : x eksenini için değişen aı değerlerine karşılık paket kayıp oranı değerleri.

Derece	Ortalama kaybolan paket sayısı	Toplam paket sayısı	Paket kayıp oranı
0	0	115	0
45	0	115	0
90	0	115	0
135	0	115	0
180	0	115	0
225	0	115	0
270	0	115	0
315	0	115	0

Çizelge 6.13 : y eksenini için değişen aı değerlerine karşılık paket kayıp oranı değerleri.

Derece	Ortalama kaybolan paket sayısı	Toplam paket sayısı	Paket kayıp oranı
0	0	115	0
45	0,4	115	0,35
90	0,4	115	0,35
135	0,4	115	0,35
180	0	115	0
225	0	115	0
270	0,2	115	0,17
315	0,2	115	0,17

Çizelge 6.14 : z eksenı için değışen açđ değerlerine karşılık paket kayıp oranı değerleri.

Derece	Ortalama kaybolan paket sayısı	Toplam paket sayısı	Paket kayıp oranı
0	0	115	0
45	0	115	0
90	0	115	0
135	0	115	0
180	0	115	0
225	0,2	115	0,17
270	0	115	0
315	0,2	115	0,17

Sonuçlar incelendiğinde Sensenode v.2.1 ile elde edilen paket kayıp oranlarının radyo çıkış gücü daha düşük olan Sensenode v.1.3 duyargasına oranla çok daha az olduğu görülmüştür. Bunun sebebi Sensenode v.2.1'in radyo çıkış gücünün daha yüksek olması olarak belirlenmiştir. Bu doğrultuda, gönderilen paketlerin daha yüksek bir yüzdeyle alıcı tarafa ulaştığı anlaşılmıştır. Paket kaybının en az olduğu açılardan ise her eksen için ortak olarak 0 ve 180 derece olduğu görülmüştür. Bu durumun anten yayılım örüntüsünden kaynaklandığı düşünülmüştür.

Bu amaçla açđ-paket kayıp oranı ilişkisine dayalı testler temel alınarak, iki duyarga arasındaki ideal açđ aynı doğrultuda 0 derece belirlenmiştir. Bunun sebebi, bu açıda en az paket kayıp oranının elde edilmesidir. Ayrıca en sağlıklı iletişimin iki duyarganın anteninin birbirine baktığı açıda gerçekleştirilebileceğı düşünülmüştür. Saha testleri de bu doğrultuda gerçekleştirilmiştir.

7. SAHA TESTLERİ

Bu bölümde RFID ve Kablosuz Duyarga teknolojileri kullanılarak geliştirilmiş prototip sistemleri ile bina üzerinde yapılan saha testleri ve bu testlerin sonuçları detaylı olarak verilmektedir.

Bu testlerin amacı saha ortamında, tasarlanan sistemin başarımının test edilmesidir. Bu doğrultuda RFID ekipmanı ile Sensenode v.1.3 ve Sensenode v.2.1 duyarga ekipmanı kullanılarak alıcı ve gönderici birim arasındaki mesafe ile okuma süresinin ilişkisi (okuma uzaklığı-okuma süresi testleri) ve ortamda birden fazla birim olduğunda yapılan okumaların süresi ve başarımı (çoklu birim okuma testleri) ölçülmüştür.

Bunun yanında laboratuvar ortamında Sensenode v.1.3 duyargaları ile gerçekleştirilen aç-ı-okuma başarısı testlerinde alınan değişken sonuçlar nedeniyle benzer testler saha sinama testleri adı altında saha ortamında da gerçekleştirilmiştir. Ayrıca saha sinama testlerinde iletişimin gönderici duyargadaki pillerin doluluk oranından etkilenip etkilenmediğı de belirlenmiştir. Bu sonuçla, veri saklama birimleri gerçek binalar üzerine yerleştirildiklerinde okuma yapıp yapılamadığı ve bir ortamda birden fazla binaya ait birim okuyucunun okuma alanında olduğunda sistemin etkin biçimde kullanılıp kullanılmayacağı değerlendirilmiştir.

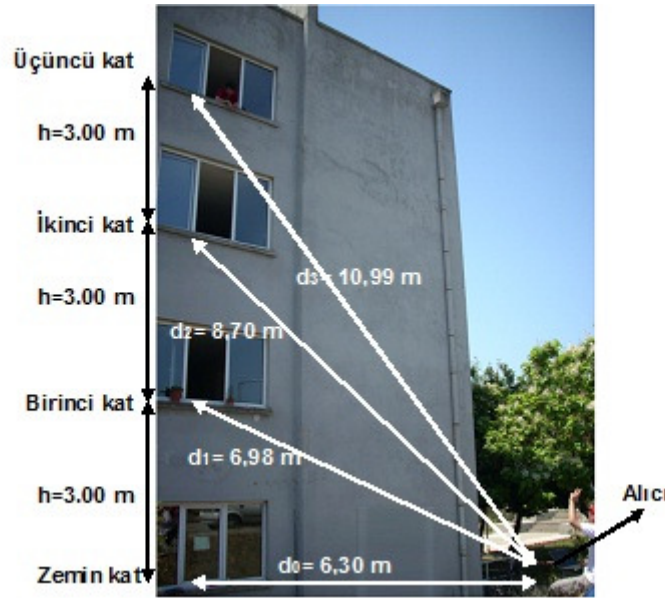
7.1 Test Ortamı Bilgileri

Saha testleri veri saklama birimleri binaların dış cephesine ve üst katların orta kısımlarına yerleştirilerek gerçekleştirilmiştir. Ayrıca laboratuvar ortamında yapılan testlerde RFID etiketleri ve duyarga düğümlerinin en başarılı iletişim sonuçların alıcı ve gönderici birimler arasındaki aç-ı 0 derece iken alındığı görülmüştür.

Saha testlerinin bir kısmı İstanbul Teknik Üniversitesi (İTÜ) Ayazağa Yerleşkesi'nde bulunan 4 katlı Elektrik-Elektronik Fakültesi (EEF) binasında, bir kısmı da Ayazağa'da bir toplu konut sitesi içinde yer alan 12 katlı bir bina üzerinde gerçekleştirilmiştir. RFID ve duyarga ekipmanı ile 1-4 katlı binalar üzerinde yapılan

testlerin bir kısmı EEF binasının giriş cephesi üzerinde (Şekil 7.1), bir kısmı binanın arka cephesi üzerinde (Şekil 7.2) yapılmıştır. 5-8 katlı binalar üzerinde gerçekleştirilen testler Ayazağa'daki bir toplu konut bünyesindeki 12 katlı binalardan birinde yapılmıştır (Şekil 7.3). Bu bölüm içerisinde EEF binası giriş cephesi Bina-1, EEF binası arka cephesi Bina-2 ve toplu konut içindeki bina ise Bina-3 olarak adlandırılmıştır.

Şekil 7.1'te görüldüğü gibi Bina-1, aralarında 3 metre mesafe bulunan dört katlı (zemin + 3 kat) bir binadır. Bina-2, aralarında 4,5 metre mesafe bulunan toplam dört katlı (zemin artı üç normal kat) bir binadır (Şekil 7.2). Bina-3 ise Bina-1 ve Bina-2'den farklı olarak, on iki katlı (zemin + 11 kat) bir binadır. Testler merdiven boşluğundaki pencerelerde yapılmış olup, burada katlar arasındaki mesafe 2,80 metredir (Şekil 7.3).

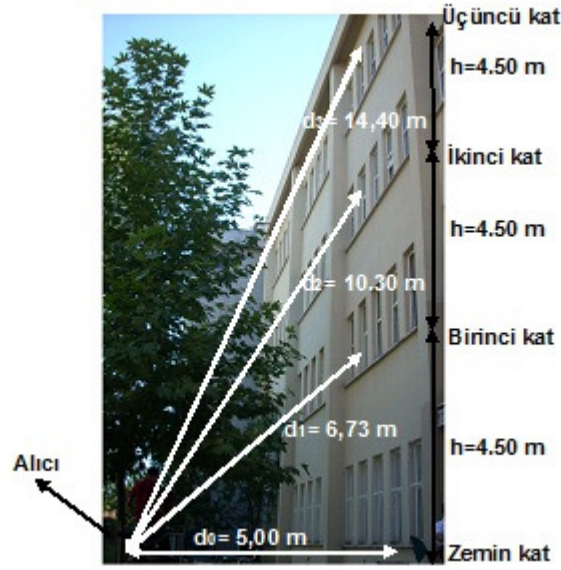


Şekil 7.1 : İTÜ Ayazağa Yerleşkesi Elektrik-Elektronik Fakültesi binası ön cephesi (Bina-1) ve ölçüleri.

7.2 RFID Ekipmanı ile Saha Testleri

Saha testleri için, RFID ekipmanları olarak i-Card CF kart okuyucu ve Intelligent Long Range (ILR) aktif etiketleri kullanılmıştır. Ayrıca laboratuvar testlerinde antensiz okuma mesafesinin çok kısıtlı olduğu tespit edildiği için, bu testler sırasında dış CF card anteni kullanılmış ve etiketler arası uzun mesafeli iletişim kurulabilmiştir. Kullanılan RFID etiketlerinin bellekleri yeterli olmadığı için etiketler üzerine sadece birincil bilgiler yüklenerek, testler sadece bu birincil bilgilerin

okunması üzerine yapılmıştır. Birincil bilgi olarak etiketlerin belleğinde 10,05 KB'lık veri bulunmaktadır.



Şekil 7.2 : İTÜ Ayazağa Yerleşkesi Elektrik-Elektronik Fakültesi binası arka cephesi (Bina-2) ve ölçüleri.



Şekil 7.3 : Toplu konut içinde test yapılan blok (Bina-3) ve ölçüleri.

7.2.1 Etiket tarama ve okuma süreleri

Bu testler Bina-1 üzerinde ortamda 12 adet etiket bulunduğunda etiket tarama süresini ve seçilen bir etiketten birincil bilgileri okuma süresini ölçmek için gerçekleştirilmiştir. İlk olarak binanın her katında, okuyucuya göre y ekseninde 90 derecelik açıyla yerleştirilmiş ve belleğinde farklı bina bilgileri bulunan 12 etiket için etiket taraması yapılmış ve bu etiketlerden biri seçilerek birincil bilgi okuması

yapılmıştır. Etiket tarama ve okuma süresi ölçülerek, bunların okuyucu ile uzaklığı arasındaki ilişki gözlemlenmiştir.

Sonuçlar incelendiğinde her kat için yakın değerler elde edildiği görülmüş ve bundan yola çıkılarak etiket tarama ve okuma süresinin okuyucu uzaklığından fazla etkilenmediği sonucuna varılmıştır (Çizelge 7.1). Elde edilen değerler katlar için az miktarda değişiklik göstermekte olup, ortaya çıkan sonuçlar birbirine çok yakındır.

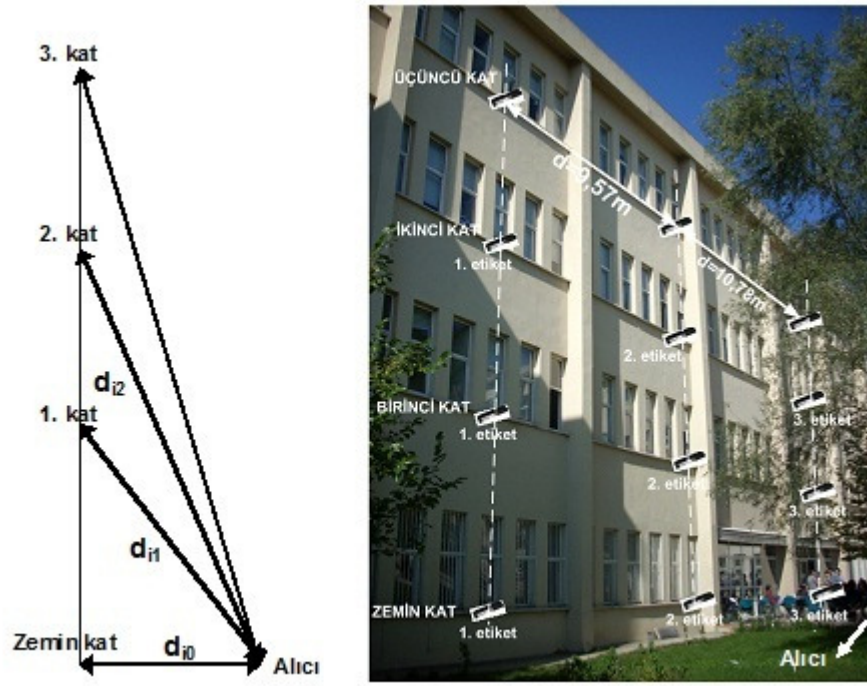
Çizelge 7.1 : Katlar için 12 adet etiketin taranması ve bir etiketin okunması için geçen ortalama.

Gönderici etiketin bulunduğu kat	Okuyucu ile uzaklık (m)	Etiket tarama (sn)	Birincil bilgi okuma (sn)
Zemin	6,30	7,11	11,93
Birinci	6,98	6,75	11,89
İkinci	8,70	6,13	11,84
Üçüncü	10,99	6,67	11,96

7.2.2 Çoklu etiket okuma testleri

Bu grup testler Bina-2 üzerinde gerçekleştirilmiştir. Aynı kata üç farklı binaya ilişkin birincil bilgileri (10,05 KB) içeren 3 ayrı etiket belirli aralıklarla yerleştirilmiş ve aynı anda birden fazla binaya ait birincil bilgilerin okunması test edilmiştir. Bu şekilde arama-kurtarma bölgesine ulaşan ekiplerin ortamdaki birden fazla bina arasından ilgilendikleri bina ile ilgili bilgilere ulaşp ulaşamayacakları test edilmiştir (Şekil 7.4).

