PHÂN TÍCH SO SÁNH KỸ THUẬT ƯỚC LƯỢNG KÊNH LS VÀ MMSE TRONG HỆ THỐNG OFDM DƯỚI NƯỚC

Nguyễn Thị Nga[1*], Phan Huy Anh[1], Nguyễn Thị Huyền[2], Đỗ Thành Quân[2], Vũ Hải Lăng[1], Trần Quang Giang[1], Đinh Thị Thùy Dương[3], Phạm Thanh Hiệp[2]

Tóm tắt: *Bài báo trình bày các phương pháp tiêu biểu nâng cao độ chính xác ước lượng kênh trong hệ thống OFDM dưới nước. Việc truyền tin trong hệ thống thông tin thủy âm bị ảnh hưởng nhiều bởi các yếu tố môi trường, chất lượng hệ thống OFDM dưới nước phụ thuộc nhiều vào thông tin trạng thái kênh truyền. Bài báo phân tích kỹ thuật ước lượng kênh theo hai thuật toán LS và MMSE để đánh giá hiệu quả khả năng sử dụng cho hệ thống thông tin liên lạc dưới nước. Kết quả cho thấy, thuật toán MMSE tốt hơn thuật toán LS với yêu cầu thông tin về trạng thái kênh.*

Từ khóa: Ước lượng kênh; OFDM; UWA-OFDM; LS; MMSE.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Thông tin dưới nước gặp nhiều khó khăn do các đặc tính kênh truyền đặc trưng như là hiện tượng pha-đinh, lan truyền đa đường, đặc tính hấp thụ và phản xạ của sóng âm [1-3]. Môi trường dưới nước phức tạp đặt ra những yêu cầu cao hơn và những thách thức lớn hơn để đạt được hiệu quả cao.

OFDM là một kỹ thuật điều chế đa sóng mang có tốc độ truyền và hiệu quả phổ cao phù hợp cho truyền tin dưới nước [4, 5]. OFDM chia băng thông kênh thành một số lượng lớn các sóng mang con hẹp trực giao, sao cho mỗi sóng mang con riêng lẻ chỉ chiếm một băng thông nhỏ, có thể được điều chế với sơ đồ điều chế thông thường ở tốc độ dữ liệu thấp, duy trì tổng tốc độ dữ liệu bằng với một hệ thống sóng mang duy nhất có cùng băng thông [6]. Trong kỹ thuật này, các sóng mang con được đồng bộ, các kênh được phép xếp chồng mà không gây ra xuyên nhiễu kênh (ICI) [7-9], dẫn đến đạt hiệu suất cao trong việc chống nhiễu liên ký hiệu (ISI) và giảm hiệu ứng đa đường [10, 11].

Ước lượng kênh là một khâu quan trọng, ảnh hưởng đến hiệu suất của các hệ thống OFDM dưới nước (UWA-underwater acoustic) [12]. Do tín hiệu truyền nói chung bị méo bởi các đặc tính kênh khi thông qua các kênh truyền tin dưới nước, nên phải ước lượng kênh truyền đáp ứng xung (CIR-channel impulse response) để khôi phục tín hiệu truyền tại máy thu. Tín hiệu chèn pilot đã biết thường được gửi cùng với các sóng mang dữ liệu để lấy CIR để ước lượng kênh, trong đó, tín hiệu chèn pilot cũng được biết đến bởi người nhận. Nhờ các tín hiệu pilot này, các kỹ thuật ước lượng kênh có thể được sử dụng để đánh giá thông tin quan trọng của CIR cho các hệ thống UWA-OFDM, chẳng hạn như thuật toán bình phương tối thiểu (LS-least square), thuật toán sai số bình phương trung bình tối thiểu (MMSE-minimum mean square error).

