



ẢNH HƯỞNG CỦA CÁC MÔ HÌNH KÊNH ĐA ĐƯỜNG ĐẾN CÁC THUẬT TOÁN KHÔI PHỤC TRÊN ỨC LƯỢNG KÊNH ULTRA-WIDEBAND DỰA TRÊN COMPRESSED SENSING

Nguyễn Thanh Sơn*, Nguyễn Văn Hậu

Trường Đại học Lạc Hồng, Đồng Nai, Việt Nam
nguyenthanson@lhu.edu.vn

TÓM TẮT. Kênh đa đường trong kỹ thuật siêu băng rộng (UWB) theo miền thời gian có đồ thị là các cụm và các tia mà đa số tín hiệu bằng 0 hoặc các giá trị sập si bằng 0. Đó chính là đặc điểm thừa thớt tín của đáp ứng xung kênh UWB sẽ được khai thác dựa vào kỹ thuật compressed sensing (CS). Tuy nhiên, phụ thuộc vào từng môi trường kênh khác nhau sẽ tạo ra các mức độ thừa thớt khác nhau. Dựa vào mức độ thừa thớt khác nhau của môi trường kênh, chúng ta sẽ ứng dụng phân tích và chọn các thuật toán khôi phục tốt nhất khi ứng dụng thuật toán CS. Tiêu chuẩn đánh giá các thuật toán dựa trên độ phức tạp tính toán, khả năng giảm tốc độ lấy mẫu và thời gian xử lý. Bên cạnh đó, kết quả của Nghiên cứu này sẽ là một chủ đề mở cho nghiên cứu thêm nhằm tạo ra một thuật toán tối ưu đặc biệt cho việc áp dụng các kỹ thuật UWB dựa trên CS.

TỪ KHÓA. cảm biến nén, mức thừa thớt, thuật toán khôi phục, kênh đa đường

1. GIỚI THIỆU

Ultra-wideband (UWB) đã nổi lên như một công nghệ đầy hứa hẹn cho các hệ thống truyền thông không dây tầm ngắn trong nhà tốc độ cao. Lý do chính để công nghệ UWB nhận được nhiều sự chú ý là khả năng cung cấp điện năng tiêu thụ thấp, tốc độ bit cao. Đặc biệt, do những lợi thế này, công nghệ UWB đã được sử dụng rộng rãi trong nhiều ứng dụng, chẳng hạn như truyền thông UWB, hình ảnh y tế, radar và định vị xe [1-2].

Lý thuyết mới nổi lên gần đây là Compressed Sensing (CS) [10], [11] được coi là giải pháp tốt nhất để giải quyết tắc nghẽn trong công nghệ chuyển đổi tương tự số. CS cung cấp cơ sở lý thuyết mới để tại máy thu của UWB lấy mẫu ít hơn so với phương pháp truyền thống LS [12]. Nó không chỉ làm giảm các yêu cầu cho các thiết bị tốc độ cao, mà còn tiết kiệm rất nhiều dung lượng lưu trữ, phá vỡ giới hạn của định lý lấy mẫu Nyquist, tốc độ lấy mẫu thấp hơn nhiều trong lý thuyết CS.

Trong nghiên cứu này, chúng tôi đặc biệt nghiên cứu ảnh hưởng của các mô hình kênh UWB IEEE 802.15.3a [4] dựa trên các thuật toán khôi phục CS cho ước lượng kênh UWB. Để phân tích những vấn đề này, chúng tôi đã xem xét hai thuật toán khôi phục cơ bản nhất Busis Pursuit (BP) và Orthogonal Matching Pursuit (OMP) [5] - [6]. Kết quả thực nghiệm cho thấy rằng, thuật toán BP phục hồi tốt nổi bật. Ngoài ra, BP có tỷ lệ lấy mẫu thấp và ít bị ảnh hưởng bởi môi trường kênh. Tuy nhiên sự tính toán rất phức tạp, dẫn đến thời gian xử lý chậm hơn. Trong khi, thuật toán OMP bị ảnh hưởng rất nhiều bởi các mô hình kênh. Trong mô hình kênh Line of Sight (LOS), phương pháp OMP hoạt động rất tốt, mang lại tỷ lệ lấy mẫu thấp và thời gian xử lý nhanh. Tuy nhiên, trong mô hình kênh Non Line of Sight (NLOS), phương pháp OMP đòi hỏi tốc độ lấy mẫu cao hơn so với BP. Bên cạnh đó, chúng tôi đã phân tích những ưu điểm và nhược điểm của các thuật toán bị ảnh hưởng bởi các mức độ khác nhau của các mô hình kênh UWB. Những kết quả này sẽ là cơ sở cho nghiên cứu tiếp theo nhằm tạo ra một thuật toán tối ưu đặc biệt cho việc áp dụng các hệ thống UWB dựa trên CS.

