

Su Altı Akustiği Nedir ?

Su altı akustiği, suyun altında sesin yayılmasını ve bu sesin çeşitli özelliklerini inceleyen bir bilim dalıdır. Su altı akustiği, temel olarak su içerisinde ses dalgasının doğrusal ve doğrusal olmayan yayılmasını inceler ve buna dayalı pratik uygulama alanları geliştiren bir akustik dalıdır.

Gemilere takılı olan sonarlar veya balıkçıların kullanmakta oldukları sonarlar buna en somut örneklerdir. Laboratuvar ortamında yapılabilen çalışmalarda ise lineer olmayan akustik dalgaların su içerisinde yayılması incelenerek, dalga direnci su ortamına en yakın ortamlar için genelleştirilerek medikal aletler dizayn edilir. Bunun için önce dalga denklemi su için çözölür, vücut ortamına genelleştirilir ve elektronikçiler bu verilere dayanarak ultrasonik medikal cihazları dizayn ederler.

Su altında sesin yayılması şu prensiplere göre olmaktadır. Su, havadan daha yoğun bir madde olduğu için sesin yayılma hızı, sudaki yoğunluğa ve sıcaklık, tuzluluk gibi faktörlere bağlı olarak değişir. Suyun akustik özellikleri, derinlik ve çevresel koşullara göre farklılık gösterir. Sesin yayılma hızı deniz suyu için genellikle 1500-1600 m/s civarındadır, ancak bu değer suyun sıcaklığı ve tuzluluğuna göre değişkenlik gösterir.

Su altı akustiğinde önemli bir parametre de sesin frekansıdır. Yüksek frekanslı ses dalgaları, suyun yüzeyine yakın mesafelerde daha iyi iletilirken, düşük frekanslı ses dalgaları daha uzun mesafelere ulaşabilir. Bu özellik, deniz altı araştırmalarında ve denizaltı iletişimi uygulamalarında kullanılır. Örneğin, sonar sistemleri genellikle düşük frekanslı ses dalgaları kullanır, çünkü bu dalgalar daha uzun mesafelerde etkin bir şekilde yayılabilir. ^[1]

Su altı akustik özelliklerinden hareketle Sonar geliştirilmiştir. Sonar su altındaki nesneleri tespit etmek ve mesafe ölçümü yapmak için kullanılan bir teknolojidir. Sonar sistemleri, su altındaki objeleri tespit etmek için yüksek frekanslı ses dalgalarını gönderir ve bu dalgaların geri dönüş süresini ölçer. Bu geri dönüş süresi, obje ile olan mesafeyi belirler. Sonar teknolojisi, denizaltı savaşları, deniz haritalama ve balina popölasyonu izleme gibi alanlarda kullanılır.

Su altı iletişimi için akustik yöntemler tercih edilir. Su altı sesli iletişimi, ses dalgaları ile gerçekleştirilir. Elektronik iletişim yöntemleri su altında verimli değildir, çünkü elektromanyetik dalgalar su altında kısa mesafelerde bile etkisiz hale gelir. Deniz canlıları da, özellikle balinalar, yunuslar ve diğer deniz memelileri, akustik iletişim kullanır. ^[2] **Su altı akustiği**, suyun altında sesin yayılmasını ve bu sesin çeşitli özelliklerini inceleyen bir bilim dalıdır. Su altı akustiği, temel olarak [su](#) içerisinde [ses](#) dalgasının doğrusal ve doğrusal olmayan yayılmasını inceler ve buna dayalı pratik uygulama alanları geliştiren bir [akustik](#) dalıdır.

1. İletim Ortamı: Su (Deniz / Tatlı Su)

- Su altında **radyo dalgaları** çok hızlı sönümlenir, bu yüzden **akustik dalgalar** kullanılır.
- Ses dalgaları su içerisinde daha uzak mesafelere ulaşabilir.

2. İletim Hızı (Bandwidth)

- **Oldukça düşüktür** (genellikle birkaç kHz).
- Tipik bant genişlikleri:
 - Kısa mesafeler (10-100 m): 10–50 kHz
 - Uzun mesafeler (1–10 km): 1–5 kHz

3. Veri Hızı (Data Rate)

- Çok düşüktür: genellikle **bit/saniye (bps)** ile ifade edilir.
- Örnek: 1000 metre mesafede 100–1000 bps arasında olabilir.

