

sensori

Articolo

Recupero geografico e opportunistico con Profondità e regolazione della trasmissione di potenza per Efficienza energetica e attenuazione dei buchi vuoti negli UWSN

Abdul Mateen ¹, Muhammad Awais ¹, Nadeem Javaid ^{1, *}, Farruh Ishmanov ^{2, *},
Muhammad Khalil Afzal ³ e Saqib Kazmi ¹

¹ Dipartimento di Informatica, COMSATS University Islamabad, Islamabad 44000, Pakistan;
ammateen49@gmail.com (AM); amawais@hotmail.com (MA); saqib.kazmi149@gmail.com (SK)

² Dipartimento di Elettronica e Ingegneria delle Comunicazioni, Università Kwangwoon, Seoul 01897, Corea

³ Wah Campus, COMSATS University Islamabad, Wah Cantonment 47040, Pakistan;
khalilafzal@ciitwah.edu.pk

* Corrispondenza: nadeemjavaidqau@gmail.com (NJ) e farruh.uzb@gmail.com (FI)

Ricevuto: 16 novembre 2018; Accettato: 14 gennaio 2019; Pubblicato: 9 febbraio 2019

Riassunto: le reti di sensori wireless subacquee (UWSN) sono framework promettenti ed emergenti avendo una vasta gamma di applicazioni. L'implementazione del sensore subacqueo è vantaggiosa; però, alcuni fattori limitano le prestazioni della rete, ovvero minore affidabilità, elevato ritardo end-to-end e massima dissipazione di energia. L'approvvigionamento dei suddetti fattori è diventato un compito impegnativo per la comunità di ricerca. Negli UWSN, il consumo della batteria è inevitabile e lo è un impatto diretto sulle prestazioni della rete. La maggior parte delle volte l'energia si dissipa a causa di creazione di buchi vuoti e distribuzione di rete squilibrata. In questo lavoro, sono due protocolli di routing proposto per evitare il buco vuoto e problemi di dissipazione di energia extra che, a causa della quale durata della rete aumenta. Per mostrare l'efficacia degli schemi di routing proposti, vengono confrontati con lo stato dell'arte dei protocolli. I risultati della simulazione mostrano che gli schemi proposti sono migliori le controparti.

Parole chiave: GEDPAR; buchi vuoti; efficienza energetica; Reti di sensori wireless subacquee (UWSN); regolazione della profondità; raggio di trasmissione

1. Introduzione

Il pianeta Terra, su cui viviamo la nostra vita, è costituito per il 70% da acqua. Mentre gli oceani reggono di più oltre il 90% dell'acqua totale. Questa quantità mostra l'importanza del mezzo idrico. Per esplorare il mezzo subacqueo per ottenere e condividere informazioni importanti, una rete viene distribuita in uno specifico regione. La trasmissione di informazioni tramite Underwater Wireless Sensor Networks (UWSN) è uno dei tecnologie emergenti e viene utilizzato per il miglioramento dei sistemi di osservazione degli oceani. Applicazioni di Gli UWSN spaziano dall'acquacoltura all'industria petrolifera; monitoraggio strumentale alla registrazione climatica; inquinamento controllo alle previsioni sui disastri naturali; scopi di ricerca e indagine per scopi sottomarini.

Il nodo sensore in una UWSN acquisisce le informazioni desiderate e trasmette verso il successivo nodo dello spedizioniere che è più vicino al sink (Sink: questa parola è usata in alternativa come nodo sink, sonobuoy, nodo di destinazione e nodo di destinazione) [1]. Questo pozzo può essere il data center onshore o un semplice sensore nodo sulla superficie dell'acqua. Nella procedura di inoltrare dei dati, la sorgente (Source: le parole source node e il nodo iniziale sono alternativamente usati per l'origine) il nodo genera pacchetti di dati e comunica con i suoi vicini per trovare il potenziale nodo. In seguito, il potenziale nodo vicino trova il successivo

Sensori 2019, 19, 709; doi: [10.3390/s19030709](https://doi.org/10.3390/s19030709)

www.mdpi.com/journal/sensors

potenziale nodo dai suoi vicini e trasmette i pacchetti di dati verso quel potenziale nodo. Trovare il potenziale vicino dal nodo forwarder, vengono definiti alcuni criteri e procedure di instradamento. Questo criterio può basarsi sull'uso efficiente dell'energia o sull'alleviamento dei buchi vuoti.

Le onde a radiofrequenza (RF) non possono essere utilizzate in un mezzo subacqueo. Il motivo è che la tecnologia RF aumenta il consumo di energia aumentando il fattore di attenuazione. In basso frequenze (da 30 a 300 HZ), l'acqua diventa un conduttore per le onde RF. Inoltre, le frequenze in questo la portata richiede le grandi dimensioni delle antenne e queste antenne richiedono un'elevata potenza di trasmissione per i dati trasmissione. Questi requisiti non possono essere soddisfatti negli UWSN. Di conseguenza, le onde RF non possono essere utilizzato negli UWSN. Inoltre, la tecnologia delle onde ottiche richiede una precisione molto elevata su un singolo punto per un trasmettitore e un ricevitore. Tuttavia, i nodi del sensore si muovono con la corrente dell'acqua. In sostanza, dobbiamo usare le onde acustiche negli UWSN. Tuttavia, la velocità delle onde acustiche è quasi cinque ordini di grandezza inferiori alla velocità delle onde RF [2].

Il mezzo subacqueo è estremamente imprevedibile e impegnativo rispetto a Rete di sensori wireless (WSN). Le principali differenze di UWSN con WSN sono: (1) alta energia consumo (2) ritardo di propagazione elevato (3) larghezza di banda ridotta (4) topologia-funzionamento ad alta dinamica (5) minore velocità di propagazione (6) bassa efficienza (7) bassa velocità di trasmissione dei dati e (8) alta qualità ambientale e interferenze di rumore. Il confronto tra UWSN e WSN è mostrato nella Tabella 1.

Tabella 1. Differenze di base tra UWSN e WSN.

Base di differenza	UWSN	WSN
Consumo energetico	Molto alto	Basso
Ritardo di propagazione	Alto	Basso
Larghezza di banda	Basso	Alto
Operazione con topologia dinamica	Alto	Basso
Efficienza	Basso	Alto
Velocità di trasmissione dati	Basso	Alto
Interferenza ambientale e acustica	Alto	Basso
Mezzo di comunicazione	Onde acustiche	Onde RF
Velocità di propagazione	Da 1200 m / s a 1500 m / s	3×10^8 m / s

La progettazione dei protocolli di routing ha un'importanza fondamentale in UWSN. Questi protocolli indicano il percorso di instradamento dei dati dal nodo di origine in basso verso il nodo di sink in superficie dell'oceano. Espressamente, questi protocolli affrontano le diverse sfide associate a mezzo subacqueo, ad esempio, risorse della batteria limitate, interferenze, rumore, rapporto di consegna del pacchetto affidabile (PDR), elevato ritardo di propagazione, movimenti dei sensori e fori vuoti.

L'utilizzo efficiente dell'energia è uno dei compiti più importanti durante la progettazione di un protocollo di routing. Poiché le batterie dei nodi dei sensori in un ambiente sottomarino non sono rimovibili e sono limitate accumulo di energia. Questo problema fornisce una base solida per un uso efficiente della batteria. Per lo più, l'energia si dissipa durante i processi di trasmissione e ricezione dei pacchetti di dati. L'utilizzo efficiente dell'energia dipende da vari fattori. Ad esempio, la posizione iniziale e il numero di nodi di ancoraggio; nodi del sensore e il file modo in cui vengono distribuiti i nodi. La distribuzione di una rete deve essere uno dei due tipi (1) distribuzione sparsa e (2) distribuzione densa. Lo scarso dispiegamento porta alla creazione di un file fori vuoti e distribuzione densa provocano una quantità eccessiva di guasti ai sensori.

L'energia e la stabilità della rete hanno una relazione diretta. Man mano che l'energia dei sensori aumenta, il la stabilità della rete sarà più lunga e viceversa. I buchi vuoti sono aree all'interno della trasmissione raggio di una rete in cui un nodo non riesce a trovare il prossimo prossimo o server di inoltro. La creazione di buchi vuoti ha i seguenti motivi (1) il nodo diventa morto a causa dell'elevato consumo di energia e (2) nessun nodo di inoltro.

Il controllo della topologia ha la capacità di superare gli effetti indesiderati degli UWSN e di conseguenza di migliorare le prestazioni dei protocolli di routing. La relazione tra controllo della topologia e UWSN è riassunto come segue [3].

- Negli UWSN, la comunicazione wireless è fornita dal canale acustico per l'abilitazione servizi di rete.
 - Gli UWSN hanno molte caratteristiche peculiari che migliorano le sfide in modo efficace progettazione di reti.
 - Per superare queste sfide e aumentare le prestazioni della rete, il controllo della topologia il metodo è la soluzione migliore.
- La localizzazione della rete di sensori sott'acqua è indispensabile. I dati raccolti sono inutili fino al non è correlato alla posizione specificata del nodo del sensore. La localizzazione negli UWSN è molto importante in quanto ha molte applicazioni utili, ad esempio, il monitoraggio del bersaglio, il monitoraggio dell'ambiente sottomarino, controllo dell'inquinamento e protocolli di instradamento geografico. Tuttavia, gli UWSN non possono utilizzare Global Sistema di posizionamento (GPS) grazie all'elevata dissipazione di energia e all'elevata attenuazione dei segnali RF [4, 5].
- In questo lavoro, abbiamo proposto percorsi GEografici e opportunistici con Depth and Power Tecniche di instradamento del percorso di regolazione (GEDPAR) e recupero del foro vuoto end to end (E2EVHR) GEDPAR e E2EVHR vengono confrontati con il routing geografico e opportunistico con Depth

Routing all'avanguardia (GEDAR) e Layered Multi-path Power Control (LMPC) protocolli. Le simulazioni vengono eseguite per verificare l'efficacia degli schemi proposti.

