

elettronica

Revisione

Sistema di gestione della rete subacquea in Internet of Underwater Things: sfide aperte, vantaggi, e soluzione fattibile

Delphin Raj K. M ¹, Jinyoung Lee ², Eunbi Ko ³, Soo-Young Shin ², Jung-Il Namgung ⁴, Sun-Ho Yum ¹ e Soo-Hyun Park ^{3, *}

- ¹ Dipartimento di sicurezza delle informazioni finanziarie, Università Kookmin, Seoul 02707, Corea; delphinraj@kookmin.ac.kr (DRKM); junsan86@kookmin.ac.kr (S.-HY)
- ² Centro di ricerca sulla comunicazione speciale, Università Kookmin, 77 Jeongneung-ro, Seongbuk-gu, Seoul 02707, Corea; jylee9018@kookmin.ac.kr (JL); sy-shin@kookmin.ac.kr (S.-YS)
- ³ Dipartimento di Informatica, Università Kookmin, 77 Jeongneung-ro, Seongbuk-gu, Seoul 02707, Corea; sinaa821@naver.com
- ⁴ Ingegnere tecnico, BLUnomous, Kyungdo 12285, Corea; greenji@naver.com
- * Corrispondenza: shpark21@kookmin.ac.kr

Ricevuto: 15 maggio 2020; Accettato: 9 luglio 2020; Pubblicato: 14 luglio 2020

Abstract: poiché gli oceani coprono la maggior parte della superficie terrestre, diventa inevitabile estendersi i concetti di Internet of Things (IoT) ai corpi oceanici, aprendo così la strada a una nuova deriva il mondo digitale, Internet of Underwater Things (IoUT). L'obiettivo principale di IoUT è il creazione di una rete di diversi oggetti sottomarini intelligenti interconnessi, per collegare digitalmente i corpi idrici utilizzando dispositivi come veicoli subacquei autonomi. Poiché le idee tradizionali dell'IoT non possono essere semplicemente esteso a sott'acqua, a causa della differenza nelle caratteristiche ambientali, questo pone inoltra una serie di sfide affinché gli scienziati lavorino con IoUT, e una di queste sfide è la rete gestione con IoUT. Questo documento offre una panoramica sulla (1) gestione della rete sottomarina sistemi (U-NMS) che utilizzano la comunicazione acustica in IoUT; (2) le sfide, i vantaggi e i casi d'uso di U-NMS; (3) errore, configurazione, contabilità, prestazioni, sicurezza e gestione vincolata (FCAPSC) funzionalità di U-NMS e (4) un confronto tra il sistema di gestione della rete in IoT e sistema U-NMS in IoUT. Inoltre, questo documento mostra la progettazione e l'implementazione del prototipo configurazione di U-NMS in un ambiente di laboratorio, utilizzando un machine to machine leggero (LWM2M) e tecnologia di comunicazione acustica per IoUT. Questo documento contribuirà molto al profitto di ricercatori e operatori del settore per scoprire le aree critiche dell'Internet of Underwater Things.

Parole chiave: Internet of Things (IoT); Internet of Underwater Things (IoUT); gestione della rete sistema (NMS), sistema di gestione della rete sottomarina (U-NMS); errore, configurazione, contabilità, prestazioni, sicurezza e gestione vincolata (FCAPSC); informazioni sulla gestione subacquea base (U-MIB)

1. Introduzione

Il sistema Internet of Things (IoT) esistente fa fronte a vari dispositivi eterogenei che lo sono installato con componenti hardware e software [1-4]. A causa della continua crescita del numero e varietà di elementi di rete, la complessità dell'attività di gestione della rete è diventata progressivamente più forte. In tal caso, il sistema di gestione della rete (NMS) diventa obbligatorio monitorare e controllare i dispositivi in una rete eterogenea [5]. La maggior parte delle tecnologie rilevanti di il sistema di gestione della rete dovrebbe avere le seguenti caratteristiche: (1) dovrebbe essere automatico e monitorare frequentemente le attività della rete area terrestre; (2) dovrebbe notificare rapidamente i problemi

Elettronica 2020, 9, 1142; doi: [10.3390/electronics9071142](https://doi.org/10.3390/electronics9071142)

www.mdpi.com/journal/electronics

alla stazione di gestione della rete; (3) dovrebbe essere abbastanza intelligente da gestire tutte le risorse che sono disponibili in rete; (4) dovrebbe essere abbastanza intelligente da identificare l'esatta posizione del guasto nel file Rete; (5) dovrebbe tenere traccia dei cambiamenti nella rete per trovare la causa principale del problema [6]. Nelle reti di sensori wireless, fornire supporto per una gestione della rete corretta ed efficace è fondamentale. Le funzioni di gestione degli errori, della configurazione e delle prestazioni vengono monitorate con l'aiuto di Gestione WSN [7]. NMS è il processo di gestione e controllo di tutte le funzioni all'interno di rete, in modo che sia possibile garantire che i componenti funzionino e consegnino affidabili informazioni al sistema di gestione [8-10]. Negli anni '90, FCAPS, un framework creato da ISO, distingue gli scopi di lavoro della gestione della rete in cinque diversi livelli, come il guasto gestione (F), gestione del livello di configurazione (C), gestione del livello contabile (A), la gestione del livello di prestazione (P) e la gestione del livello di sicurezza (S) [11]. Ecco, un semplice Il protocollo di gestione della rete (SNMP) viene utilizzato per la comunicazione tra i dispositivi in IoT. Nel IoT, il sistema di gestione della rete è suddiviso in due fasi: (1) gestione dei dispositivi e (2) gestione della rete; per la gestione dei dispositivi e la gestione della rete, sono numerosi i protocolli sviluppato [12]. I componenti NMS, come stazione di gestione, manager, agente, una direzione (MIB) sono ben definiti nella Figura 1 [13].

Figura 1. Componenti del sistema di gestione della rete.

Il sistema di gestione della rete IoT svolge un ruolo significativo nel settore. Molti ricercatori in passato hanno discusso le loro numerose idee per progettare e sviluppare l'NMS terrestre, come piattaforma di gestione della rete, protocollo di gestione del dispositivo, protocollo di gestione della rete, eccetera., [14] e altri sistemi NMS adattati con IoT terrestre sono esaminati di seguito.


Il protocollo di gestione della rete semplice (SNMP) [15-17] è utilizzato nella rete area terrestre, per identificare e risolvere i bug o gli errori delle reti. SNMP è stato sviluppato dal team Internet Task Force di ingegneria (IETF). Notazione sintassi astratta uno (ASN.1) [18] è la lingua utilizzata per definire la base informativa di gestione nel sistema di gestione della rete. Datagramma utente Protocol (UDP) è il protocollo di supporto e OpenNMS, OpenDayLight e Zabbix sono i piattaforme di gestione utilizzate in SNMP. Protocollo di configurazione di rete (NETCONF) [19] è stato sviluppato principalmente per la configurazione della rete e il monitoraggio della gestione della rete terrestre sistema. Yet Another Next Generation (YANG) è il linguaggio di modellazione utilizzato in NETCONF e Extensible Markup Language (XML); JavaScript Object Notation (JSON) è il linguaggio di supporto di NETCONF [20, 21]. Il protocollo CMIP (Common Information Management Protocol) [22, 23] è stato sviluppato dall'Organizzazione internazionale per la standardizzazione (ISO), che viene utilizzato per la gestione di reti di telecomunicazione. Linee guida per la definizione di oggetti gestiti (GDMO) è il

linguaggio di modellazione utilizzato per definire gli oggetti gestiti (MO) in CMIP. Controllo della trasmissione Protocol (TCP) / User Datagram Protocol (UDP) sono i protocolli di supporto di CMIP. Il LoWPAN Protocollo di gestione della rete (LNMP) [24-26] l'architettura di gestione è adatta per Internet Protocollo (IPv6) e reti personali wireless a bassa potenza. L'LNMP ha utilizzato l'adattamento protocollo di livello con SNMP per la gestione dei dispositivi di rete. È possibile la traduzione del messaggio in LNMP. UDP è il protocollo di supporto e OpenNMS è la piattaforma di gestione di LNMP. IETF ha sviluppato il Restful Network Configuration Protocol (RESTCONF) [27, 28]. RESTCONF è il estrazione di NETCONF, aggiungendo una semplice interfaccia per una comunicazione riposante. YANG sono i dati linguaggio di modellazione utilizzato in RESTCONF. Apri database vSwitch (OVSDB) [29-31] è stato sviluppato da IETF per operare in una rete definita da software (SDN). Comprende il server database aperto (OVSDB) e uno switch virtualizzato aperto (OVS) per l'avanzamento veloce. OVSDV supporta la facile creazione di file interfacce dall'utente.

Open Mobile Alliance Lightweight M2M (OMA-LwM2M), viene utilizzato come gestione dei dispositivi protocollo nell'ambiente di rete M2M [32-34]. XML, JSON è il linguaggio utilizzato per la modellazione e utilizza i metodi CoAP come GET, PUT, POST e DELETE per l'associazione in OMA-LwM2M. OMA

Gestione dei dispositivi (OMA-DM) [35- 37] vengono utilizzate per fornire la comunicazione tra server e client nei dispositivi, tramite l'albero di gestione dei dispositivi. Questa è la migliore soluzione per il telecomando gestione dei dispositivi collegati. Il formato XML viene utilizzato per la comunicazione. Applicazione vincolata protocollo (CoAP) [38- 40] è stato sviluppato da IETF. CoAP è stato appositamente progettato per dispositivi vincolati, che viene utilizzato con protocolli di livello inferiore, ma è particolarmente adattato su UDP / protocollo Internet Versione 6 (IPv6). Il suo obiettivo è principalmente trovare dispositivi non raggiungibili. identificatore di risorsa universale (URI) è la tecnica utilizzata per identificare le risorse. Datagram Transport Layer Security (DTLS) è il protocollo di supporto utilizzato per la sicurezza di alto livello in CoAP. Protocollo di gestione delle cose (TMP) [41] utilizza le operazioni vengono impostate, come le operazioni SNMP, per consentire all'interfaccia di trasmettere e comunicare tra le cose e le cose all'applicazione. WSDL (Web Service Definition Language) è il linguaggio utilizzato per supportare TMP. L'API Web è il protocollo di supporto di TMP. Le caratteristiche confronto dei protocolli di gestione della rete e di gestione dei dispositivi nell'Internet terrestre di L'ambiente Things (IoT) è presentato nella Tabella 1.

Per accedere alle informazioni sul traffico di rete, il multi router traffic grapher (MRTG) è ampiamente diffuso utilizzato nella rete basata sull'IoT [42]. In riferimento [43], un NMS per la rete su larga scala (WSNMS) si propone di gestire più di 215 nodi. I risultati sperimentali mostrano che la performance di WSNMS è di alto livello. In riferimento [44], al fine di creare un sistema di gestione affidabile per reti di telecomunicazione, l'azienda giapponese ha esteso il quadro delle telecomunicazioni rete di gestione (TMN), con elevata affidabilità e una buona qualità del servizio. In riferimento [45], il Sistema di gestione della rete basato su TMN con Common Object Request Broker Architecture (CORBA) e l'integrazione avviene tramite SNMP / CMIP per la gestione basata su gateway. In riferimento [46], viene proposto l'NMS ad-hoc, basato sulla nuova tecnica di gestione della rete e su un aggiornamento terminale ARM-Linux integrato. Il risultato sperimentale ha dimostrato che l'efficienza è migliorata per i piccoli reti in scala. In riferimento [47], un agente intelligente per il sistema di gestione delle telecomunicazioni viene proposto, riattivando le proprietà degli agenti. Inoltre, il metodo di diagnosi viene utilizzato per aumentare l'affidabilità nella rete.