2. MÔ HÌNH KÊNH UWB

Mô hình hóa kênh truyền dẫn UWB dựa trên mô hình chuẩn được đề xuất bởi IEEE 802.15.3a [4]. Đáp ứng xung

của mô hình Saleh-Vanlenzuela có thể được biểu diễn như sau:

$$h(t) = \sum_{l_c=0}^{L_c-1} \sum_{l_r=0}^{L_r-1} \alpha_{l_c, l_r} \delta(t - T_{l_c} - \tau_{l_c, l_r}) \quad (1)$$

Trong đó α_{l_c, l_r} hệ số đa thức, T_{l_c} là độ trễ, $\delta(t)$ là hàm delta Dirac. Mô hình này có thể đơn giản như:

$$h(t) = \sum_{l=0}^{L-1} \alpha_l \delta(t - \tau_l) \quad (2)$$

Ở đây $l = l_c L_c + l_r$ và $L = L_c L_r$ là số lượng các thành phần multipath $\tau_l = T_{l_c} + \tau_{l_c, l_r}$ có thể phân giải được, l -th là độ trễ của đường dẫn tương ứng với đường dẫn đầu tiên và α_l là hệ số fading cho đường dẫn. Trong (2), $h(t)$ là mô hình kênh thời gian liên tục, để áp dụng lý thuyết CS, chúng ta phải thay đổi mô hình kênh thời gian liên tục trong (2) thành kênh tương đương rời rạc thời gian h .

Theo mô hình kênh trong [7], [8], thời gian liên tục đưa vào (2) có thể được chuyển đổi thành mô hình kênh theo khoảng cách như sau:

$$h(t) = \sum_{i=1}^N h_i \delta(t - iT_s) \quad (3)$$

Độ dài kênh $T_c = NT_s$ là độ phân giải kênh (nghĩa là độ rộng xung đã sử dụng), trong (3) kênh tương đương rời rạc thời gian có thể được viết dưới dạng:

$$h = [h_1, h_2, \dots, h_N]^T \quad (4)$$

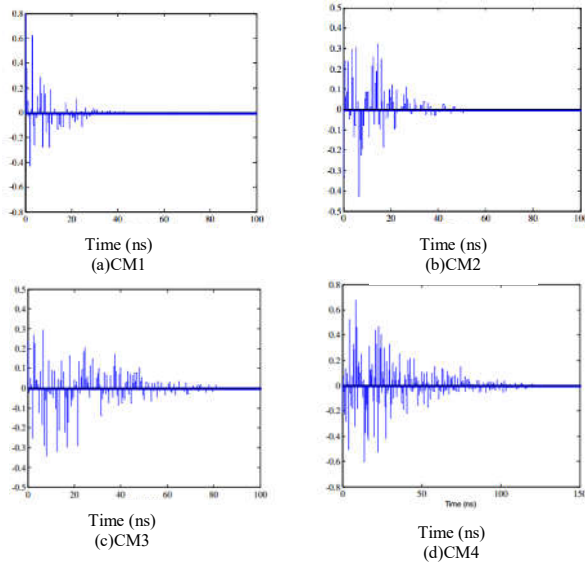
Nếu vector kênh tương đương thời gian rời rạc thu được ở trên là thừa thớt, thì chúng ta hoàn toàn có thể áp dụng lý thuyết CS cho ước lượng kênh UWB.

Received: December, 5th 2018

Accepted: 15th February 2019

*Corresponding Author

Email: nguyenthanson@lhu.edu.vn



Hình 1. Các mô hình kênh khác nhau: (a) CM1, (b) CM2, (c) CM3 và (d) CM4

2.1 Compressed sensing ứng dụng cho ước lượng kênh UWB

Lý thuyết CS được giới thiệu trong [2] - [3] chỉ ra rằng, nếu tín hiệu đại diện thưa thớt trong một số miền biến đổi, nó có thể được lấy mẫu với tốc độ thấp hơn so với tốc độ Nyquist, nhưng vẫn có thể được khôi phục với kỹ thuật tối ưu hóa cao. Miền biến đổi có thể được biểu diễn bằng cơ sở trực giao.