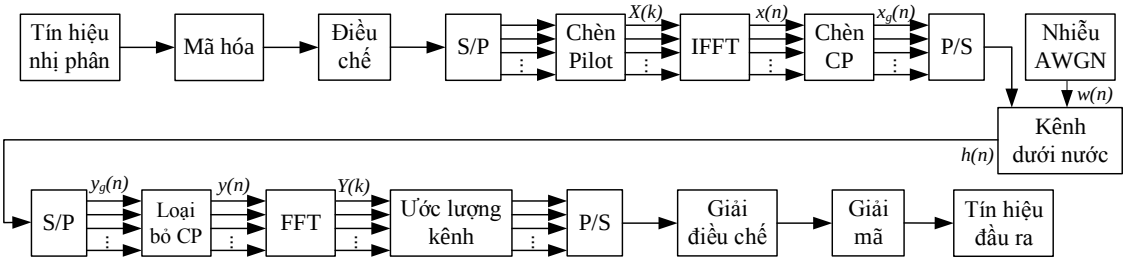
Bài báo này trình bày hệ thống OFDM dưới nước. Bài báo tập trung chủ yếu vào các kỹ thuật ước lượng kênh dựa trên thuật toán LS, thuật toán MMSE. Các thí nghiệm được tiến hành để so sánh hiệu suất của ước lượng kênh và sự phù hợp của các sơ đồ điều chế khác nhau với 16QAM, 32QAM, và 64QAM cho LS, MMSE về tỷ lệ lỗi bit (BER-bit error rate) so với tỷ lệ tín hiệu trên nhiễu (SNR-signal noise ratio) trên mô hình kênh Bellhop và mô hình kênh hình học kết hợp với tham số môi trường thực tế.

Cấu trúc của bài báo như sau: Mục 2 trình bày về hệ thống OFDM dưới nước và các kỹ thuật ước lượng kênh; Mục 3 trình bày thiết lập tham số và mô phỏng; Cuối cùng, Mục 4 rút ra các kết luận.

2. HỆ THỐNG OFDM DƯỚI NƯỚC VÀ CÁC KỸ THUẬT ƯỚC LƯỢNG KÊNH

2.1. Hệ thống OFDM dưới nước

Mô hình hệ thống OFDM dưới nước (UWA-OFDM) được thể hiện trong hình 1 [17÷19].



Hình 1. *Mô hình hệ thống OFDM dưới nước.*

Trên mô hình, dòng dữ liệu nhị phân đầu vào sau khi qua khối mã hóa và điều chế được chia thành nhiều dòng dữ liệu song song (S/P: Serial/Parallel). Dữ liệu được chèn tín hiệu tham chiếu pilot và đưa đến đầu vào của khối IFFT. Khối này sẽ tính toán các mẫu tín hiệu trên miền thời gian *x(n)* thu được từ các kênh nhánh trong miền tần số *X(k)* bằng biến đổi Fourier ngược với *N* sóng mang con trực giao [19, 20]:

$$\begin{aligned} x(\mathrm{n}) &= IFFT\left\{X(\mathrm{k})\right\} \\ &= \frac{1}{N}\sum_{k=0}^{N-1} X(\mathrm{k})\,\mathrm{e}^{j\frac{2\pi}{N}nk}, n = 0,1,...,N-1 \end{aligned} \tag{1}$$

Sau IFFT, *N* sóng mang con song song được chèn thêm vào khoảng bảo vệ để giảm nhiễu xuyên ký tự ISI và được chuyển đổi thành một chuỗi dòng bit. Có hai cách chèn khoảng bảo vệ: chèn không ZP (Zero Padding), hoặc thêm phần mở rộng CE (Cyclic Extension). Phần mở rộng CE có thể là CP (cyclic prefix) hoặc CS (cyclic suffix). Cụ thể trong bài báo, tín hiệu được truyền theo miền thời gian bao gồm tiền tố lặp CP có thể được biểu diễn như sau:

$$x_g(\mathrm{n}) = \begin{cases} x(\mathrm{N}+\mathrm{n}), \mathrm{n} = -\mathrm{N}_g, -\mathrm{N}_g+1, ..., -1 \\ x(\mathrm{n}), \quad n = 0,1,...,N-1 \end{cases} \tag{2}$$

trong đó, N_g là độ dài của CP. Tức là, N_g mẫu cuối cùng của *x(n)* được sao chép dưới dạng tiền tố tuần hoàn và được chèn vào đầu biểu tượng này, dẫn đến tín hiệu $x_g(n)$ với độ dài $N + N_g$.

