

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO

BỘ QUỐC PHÒNG

HỌC VIỆN KỸ THUẬT QUÂN SỰ

NGUYỄN VĂN GIÁO

**NGHIÊN CỨU CẢI THIẾN CHẤT LƯỢNG
HỆ THỐNG BICM-ID TRONG
THÔNG TIN VÔ TUYẾN**

Chuyên ngành: Kỹ thuật điện tử

Mã số: 62 52 70 01

TÓM TẮT LUẬN ÁN TIẾN SĨ KỸ THUẬT

Hà Nội - 2010

Công trình được hoàn thành tại:

Học viện Kỹ thuật quân sự

Người hướng dẫn khoa học:

PGS – TS Nguyễn Quốc Bình

Phản biện 1:

PGS – TS Trần Hồng Quân

Phản biện 2:

PGS – TS Bạch Nhật Hồng

Phản biện 3:

PGS – TS Nguyễn Văn Đức

Luận án sẽ được bảo vệ trước Hội đồng chấm luận án cấp nhà nước họp tại Học viện Kỹ thuật Quân sự

vào hồi giờ ngày tháng năm 2010

Có thể tìm hiểu luận án tại:

Thư viện Học viện Kỹ thuật Quân sự

Thư viện Quốc gia

DANH MỤC CÔNG TRÌNH CỦA TÁC GIẢ

- (1) Đinh Thế Cường, Nguyễn Văn Giáo, Hoàng Trung Kiên, “Cải thiện chất lượng giải mã - giải điều chế trong hệ thống điều chế mã có xáo trộn bit (BICM-ID) bằng hệ số chuẩn hoá,” Tạp chí Khoa học và Kỹ thuật, Học viện Kỹ thuật Quân sự, ISSN-1859-0209, tr. 23-32, số 115, II-2006.
- (2) Trần Ngọc Trung, Nguyễn Văn Giáo, Đinh Thế Cường, “Thiết kế bộ điều chế cho hệ thống điều chế mã có xáo trộn bit và giải mã lặp,” Tạp chí Bưu chính Viễn thông & Công nghệ Thông tin, Chuyên san Các công trình nghiên cứu khoa học, Nghiên cứu triển khai Công nghệ Thông tin và Truyền thông,” Số 18, tr. 25-33, 10-2007.
- (3) Van Giao NGUYEN, The Cuong DINH, “Optimization of signal points in Bit-interleaved Coded Modulation system with Iterative Decoding (BICM-ID),” Proc. Of the 2008 International Conference on Advanced Technologies for Communications, pp. 199-202, Hanoi, Vietnam, Oct. 2008.
- (4) Nguyễn Văn Giáo, Nguyễn Quang Tuấn, Đinh Thế Cường, Nguyễn Quốc Bình, “Tối ưu vị trí các điểm tín hiệu M-PSK trong hệ thống điều chế mã có xáo trộn bit và giải mã lặp (BICM-ID),” Tạp chí Công nghệ Thông tin & Truyền thông (Bộ mới), Chuyên san Các công trình nghiên cứu khoa học, Nghiên cứu triển khai Công nghệ Thông tin và Truyền thông,” Tập V-1, Số 1(21), tr. 30-38, 04/2009.

A. MỞ ĐẦU

1. Tính cấp thiết của đề tài

Một đặc trưng của thông tin vô tuyến là sự tác động xấu của fading lên chất lượng truyền tin. Nhiều công trình nghiên cứu trên thế giới về hệ thống điều chế mã có xáo trộn dãy bit và giải mã lặp BICM-ID (Bit Interleaved Coded Modulation with Iterative Decoding) đều khẳng định rằng sơ đồ này phát huy hiệu quả cao trên kênh fading Rayleigh nhờ có thuật toán xáo trộn dãy bit (thực hiện phân tập theo thời gian) nghĩa là hệ thống BICM-ID đã được thừa nhận rằng có thể sử dụng tốt trong thông tin vô tuyến.

Để có thể tiếp cận và nghiên cứu, từng bước áp dụng khoa học kỹ thuật tiên tiến cho các hệ thống thông tin Việt Nam, đặc biệt là thông tin quân sự, tôi đã chọn đề tài nghiên cứu của mình là: “*Nghiên cứu cải thiện chất lượng hệ thống BICM-ID trong thông tin vô tuyến*”.

2. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu

Sơ đồ giải mã, sơ đồ điều chế (phép ánh xạ và hình dạng chòm sao tín hiệu) M-PSK, M-QAM dùng cho hệ thống BICM-ID

3. Mục đích, phương pháp nghiên cứu, kết cấu luận án

Mục đích luận án: Cải thiện chất lượng hệ thống BICM-ID bằng hệ số chuẩn hoá SF (Scale Factor), tìm phương pháp thiết kế các ánh xạ có hiệu quả cao dùng trong hệ thống BICM-ID và điều chỉnh vị trí các điểm tín hiệu để nâng cao hiệu quả của hệ thống BICM.

Phương pháp nghiên cứu: Phương pháp tính toán giải tích được sử dụng để tính toán các giá trị thông tin tiên nghiệm, các thông tin ngoài qua các vòng xử lý lặp dùng trong cấu trúc giải mã mềm/giải điều chế mềm. Tính toán định lượng các tham số liên quan đến cự ly bit trong các bộ ánh xạ và xác định giá trị phù hợp để nâng cao hiệu quả hệ thống.

Dùng phương pháp mô phỏng trên máy tính để tìm giá trị tối ưu cho các tham số góp phần nâng cao hiệu quả hệ thống. Đánh giá bằng cách so sánh giữa các kết quả tính toán với các kết quả tìm được qua mô phỏng.

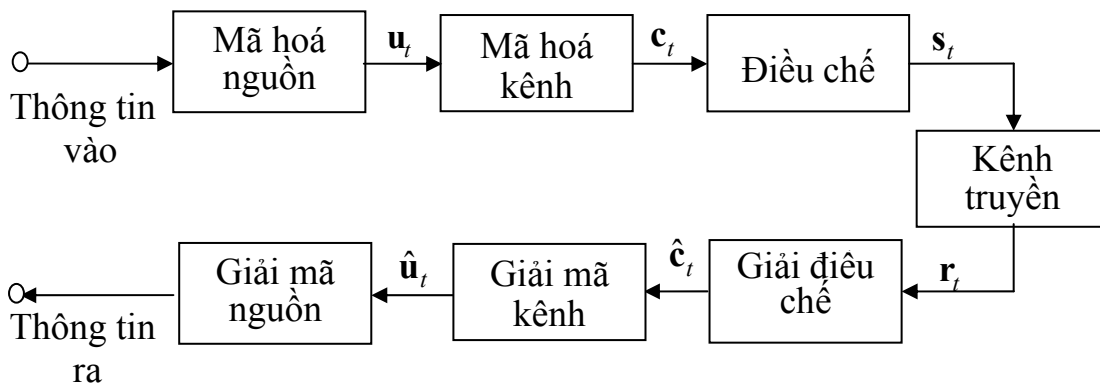
Bố cục của luận án: Luận án được trình bày trong 128 trang A4 gồm 03 chương, 01 kết luận, danh mục tài liệu tham khảo và 03 phụ lục.

B. NỘI DUNG

Chương 1: TỔNG QUAN VỀ HỆ THỐNG THÔNG TIN SỐ VỚI KỸ THUẬT ĐIỀU CHẾ MÃ CÓ XÁO TRỘN DÂY BÍT VÀ GIẢI MÃ LẶP (BICM-ID)

1.1 Khái quát chung về hệ thống thông tin số

1.1.1 Sơ đồ khối hệ thống thông tin số



Hình 1.1: Sơ đồ khối hệ thống thông tin số đơn giản

Một hệ thống thông tin số đơn giản được mô tả trên hình 1.1. Có nhiều yếu tố tác động gây méo tín hiệu. Khi chỉ xét tác động của tạp âm AWGN thì kênh truyền được gọi là kênh AWGN. Trong hệ thống thông tin vô tuyến, ngoài tác động của nhiễu Gauss, tín hiệu truyền trên kênh còn chịu ảnh hưởng của fading có thể dẫn tới lỗi cụm rất nghiêm trọng.

1.1.2 Kênh AWGN

Theo Shannon, một kênh truyền với độ rộng băng thông W và tỉ số tín trên tạp là SNR thì tốc độ cực đại có thể truyền thông tin một cách tin cậy trên kênh đó, còn gọi là dung lượng kênh, được tính như sau:

$$C = W \log_2(1 + \text{SNR}) \quad [\text{bít/s}] \quad (1.1)$$

Với SNR rất nhỏ hoặc rất lớn thì có thể lấy xấp xỉ:

$$C \cong \begin{cases} W \text{SNR} \log_2 e & ; \text{SNR} \ll 1 \\ W \log_2 \text{SNR} & ; \text{SNR} \gg 1 \end{cases} \quad (1.2)$$

Trong chế độ băng thông hạn chế ($\text{SNR} \gg 1$), dung lượng kênh tăng theo hàm logarit của SNR. Trong thực tế đa số các hệ thống thông tin có kênh truyền ở chế độ này. Để tăng hiệu quả sử dụng băng thông, thường sử dụng bộ điều chế đa mức M-PSK hoặc M-QAM, trong khi đối với chế độ công suất hạn chế thì thường sử dụng điều chế nhị phân BPSK là tối ưu.

1.2 Tổng quan về hệ thống thông tin vô tuyến

1.2.1 Đặc điểm của thông tin vô tuyến

Tín hiệu qua kênh truyền vô tuyến, ngoài tác động của tạp âm Gauss, còn chịu tác động của hiệu ứng fading. Chất lượng truyền dẫn trên kênh fading kém hơn nhiều so với kênh tạp âm AWGN.

