

Hindawi Publishing Corporation
Giornale internazionale delle reti di sensori distribuiti
Volume 2015, ID articolo 896832, 14 pagine
<http://dx.doi.org/10.1155/2015/896832>

Articolo di revisione

Applicazioni della rete di sensori subacquei: Un sondaggio completo

Emad Felemban, ¹ Faisal Karim Shaikh, ^{1,2} Umair Mujtaba Qureshi, ²
Adil A. Sheikh, ¹ e Saad Bin Qaisar ³

¹Simplicity Labs, TCMCORE, STU, Umm Al-Qura University, La Mecca 21955, Arabia Saudita

²IICT, Università di ingegneria e tecnologia di Mehran, Jamshoro 76062, Pakistan

³SEECs, NUST, Islamabad 44000, Pakistan

La corrispondenza dovrebbe essere indirizzata a Faisal Karim Shaikh; faisal.shaikh@faculty.muet.edu.pk

Ricevuto il 5 giugno 2015; Accettato il 10 agosto 2015

Editore accademico: Dongkyun Kim

Copyright © 2015 Emad Felemban et al. Questo è un articolo ad accesso aperto distribuito sotto la licenza di attribuzione Creative Commons, che consente l'uso, la distribuzione e la riproduzione senza restrizioni con qualsiasi mezzo, a condizione che l'opera originale sia adeguatamente citata.

Non c'è modo di sfuggire al fatto che un'enorme quantità di risorse non sfruttate si trova sott'acqua che copre quasi il 70% della Terra. Tuttavia, il mondo acquatico non è stato influenzato principalmente dai recenti progressi nell'area delle reti di sensori wireless (WSN) e dalla loro pervasiva penetrazione nella ricerca moderna e nello sviluppo industriale. L'attuale ritmo di ricerca nel settore del sensore subacqueo (UWSN) è lento a causa delle difficoltà che si presentano nel trasferire le WSN all'avanguardia al loro equivalente subacqueo. I massimi dispiegamenti subacquei si basano sull'acustica per consentire la comunicazione combinata con sensori speciali dotati di capacità di affrontare l'ambiente ostile degli oceani. Tuttavia, il rilevamento e la successiva trasmissione tendono a variare in base alle differenze ambientali sottomarine; per esempio, l'esplorazione del mare profondo richiede un approccio di comunicazione completamente diverso rispetto a comunicazione in acque poco profonde. Questo documento si concentra in particolare sulla raccolta completa degli sviluppi più recenti in UWSN applicazioni e le loro distribuzioni. Abbiamo classificato le applicazioni subacquee in cinque classi principali, vale a dire, monitoraggio, disastro, militare, navigazione e sport, per coprire l'ampio spettro di UWSN. Le applicazioni sono ulteriormente suddivise in rilevanti sottoclassi. Abbiamo anche mostrato le sfide e le opportunità affrontate dalle recenti implementazioni di UWSN.

1. Introduzione

Il 75% della superficie terrestre è ricoperta d'acqua sotto forma di fiumi, canali, mari e oceani. Tante risorse preziose giacere sott'acqua che devono essere esplorati. Il la chiave per le esplorazioni di successo è sempre stata la tecnologia dipendente. I recenti progressi nelle tecnologie hanno portato il possibilità di effettuare esplorazioni subacquee tramite sensori a tutti i livelli che prima non erano possibili. Di conseguenza, underwater sensor network (UWSN) sta emergendo come un tecnologia abilitante per le esplorazioni subacquee. UWSN è un file fusione di tecnologia wireless con micrometro estremamente piccolo tecnologia dei sensori channel con rilevamento intelligente, intelligente capacità di elaborazione e comunicazione. UWSN è un file rete di nodi sensori autonomi [1] che sono spazialmente distribuito sott'acqua per percepire le proprietà legate all'acqua come qualità, temperatura e pressione. I dati rilevati può essere utilizzato da una varietà di applicazioni che possono essere utilizzate

a beneficio degli esseri umani. I nodi del sensore, stazionari o mobile, sono collegati in modalità wireless tramite moduli di comunicazione trasferire vari eventi di interesse [2]. Subacquea la comunicazione viene eseguita principalmente con un insieme di nodi che trasmettono i loro dati a nodi gateway galleggianti che li inoltrano chiamata anche la stazione di monitoraggio e controllo costiera più vicina stazione remota [3]. Generalmente, nei ricetrasmittitori acustici UWSN sono utilizzati per la comunicazione. Le onde acustiche sono basse onde di frequenza che offrono una larghezza di banda ridotta ma sono lunghe lunghezze d'onda. Pertanto, le onde acustiche possono percorrere lunghe distanze e vengono utilizzati per la trasmissione di informazioni su chilometri [4].

Gli UWSN sono utilizzati per un'ampia gamma di applicazioni come come monitoraggio dell'ambiente marino per lo sfruttamento scientifico razionale allo sfruttamento commerciale e protezione delle coste a monitoraggio dell'inquinamento sottomarino, da disastri idrici prevenzione alla facilitazione degli sport acquatici. UWSN offre un soluzione promettente per applicazioni sempre più esigenti. Tuttavia, Le applicazioni UWSN sono entusiasmanti ma allo stesso tempo impegnative

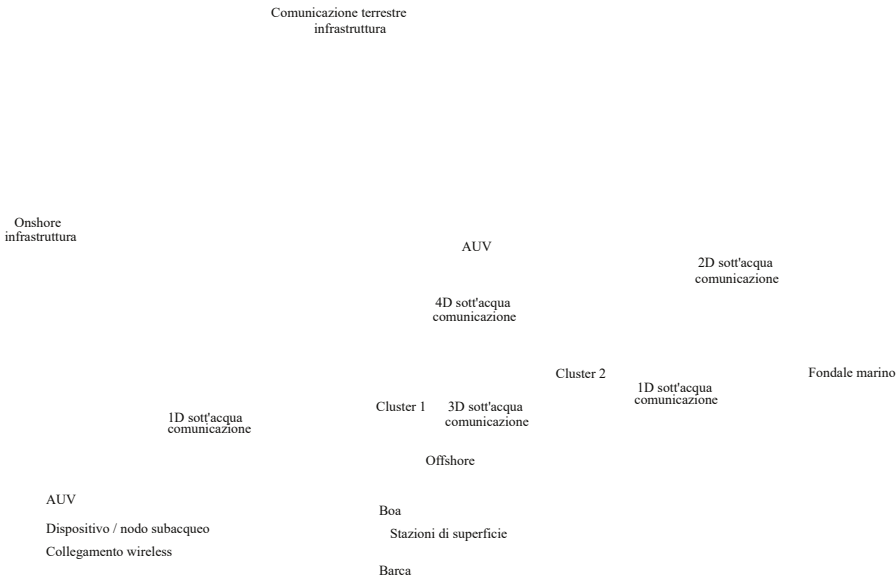


Figura 1: architettura della rete di sensori subacquei.

tempo. Il motivo sta nelle condizioni imprevedibili dell'acqua ambiente che crea seri vincoli nella progettazione e implementazione di tali reti. Il focus di questo articolo è per esaminare l'applicazione UWSN disponibile. La carta ulteriormente si concentra sulla classificazione di queste applicazioni e sulla presentazione di un riepilogo per ogni classe.

Il resto del documento è organizzato come segue: Sezione 2: bestemmia l'architettura generale degli UWSN. La sezione 3 discute i recenti contributi di ricerca nel campo di UWSN e fornisce una classificazione dettagliata dell'applicazione. Le sfide e le opportunità per UWSN sono descritte in dettaglio nella Sezione 4. In fine, la sezione 5 conclude il documento.

2. Sensore wireless subacqueo

Architettura di rete

In questa sezione vengono illustrate le architetture UWSN comuni (Figura 1) che sono le basi per la progettazione dell'applicazione UWSN zioni.

2.1. Architettura 1D-UWSN. Unidimensionale- (1D-) UWSN l'architettura si riferisce a una rete in cui si trovano i nodi dei sensori schierato in modo autonomo. Ogni nodo del sensore è autonomo rete stessa, responsabile del rilevamento, dell'elaborazione e della trasmettere le informazioni alla stazione remota [5]. Un nodo in questo tipo di architettura può essere una boa galleggiante che può

rilevare le proprietà sott'acqua o può essere utilizzato sott'acqua per un determinato periodo di tempo per rilevare le informazioni e poi fluttuare verso la superficie per trasmettere le informazioni rilevate alla stazione remota. Può essere un subacqueo autonomo (AUV) che si immerge in acqua, rileva o raccoglie le proprietà subacquee e trasmettere le informazioni a stazione remota. In 1D-UWSN utilizzando comunicazione nicazione. Inoltre, la natura della trasmissione stella dove la trasmissione la stazione remota viene ti

2.2. Architettura 2D-UWSN. L'architettura UWSN si riferisce a una rete in cui i nodi dei sensori (cluster) vengono distribuiti sott'acqua. Ogni cluster ha una testa del cluster (chiamata anche nodo di ancoraggio). I grappoli sono fissi in quanto ancorati alla superficie sottomarina. Ogni membro del cluster raccoglie i dati sottomarini e lo comunica al nodo di ancoraggio. Il nodo di ancoraggio raccoglie le informazioni / dati da tutti i suoi nodi membri e lo trasmette ai nodi galleggianti di superficie. In 2D-UWSN, il la comunicazione si svolge in due dimensioni; cioè, (i) ciascuno il membro del cluster comunica con il suo nodo di ancoraggio con collegamento di comunicazione orizzontale mentre (ii) l'ancora il nodo comunica con la superficie galleggiante con il nodo collegamento di comunicazione verticale. In 2D-UWSN, acustico, ottico,



Testo originale

In 1D-UWSN the nodes can communicate

[Contribuisci a una traduzione migliore](#)

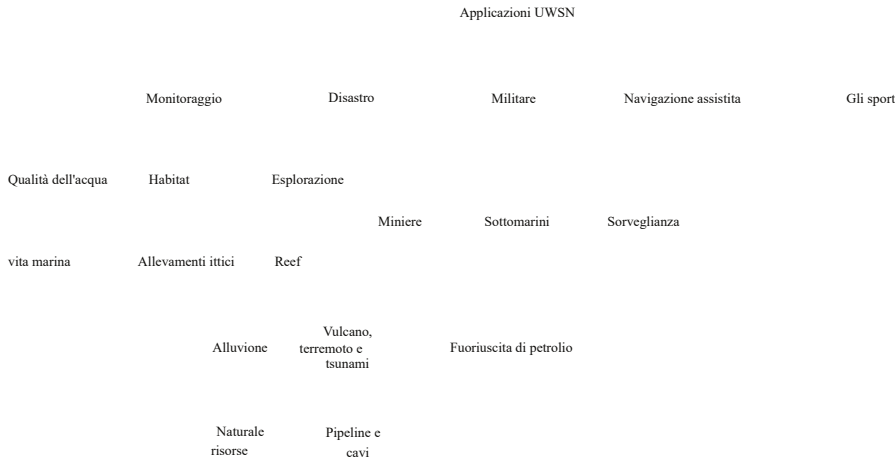


Figura 2: Classificazione delle applicazioni di rete di sensori wireless subacquei.

e la comunicazione RF può essere utilizzata a seconda del tipo di applicazione e natura dell'ambiente sottomarino.

In 2D-UWSN, la comunicazione acustica è preferita per nodo di ancoraggio sottomarino e nodo galleggiante di superficie dovuto a una distanza tipicamente elevata tra di loro. Per il cluster di nodi, la disposizione della rete può essere a stella, a maglia o anello a seconda del requisito dell'applicazione. Il 2D-UWSN può essere utilizzato sia per tempi critici che per ritardi applicazioni [6].

