

A. Ozan Bicen, A. Behzat Sahin e Ozgur B. Akan

**C**omunicazioni subacquee è gravemente limitata dalla sfida unica di caratteristiche di allungamento dell'acustica subacquea per comunicazioni (UAC). In questo articolo, dinamico la capacità di comunicazione in acustica subacquea, la condivisione dello spettro ispirata dalla radio cognitiva (CR) è applicato alle reti UAC e ai sottostanti reti idriche (SOLI), ovvero comunicazioni acustiche cognitive cationi (CAC), sono proposti. In primo luogo, il problema di la scarsità dello spettro in SUN è discussa in modo elaborato da

studiare la variazione della capacità del canale acustico rispetto alla frequenza di comunicazione e alla larghezza di banda. Quindi, l'analisi del guadagno di capacità tramite la condivisione dello spettro in Viene presentato SUN. Per scoprire il guadagno di capacità tramite CAC, vengono eseguiti esperimenti di simulazione, considerando il effetti di profondità, distanza, navigazione, onde, spettro ritardo nella gestione e accessibilità dello spettro. Il i risultati degli esperimenti di simulazione hanno rivelato un compromesso tra guadagno di capacità e ritardo nella gestione dello spettro.

© ARTVILLE, LLC.

Identificatore oggetto digitale 10.1109 / MVT.2012.2190176

Data di pubblicazione: 20 aprile 2012

## Pagina 2

Inoltre, il compromesso per guadagno di capacità e spettro viene discusso anche il periodo di accessibilità. Qui, il nostro obiettivo è prevedere le potenzialità del CAC per mitigare lo spettro scarsità di UAC.

### Spettro acustico

La perdita di percorso e il rumore gravi dipendenti dalla frequenza dovrebbero essere limitato a frequenze inferiori a cento kilohertz [1], [2]. Pertanto, la capacità dell'UAC è intrinsecamente limitata dalla scarsa spettro acustico subacqueo. Questo spettro mostra caratteristiche variabili spazio-temporali, ad esempio, perdita di percorso può cambiare in base alla profondità e alla stagione dell'anno, mentre il rumore può essere ulteriormente amplificato dalle attività umane e onde. Inoltre, condividendo la disponibilità scarsa spettro acustico con altri sistemi UAC esistenti, come come veicoli subacquei autonomi (AUV), subacquei flotta e reti di sensori acustici subacquei (UASN) distribuito per attività di esplorazione subacquea, può ulteriormente diminuire la capacità di comunicazione. Inoltre, attivo nelle vicinanze i sonar rappresentano una sfida significativa per l'UAC. In particolare, frequenze utilizzate dai sonar ultrasonici a bassa frequenza rientrano nella gamma di frequenze utilizzate per comunicazioni idriche e ciò può causare interferenze Sistemi UAC. Questi altamente impegnativi e unici caratteristiche del punto dello spettro acustico subacqueo la necessità di comunicazioni sensibili allo spettro in reti sottomarine.

La CR è una tecnologia emergente per superare lo spettro scarsità consentendo agli utenti senza licenza di accedere con licenza bande tramite un accesso dinamico e opportunistico allo spettro (DSA e OSA) e per migliorare l'utilizzo complessivo dello spettro nelle comunicazioni terrestri senza fili [3]. Allo stesso modo, Le reti UAC possono sfruttare i CAC. La capacità dell'UAC può essere aumentata e la scarsità dello spettro può essere mitigata tramite DSA e OSA, ovvero condivisione dinamica dello spettro. CAC può essere impiegato per superare gli effetti dello spazio-temporale modifica della perdita di percorso e del rumore sull'acustica subacquea capacità del canale. Inoltre, la limitazione della capacità a causa di interferenze causate dalla coesistenza di bassa frequenza sonar a ultrasuoni e altri sistemi UAC esistenti possono essere mitigato pure. CAC unifica DSA e OSA per potenziare comunicazioni acustiche sensibili allo spettro sott'acqua reti. Una rete UAC con funzionalità CAC può trarne vantaggio dai seguenti potenziali vantaggi.

- DSA può aiutare ad alleviare la perdita estrema del percorso e il rumore sintonizzandosi sulla banda di frequenza non utilizzata adatta in spettro. I nodi possono regolare lo spettro di capacità più elevata bande e adattare carattere che cambia spazio-temporalmente teristics per raggiungere una capacità adeguata. Controllo dell'account utente attivo della tecnologia radio definita da software per UAC vengono sistemi e sorgenti di rumore, come navigazione, onde, e sonar ultrasonici a bassa frequenza, possono essere rilevati rilevando lo spettro acustico subacqueo, ovvero rilevamento dello spettro e si può prendere una decisione banda appropriata su cui sintonizzarsi, vale a dire, sion. Quindi, i nodi possono adattare i loro idrofoni

### OSA ABILITA I NODI DI RETE UAC A VANTAGGIO DA Istantaneo OPPORTUNITÀ DI COMUNICAZIONE IN SPETTRO ACUSTICO SUBACQUEO .

alla banda selezionata, cioè il trasferimento dello spettro. Questo la sequenza operativa è chiamata *ciclo cognitivo* [3], e è ereditato da CR per aumentare ottenibile capacità nelle reti UAC.