4. İletim Gecikmesi (Latency)

- **Ses hızı suda ≈ 1500 m/s** (hava $\rightarrow 343$ m/s)
- Bu nedenle:
 - 1 km mesafe \approx **0.67 saniye gecikme**
 - Gecikme, kara ağlarına göre çok yüksektir.
 - Ayrıca **gecikme değişkendir (varyant)** \rightarrow jitter problemi

5. Çok Yollu Yayılım (Multipath Propagation)

- Sinyal sualtında:
 - Yüzeyden yansır
 - Zeminden yansır
 - Kırılır (farklı yoğunluktaki katmanlardan geçerken)
- Bu durum **sinyal karışmalarına ve bozulmalara** yol açar \rightarrow **inter-symbol interference (ISI)**

6. Zayıflama (Attenuation)

- Frekansa, mesafeye ve ortam koşullarına bağlı olarak artar.
- Yüksek frekanslı sinyaller daha fazla zayıflar.
- Zayıflama = yayılım kaybı + absorpsiyon + saçılma

7. Ortam Gürültüsü (Ambient Noise)

- Gürültü kaynakları:
 - Gemiler, dalgalar, rüzgar, yağmur, biyolojik varlıklar (balıklar vs.)
- Gürültü düşük frekanslarda daha belirgindir.
- Sonuç: **sinyal-gürültü oranı (SNR)** düşer → paket kaybı

8. Kanal Yapısı

- **Çok değişken (time-varying)**: deniz şartlarına, mevsime ve derinliğe bağlı değişir.
- Kanal modeli olarak genellikle:
 - **Bellhop**
 - **Rayleigh/Rice fading modelleri**
 - **Empirik modeller** (NS-3, Aqua-Sim içinde)

9. Yönlülük ve Antenler

- Kara sistemlerinden farklı olarak akustik modemlerde **yönsüz** ya da **yarı yönlü** hidrofonlar kullanılır.
- Yönlü yayılım, yönlü antenlerle sınırlıdır.

AUV ve ROV Sistemleri

İnsansız sualtı araçları, temel olarak Kablo Kontrollü ve Kablosuz-Otonom olarak iki ana gruptan oluşmaktadırlar. Kablo kontrollü olanlar “ROV (Remote Operating Vehicle)” ile adlandırılırken, kablosuz otonom olanlar ise “AUV (Autonomous Underwater Vehicle)” olarak adlandırılmaktadır. ROV, genel olarak bir operatör aracılığıyla uzaktan kontrol edilerek sualtında tehlikeli olabilecek birtakım faaliyetleri yerine getiren sualtı aracıdır. Kablo kontrolü olduğundan dolayı, aracı yüzeye bağlayan kablo ve aracın suya indirilip geri alınmasını sağlayan vinç düzeneklerinden oluşmaktadır. ROV’ların, sualtını izleme, görüntü alma ve bazı ölçümler yapmaya yönelik işlevleri vardır. AUV’lerin ROV’lardan en temel farkı; AUV’lerin otonom/yarı otonom olmaları ve kendi güç kaynaklarının olması olarak özetlenebilir. Kendi güç kaynaklarının olması sayesinde tamamen bağımsız hareket edebilme özelliğine sahiptirler.

Makale Özeti:

1. Giriş

Sualtı iletişimi, denizaltı keşifleri, çevresel izleme, askeri operasyonlar, sismik ölçümler ve felaket önleme sistemleri gibi çeşitli alanlarda kritik bir rol oynamaktadır. Ancak, sualtı akustik iletişim sistemleri, karasal kablosuz ağlardan önemli ölçüde farklılık gösteren birçok zorlukla karşı karşıyadır. Bu zorluklar, sualtı ortamının fiziksel özelliklerinden kaynaklanmakta ve iletişimin güvenilirliği ile verimliliğini etkilemektedir.

2. PICO Yaklaşımı

PICO (Population, Intervention, Comparison, Outcome) yaklaşımı, araştırma sorusunu yapılandırmak için kullanılan etkili bir yöntemdir. Projenin temelini oluşturan dört ana bileşeni içerir:

P (Population/Problem):

Tanım: Sualtı akustik iletişim ağı (UAN), sualtı ortamlarında veri iletimi gerçekleştiren sistemlerdir. AUV (Otonom Su Altı Araçları) ve ROV (Uzaktan Kumandalı Araçlar) gibi cihazları içerir.

Önem: UAN'lar, çevresel izleme ve veri toplama gibi kritik görevlerde kullanılır.

I (Intervention):

Tanım: Kullanılan MAC protokolleri, veri iletimini düzenleyen ve çakışmaları önleyen sistemlerdir. Örnekler arasında ALOHA, CSMA (Carrier Sense Multiple Access), ve T-Lohi yer alır.

Önem: Bu protokoller, sualtı iletişiminde enerji verimliliği ve veri iletim güvenilirliği sağlamak için kritik bir rol oynar.

C (Comparison):

Tanım: Farklı MAC protokollerinin performansını karşılaştırmak için kullanılır. Örneğin, ALOHA ile CSMA'nın enerji tüketimi ve gecikme süreleri açısından karşılaştırılması.