Testo originale

Additionally, the system-level diagnosis method

[Contribuisce a una traduzione migliore](#)

Tabella 1. Confronto delle caratteristiche della gestione della rete e dei protocolli di gestione dei dispositivi in ambiente Internet of Things (IoT) terrestre.

Protocolli di gestione della rete in ambiente IoT terrestre						
Protocolli	Sviluppato di	Modellazione dei dati linguaggio	Protocollo di supporto	Gestione piattaforma	Vantaggi	Svantaggi
SNMP	IETF	ASN.1 e SMI	UDP	OpenNMS, OpenDayLight e Zabbix	Pro: lo sviluppo di SNMP è semplice e facile espandibile.	Contro: In SNMP, il modulo di configurazione non lo è a disposizione. Quindi, la riconfigurazione della rete non è f Contro: Non adatto per reti subacquee
NETCONF	IETF	YANG, XML e JSON	Secure Shell (SSH) / TCP	OpenNMS e OpenDayLight.	Pro: il protocollo NETCONF è così forte, e la sua sicurezza le caratteristiche sono elevate.	Contro: modellazione dei dati e architettura per l'implementazione non è stata ben progettata Contro: L'architettura non è adatta per U-NMS
CMIP	ISO	GDMO	TCP / UDP	Solaris	Pro: le funzionalità di sicurezza sono alto rispetto a SNMP	Contro: Adatto solo per reti geografiche
LNMP	IETF	-	-	OpenNMS e Zabbix	Pro: forte e architettura è adatto per ridurre il costo e aumentando il durata delle reti	Contro: Ritardo dovuto alla conversione tra protocolli
RESTCONF	IETF	YANG	SSH / Secure Sockets Livello (SSL) / ipertesto Protocollo di trasferimento HTTP / TCP	OpenNMS e OpenDayLight.	Pro: forte sicurezza e offre riposante comunicazione	Contro: l'architettura non è ben progettata supporto all'implementazione Contro: architettura complessa non adatta alla risoluzione problema di configurazione subacquea
OVSDB	IETF	JSON	HTTP / SSL	OpenDayLight	Pro: forte interoperabilità supporto per SDN based reti	Contro: caratteristiche di bassa sicurezza e non adatto per ambiente vincolato come le reti sottomarine
Protocolli di gestione dei dispositivi in ambiente IoT terrestre						
Protocolli	Sviluppato di	Modellazione dei dati linguaggio	Protocollo di supporto	Risorsa Accessibilità	Vantaggi	Svantaggi
LwM2M	IETF	XML e JSON	UDP / HTTP / SSH / TCP	URL	Pro: modello di comunicazione e la sicurezza è molto forte e può essere applicato per il dispositivo gestione in U-NMS.	Contro: non supporta le reti di eterogeneità.
OMA-DM	IETF	XML e JSON	UDP / HTTP / SSH / TCP	URL	Pro: fornisce lo standard modello di comunicazione e può essere adatto per U-NMS	Contro: le funzionalità di sicurezza non sono suppor
CoAP	IETF	JSON	DTLS / UDP / HTTP / SSH / TCP	URL	Pro: supporto lo standard modello di comunicazione e le caratteristiche di sicurezza sono buone	Contro: non supporta le reti di eterogeneità.

La crescita esponenziale dei dispositivi nelle reti diventa una grande sfida nel caso di infrastruttura, gestione, manutenzione del dispositivo, sicurezza del dispositivo, risparmio energetico, ecc. [48] Il costante progresso nella quantità e nella varietà degli elementi di rete si è anche aggiunto al fatto che il le attività di gestione della rete aumentano notevolmente [49]. In questo caso, l'NMS in Internet of Underwater Things (IoUT) gioca un ruolo importante nella gestione di vari casi d'uso di IoUT. Supporta uno per accedere le informazioni sulla gestione della rete e sulla gestione dei dispositivi delle reti IoUT [50]. Negli ultimi pochi decenni, molti ricercatori hanno riscontrato una vasta attenzione nell'area dell'IoUT, sviluppando numerosi IoUT casi d'uso [51]. Pertanto, vari dispositivi di rilevamento subacqueo come sensori, attuatori, autonomi veicoli subacquei, i gateway vengono utilizzati per monitorare un'ampia varietà di casi d'uso IoUT. Il sindaco Caso d'uso IoUT, come monitoraggio ambientale, esplorazione delle risorse, sicurezza del subacqueo, sicurezza militare, eccetera. [52- 69], sono indicati nella Figura 2.

Figura 2. Casi d'uso di Internet of Underwater Things (IoUT).
Figura 2. Casi d'uso di Internet of Underwater Things (IoUT).

Tuttavia, a causa della mancanza di ricerca nell'area del sistema di gestione della rete (NMS) in IoUT [70] e la limitazione tecnica nell'ambiente IoUT come connessione, sicurezza vengono annotati gestione, localizzazione, risparmio energetico, gestione della memoria, bassa velocità di trasmissione dati, ecc nel [71]. L'attenzione dei ricercatori non ha toccato l'area del sistema di gestione della rete in IoUT. Nel nel 21 ° secolo, è probabile che le industrie basate sull'IoT aumentino [72]. Pertanto, è essenziale sviluppare il sistema di gestione della rete sottomarina (U-NMS), per fornire servizi di qualità per IoUT casi d'uso. Il contributo principale di questo articolo può essere riassunto come segue:

- Panoramica di U-NMS basato sulla tecnologia di comunicazione acustica in IoUT.
- Identifica e delinea le sfide aperte dell'NMS in IoUT e illustra i vantaggi di U-NMS.
- Funzioni principali FCAPSC di U-NMS in IoUT.

· L'analisi comparativa della gestione della rete e dei protocolli di gestione dei dispositivi dell'IoT,

insieme all'U-NMS.

- Requisiti che supportano U-NMS in IoUT.
- Proporre un progetto prototipo unico per U-NMS in un ambiente di laboratorio per IoUT, utilizzando tecnologia di comunicazione acustica.

Il resto del lavoro è organizzato come segue. La sezione 2 affronta l'architettura concettuale di U-NMS, insieme alle sue sfide aperte, vantaggi, revisione della letteratura, funzioni di U-NMS e descrizioni il confronto tra NMS in IoT e U-NMS in IoUT. La sezione 3 descrive il progetto del prototipo e configurazione dell'implementazione di U-NMS in un ambiente di laboratorio per IoUT. La sezione 4 conclude il carta, insieme al lavoro e alla direzione futuri.

2. Sfondo

In questa sezione, questo documento fornisce una panoramica di U-NMS, insieme a un'elaborazione della revisione della letteratura e discute le diverse sfide, vantaggi e funzioni del sistema U-NMS, insieme al confronto tra NMS e U-NMS.

2.1. Panoramica di U-NMS

U-NMS è la sottoclausola derivata da IoUT [73- 76]. Pertanto, l'U-NMS estende i vari caratteristiche uniche di IoUT [77- 83].

- Intelligenza: questo riguarda l'unione di algoritmi, nonché il calcolo, insieme a hardware più software, che lo rende abbastanza intelligente da interagire con vari subacquei e dispositivi di superficie in modo efficiente.
- Connettività: la connettività aiuta nella disponibilità e compatibilità della rete.
- Rilevamento: la funzione principale dell'IoT subacqueo è il rilevamento, che consente ai sensori di rilevare eventuali cambiamenti nell'ambiente subacqueo e riportare lo stato o comunicare con ambiente corrispondente.
- Energia: per l'ecosistema di alimentazione intelligente creato per l'IoT subacqueo, le parti essenziali come la raccolta di energia, l'infrastruttura di ricarica e l'efficienza energetica devono essere presenti.
- Sicurezza: la protezione dei dispositivi, delle reti e della trasmissione dei dati costituisce una parte molto importante dell'IoT sottomarino.
- Mobilità dei nodi: a causa dell'ambiente sottomarino limitato, non esiste una posizione permanente dei nodi di sensori presenti sotto il livello del mare nella rete di sensori wireless sottomarini. I nodi sono mobili, il che si traduce in una comunicazione impropria.
- Sincronizzazione dell'ora: la sincronizzazione dell'ora è un problema essenziale ma impegnativo sott'acqua reti di sensori (UWSN). Questa sfida può essere attribuita a (1) timestamp dei messaggi, (2) mobilità dei nodi; e (3) l'effetto scala Doppler.
- Effetto multi-path: la stratificazione interna dell'oceano provoca effetti multi-path come la distorsione e gravi dissolvenze dipendenti dalla frequenza. Un mezzo multi-percorso si traduce in una diffusione temporale del impulsi trasmessi, nonché ritardi di propagazione in base al tempo e fattori di attenuazione.
- Effetto stratificazione: la localizzazione è uno dei compiti essenziali per il sensore acustico subacqueo reti (UASN). La velocità del suono negli ambienti acquatici varia con la profondità; quindi, il le onde sonore non si propagano lungo una linea retta. Questo fenomeno è descritto come effetto di stratificazione.
- Rumori sott'acqua: vari rumori sott'acqua, come il rumore della nave, il rumore biologico, il rumore del vento, la pioggia rumore, ecc. possono apportare modifiche considerevoli al trasferimento dati subacqueo dei dati.
- Eterogeneità: i principali requisiti di progettazione per IoUT includono scalabilità, modularità, estensibilità e interoperabilità.

Pagina 7

- Modifiche dinamiche: lo stato di vari dispositivi IoUT cambia dinamicamente in base all'ambiente, e il sistema dovrebbe raggiungerli.

L'architettura concettuale U-NMS in IoUT è la combinazione di diverse reti, come reti IoT terrestri e reti IoUT, come mostrato nella Figura 3. Inizialmente, la stazione di gestione è istituito nelle reti IoT terrestri, dove può essere installato l'U-NMS. Le reti IoT terrestri sono collegati con componenti, come stazione di gestione, manager, database, ecc. e dispositivi come stazione base (BS), gateway di superficie (S-GW), ecc. che viene utilizzato per il monitoraggio sott'acqua reti via radiofrequenza (RF) e tecnologie di comunicazione acustica. La rete IoUT è costituito da dispositivi subacquei intelligenti come il nodo sensore subacqueo (UW-SNode), senza pilota veicolo subacqueo (AUV), testa del cluster subacqueo (UW-CH), ecc. Anche questi sono installati con l'agente software, utilizzato per rilevare, raccogliere e trasferire dati.

Figura 3. Architettura concettuale dei sistemi di gestione della rete sottomarina (U-NMS) in IoT [79].

- S-GW: Il gateway di superficie può essere il gateway mobile o il gateway fisso, che viene stabilito con Global Positioning System (GPS) per ottenere la loro posizione e l'ora per i riferimenti. Soprattutto, il compito di S-GW è fornire servizi di auto-localizzazione e sincronizzazione a UUV e AUV [84- 86].
- AUV / UUV: In U-NMS, AUV o UUV agisce come "nodi mobili" sott'acqua sistema di comunicazione, che fornisce il grado di meccanismo di riutilizzo spaziale per la localizzazione compiti in U-NMS. Le posizioni degli AUV / UUV possono essere stimate attraverso l'interazione diretta con l'S-GW nel corpo idrico. Il mezzo acustico può essere utilizzato per la raccolta e il trasferimento dati in U-NMS [84- 86].
- UW-CH: In U-NMS, UW-CH viene utilizzato per raccogliere le informazioni di gestione della rete da UW-SNode e trasferimento di tali dati ad AUV o UUV tramite comunicazione acustica.
- UW-SNode: in U-NMS, UW-SNode viene utilizzato per trasferire il messaggio critico del UW-SNode stesso su UW-CH o UUV.

