

PHÂN TÍCH CÁC TÍNH CHẤT VẬT LÝ CỦA MÔ HÌNH KÊNH ULTRAWIDEBAND TRONG VIỆC TRUYỀN THÔNG Ở KHOẢNG CÁCH NGẮN

Nguyễn Chí Nhân⁽¹⁾, Dương Hoài Nghĩa⁽²⁾, Đinh Văn Ánh⁽³⁾

(1) Trường Đại học Khoa học Tự Nhiên, ĐHQG-HCM ; (2) Trường Đại học Bách Khoa, ĐHQG-HCM

(3) Đại học Saskatchewan, Canada

(Bài nhận ngày 21 tháng 03 năm 2011, hoàn chỉnh sửa chữa ngày 08 tháng 10 năm 2012)

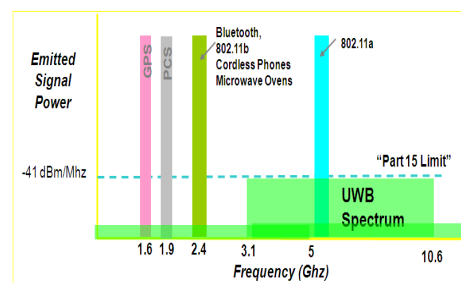
TÓM TẮT: Mô hình kênh chính xác cực kỳ quan trọng trong việc thiết kế các hệ thống thông tin liên lạc. Kiến thức về các tính năng của kênh cung cấp cho người thiết kế khả năng dự đoán hiệu suất của hệ thống để điều chế cụ thể kênh, mã hóa và xử lý tín hiệu. Trong bài báo này, chúng tôi sẽ trình bày việc phân tích các tính chất vật lý của mô hình kênh UWB đồng thời đề xuất mô hình kênh truyền UWB ở khoảng cách ngắn (có sự so sánh với mô hình kênh của IEEE 802.15.3a). Qua việc phân tích và thiết kế mô hình kênh ở trên chúng tôi đã rút ra được một số kết luận liên quan đến kênh truyền UWB trên khoảng cách ngắn như sau: không có méo dạng xung, có hiện tượng phản xạ, nhiễu xạ trên kênh truyền, truyền đẳng hướng, truyền đa đường, có sự suy hao theo khoảng cách và tần số.

Từ khóa: Băng siêu rộng, khoảng cách ngắn, phản xạ, nhiễu xạ, truyền đa đường

MỞ ĐẦU

Công nghệ truyền thông không dây băng siêu rộng Ultra-Wide Band (UWB) được Ủy ban truyền thông liên bang (FCC - Federal Communication Community) công bố ban hành vào năm 2002 [1], cho phép sử dụng băng tần từ 3.1-10.6GHz không cần đăng ký (Hình 1). Các lợi ích từ việc sử dụng băng tần này đó là miễn phí và phổ cực rộng có khả năng truyền dữ liệu tốc độ cao trên khoảng cách ngắn. Tuy nhiên, việc phân bổ phổ tần với những hệ thống được cấp phép đòi hỏi UWB phải hoạt động với công suất rất thấp (dưới -41,3 dBm/MHz hay 0,5 mW nếu sử dụng toàn bộ dải tần 7,5 GHz) để giảm thiểu nhiễu với các hệ thống tồn tại. Do công suất truyền tải thấp, việc thiết kế hệ thống UWB đặt ra nhiều thách thức trong việc thực hiện bộ thu phát và thiết lập kênh

truyền. Mô hình kênh chính xác là cực kỳ hữu ích cho việc thiết kế hệ thống trong lớp vật lý [2,3]. Trong bài báo này chúng tôi trình bày các phân tích về tính chất vật lý của kênh truyền UWB, đặc biệt là đối với khoảng cách rất ngắn trong truyền thông không dây. Mô hình kênh được sử dụng trong truyền thông die-to-die hoặc chip-to-chip ứng dụng trong mạch tích hợp 3-D.



Hình 1. Quy định của FCC về phổ tần UWB

NHỮNG ĐẶC TÍNH VẬT LÝ CỦA KÊNH UWB

Trong giao tiếp không dây, tính chất vật lý của kênh đóng vai trò quan trọng trong việc truyền tải thành công dữ liệu từ bộ phát đến bộ thu. Các tính chất này ảnh hưởng trực tiếp đến chất lượng và số lượng của việc truyền tải dữ liệu. Các ảnh hưởng vật lý đến truyền thông UWB bao gồm:

- Suy hao tín hiệu: tín hiệu UWB có độ suy hao cao nên chỉ truyền trong khoảng cách ngắn, do đó chúng ta thấy rằng độ suy hao của tín hiệu UWB phụ thuộc vào khoảng cách truyền.