- OSA consente ai nodi di rete UAC di trarre vantaggio opportunità di comunicazione istantanea nei spettro acustico dell'acqua. I nodi compatibili con OSA possono identificare porzioni idonee dell'acustica subacquea spettro per la comunicazione e catturare il loro valore periodi di sopraelevazione tramite rilevamento dello spettro. Quindi, i nodi possono adattare il programma di trasmissione per ridurre al minimo gli effetti di sorgenti di rumore e perdita di percorso sulla comunicazione capacità e non interferire con altri UAC esistenti sistemi e sonar attivi. In particolare, i dispositivi mobili sotto nodi d'acqua come AUV possono beneficiare dell'OSA per adattarsi caratteristiche dello spettro variabili spazio-temporali.

Questi vantaggi di CAC portano a una nuova rete paradigma, SOLE. Questo paradigma può accedere a qualsiasi parte di lo spettro e regolare il suo programma di trasmissione tramite CAC per alleviare gli effetti del percorso variabile spazio-temporale perdita, rumore, sistemi UAC coesistenti e ultrasuoni sonar. Per illustrare una combinazione di diversi sistemi UAC, una topologia arbitraria è presentata nella Figura 1. Sebbene UASN viene utilizzato per l'acquisizione di campioni dall'oceano, marines e AUV viaggiano nella comunicazione portata e anche una nave vicina gestisce il suo sonar.

Recentemente sono stati presentati alcuni sforzi di ricerca in letteratura per adottare approcci orientati alla CR alla rete UAC lavori. Vengono proposti metodi di assegnazione dei canali migliorare la capacità raggiunta nella rete UAC e fornire equità tra gli utenti [4], [5]. Tecniche per anche la gestione della larghezza di banda nelle reti subacquee indagato utilizzando l'approccio CR [6]. Imparare dall'esperienza interazioni entiali e messa a punto degli algoritmi di comunicazione di conseguenza è indirizzato a superare gli ostacoli di spettro sottomarino [7]. Un algoritmo per il cambiamento acustico La stima e la mappatura dei parametri è sviluppata in base sul concetto di CR [8]. Incorporando lo spettro-impianto di rilevamento delle reti CR, spettro distribuito protocollo di coordinamento è progettato per l'allocazione dei canali nelle reti UAC one-hop [9]. Inoltre, le applicazioni della tecnologia radio definita da software per UAC vengono imprecato in [10]. D'altra parte, gli sforzi di sviluppo per modem acustico subacqueo definito dal software sono presentato in [11] - [13] Tuttavia, sebbene questi software-soluzioni basate facilitano la riconfigurazione del livello fisico parametri, non mirano a fornire dinamici e adattamento autonomo dei parametri di comunicazione,

## Pagina 3

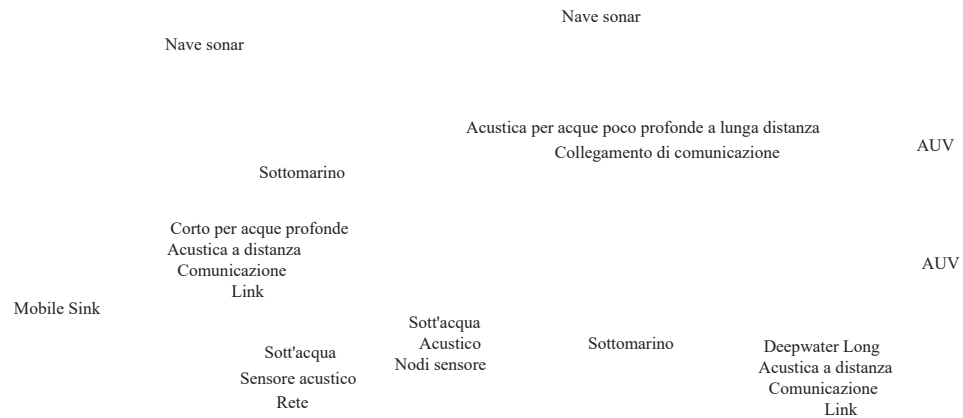


FIGURA 1 Un esempio di un sistema UAC costituito da navi sonar, AUV, sottomarini, UASN e un pozzo mobile.

cioè, queste soluzioni basate su software non sono specifiche progettato per abilitare DSA e OSA in UAC.