2.3. Architettura 3D-UWSN. In questo tipo di rete, il i sensori vengono dispiegati sott'acqua sotto forma di cluster e sono ancorati a diverse profondità. A causa del dispiegamento mentazione dei sensori ad altezze variabili, la comunicazione tra i sensori va oltre le due dimensioni. Là sono tre scenari di comunicazione in questa architettura: (i) comunicazione intercluster di nodi a diverse profondità, (ii) comunicazione intracluster (nodo di ancoraggio sensore) e (iii) comunicazione nodo ancora galleggiante. In tutti e tre i tipi di scenari di comunicazione, collegamenti acustici, ottici e RF possono essere usati.

2.4. Architettura 4D-UWSN. Quadridimensionale- (4D-) UWSN è progettato dalla combinazione di UWSN fisso, ovvero 3D-UWSN e UWSN mobili. Il cellulare UWSN è costituito da veicoli subacquei operativi a distanza (ROV) per raccogliere dati dai nodi di ancoraggio e dal relè i dati alla stazione remota. I ROV possono essere autonomi robot sommergibili, veicoli, navi e persino sottomarini. Ogni nodo del sensore subacqueo può essere autonomo nella trasmissione i dati direttamente ai ROV a seconda di quanto vicino particolare nodo sensore è al ROV. La comunicazione lo scenario tra il ROV e il nodo del sensore subacqueo dipende

sulla distanza e sui dati tra loro e su entrambi gli acustici o la radio può essere utilizzata. Poiché la trasmissione deve essere diretta inoltrato a ROV, i sensori che hanno grandi dati e sono vicino ai ROV possono utilizzare collegamenti radio mentre i sensori che hanno piccoli dati da trasmettere o sono lontani dal ROV possono usare collegamenti acustici [7, 8].

3. Rete di sensori wireless subacquea Classificazione dell'applicazione

Le applicazioni UWSN stanno rapidamente guadagnando popolarità per consentire progressi nel settore del monitoraggio degli oceani e sistemi di osservazione, sorveglianza in acque profonde, monitoraggio di various entità dell'ambiente acquatico e dissotterrare risorse. Gli UWSN trovano la loro applicazione in campi come off-estrazione da terra di petrolio e gas, fuoriuscite di petrolio, sorveglianza militare e ricognizione, rilevamento mine, monitoraggio dell'inquinamento, calamità naturali come tsunami e previsioni di uragani, corallo monitoraggio della barriera corallina e degli habitat della vita marina e piscicoltura. UN classificazione completa delle potenziali applicazioni UWSN è mostrato nella Figura 2. Questa sezione presenta un sondaggio di recente sviluppi nel dominio delle applicazioni UWSN. Al livello superiore classifichiamo le applicazioni UWSN come monitoraggio, previsione e gestione dei disastri, militare, navigazione, e sport che avranno un impatto significativo su il mondo sottomarino e fornire benefici agli esseri umani. Abbiamo quindi classificato ulteriormente monitoraggio, disastro e militare applicazioni in sottoclassi pertinenti.

3.1. Applicazioni di monitoraggio. Si riferisce al monitoraggio subacqueo a una rete di sensori che viene distribuita sott'acqua a monitorare l'ambiente sottomarino, le sue caratteristiche, proprietà o qualsiasi oggetto di interesse. Queste applicazioni sono

Pagina 4

4

Giornale internazionale delle reti di sensori distribuiti

in particolare relativo al monitoraggio dell'ambiente fisico.

Le applicazioni di monitoraggio subacqueo possono essere ulteriormente classificate in (i) monitoraggio della qualità dell'acqua, (ii) monitoraggio degli habitat, e (iii) monitoraggio delle esplorazioni subacquee.

3.1.1. Qualità dell'acqua. L'acqua è una risorsa preziosa ed è mior fattore per la sopravvivenza degli esseri viventi sotto o sopra il superficie dell'acqua. Pertanto, è importante monitorare la qualità d'acqua. Le applicazioni di monitoraggio della qualità subacquea variano dal monitoraggio della qualità dell'acqua dei canali agli oceani.

Gli autori in [9] hanno sviluppato un'applicazione per monitorare la qualità dell'acqua della piscina per gli allevamenti di trote. Per il crescita di trote in una fattoria / piscina, vari parametri erano monitorato come domanda chimica di ossigeno, ammonio azoto ($\text{NH}_3\text{-N}$), pH e conducibilità elettrica (EC). Il i parametri sono stati monitorati per 270 giorni tra agosto 2011 e aprile 2012. Un algoritmo è stato proposto dagli autori che può visualizzare le informazioni di input e output di tutte e quattro le piscine. Il confronto è stato effettuato utilizzando la logica fuzzy per la valutazione dei dati rilevati e la notifica in caso di eventuali stato critico ogni volta che i parametri superano la soglia valori.

In [10], gli autori hanno sviluppato due basati su UWSN approcci per monitorare la qualità dell'acqua nell'acqua potabile serbatoi. Il primo approccio si basa sull'utilizzo di sensori integrati con mini-AUV responsabile della raccolta dei campioni d'acqua e trasmissione delle informazioni alla stazione remota. Il secondo approccio consiste in sonde montate con pannello solare els utilizzando l'interfaccia wireless IEEE 802.15.4 per la raccolta e trasmettere le informazioni. Entrambi gli approcci lo erano rispetto in termini di tempo totale necessario per la distribuzione, totale tempo necessario per l'analisi, costo totale di proprietà compreso distribuzione, numero totale di misurazioni per analisi per un sito, la necessità di operatori qualificati, analisi in tempo reale e diversità della sonda. È stato dimostrato che il secondo approccio ha dimostrato per essere più applicabile, efficiente e di basso costo per il continuo monitoraggio della qualità dell'acqua.

In [11], gli autori hanno sviluppato un sistema basato su WSN monitorare la qualità dell'acqua dei fiumi. Gli autori hanno ha progettato e proposto un nodo sensore in grado di monitorare

inoltrato a un nodo galleggiante con connettività GPRS che lo farà trasmettere le informazioni raccolte alla stazione remota.

Gli autori in [14] hanno presentato un oceano decentralizzato meccanismo di rilevamento dell'inquinamento e dei relitti basato su nodi sensori subacquei dotati di acustica a corto raggio modem per la comunicazione.

3.1.2. Habitat. Il monitoraggio degli habitat sottomarini si occupa di studio dell'ambiente di qualsiasi organismo vivente che vive sopra o in acqua. È uno dei più interessanti ma impegnativi campi delle scienze naturali. Monitoraggio dell'habitat, quando considerato sott'acqua, diventa ancora più impegnativo a causa condizioni sottomarine vulnerabili. È possibile utilizzare anche UWSN per applicazioni di monitoraggio degli ecosistemi. Habitat sottomarino le applicazioni di monitoraggio possono essere ulteriormente classificate in (i) monitoraggio della vita marina, (ii) monitoraggio degli allevamenti ittici e (iii) applicazioni di monitoraggio di piante sottomarine / barriera corallina.

(1) Vita marina . Offerte di applicazioni per il monitoraggio della vita marina con l'ambiente di monitoraggio di varie specie viventi sopra l'acqua o sott'acqua. ACMENet è europeo progetto finanziato progettato per l'ambiente marino sottomarino monitoraggio [15]. ACMENet è un sensore acustico subacqueo rete in grado di monitorare l'ambiente marino come i pesci e qualsiasi attività umana o non umana all'interno l'area di copertura e utilizzata per indagini geologiche. Gli autori hanno sviluppato un protocollo basato su TDMA master-slave meccanismo per il trasferimento dei dati attraverso i nodi del sensore.

Gli autori in [16] hanno sviluppato un framework UWSN per il monitoraggio acquatico. Il framework ha la capacità di monitorare l'ambiente marino a diversi livelli i cui dati può essere utilizzato per sviluppare e verificare modelli per ecosistemi, predizione della possibilità di qualsiasi cambiamento nei fenomeni ecologici, e anche adattarsi a qualsiasi clima ambientale / subacqueo i cambiamenti. Il sistema ha caratteristiche di rilevamento, trasmissione wireless missione verso una stazione remota, visualizzare e allarmare gli eventi. Il sistema è attualmente implementato nel Queensland, Australia. Gli autori hanno progettato e sviluppato un annuncio sistema hoc, basato su cluster (topologia a stella) dove cluster head trasmette direttamente i dati al gateway galleggiante. Un telecomando la trasmissione dei dati dal gateway al centro di controllo è

pH dell'acqua. Il modulo sensore consiste nell'elaborazione del segnale modulo per l'elaborazione dei dati rilevati, un condizionamento del segnale modulo per il confronto dei dati con i valori di soglia, e modulo Zigbee wireless per la trasmissione dei dati al stazione remota. Gli autori hanno progettato con successo e ha implementato il sistema per il monitoraggio della qualità del fiume in India. Un sistema UWSN basato su Zigbee simile è stato sviluppato in [63] e proposto per il monitoraggio della qualità dell'acqua dei fiumi.

In [12], gli autori hanno sviluppato un'acqua a base di WSN sistema di monitoraggio della qualità. I monitor prototipo proposti la temperatura dell'acqua (), l'ossigeno disciolto, il pH e l'EC in tempo reale. Le informazioni sono diffuse in grafica e formati tabulari per le parti interessate pertinenti tramite il web portale e piattaforme di telefonia mobile.

Una rete di sensori sottomarini per monitorare l'acqua qualità e inquinamento sono proposti in [13]. Sensore subacqueo nodi nelle loro entità di misura del banco di prova proposte come pH, torbidità (Tur) e temperatura. I dati raccolti sono

proposto. Il sistema proposto è stato utilizzato per monitorare il luminosità subacquea (Lum) e temperatura.

Gli autori in [17] hanno sviluppato uno Smart Environmental Tecnologia di monitoraggio e analisi (SEMAT) per la marina ricerca e monitoraggio di campi idrici. Gli autori lo affermano SEMAT è un sistema di osservazione dell'ambiente marino più economico rispetto alle sue controparti e ai sistemi tradizionali. SEMAT comprende sensori intelligenti plug-and-play, wireless a corto raggio trasmissione e strumenti di analisi quasi in tempo reale. SEMAT può essere utilizzato per implementazioni rapide ea breve termine, specialmente in ambienti acquatici costieri poco profondi.

Gli autori in [18] hanno sviluppato una base UWSN sistema di monitoraggio dell'ambiente marino di acque poco profonde costiere. Il sistema è un prototipo che ha avuto successo testato e implementato nella laguna costiera di Mar Menor, in Spagna. Il sistema sviluppato è in grado di raccogliere dati oceanografici attraverso vari sensori specifici per l'acqua. I dati vengono trasmessi collegato al nodo sink (boa) che trasmette le informazioni a

Pagina 5

Giornale internazionale delle reti di sensori distribuiti

5

la stazione remota per risultati significativi. Gli autori hanno ha anche sviluppato un'applicazione utilizzando LabView e l'ha mappata con Google Maps. Gli autori concludono che la proposta prototipo è efficiente in termini di comunicazione, meglio durata della rete e affidabilità dei dati.

Un'architettura di rete di sensori per veicoli marini intelligente è stato sviluppato in [19]. Gli autori hanno anche progettato protocolli per applicazioni di monitoraggio oceanico. Gli autori in [20] hanno presentato un'applicazione di rete di sensori per monitoraggio dell'habitat della conchiglia. Hanno presentato un intero architettura. La rete proposta è in grado anche di coste monitoraggio ed è attualmente dispiegato nella provincia di Zhejiang, Cina.