1.2.2 Các giải pháp khắc phục những ảnh hưởng trên kênh vô tuyến

1.2.2.1 Dùng mạch san bằng (equalizer)

Mạch san bằng được mắc thêm vào lối ra của mạch lọc thu nhằm bù đắp những sai lệch của hàm truyền tổng cộng so với hàm truyền không có ISI.

1.2.2.2 Kỹ thuật phân tập

Trong hệ thống phân tập theo không gian, bằng cách sử dụng nhiều antenna thu (thực tế thường sử dụng 2 antenna) đặt cách nhau đủ xa để fading đa đường đối với các antenna có thể xem như độc lập nhau, sự tác động của fading xảy ra không đồng thời trên các antenna, như vậy máy thu có thể nhận đúng thông tin qua một trong các antenna đó.

Có thể dùng phương pháp phân tập thời gian bằng cách sử dụng bộ xáo trộn (interleaver). Dãy bit truyền được xáo trộn ngẫu nhiên tại đầu phát, các cụm lỗi do fading gây nên sẽ được phân tán ra thành các lỗi đơn nhờ bộ giải xáo trộn tại đầu thu, hoạt động theo quy tắc ngược lại

với bộ xáo trộn ở đầu phát. Kỹ thuật xáo trộn kết hợp với cấu trúc liên kết mã hoá/điều chế do Zehavi đề xuất phát huy rất tốt hiệu quả trên kênh fading và cũng là nền móng để xây dựng hệ thống BICM-ID, đối tượng nghiên cứu của Luận án này.

1.2.2.3 Truyền dẫn nhiều sóng mang

Dùng cách truyền dẫn nhiều sóng mang, băng thông của kênh truyền được chia thành các băng con, dây bit thông tin được chia thành nhiều dây nhỏ và truyền theo các sóng mang khác nhau trên những kênh con riêng biệt, như vậy đặc tính tần số của hệ thống trở nên bằng phẳng hơn.

1.2.3 Dùng mã chống nhiễu (mã kênh)

Một trong những giải pháp chống nhiễu thường được sử dụng để chống nhiễu là dùng mã kênh. Để tăng hiệu quả mã hoá trong điều kiện không thể tăng độ rộng băng thông kênh truyền, người ta dùng bộ điều chế nhiều mức với chòm tín hiệu M điểm (M-PSK hay M-QAM), khi đó tốc độ bit sẽ tăng lên $m = \log_2 M$ lần so với tốc độ điều chế. Tuy nhiên, hiệu quả chống nhiễu kém đi do cự ly Ô-cơ-lít giữa các điểm tín hiệu bị giảm, do đó vai trò của mã kênh trong hệ thống càng trở nên quan trọng hơn.

Hệ thống dùng bộ điều chế và mã hoá theo một cấu trúc liên kết để tăng hiệu quả của cả điều chế và mã hoá gọi là hệ thống “điều chế mã” CM (Coded Modulation), được sử dụng rộng rãi trong các hệ thống thông tin số.

Sơ đồ TCM của Ungerboeck tập trung vào việc xây dựng bộ ánh xạ tín hiệu theo kỹ thuật phân hoạch tập để cực đại hoá cự ly Ô-cơ-lít tối thiểu giữa các chuyển đổi song song trong lưới mã, nhờ vậy hệ thống đạt hiệu quả cao trên kênh AWGN. Tuy nhiên, đối với kênh fading thì chất lượng của mã phụ thuộc vào cự li Hamming tối thiểu giữa các bit mã hơn là phụ thuộc vào cự li Ô-cơ-lít giữa các chuỗi tín hiệu, vì vậy hiệu

quả của TCM trên kênh fading cũng thấp.

Zehavi đã đề xuất sơ đồ BICM (Bít Interleaved Coded Modulation). Nhờ có bộ xáo trộn dãy bít, bậc phân tập của hệ thống được tăng cao, có tác dụng chống fading rất tốt. Tuy nhiên, sự trả giá ở đây là cự ly O-cơ-lít tối thiểu bị giảm, do đó hiệu quả trên kênh AWGN kém hơn so với hệ thống TCM.

Với hệ thống BICM có sử dụng giải mã lặp (được gọi là hệ thống BICM-ID) cự ly O-cơ-lít tối thiểu tăng lên trong khi vẫn giữ được cự ly Hamming như mong muốn cho nên không những có hiệu quả tốt trên kênh fading mà còn tốt cả trên kênh Gauss.

Như vậy, việc ứng dụng sơ đồ BICM-ID trong hệ thống thông tin vô tuyến số có thể đạt được các mục tiêu sau:

- Sử dụng bộ điều chế đa mức (M-PSK hoặc M-QAM) để tăng hiệu quả sử dụng băng thông kênh truyền
- Dùng cấu trúc liên kết điều chế/mã hoá CM để nâng cao hiệu quả hệ thống (giảm BER).
- Khắc phục được tác động của fading bằng giải pháp xáo trộn dãy bít BICM với đặc tính phân tập thời gian.
- Nâng cao hiệu quả hệ thống trên kênh AWGN nhờ thuật toán giải mã lặp (BICM-ID).

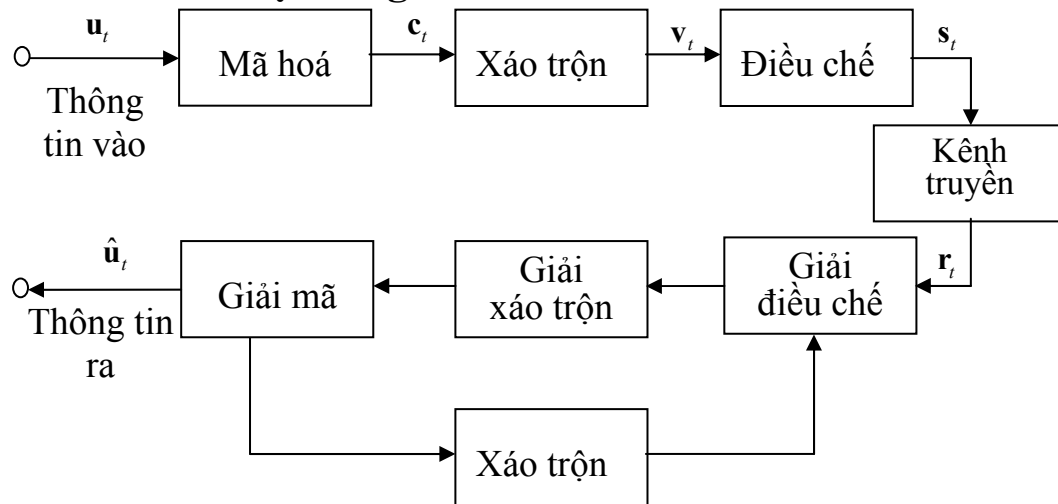
1.3 Hệ thống BICM

Trong hệ thống BICM nhờ có bộ xáo trộn tại đầu phát thực hiện hoán vị dãy bít mã trước khi đưa tới bộ điều chế để ánh xạ vào tập tín hiệu truyền. Tại đầu thu, dãy bít sau giải điều chế qua bộ giải xáo trộn để các bít mã trở lại vị trí ban đầu, do đó, nếu có những lỗi cụm trong dãy bít (do fading) thì chúng sẽ được trải ra dọc theo lưới mã thành các lỗi đơn và bộ giải mã kênh có chức năng khắc phục các lỗi

này. Đây chính là nguyên lý phân tập theo thời gian để chống lại tác động của fading.

1.4 Hệ thống BICM-ID

1.4.1 Sơ đồ khối hệ thống BICM-ID



Hình 1.4: Sơ đồ khối hệ thống BICM-ID

Việc quyết định mỗi bit trong một symbol tín hiệu dựa trên thông tin về các bit khác trong cùng symbol và khi đầy đủ thông tin về các bit đó thì có thể cho phép coi bộ Điều chế/Giải điều chế M mức như là $\log_2 M$ kênh nhị phân độc lập, và chất lượng hệ thống phụ thuộc vào cấu trúc của bộ ánh xạ hình thành nên các kênh nhị phân đó. Sơ đồ BICM kết hợp với giải mã lặp như vậy được gọi là BICM-ID, gồm các khối chức năng như trình bày trên hình 1.4.

1.4.2 Tổng quan về các ánh xạ tín hiệu dùng trong hệ thống BICM-ID

Việc lựa chọn phương pháp ánh xạ các tổ hợp m bit tới các điểm tín hiệu là một trong các yếu tố ảnh hưởng rất lớn đến độ chính xác trong việc tính toán các giá trị xác suất hậu nghiệm tại bộ giải điều chế, bởi vì thuật toán giải điều chế/giải mã mềm là việc quyết định về mỗi bit dựa trên sự hiểu biết về các bit khác trong cùng symbol.

1.4.3 Một số giải pháp nâng cao chất lượng các bộ ánh xạ trong hệ thống BICM-ID

Chia khối bit mã có độ dài N thành P khối con, mỗi khối có độ dài $\alpha_i N; i = 1, \dots, P$. Việc điều chỉnh các hệ số α_i theo SNR có thể cải thiện hiệu quả của hệ thống. Kỹ thuật này được gọi là kỹ thuật “doping”, với nghĩa rằng các khối bit mã được “nhồi” nhiều kiểu ánh xạ và nhiều chòm tín hiệu khác nhau. Tuy nhiên, độ phức tạp của hệ thống tăng đáng kể cùng với việc tăng khối lượng xử lý dãy tín hiệu điều chế, hơn nữa phương pháp này cũng chỉ là tận dụng lợi điểm của các bộ ánh xạ với các vùng SNR khác nhau chứ không cải thiện chất lượng của các bộ ánh xạ đó.