Il resto di questo lavoro è organizzato come segue: La sezione 2 fornisce una breve panoramica dello stato di l'opera d'arte. La dichiarazione del problema è elaborata nella Sezione 3. La sezione 4 presenta il sistema proposto modello. La discussione sulle simulazioni è fornita nella sezione 5. Regioni realizzabili dei protocolli proposti sono presentati nella Sezione 6. Infine, la Sezione 7 riassume l'intero lavoro.

2. Lavori correlati

In questa sezione, esaminiamo e confrontiamo alcuni lavori recenti sulla base della copertura di un'area specifica degli UWSN. I lavori che riguardano l'efficienza energetica e i vuoti sono confrontati nella sezione 2.1. Inoltre, vengono confrontati i lavori che coprono il concetto di localizzazione o instradamento geografico nella sezione 2.2. Inoltre, la sezione 2.3 presenta il confronto di schemi basati sul controllo topologico. Infine, il concetto di buco vuoto è presentato nella Sezione 2.4. Inoltre, la tabella 2 fornisce il riepilogo di queste opere.

2.1. Basato sull'efficienza energetica

I lavori [6-9] ha proposto diversi schemi per migliorare l'efficienza energetica. Le opere in [6, 7] hanno utilizzato le tecniche multi-hop. Considerando che il giornale [6] si concentra sull'affidabilità della rete e sulla mobilità gestione, PDR ed efficienza energetica. D'altra parte, il lavoro [7] si concentra solo sull'energia efficienza. Entrambi i lavori [6, 7] raggiungere i propri obiettivi; tuttavia, il ritardo end-to-end è compromesso. Gli autori nelle opere [8, 9] si concentra principalmente sull'affidabilità coprendo un salto dal nodo forwarder. Lo schema proposto EBLE dal lavoro [8] mira a ridurre al minimo la dissipazione di energia con il pacchetto gestione delle dimensioni. L'obiettivo è raggiunto con successo sul costo del ritardo. Il percorso cooperativo è utilizzato nel lavoro [9] per l'affidabilità dei dati e la gestione della mobilità, mentre il PDR e l'uso efficiente dell'energia sono gli obiettivi principali. Gli obiettivi vengono raggiunti con successo; tuttavia, la rete funziona male in distribuzione di rete sparsa.

I lavori [10-13] utilizzano anche tecniche di efficienza energetica. I lavori [10, 12] forniscono il affidabilità. Entrambi i lavori discutono il concetto di multi-speranza. Lo schema proposto nel lavoro [10] è vantaggioso per una grande quantità di pacchetti di dati; tuttavia, questa tecnica proposta non lo fa funzionare bene nella distribuzione di rete sparsa. L'MLPR di [12] guarda al percorso efficiente per instradamento utilizzando energia minima. Per l'implementazione di MLPR, è necessaria più memoria per operazioni extra su ogni nodo. Gli schemi di dissipazione dell'energia; SDVF ed EBULC sono proposti in lavori [11, 13], rispettivamente. Entrambi i programmi considerano la gestione della mobilità per diminuire l'energia consumo in UWSN. I risultati mostrano che il ritardo end-to-end nei lavori [11, 13] è migliorato.

Tabella 2. Confronto di diverse opere.

Tipo di tecnica	Tecnica/ Protocollo	Affidabilità	Dimensione del pacchetto	Mobilità Gestione	Numero di luppolo	Realizzazioni	Sfide	Limitazioni
Basato sull'efficienza energetica	RE-PBR [6]	×	×	×	Multi-hop	PDR ed energia efficienza migliorata	Difficile da distribuire fitta rete	In una distribuzione d il ritardo end-to-end è aumentato
	TCEB [7]	×	×	×	Multi-hop	Di meno energia dissipazione	Grave causa di il consumo di energia è attenuazione negli UWSN	Il ritardo end-to-end è migliorata
	EBLE [8]			×	Single-hop	Lower energia dissipazione di bilanciamento il carico di traffico	Perdita / guasto del percorso a causa di pacchetto dati continuo trasmissione	Consumo energetico è diminuito sul costo del ritardo
	Cooperativa routing [9]	×			Pacchetto di salto singolo riuscito	consegna e inferiore energia utilizzo	Nodi di sensori wireless muoversi con la corrente	Rete prestazione degrada in rado condizioni
	CS [10]	×		×	Single-hop e multi-hop	Benefico per grande quantità di pacchetti di dati	Meno risorse e efficienza energetica	Non funziona efficacemente in Spar distribuzione di rete
	SDVF [11]				Single-hop e multi-hop	Aumenta la rete durata e PDR	Energia efficienza, Rete complessità e sicurezza del routing	Aumento della fonte : ritardo di destinazioni
	MLRP [12]	×		×	Multi-hop	Trova efficiente sentiero e ridurre al minimo l'energia dissipazione	Perdita di dati durante processo di trasmissione	Più memoria a ciascu node è richiesto per operazioni extra
	EBULC [13]	×	×		Multi-hop	Efficienza energetica	Complessità degli UWSN	Energia utilizzo minimizza il costo di ritardo end-to-end
	Energia efficiente raccolta dei dati metodo [14]	×	×		Multi-hop	Efficienza energetica migliorata con successo	Overhead di routing informazione e aumento operativo tempo	Il ritardo è aumentato

Sensori 2019 , 19, 709

Tabella 2. Cont.								
Tipo di tecnica	Tecnica/ Protocollo	Affidabilità	Dimensione del pacchetto Gestione	Mobilità Gestione	Numero di luppolo	Realizzazioni	Sfide	Limitazioni
Basato sulla localizzazione	Revisione di esistente tecniche [15]	×	×		Single-hop e multi-hop	-	Problemi di sicurezza e consumo energetico	Non discute di complessità del schemi rivisti
	Ritrasmissione e ridondante approccio [16]		×	×	PDR avanzato a salto singolo		Complessità del Rete	Lo schema proposto è troppo complesso per strumento
	Intero lineare programmazione [17]			×	Vita a salto singolo	di	Soluzione ottimale per dissipazione di energia e dimensione del pacchetto di dati	Da origine a destinazi il ritardo è aumentato
	Revisione sopra localizzazione algoritmi [1]	×	×	×	Single-hop e multi-hop	-	Attacchi dannosi	Non posso spiegare c allagamento e percors problemi di perdita pe compromesso
	Revisione sopra basato sulla localizzazione instradamento algoritmi [2]	×	×	×	Single-hop e multi-hop	-	Alto interferenza, limitato batteria di nodi e basso larghezza di banda	Non discutere di PDR e buchi vuoti
	Revisione di diverso tecniche [4]		×	×	Single-hop e multi-hop	-	Limitato larghezza di banda, ritardo i problemi, localizzazione e problemi di sicurezza	Numero considerevol delle sfide sono ignorato
	RBCN [18]	×	×	×	Multi-hop	Aumento del PDR	Trova le posizioni di nodi vivi	Il ritardo end-to-end è compromesso
	Panoramica di UWSN funziona [19]	×	×		Single-hop e multi-hop	-	Localizzazione, hardware, simulazione strumenti e bassa potenza aliente	Problemi relazioni localizzazione non discusso, e, g., attacco dannoso
	ANGUILLA [5]	×	×		Multi-hop	Nuovo algoritmo e Miglioramento in i risultati	Alto costo e problemi di complessità	Non può trova punto ottimale per localizzazione consumo di energia

Sensori 2019 , 19, 709

Tabella 2. Cont.								
Tipo di tecnica	Tecnica/ Protocollo	Affidabilità	Dimensione del pacchetto Gestione	Mobilità Gestione	Numero di luppolo	Realizzazioni	Sfide	Limitazioni
Basato sul controllo della topologia	TCEB [7]	×	×	×	Multi-hop	Energia consumo è ridotto a causa per dinamico topologia	La modifica della topologia non lo è molto efficiente grazie a attenuazione	Il ritardo end-to-end è è aumentato
	Classificare topologia controllo algoritmo [3]		×		-	-	Mobilità del sensore i nodi creano difficoltà nel efficiente utilizzo di batterie, perdita di connettività e alta errore di velocità in bit	Non fornisce algoritmo efficiente
	GARM [20]	×	×	×	PDR single-hop ed	energia efficienza migliorata	Posizione ottimale di aliente e minimo attenuazione del canale	Proposto sc lavori nel predefi ambiente
	TORA [21]		×	×	Multi-hop	Ritardo end-to-end e attenuazione di vuoti buchi	Larghezza di banda bassa, alta latenza e tasso di errore	Proposto sc richiede più tempo calcoli
	GEDAR [22]		×		Multi-hop	Void buco	Calcoli e	Consumo energetico

Basato su nodo vuoto				evitare	consumo energetico		per la regolazione del
							è alto
LMPC [23]	×	×	Multi-hop	Void attenuazioni	buco	Dividere la rete area in strati	Comunicazione in testa dove multiple e quale risultati ritardo nella comunic

L'efficienza energetica è focalizzata nei lavori [14-17]. In [14], alcuni metodi di raccolta dati vengono discussi quale energia minima utilizzata per la trasmissione dei dati dalla sorgente alla destinazione. In entrambe [14,15], si considera la gestione della mobilità, mentre nel [14], affidabilità e dimensione del pacchetto la gestione non è considerata. Tuttavia, i giornali [15-17] concentrarsi sull'affidabilità del Rete. Inoltre, [15] considera entrambi i tipi di strategie di inoltro; single-hop e multi-hop. Mentre [14, 16, 17] concentrarsi solo sul single-hop dal nodo corrente. Inoltre, il lavoro in [15] considera i problemi di sicurezza degli UWSN. Nel frattempo [14], gli autori discutono i problemi di ottenere il percorso informazione. Nel [16], la complessità della rete è una sfida importante. Inoltre, la carta [17] lavora per l'efficienza energetica gestendo la dimensione del pacchetto di dati.

