

# Truyền hình số thế hệ thứ 2 ( DVB-S2 ) dùng mã LDPC

Vũ Tuấn Tú

Trường Đại học Công nghệ

Luận văn Thạc sĩ ngành: Kỹ thuật Điện Tử; Mã số: 60 52 70

Người hướng dẫn: TS. Trịnh Anh Vũ

Năm bảo vệ: 2011

**Abstract:** Tổng quan về sự phát triển của truyền hình vệ tinh số. Nghiên cứu cơ sở lý thuyết mã LDPC: Giới hạn Shannon của mã kênh; Mã Hamming; Mã khối tuyến tính; Mã LDPC. Tiến hành mô phỏng và đánh giá hiệu quả mã LDPC: Sơ đồ mô phỏng hệ thống; Xây dựng ma trận H,G; Mã hóa; Vấn đề độc lập tuyến tính; Giải mã lặp; Thuật toán SPA

**Keywords:** Kỹ thuật điện tử; Truyền hình số; Vệ tinh viễn thông

## Content

### Mở đầu.

Ngày 19/4/2008, Việt nam đã phóng thành công vệ tinh viễn thông VINASAT-1 mở ra một giai đoạn phát triển mới về thông tin liên lạc cũng như phát thanh truyền hình quảng bá của quốc gia.

Vinasat-1 được thiết kế hoạt động ở 2 băng tần: Ku và C. Ku gồm 12 kênh độ rộng mỗi kênh là 36 Mhz. Băng C cũng có 12 kênh trong đó 10 kênh độ rộng 36 MHz còn 2 kênh rộng 72MHz. Mỗi kênh 36MHz có thể mang đồng thời 6000 kênh thoại hay 12 kênh truyền hình theo kỹ thuật DVB-S.

Do khả năng đặc thù là vùng dịch vụ rộng lớn, thông tin vệ tinh được sử dụng cho nhiều loại hình dịch vụ, tuy nhiên dịch vụ quảng bá qua vệ tinh và các dịch vụ cung cấp qua hệ thống mạng VSAT hứa hẹn vẫn là các dịch vụ thu được nhiều lợi nhuận và có ưu thế vượt trội so với các dịch vụ khác cung cấp qua các mạng viễn thông trên mặt đất. Với đường truyền vật lý được thiết kế qua vệ tinh (đóng vai trò như bộ phát đáp) thì việc sử dụng đường truyền này thế nào để có hiệu quả cao nhất là vấn đề có ý nghĩa rất quan trọng trong kinh tế kỹ thuật.

Công nghệ truyền hình quảng bá qua vệ tinh hiện nay là công nghệ DVB-S ra đời từ những năm 1990 sử dụng điều chế QPSK dùng mã chập và mã Reed-Solomon có hiệu suất phổ từ 0.8-1.2 bit/Hz tùy theo tỷ lệ mã. Công nghệ được nhắm tới trong tương lai là DVB-S2 (chuẩn ra đời năm 2003, được coi là thế hệ truyền dẫn thứ 2 cho dịch vụ quảng bá qua vệ tinh) sẽ cho phép sử dụng phổ có hiệu suất tăng từ 30-130% (tức là hiệu suất phổ từ 1.2-4.5 bit/Hz). Công nghệ này được kỳ vọng sẽ mở rộng thêm nhiều ứng dụng trọng điều kiện băng tần truyền dẫn hạn chế đồng thời có thể phát triển các ứng dụng có tốc độ lớn như truyền hình có độ phân giải cao HDTV, Internet tốc độ cao, các dịch vụ dữ liệu chuyên nghiệp...

Đặc điểm then chốt tạo nên sự khác biệt giữa DVB-S2 và DVB-S là sử dụng loại mã sửa sai mới là mã LDPC. Do đường truyền từ vệ tinh xuống mặt đất là đường truyền dài (36.000 Km), tín hiệu bị suy giảm mạnh và chịu nhiều can nhiễu nên phải được khuếch đại và dùng mã sửa sai cấp độ lớn do vậy nếu dùng các mã sửa sai kiểu Turbo kết hợp Reed Solomon sẽ cho hiệu suất phổ không cao. Kiểu mã sửa sai LDPC do Gallager đề xuất (1963) được áp dụng lại, kết hợp với kỹ thuật tách sóng lặp đã tạo nên bước đột phá trong việc tăng hiệu suất sử dụng phổ và đặc biệt có ý nghĩa trong truyền hình vệ tinh.

Nhằm chuẩn bị tiếp thu đón đầu công nghệ mới, luận văn này sau phần trình bày sự khác biệt giữa DVB-S2 và DVB-S sẽ đi sâu tìm hiểu nguyên lý và cơ chế nào đã tạo ra được mã LDPC mạnh như vậy. Hiệu năng của LDPC so với giới hạn Shannon cũng sẽ được chứng tỏ đơn giản qua công cụ mô phỏng trong luận văn.

Luận văn gồm có 4 chương :

Chương 1. Sự phát triển của truyền hình vệ tinh

Chương 2. Cơ sở lý thuyết mã LDPC

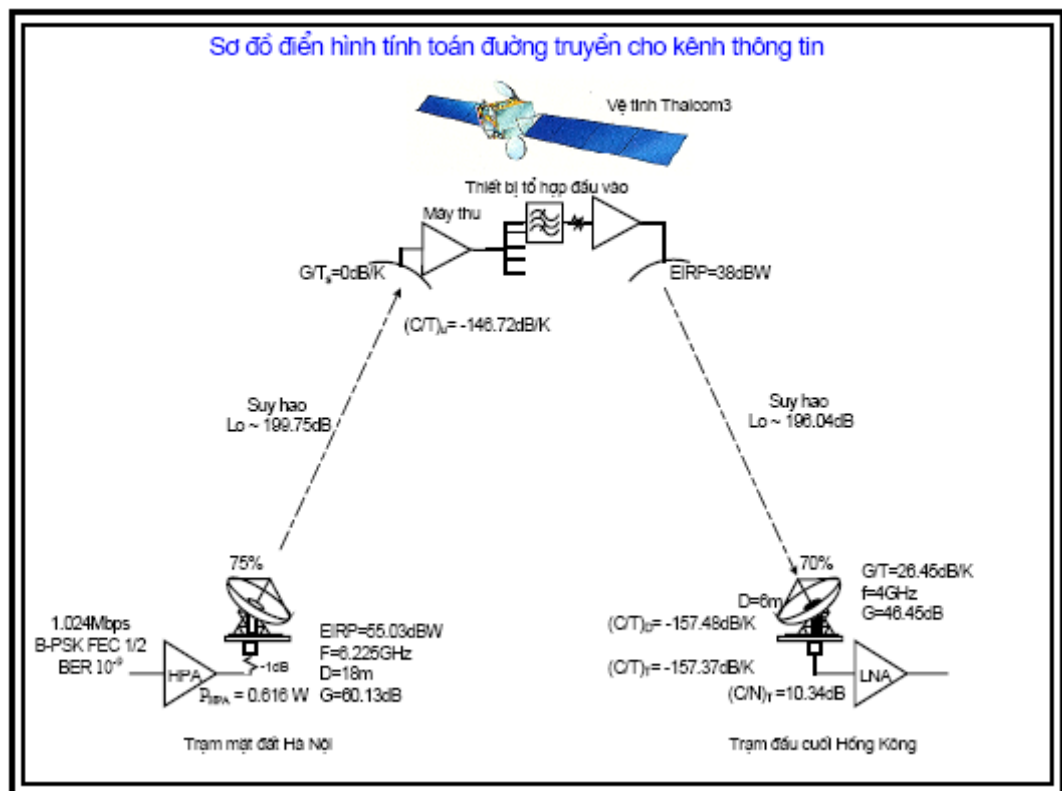
Chương 3: Mô phỏng và đánh giá hiệu quả mã LDPC

## **Chương 1. Sự phát triển của truyền hình vệ tinh**

Trong chương này chúng tôi trình bày ba vấn đề, thứ nhất là: đặc điểm của đường truyền vệ tinh, thứ hai là: vài nét lịch sử phát triển, thứ ba là: bước tiến từ DVB-S sang DVB-S2.