Una buona indagine sulle applicazioni di UWSN per l'ambiente marino monitoraggio nonment è presentato in [64]. Il sondaggio include tecniche diverse, progetti recenti e applicazioni con le ultime innovazioni nel campo.

(2) *Allevamenti ittici* . La piscicoltura è diventata una delle più importanti occupazioni impegnative ed è considerata una buona economia risorsa ical. La piscicoltura richiede rigide e più rilevanti condizioni dell'habitat, che richiede un rigoroso monitoraggio del azienda agricola. Pertanto, i sensori vengono utilizzati per monitorare l'habitat condizioni di un pesce particolare per mantenere e creare un chiuso ambiente per la piscicoltura.

Gli autori in [21] hanno sviluppato l'applicazione UWSN che è in grado di valutare la quantità di mangime non consumato e fiscale rifiuti in allevamento ittico. Il sistema sviluppato è particolarmente testato in allevamento ittico marino per fauna e flora. Gli autori hanno ideato e ha proposto una rete di sensori wireless basata su gruppi per valutare le analisi quantitative per il monitoraggio dell'inquinamento idrico. Il autori in [9] hanno sviluppato, monitorato e mantenuto il ecosistema per la trota negli allevamenti di trote rilevando la qualità di acqua.

In [22] gli autori hanno formulato una base Zigbee UWSN per il monitoraggio delle proprietà dell'allevamento ittico. Gli autori ha progettato nodi di sensori specifici per proprietà di allevamento ittico che rilevare pH, NH 4 e temperatura e trasmettere le informazioni trasmissione all'unità centrale tramite protocollo di instradamento basato su Zigbee. Gli autori hanno proposto il sistema per piccoli laghetti di pesce e piscine.

Gli autori di [23] hanno progettato e sviluppato WSN based applicazione di sistema che ha la capacità di monitorare il grande fattorie. Il sistema ha caratteristiche di monitoraggio automatico, il suo tabella dei dati dei sensori e login remoto per gli interessati utenti. Gli autori hanno presentato un confronto tra la tecnologia wireless nologies e hanno proposto la tecnologia Zigbee come ottimale in questo caso. Il sistema sviluppato è in grado di monitorare i parametri come l'ossigeno disciolto, i valori di pH, la temperatura, il livello dell'acqua, e umidità e le informazioni vengono trasmesse in modalità wireless alla stazione dei manager. Inoltre, vengono utilizzate telecamere wireless e integrato con il sistema e Internet per il wireless monitoraggio sempre e ovunque nel mondo.

In [24] gli autori hanno sviluppato un sistema efficiente dal punto di vista rete basata su sensori per il monitoraggio dei pesci negli stagni e laghi. Il framework ha funzionalità di rilevamento della profondità di stagno e monitoraggio e mantenimento della qualità dell'acqua mantenendo i livelli di acidità nell'acqua. La profondità è rilevato utilizzando sensori RGB mentre sensori di pH e ossigeno

vengono utilizzati per monitorare la qualità dell'acqua. Gli autori hanno formulato protocollo di clustering del sensore di acqua (CPWS) rete, un protocollo di instradamento efficiente dal punto di vista energetico che aumenta la durata complessiva della rete che rende il sistema più affidabile, robusto ed eterno.

(3) *Barriera corallina* . Le barriere coralline sono ecosistemi sottomarini diversificati temi. Le barriere coralline sono costruite da microrganismi che vivono sotto acqua. Le barriere coralline sono una parte importante dell'ecologia marina e vita marina. UWSN ha il potenziale di habitat della barriera corallina monitoraggio. Di seguito sono riportate le applicazioni basate su UWSN.

Gli autori di [15] hanno presentato e sviluppato UWSN sistema e applicazione dell'osservatorio sulla barriera corallina basato. Il il sistema è un prototipo basato su 4 elementi di rete principali che sono (i) nodi stazionari, (ii) nodi mobili, (iii) superficie nodi boa e (iv) stazione remota. I nodi stazionari sono dispiegati sott'acqua in specifici luoghi mirati ai coralli dotato di sensori di monitoraggio delle condizioni subacquee come temperatura, telecamere e sensori di pH. Il trasloco nodi sono veicoli subacquei autonomi (AUV) che sono in grado di dispiegare i nodi, raccogliendo i sensi informazioni dai nodi stazionari e trasmettendo anche il file informazioni ai nodi della boa di superficie. La boa di superficie i nodi trasmettono le informazioni alla stazione remota dove lo scienziato potrebbe indagare e monitorare i dati rilevati. Il prototipo è altamente adattabile alle dure condizioni dell'acqua ed è schierato in tempo reale sulla costa di Okinawa in Giappone; tuttavia ci sono alcune carenze come la batteria e durata della rete.

Alippi et al. hanno progettato un sistema autonomo intelligente progetto Starbug basato su veicoli acquatici per il monitoraggio e individuazione delle barriere coralline in acque poco profonde [16]. L'AUV è molto progettato con cura con un ricetrasmittitore video, qualità dell'acqua sensori di monitoraggio, modulo di comunicazione acustica, magneti bussola netica, sensori di pressione e sensori GPS. Starbug il progetto ha dimostrato di essere una piattaforma con monitoraggio affidabile e grande potenziale commerciale. Tuttavia, gli autori l'hanno fatto enfatizzato sulla riduzione del costo del sistema.

Pirisi et al. hanno progettato e sviluppato un intelligente boa per il monitoraggio della barriera corallina [25]. La boa è intelligente ed è realizzato introducendo un nuovo approccio, ottimizzando il convertendo l'energia delle onde del mare, aumentando così la durata della rete. Il design è breve nella ricerca presentata. Il prototipo sviluppato viene testato in tempo reale e viene proposto dagli autori per potenziali applicazioni per la barriera corallina e vita marina e sistemi e applicazioni ecologici marini.

Bainbridge et al. hanno presentato nella loro ricerca [26] uno degli UWSN più pratici, in tempo reale e maturi per il monitoraggio delle barriere coralline. Questo UWSN viene distribuito alle sette diverse località della barriera corallina nell'Australia nord-orientale e attualmente in funzione da due anni. Il sistema progettato è basato sull'acustica, affidabile in termini di dati oceanici monitoraggio e robusto in termini di sostegno al duro ambiente.

3.1.3. *Esplorazione subacquea*. Ci sono un gran numero di file minerali presenti sott'acqua che devono essere esplorati come petrolio e gas. Inoltre, bisogna incontrare la fine dell'acqua mentre si unisce un'estremità della superficie con un'altra. Mentre

l'acqua copre la maggior parte della superficie terrestre, il la rimanente superficie asciutta di terra è collegata mediante posa di cavi sott'acqua. I cavi subacquei sono distribuiti che portano alcune delle necessità sociali più elementari come petrolio, gas condutture e cavi in fibra ottica. Pertanto UWSN può essere utilizzato per esplorare le preziose risorse e anche per monitorare la condotta e i cavi sottomarini. Esplorazioni subacquee e le applicazioni sono ulteriormente classificate in (i) sott'acqua esplorazioni di risorse naturali e (ii) monitoraggio di cavi e condutture itoring di applicazioni per esplorazioni sottomarine di petrolio e gas.

(1) *Risorse naturali* . Gli autori in [65] hanno sviluppato un file UWSN che si è schierato per individuare e indagare sul manganese Crosta. Il sistema sviluppato utilizza sottosistemi operativi a distanza veicolo acquatico (ROV) integrato con comunicazione acustica modulo e sistema di mappatura basato sulla visione e monitor profondità della crosta di manganese in situ fino a 3000 m. Il ROV è operato a bassa quota. Così gli autori hanno avuto successo ha effettuato esperimenti utilizzando l'UWSN basato su ROV e hanno concluso e proposto il sistema come strumento utile per rilevamento e misurazione della crosta di manganese sott'acqua.

Gli autori in [27] hanno proposto un UWSN che è una combinazione di reti di sensori acustici subacquei e reti di sensori mobili subacquei (ROV, AUV) per scoprire e scavare le risorse minerali sott'acqua. Il Il sistema proposto può essere utilizzato su larga scala per scansionare grandi e spazi profondi negli oceani per l'esplorazione.

Viene anche utilizzato un UWSN a base acustica proposto in [15] per l'esplorazione in acque profonde e il monitoraggio delle zone costiere. Il sistema è stato specificamente testato per l'applicazione costiera da schierare le telecamere sott'acqua.

È presente una letteratura dettagliata che motiva i ricercatori sviluppare un'applicazione UWSN per esplorazioni in acque profonde e applicazione [1, 4]. La letteratura presenta la comunicazione architettura e possibile design del sistema e punti salienti condizioni e sfide adeguate.

(2) *Cavo e conduttura marini* . Ci sono un gran numero di file posa di oleodotti e gasdotti che collegano interi continenti. UWSN ha il potenziale per monitorare petrolio e gas sottomarini applicazioni di monitoraggio della pipeline. Vengono discusse le applicazioni sotto.

Mohamed et al. hanno presentato un sondaggio molto dettagliato monitoraggio sottomarino di oleodotti e gasdotti tramite UWSN [28]. Gli autori hanno discusso l'architettura della rete di sensori che include quattro reti probabili che sono sott'acqua reti di sensori acustici wireless, acustica subacquea cablate reti di sensori tic, rete di sensori RF wireless subacquea opere e reti cablate sottomarine. Inoltre, inte- può anche essere possibile la grazione di cablati / acustici e cablati / RF. Gli autori hanno confrontato tutte le reti e proposto reti di sensori acustici / cablati integrati subacquei e reti di sensori subacquea integrate cablate / RF per petrolio e applicazioni di monitoraggio di gasdotti.

Jawhar et al. presentare un quadro per il monitoraggio della pipeline utilizzando WSN [29]. Il documento presenta un modello di riferimento che potrebbe essere utilizzato come applicazioni. Il prototipo progettato è basato sul modello architetonico proposto che è in grado di itoring le condutture sott'acqua e anche dare ulteriori

funzione di controllo in caso di eventuali perdite nella tubazione. Il prototipo viene testato in ambiente di laboratorio. Gli autori concludono testando varie tecnologie e protocolli basati su WSN per una rete più affidabile.

Saeed et al. hanno sviluppato un prototipo per il monitoraggio dell'olio e gas nelle condutture sott'acqua [30]. Il prototipo è stato testato in ambiente di laboratorio. Gli autori hanno concluso l'iniziale lavorare con successo; tuttavia l'implementazione in tempo reale ancora nutre serie preoccupazioni in termini di durata della sua rete e affidabilità. Anche Yu e Guo hanno progettato e proposto un efficiente sistema di monitoraggio di oleodotti e gasdotti utilizzando UWSN [31].

Le applicazioni di monitoraggio UWSN sono riassunte in Tabella 1. Si può osservare che quando si tratta di acqua monitoraggio della qualità, la maggior parte delle recenti applicazioni hanno utilizzato la RF per raggiungere i propri obiettivi. Considerando qualsiasi tipo delle impurità contaminanti dell'acqua come le fuoriuscite di petrolio, loro sono in un'area ristretta di acqua; quindi, a causa di più breve distanze, i segnali RF soddisfano i requisiti. Tuttavia, li è un'enfasi uguale sull'uso di onde RF e acustiche come tipo di comunicazione. Poiché la RF ha limitazioni rispetto a distanza, l'acustica è stata considerata per distanze maggiori che vanno a pochi chilometri. L'acustica viene impiegata principalmente per la vita marina, la barriera corallina e le applicazioni di esplorazione del mare profondo, poiché è necessaria una maggiore copertura. Una tendenza all'impiego si vedono anche varie architetture quando si tratta di queste applicazioni, mentre per la vita marina, la barriera corallina e l'esplorazione le applicazioni, le architetture 3D e 4D sono più preferite a causa delle diverse profondità e distanze degli oggetti sottostanti considerazione. Poiché gli allevamenti ittici richiedono un sensore a bassa copertura le architetture di rete, 1D e 2D statiche eseguiranno un lavoro efficiente per soddisfare l'applicazione.