1.5 Đặt vấn đề nghiên cứu

Thứ nhất, do việc ước lượng SNR của kênh thông tin vô tuyến là khá khó khăn vì chịu tác động của nhiều loại nhiễu khác nhau, trong giải mã mềm hoặc phải hy sinh phẩm chất của hệ thống (sàn lỗi đến tại SNR cao hơn) để có thể sử dụng thuật toán Max-Log-MAP đơn giản và không cần ước lượng SNR, hoặc phải sử dụng thuật toán Log-MAP cho chất lượng giải mã tốt hơn (sàn lỗi tới sớm hơn trên trục SNR) nhưng phức tạp và đòi hỏi ước lượng SNR chính xác. Để giải quyết mâu thuẫn này, luận án đi sâu nghiên cứu áp dụng hệ số chuẩn hóa SF nhằm cải thiện chất lượng của Max-Log-MAP, đồng thời giảm sự nhạy cảm của Log-MAP đối với sai số trong ước lượng SNR.

Thứ hai, từ nhận xét rằng các ánh xạ tốt thường bảo tồn tính đối xứng cao của bộ tín hiệu, luận án đề xuất một phương án tìm ánh xạ tốt trong tập hạn chế của các ánh xạ có tính chất gọi là “cự ly bit đều.” Nhờ sự hạn chế này, không gian tìm kiếm được giới hạn đáng kể trong khi ánh xạ tìm được vẫn nằm trong tập hợp các ánh xạ tốt nhất.

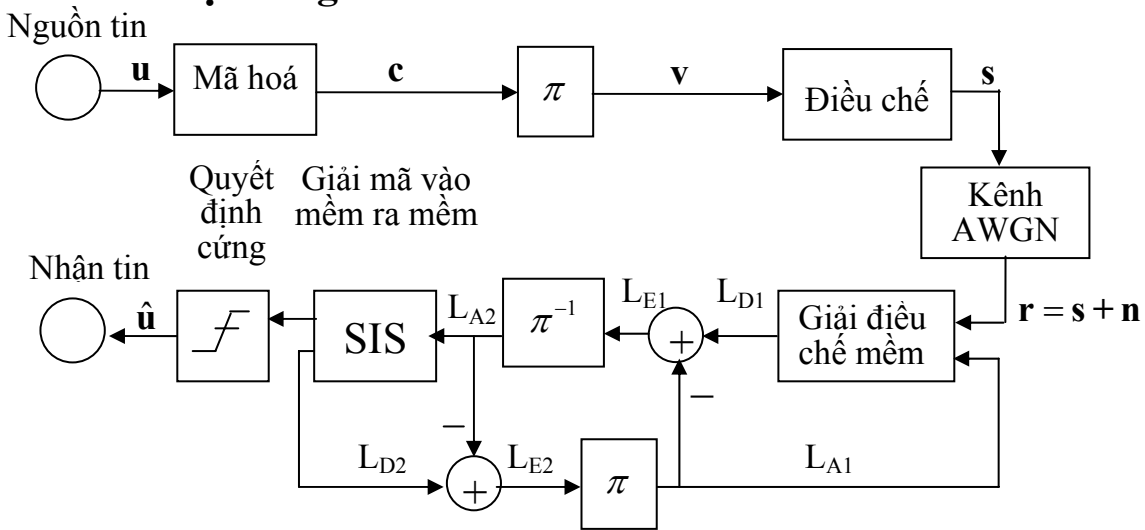
Thứ ba, các ánh xạ tốt cho BICM-ID thường theo nghĩa đạt sàn lỗi thấp, nhưng điều đó xảy ra tại vùng SNR cao. Luận án này phát triển ý tưởng điều chế bất đối xứng (asymmetric modulation) để điều chỉnh vị

trí điểm tín hiệu sao cho có thể dịch chuyển vị trí sàn lỗi thích nghi với SNR thực tế trên kênh.

Ba chủ đề nghiên cứu trên đây là ba vấn đề chính của luận án và sẽ được triển khai trong hai chương tiếp theo.

Chương 2: KHẢO SÁT CÁC YẾU TỐ LIÊN QUAN ĐẾN HIỆU QUẢ CỦA HỆ THỐNG BICM-ID VÀ CẢI THIỆN CHẤT LƯỢNG GIẢI MÃ/GIẢI ĐIỀU CHẾ LẶP BẰNG HỆ SỐ CHUẨN HOÁ SF

2.1 Mô hình hệ thống BICM-ID



Hình 2.1: Cấu trúc giải điều chế mềm/giải mã mềm với xử lý lặp

Hình 2.1 mô tả hệ thống BICM-ID với cấu trúc giải điều chế/giải mã lặp tại đầu thu. Giá trị LLR của bit $v_i, 1 \leq i \leq N$, dựa trên quan trắc $\mathbf{r} = (r_1, r_2, \dots, r_{N/m})$ được tính theo biểu thức (2.1)

$$L_D(v_i) = \ln \frac{P(v_i = +1/\mathbf{r})}{P(v_i = -1/\mathbf{r})} \quad (2.1)$$

Sử dụng định lý Bayes và khai thác tính độc lập của các bit trong \mathbf{v} , ta có:

$$P[v_{tj} = u/r_t] = \frac{p(r_t/v_t, v_{tj} = u)P[v_t, v_{tj} = u]}{p(r_t)} \quad (2.2)$$

trong đó $p(r_t/v_t, v_{tj} = u)$ là hàm mật độ xác suất của tín hiệu thu r_t trong điều kiện chuỗi bit điều chế \mathbf{v}_t có $v_{tj} = u \in \{-1, +1\}$, còn $P[v_t, v_{tj} = u]$ là xác suất tiên nghiệm của chuỗi \mathbf{v}_t có $v_{tj} = u$. Thành phần $p(r_t)$ là hàm mật độ

xác suất không điều kiện của r_t và sẽ bị lược bỏ trong phép chia xác suất trong biểu thức trong hàm Log của (2.1).

Vì $L_A(v_{ij}) = \ln(P[v_{ij} = +1]/P[v_{ij} = -1])$ nên xác suất bit $v_{ij} = u$ được tính theo biểu thức (2.3):

$$P[v_{ij} = u] = \begin{cases} \frac{\exp(L_A(v_{ij}))}{1 + \exp(L_A(v_{ij}))} & , u = +1 \\ \frac{1}{1 + \exp(L_A(v_{ij}))} & , u = -1 \end{cases} \quad (2.3)$$

và do các bit v_{ij} độc lập trong \mathbf{v}_t nên $P[\mathbf{v}_t, v_{ij} = u] = \prod_{i \neq j} P[v_{it}]$

Cho J_{j, \mathbf{v}_t} là tập các chỉ số i đối với các thành phần của \mathbf{v}_t định nghĩa như sau: $J_{j, \mathbf{v}_t} = \{i : 1 \leq i \leq m, 1 \leq t \leq N/m, i \neq j, v_{it} = +1\}$

Cho $v_{j, u}$ là tập của 2^{m-1} véc-tơ nhị phân \mathbf{v}_t có $v_{ij} = u$, nghĩa là $v_{j, u} = \{\mathbf{v}_t, v_{ij} = u\}$. Như vậy ta có:

$$L_D(v_{ij} / r_t) = L_A(v_{ij}) + \ln \frac{\sum_{\mathbf{v}_t \in v_{j, +1}} P(\mathbf{r}_t / \mathbf{v}_t) \exp \sum_{i \in J_{j, \mathbf{v}_t}} L_{A, (v_i)}}{\sum_{\mathbf{v}_t \in v_{j, -1}} P(\mathbf{r}_t / \mathbf{v}_t) \exp \sum_{i \in J_{j, \mathbf{v}_t}} L_{A, (v_i)}} \quad (2.4)$$

Bằng cách nhân cả tử và mẫu của biểu thức (2.4) trong hàm Log với

$\exp(-\frac{1}{2} \sum_{j=1}^m L_A(v_{ij}))$ ta có thể viết lại thành:

$$L_D(v_{ij} / r_t) = L_A(v_{ij}) + \ln \frac{\sum_{\mathbf{v}_t \in v_{j, +1}} P(\mathbf{r}_t / \mathbf{v}_t) \exp(\frac{1}{2} \mathbf{v}_{t, [j]}^T L_{A, [j]}^T)}{\sum_{\mathbf{v}_t \in v_{j, -1}} P(\mathbf{r}_t / \mathbf{v}_t) \exp(\frac{1}{2} \mathbf{v}_{t, [j]}^T L_{A, [j]}^T)} \quad (2.5)$$

Trong (2.5), với $\mathbf{v}_{t, [j]}$ là véc-tơ con tạo từ \mathbf{v}_t bằng cách xoá đi thành phần thứ j , và $L_{A, [j]}$ là véc-tơ thông tin tiên nghiệm của \mathbf{v}_t xoá thành phần thứ j . Do việc trao đổi thông tin giữa các bộ giải điều chế-giải mã dựa trên L_E nên chỉ cần tính:

$$L_E(v_{ij} / r_t) = \ln \frac{\sum_{\mathbf{v}_t \in v_{j, +1}} P(\mathbf{r}_t / \mathbf{v}_t) \exp(\frac{1}{2} \mathbf{v}_{t, [j]}^T L_{A, [j]}^T)}{\sum_{\mathbf{v}_t \in v_{j, -1}} P(\mathbf{r}_t / \mathbf{v}_t) \exp(\frac{1}{2} \mathbf{v}_{t, [j]}^T L_{A, [j]}^T)} \quad (2.6)$$

Đối với trường hợp kênh AWGN ta có:

$$p(r_t / v_t) = \frac{\exp(-\frac{1}{2\sigma^2} \|\mathbf{r}_t - \mathbf{v}_t\|^2)}{2\pi\sigma^2} \quad (2.7)$$

2.2 Khảo sát các yếu tố liên quan đến hiệu quả của hệ thống BICM-ID

2.2.1 Quy tắc thiết kế bộ xáo trộn

Việc thiết kế bộ xáo trộn cũng như việc lựa chọn độ dài khối bit xáo trộn một cách hợp lý có tính chất quyết định đến chất lượng của bộ xáo trộn và qua đó ảnh hưởng đến hiệu quả của hệ thống BICM-ID. Trước hết, xét các quy tắc thiết kế bộ xáo trộn.

