ISSN 2354-0575

PHÂN TÍCH, ĐÁNH GIÁ CÁC KỸ THUẬT LẬP LỊCH ĐỂ ĐẢM BẢO CHẤT LƯỢNG DỊCH VỤ TRONG MẠNG 4G LTE

Phạm Công Doãn, Phạm Ngọc Thắng
Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Hưng Yên

Ngày tòa soạn nhận được bài báo: 20/04/2017
Ngày phản biện đánh giá và sửa chữa: 12/05/2017
Ngày bài báo được duyệt đăng: 22/05/2017

Tóm tắt:

Hiện nay, mạng 4G LTE đang được triển khai rộng rãi nhanh chóng trên thế giới cũng như ở Việt nam. Công nghệ LTE ra đời đưa mạng di động trở thành mạng hội tụ IP hoàn toàn, nâng khả năng truy cập dữ liệu với tốc độ lên đến hàng trăm Mb/s đã đem lại cho người dùng một mạng băng rộng thực sự mọi lúc mọi nơi. Công nghệ LTE, được phát triển trên nền tảng IP hoàn toàn, phục vụ cho các dịch vụ VOIP, video, streaming, internet băng rộng. Khi đó lớp truy nhập của LTE có nhiệm vụ đảm bảo và kiểm soát chất lượng dich vụ (QoS), nhằm phân bổ tài nguyên hợp lý và tối ưu cho người dùng, với khả năng truy cập các dịch vụ với độ trễ thấp nhất, băng thông rộng nhất có thể. Bộ lập lịch được sử dụng trong lớp MAC trong giao diện vô tuyến là thành phần quan trọng thực hiện chức năng này, trong đó kỹ thuật lập lịch là thành phần cốt lõi của nó. Dưới đây sẽ trình bày kết quả đánh giá các kỹ thuật lập lịch trong mạng 4G LTE, góp phần đưa ra việc lựa chọn giải pháp giao diện vô tuyến tối ưu nhằm nâng cao QoS.

Từ khóa: *4G LTE, Lập lịch, QoS, Thông tin di động.*

1. Đặt vấn đề

Công nghệ LTE (Long Term Evolution) được chấp nhận là công nghệ di động thế hệ thứ 4, hỗ trợ tốc độ dữ liệu lên tới 100Mb/s đường xuống và 50 Mb/s đường lên hiện đang được triển khai nhanh chóng trên thế giới cũng như ở Việt Nam [1, 2, 3]. Đối với các mạng di động đang trong quá trình triển khai thì việc đảm bảo chất lượng dịch vụ vẫn còn nhiều vấn đề phải giải quyết cả trong khâu quy hoạch lẫn truy nhập mạng [4].

Lớp truy nhập của mạng 4G LTE có nhiệm vụ kiểm soát và đảm bảo chất lượng dich vụ cung cấp. Bộ lập lịch với kỹ thuật lập lịch là cốt lõi, được sử dụng trong lớp MAC giao diện vô tuyến là thành phần quan trọng để thực hiện chức năng này [5, 6]. Kỹ thuật lập lịch đã được phát triển nhiều trong mạng Internet băng rộng như NS (New Scheduling), RR (Round Robin), MM (Maxmin), Best CQI, (MT) Max Throughput, PF (Proportional Fair),… [8, 9, 11]. Khi áp dụng vào mạng di động băng rộng có nhiều điểm khác biệt như ảnh hưởng của các thông số SNR, phân bố Anten, phân bố eNodeB, khoảng cách UE (User Equipment) đến NodeB,... Để áp dụng tốt kỹ thuật lập lịch trong mạng 4G LTE cần nhiều thông tin như thông lượng hiện tại, thông lượng tương lai, bố trí mạng lưới, vị trí địa lý, đặc điểm và thói quen truy cập của khách hàng, khả năng của đường truyền, khả năng xử lý eNodeB,… [10, 12]. Với nhiều yếu tố được liệt kê như vậy cho thấy, việc áp dụng kỹ thuật lập lịch rất quan trọng, ảnh hưởng nhiều đến hệ thống và cả người dùng. Do đó, việc nghiên cứu về các kỹ thuật lập lịch trong hệ thống thông tin di động 4G LTE ở lớp MAC trên giao diện vô tuyến, nhằm nâng cao chất lượng dịch vụ là vấn đề cần được quan tâm. Dưới đây sẽ xem xét, đánh giá một số thuật toán lập lịch điển hình trong mạng 4G LTE.

