



(12) **BẢN MÔ TẢ GIẢI PHÁP HỮU ÍCH THUỘC BẢNG ĐỘC QUYỀN
GIẢI PHÁP HỮU ÍCH**

(19) **Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (VN)
CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ**

(11)



2-0002399

(51) **H04L 1/00**
2020.01

(13) **Y**

(21) 2-2020-00201

(22) 14/06/2018

(67) 1-2018-02583

(45) 25/08/2020 389

(43) 27/08/2018 365A

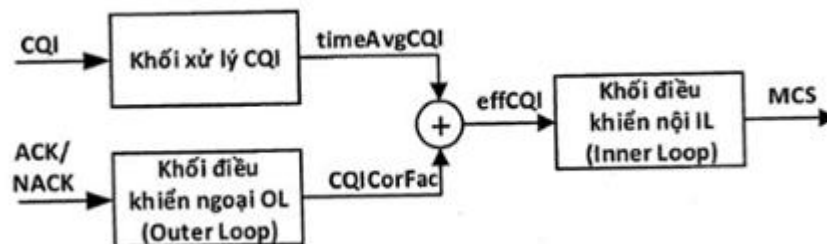
(73) **TẬP ĐOÀN CÔNG NGHIỆP - VIỄN THÔNG QUÂN ĐỘI (VIETTEL) (VN)**
Số 1 Trần Hữu Dực, Mỹ Đình 2, quận Nam Từ Liêm, thành phố Hà Nội

(72) Lê Ngọc Quý (VN); Từ Tuấn Linh (VN); Vũ Thị Hương Giang (VN); Nguyễn Hoài Nam (VN); Lê Trường Giang (VN).

(74) Công ty Luật TNHH quốc tế BMVN (BMVN INTERNATIONAL LLC)

(54) **PHƯƠNG PHÁP ĐIỀU KHIỂN TÍCH PHÂN TỶ LỆ THÍCH NGHI ÁP DỤNG CHO
THUẬT TOÁN ĐIỀU KHIỂN MÃ HÓA KÊNH TRUYỀN VÔ TUYẾN**

(57) Giải pháp hữu ích đề cập đến phương pháp điều khiển tích phân tỷ lệ thích nghi APILA (Adaptive Proportional Integral Link Adaptation) áp dụng cho khối điều khiển ngoại của thuật toán điều khiển mã hóa kênh truyền LA (Link Adaptation) nhằm nâng cao hiệu quả của thuật toán điều khiển mã hóa kênh truyền LA, giảm thiểu vấn đề trễ đối với các kịch bản truyền dữ liệu khác nhau của phương pháp tích lũy đã được biết đến trong lĩnh vực kỹ thuật này.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Giải pháp hữu ích đề cập đến phương pháp điều khiển tích phân tỷ lệ thích nghi (Proportional Integral - PI) áp dụng cho thuật toán điều khiển mã hóa kênh truyền vô tuyến (Link Adaptation - LA). Trong đó, hệ số điều khiển của phương pháp PI này được điều chỉnh động tương ứng với từng kịch bản truyền dữ liệu (rời rạc hay liên tục) để đảm bảo chất lượng kênh truyền ở trạng thái tối ưu.

Tình trạng kỹ thuật của giải pháp hữu ích

Trong hệ thống thông tin vô tuyến, thuật toán điều khiển mã hóa kênh truyền (LA) đóng vai trò chủ chốt trong việc đảm bảo tốc độ truyền dữ liệu luôn ở trạng thái tối ưu. Thuật toán LA có chức năng quy đổi chỉ số chất lượng kênh truyền (Channel Quality Indicator - CQI) sang kịch bản điều chế mã hóa tương ứng (Modulation Coding Scheme - MCS).

Mục tiêu của thuật toán LA là đảm bảo cho MCS đạt mức cao nhất cho phép trong điều kiện chất lượng CQI (được tính và gửi lên từ thiết bị di động) của kênh truyền ở mức nhất định. Quá trình ánh xạ từ một giá trị CQI sang mức MCS tối ưu được thực hiện tại khối điều khiển nội (Inner Loop - IL). Bên cạnh đó, thuật toán LA cũng có hệ số điều chỉnh CQI ($CQICorFac$) căn cứ vào các bản tin phản hồi nhận/không nhận (Acknowledgment/Not Acknowledgment - ACK/NACK) được gửi lên từ thiết bị người dùng (User Equipment - UE), tính trên tổng số lượng mẫu cho trước (N_{sample}). Cách thức này để đảm bảo giá trị CQI sau điều chỉnh ($effCQI$) là tiệm cận nhất với tình trạng hiện tại của môi trường vô tuyến. Việc tính toán hệ số điều chỉnh CQI này được thực hiện bởi khối điều khiển ngoại (Outer Loop - OL).