Quy tắc thứ nhất là phải đảm bảo vị trí các bit trước và sau bộ xáo trộn không thay đổi trong các symbol, ví dụ với 8-PSK ($m=3$), bit 1 trong luồng bit đầu ra bộ mã hoá phải nằm ở một trong các vị trí: 1,4,7,...trong luồng bit đầu ra bộ xáo trộn, tương tự, bit 2 phải nằm ở một trong các vị trí : 2,5,8,... Điều này đảm bảo rằng các bit mã với mức bảo vệ khác nhau, nhờ các vị trí khác nhau tại các nhãn symbol kênh, sẽ được phân bố đồng đều theo lưới mã

Quy tắc thứ hai là bộ xáo trộn cần phải được thiết kế sao cho các bit mã trong cùng một symbol cách xa nhau càng xa càng tốt, điều đó đảm bảo tính độc lập trong các vòng hồi tiếp để tính toán lại các số đo bit tại đầu thu, qua đó giảm thiểu xác suất lỗi. Tính chất này, hay gọi là tính trải, phụ thuộc vào chiều dài của bộ xáo trộn.

2.2.2 Lựa chọn độ dài khối bit xáo trộn

Dãy bit thông tin nối tiếp từ nguồn tin được tổ chức thành từng khối (từng Frame) N bit, và N được gọi là kích thước của bộ xáo trộn. Nếu N quá lớn sẽ làm tăng độ phức tạp hệ thống và tăng thời gian xử lý khối tin, vì tại đầu thu qua mỗi vòng lặp đều phải thực hiện giải xáo trộn rồi xáo trộn lại. Nhưng nếu ta chọn N quá nhỏ lại có thể làm giảm đáng kể hiệu quả của xáo trộn. Kết quả khảo sát bằng mô phỏng cho thấy với bộ tín hiệu 8-PSK, ánh xạ SSP, trên kênh AWGN, có thể chọn giá trị $N = 3000$ bit.

2.2.3 Lựa chọn bộ ánh xạ tín hiệu cho hệ thống BICM-ID

Với bộ xáo trộn lý tưởng, các bit trong một symbol có thể coi như độc lập với nhau. Theo thuật toán giải mã lặp, việc quyết định mỗi bit dựa trên thông tin về các bit khác trong cùng symbol, tại vùng tỉ số tín trên tạp cao, sau một số vòng lặp đủ lớn, thông tin hồi tiếp trở nên hoàn hảo thì có thể coi bộ giải điều chế M mức tương đương với m bộ giải điều chế nhị phân (BPSK) độc lập, trong đó mỗi bộ điều chế BPSK gồm từng cặp symbol chỉ khác nhau một vị trí bit $i; i = 1, \dots, m$. Như vậy hiệu quả tổng thể của hệ thống BICM-ID phụ thuộc vào cách thức ánh xạ liên quan đến cấu trúc của các bộ tín hiệu BPSK tương đương nói trên.

2.2.4 Số vòng lặp cần thiết cho bộ giải mã

Trong cấu trúc giải mã lặp, số đo bit được tính toán lại và chính xác hơn sau mỗi vòng lặp. Tuy nhiên nếu tăng số lần lặp thì nghĩa là tăng thời gian xử lý và tăng độ phức tạp tính toán của hệ thống. Hơn nữa, sau một số lần lặp nhất định, khi độ chính xác đã đạt tới ngưỡng, thì dù có lặp thêm nữa cũng không cải thiện hơn chất lượng của hệ thống. Vì vậy việc xác định số lần lặp vừa đủ cũng là một yêu cầu quan trọng khi thiết kế hệ thống BICM-ID.

2.3 Cải tiến phương pháp giải điều chế/giải mã với xử lý lặp bằng hệ số chuẩn hoá SF (Scale Factor)

2.3.1 Hệ số chuẩn hoá SF (Scale Factor)

Một cải tiến để nâng cao hiệu quả sử dụng thuật toán Max-Log-MAP trong giải mã Turbo là dùng hệ số chuẩn hoá để hiệu chỉnh thông tin ngoài của một bộ giải mã (bộ giải mã vòng ngoài) trước khi nó được dùng làm thông tin tiên nghiệm cho bộ giải mã khác (bộ giải mã vòng trong).

Cấu trúc liên kết nối tiếp trong sơ đồ BICM-ID tuy có khác với liên

kết song song như trong mã turbo nguyên bản, nhưng có thể áp dụng hệ số chuẩn hoá SF cho giải mã BICM-ID trong cấu trúc giải mã/giải điều chế tại đầu thu để nâng cao chất lượng của hệ thống với hai lý do sau.

Thứ nhất, cũng có thể xét mã turbo và mã liên kết nối tiếp như các trường hợp riêng của một sơ đồ liên kết tổng quát. Các bit tin được mã hoá bởi máy mã thứ nhất. Chuỗi bit đầu ra được tách thành hai luồng. Một luồng bit được xáo trộn vị trí và mã hoá lần hai bởi máy mã thứ hai, còn một luồng bit thì đi trực tiếp tới đầu ra. Khi luồng thứ nhất chứa các bit tin và luồng thứ hai chứa các bit dư của mã thì chúng ta có mã turbo, còn khi toàn bộ đầu ra của máy mã được đưa vào luồng thứ nhất thì ta được mã liên kết nối tiếp cơ bản (hệ thống BICM-ID). Như vậy nếu SF có tác dụng tốt cho mã turbo thì nó cũng có thể phát huy hiệu quả khi sử dụng cho cấu trúc liên kết nối tiếp của hệ thống BICM-ID.

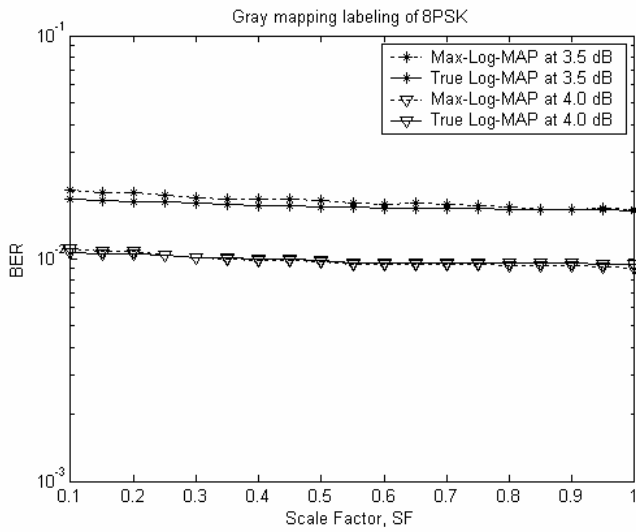
Thứ hai, người ta đã tổng quát “nguyên lý turbo” cho tất cả các sơ đồ mã hoá khi giải mã sử dụng thuật toán giải mã lặp. Mã turbo, mã liên kết nối tiếp, mã LDPC cùng có một điểm chung là chúng sử dụng “nguyên lý turbo”, và có thể nhận thấy rằng SF cải thiện chất lượng cho cấu trúc giải mã lặp nói chung, khi thông tin ngoài tạo bởi một bộ giải mã được sử dụng như thông tin tiên nghiệm cho một bộ giải mã khác.

2.3.2 Thiết kế sơ đồ mô phỏng BICM-ID dùng hệ số chuẩn hoá

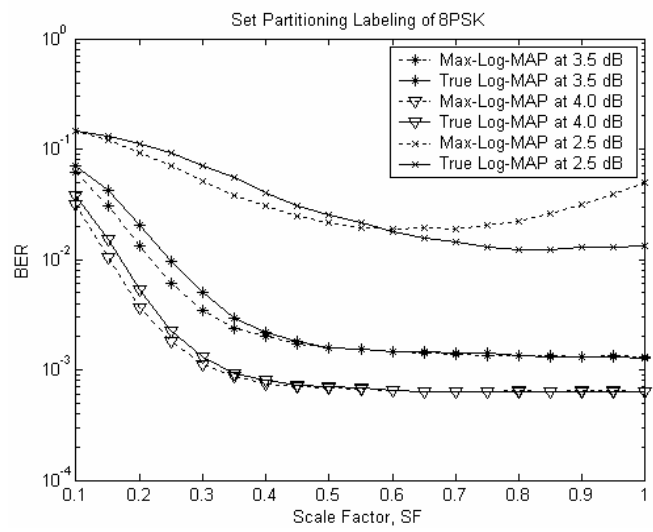
Mặc dù SF cho kết quả tốt với mã turbo, lý thuyết về SF chưa hoàn chỉnh và giá trị tối ưu của nó sẽ được xác định bằng mô phỏng. Do cấu trúc nối tiếp, trong mỗi vòng giải mã lặp thông tin ngoài được tính toán một lần ở bộ giải mã SISO. Giá trị thông tin ngoài này được nhân với SF để làm thông tin tiên nghiệm cho vòng lặp sau.