2. Đánh giá các kỹ thuật lập lịch trong mạng 4G LTE

Trong phần này, các mô phỏng mức độ liên kết được thực hiện để đánh giá kết quả của các thuật toán lập lịch đường xuống. Các kịch bản khác nhau về phương pháp lập kế hoạch, hệ thống truyền dẫn anten, các mô hình kênh và số lượng của người sử dụng được phân tích và đánh giá. Mô phỏng được thực hiện bằng chương trình LTE System Level Simulation trên nền Matlab [7].

Bảng 1 tóm tắt các thiết lập mô phỏng thiết yếu và các thông số được sử dụng cho các kịch bản mô phỏng khác nhau.

Bảng 1. *Các thông số thiết lập mô phỏng*

Tham số	Giá trị
Số người sử dụng	1, 10, 25, 50 và 100
Số lượng trạm gốc	1
Băng thông	20MHz
Loại kênh	Cho người đi bộ B và đi xe A
Chiều dài mô phỏng	100 TTI (Transmission Time Interval)
Thuật toán lập lịch	Round Robin, New Scheduling và Best CQI
Hệ thống truyền dẫn antenna	SISO, MIMO (2x2) và MIMO (4x4)

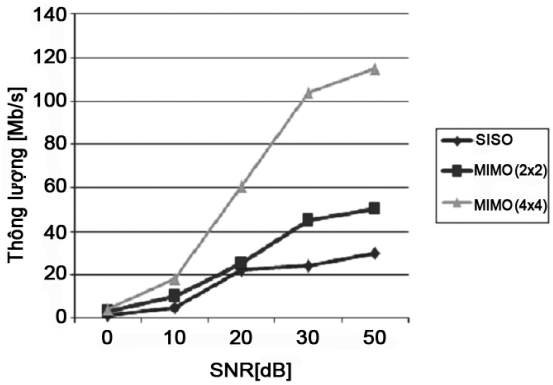
Các kết quả mô phỏng được đưa ra dưới dạng biểu đồ nhằm biểu diễn một cách tường minh nhất sự thay đổi của thông lượng theo SNR (Signal to Noise Ratio) qua việc thực hiện các thuật toán lập lịch khác nhau trong các kịch bản khác nhau [4].

2.1. Kịch bản 1

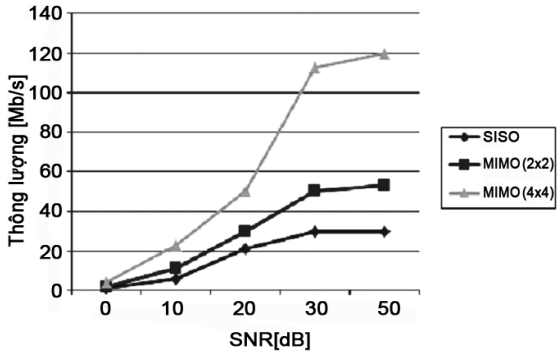
Số người sử dụng là 1; băng thông 20MHz; thời gian mô phỏng là 100 TTI; các hệ thống truyền dẫn antenna SISO và MIMO.

Trường hợp 1: Áp dụng thuật toán NS cho kết quả trên Hình 1 đối với loại kênh B và kết quả trên Hình 2 đối với loại kênh A.

Các biểu đồ hình 1 và 2 mô tả thông lượng sử dụng cho các hệ thống truyền dẫn antenna khác nhau. Ta nhận thấy rằng thông lượng của hệ thống SISO là thấp hơn so với các hệ thống MIMO và thông lượng của hệ thống MIMO (4x4) là cao nhất. Điều đó cho thấy rằng, hệ thống truyền dẫn có số antenna lớn hơn sẽ cho thông lượng lớn hơn. Thông lượng sẽ tăng lên khi SNR tăng và có thể đạt tối đa tới 115 Mb/s ứng với loại kênh B và 120Mb/s ứng với loại kênh A.