Để xem xét các ý tưởng chính của CS, chúng tôi xét các giá trị thực, độ dài hữu hạn, tín hiệu rời rạc theo thời gian $x \in \mathbb{R}^N$ có thể được biểu thị bằng:

$$x = \sum_{i=1}^N \theta_i \psi_i = \Psi \theta \quad (5)$$

Để khôi phục lại tín hiệu x , chúng tôi không đo lường hoặc mã hóa θ một cách trực tiếp. Thay vào đó, chúng tôi đo lường và mã hóa tập hợp tín hiệu của $y_i = \langle x, \phi_i^T \rangle$ theo các hàm cơ sở thứ ϕ_i , $i \in \{1, 2, \dots, M\}$. Trong đó ϕ_i^T biểu thị chuyển vị ϕ_i và $\langle \dots \rangle$ biểu thị phần tử bên trong.

$$y = \Phi x = \Phi \Psi \theta \text{ or } y = \Theta \theta \quad (6)$$

$\Theta = \Phi \Psi$ là ma trận kết hợp và Φ là vector cột $M \times N$. Thay vì sử dụng $M \times 1$ mẫu để tìm các hệ số trọng số, có thể sử dụng vector đo mẫu y . Vì số lượng phép đo M nhỏ hơn nhiều so với kích thước tín hiệu N , sự phục hồi của tín hiệu x từ phép đo y là một vấn đề chưa được xác định.

Tuy nhiên, trong CS tín hiệu thưa thớt x vẫn có thể được khôi phục lại từ y thông qua tối ưu hóa phi tuyến bằng cách khai thác một ưu tiên x trong sự hình thành thưa thớt trên một số cơ sở Ψ . Một số thuật toán khôi phục đã được phát triển nó bao gồm các kỹ thuật lập trình tuyến tính như Basis Pursuit (BP) [6] - [10] hoặc Greedy Algorithms như Orthogonal Matching Pursuit (OMP) [5].

Lý thuyết CS giải thích trong (5) - (6) có thể được áp dụng cho ước lượng kênh UWB. Tham khảo [7] giả sử rằng $A \in \mathbb{R}^{N \times N}$ biểu diễn thời gian rời rạc của tín hiệu nhận được cho

$$r = Ah + w \quad (7)$$

$A \in \mathbb{R}^{N \times N}$ là ma trận vô hướng biểu thị cho các xung dịch chuyển thời gian, $h = [h_1, h_2, \dots, h_N]^T$ là các hệ số thu được của kênh, w là nhiễu Gaussian (AWGN). Vì cấu trúc kênh UWB là thưa thớt, h chỉ có K hệ số khác không. Tương tự như trong (6), có thể được chiếu lên một ma trận phép đo ngẫu nhiên, một tập hợp các phép đo có thể thu được như:

$$y = \Phi Ah + \Phi w = \Theta h + v \quad (8)$$

Trong đó $M \ll N$. Thay vì sử dụng mẫu N để tìm các hệ số trọng số h , M -mẫu của vector y có thể sử dụng.

Cuối cùng, số lượng phép đo phục hồi thành công phụ thuộc vào sự thưa thớt của các mô hình kênh, sự không đồng nhất giữa Φ và A và các thuật toán tái khôi phục được sử dụng để ước lượng.

2.2 Thuật toán khôi phục tín hiệu

Trong phần này, chúng tôi đặc biệt quan tâm các mô hình kênh [4] dựa trên các thuật toán phục hồi CS ứng dụng cho ước lượng kênh UWB. Để phân tích những vấn đề này, chúng tôi đã xem xét hai thuật toán khôi phục cơ bản nhất, một thuật toán dựa trên các kỹ thuật lập trình tuyến tính như Basis Pursuit (BP) một thuật toán khác sử dụng thuật toán Greedy như Orthogonal Matching Pursuit (OMP).

Ngoài ra, với mục đích so sánh giữa phương pháp truyền thống và phương pháp CS mới, thuật toán (LS) cũng được giới thiệu trong phần này.

2.2.1 Ước lượng kênh dùng thuật toán Least-squares (LS)

Các phương pháp tuyến tính truyền thống dựa trên ước lượng kênh, chẳng hạn như phương pháp (LS) phương pháp này không khai thác sự thưa thớt của các kênh đa đường. Mục tiêu của bộ ước lượng kênh là giảm thiểu sự sai lệch giữa tín hiệu nhận được và tín hiệu ban đầu.

Ước lượng kênh LS được tìm thấy bằng cách giảm thiểu số lượng lỗi bình phương sau

$$\hat{h} = \arg \min_h \|y - \Theta h\|^2 \quad (9)$$

Ước lượng kênh cổ điển LS có thể thu được từ (8) như

$$\hat{h}_{LS} = \Theta^+ y = \Theta^+ (\Theta h + v) = h + \Theta^+ v \quad (10)$$

Ở đây Θ^+ là nghịch đảo của Θ và được cho bởi

$$\Theta^+ = (\Theta^H \Theta)^{-1} \Theta^H \quad (11)$$

Ở đây $(\)^H$ và $(\)^{-1}$ biểu thị các Hermitian và nghịch đảo ma trận, tương ứng.