### Modello di canale UAC

I nodi SUN possono regolare i propri parametri di trasmissione con sostituire qualsiasi hardware tramite funzionalità CAC. Se il rumore è gaussiano e per alcuni il canale è invariante nel tempo durata, quindi si trova la funzione di risposta del canale essere piatto. Pertanto, il rumore  $N(f_i)$  può essere approssimato come bianco per una larghezza di banda stretta  $Df$  centrata su  $f_i$ . Poi, la capacità  $C(d)$  in bit al secondo può essere ottenuta come

$$C(d) = \sum_{io} Df 4 \log_2 \frac{S(f_{io}, d)}{PL(f_{io}, d) 4 M f_{io}}, \quad (1)$$

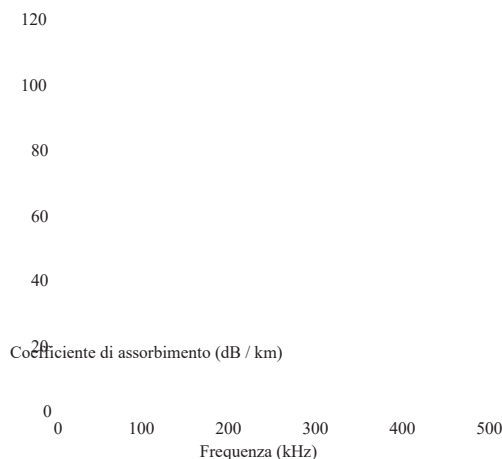


FIGURA 2 Variazione del coefficiente di assorbimento rispetto a frequenza.

dove  $S(f_i, d)$  è la densità spettrale di potenza (psd) di segnale acustico trasmesso in watt / hertz e  $PL(f_i, d)$  è la perdita di percorso in decibel.  $PL(f_i, d)$  per segnali acustici in ambienti sottomarini è ottenuto dalla propa-modello di gazione [14]:

$$PL(f, d) = k 4 10 \log_{10} d + \frac{d}{1.000} 4 a(f), \quad (2)$$

dove  $k$  è il fattore di diffusione geometrico,  $f$  è la frequency in kilohertz,  $d$  è la distanza in metri e  $a$  è il coefficiente di assorbimento in decibel / chilometro. Il valore di  $k$  è considerato come uno per i fondali bassi a causa della sua proprietà cilindrica (orizzontale) -spreading e due per profondo sott'acqua a causa della sua forma sferica (omnidirectional) -proprietà di diffusione [1]. Viene fornito il calcolo di  $a(f)$  in [14], e una  $f$  rispetto alla frequenza è tracciata nella Figura 2. In particolare, dopo 100 kHz, il coefficiente di assorbimento aumenta bruscamente e limita lo spettro UAC a pochi cento kilohertz. Nelle valutazioni, la potenza di trasmissione è impostato su 250 dB re 1Pa / Hz. Si presume che la profondità sia di 10 m per acqua bassa e 1.000 m per acque profonde.

Il rumore nel canale acustico subacqueo è classificato in quattro sorgenti, vale a dire, turbolenza ( $n_t$ ), attività umana (spedizione) ( $n_s$ ), vento (onde) ( $n_w$ ) e rumore termico ( $n_{esimo}$ ). Questi quattro componenti del rumore sono formulati in dB re 1Pa / Hz, che incorpora gli effetti dell'attività di spedizione fattore ( $i$ ) che varia tra zero e uno e vento velocità ( $w$ ) in metri al secondo [15].

### Scarsità di spettro negli UAC

Qui, indaghiamo ed elaboriamo il confine dello spettro ment in UAC. Nella Figura 2, il coefficiente di assorbimento  $a(f)$  è tracciato rispetto alla frequenza portante  $f_0$ . Come il vettore la frequenza aumenta,  $a(f)$  aumenta enormemente. Da

Pagina 4

la perdita di percorso è proporzionale alla perdita dovuta al medio assorbimento zione essendo determinata da  $a(f)$ , un forte aumento di  $a(f)$  rende difficile la comunicazione oltre poche centinaia di kilohertz da realizzare a causa di un'eccessiva perdita di percorso. Inoltre, fa affidamento sul rumore ambientale per le comunicazioni subacquee in base alla frequenza e ai fattori ambientali, ad esempio la spedizione e vento. Il rumore ambientale ha un psd che assomiglia a un file Curva a V che raggiunge il suo valore minimo attorno a poche decine di kilohertz in base ai fattori di spedizione e vento [2]. Quando il rumore ambientale è combinato con l'estremo perdita di assorbimento proporzionale alla distanza e alla frequenza, i nodi acustici subacquei sono limitati a funzionare con  $f_0$  inferiore a poche centinaia di kilohertz.

Nella figura 3, è presentata la capacità rispetto a  $f_0$  diverse larghezze di banda e la distanza è di 5 km, il fattore di spedizione  $s$  è impostato su uno e la velocità del vento  $w$  è ipotizzato essere 10 m/s. Dal punto di vista dell'applicazione di base catione, le frequenze superiori a 180 kHz sono diventate impossibili per UAC. Inoltre, a causa della crescente perdita di percorso con  $f_0$ , la capacità diminuisce drasticamente all'aumentare di  $f_0$  per la stessa larghezza di banda. Ad esempio, da  $f_0 = 50\text{--}110\text{ kHz}$ , un terzo della capacità diminuisce per  $B = 20\text{ kHz}$ , mentre per  $B = 50\text{ kHz}$ , metà della capacità diminuisce in stesso intervallo  $f_0$ . Pertanto, i nodi che operano in maggiore  $f_0$  rispetto ad altri, cioè, se sono più vicini al maggiore fine dello spettro disponibile, rischiano di soffrire di fissa schema di allocazione dei canali a causa della variabilità della capacità zione illustrata nella figura 3.