2.2. Revisione della letteratura su U-NMS

Ad oggi, la letteratura manca di revisioni e studi esaurienti sul ruolo in cui gioca l'UNNMS il contesto di IoT. La revisione della letteratura esistente indica la necessità di una gestione della rete sistema in IoT [50]. In riferimento [70], l'architettura U-NMS di alto livello e la scoperta della topologia Si propone un meccanismo per integrare i sistemi di gestione terrestre in un sottomarino vincolato

ambiente. L'architettura proposta comprende numerosi componenti U-NMS, come manager, master-agent, sub-agent, stazione di gestione, SNMP subacqueo (u-SNMP), gestione di oggetti, ecc. per raccolta e gestione delle informazioni di rete. Utilizza metodi come Request, Response e

Trasmissione per raccogliere informazioni sulla gestione della rete in U-NMS, come mostrato nella Figura 4.

Figura 4. Componenti dell'U-NMS e operazione di richiesta / risposta in IoT [87].

In riferimento [87], un paio di studi hanno discusso il sistema di gestione della rete leggero

con una specifica funzione IoUT. Inoltre, il sistema di gestione della rete sottomarina (U-NMS) per l'ambiente vincolato è stato proposto. Ciò include l'architettura di nuova concezione, il mai meccanismo di arresto, l'integrazione della base informativa sulla gestione subacquea (u-MIB) [88], e u-SNMP come protocollo di gestione della rete, comprimendo il legacy SNMPv2c, eseguito da Hamdamboy Urnov et al., Come mostrato nella Figura 5.

Basato sul concetto di manager-agente in [89], viene presentata la gestione della rete basata su u-SNMP nella Figura 6. Per controllare, oltre che monitorare, la rete subacquea, il manager u-SNMP crea un'interfaccia che coopera con l'agente u-SNMP utilizzando u-SNMP. In base alla richiesta di u-SNMP manager, l'agente u-SNMP invierà una risposta. Per rappresentare le risorse in rete, vengono utilizzati oggetti che agiscono come variabili di dati. Questi oggetti sono noti collettivamente come sott'acqua base informativa gestionale (u-MIB); questo indica le caratteristiche del dispositivo gestito. Quasi tutte le azioni, come il monitoraggio, il controllo e la configurazione, possono essere eseguite in remoto utilizzando u-MIB che comprendono definizioni di informazioni di gestione. Il manager u-SNMP monitora e controlla le funzioni di U-NMS, trasportando il valore di u-MIB attraverso reti sottomarine. Aiuta anche modificando le impostazioni di configurazione, alterando il valore di alcune variabili, o attivando un particolare azione che si svolgerà a fianco di un agente. Le operazioni eseguite utilizzando u-SNMP sono illustrate in Tabella 2.

Tabella 2. Operazioni di u-SNMP [89].

Metodi	Operazioni	Spiegazione	Valore dei bit
Ottieni richiesta	Leggere	Il metodo Ottieni richiesta e Ottieni risposta è necessario per recuperare il file valore della base di informazioni sulla gestione subacquea (u-MIB) da agente principale o subagente di U-NMS.	00000
Ottieni risposta			00010
Imposta richiesta	Scrivi	Necessario modificare il valore u-MIB della variabile utilizzando Set Metodo di richiesta.	00011
Imposta risposta			00101
Trappola	Notifica (notifica)	<div><div></div>Una notifica volontaria inviata al manager da un agente.</div> <div><div></div>ad esempio, quando si verifica una situazione critica, come un guasto della batteria, memoria piena, ecc.</div>	00111

Figura 6. Gestione di un pacchetto di gestione di rete semplice e sottomano leggero (u-SNMP) a parte di compressione della versione SNMPv2c precedente [89].
SNMP sono illustrati nella Tabella 2.

Figura 6. Protocollo u-SNMP in U-NMS [89].

Il modulo base leggera di informazioni di gestione subacquea (u-MIB) è progettato basato su SNMP legacy in U-NMS, come mostrato nella Figura 7. L'obiettivo tecnico è integrare il peso leggero u-MIB al manager e agente [90].

In riferimento [91], il meccanismo Never-stop è integrato nell'ambiente IoUT limitato, che aiuta per la comunicazione affidabile in U-NMS. La figura 8 illustra il funzionamento del Meccanismo Never-Stop in U-NMS. In base alle condizioni ambientali, al livello di larghezza di banda e al dispositivo condizione, il valore dei dati viene misurato dinamicamente in U-NMS. Ad esempio, il livello di carica della batteria e il livello di spazio di memoria di ciascun dispositivo. Se il valore dei dati ≥ 1 è SI (dipende dal valore di soglia), quindi il processo consente al modulo Local Manager di eseguire le funzioni U-NMS utilizzando OID, valore oggetto, ora, ecc. In questo caso, l'integrazione funzionale eseguirà l'operazione basata su il gestore della richiesta ed esegue l'operazione del gestore della risposta (valore Msg, Req.ID, VarBind, ecc.). Dopo aver completato un ciclo, il meccanismo di arresto continuo viene utilizzato dal gestore per richiedere gli MO

ripetutamente in U-NMS. Al contrario, il valore dei dati inferiore a un (1) modulo di conversione inizia ad attivarsi (Da SNMP a u-SNMP) e varBind può utilizzare algoritmi OPC e ODC. In corso, il subagente sarà attivo in base al gestore delle richieste. L'integrazione funzionale ha due moduli funzionali, come l'errore e il vincolato. Infine, il gestore della risposta si attiverà e risponderà all'agente master. Infatti, più ruoli vengono attivati in base al modulo di conversione. rispondere all'agente principale. Infatti, più ruoli vengono attivati in base al modulo di conversione.

Figura 7. Progettazione e definizione di u-MIB di oggetti gestiti (MO) in u-SNMP [88], [90].
Figura 7. Progettazione e definizione di u-MIB di oggetti gestiti (MO) in u-SNMP [88], [90].
Figura 7. Progettazione e definizione di u-MIB di oggetti gestiti (MO) in u-SNMP [88], [90].

Figura 8. Meccanismo Never-Stop [91].
Figura 8. Meccanismo Never-Stop [91].
Figura 8. Meccanismo Never-Stop [91].

2.3. Funzioni che supportano U-NMS

FCAPS, un framework creato da ISO, distingue gli scopi di lavoro della gestione della rete in cinque diversi livelli, come la gestione dei guasti (F), la gestione del livello di configurazione (C), il la gestione del livello contabile (A), la gestione del livello di performance (P) e il livello di sicurezza gestione (S) [11]. Viene proposta un'estensione di FCAPS, FCAPSC, per la gestione della rete con Io fuori [89]. La descrizione dettagliata della funzione FCAPSC, unitamente alle ricerche svolte finora in Il dominio IoUT rispetto alla gestione della rete, è riportato in questa sezione. Le funzioni FCAPSC sono dettagliato nella Figura 9.

- Tecniche di gestione dei guasti (F) per IoUT: in questo livello vengono identificati i problemi di rete e corretto. Vengono identificati possibili problemi futuri e vengono intraprese azioni per impedire che si ripetano o che si verificano. Inoltre, con l'aiuto di questo, la rete rimane operativa e i tempi di inattività sarà ridotto al minimo.
- Tecniche di gestione della configurazione (C) per IoUT: in questo livello si osserva il funzionamento della rete e controllato. Modifiche alla programmazione e all'hardware, inclusa l'aggiunta di nuove apparecchiature e vengono coordinati i programmi, la riforma dei sistemi esistenti, i programmi e la rimozione dei sistemi obsoleti. Inoltre, l'inventario ei programmi delle apparecchiature vengono conservati e aggiornati regolarmente.
- Tecniche di gestione contabile (A) per IoUT: questo livello, noto anche come livello di allocazione, è dedicato alla distribuzione ottimale ed equa delle risorse tra diversi abbonati alla rete. Questo utilizza i sistemi disponibili in modo efficace, riducendo i costi di esercizio. Questo livello garantisce inoltre che gli utenti ricevano una fatturazione adeguata.
- Tecniche di Performance Management (P) per IoUT: in questo livello, il sistema di gestione raccoglie statistiche di rete e valuta le prestazioni del sistema in diverse condizioni subacquee.
- Tecniche di gestione della sicurezza (S) per IoUT: in questo livello, la rete è protetta dagli hacker, sabotaggio fisico, utenti non autorizzati e sabotaggio elettronico. La privacy delle informazioni dell'utente è conservato dove è garantito / necessario. I sistemi di sicurezza consentono anche agli amministratori di rete resistere a ciò che ogni utente autorizzato può o non può fare a un sistema.
- Tecniche di gestione vincolata (C) per IoUT: questa gestione è suddivisa in 2 moduli:
(1) gestione della rete vincolata e (2) gestione dei dispositivi vincolata. In vincolato tecniche di gestione, vengono utilizzati diversi passaggi per monitorare e raccogliere informazioni da un file ambiente vincolato, come la carica della batteria, il livello di memoria, lo stato della connessione, ecc riassunto di seguito.

1. Meccanismo leggero: questo modulo richiedeva un meccanismo di sistema leggero integrazione. In particolare, la sostenibilità della trasmissione dei messaggi dovrebbe essere leggera e ridurre le trasmissioni di messaggi.
2. L'integrazione u-MIB: questo modulo funge da database di gestione, ad esempio leggero MIB aziendale.
3. Copertura di rete: questo modulo ha integrato diversi moduli della funzione basata su specifiche di copertura di rete subacquea.
4. Durata del sistema: questo modulo può acquisire la durata del sistema e le possibilità di rete, meno gestione degli errori e disabilit  del sistema a lungo termine.

Figura 9 Funzioni di U-NMS [89].