Önem: Bu karşılaştırmalar, en etkili protokolü belirlemek için gereklidir.

O (Outcome):

Tanım: Gecikme süresi, enerji tüketimi, güvenilirlik ve başarı oranı gibi ölçütlerdir. Bu çıktılar, protokollerin etkinliğini değerlendirmek için önemlidir.

Önem: Performans ölçütleri, sualtı iletişiminin başarısını belirlemede kritik öneme sahiptir.

Araştırma Sorusu Örneği:

“Farklı MAC protokolleri (ALOHA, CSMA, T-Lohi), sualtı akustik ağlarında enerji verimliliği ve gecikme süresi açısından nasıl karşılaştırılabilir?”

3. Sualtı Akustik İletişimin Fiziksel Özellikleri

Sualtı akustik iletişim sistemlerinin fiziksel katmanı, veri iletiminde önemli rol oynar ve şu özelliklere sahiptir:

Düşük Bant Genişliği:

Tanım: Su altı akustik kanalları, RF ve optik iletişimden daha dar bant genişliğine sahiptir. Genellikle birkaç kHz ile sınırlıdır.

Önem: Bu, veri iletim hızının (bit/saniye cinsinden) oldukça düşük olmasına neden olur. Örneğin, 1000 metre mesafede veri iletim hızı genellikle 100–1000 bps arasında değişir.

Yüksek Gecikme:

Tanım: Akustik dalgaların yayılma hızı suda yaklaşık 1500 m/s'dir. Bu, yüksek gecikmelere yol açar.

Örnek: 1 km mesafede tek yönlü gecikme yaklaşık 0.67 saniye olabilir. Bu durum, gerçek zamanlı uygulamalar için sorun yaratır.

Zayıflama:

Tanım: Sinyaller, mesafe ve frekansa bağlı olarak zayıflar. Yüksek frekanslı sinyaller daha fazla zayıflar.

Önem: Uzun mesafeli iletişim genellikle düşük frekanslarla yapılır, bu da bant genişliğini kısıtlar.

Çoklu Yansıma (Multipath Propagation):

Tanım: Akustik sinyaller, su yüzeyi ve tabanından yansıyarak çoklu yollar üzerinden alıcıya ulaşabilir.

Sonuç: Bu durum, sinyal bozulmasına ve sembol çakışmalarına (ISI – Inter Symbol Interference) yol açar.

Doppler Kayması:

Tanım: Su altındaki hareketlilik, frekansta kaymalara neden olur. Bu, zamanlama senkronizasyonunu ve modülasyon/çözümleme işlemlerini karmaşık hale getirir.

Önem: Doppler kaymaları, iletişimdeki gecikmeleri artırabilir ve veri iletimini etkileyebilir.

Yüksek Bit Hata Oranı (BER):

Tanım: Ortam gürültüsü (örneğin, gemi pervaneleri, deniz canlıları) ve sinyal zayıflaması nedeniyle sualtı kanallarında BER yüksektir.

Sonuç: Bu, güvenilir veri iletimini zorlaştırır ve protokollerin tasarımında dikkate alınması gereken bir faktördür.

4. MAC Protokollerinin Rolü

MAC protokolleri, su altı iletişim sistemlerinde aşağıdaki işlevleri yerine getirir:

Çarpışmaları Önlemek:

Tanım: Aynı anda birden fazla cihazın veri göndermesini engelleyerek çarpışmaların (collision) önüne geçer.

Önem: Bu, güvenilir iletişim için kritik öneme sahiptir. Örneğin, ALOHA protokolü, çarpışma riskini artırırken, CSMA daha düşük çarpışma oranları sağlar.

Adil Erişim Sağlamak:

Tanım: Ağdaki her cihazın belli aralıklarla iletişim kurabilmesini garanti eder.

Önem: Adil erişim, ağın verimliliğini artırır ve her cihazın veri gönderme fırsatını eşitler.

Enerji Verimliliği Sağlamak:

Tanım: Özellikle sualtı sistemlerinde, gereksiz dinleme ve iletimi azaltarak enerji tasarrufu sağlar.

Önem: Enerji verimliliği, batarya ömrünü uzatır ve sualtı cihazlarının daha uzun süre çalışmasını sağlar.

5. Zorluklar ve Tasarım Gereksinimleri

Sualtı akustik iletişimde karşılaşılan başlıca zorluklar ve bunların MAC protokollerine etkileri:

Sınırlı Bant Genişliği:

Tanım: Su altı akustik kanalları, kara ağlarında kullanılan radyo frekanslarından daha dar bir bant genişliğine sahiptir.

Gereksinim: MAC protokolleri, veri akışını artırmak için adaptif frekans tahsisi ve zamanlama teknikleri kullanmalıdır.