Sau đó, tín hiệu thời gian liên tục truyền trên kênh dưới nước. Trong quá trình truyền, trên kênh sẽ có các nguồn nhiễu, tạp âm biển, pha-đinh gây ảnh hưởng, trong bài báo giả sử có nhiễu Gausian trắng cộng AWGN (Additive White Gaussian Noise). Ở phía thu, tín hiệu nhận được $y_g(n)$:

$$y_g(n) = x_g(n) \otimes h(n) + w(n), \text{-}\, Ng \le n \le N - 1 \tag{3}$$

trong đó, toán tử $\otimes$ tương ứng với tích chập tròn và *w(n)* là nhiễu AWGN. Và *h(n)* là đáp ứng xung của kênh có thể được biểu diễn như sau:

$$h(\mathrm{n}) = \sum_{i=0}^{r-1} h_i \delta(n - \tau_i) \tag{4}$$

trong đó, δ là đáp ứng xung, *r* là số kênh truyền, h_i và τ_i là đáp ứng xung và thời gian trễ của tia thứ i.

Bên phía thu, tín hiệu thu được chia thành các sóng mang con song song và CP được loại bỏ. Sau đó, tín hiệu miền thời gian *y(n)* được chuyển thành miền tần số *Y(k)* bằng các phép biến đổi Fourier nhanh (FFT):

$$\begin{aligned} Y(k) &= FFT\left\{y(n)\right\} \\ &= \frac{1}{N}\sum_{n=0}^{N-1} y(n)\,\mathrm{e}^{-j\frac{2\pi}{N}nk}, k = 0,1,...,N-1 \end{aligned} \tag{5}$$

Giả sử rằng ISI đã được loại bỏ hoàn toàn, tín hiệu nhận được có thể được định dạng:

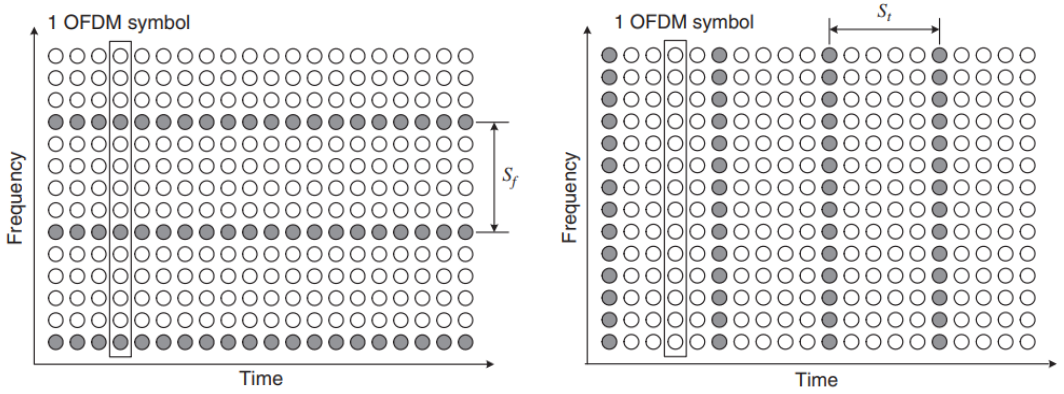
$$Y(k) = X(k)H(k) + W(k),\ k = 0,1, \ldots, N-1 \quad (6)$$

trong đó, *H(k), W(k)* là biến đổi Fourier của *h(n)* và *w(n)* tương ứng. Mối quan hệ giữa tín hiệu truyền và tín hiệu thu được trên kênh UWA có thể được biểu thị với *H(k)* và *W(k)* trong miền tần số.

Tín hiệu khôi phục thu được sau khi ước lượng kênh bằng thuật toán LS hoặc thuật toán MMSE, được trình bày trong nội dung 2.2. Tín hiệu sau đó được chuyển thành một chuỗi nối tiếp, giải điều chế và giải mã bằng các phương thức tương ứng trong máy phát. Tại đầu ra của mô hình hệ thống UWA-OFDM, tín hiệu thu được là chuỗi dữ liệu nhị phân.