2.2. Basato sulla localizzazione

Gli autori di [1,2,4, 18, 19] discute il routing geografico o basato sulla localizzazione. Il lavoro in [1,2] rivedere i lavori in cui viene utilizzato il concetto di instradamento basato sulla localizzazione. Entrambi questi sopra, discutere l'affidabilità e nessuno di loro lavora sulla gestione della mobilità o sulla gestione delle dimensioni dei pacchetti. Inoltre, in [1, 2], viene ideato il concetto di single-hop e multi-hop. Le sfide che sono discusse in questi lavori sono alte interferenze, batterie limitate di nodi sensori, larghezza di banda bassa e attacchi dannosi. Il lavoro in [18] raggiunge il PDR più elevato trovando le posizioni dei nodi vivi. Successivamente, i pacchetti di dati vengono inviati a questi nodi attivi, di conseguenza. Le sfide discusse in [19] sono localizzazione, hardware fattibile, strumenti di simulazione rilevanti e alianti a bassa potenza.

2.3. Basato sul controllo della topologia

Gli autori di [3, 5, 7, 20] ha proposto soluzioni basate sul controllo della topologia. Schemi TCEB e GARM sono proposti per controllare la topologia delle UWSN in [7, 20], rispettivamente. Inoltre, il [3] classifica diversi protocolli topologici. A partire dal [3], si parla di affidabilità e mobilità. Il lavoro [3] si concentra su single-hop e multi-hop mentre il lavoro [7] concentrarsi solo sul prossimo nodo di inoltro. Le sfide quello discusso in [3, 5, 7, 20] sono: alta attenuazione, mobilità dei nodi del sensore, efficienza energetica, bassa larghezza di banda, perdita di connettività, errore di bit rate elevato, costi di implementazione elevati, complessità e ottimizzazione posizione dell'aliante. Utilizzando una strategia topologica dinamica, lavora in [7] raggiunge l'efficienza energetica e il lavoro in [20] migliora sia il PDR che l'efficienza energetica. In [5], la gestione della mobilità è importante considerazione utilizzando EEL e il concetto di multi-speranza. Inoltre, il lavoro [5] ottiene risultati migliori risultati della simulazione da quelli confrontati.

2.4. Basato su foro vuoto

Il concetto di buco vuoto è presentato in [21-26]. I buchi vuoti sono le regioni all'interno della rete intervallo da cui non è possibile un'ulteriore trasmissione dei dati. In altre parole, se un nodo di inoltro non lo fa avere un ulteriore nodo per la trasmissione di pacchetti di dati, quindi questo nodo è chiamato nodo vuoto e area dove la trasmissione non è possibile nei cosiddetti buchi vuoti. TORA è presentato in [21] per evitare il vuoti buchi. Lo schema proposto utilizza il concetto di multi-speranza per evitare buchi nel vuoto e per migliorare efficienza energetica. Tuttavia, l'affidabilità e la complessità di questo schema non vengono discusse.

3. Dichiarazione del problema

In UWSN, ogni sensore ha risorse limitate e richiede un uso efficace di queste risorse. Efficiente il consumo di energia ha un importante contributo alla stabilizzazione della rete per la comunicazione a lungo termine. Negli UWSN, il pacchetto viene inviato dal nodo di origine al nodo sink utilizzando diversi nodi di inoltro. Se un nodo non riesce a trovare un nodo di inoltro nel suo raggio di trasmissione, causa un ostacolo nella rete durante la comunicazione.

Per evitare i buchi vuoti negli UWSN, un protocollo di instradamento chiamato GEDAR presentato in [22]. GEDAR affronta il problema regolando la profondità dei nodi; tuttavia, il processo di regolazione della profondità consuma molta energia. Nel [23], La tecnica di instradamento LMPC affronta la trasmissione efficiente dei dati tramite creare l'albero binario dal nodo radice. Tuttavia, la generazione di alberi binari consuma molta energia

e conducono verso l'overhead di trasmissione. Per superare i suddetti problemi, due instradamenti protocollo vale a dire GEDPAR e E2EVHR sono proposti per evitare i buchi vuoti ed eliminare il consumo di energia extra.

4. Modello di sistema

In questa sezione, il nostro modello di sistema proposto è presentato nella Figura 1. Il modello di sistema è costituito da nodi sorgente, nodi relè e boe sonore. Il nodo di origine inoltra i pacchetti di dati verso il destinatario sono boe durante la trasmissione. Il protocollo proposto segue la funzionalità multi-speranza per i pacchetti trasmissione. I nodi sorgente e relè utilizzano solo segnali acustici mentre vengono utilizzate le onde radio comunicazione tra nodo sink, sottomarino, satellite, stazione base e unità di elaborazione principale.

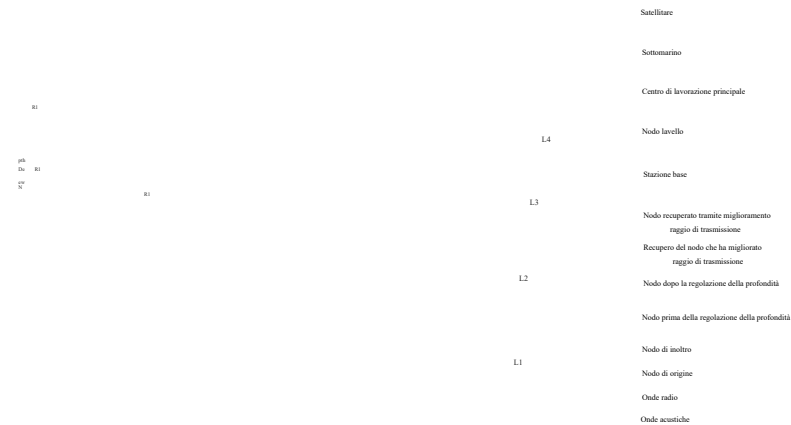


Figura 1. Modello di sistema proposto.

Nel modello di sistema proposto, i nodi dei sensori vengono distribuiti in modo casuale in un mezzo sottomarino. Tuttavia, i nodi del pozzo sono dispiegati sulla superficie del mare. Lo stesso raggio di trasmissione ed energia sono assegnato a ciascun nodo sensore. Inoltre, ogni nodo del sensore ha anche la capacità di regolare la propria profondità da dallo strato inferiore allo strato superiore. Durante la regolazione della profondità, i nodi si muovono solo in direzione verticale. Il processo di regolazione della profondità si verifica nel caso in cui un nodo non riesce a trovare nemmeno il suo prossimo forwarder aumentando il raggio di trasmissione. Ci sono tre diversi casi che vengono elaborati tramite modello di sistema proposto.

- Trasmissione riuscita
- Presenza di un buco vuoto
- Recupero del foro vuoto

Trasmissione riuscita

Nello scenario attuale, la trasmissione riuscita si verifica quando un pacchetto generato da la sorgente è stata ricevuta correttamente nel nodo sink. In questo caso, se viene trasmesso un pacchetto dal file iniziale nodo, segue diversi percorsi per raggiungere una destinazione. Durante il processo di trasmissione, il pacchetto si sposta da una profondità all'altra e da uno strato all'altro. Tuttavia, la direzione dei pacchetti è il nodo sink.

Occorrenza del foro vuoto

I vuoti possono essere definiti come nodi che non hanno vicini nel loro raggio di comunicazione. Fori vuoti vengono generati per molti motivi; eg, (1) Un nodo può essere morto a causa della ripetuta rielezione di lo stesso nodo o (2) Nessun nodo successivo del forwarder esiste nel raggio di trasmissione del forwarder corrente nodo. Il verificarsi di fori vuoti e blocchi nella trasmissione è riassunto nella Figura 2.



Figura 2. Nodo vuoto.

Recupero del foro vuoto

In caso di buchi vuoti, dobbiamo eseguire alcuni metodi di ripristino. In questo lavoro, GEDPAR è proposto per il recupero di buchi vuoti. GEDAR e LMPC vengono utilizzati anche per lo stesso scopo. Tuttavia, entrambi questi metodi hanno alcune limitazioni, ad esempio, GEDAR richiede sempre profondità regolazione al verificarsi di un buco vuoto. D'altra parte, LMPC utilizza il concetto di binario albero e inoltra più copie di ogni pacchetto.

Nello schema proposto, possiamo utilizzare l'opzione di un aumento della portata o della profondità di trasmissione regolazione. La regolazione della profondità viene utilizzata nel caso in cui non sia stato possibile trovare un nodo vicino nel raggio di trasmissione massimo. La Figura 3 presenta la regolazione del raggio di trasmissione. Il solido il cerchio mostra la gamma di trasmissione originale mentre il cerchio tratteggiato mostra la trasmissione migliorata gamma. La procedura di regolazione della profondità è mostrata nella Figura 4. In questa figura, R1 mostra il minimo raggio di trasmissione e R2 indica il raggio di trasmissione massimo. In caso, se un nodo non riesce a trovare il prossimo forwarder in R2 quindi il nodo corrente deve regolare la sua profondità verticalmente. Il nodo in colore blu mostra la nuova profondità.