Thông thường, vòng điều khiển nội (IL) được thực hiện đơn giản bởi một bộ lọc hồi tiếp (Infinite Impulse Response - IIR) và một bảng ánh xạ (Look-Up Table - LUT) từ giá trị CQI (sau khi được lọc) để có được giá trị MCS tối ưu. Thường thì bảng LUT này được xây dựng dựa trên khảo sát thực tế của hệ thống trong điều kiện lý tưởng, đảm bảo tỷ lệ truyền thành công ở mức 90%, tương ứng với tỷ lệ lỗi khối (Block Error Rate - BLER) trong quá trình giải mã là 10%.

Mặt khác, khối điều khiển OL thực hiện điều chỉnh giá trị CQI theo các phản hồi ACK/NACK từ UE gửi lên và được triển khai bằng nhiều phương pháp khác nhau. Cụ thể là phương pháp điều khiển tuyệt đối hoặc phương pháp điều khiển tích lũy.

Cả hai phương pháp nêu trên đều có những nhược điểm. Cụ thể, phương pháp điều khiển tuyệt đối, thực chất là một bộ điều khiển tỷ lệ thông thường, không có khả năng bù đắp được sai số hệ thống theo thời gian và luôn tồn tại một độ lệch giữa BLER mong muốn và BLER thực tế. Mặt khác, với phương pháp điều khiển tích lũy, đã có sự kết hợp của bộ lọc IIR và giải quyết được vấn đề sai số hệ thống của phương pháp điều khiển

tuyệt đối. Tuy nhiên, với đặc trưng của việc hồi tiếp giá trị đầu ra, do đó sẽ chịu ảnh hưởng lớn khi việc tính toán giá trị $CQICorrFac$ của khối điều khiển OL bị trễ, đặc biệt là khi việc truyền dữ liệu diễn ra rời rạc. Khi đó giá trị tính toán $CQICorrFac$ không thể đại diện cho trạng thái hiện tại của môi trường truyền sóng.

Bản chất kỹ thuật của giải pháp hữu ích

Do đó, mục đích của giải pháp hữu ích là đề xuất phương pháp điều khiển để khử được sai số hệ thống đồng thời giảm thiểu được vấn đề trễ tính toán, đảm bảo chất lượng mã hóa kênh truyền đối với mọi kịch bản truyền dữ liệu, giúp nâng cao chất lượng dịch vụ của hệ thống.

Giải pháp hữu ích đề xuất phương pháp điều khiển tích phân tỉ lệ thích nghi (Adaptive Proportional Integral Link Adaptation – APILA) để nâng cao chất lượng kênh truyền, giảm thiểu sự ảnh hưởng của tốc độ phản hồi ACK/NACK từ UE tương ứng với các kịch bản truyền dữ liệu khác nhau (rời rạc hoặc liên tục), bao gồm:

- a) lọc các giá trị bất thường của chỉ số chất lượng kênh truyền (Channel Quality Indicator - CQI) được gửi lên từ thiết bị người dùng (User equipment - UE) qua khối xử lý CQI;
- b) khối điều khiển ngoại (Outer Loop - OL) tiếp nhận các bản tin ACK/NACK (Acknowledgment/Not Acknowledgment – ACK/NACK) được gửi từ UE này và tính giá trị điều chỉnh CQI ($CQICorrFac$) theo các bước sau:

i) đếm số lượng mẫu N_{sample} của các bản tin ACK/NACK trong khoảng thời gian cố định ΔT ;

ii) tính giá trị $mesBLER$ theo số lượng mẫu N_{sample} theo công thức:

$$mesBLER = targBLER + \frac{numNACK * (100 - targBLER) - numACK * targBLER}{N_{sample}}$$

trong đó

- $numACK$ là số lượng bản tin chấp nhận ACK;
- $numNACK$ là số lượng bản tin không chấp nhận NACK;
- $targBLER$ là giá trị mong muốn của BLER;

iii) tính giá trị $deltaBLER$ theo công thức:

$$deltaBLER = targBLER - mesBLER$$

iv) điều chỉnh giá trị K_i theo công thức:

$$K_i = C_{HT} * N_{sample}$$

trong đó

- K_i là hệ số điều khiển của bộ điều khiển PI;
- C_{HT} là hệ số điều chỉnh tối ưu của hệ thống;

v) tính giá trị $CQICorFac$ theo bộ điều khiển PI với chu kỳ thời gian ΔT theo công thức:

$$CQICorFac = K_p * \text{deltaBLER}(i) + K_i * \sum_{t=0}^{i-1} \text{deltaBLER}(t)$$

trong đó:

- K_p là hệ số điều khiển của bộ điều khiển PI ;

vi) sử dụng giá trị $CQICorFac$ để điều chỉnh giá trị CQI nhận được từ UE tại khối điều khiển nội (Inner Loop - IL);

c) ánh xạ giá trị CQI sau điều chỉnh ($effCQI$) trên khối điều khiển nội IL để có được kích bản mã hóa MCS tối ưu; và

d) thực hiện lặp lại các bước a, b, c trên đây một cách liên tục sau khoảng thời gian cố định ΔT .