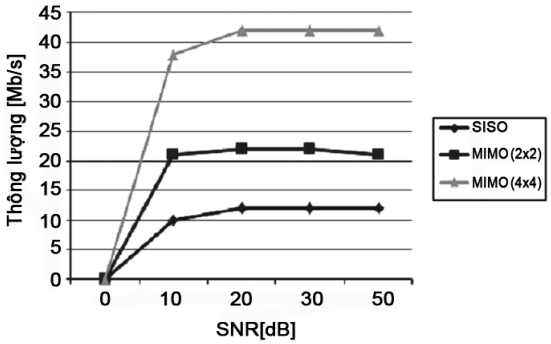
Hình 1. *Quan hệ SNR và thông lượng trong trường hợp 1 kịch bản 1 với loại kênh B*



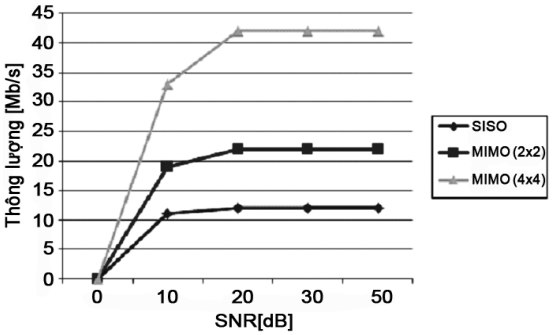
Hình 2. *Quan hệ SNR và thông lượng trong trường hợp 1 kịch bản 1 với loại kênh A*

Trường hợp 2: Áp dụng thuật toán RR; Kết quả đưa ra trên Hình 3 đối với loại kênh B và trên Hình 4 đối với loại kênh A.

Hình 3 và 4 hiển thị các mối quan hệ giữa SNR và thông lượng sử dụng cho các hệ thống truyền dẫn antenna khác nhau. Các kết quả trên biểu đồ hình 3 và 4 cũng cho thấy, thông lượng của hệ thống SISO thấp hơn của các hệ thống MIMO (2x2) và (4x4). Kết quả cũng chỉ rất rõ rằng, thông lượng của hệ thống MIMO (4x4) cao hơn khoảng 2 lần so với thông lượng của hệ thống MIMO (2x2) và thông lượng của hệ thống MIMO (2x2) cũng cao hơn so với thông lượng của hệ thống SISO khoảng 2 lần. Trong trường hợp này, thông lượng có thể đạt tối đa 42 Mb/s với cả 2 loại kênh B và A.

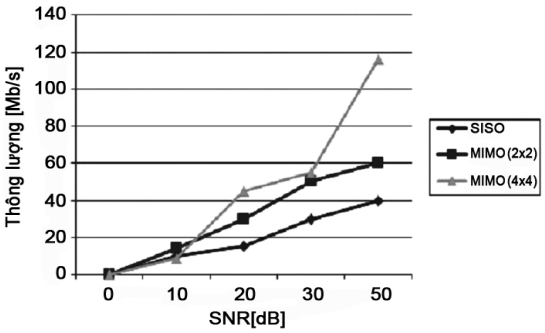


Hình 3. *Quan hệ SNR và thông lượng trong trường hợp 2 kịch bản 1 với loại kênh B*



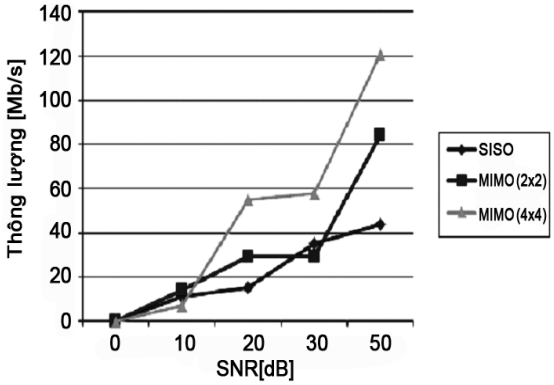
Hình 4. *Quan hệ SNR và thông lượng trong trường hợp 2 kịch bản 1 với loại kênh A*

Trường hợp 3: Áp dụng thuật toán Best CQI cho kết quả như Hình 5 đối với loại kênh B và kết quả trên Hình 6 đối với loại kênh A.