3.2. *Disastro*. In generale, i disastri naturali sono inevitabili. Tra gli altri, i disastri naturali basati sull'acqua sono più pericolosi geros e ha prodotto un'enorme distruzione sulla terra. Accordo- in generale, il monitoraggio delle catastrofi ei meccanismi di prevenzione lo sono molto necessario. UWSN offre un'ampia gamma di applicazioni per la gestione e il recupero di tali disastri. Più par- in particolare, si riferisce al monitoraggio di eventi aggravanti una conseguenza dei disastri. Insieme a risorse inadeguate per monitoraggio completo della vasta area d'acqua (ad es. oceano), l'attività diventa ancora più impegnativa con tempo spietato. Pertanto, un monitoraggio efficiente di la dinamica marina e acquatica è un importante compito di ricerca lenge. Strategie di monitoraggio UWSN per la gestione dei disastri e la prevenzione può essere formulata in un'ampia varietà di applicazioni come inondazioni, eruzioni vulcaniche sottomarine, terremoti sottomarini e conseguenti tsunami, e fuoriuscite di petrolio che portano a fuori dall'acqua e sott'acqua instabilità ecologiche.

3.2.1. *Inondazioni*. Le ripercussioni di un'alluvione e il suo aumento frequenza hanno spinto i ricercatori a trovare modi per allarmi tempestivi inondazioni. Gli avvisi non devono solo essere inseriti coste urbane e quindi richiedono una distribuzione remota. UWSN aiuta a sviluppare soluzioni di implementazioni di sensori subacquei con agenti relé sull'acqua per calcolare i valori vitali acquatici.

Tabella 1: Confronto delle applicazioni di monitoraggio UWSN.

| App. | Architettura | Distribuzione | | Sensori | | Comunicazione genere | Implementazione |
|------|--------------|---------------------|----------------------|---|--------|-------------------------|-----------------|
| | | Livello di salinità | Profondità operativa | genere | Numero | | |
| | | | | <i>Qualità dell'acqua</i> | | | |
| [9] | 1D | Piscina | Pochi metri | O ₂ , NH ₃ -N, pH, EC | Pochi | RF | Tempo reale |
| [10] | 3D, 4D | Serbatoio | Pochi metri | , CE, NO ₃ ⁻ , Tur | Molti | RF, acustico | Tempo reale |
| [11] | 1D | fiume | Pochi metri | pH | Molti | RF | Tempo reale |
| [12] | 4D | Lago | Pochi chilometri | , O ₂ , pH, EC | Molti | Acustico | Tempo reale |

| | | | | | | | |
|--------------------|------------|---------------------|----------------|-----------------------|-------|--------------|-------------------------|
| [13] | 2D statico | Acque poco profonde | Pochi metri | , pH, Tur | Molti | RF | Non è il momento |
| [14] | 3D | Oceano | Chilometri | n / A | Molti | Acustico | n / A |
| Habitat | | | | | | | |
| vita marina | | | | | | | |
| [15] | 3D | Mare | 75 Km | n / A | Pochi | Acustico | Tempo reale |
| [16] | 3D, 4D | Mare | Metri | , | Molti | Acustico | Tempo reale |
| [17] | 3D | Acque poco profonde | 1-4 chilometri | ,,, Foto | Pochi | RF | Tempo reale |
| [18] | 3D | Acque poco profonde | Chilometri | ” | Molti | Acustico | Tempo reale |
| [19] | 3D | Mare | n / A | ” | n / A | Acustica | Tempo reale |
| [20] | 3D | Mare | n / A | | Pochi | Acustico | Tempo reale |
| Allevamenti ittici | | | | | | | |
| [21] | 2D statico | fiume | 2-15 metri | „ Tur | Pochi | RF | Tempo reale |
| [9] | 1D | Piscina | Metri | O 2 , NH 3 -N, EC, pH | Molti | RF | Tempo reale |
| [22] | 2D statico | n / A | n / A | , pH, NH 4 | n / A | RF | Tempo reale |
| [23] | 2D statico | Piscina, stagno | 10 Km | ,,, O 2 , pH | Molti | RF, acustico | Tempo reale |
| [24] | 3D | fiume | n / A | , O 2 , pH | Pochi | Acustico | |
| Reef | | | | | | | |
| [15] | 4D | fiume | Pochi metri | , C, pH | Pochi | Acustico | Tempo reale |
| [16] | 4D | fiume | 200 metri | C,, Comp, GPS | n / A | RF, acustico | Tempo reale |
| [25] | 1D | fiume | n / A | | Pochi | Acustico | Tempo reale |
| [26] | 4D | fiume | n / A | „ pH | Pochi | Acustico | Tempo reale |
| Esplorazione | | | | | | | |
| Risorse naturali | | | | | | | |
| [26] | 4D | fiume | 3 Km | ” | Pochi | Acustica | Tempo reale |
| [27] | 4D | fiume | Metri | n / A | Pochi | Acustica | Non distribuito |
| [15] | 3D | Oceani | Chilometri | n / A | Pochi | Acustico | Tempo reale |
| Condotte e cavi | | | | | | | |
| [28] | 3D, 4D | Piscina | Metri | n / A | Pochi | RF, acustico | Non distribuito |
| [29] | 3D | Piscina | Pochi metri | Vib, Cur | Pochi | RF, acustico | Tempo reale |
| [30] | 2D statico | Piscina | Pochi metri | n / A | Pochi | n / A | Ambiente di laboratorio |
| [31] | n / A | n / A | n / A | n / A | n / A | n / A | n / A |

C = telecamera, = profondità, = umidità, = livello dell'acqua, O 2 = ossigeno, = pressione, = salinità, = temperatura, = velocità, Cur = corrente, Comp = magnetico
bussola, EC = conducibilità elettrica, NH 3 -N = azoto ammonico, NO 3 = nitrato, NH 4 = ammonio, Photo = light, Tur = torbidità, Vib = vibrazione e
GPS = sistema di posizionamento globale.

Questi segni vitali vengono raccolti in una stazione remota e controllati indicazioni di alluvione.

Pasi e Bhawe hanno affrontato la questione del monitoraggio delle inondazioni allarmante con l'aiuto degli UWSN [32]. Il progettato il sistema è costituito da modulo sensore, modulo osservatorio e modulo transponder. Il modulo sensore è responsabile monitoraggio dell'acqua e raccolta dei parametri relativi all'acqua come il livello, la spinta e l'intensità dell'acqua come indicatori di inondazione. Le informazioni vengono trasmesse alla stazione remota per ulteriori osservazioni. Lo scopo del modulo osservatorio

è osservare le informazioni e prevedere l'alluvione. Il modulo transponder viene utilizzato per trasmettere le informazioni in formato binario dell'alluvione. Il sistema progettato viene simulato e testato in prospettiva della sua efficienza variando il numero di nodi distribuito rispetto al ritardo. Il sistema è anche testato per il suo errore di localizzazione e l'area di copertura. Tyan e Oh [33] hanno proposto una base acustica UWSN per il monitoraggio delle inondazioni nei fiumi. Il sistema progettato è basato sull'architettura 4D-UWSN che consiste in underwater ha distribuito sensori, AUV e una stazione remota. Il sensore

trasmette le informazioni acusticamente all'AUV che le raccoglie le informazioni e trasmette le informazioni al telecomando stazione. Il sistema progettato viene testato a 5000 m per 200 m ampio banco di prova del fiume. Gli autori hanno testato con successo e ha implementato la rete in tempo reale. Marin-Perez et al. [34] hanno progettato una robusta alluvione sistema di allerta basato su UWSN. Il sistema progettato è Basato su zigbee, con sensori integrati che raccolgono le informazioni mazione di diversi livelli d'acqua. Anche il sistema è integrato con sistema SCADA che è responsabile del monitoraggio gli eventi idrologici come le piogge e altre condizioni meteorologiche condizioni di monitoraggio. Il sistema viene testato e implementato in tempo reale in condizioni di piena a 650 km² spartiacque semiarido nel sud della Spagna. Udo e Isong [35] hanno progettato un'inondazione basata su sensori sistema di monitoraggio e rilevamento. Il sistema accetta informazioni sull'account come umidità, temperatura, acqua livello e quantità di pioggia come indicatori di alluvione. Il sensore dispiegato nel campo del sensore rileva le informazioni e lo trasmette alla stazione remota dove, attraversando il soglia, le vicinanze vengono notificate tramite Short Message Servizio (SMS). Il sistema copre attualmente 15 soggetti a inondazioni regioni della metropoli di Uyo nello stato di Akwa Ibom, Nigeria.

3.2.2. *Vulcano, terremoto e tsunami.* Terra sottomarina terremoti e vulcani sono disastri naturali e cause mettere in pericolo gli esseri viventi. Queste calamità naturali possono verificarsi sempre e ovunque sulla superficie della terra e sono

spessore delle fuoriuscite di olio in acqua che possono accelerare la pulizia procedura. In [38], gli autori hanno ideato un UWSN ad hoc che rileva l'inquinamento dell'oceano. Hanno specificato diversi sensori, i loro algoritmi di sincronizzazione, protocolli di instradamento e stack di protocollo completo. Il lavoro si concentra sulla massimizzazione del durata della rete e QoS. Iwendi e Allen [39] hanno dimostrato la sicurezza problemi nel settore petrolifero e del gas del Delta del Niger, dove hanno ha lavorato specificamente allo sviluppo di una rete che ha molto schema di distribuzione delle chiavi sicuro. Oltre alla gestione delle chiavi sistema, il lavoro si concentra anche su un clustering robusto e veloce algoritmi con sistema di allocazione dinamica delle chiavi. In [40], il lavoro si concentra sulla progettazione di un sensore che sia in grado di rilevare, elaborare e trasmettere informazioni relative a spessore e posizione della fuoriuscita di petrolio. Il lavoro ne suggerisce due algoritmi Light Sensor Array e Conductivity Array in formato per conoscere lo spessore della fuoriuscita di petrolio. Anche il lavoro si concentra sulla progettazione di un simulatore che mostra i dati in tempo reale su una mappa, relativa allo spessore e alla posizione della fuoriuscita di petrolio. In [41], gli autori si sono concentrati sul fornire la fattibilità di utilizzare gli UWSN per il monitoraggio della fuoriuscita di petrolio, rilevamento e atti vandalici nelle condutture. Il lavoro si concentra anche sulla descrizione di applicazioni, caratteristiche, tipo di rete e sfide, il che rende gli UWSN una scelta intelligente per fare in rilevamento di fuoriuscita di petrolio e atti vandalici oleodotti in Nigeria. Viene fornito il confronto delle applicazioni di emergenza Tabella 2. Quando vengono esaminate le applicazioni di emergenza, le applicazioni

ancora più allarmante quando si verificano sott'acqua, a seconda sui cambiamenti sismici e geologici che si verificano sotto terra. Pertanto, è importante monitorare tali condizioni.