Figura 3. Regolazione della gamma di trasmissione.

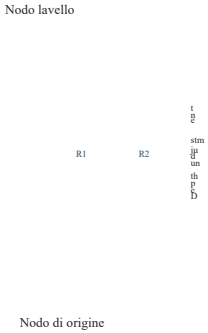


Figura 4. Regolazione della profondità.

4.1. Stabilire il collegamento con i vicini

I nodi dei sensori vengono distribuiti in un ambiente sottomarino e ogni sensore genera un saluto messaggio (messaggio di controllo) per trovare i suoi vicini. Questo messaggio di saluto è una tupla di diverse cose: source-id, destination-id, lo stato di un nodo (morto o attivo), tipo di nodo (nodo sorgente o nodo sink), coordina il nodo e l'energia residua del nodo corrente. Questa struttura è presentata nella Figura 5.



Figura 5. Struttura del messaggio di saluto.

4.2. Selezione nodo forwarder

Secondo il nostro modello di sistema proposto, il nodo vicino viene selezionato sulla base dell'ottimalità. Il criterio di ottimalità in questo scenario per un nodo è quello di avere energia efficiente e deve portare verso il nodo sink. Il punto di energia ottimale per un nodo viene calcolato utilizzando la seguente formula:

$$DistSD_{op} = \sigma \sqrt{\frac{B}{(1 - 2(1 - \sigma))}} \tag{1}$$

Qui, $DistSD_{op}$ rappresenta la distanza ottimale dalla sorgente al nodo di destinazione. Dove, σ è a costante di perdita di percorso e il calcolo per B è il seguente:

$$B = 2 \times E_{com} \tag{2}$$

dove, E_{com} rappresenta l'energia della comunicazione. La pendenza per la linea retta m dal nodo di origine a il nodo di destinazione viene calcolato come:

$$m = \frac{y_S - y_D}{x_S - x_D} \tag{3}$$

Qui, y_S , y_D , x_S e x_D sono le coordinate di invio e ricezione dei nodi. Equazione (4) descrive la perdita di percorso durante l'attenuazione del segnale. Questa equazione è presa da [22].

$$A(d, f) = DistSD_{op} \cdot k \cdot a(f)^{DistSD_{op}} \tag{4}$$

dove, $a(f)$ è il coefficiente di assorbimento, k è un fattore di diffusione e $DistSD_{op}$ indica il distanza ottimale da una sorgente al nodo di destinazione. Viene descritto il coefficiente di assorbimento dalla formula di Throp.

$$10\log a(f) = \left(\frac{0,11 \times f^2}{1 + f^2} \right) + \left(\frac{44 \times f^2}{4100 + f^2} \right) + 2,75 \times 10^{-4} f^2 + 0,003. \tag{5}$$

La probabilità di trasmissione per qualsiasi nodo con distanza d viene calcolata utilizzando l'equazione (6).

$$P(d, m) = (1 - P(DistSD_{op}))^m \tag{6}$$

Rumore della turbolenza $Rumore_{tur}$, rumore della spedizione $Rumore_{nave}$, rumore del vento $Rumore_{vento}$ e rumore termico $Rumore_{ther}$ sono calcolati utilizzando le equazioni (7) - (10), rispettivamente.

$$Rumore_{Tur} = 10 \left((17 - 30 \times \log_{10}(f)) \times 0,1 \right) \tag{7}$$

$$Rumore_{spedire} = 10 \left((40 + 20 \times (SHP - 0,5) + 26 \times \log_{10}(f) - 60 \times \log_{10}(f + 0,03)) \times 0,1 \right) \tag{8}$$

$$Rumore_{vento} = 10 \left((50 + ((7,5 \times vento))^{0,5}) + (20 \times \log_{10}(f)) - 40 \times \log_{10}(f + 0,4) \right) \tag{9}$$

$$Rumore_{ther} = -15 + (20 \times \log_{10}(f)) \tag{10}$$

Mentre il rumore totale $Rumore_{totale}$ viene calcolato sommando tutti i rumori come:

$$Rumore_{totale} = Rumore_{Tur} + Rumore_{nave} + Rumore_{vento} + Rumore_{ter} \tag{11}$$

4.3. GEDAR

GEDAR è un protocollo di instradamento opportunistico e basato sulla regolazione della profondità. In GEDAR, ogni pacchetto viene inviato al set di inoltro che consiste di diversi vicini. L'algoritmo 1 mostra la procedura di segnalazioni periodiche in GEDAR. Questa procedura richiede S e D. Dove, κ rappresenta i messaggi beacon. Le righe 4-16 elaborano la procedura generale per i calcoli della distanza e dei vicini. Le righe 8-11 aggiungono vicini all'elenco dei vicini. La riga 6 mostra che questa procedura si ripete per ogni nodo sorgente. Allo stesso modo, l'algoritmo 2 mostra i passaggi dopo aver ricevuto il messaggio beacon. Dall'algoritmo 2, Linee 5-10 mostrano l'aggiornamento delle informazioni dei vicini, mentre le righe 7-8 mostrano che la sequenza dei vicini il nodo viene aggiornato.

L'algoritmo 3 elabora la procedura di selezione del prossimo potenziale nodo. Il pacchetto sarà solo

inviato al nodo potenziale e questo criterio è definito nell'Algoritmo 3. Dove, ς_j è una copia di j e n_l mostra la priorità più alta del nodo. In questo algoritmo, in primo luogo, definiamo l'insieme del vicino candidato nodi. Ogni volta ς_j richiede una copia di j per mantenere la lista dei nodi nel suo raggio di trasmissione.

L'algoritmo 4 prevede i passaggi per il recupero del buco vuoto. Prima di tutto, valore per la corrente il nodo è impostato a "1" per la sua identificazione e arresta i messaggi beacon (linee 1–3). Il simbolo 3 mostra quel nodo corrente non ha vicini (riga 4). In altre parole, è un nodo vuoto. v è un insieme che contiene il record dei nodi successivi del forwarder. A e n_v sono rispettivamente il set di nodi void e il nodo void corrente. La distanza per ogni spedizioniere vicino al vuoto corrente è calcolata nella riga 10. Nelle righe 11-14, questa la distanza viene confrontata con il raggio di trasmissione. Se la distanza è inferiore al raggio di trasmissione, quindi il successivo nodo di inoltro si trova all'interno dell'intervallo del nodo di inoltro corrente e viceversa. Nel caso, se entro il raggio di trasmissione non è presente alcun nodo forwarder, viene eseguita la regolazione della profondità e dello stato per il nodo void è impostato a "0" da "1" (righe 17-18).

Algoritmo 1 Segnalazione periodica

```
1: nodo (S, D)
2: distribuzione in rete
3:  $\kappa$  : messaggio beacon
4: se il beacon è scaduto allora
5:      $\kappa$ .coordinate = distanza (nodo)
6:     se nodo  $\in N$  allora
7:         per  $s \in S$  fare
8:             se  $\lambda_s = 0$  allora
9:                 aggiungi nella lista dei vicini  $\kappa$  ( $s$ .id, coordinate x, coordinate y)
10:                 $\lambda_s = 1$ 
11:            finisci se
12:        finire per
13:    finisci se
14:    trasmissione  $\lambda$ 
15:    impostare un nuovo timeout
16: fine se
```

Algoritmo 2 Ricezione beacon

```
1: nodo (S, D)
2:  $\kappa$  : messaggio beacon
3: se  $\kappa$  proviene dal nodo sink, allora
4:     aggiorna S (nodo) e  $\kappa$ 
5: else aggiorna le informazioni del vicino ( $\kappa$ .id,  $\kappa$ .coordinates)
6:     per  $s \in \kappa$  fare
7:         se numero_sequenza ( $s, \kappa$ ) > numero_sequenza ( $s, S$  (nodo)) allora
8:             aggiornamento S (nodo)
9:         finisci se
10:    finire per
11: end if
```

Algoritmo 3 Selezione del nodo del server di inoltramento successivo

```
1: nodo (S, D)
2: i = 1
3:  $\zeta_j = j$ 
4: while  $\| > 0$  fare
5:      $J = n_1 \in j$ 
6:      $j = j - n_j$ 
7:     per  $n_u \in j$  do
8:         se  $D(n_1, n_u) < 1/2 \eta_c$  allora
9:              $J = J \cup n_u$ 
10:             $j = i - n_u$ 
11:        finisci se
12:    finire per
13:     $i_o = i_o + 1$ 
14: end while
15: per  $J_j$  do
16:    per  $n_k \in \zeta_j$  do
17:        se  $D(n_k, n_t) < r_c$  allora
18:             $J_{i_o} = J_{i_o} \cup n_k$ 
19:        finisci se
20:    finire per
21: fine per
```

Algoritmo 4 Recupero del foro vuoto per GEDAR

```
1: se il nodo corrente è void = 1, allora
2:    interrompere i messaggi beacon
3: termina se
4:  $v = 3$ : nessun nodo vicino
5:  $v$ : insieme dei prossimi nodi forwarder
6:  $A$ : insieme di nodi vuoti
7:  $n_v$ : è l'attuale nodo void
8: se  $|v| > 0$  quindi
9:    per  $n_u \in v$  do
10:         $dist = \sqrt{(x_v - x_u)^2 + (y_v - y_u)^2}$ 
11:        se  $dist \leq r_c$  allora
12:             $(x_v - x_u)^2 + (y_v - y_u)^2 + (z_v - z_u)^2$ 
13:             $v = v \cup z_v$ 
14:        finisci se
15:    finire per
16: fine se
17:  $n_v$  si sposta alla nuova profondità calcolata
18: il nodo corrente è void = 0
```