Hình 5. *Quan hệ SNR và thông lượng trong trường hợp 3 kịch bản 1 với loại kênh B*

Hình 5 và 6 biểu thị quan hệ giữa SNR và thông lượng sử dụng cho các hệ thống SISO và MIMO. Một lần nữa ta lại thấy rằng, thông lượng của hệ thống MIMO (4x4) cao hơn khoảng 2 lần so với hệ thống MIMO (2x2) và cao hơn 4 lần so với hệ thống SISO. Thêm nữa, thông lượng tăng theo SNR và có thể đạt giá trị tối đa là 121Mb/s với loại kênh B và 120Mb/s với loại kênh A.

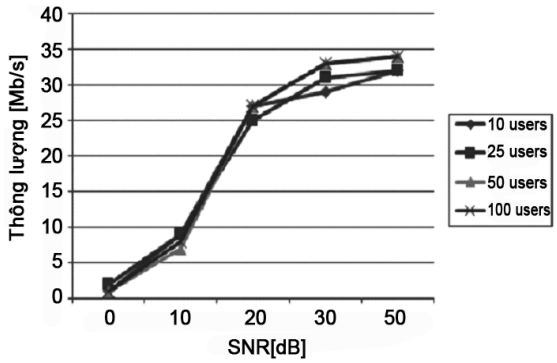


Hình 6. *Quan hệ SNR và thông lượng trong trường hợp 3 kịch bản 1 với loại kênh A*

2.2. Kịch bản 2

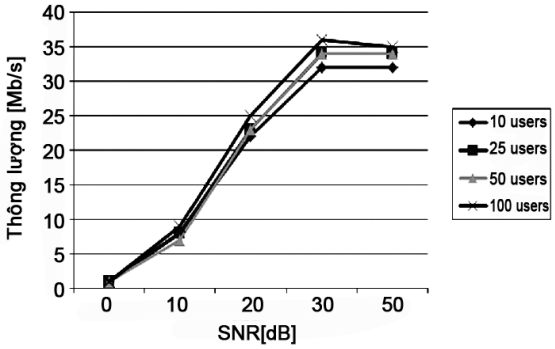
Nhiều người sử dụng; băng thông 20MHz; thời gian mô phỏng là 100 TTI; hệ thống truyền dẫn antenna SISO.

Trường hợp 1: Áp dụng thuật toán NS cho kết quả mô tả quan hệ giữa SNR và thông lượng như trên Hình 7 (đối với loại kênh B) và Hình 8 (đối với loại kênh A).



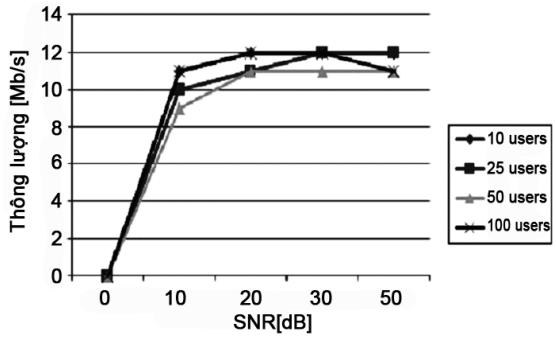
Hình 7. *Quan hệ SNR và thông lượng trong trường hợp 1 kịch bản 2 với loại kênh B*

Từ đồ thị hình 7, 8 có thể thấy rằng thông lượng của tế bào cho các nhóm người dùng khác nhau (10, 25, 50 và 100) tăng tỉ lệ với SNR. Thông lượng trong trường hợp này cao hơn thông lượng trong trường hợp thuật toán lập lịch là RR và đạt giá trị tối đa là 35Mb/s với loại kênh B và 36Mb/s với loại kênh A.

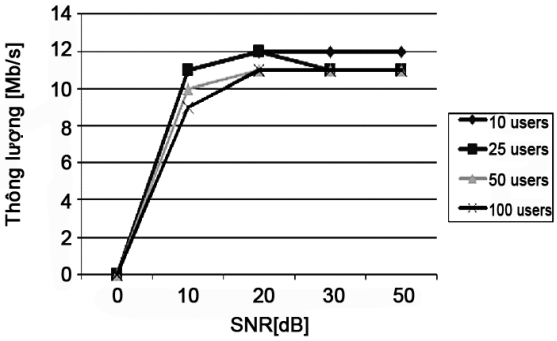


Hình 8. *Quan hệ SNR và thông lượng trong trường hợp 1 kịch bản 2 với loại kênh A*

Trường hợp 2: Áp dụng thuật toán RR cho kết quả mô tả quan hệ SNR và thông lượng như trên Hình 9 (đối với loại kênh B) và Hình 10 (đối với loại kênh A).



