T.C.
KASTAMONU ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MALZEME BİLİMİ VE MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ

SUALTI SENSÖR AĞLARININ LOKALİZASYON İNCELENMESİ VE PERFORMANS ANALİZİ

EBTISAM MOHAMED OMAR ELGDIRI

DOKTORA TEZİ

DANIŞMAN

PROF. DR. ÜMIT TOKEŞER

KASTAMONU 2019

T.C.
KASTAMONU ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SUALTI SENSÖR AĞLARININ LOKALİZASYON İNCELENMESİ VE PERFORMANS ANALİZİ

Ebtisam Mohamed Omar ELGDIRI

Danışman	**Dr. Öğr. Üyesi Ümit TOKEŞER**
Jüri Üyesi	**Doç. Dr. Ahmet EROĞLU**
Jüri Üyesi	**Doç. Dr. Turhan KÖPRÜBAŞI**
Jüri Üyesi	**Dr. Öğr. Üyesi Cevat RAHEBİ**
Jüri Üyesi	**Dr. Öğr. Üyesi Can Doğan VURDU**

DOKTORA TEZİ
MALZEME BİLİMİ VE MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ

KASTAMONU - 2019

TEZ ONAYI

Ebtisam Mohamed Omar ELGDIRI tarafından hazırlanan **"Sualtı Sensör Ağlarının Lokalizasyon İncelenmesi ve Performans Analizi"** adlı tez çalışması aşağıdaki jüri üyeleri önünde savunulmuş ve **oybirliği** ile Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Malzeme Bilimi ve Mühendisliği Ana Bilim Dalı**'nda, **DOKTORA TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman	Dr. Öğr. Üyesi Ümit TOKEŞER Kastamonu Üniversitesi	.....
Jüri Üyesi	Doç. Dr. Ahmet EROĞLU Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi	.....
Jüri Üyesi	Doç. Dr. Turhan KÖPRÜBAŞI Kastamonu Üniversitesi	.....
Jüri Üyesi	Dr. Öğr. Üyesi Cevat RAHEBİ Altınbaş Üniversitesi	.....
Jüri Üyesi	Dr. Öğr. Üyesi Can Doğan VURDU Kastamonu Üniversitesi	.....

11/11/2019

Enstitü Müdürü	Doç. Dr. Nur BELKAYALI	.....

TAAHHÜTNAME

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildirir ve taahhüt ederim.

Ebtisam Mohamed Omar ELGDIRI



ÖZET

DOKTORA TEZİ

SUALTI SENSÖR AĞLARININ LOKALİZASYON İNCELENMESİ VE PERFORMANS ANALİZİ

Ebtisam Mohamed Omar ELGDIRI
Kastamonu Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Malzeme Bilimi ve Mühendisliği Bölümü

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Ümit Tokeşer

Sualtı kablosuz komünikasyon, sivil ve askeri gözetim alanlarında ve okyanuslar üzerine yapılan araştırmalar alanında geniş bir uygulama sahasına sahiptir. Sualtında ve su üzerinde yer alan düğümlerden oluşan sensör ağlarında, suda komünikasyon amaçlı veri iletimi için ultrared ve infrared kullanılır. Bu tezde, sualtındaki akustik komünikasyon ile ilgili problemlere genel bir bakış ve bu problemlere uygun bazı çözümler sunulmaktadır. Ayrıca mevcut modülasyon yöntemleri incenmekte ve mevcut uygulamalar da bu genel bakışa dahil edilmektedir. Bu bağlamda, sualtı komünikasyonuna dair sistemler tanımlanmakta, komünikasyonu etkileyen parametreler hakkında bilgi verilmekte ve sualtı ortamının davranışı gibi teorik analizler sunulmaktadır. Simülasyon ortamında, bu parametreler için simülasyon çalışması gerçekleştirilir. Bu alanda yapılan en son çalışmalar değerlendirilmekte ve bu çalışmalara dair yorumlar ve analizler sunulmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Sualtı komünikasyon, kablosuz komünikasyon, kablosuz sensör ağları.

2019, 74 Sayfa
Bilim Kodu: 91

ABSTRACT

Ph.D. Thesis

INVESTIGATION OF UNDERWATER SENSOR NETWORKS LOCALIZATION AND ANALYSIS THE PERFORMANCE

Ebtisam Mohamed Omar Elgdiri
Kastamonu University
Institute of Science
Department of Materials Science and Engineering

Supervisor: Assist. Prof. Dr. Ümit Tokeşer

Abstract: Underwater wireless communication opens up a wide field of application in the field of civilian and military surveillance and exploration of the oceans. Sensor networks, consisting of sensor nodes exposed under and above water, use ultra- and infrared for communication in order to transmit data in the water. This thesis gives an overview of the problems associated with the acoustic communication under water and presents appropriate solutions. It also examines the current modulation methods and provides an overview of current applications. In this thesis, the system related to the underwater communication system is defined, information about the parameters affecting the communication is given and the theoretical analyzes such as the behavior of the underwater environment is presented. The simulation work is performed for these parameters in the simulation environment. The most recent studies is evaluated and comments and analyzes is presented.

Key Words: Underwater communication, wireless communication, wireless sensor network.

2019, 74 Pages
Science Code: 91

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam boyunca her türlü desteği ve imkânı sağlayarak değerli bilgilerinden yararlandığım, danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Ümit TOKEŞER'e teşekkür ediyorum. Aynı zamanda, bu araştırma ile ilgili birçok pratik ihtiyaçların karşılanması için, Malzeme Bilimi ve Mühendisliği Bölümü Bölümünün öğretim görevlilerine ve araştırma yardımlarına teşekkür ediyorum. Kastamonu Üniversitesindeki meslektaşları ve Kastamonu'daki Libya halkı destekleri için teşekkür ediyorum. Eşim Khaled Elmahruq ve aileme her zaman desteklerinden dolayı, çalışmamı sürdürmek ve bu tezi bitirmek için bana güvenden ilham veren şükranlarımı ifade etmek isterim. Umarım bu çalışmanın sonuçları, toprağın doğasıyla ilgilenen ve gelecek çalışmalarda yeni araştırmalara katkıda bulunan kişilere faydalı olacaktır.

Ebtisam Mohamed Omar ELGDIRI
Kastamonu, Kasim, 2019

İÇİNDEKİLER

Sayfa

TEZ ONAYI ii
TAAHÜTNAME iii
ÖZET iv
ABSTRACT v
TEŞEKKÜR vi
İÇİNDEKİLER vii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ x
ŞEKİLLER DİZİNİ xi
TABLOLAR DİZİNİ xii
1. GİRİŞ 1
1.1. Arkaplan 1
1.1.1. Sualtı Akustiği ve Geçmişi 1
1.1.2. Ses Özellikleri ve Tanımlar 2
1.1.3. Ses Hızı ve Özellikleri 3
1.1.4. Sualtı Akustiğinin Önemi 5
1.2. Sualti Iletişimde Etkin Olan Temel Parametreler 6
1.2.1. Sıcaklık 6
1.2.2. Tuzluluk 7
1.2.3. Basınç 8
1.2.4. Yoğunluk 8
1.3. Komünikasyon Sisteminin Bileşenleri 8
1.3.1. Komünikasyon Sisteminin Ara Bileşenleri 8
1.3.1.1. *Bilgi kaynağı* 9
1.3.1.2. *Girdi dönüştürücü* 9
1.3.1.3. *Çıktı dönüştürücü* 10
1.3.2. Temel Bileşenler 10
1.3.2.1. *Verici* 11
1.3.2.2. *Komünikasyon kanali* 11
1.3.2.3. *Sualtı akustik kanallari* 11
1.4. Sualti Akustiğinde Kullanilan Kaynaklar ve Alicilar 12
1.4.1. Sonar Sistemleri 12
1.4.1.1. *Sonarın çalişma prensibi* 13
1.4.1.2. *Sonarın kullanim alanlari* 13
1.4.1.3. *Sonar-Dom sistemleri* 14
1.4.2. Sualtı Kablosuz Sensör Ağları 14
2. LİTERATÜR TARAMASI 15
2.1. Arkaplan 15
2.2. Literatür Taramasi 15

3. METODOLOJİ 40
3.1. Mevcut Sistem 40
3.2. Akiş Diyagrami 42
3.3. Birim Testi 44
3.4. Entegrasyon Testi 44
3.5. Beyaz Kutu Testi 44
3.6. Kara Kutu Testi 44
3.7. Geçerlilik Testi 45
3.8. Kullanici Kabul Testi 45
3.9. Çikti Testi 45
3.10. Sistemin Devreye Alinmasi 46
3.11. Kullanici Eğitimi 46
3.12. Uygulama Yazilimi Üzerinde Eğitim 47
3.13. Kullanimla Ilgili Dokümantasyon 47
3.14. Sistemin Devamliliğini Sağlamak ve Bakim 47
3.15. Düzeltici Bakim 48
3.16. Uyumlayici Bakim 48
3.17. Algilayici Bakim 48
3.18. Önleyici/Koruyucu Devamlilik ve Bakim 48
3.19. Modül Tanimlama 49
3.19.1. Çok Yönlü Metotlar 49
3.19.2. Rastgele Konuşlandırma Planı 49
3.19.3. Küp Konuşlandırma Planı 49
3.19.4. Düzgün Dört Yüzlü Konuşlandırma Planı 49
3.19.5. Performans Analizi 50
3.19.6. Yazılımın Tanımı 50
4. SİMÜLASYON SONUÇLARI 53
4.1. Taban Düğümlerinin Konuşlandirilmasi 53
4.2. Küp Konuşlandirma Planinin Topolojisi 55
5. SONUÇ 62
5.1. Sonuç 62
5.2. Gelecek İş 63
KAYNAKLAR 64
EKLER 68
ÖZGEÇMİŞ 74

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

β	(Newton/m^2 veya Pa) suyun elastikiyet modülünü,
ρ	(kg/m^3) su yoğunluğunu
c	(m/sn) ses hızını
N_l	Sıradan yerelleştirilmiş düğüm sayısı
N_o	Toplam düğüm sayısı.
$N_{communicate}$	diğer düğümler arasında birbirine bağlanabilen sensör düğümlerinin sayısı
N_{tot}	tüm düğümlerin sayısı

Kisaltmalar

AUV	Özerk Sualtı Aracı
SLMP	Mobilite Tahmini ile Ölçeklendirilebilir Yerelleştirme
VBPP	Vektör Tabanlı İlerleme Protokolü
SLMP	Mobilite Tahmini ile Ölçeklendirilebilir Yerelleştirme
WSN	Kablosuz Sensör Ağı
UWSN	Sualtı Kablosuz Sensör Ağı
ToA	Varış Zamanı
UAN	Sualtı Ortam Gürültüsü

ŞEKİLLER DİZİNİ

		Sayfa
Şekil 1.1.	Komünikasyon Sisteminin Bileşenleri Blok Şeması	8
Şekil 1.2.	Tüm Komünikasyon Sistemlerinin Genel Bir Modeli	10
Şekil 2.1.	Bir sualtı kablosuz sensor ağının mimarisi	15
Şekil 2.2.	Güçlendirme öğrenimi çerçevesi	17
Şekil 2.3.	Fırsatçı yönlendirmede aktarım	18
Şekil 2.4.	SKSA'larda mevcut yönlendirme protokollerinin sınıflandırılması	19
Şekil 2.5.	Önerilen mobilite algoritmasının blok şeması	21
Şekil 2.6.	Tipik bir sualtı sensor ağı	22
Şekil 2.7.	Doğrusal bir topoloji	23
Şekil 2.8.	USP programının projeksiyon tekniği	24
Şekil 2.9.	Derinlik tabanlı yönlendirme senaryosu	25
Şekil 2.10.	VAPE'de yönlü veri iletme sorunu	26
Şekil 2.11.	Katmanlar arası tasarım ilkesi	27
Şekil 2.12.	Lokasyon bazlı yönlendirme protokollerinin sınıflandırılması	29
Şekil 2.13.	Sualtı kablosuz sensor ağları (SKSA'lar) için bant genişliği ve iletim aralığı ilişkisi	30
Şekil 2.14.	Ağda yer alan kaynak düğümleri tarafından üretilen değişen miktarda veri için genel ağ enerji tüketimi	31
Şekil 2.15.	Topoloji ile ilgili deneysel sonuçlar	32
Şekil 2.16.	BND enerji tüketimi performansı	34
Şekil 2.17.	Yer saptama hataları durumunda hesaplanan hedef yörüngesi	34
Şekil 2.18.	Analog alıcı blok şeması	35
Şekil 2.19.	Boru çapının değişmesiyle VBF'nin performans değişimi	36
Şekil 2.20.	Katman yarıçapı tahmini	37
Şekil 3.1.	İş akış diyagramı	43
Şekil 4.1.	İlgili alana konuşlandırılan taban düğüm sayısı	53
Şekil 4.2.	Ağ Konuşlandırması	54
Şekil 4.3.	Topoloji Konuşlandırması ve Tespit/Ankraj Düğümleriyle Normal Düğümler arasındaki Bağlantılar	55
Şekil 4.4.	Tespit/ankraj düğümleri, normal düğümler ve tahmin edilen düğümler	56
Şekil 4.5.	İlk tespit/ankraj düğümü için kullanılan küp konuşlandırma planının toplolojisi	56
Şekil 4.6.	Bütün tespit/ankraj düğümleri için kullanılan düzgün dört yüzlü konuşlandırma planının toplolojisi	57
Şekil 4.7.	Tespit/Ankraj Düğümlerinde Rastgele Konuşlandırma, Küp Konuşlandırma ve Düzgün Dört Yüzlü Konuşlandırma için Ağ Bağlanabilirliği	58

TABLOLAR DİZİNİ

Sayfa

Tablo 4.1. Üç metodun kıyaslanması 58
Tablo 4.2. Ağın Parametresi..... 59
Tablo 4.3. Ağın Sonucu 60

1. GİRİŞ

1.1. Arkaplan

Bu tez çalışmasında, sualtı komünikasyonla ilişkili sistemler tanımlanacak, bu komünikasyonu etkileyen parametreler hakkında bilgi verilecek ve sualtı ortamının davranışı gibi teorik analizler sunulacaktır. Daha sonra, simülasyon ortamında bu parametreler için simülasyon çalışması yapılacaktır. En son çalışmalar değerlendirilecek ve bu çalışmalara dair yorumlar ve analizler sunulacaktır.

1.1.1. Sualtı Akustiği ve Geçmişi

1490'da, Leonardo da Vinci şunları yazmıştı: “Geminizi durdurur ve uzun bir tüpün bir ucunu suya batırıp, diğer ucunu da kulağınıza yerleştirirseniz, sizden çok uzakta olan gemilerden sesler duyabilirsiniz.” Çok erken sayılacak bir dönemde dile getirilen bu ifade, pasif sonar kullanımı için günümüzde hala önemli olan özellikleri içerir, da Vinci aşağıda yer alan gerekliliklere dikkat çekmektedir: düşük öz-gürültü, empedans uyumsuzluğunun üstesinden gelmek için akustik bağlaşım, bir alıcı dönüştürücü ve bir tanıma sistemi. Bu sistem, ancak Birinci Dünya Savaşı sırasında, ikinci bir tüpün kullanımı sayesinde yönlülüğün kazanılmasıyla kullanılabilmiştir.

Birazdan göreceğimiz gibi, derin akustik için kilit öneme sahip olan şey sudaki ses hızıdır. Bu hızın ilk ölçümleri İsviçreli fizikçi Daniel Colladon ve Fransız matematikçi Charles François Sturm tarafından 1827'de Cenova Gölü/Leman’da yapıldı. Bu iki bilim insanı, bir denizaltıdan gelen ve eş zamanlı olarak üretilen ses ve ışığın, gözlemlenme anları arasındaki zaman farkını kullanarak, göldeki ses hızını 1435 m/s olarak hesapladılar. Su sıcaklığı 8°C idi. Sudaki ses hızı bilgisi, bu yüzyılın sonunda denizcilikte bu tür sinyallerin kullanılmasına olanak sağladı (Leighton, 1998).

1900'lü yıllarda gemilerde fener, sualtı zili ve güverte sis farı kombinasyonundan oluşan bir mesafe ölçüm sistemi kullanılmaya başlanmıştı. Bu sistem sayesinde birbirine yaklaşan gemilerdeki mürettebat her iki sesi de duyabiliyordu. Sualtından

gelen ses, gemilerin gövdelerine monte edilmiş bir hidrofona ulaşıyordu ve iki ses arasındaki fark ölçülerek gemilerin fenere olan tahmini mesafeleri hesaplanabiliyordu.

İlk sonar sistemleri, denizaltı ve buzdağlarını bulmak için Birinci Dünya Savaşı sırasında Amerikan, İngiliz ve Fransızlar tarafından geliştirilmiştir. O sıralarda, sonar sistemi "ASDIC" olarak isimlendirildi. 1925'te sonarla derinlik ölçümü yapılmaya başlandı. 1937'de batitermograf (derinlik sıcaklık ölçeri) A. F. Spilhaus tarafından icat edildi. II. Dünya Savaşı'nda ABD gemileri QC sonarlarıyla donatılmıştı ve yine ABD denizaltılarında, JP dinleme cihazları kullanılıyordu. Almanlar tarafından, ses dalgalarını emen malzemeler geliştirilmiş ve ALGERICH olarak isimlendirilmiştir. Almanlar, GERAT adlı bir dizi sonar sistemi geliştirdiler. Bunu, yüksek güçte ve düşük frekansta sonarların kullanımındaki gelişmeler izler. Yine, 1900'lerde, sinyal işleme tekniklerinin sonar sistemlerine, ses torpidolarına, mayınlara ve tarama sistemlerine uygulama çalışmaları ABD tarafından realize edilmiştir. II. Dünya Savaşı'ndan sonra ise, sonar, denizlerde yapılan jeolojik araştırmalar, batık gemiler, balık sürülerini tespit etme vb. konularda uygulama yapmak için çalışmalar yapıldı (Batı, 2009).

Günümüzde; derinlik ölçümü, deniz morfolojisinin anlaşılması, sismik stratigrafi, petrol ve doğal gaz arama, yerkabuğunun özelliklerinin ve kalınlığının tayini, mühendislik ve akustik uygulamalar, balık rezervinin tespiti gibi birçok çalışmada akustik yöntemler kullanılmaktadır.

1.1.2. Ses Özellikleri ve Tanımlar

Ses, moleküllerin esnek yapıya sahip bir ortamda düzenli hareketidir. Ortamın esnek bir yapısı olduğu için, ortamdaki parçacıkların hareketi, ses kaynağından çıktıktan ve etrafındaki parçacıklara bağlandıktan sonra meydana gelir. Ses dalgası ortamdaki parçacıklarla temas ettiğinden, bu dalga sesin hızıyla orantılı olarak etrafa yayılır. Adı geçen yayılımın gerçekleşmesi için söz konusu esnek ortamın katı, sıvı veya gaz olması gerekir. Sıvılardaki parçacık hareketi, yayılma yönüne paralel olarak ve ileri-geri gerçekleşir. Bu yüzden sıvı ortamlarda ses dalgaları boyuna dalgalanır.

Boyuna dalgalar sinüsoidal dalgalar olarak ifade edilebilir. Sinüs dalgasında zaman ve mesafeden dolayı meydana gelen basınç değişiklikleri belirleyicidir. Sinüs dalgasının zirvesi sıkıştırma fazını ve sinüs dalgasının dibi dilüsyon fazını gösterir. İki tepe noktası arasındaki mesafe "dalga boyu" olarak tanımlanır ve "λ" sembolü ile ifade edilir. Bir tepeden ve bir çukurdan oluşan bir dalga hareketi "döngü" olarak adlandırılır. Bu döngünün gerçekleşmesi için gereken zaman "dalganın periyodu" olarak adlandırılır. Bir saniyedeki döngü sayısı ise frekans olarak adlandırılır ve frekans birimi, 1/s veya Hz ile ifade edilir.

Ses dalgasının ortalama basınç seviyesinden sapması "genlik" olarak ifade edilir. Bir ses dalgasının dalga boyu, (1.1) 'de görüldüğü gibi, ses frekansı ve "c" yani sesin hızı cinsinden ifade edilebilir.

$$\lambda = \frac{c(m/s)}{f(1/s)} \tag{1.1}$$

Bunlara ek olarak, ses tiplerinden de bahsedebiliriz. Ses tipleri 3'e ayrılır:

- Frekansı 20 Hz'nin altındaki sesler sabsonik (sesaltı)
- Frekansı 20-15000 Hz arasında olan sesler sonik
- Frekansı 15000 Hz'den yüksek olan sesler süpersonik (sesüstü)

olarak sınıflandırılır.

1.1.3. Ses Hızı ve Özellikleri

Sesin sudaki hızı (1.2) tarafından verilen formül ile bulunur:

$$c = \sqrt{\frac{\beta}{\rho}} \tag{1.2}$$

Burada β (Newton/m^2 veya Pa) suyun elastikiyet modülünü, ρ su yoğunluğunu (kg/m^3), c ses hızını (m/sn) gösterir. Burada modülü, (1.3)'te verilen formüle göre bulabiliriz:

$$\beta = -V \cdot \frac{du}{dV} \tag{1.3}$$

Burada V hacim, u akustik basınçtır. Buna göre;

- Havadaki ses hızı, β = 1.42 × 105 (Newton/m^2) ve ρ = 1.3 (kg/m^3) olduğundan yaklaşık 330 m/s'dir.
- Deniz suyu içindeki ses hızı ise, β = 2.06 × 109 (Newton/m^2) ve ρ = 1 (kg/m^3) olduğundan, yaklaşık 1435 m/s'dir.
- Bu arada, havadaki elektromanyetik dalga yayılma hızı, ışık hızı olan 3 x 10^8 m/s'dir.

Ses hızı profilleri, ses hızının derinliğe göre değişimini gösteren grafiklerdir. Ses hızı profilleri, hava koşulları, mevsim, tuzluluk vb. ile ilişkilidir. Tuzluluk genellikle 35 ppt değerli sabit olarak kabul edilir.

Ses hızının sıcaklık, derinlik, tuzluluk gibi parametrelere bağımlılığı, deneysel verilere dayanarak çeşitli şekillerde formüle edilir. Bu formüllerin en önemlilerinden biri (1.4) 'de gösterilmiştir.

$$c = 1492.9 + 3(T-10) - 6\times10^{-3}T-10^2 - 4\times10^{-2}T-18 + 1.2S-35 - 10^{-2}T-18S-35 + H/61 \tag{1.4}$$

Burada T sıcaklık, S tuzluluk, H ise derinliktir (m). Örneğin;

Ses hızı, 10 derece sıcaklıkta, yaklaşık 0 m derinlikte ve 3S tuzlulukta 1490 m/s'dir.

Yine, yaklaşık katsayılar (1.5), (1.6) ve (1.7) 'de gösterilmiş olup, ses hızının sıcaklığını, tuzluluğunu ve varyasyonunu tanımlar.

$$\frac{Dc}{DT} = 3.4 \ \ m/s \quad per \quad °C \tag{1.5}$$

$$\frac{Dc}{DS} = 1.2 \ \ m/s \quad per \quad ppt \tag{1.6}$$

$$\frac{Dc}{DH} = 17\ m/s \quad per \quad 1000\ m \tag{1.7}$$

Burada görebileceğimiz gibi, tüm parametrelerdeki değişiklikler, ses hızının değişmesine neden olur (Batı, 2009).

1.1.4. Sualtı Akustiğinin Önemi

60 Yıldan daha uzun bir zamandır, okyanus araştırmaları giderek artmaktadır. Bu araştırma çalışmalarında, sualtı alıcıları tarafından toplanan bilgiler en verimli şekilde su yüzeyine iletilmelidir. Bu noktada bilgi toplama merkezine uydu üzerinden bilgi gönderilebilir.

Akustik dalgalarla, yüzlerce kilometre uzaklıktan, sualtında sinyaller üretmek mümkündür. Sualtı akustik kanalı, sinyalin yüzeyden ve deniz tabanından yansıması nedeniyle çok kanallı olarak tanımlanır; çünkü dalga hareketleri farklı yayılma ve sinyal bileşenlerinin farklı gecikme süreleri nedeniyle, sinyal kayıplarına yol açmaktadır.

Son yıllarda, sualtı akustik komünikasyonu mühendislik ve araştırma alanı olarak hızlı bir gelişim göstermiştir. Sualtı akustik komünikasyon teknolojileri, deniz petrol endüstrisinde uzaktan kumanda olarak, çevre kirliliğini kontrol etmek için bir çevre sistemi olarak, sualtı istasyonlarından elde edilen bilimsel verilerin toplanması amacıyla, insansız su altı araçlarının kullanımı ve geliştirilmesi, sualtı dalgıçlarının birbiriyle iletişimi amaçlı, sualtı zeminindeki nesnelerin tespitinde ve kurtarma operasyonlarında da kullanılır.

Sualtı akustik komünikasyon bu tür uygulamalar için çok önemlidir. Akustik ortam, karideslerin, balıkların, gemilerin ve çeşitli memelilerin sesleriyle doludur. Ortamın kendi gürültüsüne ek olarak, limanlara yakın insan kaynaklı gürültü de sisteme dahil olur. Tüm bu araya karışan etkilere karşı, dijital sinyallerin iletimi için verimli ve son derece hassas sualtı akustik komünikasyon sistemleri tasarlamak mümkündür. Deneylerde suda yayılmaları için ışık dalgası, radyo dalgası ve ses dalgası kullanılmaya çalışılmıştır. Bu deneyler sonucunda, ışık ve radyo dalgalarının suda

yayılırken çok hızlı bir şekilde zayıfladığı ve sönümlendiği gözlendi, ancak su, ses dalgalarının yayılması için ideal ortamdı. Bir düşman denizaltısının yerini tespit etmek için ilk hidrofoilin suya indirilmesinden beri, deniz bilim adamları, sürekli olarak sualtı akvakültür üzerine araştırmalar yapmakta ve uygulamaktadır. Bu süreçler sonucunda, dalgaların suda yayılımı, günümüz deniz bilimleri çalışmalarında kullanılan en önemli araçlardan biri haline gelmiştir.

1.2. Sualtı İletişimde Etkin olan Temel Parametreler

Okyanus, deniz tabanı ile deniz yüzeyi arasında uzanan akustik bir geçittir ve bu geçitte yayılan ses dalgalarının hızının değişmesinde rol oynayan dört ana faktör vardır; sıcaklık, derinlik, tuzluluk ve basınç. Ses hızı, bu parametrelerin değerinin artmasıyla birlikte artar, ancak artış hızı farklıdır (Kahveci, 2013).

- Sıcaklık
- Tuzluluk
- Basınç
- Yoğunluk
- Derinlik
- Sınırlarla etkileşim (yüzey ve alt)
- Hacimsel etkileşimler (sudaki maddeler, kabarcıklar vb.)
- Verici ve alıcıların yerleri
- Ses kaydı ve mesafe algılama
- Hareketlilik

1.2.1. Sıcaklık

Sıcaklıktaki değişim, ses hızının değişmesinde en önemli faktördür, çünkü ses hızını diğer faktörlerden 5 kat daha fazla etkiler. Sıcaklık, moleküllerin sahip olduğu kinetik enerjinin bir ölçüsüdür. Su sıcaklığı ölçülürken, sıvıların sıkıştırılması ve genleşmesinden doğan potansiyel enerjinin dikkate alınması gerekir (Urick, 1967).