Kumar et al. [36] hanno discusso dell'architettura UWSN e proposto 4D-UWSN per la generazione di allarmi precoci nel caso di qualsiasi evento pericoloso come terremoti e tsunami. Gli autori hanno proposto la comunicazione multicarrier e OFDM per una comunicazione subacquea efficiente in tali scenari.

Casey et al. [37] hanno proposto un'architettura efficiente per rilevare gli tsunami. L'architettura basata su sensori proposta utilizza sensori di pressione sismici per prevedere lo tsunami sott'acqua e il relè rilevato è informato dalla diffusione diretta protocollo di instradamento. L'architettura lavora sul senso e meccanismo di risposta. Gli autori hanno dettagliato una serie di approcci e hanno testato la rete proposta in un banco di prova ambiente.

In [66], un'indagine dettagliata evidenzia la natura sottomarina applicazioni di monitoraggio dei disastri, comprese le terremoti e vulcani. Per quanto ne sappiamo, solo pochi le applicazioni reali implementate sono presenti fino ad oggi per sismiche e rilevamento dello tsunami. C'è molta letteratura sull'argomento calamità naturali attraverso UWSN e formulazione efficiente, applicazione affidabile e robusta, ma difficilmente sono pieni applicazioni progettate.

3.2.3. *Fuoriuscita di petrolio.* L'inquinamento provocato dall'uomo è un fattore importante che può minacciare la salute della vita marina. Marino la vita è fortemente influenzata dalle fuoriuscite di petrolio e quindi dall'inquinamento. In [42], gli autori hanno illustrato un sistema in via di sviluppo Gli UWSN hanno contribuito a scoprire la posizione e

I cationi tendono a utilizzare la RF in combinazione con le architetture 2D più rispetto all'acustica in combinazione con 4D a causa di il fatto che le applicazioni relative alle inondazioni possono essere ampiamente coperte distribuendo sensori sotto forma di cluster. Questo alla fine porta a UWSN a bassa copertura che utilizzano la comunicazione RF paradigmi. Per applicazioni relative ai vulcani, simulazione e sono stati proposti modelli analitici per soddisfarli. Anche per applicazioni di oil spill, analisi, simulazione e sono stati testbed modelli che impiegano RF e acustica considerato con architetture 2D, 3D e 4D.

3.3. *Militare.* Gli UWSN sono impiegati per assistere le applicazioni militari cationi pure. Questi sistemi si avvalgono dell'aiuto di diversi sensori schierato per il rilevamento di diversi aspetti delle applicazioni militari cationi. Diversi sensori come telecamere, sonar per immagini, e metal detector integrati con AUV vengono utilizzati per assistere nel trovare mine sottomarine, mettere in sicurezza porti e sottomarini e sono utilizzati anche per il monitoraggio e la sorveglianza. Questi le applicazioni possono portare a soluzioni economiche per la protezione navale forze.

3.3.1. *Miniere.* Poiché un sensore può rilevare parametri fisici, esso è una pratica intellettuale per rilevare le mine nascoste sott'acqua. Questo può aiutare le navi militari in un viaggio senza problemi. Il le miniere sono generalmente costituite da materiali ferrosi e possono farlo essere differenziato dal disordine sottomarino in base al fatto

3.3.2. *Sottomarini.* La localizzazione del target è ancora un'altra applicazione di UWSN che si avvalgono dell'aiuto di AUV per localizzare sottomarini. Modi convenzionali di localizzazione sottomarina richiedono calcoli pesanti. Questi sistemi basati su UWSN tendono a fornire soluzioni economiche alla localizzazione i problemi.

In [47], gli autori hanno studiato la localizzazione di sottomarini e concentrati su due problemi limitati raggio di comunicazione dovuto alla trasmissione acustica e incorporando l'elaborazione del segnale sonar sugli AUV. Il processo, chiamato GLINT09, è stato sperimentato vicino all'Elba, un isola in Italia a una profondità di 110 metri. Si è concluso in la sperimentazione che gli AUV forniscano una soluzione ottimale alla localizzazione di sottomarini con meno manodopera, meno rischi, e più spazio per realizzare l'imaging 3D.

Gli autori in [48] propongono un paradigma basato sulla disrete di sensori tributata per il rilevamento sottomarino in luoghi dove i sottomarini non sono facilmente rintracciabili dal sonar sistema. Questo paradigma stima il Cramer-Rao inferiore vincolati ai fini dell'accuratezza della stima. I risultati sono sotto forma di presenza del sottomarino o nessuna presenza del sottomarino (risultati binari). I risultati sono stati estesi anche dal rilevamento di un singolo sottomarino a

Tabella 2: Confronto delle applicazioni di emergenza UWSN.

| App. | Distribuzione | | | Sensori | Comunicazione | | Implementazione |
|------------------------------|---------------|---------------------|----------------------|---|---------------|----------|-----------------------------|
| | Architettura | Salinità livello | Operabile profondità | genere | Numero | genere | |
| Inondazioni | | | | | | | |
| [32] | 2D | Canali | Pochi metri | Livello dell'acqua, spinta e intensità | Molti | RF | Simulazione, banco di prova |
| [33] | 4D | Chilometri di fiume | | Profondità | Pochi | Acustico | Banco di prova |
| [34] | 2D | Chilometri di fiume | | Livello dell'acqua, precipitazioni | Molti | RF | Tempo reale |
| [35] | 2D | Fiumi | Chilometri | Umidità, temperatura, livello dell'acqua e precipitazioni | Molti | RF | Tempo reale |
| Vulcano, terremoto e tsunami | | | | | | | |
| [36] | 4D | Mare | Chilometri | Pressione | Molti | Acustico | Analitico |
| [37] | 3D | n / A | n / A | Pressione | Molti | n / A | Simulazione |
| Fuoriuscita di petrolio | | | | | | | |
| [38] | 3D | Mare | 50–500 m | n / A | Pochi | Acustico | Analitico |
| [39] | 4D | n / A | n / A | n / A | n / A | n / A | Simulazione |
| [40] | 2D | n / A | n / A | Luce, conduttività e GPS | n / A | RF | Banco di prova |
| [41] | 2D | n / A | Pochi metri | n / A | n / A | RF | Analitico |

un gradiometro vettoriale magnetico di tracciamento in tempo reale (RTG) e lo integra con un veicolo autonomo da utilizzare sott'acqua.

Un altro sistema chiamato Buried Object Scanning Sonar (BOSS) verrebbe inserito con l'RTG per ottimizzare le prestazioni per evitare il disordine. Il sensore è stato posto nella parte anteriore del veicolo per evitare elettromagnetici interferenze dal resto del veicolo.

Un altro lavoro [43] si è concentrato sulla progettazione di un sistema per rilevamenti di mine in cui viene impiegato un AUV con un sensore che si trova su un lato. Il sensore è in grado di produrre immagini ad altissima risoluzione che possono provocare la localizzazione le miniere sottomarine. Qui c'è anche la possibilità di errore risolto acquisendo viste multiple della stessa area. Il il sistema è efficiente in un modo che il percorso dell'AUV può essere previsto anche prima della procedura di distribuzione utilizzando Sonar ad apertura sintetica (SAS).

Gli autori in [44] usano un analizzatore di pattern scattando immagini sott'acqua. L'analizzatore di pattern può rilevare mine e strutture simili. Queste immagini che vengono scattate sott'acqua vengono confrontati con un atlante di immagini delle miniere che sono state fornito dal Naval Surface Warfare Center.

In [45], è stato creato un modello basato sulla simulazione considera cinque diversi tipi di AUV e due tipi di sonar (Raytheon e Klein). Il modello software è implementato

3.3.2. *Sottomarini.* La localizzazione del target è ancora un'altra applicazione di UWSN che si avvalgono dell'aiuto di AUV per localizzare sottomarini. Modi convenzionali di localizzazione sottomarina richiedono calcoli pesanti. Questi sistemi basati su UWSN tendono a fornire soluzioni economiche alla localizzazione i problemi.

In [47], gli autori hanno studiato la localizzazione di sottomarini e concentrati su due problemi limitati raggio di comunicazione dovuto alla trasmissione acustica e incorporando l'elaborazione del segnale sonar sugli AUV. Il processo, chiamato GLINT09, è stato sperimentato vicino all'Elba, un isola in Italia a una profondità di 110 metri. Si è concluso in la sperimentazione che gli AUV forniscano una soluzione ottimale alla localizzazione di sottomarini con meno manodopera, meno rischi, e più spazio per realizzare l'imaging 3D.

Gli autori in [48] propongono un paradigma basato sulla disrete di sensori tributata per il rilevamento sottomarino in luoghi dove i sottomarini non sono facilmente rintracciabili dal sonar sistema. Questo paradigma stima il Cramer-Rao inferiore vincolati ai fini dell'accuratezza della stima. I risultati sono sotto forma di presenza del sottomarino o nessuna presenza del sottomarino (risultati binari). I risultati sono stati estesi anche dal rilevamento di un singolo sottomarino a

in diverse aree come la baia di Chesapeake ed è testato per diversi tipi di miniere e aree e per come è la miniera cancellato. Gli autori hanno dimostrato che il tipo di sonar Raytheon, se utilizzato con uno qualsiasi dei tipi di veicoli, consumerebbe di più energia rispetto al sonar Klein.

In un altro lavoro [46], confrontando i classificatori che utilizzare l'approccio di apprendimento automatico e la visione artificiale. Il lavoro corrisponde a prendere l'ausilio di dati semisintetici per la preelaborazione dei dati prima che vengano forniti come input a approcci all'apprendimento automatico e alla visione artificiale. Per di qua, la quantità di set di dati forniti agli approcci è ridotta.

rilevamento di più sottomarini.

In un altro lavoro [49], Particle Swarm Optimization (PSO) per la stima della posizione del sensore considera l'attenzione, profondità dell'acqua e raggio di trasmissione.

3.3.3. *Sorveglianza.* Gli UWSN vengono utilizzati anche per la sorveglianza scopi in cui si verifica l'intrusione di qualsiasi entità indesiderata rilevato. Questo può essere utilizzato per la sorveglianza in mare aperto e vicino scopi. Questo ha un enorme set di applicazioni offerte per quasi sorveglianza a terra come rilevamento di navi da battaglia e arrivo della logistica.

Tabella 3: Confronto delle applicazioni militari UWSN.

| App. | Distribuzione | | | Sensori | | Comunicazione | Implementazione |
|--------------|---------------|---------------------|----------------------|-----------------------|--------|---------------|--------------------|
| | Architettura | Livello di salinità | Profondità operativa | genere | Numero | genere | |
| Miniere | | | | | | | |
| [42] | 1D | Mare | n / A | UUV-RTG | Pochi | Acustico | Tempo reale |
| [43] | 1D | Mare | 20 m | telecamera | n / A | Acustico | Tempo reale |
| [44] | 1D | Mare | n / A | telecamera | Pochi | Acustico | Basato su software |
| [45] | 1D | Baia | n / A | n / A | Pochi | Acustico | Simulazione |
| [46] | n / A | Fondale marino | n / A | n / A | n / A | n / A | Software |
| Sottomarini | | | | | | | |
| [47] | 2D | Mare | 110 m | n / A | n / A | Acustico | Tempo reale |
| [48] | 4D | Mare | n / A | Localizzazione | n / A | n / A | Tempo reale |
| [49] | 4D | Fondale marino | 0-100 m | Localizzazione | n / A | Acustico | Simulazione |
| Sorveglianza | | | | | | | |
| [50] | 2D | Mare | 100-150 m | n / A | Molti | Acustico | Tempo reale |
| [51] | 4D | Mare | 0-100 m | n / A | Molti | Acustico | Tempo reale |
| [52] | 3D | Fondale marino | n / A | Magnetico, radiazioni | Molti | Cablata | Simulazione |

Le prove sul campo GLINT10 [50] sono state eseguite in per testare la sorveglianza della guerra. Il lavoro si concentra su capacità di elaborazione del segnale di detto progetto. I risultati ha dimostrato che gli AUV sono in prova per diventare un completo sistema autonomo in ambiente dinamico ma finora non possiedono capacità sufficienti per operare in modo autonomo.