2.2.2 Phương pháp khôi phục (BP)

Khi chúng ta xem xét các tín hiệu thưa thớt, quá trình phục hồi CS bao gồm tín hiệu thưa thớt x tạo ra các phép đo bằng cách xác định l_0 "chuẩn" của một vector $\|x\|_0$.

$$\hat{x} = \arg \min_{x \in \mathbb{R}^N} \|x\|_0 \text{ subject to } y = \Phi x \quad (12)$$

Tuy nhiên, thuật toán này có độ phức tạp tính toán tổ hợp, vì chúng ta phải kiểm tra liệu vector đo y có thuộc về khoảng cách của mỗi tập hợp các cột K hay Φ , $K = 1, 2, \dots, N$. Ý

trường của Basis Pursuit là thay thế vấn đề thưa thớt khó khăn này bằng một vấn đề tối ưu hóa dễ dàng hơn. Một thay thế cho l_0 "chuẩn" được sử dụng trong (12) là sử dụng l_1 các chỉ tiêu, được định nghĩa là

$$\hat{x} = \arg \min_{x \in \mathbb{R}^N} \|x\|_1 \quad \text{subject to } y = \Phi x \quad (13)$$

Khi l_1 là tiêu chuẩn lỗi, (13) có thể được xem như là tiêu chuẩn lỗi của (12). Nhờ sự lỗi lôm, thuật toán này có thể được thực hiện như một chương trình tuyến tính [13], làm cho đa thức tính toán phức tạp của nó trong chiều dài tín hiệu. Tối ưu hóa (13) có thể được sửa đổi để cho phép nhiễu trong các phép đo $y = \Phi x + n$. Thuật toán này được gọi là denoising (BPDN).

$$\hat{x} = \arg \min_{x \in \mathbb{R}^N} \|x\|_1 \quad \text{subject to } \|y - \Phi x\|_2 \leq \sigma \quad (14)$$

Ở đây σ là ước lượng mức nhiễu trong dữ liệu.

• Định nghĩa thuật toán

Nguyên tắc của BP là tìm một biểu diễn của tín hiệu mà các hệ số l_1 có chỉ tiêu tối thiểu giải quyết vấn đề.

$$\min \|\alpha\|_1 \quad \text{subject to } \Phi \alpha = s \quad (15)$$

Trở thành vấn đề tối ưu hóa lỗi, phi bậc hai sao cho một bản dịch thành vấn đề lập trình tuyến tính được thực hiện:

$$\min c^T x \quad \text{subject to } Ax = b, \quad x \geq 0 \quad (16)$$

Ở đây, $x \in \mathbb{R}^m$, $c^T x$ là hàm mục tiêu, $Ax = b$ là tập hợp các ràng buộc bình đẳng, và $x \geq 0$ là một tập hợp các giới hạn. Các vấn đề cơ bản theo đũa (15) có thể được tái cấu trúc tương đương như một chương trình tuyến tính ở dạng tiêu chuẩn (16) bằng cách thực hiện các bản dịch sau đây:

$$m \Leftrightarrow 2p; \quad x \Leftrightarrow (u,v); \quad c \Leftrightarrow (l,1); \quad A \Leftrightarrow (\Phi, -\Phi); \quad b \Leftrightarrow s$$

Do đó, giải pháp của (15) có thể thu được bằng cách giải một chương trình tuyến tính tương đương [9].

2.2.3 Thuật toán Orthogonal Matching Pursuit (OMP)

Thuật toán (OMP) là một phương pháp kỹ thuật để giải quyết vấn đề xấp xỉ thưa thớt.

So sánh với cơ sở Pursuit, những lợi thế chính của thuật toán này là tốc độ của nó và dễ thực hiện. Do đó, thuật toán OMP có thể được mô tả như Bảng 1.

Bảng 1. Thuật toán Orthogonal Matching Pursuit (OMP)

Input	Output
- Signal b - Approximation vector c - Stopping criterion	matrix A and
Step 1	Start by setting $r_0 = b$, the time $t = 0$ and $V_0 = 0$
Step 2	Let $v_t = i$, where a_i give the solution of $\max_k \langle r_t, a_k \rangle$. Where a_k are the row vectors of A
Step 3	Update the set V_t with $v_t: V_t = V_{t-1} \cup \{v_t\}$
Step 4	Solve the least-squares problem

	$\min_{c \in \mathbb{C}^{V_t}} \ b - \sum_{j=1}^t c(v_j) a_{v_j}\ _2$
Step 5	Calculate the new residual using c $r_t = r_{t-1} - \sum_{j=1}^t c(v_j) a_{v_j}$
Step 6	Set $t \leftarrow t + 1$
Step 7	If the criterion has not been satisfied then return to step 2

2.3 Ảnh hưởng của các mô hình kênh đa đường đến mức thưa thớt của kênh

Trong phần này, để phân tích ảnh hưởng của các mô hình kênh đến mức thưa thớt của kênh, chúng tôi đã sử dụng các tham số mô hình kênh được đề xuất bởi nhóm làm việc IEEE802.15.3a [4]. Nó bao gồm bốn loại mô hình điển hình như CM1, CM2, CM3 và CM4. Các thông số mô hình kênh này được thể hiện trong Bảng 2.