Phương pháp điều khiển tích phân tỉ lệ thích nghi này khác biệt so với phương pháp tích lũy truyền thống ở hai điểm sau:

- Sử dụng bộ điều khiển tích phân tỉ lệ (PI) để khử sai số hệ thống theo thời gian; và
- Hệ số điều khiển của bộ tích phân tỉ lệ này được điều chỉnh động tương ứng với tần suất gửi thông tin phản hồi về trạm phát sóng từ UE, nhờ đó giảm thiểu ảnh hưởng của các kích bản truyền dữ liệu khác nhau.

Phương pháp điều khiển tích phân tỉ lệ thích nghi theo giải pháp hữu ích sẽ được trình bày chi tiết ở phần sau.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Hình 1 là hình vẽ mô tả nguyên lý chung của thuật toán điều khiển mã hóa kênh truyền.

Hình 2 là hình vẽ mô tả khối xử lý CQI .

Hình 3a là hình vẽ mô tả khối điều khiển ngoại OL sử dụng phương pháp tích lũy đã được biết đến trong lĩnh vực kỹ thuật này.

Hình 3b là hình vẽ mô tả sơ đồ khối điều khiển ngoại OL của phương pháp điều khiển tích phân tỉ lệ thích nghi theo giải pháp hữu ích.

Hình 4 là hình vẽ mô tả các bước thực hiện của bộ điều khiển ngoại OL của phương pháp điều khiển tích phân tỉ lệ thích nghi theo giải pháp hữu ích.

Hình 5 là hình vẽ mô tả khối điều khiển nội IL và sơ đồ triển khai phương pháp điều khiển tích phân tỉ lệ thích nghi theo giải pháp hữu ích lên hệ thống.

Hình 6 là hình vẽ thể hiện hiệu quả của phương pháp theo giải pháp hữu ích so với phương pháp đã biết.

Mô tả chi tiết giải pháp hữu ích

Hình 1 là hình vẽ mô tả nguyên lý chung của thuật toán điều khiển mã hóa kênh truyền trong đó bao gồm 3 khối chính: khối xử lý CQI , khối điều khiển ngoại OL và khối điều

khởi nội IL. Các dữ liệu đầu vào gồm các bản tin CQI, ACK và NACK được gửi lên từ UE sẽ được đưa vào khối xử lý CQI và khối điều khiển ngoại OL. Căn cứ vào các bản tin này, phương pháp điều khiển tích phân tỉ lệ thích nghi xác định được kích bản mã hóa MCS tối ưu đảm bảo được hiệu năng đường truyền là tốt nhất. Chi tiết các khối xử lý như sau:

1. Khối xử lý CQI:

Như được thể hiện trên Hình 2, khối xử lý CQI là một bộ lọc hồi tiếp (bộ lọc IIR) để loại bỏ những giá trị bất thường của CQI do UE gửi lên. Khối này được sử dụng giống như các phương pháp đã biết trong lĩnh vực kỹ thuật này. Đầu ra của khối xử lý CQI là giá trị CQI trung bình theo thời gian ($timeAvgCQI$) được tính theo công thức sau:

$$timeAvgCQI(i) = a_1 * CQI(i-1) + (1-a_1) * CQI(i) \quad (1)$$

trong đó, giá trị CQI được gửi lên từ UE, giá trị a_1 là thông số bộ lọc, được chọn để đạt độ nhạy mong muốn đối với giá trị CQI đầu vào.

2. Khối điều khiển ngoại OL:

Như được thể hiện trên Hình 3, khối điều khiển ngoại OL thực hiện tính toán giá trị $mesBLER$, $deltaBLER$ và giá trị $CQICorrFac$. Cụ thể như sau:

- Tính giá trị $mesBLER$ căn cứ vào số lượng các bản tin phản hồi ACK/NACK được gửi lên từ UE, theo công thức sau:

$$mesBLER = targBLER + \frac{numNACK * (100 - targBLER) - numACK * targBLER}{N_sample} \quad (2)$$

Trong đó:

- $targBLER$ là giá trị BLER mong muốn (thường được chọn ở mức 10%), đại diện cho mức BLER mong muốn;
- $numNACK$, $numACK$ tương ứng là số lượng bản tin NACK và ACK;
- N_sample là tổng số lượng mẫu để tính giá trị $mesBLER$.