2.2. Các kỹ thuật ước lượng kênh

Mục đích của ước lượng kênh là ước lượng các thông số kênh từ tín hiệu nhận được. Trong biểu thức (6), mỗi thành phần sóng mang con của tín hiệu nhận được có thể được biểu thị dưới dạng tích của tín hiệu đã truyền và đáp ứng tần số tại sóng mang con, và không xảy ra nhiễu ICI. Do đó, tín hiệu truyền đi có thể được khôi phục bằng cách ước tính đáp ứng xung của kênh tại mỗi sóng mang con. Nói chung, ước lượng kênh được thực hiện với trợ giúp của các ký hiệu hoa tiêu (pilot), được biết trước ở máy phát và máy thu. Như thể hiện trong hình 2, các pilot có thể được chèn theo kiểu tần số hoặc theo kiểu thời gian trong khung OFDM, cụ thể là dạng lược và dạng khối [13], tương ứng. Sau khi có được trạng thái ước lượng tại các pilot, đáp ứng xung của kênh trên tất cả các sóng mang con giữa các pilot có thể được ước lượng bằng cách sử dụng các phương pháp nội suy khác nhau, chẳng hạn như nội suy tuyến tính, nội suy bậc hai, nội suy khối spline [14].



(a) Dạng lược *(b) Dạng khối*

Hình 2. *Hai cấu trúc pilot trong hệ thống UWA-OFDM.*

Thuật toán LS là kỹ thuật điển hình nhất của phương pháp ước lượng kênh truyền thống, bài toán giải quyết vấn đề về cực trị. Giả sử đáp ứng xung của kênh ước lượng là $\hat{H}$, thuật toán LS đưa ra giải pháp cho việc ước lượng kênh trong hệ thống UWA-OFDM được biểu diễn [20]:

$$\hat{H}_{LS} = (\mathrm{X}^H \mathrm{X})^{-1} \mathrm{X}^H Y = \mathrm{X}^{-1} Y \quad (7)$$

trong đó, chỉ số trên $(\cdot)^H$ là viết tắt của chuyển vị Hermitian. Công thức (7) biểu diễn phương pháp ước lượng kênh LS thu được trực tiếp bằng cách tối thiểu hóa khoảng cách bình phương giữa các symbol thu Y và symbol truyền X. Do đó, kỹ thuật này được sử dụng rộng rãi để ước lượng kênh do tính đơn giản và mà không cần thống kê kênh. Tuy nhiên, nó bỏ qua sự giao thoa của nhiễu trong quá trình tính toán, dẫn đến hiệu suất kém trong môi trường giao tiếp UWA phức tạp.

Để khắc phục nhược điểm của thuật toán LS, thuật toán MMSE được tính toán dựa trên việc giảm thiểu sai số trung bình bình phương (MSE) của kênh thực tế và kênh ước lượng. Ước lượng

theo MMSE phù hợp với kênh truyền dưới nước phức tạp, kết hợp với kết quả ước lượng kênh LS $\hat{H}_{LS}$ trong (7), bộ ước lượng MMSE có thể đạt được như sau [20]:

$$\hat{H}_{MMSE} = R_{H\tilde{H}}(\mathrm{R}_{HH} + \frac{\delta_n^2}{\delta_x^2}\mathrm{I})^{-1}\hat{H}_{LS} \quad (8)$$

trong đó, $\boldsymbol{R_{HH}}=E\{\boldsymbol{HH}^H\}$ là ma trận tự tương quan của đáp ứng xung kênh trong miền tần số và $R_{H\tilde{H}}$ biểu diễn ma trận tương quan chéo giữa kênh thực tế và kênh ước lượng tạm thời. δ_n^2 và δ_x^2 tương ứng là phương sai của nhiễu AWGN và tín hiệu đã truyền.