Hình 9. *Quan hệ SNR và thông lượng trong trường hợp 2 kịch bản 2 với loại kênh B*

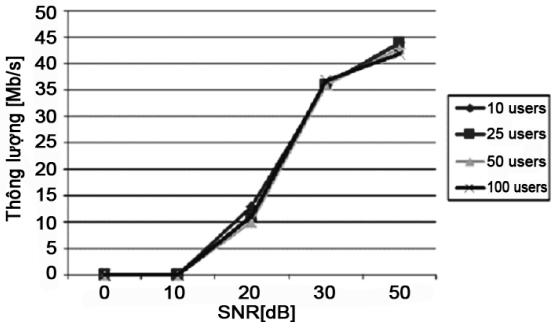


Hình 10. *Quan hệ SNR và thông lượng trong trường hợp 2 kịch bản 2 với loại kênh A*

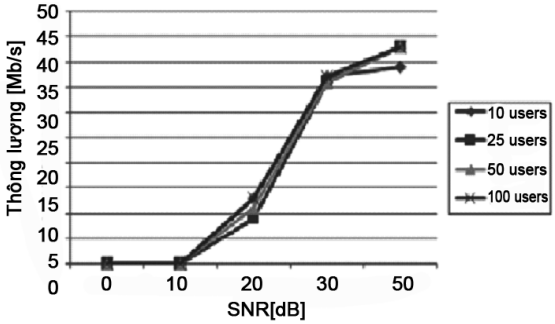
Hình 9, 10 cho thấy, thông lượng ứng với số lượng khác nhau của người sử dụng (10, 25, 50 và 100) là chênh lệch không đáng kể. Đối với trường hợp của 10 người sử dụng mỗi người dùng có thể được sắp xếp 10 lần. Trường hợp có 20 người sử dụng, mỗi người dùng có thể được sắp xếp 5 lần. Trường hợp có 50 người dùng, mỗi người dùng có thể được sắp xếp 2 lần và nếu có 100 người sử dụng,

mỗi người dùng có thể được sắp xếp một lần. Đó là lý do tại sao thông lượng cho các thiết lập khác nhau của người sử dụng là chênh lệch không đáng kể. Thông lượng tối đa trong trường hợp kênh B và A đều là 12 Mb/s.

Trường hợp 3: Áp dụng thuật toán Best CQI cho kết quả mô tả quan hệ SNR và thông lượng như trên Hình 11 (đối với loại kênh B) và Hình 12 (đối với loại kênh A).



Hình 11. *Quan hệ SNR và thông lượng trong trường hợp 3 kịch bản 2 với loại kênh B*



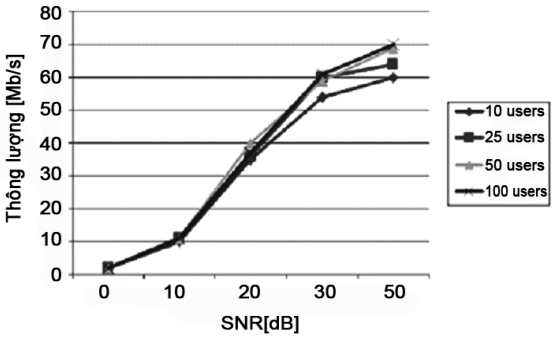
Hình 12. *Quan hệ SNR và thông lượng trong trường hợp 3 kịch bản 2 với loại kênh A*

Hình 11, 12 thể hiện rõ, thông lượng gần như là bằng 0 trong dải giá trị SNR từ 0 dB đến 10 dB. Điều này là do các điều kiện kênh rất xấu cho mọi người sử dụng. Từ 10 dB trở đi có thể thấy rằng, thông lượng nhanh chóng tăng lên theo SNR do khả năng tìm thấy một người dùng với CQI (Channel Quality Information) cao hơn trên một RB (Resource Block) nhất định. Thông lượng di động tối đa trong trường hợp này là 45Mb/s với loại kênh B và gần đạt 45Mb/s với loại kênh A.