Đối với mỗi kích bản truyền dữ liệu, thì trong 1 khoảng thời gian cố định ΔT số lượng bản tin ACK/NACK sẽ biến động trong dải rộng.

Sau đó, so sánh $mesBLER$ với giá trị $targBLER$ để tính $deltaBLER$ theo công thức:

$$deltaBLER = targBLER - mesBLER \quad (3)$$

Giá trị $deltaBLER$ sẽ được dùng để tính toán giá trị $CQICorrFac$. Lưu ý rằng các bước nêu trên được thực hiện theo phương pháp tích lũy và phương pháp điều khiển tích phân tỉ lệ thích nghi của giải pháp hữu ích.

Hình 3a thể hiện cách thức thực hiện của phương pháp tích lũy đã biết trong lĩnh vực kỹ thuật này. Trong phương pháp này, giá trị $deltaBLER$ được điều chỉnh bởi hệ số $k1$ và cho qua một bộ lọc hồi tiếp để có được giá trị $CQICorrFac$. Tuy nhiên, trong phương pháp này, việc đưa qua bộ lọc hồi tiếp, mặc dù giải quyết được vấn đề sai số hệ thống của phương pháp tuyệt đối, nhưng việc hồi tiếp gây ra độ trễ lớn. Mặt khác, việc tính toán dựa

vào phương thức “chờ đủ số lượng mẫu” (số lượng N_{sample}), sẽ gây ra trễ lớn trong trường hợp truyền dữ liệu rời rạc, gói nhỏ, thời gian trễ này có thể lên đến khoảng 1 giây, khi đó giá trị $CQICorFac$ không thể đại diện cho chất lượng kênh truyền tại thời điểm hiện tại và không thể có được hiệu quả như mong muốn.

Để giải quyết vấn đề trên, như được thể hiện trên Hình 3b, phương pháp điều khiển tích phân tỉ lệ thích nghi theo giải pháp hữu ích sẽ tính toán dựa theo khung thời gian ΔT thay cho việc tính toán dựa trên thu thập đủ số lượng mẫu như phương pháp đã biết. Trong khoảng thời gian ΔT này, đối với mỗi kịch bản truyền dữ liệu rời rạc hay liên tục, thì số lượng mẫu N_{sample} dùng cho tính toán $mesBLER$ theo công thức (2) sẽ khác nhau. Ngoài ra, với mỗi số lượng mẫu trong khoảng thời gian ΔT , thì giá trị của hệ số điều khiển sẽ được điều chỉnh phù hợp để đảm bảo hiệu năng của hệ thống đạt chất lượng tốt nhất.

Sau khi tính được $deltaBLER$ theo công thức (3), thì giá trị điều chỉnh $CQICorFac$ được tính theo bộ điều khiển PI như sau:

$$CQICorFac = K_p * deltaBLER(i) + K_i * \sum_{t=0}^{i-1} deltaBLER(t) \quad (4)$$

Trong đó, K_p và K_i là các hệ số điều khiển của PI . Giá trị K_p được giữ cố định, trong khi K_i được điều chỉnh động theo số lượng N_{sample} đếm được trong khoảng thời gian ΔT theo công thức sau:

$$K_i = C_{HT} * N_{sample} \quad (5)$$

Trong đó, C_{HT} là hệ số điều chỉnh tối ưu của hệ thống. Việc điều chỉnh K_i theo số N_{sample} này là phần quan trọng để thích ứng thuật toán điều khiển PI theo từng kịch bản truyền dữ liệu. Khi truyền dữ liệu rời rạc, số lượng N_{sample} nhỏ và K_i được điều chỉnh giảm tương ứng. Ngược lại, khi truyền dữ liệu liên tục, số lượng N_{sample} lớn, và K_i sẽ được điều chỉnh tăng tương ứng. Hệ số C_{HT} càng lớn thì độ biến đổi của K_i theo số lượng N_{sample} càng nhanh và ngược lại. Giá trị của C_{HT} được chọn theo thực nghiệm với giá trị tối ưu nằm trong khoảng từ 0,005 đến 0,01;

Như vậy, khối điều khiển ngoại OL của phương pháp điều khiển tích phân tỉ lệ thích nghi như được mô tả trong Hình 4 sẽ thực hiện các bước sau:

- Đếm số lượng N_{sample} của các bản tin $ACK/NACK$ trong khoảng thời gian cố định ΔT ;
- Tính giá trị $mesBLER$ theo số lượng N_{sample} theo công thức (2);
- Tính giá trị $deltaBLER$ theo công thức (3);
- Điều chỉnh giá trị K_i theo công thức (5); và
- Tính giá trị $CQICorFac$ theo bộ điều khiển PI với chu kỳ thời gian ΔT theo công thức (4).