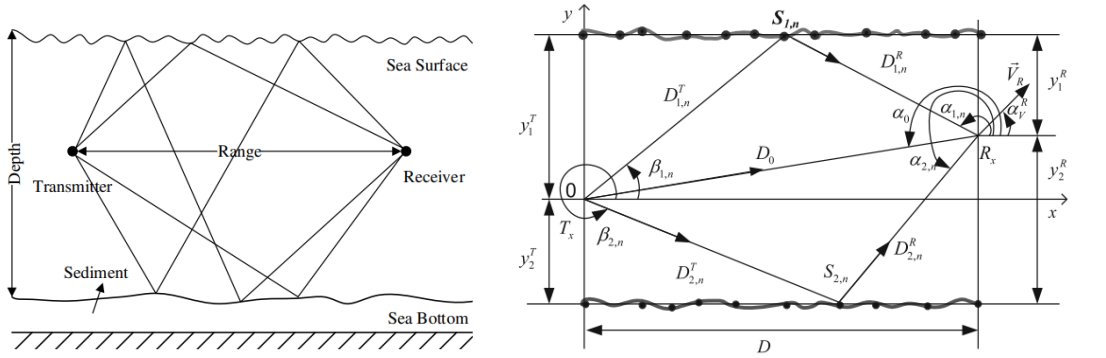
Ảnh hưởng của nhiễu được tính bằng thuật toán MMSE cho phép cải thiện độ chính xác ước lượng kênh. Tuy nhiên, nó phức tạp hơn thuật toán LS vì nó đòi hỏi một số thông tin trước đó về các thuộc tính thống kê kênh, bao gồm ma trận tự tương quan kênh và phương sai nhiễu.

3. THIẾT LẬP THAM SỐ, MÔ PHỎNG VÀ NHẬN XÉT

3.1. Thiết lập tham số

Để chứng minh hiệu quả của các mô hình ước lượng kênh, các thí nghiệm đã được thực hiện để so sánh với thuật toán LS, với thuật toán MMSE [13] về tiêu chí BER theo SNR.

Hiện nay có hai phương pháp chính để xây dựng các bộ mô phỏng kênh truyền thủy âm là: Phương pháp dựa trên mô hình hình học và phương pháp dựa trên dữ liệu đo được. Phương pháp dựa trên mô hình hình học có nhiều mô hình như kênh Bellhop, Fading Rice, Rayleight đa tia, Kraken,… [21]. Trong bài báo, chúng tôi sử dụng mô hình tia Bellhop [6, 15], [16] và mô hình kênh hình học kết hợp với tham số môi trường thực tế tại vùng biển nước nông Việt Nam [22] để mô phỏng môi trường dưới nước, mô tả gần như thực tế và tăng độ tin cậy, độ chính xác của thử nghiệm.



(a) Kênh Bellhop *(b) Kênh hình học kết hợp với tham số môi trường*

Hình 3. *Mô hình kênh đa đường UWA [16].*

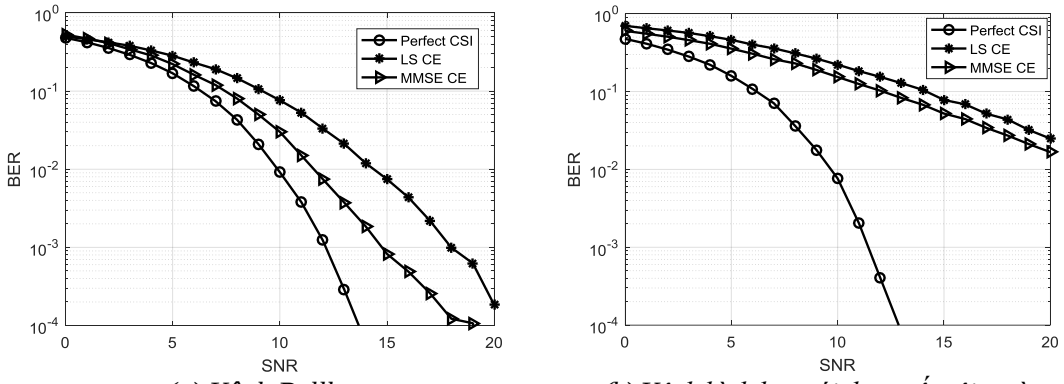
Như minh họa trong hình 3, mô hình tia Bellhop và mô hình kênh hình học kết hợp với tham số môi trường sử dụng để dự đoán sự truyền sóng âm trong các mực nước khác nhau, bề mặt biển và đáy biển, phản xạ và tán xạ, cấu hình hình học của máy phát và máy thu.