Eterogeneità nei punti dello spettro acustico subacqueo la necessità della consapevolezza dello spettro, e quindi, lo è promettendo di adottare approcci DSA e OSA per CR-UAC orientato. I nodi SUN devono avere la capacità di CAC, cioè, condividendo lo spettro acustico in modo adattivo tramite la sintonizzazione trasduttori acustici in un ambiente che cambia dinamicamente in base alle esigenze dell'applicazione, come l'evento UASN reportistica, coordinamento AUV, collegamento video intersubmarine ferencing e imaging sonar distribuito. Quindi, SUN lo è essenziale per migliorare la capacità di comunicazione tramite CAC. Nel nelle sezioni seguenti, esaminiamo le prestazioni di DSA e OSA rispetto a vari contesti ambientali condizioni, ritardo nella gestione dello spettro e spettro durata dell'accessibilità in SUN.

DSA per reti acustiche subacquee

In questa sezione, analizziamo l'effetto dei DSA sulla comunicazione capacità cationica in SUN. La banda nella gamma di 0–160 kHz è diviso in  $C$  canali a larghezza di banda uguale, ad esempio li sono otto canali con larghezza di banda di 20 kHz per  $C = 8$ . Il file durata spesa per le funzionalità di gestione dello spettro, cioè, il ritardo nella gestione dello spettro, è espresso da  $s_s$ . Per analizzare l'effetto di diversi valori  $s_s$ , alteriamo il velocità di trasmissione istantanea  $r_s$ , cioè rapporto tra la comunicazione durata ( $s_c$ ) alla durata spesa totale, incluso ritardo nella gestione dello spettro ( $s_c + s_s$ ), che è uguale a  $r_s = s_c / (s_c + s_s)$ .

DSA PU AIUTARE AD ALLEVIARE IL PERCORSO ESTREMO PERDITA E RUMORE TRAMITE SINTONIZZAZIONE ADATTA BANDA DI FREQUENZA INUTILIZZATA NELLO SPETTRO .

Lo schema DSA viene confrontato con la capacità di fisso assegnazione dello spettro al massimo disponibile  $f_0$  con il stesso  $B$ , ad esempio, accesso fisso alla banda 140-160 kHz per  $C = 8$ . Per lo schema DSA, i nodi cambiano sequenzialmente il loro  $f_0$  e accedi a ogni canale nello spettro con uguale probabilità. Qui, calcoliamo la capacità raggiunta per a Schema DSA moltiplicando la capacità media di questi canali  $C$  eterogenei con throughput istantaneo  $r_s$ . Nelle figure 4 e 5, confronto delle capacità ottenibili tramite schemi non DSA e DSA con schemi uguali e non uguali probabilità di accesso al canale è presentato per diversi valori di profondità,  $d$ ,  $s$ ,  $w$ ,  $C$  e  $r_s$ .

Acque profonde

Le valutazioni per l'ambiente di acque profonde sono presentato nella Figura 4. DSA fornisce l'accesso a  $f_0$  inferiore canali con  $B$ . Per una distanza di 5 km, realizzabile capacità per  $r_s = 0,7$  rimane superiore a quella per non DSA mentre la capacità dello schema non DSA raggiunge a valore più alto di quello per  $r_s = 0.7$  quando la il raggio d'azione è ridotto da 5 a 0,5 km. L'effetto del ritardo nella gestione dello spettro diventa dominante come il raggio di comunicazione diminuisce; quindi, la comunicazione Il guadagno della capacità di azione diminuisce per  $r_s$  inferiori. Per  $d = 5\text{ km}$ ,  $s = 0$  e assenza di vento ( $w = 0$ ), lo schema non DSA rimane dietro lo schema DSA (Figura 4). Inoltre, non DSA lo schema per quell'ambiente ambientale ottiene meno capacità rispetto allo schema DSA per  $d = 5\text{ km}$ ,  $s = 1$ ,

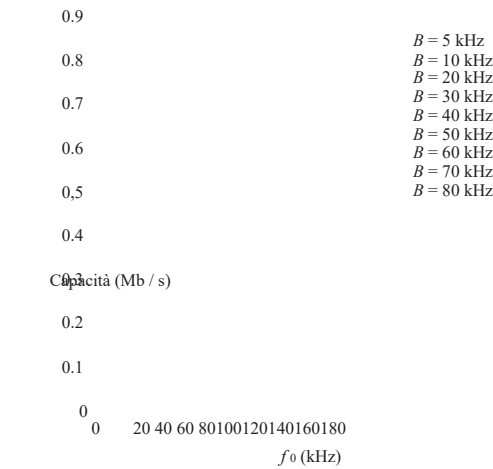


FIGURA 3 Variazione della capacità rispetto alla frequenza centrale per  $d = 5\text{ km}$ ,  $s = 1$  e  $w = 10\text{ m/s}$ .