CM1: Mô hình Line-of-sight (LOS) cho 0-4 m

CM2: Mô hình Non-LOS (NLOS) cho 0-4 m

CM3: NLOS trong 4-10 m

CM4: NLOS cho 4-10 m, với điều kiện kênh đa đường.

Table 2. The channel model parameters proposed by [4]

Model Parameters	CM 1	CM 2	CM 3	CM 4
Λ (1/nsec)	0.0233	0.4	0.0667	0.0667
λ (1/nsec)	2.5	0.5	2.1	2.1
Γ	7.1	5.5	14.00	24.00
γ	4.3	6.7	7.9	12
δ_1 (dB)	3.3941	3.3941	3.3941	3.3941
δ_2 (dB)	3.3941	3.3941	3.3941	3.3941
δ_i (dB)	3	3	3	3

Ảnh hưởng của các mô hình kênh đến mức thưa thớt của kênh có đặc điểm sau: Độ dài của cố định $T_c = 250ns$, độ phân giải kênh T_s được thay đổi thành 2ns, 1ns và 0.5ns tương đối. Tất cả các mô phỏng được đưa ra cho 100 hiện thực kênh độc lập.

Như trình bày trong Bảng 3 và Hình 1, khi độ dài của $T_c = 250ns$, độ phân giải kênh $T_s = 0.5ns$ và $N = T_c / T_s = 500$, số lượng kênh đa đường truy cập trong trường hợp của CM1, $K = 60$ và CM2. Trong khi đó trong trường hợp của CM3, $K = 370$ và CM4, $K = 415$. Từ kết quả như vậy, có thể suy ra rằng CM3 và CM4 đa đường đến rất dồi dào so với CM1 và CM2, do đó, ngay cả ở độ phân giải kênh tăng (tức là khi T_s giảm) độ thưa thớt của các kênh này không cải thiện nhiều. Do các đặc điểm trên, các mô hình kênh CM1 và CM2 được coi là các kênh có độ thưa thớt cao, trong khi các mô hình kênh CM3 và CM4 là các kênh thưa thớt thấp.

Table 3. The sparsity ratios for different channel models

Channel Model	$T_s = 2ns$	$T_s = 1ns$	$T_s = 0.5ns$
	K/N	K/N	K/N
CM1	0.17	0.14	0.12
CM2	0.23	0.22	0.19
CM3	0.75	0.74	0.74
CM4	0.84	0.84	0.83

2.4 Ảnh hưởng của các mô hình kênh lên các thuật toán khôi phục

Để phân tích ảnh hưởng của các mô hình kênh lên các thuật toán khôi phục CS, các thử nghiệm đã được thiết kế như sau. Thứ nhất, chúng tôi thực hiện ước lượng kênh, sau đó ảnh hưởng của các mô hình kênh lên ba thuật toán khôi phục như LS, BP và OMP được đánh giá. Các phương pháp ước lượng và các tham số mô phỏng được thể hiện trong Bảng 4.

Table 4. Estimation methods and simulation parameters

Estimation methods	Conventional method	LS
	CS theory based method	BP OMP
Channel length	$T_c = 250ns$	
Channel resolution	$T_s = 0.5ns$	
SNR	20dB	

Để đánh giá sai số ước lượng, sai số bình phương bình phương (MSE) là một trong nhiều tiêu chuẩn để đo lường sự khác biệt giữa một bộ ước lượng và giá trị thực của số lượng được ước tính.

MSE được định nghĩa là

$$MSE = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N (\hat{h}_n - h_n)^2 \quad (17)$$

Trong đó N là số giá trị dữ liệu đo được.

Trong nghiên cứu này, xem xét phương trình (17), nếu MSE nhỏ hơn 0,001 tín hiệu sẽ được coi là phục hồi tốt.