### **1.1 Đặc điểm của đường truyền vệ tinh[1]**

Để nêu bật những đặc điểm của truyền hình vệ tinh, trước hết ta định nghĩa một số khái niệm và mô tả cấu trúc vật lý của hệ thống này rồi từ đó rút ra những đặc điểm kỹ thuật tất yếu đi kèm theo. Trước hết là Quỹ đạo địa tĩnh (GEO): đây là quỹ đạo tròn xung quanh trái đất, nằm trong mặt phẳng xích đạo có độ cao khoảng 36786 km so với đường xích đạo. Vệ tinh ở quỹ đạo này có tốc độ bay đồng bộ với tốc độ quay của Trái Đất ( $T=23^{\circ}56'04''$ ). Do đó, vệ tinh gần như đứng yên so với các điểm trên Trái Đất. Quỹ đạo địa tĩnh thích hợp hơn cho các loại hình thông tin quảng bá như: phát thanh, truyền hình... với tầm phủ sóng rộng lớn, còn cho thông tin thoại (yêu cầu thời gian thực cao) thì không được tốt, vì thời gian trễ do truyền sóng lớn (khoảng 0.25s).



Hình 1. Sơ đồ điển hình tính toán đường truyền cho kênh thông tin [1]

Trên hình 1 ta thấy rằng do trái đất hình cầu nên để truyền tin xa cách tốt nhất là phát tin tức lên vệ tinh, rồi vệ tinh sẽ phát chuyển tiếp tin này đến các nơi trên mặt đất. Đường truyền này không bị che chắn bởi bất cứ thứ gì chỉ có điều khoảng cách rất xa tín hiệu bị suy giảm cỡ 200dB và chịu can nhiễu trên một đường truyền dài. Chú ý rằng vệ tinh chỉ đóng vai trò phát đáp, tức là chuyển tín hiệu trên sóng mang thu được (tần số Uplink)

sang tín hiệu trên sóng mang phát xuống (tần số Downlink) mà không trực tiếp xử lý tín hiệu bằng cơ sở.

## 1.2 Vài nét lịch sử phát triển

Thế hệ vệ tinh thương mại đầu tiên là INTELSAT-1 hay Early Bird ra đời vào năm 1965. Đến đầu những năm 1970 các hệ thống vệ tinh đã có thể cung cấp các dịch vụ trao đổi thoại và truyền hình giữa hai lục địa. Mới đầu vệ tinh chỉ đáp ứng được cho các tuyến dung lượng thấp, sau đó nhu cầu gia tăng tốc độ cũng như số lượng thông tin qua vệ tinh đã thúc đẩy nhanh chóng việc hình thành các hệ thống vệ tinh đa búp sóng và các kỹ thuật sử dụng lại tần số cho sóng mang. Kỹ thuật đầu tiên được dùng cho hệ thống vệ tinh là truyền dẫn tương tự, sử dụng công nghệ FDM/FM/FDMA. Sau đó để đáp ứng nhu cầu gia tăng thông tin, người ta đã tiến tới các phương thức truyền dẫn tiên tiến hơn như là SCPC/FM/FDMA (năm 1980) hay PSK /TDMA và PSK/CDMA. Các phương thức về sau dựa trên truyền dẫn số qua vệ tinh để khai thác triệt để do kỹ thuật số mang lại.

Kỷ nguyên truyền dẫn thông tin bằng vệ tinh thực sự có hiệu quả vào những năm 80. Khi đó, truyền dẫn qua vệ tinh đã tiết kiệm băng thông và giá thành khi sử dụng các kiểu điều chế QPSK và BPSK. Những năm 90, công nghệ phát quảng bá qua vệ tinh đã phát triển rộng rãi

sau khi ETSI công bố chuẩn DVB-S đầu tiên, kết hợp điều chế QPSK với sửa lỗi hướng truyền trong và ngoài (Viterbi và Reed-Solomon).

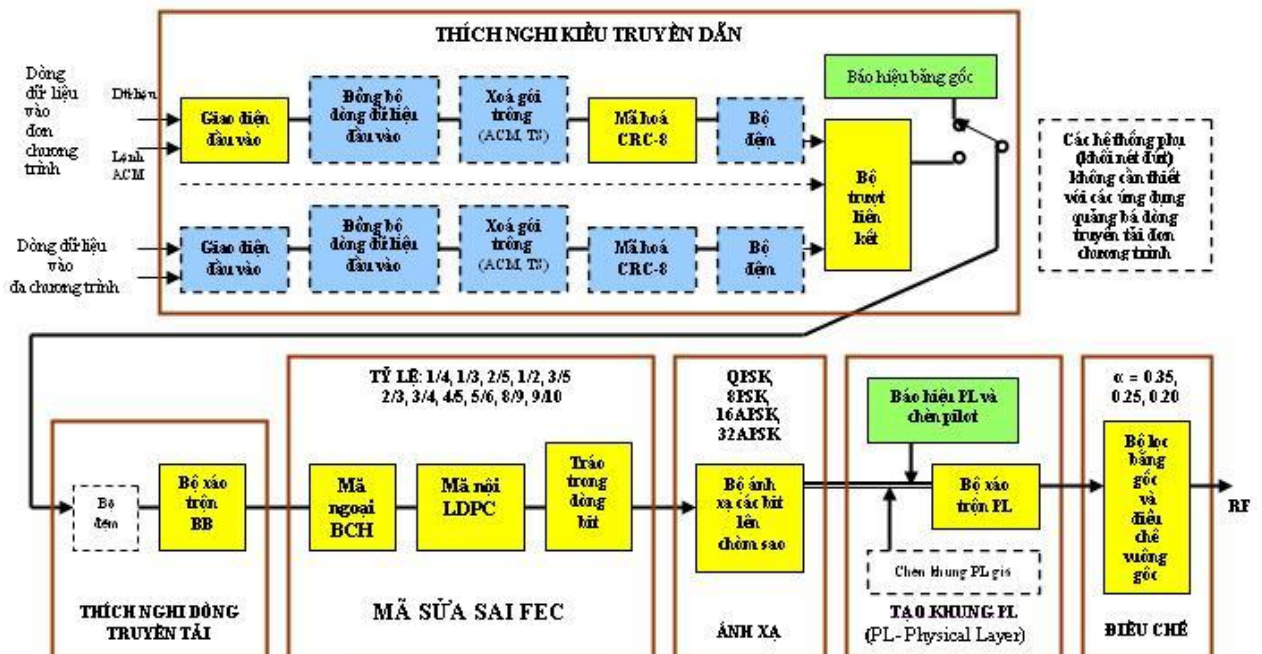
Cuộc cách mạng về mã sửa lỗi kết hợp với các cấu hình điều chế mới và một loạt các đặc tính mới là nền tảng làm nên tiêu chuẩn DVB-S2, còn gọi là truyền hình thế hệ 2. Đây là tiêu chuẩn mới nhất trong các tiêu chuẩn của ETSI về truyền dẫn thông tin vệ tinh. Kiểu điều chế này cũng đã khép lại con đường tiệm cận giới hạn về mặt lý thuyết (giới hạn Shannon).

