

## IDENTIFICARE LA GAMMA DI TRASMISSIONE OTTIMALE IN PROFONDITÀ ROUTING PER UWSN

Mohsin Jafri, Simonetta Balsamo e Andrea Marin

DAIS, Università Ca 'Foscari Venezia, Italia

e-mail: mohsin.jafri@unive.it, balsamo@unive.it, marin@unive.it

### PAROLE CHIAVE

Routing basato sulla profondità, raggio di trasmissione ottimale, controllo della potenza, efficienza energetica, acustica subacquea reti.

### ASTRATTO

Instradamento nelle reti di sensori wireless subacquee (UWSNs) è un problema impegnativo a causa delle caratteristiche intrinseche di questa classe di reti wireless (lungo ritardo di propagazione, mobilità dei nodi, ecc.) e perché causa degli indici di performance che devono essere presi in considerazione account, come il throughput di rete, il pacchetto de-rapporto di livrea e costo energetico. In particolare, routing gli algoritmi devono garantire un basso costo energetico per massimizzare imita la durata dei nodi della rete.

In questo studio ci concentriamo su un popolare protocollo di routing per gli UWSN, vale a dire il Depth-Based Routing (DBR). Nello specifico, studiamo l'impatto della trasmissione gamma dei nodi sugli indici di prestazione della rete, con particolare attenzione alla sua efficienza energetica. Il lo studio si basa su una vasta serie di simulazioni performato in AquaSim-NG utilizzando una libreria che è stata sviluppato con l'obiettivo di fornire un'accurata valutazione il consumo energetico dei nodi ed è integrato grattugiato con gli strumenti precedentemente sviluppati per lo studio degli UWSN. Il principale risultato del nostro lavoro sta mostrando la relazione tra il raggio di trasmissione che fornisce il efficienza energetica DBR ottimale e la densità dei nodi in una UWSN.

### INTRODUZIONE

I protocolli di instradamento negli UWSN mirano a fornire alti connettività di rete, basso consumo energetico e basso ritardo del pacchetto capitalizzando le caratteristiche intrinseche della comunicazione acustica. Dal punto di vista funzionale view, i protocolli di routing negli UWSN devono trasmettere il file dati rilevati raccolti dai nodi sottomarini ad alcuni affonda i nodi sulla superficie che alla fine trasmetteranno loro alla stazione base per essere elaborati. Sott'acqua i nodi sono generalmente dotati di batterie che sono difficili sostituire o ricaricare e per questo motivo energia la conservazione deve essere un fattore chiave nella progettazione del percorso algoritmi e una semplice strategia di allagamento si rivolge a essere altamente inefficiente. Inoltre, la mobilità dei nodi

fa strategie basate sull'identificazione e la memorizzazione percorsi difficili da applicare nella pratica. I percorsi sono si rompono continuamente e se ne creano di nuovi (Pompili e Akyildiz 2009). In letteratura, diverse strategie sono stati proposti per introdurre nuovi percorsi protocolli o per ottimizzare quelli precedentemente proposti in incluse strategie specifiche di distribuzione dei nodi, localizzazione schemi e selezione della gamma di trasmissione.

Depth-Based Routing (DBR) (Yan et al. 2008) è un schema di instradamento senza localizzazione e si basa solo sulla profondità informazioni sui nodi per trasferire i dati dal file source al nodo sink. Quando un nodo trasmette un pacchetto tutti i suoi vicini possono riceverlo grazie alla trasmissione natura della trasmissione acustica considerata, tuttavia solo i vicini di bassa profondità possono essere inoltrati. Ciò consente all'algoritmo di controllare l'allagamento e duce la probabilità di interferenze. In DBR assumiamo che ogni nodo non ha conoscenza del suo assoluto posizione in acqua ma conosce la sua profondità grazie ad a sensore basato sulla pressione. Quando viene inviato un pacchetto, il tocol mira a selezionare il vicino più vicino in superficie come spedizioniiere in modo che il numero di salti è ridotto e, di conseguenza, il ritardo end-to-end e si riducono anche i consumi energetici. Il per-la selezione del secondino si basa su due strategie: la prima è l'introduzione della soglia di profondità che afferma il profondità oltre la quale un nodo non può essere un forwarder, mentre il secondo è il tempo di mantenimento, cioè un ritardo la cui durata razione è proporzionale alla differenza di profondità tra il mittente e il candidato spedizioniiere. Quindi, quando a il nodo riceve un pacchetto che deve essere inoltrato, attende per la scadenza del tempo di detenzione e decide di ri-trasmettere il pacchetto solo se nessun altro nodo nella sua ricezione intervallo lo ha precedentemente inoltrato.