Với khối điều khiển ngoại OL của phương pháp điều khiển tích phân tỉ lệ thích nghi theo giải pháp hữu ích, giá trị tính được của $CQICorFac$ sẽ khử được sai số hệ thống theo thời gian, đồng thời hệ số điều khiển được điều chỉnh động theo từng kịch bản truyền dữ

liệu. Phương pháp này phản ánh được gần nhất tình trạng chất lượng kênh truyền vô tuyến hiện tại, giảm thiểu trễ tính toán của phương pháp tích lũy trước đây và nâng cao hiệu năng của hệ thống.

3. Khối điều khiển nội IL:

Như được thể hiện trên Hình 5, khối điều khiển nội IL sẽ thực hiện khâu cuối cùng của phương pháp điều khiển tích phân tỉ lệ thích nghi bao gồm việc điều chỉnh giá trị CQI đầu vào của bảng ánh xạ MCS theo giá trị $CQICorFac$ của tầng trước theo công thức sau:

$$effCQI = timeAvgCQI + CQICorFac \quad (6)$$

Giá trị $effCQI$ là đầu vào của một bảng ánh xạ từ $CQI-MCS$. Bảng ánh xạ này được xây dựng dựa trên khảo sát thực tế mức $targetBLER$ với giá trị CQI trong điều kiện lý tưởng (thử nghiệm trong Lab). Giá trị MCS sau khi có được từ bảng ánh xạ, sẽ được sử dụng cho việc mã hóa dữ liệu truyền cho UE ở chu kỳ gần nhất.

Ví dụ thực hiện giải pháp hữu ích

Phương pháp điều khiển tích phân tỉ lệ thích nghi được tích hợp vào chương trình tính toán và triển khai thành một hệ thống phối hợp hoạt động giữa UE giả lập với trạm phát sóng, cụ thể như sau:

- UE giả lập nhận giá trị MCS từ trạm phát sóng và báo cáo giá trị CQI cũng như truyền các bản tin $ACK/NACK$ tới trạm phát sóng;
- Trạm phát sóng sẽ nhận các bản tin $ACK/NACK$ cũng như thông tin về CQI từ UE này, thực hiện tính toán theo phương pháp của giải pháp hữu ích để cung cấp giá trị MCS tối ưu.

Đối với hệ thống này, các tác giả đã tiến hành đánh giá và so sánh hiệu năng hệ thống trong hai trường hợp:

- Trường hợp 1: sử dụng phương pháp đã biết trong lĩnh vực này với khối điều khiển ngoại OL kiểu tích lũy.
- Trường hợp 2: sử dụng phương pháp điều khiển tích phân tỉ lệ thích nghi theo giải pháp hữu ích với khối điều khiển ngoại OL là bộ điều khiển PI thích nghi.

Các tham số hệ thống được lựa chọn trên thực tế được thể hiện trong Bảng 1. Kết quả thí nghiệm được tổng hợp trong Bảng 2 và được thể hiện trên Hình 6.

Bảng 1: Các tham số hệ thống được sử dụng trong thực tế

Tham số hệ thống	Ý nghĩa	Giá trị
$targetBLER$	Giá trị BLER mục tiêu của hệ thống	10%
αI	Hệ số điều khiển độ nhạy tính toán $timeAvgCQI$	0,203
k_I	Hệ số điều khiển thuật toán OL sử dụng kỹ thuật tích lũy (đã được lựa chọn tối ưu của phương pháp đã biết)	1,5
K_p	Hệ số điều khiển thuật toán OL sử dụng kỹ thuật PILA (Thành phần P)	1,5
C_{HT}	Hệ số điều chỉnh K_i	0,0075

Bảng 2: Kết quả so sánh hiệu năng của phương pháp cũ và phương pháp theo giải pháp hữu ích

N_sample	BLER mục tiêu	Phương pháp tích lũy (Phương pháp cũ)	Phương pháp APILA	Độ cải thiện sai số
20	10%	10,0068	10,003	55,88%
30	10%	10,0104	10,0022	78,85%
40	10%	10,0068	10,0017	75,00%
50	10%	10,0085	10,0014	83,53%
60	10%	10,0102	10,001	90,20%
70	10%	10,0086	10,0009	89,53%
80	10%	10,0085	10,0008	90,59%
90	10%	10,0085	10,0007	91,76%
100	10%	10,0085	10,0006	92,94%