2.4. Sfide e vantaggi di U-NMS

Come le condizioni ambientali della rete area terrestre e della rete area sottomarina differiscono in modo significativo, pone numerose sfide se si cerca di estendere i concetti tradizionali di NMS a U-NMS semplicemente. Di seguito sono elencate alcune delle sfide tecniche pratiche:

- Bassa velocit  di trasmissione dati: l'utilizzo di basse frequenze nella comunicazione subacquea   la causa principale di bassa velocit  di trasmissione dati. Inoltre, ci sono diversi problemi inerenti al mezzo come i riflessi, l'energia dispersione, rifrazione, ecc., che degradano notevolmente la comunicazione tra i dispositivi [92].
- Localizzazione in UWASN: poich  le onde di radiofrequenza sono molto attenuate, la localizzazione in sott'acqua   molto impegnativo. Per questo motivo, utilizzando la tecnologia in dispositivi come il GPS non   praticabile [93].
- Controllo topologico: viene utilizzato per migliorare le tecnologie nella comunicazione subacquea tale come localizzazione, sincronizzazione dell'ora, gestione della mobilit , riduzione dei dati, efficienza energetica funzionamento della rete e instradamento. Pertanto, il meccanismo di controllo della topologia deve affrontare un enorme sfida nella comunicazione subacquea [94].
- Problema di instradamento: la comunicazione subacquea generalmente si trasmette su quella acustica e ottica medio. Questo consuma una batteria alta per comunicazioni acustiche a lungo raggio e corto raggio comunicazione ottica. Pertanto, per il risparmio energetico, diventa un'enorme sfida da costruire protocolli di instradamento efficienti dal punto di vista energetico per la comunicazione subacquea [95].
- Raccolta dati: i metodi di raccolta dati negli UWSN sono notevolmente diversi da quelli in WSN, a causa dell'elevato consumo di energia della batteria, dell'elevato ritardo di propagazione e cos  via. Molti dei file gli schemi proposti incontrano ancora difficolt  nella raccolta dati affidabile [96].
- Meccanismi di apprendimento: i meccanismi di apprendimento profondo o di apprendimento automatico richiedono una quantit  enorme del supporto dati. Con la tecnologia di comunicazione wireless, insieme a un'enorme quantit  di dati, vi   un vantaggio intrinseco nell'applicazione di un meccanismo di apprendimento profondo. Tuttavia, l'ampio l'applicazione dei meccanismi di apprendimento profondo nelle reti di sensori wireless non   ancora completamente sviluppata, in particolare nelle reti di sensori acustici subacquei [97]. La rete neurale convoluzionale (CNN)   la tecnologia di deep learning ampiamente utilizzata per il riconoscimento delle immagini e l'elaborazione del segnale in formato tecnologia di comunicazione wireless. Tuttavia, i vari fattori della comunicazione subacquea, come il contrasto basso, la torbidit  e la propagazione della luce complessa, causano difficolt  nell'ottenere il colore degli oggetti sott'acqua [98, 99].

Gamma di trasmissione: solo una distanza inferiore può essere coperta dai nodi in UWASN considerando la pianificazione della potenza della batteria e la copertura di rete. Inoltre, i segnali vengono generalmente trasmessi in meno frequenze sott'acqua, in modo che ci siano meno possibilità di essere assorbiti dall'acqua. Questo

Pagina 14

Elettronica 2020, 9, 1142

14 di 33

consente portate di trasmissione più elevate. Tuttavia, questo causa la possibilità di una maggiore collisione e interferenza [100].

Velocità di consegna dei dati: il rapporto di consegna di successo dei pacchetti è notevolmente influenzato a causa di vari fattori come il traffico. L'affidabilità del collegamento è tipicamente instabile e bassa [100].

Attenuazione: il motivo principale per cui l'attenuazione è stimolata dall'assorbimento è l'energia acustica nella conversione dell'energia termica, che aumenta con la distanza, oltre che con la frequenza. Inoltre, lo è causato da riverbero e dispersione (sul fondo e sulla superficie dell'oceano agitato), dispersione, e rifrazione (dovuta al punto di riflessione della dispersione da parte del vento superficiale). Anche l'attenuazione è determinato dalla profondità della profondità dell'acqua [101].

Profondità di spiegamento: lo spiegamento subacqueo è più raro rispetto al delimitato dalla terra reti di sensori (qui, il dispiegamento letargico dei sensori è fatto) a causa della spesa complessità [102].

Dimensioni dell'antenna: a causa delle dimensioni ridotte dell'antenna installata, i problemi di copertura della rete persistono.

Ritardo nella trasmissione dei dati: la velocità di propagazione delle reti di sensori sottomarini è generalmente lenta rispetto alle reti terrestri. Nel caso di IoUT, garanzia di ritardo end-to-end limitato può essere un problema serio [103].

Mobilità: i sensori subacquei possono muoversi a causa delle correnti d'acqua e questo porta a una rete dinamica modifiche della topologia, che è ancora un altro problema impegnativo con IoUT [103].

Costo: rispetto ai sensori sott'acqua, i nodi terrestri sono più economici. Ciò è dovuto alla subacquea la complessità del ricetrasmittitore e la protezione dell'hardware in un ambiente subacqueo estremo. Inoltre, i sensori sono molto costosi, poiché i fornitori offrono economie di bassa scala [103].

Limitazione delle prestazioni: nel sistema di gestione della rete sottomarina, esiste una limitazione in termini di prestazioni, in relazione alla misurazione come larghezza di banda, throughput, latenza, tasso di errore, eccetera. [50]

Problema con la configurazione di rete: nel sistema di gestione della rete sottomarina, quando il la dimensione della rete aumenta, è difficile aggiornare il software all'interno dei dispositivi. Questo porta a errori nel sistema di gestione della rete [50, 70].

Problema con la sicurezza del dispositivo: nel sistema di gestione della rete sottomarina, alcuni attacchi in formato dispositivi possono far collassare l'intera rete. Quindi, il sistema di gestione ha bisogno della sicurezza meccanismo per prevenire gli attacchi [50, 70].

Problema di memoria nei dispositivi IoUT: nel sistema di gestione della rete sottomarina, la memoria la dimensione è limitata per tutti i dispositivi di rilevamento intelligenti. Quindi, la gestione della memoria è necessaria per archiviare e recupero delle informazioni [50, 70].

Problema della batteria nei dispositivi IoUT: nel sistema di gestione della rete sottomarina, bilanciamento del carico è una parte essenziale dei dispositivi di rilevamento intelligenti, poiché il backup di alimentazione è limitato sott'acqua nodi del sensore e, in caso di trasferimento dati a distanza maggiore, deve essere necessaria una potenza maggiore e complicata elaborazione del segnale al ricevitore. Pertanto, l'elevato costo di ricarica è uno dei grandi problemi sott'acqua [50, 70].

Per superare le sfide U-NMS, come problemi di batteria, problemi di memoria, larghezza di banda problemi, ecc., il sistema di gestione dei dispositivi subacquei e la gestione della rete sottomarina Il sistema dovrebbe essere progettato considerando vari fattori, come mostrato nella Figura 10.

Monitoraggio e controllo della rete subacquea, utilizzata per la gestione e il controllo del funzioni basate sulla rete subacquea, come la qualità del collegamento, la connettività, la sicurezza della rete, ecc. in U-NMS.

Monitoraggio e controllo del dispositivo subacqueo utilizzati per il controllo del dispositivo subacqueo funzioni, come nome dispositivo, ID, ecc. in U-NMS.

Monitoraggio delle funzioni: utilizzato per monitorare tutte le funzioni FCAPSC di U-NMS.

Pagina 15

Elettronica 2020, 9, 1142

15 di 33

- . Facile risoluzione dei problemi utilizzata per trovare e risolvere i problemi di reti e dispositivi in U-NMS.
- . Gestione della posizione: utilizzata per trovare la posizione di ogni dispositivo in U-NMS.
- . Gestione delle risorse: utilizzata per la gestione di risorse come il livello di alimentazione, lo spazio di memoria, ecc. in U-NMS.
- . Gestione della connettività: utilizzata per controllare la connessione e la comunicazione tra i dispositivi sott'acqua.
- . Altri: altri necessari per estendere altre funzionalità come la gestione del traffico, la sicurezza gestione, gestione delle prestazioni, ecc. in U-NMS.

Figura 10. Vantaggi dell'utilizzo di U-NMS.

2.5. Confronto tra NMS e U-NMS

Questa sottosezione descrive il confronto tra NMS e U-NMS: la Tabella 3 descrive il Confronto della configurazione dell'ambiente tra NMS e U-NMS, la Tabella 4 descrive la gestione della rete protocollo di confronto tra NMS e U-NMS e la Tabella 5 descrive il protocollo di gestione del dispositivo confronto tra NMS e U-NMS.

Tabella 3. Configurazione ambientale tra NMS e U-NMS [73- 75, 89].

Parametri	OMA-LwM2M	Considerazioni sulla gestione dei dispositivi in subacquea (u-SNMP)		
		Sub-agente	Master-Agent	Valore metriche
Ambiente	Ambiente terrestre: adottato con comunicazione cablata / wireless	Ambiente subacqueo: adottato con acustica comunicazione		Velocità del segnale ≈1,5 k
Ritardo nella comunicazione	Basso Frequenza radio (3,1 ns)	Segnale acustico alto		> 0,64 ms
Diffusione Doppler	Non considerato	Profondamente considerato		Af ≈ 21 Hz
Riflessione	Basso	potente		≈22 ms
Rumore	nessun impatto	Impatto (vari fattori)		> 17 db
Batteria utilizzata / risorse di alimentazione	Si/ Ricaricabile	Si/ Litio batteria	pochi/ Litio batteria	> 4000 mAh – 10.000 mAh 10-18 V
Utilizzo della memoria	limitato	estremamente limitato	limitato	> 500 MB /

Protocollo del livello di trasporto	TCP / UDP	nessuna	UDP / nessuno	2 GB -
Indirizzamento	IPv6 / 6LowPAN (16 byte)	Nessuna	UID	> 1 byte
Utilizzo della larghezza di banda	Stretto	Estremamente stretto		<=10 kHz
Gamma di comunicazione	Piccola distanza (<1 km)	Lunga distanza		≈1000 km

Tabella 4. Confronto tra i protocolli di gestione della rete di NMS e U-NMS. [15- 18, 87- 89].

le zone	Protocolli NMS		u-SNMP
	SNMP	TMN	
Affidabilità	Questo è basato sul datagramma utente Protocollo e non può garantire una corretta trasmissione di dati	TCP e UDP sono supportati e garantiscono consegna dei messaggi	I protocolli bundle possono supportare l'affi trasmissione dei dati in un ambiente sottomarino
Linguaggio MIB	Un sottoinsieme adattato di ASN.1, struttura di Vengono utilizzate le informazioni di gestione (SMI) in SNMP per la definizione degli oggetti	Si basa sul paradigma orientato agli oggetti. Il standard che aiuta nella definizione degli oggetti è Linee guida per la definizione di oggetti gestiti (GDMO)	ASN.1 e SMI vengono utilizzati per la defin gli oggetti
Complessità	Design semplice così come architettura	Modellazione dei dati completa ma complessa e astrazione	Complessità per la progettazione di un fram progettazione del protocollo di gestione sub
Costo	Conveniente perché l'architettura lo è semplice	Costoso a causa dell'architettura complessa	Distribuzione in un sott'acqua l'ambiente è piuttosto costoso
Stack di protocollo	SNMP è leggero perché limitato vengono utilizzate in SNMP	CMIP è lo stack di protocollo utilizzato in TMN; è pesante perché più operazioni vengono utilizzate in CMIP	Operazioni leggere e limitate per U-NMS
Operazioni	M Ottieni, M azione, M cancella, M imposta, M creare, report evento M.	Ottieni richiesta, Imposta richiesta, Ottieni risposta, Ottieni successivo Richiedi, Trap, Ottieni risposta successiva, Ottieni risposta impostata	Ottieni richiesta, trappola, ottieni risposta, ii Richiedi, imposta risposta
Funzioni supportate	FCAPS	FCAPS	FCAPSC

Tabella 5. Confronto del protocollo di gestione del dispositivo con U-NMS [32- 37, 87, 89].

le zone	Protocolli di gestione dei dispositivi dell'IoT		U-NMS
	OMA-DM	OMA-LwM2M	
Dispositivi applicabili	Telefoni cellulari, tablet e	Dispositivi wireless locali o cellulari M2M vincolati	Dispositivi IoUT vincolati come UW-SNode,