Suyun içindeki ısı, yeryüzünde olduğundan daha derine iner, çünkü suyun özgül ısısı toprağınkinden çok daha yüksektir, bu nedenle denizler ısının dengelenmesinde önemli bir rol oynar. Güneş enerjisinin çoğu ilk 10 metrede emilir, burada oranlar berrak okyanus sularında %83, bulanık sularda ise %99'dur. Bu nedenle, diğer çevresel faktörler hariç tutulursa, ilk 10 metre içerisinde ısınma meydana gelir. Bazı özel durumlar dışında, deniz suyunun sıcaklığı büyük ölçüde düşmektedir. Sıcak yüzey suları ve altındaki soğuk su arasındaki ısı değişimi, rüzgârın yüzey suları ile karışmasına ve sonuç olarak ortaya çıkmasına neden olur.

Deniz suyunun ısınmasında rol oynayan diğer faktörler, güneş ışınımı, okyanusun iç ısısının okyanus tabanından ısıyayımı, kimyasal ve biyolojik olaylardan kaynaklanan ısı, kinetik enerjinin ısı enerjisine dönüşümü ve su buharının yoğunlaşmasından ortaya çıkan sıcaklıktır. Buharlaşma, atmosferik ısıyayımı ve deniz yüzeyinden yansımalar gibi faktörler deniz suyunda ısı kaybına neden olan faktörlerdir (Kahveci, 2013).

1.2.2. Tuzluluk

Deniz suyunun önemli özelliklerinden biri tuzluluktur. Tuzluluk derin suda çok az değişir ve ufki (yatay) değişimler ihmal edilebilecek kadar küçüktür. Ancak kıyı bölgelerinde, özellikle haliç kıyılarında ve buz sahalarında, tuzluluk etkisi önemlidir. Deniz suyunun fiziksel özelliklerinin çoğu, tuzluluğa bağlı olarak değişir. Deniz suyunun yoğunluk, elektriksel iletkenlik, viskozite, genleşme katsayısı, ozmotik basınç ve ses hızı gibi özellikleri tuzluluğun artmasıyla artarken, özısı, buhar basıncı, termal iletkenlik ve genleşme katsayısı gibi belirli özellikleri azalır.

Tuzluluğu azaltan ve arttıran bazı faktörler vardır ve en önemlileri buharlaşma ve yükselmedir. Buharlaşma tuzluluğu arttırırken, yağışlar ise azaltır ve bu iki zıt faktörün tuzlulukla ilişkisi için denklem (1.8) kullanılır. Bu denklemde; E, buharlaşmayı ve P, yağış yüksekliğini mm cinsinden ifade eder (Urick, 1967).

$$S\left(\text{in thousan ds}\right) = 34.6 + 0.0175\ \ (E - P) \qquad (1.8)$$

1.2.3. Basınç

Sıcaklık ve tuzluluk ile birlikte, sesin sualtındaki hızını etkileyen parametrelerden bir diğeri de basınçtır. Sıvıdaki moleküllerin ağırlığı nedeniyle, yüzeye dik olarak bir basınç oluşur, bu basınç "Hidrostatik Basınç" olarak adlandırılır ve denizlerdeki derinliğe bağlı olarak 1 metre başına yaklaşık 1 desibar artar. Desibar (0.1 bar)'dır; ve 1 cm^2'lik yüzeyde, bir metre yüksekliğe sahip deniz suyunun basıncına eşittir, ayrıca basıncı ifade eden en pratik birimdir (Kahveci, 2013).

1.2.4. Yoğunluk

Bir maddenin birim hacmindeki kütlesine "yoğunluk" denir. Yoğunluk ayrıca volümetrik kütle yoğunluğu olarak da adlandırılabilir. Deniz suyunun yoğunluğu genellikle yaklaşık 1.026 g/cm^3 olarak alınır, bu değer düşük sıcaklıkta veya yüksek tuzlulukta ve yüksek derinlikte ise artar. Bu ifadeden de anlaşılacağı gibi, yoğunluk dağılımına etki eden faktörler, bu 3 etkinin değişmesine neden olan özelliklerdir. Sıcaklık, yoğunluğun yanı sıra ses hızı üzerinde de en yüksek etkiye sahip olan parametredir. Yoğunluk ayrıca deniz suyunun kimyasal yapısı ile de ilişkilidir (Kahveci, 2013).

1.3. Komünikasyon Sisteminin Bileşenleri



Şekil 1.1. Komünikasyon Sisteminin Bileşenleri Blok Şeması

1.3.1. Komünikasyon Sisteminin Ara Bileşenleri

İletişim sisteminde kullanılan ara bileşenler şunlardır:

- Bilgi kaynağı
- Girdi dönüştürücü
- Çıktı dönüştürücü

1.3.1.1. Bilgi kaynaği

Mesaj girdisi, çeşitli bilgileri ihtiva edebileceği için farklı özelliklerde görünebilir. Bilgi kaynağı tarafından üretilen bilgi, iki kısma ayrılır. Bunlar:

- Analog bilgi, ve
- Rakamsal bilgidir.

Analog bilgi, zamana göre değişen başka bir türden niceliği temsil edip kendisi de zamana göre değişen ve sürekli bir özellik gösteren veridir, burada zamana göre değişiklik bağlamında bir analoji söz konusudur. Konuşma, ses, resim, müzik ve görüntü analog bilgi olabilir.

Rakamsal bilgi, bilgisayarlar arasında bilgi aktarımı için kullanılan "0" ve "1"lerden oluşan ayrık ikili (binary) kodlardır. Rakamsal bilgi ikili diziler, grafik sembolleri, mikroişlemci işlem kodları olabilir.

1.3.1.2. Girdi dönüştürücü

Bir sinyali iletime uygun hale getirmek, bu sinyali elektrik sinyallerine, yani bir elektrik akımına veya bir elektrik voltaj değişikliğine dönüştürmek anlamına gelir. Enerji dönüştürücüler, elektrik sinyallerini elde etmek amacıyla kullanılır. Hem girdi dönüştürücüler hem de çıktı dönüştürücüler, günümüzde kullanılan birçok elektronik cihazda bulunur. Girdi dönüştürücülerinin en yaygın adı sensörlerdir. Girdi dönüştürücülere şu örnekler verilebilir:

- Direnci ışığa dönüştüren LDR,
- Direnci ısıya dönüştüren termistör,
- Sesleri voltaja dönüştüren mikrofon,
- Farklı açıları rezistöre çeviren değişken rezistör (John Hewes, 2017).

1.3.1.3. Çıktı dönüştürücü

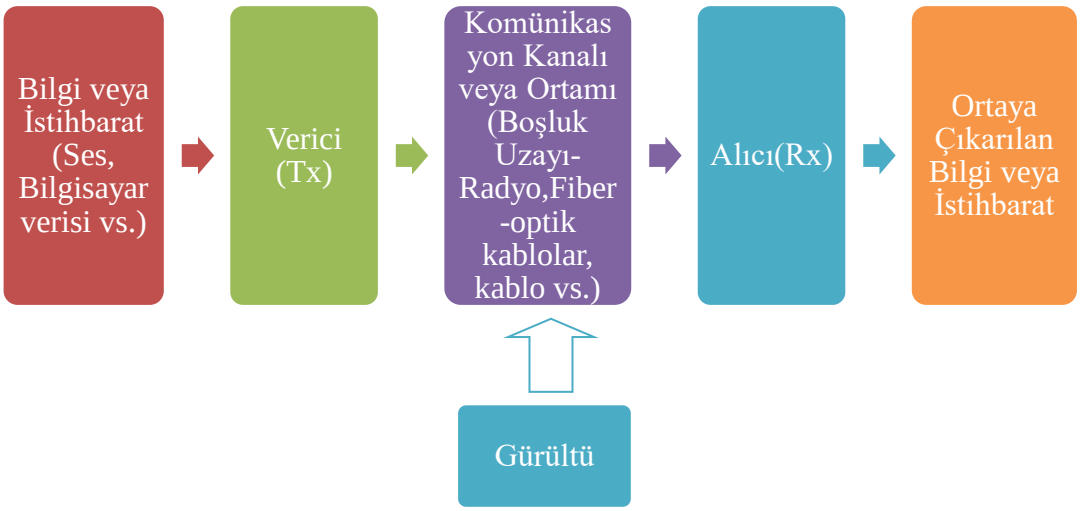
Alıcı tarafından elde edilen elektrik sinyallerinin, kullanıcı açısından bir anlam ifade edebilmesi için, uygun bir bilgi formatına dönüştürülmesi gerekir. Çıktı dönüştürücüleri, elektrik sinyalini alternatif miktarlara dönüştürmek için kullanılır. Çıktı dönüştürücülere örnekler:

- Elektrik enerjisini ışığa çeviren lamba veya led,
- Elektrik enerjisini sese dönüştüren hoparlör,
- Elektrik enerjisini harekete dönüştüren motor,
- Elektrik enerjisini ısıya dönüştüren ısıtıcı (John Hewes, 2017).

1.3.2. Temel Bileşenler

Herhangi bir komünikasyon sistemi üç ana parçadan oluşur. Bu parçaların her biri sinyal iletiminde önemli rol oynarlar. Bu parçalar:

- Verici,
- Komünikasyon Kanalı ve
- Alıcıdır.



Şekil 1.2. Tüm Komünikasyon Sistemlerinin Genel Bir Modeli

1.3.2.1. Verici

Verici kelimesinin İngilizce orijinali olan transmitter kelimesi esas alınırsa, verici tam anlamıyla bir dönüştürücüdür. Verici, komünikasyon kanalının özelliklerine uygun bir sinyal üretmek için girdi sinyalini işler ve iletim için uygun bir formata dönüştürür. Vericiler; ısı, sıcaklık ve basınç gibi değerleri voltaja (0-10V) veya miliampere (0-20mA) dönüştürürler. Girdi tarafından alınan bilgilerin dönüştürülmesine modülasyon denir. Modülasyon sürecinde, iletimin basitleştirilmesi, kanal gürültüsünün azaltılması ve yükseltme gibi işlemler gerçekleştirilir. Nihai olarak, analog sinyaller bir komünikasyon kanalı üzerinden doğrudan taşıyıcı modülasyonu yoluyla iletilir.

1.3.2.2. Komünikasyon kanali

Hali hazırda pek çok komünikasyon kanalı bulunmaktadır, ancak bu tezde sualtı komünikasyon kanalı ele alındığı için bu konuyla ilgileneceğiz.

1.3.2.3. Sualtı akustik kanallari

Sualtı komünikasyonu, temelde akustik dalgaların iletimine dayanmaktadır. Radyo dalgaları nadiren kullanılır; çünkü radyo dalgaları ortam koşulları nedeniyle ciddi oranda zayıflamaktadır. Bahsedilen bu iletim kanalları genellikle mükemmel değildir. Bu kanalların bant genişliği de oldukça sınırlıdır. Bu kanallar, sinyallerin hem frekans boyutunda hem de zaman boyutunda dağılmasını sağlar (Kuzlu, Dinçer, ve Öztürk).

Sualtı akustik kanalları, çevresel özelliklerden ve iletim ortamının doğasından kaynaklanan sebeplerle, zamana ve çevreye bağlı değişkenlik göstermektedir. Sualtı akustik kanallarında, ses sinyali yayılma hızı yaklaşık 1.5×10^3 m/sn'dir; bu, ışık hızından veya radyo dalgalarının yayılma hızı c (3×10^8 m/s)'den yaklaşık iki yüz bin kat daha düşüktür. Sualtı akustik kanallarının bant genişliği sınırlıdır ve iletim menzili ve frekansına büyük ölçüde bağlıdır. İletim menzili arttıkça, kanalın bant genişliği azalır. Emilim nedeniyle, çoğu akustik sistem 30 Hz altında çalışır. Kendine has özelliklerinin yanı sıra, performans ve karakter bağlamında sualtı akustik kanallarının birçok faktörden etkilendiğini söylemek mümkündür. Bu faktörlerin bazıları gürültü,

yol kaybı, çok yollu yayılım ve Doppler etkisi gibi diğer tüm komünikasyon sistemlerinde de belli hata ve gecikme oranlarına neden olan faktörlerdir.

Ek olarak, akustik kanallar, ses dalgasının doğrultusuna göre kabaca dikey ve yatay olarak sınıflandırılır. Bu iki sınıfın yayılma özellikleri deniz/okyanus ortamının sıcaklık, tuzluluk ve yoğunluk gibi fiziksel ve kimyasal özelliklerinden dolayı farklılıklar göstermektedir. Akustik bir kanalın özelliklerinden bazıları kısaca yüksek oranlı yayılma gecikmeleri ve gecikme sürelerindeki büyük değişkenlikler, sınırlı bant genişliği ve yüksek hata oranları olarak ifade edilebilir (Bayrakdar ve Kantarcı, 2010).

1.4. Sualtı Akustiğinde Kullanılan Kaynaklar ve Alıcılar

Akustik dalgalar, yalnızca bir yardımla suda yayılabilir ve algılanabilir. Dönüştürücü, herhangi bir enerjiyi bir enerji kaynağına (kaynak ve ya projektör) veya enerji kaynağından (alıcıdan) gelen enerjiyi, genellikle sese dönüştürür.

İki enerji türünü birbirine dönüştürme performansı; malzemenin piezoelektriklik (basınçsal elektriklilik) ve manyetostriksiyon (mıknatıssal büzülüm) adı verilen özelliklerine bağlıdır. Yüzeyler arasında baskı altında elektrik yükü kazanmak için; kuvars, amonyum, dihidrojen, fosfat-ADP, Rochelle tuzu gibi bazı kristaller gerilim uygulandığında gerilir. Bu malzeme türü piezoelektriktir.

Elektriksel büzülmeli malzemeler de aynı karakterdedir, ancak bunlar çok kristalli seramiklerdir ve yüksek elektrostatik bir alan en uygun şekilde polarize edilmelidir. Bunlar arasında; baryum titanit ve zirkonatlı titanit bulunur. Bir manyetostriktif materyali gerildiğinde, etrafındaki manyetik alan değişir ve polarize olduğunda performansı artar çünkü frekansın iki katına çıkma olgusu ortaya çıkar (Jensen, Kuperman, Porter, ve Schmidt, 2000).

1.4.1. Sonar Sistemleri

Sonar temel olarak denizaltılar için tasarlanmış bir cihazdır. Ancak bugün batık gemileri ve balık sürülerini bulmak için kullanılır. Ayrıca gemilerde, denizin ne kadar

derin olduğunu belirlemek için de kullanılmaktadır. Sonar deniz çalışmaları için gerekli ve faydalı bir üründür (Lacovara, 2019).

1.4.1.1. Sonarın çalişma prensibi

Gemilerin altına bir dönüştürücü yerleştirilir. Bu makine, insan kulağının algılayabileceğinden çok daha yüksek frekanslı bir ses dalgası gönderir. Bu ses dalgaları denize veya kayalara çarparak geri gelirler. Böylece, mesafe vuru (strok) ve yansıma ile hesaplanır. Sesin sudaki hızı havadakinden yaklaşık 4 kat daha yüksektir. Hesaplamalarda bu durum göz önünde bulundurulur. Zaman aralığı, sesin yansımasını yakaladığında yanan ışığa sahip döner bir diskle ölçülür. Disk sabit bir hızda döner. Ses iletildiğinde, lamba en üst noktadadır. Yansıma ile lamba tam bir daire çizer. Bazı cihazlar bu aralığı kaydeder. Ya da bir ekranında ne olduğunu görebilirsiniz, televizyonda olduğu gibi. Sonar, ilk kez ASDIC adıyla tanınmıştır. Su altında ses dalgaları ile yön ve mesafeyi tespit etmek için kullanılır. Buna benzer bir diğer sistem, radardır. İşletim sistemi neredeyse aynıdır, ancak radar ses dalgaları yerine radyo frekanslarını kullanır. Günümüzde her iki cihazda da genellikle aynı işletim sistemi kullanılmaktadır. Yarasaların ve yunusların kendi sonarları bulunmaktadır. Özellikle yarasalar kör olmasına rağmen, sonarları sayesinde hiç bir yere çarpmadan uçabilirler. Yunuslar sürülerini takip etmek ve sürüleriyle haberleşmek için sonarı kullanırlar. Sualtı araştırmalarında veya donanmada kullanılan sonar sistemlerinden biraz farklı çalışırlar. Ses dalgaları iletildikten sonra, mekanik sistemlerle bir kanaldan geçirilerek yoğunlaştırılırlar. Bu nedenle, birçok dönüştürücü geminin altına yerleştirilir. Böylece, iletilen sinyaller daha güçlü bir frekans vermek üzere bir araya toplanırlar (Lacovara, 2019).

1.4.1.2. Sonarın kullanim alanlari

Sonarla hazırlanan sualtı haritaları, su altı madenciliği araştırmalarında, balıkçılıkta, donanmada sıkça kullanılmaktadır. Balıkçılıkta balığın yoğunluğu ve ne derinlikte olduğu sonar değerleri ile hesaplanmaktadır. Her balık farklı bir yansıma üretir. Yan yana sonarlar mevcutsa; yeraltı bitki örtüsü, bulunan nesneler, deprem hatları ve mineral yatakları gibi unsurlarıyla deniz dibi tam olarak görüntülenebilir (Lacovara, 2019).

1.4.1.3. Sonar-Dom sistemleri

Sonar-dom sistemleri, genel kullanım için deniz platformlarının üstüne monte edilmiş bir ektir. Genel olarak hassas bir yapıya sahip olan sonar sensör gruplarının bağlandıkları su yüzeyinin alt noktalarında veya tüm mekanik kasılmaların yer aldığı noktalara monte edilirler (deniz hareketi, doğal koşullar ve su altı etkileri, nesnelerle çarpışma etkisi, platformun aşınması vb.), tuzlu deniz suyunun aşındırıcı etkileri ve meydana gelen şiddetli mekanik etkiler sonar platformunun kendiliğinden ve batık hareketinden kaynaklanan istenmeyen su altı gürültüsüne karşı koruyucudur. Akustik dalgaların hidrodinamik geometrisi ve geçirgenliği pek çok uygulamada kullanılır. Sonar, sensör grupları ile birlikte sonar sisteminin algılayıcı (sensör) kısmını oluşturur (Kahveci, 2013).

1.4.2. Sualtı Kablosuz Sensör Ağları

Son zamanlarda, hem bilimsel, hem askeri hem de ticari olarak denizleri ve okyanusları gözlemlemeye artan bir ilgi görülmektedir. Bu tür gözlemler açısından, sualtı kablosuz sensör sistemlerinin en uygun araç olduğu söylenebilir. Bu sistemlerin tümüne Sualtı Kablosuz Sensör Ağları denir (Partan, Kurose, ve Levine, 2007).

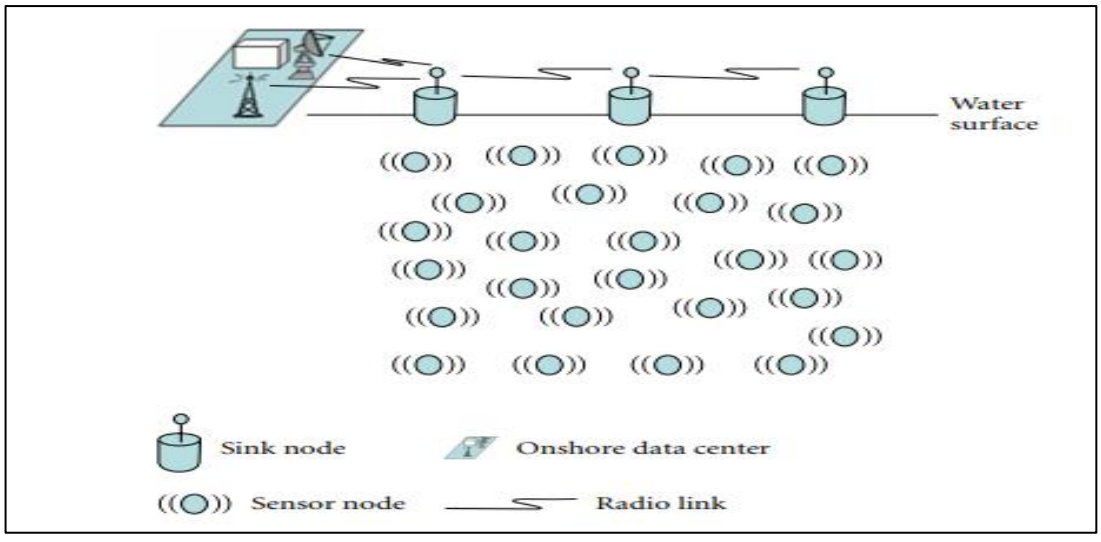
2. LİTERATÜR TARAMASI

2.1. Arkaplan

Bu bölümde sualtı komünikasyonu ile ilgili akademik makaleler taranacak ve özetlenecektir.

2.2. Literatür Taraması

Mishra vd. "Sualtı Kablosuz Sensör Ağları Yönlendirme Protokolü için Enerji Verimliliği" başlıklı bir araştırma yaptı (Patil ve Mishra, 2017). Buna göre, karasal Kablosuz Sensör Ağları ile bazı benzerlikleri olsa da, Sualtı Kablosuz Sensör Ağlarının kendine özgü özellikleri ile ayrı ayrı incelenmesi gerekmektedir. Karasal Kablosuz Sensör Ağları araştırmacılar tarafından yoğun bir şekilde çalışılmıştır ve bu ağlarda kullanılmak üzere geliştirilmiş bir dizi protokol vardır. Ancak, bu protokolleri Sualtı Kablosuz Sensör Ağları için kullanmak etkili bir yaklaşım olmayabilir. Bunun temel nedeni, iletişim ortamlarının tamamen farklı olmasıdır. Ayrıca, her iki ağda kullanılan sensör düğümlerinin donanım özellikleri, maliyetleri ve kullanım ilkeleri de farklıdır (Patil ve Mishra, 2017).



Şekil 2.1. Bir sualtı kablosuz sensor ağının mimarisi (Patil ve Mishra, 2017).

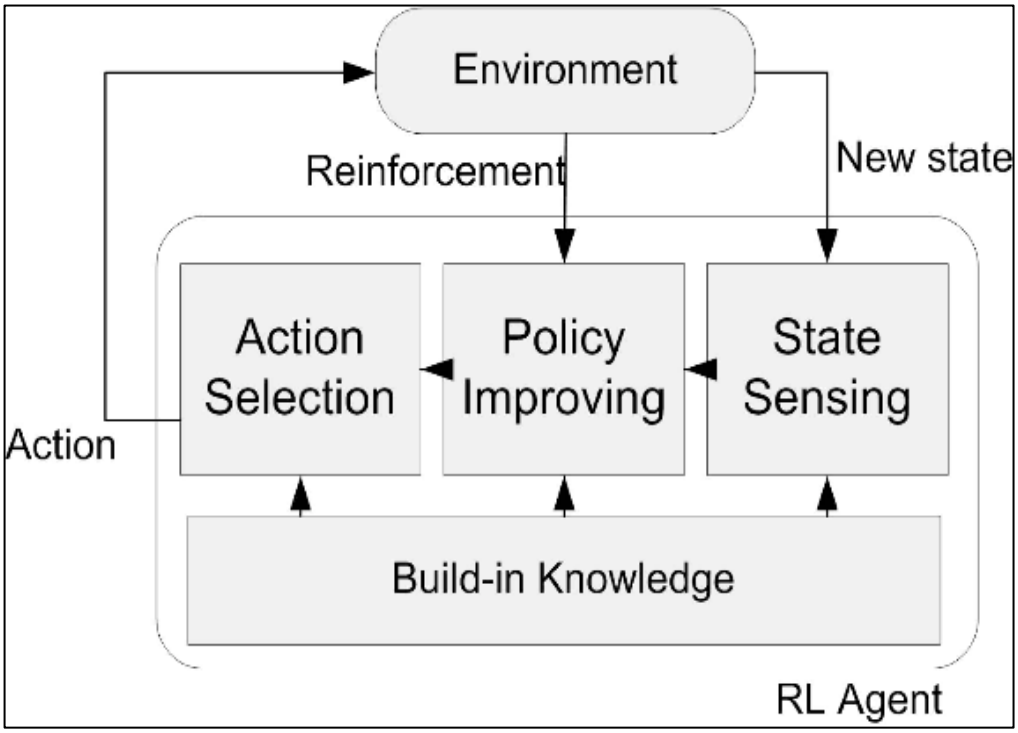
Okyanuslar ve denizler her zaman araştırmacıların ilgisini çekmiştir, ancak fiziksel olarak zor oldukları için karasal ortamların gerisinde kalmaktadırlar. Yakın geçmişte, engel tanımayan insanların yaşayabileceği farklı gezegenleri araştırma merakı, Dünya yüzeyinin % 70'ini oluşturan denizlere ve okyanuslara yönelmeye başladı. Bu merak sualtı canlı popülasyonlarını, yeraltı madenlerini ve tarihi eserlerini gözlemlemek, sualtı petrol boru hatlarını aramak, su kirliliği analizi ve benzeri askeri ve ticari bilimsel araştırmalar için kullanılabilir (Patil ve Mishra, 2017).

Faye vd. "Sualtı kablosuz sensör ağlarında yönlendirme teknikleri üzerine bir araştırma" başlıklı bir çalışma yayınladırlar. Burada, suyu gözlemlemek için, uygulama alanına algılayıcıları odaklamak ve gözlem tamamlanıncaya kadar değiştirmemek şeklinde geleneksel bir yaklaşım kullanıldı. Verileri elde etme için bu metodu kullandılar ve uygulama süresinin bitiminde algılayıcıları topladılar (Ayaz, Baig, Abdullah, ve Faye, 2011). Bu metodun dezavantajları;

- Gerçek zamanlı gözlem mümkün değildir. Sualtı gözlem cihazları ancak düğümler çıkarıldıktan sonra toplanabilir ve bu gözlem süreci aylarca sürebilir. Verilerin hızlı olması durumunda böyle bir yaklaşım uygun olacaktır ancak veri akışı hızlı değildir.
- Sistemin çevrimiçi olarak yeniden yapılandırılması mümkün değildir. Kıyı sistemlerinde sensör etkileşimlerinin ve haberleşmenin kontrolü mümkündür ancak geleneksel sistemlerde mümkün değildir.
- Arıza tespiti imkansızdır. Herhangi bir cihaz arızalanırsa veya herhangi bir hata varsa, bu gerçekleştiğinde değil ancak cihazlar toplandıktan sonra anlaşılabilir.
- Cihazların depolama yetenekleri sınırlıdır. İzleme sırasında sensörler topladıkları verileri depolarlar. Ancak, bu hafızanın büyüklüğü ile sınırlıdır (Ayaz vd, 2011).