Etiketlerin farklı binalar üzerine yerleştirilişini kurgulayabilmek için Bina-2 içerisindeki dersliklerden testler yapıldığı sırada boş olanları farklı bina alanları olarak belirlenmiş ve etiketler bu şekilde yerleştirilmiştir. Şekil 7.4’de görüldüğü gibi, birinci etiket her katta aynı sınıfın en sol penceresine yerleştirilirken, ikinci etiket aynı sınıfın en sağ penceresinde konumlandırılmış ve aralarındaki mesafe 9,57m olmuştur. Benzer şekilde üçüncü etiket ise her katta diğer iki etiketin yerleştirildiği sınıfın bitişiğindeki sınıfta en sağ pencereye yerleştirilerek, ikinci etiket ile aralarında 10,78m mesafe bırakılmıştır (Şekil 7.4). Böylece test ortamında üç adet bitişik nizam bina olduğu ve bunların üzerine üç farklı etiket yerleştirildiği kurgulanmıştır. Bu deney ile okuyucunun tarayıp okuyabildiği ortalama etiket sayısı elde edilmiştir. Bu deneyler her kat için tekrarlanmıştır.



Şekil 7.4 : Bina-2 üzerinde çoklu etiket okuma testleri sırasında etiketlerin bina üzerine yerleşimi ve alıcı ile gönderici arasındaki uzaklıkların temsili gösterimi (d_{ij} : göndericinin bulunduğu kata göre alıcı ile arasındaki uzaklık, i : etiket numarası, j : kat numarası).

Bu konumlandırma sonucunda birinci etiket ile okuyucu arasındaki mesafe etiket zemin katta iken 10,80m, etiket birinci katta iken 11,70m, etiket ikinci katta iken 14,06m ve etiket üçüncü katta iken 17,30m olmuştur. İkinci etiket ile okuyucu arasındaki mesafe etiket zemin katta iken 5,00m, etiket birinci katta iken 6,73m, etiket ikinci katta iken 10,30m ve etiket üçüncü katta iken 14,40m olmuştur. Üçüncü etiket ile okuyucu arasındaki mesafe ise, etiket zemin katta iken 11,88m, etiket birinci katta iken 12,71m, etiket ikinci katta iken 14,91m ve etiket üçüncü katta iken 17,99m olmuştur. Bu değerler de Çizelge 7.2’de her bir test sırasında erişilen etiket sayıları ile birlikte gönderici etiketler ve okuyucu arasındaki uzaklıklar olarak gösterilmektedir.

Çizelge 7.2 : Katlar için ortalama erişilen etiket sayısı ve alıcı-gönderici etiket arasındaki uzaklıklar.

Kat no	Erişilen etiket sayısı (adet)	1. etiketin alıcıya uzaklığı	2. etiketin alıcıya uzaklığı	3. etiketin alıcıya uzaklığı
Zemin	3	$d_{10}=10,80$ m	$d_{20}=5,00$ m	$d_{30}=11,88$ m
Birinci	3	$d_{11}=11,70$ m	$d_{21}=6,73$ m	$d_{31}=12,71$ m
İkinci	3	$d_{12}=14,06$ m	$d_{22}=10,30$ m	$d_{32}=14,91$ m
Üçüncü	3	$d_{13}=17,30$ m	$d_{23}=14,40$ m	$d_{33}=17,99$ m

Sonuçlar incelendiğinde her katta yapılan testlerde kattaki tüm etiketlere erişildiği görülmüştür. Bunun sebebi olarak tüm etiketlerin her katta okuyucu ile iletişim kurabilmesi, etiketlerin okuyucunun radyo alanı içerisinde bulunması olduğu anlaşılmıştır. Dolayısıyla yanyana duran binalar arasından elde edilmek istenen bilgiye erişimin sağlanabileceği ve ilgili etiketin seçilebileceği sonucuna varılabilir. Erişilen tüm etiket sayısının toplam etiket sayısına eşit olması her üç binanın bilgilerine erişimin sağlanabildiğini göstermekle beraber tasarlanan protokolün de düzgün çalıştığını göstermektedir.

RFID etiketleri içlerindeki pil sabitlenmiş olduğu ve değiştirilmesine olanak tanınmayan bir yapıda üretilmiş oldukları için, pillerin doluluk oranlarının RFID etiketlerinin iletişim süresi/başarısı üzerindeki etkisini test etmek mümkün olmamıştır. Aynı şekilde RFID kataloğunda pil ömrünün kullanıma göre 5 ya da 8 yıldan daha fazla olduğu belirtilirken, RFID etiketlerinin kullanım sürelerinin pil ömürleri ile sınırlı olduğu görülmüştür.

7.3 Duyarga Ekipmanı ile Saha Testleri

Bu grup testler, duyarga düğümlerinin açık havadaki iletişim performansını veri okuma süresi ve paket gönderim başarısı gibi kriterlere göre ölçmek üzere yapılmıştır. Ayrıca yakın aralıklı binalara ait birimler arasında karışıklık olmadan okuma yapılıp yapılamadığı da test edilmiştir.

Bu testler üç adımda gerçekleştirilmiştir. Testler sırasında duyargalardan biri bir dizüstü bilgisayara seri port üzerinden bağlanarak alıcı duyarga olarak kullanılırken, diğer duyarga(lar) bina bilgilerini tutan gönderici duyargalar olarak kullanılmıştır. Gönderici duyargaların sayısı yapılan testlerin gerektirdiği şekilde düzenlenmiştir.

Deneyler esnasında her iki model (Sensenode v.1.3 ve Sensenode v.2.1) duyarga için aynı mesaj yapısı oluşturulmuş ve aktarım parametreleri değişmemiştir. Duyargaların birbirleri ile haberleşmesi için aktarım hızı 250 Kbit/saniye'lik aktarım hızına karşın en yüksek mesaj pakedi boyutu duyarga işletim sisteminde 98B olarak tanımlanmıştır. Buna göre 10,05KB'lık birincil bilgiler 115 paket ve 50 kişilik bir bina için test amacıyla oluşturulan 498,75 KB'lık bina bilgileri toplam 5454 paket aktarımı ile iletilebilmektedir. Her bir paket gönderimi arasındaki bekleme,

protokolde gerçeklendiği şekliyle iletildi bilgisi gelene dek sürmektedir. Bu durumda her bir paket kaybına karşılık yaklaşık 100ms'lik gecikme gözlenmektedir.

İlk olarak birinci grup saha testleri sırasında kullanılan duyargalar için alıcı duyarga ile gönderici duyarga arasındaki en uygun iletişim açısını belirlemek ve pillerin doluluk oranlarının duyargaların iletişim performansları üzerinde nasıl bir etki yaptığını görmek amacıyla saha sınaama testleri gerçekleştirilmiştir. Bu testler, Sensenode v.1.3 duyargaları kullanılarak gerçeklenmiş olan testler olup laboratuvar testlerindeki farklı açılardaki değişken sonuçların saha üzerinde de gözlenip gözlenmediğini sınaamak ve en uygun değerleri belirlemek üzere yapılmıştır. Sınaama testlerinde belirlenen en uygun aı ve pil durumu sonuçlarına göre birinci grup saha testleri gerçekleştirmiştir. Bu testler ile iletişim sürelerinin mesafe değiştikçe nasıl değiştiği tespit edilmiştir. Ayrıca birden fazla gönderici duyarga kullanılarak katlar için erişilen ortalama duyarga sayısı saptanmıştır. Bu testler, Sensenode v.1.3 duyargaları kullanılarak gerçeklenmiş olan testlerdir.

İkinci grup saha testlerinde ise Sensenode v.2.1 duyargaları kullanılmıştır. Bu duyargalar ile de birinci grup saha testlerine benzer şekilde okuyucu uzaklığı değiştikçe okuma süresinin nasıl etkilendiği incelenmiştir. Çoklu duyarga testleri altında, aynı kat üzerine çok sayıda duyarga yerleştirilerek, daha yüksek çıkış gücüne sahip radyosu bulunan duyargalar kullanılması halinde erişilen toplam duyarga sayısının nasıl değiştiği gözlemlenmiştir. İlerleyen bölümlerde saha testlerinin detayları verilmektedir.

7.3.1 Sensenode v.1.3 ekipmanı ile yapılan saha testleri

Genetlab Sensenode v.1.3 duyargaları ile gerçekleştirilen saha sınaama testleri ile (1) alıcı ve gönderici duyarga arasındaki en uygun iletişim açısını belirlemek ve (2) gönderici duyarga içindeki enerji kaynağı pillerin doluluk oranının iletişim performansı üzerindeki etkisini incelemek amaçlanmıştır. Saha sınaama testleri ile belirlenen en uygun iletişim açısı ve pil doluluk oranı sonuçlarından faydalanılarak bu duyargalar ile saha testleri gerçekleştirilmiştir.

Birinci grup testler olarak adlandırılan bu saha testlerinde ise (1) okuyucu ve gönderici duyargalar arasındaki uzaklık ile okuma süresinin nasıl değiştiğine ve (2) ortamda birden fazla duyarga bulunduğunda bütün duyargalarla iletişim kurulup kurulmadığı ve sürenin nasıl etkilendiği incelenmiştir. Böylece birimlerden 1-4 katlı

binalar üzerinde gerçek koşullar altında okuma yapılmasının mümkün olup olmadığına bakılmıştır.

Sensenode v.1.3 ile yapılan saha sına testleri ile birinci grup saha testlerinin detayları takip eden bölümlerde verilmiştir.

7.3.1.1 Sensenode v.1.3 duyarga ekipmanı ile yapılan saha sına testleri

Sensenode v.1.3 ile laboratuvar ortamında yapılan açı-okuma başarısı testleri (Bkz. Bölüm 6.3.1.2) ile farklı açılar için duyargalar arasındaki iletişim başarısı paket kayıp oranlarına göre değerlendirilmiştir. Bu testler sırasında Sensenode v.1.3 duyargaları ile elde edilen sonuçların en uygun açı durumunu belirlemede tutarlı sonuçlar vermediği görülerek, saha ortamında da farklı açılarının iletişim üzerindeki etkisinin test edilmesine gerek duyulmuştur.

Saha sına testleri yapılarak, Sensenode v.1.3 duyargalarının gerçek bina üzerinde açık hava performanslarını ölçmek için yapılacak testler öncesinde duyargaların en uygun iletişim açıları araştırılmıştır. Ayrıca buna ek olarak duyargaları çalıştıran pillerin doluluk oranlarının duyargaların performansı üzerindeki etkileri incelenmiştir. Buradan edinilen sonuçlar ile saha testleri için en uygun koşullar belirlenmiştir.

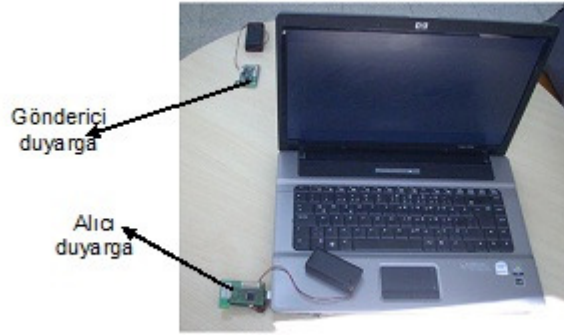
Saha sına testleri, Bina-1 üzerinde gerçekleştirilmiştir (bkz. Şekil 7.1). Saha sına testleri sırasında alıcı duyarga ile gönderici duyarga arası mesafe, gönderici duyarga binanın üçüncü katında olduğu zaman en yüksek değerini almaktadır ($d_3=10,99m$). Test ortamı olarak kullanılan binanın ölçüleri de Çizelge 7.3’de listelenmektedir.

Çizelge 7.3 : Bina-1 ölçüleri (alıcı ve gönderici duyargalar arasındaki uzaklıklar).

Mesafe	(m)
d_0	6,30
d_1	6,98
d_2	8,70
d_3	10,99

Açı testleri: Bu testler alıcı ve gönderici duyarga arasındaki en uygun iletişim açısını (pozisyonunu) belirlemek üzere yapılmıştır. Bunun için alıcı duyarga ile gönderici duyarganın birbirlerine göre konumları üç farklı açı ile belirtilmiştir. Bu farklı açı pozisyonları Şekil 7.5, 7.6 ve 7.7’te gösterildiği gibi alıcı duyarganın konumu ve rotasyonu sabit kalacak şekilde gönderici duyarganın alıcı duyargaya göre açısı

sırasıyla 90, 0 ve 180 derece olacak şekilde değiştirilerek elde edilen konumlar, pozisyon 1, pozisyon 2 ve pozisyon 3 olarak adlandırılmıştır. Şekillerde görülen fotoğraflar alıcı ve gönderici duyargaların birbirlerine göre pozisyonlarının net olarak gösterilmesi için saha testleri öncesi iç mekanda çekilmiş fotoğraflardır. Saha testlerinde duyargalar birbirlerine göre fotoğraflarda gösterildiği şekilde konumlandırılmıştır.



Şekil 7.5 : Alıcı duyarga ve gönderici duyarga arasındaki açı 90 (pozisyon no 1).



Şekil 7.6 : Alıcı duyarga ve gönderici duyarga arasındaki açı 0 (pozisyon no 2).



Şekil 7.7 : Alıcı duyarga ve gönderici duyarga arasındaki açı 180 (pozisyon no 3).

Saha sınama testlerinde gönderici duyargadan alıcı duyargaya birincil bilgilerin gönderilmesi başarımı incelenmiştir. Bütün bina bilgilerinin gönderilme başarımı ise saha sınama testlerinden elde edilen sonuçlar ışığında en uygun açı ve pil durumu ile daha sonra yapılan saha testleri sırasında ölçülmüştür (bkz. Bölüm 7.3.1.2). Her açı için gerçekleştirilen testler her kat için altı kere tekrarlanmıştır. Kat başına toplamda on

sekiz, bütün bina için ise toplamda yetmiş iki test gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar her açılı için gerçekleştirilen altı testin ortalaması olarak kat bazında verilmiştir. Saha sınavı testleri esnasında duyarğalar arasındaki kablosuz iletişim sırasında yaşanan paket kayıplarının önlenmesine ilişkin gerçekleştirilen protokol kullanılmadan doğrudan iletişim kurmaları sağlanmış ve öncelikle var olan iletişimin başarımları analiz edilmiştir. Saha sınavı testleri sırasında tespit edilen paket kayıplarından kaynaklanan beş farklı durum tanımlanmıştır:

Başarılı: Başarılı kabul edilen testlerde birincil bilgilerin tümü gönderici duyarğadan alıcı duyarğaya iletebilmiştir.

Resim bilgisi hariç tüm bilgiler okundu: Bu sonucu veren testlerde resim bilgisi dışındaki tüm bilgilerin gönderici duyarğadan alıcı duyarğaya iletilmiş görülmüştür. Bu durumda resim bilgisinin yollanması esnasında paket kayıplarının oluştuğu gözlemlenmiştir.