- Che tối: việc truyền tín hiệu tốt nhất đối với môi trường LOS (line of sight), để truyền ở khoảng cách ngắn giữa các chip hoặc giữa die trong một chip, yếu tố này có thể được bỏ qua.

- Fading: hiện tượng này là do sự phản xạ và nhiễu xạ trên đường truyền. Yếu tố này phụ thuộc vào băng thông của hệ thống, nó dẫn đến thay đổi nhanh cường độ tín hiệu và gây ra nhiễu giao thoa giữa các ký hiệu (ISI: Inter Symbol Interference). Trong hệ thống truyền thông UWB có thể sử dụng các phương án điều chế khác nhau như BPSK để giảm thiểu hiện tượng này.

- Nhiễu kênh lân cận: trong phổ tần của UWB nó bao gồm một băng tần của mạng WAN (802.11a) được cấp phép tại 5.4GHz, do đó việc thiết kế hệ thống UWB phải tính đến việc sử dụng băng thông thích hợp để tránh loại can nhiễu.

Trong thiết kế của một hệ thống UWB đối với truyền thông không dây ở khoảng cách cực

ngắn thì các hiện tượng mà chúng ta cần phải quan tâm đó là: hiện tượng đa đường, phản xạ, nhiễu xạ, suy hao do khoảng cách truyền. Trong phân tích này, tín hiệu UWB được truyền tải thông qua bộ phát sử dụng xung dưới dạng đạo hàm bậc 2 của xung Gaussian.

a) Hiện tượng phản xạ: sử dụng biểu thức hệ số phản xạ với tần số và góc tới, hệ số phản xạ $R(\psi, s)$ được trình bày như sau:

$$R(\psi, s) = \pm \frac{\sqrt{s+2a-k\sqrt{s}}}{\sqrt{s+2a+k\sqrt{s}}} \quad (1)$$

với $a = \tau/2, k = \beta$: đối với phân cực theo phương thẳng đứng

$a = \tau/2, k = (\epsilon_r \beta)^{-1}$: đối với phân cực theo phương nằm ngang

trong đó: $\tau = \frac{\sigma}{\epsilon}, \beta = \frac{\sqrt{\epsilon_r - \cos^2 \psi}}{\epsilon_r \sin \psi}$

Barnes [7] đã xác định biến đổi ngược của $R(\psi, s)$ như sau:

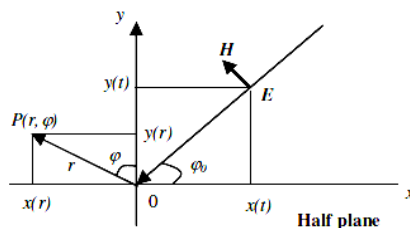
$$r(t) = \left[K\delta(t) + \frac{4k}{1-k^2} \frac{\exp(-at)}{t} \sum (-1)^{n+1} n K^n I_n(at) \right] \quad (2)$$

b) Hiện tượng nhiễu xạ

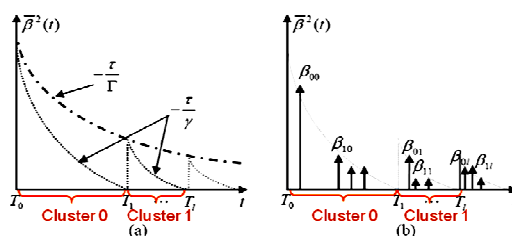
Kết quả của tác giả Qiu [8] cho thấy đáp xung trong miền thời gian do nhiễu xạ hoàn toàn ở một nửa mặt phẳng, được cho bởi công thức như sau:

$$h_d(\tau) = \frac{\sqrt{2r/c}}{2\pi} \left[\frac{\cos \frac{1}{2}(\varphi - \varphi_0)}{\tau + \frac{r}{c} \cos(\varphi - \varphi_0)} - \frac{\cos \frac{1}{2}(\varphi + \varphi_0)}{\tau + \frac{r}{c} \cos(\varphi + \varphi_0)} \right] \frac{1}{\sqrt{\tau - r/c}} U(\tau - r/c) \quad (3)$$

Trong đó: c là tốc độ ánh sáng, τ là độ trễ đường, φ và φ_0 được định nghĩa trong Hình 2



Hình 2. Nhiều xạ hoàn toàn ở một nửa mặt phẳng



Hình 3. Mô hình S-V đã được sửa đổi

(a) Sự suy giảm tín hiệu theo hàm mũ và công suất trung bình.