Hu vd. "Enerji verimli ve ömrü uzatılmış sualtı sensörü ağları için makine öğrenmesi temelli uyarlanabilir bir yönlendirme protokolü" başlıklı bir araştırma gerçekleştirdiler (Hu ve Fei, 2010). Vektör Tabanlı İlerleme Protokolü (VTİP), sualtı sensör ağları için tasarlanmış konum tabanlı bir yönlendirme protokolüdür. VTİP'de kaynak ile hedef arasında bir "sanal veri yolu" kurulmakta ve veri iletimi bu veri yolu ile yapılmaktadır.

Bu sanal veri yolunun dışındaki düğümler yönlendirme işlemine katılmaz. Yalnızca veri yolundaki düğümler yönlendirme işlemine katıldığı ve bu düğümdeki sanal veri yolu ağ trafiğini büyük ölçüde azalttığı için VTİP yoğun ağlar için iyi sonuçlar sağlar (Xie vd. 2005). Bununla birlikte, VTİP'in bazı dezavantajları da vardır. Örneğin, ağın tamamı için konum bilgisine sahip olunduğu varsayılır. Ek olarak, düğüm yoğunluğu, sanal veri yolu oluşturma işleminin verimliliğini yüksek oranda etkiler. Düğümlerin nadiren dağıtıldığı bir ağda, sanal veri yolu içinde veri iletimini sağlamak için az sayıda düğüm olabilir veya hiç düğüm olmayabilir (Hu ve Fei, 2010).

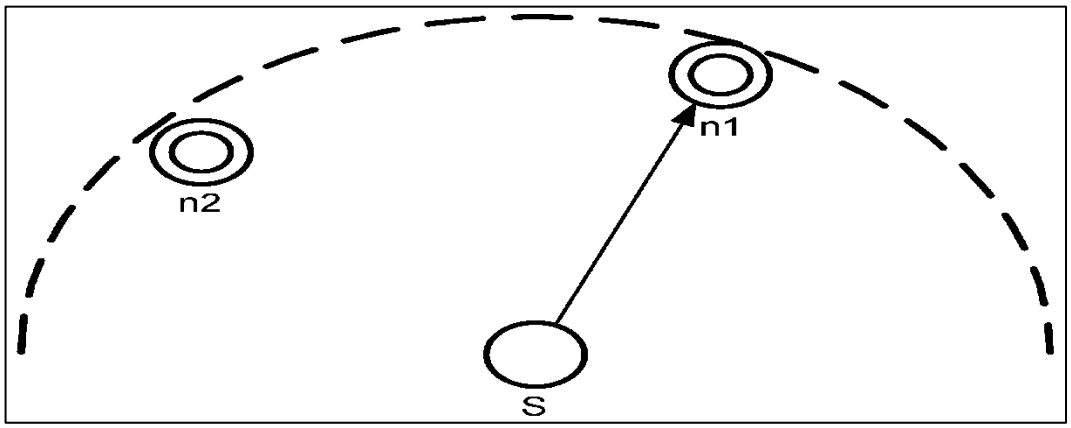


Şekil 2.2. Güçlendirme öğrenimi çerçevesi (Hu ve Fei, 2010).

Patil vd. (Patil ve Mishra, 2017) "Sualtı Sensör Ağlarında Enerji Tüketimini En Aza İndirmek İçin Geliştirilmiş Mobicast Yönlendirme Protokolü" şeklinde bir araştırma gerçekleştirdiler. Derin Sular için GPS'siz Yönlendirme Protokolü, herhangi bir lokasyonda mekanizma gerektirmeyen ve rastgele mobiliteye sahip uygulamalara odaklanır. Derin sular için GPS içermeyen yönlendirme protokolü, düğümlerin sınıfa ayrıldığı ve her düğümün doğrudan küme liderine bağlı olduğu kendi kendini düzenleyen bir yönlendirme algoritmasıdır. Küme liderleri verileri küme üyelerinden alır ve toplanmış verileri birleştirir.

Düşük Yayılım Gecikmeli Çok Yollu Yönlendirmede, işlem sırasında yönlendirme, kaynaktan hedefe giden birkaç alt hattan oluşan bir hatla yapılır. Çoklu alt hatlar, göndericiden bir orta düğüme ve iki komşuya (Patil ve Mishra, 2017) uzanan alt yollar olarak tanımlanır.

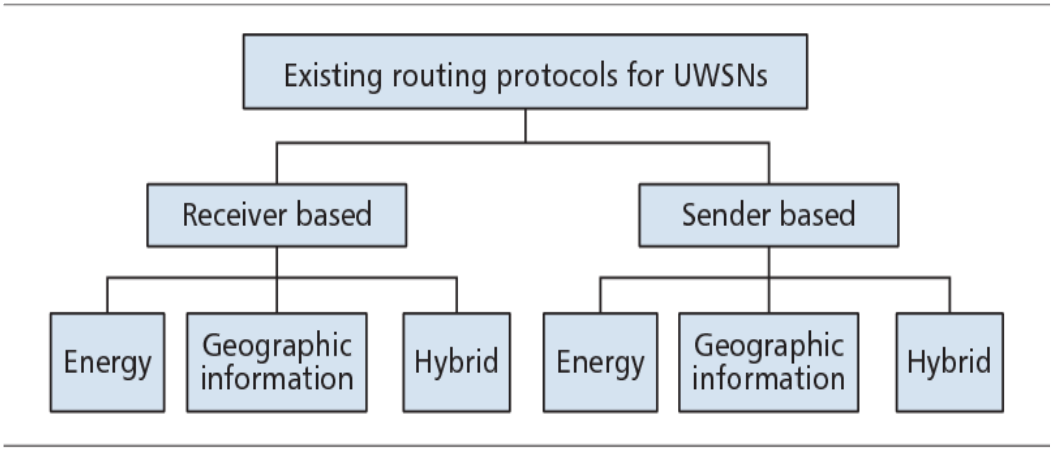
Lee vd. (Lee vd, 2010) "Sualtı sensör ağları için basınçlı yönlendirme" isimli bir araştırma yaptılar. Sualtı Dermatom Ağları İçin Basınç Yönlendirme, düğümlerin basınç seviyelerini, başka bir deyişle suyun derinlik bilgilerini kullanarak herhangi bir kanalı izleyen su basıncı temelli bir protokoldür. İkili kanaldaki sinyal parazitini sınırlayan ve düğümlerini kümeleyerek etkili denizaltı yolları oluşturan yeni bir fırsatçı hat yaklaşımı olarak tanımlandı. Yazarlar, sualtı duyu ağları için basınç yönlendirmeli, maliyetlice dağıtılmış yer saptama algoritmaları gerektirmediğini ve konumlandırma işleminin, su yüzeyine gönderildikten sonra veriler üzerinde gerçekleştirilebileceğini belirttiler. Bir yenilik olarak ise, düğüm aktarımı durumunda gizli düğüm problemleri belirlenmeden kanal niteliklerinin kullanıldığı belirtildi. Aktarıcı düğüm kümesinin seçilmesi işlemi, paket aktarma olasılığının ve hedefe olan mesafenin parametreleri kullanılarak hesaplanan bir değere bağlıdır. İletim yapılırken dikey veri aktarımı tercih edilir, ancak uygun bir düğüm bulunmazsa, bir devre düzeltme algoritması girilir (Lee vd, 2010).



Şekil 2.3. Fırsatçı yönlendirmede aktarım (Lee vd, 2010).

Shen vd. (Shen, Tan, Wang, Wang, ve Lee, 2015) "Sualtı sensör ağlarında iyi iletim güvenilirliği sağlayan yeni bir yönlendirme protokolü" başlıklı bir araştırma düzenlediler. Buna göre, güç kontrolü kavramı, bir düğümün, gönderim mesafesine göre enerji tüketimini artırabileceği veya azaltabileceği durumu ifade eder. Güç

kontrol özelliğinin sualtı düğümlerine eklendiği düşünülse de, mevcut gerçek sistemlerde kullanımına rastlanmadı. Bu, bir düğümün iletim menzilindeki her düğüme aynı gönderim yaptığı ve aynı enerjiyi harcadığı anlamına gelir (Shen vd, 2015).



Şekil 2.4. SKSA'larda mevcut yönlendirme protokollerinin sınıflandırılması (Shen vd, 2015).

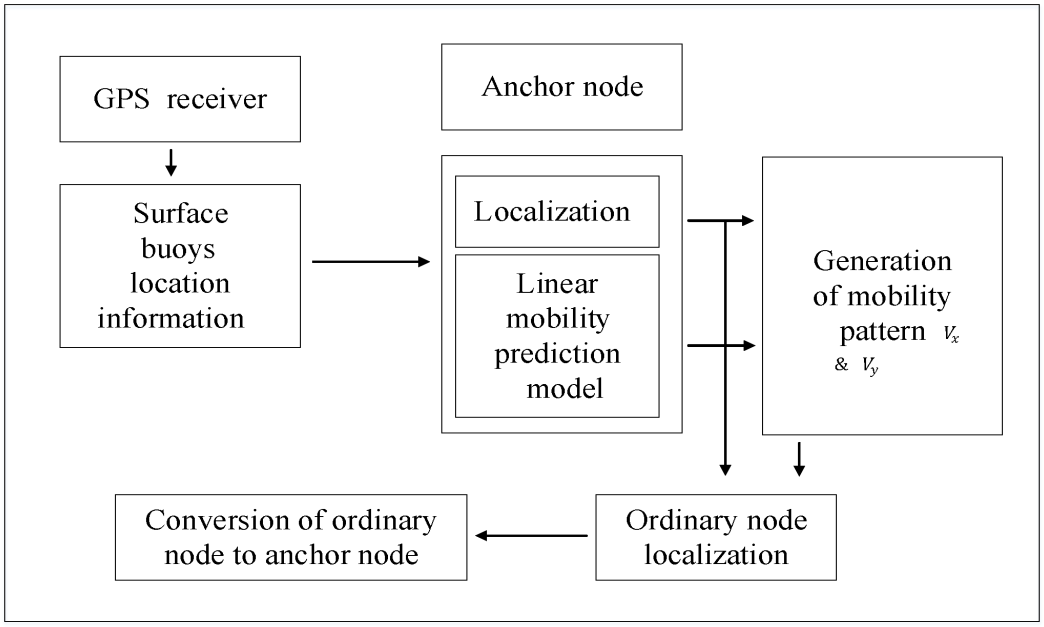
Bununla birlikte, iletim gücünün ayarlanabildiği sistemlerde, veri göndermek için tüketilen enerji miktarı ile gönderici mesafesi arasında bir ilişki vardır. Verileri yakın mesafelere göndermek daha az enerji gerektirir. Bu çalışma sualtı sensörlerinin güç kontrolü özelliklerinin mevcut olmadığını varsaydığından, verileri mümkün olduğunca uzağa göndermek, toplam enerji tüketiminde bir düşüşe ve daha az düğüm kullanımı nedeniyle iletim gecikmelerinde bir azalmaya neden olacaktır. Bu anlamda, düğümlerin ağırlık değerleri atanırken, mesafe kavramı da kullanılır (Shenvd, 2015).

Xie ve ark. (Xie, Zhou, Peng, Cui, ve Shi, 2010) “Sualtı sensör ağları için güvenilir bir veri taşıma protokolü” isimli araştırmayı gerçekleştirdiler. Buna göre, düğümler ağa bir HELLO paketi yaydıklarında, düğümler veri toplayıcıları olup olmadıklarını belirten isSink alanını doldururlar (kod satırı 8). Bu nedenle, HELLO alan düğüm aynı zamanda bir veri toplayıcıya bitişik olup olmadığına dair bilgi sahibidir (Xie, Zhou, Peng, vd, 2010).

Komşu listesine ilk defa ekleme veya komşu bilgilerini güncelleme adımlarında komşuların ağırlık değerleri hesaplanır. Ağırlık hesaplama, kodun 10. satırındaki ağırlık hesaplama alt programı ile gerçekleştirilir. Bu alt program aşağıdakileri yapar:

- HELLO mesajını gönderen düğüm mevcut enerji değerine göre üç sınıftan birine dahil edilir. Bu sınıf değerlerinin en yüksek enerji sınıfı için 3, orta enerji sınıfı için 2, en düşük enerji sınıfı için 1 atanır. Her sınıf bir değer aralığına karşılık gelir (Xie, Zhou, Peng, vd, 2010).
- Bir düğüm komşuluk listesine başka düğümler eklediğinde, komşu düğümü mesafesine göre üç sınıftan birine ekler. Kendinden en uzaktaki düğümler 3, daha yakın düğümler 2 ve en yakın düğümler 1'dir. Bu uzaklık sınıfları da belirli değer aralıklarına karşılık gelir. Bu iki sınıf değeri birleştirilir, böylece gerçekleşen her düğüm için bir ağırlık değeri belirlenir. Düğümün paketi göndermesi için, bir sonraki iletici düğümün seçimindeki komşular, onun için en uygun ağırlığa sahiptir. Simülasyon başladığında, tüm düğümler eşit enerji seviyelerine sahiptir, en uygun aktarıcı düğüm, veri toplayıcı yönünde göndericiye en uzak olan düğüm olacaktır. Düğüm seçimi, bu en uygun düğümün enerji seviyesi belirli bir enerji seviyesinin altına düştüğünde, yani düğüm enerji seviyesi 2 sınıf 2'ye dahil edildiğinde değişecektir (Xie, Zhou, Peng, vd, 2010).

Zhou vd. (Zhou, Peng, Cui, Shi, ve Bagtzoglou, 2011) "Sualtı sensör ağları için mobilite tahmini ile ölçeklendirilebilir yer saptama" araştırmasını gerçekleştirdiler. Bu çalışmada, geliştirilen protokolün performansını değerlendirmek için Ns-23 kullanılmıştır. Ns-2, bilgisayar ağlarını simüle etmek için tasarlanmış açık kaynaklı bir araçtır. Ns-2'ye ek olarak, sualtı ortamlarını simüle etmek için *miracle* ve *underwaterReach4* eklentileri kullanılmıştır (Zhou vd, 2011).



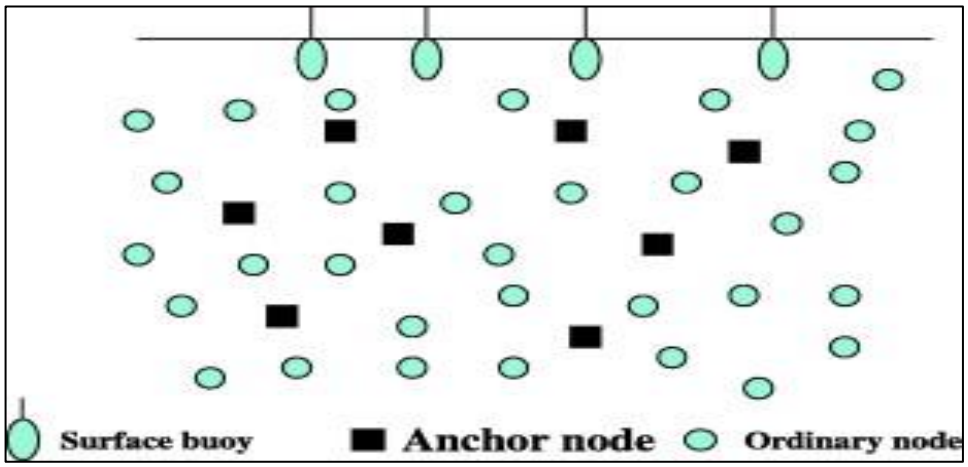
Şekil 2.5. Önerilen mobilite algoritmasının blok şeması (Zhou vd, 2011) .

Deneyler, 3000m x 3000m x 7000m ölçülerinde üç boyutlu bir Sualtı Kablosuz Sensör Ağı'nda gerçekleştirildi. 25, 30 ve 40 adet düğüm sırasıyla test alanına rasgele yerleştirilmiş ve su yüzeyinde sadece bir tane veri toplayıcı konulmuştur. Düğümlerin ilk enerjileri 300J olarak ayarlanmıştır. Paketler deniz dibindeki düğümlerden ağa en kötü durum senaryosuna göre yayılmıştır (Zhou vd, 2011).

Gerla vd. (Erol-Kantarci, Oktug, Vieira, ve Gerla, 2011) "Mobil sualtı akustik sensör ağları için dağıtılmış yer saptama tekniklerinin performans değerlendirmesi" şeklinde bir araştırma gerçekleştirdiler. Buna göre veri paketlerinin iletimi için gereken derinlik bilgileri derinlik sensörü ile kolayca elde edilebilir. Elindeki verileri iletmek isteyen düğüm, kendi derinlik bilgilerini de ekleyerek paketini ağa gönderir. Paket alma düğümleri paketin derinlik bilgisini kendi derinlik değerleri ile karşılaştırır ve paketi iletmemeye karar verir. Daha derin gelen paketler iletilir. Bu şekilde, paketler sudaki veri toplayıcılara iletilir. Anahtar metodu kullanıldığından, aynı paket birden fazla veri toplayıcı kopyasına iletilebilir. Bu, paketin yönlendirmeye aday olan tüm düğümlere iletilmesiyle olur. Bununla birlikte, çok sayıda çarpışmayı ve yüksek enerji tüketimini önlemek için aday düğümlerin sayısı sınırlandırılmalıdır. Örneğin, düğüm sayısının artırılması, yönlendirilecek düğümlerin sayısını da artıracaktır. Bu, toplam enerji tüketiminde bir artışa ve ayrıca paketin ve çarpışmaların yayılımında da bir artışa yol açacaktır (Erol-Kantarci, Oktug,vd, 2011).

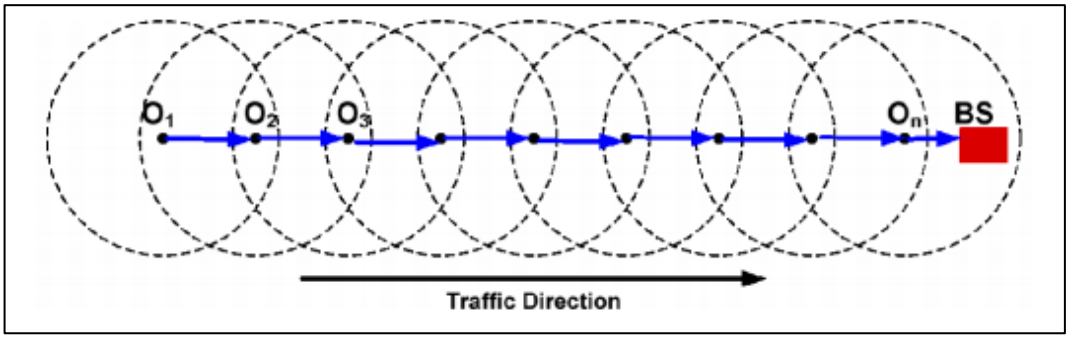
Fazel, Maryam vd. (Fazel, Fazel, ve Stojanovic, 2011) “Enerji verimli sualtı sensör ağları için rastgele erişim Basınçlı algılama” başlıklı bir araştırma gerçekleştirdiler. Buna göre elektronik sürücü birimlerinden dönüştürücüye iletilen elektriksel etki, bir dönüştürücü aracılığıyla tekrar ses dalgasına dönüştürülür. Bu aşamada, elektrik enerjisi mekanik enerjinin bir türü olan akustik enerjiye dönüşür. Elde edilen ses dalgası suya iletilir. Bu ses dalgası sualtındaki herhangi bir nesneye çarptığında, dalganın bir kısmı bu nesneden kaynağa geri yansır. Kaynağa yansıyan bu enerji, dönüştürücü tarafından tekrar elektrik sinyaline dönüştürülür. Bu sinyal, sürücü elektronik ünitelerinin bir parçası olan amplifikatör tarafından yükseltilir ve kullanıcı arayüzüne iletilir. Bu noktada, kullanıcı sualtındaki nesne ve nesnenin platformuna göre konumu hakkında bilgi edinir (Fazel vd, 2011).

Cui vd. (Zhou, Cui, ve Zhou, 2010) “Büyük ölçekli sualtı sensör ağları için verimli yer saptama” adını verdikleri araştırmayı tamamladılar. Buna göre, sualtı sensörü ağlarında yer saptama, veri etiketleme, düğüm izleme ve bir sensör konumunu bulma gibi amaçlar için kullanılabilen kilit bir görevdir. Geleneksel oşinografik ekipman yerinin saptanması teknikleri ve KSA (kablosuz sensör ağları) yer saptama protokolleri, olumsuz çevresel koşullar için yeni teknikler gerektiren SASA (sualtı akustik sensör ağları)'nın gereksinimlerini karşılamamaktadır. SASA’lar için uzun zamandan beri bir dizi yer saptama tekniği önerilmiştir. SASA mimarisinin sualtı iletişimi için önemli bir yeri vardır. SASA, mimari hareketler, yetenekler ve kapsam açısından gruplandırılmıştır. Yer saptama teknikleri, merkezi ve dağınık teknikler olarak ikiye ayrılmıştır. Bu gruplar da ikiye ayrılabilir (Zhou vd, 2010).



Şekil 2.6. Tipik bir sualtı sensor ağı (Zhou vd, 2010).

Vasilakos vd. (Xiao vd, 2012) “Kablosuz algılayıcı ağlarda ve sualtı algılayıcı ağlarında MAC protokolleri için çok işlevli açık erişimin sıkı performans sınırları” isimli araştırmalarını yayınladılar. Buna göre SASA'da enerji de sınırlandırılmıştır ve enerji takviyesi ihtiyatlıdır çünkü pahalıdır. Dağıtım stratejileri, ağ oluşturma ve sınır tanıma gibi birçok temel ihtiyacı etkileyecektir. Düğüm dağıtımı, SASA'ların ana görevlerinden biridir. Mevcut sensör ağlarının çoğu, KSA algoritmasını ve protokolünü hedeflemektedir. Farklı optimizasyon dağıtım modellerinde yüksek performanslı enerji elde etmek için matematiksel işlemler yapılmıştır, ancak bu algoritmalar SASA için yeterli olmayacaktır. Çünkü üç boyutlu ağlar bu algoritmalarla çözülemez. Üç boyutlu ağlar, iki boyutlu ağlardan daha zordur ve son derece karmaşıktır (Xiao vd, 2012).

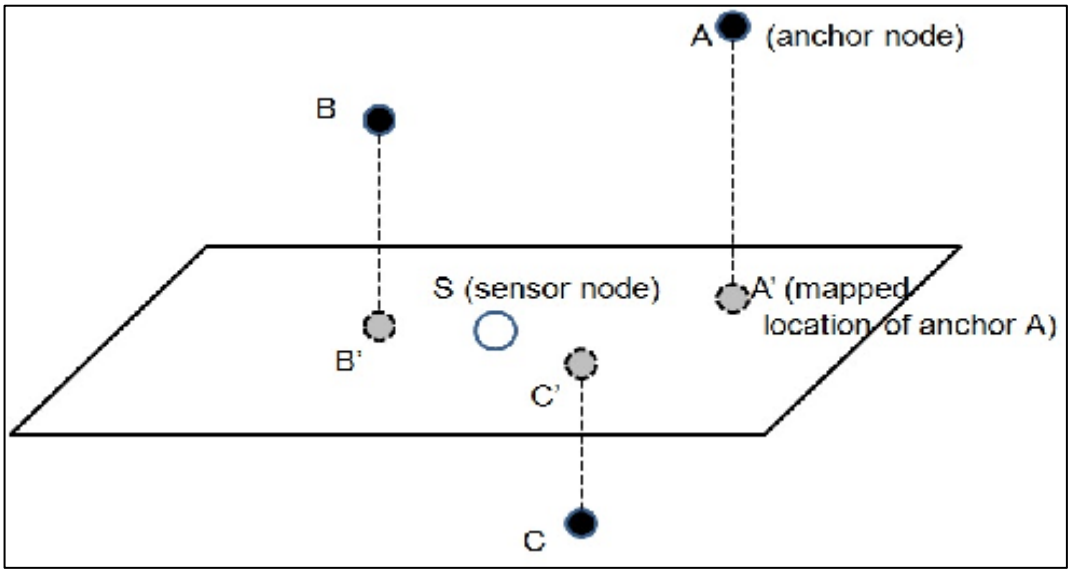


Şekil 2.7. Doğrusal bir topoloji (Xiao vd, 2012).

Manvi, Sunilkumar S. vd. (Manjula ve Manvi, 2011) “Sualtı akustik sensör ağlarındaki sorunlar”ı araştırdılar. Konum, yer saptama sürecinde her düğümün geçmişteki konumuna göre gelecekteki hareketi görerek tahmin edilir. Bağlantı düğümlerinin görevi, tüm yer tespit etme işlemlerini izlemektir. Simülasyon sonuçlarına göre, SLMP'nin iletişim maliyetini büyük ölçüde azalttığı gösterilmiştir. SLMP'de, tespit/ankraj düğümleri, sualtı nesnelerin hareketliliğinin doğal zamansal değişim modelinin avantajlarından yararlanarak doğrusal tahminler uygulamaktadır (Manjula ve Manvi, 2011).

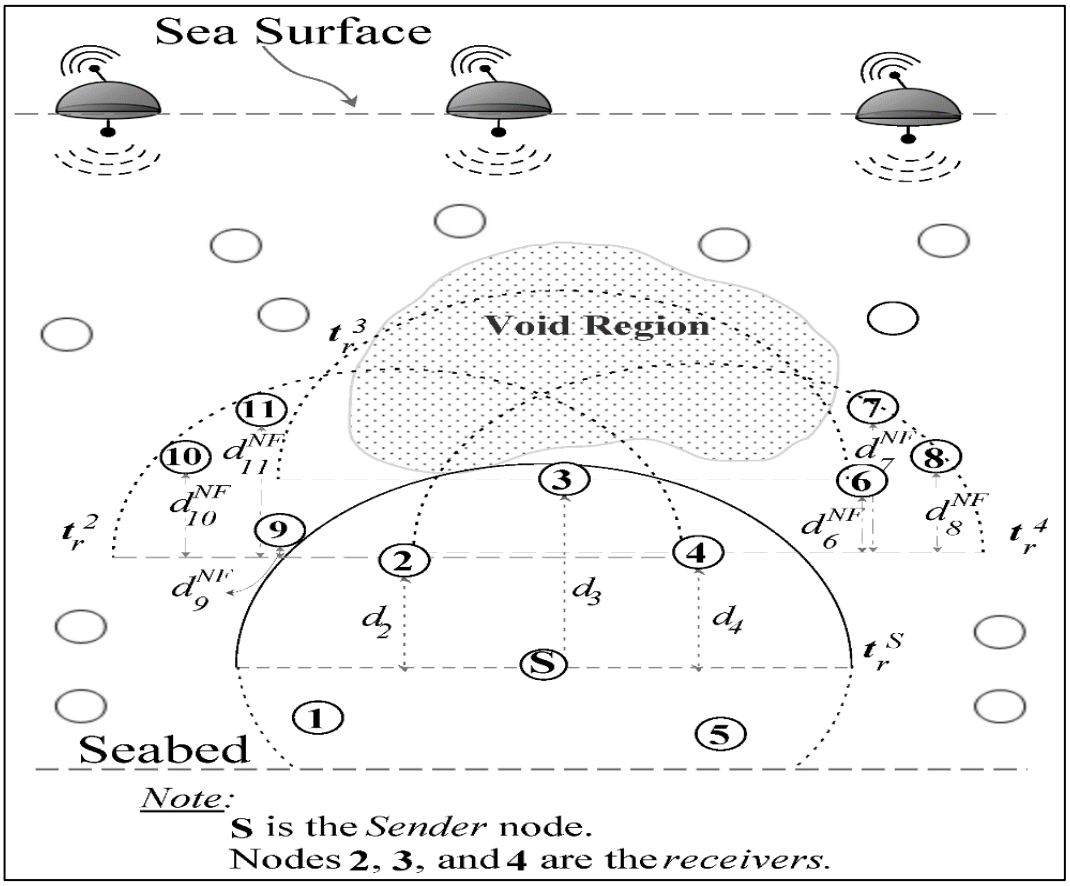
Kantarcı vd. (Erol-Kantarci, Mouftah, ve Oktug, 2011) “Sualtı akustik sensör ağları için bir mimari ve yer saptama teknikleri araştırması”nı gerçekleştirdiler. Buna göre Sensör Donanımlı Su Kümesi sürücüsünü oluşturmak için ilgili yerde çok sayıda sensör düğümü bırakıldı. Her sensör bir akustik modeme sahipti. Bu modemler düşük

bant genişliğine sahiptir ve ayrıca derinliği de kontrol edebilir. Su kümesine deniz yüzeyinde iletişim sağlayan bazı şeyler eşlik eder. SDS kümesinin birçok önemli avantajı vardır. Bunlardan biri manyetik sensörle (Erol-Kantarci, Mouftah,vd, 2011) dört boyutlu bir izlenim vermesidir.