Eksik okuma: Eksik okuma yapılan testlerde bilgilerin bazıları (örneğin, bina ismi, enlem-boylam bilgisi, bina yapım yılı sonrası bilgiler) gönderici duyarğadan alıcı duyarğaya iletelememiştir. Bu durumda tüm bilgilere ilişkin paket kayıplarının oluştuğu görülmüştür.

Sonlanmayan iletişim: Bu sonucun elde edildiği testlerde iletişim kopukluğu yaşanmasından dolayı gönderici duyarğa ile alıcı duyarğa arasındaki iletişim sonlanamamıştır. İletişimin sonlanmamasının nedeni gönderici duyarğa tarafından gönderilen ve veri aktarımının sonlandığını belirten paketin alıcıya ulaşmamış olmasıdır.

Başarısız: Bu testlerde gönderici duyarğa ile alıcı duyarğaların arasında iletişim hiç kurulamamıştır. Buna sebep olarak kablosuz iletişimin doğasından kaynaklanan olası iletişim kopuklukları düşünülebileceği gibi, duyarğaların birbirlerinin yayın alanı dışında kalması da sayılabilir.

Tüm katlar için açılı testlerinden elde edilen sonuçlar Çizelge 7.4'da görülmektedir. Bu test sonuçlarını yüzdesel olarak başarımları belirleyebilmek için aşağıdaki puanlama kullanılmıştır:

1. Başarılı-5 puan
2. Resimler hariç başarılı-4 puan

3. Eksik okuma-3 puan

4. Sonlanmayan iletişim-2 puan

5. Başarısız-1 puan

Buna göre bir kat için denenen üç pozisyonun altısı da başarılı olursa maksimum alınacak puan $6 \times 5 = 30$ olacaktır. Her bir pozisyon için başarıım yüzdesi hesaplanırken, bir pozisyon için elde edilen altı farklı test sonucuna karşılık gelen puanlar toplanır ve yüzde hesabı yapılır. Örneğin zemin katta birinci pozisyon için yapılan deneylerin sonuçları ilk denemede eksik okuma (puanı 3), sonraki iki denemede sonlanmayan iletişim (puanı 2), son üç denemede ise resim hariç başarılı (puanı 4) şeklinde olmuştur. Buna göre başarıım yüzdesi hesabı şöyledir:

$3+2+2+4+4+4=19$ test sonucu toplam puanı $(19 \times 100)/30 = 63,33$ başarıım % 63,33'tür.

Benzer şekilde diğer sonuçlar için de hesaplanan açı testlerinin başarımları da Çizelge 7.4'de verilmektedir.

Çizelge 7.4 : Saha sınama testleri ile tüm açılar için elde edilen sonuçlar.

Kat	Açı (°)	Başarılı	Resim hariç başarılı	Eksik okuma	Sonlanmadı	Başarısız	Başarıım
Zemin	90	-	3	1	2	-	63
	0	1	2	2	-	1	67
	180	-	-	1	2	3	33
Birinci	90	-	-	2	3	1	53
	0	2	4	-	-	-	77
	180	-	3	1	-	2	57
İkinci	90	-	3	2	1	-	67
	0	-	4	-	1	1	63
	180	-	-	-	3	3	30
Üçüncü	90	-	1	2	3	-	53
	0	1	2	1	-	2	47
	180	-	1	-	2	3	37

Saha sınama testleri kapsamında yapılan açı testleri sonuçlarına göre gönderici duyarga ile alıcı duyarga arasındaki en başarılı açının birinci (90 derece) ve ikinci pozisyonundaki (0 derece) açılar olduğu görülmüştür. Zemin kat ve birinci kat için duyarga ile alıcı duyarga arasındaki en başarılı açı 0 iken (bkz. Şekil 7.6), ikinci ve üçüncü katlar için duyarga ile alıcı duyarga arasındaki açı 90 derece iken (bkz. Şekil 7.5) en başarılı sonuçları vermiştir. Açı 180 derece olduğunda bütün katlar için en

kötü sonuçlar alınmıştır, bu sonuçlar diğer derecelerde elde edilen başarımların yaklaşık yarısı kadardır.

Elde edilen sonuçlara göre 0 derece ile 90 derecelik pozisyonların başarımlar yüzdeleri arasında büyük bir fark olmadığı görülmüştür. Saha ortamında gerçekleştirilen bu açı testleri ile laboratuvar ortamında gerçekleştirilmiş açı testleri birlikte değerlendirildiğinde, saha testlerinde gönderici ve alıcı duyargalar için en uygun iletişim açısı olarak ikinci pozisyonun (0 derece) kullanılması uygun görülmüştür.

Pil durumu testleri: Bu testler enerji kaynağı olarak kullanılan pillerin doluluk oranlarının duyargaların iletişim performansları üzerindeki etkisini analiz etmek için gerçekleştirilmiştir. Bunun için alıcı duyargadaki pil sabit tutulurken gönderici duyarga içindeki piller değiştirilerek Bina-1 üzerindeki katlarda denemeler yapılmıştır. Arama/kurtarma ekibinin bilgisayarına bağlı olan alıcı duyarganın pillerinin dolu olduğu/değiştirilebilir olduğu fakat bina üzerindeki pillerin enkaz ortamında değiştirilemeyecek olması bu yaklaşımın temelini oluşturmaktadır ve analiz de bu yönde yapılmaktadır. Her kat için farklı doluluk oranındaki pillerin her biriyle üçer kere yapılan testlerin ortalama değeri alınarak birincil bilgilerin okunma süresine bakılmıştır. Pillerin doluluk oranları voltmetre ile ölçülmüştür.

İlk durumda gönderici duyarga içine %100 dolu halde ve hiçbir dirence bağlı değil iken 1,6 V değerinde ölçülen iki adet 1,5 V'lık pil konulmuştur. Bu piller ile yapılan birincil bilgilerin okunması testlerinden elde edilen ortalama değerler Çizelge 7.5'te verilmiştir.

Çizelge 7.5 : Piller %100 dolu iken her kat için birincil bilgilerin okunma süresi (sn).

Kat no	Ortalama okuma süresi (sn)
Zemin Kat	14,25
Birinci Kat	13,80
İkinci Kat	13,66
Üçüncü Kat	14,58

İkinci durumda yine gönderici duyarga içine iki adet 1,4 V değerinde pil konulmuştur. %100 dolu pillerin 1,6 V ölçüldüğü düşünülürse bu durumda pillerin doluluk oranı: $1,4/1,6=0,875$ %88 dolu olmaktadır. Bu pil doluluk oranı ile elde edilen birincil bilgilerin okunmasına ilişkin sonuçlar Çizelge 7.6'de verilmiştir.

Çizelge 7.6 : Piller %88 dolu iken her kat için birincil bilgilerin okunma süresi (sn).

Kat no	Ortalama okuma süresi (sn)
Zemin Kat	14,23
Birinci Kat	13,81
İkinci Kat	13,77
Üçüncü Kat	14,40

Üçüncü durumda gönderici duyarga içine 1,15 V değerinde iki adet pil konulmuştur. Bu pillerin de yine aynı hesap ile: $1,15/1,6=0,718$ %72 doluluk oranına sahip olduğu görülmektedir. Bu pil doluluk oranı ile elde edilen birincil bilgilerin okunmasına ilişkin sonuçlar Çizelge 7.7’te verilmiştir.

Çizelge 7.7 : Piller %72 dolu iken her kat için birincil bilgilerin okunma süresi (sn).

Kat no	Ortalama okuma süresi (sn)
Zemin Kat	15,17
Birinci Kat	12,60
İkinci Kat	17,29
Üçüncü Kat	14,43

Dördüncü durumda gönderici duyarga içinde kullanılan piller iki adet 0,83 V değerinde pillerdir. Dolayısıyla bu pillerin doluluk oranı: $0,83/1,6=0,518$ %52’tür.

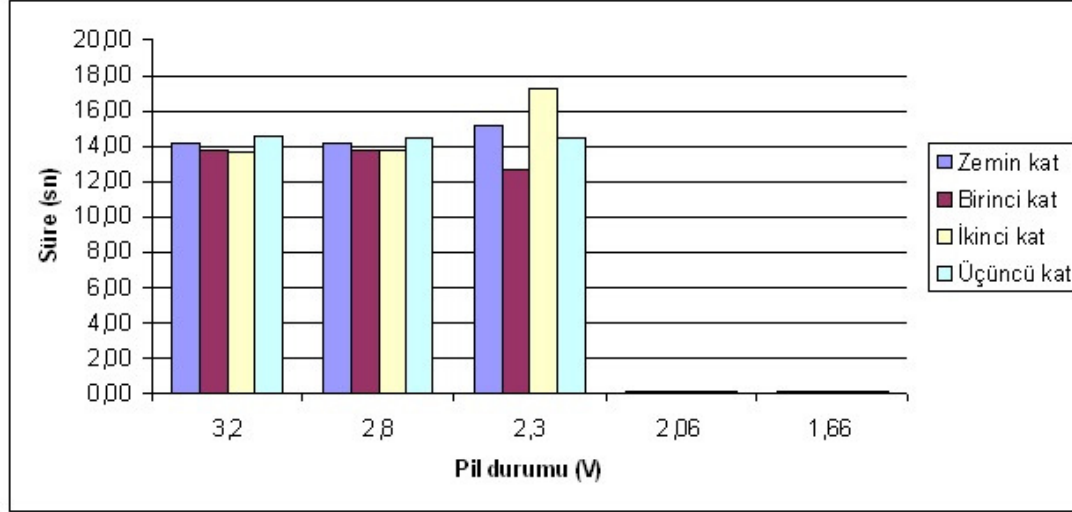
Bu pillerin kullanıldığı durumda hiçbir kat yüksekliğinde duyargalar arasında iletişim kurulamamıştır. Bunun üzerine duyargalar arasında iletişim kurulamamasına sebep olan pil doluluk oranını tespit edebilmek için beşinci deneme iki adet 1,03 V’luk pil ile yapılmıştır. Burada pillerin doluluk oranı: $1,03/1,6=0,644$ %64’tür.

Bu pillerle de yapılan deneylerde hiçbir kat yüksekliğinde duyargalar arasında iletişim kurulamamıştır. Testlerin sonuçları Şekil 7.8’teki grafikte gösterilmiştir.

Duyargalar içinde kullanılması gereken iki pilin maksimum doluluk durumunda toplam gerilimi: $1,6+1,6=3,2$ V (1,5 V’luk piller %100 dolu iken yüksüz durumda 1,6 V ölçülüyor) olacaktır. Duyargalar arası iletişim kurulamayan durumda ise pillerin toplam değeri: $1,03+1,03=2,06$ V’tur.

Buradan, duyargalar arasında iletişim kurulabilmesi için gönderici duyarganın içinde toplamı minimum yaklaşık 2,3 V değerini sağlayan, bir başka deyişle %72 oranında dolu olan iki adet pil kullanılması gerektiği sonucu çıkarılmıştır. Buna ek olarak, duyargaların içindeki pillerin toplam 2.3 V üzerinde olduğu durumlarda duyargaların iletişim performansları üzerinde belirgin bir değişiklik görülmemiş, katlar bazında farklı doluluk oranlarında pillerle birincil bilgilerin okunmasına ilişkin değerler

birbirine oldukça yakın çıkmıştır. Dolayısıyla saha testleri sırasında kullanılacak pillerin minimum 2.3 V toplam değerini sağlaması yeterli görülmüş ve testler sırasında pillerin bu koşulu yerine getirmelerine dikkat edilmiştir.



Şekil 7.8 : Pillerin doluluk oranı-birincil bilgilerin okunma süreleri ilişkisi.

7.3.1.2 Birinci grup saha testleri

Duyargaların bina cephesi üzerinde, açık hava ortamında iletişim performansını süre ve paket gönderim başarısı kriterlerine göre ölçmek amacıyla farklı durumlar göz önüne alınarak çeşitli testler gerçekleştirilmiştir. Bu testlerde (1) okuyucu ve gönderici duyargalar arasındaki uzaklık ile okuma süresinin nasıl değiştiği ve (2) ortamda birden fazla duyarga olduğunda iletişim performansının nasıl etkilendiği incelenmiştir. Ayrıca birimlerden 1-4 katlı binalar üzerinde başarıyla okuma yapıp yapılamadığı değerlendirilmiştir. Bu grupta yer alan testler Bina-2 üzerinde yapılmıştır (bkz. Şekil 7.2). Test ortamı olarak kullanılan Bina-2 binasının ölçüleri Çizelge 7.8’da listelenmektedir.

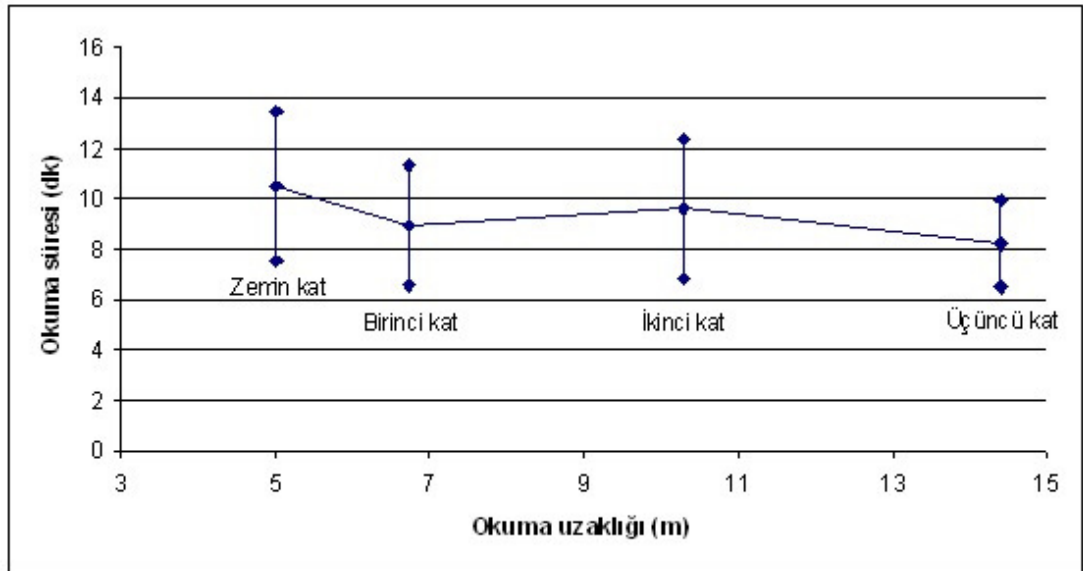
Çizelge 7.8 : Bina-2 ölçüleri (alıcı ve gönderici duyargalar arasındaki uzaklıklar).