Trong Bảng 2, N_sample tương ứng với số lượng mẫu *ACK/NACK* phản hồi từ UE trong khoảng thời gian ΔT , mức *BLER* mục tiêu đặt là 10%. Các giá trị *BLER* thực tế đo được so với mức *BLER* mục tiêu tương ứng với mỗi số lượng N_sample đều khác nhau. Với từng số lượng N_sample , phương pháp điều khiển tích phân tỉ lệ thích nghi theo giải pháp hữu ích đều cho thấy sự cải thiện rõ ràng so với phương pháp tích lũy cũ, đặc biệt là khi số lượng N_sample ở mức cao, ứng với kịch bản truyền dữ liệu liên tục. Độ cải thiện sai số dao động từ 55% - 92%. Cũng có thể quan sát thấy kết quả tương tự được thể hiện trong Hình 6 là đồ thị tương quan so sánh mức *BLER* thực tế đối với từng giá trị N_sample của phương pháp đã biết và phương pháp điều khiển tích phân tỉ lệ thích nghi theo giải pháp hữu ích.

Kết quả nêu trên cho thấy hiệu quả thực tế của phương pháp điều khiển tích phân tỉ lệ thích nghi theo giải pháp hữu ích. Phương pháp theo giải pháp hữu ích cho thấy khả năng nâng cao hiệu quả hoạt động của thuật toán LA và đưa BLER thực tế về gần với mức BLER mong muốn hơn so với phương pháp đã biết trong lĩnh vực kỹ thuật này.

Hiệu quả đạt được của giải pháp hữu ích

Phương pháp điều khiển tích phân tỉ lệ thích nghi theo giải pháp hữu ích dễ áp dụng và có hiệu quả cao. Phương pháp này đã giải quyết được vấn đề trễ do tính toán giá trị điều chỉnh CQI gây ra bởi sự không ổn định của tốc độ bản tin phản hồi từ UE. Việc triển khai thực tế phương pháp này đã cho thấy khả năng cải thiện rõ rệt của sai số BLER thực tế so với mức BLER mong muốn. Qua đó sẽ cải thiện được chất lượng truyền tin của hệ thống.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Phương pháp điều khiển tích phân tỉ lệ thích nghi (Adaptive Proportional Integral Link Adaptation – APILA) bao gồm:

- a) lọc các giá trị bất thường của chỉ số chất lượng kênh truyền (Channel Quality Indicator - CQI) được gửi lên từ thiết bị người dùng (User equipment - UE) qua khối xử lý CQI;
- b) khối điều khiển ngoại (Outer Loop - OL) tiếp nhận các bản tin chấp nhận *ACK*/không chấp nhận *NACK* (Acknowledgment/Not Acknowledgment – *ACK/NACK*) được gửi từ UE này và tính giá trị điều chỉnh CQI (*CQICorFac*) theo các bước sau:

- i) đếm số lượng mẫu N_{sample} của các bản tin *ACK/NACK* trong khoảng thời gian cố định ΔT ;

- ii) tính giá trị *mesBLER* theo số lượng mẫu N_{sample} theo công thức:

$$mesBLER = targBLER + \frac{numNACK * (100 - targBLER) - numACK * targBLER}{N_{sample}}$$

trong đó

- *numACK* là số lượng bản tin *ACK*;
- *numNACK* là số lượng bản tin *NACK*;
- *targBLER* là giá trị mong muốn của *BLER*;

- iii) tính giá trị *deltaBLER* theo công thức:

$$deltaBLER = targBLER - mesBLER$$

- iv) điều chỉnh giá trị K_i theo công thức:

$$K_i = C_{HT} * N_{sample}$$

trong đó:

- K_i là hệ số điều khiển của *PI*;
- C_{HT} là hệ số điều chỉnh tối ưu của hệ thống;

- v) tính giá trị *CQICorFac* theo bộ điều khiển *PI* với chu kỳ thời gian ΔT theo công thức:

$$CQICorFac = K_p * deltaBLER(i) + K_i * \sum_{t=0}^{i-1} deltaBLER(t)$$

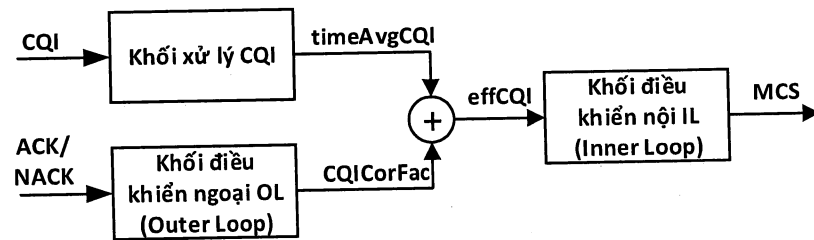
trong đó

- K_p là hệ số điều khiển của *PI*;