4.4. LMPC

In LMPC, per una trasmissione efficiente, il concetto multistrato viene implementato dividendo la rete ambiente in strati disuguali; come, il funzionamento di LMPC dipende totalmente dagli strati. abbiamo

già discusso che il rumore in acque profonde è inferiore a quello in acque poco profonde. Quindi, la dimensione di uno strato in l'acqua profonda è maggiore dell'acqua bassa. La dimensione di uno strato ha una relazione inversa con il rumore attenuazione; maggiore sarà l'attenuazione del rumore, minore sarà la dimensione dello strato e viceversa. Il pittorico la forma di questi livelli è presentata nella Figura 6 e l'algoritmo 5 elabora i passaggi per il routing LMPC schema. Dall'algoritmo 5, la riga 1 mostra l'ingresso e la riga 2 rappresenta l'inizializzazione dei parametri. L'energia totale di ogni nodo viene calcolata nelle righe 3-5. Numero totale di livelli in cui è suddivisa la rete vengono decisi nella riga 6. La riga 7 mostra lo schieramento dei nodi. La procedura di ricerca del vicino viene eseguita in righe 8-11. L'inizio della comunicazione è rappresentato dalla linea 12. In caso di comunicazione riuscita, messaggio di riconoscimento viene inviato al nodo di origine.

4.5. GEDPAR

GEDPAR è il nostro protocollo di instradamento proposto. Per dimostrare l'efficacia del protocollo proposto, GEDAR e LMPC sono considerati schemi di benchmark. In GEDPAR, il concetto di stratificazione è preso dall'LMPC e la regolazione della profondità è presa dal GEDAR. GEDPAR porta avanti il miglioramento della trasmissione la comparsa di buchi vuoti. Il miglioramento della trasmissione richiede un po 'di energia in più; tuttavia, la maggior parte di i fori vuoti vengono rimossi in questo processo. Se un nodo non può coprire il buco vuoto anche aumentando il portata di trasmissione, quindi la regolazione della profondità avviene per quel nodo. Figure 1- 4 mostrano il pittorico sintesi degli algoritmi proposti. Utilizzo degli algoritmi 1- 3 sono gli stessi per GEDAR e GEDPAR. Tuttavia, l'algoritmo 6 gioca un ruolo importante per differenziare GEDPAR da GEDAR.

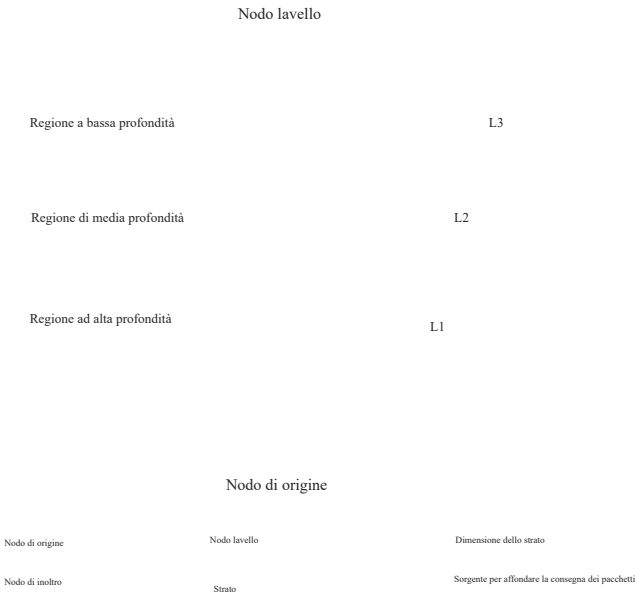


Figura 6. Concetto di livello LMPC.

Algoritmo 5 LMPC

- 1: ingresso: LMPC (nodo)
- 2: inizializzazione
- 3: **per** ogni nodo n **do**
- 4: calcolare l'energia totale
- 5: **fine per**
- 6: numero totale di strati L
- 7: distribuire i nodi n
- 8: **per** ogni nodo n **do**
- 9: trova vicino: (neighbour.id, neighbour.coordinates, neighbour.layer)
- 10: **fine per**
- 11: ciao messaggi
- 12: pacchetto inviato da profondità inferiori a quelle superiori
- 13: messaggio di riconoscimento
- 14: fine

Algoritmo 6 Recupero del foro vuoto per GEDPAR

- 1: LMPC (nodo)

```
2: se il nodo corrente è void = 1 allora
3:     interrompere i messaggi beacon
4: termina se
5:  $v = 3$ : nessun nodo vicino
6:  $v$ : insieme dei prossimi nodi forwarder
7:  $A$ : insieme di nodi vuoti
8:  $n_v$ : è l'attuale nodo void
9: se  $|v| > 0$  quindi
10:     migliorare il raggio di trasmissione
11:      $dist = \sqrt{(x_v - x_u)^2 + (y_v - y_u)^2}$ 
12:     se  $dist \leq r_c$  allora
13:         goto (23)
14:     altro
15:         per  $n_u \in v$  do
16:              $dist = \sqrt{(x_v - x_u)^2 + (y_v - y_u)^2}$ 
17:             se  $dist \leq r_c$  allora
18:                  $(x_v - x_u)^2 + (y_v - y_u)^2 + (z_v - z_u)^2$ 
19:                  $v = v \cup z_v$ 
20:             finisci se
21:         finire per
22:          $n_v$  si sposta alla nuova profondità calcolata
23:     finisci se
24:     il nodo corrente è void = 0
25: fine se
```

4.6. E2EVHR

Questo protocollo proposto è la versione migliorata di LMPC. Tuttavia, prima in questo protocollo di routing di tutta la procedura di ricerca del percorso completa viene eseguita. In E2EVHR, viene generato un albero binario (come in LMPC) per garantire la corretta trasmissione del pacchetto. In realtà, dopo essersi assicurati che non ci siano buchi vuoti il percorso di instradamento, più copie dei pacchetti vengono trasmesse verso il nodo sink utilizzando binario albero. Il concetto di stratificazione per LMPC è presentato nella Figura 6. La principale differenza tra LMPC e E2EVHR è che E2EVHR evita il buco vuoto cercando il percorso dalla sorgente alla destinazione. (Figura 7), mentre LMPC guarda avanti un salto dal nodo vicino.

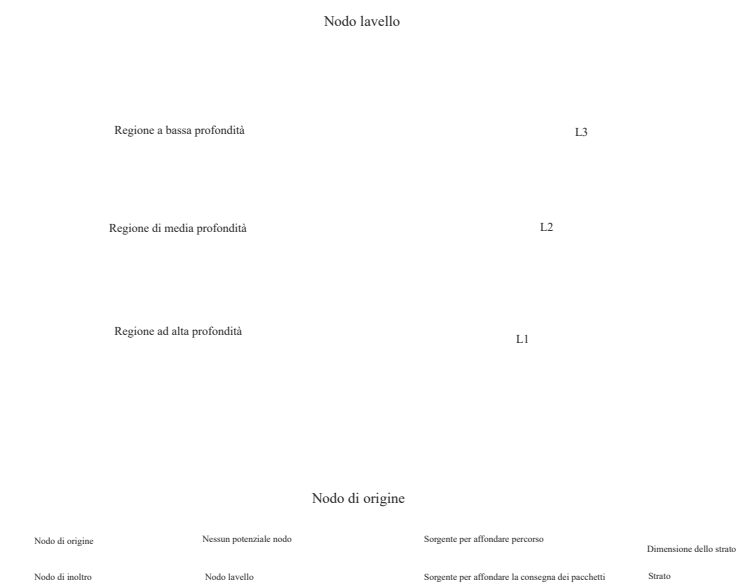


Figura 7. Ricerca del percorso da origine a destinazione.

L'algoritmo 7 presenta i passaggi per il protocollo E2EVHR. Le righe 1-2 presentano l'input e inizializzazione, rispettivamente. La riga 3 prevede la stratificazione mentre la riga 4 mostra la distribuzione dei nodi nella rete. L'energia totale per ogni nodo è calcolata nelle righe 5-7. I vicini per ogni nodo sono calcolati nelle righe 8-10. Nelle righe 12-15, vengono valutati i percorsi che non hanno nodi void. Le linee 16-17 aiutano a trovare i potenziali vicini dallo spedizioniere attuale. I pacchetti vengono quindi trasmessi verso il potenziale vicino per continuare il processo di trasmissione. Questi potenziali vicini aiutano i pacchetti a raggiungere la destinazione, con successo.

Pagina 17

Sensori 2019, 19, 709

17 di 27

Algoritmo 7 E2EVHR

```

1: ingresso: E2EVHR (nodo)
2: inizializzazione
3: numero totale di strati L
4: distribuire i nodi n
5: per ogni nodo n do
6:     calcolare l'energia totale
7: fine per
8: per ogni nodo n do
9:     trova vicino: (neighbour.id, neighbour.coordinates, neighbour.layer)
10: fine per
11: ciao messaggi
12: per la ricerca del percorso fare
13:     trova il percorso che garantisce la consegna end-to-end
14:     salva tutti i sentieri
15: fine per
16: per un potenziale vicino fai
17:     selezionare i potenziali vicini
18: fine per
19: pacchetto inviato al potenziale prossimo
20: messaggio di conferma
21: fine

```

Gli algoritmi vengono elaborati in base al seguente ordine. In primo luogo, viene eseguito l'algoritmo 1 che prende l'input come nodo sensore S e nodo sink D. In secondo luogo, l'algoritmo 2 viene chiamato nella risposta di Algoritmo 1. Dopodiché, viene richiesto l'algoritmo 3 per la selezione di potenziali vicini. Alla fine, l'algoritmo 6 viene chiamato (in caso di occorrenza di un vuoto vuoto) per il ripristino del nodo vuoto. Mentre nel caso di E2EVHR, void si evitano buchi trovando il percorso che garantisce la consegna end to end.