Mesafe	(m)
d_0	5,00
d_1	6,73
d_2	10,30
d_3	14,40
h	4,5

Birinci grup saha testlerinde (1) duyargaların bina üzerinde hangi yüksekliğe kadar okunabildikleri ve okuyucu duyarga ile gönderici duyarga arasındaki mesafe ve

dolayısıyla yükseklik değıştikçe verinin okunması için harcanan sürenin değışimi okuyucu uzaklığı-okuma süresi ilişkisi testleri ile tespit edilmiştir. (2) Bina üzerindeki katlara birden fazla duyarga yerleştirilerek her katta erişilebilen toplam duyarga sayısı çoklu duyarga okuma testleri ile belirlenmiştir.

Sensenode v.1.3 ekipmanı ile okuyucu uzaklığı-okuma süresi ilişkisi: Bu testlerde 50 kişilik bir binaya ait verileri (498,75 KB) içeren tek bir duyarga Bina-2 üzerindeki katlara yerleştirilerek her kat için 30’ar kez okuma yapılmıştır. Yapılan bu testler ile alıcı duyarganın gönderici duyargaya uzaklığı ile okuma süresi arasındaki ilişki gözlemlenmiş ve her kat için ölçülen değerlerin ortalaması ve standart sapması hesaplanarak Şekil 7.9 elde edilmiştir.

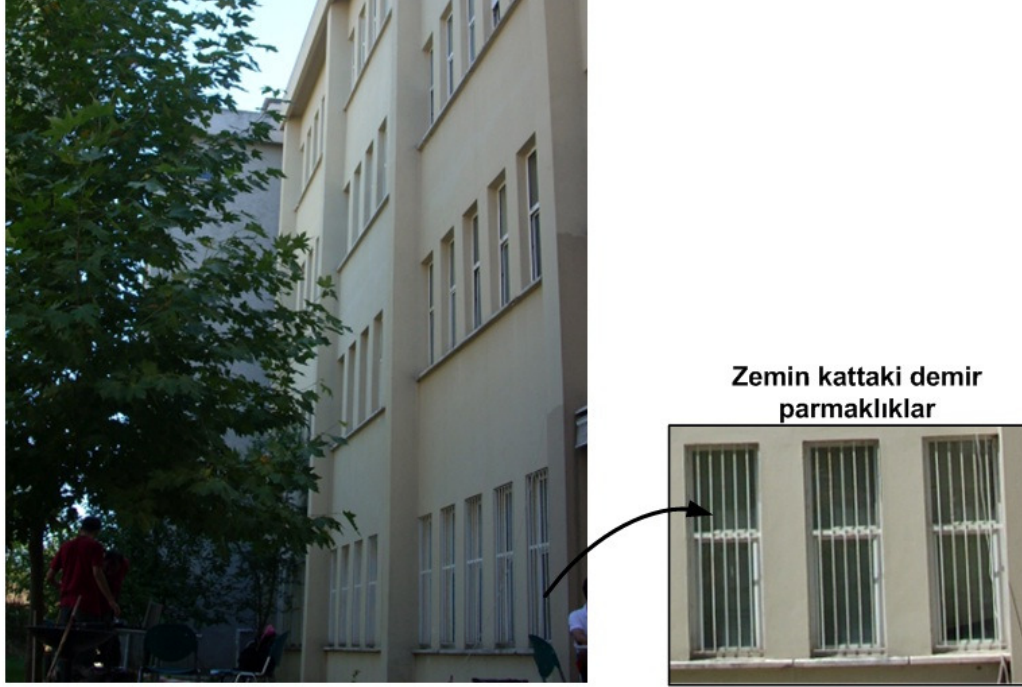


Şekil 7.9 : Duyarga uzaklığı-okuma süresi ilişkisini gösteren grafik.

Elde edilen sonuçlar doğrultusunda gönderici duyarganın zemin katta olması durumunda okuma süresinin diğer katlara oranla daha yüksek olduğu görülmüştür. Bunun sebebinin bu katın penceresinde yer alan demir parmaklıklar olduğu düşünülmektedir (bkz. Şekil 7.10).

İletişimde kullanılan radyo frekans dalgaları ortamda metal olduğu durumlarda radyo dalgalarının metal üzerinden yansıması nedeniyle performans düşüklüğüne sebep olmaktadır [6]. Test ortamındaki demir parmaklıklar da duyarganın performansını etkilemiş ve paketlerin yeniden gönderilmesine sebep olarak dolayısıyla okuma süresinin uzamasına neden olmuştur. İkinci katta, birinci ve üçüncü kata oranla daha yüksek değerler elde edilmesinin ise ortamdaki kablosuz Internet bağlantılarının

çokluğu ve Elektrik ve Elektronik Fakültesi binasının kablosuz iletişim performansını etkileyecek derecede elektronik cihaz barındırmasının sebep olmuş olabileceği düşünülmüştür.



Şekil 7.10 : Bina-2'nin zemin katındaki demir parmaklıklar.

Ayrıca bina üzerinde gözle görünmeyen dağılma ve yansıma gibi özelliklerden dolayı performansın etkilenmiş olabileceği düşünülmüştür. Testlerde kullanılan Sensenode v.1.3 duyargasının radyo çıkış gücünün düşük olması nedeniyle bu tür bozucu etkilerden daha fazla etkilenebileceği düşünülmüştür.

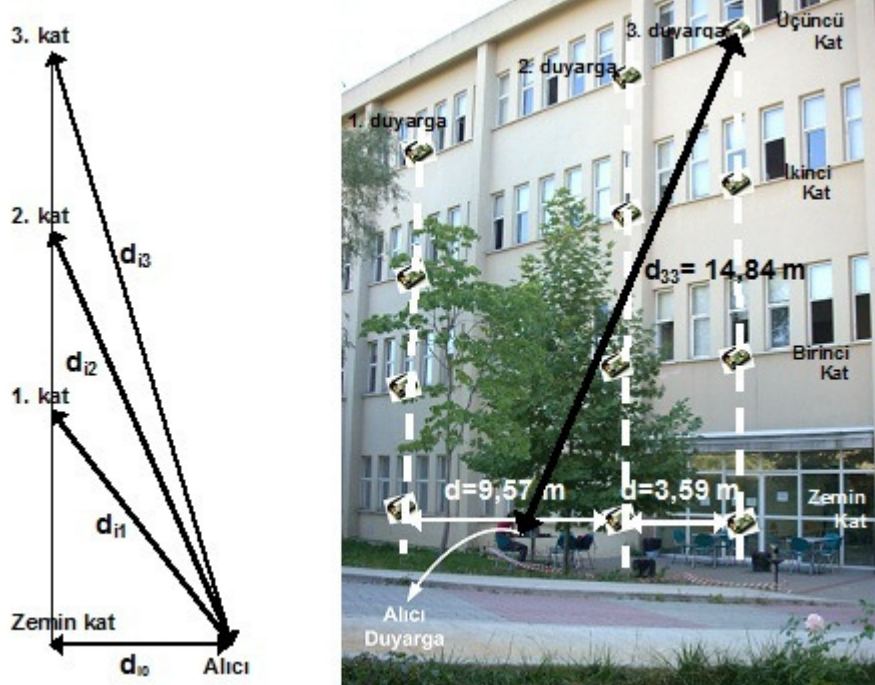
Sensenode v.1.3 ekipmanı ile çoklu duyarga okuma testleri: Çoklu duyarga okuma testlerinde, daha önce RFID etiketleri ile yapılan çoklu birim test ortamı oluşturulmuştur. Bu deney ile okuyucunun bir bina önünde dururken bitişik binalarda bulunan duyargalardaki bilgilere ulaşp ulaşamadığı tespit edilmiştir. Yakınlardaki binaların duyargaları da okuyucu tarafından okunabiliyorsa:

(1) Bina ile bilgiler hem kendi üzerinde saklanacak hem de yandaki binanın üzerinde yedeklenebilecek ve asıl bina ve üzerindeki duyarga hasar aldığı durumda diğer bina üzerinden asıl bina ile ilgili bilgiler edinilebilecektir. (2) Arama kurtarma ekipleri bilgiye ulaşmak için okuma işlemini başlattıklarında önünde durdukları ve ilgilendikleri binaya ait bilgilerin yanı sıra diğer binaya ait bilgilere de ulaşabildikleri için bir duyarga seçme protokolüne ihtiyaç olacaktır.

RFID testlerinde olduğu gibi bu testlerde de belleğinde farklı binaların bilgilerini içeren 3 adet duyarga, bina cephesi üzerinde aynı kata belli mesafelerde yerleştirilmiş ve duyargalardaki birincil bilgiler (10,05 KB) okunmuştur. Bu şekilde, birden fazla binaya ait birincil bilgilere aynı anda erişmek amaçlanmıştır. Okuma işlemi Bina-2 üzerindeki her kat için ayrı ayrı 5'er kez yapılmıştır (Şekil 7.11).

Duyargaların farklı binalar üzerine yerleştirilişini kurgulayabilmek için Bina-2 içerisindeki farklı derslikler farklı binalar olarak belirlenmiş ve duyargalar bu şekilde yerleştirilmiştir. Şekil 7.11'de görüldüğü gibi, birinci duyarga ile ikinci duyarga arasında her katta 9,57m'lik bir mesafe bulunmaktadır. Benzer şekilde ikinci duyarga ile üçüncü duyarga arasında her katta 3,59m'lik bir mesafe bulunmaktadır (Şekil 7.11).

Böylece test ortamında üç adet farklı genişliklerde bitişik nizam bina olduğu ve bunların üzerine üç farklı etiket yerleştirildiği kurgulanmıştır. Burada duyargalar arası mesafenin farklı oluşunun sebebi, üçüncü duyargaya en fazla bu uzaklıktan erişilebilmesidir. Bunun sebebinin ise iki duyarga arasındaki açıdan dolayı iletişimin kurulamamasıdır.



Şekil 7.11 : Bina-2 üzerinde çoklu duyarga okuma testleri sırasında duyargaların bina üzerine yerleşimi ve alıcı ile gönderici arasındaki uzaklıkların temsili gösterimi (d_{ij} : göndericinin bulunduğu kata göre alıcı ile arasındaki uzaklık, i : etiket numarası, j : kat numarası) (Sensenode v.1.3 için).

Bu şekilde yerleştirildiklerinde birinci duyarga ile alıcı duyarga arasındaki mesafe katlara göre şu şekilde değişmektedir: zemin katta birinci duyarga ile alıcı arasında 10,80m, birinci katta 11,70m, ikinci katta 14,06m ve üçüncü katta 17,30m olmaktadır. İkinci duyarga ile alıcı duyarga arasındaki mesafe katlara göre şu şekilde olmaktadır: ikinci duyarga zemin katta iken 5,00m, birinci katta iken 6,73m, ikinci katta iken 10,30m ve üçüncü katta iken 14,40m. Son olarak, üçüncü duyarga ile alıcı duyarga arasındaki mesafe ise, üçüncü duyarga zemin katta iken 6,16m, birinci katta iken 7,63m, ikinci katta iken 10,91m ve üçüncü katta iken de 14,84m olmaktadır. Çizelge 7.9’de her bir test sırasında erişilen duyarga sayıları ile gönderici duyargalar ve alıcı duyarga arasındaki bu uzaklıklar da gösterilmektedir.

Çizelge 7.9 : Katlar için ortalama erişilen duyarga sayısı ve alıcı-gönderici duyarga arasındaki uzaklıklar.

Kat no	Erişilen duyarga sayısı (adet)	1. duyarganın alıcıya uzaklığı	2. duyarganın alıcıya uzaklığı	3. duyarganın alıcıya uzaklığı
Zemin	2,3	$d_{10}=10,80$ m	$d_{20}=5,00$ m	$d_{30}=11,88$ m
Birinci	1,93	$d_{11}=11,70$ m	$d_{21}=6,73$ m	$d_{31}=12,71$ m
İkinci	1,56	$d_{12}=14,06$ m	$d_{22}=10,30$ m	$d_{32}=14,91$ m
Üçüncü	1,43	$d_{13}=17,30$ m	$d_{23}=14,40$ m	$d_{33}= 17,99$ m

Elde edilen sonuçlar incelendiğinde, tüm katlarda ortada yer alan ikinci duyargaya erişilebildiği, bunun dışında en az sıklıkla sağda ve alıcıya en uzak noktada yer alan üçüncü duyargaya erişilebildiği görülmüştür. Bunun sebebinin bu duyarganın alıcıya en uzak noktada yer almasıdır. Ayrıca yüksek katlara doğru erişilen duyarga sayısında bir düşüş yaşandığı görülmüştür. Bunun sebebi yüksek katlarda, kenarda kalan gönderici duyargaların alıcı duyarganın yayın alanından çıkmasıdır.

Bu duyargalar ile düz bir hatta elde edilen en yüksek okuma mesafesi ise yaklaşık 19 metre olarak belirlenmiştir.

7.3.1.3 Sensenode v.1.3 duyargasının değerlendirilmesi

Sensenode v.1.3 ile yapılan testler sırasında bu duyargalarda bazı performans düşüklükleri gözlemlenmiştir. Bunlar (1) testler sırasında elde edilen en uzak okuma mesafesinin ortalama 19 metre olması. (2) Bu duyargalarla yapılan çoklu duyarga okuma testleri sırasında üç adet duyargadan ortalama olarak zemin katta 2,3, birinci katta 1,93, ikinci katta 1,56, üçüncü katta 1,43 tanesine erişilmiş olması. (3) Bina-2’de yapılan okuma uzaklığı-okuma süresi ilişkisinin incelendiği testler sırasında daha yakın mesafelerde okuma süresinin daha uzun sürmesi. Sensenode v.1.3

duyargasının bozucu etkenlere duyarlılığı ve bu duyarga ile yapılan testlerde yakın mesafede daha uzun sürede okuma gerçekleşmesi nedeniyle, son dönemde geliştirilen Sensenode v.2.1 duyargalarının da tez kapsamında test edilmesine karar verilmiştir.