DVB-S2 với hiệu suất sử dụng băng thông tăng từ 30% đến 131% so với DVB-S đang được kỳ vọng sẽ đem lại hiệu quả to lớn khi được đáp ứng, với khả năng truyền dẫn đồng thời nhiều dịch vụ có tốc độ lớn như truyền hình có độ phân giải cao như HDTV, Internet tốc độ cao, truyền số liệu và các ứng dụng chuyên nghiệp... trên cùng một bộ phát đáp của vệ tinh mà hệ thống DVB-S trước đó khó có thể thực hiện được.

### 1.3 Bước tiến từ DVB-S sang DVB-S2 [3]

Tiêu chuẩn DVB-S2 có sự thay đổi không nhiều trong cấu trúc so với DVB-S: trên hình 2, ta có thể thấy mã sửa sai trong Viterbi và mã sửa sai ngoài Reed-Solomon được thay thế bằng mã sửa sai LDPC (Low Density Parity Check) và BCH (Bose-Chaudhuri-Hocquenghem) tương ứng. Tuy nhiên như phân tích trong chương 2, đây chính là điều cốt lõi tạo nên một bước nhảy vọt về hiệu suất sử dụng phổ vốn là một vấn đề gốc rễ trong truyền thông vô tuyến của bất kỳ quốc gia nào.

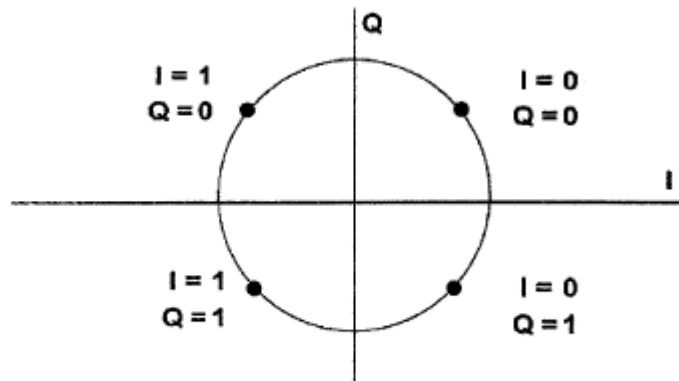
Chú ý rằng một mã sửa sai tốt hơn là một mã với cùng tỷ lệ mã và tỷ lệ lỗi chỉ cần tỷ số  $E_b/N_0$  nhỏ hơn (tất nhiên lý tưởng nhất là càng gần đến giới hạn Shannon). Khi đó phần công suất  $E_b/N_0$  còn lại sẽ được tận dụng cho điều chế hạng M cao, điều này sẽ làm cho hiệu suất phổ tăng thêm nhiều (1.2-4.5 bit/Hz ở DVB-S2 so với 0.8-1.2 Bit/Hz trong DVB-S).



Hình 2. Sơ đồ khối chức năng của hệ thống DVB-S2.

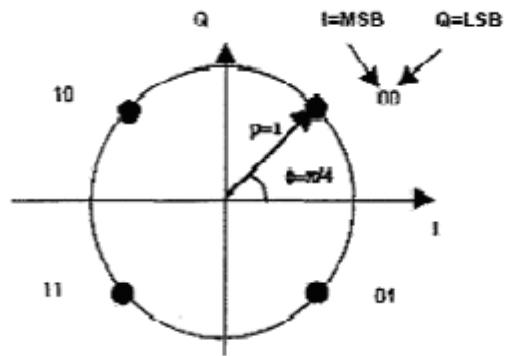
Ngoài ra, tiêu chuẩn mới cũng cung cấp các kiểu điều chế QPSK(2bit/Hz), 8PSK (3bit/Hz), 16APSK(4bit/Hz) và thậm chí là 32APSK (5 bit/Hz). So sánh với kiểu điều chế QAM, các cấu hình điều chế APSK (Amplitude and Phase-Shift Keying) cho phép việc bù trễ dàng với bộ bù phát đáp Transponder phi tuyến.

Sự khác nhau nữa và cũng là hiệu quả của DVB-S2 so với DVB-S là khả năng kết hợp các dòng dữ liệu vào một sóng mang, điều chế, mã hóa thay đổi và tương thích (VCM và ACM) và cấp bên trong dòng dữ liệu không phải MPEG (non-MPEG).

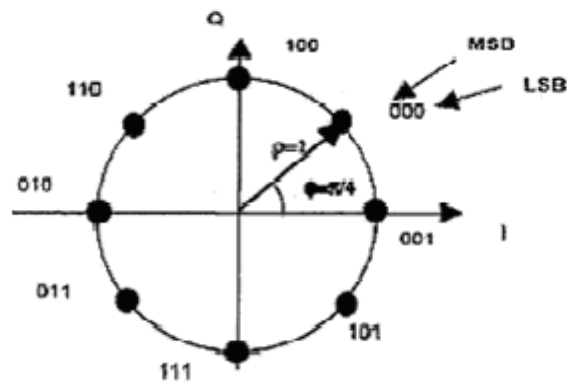


Hình 3. Giản đồ chòm sao điều chế QPSK

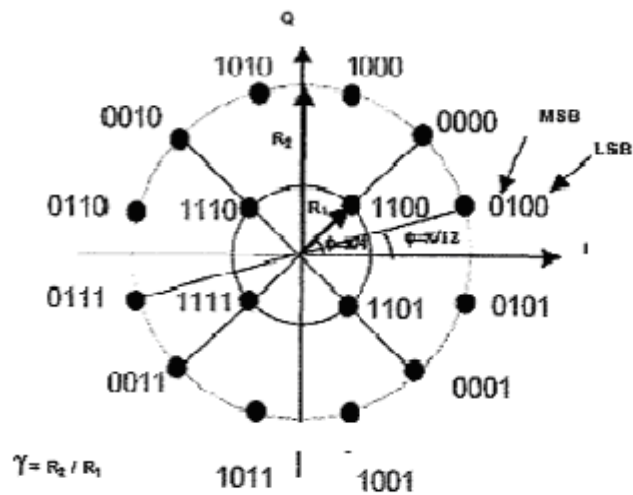
Sự kết hợp các dòng dữ liệu khác nhau sẽ làm tăng số lượng tín hiệu truyền tải trên một sóng mang. Trong thực tế, điều này có thể xem như sử dụng bộ ghép kênh (MUX), những lại không phải chịu những bất lợi từ việc định lại tham chiếu thời gian, chương trình PCR và sự thay đổi thông tin dịch vụ - thông tin đặc trưng chương trình (SI – PSI).



Điều chế QPSK



Điều chế 8PSK



Điều chế 16 APSK:

Hình 4. Các sơ đồ điều chế được sử dụng trong DVB-S2

Chức năng điều chế và mã hóa thay đổi - VCM (Variable Coding and Modulation) cho phép xác định một cấu hình điều chế khác nhau và mức sửa lỗi cho mỗi dòng dữ liệu riêng biệt trên cùng một sóng mang.

Chức năng điều chế và mã hóa tương thích - ACM (Adaptive Coding and Modulation) cho phép thay đổi động cấu hình điều chế và mức bảo vệ lỗi cho mỗi khung dữ liệu phù hợp với chất lượng kênh truyền. Khi kết hợp các dòng dữ liệu với các đầu cuối thu có cơ cấu hồi tiếp, tính năng ACM đặc biệt thích hợp cho việc tối ưu băng thông cho một mạng tương tác: các thông số truyền dẫn có thể được tối ưu cho mỗi bộ đầu cuối và các ảnh hưởng do thời tiết như là fading do mưa có thể được bù dễ dàng và an toàn.