Şekil 2.8. USP programının projeksiyon tekniği (Erol-Kantarci, Mouftah,vd, 2011).

Kumar vd. (V. N. Kumar, Kumar, Rajakumari, ve Mohanarangan, 2017) "Sualtı Sensör Ağları İçin Boş Alan Önleyici Fırsatçı Yönlendirme" şeklinde bir araştırma gerçekleştirdiler. Buna göre, bu ağların görevi sıcaklık, tuzluluk ve meridyen akımları hakkında bilgi sağlamaktır. Uzaktan akustik iletişim, batık sistemlerde kullanılan fiziksel katman yeniliğidir. Okyanusun altındaki her sensör düğümü, alan hakkında ayrıntılı bilgi içeren FC (Füzyon Merkezi) adı verilen merkezi bir düğümü iletir ve FC fiziksel alan haritasını yeniden yapılandırır. Sualtı sensör ağları sınırlı bant genişliğine ve enerjiye sahiptir, bu yüzden bunun dikkate alınması gerekir. Sıkıştırılmış duyu teorisi kullanılır ve bu teoriyle sinyal geri kazanımı iyileştirilir (V. N. Kumar vd, 2017).



Şekil 2.9. Derinlik tabanlı yönlendirme senaryosu (V. N. Kumar vd, 2017).

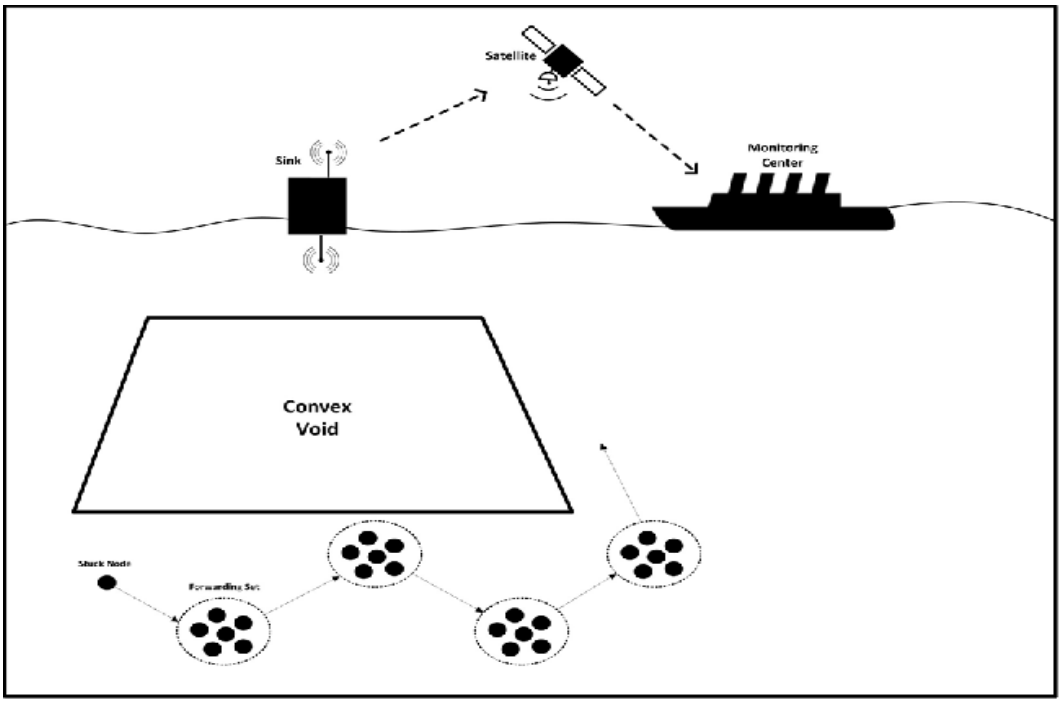
Lu vd. (Lu, Mirza, ve Schurgers, 2010) "Mobil sualtı sensör ağları için Doppler tabanlı zaman senkronizasyonu" nu araştırdı. Burada N sensörleri ve d sensörler arasındaki mesafeyi ifade eder. Sensörlerin konumu FC'ye modüle edilir ve "L" şeklinde ifade edilir. Sistemin bant genişliği B'dir. Paket süresi:

$$T = L/B \quad (2.1)$$

olarak hesaplanır.

Bir sensör ağındaki veri prosedürü iki bölümden oluşur: a) algılama ve b) iletişim. Algılama aşaması, tüm sensörlerin fiziksel olduğu belirleyici özellikte olabilir (konvansiyonel durum) veya algılama aşaması rastgele olabilir, bu durumda düğümlerin rastgele (sıkıştırılmış) bir örneği olabilir (Lu vd, 2010).

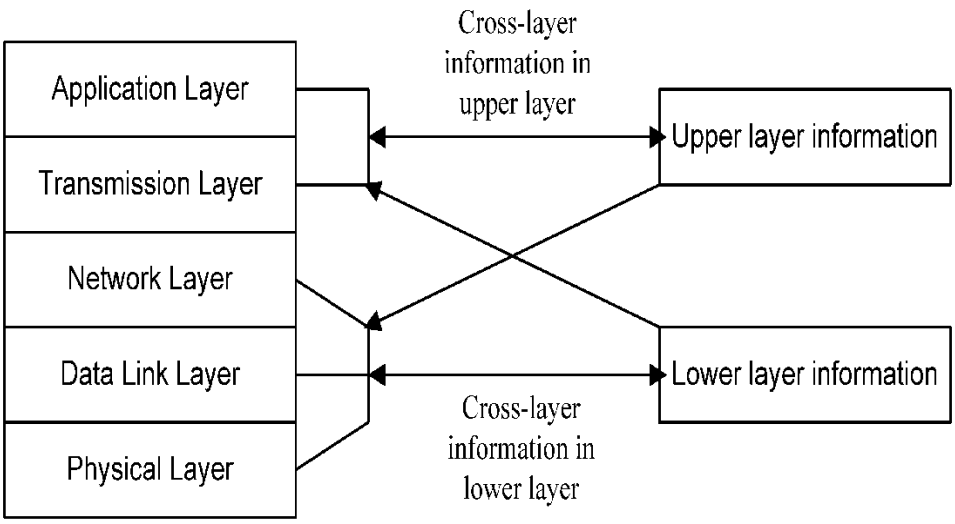
Ghoreyshi vd. (Ghoreyshi, Shahrabi, ve Boutaleb, 2017) “Sualtı sensör ağlarında yönlendirme protokollerinde boş alanla başa çıkma teknikleri: Araştırma ve zorluklar” şeklinde bir araştırma gerçekleştirdiler. Buna göre sualtı uygulamalarında çok az pratik bulunmaktadır. Çoğu SKSA (Sualtı Kablosuz Sensör Ağı) akustik dalgalar kullanır. Optik bağlantılar, birçok sualtı sensörü uygulaması için pratik değildir. Sualtı ortamlarındaki elektromanyetik sinyaller, dijital iletişim teknolojisi sayesinde belirlenebilir. Bu makalede, akustik, Radyo Frekansı ve optik olarak üç temel teknolojiye genel bir bakış verilmiştir (Ghoreyshivd, 2017).



Şekil 2.10. VAPE'de yönlü veri iletme sorunu (Ghoreyshi vd, 2017).

Hun vd. (Han, Zhang, Shu, ve Rodrigues, 2015) “Sualtı akustik sensör ağlarında dağıtım stratejilerinin yer saptama performansına etkileri”ni araştırdılar. Buna göre karasal Kablosuz Sensör Ağları için birçok kez senkronizasyon protokolü önerilmiştir. Bunlardan hiçbiri Sualtı Sensör Sistemlerine bağlanamaz. Sualtı sensör ağları için, akustik iletişim kullanımından kaynaklanan uzun gecikmelerden dolayı bazı faktörler göz önünde bulundurulmalıdır. Böylece doğruluğu yakalamak zordur ve aynı zamanda SKSA'lar için kritik hale gelmektedir. Bu yeni ve önemli gereklilikleri yerine getirmesinden dolayı SKSA'lar için zaman çizelgesi düzenlemeleri özellikle belirtilmiştir (Han vd, 2015).

Sanchez vd. (Climent, Sanchez, Capella, Meratnia, ve Serrano, 2014) “Sualtı akustik kablosuz sensör ağları: fiziksel, MAC ve yönlendirme katmanlarındaki gelişmeler ve gelecekteki eğilimler” şeklinde bir araştırma gerçekleştirdi. Bu çalışmada mevcut yaklaşımların sınırlamalarının üstesinden gelmek için Mobi-Sync önerilirmiştir. Mobi-Sync'in ayırt edici özelliği, mobil sensör düğümlerinin mekansal korelasyonu hakkında bilginin nasıl kullanılacağını ve gecikmeleri tahmin etmesidir. Zaman senkronizasyonu prosedürü üç aşamadan oluşur. Bunlar gecikme tahmini, doğrusal eğilim ve kalibrasyondur. Gecikme tahmini aşamasında, ilerleme gecikmeleri hakkında doğru bilgi edinilir. Sensör merkezleri MAC katman zamanına bağlı olarak düz yenileme gerçekleştirir. Bu ilk sonuçlar senkronizasyonu iyileştirmeye yönelik kalibrasyona hizmet eder (Climent vd, 2014).



Şekil 2.11. Katmanlar arası tasarım ilkesi (Climent vd, 2014).

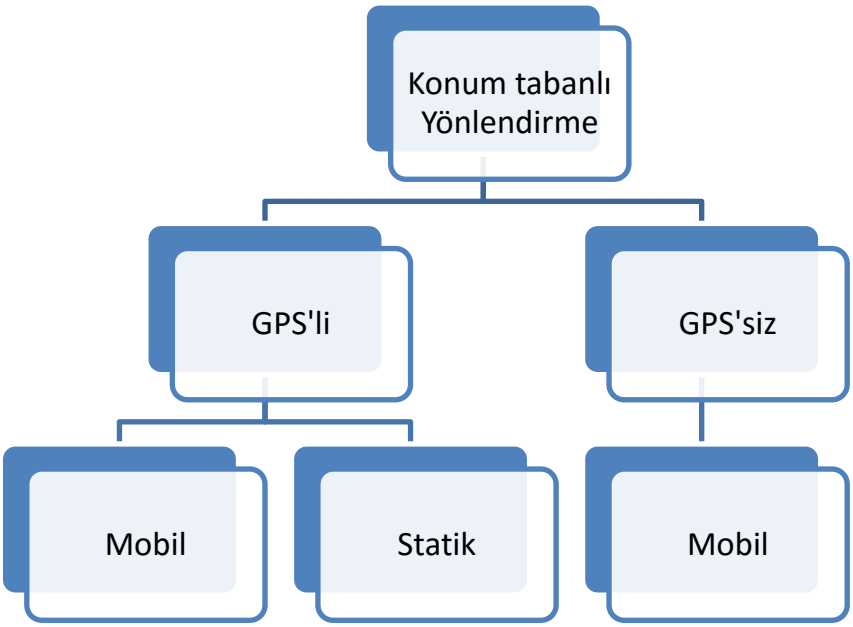
Che vd. (Che, Wells, Dickers, Kear, ve Gong, 2010) “Sualtı sensör ağlarında RF elektromanyetik iletişimin yeniden değerlendirilmesi” şeklinde bir araştırma gerçekleştirdi. Bu çalışmada destekleyici öğrenmeye dayalı, uyarlanabilir, enerji verimli ve ömürboyu-farkında olan bir yönlendirme protokolü sunulmuştur. Teamüller spesifik olmayan MAC teamüllerini kabul eder ve sensör merkezlerini günümüzde daha eşit bir şekilde yaymalarını sağlayarak sistemlerin ömrünü uzatmaya işaret eder. Her bir düğüm şimdi enerji ve bir düğüm grubu arasındaki enerji dağılımını hesaplamak için yönlendirme işlemi sırasında hesaba katılır, ödül fonksiyonu paketler için uygun vericileri seçmede yardımcı olur (Che vd, 2010). Sualtı simülasyon aşamasında teklif edilen teamüllerin geniş canlandırmalarını gerçekleştirdiler ve

bunları parsel taşıma hızı, canlılık üretkenliği, gecikme ve kullanım ömrü açısından mevcut bir teamül çerçevesiyle karşılaştırdılar (Che vd, 2010).

Luo vd. (Luo vd, 2017) "Sualtı akustik sensör ağları için simülasyon ve deney platformları: Gelişmeler ve zorluklar" başlıklı bir çalışma gerçekleştirdiler. Birbirinden bağımsız sensörler tarafından oluşturulan bu tip sistemlerde, her kaynak-alıcı çifti için tespit bölgesi Cassini ovalleri tarafından modellenmiştir. Karma Tamsayılı Doğrusal Olmayan Programlama yöntemi kullanılarak modellenen optimizasyon probleminde, okyanusların geometrik özellikleri dikkate alınmış ve çeşitli sayılardaki kaynak ve alıcıdan oluşan sensör ağları için en iyi konfigürasyonlar oluşturulmuştur (Luo vd, 2017).

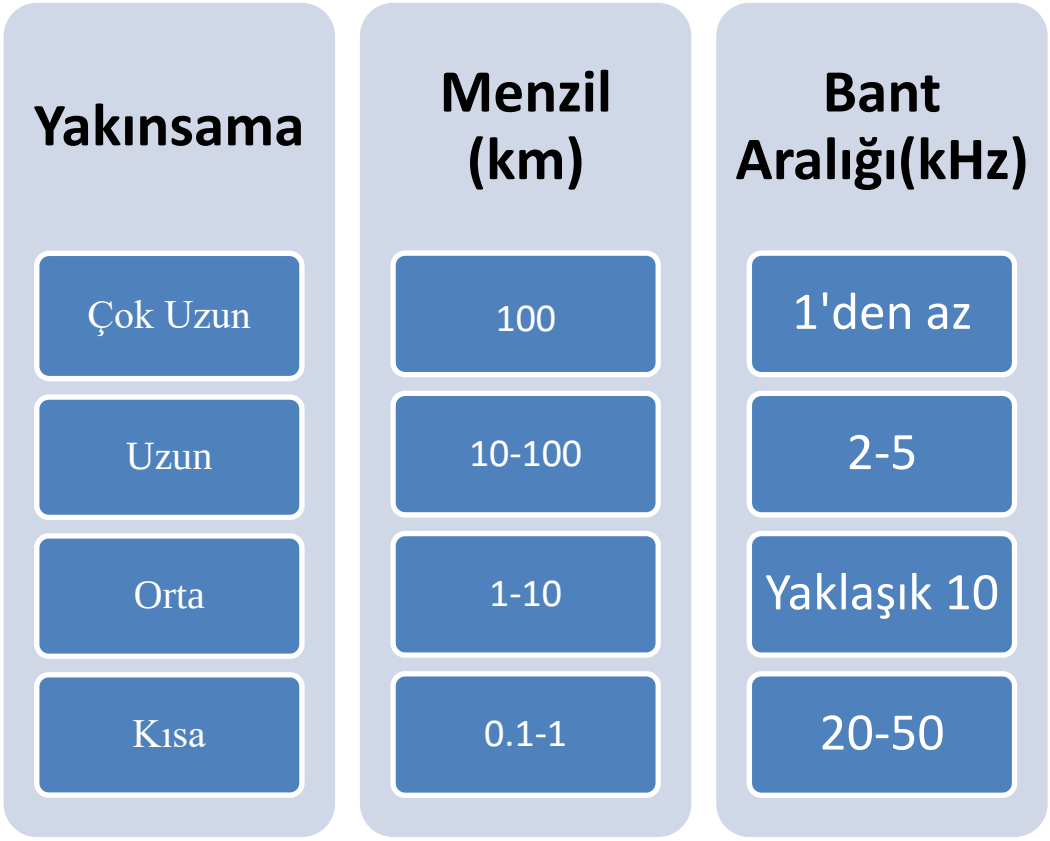
Söz konusu sistemler bağımsız kaynaklardan ve alıcılardan oluşmaktadır. Sistemin çalışma prensibi kaynak tarafından gönderilen ses enerjisinin hedeften yansıması ve yansıyan enerji sisteme ait alıcılar tarafından tespit edilerek ve hedefin belirlenmesidir. Dağıtılmış sualtı sensör ağları olarak nitelendirilebilecek bu tür sistemler, saha arama amaçları için kullanıldığında, sistemin verimliliği, sensörlerin geometrik konfigürasyonuna bağlıdır. Bu nedenle sensör ayarlayarak sınırlı sayıda sensörle maksimum hedef saptama olasılığını sağlama sorunu vardır (Luo vd, 2017).

Kumar vd. (A. Kumar, Shwe, Wong, ve Chong, 2017) "Kablosuz Sensör Ağları İçin Lokasyon Bazlı Yönlendirme Protokolleri: Bir Tarama" şeklinde bir araştırma gerçekleştirdiler. Elde edilen optimum yapılandırmalar, dağılmış sualtı sensör ağlarının daha etkin kullanımını sağlayabilir; özellikle de planlayıcılara ve karar vericilere sensör geometrilerinin ve sensörler arası mesafelerin belirlenmesi konularında karar verme desteği sağlamak için geniş deniz alanlarının taranmasında. Gelecekte, konuyla ilgili araştırmalar, dağınık sualtı sensör ağlarının sabit alıcılar ve hareketli bir kaynakla optimizasyonunu incelemeyi amaçlayacaktır (A. Kumar vd, 2017).



Şekil 2.12. Lokasyon bazlı yönlendirme protokollerinin sınıflandırılması (A. Kumar vd, 2017).

Ahmedy vd. (Khan vd, 2018) "Sualtı Kablosuz Sensör Ağları İçin Yer Tespit Etme Gerektirmeyen Bir Girişim ve Enerji Deliklerinin Azaltılması Yönlendirmesi" şeklinde bir araştırma gerçekleştirdiler. Burada bant genişliğini belirlemek için yaklaşık 5 dB'lik bir optimal frekans kullanılır. Bant genişliği, merkez frekansı olarak seçilen optimum sinyal frekansının f(r)±5 dB civarındaki frekans aralıkları temel alınarak hesaplanır. Bu aynı zamanda sualtı akustik iletişiminin maksimum kanal kapasitesine ulaşması için önemli bir konudur. Sualtı akustik kanalı, hızlı zaman değişimlerinden kaynaklanan şiddetli güç kaybı ve hidrofondaki ısı ve bit hataları nedeniyle karmaşık dinamiklere yol açar ve kayda değer bir seviyede çok yollu bir etki sunar. Bu nedenle bit hata oranı bir dereceye kadar bilgi iletimi bağlantı yürütmesidir. Birkaç on yıl boyunca, sualtı sistemlerinde FSK (Frekans Kaydırma Anahtarlama) ve PSK (Faz Kaydırma Anahtarlama) kullanımı araştırmacıları sembol modülasyonu yaklaşımlarına yönlendirmiştir (Khan vd, 2018).



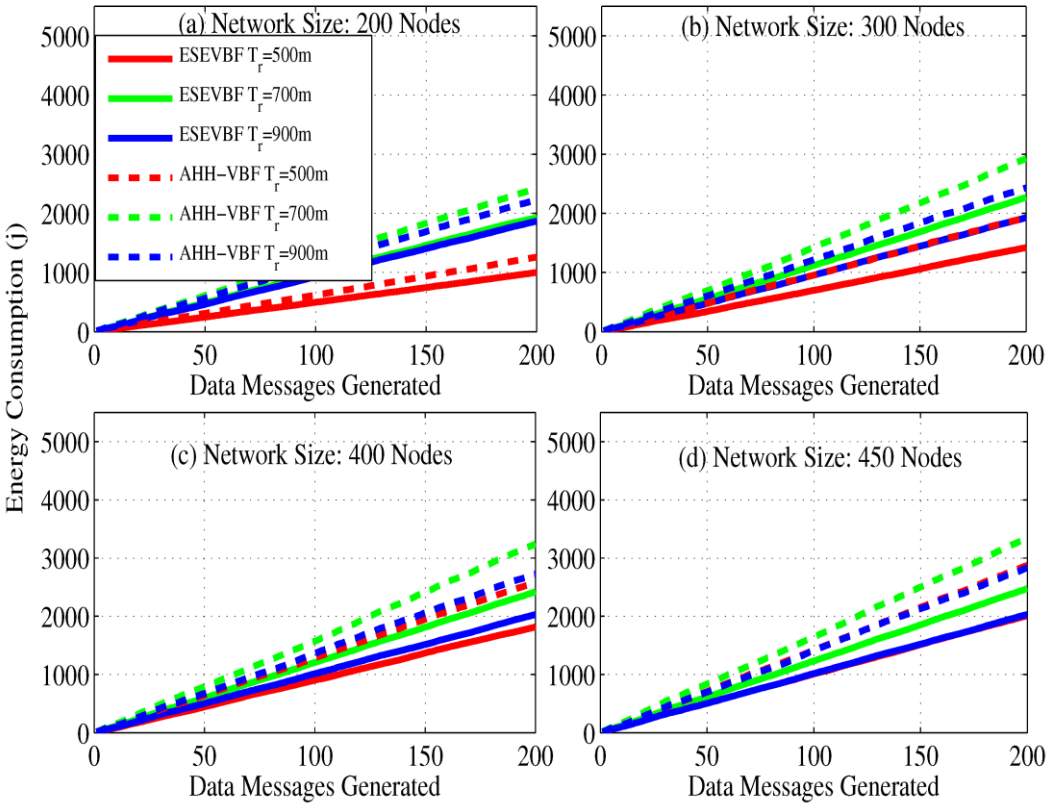
Şekil 2.13. Sualtı kablosuz sensör ağları (SKSA'lar) için bant genişliği ve iletim aralığı ilişkisi (Khan vd, 2018).

Boukerche vd. (Coutinho, Boukerche, Vieira, ve Loureiro, 2017). "Sualtı sensör ağları için enerji dengeleme yönlendirme protokolü" adını verdikleri araştırmayı gerçekleştirdiler. Akustik yayılımlarda var olan temel sınırlamalara ek olarak, akustik şartlandırmanın çalışmasını etkileyebilecek sistem kısıtlamalarının da mevcut olduğunu belirttiler (Coutinho vd, 2017).

Bu hedeflerden en belirgin olanı, akustik dönüştürücülerin, kanal tarafından önerilen mevcut iletim kapasitesini zorlamakla doğal olarak zorunlu olan iletim kapasitesini sınırlandırmasıdır. Çerçeve kısıtlamaları, fiziksel birleşimlerin olduğu gibi etki etmez, aynı zamanda tüm katmanlardaki komünikasyon mühendisliği şeklinde etkilemektedir (Coutinho vd, 2017).

Bouk vd. (Wadud vd, 2017) "Hareketli Alıcıya Sahip Endüstriyel Sualtı Akustik Sensör Ağları için Enerji Ölçekli ve Genişletilmiş Vektör Tabanlı İletme Planı" adını verdikleri bir araştırma gerçekleştirdiler. Bu çalışmaya göre bunlar sualtı ortamındaki

oşinografik kontrol, tutarlı inceleme, felaket kontrolü ve özellikle de petrol/gaz saha incelemesi gibi potansiyel uygulamalarda kullanılabilir. Böyle bir ortamda iletişim kurmak için kablolu iletim zahmetlidir. Okyanus uygulamalarına yönelik geleneksel gelişim, tüm bilgileri deniz tabanından toplamak için bir taşıyıcının arkasından çekilen bir sensör kümesine işaret eder. Daha önce olduğu gibi veriler daha sonra yapılan bir organizasyonla analiz edilecektir. Standart sualtı uzak iletişimler bugünlerde pahalıdır, bunun yerine yetersiz olsa da uzun mesafeler boyunca birbirinden izole biçimde aralıklı yerleştirilmiş "baz istasyonla" haberleşme sağlanabilir (Wadudvd, 2017).

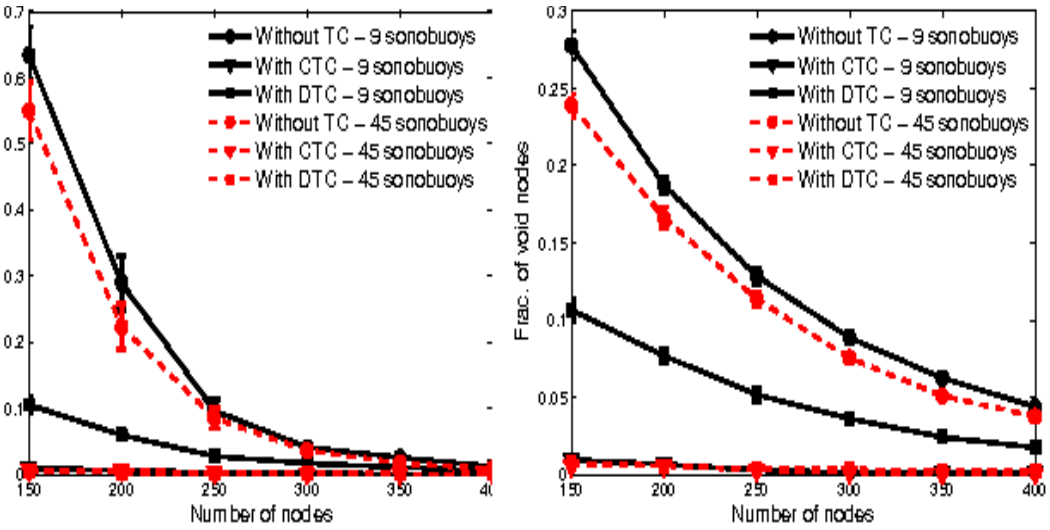


Şekil 2.14. Ağda yer alan kaynak düğümleri tarafından üretilen değişen miktarda veri için genel ağ enerji tüketimi (Wadudvd, 2017).