DBR è considerato il pioniere e uno dei più grandi schemi affidabili nella categoria delle rotte opportunistiche ing algoritmi per UWSN ed è ancora ampiamente studiato in la recente letteratura sugli UWSN. Un sondaggio dettagliato sul routing basato sulla profondità e altri percorsi opportunistici protocolli possono essere trovati in (Coutinho et al. 2016). Nel in particolare, gli autori classificano la rotta opportunistica schemi di ing secondo il loro candidato e spedizioniiere procedure di selezione.

L'effettiva distribuzione di una UWSN utilizzando DBR deve affrontare alcuni problemi di progettazione riguardanti l'identificazione dei parametri di configurazione ottimali per il protocollo

---

**Pagina 2**

come le costanti per il calcolo della tenuta tempo e il valore di soglia della profondità. Tuttavia, esso dovrebbe essere chiaro che anche la configurazione del corpo i parametri del layer cal influenzano le prestazioni della rete lavoro. In particolare, la gamma di trasmissione del nodo fortemente influenza il costo energetico del protocollo. Alta trans i range di missione consumano più energia e aumentano il probabilità di interferenze ma consente a DBR di coprire distanze maggiori con un salto. Questa considerazione suggerisce gesta che devono esistere valori ottimali per il ambiti di missione (vedi (Zorzi e Pupolin 1995) per un modello analitico delle reti terrestri che affrontano questo problema problema). Un'altra osservazione importante è che il file il raggio di trasmissione ottimale dipende dalla denominazione del nodo sità, poiché densità inferiori implicano una maggiore velocità di trasmissione dius al fine di evitare perdite di pacchetti dovute all'assenza di vicini idonei nell'intervallo del mittente.

**LAVORO CORRELATO**

Harris et.al (Harris III e Zorzi 2007) propongono una simulazione modello di lazione per calcolare una potenza di trasmissione accurata necessario per soddisfare la soglia SNR di 20dB a ricevitore per varie distanze intermedie tra i nodi. Progettano anche un modello per un canale acustico e fornire la sua implementazione completa in NS2 impiegando l'equazione del sonar passivo. Usiamo questo lavoro per modellare gli eventi di trasmissione corretti nel nostro sim-modello di ulazione.

Nella letteratura sulle reti subacquee, aspetti di lo strato fisico è stato preso in considerazione per migliorare le prestazioni del routing e dei protocolli MAC. Per questo obiettivo, strategie di localizzazione efficienti, tras-selezione del raggio di missione e progettazione delle modalità operative dei modem acustici si è dimostrato utile per aumentare la durata della rete, migliorandone la robustezza connettività e riduzione del ritardo end-to-end.

Porto et.al (Porto e Stojanovic 2007) propongono un ex-forma tesa di prevenzione delle collisioni sensibile alla distanza tocol (DACAP) aumentandolo con trans-selezione della potenza della missione e della portata per i nodi sensori. Il il controllo fine di questi parametri porta ad un miglioramento dell'efficienza energetica mentre la connettività di rete è conservato. Analogamente al risultato che abbiamo in questo paper, gli autori scoprono che la selezione del file il raggio di trasmissione ottimale in DACAP dipende da densità di rete. Tuttavia, a differenza di DACAP, esso non è necessario vero per DBR che l'ottimale trans-il raggio di missione è il raggio minimo che garantisce il connettività di rete come risulterà evidente dal nostro ex-periments. In (Kim et al. 2007), gli autori suggeriscono un nuovo schema di routing fornito con trans-tecnica della gamma di missione per i nodi del sensore con l'obiettivo di ridurre al minimo il ritardo end-to-end e aumentare il efficienza energetica. La proposta di Inno-comunicazione di riduzione del tempo (E-ITRC) tocol sfrutta la comunicazione basata su relè per ridurre

ing il numero previsto di salti intermedi verso stazione base. Tuttavia, E-ITRC adotta un trans-regolazione del raggio di missione e quindi, rispetto a DBR, richiede un protocollo molto più sofisticato implementazione. Gao et.al (Gao et al.2012) forniscono un modello analitico per la valutazione della rete consumo di energia. Sulla base di questo modello, propongono un metodo per ottenere il raggio di trasmissione ottimale per una rete distribuita in modo casuale. Infine, esaminano l'impatto della gamma di trasmissione su alcuni rilevanti indici di prestazione come l'efficienza energetica e la connettività di rete. Tuttavia, solo un hop trans-sono state considerate le missioni e l'astrazione il modello analitico rende difficile derivarne una pratica regola per l'impostazione dei parametri del protocollo.

Sebbene tutti questi documenti mirino a specificare l'op-gamma di trasmissione temporale per la combinazione di alcuni Livelli MAC e protocollo di routing, ancora al meglio la nostra conoscenza non c'è lavoro considerando l'op-intervalli di trasmissione temporale tenendo conto del implementazione dettagliata della rete (ad es. problemi minimi e così via). Per coprire questa lacuna, adottiamo la nostra implementazione (Jafri 2017) di DBR in AquaSim-NG (Martin et al.2015) che è un NS3 (Carneiro 2010) è stato progettato il simulatore basato e le sue librerie con un quadro di simulazione più efficiente e dettagliato per gli UWSN. AquaSim-NG è una versione migliorata di AquaSim (Xie et al.2009) che è un simulatore specializzato ulatore per reti subacquee e contiene completo architettura stratificata.