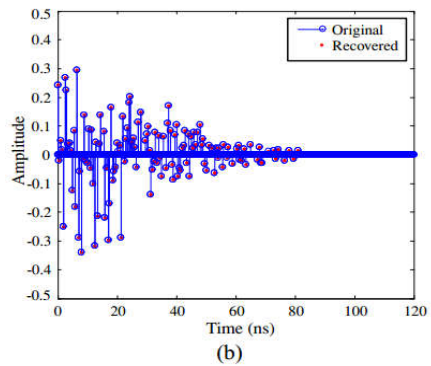
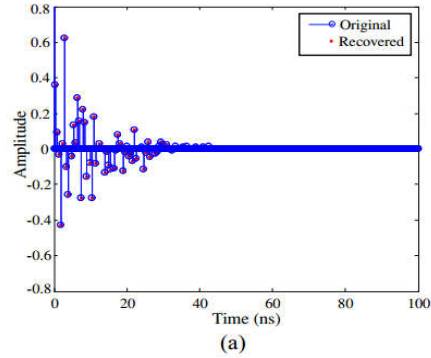
Đầu tiên, trong trường hợp không có nhiễu, chúng tôi đã phân tích kết quả ước lượng của các mô hình kênh CM1 và CM3 đại diện cho môi trường kênh thưa thớt và ít thưa thớt. Trong phân tích này, cả hai phương pháp BP và OMP đều được sử dụng. Như đã thấy trong Hình 2 và Bảng 5, trong trường hợp của mô hình kênh CM1 (có độ thưa thớt cao), MSE thu được nhỏ hơn 0,001 tương ứng với $K_{BP} = 40$ và

$K_{OMP} = 50$. Trong khi đó, trong trường hợp của mô hình kênh CM3 (ít thưa thớt), để phục hồi thành công tín hiệu ước lượng, $K_{BP} = 50, K_{OMP} = 80$

Do những kết quả này, nó có thể kết luận rằng trong trường hợp các mô hình kênh thưa thớt thấp, thuật toán OMP đòi hỏi nhiều mẫu hơn BP.

Trong mô phỏng thứ hai, ảnh hưởng của AWGN được xem xét. Basis Pursuit denoising (BPDN) và OMP được sử dụng để giải quyết vấn đề phục hồi với nhiễu. Kết quả mô phỏng trong hình 3a cho thấy rằng mặc dù \hat{h} có một chút nhiễu, tất cả các đường đi chính hoàn toàn phù hợp với h. Chỉ biên độ hơi khác một chút. Trong khi đó, kết quả ước

lượng dựa trên OMP, biên độ là khác nhau nhiều như trong hình 3b. Từ những kết quả này, có thể thấy rằng trong trường hợp xem xét tác động của nhiễu, thuật toán BP cũng tốt hơn so với OMP.

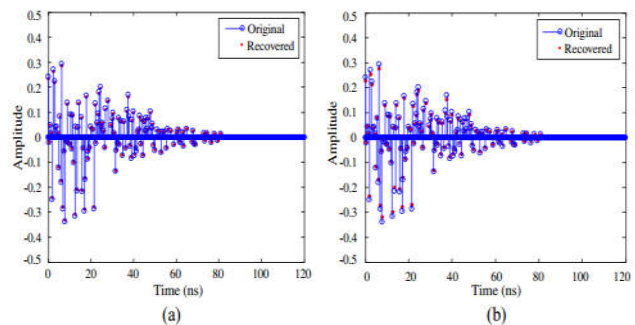


(a) CM1 using BP, $K = 40, MSE = 0.0004$
(b) CM3 using OMP, $K = 80, MSE = 0.0005$

Hình 2. Kết quả ước tính kênh cho CM1 và CM3 không có nhiễu

Bảng 5. MSE cho ước tính kênh của CM1 (có độ thưa thớt cao) và CM3 (ít thưa thớt) không có tiếng ồn

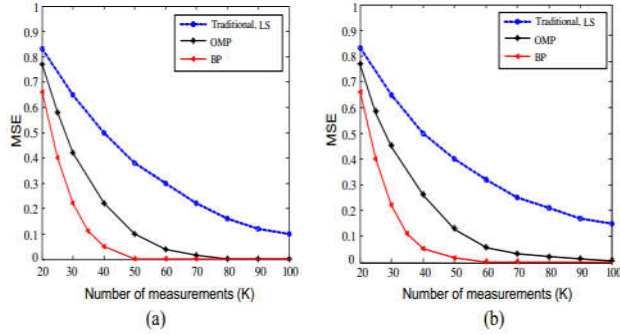
Channel models		$T_c = 250ns, T_s = 0.5ns, N = 500$					
		K-sparse	40	50	60	70	80
CM1	MSE	BP	0.0004				
		OMP	0.0035	0.0006			
CM3	MSE	BP	0.0500	0.0003			
		OMP	0.2230	0.0927	0.0441	0.0150	0.0005



(a) CM3 using BP, $K = 50, MSE = 0.0012$
(b) CM3 using OMP, $K = 80, MSE = 0.0023$

Hình 3. Kết quả ước lượng kênh cho CM1 và CM3 có nhiễu.