(b) Đáp ứng xung của kênh.

c) Độ suy hao

Suy hao năng lượng trong truyền thông UWB là sự mất mát khi phân bố đẳng hướng giữa khoảng cách hai Anten thu và phát được xác định bằng độ dài d .

Thực chất nó là một hàm số giữa góc tới từ phản xạ đến và cũng là hàm số của chiều dài sóng phản xạ. Vì vậy hệ số khuếch đại của Anten thu và Anten phát phụ thuộc vào tần số ($f=c/\lambda$).

Ta có công thức tính độ suy hao như sau:

$$PL(d) = 10 \log \left(\frac{4\pi d}{\lambda} \right)^2 = 20 \log \left(\frac{4\pi d}{\lambda} \right) \quad (4)$$

λ là chiều dài sóng phản xạ (tính theo m), $\lambda = c/f$ ($c=3.10^8$ m/s, f là tần số)

d là độ dài khoảng cách giữa Anten thu và Anten phát tính theo (m)

PL là độ suy hao của tín hiệu trên đường truyền (dB)

Qua đó ta thấy khoảng cách d càng lớn và tần số f càng cao thì suy hao càng cao.

MÔ HÌNH KÊNH UWB

Cấu trúc của mô hình kênh có ảnh hưởng mạnh mẽ đến việc đánh giá hiệu năng của hệ thống. Mô hình kênh UWB được coi là một kênh đa đường dày đặc.