Zhao vd. (Zhao, Tian, Chen, Liu, ve Ding, 2018) "Sualtı Sensör Ağları için Enerji-Verimli Kilit Anlaşma Mekanizması" adını verdikleri bir araştırma gerçekleştirdiler. Sualtı sistem çerçevesinde, belirli bir menzilde işbirliğine dayalı izleme görevlerini yerine getirmek üzere değişken sayıda dağınık sualtı sensör merkezi ve AUV (Bağımsız Sualtı Araçlar) bulunur. Sualtı sensör merkezleri, akustik sinyaller arayüzünü kullanarak birbirleriyle iletişim kuracak ve kaynaktan hedefe çok-sekmeli

yönlendirme gerçekleştirecektir. RF alıcı tel ile düzenlenmiş taşıma veya yüzey şamandırası, baz istasyondan diğer istasyonlara bilgi iletmek için bir baz istasyonu olarak kullanılacaktır (Zhao vd, 2018).

Coutinho vd. (Coutinho, Vieira, ve Loureiro, 2013) "Sualtı sensör ağları için hareket destekli topoloji kontrolü ve coğrafi yönlendirme protokolü"nü araştırdılar. Bu çalışmada sualtı ağları için yer saptama planı önerildi. Bunlar düğüm yeri saptama ve normal düğüm yeri saptama olarak iki kısımda incelenebilir. Sualtı sensör ağları görülmesi en zor olanlardır. Karasal sensör ağlarından oldukça farklıdırlar. Mobil sensör düğümleri, sualtı sensör ağları için kaçınılmazdır. Yer tespit etme mekanla ilgili her konuda önemlidir (Coutinho vd, 2013).



a) İzole düğümler b) İşlevsiz düğümler

Şekil 2.15. Topoloji ile ilgili deneysel sonuçlar (Coutinho vd, 2013).

Darehshoorzadeh ve Boukerche (Darehshoorzadeh ve Boukerche, 2015) "Sualtı sensör ağları: Fırsatçı yönlendirme protokolleri için yeni bir zorluk" adını verdikleri bir araştırma gerçekleştirdiler. Bu çalışmaya göre, kullanılacak donanımın seçimi toplanacak verilerin niteliği ile yakından ilgilidir ve özel tasarımlar gerçekleştirilebilir. Bununla birlikte, söz konusu sistemde olduğu gibi, gömülü bilgisayarlı analog dijital dönüştürücüler tarafından oluşturulan bir sistem, tasarım esnekliği ve dinamik bir yapı sağlayacaktır (Darehshoorzadeh ve Boukerche, 2015).

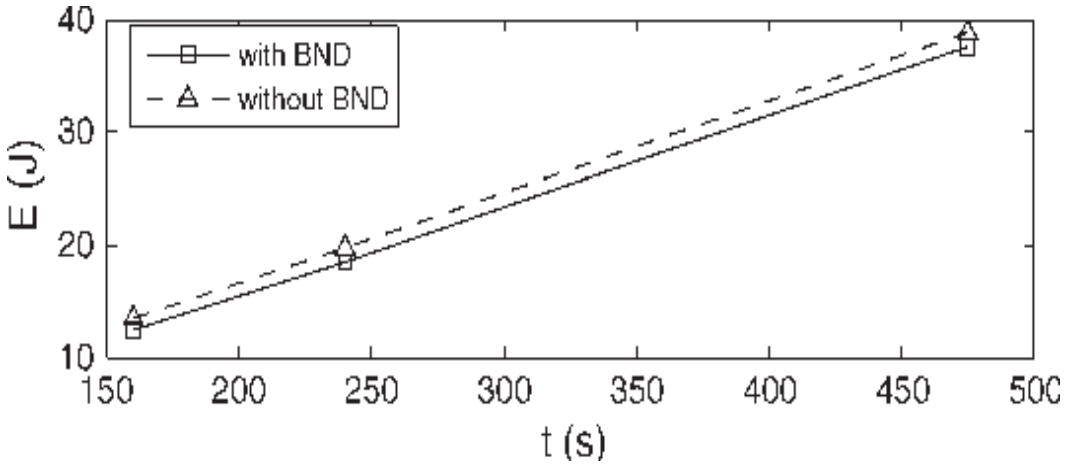
Belirli özel bir tasarımla gelecekte öngörülemeyen ihtiyaçlar konusunda çözüm üretmekte zorlanılabilir ancak bu tür esnek bir tasarımla gelecekte ortaya çıkabilecek çeşitli ihtiyaçlara cevap verilebilecektir (Darehshoorzadeh ve Boukerche, 2015).

Jafri vd. (Javaidvd, 2014) "Iamctd: Sualtı kablosuz sensör ağları için eşik optimizasyonlu dbr protokolünde kurye düğümlerinin uyarlanabilir mobilitesi" isimli bir araştırma gerçekleştirdi. Buna göre platform eğer taşınabilir özellikteyse, havuzun çalışması için tekrar gerekli olan sualtı araç testlerinin tamamlanmasını kolaylaştıracaktır. Platform, öğrencilerin çok çeşitli konularda uygulamalar geliştirmelerini sağlayacak bir dizi deney görevi görecektir. Sualtı taşıtları üzerinde kontrol sağlamak için, aracın dinamik davranışı bir yazılım tarafından belirlenmelidir (Javaid vd, 2014).

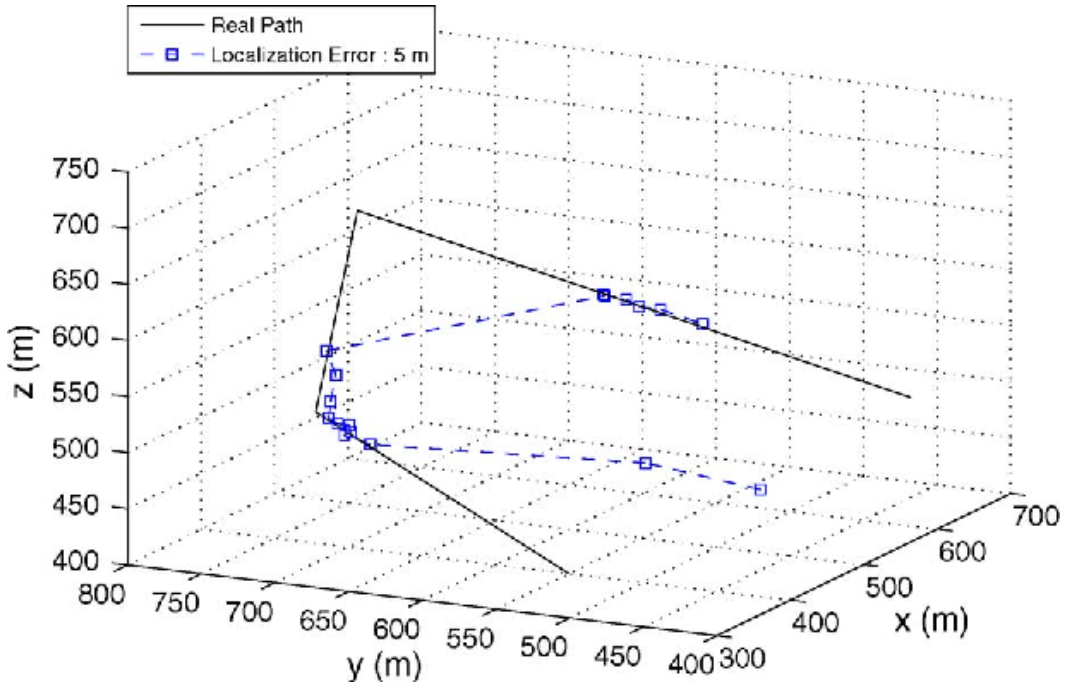
Bu çalışmanın amacı, sualtı araç teknolojisinin denetim yöntemleri açısından gelişimine katkı sağlayacak bir platform geliştirmektir. Uzaktan kumandalı veya otonom sualtı araçları, belli bir noktaya dönme, belirli bir derinliğe inme, kontrol etme ve seyir gibi temel dinamik hareketleri gerçekleştirebilmelidir (Javaid vd, 2014).

İşbitiren ve Akan, (Isbitiren ve Akan, 2011) "Akustik sensör ağları ile üç boyutlu sualtı hedef takibi" ismini verdikleri çalışmalarında daha önce belirtilen sorunları çözmek için, sualtı 3 boyutlu hedef takibi (3DUT) hesabını göstermektedirler. 3DUT, hub sayısına bağlı olmadığından ve hesaplama, hub sayısının değişmesi durumunda da gerçekten yapıldığından, çok yönlüdür (Isbitiren ve Akan, 2011).

Ayrıca, bu yöntem düğümleri sürüklemek için geniş sonar kümeleri ve yüzey gemileri gerektirmediğinden, başarılı kabul edilmektedir. Bir hedefin akustik kargaşası sensör merkezleri tarafından algılandığında takip başlamaktadır. Sensör hublarının hedefe ayrılması, akustik vuruşların iletilmesi (ping) ve pinglerin ve ekoların Varış Zamanı (ToA) kullanılarak değerlendirilir. Hedefin alanı, bu noktada, trilatrasyon (üç nokta yöntemi) kullanılarak elde edilir. İzlemeyi başarmak için, hedefin hızı ve öngörülen alanı hesaplanır. Bu hesaplamalara dayanarak, hedef yolu boyunca merkezler veri toplamak için harekete geçirilir (Isbitiren ve Akan, 2011).



Şekil 2.16. BND enerji tüketimi performansı (Isbitiren ve Akan, 2011).

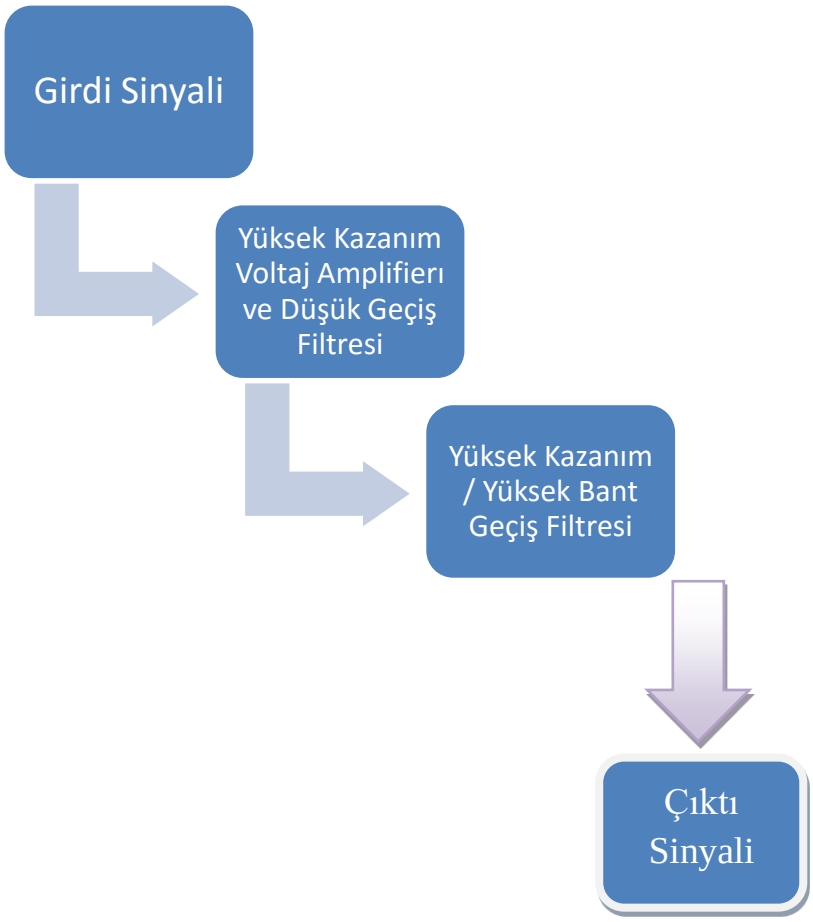


Şekil 2.17. Yer saptama hataları durumunda hesaplanan hedef yörüngesi (Isbitiren ve Akan, 2011).

Wahid vd. (Wahid, Lee, ve Kim, 2014) "Sualtı kablosuz sensör ağları için güvenilir ve enerji açısından verimli bir yönlendirme protokolü" isimli çalışmayı gerçekleştirdiler. Buna göre, sıcak iklimlerde, basınç artışı ses hızı üzerindeki etkileri telafi etmek için yeterli değildir, ancak derinlik yükselmeye başladığında sıcaklık düşer. Böylece ses hızı, termoklin adı verilen bir bölgeye indirgenir. Belirli bir derinliğin ardından, sıcaklık 4 C sabit bir değere ulaştığında ses hızı derinlik ve basınçta artar. Bir kaynaktan bir ışın demetleri meydana geldiğinde, her bir ışın demeti

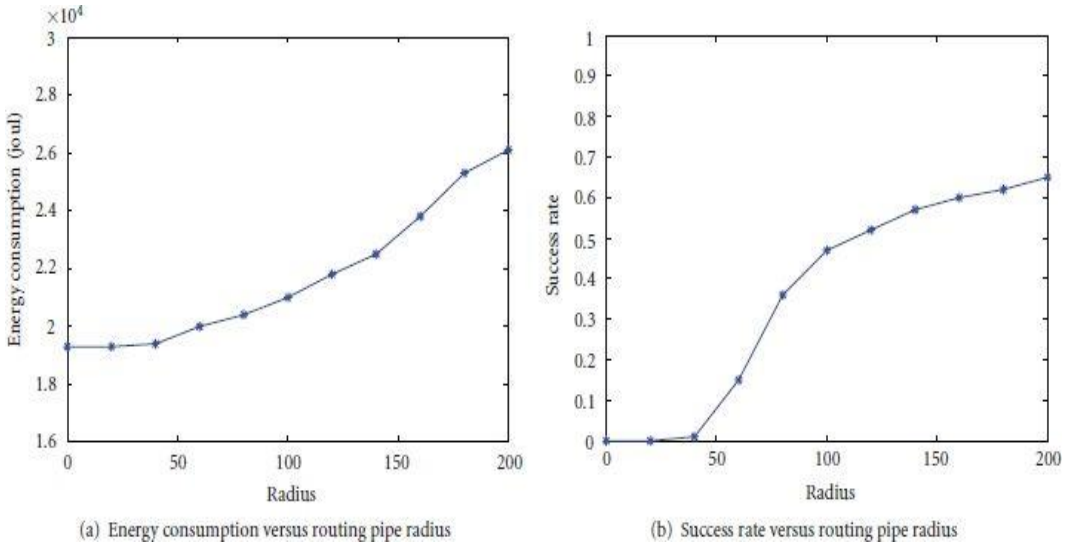
biraz farklı bir yol izler ve bunlar belirli bir mesafede bulunan alıcıda çoklu sinyaller olarak gözlenir (Wahid vd, 2014).

Sanchez vd. (Sanchez, Blanc, Yuste, ve Serrano, 2011) "Sualtı sensör ağları için düşük maliyetli ve yüksek verimli bir akustik modem" araştırmasını gerçekleştirdi. Bu çalışmada, düşük enerji gereksinimi ağın yüksek verimlilikte kullanımına bağlıdır, ve düğümler arasındaki mesafenin az olmasına bağlıdır. Bunların iki önemi vardır: Birincisi, kanalların ve radyoların altındaki herhangi bir orta erişim kontrol protokolünü korumalarıdır. Diğeri hepsinin çoğunlukla düşük maliyetli olmasıdır. Sualtında kalmış sensör sistemleri için, kesin koşulların yanı sıra, menzil üzerindeki sıkı kısıtlamayı ikiye katlarlar ve kilitlenme gecikmesi olan sistemlerde kullanım gibi önemli bir gerçeklik benzeri ortaya çıkar; kilitlenme gecikmesi olan sistemlerde kullanım, çoğalma gecikmesi olmayan sistemlerde kullanımdan çok daha fazladır (Sanchez vd, 2011).



Şekil 2.18. Analog alıcı blok şeması (Sanchez vd, 2011).

Xie vd. (Xie, Zhou, Nicolaou,vd, 2010) “Sualtı sensör ağları için verimli vektör tabanlı iletim”i araştırdılar. Bu çalışmaya göre ataletsel navigasyon, AUV'nin hareketlerinin ivme-ölçerler ve jiroskopik sensörler aracılığıyla çözülmesi prensibine dayanmaktadır. Bu bağlamda en yaygın iki sistem; INS Atalet Navigasyon Sistemi ve AHRS Tutum Başlığı Referans Sistemidir. AHRS ve INS arasındaki temel fark, jiroskopik sensörlerden gelen ham verilerin aynı zamanda manyetometreler ile birlikte işlenmesidir. Son yıllarda, MEMS teknolojisindeki gelişmeler düşük maliyetli MEMS tabanlı AHRS sistemlerini mümkün kılmıştır (Xie, Zhou, Nicolaou,vd, 2010).

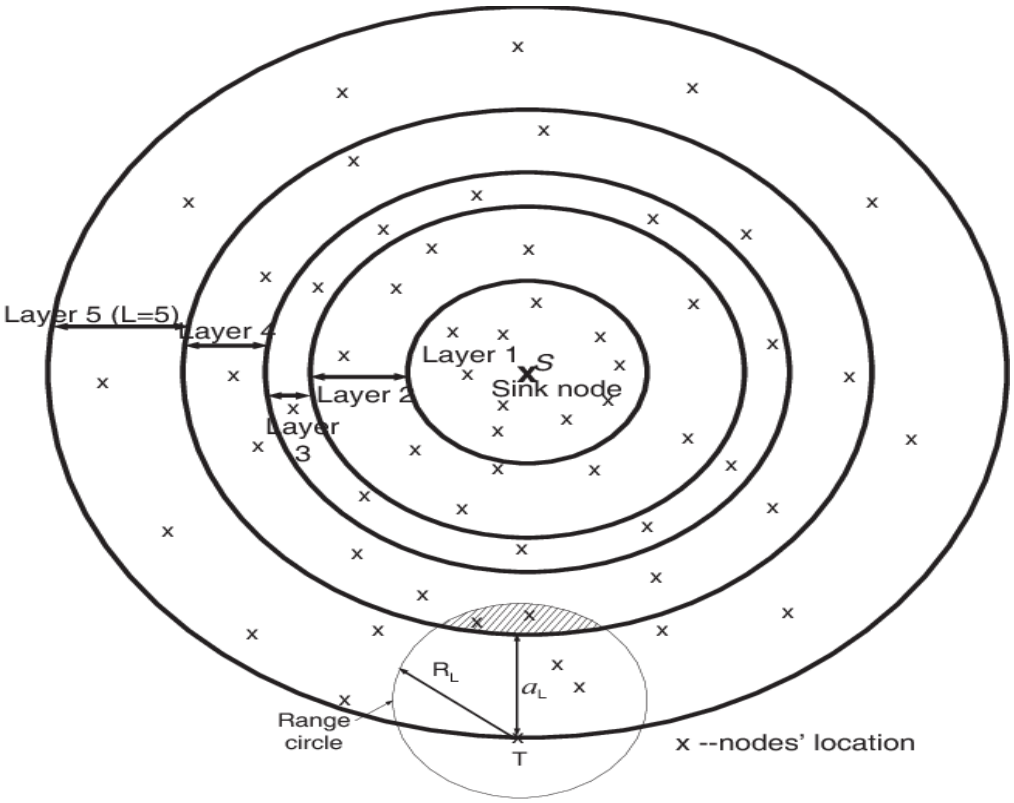


Şekil 2.19. Boru çapının değişmesiyle VBF’nin performans değişimi (Xie, Zhou, Nicolaou,vd, 2010).

Katı-hal ve MEMS teknolojilerine dayalı olarak piyasada farklı AHRS cihazları bulunmaktadır. Bu tür jiroskopik sensörler genellikle DVL (Doppler Velocity Logger) ile entegre edilmiştir; bu yöntem normal tahmin yöntemlerinden daha yüksek performans sağlayabilir. DVL, deniz tabanına akustik dalgalar göndererek Doppler etkisi ile hızı ölçen bir cihazdır. Bu nedenle, deniz tabanına olan mesafe DVL ile ölçüm için önemli bir faktördür. DVL'lerde çalışma frekansı arttıkça, ölçümün doğruluğu artar; öte yandan, ölçülebilir mesafe de azalmaktadır. 600 KHz'de çalışan DVL'ler mesafe 90 metreden fazlaysa, 300 KHz'de çalışan DVL'ler ise, mesafe 200 metreden fazlaysa ölçüm yapamazlar (Xie, Zhou, Nicolaou,vd, 2010).

Gopi vd. (Gopi, Govindan, Chander, Desai, ve Merchant, 2010) “E-PULRP: Enerji optimizasyonlu yoldan habersiz, sualtı sensör ağları için katmanlı yönlendirme

protokolünü" geliştirdi. Akustik navigasyon, konumlandırma amacıyla akustik vericilerin sinyallerinin kullanımına dayanmaktadır. Akustik navigasyon yalnızca kontrollü ortamlarda kullanılabilir, çünkü hareket alanında bir altyapı kurulması gerekir (Gopi vd, 2010).



Şekil 2.20. Katman yarıçapı tahmini (Gopi vd, 2010).

En yaygın kullanılan yöntemler, bir su platformuna monte edilmiş bir GPS vericisine ve deniz tabanına monte edilmiş en az iki alıcıya sahip bir LBL (Uzun Taban Çizgisi) kullanan USBL (Ultrashort Baseline) teknikleridir. LBL yönteminde, AUV ile her bir verici arasındaki mesafe 10 km'den az olduğunda pozisyon ölçümü ve algılama gerçekleştirilebilir. Ancak, LBL yöntemi yalnızca aynı bölgedekiler gibi kıyı güvenliği uygulamalarında uygulanabilir. Ek olarak, deniz altındaki gemilerin montajı, kalibrasyonu ve bakımı gibi konular bu yöntemin uygulanabilirliğini azaltır (Gopi vd, 2010).

USBL yönteminde, derin sulardaki AUV ile verici arasındaki mesafe 4 km'den azsa, yer ölçümü ve tespit işlemi gerçekleştirilebilir. AUV yakınında bir tepe platformuna sahip olma zorunluluğu, gizlilik gerektiren görevlerde USBL yönteminin kullanımını

sınırlar. Ek olarak, USBL'nin etki aralığı 500 m'ye düşürülürse, bu yöntemin önemli bir dezavantajı olacaktır. Hem LBL hem de USBL yöntemleriyle belirlenen konum bilgilerindeki en temel hata kaynakları, ortam koşulları nedeniyle istenmeyen yansımalar, gürültü, çok yollu etkiler, verici kalibrasyon hataları olarak özetlenebilir (Gopi vd, 2010).

Hollinger vd. (Hollinger vd, 2012) "Robotik sensör ağlarını kullanarak sualtı veri toplama" adlı bir araştırma yaptılar. Buna göre, erken zamanlarda sadece Aluminyum bazlı yarı-yakıt hücreleri büyük ISAA'da kullanılıyorken, bakım güçlüğü ve çevre kirliliği gibi nedenlerle yeni tipteki HYP'lere geçirilmiştir. PEM (Proton Değişim Membranı) Hidrojen Yakıt Sütunları, Li-İyon, Li-Polimer, uzun süreli insansız Robot Sistemlerinde kullanılmak üzere tasarlanmış ve üretilmiş en az 1 KW'lık güç çıkışı ile, uWatt/kg ile çalışma süresi dört kata çıkarılmıştır. Yakıt, hidrojen ve oksitleyici hava veya oksijen üretildiği sürece enerji üretmeye devam eder. Enerji üretimi için gerekli olan hidrojen, küçük hacimli kartuşlarda kolayca depolanabilir ve kolayca değiştirilebilir, bu da önemli miktarda düşük emisyon, sessiz ve modüler yapı üreterek onu bu araçlar için tercih edilen bir güç kaynağı haline getirir. Birim fiyatın pahalı olması tek dezavantajıdır ve zamanla bu dezavantaj da iyileştirilebilir (Hollinger vd, 2012).

Chen vd . (Liu, Chen, Zhong, ve Poor, 2010) "Büyük ölçekli sualtı sensör ağlarında asimetrik gidiş-dönüş tabanlı senkronizasyonsuz yer tespit etme" başlıklı araştırmayı gerçekleştirdi. Sualtı Ortam Gürültüsü (UAN), pek çok bilinmeyen zorluk kaynağının akustik aktivitelerinin toplamı olarak tanımlanabilir. Bir Bölgede yapılan UAN ölçümleriyle bir bölgenin teorik olarak sonar performansı, akustik kaynakların yerleri ve mekanizmaları tahmin edilebilir. Bu tahmini bilgiler bazı durumlarda hayati öneme sahiptir. Örneğin denizaltıların pasif SONAR sistemleri, sesleri akustik parmak izlerine göre tespit ederek gemileri sınıflandırabilirler ve hedef süpersonik platformları listeleyebilirler (Liu vd, 2010).

Bir bölgenin SONAR performansını öğrenmek için öncelikle bu bölgede UAN ölçümleri yapılması gereklidir. Ayrıca belirtmek gerekirse, UAN memeliler üzerinde olumsuz etkileri olabilir. UAN'ın bu çevresel koşular açısından araştırılması

gerekmektedir. Bu beyanda Sualtı Ortam Gürültü ekipmanı ve yazılım parçaları hakkında bilgi içeren geniş bantlı bir akustik dinleme sistemi tasarımı için elde edilen saha deneyimi aktarılmıştır (Liuvd, 2010).

Petrioli vd. (Petrioli ve Petroccia, 2012) "SUNSET: Sualtı kablosuz sensör ağlarının simülasyonu, emülasyonu ve gerçek hayat testi" başlıklı araştırmayı gerçekleştirdiler. Benzer standart yüksek ticari seviye test cihazlarından daha yüksek kazanç ve çıktı sinyali veren bu cihazlar yurtdışında bulunurken ülkemizde yasalar tarafından yasaklanmıştır (Petrioli ve Petroccia, 2012).

Çalışmaları profesyonel amaçlı cihazlar ve kablosuz veri iletişimi için 802.11a 5 GHz standartlarının altındadır ve istenen hızlara ulaşabileceği düşünülmektedir. Ancak 802.11g standardına sahip cihazlar ile deneyim; standart ve teknik olarak yeterli olsa bile gürültülü ortamlarda özellikle de deniz seviyesinden yansıma, ve aynı bant aralığını kullanan cihaz fazlalığı kablosuz veri erişilebilme hızını kısıtlar. Sualtının veri iletiminin yüksek olması durumunda, veri toplama sistemleri için kurulacak gerçek fiziksel koşullar yerine kablosuz iletim testleri kaçınılmazdır (Petrioli ve Petroccia, 2012).