Để so sánh, hiệu suất MSE của phương pháp thông thường như thuật toán LS cũng sẽ được đánh giá. So sánh MSE giữa phương pháp ước lượng LS và áp dụng các phương pháp CS được thể hiện trong Hình 4. Kết quả này cho thấy rằng phương pháp LS đòi hỏi nhiều mẫu hơn để có thể phục hồi thành công tín hiệu ước lượng, thậm chí lên đến vài trăm mẫu với tỷ lệ lỗi nhỏ hơn 0,001. Trong khi, bằng cách sử dụng phương pháp CS, tỷ lệ lỗi thu được chỉ nhỏ hơn 0,001. $K_{BP} = 50, K_{OMP} = 80$. Nó có nghĩa là các phương pháp dựa trên ứng dụng lý thuyết CS để ước lượng kênh có thể làm giảm đáng kể tỷ lệ lấy mẫu so với các phương pháp truyền thống của LS

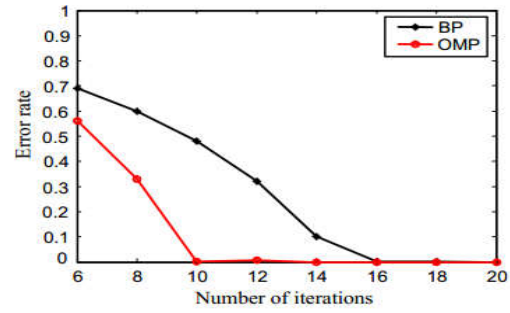


Hình 4. Ảnh hưởng của mô hình kênh CM3 trên MSE dựa trên LS, BP và OMP

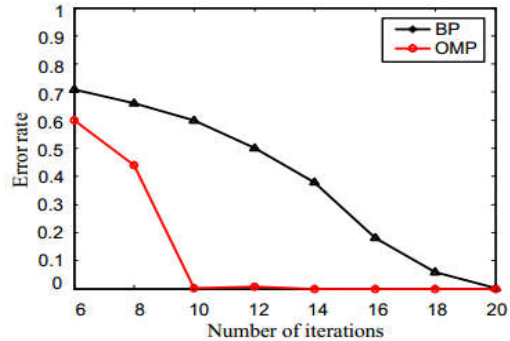
Bảng 6. Tốc độ lấy mẫu tối thiểu tại máy thu mà BP và OMP có thể phục hồi thành công, xem xét bảng thông của tín hiệu 2 GHz

Channel model CM1(high-sparse), $T_c = 250\text{ns}, T_s = 0.5\text{ns}, N = 500$				
	K-sparse	M (number of measurements)	Sampling rate (Mbps)	% of Nyquist
BP	40	160	320	8.00
OMP	50	200	400	10.0
Channel model CM3 (low-sparse), $T_c = 250\text{ns}, T_s = 0.5\text{ns}, N = 500$				
	K-sparse	M-number of measurement	Sampling rate (Mbps)	% of Nyquist
BP	50	200	400	10.0
OMP	80	320	640	16.0

Như đã thấy trong Bảng 6, bằng cách áp dụng lý thuyết CS cho ước lượng kênh, tốc độ lấy mẫu tại máy thu có thể giảm ít hơn 16% tốc độ Nyquist. Ngoài ra, nó cũng có thể thấy rằng trong trường hợp của mô hình kênh CM1 (cao thưa thớt), tốc độ lấy mẫu của thuật toán BP và OMP là tương đương. Trong khi đó, trong trường hợp của mô hình kênh CM3 (ít thưa thớt), tốc độ lấy mẫu của thuật toán OMP lớn hơn nhiều so với BP. Như những kết quả này, có thể kết luận rằng trong môi trường kênh UWB thưa thớt thấp, nếu chúng ta quan tâm đến tốc độ lấy mẫu thấp, thuật toán BP sẽ được chọn.