Contributi In questo articolo affrontiamo il problema lem di stimare il raggio di trasmissione ottimale per UWSN basati su DBR ricorrendo a una simulazione dettagliata un modello che tiene conto di un'ampia serie di aspetti evidenti delle implementazioni di rete effettive. A questa obiettivo, abbiamo esteso l'implementazione DBR di AquaSim-NG (Martin et al.2015) al fine di includere un accurato modellazione del consumo energetico dei nodi tenendo conto contare le modalità operative dei modem. Il sim-ulator è ad accesso aperto e può essere scaricato da repository ufficiale di AquaSim-NG (Martin 2016, Jafri 2017). Abbiamo sottolineato le interazioni tra gli strati tra il livello fisico e quello di instradamento. Infine, il nostro modello di simulazione è in grado di affrontare il problema del terminale occupato che è ben noto per essere importante la stima dell'efficienza energetica della rete (Yan et al. 2008). Abbiamo considerato diversi scenari e abbiamo derivato sperimentalmente una relazione tra il raggio di trasmissione ottimale e la densità dei nodi.

**DBR E IL SUO MODELLO DI SIMULAZIONE**

In questa sezione richiamiamo brevemente DBR e presentiamo il caratteristiche principali del nostro modello di simulazione. Prendiamo un bot approccio tom up basato sulla partizione dei livelli di

---

**Pagina 3**

stack di protocollo. Particolare attenzione sarà dedicata a l'analisi del consumo energetico e del problema di perdita capacità a livello fisico.

Modellazione del consumo energetico presso il strato cal

A livello fisico, la potenza di trasmissione consuma L'azione di un segnale acustico negli UWSN viene calcolata da noi- nell'equazione del sonar passivo presentata in (Harris III e Zorzi 2007, Domingo e Prior 2008) che dà il rapporto segnale / rumore (SNR) al ricevitore basato su alcuni parametri tra i quali si gioca un ruolo di primo piano dalla potenza di trasmissione e dal rumore di attenuazione Fattore (AN). Quest'ultimo fattore viene calcolato in base a la nota formula di Thorp (Harris III e Zorzi 2007):

$$10 \log_{10} \alpha (f) = \begin{cases} 0,11 f^2 / (1 + f^2) + 44 f^2 / (4100 + f^2) + 2,75 * 10^{-4} f^2 + 0,003 & \text{se } f \geq 0,4 \text{ kHz} \\ 0,002 + 0,11 (f / (1 + f)) + 0,011 f & \text{se } f < 0,4 \text{ kHz} \end{cases}$$

dove f è la misura della frequenza in kHz e α (f) è misurata in dB / km.

L'attenuazione totale A (l, f) viene calcolata combinando il perdita totale di assorbimento α (f) e perdita di spargimento:

$$10\log A(l, f) = k * 10\log(l) + 1 * 10\log(\alpha(f)), \tag{1}$$

dove k è il coefficiente di diffusione. Seguendo (Harris III e Zorzi 2007), calcoliamo l'attenuazione totale in dbreμPa che è l'unità standard utilizzata per il calcolo la perdita di segnale nelle comunicazioni acustiche. Il primo termine dell'equazione (1) modella la perdita di spreading e il secondo la perdita di attenuazione. Il modello di rumore è costituito da quattro componenti principali: il fattore del vento (N<sub>w</sub> (f)), il fattore di spedizione (N<sub>s</sub> (f)), il fattore termico (fattore N<sub>th</sub> (f)) e la turbolenza Fattore (N<sub>t</sub> (f)) definito come segue:

$$\begin{aligned} 10 \log(N_t(f)) &= 17 - 30 \log(f), \\ 10\log(N_s(f)) &= 40 + 20(s - 0,5) + 26\log(f) - 60\log(f + 0,03), \\ 10 \log(N_w(f)) &= 50 + 7,5 w^{1/2} + 20 \log(f) - 40\log(f + 0,4), \\ 10\log(N_{th}(f)) &= -15 + 20\log(f), \end{aligned}$$

dove s è la costante di spedizione e il suo valore varia da Da 0 a 1. w è la costante del vento con un valore positivo che mostra la velocità del vento. Una discussione sulla pratica si possono trovare i valori tici assunti da queste costanti in (Harris III e Zorzi 2007). Infine, per calcolare il file perdita di rumore totale NL combiniamo questi componenti:

$$NL = N_t(f) + N_s(f) + N_w(f) + N_{th}(f).$$

Si noti che la frequenza di trasmissione (f) prevalentemente af- controlla il livello di rumore poiché una frequenza più alta tende a aumentare la perdita di rumore del segnale. Inoltre sonar passivo l'equazione utilizza anche l'indice di direttività (DI) che mostra la capacità dell'idrofono del ricevitore di evitare indesiderate rumore. Assumiamo il suo valore di 3 dB (Domingo e Prior 2008). La potenza di trasmissione necessaria per raggiungere un obiettivo L'SNR al ricevitore sulla distanza d può essere calcolato ing l'algoritmo (1) come segue (Harris III e Zorzi 2007):