	Gateway M2M. Albero DM con molto composto oggetti di gestione. Inoltre, Il server deve conoscerli tutti albero di gestione del dispositivo struttura che può gestire	Oggetti semplici e piatti con URL uniforme tra i dispositivi	Surface Gateway, UUV, ecc L'albero DM dovrebbe essere leggero con limitaz oggetti gestiti (MO) considerando U-NMS. u-MIB definito per sott'acqua viene utilizzato per gli oggetti sott'acqua. Una risorsa può essere individuata utilizzando gli
Modello di dati			
Modello di comunicazione	EXEC, GET, PUT, POST, SHOW, ELIMINA	ELIMINA, OTTIENI, Metti, POST	Ottieni richiesta, Trap, Ottieni risposta, Imposta r Imposta risposta
Protocollo del livello di trasporto	UDP	UDP	Protocollo bundle
Livello di rete	IPv6, 6LoWPAN	IPv6, 6LoWPAN	u-6LoWPAN
Stack dei livelli di elaborazione	HTTPS SSH / TCP	HTTPS SSH / TCP	HTTPS SSH / UDP / TCP
Codifica dei dati	XML, JSON	XML, JSON	XML, JSON, ASN.1
Fattori importanti	Integra RESTful, gestione e scalabilità	Questo protocollo dipende dall'URI del server Bootstrap e inoltre, oggetti di controllo di accesso Oggetto / dispositivo. Configurazione: la configurazione selettiva è supportata e oggetti specifici dell'applicazione da un ampio pool di OMA / IPSO sono disponibili anche oggetti	È necessario ridurre la dimensione del messaggio struttura e intestazione PDU. Realizza una struttura leggera MIB (u-MIB) per U-NMS

3. Sistema U-NMS proposto

Questa sezione presenta una descrizione dettagliata del nuovo prototipo di U-NMS, con informazioni generali architettura, requisiti che supportano l'U-NSM proposto, test ambientale di laboratorio e risultati di emulazione.

3.1. Architettura concettuale del sistema proposto

La Figura 11 mostra l'architettura U-NMS proposta basata su LWM2M [32- 34]. Questa architettura è costituito da quattro componenti principali: server U-NMS (server basato su LWM2M), client U-NMS (LWM2M-gateway basato, applicazione U-NMS e dispositivi IoUT. Un gruppo di sensori del dispositivo IoUT, che sono collegato al gateway basato su LWM2M, fornisce servizi di sensori subacquei stabiliti sul dispositivo informazioni, come identità del dispositivo, nome del dispositivo, stato della memoria, livello di temperatura, livello della batteria, ecc. Il client U-NMS (gateway basato su LWM2M) ha due caratteri: controlla i dispositivi subacquei e funge da client per il server U-NMS (server basato su LWM2M). Il server U-NMS mantiene una raccolta di file oggetti gestiti dal client U-NMS, esegue operazioni di gestione e viene archiviato all'interno di U-NMS database del server (DB). U-NMS è il tipo di applicazione utilizzata nel server U-NMS per la gestione di reti e dispositivi sott'acqua. Gli utenti possono raccogliere le informazioni sulla rete e sullo stato del dispositivo di Dispositivi IoUT. La Tabella 6 mostra i requisiti che supportano la progettazione di U-NMS.

Tabella 6. Requisiti degli U-NMS proposti.

Requisiti di U-NMS	Descrizione
Console utente / gestore	Può essere l'utente o la macchina che può controllare e gestire tutte le operazioni del manager tramite stazione di gestione
U-NMS	Utilizzo dell'applicazione nel server U-NMS
Stazione di gestione della rete	Il segnaposto per la gestione del database, utente e gestore
Database (DB)	La memorizzazione dei dati di U-NMS
Server U-NMS (gestore)	Il software installato nella stazione di gestione per interagire con l'agente in U-NMS
Agente	L'applicazione che viene generalmente installata nei dispositivi di gestione della rete
Client U-NMS (agente principale)	L'applicazione installata nel gateway di superficie
subagente	L'applicazione installata nei dispositivi IoUT
Oggetti gestiti (MO)	Gli MO sono le raccolte di oggetti nella base di informazioni di gestione subacquea che è possibile accedervi utilizzando gli identificatori di oggetto (OID)
Object Identity (OID)	Numero identificativo univoco di ogni oggetto in U-NMS
Metodi di localizzazione	I metodi di localizzazione devono essere applicati in U-NMS per identificare il file posizione dei dispositivi in ambiente sottomarino
Configurazione del dispositivo	In U-NMS, il meccanismo di configurazione del dispositivo viene utilizzato per creare l'hardware e configurazione software in U-NMS

Operazioni	Questi sono i metodi utilizzati in U-NMS per inviare o ricevere la gestione informazioni da reti sottomarine. I metodi che possono essere utilizzati sono GET, GETNext, SET, SETNext e TRAP
FCAPSC	FCAPSC è la funzione supportabile per il sistema di gestione della rete sottomarina
Controllo della disponibilità delle risorse	Per evitare il guasto dei dispositivi IoUT, le risorse come lo stato di alimentazione, link stato, stato della memoria, ecc. devono essere controllati frequentemente
Tempestività	La tempestività viene utilizzata per verificare la qualità del servizio in U-NMS
Monitoraggio dello stato della rete	Per identificare la connessione tra i dispositivi in ambiente IoUT
Analisi di performance	In U-NMS, è necessario identificare le prestazioni di ogni dispositivo IoUT
Raccolta di informazioni sul dispositivo	È necessario raccogliere le informazioni sul dispositivo come ID, nome, indirizzo, ecc
Scoperta di risorse personali	Identificare la disponibilità delle risorse di ogni dispositivo IoUT e notificare tali informazioni al server U-NMS tramite client U-NMS

Figura 11. Architettura concettuale dell'U-NMS basato su LWM2M.

3.2. Meccanismo di progettazione del gateway di superficie in U-NMS

La Figura 12 illustra il diagramma a blocchi del software del gateway basato su LWM2M in U-NMS. Questo schema a blocchi è costituito da tre scomparti: reti e dispositivi IoUT, su cui è installato subagente e fornisce le informazioni sulle risorse del dispositivo, come ID dispositivo, nome dispositivo, batteria del dispositivo, ecc. o (R1, R2, R3) al client U-NMS. Il client U-NMS viene installato con l'agente principale, che comprende il gestore degli oggetti e il gestore delle risorse. Il gestore degli oggetti viene memorizzato con gli oggetti esistenti, e dispone di spazio per la memorizzazione di nuovi oggetti utilizzando OID. Il gestore delle risorse raccoglierà le risorse forniti dai dispositivi IoUT e archivarli nel pool come R1, R2, R3, ecc. Il gestore degli oggetti assegna OID per le nuove risorse trovate nel pool e archiviate come nuovi MO nel client U-NMS. Il server U-NMS installato con il gestore viene utilizzato per raccogliere o gestire gli MO del client U-NMS, utilizzando i metodi GET / SET. Non viene finalmente consegnato al server U-NMS.

Figura 12. Diagramma a blocchi del design del gateway basato su LWM2M in U-NMS.

La Figura 13 mostra il processo di sequenza dei messaggi del gateway basato su LWM2M (client U-NMS). Quando inizia, il client U-NMS registra la sua esistenza e gli oggetti su U-NMS. Una volta che la connessione è stabilito tra il client U-NMS e i dispositivi IoT, verrà avviato il gestore oggetti nel client U-NMS il processo di scoperta delle risorse. In base ai risultati, il gestore oggetti crea dinamicamente OID per le risorse appena scoperte. Un server U-NMS può recuperare le informazioni sulla creazione oggetti cercando gli oggetti nell'elenco dei client U-NMS. Dopo aver creato gli OID per le nuove risorse, il server U-NMS può GET / SET messaggi riguardanti risorse specifiche degli oggetti gestiti. Questi i messaggi verranno mappati all'operazione successiva nel gestore oggetti. Di conseguenza, l'U-NMS il client ottiene i dati più recenti generati dai dispositivi IoT. Le informazioni ricevute sono finalmente consegnate al server U-NMS.

Figura 13. Diagramma di sequenza per la creazione dell'operazione GET/SET in U-NMS.

Figura 13. Diagramma di sequenza per la creazione dell'operazione GET/SET in U-NMS.

3.3. Progettazione di prototipi e definizione di oggetti gestiti

Il prototipo U-NMS è progettato con diversi componenti, come client U-NMS, server U-NMS, manager, agente, dispositivi subacquei, ecc. I componenti utilizzati per il processo di progettazione sono i seguenti:

1. Server U-NMS: consiste nel programma manager, che viene utilizzato per gestire la subacquea reti e dispositivi. Ad esempio, le operazioni come GET / SET vengono utilizzate per ottenere il file informazioni dal client U-NMS in U-NMS.
 2. Client U-NMS: consiste in un programma agente principale, utilizzato per inviare messaggi di notifica quando si verifica un evento critico ed elaborare il messaggio di risposta in base alla richiesta del Server U-NMS.
 3. Fornitore di servizi: nella progettazione proposta, il LTE cat. M1 è il fornitore di servizi che funge da interfaccia tra utente e gateway di superficie per connettere dispositivi IoT.
 4. Gateway di superficie: nel nostro approccio, il gateway di superficie funge da client U-NMS.
- un. Profilo del dispositivo: è il modem acustico collegato al trasduttore acustico.
- b. MO: il client U-NMS è costituito da una raccolta di oggetti gestiti (MO). Il gestito è possibile accedere agli oggetti utilizzando l'identificatore oggetto (OID).
5. Dispositivi subacquei: i dispositivi subacquei vengono installati con l'agente principale, che può inviare le informazioni sulla risorsa corrente al client U-NMS.

La Figura 14 mostra il prototipo di U-NMS. Il lato "a" della figura è costituito dal "manager" parte che contiene il server U-NMS, che viene utilizzato per ottenere le informazioni necessarie o per l'aggiornamento le informazioni utilizzando i metodi come GET / SET in U-NMS, e il lato "b" della figura consiste della parte 'master agent' che contiene l'emulatore modem LTE Cat.M1, che utilizza LwM2M basato su UDP (CoAP) per comunicare con il server U-NMS e il client U-NMS.

Figura 14. Diagramma di sequenza per la creazione dell'operazione GET/SET in U-NMS.

Figura 14. Progettazione di prototipi fondamentali per U-NMS.

La Figura 15 mostra gli oggetti gestiti estesi di U-NMS. In questo articolo, la struttura MO è modificato in base a OMA-LwM2M. Il MO sottomarino recentemente definito per U-NMS è Underwater oggetti di rete. È possibile accedere a questi oggetti gestiti utilizzando l'indirizzo "ID oggetto / Istanza oggetto ID / ID risorsa / ID istanza risorsa ". La descrizione degli MO definiti è riassunta come segue:

- ID rete: identità univoca delle reti sottomarine.
- Stato della rete: qualità delle reti subacquee (0 indica una connessione debole, 1 indica a connessione normale, 2 indica una connessione forte).
- Numero di dispositivi: indica il numero di dispositivi collegati a reti subacquee.
- ID dispositivo: identità univoca dei dispositivi subacquei.
- Nome dispositivo: indica il nome del dispositivo, come sensori, gateway, UUV, ecc.
- Risorsa dispositivi: indica la disponibilità delle risorse, come batteria, memoria, temperatura stato, ecc., dei dispositivi subacquei.

Figura 16 Definizione di oggetti sottomarini in base alla tecnologia Genera Optics Mobile Machines (OMA-LwM2M) in U-NMS.