La rete acustica subacquea (UAN) [51] è un fondo dell'UE progetto sviluppato per proteggere offshore e vicino attrezzature e infrastrutture a terra. Il progetto UAN11 ha tenuto nel 2011 in Norvegia sperimenta gli AUV per la sorveglianza di nodi distribuiti nel sito. L'esperimento consisteva in quattro nodi, due AUV e un nodo mobile su un'imbarcazione. La rete ha prodotto una prestazione molto robusta essendo in grado di gestire variazioni come quando è stato aggiunto un nodo o sottratto dalla rete. Hanno anche presentato il loro risultati basati su ragione media di consegna, perdita di pacchetti e tempo di andata e ritorno.

In [52], gli autori hanno suggerito una nuova architettura layout del sistema di sorveglianza subacquea che si compone di sensori dispiegati prima sulla superficie; poi la profondità e le località in cui si ottiene la massima copertura sono selezionato. Si ritiene che i nodi abbiano tipi diversi di sensori come magnetico, radiazione, meccanico e acustico. Le tecniche di data mining vengono ulteriormente utilizzate in ordine per distinguere tra diversi tipi di oggetti come sottomarini, sommergibili, mine e veicoli.

Sono stati implementati anche sistemi completamente attivati; per Ad esempio, in Giappone [67], è stato utilizzato un sistema di monitoraggio distribuito che consiste di 150 osservatori oceanici sottomarini. Le applicazioni militari UWSN sono riassunte nella Tabella 3. Per applicazioni militari, l'acustica è stata più preferita a causa alla copertura di distanze maggiori tramite la UWSN. Anche com La combinazione di RF e acustica è preferita principalmente a causa della il fatto che la RF viaggia più velocemente rispetto all'acustica sott'acqua; quindi facilitano la trasmissione rapida e le risposte in caso delle emergenze. Per il rilevamento delle mine, architetture 1D sono stati più preferiti a causa della posizione stazionaria del miniere. Per i sottomarini, le architetture 2D e 4D sono state

preferito. Per la sorveglianza, abbiamo sperimentato il 2D, Architetture 3D e 4D.

3.4. *Navigazione assistita.* L'ambiente sottomarino è estremamente irregolare, inesplorato, casuale e oscuro con profondità. In tale ambiente c'è bisogno di assistenza per navigando su navi, barche, navi e persino nuotatore e esploratori. Navigare nelle tecnologie assistive che sono la maggior parte comuni sulla superficie dell'acqua non vengono utilizzati sott'acqua a causa del cambiamento nel mezzo di trasmissione. Pertanto, in per localizzare, guidare e navigare, c'è bisogno di assistenza tecnologie, sistemi e applicazioni di navigazione che potrebbero essere utilizzato sott'acqua. In questa prospettiva, può essere utilizzato UWSN fornire sistemi e applicazioni di navigazione assistita. Di seguito sono elencate le applicazioni UWSN discusse.

Una letteratura dettagliata sulla localizzazione subacquea potrebbe essere trovato in [68]. Gli autori in [53] hanno utilizzato AUV per assistere nella localizzazione sott'acqua. Il sistema progettato è basata sull'acustica e utilizza tecniche di localizzazione acustica. Il gli autori hanno testato il sistema in più fasi (più denso nodi) e confrontato le prestazioni sulla base di local- copertura, accuratezza e costi di comunicazione. Così hanno concluso che esiste un compromesso tra la localizzazione a più stadi e costi di comunicazione più elevati.

Guo e Liu [54] hanno proposto la localizzazione senza ancoraggi algoritmo per l'assistenza alla localizzazione del sensore subacqueo. Il algoritmo progettato si basa sulle informazioni di adiacente nodi. La tecnica proposta è testata sia per statica che per UWSN mobili.

Carroll et al. [55] hanno proposto un sottocosto su richiesta algoritmo di localizzazione dell'acqua per la localizzazione del sott'acqua sensori. Gli autori hanno sviluppato un modello matematico di l'algoritmo progettato che è stato incorporato e testato in tempo reale in piccoli laghetti e piscine.

Il riepilogo dell'applicazione di navigazione assistita UWSN- le informazioni sono fornite nella Tabella 4. Le applicazioni di navigazione accettano l'estensione aiuto della comunicazione acustica per coprire distanze maggiori. Le applicazioni di localizzazione, tracciamento e trilaterazione richiedono

Tabella 4: Confronto delle applicazioni di navigazione assistita UWSN.

| App. | Distribuzione | | | Sensori | | Comunicazione | Implementazione |
|------|---------------|---------------------|----------------------|---------------------|--------|---------------|-----------------|
| | Architettura | Livello di salinità | Profondità operativa | genere | Numero | genere | |
| [53] | 4D | n / A | n / A | Localizzazione | Molti | Acustico | Prototipo |
| [53] | 4D | n / A | n / A | Tracciamento, sonar | Molti | Acustico | Tempo reale |
| [54] | 4D, 3D | n / A | n / A | Localizzazione | n / A | Acustico | Tempo reale |
| [55] | 4D | Piscina, stagno | Pochi metri | Trilaterizzazione | Molti | Acustico | Tempo reale |

Tabella 5: Confronto delle applicazioni sportive UWSN.

| App. | Distribuzione | | | Sensori | | Comunicazione | Implementazione |
|------|---------------|---------------------|----------------------|-------------------------------|--------|---------------|-----------------|
| | Architettura | Livello di salinità | Profondità operativa | genere | Numero | genere | |
| [56] | 2D | Piscina | n / A | Accelerometro, giroscopio | Pochi | Acustico | Tempo reale |
| [57] | n / A | Piscina | n / A | Campo magnetico | Pochi | RF | Tempo reale |
| [58] | n / A | Piscina | n / A | Vari | Molti | n / A | n / A |
| [59] | n / A | Piscina | 0-10 cm | Fotocamera, pressione e forza | Pochi | Acustico | Tempo reale |
| [60] | n / A | Piscina | n / A | Vari | Molti | n / A | n / A |
| [61] | 2D | Piscina | n / A | Accelerometro | Pochi | Ottico | Tempo reale |
| [62] | 2D | Piscina | 10 cm | Accelerometro | Pochi | Ottico | Tempo reale |

un UWSN che comunica con il ROV per acquisire i dati dai nodi di ancoraggio e trasmettere i dati alla stazione remota (Architettura 4D).

3.5. *Gli sport.* Esiste un'ampia gamma di applicazioni UWSN per anche la categoria degli sport subacquei. Queste applicazioni sono diverse dalle altre applicazioni UWSN in termini di velocità della mobilità dei nodi, parametri di rilevamento e così via.

In [56] gli autori hanno presentato un sensore wireless rete utilizzata per monitorare le prestazioni di un file nuotatore o nuotatori multipli. La larghezza di banda delle reti è messo in considerazione in questo lavoro, dove si trova la performance comunicato all'allenatore e agli altri nuotatori contemporaneamente. Anche in [69], si ottiene un motivo simile che richiede feedback in tempo reale agli allenatori.

Un altro lavoro, [57], si concentra sulla ricerca della posizione di nuotatori in una piscina. Questo viene fatto utilizzando magnetico variazioni che sono causate dalle piscine. Questo metodo è detto per essere più accurato rispetto al posizionamento inerziale in quale postelaborazione è richiesta.

Gli autori in [58] hanno anche studiato la localizzazione dei nuotatori analizzando l'uso di magnetici, inerziali, accelerometri, magnetometri e sensori giroscopici.

In [59], l'elaborazione del segnale dei dati ottenuti da a viene eseguita la prestazione dei nuotatori. Questo elenca i dati che viene inviato agli allenatori.

In [60], un sistema ottico viene utilizzato per la trasmissione di dati in tempo reale per comunicare feedback in tempo reale di nuotatori agli allenatori. Anche in [61], un sistema wireless ottico viene utilizzato ma si concentra sulla comunicazione della frequenza della corsa durante il nuoto. Sempre in [62], un modem ottico wireless basato su FSK viene utilizzato per comunicare i nuotatori risposta.

Le applicazioni nello sport UWSN sono riassunte nella Tabella 5. Per quanto riguarda le applicazioni sportive, ricetrasmittitori RF sono ampiamente utilizzati; tuttavia, una tendenza a utilizzare segnali ottici

è stato utilizzato anche come la maggior parte delle applicazioni che rientrano questa categoria utilizza un'area a bassa copertura (come nelle piscine).

Le architetture 2D sono state impiegate perché i numeri di sensori in forma di grappoli sono sospesi nell'acqua per raccogliere le informazioni richieste che comunicherebbero con la testa del cluster (che funge da stazione remota quando le distanze sono brevi).

4. Sfide e opportunità

Sebbene UWSN sia un nuovo campo promettente e potrebbe aiutare esplorando il mondo insondabile che giace sott'acqua, lì sono anche molte sfide e opportunità.

Ambiente subacqueo imprevedibile . Condizioni subacquee sono estremamente imprevedibili. L'acqua alta anonima pressione, attività subacquee imprevedibili e irregolare le profondità della superficie sottomarina rendono difficile la progettazione e distribuisce UWSN.

Progettazione e implementazione di reti complesse . A causa dell'imprevedibile ambiente sottomarino smontabile, è estremamente difficile per distribuire la rete sott'acqua che funziona in modo affidabile e in modalità wireless. L'attuale tecnologia tethered consente il comunicazione tesa, ma comporta un costo significativo di distribuzione, manutenzione e ripristino del dispositivo da affrontare condizioni sottomarine volatili.

Non scalabilità . Si basa sulla tradizionale esplorazione subacquea un singolo dispositivo subacqueo ad alto costo o un piccolo scala rete sottomarina. Nessuna delle due tecnologie esistenti lo è adatto per applicazioni che coprono una vasta area. Abilitazione di un file La tecnologia scalabile della rete di sensori subacquei è essenziale per esplorare un enorme spazio sottomarino.

Informazioni inaffidabili . I nodi sottomarini sono in continuo moto dovuto alle correnti d'acqua; individuando così i nodi

sott'acqua diventa molto più cruciale. Posizione tradizionale I sistemi di localizzazione e localizzazione non funzionano sott'acqua. Pertanto, le condizioni subacquee smantellano la posizione di i nodi e la topologia di rete che alla fine rende la trasmissione delle informazioni inaffidabile.

Requisiti di nuovi protocolli per gli UWSN . In sott'acqua comunicazione, il mezzo di comunicazione è l'acqua, a differenza dell'aria come nelle reti di sensori terrestri. Pertanto, ter- i protocolli di comunicazione della rete di sensori locali vengono annullati sott'acqua. Per lo più, i segnali acustici vengono utilizzati per sott'acqua comunicazione su grandi distanze, mentre le radio sono considerato per la comunicazione a breve distanza, superficie dell'acqua. Ma i segnali radio trasmettono per lunghe distanze a frequenze molto basse cics, che richiede grandi antenne e alta trasmissione power [1], che può ridurre la durata complessiva della rete di UWSN. Inoltre, il ritardo di propagazione del segnale acustico

è ancora uno spazio per ampi contributi, in particolare nel implementazioni fisiche dei sistemi su larga scala.