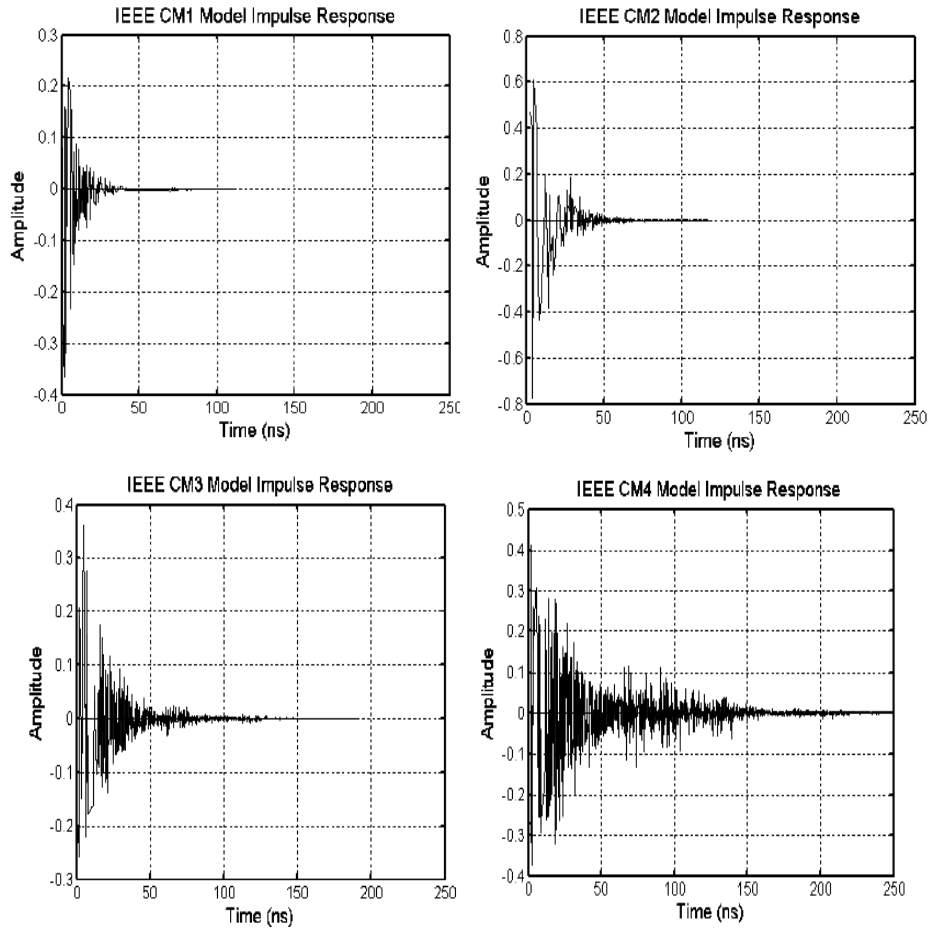
Mô hình kênh UWB của IEEE

Để thống nhất việc đánh giá thiết kế của UWB, tổ chức IEEE đã phát triển các mô hình kênh cho hệ thống truyền thông UWB [9], mà

nó được chấp nhận bởi một nhóm các tiêu chuẩn đầy đủ (IEEE 802.15.3a). Mô hình kênh này được sửa đổi từ mô hình kênh của Saveh-Valenzuela (S-V) [10] với mục tiêu nhắm đến là về công suất tiêu thụ và độ trễ, điều này được thể hiện trong Hình 3.

Có bốn loại mô hình kênh UWB đã được định nghĩa bởi nhóm IEEE 802.15.3a có tên gọi

như sau: CM1, CM2, CM3, và CM4. Mỗi mô hình kênh đều có những đặc tính về vật lý khác nhau, Hình 4 trình bày đáp ứng xung của bốn mô hình kênh của IEEE. Code Matlab mô phỏng đáp ứng xung của bốn mô hình kênh tham khảo từ [9]. Bảng 1 sau đây liệt kê những đặc tính của bốn mô hình kênh của IEEE.



Hình 4. Đáp ứng xung bốn mô hình kênh của IEEE

Bảng 1. Các đặc tính của bốn mô hình kênh IEEE

<i>Đặc trưng mô hình kênh</i>	CM1	CM2	CM3	CM4
Khoảng cách (distance) (m)	0-4	0-4	4-10	4-10
LOS (Line-of-Sight)	YES	NO	NO	NO
τ_m (ns) trì hoãn quá mức trung bình	5	9.9	15.9	30.1
τ_{rms} (ns) trì hoãn bình phương tối thiểu	5	8	15	25
NP(10dB) số các đường dẫn trong 10dB của đường dẫn mạnh nhất	12.5	15.3	24.9	41.2
NP(85%) số đường dẫn chiếm 85% năng lượng	20.8	33.9	64.7	123.3
<i>Thông số mô hình kênh</i>	CM1	CM2	CM3	CM4
Λ (1/nsec) tỉ lệ cluster xuất hiện	0.023	0.4	0.067	0.067
λ (1/nsec) tỉ lệ ray xuất hiện	2.5	0.5	2.1	2.1
Γ hệ số suy hao của cluster	7.1	5.5	14.00	24.00
γ hệ số suy hao của ray	4.3	6.7	7.9	12
σ_1 (dB) độ lệch chuẩn đối với cluster	3.4	3.4	3.4	3.4
σ_2 (dB) độ lệch chuẩn đối với ray	3.4	3.4	3.4	3.4
σ_x (dB) độ lệch chuẩn đối với sự tạo bóng loga chuẩn	3	3	3	3

Đề xuất mô hình kênh truyền ở khoảng cách cực ngắn và phương pháp điều chế UWB

Theo tác giả Sumit Roy và nhóm tác giả [11] đã miêu tả đáp ứng xung kênh đa đường rời rạc thời gian mà nó có liên hệ với hàm Delta Dirac, được trình bày trong công thức 5 [13] như sau:

$$h_i(t) = X_i \sum_{l=0}^{L-1} \sum_{k=0}^{K-1} \alpha_{k,l}^i \delta(t - T_l^i - \tau_{k,l}^i) \quad (5)$$

Trong đó: $\alpha_{k,l}^i$ là hệ số độ lợi đa đường, T_l^i là độ trễ của cluster thứ l , $\tau_{k,l}^i$ là sự chậm trễ của thành phần đa đường thứ k liên quan tới khoảng thời gian của cluster thứ l (T_l^i). X_i là hàm logarit của phân phối chuẩn. L là số lượng cluster, K là số lượng tín hiệu phản xạ trong mỗi cluster, δ là hàm Delta Dirac. Theo mô hình S-V đã đưa ra các định nghĩa như sau: T_l là khoảng thời gian đến đầu tiên của cluster thứ l , $\tau_{k,l}$ sự chậm trễ của đường dẫn thứ k trong cluster thứ l , Λ : tỷ lệ cluster xuất hiện, λ : tỷ lệ

ray (tia) xuất hiện, tỉ lệ xuất hiện của tia trong mỗi cluster.