Doppler Kayması:

Tanım: Su altındaki hareketlilik, frekans kaymalarına neden olur.

Gereksinim: MAC protokollerinin tasarımında bu kaymaları azaltmak için özel önlemler alınmalıdır.

Akustik Gürültüler:

Tanım: Su altı gürültüsü, iletişimi olumsuz etkiler.

Gereksinim: Gelişmiş gürültü hafifletme stratejileri gereklidir.

Yüksek Bit Hata Oranı (BER):

Tanım: İletim sırasında sinyal bozulması ve yüksek BER, MAC protokollerinin performansını etkiler.

Gereksinim: Gelişmiş eşitleme tekniklerine ihtiyaç vardır.

Enerji Tüketimi:

Tanım: Sualtı düğümleri, batarya ile çalışır ve bu bataryaların değiştirilmesi ya da yeniden şarj edilmesi zordur.

Gereksinim: MAC protokollerinin boşta bekleme süresini azaltması ve uyku modlarını etkin kullanması gerekir. (Sciencedirect Su altı ortamlarda akustik kablosuz iletişim ağıları için enerji verimli orta erişim kontrolü üzerine bir anket)

1. Giriş

Sualtı Akustik Haberleşmesi (UAC), sualtı ortamında veri iletimi ve iletişimi sağlamak için kullanılan bir dizi teknoloji ve yöntemdir. UAC, bilimsel araştırmalar, çevresel izleme ve ekonomik kalkınma gibi alanlarda önemli bir rol oynar. Orta ve uzun menzilli sualtı kablosuz iletişimi için en güvenilir teknoloji olarak öne çıkar. Ancak, mevcut Radyo Frekans (RF) ve optik dalgaların sınırlamaları, yüksek zayıflama oranları ve parazit gibi zorluklar, UAC'nin etkili bir şekilde çalışmasını zorlaştırır. UAC, bu sınırlamaları minimum düzeyde tutarak, uzun mesafelerde iletişim bütünlüğünü koruma yeteneğine sahiptir.

2. Yazılım Tabanlı Yaklaşımlar

Geleneksel donanım tabanlı sistemlerin sınırlamalarını aşmak için yazılım tabanlı yaklaşımlar geliştirilmiştir. Yazılım, modülasyon şemalarının dinamik olarak ayarlanmasını sağlayarak, su derinliği, mesafe ve çevresel dinamikler gibi faktörlere göre uyum sağlar. Yazılım tanımlı akustik modemler (SDAM), gerçek zamanlı video akışı gibi uygulamalarda performansı artırmak için kullanılmaktadır. Bu sistemler, alan ve ağırlık kısıtlamalarını azaltarak daha kompakt ve maliyet etkin çözümler sunar.

3. Modülasyon ve Otomatik Anahtarlama

UAC'de modülasyon şemalarının dinamik olarak değiştirilmesi, çevresel faktörlere bağı olarak iletişim performansını artırır. Otomatik anahtarlama, en uygun modülasyon şemasını seçerek enerji tasarrufuna katkıda bulunur. Bu, gürültüye daha az duyarlı modülasyon şemalarının seçilmesiyle sınırlı güç kaynaklarına sahip su altı cihazlarında iletişim sağlamlığını artırır. UAC'de BFSK, ASK, PSK ve OFDM gibi modülasyon şemaları kullanılır; her biri belirli avantajlar sunar.

4. Gelişmiş Algoritmalar ve Yapay Zeka

Son gelişmeler arasında derin öğrenme ve takviyeli öğrenme algoritmalarının kullanımı bulunmaktadır. Bu algoritmalar, sualtı iletişiminde veri iletim verimliliğini artırmak amacıyla geliştirilmiştir. Örneğin, derin sinir ağıları (DNN) kullanılarak bit hata oranı (BER) tahminleri yapılmakta; takviyeli öğrenme, dinamik su altı ortamlarında iletim parametrelerini optimize etmektedir.

5. Metodoloji

5.1. Akustik Modem

UNET audio, yazılım tabanlı bir akustik modemdir. Bu modem, geleneksel donanım bileşenleri yerine yazılım kullanarak işlemleri kolaylaştırır. Su altı iletişimi için uygun fiyatlı, verimli ve çok yönlü bir çözüm sunar.

8. Sonuç

Bu alışma, UAC'de otomatik modülasyon anahtarlama yoluyla veri iletim verimliliğini artırmayı amaçlamaktadır. Yazılım tabanlı mler ve takviyeli öğrenme algoritmaları, sualtı iletişim sistemlerinin daha verimli ve maliyet etkin olmasını sağlar. (Sciencedirect Gelişmiş su altı akustik iletişim için pekiştirmeli öğrenme tabanlı otomatik modülasyon geçiş algoritması)