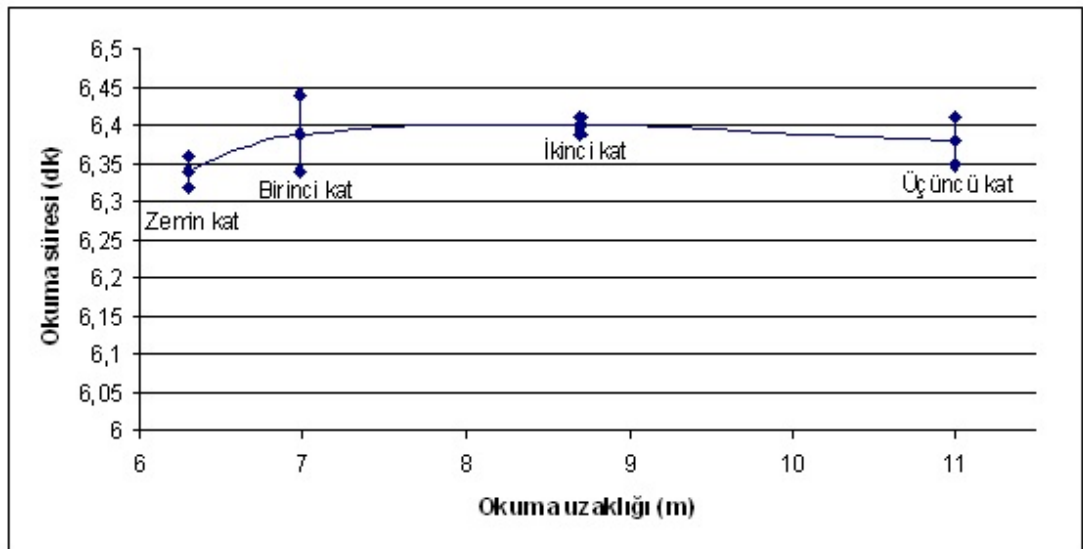
7.3.2 Sensenode v.2.1 ekipmanı ile yapılan saha testleri

Bu testler birinci grup saha testlerinden farklı olarak, donanımsal açıdan aynı özelliklere sahip ancak daha yüksek çıkış güçlü radyosu bulunan Sensenode v.2.1 duyargaları kullanılarak yapılan ikinci grup saha testleridir. Detaylar izleyen bölümlerde verilmektedir.

7.3.2.1 İkinci grup saha testleri

Bu testler ile (1) okuma mesafesi ile okuma süresi arasındaki ilişki ve (2) aynı kat üzerine çok sayıda duyarga yerleştirilerek erişilen toplam duyarga sayısı değerleri bu duyarga için de ölçülmüştür.

Sensenode v.2.1 ekipmanı ile okuyucu uzaklığı-okuma süresi ilişkisi: Bu testlerde de birinci grup testlerde olduğu gibi tek bir duyarganın belleğinde yer alan bütün bilgilerin okunması amaçlanmıştır. 50 kişilik bir binaya ait verilerin (498,75 KB) yüklü olduğu gönderici bir duyarga Bina-1'in tüm katları üzerine yerleştirilerek okuma süresi analiz edilmiştir. Okuma işlemi her kat için 5'er kez tekrar edilmiş ve her kat için ölçülen değerlerin ortalaması ve standart sapması hesaplanarak Şekil 7.12 elde edilmiştir.

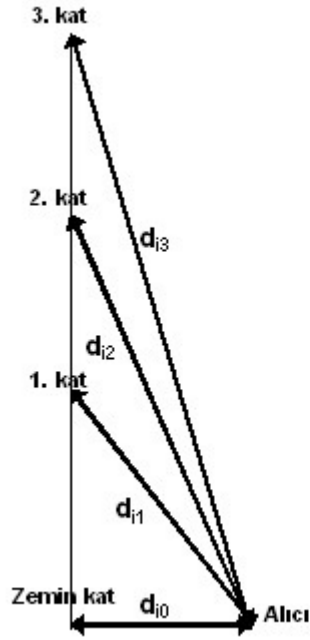


Şekil 7.12 : Okuyucu uzaklığı-okuma süresi ilişkisi grafiği.

Şekil 7.12 incelendiğinde, bu grup testlerde birinci gruba oranla katlar arası okuma sürelerinin birbirine yakın olmasından dolayı daha istikrarlı sonuçlar elde edildiği görülmüştür. Ayrıca Sensenode v.1.3 ile gerçekleştirilen birinci grup saha testlerine oranla okuma sürelerinin daha düşük değerler aldığı görülmüştür. Sayısal olarak da karşılaştırıldığında, birinci grup testlerde ortalama olarak en düşük ortalama okuma süresi 8.2 dakika iken, bu grup testlerde en yüksek ortalama okuma süresi 6.4 dakika olarak hesaplanmıştır. Bu da iki duyarga arasında paket kaybı nedeniyle oluşan gecikmeye bağlı olarak toplam okuma sürelerinin oldukça farklı olduğunu göstermektedir. Bunun sebebi olarak Sensenode v.2.1 duyargasının radyo çıkış gücünün yüksek olması dolayısıyla test yapılan mesafelerde belirgin iletişim kopukluklarının yaşanmaması ve bu durumun sonucu olarak paketlerin yeniden gönderiminin azalması olduğu belirlenmiştir.

Sensenode v.2.1 ekipmanı ile çoklu duyarga okuma testleri: Bu testlerde, farklı binaların bilgilerini içeren 3 adet duyarga Bina-2 üzerinde birbirleri ile aralıklı olarak aynı kata yerleştirilmiş ve birincil bilgileri (10,05 KB) okunmuştur. Bina-2 içerisindeki derslikler farklı bina alanları olarak belirlenmiş ve duyargalar bu şekilde yerleştirilmiştir (Şekil 7.13). Böylece üç adet bitişik nizam binanın bulunduğu bir ortam, her bir duyarganın farklı bir binaya ait olduğu bir şekilde kurgulanmıştır. Şekil 7.13’de görüldüğü gibi, birinci duyarga ile ikinci duyarga arasında her katta 9,57m’lik bir mesafe bulunmaktadır. İkinci duyarga ile üçüncü duyarga arasında ise her katta 10,78m’lik bir mesafe bulunmaktadır (Şekil 7.13). Sensenode v.1.3 ile yapılan çoklu duyarga deneylerinde üçüncü bina mesafesi için gözlemlenen kısıtlama bu duyarga için geçerli olmadığından testler daha geniş bir alanda yapılabilmektedir.

Birinci duyarga ile alıcı duyarga arasındaki mesafeler birinci duyarga zemin katta iken 10,80m, birinci katta iken 11,70m, ikinci katta iken 14,06m ve üçüncü katta iken de 17,30m şeklinde değişmektedir. Benzer şekilde ikinci duyarga ile alıcı duyarga arasındaki mesafeler de ikinci duyarganın zemin, birinci, ikinci ve üçüncü katlarda oluşuna göre sırasıyla 5,00m, 6,73m, 10,30m ve 14,40m uzaklığında olmaktadır. Üçüncü duyarga ile alıcı duyarga arasındaki mesafe duyarganın yeri zemin kat iken 11,88m, birinci kat iken 12,71m, ikinci kat iken 14,91m ve üçüncü kat iken 17,99m’dir.



Şekil 7.13 : Bina-2 üzerinde çoklu duyarga okuma testleri sırasında duyargaların bina üzerine yerleşimi ve alıcı ile gönderici arasındaki uzaklıkların temsili gösterimi (d_{ij} : göndericinin bulunduğu kata göre alıcı ile arasındaki uzaklık, i : etiket numarası, j : kat numarası) (Sensenode v.2.1 için).

Çizelge 7.10’de her bir test sırasında erişilen duyarga sayıları ile yerleştirildikleri katlara göre gönderici duyargalar ve alıcı duyarga arasındaki uzaklıklar gösterilmektedir.

Çizelge 7.10 : Katlar için ortalama erişilen duyarga sayısı ve alıcı-gönderici duyarga arasındaki uzaklıklar.

Kat no	Erişilen duyarga sayısı (adet)	1. duyarganın alıcıya uzaklığı	2. duyarganın alıcıya uzaklığı	3. duyarganın alıcıya uzaklığı
Zemin	3	$d_{10}=10,80$ m	$d_{20}=5,00$ m	$d_{30}=11,88$ m
Birinci	3	$d_{11}=11,70$ m	$d_{21}=6,73$ m	$d_{31}=12,71$ m
İkinci	3	$d_{12}=14,06$ m	$d_{22}=10,30$ m	$d_{32}=14,91$ m
Üçüncü	3	$d_{13}=17,30$ m	$d_{23}=14,40$ m	$d_{33}=17,99$ m

Aynı bina (Bina-2) üzerinde her iki tür duyarga ile yapılan çoklu duyarga okuma testleri sonuçları incelendiğinde (Çizelge 7.9 ve Çizelge 7.10), Sensenode v.2.1 ile yapılan deneyler sırasında her katta tüm duyargalara erişilebildiği görülmüştür. Bu deneylerde, Sensenode v.1.3 kullanılarak daha dar ölçekli bir ortamda gerçekleştirilen deneylere oranla daha başarılı sonuç alınmasının, radyo çıkış gücünün yüksekliğinden dolayı olduğu düşünülmüştür. Sensenode v.2.1 duyargasının yayın alanının daha geniş olması ve bu doğrultuda gönderici duyargaların her katta

alıcı duyarganın yayın alanına girmesi, testlerde daha başarılı sonuçlar elde edilmesini sağlamıştır.

Bu duyargalar ile düz bir hatta elde edilen en yüksek okuma mesafesi ise 85 metre olarak belirlenmiştir.

7.3.3 Üçüncü grup saha testleri (Sensenode v.2.1 ve RFID ekipmanı ile)

Önceki bölümlerde sonuçları verilen testler, İTÜ Elektrik-Elektronik Fakültesi'nin 4 katlı binası üzerinde gerçek koşullar altında RFID ve duyarga ekipmanlarının performanslarını ölçmek amacıyla yapılmıştır.

EEF binası yüksek katlı bir bina olmadığından, 5-8 katlı binalar için RFID ekipmanı ve Sensenode v.2.1 duyargası kullanılarak yapılan testler Ayazağa'daki bir toplu konut sitesindeki 12 katlı bir binada gerçekleştirilmiştir. Böylece tez kapsamında binalar üzerinde birimlerden okuma yapıp yapılamayacağı 12 katlı bir bina üzerinde yapılan testlerle de sınanmıştır. Önceki test gruplarında elde edilen düşük başarımları nedeniyle Sensenode v.1.3 duyargalarının daha uzak okuma mesafesi olan bir ortamda yürütülen bu test grubunda da düşük performans göstereceği öngörüldüğünden testlerde kullanılmamıştır. Testlerin yapıldığı bina ölçüleri Çizelge 7.11'da verilmiştir. Buradan da görülebileceği gibi okuyucu ile bina arasındaki uzaklık 23,50 m iken, en uzak okuma mesafesi 10.pencere iken (34,46 m) elde edilmektedir.

Çizelge 7.11 : Bina-3 ölçüleri (alıcı ve gönderici duyargalar arasındaki uzaklıklar).

Mesafe	(m)
d_1	23,50
d_4	24,96
d_7	28,89
d_9	32,47
d_{10}	34,46
h	2,80

Bu testler esnasında saklama birimlerinin bina üzerindeki yerleşim açıları için daha önce belirlenen en uygun değerlere göre bir kısıtlama yapılmamış ve birimlerin rastgele açılarla yerleştirilmeleri sağlanmıştır. Böylelikle deprem sonrası enkaz ortamında birimlerinin açılarının değişmesi durumu söz konusu olabileceği göz önüne alınmış ve bu durumun sonuçlarının da gözlenmesi sağlanmıştır. Deneyler, sürekli yağışlı bir hava durumu esnasında gerçekleştirilerek bu durumun da sistem başarımına etkisi analiz edilebilmiştir.

7.3.3.1 RFID ekipmanı ile okuma uzaklığı-okuma süresi ilişkisi testleri

Bu testler yüksek katlı binalarda, RFID etiketlerinden veri okuma süresini ölçmek amacıyla gerçekleştirilmiştir. Bu doğrultuda Bina-3'ün belirli katlarına sırasıyla yerleştirilen bir etikette yer alan bilgiler okunmuş ve okuma süresi ölçülmüştür. Testler merdiven boşluğundaki pencerelerde yapılmıştır (Şekil 7.14).



Şekil 7.14 : Bina-3 üzerinde test yapılan merdiven boşluğu alanı ve birimlerin yerleştirildiği pencereler.

Binanın yola bakan cephesi ile arka cephesi arasındaki kot farkından dolayı, testlerin yapıldığı ön cepheden bakıldığında merdiven boşluğundaki pencere sayısı ondur. Etiketler ilk olarak en üst pencerede (10. pencere, 34,46m) test edilmiş ve iletişim mesafesinin yetmemesi nedeniyle etiketten en üst katta okuyucu ile etiket arasında iletişim kurulamadığı görülmüş ve aynı deney bir alt katta yapılmıştır. Burada iletişim kurulabilmesi ile RFID ekipmanı kullanılarak en yüksek mesafe olarak 9. pencerede (32,47m) test yapılabilmiştir. Etiketler sırasıyla, 9., 7., 4. ve 1. pencerelerde test edilerek, etiketlerdeki bilgilerin okunma süresine bakılmıştır. RFID etiketleri ile yapılan testlerde 1. kattan da okuma yapılamadığı görülmüştür.

Çizelge 7.12 : Bina-3 üzerinde RFID ekipmanı ile okuma uzaklığı-okuma süresi ilişkisi testleri.