Algoritmo 1 Calcolo della potenza di trasmissione con sumption

```

1: AN [i] ← Attenuazione Rumore f attore per frequenza
2: della larghezza di banda del segnale
3: k ← Coefficiente di diffusione
4: d ← Distanza euclidea tra i nodi
5: Thorp (f [i]) ← perdita di attenuazione per frequenza
6: della larghezza di banda del segnale
7: Rumore (f [i]) ← perdita di rumore per frequenza del segnale
8: larghezza di banda
9: Pr ← Soglia SNR del ricevitore
10: Pt ← Potenza di trasmissione richiesta per il successo
11: segnale di trasmissione
12: Num_ freq ← Numero di frequenze in
13: larghezza di banda del segnale
14: DI ← Indice di direttività

15: da i ← 0 a Num_ freq do
16:   AN [i] ← - (k * 10 * log10 (d) + d * Thorp (f [i]) +
     DI + log10 (rumore (f [i])));
17:   se AN [i] > AN [max_index] allora
18:     max_index ← i
19:   finisci se

20: fine per
21: Pt = Pr - AN [max_index];
22: return Pt;
```

L'algoritmo (1) prevede accuratamente la trasmissione richiesta potenza sion considerando varie distanze tra il nodi comunicanti. La figura 1 mostra la trasmissione potenza necessaria per ottenere con successo il segnale forza di 20 dbreμPa al ricevitore. Targeting SNR specifico al ricevitore, il sonar passivo equa- fornisce la potenza di trasmissione richiesta che jorly aumenta con la distanza (vedi, ad esempio, (Urick 1983, Brekhovskikh e Lysanov 2003, Harris III e Zorzi 2007)).

Livello di rete DBR e relativo modello di simulazione

In DBR, i nodi utilizzano sensori basati sulla pressione per stimare la loro profondità e fare affidamento su queste informazioni per trasmettere il file pacchetti al lavandino in superficie. Poiché DBR è un schema basato sugli allagamenti la corretta impostazione dei suoi parametri

range, sulla performance della rete espressa in termini di il rapporto di consegna dei pacchetti previsto e il costo energetico.

DICHIARAZIONE PROBLEMA

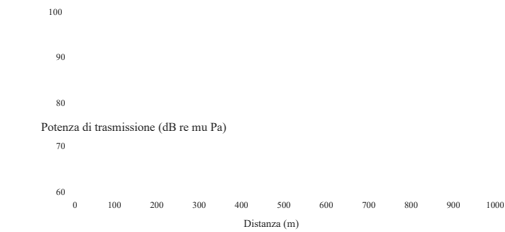


Figura 1: Potenza di trasmissione richiesta per varie distances

eteri, vale a dire la soglia di profondità e il tempo di permanenza, gioca un ruolo fondamentale per ottenere alte prestazioni con un basso consumo energetico. Intuitivamente, lo spedizioniere la selezione è basata sull'orario di invio programmato del pacchetto che viene deciso sulla base del calcolo della tenuta tempo. Il tempo di attesa del pacchetto è proporzionale a la differenza di profondità tra il mittente e il candidato data forwarder e quindi favorisce i nodi che al-abbassare i pacchetti per coprire distanze maggiori verso il affonda. La soglia di profondità viene utilizzata per prevenire nodi con differenza di profondità ridotta per diventare spedizionieri candidati. Durante la durata del tempo di attesa, i nodi scartano il file pacchetto accodato dopo aver trovato la sua trasmissione da un file vicino di profondità inferiore. DBR mira alla profondità più bassa vicina a carico del mittente come un spedizioniere di pacchetti ottimale che è utile anche per sopprimere le trasmissioni di altri eligi vicini al nodo mittente. Grazie alla sua apolide e la natura distribuita, DBR è in grado di gestire i file instradamento negli UWSN con elevata mobilità dei nodi e mantiene un basso utilizzo delle risorse (non è necessario archiviare tabelle di instradamento) e facilità di implementazione. Secondo (Yan et al. 2008) in DBR il tempo di detenzione si ottiene come segue:

f DBR (d) = (2τ / δ) \* (T - d),

dove T è il raggio di trasmissione massimo di un nodo, τ è il massimo ritardo di propagazione di un salto, ovvero, τ = T / v o (dove v o è la velocità di propagazione del suono in l'acqua), d è la differenza di profondità tra il mittente e il ricevitore e δ è un fattore di scala dell'azienda tempi scelti per raggiungere l'ottimale prestazioni della rete e per ridurre al minimo il nascosto problema terminale. L'analisi dell'impatto di questi parametri di configurazione sulle prestazioni della rete è stato fatto in (Yan et al. 2008). Tuttavia, in in questo documento ci concentriamo sull'impatto di una configurazione parametro a livello fisico, vale a dire la trasmissione