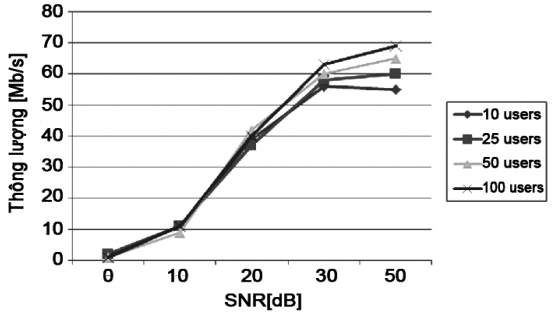
2.3. Kịch bản 3

Nhiều người sử dụng; băng thông 20MHz; thời gian mô phỏng là 100 TTI; hệ thống truyền dẫn antenna MIMO (2x2).

Trường hợp 1: Áp dụng thuật toán NS cho kết quả mô tả quan hệ SNR và thông lượng như trên Hình 13 (đối với loại kênh B) và Hình 14 (đối với loại kênh A).



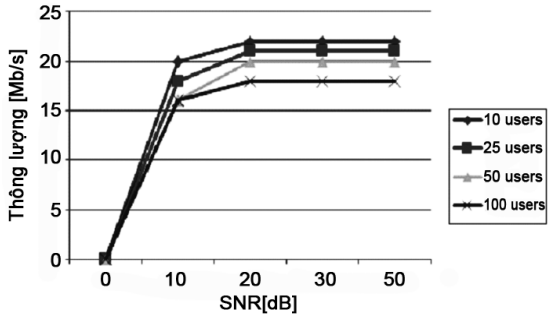
Hình 13. *Quan hệ SNR và thông lượng trong trường hợp 1 kịch bản 3 với loại kênh B*



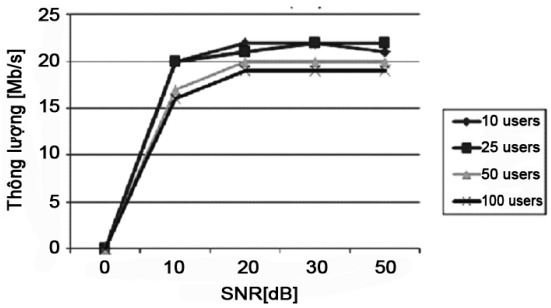
Hình 14. *Quan hệ SNR và thông lượng trong trường hợp 1 kịch bản 3 với loại kênh A*

Trường hợp 2: Áp dụng thuật toán RR cho kết quả mô tả quan hệ SNR và thông lượng như trên Hình 15 (đối với loại kênh B) và Hình 16 (đối với loại kênh A).

Từ đồ thị hình 15, 16 cho thấy, thông lượng trong các thiết lập khác nhau của nhóm người sử dụng (10, 25, 50 và 100) là gần giống nhau. Ta biết rằng có 100 RBs trong băng thông 20 MHz nên đối với trường hợp có 10 người sử dụng thì mỗi người dùng có thể được sắp xếp 10 lần; khi có 20 người sử dụng, mỗi người có thể được sắp xếp 5 lần; khi có 50 người sử dụng, mỗi người có thể được dự kiến 2 lần và nếu có 100 người sử dụng, mỗi người dùng chỉ có thể được sắp xếp một lần. Trong trường hợp này, thông lượng tối đa khoảng 22 Mb/s đối với cả 2 loại kênh B và A, cao hơn trường hợp hệ thống SISO đã trình bày ở kịch bản 3 khoảng 2 lần.