5. Simulazione e discussione

Le simulazioni vengono eseguite per convalidare le tecniche di instradamento proposte. Le tecniche proposte vengono confrontate con GEDAR e LMPC. GEDPAR e E2EVHR sono avidi percorsi opportunistici protocolli in cui viene selezionato il successivo nodo dello spedizioniere in base al criterio di distanza minima dal nodo corrente. In GEDPAR, in primo luogo, il nodo corrente aumenta il raggio di trasmissione quando trova un vicino nel suo raggio di trasmissione. Dopodiché, se lo spedizioniere attuale non è ancora in grado di trovare alcun nodo nel suo intervallo quindi esegue la regolazione della profondità. Durante la regolazione della profondità, il nodo si sposta da strato più profondo a quello superficiale. Il secondo algoritmo di routing proposto (E2EVHR) richiede alcuni passaggi da LMPC.

Le prestazioni di GEDPAR e E2EVHR vengono confrontate sulla base di ritardo, velocità effettiva, pacchetto Rapporto di accettazione (PAR), regolazione della profondità e consumo energetico. Questi parametri possono essere definiti come segue:

5.1. Ritardo

Può essere definito come il periodo di tempo in cui il pacchetto viene ricevuto con successo in un sink. È misurato in millisecondi (msec).

5.2. Portata

La velocità effettiva viene calcolata come il numero totale di pacchetti ricevuti nel nodo sink rispetto al totale numero di pacchetti inviati dal nodo di origine in percentuale.

5.3. PAR

PAR è un rapporto tra i pacchetti ricevuti dal sink e i pacchetti inviati dal nodo di origine.

5.4. Regolazione della profondità

Il numero di volte in cui i nodi si spostano da acque profonde a acque poco profonde per trovare il prossimo vicino nodo nel loro intervallo.

5.5. Consumo energetico

Consumo energetico totale della rete durante la trasmissione, ricezione, raggio di trasmissione miglioramento e regolazione della profondità. Questo consumo energetico totale della rete viene misurato in Joule (J).

5.6. Impostazione dei parametri di rete

La rete è distribuita su un'area di 1500 m × 1500 m × 1500 m. Il numero di nodi e i lavandini sono rispettivamente 100 e 45. Inizialmente, i nodi vengono distribuiti in modo casuale. La trasmissione iniziale la portata di ciascun nodo è di 245 m e i nodi possono trasmettere fino a 270 m utilizzando un po' di energia extra. Questo succede solo quando il forwarder corrente non riesce a trovare il nodo successivo nella sua area di trasmissione. L'energia iniziale di ogni nodo è 100 J. Viene considerata la velocità delle onde acustiche e la larghezza di banda per la rete 1500 m / se 3000 kHz, rispettivamente. L'energia di trasmissione, l'energia di ricezione e l'energia del tempo di inattività lo sono considerato come 2 W, 0,1 W e 10 × 10⁻³ W, rispettivamente. La dimensione del pacchetto ciao è di 100 byte mentre le dimensioni di tutti gli altri pacchetti sono 150 byte. Il riepilogo di questi parametri è presentato nella Tabella 3.

Tabella 3. Impostazione dei parametri di rete.

Parametro	Valore
Dimensioni della rete	1500 m × 1500 m × 1500 m
Numero di nodi sink	45
Altri nodi	100
Portata minima di trasmissione	245 m
Massima portata di trasmissione	270 m
Energia iniziale dei nodi	100 J
Velocità delle onde acustiche	1500 m / s
Larghezza di banda	3000 kHz
Energia di trasmissione dei pacchetti	2 W.
Energia di ricezione dei pacchetti	0,1 W
Tempo di inattività energia	10 × 10 ⁻³ W.

5.7. Risultati della simulazione

La distribuzione iniziale del nostro modello è presentata nella Figura 8. Questa è una distribuzione 3D che copre asse x, asse ye asse z, rispettivamente. L'asse x rappresenta la larghezza del wireless distribuito Rete. L'asse Y indica l'ampiezza e l'asse z copre la profondità della rete. Dalla figura 8, il rosso "*" e il blu "+" rappresentano rispettivamente i nodi sink e i nodi sorgente.

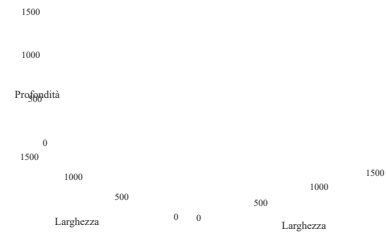


Figura 8. Distribuzione iniziale.

Nella figura 9, viene presentata la distribuzione finale. Questa distribuzione finale viene eseguita dopo aver regolato il file raggio di trasmissione e profondità di tutti i nodi. Questi intervalli e profondità di trasmissione vengono regolati solo in caso di occorrenza di un foro vuoto. Quando si verifica un buco vuoto, il primo raggio di trasmissione viene migliorato per la ricerca il prossimo nodo di inoltro utilizzando un po 'di energia extra. Se non viene trovato nessuno dei vicini dello spedizioniiere si verifica la regolazione della profondità. La regolazione della profondità viene eseguita dopo aver migliorato la gamma di trasmissione perché consuma più energia.

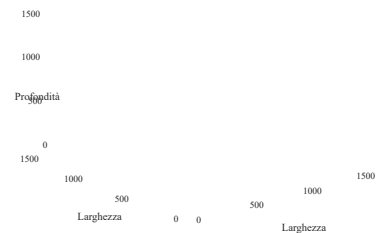


Figura 9. Distribuzione finale.

La Figura 10 mostra la regolazione della profondità dei nodi. Possiamo vedere dalla Figura 10 che la maggior parte dei file la regolazione della profondità viene eseguita durante l'inizio della distribuzione della rete. Una volta che la rete è stata distribuita e vengono eseguite le regolazioni iniziali della profondità, quindi esistono solo poche occasioni in cui la regolazione della profondità è necessario. Una grande quantità di energia viene dissipata durante il processo di regolazione della profondità. Quindi, facciamo assicurarci che la regolazione della profondità avvenga solo quando è necessario. Altrimenti, cerca di evitare i nodi migliorando il raggio di trasmissione. È chiaro dalla Figura 10 che nel protocollo di instradamento GEDPAR, i nodi richiedono meno regolazioni di profondità rispetto a GEDAR. Questo passaggio è ulteriormente coinvolto in diminuire la dissipazione di energia.

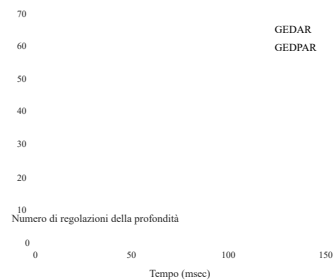


Figura 10. Regolazione della profondità.

Il throughput dei protocolli di routing proposti viene confrontato con GEDAR e LMPC. Figura 11 mostra questo confronto e assicura l'efficienza degli schemi proposti. Secondo la simulazione risultati, LMPC si comporta meglio di GEDAR mentre GEDPAR supera sia GEDAR che LMPC. L'efficienza dello schema proposto è migliore di LMPC e GEDAR nella percentuale del 13%

e 37%, rispettivamente. Come possiamo vedere dalla Figura 11, anche la seconda tecnica proposta sovraperforma le controparti. In primo luogo, E2EVHR ha prestazioni scadenti durante la ricerca del nodo end-to-end processi; tuttavia, quando lo schema proposto trova le rotte end-to-end rispetto al suo throughput migliorato drasticamente.

Figura 11. Throughput.

La Figura 12 mostra le prestazioni di GEDAR, GEDPAR, E2EVHR e LMPC rispetto a PAR. PAR è già definito nella sezione 5.3 in quanto è un rapporto tra i pacchetti ricevuti su sonobuoys e i pacchetti inviati dai nodi di origine. Misuriamo PAR nell'intervallo da 0 a 1. Qui, 0 indica il PAR minimo e 1 rappresenta il PAR massimo. Nel nostro scenario, durante il calcolo PAR lo è notato che PAR di GEDAR, LMPC, E2EVHR e GEDPAR è rispettivamente di circa 0,6, 0,8, 0,93 e 0,95. Queste statistiche mostrano chiaramente che GEDPAR ed E2EVHR hanno i migliori risultati tra quelli di confronto.

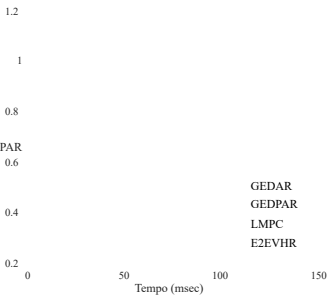


Figura 12. Pacchetti ricevuti al sink.