3.4. Descrizione del banco di prova

In questa sezione, descriviamo il banco di prova U-NMS nell'ambiente di laboratorio. Iniziamo con il parti hardware utilizzate, quindi descrivere lo stack di protocollo utilizzato nell'U-NMS.

3.4.1. Descrizione hardware

1. Modem acustico: il modem acustico è progettato per un funzionamento a bassa potenza, che include il processore MCU Cortex M3, la frequenza operativa di 70 kHz, la velocità dati massima di 200 bps, la portata operativa massima di 50 m e la dimensione del raggio 70 mm e altezza 40 mm. L'interfaccia periferica seriale (SPI) viene utilizzata per il collegamento tra il modem acustico e la scheda madre.
2. La scheda madre per U-NMS: STM32F103CB viene utilizzata come scheda madre per U-NMS, che comprende un processore MCU Cortex M3, installato con il modulo U-NMS sul firmware, larghezza, e altezza di 30 mm rispettivamente e consumo di energia di 3,3 V e 5 V. L'universale L'interfaccia ricevitore / trasmettitore asincrono (UART) viene utilizzata per la comunicazione tra scheda madre e PC.
3. Trasduttore acustico: il trasduttore acustico supporta la gamma di frequenze di 70 kHz, con l'estensione potenza di ingresso di 190 watt, una profondità operativa di 1500 m, e utilizza il tipo di cavo di poliuretano Coassiale 6 mm a basso rumore.
4. Serbatoio dell'acqua: il serbatoio dell'acqua viene riempito con acqua per creare sott'acqua nell'ambiente di laboratorio e la dimensione è 75 cm × 75 cm × 100 cm, rispettivamente larghezza, profondità e altezza.
5. Manger / master agent: il PC viene utilizzato per monitorare e controllare le operazioni di il sistema U-NMS. In questo sistema U-NMS, il modem è collegato alla porta seriale a

GET-REQUEST, GET-RESPONSE, SET REQUEST e, SET RESPONSE, dalla mangiatoia e agente principale.

La Figura 16 mostra il test ambientale di laboratorio di U-NMS. Il server U-NMS e il client U-NMS sono sviluppati utilizzando il modem acustico e il trasduttore acustico ad esso collegato. Il responsabile viene utilizzato per inviare la richiesta e, l'agente master viene utilizzato per inviare la risposta all'U-NMS server. I risultati del laboratorio sperimentale sono mostrati nel sottoparagrafo 3.5. Server NMS. I risultati del laboratorio sperimentale sono mostrati nel sottoparagrafo 3.5.

Figura 16: Configurazione del banco di prova di U-NMS in un ambiente di laboratorio.

3.4.2. Protocollo Stack di U-NMS

Lo stack del protocollo di U-NMS è diviso in due livelli: (1) livello inferiore e (2) livello superiore come mostrato nella Figura 17. Il livello inferiore è la combinazione del livello fisico U-NMS e del collegamento dati U-NMS livello e il livello dell'applicazione U-NMS è partizionato sotto il livello superiore di U-NMS.

1. Livello applicazione per U-NMS: l'applicazione U-NMS viene installata all'interno del livello applicazione di U-NMS. Il modulo applicativo U-NMS viene qui impiegato per la gestione delle funzioni in U-NMS. I metodi, come GET REQUEST, GET RESPONSE, SET REQUEST e SET RISPOSTA, vengono utilizzati per trasferire le informazioni U-NMS.
2. Livello di collegamento dati di U-NMS: la scheda madre di U-NMS è collegata al livello di collegamento dati di U-NMS. Il modulo U-NMS è installato in questo livello per trasferire la base di informazioni sulla richiesta. Le funzioni come elaborazione dei dati, rilevamento e gestione degli errori, framing dei dati, pianificazione

gestione, ecc. sono utilizzati nel livello di collegamento dati di U-NMS.

3. Livello fisico di U-NMS: le funzioni, come generazione di segnali, trasmissione binaria, acustica mezzo per la trasmissione, ecc., vengono eseguiti nel livello fisico di U-NMS.

Pagina 25

Elettronica 2020, 9, 1142

25 di 33

mezzo per la trasmissione, ecc., vengono eseguiti nel livello fisico di U-NMS.

Figura 17: Stack di protocollo di U-NMS.

3.5. Risultati degli esperimenti di laboratorio

La Figura 18 mostra la configurazione sperimentale di laboratorio della gestione della rete sottomarina sistema per l'elaborazione di oggetti GET e SET U-MIB in U-NMS. Si compone di due parti: (1) manager (Server U-NMS) e (2) agente principale (client U-NMS). Il manager richiede gli oggetti gestiti di dispositivi subacquei, come ID di rete, ID dispositivo, nome dispositivo, ecc. L'agente master riceve la richiesta del gestore e rinvia i valori al gestore. I comandi utilizzati per GET_REQUEST, GET_RESPONSE, SET_REQUEST e SET_RESPONSE sono "91.92.11.XX.00", "91.92.12.XX.00", "91.92.13.XX.00", "91.92.14.XX.00", rispettivamente, in U-NMS.

La Figura 19 mostra il formato del pacchetto di U-NMS con 5 byte per l'invio e la ricezione dei dati. Il formato del pacchetto è costituito da un ID origine, ID destinazione, Tipo di pacchetto, Tipo di risorsa e Valore risorsa. La descrizione del formato del pacchetto è riassunta di seguito.

- L'ID sorgente e l'ID destinazione vengono utilizzati per identificare l'origine e la destinazione in U-NMS.
- I tipi di pacchetto sono i metodi utilizzati nell'U-NMS, come GET_REQUEST: 0×11 , GET_RESPONSE: 0×12 , SET_REQUEST: 0×13 e SET_RESPONSE: 0×14 .
- Tipo di risorsa sono i vari valori MO utilizzati nell'U-NMS, come ID di rete, Stato della rete, ID dispositivo, nome dispositivo, risorse del dispositivo, ecc.
- Il valore della risorsa è i valori MO utilizzati per GET_REQUEST / GET_RESPONSE e SET_REQUEST / SET_RESPONSE in U-NMS.

La Figura 20 mostra come funzionano i metodi GET_REQUEST e GET_RESPONSE sul manager lato e lato agente principale in U-NMS. Il lato "a" della figura mostra il funzionamento dell'U-NMS server. Ad esempio, il gestore invia il valore GET_REQUEST come "92 26241/21" e riceve il GET_RESPONSE valore come "91 26241/21/51". Pertanto, "51" è il valore MO ricevuto dall'U-NMS cliente. Il lato "b" della figura mostra il funzionamento dell'agente master. In questo caso, l'agente principale riceve il messaggio GET_REQUEST dal gestore e trasmette il valore GET_RESPONSE, compreso l'oggetto richiesto.

Figura 18. Configurazione sperimentale di laboratorio di U-NMS.
Figura 18. Configurazione sperimentale di laboratorio di U-NMS.

Figura 19. Il formato del pacchetto di U-NMS.
Figura 19. Il formato del pacchetto di U-NMS.

Figura 20. (**a**) Risultati dei metodi GET_REQUEST e GET_RESPONSE nel lato manager di U-NMS.
(**b**) Risultati dei metodi GET_REQUEST e GET_RESPONSE nel lato agente principale di U-NMS.

La Figura 21 mostra i metodi SET_REQUEST e SET_RESPONSE funzionanti nel manager e lati principali dell'agente di U-NMS. Il valore esistente di "92/26241/21" era "51". Il SET_REQUEST metodo viene utilizzato per modificare il valore di MO in U-NMS. Il lato 'a' della figura mostra il funzionamento di Metodi SET_REQUEST e SET_RESPONSE nel lato gestore. In questo caso, il gestore invia

il metodo SET_REQUEST per modificare il valore MO da "91 26241/21/51" a "91 26241/21/75", e ha ricevuto correttamente il valore SET_RESPONSE. Il lato "b" della figura mostra il funzionamento di Metodi SET_REQUEST e SET_RESPONSE nel lato agente master. In questo caso, il SET_REQUEST e SET_RESPONSE vengono ricevuti e trasmessi correttamente al gestore.

(b) Risultati dei metodi GET_REQUEST e GET_RESPONSE nel lato agente principale di U-NMS.

Figura 21. (a) Risultati dei metodi SET_REQUEST e SET_RESPONSE nel lato manager di U-NMS.
(b) Risultati dei metodi SET_REQUEST e SET_RESPONSE nel lato agente principale di U-NMS.

4. Conclusioni e direzione futura

Al momento, il sistema di gestione della rete (NMS) nell'IoT è una delle tecnologie in forte espansione utilizzato per la gestione dei dispositivi IoT nelle reti IoT terrestri. Le tecnologie applicabili per il sistema di gestione della rete in IoT, come il protocollo e il dispositivo di gestione della rete protocolli di gestione, non possono essere applicati nelle reti IoUT, a causa di vari fattori, come il limitazione di batteria, memoria, larghezza di banda, ecc. Pertanto, è essenziale creare un NMS affidabile per IoUT. Questo documento descrive le sfide aperte, i vantaggi e le soluzioni per l'utilizzo di una gestione di rete sistema, utilizzando la tecnologia di comunicazione acustica in IoUT. Inoltre, questo documento fornisce vari fattori riguardanti l'NMS, come (1) identificare e delineare le sfide aperte nell'adozione dell'NMS U-NMS e illustrare i vantaggi di U-NMS; (2) analisi comparativa della gestione della rete e protocolli di gestione dei dispositivi dell'IoT insieme al sistema di gestione della rete sottomarina. (3) Requisiti di un sistema di rete sottomarino in IoUT. (4) Elenca i casi d'uso necessari di U-NMS e (5) proporre un nuovo prototipo di progettazione e configurazione di implementazione di U-NMS in un ambiente di laboratorio per IoUT, utilizzando la tecnologia di comunicazione acustica.

Molti ricercatori hanno proposto varie idee relative al sistema di gestione della rete in IoT, come protocollo di gestione della rete, protocollo di gestione dei dispositivi, ecc. Tuttavia, studiando la limitazione sott'acqua, i ricercatori trovano difficoltà nell'applicazione della gestione della rete IoT sistema per sott'acqua. Quindi, l'U-NMS in IoUT ha uno spazio enorme nel mondo emergente. Perciò,

il prototipo suggerito può essere il seminterrato per gli sviluppatori nell'ambiente sottomarino sviluppare l'U-NMS. Il prototipo attuale si basa sui metodi GET / SET e lo sono solo gli MO limitati progettato all'interno dell'U-MIB, come ID di rete, ID dispositivo, stato della rete, risorse del dispositivo, ecc.

Attualmente, il prototipo proposto è in fase di test nella configurazione ambientale del laboratorio. Nel in futuro, il prototipo proposto sarà esteso alla prova sul campo reale in ambiente marino, da impiegando diverse tecnologie di comunicazione in ambiente IoUT, come acustico, ottico e IR. Inoltre, le risorse di gestione / oggetto gestito all'interno dell'U-MIB verranno estese aggiungendo più MO. Il metodo TRAP verrà ampliato in futuro, per indirizzare l'eventuale messaggio di notifica situazione critica si verifica nei dispositivi IoUT.

Contributi dell'autore: Concettualizzazione, S.-HP, DRKM ed EK; Software, JL e S.-HY; Metodologia, DRKM ed EK; Analisi formale e visualizzazione, S.-YS; Indagine e convalida, J.-IN; Risorse, amministrazione del progetto, supervisione e correzione di bozze, S.-HP; Scrittura: bozza originale, DRKM; Scrittura: revisione & editing, DRKM e JL Tutti gli autori hanno letto e approvato la versione pubblicata del manoscritto.