Pencere no	Uzaklık (m)	Süresi (sn)
1	23,50	-
4	24,96	11,94
7	28,89	12,41
9	32,47	12,35
10	34,46	-

Çizelge 7.12 incelendiğinde, okuyucuda bulunan anten sayesinde daha geniş bir alanda etiketlere ulaşılabilirdiği ve 9. kata dek deneme yapılan katların çoğunda okuma yapılabildiği gözlenmiştir. Ayrıca okuma sürelerinin katlar arasında pek farklılık göstermediği görülmüştür. Fakat 9. kattan daha yüksek katlar için okuyucu-etiket iletişimi kurulamadığı da önemli bir sonuç olarak gözlenmiştir. Bunun sebebi RFID etiketinin bina üzerinde okuyucunun yayın alanının dışında kalmış olmasıdır. Ayrıca birinci kat için de iletişimin kurulamadığı görülmüştür (Şekil 7.15).



Şekil 7.15 : Bina-3'ün birinci katının ve bina girişinin görüntüsü.

Bu durumun zemin kata yakınlıktan ve zemin katta bulunan demir giriş kapısının, giriş kapısının üzerini kapatan betonarme çıkmanın, binanın girişine dekorasyon amaçlı yerleştirilmiş üzeri yeşilliklerle kaplı demirden yapılmış çardağın ve demir merdiven korkuluğunun bozucu etki yaratması nedeniyle olduğu düşünülmektedir.

Ayrıca okuma işlemi için yeterli yüksekliğin sağlanamamış olmasının da bu sonuç üzerinde etkisi olduğu düşünülmektedir.

7.3.3.2 Sensenode v.2.1 ekipmanı ile okuma uzaklığı-okuma süresi ilişkisi testleri

Bu testlerde, duyarga Bina-3 üzerinde 10., 7., 4. ve 1. pencerelere sırasıyla yerleştirilerek belleğinde yer alan bütün bilgiler (498,75 KB) her katta 3'er kez okunmuştur. Bu testler, duyargaların yüksek katlı binalara yerleştirilmeleri halinde iletişim başarısını analiz etmek ve veri okuma sürelerini ölçmek amacı ile gerçekleştirilmiştir (Çizelge 7.13).

Çizelge 7.13 : Bina-3 üzerinde Sensenode v.2.1 ekipmanı ile okuma uzaklığı-okuma süresi ilişkisi testleri.

Pencere no	Uzaklık (m)	Birincil bilgilerin okunması süresi (sn)	Tüm bilgilerin okunması süresi (dk)
1	23,50	12,66	6,36
4	24,96	12,99	6,36
7	28,89	12,92	6,37
9	32,47	12,67	6,37
10	34,46	12,66	6,36

Çizelge 7.13 incelendiğinde, Sensenode v.2.1'in yüksek çıkış güçlü radyosu sayesinde belirlenen her katta başarıyla iletişim kurulabildiği, tüm bina verisinin aktarılabilirdiği gözlenmiştir. Sonuçlar değerlendirildiğinde aktarım süresinin farklı katlar için birbirine çok yakın ve tutarlı değerlerde olduğu görülmektedir. Ayrıca bu testler sırasında gönderici duyarga, alıcıya bakacak şekilde 0-90 derece arası farklı açılarda da denenmiş ve 0 derecenin sağlanamadığı koşullarda da başarımlar elde edilebildiği görülmüştür. EEF binasında yapılan testlerle (bkz Bölüm 7.3.2) karşılaştırıldığında daha yüksek katlı bir binada deney yapılmasına rağmen aktarım süresinde artış olmadığı gözlenmiştir. Dolayısıyla alıcı ve verici duyargaların anten görüş alanı içinde kaldıkları sürece veri aktarımında harcanan sürenin fazla değişmediği sonucuna varılmıştır. Ayrıca hava koşullarının ve diğer ortam bozucularının duyargaların iletişiminde çok etkili olmadığı görülmüştür. Bu başarı anten çıkış gücü yüksek olan Sensenode v.2.1 duyargasının kullanılması ile elde edilmiştir.

7.3.3.3 Görüş hattı dışında kalan birimin okunması testi

Bina-3 üzerinde ayrıca zemin kat bina giriş merdiveninin altına yerleştirilen ve bu şekilde okuyucunun görüş hattı dışında kalan ve okuyucudan daha düşük bir kotta bulunan bir birim ile iletişim kurulup kurulamadığı da her iki teknoloji için test edilmiştir (Şekil 7.16).



Şekil 7.16 : Bina-3 zemin kat, giriş merdiveninin altı.

Duyarga ekipmanı ile okuyucunun görüş hattı dışında kalan ve gönderici duyarganın okuyucudan daha düşük bir kotta sahip bir noktaya yerleştirilmesi ile yapılan denemede okuyucu ile iletişim kurulabildiği ve tüm verilerin 7,08 dakika içerisinde okunabildiği görülmüştür. Aynı test, RFID ekipmanı ile sadece birincil bilgiler aktarılarak yapıldığında ise bu şekilde okuyucu ile etiketin anlık iletişim kurabildiği ancak tüm verilerin etiketten başarıyla aktarımının tamamlanamadığı görülmüştür. Zemin kat altındaki bodrum katında yapılan deneylerde duyarga için aktarımın başarılı olarak gerçekleştiği fakat aktarımda paket kayıplarının yaşanmasından dolayı toplam aktarım süresinin diğer katlara göre daha uzun olduğu gözlenmiştir. Bunun üretici kataloğunda belirtilen alıcının göndericiden yüksek bir konumda olması koşulunun sağlanmadığından kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu da anten yayın örüntüsü ile ilişkilidir.

7.4 Veri Saklama Birimi Olarak Kullanılan Teknolojilerin Karşılaştırılması

Veri saklama birimi olarak kullanılan teknolojiler belirli performans parametreleri doğrultusunda karşılaştırılmıştır. Bu performans kriterleri en yüksek yayın uzaklığı, en yüksek veri depolama miktarı, birincil bilgi okuma süresi-mesafe arasındaki ilişki, aç-okuşma süresi ilişkisi olarak sayılabilir. Bu karşılaştırmalardan elde edilen sonuçlara göre, teknolojilerin gereksinimleri karşılamadaki başarıları değerlendirilmiştir.

7.4.1 İki teknolojinin temel özelliklerinin karşılaştırılması

Mevcut teknolojiler bellek kapasitesi bakımından değerlendirildiğinde, 32 KB'lık belleğinin 25 KB'lık kısmı veri saklama için kullanılabilen RFID etiketlerinin kısıtlı bellek kapasitesi nedeniyle en fazla birincil bilgileri saklamak üzere kullanılabileceği, duyargalar için ise her iki modelinde de bulunan 1 MB'lık flash bellek sayesinde bütün bilgilerin saklanabildiği görülmüştür. Sistemin uygulanması sırasında da kullanılacak RFID etiketlerinin bellek kısıtı olması durumunda, bir binaya ait bilgilerin birkaç RFID etiketi üzerinde paylaşılması yöntemi kullanılabilir. Aynı çözüm, duyarga belleklerinin de bir binaya ait bilgileri saklamada yetersiz kaldığı durumlar olduğunda geçerli olacaktır.

Veri saklama birimlerden, 4 katlı EEF binası (4.kattan) ile 12 katlı toplu konut binası üzerinde (8 ve üzeri katlardan) yapılan saha testleriyle hem 1-4 katlı binalar için hem de 5-8 katlı binalar için veri okunabildiği görülmüştür. Ayrıca iletişim sırasında en başarılı sonuçların alıcı ve gönderici duyargalar arasında hangi açı varken elde edildiği de araştırılmıştır. Bunun için her iki teknoloji ile de yapılan testlerde gönderici birim x, y ve z eksenlerinde döndürülerek, iletişim başarısı ve paket kayıp oranları ölçülmüştür. Bu testlerin sonuçlarına göre her iki teknolojide de en başarılı iletişim sonuçlarının alınması için alıcı ve gönderici birimler aynı düzlemde olacak şekilde birbirine bakar durumda (0 derece açı) olmaları gerektiği sonucuna varılmıştır. Bu durumun sağlanamadığı koşullarda ise hem x, hem y ve hem de z eksenini için paket kaybının daha az olmasından dolayı 0-45 derece arası bir açı ile iletişim kurulması önerilmiştir. Ayrıca 12 katlı bina için birimler alıcıya bakacak şekilde 0-90 derece arası değişik açılar ile de denenmiş ve bir sorun yaşanmadığı görülmüştür.

Bina-3 test alanında okuyucunun görüş alanı içinde olmayan ve okuyucudan daha alçak bir kota sahip zemin kat giriş merdiveninin altında bir noktadan okuma yapıldığı denemelerde, RFID ekipmanı ile veri aktarımı sağlanamazken, Sensenode v.2.1 duyarga ekipmanı ile alıcı duyarga arasında iletişim kurulabilmiş ve duyarganın hafızasındaki bilgilerin tümü 7,08 dakikada okunabilmiştir. Bu testten yola çıkılarak, okuyucunun görüş alanı içinde olmayan bir noktadan da, okuma süresi uzamış olsa da, duyarga ekipmanı ile okuma yapılabilirdiği görülmüştür.

Yayın uzaklığı özelliğinin düz bir hat üzerinde RFID etiketleri ile en fazla 65 m uzaklıktan okuma yapılmasına olanak sağladığı, duyargalar için ise Sensenode v.1.3 ile en fazla ortalama 19 m uzaklıktan okuma yapılabilirken, Sensenode v.2.1 ile 85 m uzaklıktan okuma yapılabilirdiği görülmüştür. Toplu konut sitesinde bulunan bina üzerinde yapılan test sonuçlarına göre RFID teknolojisi için bu sınırın bina üzerinde daha düşük değerlerde olduğu söylenebilir. Bunun sebebi RFID etiketinin bina üzerinde okuyucunun yayın alanının dışında kalmış olmasıdır.

Katalog bilgilerine göre RFID etiketlerinden veri aktarım hızının (115Kbps) duyargalarinkine (250Kbps) oranla daha yavaş olduğu görülmektedir. Fakat her iki teknoloji kullanılarak yapılan okuma testlerinde 10,50 KB'lık yer kaplayan birincil bilgilerin okunması süresinin RFID ile daha kısa olduğu görülmüştür. Ancak, Sensenode v.1.3 duyargası için okuma süresinin RFID ile elde edilen sürenin ortalama 1.08 katı, ve Sensenode v.2.1 duyargası için de okuma süresinin RFID ile elde edilen sürenin ortalama 1.11 katı olduğu ve bunun çok kritik bir fark olmadığı görülmüştür. İki teknoloji arasındaki bu süre farklılığının duyarga fiziksel katmanında aktarım başlangıcı için harcanan zaman nedeniyle olduğu ve bu gecikmenin düşük boyuttaki veride gözle görülür olduğu ancak veri boyutunun bir bina bilgisini tutacak şekilde büyümesi durumunda duyarga aktarımının RFID'ye göre daha hızlı olacağı tespit edilmiştir. Mevcut RFID teknolojisi ile bu analiz sadece birincil bilgi üzerinde yapılabilmiştir.

Testler üç farklı hava koşulu altında gerçekleştirilmiştir (yüksek sıcaklık altında ekipmanların güneşe sürekli olarak maruz kaldıkları yaz aylarında, zaman zaman çıkan kuvvetli rüzgarlar altında ve yoğun yağışlı bir havada). Buradan yola çıkılarak, bu farklı hava koşullarının teknolojilerin iletişim performansı üzerinde olumsuz bir etki etmediği ve her iki teknolojinin de hava koşullarına genel olarak dayanıklılık gösterdiği söylenebilir.

İki teknoloji pil ömürleri açısından karşılaştırıldıklarında RFID teknolojisinin (ortalama 6 yıl) duyarga teknolojisine (yaklaşık 3 ay) göre daha uzun süreli pil ömrüne sahip olduğu görülmektedir. Buna göre, duyarga teknolojisi kullanıldığı durumlarda pil yönetimi ve bakımı konusunda daha sık aralıklarla çalışmalar yapılması gerektiği söylenebilir.

Bu tez kapsamında kullanılan teknik ekipmanların verinin kayıpsız iletimine olanak sağlayacak yazılımın geliştirilmesine olanak sağladığı görülmüştür. Tasarımı ve gerçeklemesi yapılan protokol ile her iki teknoloji için verinin kayıpsız aktarılması ve mesaj kayıplarının olması durumunda çeşitli önlemler alınması sağlanmıştır. Mesaj kayıpları olması durumunda verilerin kaybı yerine sadece aktarım süresinin artması söz konusudur.

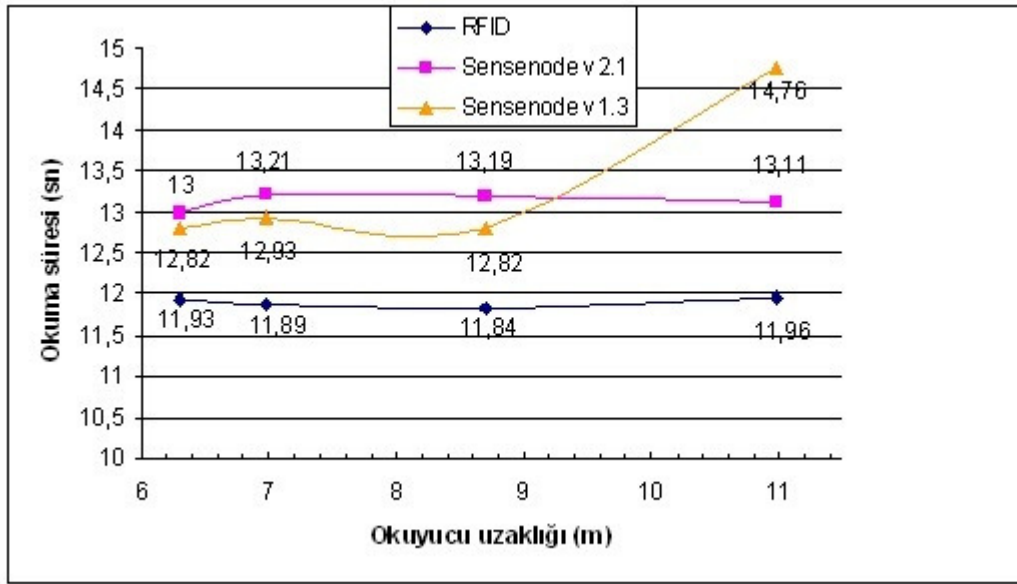
Takip eden bölümlerde duyargalar ile RFID etiketlerinin aynı grup testler altında verdikleri sonuçlar karşılaştırmalı olarak değerlendirilmektedir.