Il ritardo è calcolato in termini di durata di tempo richiesta da un pacchetto per raggiungere la sorgente nodo di destinazione. Fondamentalmente, il calcolo del ritardo inizia dal momento in cui viene trasmesso il primo pacchetto dal nodo di origine. Il calcolo del ritardo continua finché non viene ricevuto l'ultimo pacchetto di dati in a Lavello. Inoltre, il ritardo contiene la durata totale dalla generazione del primo pacchetto a una sorgente nodo alla ricezione dell'ultimo pacchetto al nodo sink. E2EVHR impiega più tempo all'inizio a causa di i calcoli necessari per la procedura di ricerca del percorso da sorgente a sink. Quando trova il file completo assicurandosi che non ci siano nodi vuoti nella rotta, quindi trasferisce i pacchetti direttamente da selezionando i percorsi. D'altra parte, GEDPAR implica più calcoli e il motivo è che richiede più tempo per gli schemi di confronto. Il ritardo degli schemi di confronto è presentato nella Figura 13. Inoltre, la Figura 13 mostra anche il compromesso e questo compromesso autentica i risultati della simulazione. Ciò significa che per ottenere il minimo consumo di energia e produttività, dobbiamo scendere a compromessi sul tempo di calcolo.

Figura 13. Ritardo.

Nella Figura 14, il confronto tra i diversi protocolli di instradamento rispetto all'energia viene presentato il consumo. Dalla figura 14, GEDPAR consuma meno energia rispetto a il GEDAR e l'LMPC. GEDAR consuma più energia rispetto alle controparti perché si concentra sulla profondità regolazione durante l'evitamento del foro vuoto. La regolazione della profondità richiede 1500 mJ di energia per un metro mentre il miglioramento del raggio di trasmissione richiede meno energia rispetto alla regolazione della profondità (adattato da [22]). La figura 14 rappresenta anche il consumo medio di energia di tutti i sistemi di confronto. Simulazioni vengono eseguiti più volte per controllare i risultati medi. LMPC utilizza più trasmissioni per una pacchetto che ha provocato la dissipazione di energia. Il protocollo di instradamento proposto (GEDPAR) consuma meno energia perché copre i buchi del vuoto aumentando il raggio di trasmissione. GEDPAR cambia solo la profondità quando non viene trovato alcun nodo inoltrato anche aumentando il raggio di trasmissione.

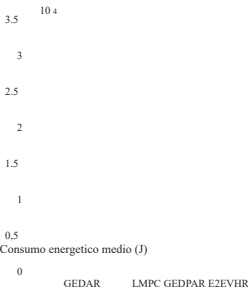


Figura 14. Consumo energetico medio.

6. Regioni realizzabili

La regione fattibile è l'area in cui esistono tutte le possibili soluzioni di un particolare problema. In questa sezione, la formulazione matematica che utilizza la programmazione lineare viene utilizzata per trovare la fattibilità della proposta protocollo. Per ottenere le soluzioni ottimali, definiamo alcuni vincoli (elencati di seguito). Definendo questi vincoli, vengono calcolate le coordinate delle regioni ammissibili. In questo lavoro, abbiamo calcolato le coordinate per tre regioni ammissibili secondo gli schemi proposti (GEDPAR e E2EVHR).

Nelle figure 15- 17, annotiamo le regioni ammissibili come P1, P2, P3 e P4. La Figura 15 presenta il file regione fattibile del consumo di energia rispetto al rendimento. La Figura 16 illustra la regione ammissibile (consumo energetico rispetto a PAR) per il protocollo di instradamento GEDPAR. Mentre nella Figura 15, il fattibile viene presentata la regione del consumo di energia rispetto al ritardo.

Nelle figure 18- 20, annotiamo le regioni ammissibili per E2EVHR come P1, P2, P3 e P4. Figura 18 presenta la regione ammissibile del consumo di energia rispetto al rendimento, mentre la Figura 19 illustra la regione ammissibile del consumo energetico rispetto a PAR, per il protocollo di instradamento E2EVHR. Nella Figura 18, viene presentata la regione fattibile del consumo di energia rispetto al ritardo.

6.1. Regione fattibile tra consumo energetico e produttività utilizzando GEDPAR

La regione ammissibile tra il consumo di energia e il rendimento della rete è calcolata da tenendo conto dei seguenti parametri.

- Massimo consumo di energia e massima produttività
- Consumo energetico massimo e produttività minima
- Minimo consumo di energia e massima produttività
- Consumo energetico minimo e rendimento minimo

Vengono presi quattro punti per tracciare la regione ammissibile tra consumo di energia e portata. La Figura 15 mostra la regione ammissibile per il consumo di energia e il rendimento.

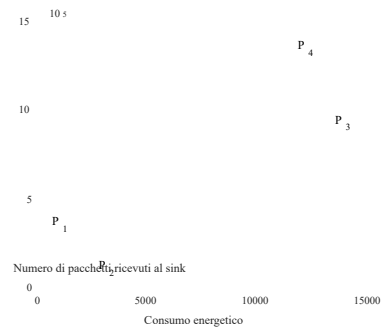


Figura 15. Regione fattibile per il consumo di energia e il rendimento utilizzando GEDPAR.

6.2. Regione fattibile tra consumo energetico e PAR utilizzando GEDPAR

La regione ammissibile per il consumo di energia e il PAR è mostrata nella Figura 16. I quattro punti per il regione ammissibile di consumo energetico e PAR sono considerati:

- Massimo consumo energetico e massimo PAR
- Consumo energetico massimo e PAR minimo
- Minimo consumo energetico e massimo PAR
- Minimo consumo energetico e minimo PAR

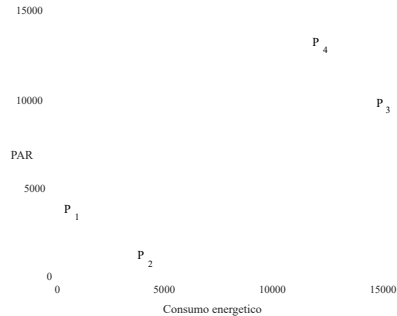


Figura 16. Regione fattibile per il consumo di energia e PAR utilizzando GEDPAR.

6.3. Regione fattibile tra consumo energetico e ritardo utilizzando GEDPAR

La Figura 17 mostra le coordinate della regione ammissibile per il consumo di energia e il ritardo. Prendiamo quattro punti tra il consumo di energia e il ritardo per disegnare la regione fattibile.

- Massimo consumo di energia e massimo ritardo
- Consumo energetico massimo e ritardo minimo
- Minimo consumo energetico e massimo ritardo
- Minimo consumo energetico e minimo ritardo

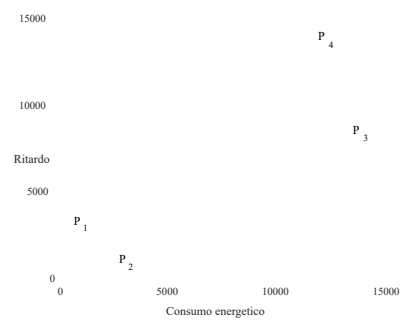


Figura 17. Regione fattibile per il consumo di energia e il ritardo utilizzando GEDPAR.

6.4. Regione fattibile tra consumo energetico e produttività utilizzando E2EVHR

La regione ammissibile tra il consumo di energia e il rendimento della rete è calcolata da tenendo conto dei seguenti parametri.

- Massimo consumo di energia e massima produttività
- Consumo energetico massimo e produttività minima
- Minimo consumo di energia e massima produttività
- Consumo energetico minimo e rendimento minimo

Vengono presi quattro punti per tracciare la regione ammissibile tra consumo di energia e portata. La Figura 18 mostra la regione ammissibile per il consumo di energia e il rendimento.

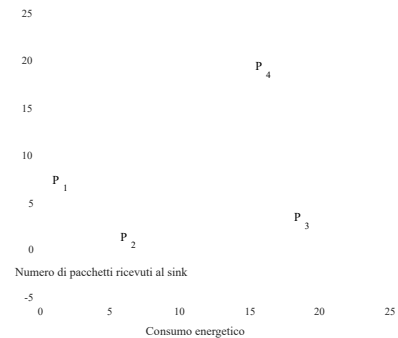


Figura 18. Regione fattibile per il consumo di energia e il rendimento utilizzando E2EVHR.

6.5. Regione fattibile tra consumo energetico e PAR utilizzando E2EVHR

La regione ammissibile per il consumo di energia e il PAR è mostrata nella Figura 19. I quattro punti per il regione ammissibile di consumo energetico e PAR sono considerati:

- Massimo consumo energetico e massimo PAR
- Consumo energetico massimo e PAR minimo
- Minimo consumo energetico e massimo PAR
- Minimo consumo energetico e minimo PAR

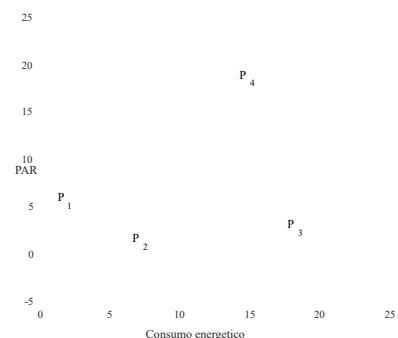


Figura 19. Regione ammissibile per il consumo di energia e PAR utilizzando E2EVHR.

6.6. Regione fattibile tra consumo energetico e ritardo utilizzando E2EVHR

La Figura 20 illustra la regione ammissibile per il consumo di energia e il ritardo. Prendiamo quattro punti tra consumo energetico e ritardo per disegnare la regione fattibile.