Quando distribuiamo un UWSN utilizzando il protocollo di routing DBR col, l'impostazione dei parametri del livello di rete, ovvero il tempo di permanenza e la soglia di profondità sono utili ridurre al minimo il consumo di energia ma potrebbe non essere sufficiente cient. In effetti, la selezione di una trasmissione ottimale l'intervallo a livello fisico può ridurre drasticamente il costo energetico della rete (e quindi la sua durata) mentre mantenendo un rapporto di consegna dei pacchetti ragionevolmente alto. Trans-la portata delle missioni gioca un ruolo fondamentale nel determinare il consumo di energia e rapporto di consegna dei pacchetti in a UWSN che implementa DBR. Concentriamoci sull'energia costo definito come l'energia attesa richiesta per il successo invia completamente un pacchetto al nodo sink. Trasmissione corta gli intervalli di tempo causano problemi nella connettività di rete ity e quindi richiedono frequentemente ritrasmissioni di pacchetti che provocano un elevato consumo di energia. Dall'altra le distanze di trasmissione molto lunghe richiedono più energia per pacchetto e causare l'aumento del numero di ri-trasmissioni ridondanti causate da terminali nascosti. Nel questo lavoro, cerchiamo il valore ottimale della trasmis-intervallo di sioni data una certa densità di nodi che risulta in a basso consumo energetico e mantiene un ragionevole elevato rapporto di consegna dei pacchetti. Inoltre, un appropriato la scelta del raggio di trasmissione riduce il traffico problema minimo (Zhu et al. 2014) limitando il carico su nodi più stressati dal traffico di rete.

ESPERIMENTI DI SIMULAZIONE

In questa sezione affrontiamo il problema dell'identificazione del file raggio di trasmissione ottimale dei nodi del sensore rispetto al costo energetico della rete ricorrendo al modello di simulazione introdotto nella sezione. Insieme a in questa ottimizzazione studiamo anche il rapporto di consegna dei pacchetti per le gamme di trasmissione ottimali. Il pacchetto consegna L'ery ratio è una buona misura per osservare l'impatto del terminal trafficato soprattutto per ciò che riguarda il lungo gamme di trasmissione.

Scenari di simulazione e indici di performance

Studiamo UWSN con vari numeri di nodi de-utilizzato in uno spazio fisso di 500 m × 500 m × 500 m a una distribuzione casuale uniforme. Il numero di nodi varia da 100 a 800 e quindi ricreiamo il file scenari simili a quelli che sono stati viously studiato per altri scopi in (Yan et al. 2008). La soglia di profondità è 1/4 della trasmissione massima e il modello di mobilità è una passeggiata casuale. Per il livello MAC, implementiamo il protocollo Broadcast MAC col (Mirza et al.2009) che supporta efficacemente il funzionamento dei protocolli di instradamento basati sul flooding. Il

Parametro	Valore
Dimensioni della rete	500 m × 500 m × 500 m
Distribuzione	Uniforme casuale
Energia iniziale dei nodi	500J
Dimensione del pacchetto	64 byte
Velocità di mobilità dei nodi	2 m / s
Ricezione del consumo di energia	0,1 W
Consumo energetico inattivo	1 mW
Modello di mobilità	Camminata casuale
δ	Gamma di trasmissione
f	3 kHz



Tabella 1: parametri di simulazione

il nodo di origine è posizionato nella parte inferiore della rete. Sono stati implementati più lavandini in superficie e il Il nodo sorgente trasmette un singolo pacchetto ogni due secondi. La tabella 1 riassume l'impostazione dell'esperimento.

Al fine di identificare il raggio di trasmissione ottimale, noi calcolare i seguenti indici di performance: (i) Energia costo di rete definito come l'energia richiesta prevista per consegnare con successo un pacchetto misurato in Joule per pacchetto, (ii) rapporto di consegna pacchetto e (iii) numero totale di trasmissioni di rete.

Per ogni misurazione ne abbiamo eseguite 20 indipendenti esperimenti e costruire gli intervalli di confidenza al 95% la cui larghezza è sempre inferiore al 7% del valore misurato.

Impatto del raggio di trasmissione sul costo dell'energia di rete, rapporto di consegna dei pacchetti e numero totale ber di trasmissioni

In questo esperimento si studia il costo energetico della rete come funzione del raggio di trasmissione del sensore.