7.4.2 Birincil bilgilerin okunması testleri: Okuma uzaklığı-okuma süresi karşılaştırması

Duyarga ve RFID etiketlerinde birincil bilgi saklanması durumunda farklı katlara karşılık değişen uzaklıklarda duyarga ve RFID etiketi okuma süresi karşılaştırıldığında, RFID'ye ait okuma süresinin daha kısa olduğu görülmüştür. Ancak bu süreler oranlanırsa Sensenode v.1.3 için okuma süresinin RFID ile elde edilen sürenin ortalama 1.08 katı, Sensenode v.2.1 için okuma süresinin ise RFID ile elde edilen sürenin ortalama 1.11 katı olduğu ve bunun çok kritik bir fark olmadığı görülmüştür.

Ayrıca Sensenode v.1.3'e ait sonuçlar incelendiğinde bu duyarganın anten çıkış gücünün düşük olmasından dolayı okuma değerlerinde tutarsızlıklar olduğu ve daha değişken değerler elde edildiği görülmüştür. Bu karşılaştırmalar, RFID etiketlerinde saklanabilecek bilgi miktarı kısıtlı olduğundan sadece birincil bilgi üzerine yapılabilmektedir (Şekil 7.17).

Bina-3 üzerinde yapılan testler karşılaştırıldığında ise RFID'nin okuma süresinin daha kısa olmasına rağmen duyarga kullanıldığında daha geniş bir kat aralığında, bir başka deyişle bina üzerinde daha uzak mesafelerde okuma yapılabildiği görülmüştür (Çizelge 7.14).



Şekil 7.17 : Okuyucu uzaklığı-okuma süresi ilişkisi karşılaştırma grafiği.

Çizelge 7.14 : Bina-3 üzerinde okuma uzaklığı-okuma süresi ilişkisi testleri karşılaştırması.

Pencere no	Uzaklık (m)	RFID okuma süresi (sn)	Sensenode v.2.1 okuma süresi (sn)
1	23,50	-	12,66
4	24,96	11,94	12,99
7	28,89	12,4	12,92
9	32,47	12,35	(test edilmedi)
10	34,46	-	12,67

Gönderici birimin açısı sırasıyla x (Çizelge 7.15), y (Çizelge 7.16) ve z (Çizelge 7.17) ekseninde değiştirilerek RFID etiketlerinin ve Sensenode v.2.1 duyargalarının okunması için yapılan deneylerde tüm açılarda RFID etiketlerinde ve duyargalarda iletişim kurulabildiği ve duyargada farklı eksenlerde farklı açılar için düşük oranda da olsa paket kayıplarının olabileceği görülmüştür. Geliştirilen protokol ile mesaj kayıplarının önüne geçilebileceği düşünülürse duyargaların ve etiketlerin her açıda kullanılabileceği ancak bazı açılarda paket kayıplarından dolayı okumanın biraz daha uzun süreceği belirlenmiştir. RFID etiketlerinin okuma süresinin tüm açılar için duyargalara göre daha düşük olduğu görülmektedir. Çizelgelerde yer alan RFID'ye ilişkin sonuçlar, RFID okuyucusu dış anten ile kuvvetlendirildiğinde elde edilen sonuçları göstermektedir.

Çizelge 7.15 : RFID ve v.2.1 duyargası için x eksenini için açı-okuma süresi karşılaştırması.

x eksenini Açısı (°)	RFID okuma başarısı	Duyarga okuma başarısı	RFID okuma süresi (sn)	Duyarga okuma süresi (sn)
0	Evet	Evet	11,96	12,55
45	Evet	Evet	11,98	12,87
90	Evet	Evet	11,93	12,84
135	Evet	Evet	11,93	12,86
180	Evet	Evet	11,93	12,70
225	Evet	Evet	12,01	12,73
270	Evet	Evet	11,94	12,64
315	Evet	Evet	11,97	12,63

Çizelge 7.16 : RFID ve v.2.1 duyargası için y eksenini için açı-okuma süresi karşılaştırması.

y eksenini Açısı (°)	RFID okuma başarısı	Duyarga okuma başarısı	RFID okuma süresi (sn)	Duyarga okuma süresi (sn)
0	Evet	Evet	11,95	12,56
45	Evet	Evet	11,93	12,83
90	Evet	Evet	11,93	12,83
135	Evet	Evet	11,91	12,81
180	Evet	Evet	11,92	12,55
225	Evet	Evet	11,96	12,56
270	Evet	Evet	11,96	12,64
315	Evet	Evet	11,93	12,66

Çizelge 7.17 : RFID ve v.2.1 duyargası için z eksenini için açı-okuma süresi karşılaştırması.

z eksenini Açısı (°)	RFID okuma başarısı	Duyarga okuma başarısı	RFID okuma süresi (sn)	Duyarga okuma süresi (sn)
0	Evet	Evet	11,96	12,56
45	Evet	Evet	11,99	12,59
90	Evet	Evet	11,95	12,62
135	Evet	Evet	11,92	12,62
180	Evet	Evet	11,92	12,59
225	Evet	Evet	11,98	12,61
270	Evet	Evet	11,94	12,63
315	Evet	Evet	11,95	12,66

7.4.3 Çoklu birim okuma süresi karşılaştırması

Çoklu okuma testleri Bina-2 üzerindeki her kat için, aynı anda üçer birim ile iletişim kurulacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Bu testler sırasında sırasıyla her kata aralarında belirli mesafeler olan üç adet gönderici birim aynı anda yerleştirilmiştir.

Bu testlerin sonuçlarına göre, Sensenode v.2.1 duyargası ile RFID ekipmanı ile yapılan testlerde erişilebilen birim sayısı aynı olmasına rağmen RFID'ye ait okuma süresinin duyargaya oranla daha uzun olduğu görülmüştür. RFID ekipmanı ile yapılan testlerde hesaplanan süreye etiketlerin taranması için geçen süre de dahildir (Çizelge 7.18).

Çizelge 7.18 :Çoklu birim okuma süresi karşılaştırması.

Kat no	RFID		Sensenode v.2.1		Sensenode v.1.3	
	Erişilen birim sayısı (adet)	Okuma süresi (sn)	Erişilen birim sayısı (adet)	Okuma süresi (sn)	Erişilen birim sayısı (adet)	Okuma süresi (sn)
Zemin	3	39,12	3	30,05	2,3	33,02
Birinci	3	39,11	3	30,37	1,93	28,14
İkinci	3	39,39	3	29,91	1,56	33,34
Üçüncü	3	39,12	3	30,06	1,43	40,63

Sensenode v.1.3 için ise yüksek katlara çıkıldıkça erişilen duyarga sayısının azalmasıyla birlikte okuma süresinde de bir azalma olduğu görülmüştür. Bunun yanında üst katlarda erişilen duyarga sayısı azalmasına rağmen yaşanan paket kayıpları nedeniyle paketlerin yeniden gönderimi sürenin uzamasına da neden olmuştur. Sensenode v.2.1 ile yapılan deneyler sırasında ise her katta tüm duyargalara erişildiği görülmüştür. Sensenode v.2.1 ile Sensenode v.1.3'ün daha dar ölçekli bir ortamda gerçekleştirilen deneylerine oranla daha başarılı sonuç alınmasının, radyo çıkış gücünün yüksek olmasından kaynaklandığı düşünülmüştür. Bu duyargaların yayın alanlarının daha geniş olması ve bu doğrultuda gönderici duyargaların her katta alıcı duyarganın yayın alanına girmesi, testlerde daha başarılı sonuçlar elde edilmesini sağlamıştır. Bu sonuçlara göre Sensenode v.1.3 güvenilir bir veri saklama birimi olarak nitelendirilemez.

8. SONUÇ VE ÖNERİLER

Tezin birinci amacı olarak arama-kurtarma faaliyetlerini hızlandırmak ve kolaylaştırmak amacıyla arama ve kurtarma alanına ilişkin gerekli bilgiler modellenmiştir. Bilgi depolamak için kullanılacak saklama birimlerinin kısıtlı bellek kapasitesi göz önünde bulundurularak saklanacak bilgiler özel bir kodlama ile temsil edilmiştir. Bunun yanında, bilgilerin merkezi sistemde saklanabilmesi için bir veritabanı oluşturulmuştur.

Tezin ikinci amacı dahilinde, RFID ve kablosuz duyarga teknolojilerine dayalı bir sistem geliştirilmiştir. Sistem arama-kurtarma ekipleri için gerekli bilgileri saklama ve daha sonra bu bilgilere erişmeyi esas aldığı için, birimlere veri yazma ve birimlerden veri okuma gibi temel fonksiyonlar geliştirilmiştir. Sistem tasarımı, bu fonksiyonlar RFID ve kablosuz duyarga teknolojilerinin gerektirdiği şekilde gerçekleştirilmiştir. Bunun yanında ortamda birden fazla bina ve dolayısıyla birden fazla binaya ait birim bulunması durumunda, arama-kurtarma operasyonu düzenlenecek binaya ait bilgilerin saklandığı ilgili birimin zaman kaybetmeden seçilebilmesi için bir protokol gerçekleştirilmiştir. Bu protokol ile öncelikle, erişilebilen birimlerden binayı ayırt edici, öncelikli bilgiler alınarak istenen birimin seçilmesi ve bunun ardından istenirse birimde yer alan tüm bilgilerin okunması sağlanmıştır. Böylece ilk aşamada erişilebilen tüm birimlerden tüm bilgilerin okunması durumunda oluşabilecek zaman kaybı önlenmiştir. Veri kayıplarına neden olan kablosuz haberleşmenin en önemli problemi “paket kayıpları” için de, alındılı mesaj aktarımı sağlayan bir paket aktarım sistemi geliştirilmiştir. Böylece hedefe ulaşmayan paketlerin yeniden gönderimi sağlanarak paket kayıpları ve dolayısıyla veri kayıpları önlenebilmiştir. Prototip sistem kapsamında ayrıca modellenen bilgilerin sisteme girişinin ve sunumunun yapılacağı ilgili arayüzler de tasarlanmıştır.

Tezin ikinci amacının son adımını gerçekleştirmek için seçilen RFID ve kablosuz duyarga teknolojileri kullanılarak bir prototip sistem geliştirilmiştir. RFID ekipmanı olarak Identec Solutions firmasının i-Card CF okuyucusu ve ILF (Intelligent Long Range) olarak adlandırılan aktif etiketler kullanılırken, duyarga ekipmanı olarak

Genetlab firmasının geliştirdiği Sensenode v.1.3 ile Sensenode v.2.1 duyargaları kullanılmıştır. Geliştirilen prototip sistemlerin laboratuvar ve saha ortamında testleri yapılarak başarımları analiz edilmiştir.

Yapılan laboratuvar testlerine göre, düşük çıkış gücüne sahip duyarga ile tutarsız sonuçlara ulaşıldığı gözlenmiştir. RFID ile dış antenin kullanılmadığı durumlarda en fazla 1 m mesafeden okuma yapılabilirdiği, dış anten olduğu durumlarda ise daha tutarlı sonuçlar elde edilerek, bütün eksenlerde tüm açı değerleri için okuma yapılabilirdiği ve okuma sürelerinin birbirine çok yakın olduğu grlmştir. Böylece dış anten bulunması durumunda, etiket ile okuyucu arasındaki aının iletişim başarımını etkilemediği anlaşılmıştır. Duyarga deneylerinde en başarılı sonuçlar ise paket kaybı daha az olan yüksek çıkış gücüne sahip olan duyarga ile elde edilmiştir. En az paket kaybı, dolayısıyla en başarılı iletişimin sağlandığı açı 0 derece olup, en sağlıklı iletişimin iki duyarganın anteninin birbirine baktığı açıda gerçekleştirilebileceği dşnlmştir.

Bunun yanında saha testleri sonuçlarına göre, RFID ekipmanı ve yüksek çıkış gücüne sahip duyarga ile düşük çıkış gücüne sahip duyarga ekipmanı okuma uzaklığı–okuma süresi açısından karşılaştırıldığında, düşük çıkış güçlü duyarga ile farklı okuma uzaklıkları için tutarsız sonuçlar elde edildiği grlmştir. RFID ve yüksek çıkış gücüne sahip duyarga ile ise daha tutarlı sonuçlar elde edilmiştir. Ayrıca bu testlerde sadece birincil bilgilerin akatarılması göz önüne alındığında okuma süresi açısından RFID’nin en kısa süreye sahip olduğu grlmştir.

Saha testleri kapsamında okuyucunun bitişik binalarda bulunan duyargalardaki bilgileri de okuyup okuyamadığı çoklu birim okuma testleri ile sınanmıştır. Bu testlerin sonuçlarına göre yüksek çıkış gücüne sahip duyarga ile, yerleştirilen tüm duyargalara tüm katlarda erişilebildiği ve veri iletim süresinin kat yüksekliğinden neredeyse hiç etkilenmediği grlmştir. Düşük ıkış gücüne sahip duyarga kullanıldığında ise erişebilen birim sayısının düşük çıkış güçlü radyo nedeniyle yüksek katlara çıkıldıkça azaldığı grlmştir. Bunun yanında yaşanan paket kayıplarının artması nedeniyle iletim süresinin yüksek katlarda daha uzun olduğu grlmştir. RFID teknolojisinde de yüksek çıkış güçlü duyargalarda olduğu gibi tüm etiketlere tüm katlarda erişilebildiği ve iletim süresinin kat yüksekliğinden neredeyse hiç etkilenmediği grlmştir. Çoklu birim okuma testlerinde okuma süresi açısından en iyi sonuç yüksek çıkış gücüne sahip duyarga ile elde edilmiştir.

En uzun okuma süreleri düşük çıkış gücüne sahip duyarga kullanıldığında görülmüştür. Bu testler, geliştirilen duyarga seçme protokolünün gerekliliğini göstermiş ve bitişik nizamlı binaların bulunduğu bir ortamda bir binanın bilgilerinin yan binalarda yedeklenmesinin de mümkün olduğu doğrulanmıştır.