DVB-S2 được ví như là một bộ công cụ cho các dịch vụ tương tác: Điều chế và mã hóa cao cấp, truyền tải bất kỳ dạng (format) dữ liệu nào. Mục tiêu của bộ công cụ DVB-S2 là một hệ thống đơn phục vụ cho các ứng dụng khác nhau.

DVB-S2 với hiệu suất sử dụng băng thông tăng từ 30% đến 131% so với DVB-S đang được kỳ vọng sẽ đem lại hiệu quả to lớn khi được ứng dụng, với khả năng truyền dẫn đồng thời nhiều dịch vụ có tốc độ lớn như truyền hình có độ phân giải cao HDTV, Internet có tốc độ cao, truyền số liệu và ứng dụng chuyên nghiệp... trên cùng một bộ phát đáp vệ tinh mà hệ thống DVB-S trước đó khó có thể thực hiện được.

## **Kết luận**

DVB-S2 là tiêu chuẩn mới nhất trong hệ thống tiêu chuẩn DVB cho các ứng dụng vệ tinh băng rộng, với hiệu suất sử dụng băng thông tăng từ 30% đến 131% so với công nghệ DVB-S hiện nay. Công nghệ này thực sự là bộ công cụ hữu hiệu cho các dịch vụ tương tác qua vệ tinh. Tổ chức DVB không cho rằng DVB-S2 sẽ thay thế cho DVB-S trong một thời gian ngắn trong lĩnh vực quảng bá truyền hình thông thường. Vì rằng hàng triệu bộ giải mã DVB-S đang hoạt động tin cậy và đóng góp vào những thành công thương mại vệ tinh số trên toàn cầu nên các ứng dụng mới chỉ được dự tính phát qua vệ tinh như truyền dẫn HDTV và phân phối các dịch vụ dựa trên nền IP sẽ thực hiện hiệu quả dựa trên hệ thống DVB-S2. Việc kết hợp DVB-S2 và cấu hình mã hóa video và audio mới (ví dụ như H.264/AVC/VC-9) có thể phát 21-26 chương trình SDTV hoặc 5-6 chương trình HDTV trên một Transponder 36Mhz. Trong các ứng dụng truyền dẫn chuyên nghiệp, DVB-S2 có khả năng cung cấp điều chế và mã hóa tương thích (ACM), tính năng này có hiệu quả lớn với các dịch vụ điểm điểm như là các trạm DSNG nhỏ. Trong các ứng dụng mới này, hệ thống DVB-S2 sẽ làm được những điều mà hệ thống DVB-S không thể làm được. Hiện nay, DVB-S2 đang được ứng dụng phát thử nghiệm truyền hình có độ phân giải cao HDTV tại Châu Âu trên 2 vệ tinh ASTRA và EUTELSAT.

## **Chương 2. Cơ sở lý thuyết mã LDPC**

### **2.1 Giới hạn Shannon của mã kênh.[5]**

Trước hết là định lý về dung năng kênh. Với một kênh truyền có độ rộng băng B (Hz), tỷ số công suất tín hiệu trung bình / công suất ồn tại nơi thu là  $P_{AV}/P_N$  thì tốc độ truyền tin cậy cao nhất có thể đạt được là:

$$C = B \cdot \log_2 \left( 1 + \frac{P_{AV}}{P_N} \right) \quad (\text{bít/s}) \quad (2.1.1)$$

Truyền tin cậy ở đây được hiểu là có thể đạt được tỷ lệ lỗi bit nhỏ tùy ý với việc chọn một kiểu mã thích hợp. Tỷ số  $C/B$  sẽ cho hiệu suất phổ đạt được về mặt lý thuyết trên đường truyền này.

Nếu thay:  $P_{AV} = (n/T)E_c$ , ( $E_c$  là năng lượng bit kênh,  $n$  là số bít trong từ mã,  $T$  chu kỳ mã)  
 $P_N = BN_0$  ( $N_0$  là mật độ công suất ồn)

Và chuẩn hóa tốc độ bit truyền theo số chiều của tín hiệu  $D=2B=n/T$

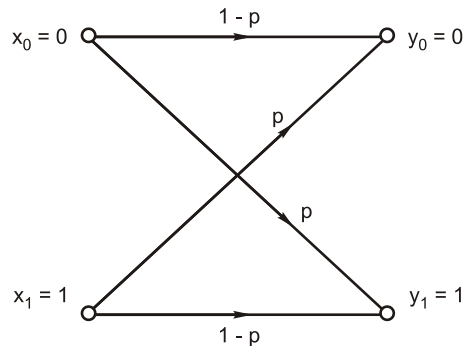
Ta có công thức tốc độ truyền trên 1 chiều tín hiệu:

$$C_n = \frac{C}{2B} = \frac{C}{D} = \frac{1}{2} \log_2 \left( 1 + 2 \frac{E_c}{N_0} \right) \quad (2.1.2)$$

Khi các bit thông tin được mã kênh với tỷ lệ mã  $R_c = k/n$  với  $nE_c = kE_b$  (nhằm cải thiện lỗi từ đường truyền vật lý) thì giới hạn của tốc độ theo  $E_b$  trên một chiều tín hiệu sẽ là:

$$C_n = \frac{1}{2} \cdot \log_2 \left( 1 + 2R_c \frac{E_b}{N_0} \right) = \frac{1}{2} \cdot \log_2 (1 + 2R_c \gamma_b) \quad (\text{bit/chiều/s}) \quad (2.1.3)$$

Với ký hiệu  $\gamma_b = E_b/N_0$  ( Tỷ số năng lượng bit/ mật độ công suất ồn ).



Hình 6. Kênh đối xứng nhị phân.

Sử dụng công thức dung năng kênh tính theo xác suất lỗi bit  $p$  trong đường truyền nhị phân đối xứng:

$$C_n = (1 + p \cdot \log_2(p) + (1 - p) \cdot \log_2(1 - p)) \quad (2.1.4)$$



Và xác suất lỗi bit khi điều chế BPSK là:

$$p = Q\left(\sqrt{\frac{2E_c}{N_0}}\right) = Q(\sqrt{2\gamma_b R_c}) \quad (2.1.5)$$

Thay giá trị  $p$  từ (2.1.5) vào vế phải (2.1.4), và  $C_n$  từ (2.1.3) vào vế trái (2.1.4), ta được một biểu thức chỉ chứa  $\gamma_b$  và  $R_c$ . Giải  $R_c$  theo  $\gamma_b$  bằng phương pháp số, ta có sự liên hệ theo đồ thị hình 7.