Vấn đề về độ trễ trong quá trình truyền, cho thấy các cluster và ray được tạo ra bởi sự phản xạ và khúc xạ đa từ các đối tượng. Thời gian đến của các cluster được biểu thị T_l và thời gian đến của các ray thứ k trong cluster thứ l được biểu thị bởi $\tau_{k,l}$, thể hiện trong Hình 5. Cả hai cluster và ray đều có phân bố theo hàm mũ của thời gian đến, tương ứng với tỷ lệ thời gian đến của cluster và ray là Λ và λ , trong đó ray đầu tiên của cluster đầu tiên luôn luôn đến tại thời điểm $t = 0ns$. Hàm mật độ xác suất đối với phân bố cluster và ray được cho bởi:

$$p(T_l|T_{l-1}) = \Lambda \exp[-\Lambda(T_l - T_{l-1})], \quad l > 0 \quad (6)$$

$$p(\tau_{k,l}|\tau_{(k-1),l}) = \lambda \exp[-\lambda(\tau_{k,l} - \tau_{(k-1),l})], \quad k > 0 \quad (7)$$

Trong mô hình kênh đề xuất, chúng tôi sử dụng hệ số $\alpha_{k,l}$ được tạo ra từ ba thành phần riêng biệt và độc lập như sau:

$$\alpha_{k,l} = p_{k,l} \xi_l \beta_{k,l} \quad (8)$$

Trong đó, ξ_l là hệ số fading lớn (large-scale fading), $\beta_{k,l}$ là hệ số fading nhỏ (small-scale fading), và $p_{k,l}$ trình bày giới hạn pha có xác suất bằng nhau. Hệ số fading lớn là phân bố lognormally với độ lệch chuẩn Gaussian σ_1 . Điều này đặt ra một hằng số suy giảm liên tục trên tất cả các tia tới bên trong mỗi cluster. Hệ số fading nhỏ cũng là phân bố lognormally với độ lệch chuẩn Gaussian σ_2 , nhưng nó được lựa chọn độc lập đối với mỗi ray để cung cấp biên độ dao động riêng biệt. Bởi vì hệ số fading lớn và nhỏ có cùng phân bố, chúng có thể được gom lại với nhau theo công thức 9 như sau:

$$|\xi_l \beta_{k,l}| = 10^{\frac{\mu_{k,l} + n_1 + n_2}{20}} \quad (9)$$

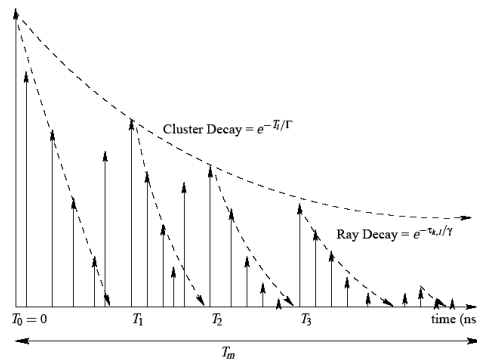
Trong đó $n_1 \sim N(0, \sigma_1^2)$ and $n_2 \sim N(0, \sigma_2^2)$

$$\mu_{k,l} = \frac{10 \ln(\Omega_{0,0}) - 10 \frac{T_l}{\Gamma} - 10 \frac{\tau_{k,l}}{\gamma}}{\ln 10} - \frac{(\sigma_1^2 + \sigma_2^2) \ln 10}{20} \quad (10)$$

Γ và γ : tương ứng là hệ số suy giảm của cluster và ray

Hệ số kênh $\mu_{k,l}$ phụ thuộc vào độ lợi công suất trung bình $\Omega_{0,0}$ của ray đến đầu tiên trong cluster đầu tiên, $\Omega_{k,l}$ được trình bày trong công thức 11 [13].

$$\Omega_{k,l} = E \left[|\xi_l \beta_{k,l}|^2 \right] = \Omega_{0,0} e^{-\frac{T_l}{\Gamma}} e^{-\frac{\tau_{k,l}}{\gamma}} \quad (11)$$