Ayrıca RFID ekipmanı ve yüksek çıkış gücüne sahip duyarga ekipmanı kullanılarak yapılan denemede, okuyucunun görüş hattında ve okuyucudan daha düşük bir kotta kalan bir noktadan okuma yapıp yapılamadığı da test edilmiştir. Bu testte yüksek çıkış güçlü duyarganın başarılı olduğu ancak RFID ekipmanı ile aynı başarımın elde edilemediği görülmüştür. Bu da deprem sonrasında birimlerin yerinin değişerek, okuyucunun görüş hattına çıkması olasılığı düşünüldüğünde, yüksek çıkış güçlü duyarganın RFID üzerindeki avantajlarından biri olarak kabul edilebilir.

Yapılan tüm testlerin sonuçları göz önüne alınarak teknolojilerin karşılaştırılması yapıldığında, veri depolama miktarları açısından tezde kullanılan RFID etiketlerinin 32KB'lık bellekleri ve bunun da 25KB'lık kısmının kullanılabilir olması nedeniyle, 100 kişilik bir bina için 661 KB olarak hesaplanan tüm bina bilgilerini saklamada kısıtlı kaldıkları görülmüştür. Duyargalar ise 1MB'lık bellek kapasiteleri ile tüm bilgilerin sorunsuz olarak saklanmasına olanak sağlamıştır. Bu nedenlerden dolayı, RFID teknolojisinin bellek kapasitesinin artımına ihtiyaç duyulmaktadır.

RFID'nin uzun pil ömrü (katalog bilgisine göre altı yıl) ve kısa zaman dilimlerinde pil bakımı gerektirmemesi, RFID'yi duyargalara göre avantajlı kılmaktadır. Bunun yanında RFID'nin pil değiştirme gibi bir özelliğinin bulunmaması, pil süresi sonunda etiketi kullanılmaz hale getirmektedir. Ancak duyargaların daha kısa pil ömrüne (yaklaşık üç ay) rağmen pillerin değiştirilebilmesi duyarganın yeniden kullanılmasını sağlamaktadır.

Testler sırasında gözlemlenen iki teknolojinin de veri aktarım sürelerinin birbirine çok yakın olduğu fakat RFID'ye ait aktarım süresinin biraz daha kısa olduğudur. Çoklu okuma testlerinde ise erişilebilen birim sayısı açısından hem RFID ekipmanının hem de yüksek çıkış gücüne sahip duyarganın aynı başarımı elde ettiği ve bu testlerdeki okuma sürelerinin birbirine çok yakın olmasına rağmen duyargalara ait okuma sürelerinin daha kısa olduğu görülmüştür. Buna ek olarak her iki teknolojinin de okuma açısına duyarlı olmadığı fakat yüksek çıkış gücüne sahip duyarganın RFID'ye göre daha uzun bir menzile sahip olduğu görülmüştür. Bu

duyargaların RFID'ye oranla daha uzun menzilin bulunması ve merdiven arkası gibi okuyucu ile birim arasında doğrudan görüş açısı olmayan yerlerden okuma yapılabilmesi, duyargaları RFID'ye oranla daha üstün kılmaktadır. Ayrıca duyarga düğümlerinin kendi aralarında haberleşebilme özelliği, daha sonra geliştirilebilecek ileri uygulamalar ve merkezi güncelleme ve zarar gören duyargalardaki bilgilere başka duyargalar üzerinden ulaşılabilmesi gibi imkanların sağlanabilecek olması açısından duyargaları önemli kılmaktadır. Bu durumlar göz önüne alındığında her iki teknolojinin de arama kurtarma çalışmalarında gerekli bilgilerin saklanabilmesi için kullanılabileceği fakat duyargaların RFID'ye kıyasla daha elverişli olduğu söylenebilir.

Sistemde kablosuz duyarga teknolojisinin kullanıldığı durumda, önerilen sistemin bu aşamasında uygulanmasa da, ileri çalışma olarak duyargaların ağ kurma özelliklerinden de faydalanılması mümkündür. Bu durumda duyarga düğümlerinin birbirleri üzerinden bilgi aktarabilme özelliklerinden faydalanılabilir. Bu özelliğin bir ileri aşaması olarak ise birimlere ilk bilgi girişinin ve sonraki aşamalarda da bilgi güncellemesinin merkezileştirilmesi sağlanabilir. Böylece mahalle ya da bina bilgileri birimlere ilk kez girilirken ve güncellenmeleri gerektiğinde, muhtarlık vb bir merkezden kablosuz duyarga ağına bağlanması yoluyla gerçekleştirilecektir.

Duyargaların ağ özelliğinden faydalanıldığı sistemde ek olarak, depremde hangi binanın hasar gördüğünü uzaktan tespit etmek amacıyla binalara yerleştirilen duyarga düğümlerine yer değiştirme duyargaları da entegre edilebilir. Bu duyargalar, iki fiber optik kablunun boylarındaki değişimlerin belirlenmesi esasına göre çalışırlar. 10 mm-20 mm arasındaki yer değiştirmelerde bu duyargalar etkin bir şekilde kullanılabilir [36]. Bu duyargalar 20 KN basınca kadar dayanabilir [37]. Önerilen sistemde, kablo boylarındaki değişim çok olduğunda, binanın o bölgesinin çöktüğü kabul edilir. Binanın birçok yerine yerleştirilen duyargalardan gelen bilgiler doğrultusunda çökmüş ya da ağır hasarlı olma ihtimali olan binalar önceden belirlenebilir. Böylece depremin hangi bölgelere zarar verdiğini tespit etmek amacıyla arama-kurtarma ekiplerinden önce bölgeye keşif ekiplerini göndermelerine gerek kalmaz.

KAYNAKLAR

- [1] **Yusuke**, 2001. Collaborative environments for disaster relief, (Master tezi), Dept. of Civil and Environmental Engineering, MIT, Cambridge, Mass.
- [2] **Seyis, S.**, 2009. Utilizing advanced storage technologies for providing local information to rescue teams following an earthquake, (Master tezi), Istanbul Technical University, Istanbul, Turkey.
- [3] **Karygiannis, T., Eydt, B., Barber, G., Bunn, L. and Phillips, T.**, 2006. Guidance for Securing Radio Frequency Identification (RFID) Systems, National Institute of Standards and Technology (NIST).
- [4] **Jaselskis, E., Anderson, M., Jahren, C., Rodriguez, Y. and Njos, S.**, 1995. Radio-Frequency Identification Applications in Construction Industry, *Journal of Construction Engineering and Management ASCE*, 121 (2), 186-196.
- [5] **Goodrum, P., Durfee, A. and McClaren, M.**, 2003. Review of Existing Smart Chip Technologies for the Electrical Contracting Industry: A Report to the Electrical Contracting Foundation, Technical report.
- [6] **Ergen, E., Akinci, B. and Sacks, R.**, 2007. Life-Cycle Data Management of Engineered-to-Order Components Using Radio Frequency Identification, *Advanced Engineering Informatics*, 21 (4), 356-366.
- [7] **Goodrum, P., McLaren, M. and Durfee, A.**, 2005. The Application of Active Frequency Identification Technology for Tool Tracking on Construction Job Sites, *Automation in Construction (AUTCON-00715)*, pp. 1-11.
- [8] **Jaselskis, E. and El-Misalami, T.**, 2003. Implementing Radio Frequency Identification in the Construction Process, *Journal of Construction Engineering and Management ASCE*, 129 (6), 680-688.
- [9] **Wing, R.**, 2006. RFID Applications in Construction and Facilities Management, *ITcon*, 11.
- [10] **GeneTLab**, 2005. Telsiz Duyarga Ağları, www.genetlab.com, İstanbul, Türkiye.
- [11] **National Institute of Standards and Technology (NIST)**, 2008, <http://w3.antd.nist.gov/>.
- [12] **Arora, A., Dutta, P., Bapat, S., Kulathumani, V., Zhang, H., Naik, V., Mittal, V., Cao, H., Demirbas, M., Gouda, M., Choi, Y., Herman, T., Kulkarni, S., Arumugam, U., Nesterenko, M., Vora, A. and Miyashita, M.**, 2002. A Line in the Sand: A Wireless Sensor Network for Target Detection, Classification, and Tracking, *Military Communications Systems and Technologies*, 46 (5), 605-634.

- [13] **Callaway, E.H.**, 2003. *Wireless Sensor Networks Architectures and Protocols*, CRC Press, Inc. Boca Raton, FL, USA.
- [14] **Römer, K. and Mattern, F.**, 2004. The Design Space of Wireless Sensor Networks, swiss National Science Foundation, Grant No. 5005-67322, pp. 1-8, *IEEE Wireless Communications*.
- [15] **Hadim, S. and Nader, M.**, 2006. Middleware Challenges and Approaches for Wireless Sensor Networks, *IEEE Distributed Systems Online*, 7 (3).
- [16] **Vieira, M.A.M., Claudionor, N.J., Silva, D.C.S.J. and Mata, J.M.D.**, 2003. Survey on Wireless Sensor Network Devices, federal University of Minas Gerais, Brazil.
- [17] **Elson, J. and Römer, K.**, 2002. Wireless Sensor Networks: A New Regime for Time Synchronization, In *Proceedings of the First Workshop on Hot Topics in Networks (Hot-Nest-I)*.
- [18] **Culler, D., Estrin, D. and Srivastava, M.**, 2004. Overview of Sensor Networks, IEEE Computer Society.
- [19] **Polastre, J., Hill, J. and Culler, D.**, 2004. Versatile Low Power Media Access for Wireless Sensor Networks, *SenSys'04*.
- [20] **Venkatesh, S.H.M. and Shekar, S.B.**, 2009. An Adaptive Energy Efficient MAC Protocol: S-MAC, Its Performance Analysis and improvements., *International Journal of Recent Trends in Engineering*, 1 (1).
- [21] **Dam, T.V. and Langendoen, K.**, 2003. An Adaptive Energy-Efficient MAC Protocol for Wireless Sensor Networks, *SenSys'03*.
- [22] **Meissner, A., Luckenbach, T., Risse, T., Kirste, T. and Kirchner, H.**, 2002. Design Challenges for an Integrated Disaster Management Communication and Information System, *The First IEEE Workshop on Disaster Recovery Networks (DIREN 2002)*.
- [23] **Federal Emergency Management Agency (FEMA)**, 2002. How to Create a HAZUS User Group, FEMA Report 404, Technical report.
- [24] **Pradhan, A., Laefer, D.F. and Rasdorf, W.J.**, 2007. Infrastructure Management Information System Framework Requirements for Disasters, *Journal Of Computing In Civil Engineering*, 21 (2), 90-101.
- [25] **Mansourian, A., Rajabifard, A., Zoej, M.J.V. and Williamson, I.**, 2005. Using SDI and web-based System to Facilitate Disaster Management, *Comput. Geosci.*, **32** (3), 303-315.
- [26] **Zerger, A. and Smith, D.I.**, 2003. Impediments to Using GIS for Realtime Disaster Decision Support, *Comput. Environ. Urban Syst.*, 27 (2), 123-141.
- [27] **Plans, A.P. and Pena-Mora, F.**, 2006. Building Assessment in Disaster Areas, cP2R Group Meeting, Power Point Presentation.
- [28] **Tsai, M.H., Liu, L.Y. and Feniosky, P.M.**, 2007. A building black box for urban disaster response and relief, *ASCE Intl. Workshop on Computing in Civil Engineering*.

- [29] **Chen, A.Y., Kaushik, N., Lakhera, S., Tsai, M.H. and Chowdary, S.K.R.,** 2006. Urban Planning Course 418 GIS for planners final project report.
- [30] **Hussain, M., Arsalan, M.H., Siddiqi, K., Naseem, B. and Rabab, U.,** 2005. Emerging Geo-Information Technologies (GIT) for Natural Disaster Management in Pakistan: An Overview, Recent Advances in Space Technologies, Proceedings of 2nd International Conference, pp. 487-493.
- [31] **Qureshi, A.M., Butt, M. and Khan, O.M.,** 2006. The Role of GIS and Public Awareness for Disaster Management, Advances in Space Technologies, 2006 International Conference, pp. 37-42.
- [32] **Meguro, J., Ishikawa, K., Hasizume, T., Takiguchi, J., Hatayama, M. and Noda, I.,** 2006. Disaster Information Collection into Geographic Information System using Rescue Robots, Proceedings of the 2006 IEEE/RSJ, International Conference on Intelligent Robots and Systems.
- [33] **Hara, T., Haga, R., Kubo, D. and Suzuki, S.,** 2004. Autonomous Flight Control System based on GPS for Small Unmanned Aerial Vehicle, KSAS JSASS Joint Symposium on Aerospace Engineering.
- [34] **Asama, H., Hada, Y., Kawabata, K., Noda, I., Takizawa, O., Meguro, J., Ishikawa, K., Hashizume, T., Ohga, T., Hatayama, M., Matsuno, F. and Todokoro, S.,** 2006. Rescue infrastructure for global information collection, SICE-ICASE, Intl. Joint Conference.
- [35] **Pena-Mora, F., K., K.H. and Sriram, D.,** 1996. CAIRO: A System for Facilitating Communication in a Distributed Collaborative Engineering Environment, *Journal of Computers in Industry*, 29 (Special Collaborative Engineering Issue), 37-50.
- [36] **Lienhart, W. and Brunner, F.K.,** 2003. Monitoring of Bridge Deformations Using Embedded Fiber Optical Sensors, 11th FIG Symposium on Deformation Measurements,.
- [37] **Lienhart, W.,** 2005. Experimental Investigation of the Performance of the SOFO Measurement System, in Fu-Kuo Chang (Ed.) Structural Health Monitoring 2005, Proc. 5th International Workshop on Structural Health Monitoring, Stanford, USA, pp. 1131-1138.

ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad: Gürhan AVDAN

Doğum Yeri ve Tarihi: İstanbul, 30.05.1986

Adres: Nispetiye Cad., Belediye Sit., Lale 4 Blok, Daire 2, Levent/İstanbul

e-mail: gurhanavdan86@gmail.com

Lisans Üniversitesi: İstanbul Teknik Üniversitesi

Yayın Listesi:

- **Avdan G., Ergen E., Guven G., Eroglu C. and Sariel-Talay S.,** *Evaluation of RFID and Wireless Sensor Technologies for Local Search and Rescue Data Storage*, International Symposium on Robotics and Intelligent Sensors (IRIS), Nagoya, Japan, 8-11 March, 2010, pp. 135-140.