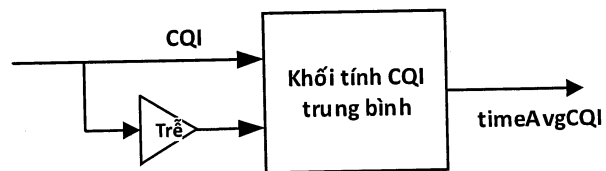
- vi) sử dụng giá trị *CQICorFac* để điều chỉnh giá trị CQI nhận được từ UE này tại khối điều khiển nội (Inner Loop - IL);

c) ánh xạ giá trị CQI sau điều chỉnh (*effCQI*) trên khối điều khiển nội IL này để có được kịch bản mã hóa MCS tối ưu; và

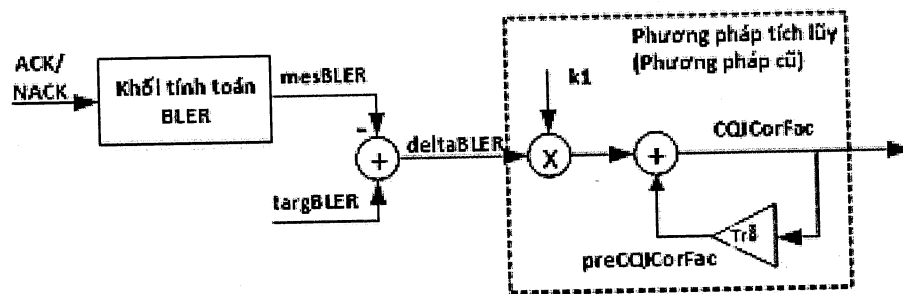
d) thực hiện lặp lại các bước a, b, c trên đây một cách liên tục sau khoảng thời gian cố định ΔT .