Hình 5. Thời gian đến của các cluster và ray

Những ảnh hưởng của fading lớn xảy ra trên nhiều vị trí khác nhau với cùng bộ thu và phát (Tx-Rx) tách biệt nhau, được mô hình hóa như là một phân bố lognormally, với biến ngẫu nhiên X_i được trình bày như sau:

$$10 \log_{10}(X_i) \sim N(\mu_x, \sigma_x^2) \quad (12)$$

Trong đó $\mu_x = \frac{10 \ln(G)}{\ln(10)} - \frac{\sigma_x^2 \ln(10)}{20}$, X_i là đơn vị năng lượng đáp ứng xung.

Giá trị trung bình lognormal của X_i tương đương với trung bình độ lợi năng lượng kênh G và giá trị trung bình Gaussian μ_x , trong đó có hai tham số G và σ_x^2 .

G được xác định bằng việc sử dụng những thông số fading lớn trong bảng 2 và được cho bởi công thức sau:

$$G = G_0 / D^{\alpha_p} \quad (13)$$

Trong đó $G_0 = 10^{-A_0/10}$ và D là khoảng cách giữa bộ thu và bộ phát.

Table 2. Những thông số fading lớn [12].

Channel model parameters	LOS	NLOS
A_0 [dB] (Path loss at reference distance $D_0=1m$)	47	51
α_p (Path loss exponent)	1.7	3.5

Các thông số được đề xuất cho mô hình kênh UWB ở khoảng cách rất ngắn (vài mm) thì tương tự như thông số trong mô hình kênh CM1 của IEEE 802.15.3a. Do CM1 là một mô hình kênh có đặc tính LOS và khoảng cách giữa bộ thu và phát nhỏ hơn 4m. Đối với khoảng cách rất ngắn, các thông số Λ , λ , Γ , γ phải giảm để đảm bảo rằng tín hiệu truyền đi trong một khoảng thời gian ngắn, điều này bảo

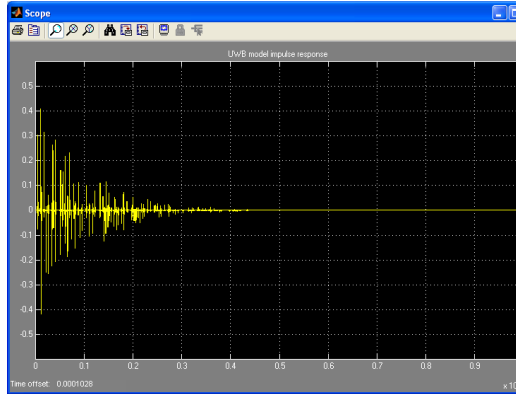
đảm cho công suất hoạt động của bộ phát là cao nhất, tổn ít năng lượng nhất. Bảng 3 cho thấy sự so sánh các thông số giữa mô hình kênh đề xuất và mô hình kênh CM1 của IEEE. Qua phân tích ở trên và từ kết quả mô phỏng cho thấy tỷ lệ đến và hệ số suy giảm của cluster đã giảm do truyền thông ở khoảng cách ngắn và chúng tôi đã thu được giá trị $\Lambda = 0.015$ và $\Gamma = 5.0$.

Bảng 3. So sánh mô hình kênh đã đề xuất với mô hình CM1

Channel model parameters	Proposed channel model	CM1 IEEE802.15.3a
Λ [1/nsec]	0.015	0.0233
λ [1/nsec]	2.5	2.5
Γ [nsec]	5.0	7.1
γ [nsec]	4.3	4.3
σ_1 [dB]	3.3941	3.3941
σ_2 [dB]	3.3941	3.3941
σ_x [dB]	3.0	3.0