Tham số mô phỏng kênh Bellhop: Độ sâu của mực nước là 100 m và phạm vi giữa máy phát và máy thu xấp xỉ 1000 m, độ sâu của máy phát và máy thu lần lượt là 20 m và 50 m. Hàm truyền đạt của kênh là một hàm phụ thuộc nhiệt độ, độ mặn và độ sâu, tốc độ sóng âm là 1500 m/s.

Tham số môi phỏng kênh hình học kết hợp với tham số môi trường thực tế tại vùng biển nước nông Việt Nam: Độ sâu của mực nước là 100 m và phạm vi giữa máy phát và máy thu là 1000 m, độ sâu của máy phát và máy thu là 50 m. Tốc độ sóng âm là 1500 m/s, độ mặn là 35 ppt, nhiệt độ là 30 ^{0}C, số tia phản xạ lên mặt nước N_1 là 80, số tia phản xạ xuống đáy biển N_2 là 70.

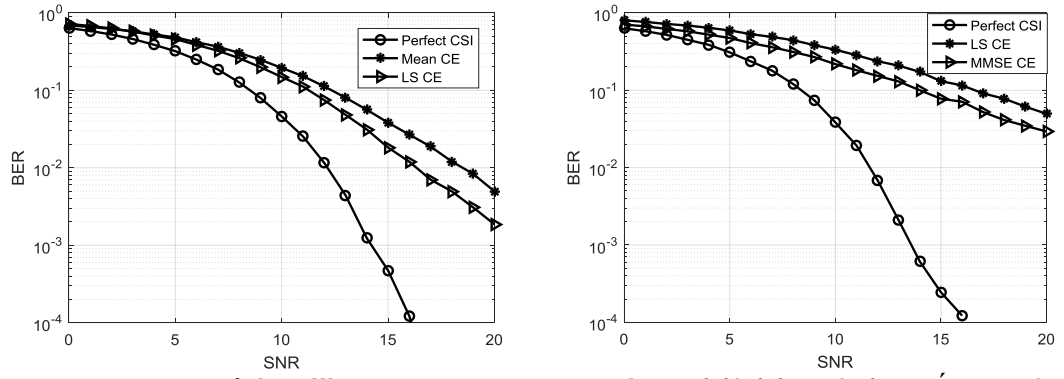
3.2. Kết quả mô phỏng

Chương trình mô phỏng tỷ lệ lỗi bit BER trong hệ thống UWA-OFDM với 256 điểm FFT, điều chế 16QAM, 32QAM và 64QAM trên kênh thủy âm với khoảng cách giữa các pilot là 4.



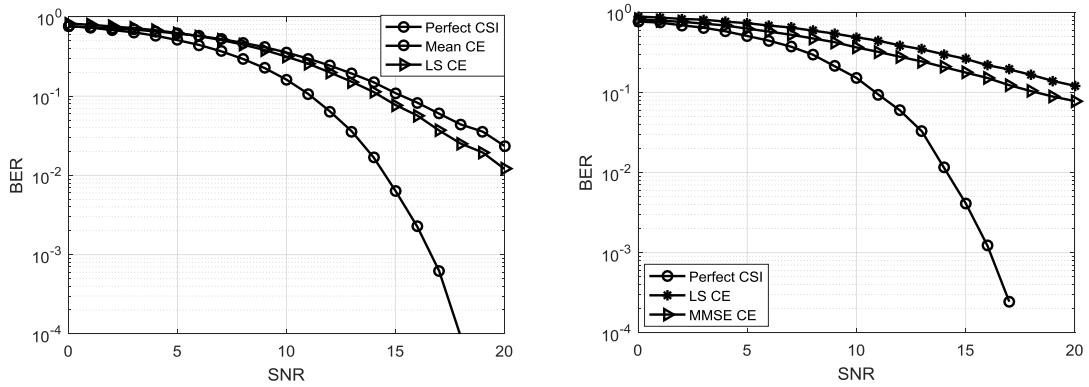
(a) Kênh Bellhop *(b) Kênh hình học với tham số môi trường*