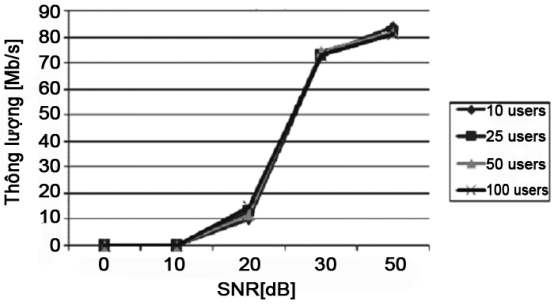
Hình 15. *Quan hệ SNR và thông lượng trong trường hợp 2 kịch bản 3 với loại kênh B*



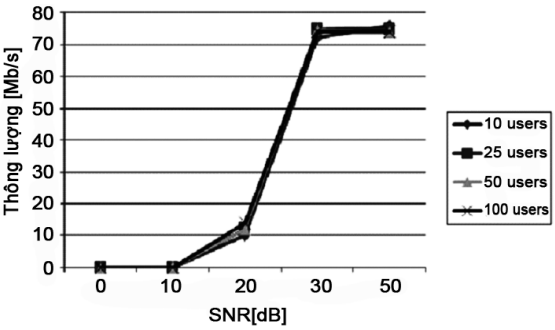
Hình 16. *Quan hệ SNR và thông lượng trong trường hợp 2 kịch bản 3 với loại kênh A*

Trường hợp 3: Áp dụng thuật toán Best CQI cho kết quả mô tả quan hệ SNR và thông lượng như trên Hình 17 (đối với loại kênh B) và Hình 18 (đối với loại kênh A).

Hình 17, 18 cho thấy, quan hệ giữa thông lượng và SNR giống như trường hợp 2 ở kịch bản 3 nhưng thông lượng tối đa trong trường hợp này là 84 Mb/s đối với loại kênh B và 75Mb/s đối với loại kênh A, cao hơn so với trường hợp 2 ở kịch bản 3 (hệ thống SISO) 2 lần.



Hình 17. *Quan hệ SNR và thông lượng trong trường hợp 3 kịch bản 3 với loại kênh B*



Hình 18. *Quan hệ SNR và thông lượng trong trường hợp 3 kịch bản 3 với loại kênh A*

Nhận xét: Qua các kịch bản mô phỏng kỹ thuật lập lịch trình bày ở trên có thể nhận thấy rằng, kỹ thuật Best CQI có thông lượng cao nhất so với NS và RR. Các kết quả mô phỏng cũng minh chứng rõ hệ thống MIMO cho phép tăng công suất và dung lượng hệ thống so với SISO.

Tùy thuộc vào mục tiêu của bài toán thiết kế mà ta có thể chọn thuật toán lập lịch cho hợp lý để cải thiện thông lượng, sự công bằng hoặc cả hai. Nếu ưu tiên thông lượng ta có thể chọn thuật toán Best CQI hoặc thuật toán NS. Nhưng nếu ưu tiên sự công bằng thì ta nên chọn thuật toán NS hoặc RR.

MIMO là một trong những công nghệ giúp cho việc tăng thông lượng. Các kỹ thuật tiên tiến và phức tạp hơn cũng có thể được thiết kế với mục tiêu này. Một trong những kỹ thuật này là đặt một relay giữa trạm gốc và trạm di động.

3. Kết quả và thảo luận

Trong khuôn khổ bài báo cũng chỉ mới trình bày các phân tích và đánh giá của 3 kỹ thuật lập lịch là NS, RR và Best CQI. Qua các phân tích các kết quả mô phỏng ở trên về thông lượng và SNR của từng cell và từng UE (User Equipment) theo các thuật toán khác nhau và kết hợp với một số kết quả khác [10, 11] ta có thể rút ra kết luận: việc đảm bảo độ công bằng kết hợp giảm thiểu lỗi gói thì các kỹ thuật Maxmin và PF cho kết quả tốt, còn RR chỉ đảm bảo công bằng đơn thuần về thời gian truy nhập của UE nhưng không quan tâm lỗi BLER (Block Error Rate). Về thông lượng thì các kỹ thuật MT và Best CQI là cao nhất đối với cell cũng như UE, nhưng không có độ công bằng giữa các UE. Vì thế, qua đánh giá các kỹ thuật lập lịch, có thể đưa ra các xếp hạng như sau (theo thứ tự từ tốt nhất):

- Về thông lượng: Best CQI, MT, PF, MM, RR;
- Về độ công bằng: Maxmin, PF, RR, MT, Best CQI.
- Tổng hợp các thông số về công bằng, thông lượng và BLER: PF, MM, Best CQI, MT, RR.