e  $w = 10 \text{ m/s}$  caso. Sebbene ci sia rumore a causa di spedizione e vento, lo schema DSA funziona meglio di schema non DSA senza spedizione e vento. Capacità il guadagno fornito da DSA è minore per  $d = 5 \text{ km}$ ,  $s = 1$  e  $w = 10 \text{ m/s}$  caso rispetto a quello per  $d = 5 \text{ km}$ ,  $s = 0$  e  $w = 0 \text{ m/s}$  caso; quindi,  $s$  e  $w$  influenzano la capacità guadagno tramite DSA negativamente.

In SUN, i canali dello spettro a cui si accede possono essere dinamicamente alterato in base al raggio di comunicazione aumentare la capacità, poiché il rumore non è lo stesso per ciascuna banda dello spettro. Pertanto, capacità di comunicazione il guadagno può essere ottenuto accedendo a condizioni migliori bande dello spettro dinamicamente nell'acustica subacquea spettro. Inoltre, dividendo lo spettro in più alto il numero di canali ( $C$ ) è anche rappresentato nella Figura 4. L'aumento del numero di canali causa il degrado di  $B$  per canale. Tuttavia, il maggior numero di canali permette di operare un maggior numero di comunicazioni sistemi operativi contemporaneamente. Pertanto, sotto l'acqua lo spettro acustico deve essere a grana fine per consentire ent sistemi acustici subacquei con eterogenei requisiti di capacità.

*Acque poco profonde*  
Nella Figura 5, la performance dello schema DSA con  $r_s = 0.7$  è data per diverse distanze,  $s$ , e  $w$  valori in poco profondo acqua. Come nel caso delle acque profonde, la capacità diminuisce monotonicamente mentre lo spettro è ulteriormente suddiviso in canali più piccoli. Sebbene la capacità raggiunta sia

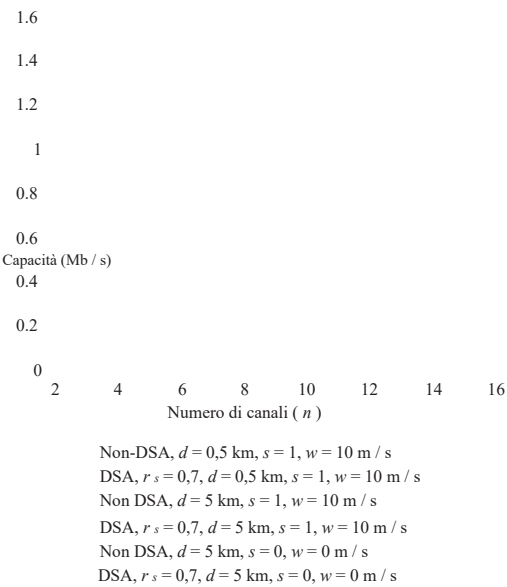


FIGURA 4 La capacità del SUN abilitato per DSA rispetto al numero di canali in acque profonde (1 km).

superiore al caso in acque profonde, nel complesso, per  $r_s = 0.7$ , DSA non fornisce guadagno di capacità in acque poco profonde, ovvero è necessario un valore  $r_s$  maggiore per ottenere un aumento di capacità. Per  $r_s = 0.7$ , gli schemi DSA rimangono indietro rispetto a schema non DSA in ogni ambiente. Questo rivela il fatto che il guadagno di capacità tramite CAC si riduce al diminuire profondità e distanza decrescente per lo stesso valore di  $r_s$ .

In acque poco profonde, la capacità di comunicazione è inferiore variazione rispetto alla variazione di distanza, spedizione e vento che in acque profonde. Tuttavia, il guadagno ottenuto tramite il CAC è inferiore rispetto al caso in acque profonde. Un  $r_s$  maggiore il valore è necessario per trarre vantaggio dal CAC e raggiungere livelli superiori valori di capacità in acque poco profonde rispetto a custodia per acque profonde.

**OSA per reti acustiche subacquee**  
CAC è formato dall'unificazione di OSA e DSA. Apart da DSA, OSA può fornire accesso a capacità più elevate porzioni di spettro acustico subacqueo in un'opportunità modo istico in modo che gli effetti di spaziotemporalmente il rumore variabile e la perdita di percorso sulla comunicazione sono misurato. Qui, analizziamo la relazione tra larghezza di banda, frequenza centrale e parametri di comunicazione subacquea eteri, cioè distanza, spedizione e vento. Per OSA, il rapporto di accessibilità dello spettro  $r_a$  è definito come la probabilità di avere accesso a quel canale in qualsiasi momento durante comunicazione. Il valore di  $r_a$  è preso come metà per l'accesso canali di valutazione.