Hình 4. *Đặc tính lỗi bít BER của hệ thống UWA-OFDM với điều chế 16-QAM.*



(a) Kênh Bellhop *(b) Kênh hình học với tham số môi trường*

Hình 5. *Đặc tính lỗi bít BER của hệ thống UWA-OFDM với điều chế 32-QAM.*



(a) Kênh Bellhop *(b) Kênh hình học với tham số môi trường*

Hình 6. *Đặc tính lỗi bít BER của hệ thống UWA-OFDM với điều chế 64-QAM.*

3.3. Nhận xét

Từ hình 4, hình 5 và hình 6, ở SNR thấp, cả hai phương pháp ước lượng kênh LS và MMSE cho hai môi trường kênh Bellhop và kênh hình học đều đạt hiệu suất BER khá ngang nhau và không kém quá xa so với trường hợp giả sử biết trước thông tin trạng thái kênh, hay gọi là kênh

hoàn hảo (perfect CSI); Tại SNR=12 dB với điều chế 16QAM, thì hiệu suất BER của kênh hoàn hảo đạt khoảng cách gần phương pháp MMSE hơn phương pháp LS, với điều chế 32QAM, 64QAM thì hiệu suất BER đạt khoảng cách khá xa giữa kênh hoàn hảo, phương pháp MMSE, phương pháp LS. Rõ ràng là hiệu suất BER cho ước lượng MMSE đã được chứng minh là tốt hơn ước lượng LS cho ước lượng kênh trong hệ thống UWA-OFDM. Phẩm chất lỗi bít BER với ước lượng MMSE so với LS có độ lợi SNR khoảng 5 dB cho cùng các giá trị BER, tương ứng với tăng xác suất độ tin cậy của tín hiệu thu khoảng 68% đối với kênh Bellhop và tăng khoảng 3,5 dB về độ lợi, tương ứng với tăng xác suất độ tin cậy tín hiệu thu khoảng 59%. Hiệu suất mô trên kênh Bellhop cao hơn trên kênh hình học với tham số môi trường thực tế với cùng SNR. Với các các loại điều chế biên độ cầu phương 16QAM, 32QAM và 64QAM thì điều chế 16QAM cho hiệu suất truyền cao hơn các điều chế 32QAM và 64QAM. Hạn chế của ước lượng theo MMSE là độ phức tạp cao hơn ước lượng theo LS.

4. KẾT LUẬN

Ước lượng kênh cho phép tăng độ chính xác và xác suất độ tin cậy của tín hiệu thu. Sử dụng các sơ đồ điều chế 16QAM, 32QAM, và 64QAM trên kênh Bellhop và kênh hình học kết hợp với tham số môi trường thực tế, hiệu suất của các phương pháp LS, MMSE được so sánh về hiệu suất theo tỷ lệ lỗi bit BER. Ước lượng kênh theo thuật toán MMSE hiệu quả hơn so với thuật toán LS. Trong đó, thuật toán LS đơn giản, không cần tham số thống kê kênh; thuật toán MMSE cho hiệu suất cao hơn nhưng phức tạp hơn do yêu cầu về một số thông tin về thuộc tính kênh. Để nâng cao chất lượng truyền tin thì các hệ thống thông tin thường hướng đến thuật toán MMSE, tham số kênh càng sát thực tế thì chất lượng tin thu được càng tốt.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. J. Preisig et al., "*Acoustic propagation considerations for underwater acoustic communications network development*," Acm Sigmobile Mobile Computing & Communications Review, **vol. 11**, no. 4 (2007), pp. 2–10.

[2]. M. Stojanovic et al., "*Underwater acoustic communication channels: Propagation models and statistical characterization*," IEEE Communications Magazine, **vol. 47**, no. 1 (2009), pp. 84–89.

[3]. R. Diamant et al., "*Low probability of detection for underwater acoustic communication: A review*," IEEE Access, **vol. 6** (2018), pp. 19 099– 19 112.

[4]. G. Qiao et al., "*MIMO-OFDM underwater acoustic communication systems - a review*," Physical Communication, **vol. 23** (2017), pp. 56–64.

[5]. T. X. Lufen Xu, "*Digital Underwater Acoustic Communications*," 1st ed. Academic Press (2017).

[6]. R. v. Nee, "*OFDM for wireless multimedia communications*," Artech House, Inc., 2000.