La figura 2 mostra i risultati dei nostri esperimenti, ovvero il file stime del costo energetico della rete in funzione zione del raggio di trasmissione per reti da 500 a 800 nodi. Lo osserviamo per una trasmissione molto bassa varia il costo delle ritrasmissioni a causa di rotte interrotte diventa proibitivo dal punto di vista energetico consumato dalle reti, mentre come la trasmissione aumenti di gamma dobbiamo entrambi affrontare il problema il maggior costo per la trasmissione del singolo pacchetto e l'esplosione del numero di ritrasmissioni dovute al problema del terminale nascosto e al conseguente aumento del numero di collisioni. Possiamo anche osservarlo all'aumentare della densità dei nodi, il costo per il ridimensionamento le trasmissioni dant e le conseguenti collisioni diventano dominante nell'aumentare il costo energetico della rete anche nel suo punto di lavoro ottimale. Per i quattro consid- densità di rete ereditate abbiamo una trasmissione ottimale portata di circa 180 metri. Vedremo dopo su quello sopra una certa densità di nodi l'ottimale il raggio di trasmissione tende a stabilizzarsi a questo valore sotto le ipotesi della tabella 1.

Consultando la Figura 3, il rapporto di consegna dei pacchetti rapidamente



Figura 2: Costo energetico della rete in funzione di il raggio di trasmissione.

aumenta con il forte aumento della trasmissione gamma grazie alla disponibilità di più percorsi tra nodo di origine e sink. Tuttavia, dopo aver raggiunto il punto massimo, declina a causa del ridondante trasmissioni e problemi causati dal traffico intenso nals. È interessante notare che il raggio di trasmissione associato con il rapporto ottimale di consegna del pacchetto è coerente con il valore che ottimizza il costo energetico. Vale anche la pena da notare che come osservato in (Zhu et al. 2014) c'è una forte correlazione tra un elevato rapporto di consegna dei pacchetti e ridu

mentr  
dopo  
stabil  
livrea  
con d  
densit  
e que

Testo originale  
and reduction of the busy terminal problem.  
[Contribuisci a una traduzione migliore](#)

potrebbe essere un problema interessante per lavori futuri. Nev-  
Tuttavia, dovremmo osservare che una rete con alta  
la densità dei nodi tende ad essere più robusta ai guasti e  
quindi altri indici di performance dovrebbero essere analizzati  
prima di trarre conclusioni.

La Figura 4 mostra il numero totale di trasmissioni per-  
formato nella rete per 200 secondi di tempo di simulazione. Noi  
può osservare un aumento iniziale della quantità di  
trasmissioni a causa del maggior numero di ammissibili  
guardiani dei nodi mittente. Tuttavia, questo valore tende  
per stabilizzarsi rapidamente anche se mostra un  
sterna che probabilmente dipende dalla profondità media del  
nodi di inoltro.

Raggio di trasmissione ottimale in funzione del  
densità dei nodi

Al fine di studiare sperimentalmente la connessione tra  
il raggio di trasmissione ottimale e il nodo di rete  
densità abbiamo eseguito un ampio set di simulazioni per ciascuna

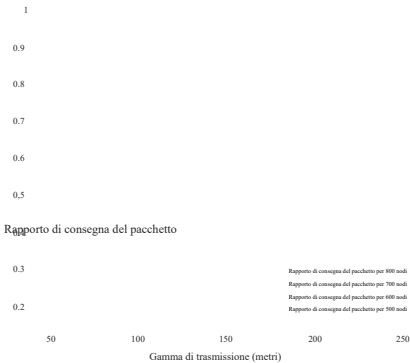


Figura 3: rapporto di consegna dei pacchetti con diversi nodi sities.

data densità e identificato il valore ottimale per il costo energetico. Ciò è stato fatto assumendo il vessità della funzione  $E_c = f(r)$ , dove  $E_c$  è l'energia costo in funzione del raggio di trasmissione  $r$ . Allora noi hanno proceduto utilizzando un metodo di bisezione.

La Figura 5 mostra il raggio di trasmissione ottimale per var- un numero elevato di nodi distribuiti. Lo osserviamo per reti con un numero di nodi superiore a 500 i il raggio di trasmissione ottimale si stabilizza approssimativamente 180 metri. Come osservato nella sezione, questo valore ottimizza sia il costo dell'energia della rete che il suo rapporto di consegna dei pacchetti.

Man mano che il numero di nodi distribuiti diminuisce, il il raggio di trasmissione ottimale aumenta a 240 metri associato con 100 nodi come numero di intermedi per- i guardiani diminuiscono provocando la diminuzione dell'energia totale consumo di rete.