3. METODOLOJİ

3.1. Mevcut Sistem

Mevcut sistem, veri toplayıcıların yerleştirileceği en uygun noktaların bulunması ve sualtı sensörlerinden karada bulunan veri toplayıcılarına veri iletimi için en uygun çok-sekmeli yolun bulunması için, 2 boyutlu bir düğüm konuşlandırma algoritması önermektedir; bu durumda problem doğrusal tam sayı (programlama) problemi olarak formülize edilir. Önerilen çözüm ise, optimize ağ performansı ışığında, mevcut ağ geçitlerinden birini kullanan yolu seçmek için bir yaklaşımdır. Yüzey geçit konumunu belirlemek amacıyla, UASN (Sualtı Akustik Ağlar) için tasarlanan genetik algoritmalara dayanan bir plan tavsiye edilmektedir; eşzamanlı iletimlerde bu algoritmalarla minimum gecikme ve minimum enerji tüketimi sağlanabilmektedir.

Olumsuz bağlantı koşullarının üstesinden gelmek amacıyla, UASN'ler için çok yollu bir sanal alış yolu mimarisi sunulmuştur. Sanal alış yolları izlenen yüzeyin köşelerinde konuşlandırılmıştır. Ağ, yeniden iletimi önlemek ve başarılı iletim olasılığını artırmak amacıyla, birden fazla yol üzerinden veri iletmek için en kısa yolları dinamik bir şekilde seçer. Algoritma, ağın bir kısmı geçici olarak devre dışı olsa bile, veri konuşlandırmaının çalışmaya devam etmesini garanti etmektedir.

Ayrıca, izlenen alanda üç boyutlu ağlarda konuşlandırılacak en az sayıda sensör düğümü, azami kapsama alanı ve bağlantı sorunları araştırılmıştır. Araştırmacılar, hacimsel bölüm adı verilen bir ölçüm tanımlamıştır, bu ölçüm rekabet halindeki boşluk doldurma çok yüzlülerin kalitesinin bir ölçümüdür. Burada, kesik sekiz yüzlü, altı yüzlü, eşkenar dörtgensel oniki yüzlü ve küp prizma hücrelerinin, hacimsel bölümleri karşılaştırılmıştır.

Sonuçlar, kesik sekiz yüzlü hücreler oluşturmak için Voronoi mozaikleme kullanımının en iyi sonuçları verdiğini göstermektedir. Ve düğümlerin 3 boyutlu uzayda düzgün ve yoğun bir şekilde yerleştirildiği varsayılmıştır. 3 boyutlu uzay hücrelere bölünmüştür, her bir hücrede, aktif düğüm sayısını en aza indirmek ve aynı

zamanda tam kapsama ve bağlantıyı muhafaza etmek için, herhangi bir zamanda yalnızca bir düğüm aktiftir.

Mevcut sistem, ağ kapsamını artırabilen dağıtılmış bir düğüm stratejisi önermiştir. Planlarında, sensörler ilk olarak okyanusun 2 boyutlu olan tabanında konuşlandırılır, bu aşamada komşu düğümler kendi aralarında oluşacak üst üste binen algılamaları minimize edecek derinliği hesaplarlar. Köşegen boyama denen bir formülasyonla, komşu düğümlerden biri tarafından artıklık (*İng.* redundancy) tanımlanır ve bu düğüm "lider" olarak hareket eder. Derinlik ayarlama süreci, sensöz için kapsamanın daha fazla iyileştirilemeyeceği noktaya kadar devam eder.

Burada kayda değer bir istisna, üç boyutlu bir ortamdaki üç farklı düğüm konuşlandırma planıdır; yani üç boyutlu rastgele, tabanda rastgele ve tabanda ızgara olması durumudur. Bu tezde ele aldığımız 3 boyutlu rastgele planın, bununla birlikte, yalnızca bir 3 boyutlu ağda alıcı bir düğümün yörüngesini incelediği varsayılmaktadır.

Bu önerilen sistem, bu üç farklı konuşlandırma planının, üç boyutlu UASN'lerde yer tespit etme performansları üzerindeki etkisini analiz etmektir. Ve konuşlandırma stratejilerine bağlı olarak sensör düğümlerinin farklı derinliklerde konuşlandırılabileceği küp konuşlandırma planı ve düzgün dört yüzlü konuşlandırma planı, rastgele konuşlandırma planına göre sunulmaktadır. Yukarıda belirtilen üç plan için sistem, yer tespit etme hatası, yer tespit etme oranı, ortalama komşu tespit/ankraj düğüm sayısı ve ağ bağlantısı gibi parametreleri incelemektedir.

Rastgele konuşlandırma planında, bazı kenar düğümleri ve izole edilmiş düğümlerin bazıları, yer tespit etmeye yardımcı olmak için tespit/ankraj düğümlerinden sınırlı sayıda koordinat mesajı alır. Öte yandan, tespit/ankraj düğümü yüzdesi arttıkça, rastgele konuşlandırma planının dalgalanması hızla azalır ve küp konuşlandırma planının ve düzgün dört yüzlü konuşlandırma planının yer tespit etme oranları neredeyse aynı hale gelir.

Düzgün dört yüzlü konuşlandırma planının genel olarak rastgele konuşlandırma planı ve küp konuşlandırma planından daha küçük yer tespit etme hatası vardır. Sistem ayrıca, sensör düğümlerinin sayısının nispeten az olduğu durularda, üç konuşlandırma

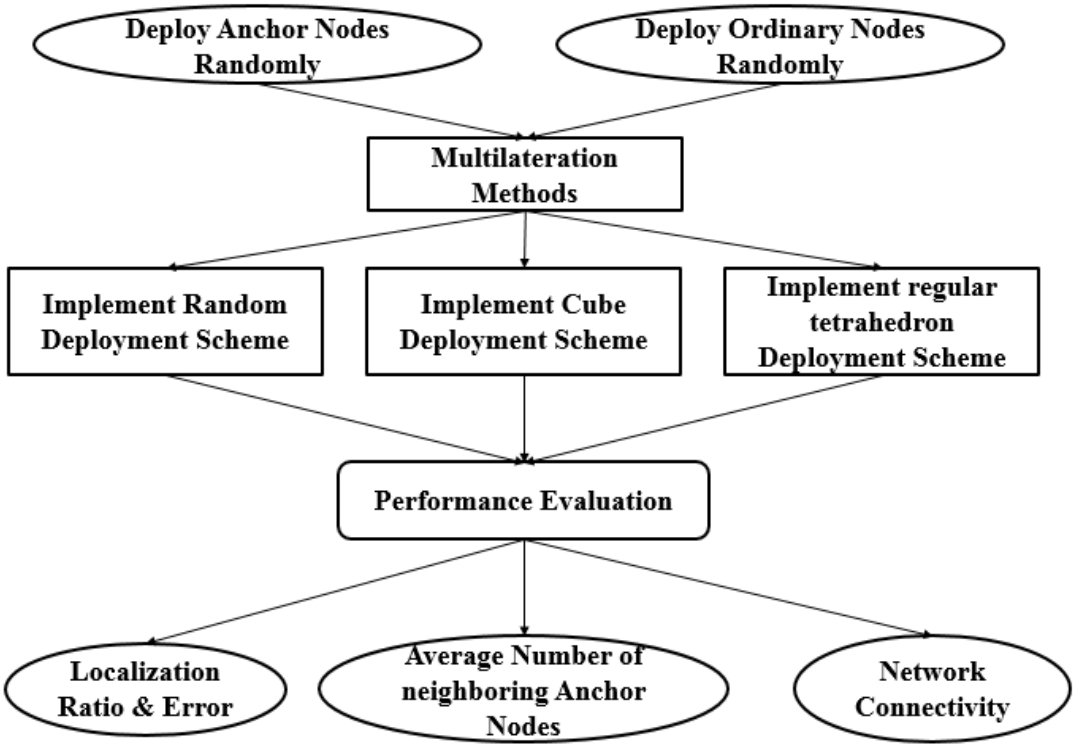
planının yer tespit etme hatalarının, özellikle de tespit/ankraj düğümü yüzdesi büyük olduğunda, neredeyse aynı olduğunu gözlemlemektedir.

Her üç konuşlandırma planı için de, sensör düğümü sayısı arttıkça yer tespit etme hataları artmaktadır. Bunun nedeni, RSSI yönteminin, iletişim halindeki iki düğüm arasındaki mesafeyi ifade etmek için, kablosuz sinyallerden iletilen güç ile alınan güç arasındaki ilişkiyi kullanmasıdır; bu iki düğüm arasındaki mesafe ne kadar uzun olursa, RSSI tabanlı yer tespit etme tekniğinin neden olduğu yer tespit etme hatası o kadar büyük olur. Bununla birlikte, tespit/ankraj düğümü yüzdesindeki artışla, küp konuşlandırma planının ve düzgün dört yüzlü konuşlandırma planının yer tespit etme hataları esasen aynı kalır.

Düzgün dört yüzlü konuşlandırma planı, tespit/ankraj düğümü yüzdesi %16'dan küçük olmadığında rastgele konuşlandırma planından daha fazla komşu bağlantı düğümüne sahiptir. Bu nedenle, düzgün dört yüzlü konuşlandırma planındaki normal düğümlerin, uygun tespit/ankraj düğümlerinin seçilmesinde yardımcı olma olasılığı daha yüksektir; bu durum da daha düşük bir yer tespit etme hatasının ortaya çıkmasına katkıda bulunur. Genel olarak, üç konuşlandırma planının ağ bağlanırlığı sensör düğümü sayısı arttıkça artar. Tespit/ankraj düğümü yüzdesi nispeten küçük olduğunda, iki komşu tespit/ankraj düğümü arasında güvenilir iletişim sağlamak için daha geniş bir iletişim menzili kullanılmalıdır. Bu şekilde, daha fazla sensör düğümü birbiriyle iletişim kurabilir ve bu da yüksek bir ağ bağlanırlığının ortaya çıkmasını sağlar.

3.2. Akış Diyagramı

İş akış diyagramı Şekil 3.1’de verilmektedir.



Şekil 3.1. İş akış diyagramı

Sistem testi, operasyon faaliyete geçmeden önce, sistemin doğru ve verimli çalıştığını garanti etmeyi amaçlayan uygulama aşamasıdır. Test, hata veya hatalar bulma amacıyla bir program yürütme işlemidir. İyi bir test, hata bulma olasılığı yüksek olan bir testtir. Başarılı bir test ise, henüz farkına varılmamış bir hatayı keşfeden testtir.

Test, sistemin başarısı için hayati öneme sahiptir. Sistem testi, mantıken sistemin tüm bileşenlerinin doğru çalışması durumunda, amaçlanan hedefe başarıyla ulaşılacağı varsayımında bulunur. Aday sistem, hacim kapsama, kurtarma, güvenlik ve kullanılabilirlik gibi çeşitli çevrimiçi testlere tabi tutulur. Sistem kullanıcı kabul testine hazır olmadan önce, bir dizi test gerçekleştirilir. Herhangi bir mühendislik ürünü aşağıdaki yollardan biriyle test edilebilir. Bir ürünün tasarlanma sebebini oluşturan işlevi ya da kendisinden beklenen fonksiyon bilindiğinde, her işlev ya da fonksiyonun tam olarak çalıştığını göstermek için test yapılabilir. Bir ürünün iç işleyişi bilindiğinde, yani ürünün spesifikasyonuna göre gerçekleştirdiği “dişlilerin ağının” şartnameye göre gerçekleştirilmesini ve tüm iç bileşenlerin uygun şekilde kullanılmasını sağlamak için testler yapılabilir.

3.3. Birim Testi

Birim testi, her bir modülün ve bu modülün bütün sistemle entegrasyonunun test edilmesidir. Birim testi, modüldeki yazılımın en küçük birimini doğrulama çabasına dönüşmektedir. Bu test ayrıca 'modül testi' olarak da bilinir. Sistemin modülleri ayrı ayrı test edilir. Bu test, programlama esnasında gerçekleştirilir. Bu test adımında, her bir modülün, kendinden beklenen çıktıyı başarıyla verip vermediği test edilir. Her bir alanın geçerlilik kontrolü bulunmaktadır. Örneğin, kullanıcıdan elde edilen verinin geçerlilik kontrolünde, veri hem format hem de geçerlilik yönünden kontrol edilir. Bu aşamada hataların tespiti ve giderilmesi kolaydır.

3.4. Entegrasyon Testi

Verinin bir arayüzde kaybolma riski, veya bir modülün başka bir alt fonksiyona ters etkide bulunması gibi durumlar bir araya geldiğinde, istenen başlıca bir fonksiyon sonuçsuz kalabilir. Entegrasyon testi, sistematik bir şekilde örnek veri üzerinde gerçekleştirilebilir. Entegrasyon testine gereksinim duyulmasının sebebi, sistemin genel performansını bulma ihtiyacıdır. Entegrasyon testinin iki türü vardır. Bunlar:

- Yukarıdan aşağıya entegrasyon testi, ve
- Aşağıdan yukarıya entegrasyon testidir.

3.5. Beyaz Kutu Testi

Beyaz kutu testi, test vakalarını veya senaryolarını oluşturmak için, prosedür tasarımının kontrol yapısını kullanan bir tasarım yöntemidir. Beyaz kutu test yöntemlerini kullanarak, bir modül içindeki tüm bağımsız yolların en az bir kez kullanılmasını garanti eden test durumları elde edilmiştir.

3.6. Kara Kutu Testi

Kara kutu testi aşağıda listelenen türden yanlış veya eksik işlevleri tespit etmek için yapılır;

- Arayüz hatası
- Harici veritabanı erişimindeki hatalar
- Performans hataları
- Başlatma ve sonlandırma hataları

‘İşlev testi’, bir uygulamanın gerekli tüm işlevleri belirlenen şartlara uygun ve doğru bir şekilde yerine getirdiğini teyit etmek için yapılır. Bu yüzden bu teste ‘kara kutu testi’ de denir. Sistemin dışsal davranış(lar)ı test edilir. Burada, ürün, gerçekleştirmek üzere tasarlandığı belirli işlev(ler) bilinerek test edilebilir, her bir işlevin tamamen çalışır durumda olduğunu göstermek için testler yapılabilir.

3.7. Geçerlilik Testi

Kara kutu testinin sona ermesinden sonra, yazılım bir paket olarak ortaya konulur, arabirim hataları ortaya çıkarılır ve düzeltilir, ve yazılım doğrulama testlerinin son kısmı başlar. Geçerlilik testi pek çok şekilde tanımlanabilir, bunlardan bir tanesi, yazılımın kullanıcı veya müşterinin makul beklentilerine uygun bir şekilde çalışmasıdır.

3.8. Kullanıcı Kabul Testi

Kullanıcı kabul testi, sistemin başarılı olmasında anahtar bir rol oynar. Kullanıcıyla sürekli irtibat halinde olarak, değişiklikler söz konusu olduğunda istenen sistem göz önünde bulundurularak, üzerinde çalışılan sistem devamlı bir şekilde kullanıcı kabulü açısından test edilir.

3.9. Çıktı Testi

Geçerlilik testi yapıldıktan sonra, bir sonraki adım kullanıcıya önerilen sistemin çıktı formatının nasıl olmasının istendiğini sormak ve ona göre çıktıları test etmektir, çünkü hiç bir sistem istenen formatta çıktı üretemediği sürece faydalı olamayacaktır. Bu çıktı, sistem tarafından görüntülenen veya üretilen çıktıdır. Burada çıktı formatı iki şekilde ele alınmıştır. Biri ekran diğeri ise basılı/yazılı formattır. Format, kullanıcı ihtiyacına göre sistem aşamasında tasarlandığı için, ekran çıktı formatının doğru olduğu

görülmüştür. Aynı şekilde, kullanıcı tarafından belirtilen gereksinimlere uygun olarak basılı kopya için çıktının elde edildiği de görülmüştür. Bu nedenle çıktı testi, sistemde herhangi bir değişikliği gerekli hale getirmemiştir.

3.10. Sistemin Devreye Alınması

Yazılımın devreye alınması, paketin gerçek ortamında hedef kullanıcıların memnuniyetine uygun olarak son kurulumunu ve sistemin çalışmasını ifade eder. İnsanlar, yazılımın amacının işlerini kolaylaştırması olduğundan emin olmayabilirler.

- Aktif kullanıcı, sistemi kullanmanın sağlayacağı faydalardan haberdar olmalıdır
- Aktif kullanıcı, yazılıma güven duymalıdır
- Aktif kullanıcıya, rahatlıkla uygulamayı kullanabilmesi için, doğru rehberlik sağlanmalıdır

Devam etmeden ve sistemi görüntülemeden önce, kullanıcının sonucu görüntüleyebilmek için programının serverda çalışmakta olduğunu bilmesi gerekir. Eğer server nesnesi sunucuda çalışmıyorsa, işlemler gerçekleşmeyecektir.

3.11. Kullanıcı Eğitimi

Önerilen sistemden beklenen hedeflere ve faydalara ulaşmak için, süreçlere dahil olacak kişilerin yeni sistemdeki rollerinden emin olmaları esastır. Sistem karmaşıklaştıkça, eğitim ve öğretime duyulan ihtiyaç gittikçe daha fazla önem kazanır.

Teorik ve pratik eğitim, birbirini tamamlayıcı niteliktedir. Pratik eğitime, gerekli olan arka plan açıklanarak veya diğer bir deyişle teorik eğitim verilerek zenginlik kazandırılabilir. Eğitim, doğru ortamı yaratmayı ve kullanıcı personeli motive etmeyi de içerir. Teorik bilgiler, eğitimi daha ilginç ve anlaşılır hale getirebilir.

3.12. Uygulama Yazılımı Üzerinde Eğitim

Bilgisayar bilinci konusunda gerekli temel eğitimi sağladıktan sonra, kullanıcıların yeni uygulama yazılımı hakkında eğitilmeleri gerekecektir. Bu eğitimde, ekran akışı, ekran tasarımı, ekrandaki yardım menüleri, veri girişinde sıklıkla yapılabilen hataların türü, her girdi ile ilgili geçerlilik kontrolü ve veri girdilerindeki hataları düzeltme yollarının dahil olduğu yeni sistemin kullanımı felsefesi verilecektir. Bu eğitim farklı kullanıcı grupları ve farklı hiyerarşi seviyeleri arasında farklılıklar gösterebilir.

3.13. Kullanımla İlgili Dokümantasyon

Sistemin devreye alınmasıyla ilgili planlama yapıldıktan sonra, kullanıcının ortama aşinalık kazanması ve yazılımın kullanımında kendini rahat hissetmesi önemlidir. Sistemin kullanımıyla ilgili eksiksiz bir dokümantasyon hazırlanır. Kullanışlı ipuçları, püf noktaları ve rehberlik uygulama içinde kullanıcıya sunulur. Sistem kullanıcı dostu olarak geliştirilmelidir, böylece kullanıcının tamamen uygulama içinde yer alan yardım menüsüyle sistemi kullanabilmesi mümkün olacaktır.

3.14. Sistemin Devamlılığını Sağlamak ve Bakım

Yazılım döngüsünün devamlılığının ve bakımının sağlandığı aşama, yazılımın yararlı işler gerçekleştirdiği zaman bölümüdür. Bir sistem başarıyla devreye alındıktan sonra, uygun bir şekilde devamlılığı sağlanmalıdır. Sistem devamlılığı, yazılım geliştirme yaşam döngüsünde önemli bir husustur. Sistem devamlılığında ihtiyaç duyulan şey, sistemi, bulunduğu ortamdaki değişikliklerle uyumlu hale getirmektir. Devreye alınmış olan bir sistemi etkileyen sosyal, teknik vder ortamsal/çevresel değişiklikler olabilir. Yazılım ürününün güncelleme veya geliştirmeleri, yeni fonksiyonel özellikler eklemeyi, kullanıcı ekranlarını ve etkileşim modunu iyileştirmeyi, sistemin performans özelliklerini yükseltmeyi içerebilir. Bu nedenle, sistem bu değişikliklerle ancak uygun sistem devamlılığı ve bakım prosedürleriyle başa çıkabilir. Elbette ki yazılımın devamlılığını ve bakımını sağlamak, “hata bulmak” tan çok daha fazlasıdır.

3.15. Düzeltici Bakım

İlk bakım adımı, büyük bir yazılım sistemi üzerinde gerçekleştirilen yazılım testinin, tüm gizli hataları ortaya çıkartacağı varsayımının çoğunlukla yanlış olmasından kaynaklanır. Herhangi büyük bir programın kullanımı sırasında, hatalar oluşacak ve bu hatalar yazılım geliştiriciye rapor edilecektir. Bir veya daha fazla hatanın teşhisini ve düzeltilmesini içeren işleme Düzeltici Bakım adı verilir.

3.16. Uyumlayıcı Bakım

Devamlılık ve bakım tanımına katkıda bulunan ikinci aktivite, bilişimin her alanında karşılaşılan hızlı değişim nedeniyle gerçekleşir. Bu nedenle uyumlayıcı bakım, değişen ortam ve çevreyle düzgün bir şekilde etkileşimde bulunmasını sağlamak amacıyla yazılımı değiştiren bir etkinlik olarak adlandırılır, bu uygulama hem gereklidir hem de çok yaygındır.

3.17. Algılayıcı Bakım

Devamlılık ve bakım tanımına uygulanabilecek üçüncü aktivite, bir yazılım paketi başarılı olduğunda gerçekleşir. Yazılım kullanıldığında, yeni özellikler, mevcut işlevlerde değişiklikler ve genel geliştirme için öneriler kullanıcılardan alınır. Bu kategorideki isteklere cevap verebilmek için, algılayıcı bakım yapılır. Bu aktivite, yazılım bakımına harcanan çabaların büyük çoğunluğunu oluşturur.

3.18. Önleyici/Koruyucu Devamlılık ve Bakım

Dördüncü devamlılık ve bakım etkinliği, gelecekteki sürekliliği ve güvenilirliği iyileştirmek veya gelecekteki geliştirmeler için daha iyi bir temel sağlamak amacıyla yazılım değiştirildiğinde gerçekleştirilir. Genellikle koruyucu bakım olarak adlandırılan bu aktivite, tersine mühendislik ve yeniden mühendislik teknikleri ile karakterize edilir.

3.19. Modül Tanımlama

3.19.1. Çok Yönlü Metotlar

Çok yönlü metot, normal düğümlerin koordinatlarını hesaplamak için kullanılır. Üç konuşlandırma planının yer tespit etme hataları, sensör düğümü sayısının artmasıyla artar. Bunun nedeni, RSSI yönteminin, iletişim halindeki iki düğüm arasındaki mesafeyi ifade etmek için, kablosuz sinyallerden iletilen güç ile alınan güç arasındaki ilişkiyi kullanmasıdır; bu iki düğüm arasındaki mesafe ne kadar uzun olursa, RSSI tabanlı yer tespit etme tekniğinin neden olduğu yer tespit etme hatası o kadar büyük olur.

3.19.2. Rastgele Konuşlandırma Planı

Rastgele konuşlandırma planı, düşük sensör sayısı söz konusuyken diğer konuşlandırma planlarından daha iyi performans gösterir. Rastgele konuşlandırma planında, tespit/ankraj düğümleri 3 boyutlu olarak izlenen bölgede rastgele dağıtılırlar. Her üç konuşlandırma planında da, normal düğümler, 3 boyutlu olarak izlenen bölgede rastgele dağıtılır. İzlenen bölge hakkında önceden bir bilgi yoksa veya sensörlerin deterministik konuşlandırması çok riskli veya olanaksızsa, rastgele konuşlandırma çoğu zaman tek seçenek haline gelmektedir.

3.19.3. Küp Konuşlandırma Planı

Küp konuşlandırma planında, tespit/ankraj düğümleri, önceden konumlandırılmış boşluk doldurma küplerinin köşelerine yerleştirilir; ancak düzgün dört yüzlü konuşlandırma planında, tespit/ankraj düğümleri önceden konumlandırılmış düzgün dört yüzlü köşelerine yerleştirilir. Bütün düzgün çok yüzlüler arasında, küp, boşluk doldurabilen tek düzgün çok yüzlüdür.

3.19.4. Düzgün Dört Yüzlü Konuşlandırma Planı

Düzgün dört yüzlü konuşlandırma planı, ortalama sensör düğüm sayısını ve ağ bağlantısını korurken daha yüksek bir yer tespit etme oranını elde edebilir. Düzgün

dört yüzlü konuşlandırma planında, tespit/ankraj düğümleri önceden belirlenmiş düzgün dört yüzlülerin köşelerine yerleştirilmiştir. Düzgün dört yüzlü konuşlandırma planı, genel olarak rastgele konuşlandırma planından ve küp konuşlandırma planından daha küçük yer tespit etme hatasına sahiptir.

3.19.5. Performans Analizi

Her üç konuşlandırma planının performansı da değerlendirilmiştir. Yer tespit etme oranı, yeri tespit edilmiş normal düğümlerin sayısının, toplam normal düğüm sayısına oranıdır. Açık bir şekilde, yer tespit etme oranı arttıkça, sıradan düğümlerin yer tespit edilme sayısı artacaktır. Yer tespit etme hatası ise, tahmini yani hesaplanan koordinatlar ile gerçek koordinatlar arasındaki ortalama mesafedir. Yine açık bir şekilde, yer tespit etme hatası ne kadar küçükse, yer tespit etme sonucu o kadar iyi olacaktır. Komşu tespit/ankraj düğümlerinin ortalama sayısı ise, tespit/ankraj düğümleriyle iletişim kurabilen sensör düğümlerinin sayısının, toplam sensör düğüm sayısına oranıdır. Ağ bağlanabilirliği, diğer sensör düğümleriyle iletişim kurabilen sensör düğümü sayısının, toplam sensör düğümü sayısına oranıdır ve bu hesaplanabilir. Düzgün dört yüzlü konuşlandırma planının performansı, diğer iki plandan biraz daha iyidir.

3.19.6. Yazılımın Tanımı

MATLAB®, algoritma geliştirme, veri görselleştirme, veri analizi ve sayısal hesaplama için üst düzey bir teknik hesaplama dili ve etkileşimli bir platformdur. MATLAB kullanarak, teknik bilişim işlem sorunlarının C, C++ ve Fortran gibi geleneksel programlama dillerinden duruma göre daha hızlı çözülmesi mümkündür.

Matlab, matrisler ve matris işlemleri için güçlü bir destekle tasarlanmış bir veri analizi ve görselleştirme aracıdır. Bunun yanı sıra, Matlab mükemmel grafik yeteneklerine ve kendi güçlü programlama diline sahiptir. Matlab'ın bu kadar önemli bir araç haline gelmesinin nedenlerinden biri, belirli bir amaca yönelik olarak tasarlanmış Matlab program kümelerinin varlığıdır. Bu program kümelerine, paketler denir ve bizim özellikle kullanacağımız paket, görüntü işleme paketidir. Matlab'ın tüm kabiliyetlerinin bir tanımını vermek yerine, sadece görüntülerin ele alınmasıyla ilgili

hususlara odaklanacağız. Gerektiğinde ilgili fonksiyon, komut ve teknikleri tanıtacağız. Bir Matlab fonksiyonu, çeşitli parametreleri kabul eden ve bir tür çıktı üreten anahtar kelimedir: örneğin bir matris, bir dizge (string) veya bir grafik. Bu tür fonksiyonlara örnek olarak ise sin, imread, imclose sayılabilir. Matlab'da birçok fonksiyon bulunmaktadır ve göreceğimiz gibi, kendi fonksiyonunuzu yazmak çok kolaydır (ve çoğu zaman gereklidir).