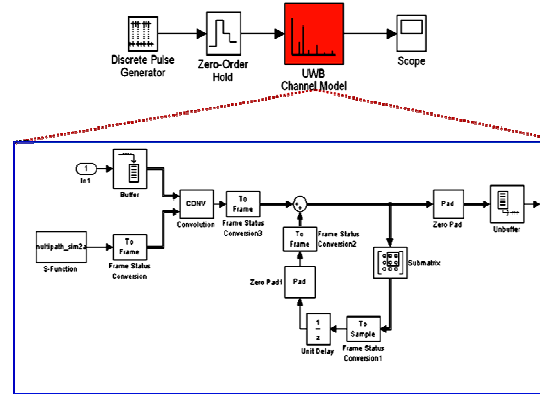
Hình 6 trình bày đáp ứng xung của tín hiệu UWB, trong đó thời gian trễ ngắn hơn nhiều so với CM1 (trình bày trong Hình 4). Mô hình kênh đề xuất đã được đưa vào mô phỏng để chứng minh hiệu quả của nó. Qua phân tích các đặc tính cũng như các thông số của mô hình

kênh UWB, chúng tôi đã thiết kế và mô phỏng mô hình kênh UWB ở khoảng cách ngắn, nhằm định hướng ứng dụng trong việc truyền thông giữa các die trong chip, Hình 7 trình bày mô hình kênh được thiết kế bằng Matlab.



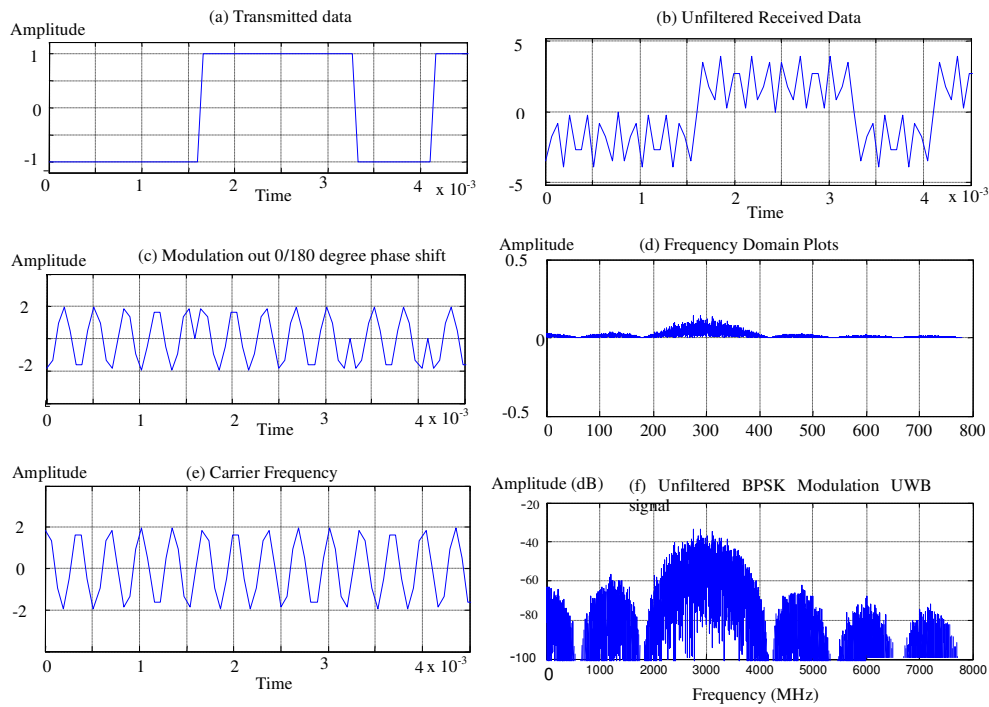
Hình 6. Đáp ứng xung của mô hình kênh UWB

Hình 8 trình bày các tín hiệu của bộ thu phát UWB trong miền thời gian và miền tần số. Trong mô phỏng này, điều chế BPSK được sử dụng để tránh các hiệu ứng fading. Các tần số sóng mang được thiết lập ở tần số 3.0GHz. Dữ



Hình 7. Mô hình kênh đã được thiết kế bằng Matlab

liệu ngẫu nhiên đã được tạo ra với tần số $N = 1,2$ GHz. Hình 8 (f) cho thấy phổ công suất thấp dưới $-41,3$ dB thỏa mãn theo qui định của FCC về phổ tần của UWB.