Secondo i nostri esperimenti se  $p$  è il nodo di rete densità espressa in numero atteso di nodi per  $km^3$ ,

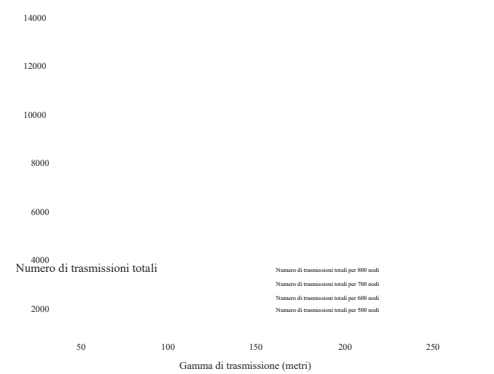


Figura 4: numero totale di trasmissioni di rete con diversa densità di nodi.

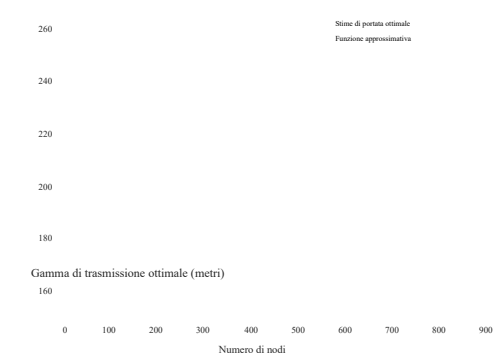


Figura 5: raggio di trasmissione ottimale per diversi nodi densità con il minimo costo energetico.

possiamo dire che il raggio di trasmissione ottimale  $r^*$  per DBR diminuisce con  $\rho$  più alto come:

$$r^* \propto \rho^{-1/6}.$$

Nella Figura 5 tracciamo la funzione  $745 / \rho^{1/6}$  e possiamo vedere che fornisce una buona approssimazione delle stime della gamma ottimale. Osserviamo che questo risultato è abbastanza diverso dalla legge empirica proposta in (Porto e Stojanovic 2007) per DACAP dove l'ottimale trans- è stato riscontrato che il raggio di missione diminuisce con  $\beta$  come  $1 / \sqrt{\beta}$  dove  $\beta$  è la densità del nodo bidimensionale.

CONCLUSIONE

In questo lavoro abbiamo studiato l'impatto della configurazione dei parametri del livello fisico dei nodi su prestazioni del protocollo di instradamento DBR. In particolare, abbiamo concentrato la nostra attenzione su tre performance in dices: il costo dell'energia di rete definito come importo di energia spesa dalla rete per fornire con successo a pacchetto, il rapporto di consegna pacchetto e il numero totale di trasmissioni in un periodo di simulazione di 200s. In ordine per raggiungere il nostro obiettivo, un nuovo simulatore basato su AquaSim-NG è stato sviluppato che rispetto alle sue predefinite cessors fornisce una modellazione accurata del modem modalità operative, le interazioni trasversali richieste da questo protocollo e dal problema del terminale occupato. Il il simulatore può essere scaricato dal repository ufficiale di AquaSim-NG (Martin 2016). Nello specifico, abbiamo affrontato il problema della determinazione la gamma di trasmissione ottimale fornendo il più basso costo energetico data la densità della rete. A questo scopo noi ha studiato prima il comportamento del costo energetico in funzione del raggio di trasmissione per reti con un dato nodo densità e verificato empiricamente che questo valore ottimale esiste. Quindi, abbiamo cercato questo valore ottimale per densità di nodi differenti. Lo abbiamo osservato, secondo ai nostri esperimenti, la trasmissione raggiunge quel minimo mize i costi energetici sono anche quelli che massimizzano il

rapporto di consegna del pacchetto. Infine, abbiamo studiato la relazione tra la densità di rete e la trasmissione ottimale gamma di sion. Come previsto, abbiamo riscontrato che le reti sparse richiedono gamme di trasmissione ottimali più elevate, ma questo i valori tendono a diminuire lentamente con reti più dense. Dagli esperimenti che eseguiamo, abbiamo osservato che il file il raggio di trasmissione ottimale diminuisce di  $1 / \rho^{1/6}$  dove  $\rho$  è il numero previsto di nodi per  $\text{km}^3$ . Lavori futuri includere lo sviluppo di un modello analitico per convalidare data questa legge empirica. Crediamo che i risultati di questo lavoro, combinati con le ottimizzazioni precedentemente sviluppate in rete strato di lavoro studiato in (Yan et al.2008), può essere utile in l'ottimizzazione del consumo di energia negli UWSN adottando il protocollo di routing DBR.

RIFERIMENTI

Brekhovskikh LM e Lysanov, 2003. Fondamenti dell'acustica oceanica. Springer.

Carneiro G., 2010. NS-3: Simulatore di rete 3. In UTM Lab Meeting aprile. vol. 20.

Coutinho RW; Boukerche A.; Vieira LF; e

Martin R.; Zhu Y.; Pu L.; Dou F.; Peng Z.; Cui JH; e Rajasekaran S., 2015. Aqua-Sim Next Generazione: un simulatore basato su NS-3 per sensori subacquei Networks. In Atti del 10 ° Interna-Conferenza nazionale sulle reti sottomarine e sui sistemi temi. ACM, 18-22.