Matlab'ın standart veri türü matris'tir; bütün verilerin bir tür matris olduğu kabul edilir. Görüntüler de elbette matrislerdir, ve elemanları ise piksellerinin grilik düzeyleridir (veya RGB değerleridir). Tek değerler de Matlab tarafından matris olarak kabul edilir, bir dizge (string) ise sadece tek satırlı bir karakter matrisidir; dizge uzunluğu da matrisin boyutunu verir. Bu bölümde daha genel Matlab komutlarına bakacağız ve görüntüleri daha sonraki bölümlerde tartışacağız.

Matlab'ı başlattığınızda, komutları girebileceğiniz Command Window (Komut Penceresi) denilen boş bir pencere açılır. Çok sayıda Matlab fonksiyonunun ve alabileceği farklı parametrelerin sayısı göz önüne alındığında, komut satırı tarzı bir arayüz, aslında karmaşık ve açılabilir bir menü dizisinden çok daha verimlidir.

MATLAB, sinyal ve görüntü işleme, iletişim, kontrol tasarımı, test ve ölçüm, finansal modelleme ve analiz de dahil olmak üzere çok çeşitli uygulamalarda kullanılabilir. Eklenti paketler (özel amaçlı MATLAB fonksiyon koleksiyonları), bu uygulama alanlarındaki belirli problem sınıflarını çözmek için MATLAB ortamını zenginleştirir.

MATLAB, çalışmanızı belgelendirmek ve paylaşmak için çeşitli özellikler sunar. MATLAB kodunuzu diğer diller ve uygulamalar ile entegre edebilir, MATLAB algoritmalarınızı ve uygulamalarınızı başkalarıyla paylaşabilirsiniz.

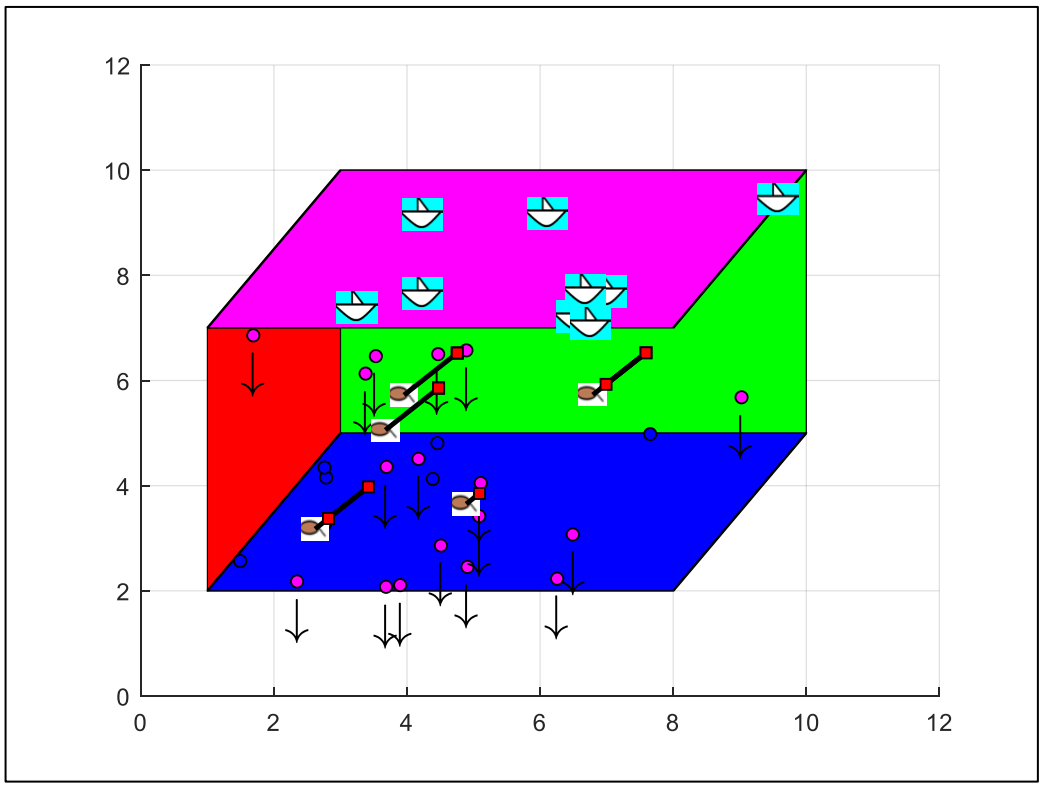
Matlab'da görüntüler üzerine çalışırken, bir görüntünün nasıl yükleneceği, doğru formatın kullanılması, verilerin farklı veri türleri olarak kaydedilmesi, bir görüntünün nasıl yansıtılacağı, farklı görüntü formatları arasında dönüşüm gibi akılda tutulması gereken birçok şey vardır.

Görüntü İşleme Paketi, görüntüyü işleme, analiz etme, görselleştirme ve gerekli algoritmaları geliştirmek için standart referanslara sahip kapsamlı bir algoritmalar ve grafik araçlar kümesi sunar. Bu pakette, görüntü geliştirme, görüntü netleştirme, özellik algılama, gürültü azaltma, görüntü segmentasyonu, uzamsal dönüşümler ve görüntü tescilleme yapılabilir. Çok çekirdekli ve çok işlemcili bilgisayarların sunduğu imkanlardan yararlanabilmek için, paketteki birçok işlev, çok iş parçacıklıdır.

4. SİMÜLASYON SONUÇLARI

4.1. Taban Düğümlerinin Konuşlandırılması

Alan tespit edildikten sonra, bu alana düğümler konuşlandırılır. Bu alana 15 kadar düğüm konuşlandırılacaktır. Bu düğümlerin sayısı rastgele belirlenmektedir. İlgili alana konuşlandırılan düğümler Şekil 4.1'de görülmektedir.



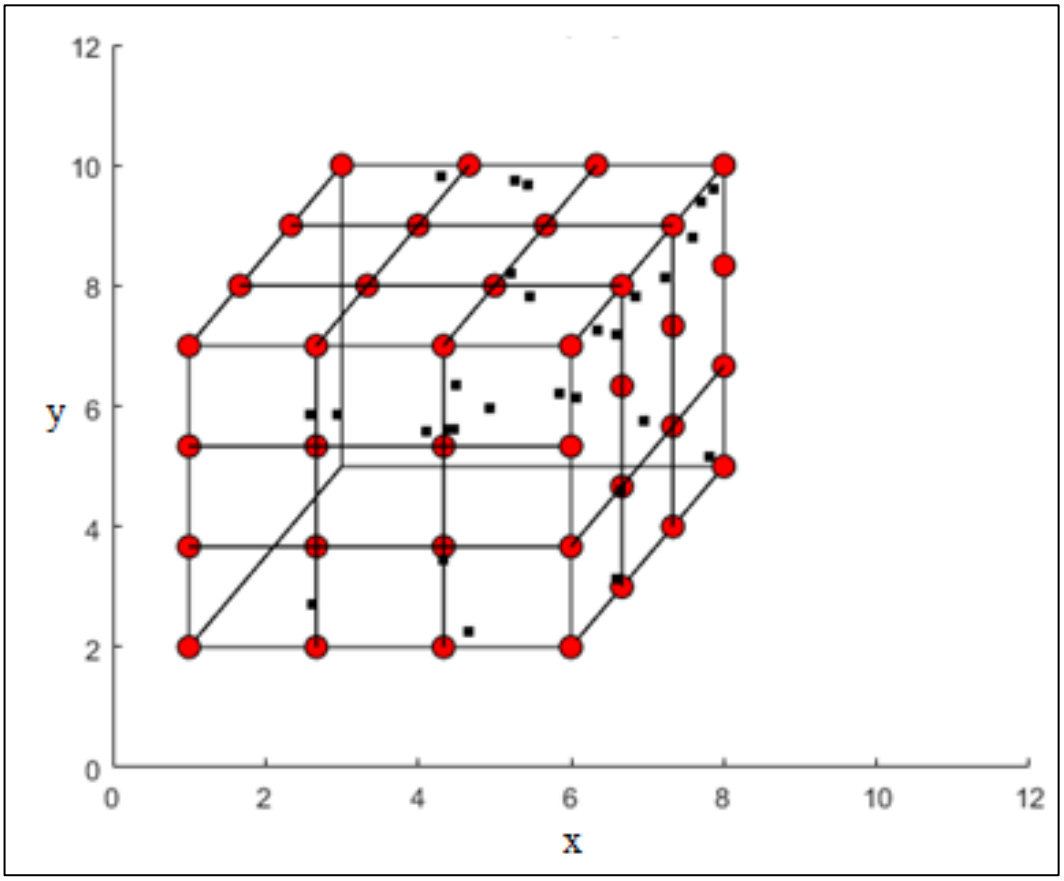
Şekil 4.1. İlgili alana konuşlandırılan taban düğüm sayısı

Bu alana taban düğümleri yerleştirildikten sonra sualtı düğümleri yerleştirilir. Yaklaşık olarak 12 düğüm bu alana yerleştirilmektedir. Bu düğümlerin sayısı rastgele belirlenmektedir.

Otomatik Sualtı Konuşlandırma Cihazı (AUV) adımında, adı geçen cihaz programlanmakta ve hazırlanmaktadır. Bu alanda 6 AUV cihazı hazırlanmıştır.

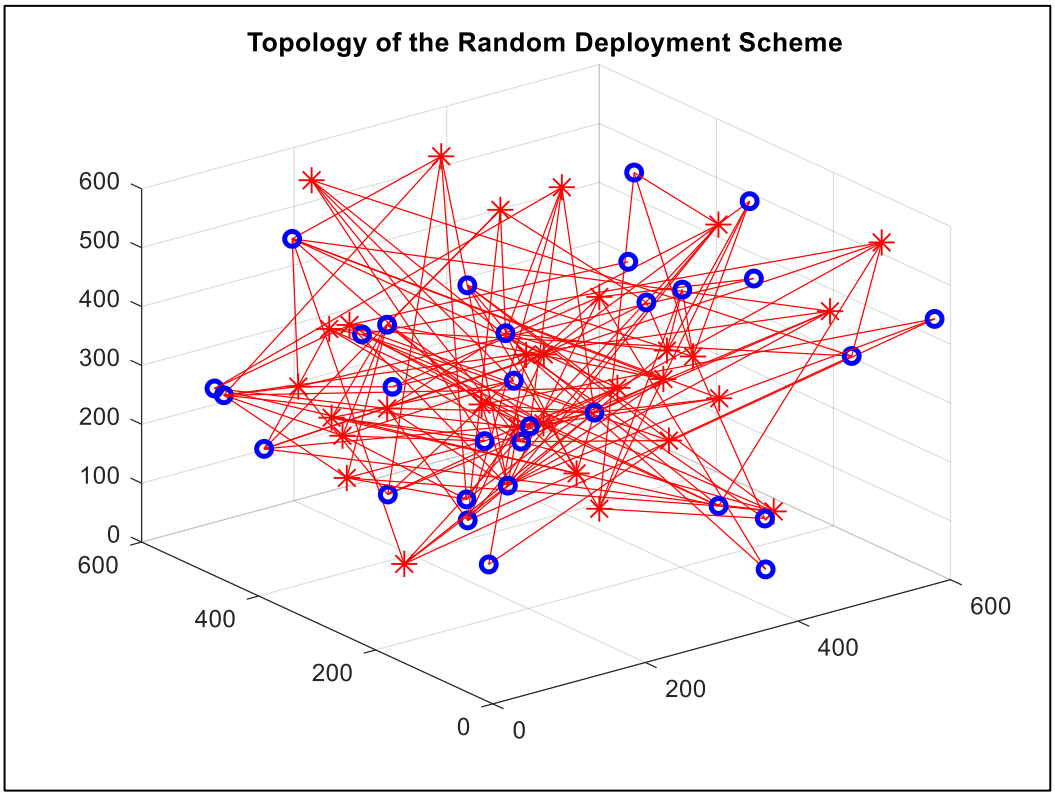
Alış Düğümünün Konuşlandırılması adımında ise, alış düğümleri konuşlandırılır. AUV cihazı yerleştirildikten sonra, alış düğümleri konuşlandırılır. Bu alana 14 kadar düğüm konuşlandırılmaktadır. Bu alış düğümlerinin sayısı da rastgele belirlenmektedir.

Bu alana alış düğümleri konuşlandırıldıktan sonra, aynı alana ağ konuşlandırılması yapılmaktadır. Bu işlem Şekil 4.2'de gösterilmektedir. Bu tezde küp konuşlandırılması yapılmaktadır. Küp konuşlandırılması için 6 kadar düğüm seçilmektedir.



Şekil 4.2. Ağ Konuşlandırması

Topoloji adımında ise, ağın topolojisi tasarlanmaktadır. Ağın topolojisinde, tespit/ankraj düğümleri ve normal düğümler konuşlandırılır. Bu durum Şekil 4.3'te gösterilmektedir. Şekilde görüldüğü gibi, kırmızı yıldızlar tespit/ankraj düğümlerini, ve mavi daireler ise normal düğümleri göstermektedir.

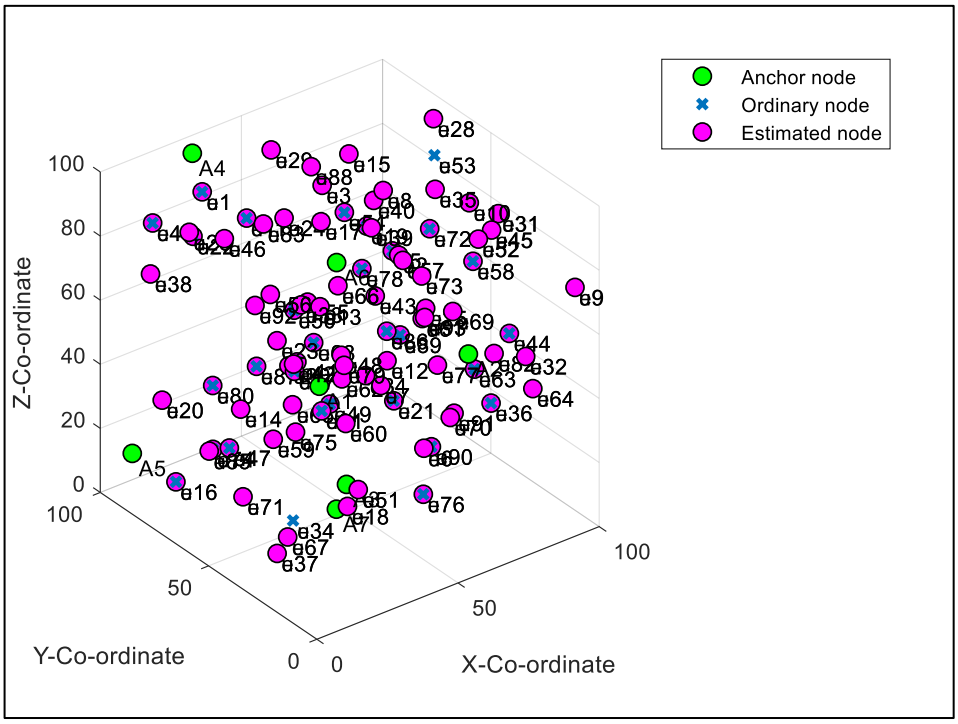


Şekil 4.3. Topoloji Konuşlandırması ve Tespit/Ankraj Düğümleriyle Normal Düğümler arasındaki Bağlantılar

Tespit/Ankraj düğümleriyle normal düğümler arasındaki bağlantılar Şekil 4.3'te görülmektedir. Bu bağlantı kırmızı çizgiyle gösterilmektedir.

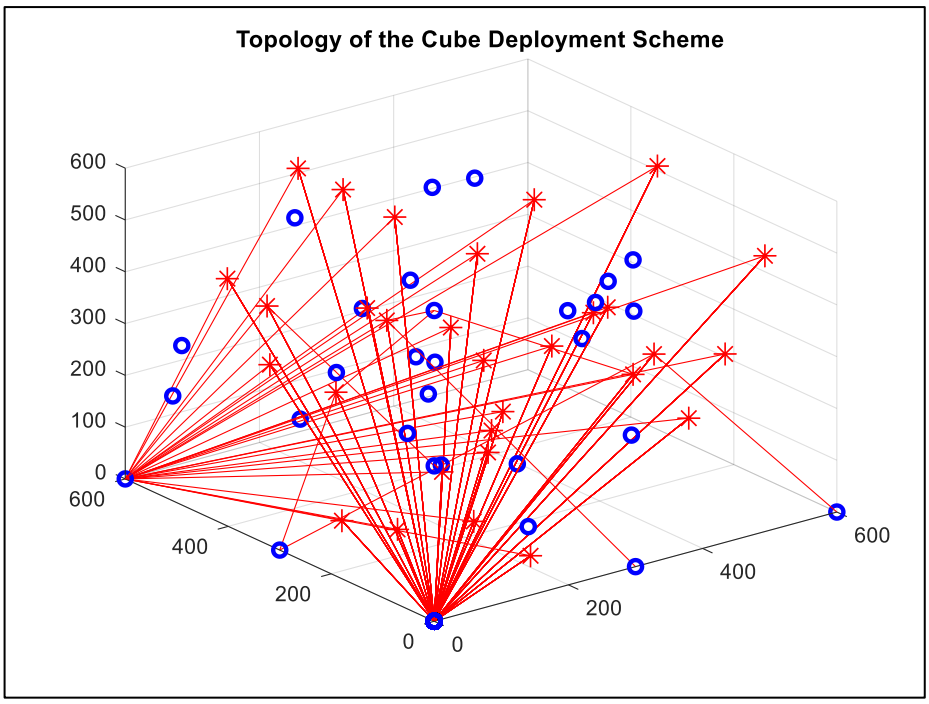
4.2. Küp Konuşlandırma Planının Topolojisi

Bu adımda, birbirine komşu olan ortalama tespit/ankraj düğümünün sayısı hesaplanmaktadır. Tespit/ankraj (anchor) düğümleri, normal düğümler (ordinary) ve tahmin edilen yani hesaplanan düğümler (estimated) Şekil 4.4'te görülmektedir.



Şekil 4.4. Tespit/ankraj düğümleri, normal düğümler ve tahmin edilen düğümler

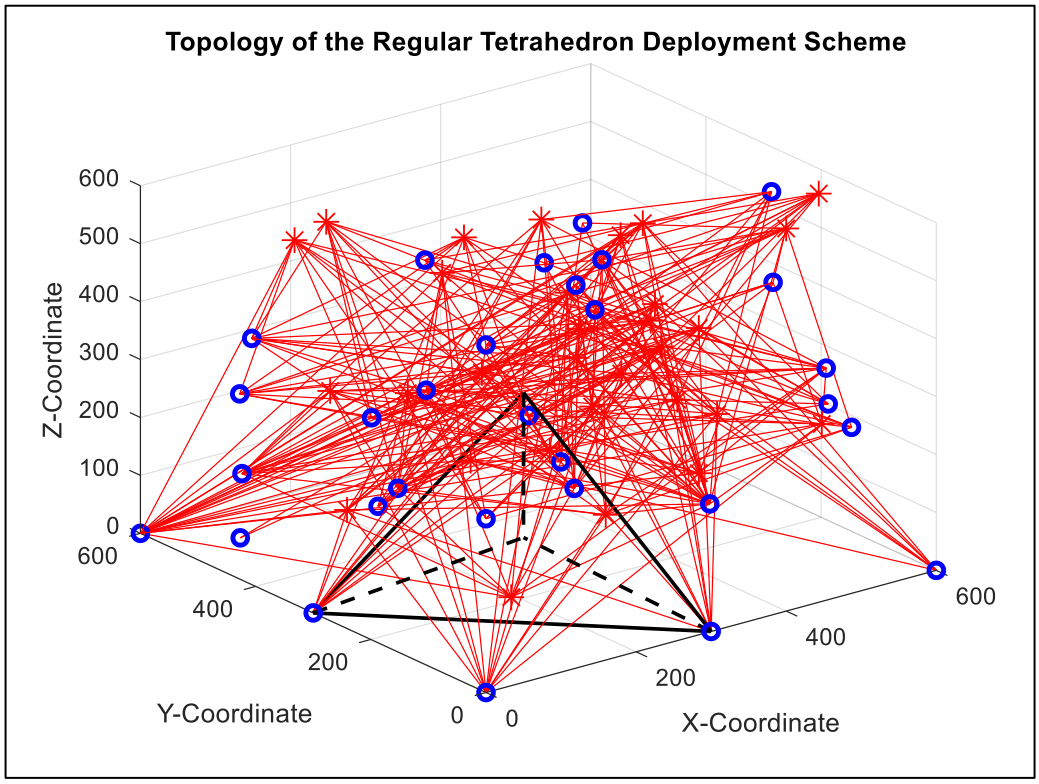
İlk tespit/ankraj düğümü için kullanılan küp konuşlandırma planının toplolojisi Şekil 4.5'te görülmektedir.



Şekil 4.5. İlk tespit/ankraj düğümü için kullanılan küp konuşlandırma planının toplolojisi

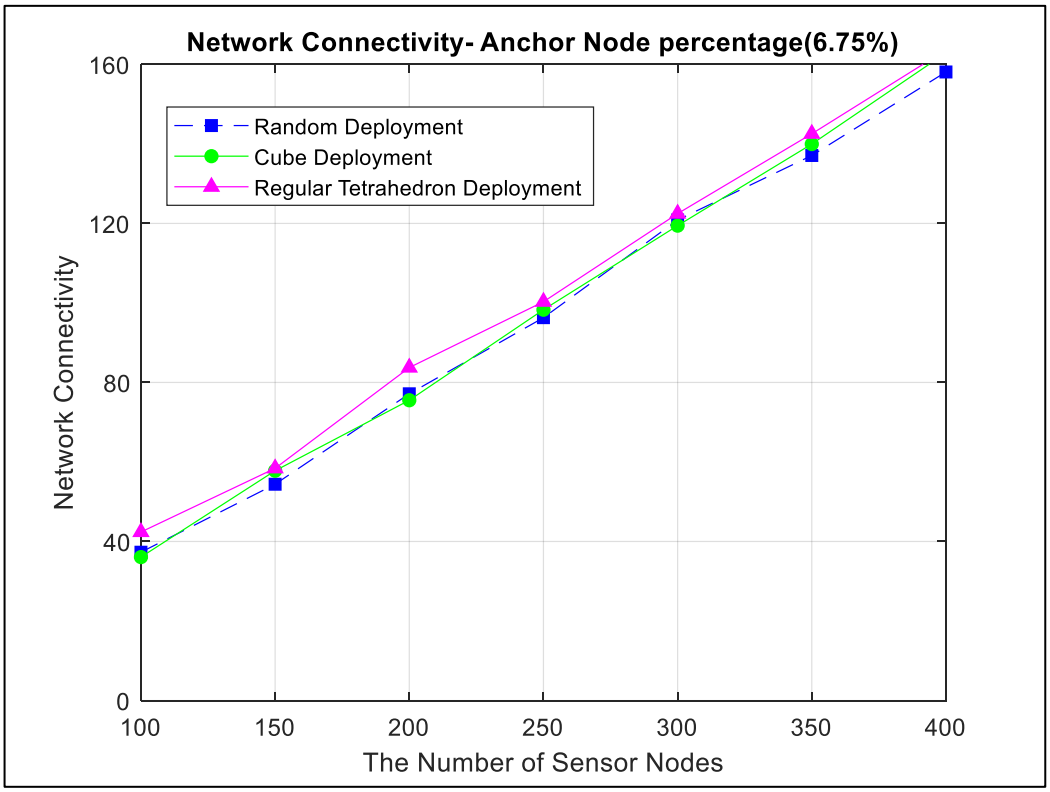
Bütün tespit/ankraj düğümleri için kullanılan küp konuşlandırma planının toplolojisi Şekil 4.6'da görülmektedir.

Bütün tespit/ankraj düğümleri için kullanılan düzgün dört yüzlü konuşlandırma planının toplolojisi Şekil 4.6'da görülmektedir.



Şekil 4.6. Bütün tespit/ankraj düğümleri için kullanılan düzgün dört yüzlü konuşlandırma planının toplolojisi

Şekil 4.7'de ise, Rastgele Konuşlandırma, Küp Konuşlandırma ve Düzgün Dört Yüzlü Konuşlandırma için ağ bağlanabilirliği görülmektedir.



Şekil 4.7. Tespit/Ankraj Düğümlerinde Rastgele Konuşlandırma, Küp Konuşlandırma ve Düzgün Dört Yüzlü Konuşlandırma için Ağ Bağlanabilirliği

Rastgele Konuşlandırmanın, Küp Konuşlandırmanın ve Düzgün Dört Yüzlü Konuşlandırmanın karşılaştırılması Tablo 4.1'de sunulmaktadır. Bu değerler sıralanmamıştır. Şekil 4.7'de gösterilen sonuçlar ise minimum değerden maksimum değere kadar sıralanmıştır.

Tablo 4.1. *Üç metodun kıyaslanması*

Sensor Sayısı	Rastgele Konuşlandırma	Küp Konuşlandırma	Düzgün Dört Yüzlü Konuşlandırma
100	**43,35**	35,225	24,15
150	**48,05692**	23, 693	48,73
200	**42,547**	31,322	27,141
250	33,787	29,426	**41,383**
300	38, 571	48,15	**52,71**
350	53, 091	**54,18**	44,648
400	45, 4211	27,126	**48,52**

Tabloda görüldüğü gibi, üç yöntem için ağ bağlanabilirliği farklıdır ve bu fark sensörlerin sayısına bağlıdır. Örneğin, 100, 150 ve 200 sensör için en yüksek bağlanabilirlik rastgele dağıtım için sağlanmaktadır. Sensör sayısı 250 ve 300 olduğunda, en yüksek bağlanabilirlik düzgün dört yüzlü için elde edilmektedir. Yine tabloda görülebileceği üzere, en yüksek bağlanabilirlik açısından küp dağıtımı minimum değerleri vermektedir ve yalnızca bir durumda, 350 sensör için küp dağılımı en yüksek bağlanabilirliği vermektedir ve bu değer de 54.18'dir.

Yerelleştirme oranı için 88.27, Yerelleştirme hatası için 25.07'ye ulaşıldı. Ayrıca Ortalama mahalle ve Ağ bağlantısı için sırasıyla 6 ve 152.12 puan aldık.

Bu tezde kullandığımız parametre tablo 4.1 gibiydi.