Conflitto d'interessi

Gli autori dichiarano che non vi è conflitto di interessi riguardo alla pubblicazione di questo documento.

Ringraziamenti

Questo lavoro è supportato da NSTIP Strategic Technologies Programma n. 11-INF1688-10, Città della scienza re Abdul Aziz e Tecnologia del Regno dell'Arabia Saudita. Gli autori ringraziare l'Unità di Scienza e Tecnologia per la loro logistica supporto.

la comunicazione è molto alta rispetto alla comunicazione RF; quindi molti algoritmi e protocolli per il WSN terrestre non può essere adattato direttamente a UWSN.

Velocità dati basse . Le comunicazioni in radiofrequenza (RF) sono non efficace nella comunicazione subacquea a causa del mezzo effetto sulla comunicazione. L'acqua assorbe gran parte della RF l'energia e quindi solo la comunicazione a brevissimo raggio è consentito utilizzando RF [4]. Invece, la comunicazione acustica lo è utilizzato per trasmettere segnali a impulsi e informazioni a bassa fedeltà sott'acqua a causa della sua bassa larghezza di banda. Potenziale UWSN applicazioni come misurare la quantità di inquinamento da un allevamento di pescatori sul fondo del mare [21] richiede la trasmissione di molti dati. Tuttavia, con frequenze così basse, richiede molto tempo per inviare tali dati dinamici.

Danni fisici alle apparecchiature . I sensori utilizzati in underwater dispositivi ter sono suscettibili alle sfide subacquee di routine, per esempio, raccolta di alghe sull'obiettivo della fotocamera [70] e sale accumulo, diminuendo l'efficacia dei sensori e così via via.

Costo . Infine, il fabbisogno energetico e il costo degli UASN sono alti rispetto a una maggiore potenza e alla batteria normale le tecniche di rifornimento sono piuttosto costose.

La quantità di sfide nella progettazione degli UWSN fa è un'area interessante su cui i ricercatori possono lavorare. Con il avanzamento nelle tecnologie di sensori e wireless, UWSN hanno attratto molti ricercatori e hanno contribuito in modo significativo in questo campo. Tuttavia, la finestra è ancora ampia aperto per prossime ricerche e opportunità.

5. conclusione

In questo articolo abbiamo presentato una letteratura completa revisione delle applicazioni UWSN e loro classificazione. Era ha osservato che un buon numero di applicazioni è assistito da UWSN per il duro ambiente sottomarino. UWSN ha diventare uno dei principali obiettivi per i ricercatori. Se questi le applicazioni sono adeguatamente sfruttate e soddisfatte, molte vite, tempo e denaro possono essere risparmiati. Sebbene gli UWSN abbiano visto una quantità enorme di crescita negli ultimi anni, li

Riferimenti

[1] IF Akyildiz, D. Pompili e T. Melodia, "Underwater acoustic reti di sensori: sfide per la ricerca ", *Ad Hoc Networks* , vol. 3, no. 3, pagg. 257–279, 2005.

[2] S. Iyer e DV Rao, "Ottimizzazione basata su algoritmi genetici tecnica per il posizionamento della rete di sensori sottomarini e deployment ", in *Proceedings of the IEEE Underwater Technology (UT '15)* , pagg. 1–6, IEEE, Chennai, India, febbraio 2015.

[3] E. Fellemban, "Advanced border intrusion detection and soril-lancia utilizzando la tecnologia di rete di sensori wireless ", *International Journal of Communications, Network and System Sciences* , vol. 06, n. 05, pagg. 251–259, 2013.

[4] J. Heidemann, W. Ye, J. Wills, A. Syed e Y. Li, "Research sfide e applicazioni per la rete di sensori subacquei ", in *Proceedings of IEEE Wireless Communications and Net-conferenza di lavoro (WCNC '06)* , pagg. 228–235, aprile 2006.

[5] GA Hollinger, S. Choudhary, P. Qarabaqi et al., "Underwater raccolta di dati utilizzando reti di sensori robotici, " *IEEE Journal on Selected Areas in Communications* , vol. 30, no. 5, pagg. 899–911, 2012.

[6] J.-H. Cui, J. Kong, M. Gerla e S. Zhou, "Le sfide di costruire reti wireless subacquee mobili per acquatico applicazioni ", *IEEE Network* , vol. 20, no. 3, pagg. 12–18, 2006.

[7] MC Domingo e R. Prior, "Energy analysis of routing protocolli per reti di sensori wireless subacquei, " *Computer Communications* , vol. 31, n. 6, pagg. 1227–1238, 2008.

[8] S. Yoon, AK Azad, H. Oh e S. Kim, "AURP: an AUV-aided protocollo di instradamento subacqueo per sensore acustico subacqueo reti " , *Sensors* , vol. 12, no. 2, pagg. 1827–1845, 2012.

[9] A. Yalcuk e S. Postalcioglu, "Valutazione della qualità dell'acqua della piscina di allevamenti di trote con logica fuzzy: monitoraggio della qualità dell'acqua della piscina per gli allevamenti di trote ", *International Journal of Environmental Science e tecnologia* , vol. 12, no. 5, pagg. 1503–1514, 2015.

[10] G. Tuna, O. Arkoc e K. Gulez, "Monitoraggio continuo della qualità dell'acqua utilizzando approcci portatili ea basso costo ", *International Journal of Distributed Sensor Networks* , vol. 2013, ID articolo 249598, 11 pagine, 2013.

[11] K. Menon, P. Divya e M. Ramesh, "Rete di sensori wireless per il monitoraggio della qualità dell'acqua dei fiumi in India ", in *Atti di la terza conferenza internazionale sulla comunicazione informatica Networking Technologies (ICCCNT '12)* , pagg. 1–7, luglio 2012.

[12] A. Faustine, AN Mvuma, HJ Mongi, MC Gabriel, AJ Tenge e SB Kucel, "Reti di sensori wireless per l'acqua

monitoraggio e controllo della qualità nel bacino del lago vittoria: sviluppo del prototipo, " *Wireless Sensor Network* , vol. 06, n. 12, pagg. 281–290, 2014.

[13] M. Shakir, MA Khan, SA Malik e Izhar-ul-Haq, "Design di reti di sensori sottomarini per il monitoraggio della qualità dell'acqua ", *Giornale mondiale delle scienze applicate* , vol. 17, n. 11, pagg. 1441–1444, 2012.

[14] A. Khan e L. Jenkins, "Rete di sensori wireless sottomarina per la prevenzione dell'inquinamento degli oceani ", negli *Atti del 3 ° Conferenza internazionale sul software dei sistemi di comunicazione e Middleware and Workshops* , pagg. 2-8, Bangalore, India, Gennaio 2008.

[15] G. Açar e AE Adams, "ACMENet: an underwater acoustic protocollo di rete di sensori per il monitoraggio ambientale in tempo reale toring in zone costiere, " *Atti IEE: Radar, Sonar e Navigazione* , vol. 153, n. 4, pagg. 365–380, 2006.

[16] C. Alippi, R. Camplani, C. Galperti e M. Roveri, "Un robusto, quadro WSN adattivo a energia solare per l'ambiente acquatico monitoraggio mentale ", *IEEE Sensors Journal* , vol. 11, n. 1, pagg. 45–55, 2011.

[17] J. Trevathan, R. Johnstone, T. Chiffings et al., "SEMAT — the next generazione di monitoraggio ambientale marino a basso costo e sistemi di misurazione, " *Sensors* , vol. 12, no. 7, pagg. 9711–9748, 2012.

[18] CA Perez, M. Jimenez, F. Soto, R. Torres, JA Lopez e A. Iborra, "Un sistema per il monitoraggio degli ambienti marini basato su reti di sensori wireless ", in *Proceedings of the IEEE OCEANS* , pagg. 1–6, IEEE, Santander, Spagna, giugno 2011.

[19] S. Zhang, J. Yu, A. Zhang, L. Yang e Y. Shu, "Veicolo marino architettura della rete di sensori e progetti di protocollo per l'oceano osservazione, " *Sensors* , vol. 12, no. 1, pagg. 373–390, 2012.

[20] H. Yang, H. Wu e Y. He, "Architecture of wireless sensor net-lavorare per il monitoraggio dell'ambiente acquatico dei molluschi marini ", negli *Atti della 7th Asian Control Conference (ASCC '09)* , pp. 1147–1151, IEEE, agosto 2009.

[21] J. Lloret, S. Sendra, M. Garcia e G. Lloret, "Group-based rete di sensori wireless subacquea per allevamenti ittici marini ", in

Comunicazioni, reti e mobile computing (WiCOM '12) , pagg. 1–5, settembre 2012.

[28] N. Mohamed, I. Jawhar, J. Al-Jaroodi e L. Zhang, "Sensor architetture di rete per il monitoraggio di condotte sottomarine " *Sensori* , vol. 11, n. 11, pagg. 10738–10764, 2011.

[29] I. Jawhar, N. Mohamed e K. Shuaib, "A framework for monitoraggio dell'infrastruttura del gasdotto utilizzando una rete di sensori wireless funziona ", negli *Atti del Wireless Telecommunications Sym-posium (WTS '07)* , aprile 2007.

[30] H. Saeed, S. Ali, S. Rashid, S. Qaisar e E. Fellemban, "Reliable monitoraggio di oleodotti e gasdotti tramite sensore wireless network (wsn): remong ", in *Atti della 9a Internazionale Conferenza sul sistema di ingegneria dei sistemi (SoSE '14)* , pagg. 230–235, giugno 2014.

[31] H. Yu e M. Guo, "Un monitoraggio efficiente degli oleodotti e del gas sistemi basati su reti di sensori wireless ", in *Atti di la terza conferenza internazionale sulla sicurezza delle informazioni e Intelligent Control (ISIC '12)* , pp. 178–181, IEEE, agosto 2012.

[32] AA Pasi e U. Bhawe, "Sistema di rilevamento delle inondazioni tramite wireless rete di sensori ", *International Journal of Advanced Research in Informatica e ingegneria del software* , vol. 5, n. 2, pagg. 386–389, 2015.

[33] S. Tyan e S.-H. Oh, "AUV-RM: rete di sensori sottomarini schema per il monitoraggio dei fiumi basato su AUV, " *Research Trend in Computer e applicazioni, SERCE* , vol. 24, pagg. 53–55, 2013.

[34] R. Marin-Perez, J. Garcia-Pintado e AS Gómez, "A real-sistema di misurazione del tempo per il monitoraggio delle piene di lunga durata e applicazioni di avvertenza, " *Sensors* , vol. 12, no. 4, pagg. 4213–4236, 2012.

[35] EN Udo e EB Isong, "Flood monitoring and detection sys-tem utilizzando la rete di sensori wireless ", *Asian Journal of Computer e Sistemi informativi* , vol. 1, n. 4, pagg. 108–113, 2013.

[36] P. Kumar, P. Kumar, P. Priyadarshini e Srijia, "Underwater rete di sensori acustici per la generazione di allarmi precoci ", in *Atti degli oceani* , pagg. 1-6, IEEE, Hampton Roads, Va, USA, ottobre 2012.

[37] K. Casey, A. Lim e G. Dozier, "Un'architettura di rete di sensori per il rilevamento e la risposta allo tsunami ", *International Journal of*

Atti dei seminari IEEE GLOBECOM (GC Wkshps. '11), pagg. 115–119, IEEE, Houston, Tex, USA, dicembre 2011.

[22] M. Lpez, S. Martnez, J. Gmez et al., "Wireless monitoring of the pH, NH₄⁺ e la temperatura in un allevamento ittico ", *Procedia Chemistry* , vol. 1, n. 1, pagg. 445–448, 2009.