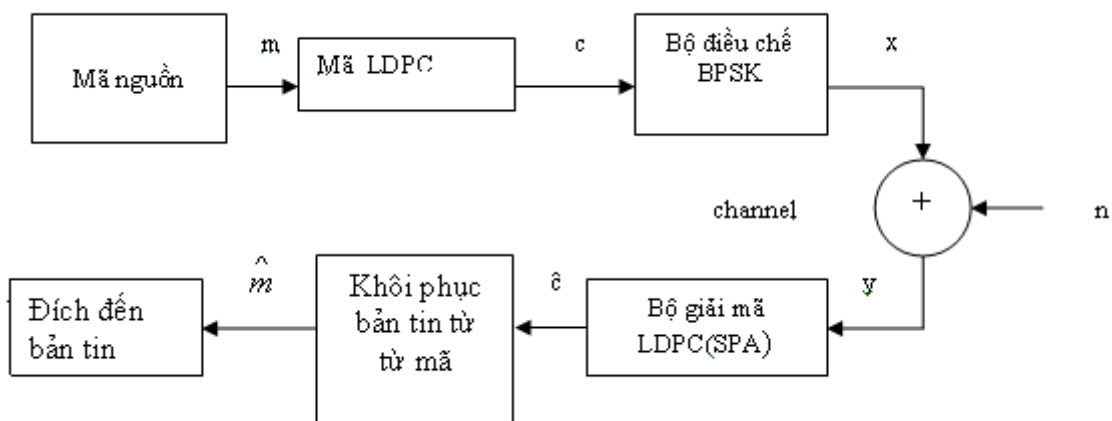
Ứng với mỗi tỷ lệ mã  $R_c$  ta có một giới hạn Shannon tức là một giá trị  $E_b/N_0$  nhỏ nhất cho phép truyền tin cậy (không thể có giá trị nhỏ hơn). Chú ý là đồ thị được vẽ với cả 2 phương pháp quyết định cứng và quyết định mềm.

Cũng từ phương trình trên có thể thấy khi tỷ lệ mã  $R_c=1/2$ , ta có giới hạn Shannon là:  $\gamma_b=E_b/N_0=0.188\text{dB}$ . Đây cũng chính là giới hạn Shannon đối với tỷ lệ mã  $1/2$ .

### Chương 3: Mô phỏng và đánh giá hiệu quả mã LDPC

Để chứng tỏ hiệu quả của mã LDPC tăng theo độ dài khối, phần này sẽ tiến hành đánh giá bằng mô phỏng với các bản tin ngẫu nhiên đi qua kênh ồn Gauss, rồi dựa vào kết quả nhận được có thể so sánh với mã sửa sai Turbo (mã sửa sai trong hệ DVB-S) qua các tài liệu tham khảo.

#### 3.1 Sơ đồ mô phỏng hệ thống [8]



## Hình 16. Sơ đồ mô phỏng hệ thống

Các ký hiệu trong sơ đồ này là:

- $m$  : Bản tin
- $c$  : Từ mã
- $x$  : Tín hiệu đã điều chế BPSK
- $n$  :Ồn AWGN
- $y$  : Tín hiệu nhận được
- $\hat{c}$  : Từ mã ước lượng
- $\hat{m}$  : Bản tin ước lượng

Các chức năng thực hiện trong mô phỏng là

### Tạo bản tin nguồn

Bản tin  $k$  bit một được tạo ra với xác suất cân bằng

$$\Pr[m_i = 1] = \Pr[m_i = 0] = 0.5$$

### Mã LDPC

Thực hiện thông qua việc gọi ma trận sinh  $G$  đã chuẩn bị trước, rồi nhân  $G$  với  $m$  để tạo nên từ mã.

### Điều chế BPSK

Đây là phép ánh xạ dãy dữ liệu bit đối với 2 tín hiệu nhị phân tương tự ứng với 2 điểm:

$\pm \sqrt{Eb}$  trên giản đồ chòm sao.

$$\{0,1\} \rightarrow \{\sqrt{Eb}, -\sqrt{Eb}\}$$

### Kênh vô tuyến

Có ồn AWGN với phân bố chuẩn, phương sai  $N_0/2$  ( $N_0$  mật độ phổ công suất 1 phía) cộng thêm .

### Giải mã SPA

Có nhiệm vụ phát hiện và hiệu chỉnh lỗi trong từ mã sau khi đi qua kênh, để từ mã ước lượng được  $\hat{c}$  thỏa mãn các phương trình kiểm tra.

### Khôi phục bản tin

Bản tin  $\hat{m}$  khôi phục lại từ từ mã sẽ được so sánh với bản tin gốc  $m$  trong mô phỏng để đếm lỗi theo phương pháp Monter Carlo.

Sơ đồ thuật toán cho các hàm cụ thể được mô tả trong các phần dưới đây.

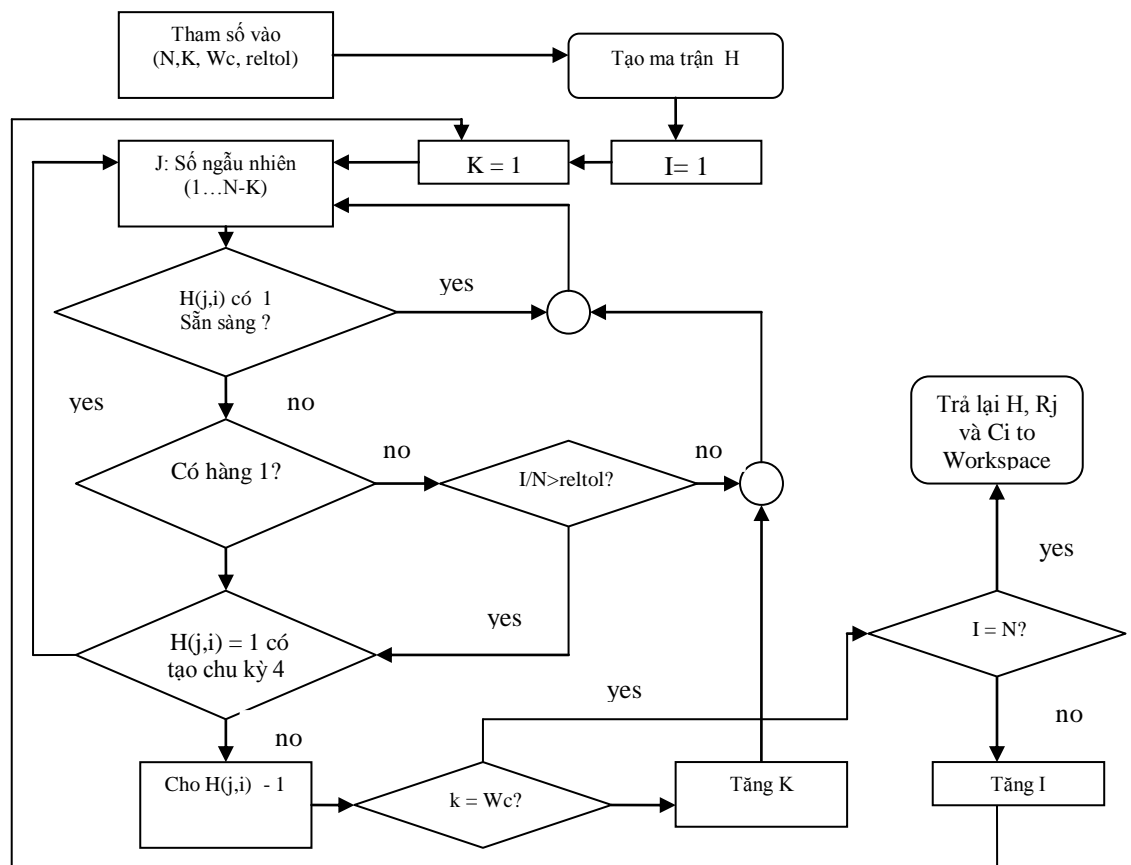
## 3.2 Xây dựng ma trận $H, G$

Phương pháp tạo ma trận  $H$  ở đây là tạo ngẫu nhiên kèm ràng buộc. Thuật toán tạo  $H$  có 4 tham số đầu vào:

- $N$ : độ dài khối (từ mã)
- $k$ : số bit bản tin
- $w_c$ : trọng lượng cột (số phần tử 1 trên cột).
- $reltol$ : Biến chịu dùng để điều khiển tính tuần hoàn (cân đối) trong ma trận

Trọng lượng hàng  $w_R$  được tính từ trọng lượng cột theo  $w_c$ ,  $N/(N-k)$  và được làm tròn. Để đảm bảo tính nhanh ma trận  $H$ , ta chỉ loại bỏ các chu kỳ 4 (nếu có) trong thuật toán (Tức là chu trình khép kín 4 đoạn trong giản đồ Tannetr). Thuật toán tạo ma trận  $H$  mô tả như hình sau:

- Tham số  $i$  sẽ quét tất cả các cột từ 1 đến  $n$ .
- Ứng với mỗi giá trị  $i$ , một số ngẫu nhiên  $j$  được lựa chọn trong dãy ngẫu nhiên Bernulli từ 1 đến  $N-k$ . Nếu bằng 1 ta sẽ có phần tử  $H(j,i)$  bằng 1.
- Việc tạo giá trị  $H(j,i) = 1$  sẽ có tính ngẫu nhiên và ràng buộc để số phần tử 1 trong hàng và cột bất kỳ bằng số cho trước  $w_c$  và  $w_r$ .
- Việc tạo ma trận  $G$  từ  $H$  tuân theo phương trình (2.3.7) vẫn đề là phải đảm bảo sao cho có  $X^{-1}$ . Điều này được đảm bảo từ tính độc lập tuyến tính của các hàng.



Hình 17. Sơ đồ tạo ma trận kiểm tra chẵn lẻ.

- Khi đã có  $G$  sẽ tạo được từ mã.

### 3.3 Mã hóa:

Mã hóa thực tế phải là thời gian thực và thực hiện qua ghi dịch song song, tuy nhiên ở mô phỏng này không đề cập đến. Trong mô phỏng thực hiện qua nhân ma trận (đa số máy tính có thể thực hiện phép toán này với độ dài khối tương đối lớn).

### 3.4 Vấn đề độc lập tuyến tính:

Trong biểu thức trên của  $G$ ,  $X$  phải là khả đảo của  $GF(2)$  (tức là các hàng của  $X$  độc lập tuyến tính). Việc tạo  $H$  ngẫu nhiên không đảm bảo sự độc lập tuyến tính của ma trận con  $X$ . Vấn đề này được giải quyết quyết bằng cách sắp xếp lại cột của  $H$  để đảm bảo ma trận con  $X$  là khả đảo. Khi 1 phần tử đường chéo của  $X$  là zero, cột được đổi chỗ với cột tiếp theo chứa phần tử non zero trên hàng như vậy. Sự đổi chỗ sẽ tạo nên ma trận  $H$  thực và phải được ghi nhớ lại nhằm sắp xếp lại các bit từ mã  $c$  theo sau việc mã hóa để làm cho Syndrome ( $Hc=0$ ) được thỏa mãn khi dùng ma trận  $H$  ban đầu. Thông tin sắp xếp lại cũng được yêu cầu tại bộ thu để khôi phục bản tin gốc. Phương pháp sắp xếp lại cột được đề xuất bởi Arun.[1].

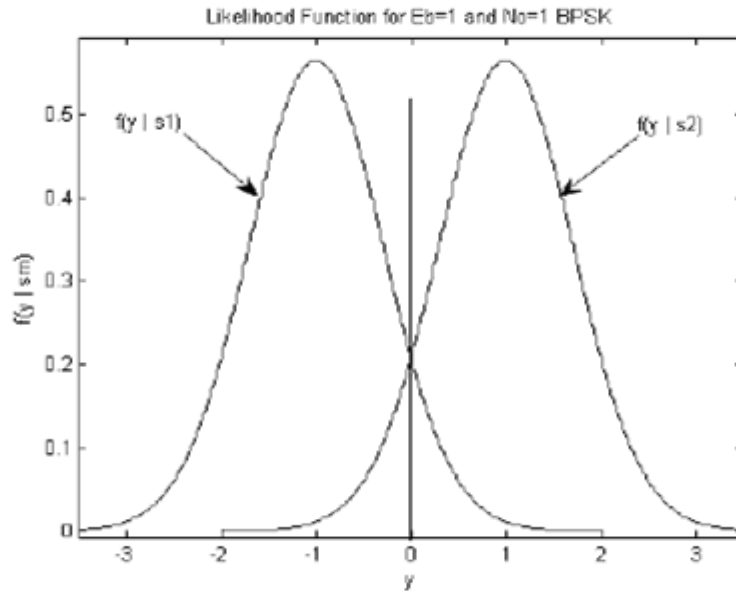
Chú ý là các vấn đề như vậy có thể được tránh được khi thực hiện phương pháp tạo ma trận kiểm tra khác cho ngay sự độc lập tuyến tính của ma trận con  $X$ .

### 3.5 Giải mã lặp

Có 2 phương pháp là giải mã quyết định cứng và giải mã quyết định mềm như đã nói ở chương 2.

Quyết định cứng: quyết giá trị bit tại điểm thu giải mã MAP.

Giá trị của hàm khả năng của hình sau là:



Hình 18. Likelihood functions for BPSK modulation over an AWGN channel

$$f(y|s_1) = \frac{1}{\sqrt{\pi N_0}} e^{\left[ \frac{-(y + \sqrt{E_b})^2}{N_0} \right]} \quad (3.5.1)$$

$$f(y|s_1) = \frac{1}{\sqrt{\pi N_0}} e^{\left[ \frac{-(y - \sqrt{E_b})^2}{N_0} \right]}$$

(3.5.2)

Lựa chọn tối ưu cho bộ thu MAP để tối thiểu lỗi sẽ là chọn biên quyết định  $\alpha$  tức là:

$\min \Pr[\text{error}]$

$\alpha$  : Xác suất lỗi như một hàm của  $\alpha$

$$\Pr_{\text{ERROR}}(\alpha) = \Pr[S_2] * \int_{-\infty}^{\alpha} \frac{1}{\sqrt{\pi N_0}} e^{\left[ \frac{-(y - \sqrt{E_b})^2}{N_0} \right]} dy + \Pr[S_1] * \int_{\alpha}^{\infty} \frac{1}{\sqrt{\pi N_0}} e^{\left[ \frac{-(y + \sqrt{E_b})^2}{N_0} \right]} dy \quad (3.5)$$

.3)

Giá trị tối ưu của  $\alpha$  là giá trị tối thiểu phương trình trên và sẽ là ngưỡng quyết định cho bộ thu MAP. (biểu thức trên chỉ đúng cho điều chế BPSK qua kênh AWGN).

Quyết định mềm: yêu cầu xử lý vecto từ mã trước khi quyết định giá trị bit. Có nhiều phương pháp mềm khác nhau. Ở đây chỉ trình bày hiệu quả của thuật toán cho qua bản tin của bộ giải mã thuật toán tổng-tích (SPA).