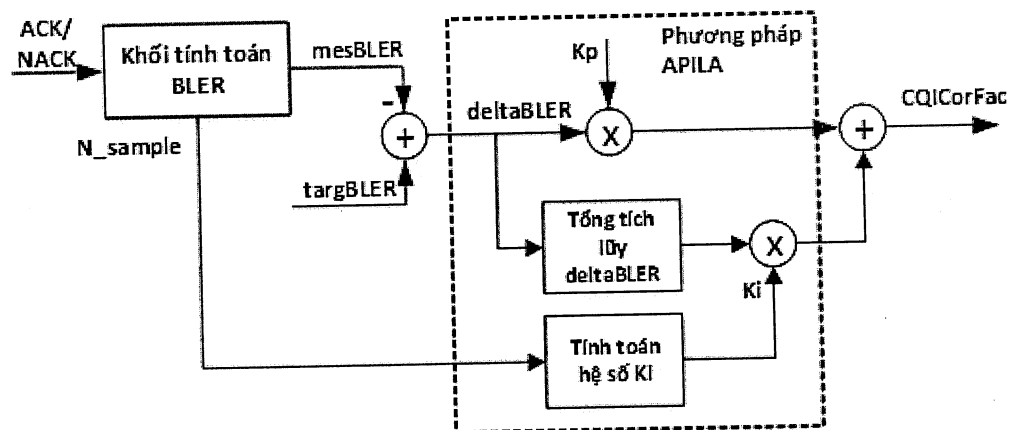
Hình 1



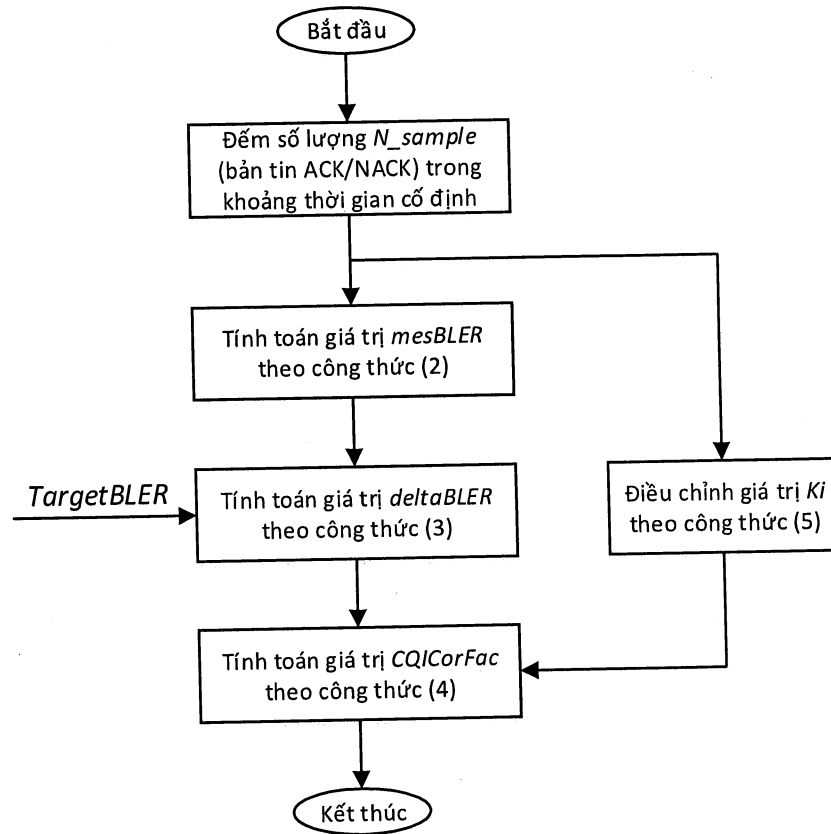
Hình 2



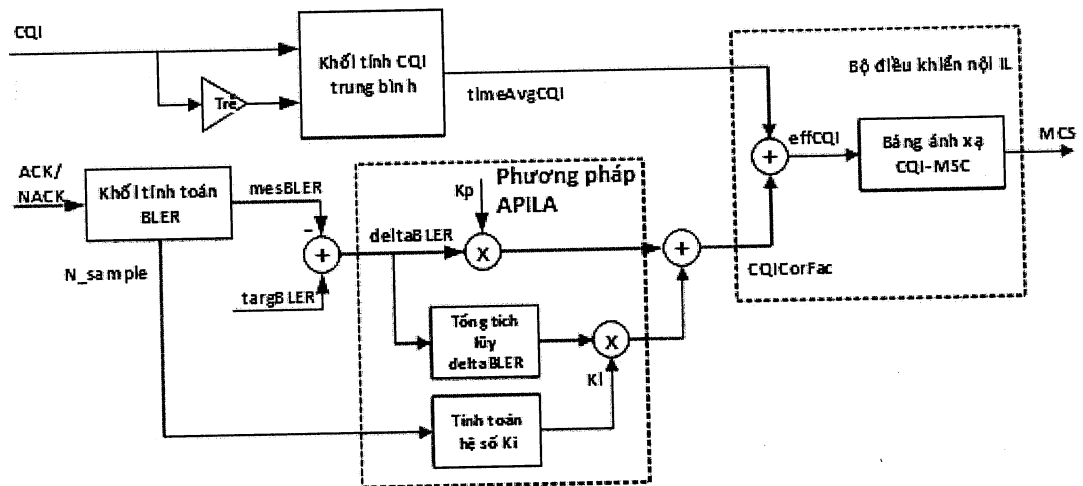
Hình 3a



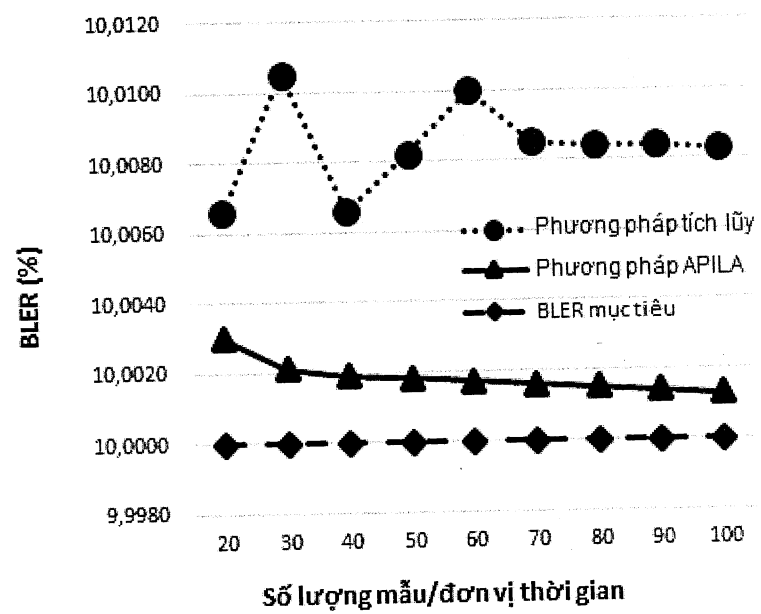
Hình 3b



Hình 4



Hình 5



Hình 6