Hình 8. Tín hiệu truyền nhận UWB

KẾT LUẬN

Chúng tôi đã phân tích chi tiết về các tính chất vật lý của tín hiệu UWB truyền trong không khí và một mô hình kênh được đề xuất. Mô hình này được áp dụng đối với việc truyền thông UWB ở các khoảng cách cực ngắn và nó được so sánh với mô hình CM1 của tiêu chuẩn IEEE 802.15.3a. Các kênh truyền thông ở khoảng cách ngắn có đặc điểm quan trọng và

hữu ích cho việc thiết kế hệ thống UWB. Tuy nhiên, qua phân tích ở trên thì cho thấy rằng các tín hiệu UWB vẫn còn bị ảnh hưởng bởi sự phản xạ và nhiễu xạ nhưng không có biến dạng xung với một sự suy hao đường truyền thấp. Vì khoảng cách truyền thông trong chip ngắn (die-to-die), và mô hình kênh có tỷ lệ đến và hệ số suy giảm của cluster thấp hơn so với mô hình kênh CM1.

THE ANALYSIS OF PHYSICAL PROPERTIES OF THE ULTRA-WIDEBAND CHANNEL MODEL IN COMMUNICATION AT SHORT DISTANCES

Nguyen Chi Nhan⁽¹⁾, Duong Hoai Nghia⁽²⁾, Dinh Van Anh⁽³⁾

(1) University of Science, VNU-HCM; (2) University of Technology, VNU-HCM

(3) University of Saskatchewan, Canada

ABSTRACT: *Accurately modeling the channel is extremely important for the design of communication systems. Knowledge of the key features of the channel provides the designers with the ability to predict performance of the system for specific modulation, channel coding, and signal processing. In this paper, we will present the analysis of physical properties of the UWB channel model and propose an UWB channel model for short distance wireless communications (with a comparison to the IEEE 802.15.3a channel model). Through the analysis and design, conclusions related to the UWB channel model were drawn as follows: there are reflection, diffraction, multipath transmission, and signal attenuation with distance and frequency but there is no pulse distortion.*

Key words: *Ultra-Wide Band, short distance communications, reflection, diffraction, multipath.*

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Federal Communications Commission (FCC), Revision of Part 15 of the Commission's Rules Regarding Ultra-Wideband Transmission Systems, *First Report and Order, ET Docket 98-153, FCC 02-48*, April (2002).
- [2]. R. Saadane, A. Menouni Hayar, DRB1.3 Third report on UWB channel models, *CEC*, November, (2006).
- [3]. V. Lottici, A. D'Andrea, Channel Estimation for Ultra-Wideband, *IEEE Journal on selected Areas in Communications*, 20, (2002).

- [4]. Y. M. Kim, Ultra Wide Band (UWB) Technology and Applications, *NEST group, The Ohio State University*, (2003).
- [5]. R. Blazquez-Fernandez, Design of Synchronization Subsystem for an Ultra Wideband Radio, *Massachusetts Institute of Technology*, (2003).
- [6]. D. D. Wentzloff, Pulse-Based Ultra-Wideband Transmitters for Digital Communication, *Massachusetts Institute of Technology*, (2007).
- [7]. P. R. Barnes, On the Direct Calculation of a Transient Plane Wave Reflected from a Finitely Conducting Half Plane, *IEEE Trans. On Electromagnetic Compatibility*, 33, (1991).
- [8]. R. C. Qiu, A Generalized Time Domain Multipath Channel and Its Application in Ultra Wideband (UWB) Wireless Optimal Receiver Design, Part II: Physics-Based System Analysis, *IEEE Trans. on Wireless Communications*, 3, (2004).
- [9]. J. R. Foerster, The Effects of Multipath Interference on the Performance of UWB Systems in an Indoor Wireless Channel, *IEEE VTS 53rd Vehicular Technology Conference*, vol. 2, 1176-1180, Spring (2001).
- [10]. S. Valenzuela, A Statistical Model for Indoor Multipath Propagation, *IEEE*, 1987.
- [11]. Sumit Roy, Jeff R. Foerster, V. Srinivasa Somayazulu, Dave G. Leeper, Ultrawideband Radio Design: The Promise of High-Speed, Short-Range Wireless Connectivity, *Proceedings of the IEEE*, 92, 295-311 (2004).
- [12]. S. S. Ghassemzadeh, V. Tarokh, UWB Path Loss Characterization in Residential Environment, *IEEE Radio Frequency Integrated Circuits (RFIC) Symposium*, 501- 504 2003).
- [13]. R. Alizad, B. Alipanahi, A. Ghasemi, M. Shiva, S. H. Jamali, S. Nader-Esfahani, A New Approach for UWB Channel Estimation, *Fifth International Conference on Information, Communication and Signal Processing*, 291-295 (2005).