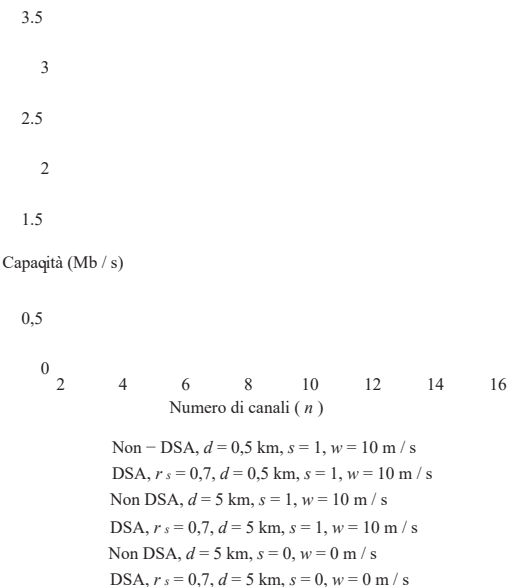


FIGURA 5 La capacità del SUN abilitato per DSA rispetto al numero di canali in acque poco profonde (0,01 km).

Acque profonde

Nella Figura 6, la capacità disponibile per gli utenti OSA aumenta linearmente come la larghezza di banda a cui si accede opportunisticamente aumenta. Per  $d = 5$  km, indipendentemente dall'attività di spedizione e vento, la capacità raggiunta è favorevole  $f_0 =$  custodia a 40 kHz contro  $f_0 =$  custodia a 120 kHz. Questo risultato sottolinea il fatto che la capacità raggiunta in OSA è maggiore durante l'accesso a canali  $f_0$  inferiori rispetto a  $f_0$  superiore canali con la stessa larghezza di banda. Nodi che operano in maggiore  $f_0$  porzioni dello spettro possono essere spostate opportunisticamente per aumentare la capacità di comunicazione. Mentre passando da  $f_0 = 120$  kHz a  $f_0 =$  canali 40 kHz con stessa larghezza di banda, la capacità raggiunta aumenta a 5 km di distanza la distanza per  $s = 0$  e  $w = 0$  m / s è maggiore quando abbinato a  $s = 1$  e  $w = 10$  m / s.

Effetti avversi del rumore e del percorso dipendenti dalla frequenza la perdita di capacità di comunicazione può essere mitigata da accedendo opportunisticamente a porzioni di maggiore capacità di spettro acustico. Limitazioni di capacità dovute a  $r_a$  può essere mitigato anche spostandosi dinamicamente a porzioni di capacità dello spettro, cioè canali  $f_0$  inferiori di spettro. È possibile ottenere  $r_{un}$  caso con  $f_0$  inferiore livelli di capacità maggiori rispetto a casi  $r_a$  più alti con  $f_0$  maggiore per lo stesso  $B_a$  causa della perdita acuta del percorso e dell'ambiente rumore proporzionale alla frequenza.

Acque poco profonde

Valutazioni di capacità ottenute per quanto riguarda l'acqua bassa sono presentati nella Figura 7. In acque poco profonde, raggiunto

SUN PU RAGGIUNGERE CAPACITÀ SUPERIORI RISPETTO A APPROCCI TRADIZIONALI A SPETTRO FISSO CON L'AUTO DELLA CAPACITÀ CAC .

la capacità tramite OSA per impostazioni diverse diventa più vicina rispetto al caso in acque profonde. Perché la perdita di percorso diminuisce rispetto all'acqua profonda, il ricevuto la potenza del segnale per la stessa distanza è maggiore per i bassi acqua. Pertanto, la capacità di comunicazione diminuisce vulnerabile al rumore per la stessa gamma di frequenze, cioè  $f_0$  e  $B$  , in acque poco profonde rispetto a quelle in acque profonde Astuccio. Ad esempio, solo una piccola differenza di realizzabile capacità tramite OSA è osservato per  $f_0 = 120$  kHz con il rimozione della spedizione e del vento quando  $d = 5$  km. Tuttavia, quando la differenza di capacità raggiunta tra  $f_0 = 40$  e si considera  $f_0 = 120$  kHz, maggiore per  $d = 5$  km,  $s = 0$  e  $w = 0$  m / s rispetto a quello per  $d = 5$  km,  $s = 1$  e  $w = 10$  m / s sebbene la significativa perdita di percorso diminuisca in quest'ultimo. Questo risultato rivela ancora una volta l'importante tance della banda dello spettro a cui si accede conformemente a le impostazioni ambientali in SUN.