- Massimo consumo di energia e massimo ritardo
- Consumo energetico massimo e ritardo minimo
- Minimo consumo energetico e massimo ritardo
- Minimo consumo energetico e minimo ritardo

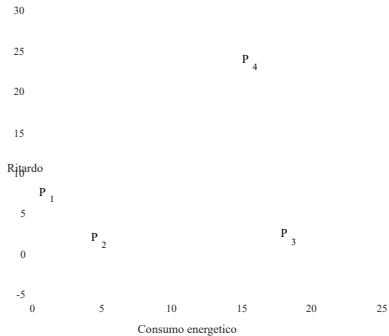


Figura 20. Regione ammissibile per il consumo di energia e il ritardo utilizzando E2EVHR.

7. Conclusioni

Nel lavoro corrente, lo squilibrio e la dissipazione di energia non necessaria vengono evitati coprendo il vuoto buco in modo efficiente. Abbiamo proposto due protocolli di routing, ovvero GEDPAR e E2EVHR per void recupero buche. Per mostrare l'efficienza dei protocolli proposti, viene eseguita un'analisi comparativa con i protocolli all'avanguardia esistenti: GEDAR e LMPC. Il risultato delle simulazioni mostra che GEDPAR supera GEDAR e LMPC in termini di produttività nella percentuale del 13% e del 37%. PAR di GEDAR, LMPC, E2EVHR e GEDPAR è rispettivamente 0,6, 0,8, 0,93 e 0,95. Mentre E2EVHR supera anche le controparti in termini di produttività, PAR ed efficienza energetica. Però, il protocollo proposto (GEDPAR) riduce al minimo il consumo di energia al costo di un ritardo accessibile.

In futuro, esploreremo e implementeremo altri protocolli di routing per evitare buchi vuoti. Implementare queste tecniche su un banco di prova per ottenere una maggiore precisione nei risultati sarà la novità

direzione della nostra ricerca. C'è anche un'idea sull'implementazione di "Internet of things" considerazione.

Contributi dell'autore: AM, MA e NJ hanno proposto e implementato i nuovi schemi; FI, MKA e SK completato la modellazione matematica. Tutti gli autori insieme hanno raffinato il manoscritto. Infine, AM e MA ha risposto alle domande dei revisori.

Finanziamento: questa ricerca non ha ricevuto finanziamenti esterni.

Ringraziamenti: la presente ricerca è stata condotta dal Research Grant della Kwangwoon University nel 2019.

Conflitti di interesse: gli autori dichiarano l'assenza di conflitto di interessi.

Abbreviazioni

UWSN	Reti di sensori wireless subacquei
RF	Frequenza radio
WSN	Rete di sensori wireless
PDR	Rapporto di consegna del pacchetto
GPS	Sistema di posizionamento globale
GEDAR	Instradamento di regolazione della profondità basato su dati geografici e opportunistici
GEDPAR	Routing di regolazione della profondità e della potenza basati su dati geografici e opportunistici
E2EVHR	Recupero buco vuoto end to end
LMPC	Controllo dell'alimentazione a più percorsi su più livelli
PAR	Rapporto di accettazione del pacchetto

Riferimenti

1. Wang, H. ; Wen, Y. ; Lu, Y. ; Zhao, D. ; Ji, C. Algoritmi di localizzazione sicura nelle reti di sensori wireless: Una recensione. In progressi nella comunicazione informatica e scienze computazionali; Springer: Singapore, 2019; pagg. 543–553.
2. Latif, K. ; Javaid, N. ; Ahmad, A. ; Khan, ZA; Alrajeh, N. ; Khan, MI Su buco energetico e buco di copertura evitamento nelle reti di sensori wireless subacquei. IEEE Sens. J. **2016** , 16, 4431–4442.
3. Coutinho, RWL; Boukerche, A. ; Vieira, LFM; Loureiro, AAF Underwater Wireless Sensor Networks: A Nuova sfida per i sistemi basati sul controllo della topologia. ACM Comput. Surv. (CSUR) **2018** , 51, 19.

4. Nayyar, A. ; Puri, V. ; Le, D.-N. Analisi completa dei protocolli di instradamento sott'acqua Reti di sensori (UWSN). In Data Management, Analytics e Innovazione; Springer: Singapore, 2019; pagg. 435–450.

5. Yuan, Y. ; Liang, C. ; Kaneko, M. ; Chen, X. ; Hogrefe, D. Topology Control for Energy-Efficient Localization in Reti di sensori subacquei mobili che utilizzano Stackelberg Game. arXiv **2018** , arXiv: 1805.12361.

6. Khasawneh, A. ; Latiff, MSBA; Kaiwartya, O. ; Chizari, H. Un percorso basato sulla pressione affidabile ed efficiente dal punto di vista energetico protocollo per la rete di sensori wireless subacquei. Wirel. Netw. **2018** , 24, 2061–2075.

7. Hong, Z. ; Pan, X. ; Chen, P. ; Su, X. ; Wang, N. ; Lu, W. Un controllo topologico con bilancio energetico sott'acqua Reti di sensori wireless per applicazioni basate su IoT. Sensori **2018** , 18, 2306.

8. Wang, H. ; Wang, S. ; Zhang, E. ; Lu, L. Un protocollo di routing esteso a vita e bilanciato dal punto di vista energetico per Reti di sensori subacquei. Sensori **2018** , 18, 1596.

9. Khan, A. ; Ali, I. ; Rahman, AU; Imran, M. ; Mahmood, H. Co-EEORS: Cooperative Energy Efficient Optimal Protocollo di selezione del relé per reti di sensori wireless subacquei. Accesso IEEE **2018** , 6, 28777–28789.

10. Wu, F.-Y. ; Yang, K. ; Duan, R. Compresso rilevamento di segnali acustici subacquei tramite strutturato Approssimazione l₀ Norm. IEEE Trans. Veh. Technol. **2018** , 67, 8504–8513.

11. Khosravi, MR; Basri, H. ; Rostami, H. Routing efficiente per UWSN densi con nodi mobili ad alta velocità utilizzando divisioni sferiche. J. Supercomput. **2018** , 74, 696–716.

12. Gomathi, RM; Manickam, protocollo JM Energy Efficient Shortest Path Routing per acustica subacquea Rete di sensori wireless. Wirel. Pers. Commun. **2018** , 98, 843–856.

13. Hou, R. ; Lui, L. ; Hu, S. ; Luo, J. Raggruppamento di strati disuguali bilanciati dal punto di vista energetico nel sensore acustico subacqueo Reti. Accesso IEEE **2018** , 6, 39685–39691.

14. Iwata, M. ; Tang, S. ; Obana, S. Metodo di raccolta dati efficiente dal punto di vista energetico per reti di sensori mediante integrazione Comunicazione asimmetrica e Wake-Up Radio. Sensori **2018** , 18, 1121.

15. Muhammed, D. ; Anisi, MH; Zareei, M. ; Vargas-Rosales, C. ; Khan, A. Cooperazione basata sulla teoria dei giochi per Reti di sensori acustici subacquei: tassonomia, revisione, sfide di ricerca e indicazioni. Sensori **2018** , 18, 425.

16. Jan, MA; Tan, Z. ; Esadecimale.; Ni, W. Verso reti di sensori altamente affidabili ed efficaci. Ad hoc Sens. Wirel. Netw. **2018** , 40, 163–168.

17. Yildiz, HU; Gungor, VC; Tavli, B. Ottimizzazione della dimensione del pacchetto per l'ottimizzazione della durata in sott'acqua Reti di sensori acustici. IEEE Trans. Ind. Inform. **2018** , doi: 10.1109 / TII.2018.2841830.

18. Khalid, M. ; Cao, Y. ; Ahmad, N. ; Khalid, W. ; Dhawankar, Instradamento del nodo del corriere multipath basato su P. Radius protocollo per comunicazioni acustiche. IET Wirel. Sens. Syst. **2018** , 8, 183–189.

19. Heidemann, J. ; Stojanovic, M. ; Zorzi, M. reti di sensori subacquei: applicazioni, progressi e sfide. Philos. Trans. R. Soc. A **2018** , 370, 158–175.

20. Jin, Z. ; Wang, N. ; Su, Y. ; Yang, Q. Un meccanismo di ripristino delle interruzioni del collegamento assistito da alianti in subacquea Reti di sensori acustici. Sensori **2018** , 18, 501.

21. Rahman, Z. ; Hashim, F. ; Rasid, MFA; Othman, M. Algoritmo di routing totalmente opportunistico (TORA) per rete di sensori wireless subacquea. PLoS ONE **2018** , 13, e0197087.

22. Coutinho, RWL; Boukerche, A. ; Vieira, LFM; Loureiro, AAF Geographic e percorsi opportunistici per reti di sensori subacquei. IEEE Trans. Comput. **2016** , 65, 548–561.

23. Xu, J. ; Li, K. ; Min, G. ; Lin, K. ; Qu, W. Controllo della potenza multipath basato su alberi ad alta efficienza energetica per sott'acqua reti di sensori. IEEE Trans. Parallel Distrib. Syst. **2012** , 23, 2107–2116.

24. Javaid, N. ; Majid, A. ; Sher, A. ; Khan, W. ; Aalsalem, M. Evitando buchi vuoti e collisioni con Reliable e Instradamento sensibile alle interferenze in WSN subacquee. Sensori **2018** , 18, 3038.

25. Sher, A. ; Khan, A. ; Javaid, N. ; Ahmed, S. ; Aalsalem, M. ; Khan, W. Evitare buchi vuoti per dati affidabili Fornitura in reti di sensori wireless subacquei abilitati per IoT. Sensori **2018** , 18, 3271.

26. Ahmed, F. ; Wadud, Z. ; Javaid, N. ; Alrajeh, N. ; Alabed, MS; Qasim, U. Mobile Sinks Assisted Geographic ento opportunistico per la rete di sensori wireless subacquea. Sensori