

Mạng truy nhập băng rộng tích hợp NG-PON/LTE-Advanced

Nguyễn Trần Tiên,
Dương Thị Thanh Tú

Bài báo giới thiệu một mô hình mạng truy nhập mới, mạng truy nhập băng rộng tích hợp NG-PON/LTE-Advanced với thành phần quản lý tài nguyên vô tuyến ONU-eNB và cơ chế loopback trong mạng quang thụ động, giúp cải thiện hiệu suất mạng, giảm chi phí cho nhà đầu tư cũng như nâng cao QoS cho người dùng.

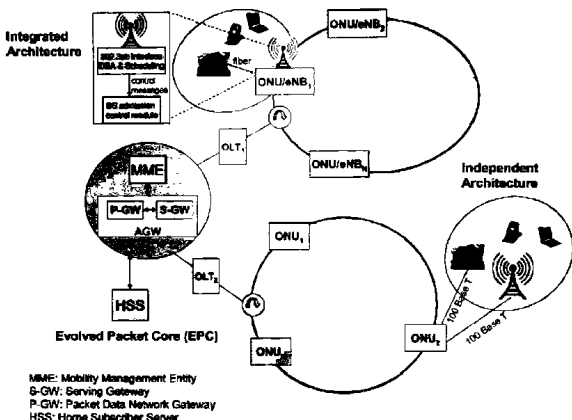
GIỚI THIỆU CHUNG

Mô hình mạng truy nhập băng rộng tích hợp quang - vô tuyến là mô hình kết hợp giữa mạng truy nhập quang thụ động, có dung lượng truy nhập cao, chất lượng ổn định với một hoặc một vài mạng truy nhập không dây, có dung lượng truy nhập thấp hơn, độ ổn định không cao nhưng lại mang tính di động. Mô hình truy nhập này giúp người dùng có thể đảm bảo truy nhập dữ liệu mọi lúc, mọi nơi với tốc độ cao. Hơn nữa, các đặc điểm bổ sung cho nhau của chúng giúp nhà cung cấp khai thác tối đa các nguồn tài nguyên cũng như giảm chi phí giá thành. Đại diện tiêu biểu của mô hình này là EPON-WiMax với thành phần tích hợp ONU-BS [1].

Tuy nhiên, cùng với sự phát triển của công nghệ

và thời gian, nhu cầu chất lượng dịch vụ QoS (Quality of Service) của người dùng đầu cuối trong hệ thống mạng nói chung và mạng di động nói riêng ngày càng tăng cao. Những người dùng này có xu hướng mong muốn khả năng truy nhập Internet từ các thiết bị di động thông minh của họ tăng lên. Không những thế họ còn muốn các thiết bị như tủ lạnh, TV hay máy giặt của họ thông minh hơn và đặc biệt chúng có khả năng kết nối Internet để trao đổi thông tin với nhau... Vì vậy, những công nghệ mới, những mô hình mới ra đời.

Đầu tiên, để giải quyết yêu cầu gia tăng lưu lượng của người dùng di động, công nghệ 4G ra đời với đại diện tiêu biểu LTE Advanced với khả năng download 3 Gbps, upload 1,5 Gbps, hiệu suất phổ cao hơn, tăng số lượng thuê bao đang hoạt động cùng một lúc, cải thiện hiệu suất biên, đáp ứng nhu cầu truy nhập không dây của người dùng. Tuy nhiên, để đảm bảo được các khả năng trên, LTE Advanced yêu cầu lớn về mật lưu lượng đối với mạng truyền dẫn di động (mobile backhaul - MBH). Giá thành để triển khai lắp đặt MBH lớn làm đôi thêm chi phí tổng cộng cho việc triển khai công nghệ rất nhiều.



Hình 1: Mô hình mạng truy nhập tích hợp NG-PON- LTE [2].

Vì vậy, giải pháp truy nhập quang - vô tuyến vẫn được áp dụng nhưng được nâng lên một bước phát triển mới. Đó là mô hình tích hợp truy nhập quang thế hệ mới (NG-PON) và LTE (Hình 1).