Finanziamento: questa ricerca è supportata dal Basic Science Research Program attraverso la National Research Foundation of Korea (NRF), finanziata dal Ministero dell'Istruzione (NRF-2019R1D1A1B03028903).

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

Riferimenti

1. Qiu, T.; Chen, N.; Li, K.; Qiao, D.; Fu, Z. Reti ad hoc eterogenee: architetture, progressi e

- sfi­de. Rete ad hoc **2017** , 55, 143–152. [[CrossRef](#)]
2. Chen, S. ; Xu, H. ; Liu, D. ; Centro.; Wang, H. Una visione dell'IoT: applicazioni, sfide e opportunità con Prospettiva della Cina. IEEE Internet Things J. **2014** , 1, 349–359. [[CrossRef](#)]
 3. Zanella, A. ; Bui, N. ; Castellani, A. ; Vangelista, L. ; Zorzi, M. Internet delle cose per le città intelligenti. Internet IEEE Things J. **2014** , 1, 22–32. [[CrossRef](#)]
 4. Chettri, L. ; Bera, R. Un'indagine completa sull'Internet of Things (IoT) verso i sistemi wireless 5G. IEEE Internet Things J. **2020** , 7, 16–32. [[CrossRef](#)]
 5. ISO / IEC 10040: 1998. Raccomandazione X.701 – Tecnologia dell'informazione – Interconnessione di sistemi aperti – Sistemi Panoramica della gestione; ITU-T: Ginevra, Svizzera, 1997.
 6. Jia, L. ; Zhu, W. ; Zhai, C. ; Du, Y. Ricerca su un sistema di gestione della rete integrato. In Atti del l'ottava conferenza internazionale ACIS su ingegneria del software, intelligenza artificiale, networking e Parallel / Distributed Computing (SNPD 2007), Qingdao, Cina, 30 luglio 30–1 agosto 2007; pagg. 311–316.
 7. Dragomir, D. ; Voinescu, A. ; Draghici, A. ; Tapus, N. Gestione WSN in un contesto sicuro multiutente. Nel Atti dell'undicesima conferenza internazionale RoEduNet, Sinaia, Romania, 17-19 gennaio 2013; pagg. 1–4. [[CrossRef](#)]
 8. Pras, A. ; Schönwälder, J. ; Burgess, M. ; Festor, O. ; Martinez Perez, G. ; Stadler, R. ; Stiller, B. Ricerca chiave sfide nella gestione della rete. IEEE Commun. Mag. **2007** , 45, 104–110. [[CrossRef](#)]
 9. Frequentatori, W. ; Brenner, M. Implementing a management system architecture framework. Bell Labs Tech. J. **2002** , 5, 31–43. [[CrossRef](#)]
 10. Bush, SF; Kalyanaraman, S. Gestione di reti attive e programmabili. J. Netw. Syst. Manag. **2006** , 14, 1–5. [[CrossRef](#)]
 11. Rao, UH Challenges of Implementing Network Management Solution. Int. J. Distrib. Parallel Syst. **2011** , 2, 67–76. [[CrossRef](#)]
 12. Ma, Y.-W. ; Chen, J.-L. ; Huang, Y.-M. ; Lee, M.-Y. Un efficiente sistema di gestione per reti di sensori wireless. Sensori **2010** , 10, 11400–11413. [[CrossRef](#)]
 13. Kurose, JF; Ross, KW Computer Networking: A Top-Down Approach Featuring the Internet, 6th ed. ; Pearson: Londra, Regno Unito, 2010.
 14. Silva, JC; Rodrigues, JPC; Al-Muhtadi, J. ; Rabêlo, RAL; Furtado, V. Piattaforme gestionali e protocolli per l'internet delle cose: un sondaggio. Sensori **2019** , 19, 676. [[CrossRef](#)]
 15. Caso, J. ; Fedor, M. ; Schoffstall, M. ; Davin, J. RFC 1157 — Simple Network Management Protocol (SNMP). Gruppo di lavoro sulla rete. Maggio 1990. Disponibile online: <https://tools.ietf.org/html/rfc1157/> (accesso su 1 maggio 2020).

16. Specialski, ES Management of Computer Networks and Telecommunications. Tesi di Master, Università di Santa Catarina, Florianópolis, SC, USA, 2002.
17. Ricerca SNMP. Simple Network Management Protocol. SNMP Research International. Disponibile online: <http://www.snmp.com/protocol/> (accesso 1 maggio 2020).
18. PROGETTO ASN.1. Introduzione ad ASN.1. ITU-T. Disponibile online: <http://www.itu.int/en/ITU-T/asn1/Pages/introduzione.aspx> (accesso 1 maggio 2020).
19. Enns, R. ; Bjorklund, M. ; Schoenwaelder, J. ; Bierman, A. RFC 6241 — Network Configuration Protocol (NETCONF). Internet Engineering Task Force (IETF). Giugno 2011. Disponibile online: <https://tools.ietf.org/html/rfc6241> (consultato il 1 maggio 2020).
20. Bjorklund, M. RFC 6020 — YANG — A Data Modeling Language per NETCONF. Attività di ingegneria Internet Forza (IETF). Ottobre 2010. Disponibile online: <https://tools.ietf.org/html/rfc6020> (accesso 1 maggio 2020).
21. Chappell, C. White paper Creazione della rete programmabile: il business case per NETCONF / YANG in rete Dispositivi; Lettura pesante: New York, NY, USA, 2013.
22. Warrior, U. ; Corporation, U. ; Besaw, L. Hewlett-Packard RFC 1189 — The Common Management Information Servizi e protocolli per Internet. Gruppo di lavoro sulla rete. Ottobre 1990. Disponibile online: <https://tools.ietf.org/html/rfc1189> (accesso 1 maggio 2020).
23. Ying, D. ; Feng, Q. ; Luoming, M. Implementazione di un'interfaccia di gestione basata su CMIP per l'accesso ottico Rete. In Atti della Quinta Conferenza Asia-Pacifico sulle Comunicazioni e Quarta Optoelettronica e Conferenza sulle comunicazioni sulle comunicazioni, Pechino, Cina, 18-22 ottobre 1999; Volume 1, pagg. 87–90.
24. Sehgal, A. ; Perelman, V. ; Kuryla, S. ; Schönwälder, J. Gestione dei dispositivi con risorse limitate in Internet delle cose. IEEE Commun. Mag. **2012** , 50, 144–149. [[CrossRef](#)]
25. Kushalnagar, N. ; Montenegro, G. ; Schumacher, C. RFC 4919—6LoWPAN: Panoramica, presupposti, problema Dichiarazione e obiettivi; Gruppo di lavoro sulla rete: Gatineau, QC, Canada, agosto 2007.
26. Mukhtar, H. ; Kang-myoo, K. ; Chaudhry, SA; Akbar, AH; Ki-hyung, K. ; Yoo, S. LNMP — Gestione Architettura per reti personali wireless a basso consumo basate su IPv6 (6LoWPAN). In Atti del Simposio sulle operazioni e sulla gestione della rete, Salvador Da Bahia, Brasile, 7-11 aprile 2008; pagg. 417–424.
27. Bierman, A. ; Bjorklund, M. ; Watson, K. RFC 8040 — Protocollo RESTCONF. Gennaio 2017. Disponibile online: <https://tools.ietf.org/html/rfc8040> (accesso 1 maggio 2020).
28. Prieto, AG; Leung, A. ; Rockwell, K. Automazione del test degli agenti RESTCONF. In Atti del 2015 IFIP / IEEE International Symposium on Integrated Network Management (IM), Ottawa, ON, Canada, 11-15 maggio 2015; pp. 984–989.
29. Pfa, B. ; Davie, B. RFC 7047 — The Open vSwitch Database Management Protocol. Attività di ingegneria Internet Forza (IETF). Dicembre 2013. Disponibile online: <https://tools.ietf.org/html/rfc7047> (accesso 1 maggio 2020).
30. Davie, B. ; Koponen, T. ; Pettit, J. ; Pfa, B. ; Casado, M. ; Gude, N. ; Petty, T. Revisione pubblica per un approccio al database alla progettazione del piano di controllo SDN. ACM SIGCOMM Comput. Commun. Rev. **2017** , 47, 15–26. [[CrossRef](#)]

31. Sharma, S. ; Staessens, D. ; Colle, D. ; Palma, D. ; Goncalves, J. ; Figueiredo, R. ; Morris, D. ; Pickavet, M. ; Demeester, P. ; Sharma, S. ; et al. Implementazione della qualità del servizio per la rete definita dal software abilitata Internet futuro. Negli atti del terzo seminario europeo del 2014 sulle reti definite dal software, Londra, Regno Unito, 1–3 settembre 2014; pagg. 49–54.
32. Klas, G. ; Rodermund, F. ; Shelby, Z. ; Akhouri, S. ; Höller, J. Lightweight M2M: Abilitazione della gestione dei dispositivi e applicazioni per l'Internet delle cose. In Ericsson e Vodafone White Paper; Ericsson: Stoccolma, Svezia, 2014.
33. Ocak, MC Implementation of an Internet of Things Device Management Interface. Tesi di Master, Scuola of Electrical Engineering, Alto University, Greater Helsinki, Finlandia, novembre 2014.
34. Rao, S. ; Chendanda, D. ; Deshpande, C. ; Lakkundi, V. Implementazione di LWM2M in dispositivi IoT vincolati. Nel Atti dell'IEEE ICWiSe 2015, Melaka, Malaysia, 24–26 agosto 2015.
35. Open Mobile Alliance (OMA). OMA DM Device Description Framework; Versione 1.3; OMA: San Diego, CA, USA, ottobre 2012.
36. Open Mobile Alliance (OMA). Struttura e descrizione della gestione dei dispositivi OMA; Versione 1.3; OMA: San Diego, CA, USA, ottobre 2012.
37. Open Mobile Alliance (OMA). Protocollo di gestione dei dispositivi OMA; Versione 1.3; OMA: San Diego, CA, USA, Maggio 2016.