Qua các đánh giá trên ta thấy rằng, việc đảm bảo QoS của mạng 4G LTE dựa trên kỹ thuật lập lịch có nhiều thuật toán khác nhau với chất lượng và độ phức tạp khác nhau. Do đó cần căn cứ vào yêu cầu thực tế về chất lượng dịch vụ, thông số kỹ thuật và chi phí triển khai mà lựa chọn thuật toán cho phù hợp.

Tài liệu tham khảo

[1]. Harri Holma, Antti Toskala, *LTE for UMTS – OFDMA and SC-FDMA Based Rad io Access*, John Wiley & Sons Ltd, 2009.

[2]. Agilent Technologies, *3GPP Long Term Evolution: System Overview*, Product Development and Test Challenges, 2009.

[3]. Farooq Khan, *LTE for 4G Mobile Broadband: Air Interface Technologies and Performance*, Cambridge University Press, 2009.
[4]. Tshiteya Dikamba, *Downlink Scheduling in 3GPP Long Term Evolution (LTE)*, Thesis-Delft University of Technology, March 18th, 2011.
[5]. R. Ludwig, H. Ekstrom, P. Willars, and N. Lundian, "*An Evolved 3GPP QoS Concept*", in IEEE Vehicular Technology Conference, vol. 1, May 2006, pp. 388–392.
[6]. H. Ekstrom, "*QoS Control in the 3GPP Evolved Packet Systems*", IEEE Communications Magazine, vol. 47, no. 2, pp. 76–83, February 2009.
[7]. Josep Colom Ikuno, Martin Wrulich, Markus Rupp, *Vienna LTE Simulators System Level Simulator Documentation v1.3r427*, Institute of Communications and Radio-Frequency Engineering, Vienna University of Technology, Austria, 2011.
[8]. Stefan Schwarz, Christian Mehlfuhrer, Markus Rupp (2009), *Low Complexity Approximate Maximum Throughput Scheduling for LTE*, http://ieeexplore.ieee.org/document/5757800/, 2011.
[9]. C. Mehlfuhrer, M. Wrulich, J.C Ikuno, D.Bosanska, and M. Rupp, "*Simulating the Long Term Evolution Physical Layer*'', in Proc. of the 17th, European Signal Processing Conference (EUSIPCO 2009), Glasgow, Scotland, Aug. 2009.
[10]. Nguyễn Hữu Thanh, "*Xây dựng các cơ chế cung cấp chất lượng dịch vụ QoS) của mạng không dây băng thông rộng họ IEEE802*", Báo cáo tổng hợp kết quả khoa học công nghệ nhiệm vụ khoa học công nghệ cấp nhà nước theo nghị định thư với nước ngoài, Khoa Điện tử - Viễn thông, ĐHBK Hà Nội, 2010.
[11]. Nguyễn Quốc Khánh, "*Nghiên cứu kỹ thuật lập lịch nâng cao chất lượng dịch vụ thông tin di động LTE*", Luận văn thạc sỹ, Đại học Đà Nẵng, 2011.
[12]. C.Cicconetti, A.Erta, L.Lenzini and E.Mingozzi, "*Performance Evaluation of the IEEE 802.26 MAC for QoS Support*", IEEE Transactions on Mobile Computing, vol.6, no.1, pp.26-38, 2007.

ANALYSIS AND EVALUATION OF THE SCHEDULES TECHNICAL TO ENSURE QUALITY OF SERVICE FOR 4G LTE NETWORK

Abstract:

Currently, The 4G LTE networks are being deployed widely, and quickly in the world as well as in Vietnam. LTE technology has made mobile networks a complete IP convergence network, data access speed capability up to hundreds of megabits per second, giving users real-time broadband access at any time and any where. LTE technology, developed on a complete IP platform, serves VOIP, video, streaming and broadband internet services. The LTE access layer is responsible for securing and controlling the quality of service (QoS), in order to allocate resources reasonably and optimally to the user, with access to the services with the lowest latency, and the most Broadband as possible. The scheduler used in the MAC layer in the wireless interface is an important component of this function, where the scheduling technique is a core component of the scheduler. The paper is find the results of assessment of scheduling techniques in 4G LTE networks, contributing to the selection of optimal radio interface solutions to improve QoS.

Keywords: *4G LTE, Schedule, QoS, Mobile Information.*