Kết quả mô phỏng trên Hình 2.10 cho thấy ánh xạ Gray với giá trị SF=1 và giải mã Max-Log-MAP hầu như không thua kém Log-MAP,

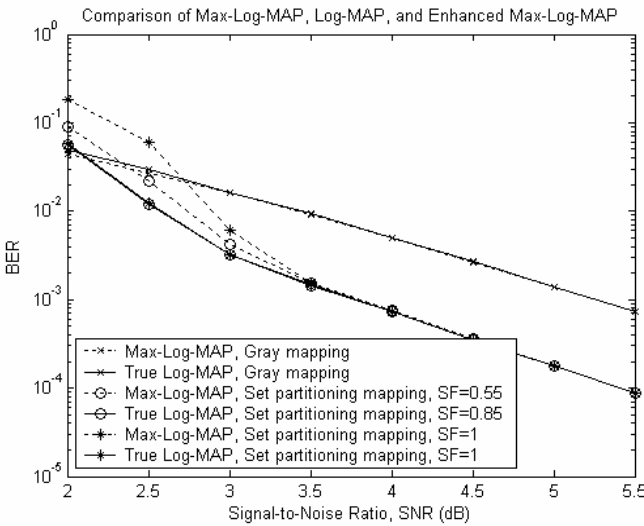
mặc dù đơn giản hơn nhiều



Hình 2.10: SF với dán nhãn Gray của 8PSK

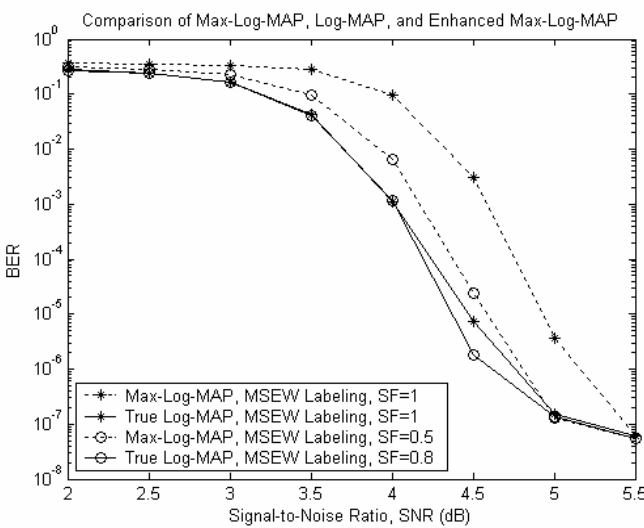


Hình 2.11: SF với dán nhãn SP của 8PSK

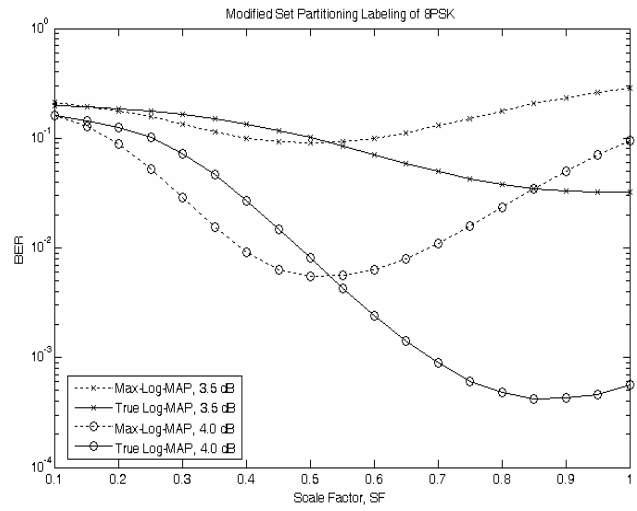


Hình 2.12: SF cải thiện chất lượng trong vùng

SNR mà đường BER có độ dốc lớn

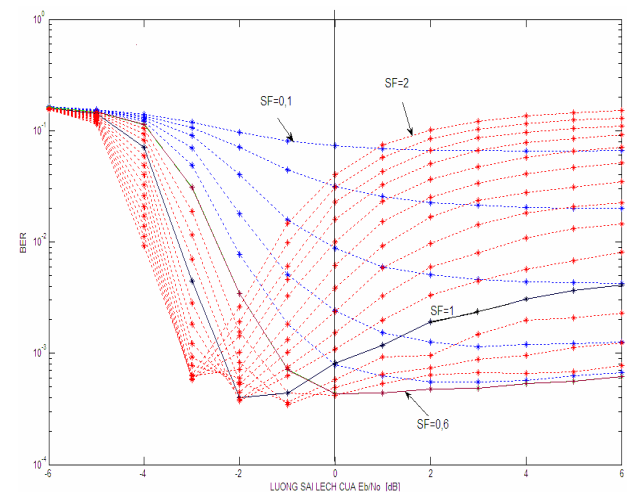


Hình 2.14: So sánh chất lượng của Max-Log-MAP, Log-MAP và Max-Log-MAP cải tiến



Hình 2.13: SF với ánh xạ 8-PSK

phân hoạch tập cải tiến



Hình 2.15: Hệ số SF với sai số ước lượng SNR

Hình 2.11 cho thấy với ánh xạ SP, tại các giá trị của E_b/N_0 là 3.5 dB và 4.0 dB, có kết quả như ánh xạ Gray nhưng tại E_b/N_0 bằng 2.5 dB thì có sự cải thiện chất lượng khi SF nhỏ hơn 1. Quan sát Hình 2.12 thấy rằng tại vùng SNR mà đường cong BER có độ dốc lớn (vùng thác), có sự khác biệt chất lượng giải mã dùng thuật toán Max-Log-MAP với Log-MAP và có thể tìm được SF tối ưu để cải thiện chất lượng giải mã Max-Log-MAP. Hình 2.13 cho kết quả tìm giá trị tối ưu của SF khi sử dụng ánh xạ SP cải tiến. Từ kết quả này cho thấy có thể chọn SF = 0,55 cho thuật toán Max-Log-MAP và SF=0,85 cho thuật toán Log-MAP. Đây là một phát hiện mới vì các tài liệu từ trước tới nay đều không cho rằng SF có tác dụng cải thiện chất lượng của giải mã lặp với thuật toán Log-MAP. Hình 2.14 so sánh giá trị BER mô phỏng của hệ thống với thuật toán Max-Log-MAP và các giá trị SF đã chọn. Chất lượng của hệ thống tiến gần tới giải mã Log-MAP trong khi độ phức tạp giảm đáng kể do sử dụng xấp xỉ.

2.3.3 Hệ số chuẩn hoá với sai số ước lượng SNR

Trong khi khảo sát hệ số SF với vai trò bù lại sai số trong phép tính xấp xỉ để cải thiện chất lượng giải điều chế/giải mã khi dùng thuật toán Max-Log-MAP, chúng tôi phát hiện rằng SF còn giúp cho hệ thống BICM-ID dùng thuật toán Log-MAP bớt nhạy cảm với sai số ước lượng SNR.

Dùng công cụ mô phỏng, cho hệ số SF thay đổi từ 0,1 đến 2, các giá trị cách nhau 0,1. Đồng thời giả thiết có sai lệch ước lượng SNR (E_b/N_0) từ -6 dB đến 6 dB với các giá trị cách nhau 1 dB. Quan sát kết quả mô phỏng trên hình 2.15, với ánh xạ 8-PSK, thuật toán giải mã Max-Log-Map, có thể nhận thấy như sau:

- Khi SF=1 (không tham gia vào cấu trúc giải mã), hệ thống BICM-

ID có hiệu quả tốt nhất khi ước lượng SNR có sai số từ -1 dB đến -2 dB. Ngoài các giá trị đó thì hiệu quả kém hơn rõ rệt.

- Với SF=0,6 (gần với giá trị tối ưu tìm được trong mục trên là 0,55) thì cho phép giá trị E_b/N_0 có thể sai lệch từ 0 dB cho đến 4 dB mà hệ thống vẫn đạt hiệu quả cao nhất, như vậy hệ số chuẩn hoá SF vừa có tác dụng cải thiện chất lượng thuật toán Max-Log-Map lại vừa có tác dụng giúp cho hệ thống ít bị ảnh hưởng của sai số ước lượng SNR.

Chương 3: THIẾT KẾ ÁNH XẠ VÀ TÍN HIỆU DÙNG CHO BỘ ĐIỀU CHẾ TRONG HỆ THỐNG BICM-ID

3.1 Phương pháp xây dựng bộ ánh xạ tín hiệu dùng trong hệ thống BICM-ID

3.1.1 Các phép ánh xạ cơ bản

Có 3 ánh xạ cơ bản thường dùng là ánh xạ Gray, SP (Set Partition), và SSP (Semi SP). Thông thường ánh xạ nào tốt ở vùng SNR thấp thì lại kém ở vùng SNR cao và ngược lại. Ánh xạ SP được chọn làm cơ sở để thiết kế ánh xạ có hiệu quả cao dùng cho hệ thống BICM-ID

3.1.2 Xây dựng bộ ánh xạ trên cơ sở mức bảo vệ bit đồng đều

3.1.2.1 Mức bảo vệ bit đồng đều của bit và ánh xạ tương đương

Gọi d_i là cự ly bit của bit i (cự ly O-cơ-lít giữa cặp tín hiệu ứng với hai nhãn nhị phân chỉ khác nhau ở vị trí thứ i của ánh xạ μ), nghĩa là:

$$d_i = d_E(\mu(v^1, \dots, v^i = 0, \dots, v^m), \mu(v^1, \dots, v^i = 1, \dots, v^m)) \quad (3.1)$$

Định nghĩa 1: Phép ánh xạ μ được gọi là có mức bảo vệ bit đồng đều nếu với mỗi vị trí bit i chỉ có một giá trị d_i .