Mirza D.; Lu F.; e Schurgers C., 2009. Efficient trasmissione MAC per reti subacquee. Procedure di ACM WUWNet, Berkeley, CA, USA.

Pompili D. e Akyildiz IF, 2009. Panoramica della rete protocolli di lavoro per le comunicazioni wireless subacquee cationi. Rivista IEEE Communications, 47, n. 1, 97–102.

Porto A. e Stojanovic M., 2007. Optimizing the trans-portata della missione in una rete acustica sottomarina. Nel OCEANS 2007. IEEE, 1–5.

Urick RJ, 1983. Principi del suono subacqueo. McGraw-Hill.

Xie P.; Zhou Z.; Peng Z.; Yan H.; Hu T.; Cui JH; Shi Z.; Fei Y.; e Zhou S., 2009. Aqua-sim: an NS-2 simulatore basato per reti di sensori subacquei. Nel

- Loureiro AA, 2016. Linee guida di progettazione per opportunistic routing nelle reti sottomarine. IEEE Communications Magazine, 54, n. 2, 40–48.
- Domingo MC e Priore R., 2008. Analisi energetica di protocolli di instradamento per reti di sensori wireless subacquee. Comunicazioni informatiche, 31, n. 6, 1227–1238.
- Gao M.; Foh CH; e Cai J., 2012. Sulla selezione del raggio di trasmissione nel sensore acustico subacqueo. Sensori, 12, n. 4, 4715–4729.
- Harris III AF e Zorzi M., 2007. Modeling the underwater acoustic channel in ns2. In Atti della 2a conferenza internazionale sulla valutazione delle prestazioni metodologie e strumenti di azione. ICST, 18-26.
- Jafri M., 2017. AquaSim Next Generation: Libraries, implementazione DBR di Mohsin Jafri. <https://github.com/rmartin5/aqua-sim-ng/blob/master/model/aqua-sim-routing-ddbr.cc>. Accesso: 2017-04-04.
- Kim D.; Cho YM; Kim C.; Kim S.; Park SH; e Kang TW, 2007. Protocollo E-ITRC con Long & Ad-Gamma regolabile sulla rete del sensore acustico subacqueo. In Advanced Information Networking e Applications Workshops, 2007, AINAW'07. 21 ° International Conference on. IEEE, vol. 2, 665–672.
- Martin R., 2016. AquaSim Next Generation: Biblioteka, di Robert Martin. <https://github.com/rmartin5/aqua-sim-ng>. Accesso: 2016-12-05.
- Atti della IEEE Oceans 2009. IEEE, 1–7.
- Yan H.; Shi ZJ; e Cui JH, 2008. DBR: Depth-Routing basato per reti di sensori subacquei. Nel Reti ad hoc e di sensori, Springer. 72–86.
- Zhu Y.; Cui JH; Peng Z.; e Zhou Z., 2014. Busy Termination Problem and Implications for MAC in Acoustic Sensor Networks. In Atti della Conferenza internazionale sulle reti sottomarine e Sistemi. ACM, 1–11.
- Zorzi M. e Pupolin S., 1995. Trasmissione ottimale portata nelle reti radio a pacchetto multihop nelle fading. Transazioni IEEE su comunicazioni, 43, n. 7, 2201–2205.

## BIOGRAFIE DELL'AUTORE

MOHSIN JAFRI SIMONETTA BALSAMO è un

professore ordinario di Informatica presso l'Università Ca' Foscari di Venezia, Italia. La sua ricerca interessa le stime includono modelli di prestazioni e affidabilità e analisi dei sistemi informatici e di comunicazione, parallel e elaborazione distribuita, simulazione distribuita, analisi quantitativa di architetture software e integrazione dei linguaggi di specifica e modulazione delle prestazioni. Ha pubblicato diversi articoli in ambito internazionale riviste, atti di convegni, libri ed edizioni. È stata editrice associata di Performance Evaluation Journal, presidente generale, presidente del programma

## Pagina 8

e membro del comitato di programma per diverse conferenze nazionali. Ha tenuto vari corsi presso livello universitario e laureato, compreso lo stocastico Modellazione, analisi delle prestazioni, simulazione ad eventi discreti, sistemi operativi, sistemi distribuiti e Reti di computer. ANDREA MARIN è un as-

professore di informatica presso l'Università Ca' Foscari di Venezia dal 2011. Ha ricevuto il suo Ph.D. laurea in Informatica nel 2007 presso la stessa Università. I suoi principali interessi di ricerca includono gli stocastici modellazione di tic di computer e sistemi di comunicazione per l'analisi delle prestazioni e dell'affidabilità, accodando e modelli con soluzioni di prodotti. Lui ha contribuito allo sviluppo di un calcolo probabilistico basato sulle algebre di processo per l'analisi formale del wireless reti ad hoc.