[23] LA Abdul-Rahaim e AMA Ali, "Wireless remoto automazione e monitoraggio di grandi aziende agricole mediante sensori wireless reti e Internet ", *International Journal of Computer Scienza e tecnologia ingegneristica* , vol. 6, n. 3, pagg. 118–137, 2015.

[24] N. Nasser, ANK Zaman, L. Karim e N. Khan, "CPWS: un protocollo di instradamento efficiente per laghetti per pesci basati su sensori RGB sistema di monitoraggio ", in *Proceedings of the IEEE 8th International Conferenza su Wirelless e Mobile Computing, Networking e Communications (WiMob '12)* , pagg. 7-11, ottobre 2012.

[25] A. Pirisi, F. Grimaccia, M. Mussetta et al., "Optimization di una boa per la raccolta di energia per il monitoraggio della barriera corallina ", *Atti del Congresso IEEE sul calcolo evolutivo (CEC '13)* , pp. 629-634, IEEE, Cancun, Messico, giugno 2013.

[26] S. Bainbridge, D. Eggeling e G. Page, "Lezioni dal campo: due anni di implementazione di reti di sensori wireless operative su la grande barriera corallina, " *Sensors* , vol. 11, n. 7, pagg. 6842–6855, 2011.

[27] S. Srinivas, P. Ranjitha, R. Ramya e G. Narendra, "Investigazione dell'ambiente oceanico utilizzando uwsn e uanet su larga scala ", in *Atti dell'ottava conferenza internazionale sul wireless*

Reti di sensori distribuiti , vol. 4, no. 1, pagg. 28–43, 2008.

[38] A. Khan e L. Jenkins, "Rete di sensori wireless sottomarina per la prevenzione dell'inquinamento degli oceani ", negli *Atti del 3 ° Conferenza internazionale sul software dei sistemi di comunicazione e Middleware e workshop (COMSWARE '08)* , pagg. 2-8, Gennaio 2008.

[39] CO Iwendi e AR Allen, "Wireless sensor network nodes: sicurezza e dispiegamento nel settore del petrolio e del gas del delta del niger ", *International Journal of Network Security e sue applicazioni* , vol. 3, no. 1, pagg. 68–79, 2011.

[40] A. Koulakezian, R. Ohannessian, H. Denkilikian et al., "Wireless nodo sensore per la misurazione dello spessore in tempo reale e la localizzazione delle fuoriuscite di petrolio ", in *Proceedings of the IEEE / ASME International Conferenza sulla mecatronica intelligente avanzata (AIM '08)* , pagg. 631-636, IEEE, Xi'an, Cina, agosto 2008.

[41] ONH Nweke e F. Henry, "Reti di sensori wireless basato sul controllo degli atti vandalici e delle fuoriuscite di petrolio e rilevamento: principali vantaggi per i settori petrolifero e del gas della Nigeria ", *The SIJ Transazioni sull'ingegneria informatica e la sua applicazione zioni* , vol. 3, no. 1, pagg. 1–6, 2015.

[42] S. Kumar, A. Perry, C. Moeller et al., "Real-time tracking gradiometro magnetico per il rilevamento di mine subacquee ", in *Atti di OCEANS '04 e MTS / IEEE TECHNO-OCEAN '04* , vol. 2, pp. 874–878, novembre 2004.

[43] DP Williams, "Su una distanza ottimale tra le tracce AUV per sott'acqua rilevamento delle mine ", in *Atti della Convenzione internazionale IEEE fference on Robotics and Automation (ICRA '10)* , pp. 4755–4762, IEEE, Anchorage, Alaska, USA, maggio 2010.

[44] C. Rao, K. Mukherjee, S. Gupta, A. Ray e S. Phoha, "Rilevamento di mine subacquee utilizzando l'analisi del modello simbolico di immagini sonar a scansione laterale ", in *Proceedings of the American Control Conference (ACC '09)* , pp. 5416–5421, giugno 2009.

[45] S. Khaleedi, H. Mann, J. Perkovich e S. Zayed, "Design of an sistema di rilevamento delle mine subacquee ", in *Atti dell'IEEE Simposio sulla progettazione di sistemi e ingegneria dell'informazione (SIEDS '14)* , pp. 78-83, aprile 2014.

[46] C. Barngrover, R. Kastner e S. Belongie, "Semisynthetic rispetto ai dati di addestramento del sonar del mondo reale per la classificazione di oggetti simili a mine ", *IEEE Journal of Oceanic Engineering* , vol. 40, no. 1, pagg. 48–56, 2015.

[47] MJ Hamilton, S. Kemna e D. Hughes, "Antisubmarine applicazioni belliche per veicoli subacquei autonomi: il Risultati delle prove in mare GLINT09, " *Journal of Field Robotics* , vol. 27, n. 6, pagg. 890–902, 2010.

[48] S. Zhou e P. Willett, "Stima della posizione dei sottomarini tramite a rete di sensori di solo rilevamento, " *Transazioni IEEE sul segnale Processing* , vol. 55, n. 6, pagg. 3104–3115, 2007.

[49] RB Manjula e SS Manvi, "Ottimizzazione della copertura basata implementazione del sensore utilizzando PSO per il rilevamento anti-sottomarino in UWASNs ", negli *Atti del 12th Symposium on Ocean Electronics (SYMPOL '13)* , pagg. 15–22, ottobre 2013.

[50] S. Kemna, MJ Hamilton, DT Hughes e KD LePage, "Veicoli subacquei autonomi adattivi per il monitoraggio del litorale lance, " *Intelligent Service Robotics* , vol. 4, no. 4, pagg. 245–258, 2011.

[51] A. Caiti, V. Calabr'o, A. Munaf'o, G. Dini e A. Lo Duca, "Reti mobili di sensori subacquei per protezione e sicurezza rità: esperienza sul campo all'esperimento UAN11 ", *Journal of Field Robotica* , vol. 30, no. 2, pagg. 237–253, 2013.

[52] E. Cayirci, H. Tezcan, Y. Dogan e V. Coskun, "Wireless reti di sensori per sistemi di sopravvivenza sottomarina ", *Ad Hoc Reti* , vol. 4, no. 4, pagg. 431–446, 2006.

[53] M. Waldmeyer, H.-P. Tan e WKG Seah, "Multi-stage AUV-localizzazione assistita per reti di sensori wireless subacquei ", in *Atti della IEEE International Conference on Advanced Reti di informazioni e seminari sulle applicazioni (WAINA '11)* , pagg. 908–913, marzo 2011.

[54] Y. Guo e Y. Liu, "Localizzazione per subacquei senza ancoraggio reti di sensori ", *Computers & Electrical Engineering* , vol. 39, no. 6, pagg. 1812–1821, 2013.

[55] P. Carroll, S. Zhou, K. Mahmood, H. Zhou, X. Xu e J.-H. Cui, "Localizzazione asincrona su richiesta per sensore subacqueo reti ", in *Proceedings of the IEEE Oceans* , pagg. 1–4, IEEE, Hampton Roads, Va, USA, ottobre 2012.

[56] T. Le Sage, A. Bindel, P. Conway, S. Slawson e A. West, "Sviluppo di una rete di sensori wireless per embedded monitoraggio del movimento umano in un ambiente difficile ", in *Atti della 3a Conferenza Internazionale IEEE sui Communication Software and Networks (ICCSN '11)* , pagg. 112–115, maggio 2011.

[57] J. Marshall, "Posizionamento del nuotatore in campo magnetico", *IEEE Sensors Journal* , vol. 15, no. 1, pagg. 172–179, 2015.

[59] T. Le Sage, P. Conway, L. Justham, S. Slawson, A. Bindel e A. West, "Un sistema integrato basato su componenti per il segnale elaborazione delle prestazioni di nuoto ", in *Atti del Conferenza internazionale sull'elaborazione del segnale e multimediale Applicazioni (SIGMAP '10)* , pagg. 73-79, IEEE, Atene, Grecia, Luglio 2010.

[60] RM Hagem, DV Thiel, SG O'Keefe e T. Fickenschner, "La comunicazione ottica wireless per i nuotatori in tempo reale alimenta-indietro: una recensione ", in *Atti del Simposio Internazionale sulle comunicazioni e le tecnologie dell'informazione (ISCIT '12)* , pp. 1080–1085, ottobre 2012.

[61] RM Hagem, SG O'Keefe, T. Fickenschner e DV Thiel, "Self conteneva un sistema di comunicazione senza fili ottico adattabile per la frequenza di bracciate durante il nuoto ", *IEEE Sensors Journal* , vol. 13, no. 8, pagg. 3144–3151, 2013.

[62] RM Hagem, DV Thiel, SG O'Keefe, A. Wixted e T. Fickenschner, "FSK ottico wireless a corto raggio a basso costo modem per il feedback dei nuotatori ", in *Proceedings of the IEEE Conferenza SENSORS* , pp. 258–261, IEEE, Limerick, Republic of Irlanda, ottobre 2011.

[63] D. He e L.-X. Zhang, "Il sistema di monitoraggio della qualità dell'acqua basato su WSN ", negli *Atti della 2a Conferenza Internazionale ence su elettronica di consumo, comunicazioni e reti (CECNet '12)* , pagg. 3661–3664, Yichang, Cina, aprile 2012.

[64] G. Xu, W. Shen e X. Wang, "Applicazioni del sensore wireless reti nel monitoraggio dell'ambiente marino: un'indagine, " *Sensors* , vol. 14, n. 9, pagg. 16932–16954, 2014.

[65] B. Thornton, A. Bodenmann, A. Asada, T. Sato e T. Ura, "Strumentazione acustica e visiva per rilievo manganese croste utilizzando un veicolo subacqueo ", negli *Atti del OCEANS* , pagg. 1–10, ottobre 2012.

[66] J. Lloret, "Nodi e reti di sensori subacquei", *Sensors* , vol. 13, n. 9, pagg. 11782–11796, 2013.

[67] T. Kanazawa, "Japan Trench terremoto e tsunami monitor-rete di 150 osservatori del fondo oceanico collegati via cavo e il suo impatto sulla scienza dei disastri terrestri ", in *Proceedings of the IEEE Simposio internazionale sulla tecnologia subacquea (UT '13)* , 5, p. 1, marzo 2013.

[68] G. Han, A. Qian, C. Zhang, Y. Wang e JJPC Rodrigues, "Algoritmi di localizzazione nell'acustica subacquea su larga scala reti di sensori: un confronto quantitativo, " *International Journal of Distributed Sensor Networks* , vol. 2014, ID articolo 379382, 11 pagine, 2014.

[69] N. Chakravorti, T. Le Sage, SE Slawson, PP Conway, e AA West, "Progettazione e implementazione di un strumento di monitoraggio delle prestazioni grattugiato per il nuoto da estrarre informazioni sull'ictus in tempo reale, " *IEEE Transactions on Human-Machine Systems* , vol. 43, n. 2, pagg. 199–213, 2013.

[70] M. Jaroensutasinee, K. Jaroensutasinee, TFS Bainbridge et al., "Applicazioni di reti di sensori per le barriere coralline dell'isola di Rachaa, Thailandia ", negli *Atti della 12a Barriera Corallina Internazionale Symposium* , Cairns, Australia, luglio 2012.

- [58] FAD Magalhaes, G. Vannozzi, G. Gatta e S. Fantozzi,
"Sensori inerziali indossabili nell'analisi del movimento del nuoto: a
revisione sistematica, " *Journal of Sports Sciences* , vol. 33, n. 7, pagg.
732–745, 2015.