Định nghĩa.2: Cho ánh xạ μ từ nhãn nhị phân \mathbf{v} lên tập tín hiệu S . Cho H là ma trận không suy biến kích thước $m \times m$ xác định trên trường $GF(2)$. Gọi μ_H là biến đổi tuyến tính H của μ nếu $\mu_H(\mathbf{v}) = \mu(\mathbf{v}H)$

Để đánh giá mức bảo vệ bit, ta định nghĩa hồ sơ cự ly bit BDP-Bít Distance Profile là tập của tất cả các cự ly bit, nghĩa là $BDP = \{d_1, d_2, \dots, d_m\}$, với d_i là cự ly bit của bit thứ i trong \mathbf{v} .

Định nghĩa 3: Hai ánh xạ có bảo vệ bit đều được gọi là tương đương nếu chúng có hồ sơ cự ly bit chỉ khác bởi một phép hoán vị của các cự ly trong hồ sơ cự ly bit.

Bổ đề 1: Phép hoán vị bit trong nhãn nhị phân của một ánh xạ tạo thành một ánh xạ tương đương.

Bổ đề 2: Cho ánh xạ μ từ nhãn nhị phân \mathbf{v} lên tập tín hiệu S sao cho $\mu(\mathbf{v}) = s \in S$. Với mỗi phép đối xứng $g \in \Gamma(S)$ ta có ánh xạ $\mu_g(\mathbf{v}) = g(s)$ là ánh xạ tương đương của μ .

Bổ đề 3: Cho ánh xạ μ từ nhãn nhị phân $\mathbf{v} = (v^1, v^2, \dots, v^m)$ lên tập tín hiệu S với nhóm đối xứng $\Gamma(S)$. Số lượng các ánh xạ tương đương tạo được từ μ bằng phép hoán vị bit trong nhãn nhị phân và bằng phép ánh xạ đối xứng của chòm sao tín hiệu là $|\Gamma(S)| \times m!$.

Khái niệm về ánh xạ tương đương cho phép giảm thiểu không gian tìm kiếm.

3.1.2.2 Cận trên xác suất lỗi bit của hệ thống BICM-ID

Trên kênh truyền tạp âm Gauss có $E_s / N_0 = (b/c)E_b / N_0$, khi bộ giải điều chế có thông tin tiên nghiệm lý tưởng (chế độ SNR cao), xác suất lỗi bit được chặn trên bởi

$$P_b \leq \frac{1}{b} \frac{\partial T(D, I, L)}{\partial I} \Big|_{I=1, L=1} \quad (3.2)$$

trong đó $T(D, I, L)$ là hàm truyền mở rộng của mã chập, $D = \exp\{-(E_1 + E_2 + \dots + E_m) / mN_0\}$ và $E_i = d_i^2 / 4, 1 \leq i \leq m$, là năng lượng tương đương của kênh thứ i .

3.1.3 Phương pháp mới xây dựng các ánh xạ cho hệ thống BICM-ID

Chọn ánh xạ SP làm cơ sở để tìm kiếm ánh xạ có hiệu quả cao cho hệ thống BICM-ID theo các bước sau:

- Xây dựng ánh xạ μ theo phân hoạch tập (SP).
- Tạo ma trận H là ma trận không suy biến kích thước $m \times m$ xác định trên trường $GF(2)$. Tạo $\mu_H(\underline{v}) = \mu(\underline{v}H)$ là biến đổi tuyến tính H của μ .
- Tính hồ sơ khoảng cách bit. Xét xem μ_H có mức bảo vệ bit đều hay không. Nếu không thì quay lại bước trước để tạo ma trận H mới. Nếu có thì chuyển sang bước tiếp theo.
- Xét xem μ_H có tương đương với ánh xạ đã xét trước đó hay không. Nếu có thì quay lại bước tạo ma trận H mới. Nếu không thì chuyển sang bước tiếp theo.
- Tính cận trên xác suất lỗi bit (3.2). So sánh với giá trị được lưu trước đó để chọn ánh xạ có giá trị cận trên nhỏ nhất.
- Thuật toán dừng khi đã quét hết các ma trận H .

3.2 Tối ưu hoá vị trí các điểm tín hiệu M-PSK dùng trong hệ thống BICM-ID

3.2.1 Các ánh xạ M-PSK

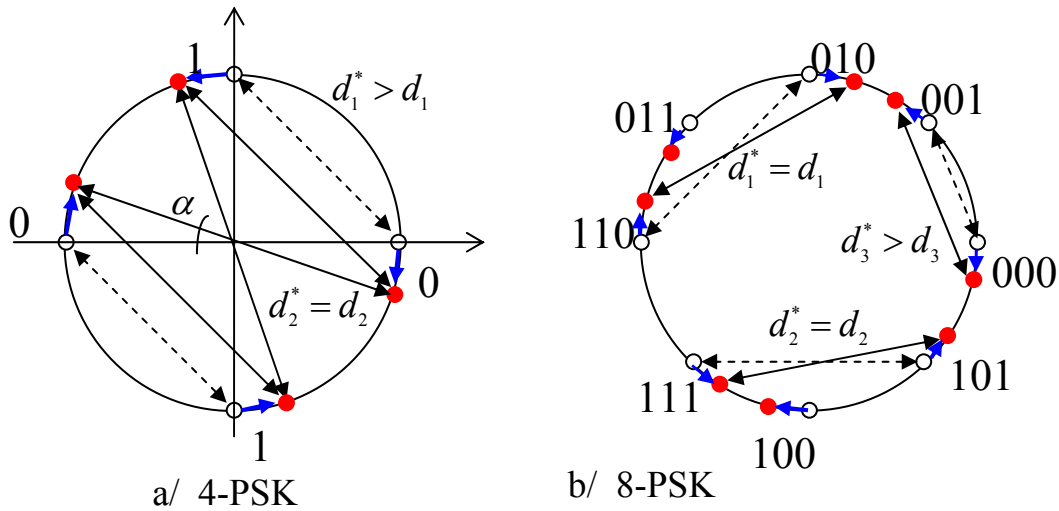
Trong hệ thống BICM-ID, ánh xạ Gray tốt nhất trong dải SNR thấp do các điểm tín hiệu liên kề trong chòm sao tín hiệu chỉ khác nhau 1 bit cho nên lỗi bit bằng lỗi symbol, khi thuật toán xử lý lặp chưa phát huy tác dụng thì điều đó tỏ ra lợi thế. Khi SNR lớn, thông tin tiên nghiệm hồi tiếp về không bị lỗi thì ánh xạ MSEW lại cho giá trị BER nhỏ nhất (sàn lỗi thấp nhất) vì có hồ sơ cự ly bit tốt hơn so với các ánh xạ khác, tuy nhiên tại vùng SNR thấp thì ánh xạ này lại kém hiệu quả. Lựa chọn ánh xạ có tính chất trung bình, sau đó điều chỉnh vị trí các điểm tín hiệu để tăng hiệu quả hệ thống là nội dung nghiên cứu trong mục tiếp theo.

3.2.2 Tối ưu vị trí các điểm tín hiệu M-PSK trong hệ thống BICM-ID

Điều chỉnh vị trí các điểm tín hiệu 4-PSK và 8-PSK lệch khỏi vị trí

đôi xứng ban đầu một góc α như hình 3.6.a/ theo quy tắc:

$$s_i = e^{j[2(i \bmod 2)-1]\alpha}$$



Hình 3.6: Quy tắc điều chỉnh vị trí các điểm tín hiệu: a/ 4-PSK và b/ 8-PSK

Sau khi điều chỉnh, một số cự ly bit tăng lên, tức là hồ sơ cự ly bit (BDF) được cải thiện, do đó hiệu quả hệ thống được tốt hơn. Tuy nhiên, việc điều chỉnh như trên làm cho một số tín hiệu xích lại gần nhau hơn, nếu điều chỉnh quá mức cho phép, có thể gây lỗi symbol, dẫn tới tăng tỉ lệ lỗi bit. Cho nên các giá trị α cần phải được lựa chọn một cách phù hợp (thích nghi với SNR).

Theo lý thuyết thông tin,

ta có giới hạn cho tốc độ bit là:

$$R_b \leq W \log_2(1 + \text{SNR}) \text{ [b/s]} \quad (3.3)$$

Tốc độ bit được tính theo biểu thức:

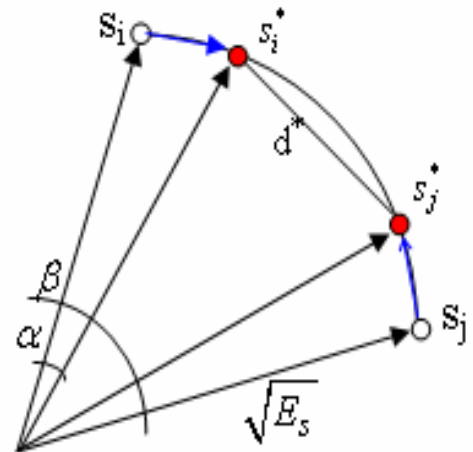
$$R_b = \rho W \text{ [b/s]} \quad (3.4)$$

trong đó, $\rho = 2 \log_2 M \text{ [b/s/Hz]} \quad (3.5)$

là hiệu quả phổ danh định.