In acque poco profonde, si ottiene un aumento della larghezza di banda maggiore capacità raggiunta per lo stesso  $f_0$  , mentre esso diminuisce se  $f_0$  si aumenta per la stessa  $B$  . La capacità differisce ence tra basso e alto  $f_0$  è minore rispetto a la cassa in acque profonde, e questa differenza cresce man mano che la banda la larghezza del canale aumenta. Questo relativamente piccolo

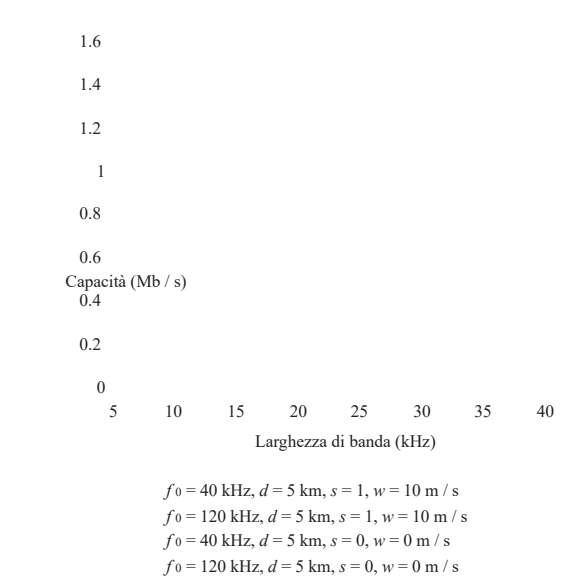


FIGURA 6 La capacità del SUN abilitato per OSA rispetto alla banda larghezza in acque profonde (1 km).

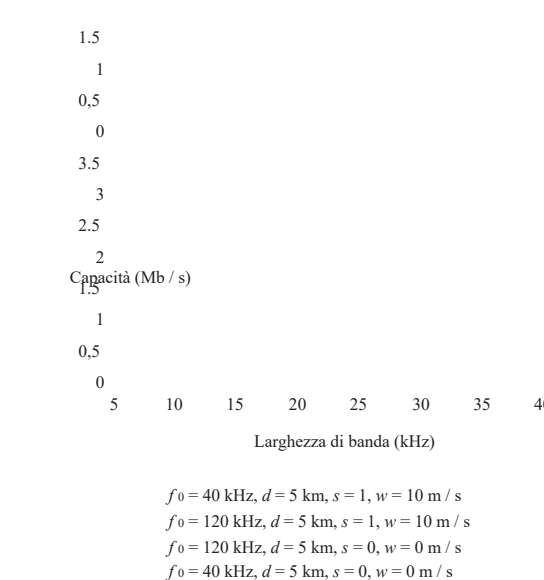


FIGURA 7 La capacità del SUN abilitato per OSA rispetto alla banda larghezza in acque poco profonde (0,01 km).

**RECENTAMENTE , ALCUNI SFORZI DI RICERCA HANNO PRESENTATO IN LETTERATURA DA ADOTTARE CR- ORIENTATO approcci alla RETI UAC .**

la variazione della capacità fornisce flessibilità nella selezione  $f_0$  durante l'accesso con lo stesso larghezza di banda e  $r_{una}$ .

## Conclusioni

In questo articolo, CAC per potenziare SUN ispirando da CR paradigma nelle comunicazioni terrestri senza fili è poste. Scarsità dello spettro in UAC a causa dell'unicità lo spettro acustico subacqueo impegnativo è imprecato e la necessità di una comunicazione consapevole dello spettro vengono evidenziate le tecniche di intervento. Esploriamo la capacità guadagno che può essere ottenuto tramite CAC in SUN mediante simulazione sperimentale e studia i vantaggi e i limiti di SUN insieme ai suoi compromessi per DSA e OSA separatamente. Chiaramente, SUN può raggiungere capacità maggiori rispetto ai tradizionali approcci a spettro fisso con aiuto della capacità CAC. Ci aspettiamo che questo articolo lo farà fornire un migliore riconoscimento per le capacità di SUN e attuare ulteriori sforzi di ricerca per esplorare questo aspetto zona favorevole.

## Ringraziamenti

Questo lavoro è stato sostenuto in parte dalla scienza turca Consiglio di ricerca tecnico e tecnico in concessione no. 110E249 e dall'Accademia nazionale turca di Premio Science Distinguished Young Scientist Program (TUBA – GEBIP).

## Informazioni sull'autore

A. Ozan Bicen (abicen@ku.edu.tr) ha ricevuto il suo B.Sc. laurea in ingegneria elettrica ed elettronica dal Middle East Technical University (METU), Ankara, Turchia, nel 2010. Attualmente è assistente di ricerca presso Laboratorio di comunicazioni wireless e di nuova generazione (NWCL) e perseguendo il suo M.Sc. laurea presso il Dipartimento di ingegneria elettrica e informatica, Koc University, Istanbul, Turchia. I suoi interessi di ricerca includono la progettazione e l'analisi delle reti CR.

A. Behzat Sahin (behzat@metu.edu.tr) ha ricevuto il suo B.Sc. laurea presso METU e il suo M.Sc. e Ph.D. gradi dalla University of Southern California. Lui è un professore assistente presso la METU Electrical – Electronics Dipartimento di Ingegneria. I suoi interessi di ricerca includono comunicazione ottica, propagazione ultrasonica, terasistemi di rilevamento della frequenza hertz e onde millimetriche sistemi di vagliatura.