### 3.6 Thuật toán SPA.[8]

Phương pháp giải mã dựa trên cho bản tin nhận được qua lại giữa node kiểm tra và node giá trị theo đồ thị Tanner. Theo mỗi bước chạy, thuật toán xác định quyết định mềm mới dựa trên xác suất sau và tạo nên 1 ước lượng từ mã. Định nghĩa các ký hiệu sau:

H: ma trận kiểm tra tính chẵn lẻ (n-k)

$C_i$  :  $i^{\text{th}}$  bit của n bit từ mã

$P_i(b)$ :  $\Pr[c_i = b|y_i]$

$R_j$  : Đặt vị trí cột nơi có  $H(j,i) = 1$  đối với hàng thứ  $j^{\text{th}}$

$C_i$ : Đặt vị trí hàng nơi có  $H(j,i) = 1$  đối với cột thứ  $j^{\text{th}}$

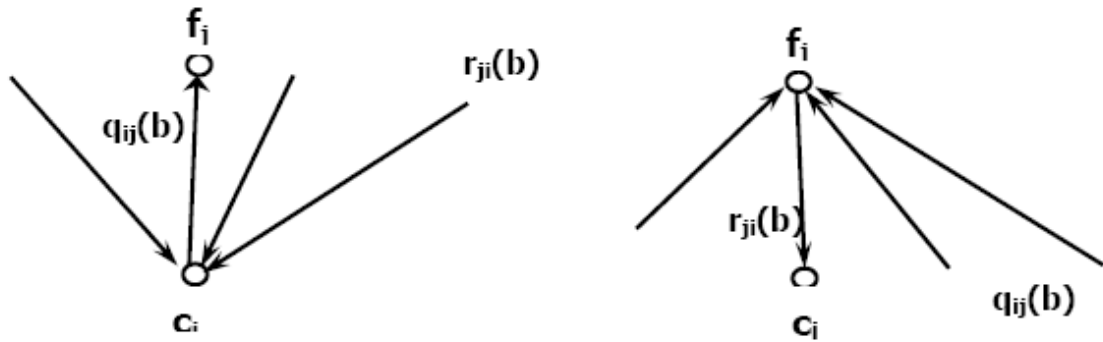
$R_j \sim i$ : đặt  $R_j$  nhỏ hơn cột i

$C_i \sim j$ : đặt  $C_i$  nhỏ hơn hàng j

$r_{ji}(b)$ :  $\Pr[Nutkiemtra]$

$q_{ij}(b)$ :  $\Pr[c_i = b|r_{ji}(b) \in C_i \sim j, y_i]$

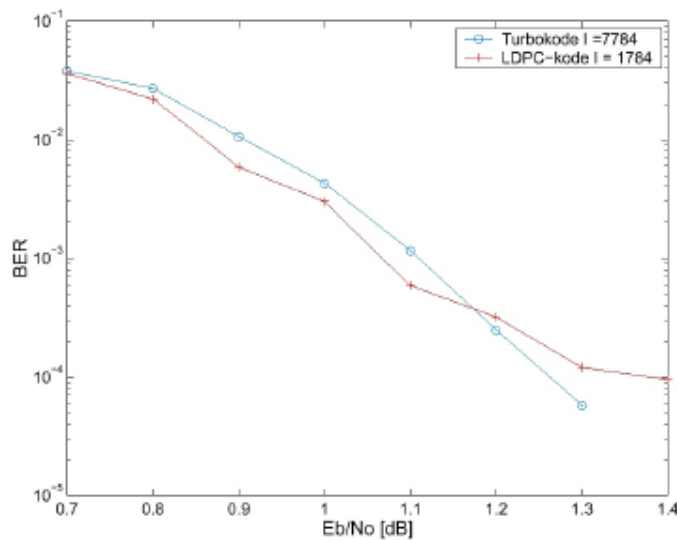
Trong thuật toán bản tin sẽ đi từ node kiểm tra đến node biến và từ node biến đến node kiểm tra tiếp theo như là bản tin  $r_{ji}(b)$  và  $q_{ij}(b)$ .



Hình 19. Mô tả giải mã lặp

### 3.7 Đánh giá hiệu quả

Đánh giá hiệu quả mã LDPC trong các tài liệu tham khảo [8] có thể thấy trên hình 21 và 22.



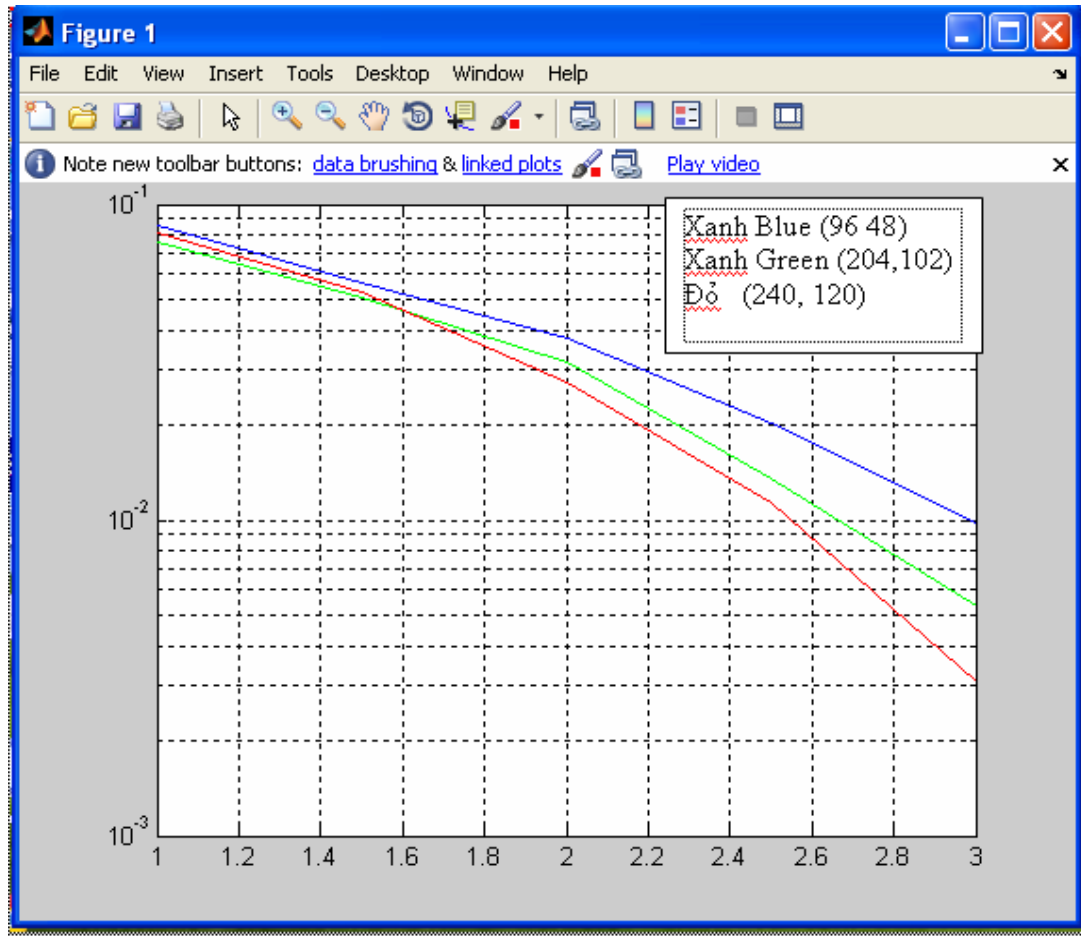
Hình 22. Mã Turbo và mã LDPC ở I = 1784. [11]

Theo kết quả trên hình 21 và 22 có thể rút ra các nhận xét sau:

- Khi độ dài khối trong mã LDPC tăng: 96, 204, 408 đường cong càng gần giới hạn Shannon = 0.188 dB, và đường cong này hiệu quả hơn mã Hamming rất nhiều.
- Ở vùng Eb/No thấp mã LDPC hiệu quả hơn mã Turbo. Còn ở vùng Eb/No > 1.2 dB mã Turbo hiệu quả hơn. Đường truyền vệ tinh cho thấy sử dụng mã LDPC tốt hơn vì thấy Eb/No nhỏ.