Như vậy, theo giới hạn Shannon cần thỏa mãn điều kiện:

$$\rho \leq \log_2(1 + \text{SNR}) \text{ [b/s/Hz]} \quad (3.9)$$



Hình 3.7: Hai tín hiệu liên kề (s_i và s_j) trong ánh xạ M-PSK

trong đó $SNR = E_s / N_0 = \rho E_b / N_0$ (3.10)

Suy ra giới hạn Shannon đối với tỷ số tín trên tạp là:

$$\frac{E_b}{N_0} \geq \frac{2^\rho - 1}{\rho} \quad (3.11)$$

Xét hai điểm tín hiệu trên hình 3.7. Góc tạo bởi hai vector tín hiệu trước khi điều chỉnh là:

$$\beta = 2\pi / M \quad (3.13)$$

Sau khi vị trí được điều chỉnh, cự ly Ô-cơ-lít giữa hai tín hiệu đó được tính theo biểu thức sau: $d^* = 2\sqrt{E_s} \sin(\frac{\beta}{2} - \alpha)$ (3.14)

Nếu xem hai điểm tín hiệu đó như là một cặp tín hiệu BPSK với năng lượng tương đương là: $E_s^* = \left(\frac{d^*}{2}\right)^2 = E_s \sin^2(\frac{\beta}{2} - \alpha)$ (3.15)

Theo giới hạn Shannon với kênh BPSK, cần phải thoả mãn biểu thức sau:

$$\frac{E_s^*}{N_0} \geq 3 \quad (3.21)$$

Thay E_s^* trong (3.15) vào (3.21), ta có:

$$\frac{\rho E_b \sin^2(\frac{\beta}{2} - \alpha)}{N_0} \geq 3 \quad (3.22)$$

Từ (3.22) có thể xác định giới hạn giá trị góc α là góc điều chỉnh vị trí các điểm tín hiệu lệch đi khỏi vị trí đối xứng ban đầu. Để thích nghi theo SNR, cần thoả mãn biểu thức sau:

$$\alpha \leq \frac{\beta}{2} - \arcsin\left(\sqrt{\frac{3}{\rho E_b / N_0}}\right) \quad (3.23)$$

Giá trị của α có thể cộng thêm một hằng số k nhờ tăng ích mã hoá. Mặt khác, trong biểu thức (3.23) có thể lấy giá trị tối đa trong giới hạn cho phép của α , như vậy ta có công thức tổng quát để tính giá trị góc điều chỉnh tối ưu như sau:

$$\alpha = \frac{\beta}{2} - \arcsin\left(\sqrt{\frac{3}{\rho E_b/N_0}}\right) + k \quad (3.24)$$

Giá trị k phụ thuộc vào cấu trúc bộ mã hoá và có thể xác định bằng thực nghiệm. Đối với sơ đồ dùng mã lưới có đa thức sinh $G = (7, [171, 133], 171)$, tốc độ $1/2$ thì $k = 0,16$ và công thức tổng quát về giới hạn điều chỉnh tối ưu cho các ánh xạ M-PSK sẽ có dạng như sau:

$$\alpha = \frac{\beta}{2} - \arcsin\left(\sqrt{\frac{3}{\rho \cdot E_b/N_0}}\right) + 0,16 \quad (3.25)$$

Áp dụng cho hệ thống 4-PSK, với $\beta = \frac{\pi}{2}$, $\rho = 4$, ta có:

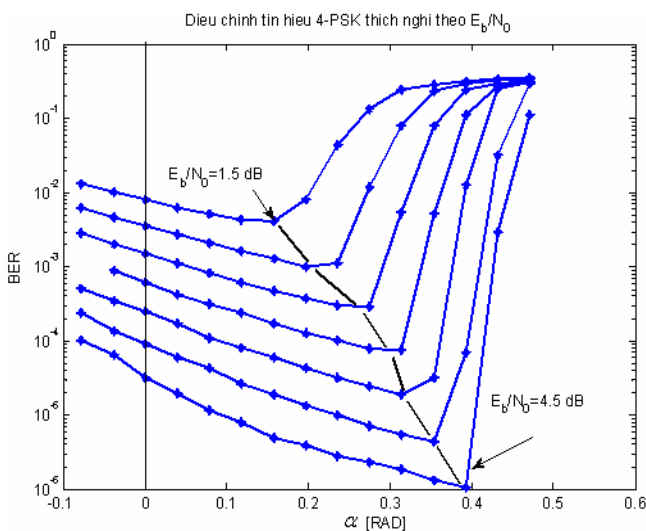
$$\alpha = \frac{\pi}{4} - \arcsin\left(\sqrt{\frac{3}{4 \cdot E_b/N_0}}\right) + 0,16 \quad (3.26)$$

và hệ thống 8-PSK, với $\beta = \frac{\pi}{4}$, $\rho = 6$, ta có

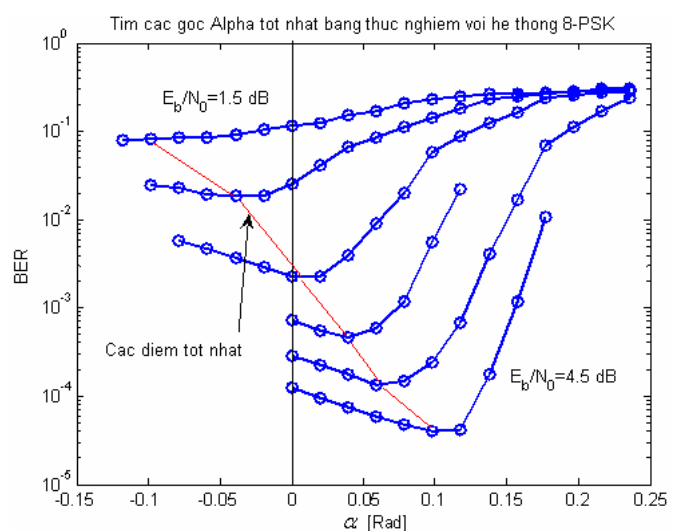
$$\alpha = \frac{\pi}{8} - \arcsin\left(\sqrt{\frac{3}{6 \cdot E_b/N_0}}\right) + 0,16 \quad (3.27)$$

Với cấu trúc mã dùng đa thức sinh $G = (5, [23, 35], 5)$, tốc độ $1/2$ thì giá trị của k xác định được là $0,23$.

3.2.3 Tìm các vị trí tối ưu bằng phương pháp mô phỏng



Hình 3.9 Tìm các điểm tối ưu cho hệ thống 4-PSK bằng mô phỏng



Hình 3.10 Tìm các điểm tối ưu cho hệ thống 8-PSK bằng mô phỏng

Bằng một cách khác là dùng phần mềm mô phỏng để tìm các giá trị tối ưu của α cho bộ tín hiệu 4-PSK và 8-PSK như sau. Kết quả được trình bày trên hình 3.9 và hình 3.10, trong đó mỗi đường cong ứng với một giá trị E_b/N_0 từ 1.5 dB, 2 dB... đến 4.5 dB. Điểm thấp nhất của mỗi đường cong (BER nhỏ nhất) cho biết giá trị tối ưu của α ứng với mỗi giá trị E_b/N_0 .

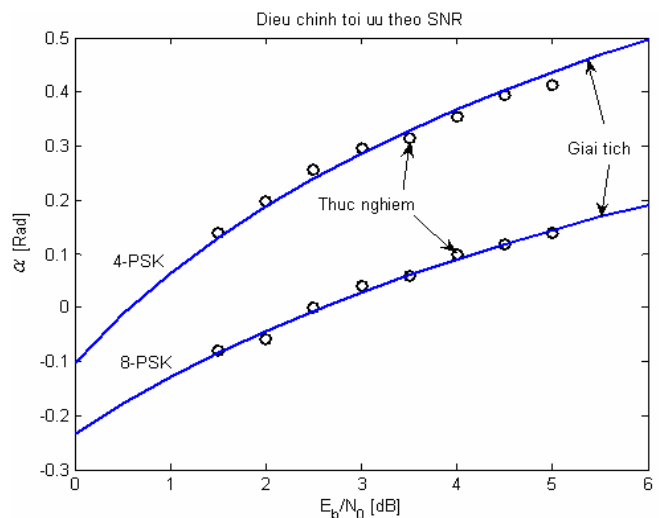
3.2.4 Kiểm chứng công thức (3.26) và (3.27) với kết quả mô phỏng

Hình 3.11 cho thấy các giá trị α tìm được qua mô phỏng trên sơ đồ thực nghiệm đối với hệ thống 4-PSK và 8-PSK (là các điểm rời rạc), và các giá trị tối ưu tính theo công thức tổng quát (3.26) và (3.27) thể hiện trên các đường liền nét. Các điểm rời rạc với mỗi ánh xạ bám khá sát với các đường liền nét tương ứng thể hiện rằng hai kết quả (tính toán bằng giải tích và mô phỏng thực nghiệm) đã gặp nhau, và như vậy có thể dùng công thức (3.24) làm công thức tổng quát cho hệ thống BICM-ID để điều chỉnh thích nghi vị trí các điểm tín hiệu M-PSK theo trạng thái của kênh.

Kết quả mô phỏng hệ thống 4-PSK với sự điều chỉnh vị trí các tín hiệu thích nghi theo công thức (3.26) và hệ thống 8-PSK theo công thức (3.27), trong đó $k=0,16$ với mã xoắn có đa thức sinh $G=(7,[171,133],171)$, được cho trên hình 3.13 và hình 3.14.

Với mã xoắn có đa thức sinh $G=(5,[23,35],23)$ thì chọn $k=0,23$.