[7]. R. Jiang et al., "*Modeling and analyzing of underwater acoustic channels with curvilinear boundaries in shallow ocean*," in 2017 IEEE International Conference on Signal Processing, Communications and Computing (ICSPCC), Oct (2017), pp. 1–6.

[8]. P. C. Etter, "*Underwater acoustic modeling and simulation*," CRC Press, 2018.

[9]. R. Prasad, "*OFDM for Wireless Communications Systems*," Artech House, 2004.

[10]. B. Li et al., "*Multicarrier communication over underwater acoustic channels with nonuniform doppler shifts*," IEEE Journal of Oceanic Engineering, **vol. 33**, no. 2 (2008), pp. 198–209.

[11]. P. Vimala et al., "Pilot design strategies for block sparse channel estimation in OFDM systems," Indian Journal of Science and Technology, **vol. 10**, no. 24 (2017).

[12]. Y. Liu et al., "*Channel estimation for OFDM*," IEEE Communications Surveys & Tutorials, **vol. 16**, no. 4 (2014), pp. 1891–1908.

[13]. A. B. Singh et al., "*Performance evaluation of MMSE and LS channel estimation in OFDM system*," International Journal of Engineering Trends and Technology (IJETT), **vol. 15**, no. 1 (2014), pp. 39–43.

[14]. M. B. Sutar et al., "*LS and MMSE estimation with different fading channels for OFDM system*," in International conference of Electronics, Communication and Aerospace Technology (ICECA), **vol. 1. IEEE** (2017), pp. 740–745.

[15]. M. B. Porter et al., "*Gaussian beam tracing for computing ocean acoustic fields*," The Journal of the Acoustical Society of America, **vol. 82**, no. 4 (1987), pp. 1349–1359.
[16]. M. B. Porter, "*The BELLHOP manual and user's guide: Preliminary draft*," Heat (2011).
[17]. L. Liu, Y. Zhang et al., "*PN sequence based doppler and channel estimation for underwater acoustic OFDM communication*," in IEEE International Conference on Signal Processing, Communications and Computing (ICSPCC). IEEE (2016), pp. 1–6.
[18]. W. Zuofu et al., "*An improved sparse underwater acoustic OFDM channel estimation method based on joint sparse model and exponential smoothing*," (2017), pp. 1–6.
[19]. P. Chen et al., "*Joint channel estimation and impulsive noise mitigation in underwater acoustic OFDM communication systems*," IEEE Transactions on Wireless Communications, **vol. 16**, no. 9 (2017), pp. 6165–6178.
[20]. Yong Soo Cho et al., "*MIMO-OFDM Wireless Communications with MATLAB*," Wiley (2010).
[21]. Nils Morozs et al., "*Channel Modeling for Underwater Acoustic Network Simulation*," IEEE Communications surveys & tutorials (2020).
[22]. D. V. Ha et al., "*Methods of designing shallow underwater acoustic channel simulators*," Acoustics Australia (2016), pp. 439–448.

ABSTRACT

A COMPARATIVE ANALYSIS OF LS AND MMSE CHANNEL ESTIMATION TECHNIQUES FOR UNDERWATER ACOUSTIC OFDM SYSTEMS

This article presents typical methods to improve the accuracy of channel estimation in underwater acoustic OFDM systems. The transmission of information in the underwater acoustic communication system is greatly affected by environmental factors, the quality of the underwater acoustic OFDM system depends heavily on the channel state information. The paper analyzes channel estimation techniques according to two algorithms LS and MMSE to evaluate the effectiveness of usability for acoustic underwater communication systems. The result shows that the MMSE algorithm is better than the LS algorithm with the requirements of channel state information.

Keywords: Channel estimation; OFDM; UWA-OFDM; LS; MMSE.

Nhận bài ngày 15 tháng 9 năm 2021
Hoàn thiện ngày 19 tháng 10 năm 2021
Chấp nhận đăng ngày 28 tháng 10 năm 2021

Địa chỉ: [1]Viện Điện tử, Viện KH-CN quân sự;
[2]Học viện Kỹ thuật quân sự;
[3]Phòng Quản lý KHCN, Viện KH-CN quân sự.
[*]Email: ngadtvt@gmail.com.