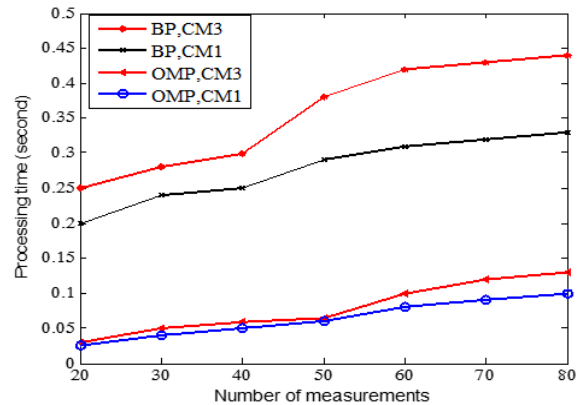
(a)



(b)

Hình 5. Số lần lặp lại cho: (a) CM1, $K_{BP} = 40, K_{OMP} = 50$
(b) CM3, $K_{BP} = 50, K_{OMP} = 80$

Để nghiên cứu tính phức tạp của các thuật toán, chúng tôi đã đánh giá thời gian CPU của máy tính (loại CPU: ADM Athlon 1.60GHz, 1GB Ram) để hoàn thành ước lượng kênh. Sự so sánh giữa các thuật toán BP và OMP được trình bày trong Hình 6. Có thể thấy rằng thời gian tính toán của thuật toán OMP ít hơn 0.15 giây, trong khi thời gian tính toán của BP là hơn 0.2 giây.



Hình 6. Thời gian xử lý ước lượng kênh

3. KẾT LUẬN

Theo phân tích lý thuyết và kết quả thực nghiệm thu được, đã chứng minh rằng tỷ lệ lấy mẫu thấp chỉ có thể đạt được bởi BP. Bằng cách sử dụng phương pháp BP, tín hiệu có thể được phục hồi với ít phép đo hơn so với các phương pháp khác. Tuy nhiên, nó đòi hỏi kỹ thuật phức tạp làm cho các bước tính toán chậm so với OMP. Trong trường hợp không yêu cầu về thời gian, OMP sẽ là lựa chọn cho sự thưa thớt

cao. Tuy nhiên, trong các mô hình kênh thừa thớt thấp, phương pháp OMP đòi hỏi tốc độ lấy mẫu cao hơn so với BP.

4. TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Federal Communications Commission, et al. First report and order in the matter of revision of part 15 of the commission's rules regarding ultra-wideband transmission systems. *ET-Docket*. **2002**, *FCC 02 - 48, 98 - 153*.
- [2] E. Candes, J. Romberg, T. Tao. Robust uncertainty principles: Exact signal reconstruction from highly incomplete frequency information. *IEEE Trans. Inf. Theory*. **2006**, 52(2), 489 - 509.
- [3] H. Rauhut, K. Schnass, P. Vandergheynst. Compressed sensing and redundant dictionaries. *IEEE Trans. Inform. Theory*. **2006**, 54(5), 1289 - 1306.
- [4] J. R. Foerster, Q. Li. UWB Channel Modeling Contribution from Intel. *IEEE P802.15 Working Group for Wireless Personal Area Networks (WPANs)*. **2002**
[http://www.ieee802.org/15/pub/2002/Jul02/02279r0P802-15_SG3a-Channel-Model-Cont-Intel.doc]
- [5] Z. G. Karabulut and A. Yongacoglu. Sparse channel estimation using orthogonal matching pursuit algorithm. *IEEE 60th Vehicular Technology Conferenc*. **2004**, 60(6), 3880 - 3884.
- [6] D. L. Donoho, M. Elad. Optimally sparse representation in general(nonorthogonal) dictionaries via ℓ_1 -minimization. *Proc. Natl. Acad. Sci.* **2003**, 100:2197 - 2202.
- [7] Mehmet B, Serhat E, and Hakan Ali C. The Effect of Channel Models on Compressed Sensing Based UWB Channel Estimation. *IEEE Proc. ICUWB'11*. **2011**, 375 - 379.
- [8] S. Erkuc, uk, D. I. Kim, K. S. Kwak. Effects of channel models and Rake receiving process on UWB-IR system performance. *IEEE Proc. ICC'07*. **2007**, 4896 - 4901.
- [9] E. J. Candès and T. Tao. Decoding by linear programming. *IEEE Trans. Info.Theory*. **2005**, 51(12):4203 - 4215.
- [10] A. Gilbert, M. Strauss, J. Tropp, R. Vershynin. Algorithmic linear dimensionreduction in the ℓ_1 norm for sparse vectors. Submitted for publication, *ArXiv preprint cs/0608079*. **2006**.
- [11] M. Z., R. A. Scholtz. Ultra-wide bandwidth signal propagation for indoor wireless communications. in *Proc. IEEE Int. Conf: on Conittunicutions, Montreal, Canada*. **1997**, 56 - 60.
- [12] L. Ge, G. Yue, S. Affes. On the BER Performance of Pulse-Position Modulation UWB Radio in Multipath Channels. In *2002 IEEE Conference on Ultra Wideband Systems and Technologies (IEEE Cat. No. 02EX580)*. **2002**, 231 - 234.