Ozgur B. Akan (akan@ku.edu.tr) ha ricevuto il suo BS e master in ingegneria elettrica ed elettronica dalla Bilkent University e dal METU nel 1999 e nel 2001,

rispettivamente, e il suo dottorato di ricerca. laurea in elettrico e ingegneria informatica da banda larga e wireless Laboratorio di networking, scuola di elettrotecnica e Ingegneria informatica, Georgia Institute of Technology, Atlanta, nel 2004. Attualmente è professore presso il Dipartimento di Ingegneria Elettrica ed Elettronica, Koc University e direttore della NWCL. È un socio ha mangiato editore di *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, *Giornale internazionale dei sistemi di comunicazione* (Wiley), e *Nano Communication Networks Journal* (Elsevier). Attualmente è il co-presidente generale di ACM International Conference nazionale su Mobile Computing e Networking (MOBICOM) 2012 e IEEE International Workshop sulle comunicazioni molecolari e su scala nanometrica (MoNaCom) 2012 e un cochair TPC di IEEE Symposium su Computer e comunicazioni (ISCC) 2012. È un membro di ACM. Ha ricevuto l'IBM Faculty Award in Rispettivamente 2008 e 2010 e l'Accademia turca of Sciences Distinguished Young Scientist Award in 2008 (TUBA – GEBIP). I suoi interessi di ricerca includono comunicazioni wireless, comunicazione bioispirata comunicazioni, nanoscala e comunicazioni molecolari e teoria dell'informazione.

## Riferimenti

- [1] MC Domingo, "Panoramica dei modelli di canale per wireless subacqueo reti di comunicazione", *Elsevier Phys. Commun.*, vol. 1, n. 3, pp. 163–182, settembre 2008.
- [2] M. Stojanovic e J. Preisig, "Comunicazione acustica subacquea canali: modelli di propagazione e caratterizzazione statistica", *IEEE Commun. Mag.*, vol. 47, n. 1, pagg. 84–89, gennaio 2009.
- [3] IF Akyildiz, WY Lee, MC Vuran e S. Mohanty, "Next generation wireless cognitive / accesso allo spettro dinamico: A sondaggio", *Comput. Netw. J.*, vol. 50, n. 13, pagg. 2127–2159, 2006.
- [4] N. Baldo, P. Casari e M. Zorzi, "Accesso allo spettro cognitivo per comunicazioni acustiche subacquee", in *Proc. Workshop IEEE ICC*, 19–23 maggio 2008, pagine 518–523.
- [5] N. Baldo, P. Casari, P. Casciaro e M. Zorzi, "Effective heuristics for accesso flessibile allo spettro nelle reti acustiche sottomarine", in *Proc. MTS / IEEE Oceans 2008*, 15–18 settembre, pagg. 1–8.
- [6] H. Tan, WKG Seah e L. Doyle, "Esplorare le tecniche cognitive per la gestione della larghezza di banda nel sistema acustico subacqueo integrato tems", in *Proc. IEEE OCEANS 2008 - MTS / IEEE Kobe Techno-Ocean*, Aprile, pagg. 1–7.
- [7] W. Yonggang, T. Jiansheng, P. Yue e H. Li, "Comunicazione subacquea diventa cognitiva", in *Proc. IEEE / OES Oceans 2008*, 15–18 settembre, pagg. 1–4.
- [8] S. Ahmed e H. Arslan, "Cognitive intelligence in the mapping of ambienti di comunicazione acustica subacquea per canalizzare modelli", in *Proc. MTS / IEEE Oceans 2009*, 26–29 ottobre, pagg. 1–9.
- [9] D. Torres, Z. Charbiwala, J. Friedman e M. Srivastava, "Segnalazione di spettro per canale acustico subacqueo cognitivo allocazione", in *Proc. Workshop IEEE Infocom*, 15–19 marzo 2010, pagg. 1–6.
- [10] E. Jones, "L'applicazione di tecniche radio software per comunicazioni acustiche dell'acqua", in *Proc. MTS / IEEE Oceans 2007*, 18–21 giugno, pagg. 1–6.
- [11] N. Nowshen, C. Benson e M. Frater, "Un alto tasso di dati, software-definito modem acustico subacqueo", in *Proc. Oceani MTS / IEEE 2010*, 20–23 settembre, pagg. 1–5.
- [12] R. Jurdak, P. Baldi e CV Lopes, "Rete di sensori basata su software funziona per applicazioni in acque poco profonde a corto raggio", *Elsevier Ad Hoc Netw.*, vol. 7, no. 5, pp. 837–848, luglio 2009.
- [13] Y. Li e H. Huang, "La progettazione e l'esperimento di un software-modem acustico definito per rete di sensori sottomarini", in *Proc. IEEE Oceans 2010*, maggio, pagg. 1–4.
- [14] RJ Urlick, *Principles of Underwater Sound*. New York: McGraw-Hill, 1983.
- [15] R. Coates, *Underwater Acoustic Systems*. New York: Wiley, 1989.