So sánh trường hợp hệ thống dùng bộ tín hiệu truyền thống đối xứng với trường hợp dùng bộ tín hiệu điều chỉnh ta thấy được sự cải thiện chất



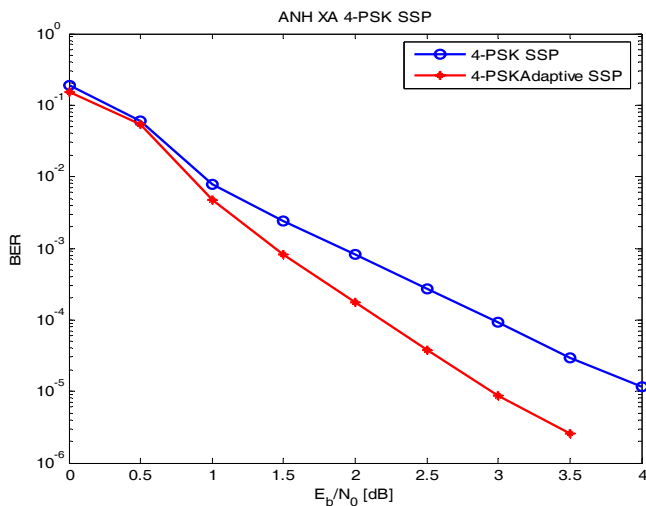
Hình 3.11 Đối chiếu kết quả thực nghiệm với tính toán bằng giải tích

lượng hệ thống trên toàn bộ dải SNR và đặc biệt tốt ở vùng SNR cao.

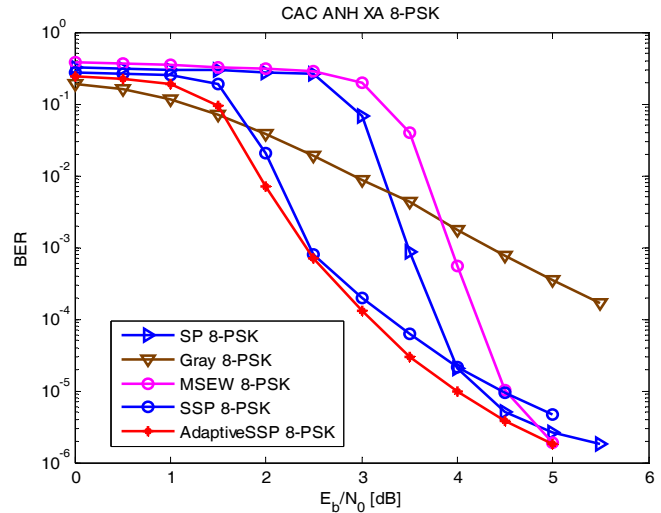
Với hệ thống 4-PSK, độ lợi do sự điều chỉnh mang lại tại $BER=10^{-5}$ là 1.3 dB và đối với hệ thống 8-PSK, tại $BER=10^{-5}$, độ lợi khoảng 1 dB.

3.3 Điều chỉnh điểm tín hiệu trong các ánh xạ lên tập 16-QAM

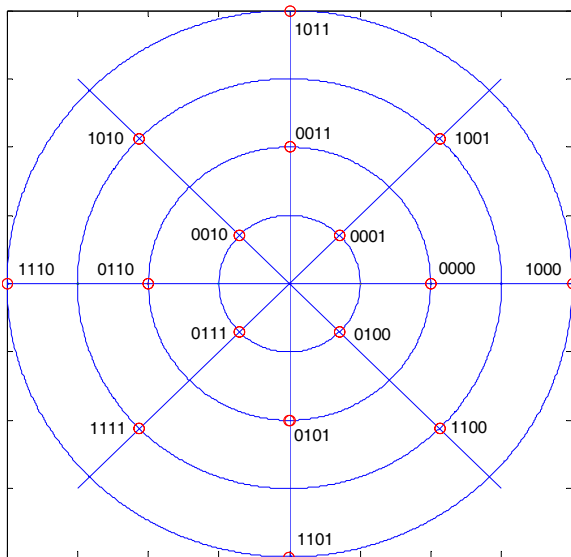
Với các ánh xạ QAM bậc cao, do mật độ các điểm tín hiệu trong chòm sao tín hiệu dày đặc và đan xen nhau hơn nên các thuật toán xử lý có hiệu quả trên tín hiệu M-PSK thường không phát huy hoặc rất ít tác dụng trên tín hiệu M-QAM.



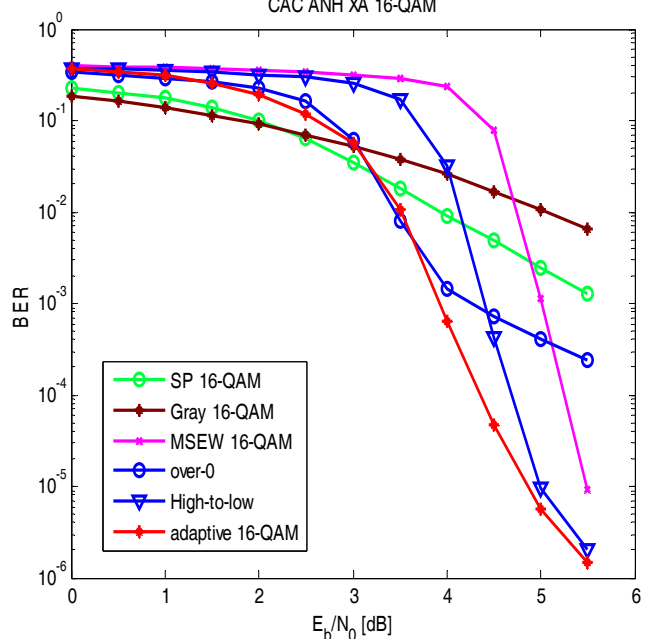
Hình 3.13: Hiệu quả của ánh xạ 4-PSK điều chỉnh thích nghi



Hình 3.14: Hiệu quả của ánh xạ 8-PSK điều chỉnh thích nghi



Hình 3.15 Ánh xạ 16-QAM hình sao



Hình 3.16 Hiệu quả của các ánh xạ 16-QAM

Dùng chòm tín hiệu 16-QAM hình sao như mô tả trên hình 3.15, cho phép điều chỉnh vị trí một số điểm tín hiệu cùng nằm trên một “vành biên độ” theo như quy tắc áp dụng cho ánh xạ M-PSK, và qua khảo sát bước đầu cũng thấy được sự cải thiện hiệu quả BER. Một số ánh xạ 16-QAM nguyên bản và những ánh xạ đã được điều chỉnh vị trí các điểm tín hiệu, có hiệu quả như quan sát trên hình 3.16. Giải pháp cải thiện chất lượng các bộ ánh xạ 16-QAM còn là nội dung cần tiếp tục nghiên cứu.

C. KẾT LUẬN

A./ Những kết quả chính của Luận án

- 1./ Hệ thống BICM-ID có bậc phân tập cao nhờ sử dụng bộ xáo trộn dãy bit cùng với cấu trúc giải mã lặp cho hiệu quả tốt cả trên kênh Gao-xơ và kênh pha định, thích hợp dùng trong thông tin vô tuyến. Dùng hệ số chuẩn hoá (SF-Scale Factor) có thể cải thiện chất lượng của hệ thống BICM-ID. Giá trị tối ưu của SF cho thuật toán Max-Log-Map là 0,55 và cho thuật toán Log-MAP là SF=0,85. Hơn nữa, với SF = 0,6 đã giúp hệ thống BICM-ID sử dụng Log-MAP bớt nhạy cảm với sai số khi ước lượng SNR. Hệ thống vẫn đảm bảo chất lượng khi ước lượng SNR có sai số từ 0 dB đến 4 dB.
- 2./ Có nhiều yếu tố quyết định đến chất lượng hệ thống BICM-ID như kích thước bộ xáo trộn và quy tắc thiết kế bộ xáo trộn, nguyên lý giải mã lặp và số vòng lặp cần thiết, chòm sao tín hiệu và quy tắc ánh xạ tín hiệu. Luận án đã đề xuất thuật toán cận tối ưu khá đơn giản dựa trên biến đổi tuyến tính để tìm phép ánh xạ tín hiệu trong hệ thống BICM-ID cho sàn lỗi BER thấp trong một tập ánh xạ hạn chế.

3./ Có thể điều chỉnh vị trí các điểm tín hiệu trong chòm sao tín hiệu thích nghi theo tỉ số SNR để cải thiện phẩm chất BER của hệ thống. Luận án đã đề xuất phương pháp và lựa chọn tham số điều chỉnh tối ưu điểm tín hiệu trong chòm sao 4-PSK và 8-PSK thích nghi với SNR, theo nghĩa đạt sàn lỗi thấp nhất tại SNR cho trước. Các kết quả này có thể dùng cho thuật toán thích nghi nhằm đạt được chất lượng tốt nhất cho kênh biến đổi chậm.

B./ Hướng nghiên cứu tiếp theo

- 1./** Đối với hệ thống BICM-ID, đặc tuyến đường cong BER luôn có hiệu ứng “Turbo”, tức là có vùng “thác” với độ dốc rất lớn. Đó là khi thuật toán giải mã lặp phát huy hiệu quả rõ rệt nhất. Việc xác định điểm bắt đầu và kết thúc vùng “thác” của đường cong tỉ lệ lỗi bit (BER) có thể giúp vận hành hệ thống một cách hiệu quả nhất. Đây là một hướng nghiên cứu còn bỏ ngỏ đối với hệ thống BICM-ID nói riêng và các hệ thống dùng giải thuật xử lý lặp nói chung.
- 2./** Đối với các ánh xạ M-QAM, những kỹ thuật xử lý dùng cho các ánh xạ M-PSK có thể không mấy tác dụng, tuy nhiên có thể kết hợp thêm các kỹ thuật khác như kỹ thuật “over-lap”, hay điều chỉnh biên độ tín hiệu thay vì điều chỉnh lệch pha để nâng cao hiệu quả trong hệ thống BICM-ID, đặc biệt đối với cấu trúc của chòm tín hiệu hình sao.
- 3./** Từng bước triển khai ứng dụng các kết quả nghiên cứu vào thực tế (có thể kết hợp kết quả của nhiều nhóm nghiên cứu) để góp phần cải thiện hiệu quả các hệ thống thông tin trong Quân đội ta nói riêng và của Việt Nam ta nói chung.