Dựa trên chương trình mã tham khảo [8] luận văn đã chạy mô phỏng kiểm tra lại với các tham số đầu vào: 96, 204, 240  $R_c = \frac{1}{2}$   $W_c = 3$  cho kết quả trên hình 23.

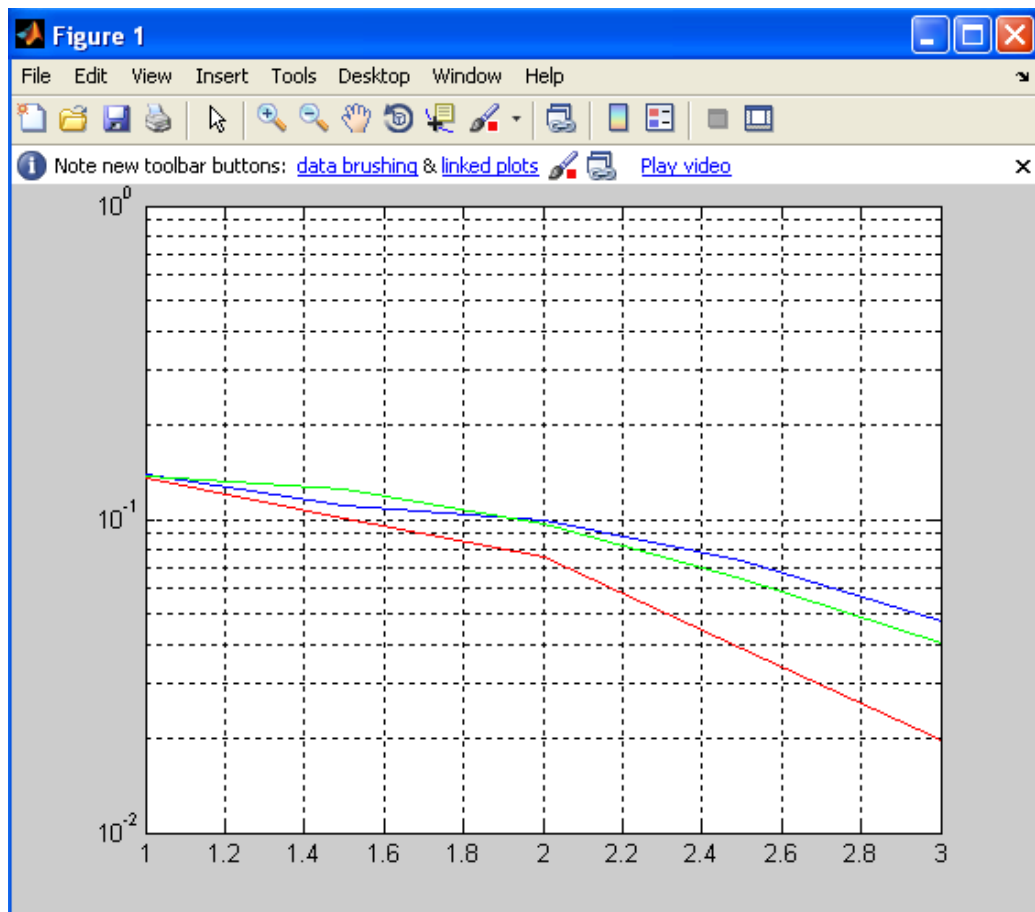
Với các tham số thay đổi: 96, 240, 408  $R_c = \frac{2}{5}$ ,  $W_c = 4$  cho kết quả trên hình 24.



Hình 23. Kết quả mô phỏng với khối 96, 204, 240, cùng tốc độ mã  $R_c=1/2$ ,  $w_c=3$

### 3.8 Nhận xét

- Mô phỏng mã LDPC với tốc độ  $R_c=1/2$  kết hợp điều chế BPSK đã cho thấy hiệu quả mã tăng mạnh theo độ dài khối (trên hình là độ dài khối tăng từ 96, 204, 240).
- Tuy nhiên thời gian chạy mô phỏng do chưa kết hợp xử lý song song đã kéo dài lâu khi tăng độ dài khối mã.(vài giờ đồng hồ) đến 1 ngày.
- Khi thay đổi tỷ lệ mã  $R_c = \frac{1}{2}$   $W_c = 3$ ,  $R_c = \frac{2}{5}$   $W_c = 4$  thì hiệu quả đường cong tối đi.
- Các kết quả này phù hợp với các nghiên cứu lý thuyết và các kết quả ở các tài liệu tham khảo.
- Kết quả mô phỏng phù hợp với những kết quả tham khảo và cho thấy tại miền  $E_b/N_0$  nhỏ mã LDPC có hiệu quả cao hơn mã Turbo. Đây chính là thế mạnh của mã LDPC khi áp dụng vào đường truyền vô tuyến.



Hình 24. Kết quả mô phỏng với các khối 96, 240, 408, cùng tốc độ mã  $R_c=2/5$ ,  $w_c=4$

## Kết Luận

Hiện tại Việt nam đã có Vinasat-1 và đang có dự án chuẩn bị phóng Vinasat-2. Các chương trình phát triển Viễn thông quốc gia đang được thực hiện cùng với việc áp dụng



những thành tựu công nghệ mới nhất. Trong số này có việc áp dụng kỹ thuật mã hóa LDPC cho tiêu chuẩn truyền hình thế hệ 2.

Nhằm cập nhật công nghệ mới đón đầu, luận văn đã chọn đề tài “Truyền hình DVB-S2 sử dụng mã LDPC”. Qua một thời gian học tập nghiên cứu tôi đã hiểu được cơ sở lý luận cũng như những thao tác kỹ thuật then chốt để tạo nên mã này. Việc mô phỏng kiểm chứng cho thấy sự phù hợp giữa lý thuyết và kết quả nhận được.

Phản phát triển tiếp theo khi có điều kiện sẽ là xây dựng cấu trúc xử lý song song để tăng tốc thời gian xử lý khi áp dụng mã có độ dài khối lớn.

## References

- [1] Lê Đình Dũng, “Thông tin vệ tinh địa tĩnh”, luận văn đại học 2005
- [2] Nguyễn Viết Kính, Trịnh Anh Vũ, “Thông tin số”, NXB Giáo dục, 2008
- [3] Đỗ Anh Tú, “DVB-S2- Công nghệ truyền dẫn vệ tinh của tương lai”, công ty VTC.
- [4] <http://Wikipedia.com> “Tổng quan mã LDPC”
- [5] John G. Proakis, “Digital Communications”, Mc Graw Hill, 1995
- [6] Amin Shokrollahi “LDPC Codes: An Introduction”, 2003
- [7] Bernhard M.J. Leiner, “LDPC Codes-a brief Tutorial”, 2005
- [8] Dan Dechene, Kevin Peets, “Simulated Performance of Low-Density Parity-Check Codes”, 2006
- [9] Kjetil Fagervik, Arne Sjøthun Larssen, “Performance and Complexity comparison of Low Density Parity Check codes and Turbo Codes”, 2002
- [10] Christopher Michael Nicola, “Decoding of LDPC Codes Over Channel with Binary Additive Markov Noise”, 2005
- [11] Qin Wang Company, “LDPC Code Performance and Complexity Comparing with Convolution and RS codes”, 2009
- [12] Simon Haykin, “Digital Communications”, 4<sup>th</sup> Edition, John Wiley & Sons 2001