Tablo 4.2. *Ağın Parametresi*

Parametre	**Sayı**
Alt Düğüm Sayısı	8
Sualtı Düğümü Sayısı	16
AUV Sayısı	6
Lavabo Düğümü Sayısı	10
Küp Dağıtımı için Düğüm	5

Yönlendirme kavramı UWSN ile ilgili bir sorun değildir ve karasal WSN'de yoğun olarak çalışılmıştır. Ancak, sualtına gelince, iletişim ortamı tamamen değişiyor ve oryantasyon sorunu yeni bir şekilde ortaya çıkıyor. Karasal ağlar için iyileştirilmiş yönlendirme protokolleri sualtında mevcut değildir ve iyileştirilmiş sualtı yönlendirme protokolleri de gelişmektedir.

Tablo 4.3 Yerelleştirme oranı, Yerelleştirme hatası, Ortalama mahalle ve Ağ bağlantısı sonuçlarını göstermektedir.

Tablo 4.3. *Ağın Sonucu*

Parametre	**Değer**
Yerelleştirme Oranı	88,27
Yerelleştirme Hatası	25,07
Ortalama mahalle	6
Ağ Bağlantısı	152,12

Sensör sayısı için iletişimin diğer sensörler ile olan oranı Denklem 4.2 olarak tanımlanmıştır.

$$Network\ Connectivity = \frac{N_{communicate}}{N_{tot}} \tag{4.1}$$

$N_{communicate}$ diğer düğümler arasında birbirine bağlanabilen sensör düğümlerinin sayısı, aynı zamanda N_{tot} tüm düğümlerin sayısıdır.

Ağ bağlantısı, Tablo 4.2'de gösterilmiştir.

Bağlantı düğümleri için ortalama sayı şöyle tanımlanır:

$$A_{anchor} = \frac{N_{communicate_anchorNode}}{N} \tag{4.2}$$

Bu ortalama komşu ortalamasıdır.

Ankraj düğümleriyle birbirine bağlanan sensör düğümleri ise N de sensörün tam sayısı olarak tanımlanır.

Konsantrasyon hatası, tahmini koordinatlar ve gerçek koordinatlar arasındaki ortalama mesafedir. Hata yerelleştirmenin daha küçük olduğu ve yerelleştirmenin sonucundan daha iyi olacağı açıktır. Yerelleştirme hatası aşağıdaki gibi hesaplanabilir:

$$ErrorLocalization = \frac{\sum \sqrt{(u_i - x_i)^2 + (v_i - y_i)^2 + (w_i - z_i)^2}}{N_l} \quad (4.3)$$

Burada (ui, vi, wi) tipik i düğümünün gerçek koordinatları, i (xi, yi, zi) tipik düğüm koordinatlarıdır ve N1, yerel bölgedeki normal düğüm sayısıdır (Lin, Tao, Tu, ve Liu, 2019).

Yerelleştirme oranı, ortak sözleşme düğümlerinin sayısının toplam sözleşme sayısına oranıdır. Açıkçası, yerelleştirme oranından daha yüksek, daha yaygın olan yerel düğümler yerelleştirilebilir. Yerelleştirme oranı şöyle tanımlanır:

$$LocalizationRatio = \frac{N_l}{N_o} \quad (4.4)$$

nerede:

N_l : Sıradan yerelleştirilmiş düğüm sayısı

N_o : Toplam düğüm sayısı.

5. SONUÇ

5.1. Sonuç

Bugün, sualtı dünyası hem ülkeler seviyesinde hem de dünya genelinde birçok bilinmeyeni ve henüz cevaplanamamış çok sayıda soruyu içermektedir. Dünyanın yaklaşık 2/3'ünün suyla kaplı olması nedeniyle, sualtı iletişim alanında yapılan çalışmalar her geçen gün ivme kazanmaktadır. Yaklaşık iki yüz yıldan beri yapılan bu çalışmaları günden güne düşününce, belirli dönemlerde durağanlık göstermiş olsa bile, şimdi oldukça önemli oldukları görülmektedir. Dünya genelinde düşünüldüğünde, sualtı iletişimi şu anda önemli bir yer tutmaktadır. Ülkemiz açısından baktığımızda ise, bu alanda yapılan çalışmaların yeni bir ivme kazandığı söylenebilir. Bu çalışmanın sebeplerinden biri olarak, bu konuda yapılan çalışmaların ülkemiz açısından henüz çok düşük seviyede olduğu görülmektedir.

Sualtı akustik iletişim sistemi kapsamında tezimiz için gerekli araştırmalar yapılmıştır. Bu çalışmada, sualtındaki ortamın akustik iletişim özellikleri üzerindeki etkileri ön plana çıkmaktadır. Bu sistemlerde karasal sistemlerde olduğu gibi RF iletişimi kullanılmamasının sebebi, RF'nin çok hızlı olması ve bu iletişim ortamına uygun olmaması gerçeğidir; çünkü sualtı ortamdaki yalıtım sabiti hava ortamından daha yüksektir. Ses dalgaları (akustik dalgalar) sualtı ortamlarında RF gibi hızlı bir sönümlemeye maruz kalmaz, dolayısıyla bu sistemlerdeki iletişim kanallarında ses dalgaları kullanılır. Sualtı iletişim kanallarında, sönümlenme özellikleri, akustik dalgaların tercih edilmesi için temel sebep olarak verilebilir. Bununla birlikte, akustik dalgalar, sualtı iletişim kanallarındaki birçok şeyden etkilenme özelliğine sahiptir. Temel olarak, burada vurgulanan şey, bu özelliğin bağlı olduğu etkili parametrelerdir.

Okyanuslarımızın derinliklerini keşfetmek için güvenilir ve güçlü iletişim araçlarına ihtiyacımız var. Kablosuz iletişim için, elektromanyetik dalgalar üzerinden iletişim, yalnızca sınırlı bir alana sahip olduklarından, bu amaç için uygundur. Diğer ve daha uygun bir iletişim aracı, bu tezde ele alınan akustik sinyallerin kullanımıdır. Akustik sinyallerin menzili ve hızı üzerindeki etki faktörleri gibi fiziksel prensipler ve sınırlayıcı faktörler başlangıçta sunulmuştur. İletimin kalitesi üzerindeki istenmeyen

etkilerden dolayı, sinyal iletimi için özel şartlar uygulanır. Hepsi su altında uygulanan çeşitli modülasyon yöntemleri (ASK, FSK, PSK, QAM, OFDM) sunulmuştur. Konuyu tamamlamak için, denizaltı kaynaklarının uygulama senaryoları için iki uygulama senaryosu kısaca sunulmuştur. Akustik iletişim su altındaki iletişimde önemli bir rol oynamaya devam edecektir. Özellikle küresel iklim değişikliği bağlamında, okyanusların gözlemlenmesi büyük ilgi çekmektedir. Bu işlemler sırasında erişim kontrolü ve çarpışmadan kaçınma dikkate alınmamıştır. İlgilenen okuyucu, bu konularla ve su altındaki ağ protokollerinin tasarımında önemli olan diğer hususlarla ilgilenen makaleye yönlendirilir.

Karasal ortamlarda yaygın olarak kullanılan kablosuz algılayıcı ağlar, yirminci yüzyılın sonlarındaki teknolojik gelişmeler sayesinde denizlerde ve okyanuslarda kullanım alanlarını bulmuştur ve insanlar için zorlu olan sualtı ortamından daha kolay yararlanılabilir. sensörleri. Kablosuz su altı sensör ağlarında, belirli bir su altı bölgesinde bulunan birçok sensör düğümü, gerekli bilgileri, çevresel bilgileri toplayarak veya uygulamaya göre anormal bir durum tespit ederek, genellikle su yüzeyinde bulunan veri toplayıcıya iletmek zorundadır. Bağışın toplandığı yerden su yüzeyine olan yolculukta yönlendirme protokolleri yerine getirilir.

5.2. Gelecek İş

Gelecekte NS2'de önerilen yöntemi kullanabiliriz ve yöntemimizi C ++ 'ya dönüştürebiliriz ve sonra bu kodları aygıtlarda kullanabiliriz ve deprem veya sualtı dünyasında mevcut olan diğer sorunları kontrol etmek için su altında test edebiliriz.

KAYNAKLAR

Ayaz, M., Baig, I., Abdullah, A., ve Faye, I. (2011). A survey on routing techniques in underwater wireless sensor networks. *Journal of Network and Computer Applications, 34*(6), 1908-1927.

Batı, B. (2009). *Sualtı akustiği uygulamalarında ışın izleme ve yayılım kaybı hesabının kullanılması.* YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü,

Bayrakdar, Y., ve Kantarcı, A. (2010). Kablosuz Sualtı İletişiminde Yeni Araştırma Konuları. In: Muğla, Akademik Bilişim.

Che, X., Wells, I., Dickers, G., Kear, P., ve Gong, X. (2010). Re-evaluation of RF electromagnetic communication in underwater sensor networks. *IEEE Communications Magazine, 48*(12), 143-151.

Climent, S., Sanchez, A., Capella, J. V., Meratnia, N., ve Serrano, J. J. (2014). Underwater acoustic wireless sensor networks: advances and future trends in physical, MAC and routing layers. *Sensors, 14*(1), 795-833.

Coutinho, R. W., Boukerche, A., Vieira, L. F., ve Loureiro, A. A. (2017). *EnOR: Energy balancing routing protocol for underwater sensor networks.* Paper presented at the Communications (ICC), 2017 IEEE International Conference on.

Coutinho, R. W., Vieira, L. F., ve Loureiro, A. A. (2013). *Movement assisted-topology control and geographic routing protocol for underwater sensor networks.* Paper presented at the Proceedings of the 16th ACM international conference on Modeling, analysis ve simulation of wireless and mobile systems.

Darehshoorzadeh, A., ve Boukerche, A. (2015). Underwater sensor networks: A new challenge for opportunistic routing protocols. *IEEE Communications Magazine, 53*(11), 98-107.

Erol-Kantarci, M., Mouftah, H. T., ve Oktug, S. (2011). A survey of architectures and localization techniques for underwater acoustic sensor networks. *IEEE Communications Surveys ve Tutorials, 13*(3), 487-502.

Erol-Kantarci, M., Oktug, S., Vieira, L., ve Gerla, M. (2011). Performance evaluation of distributed localization techniques for mobile underwater acoustic sensor networks. *Ad Hoc Networks, 9*(1), 61-72.

Fazel, F., Fazel, M., ve Stojanovic, M. (2011). Random access compressed sensing for energy-efficient underwater sensor networks. *IEEE Journal on Selected Areas in Communications, 29*(8), 1660-1670.

Ghoreyshi, S. M., Shahrabi, A., ve Boutaleb, T. (2017). Void-handling techniques for routing protocols in underwater sensor networks: Survey and challenges. *IEEE Communications Surveys ve Tutorials, 19*(2), 800-827.

Gopi, S., Govindan, K., Chander, D., Desai, U. B., ve Merchant, S. (2010). E-PULRP: Energy optimized path unaware layered routing protocol for underwater sensor networks. *IEEE Transactions on Wireless Communications, 9*(11), 3391-3401.

Han, G., Zhang, C., Shu, L., ve Rodrigues, J. J. (2015). Impacts of deployment strategies on localization performance in underwater acoustic sensor networks. *IEEE Transactions on Industrial Electronics, 62*(3), 1725-1733.

Hollinger, G. A., Choudhary, S., Qarabaqi, P., Murphy, C., Mitra, U., Sukhatme, G. S., et.al, (2012). Underwater data collection using robotic sensor networks. *IEEE Journal on Selected Areas in Communications, 30*(5), 899-911.

Hu, T., ve Fei, Y. (2010). QELAR: A machine-learning-based adaptive routing protocol for energy-efficient and lifetime-extended underwater sensor networks. *IEEE Transactions on Mobile Computing, 9*(6), 796-809.

Isbitiren, G., ve Akan, O. B. (2011). Three-dimensional underwater target tracking with acoustic sensor networks. *IEEE Transactions on Vehicular Technology, 60*(8), 3897-3906.

Javaid, N., Jafri, M. R., Khan, Z. A., Qasim, U., Alghamdi, T. A., ve Ali, M. (2014). Iamctd: Improved adaptive mobility of courier nodes in threshold-optimized dbr protocol for underwater wireless sensor networks. *International Journal of Distributed Sensor Networks, 10*(11), 213012.

Jensen, F. B., Kuperman, W. A., Porter, M. B., ve Schmidt, H. (2000). *Computational ocean acoustics*: Springer Science ve Business Media.

John Hewes. (2017). Transducers. Retrieved from https://electronicsclub.info/transducers.htm

Kahveci, S. (2013). Sualti akustik haberleşme. *Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi*, 1-97.

Khan, A., Ahmedy, I., Anisi, M. H., Javaid, N., Ali, I., Khan, N., . . . et.al . (2018). A Localization-Free Interference and Energy Holes Minimization Routing for Underwater Wireless Sensor Networks. *Sensors, 18*(1), 165.

Kumar, A., Shwe, H. Y., Wong, K. J., ve Chong, P. H. (2017). Location-Based Routing Protocols for Wireless Sensor Networks: A Survey. *Wireless Sensor Network, 9*(01), 25.

Kumar, V. N., Kumar, M. S., Rajakumari, J., ve Mohanarangan, S. (2017). Opportunistic Void Avoidance Routing for Underwater Sensor Networks.

Kuzlu, M., Dinçer, H., ve Öztürk, S. Sualtı Haberleşmesi Alıcı Ön Yükselteç Tasarımı Desing of an Underwater Communication Receiver Pre-Amplifier.

Lacovara, P. (2019). High-bandwidth underwater data communication system. In: Google Patents.

Lee, U., Wang, P., Noh, Y., Vieira, L. F., Gerla, M., ve Cui, J.-H. (2010). *Pressure routing for underwater sensor networks.* Paper presented at the INFOCOM, 2010 Proceedings IEEE.

Leighton, T. (1998). Fundamentals of underwater acoustics. *Fundamentals of noise and vibration. Edited by FJ Fahy and JG Walker. Taylor ve Francis, London, UK*, 373-444.

Lin, Y., Tao, H., Tu, Y., ve Liu, T. (2019). A Node Self-Localization Algorithm With a Mobile Anchor Node in Underwater Acoustic Sensor Networks. *IEEE Access, 7*, 43773-43780.

Liu, B., Chen, H., Zhong, Z., ve Poor, H. V. (2010). Asymmetrical round trip based synchronization-free localization in large-scale underwater sensor networks. *IEEE Transactions on Wireless Communications, 9*(11), 3532-3542.

Lu, F., Mirza, D., ve Schurgers, C. (2010). *D-sync: Doppler-based time synchronization for mobile underwater sensor networks.* Paper presented at the Proceedings of the Fifth ACM International Workshop on UnderWater Networks.

Luo, H., Wu, K., Ruby, R., Hong, F., Guo, Z., ve Ni, L. M. (2017). Simulation and experimentation platforms for underwater acoustic sensor networks: Advancements and challenges. *ACM Computing Surveys (CSUR), 50*(2), 28.

Manjula, R., ve Manvi, S. S. (2011). Issues in underwater acoustic sensor networks. *International Journal of Computer and Electrical Engineering, 3*(1), 101.

Partan, J., Kurose, J., ve Levine, B. N. (2007). A survey of practical issues in underwater networks. *ACM SIGMOBILE Mobile Computing and Communications Review, 11*(4), 23-33.

Patil, M. S. A., ve Mishra, M. P. (2017). Improved Mobicast Routing Protocol To Minimize Energy Consumption For Underwater Sensor Networks. *International Journal of Research In Science ve Engineering, 3*.

Petrioli, C., ve Petroccia, R. (2012). SUNSET: Simulation, emulation and real-life testing of underwater wireless sensor networks. *Proceedings of IEEE UComms 2012*, 12-14.

Sanchez, A., Blanc, S., Yuste, P., ve Serrano, J. (2011). *A low cost and high efficient acoustic modem for underwater sensor networks.* Paper presented at the OCEANS, 2011 IEEE-Spain.

Shen, J., Tan, H.-W., Wang, J., Wang, J.-W., ve Lee, S.-Y. (2015). A novel routing protocol providing good transmission reliability in underwater sensor networks.internet technoiogy journal , *16*(1), 171-178.

Urick, R. J. (1967). *Principles of underwater sound for engineers*: Tata McGraw-Hill Education.

Wadud, Z., Hussain, S., Javaid, N., Bouk, S. H., Alrajeh, N., Alabed, M. S., ve Guizani, N. (2017). An Energy Scaled and Expanded Vector-Based Forwarding Scheme for Industrial Underwater Acoustic Sensor Networks with Sink Mobility. *Sensors, 17*(10), 2251.

Wahid, A., Lee, S., ve Kim, D. (2014). A reliable and energy-efficient routing protocol for underwater wireless sensor networks. *International Journal of Communication Systems, 27*(10), 2048-2062.

Xiao, Y., Peng, M., Gibson, J., Xie, G. G., Du, D.-Z., ve Vasilakos, A. V. (2012). Tight performance bounds of multihop fair access for MAC protocols in wireless sensor networks and underwater sensor networks. *IEEE Transactions on Mobile Computing, 11*(10), 1538-1554.

Xie, P., Zhou, Z., Nicolaou, N., See, A., Cui, J.-H., ve Shi, Z. (2010). Efficient vector-based forwarding for underwater sensor networks. *EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking, 2010*(1), 195910.

Xie, P., Zhou, Z., Peng, Z., Cui, J.-H., ve Shi, Z. (2010). SDRT: A reliable data transport protocol for underwater sensor networks. *Ad Hoc Networks, 8*(7), 708-722.

Zhao, Y., Tian, B., Chen, Z., Liu, Y., ve Ding, J. (2018). An Energy-Efficient Key Agreement Mechanism for Underwater Sensor Networks. In *IT Convergence and Security 2017* (pp. 146-158): Springer.

Zhou, Z., Cui, J.-H., ve Zhou, S. (2010). Efficient localization for large-scale underwater sensor networks. *Ad Hoc Networks, 8*(3), 267-279.

Zhou, Z., Peng, Z., Cui, J.-H., Shi, Z., ve Bagtzoglou, A. (2011). Scalable localization with mobility prediction for underwater sensor networks. *IEEE Transactions on Mobile Computing, 10*(3), 335-348.

EKLER

EK 1. MATLAB KODU

Ek 1. Matlab Kodu

```
function
[N_connectivity,Aveareg_anchor,L_ratio,Locali_error]=Mult
ilateration(Anchor_x,Anchor_y,Anchor_z,Ordin_x,Ordin_y,Or
din_z,No_Ordinary_node,No_anchor_node)
global px enodexx
xy(:,1)=Anchor_x;
xy(:,2)=Anchor_y;
xy(:,3)=Anchor_z;
px=[];
py=[];
pz=[];
    x = Ordin_x;
    y = Ordin_y;
    z = Ordin_z;
    x = uint32(x);
    y = uint32(y);
    z = uint32(z);
    x = double(x);
    y = double(y);
    z = double(z);
    px= x;
    py= y;
    pz=z;

D=[];
anodexx=[];
anodeyy=[];
anodezz=[];
enodexx=[];
enodeyy=[];
enodezz=[];
for ii=1:No_Ordinary_node
[r c]= size(xy);
%%% Localization
Pr=[];

for ai=1:No_anchor_node

Gr=1;
Gt=1;
Pt = 10;
L=1;
d=double(1);
f=double(2400);
i=1;
```

Ek 1'nin devamı

```
    ax= xy(ai,1);
    ay= xy(ai,2);

    ux = px(ii);
    uy = py(ii);

    d = (ax-ux)^2  + (ay-uy)^2;

    p= (double(Pt) * double(Gr) * double(Gt)) /  (((4 *
pi * d)/ (1/f))^2 ) *L;

    Pr = [Pr p];

end;

[b ix]=sort(Pr(:),'descend');

ix = ix(1:No_anchor_node);

xx_val=[];
yy_val=[];
zz_val=[];
for xxxi=1:length(ix)
    x1=double(xy(ix(xxxi),1));
y1=double(xy(ix(xxxi),2));
z1=double(xy(ix(xxxi),3));

anodex(xxxi)=x1;
anodey(xxxi)=y1;
anodez(xxxi)=z1;
end
%%% Applying Trilateration
    j=1;
         % x,y cordinates for unknown node
    xi = double(px(ii));
    yi = double(py(ii));
    zi = double(pz(ii));
    for ai=1:No_anchor_node
    xj = double(anodex(ai));
    yj = double(anodey(ai));
    zj = double(anodez(ai));
    d(ii,ai)= (xi-xj)^2 +(yi-yj)^2+(zi-zj)^2;
    [min_val,min_id]=sort(d(ii,:),'ascend');
    end
        a1=(2*(anodex(min_id(1))-anodex(min_id(4))));
        b1=(2*(anodey(min_id(1))-anodey(min_id(4))));
        c1=(2*(anodez(min_id(1))-anodez(min_id(4))));
```

Ek 1 nin devamı

```
        s1=(anodex(min_id(1))^2)-
(anodex(min_id(4))^2)+(anodey(min_id(1))^2)-
(anodey(min_id(4))^2)+(anodez(min_id(1))^2)-
(anodez(min_id(4))^2)+(d(ii,min_id(4))^2)-
(d(ii,min_id(1))^2);
        a2=(2*(anodex(min_id(2))-anodex(min_id(4))));
        b2=(2*(anodey(min_id(2))-anodey(min_id(4))));
        c2=(2*(anodez(min_id(2))-anodez(min_id(4))));
        s2=(anodex(min_id(2))^2)-
(anodex(min_id(4))^2)+(anodey(min_id(2))^2)-
(anodey(min_id(4))^2)+(anodez(min_id(2))^2)-
(anodez(min_id(4))^2)+(d(ii,min_id(4))^2)-
(d(ii,min_id(2))^2);
        a3=(2*(anodex(min_id(3))-anodex(min_id(4))));
        b3=(2*(anodey(min_id(3))-anodey(min_id(4))));
        c3=(2*(anodez(min_id(3))-anodez(min_id(4))));
        s3=(anodex(min_id(3))^2)-
(anodex(min_id(4))^2)+(anodey(min_id(3))^2)-
(anodey(min_id(4))^2)+(anodez(min_id(3))^2)-
(anodez(min_id(4))^2)+(d(ii,min_id(4))^2)-
(d(ii,min_id(3))^2);
    Est_X(ii)=((a3*((b2*c3)-(b3*c2))*s1)+(a3*((b3*c1)-
(b1*c3))*s2)+(a3*((b1*c2)-(b2*c1))*s3))/((((a3*b1)-
(a1*b3))*((a3*c2)-(a2*c3)))-(((a3*b2)-(a2*b3))*((a3*c1)-
(a1*c3))));
    Est_Y(ii)=((a3*((a3*c2)-(a2*c3))*s1)+(a3*((a1*c3)-
(a3*c1))*s2)+(a3*((a2*c1)-(a1*c2))*s3))/((((a3*b1)-
(a1*b3))*((a3*c2)-(a2*c3)))-(((a3*b2)-(a2*b3))*((a3*c1)-
(a1*c3))));
    Est_Z(ii)=((a3*((a2*b3)-(a3*b2))*s1)+(a3*((a3*b1)-
(a1*b3))*s2)+(a3*((a1*b2)-(a2*b1))*s3))/((((a3*b1)-
(a1*b3))*((a3*c2)-(a2*c3)))-(((a3*b2)-(a2*b3))*((a3*c1)-
(a1*c3))));

enodex =[Est_X(ii)];
enodey =[Est_Y(ii)];
enodez =[Est_Z(ii)];
anodexx=[anodexx anodex];
anodeyy=[anodeyy anodey];
anodezz=[anodezz anodez];
enodexx(ii)=px(ii)+(Est_X(ii)*10^(-7));
enodeyy(ii)=py(ii)+(Est_Y(ii)*10^(-7));
enodezz(ii)=pz(ii)+(Est_Z(ii)*10^(-7));
end
```

Ek 1'nin devamı

```
for ii=1:length(px)
    sub_node(ii)=enodexx(ii)-px(ii);
end
[Locali,locali_id]=sort(sub_node,'descend');
locali_id1=locali_id(1,1:(end-10));
No_Local_Ordinary=length(locali_id1);

L_ratio=No_Local_Ordinary./No_Ordinary_node;

for Nl=1:length(locali_id1)
    L_error(Nl)=sqrt((enodexx(locali_id1(Nl))-
px(locali_id1(Nl)))^2+(enodeyy(locali_id1(Nl))-
py(locali_id1(Nl)))^2+(enodezz(locali_id1(Nl))-
pz(locali_id1(Nl)))^2);
end
Locali_error=sum(L_error)/length(locali_id1);

% Average number of neighbouring anchor nodes
R=40;
Ncom_a=1;
idx_ii=[];
for ai=1:No_anchor_node
    for ii=1:No_Ordinary_node
        Dist_a(ai,ii)=sqrt(((Anchor_x(ai)-
enodexx(ii))^2)+((Anchor_y(ai)-
enodeyy(ii))^2)+((Anchor_z(ai)-enodezz(ii))^2));
        if Dist_a(ai,ii)<R
            temp_val=find(idx_ii==ii);
            idx_ii(ii)=ii;
            if ~isempty(temp_val)
                Ncom_a=Ncom_a+1;
            end
        end
    end
end
Aveareg_anchor=Ncom_a./No_Ordinary_node;

R=40;
Ncom_Ordin=1;
idx_ii=[];
for ai=1:No_Ordinary_node
    for ii=1:No_Ordinary_node
        if ai~=ii
        Dist_O(ai,ii)=sqrt(((enodexx(ai)-
enodexx(ii))^2)+((enodeyy(ai)-
enodeyy(ii))^2)+((enodezz(ai)-enodezz(ii))^2));
```

Ek 1'nin devamı

```
        if Dist_O(ai,ii)<R
            temp_val=find(idx_ii==ii);
            idx_ii(ii)=ii;
            if ~isempty(temp_val)
                Ncom_Ordin=Ncom_Ordin+1;
            end
        end
        end
    end
end
N_connectivity=Ncom_Ordin./No_Ordinary_node;
```

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı isim : Ebtisam Mohamed Omar ELGDIRI

Doğum Yeri ve Yılı : 03.10.1977 Tripoli-Libya

Medeni Hali : Evli

Yabancı dil : Arapça, İngilizce ve Türkçe

E-posta : ebtesam_m7@yahoo.com



EĞİTİM DURUMU

Lise : Bright Star High School, Tripoli / Libya.

Lisans : Higher Vocational Electronic Professions Center Tripoli.

Yüksek Lisans : Al-Fateh University – Faculty of Engineering – Tripoli–Libya.

YAYINLAR VE KONFERANS

Ebtisam Mohamed Omar Elgdiri, Ü. T. (2018). ZigBee technology. *International Journal of Science and Research (IJSR).*

Ebtisam Mohamed Omar Elgdiri, Ü. T., Javad Rahebi. (2018a). Investigation of underwater sensor networks for routing protocol based on the depth for data collection. *International Conference on Multidisciplinary, Science, Engineering and Technology (IMESET'18 Dubai)*.

Ebtisam Mohamed Omar Elgdiri, Ü. T., Javad Rahebi. (2018b). Investigation of Underwater Sensor Networks localization and analysis the performance. *International Journal of Science and Research (IJSR).*