38. Lamaazi, H. ; Benamar, N. ; Jara, A. ; Ladid, L. ; El Ouadghiri, D. Internet delle cose e gestione delle reti: Protocolli lmp, snmp, coman. In Atti del primo workshop internazionale sulle reti wireless and Mobile COMMunications (WINCOM 2013), Fes, Marocco, 25 dicembre 2013; pp. 1–5.
39. Sheng, Z. ; Wang, H. ; Yin, C. ; Hu, X. ; Yang, S. ; Leung, VC Gestione leggera delle risorse limitate dispositivi sensori nell'Internet delle cose. IEEE Internet Things J. **2015**, *2*, 402–411. [\[CrossRef\]](#)
40. Castro, M. ; Jara, AJ; Skarmeta, AF Abilitazione delle comunicazioni basate su CoAP end-to-end per il web delle cose. J. Netw. Comput. Appl. **2016**, *59*, 230–236. [\[CrossRef\]](#)
41. Dai, G. Progettazione e implementazione su protocollo di gestione delle cose basato su SOAP per Internet of Things. In Proceedings of the 10th World Congress Intelligent Control and Automation (WCICA), Pechino, Cina, 6–8 luglio 2012; pagg. 4305–4308.
42. Oetiker, T. MRTG: il grafico del traffico con più router. In LISA 1998: Atti della 12a Conferenza USENIX sull'amministrazione del sistema; Associazione USENIX: Berkeley, CA, USA, 1998; pagg. 141–148.
43. Apel, U. Intelligent network management systems. In Atti del X Simposio Internazionale su Subscriber Loops and Services, Vancouver, BC, Canada, 27 settembre–1 ottobre 1993; pagg. 257–264. [\[CrossRef\]](#)
44. Otani, T. Un'architettura di sistema di gestione integrata per reti di telecomunicazioni di utilità. Integrato Gestione della rete VI. Gestione distribuita per il millennio in rete. In Atti del Sesto IFIP / IEEE International Symposium on Integrated Network Management. (Cat. N. 99EX302), Boston, MA, USA, 24–28 maggio 1999; pp. 933–934.
45. Kim, J.-Y. ; Lim, S.-D. ; Hong, JW; Kim, S.-B. ; Lee, H.-Y. Gestione della rete integrata basata su TMN utilizzando Web e CORBA. Gestione integrata della rete VI. Gestione distribuita per la rete Millennio. In Atti del Sesto Simposio Internazionale IFIP / IEEE sulla Rete Integrata Gestione. (Cat. No.99EX302), Boston, MA, USA, 24–28 maggio 1999; pp. 947–948.
46. Zhang, T. ; Xu, C. ; Wu, M. ; Zhen, Y. ; Zhang, Q. ; Wen, J. Implementazione della gestione della rete ad hoc sistema basato su piattaforma ARM-Linux incorporata. In Atti della Conferenza Internazionale del 2010 sul Networking and Digital Society, Wenzhou, Cina, 30–31 maggio 2010; pagg. 167–170.
47. Tsatsoulis, C. ; Soh, L.-K. Agenti intelligenti nelle reti di telecomunicazione. In Computational Intelligence in Reti di telecomunicazione; CRC Press: Boca Raton, FL, USA, 2000.
48. Atzori, L. ; Iera, A. ; Morabito, G. L'Internet delle cose: un'indagine. Comput. Netw. **2010**, *54*, 2787–2805. [\[CrossRef\]](#)
49. Singh, KJ; Kapoor, DS Crea il tuo Internet delle cose: un'indagine sulle piattaforme IoT. Consumo IEEE. Electron. Mag. **2017**, *6*, 57–68. [\[CrossRef\]](#)
50. Urunov, K. ; Shin, S.-Y. ; Park, S.-H. ; Lim, YK Analisi del sistema di gestione della rete con vincoli dispositivi subacquei. In Atti del Simposio dell'Istituto coreano di comunicazioni e Scienze dell'informazione, Seoul, Corea, 21–23 giugno 2017.
51. Urunov, K. ; Shin, S.-Y. ; Namgung, J.-I. ; Park, S.-H. Progettazione di casi d'uso per l'U-NMS. J. Inst. Electron. Eng. Corea **2018**, *55*, 47–59.
52. Kao, C.-C. ; Lin, Y.-S. ; Wu, G.-D. ; Huang, C.-J. Uno studio completo su Internet delle cose sottomarine: Applicazioni, sfide e modelli di canale. Sensori **2017**, *17*, 1477. [\[CrossRef\]](#)
53. Duraibabu, DB; Leen, G. ; Toal, D. ; Newe, T. ; Lewis, E. ; Dooly, G. profondità e temperatura sott'acqua rilevamento basato sulla tecnologia a fibra ottica per applicazioni marine e di acqua dolce. Sensori **2017**, *17*, 1228. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
54. Mellin, TA; Ravik, O. Sistema subacqueo autonomo per il rilevamento e l'ispezione di perdite di condutture. Nel Atti del 6° simposio internazionale sulla tecnologia sommergibile untethered senza pilota, Durham, NH, USA, 12–14 giugno 1989; pagg. 15–24.
55. Prasad, AN; Mamun, K. ; Islam, F. ; Haqva, H. Sistema intelligente di monitoraggio della qualità dell'acqua. In Atti del 2nd Asia-Pacific World Congress on Computer Science and Engineering (APWC on CSE), Nadi, Fiji, 2–4 Dicembre 2015. [\[CrossRef\]](#)
56. Qin, Y. ; Alam, AU; Pan, S. ; Howlader, M. ; Ghosh, R. ; Hu, N.-X. ; Jin, H. ; Dong, S. ; Chen, C.-H. ; Deen, J. Sistema integrato di monitoraggio della qualità dell'acqua con sensori di pH, cloro libero e temperatura. Sens. Attuatori B Chem. **2018**, *255 Pt 1*, 781–790, ISSN 0925–4005. [\[CrossRef\]](#)

57. Khan, A. ; Jenkins, L. Rete di sensori wireless sottomarini per la prevenzione dell'inquinamento oceanico. In Procedimento del software dei sistemi di comunicazione e middleware e workshop, 2008. COMSWARE 2008. 3 ° Conferenza internazionale su, Bangalore, India, 6-10 gennaio 2008. [\[CrossRef\]](#)
58. Delphin Raj, KM; Shin, S.-Y. ; Namgung, J.-I. ; Park, S.-H. L'approccio basato su RIL per prevedere la crescita di pesce perla spot utilizzando-UWAC. *J. Inst. Electron. Inf. Eng.* **2018** , 55, 32–40.
59. Ainbridge, S. ; Eggeling, D. ; Page, G. Lezioni dal campo: due anni di implementazione del wireless operativo reti di sensori sulla grande barriera corallina. *Sensori* **2011** , 11, 6842–6855. [\[CrossRef\]](#)
60. Davis, A. ; Chang, H. Reti di sensori wireless subacquei. In Proceedings of the OCEANS 2012 MTS / IEEE: Harnessing the Power of the Ocean, Virginia Beach, Virginia, USA, 14-19 ottobre 2012. [\[CrossRef\]](#)
61. Chuang, M.-C. ; Hwang, JN; Si, J.-H. ; Si, W.-c. ; Williams, K. Tracciamento subacqueo dei pesci per telecamere in movimento basato su più kernel deformabili. *IEEE Trans. Syst. L'uomo Cybern. Syst.* **2016** , 47, 1–11. [\[CrossRef\]](#)
62. Udo, E. ; Isong, E. Sistema di monitoraggio e rilevamento delle inondazioni utilizzando una rete di sensori wireless. *Asian J. Comput. Inf. Syst.* **2014** , 1, 2321–5658.
63. Kumar, P. ; Kumar, P. ; Priyadarshini, P. Rete di sensori acustici subacquei per la generazione di allarmi precoci. Nel Atti degli oceani 2012, Hampton Roads, Virginia, USA, 14-19 ottobre 2012; pagg. 1–6. [\[CrossRef\]](#)
64. Wang, Y. ; Dong, J. ; Xie, F. Un progetto di semplice sistema di comunicazione wireless subacqueo. In Atti della conferenza internazionale 2010 sulla tecnologia e applicazioni Internet, Wuhan, Cina, 20-22 agosto 2010; pagg. 1–4. [\[CrossRef\]](#)
65. Rao, C. ; Mukherjee, K. ; Gupta, S. ; Ray, A. ; Phoha, S. Rilevamento di mine subacquee utilizzando un modello simbolico analisi di immagini sonar a scansione laterale. In Atti della Conferenza sul controllo americano del 2009, St. Louis, MO, USA, 10-12 giugno 2009; pagg. 5416–5421. [\[CrossRef\]](#)
66. KM, DR; Yum, S.-H. ; Ko, E. ; Shin, S.-Y. ; Namgung, J.-I. ; Park, S.-H. Basato su multimedia e multi-banda tecniche di strato di adattamento per reti di sensori sottomarini. *Appl. Sci.* **2019** , 9, 3187. [\[CrossRef\]](#)
67. Sanap, M. ; Chaudhari, S. ; Vartak, C. ; Chimurkar, P. HYDROBOT: un nuoto subacqueo di sorveglianza robot. In Proceedings of the 2018 International Conference on Communication information and Computing Technology (ICCICT), Mumbai, India, 2-3 febbraio 2018; pagg. 1–7. [\[CrossRef\]](#)
68. Bernardina, GRD; Cerveri, P. ; Barros, RML; Marins, JCB; Silvatti, AP Action sport camera as an strumento per eseguire un'analisi 3D del movimento sottomarino. *PLoS ONE* **2016** , 11, e0160490. [\[CrossRef\]](#)
69. Han, Y. ; Zheng, C. ; Sole, D. Localizzazione subacquea accurata utilizzando il sistema di posizionamento LBL. Nel Atti dell'OCEANS 2015-MTS / IEEE Washington, Washington, DC, USA, 19-22 ottobre 2015; pagg. 1–4. [\[CrossRef\]](#)
70. Urunov, K. ; Shin, S.-Y. ; Namgung, J.-I. ; Park, S.-H. Progettazione architettonica di alto livello del sistema di gestione per l'internet delle cose sottomarine. In Atti della Decima Conferenza Internazionale sull'Ubiquitous del 2018 e Future Networks (ICUFN), Praga, Repubblica Ceca, 3-6 luglio 2018; pp. 326–331.
71. Akyildiz, I. ; Pompili, D. ; Melodia, T. Sfide per una comunicazione efficiente nel sensore acustico subacqueo reti. *ACM SIGBED Rev.* **2004** , 1. [\[CrossRef\]](#)
72. Yang, H. ; Alphones, A. ; Xiong, Z. ; Niyato, D. ; Zhao, J. ; Wu, K. 6G intelligente abilitato all'intelligenza artificiale Reti. *arXiv* **2019** , arXiv: 1912.05744.
73. Kao, C. ; Lin, Y. ; Wu, G. ; Huang, C. Uno studio su applicazioni, sfide e modelli di canale su Internet di cose subacquee. In Proceedings of the 2017 International Conference on Applied System Innovation (ICASI), Sapporo, Giappone, 13-17 maggio 2017; pp. 1375–1378.
74. Liou, E. ; Kao, C. ; Chang, C. ; Lin, Y. ; Huang, C. Internet delle cose sottomarine: sfide e percorsi protocolli. In Atti della Conferenza internazionale IEEE 2018 sull'invenzione dei sistemi applicati (ICASI), Chiba, Giappone, 13-17 aprile 2018; pp. 1171–1174.
75. Domingo, MC Una panoramica dell'internet delle cose sottomarine. *J. Netw. Comput. Appl.* **2012** , 35, 1879–1890. [\[CrossRef\]](#)
76. Disponibile online: <https://www.linkedin.com/pulse/internet-things-iot-characteristics-kavyashree-gc/> (accesso 12 luglio 2020).
77. Patel, KK; Patel, SM Internet of things (IoT): definizione, caratteristiche, architettura, tecnologie abilitanti, applicazione e sfide future. *Int. J. Eng. Sci. Comput.* **2016** , 6, 6122–6131.
78. Disponibile online: <https://designmind.frogdesign.com/2014/08/internet-things-six-key-characteristics/> (accesso 12 luglio 2020).

79. Agarwal, K. ; Rakesh, N. Problemi di mobilità dei nodi nella rete di sensori wireless sottomarini. In anticipo in Computer e scienze computazionali; Springer: Berlino / Heidelberg, Germania, 2017.

- 33 di 33

Pagina 34

© 2020. Questo lavoro è concesso in licenza con
<http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/> (la "Licenza"). Nonostante
i Termini e condizioni di ProQuest, è possibile utilizzare questo contenuto in conformità
con i termini della licenza.