Mạng truy nhập quang thụ động dựa trên nền mạng truy nhập FTTx được phát triển ở hầu khắp các quốc gia trên thế giới, trong đó có Việt Nam với hai đại diện tiêu biểu là công nghệ PON gigabit sử dụng ghép kênh phân chia đơn theo thời gian (TDM) và EPON. Với sự phát triển nhanh chóng và không ngừng của cả lưu lượng không dây và có dây, để đáp ứng được yêu cầu về băng thông, không chỉ có sự phát triển vượt bậc của công nghệ truy nhập không dây với LTE và LTE-advanced, công nghệ truy nhập quang cũng có một bước tiến mới. Đó là truy nhập quang thế hệ mới NG-PON với khả năng tương thích với cả hai hệ thống EPON và GPON trước đó, nhưng băng thông tăng lên rất nhiều [2].

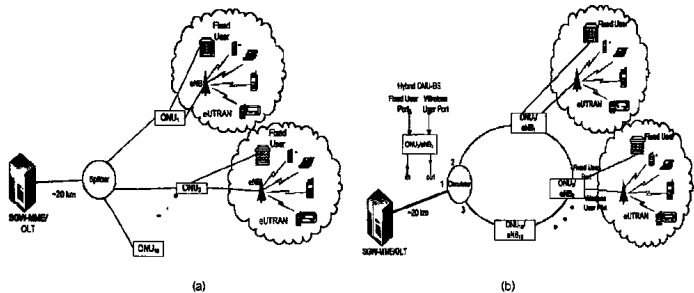
Phần tiếp theo của bài báo sẽ giới thiệu các mô hình kiến trúc lai ghép tích hợp NG-PON/LTE

Advanced. Trong đó các ONU của NG-PON và eNB của LTE Advanced được tích hợp vào một thiết bị duy nhất.

KIẾN TRÚC MẠNG TRUY NHẬP BẰNG RỘNG TÍCH HỢP NG-PON/LTE-A

Kiến trúc tích hợp

Có hai phương pháp chính để tích hợp hai công nghệ truy nhập quang và không dây lại với nhau. Đó là Radio over Fiber (RoF) và Radio and Fiber (R&F). Trong phương pháp RoF, các tín hiệu vô tuyến được điều chế trực tiếp vào sóng mang. Trong phương pháp R&F, tích hợp được thể hiện ở lớp 2 và lớp 3, do đó có hai kiến trúc khác nhau. Một là kiến trúc độc lập, theo đó các ONU và eNB kết nối với nhau theo một giao diện Ethernet chung. Hai là kiến trúc tích hợp (Hình 2), theo đó cho phép tích hợp cả phần cứng và phần mềm của ONU và eNB vào cùng một thiết bị duy nhất gọi là ONU-eNB với hai dạng

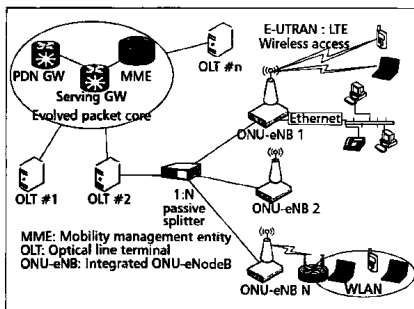


Hình 2: Kiến trúc tích hợp NG-PON/LTE-A (a) topo hình sao, (b) topo mạng vòng [3].

topo: hình sao hoặc mạng vòng [3].

Trong kiến trúc này, kiến trúc NG-PON dạng cây hoặc mạng vòng được sử dụng là nguồn truyền dẫn di động của LTE Advanced. ONU-eNB kết nối với một OLT thông qua một bộ chia thụ động 1:N và mỗi OLT kết nối với mạng lõi LTE Advanced. Vì một cổng S-GW có khả năng xử lý một số lượng lớn eNB nên một vài OLT có thể được kết nối với một S-GW (Hình 3). Một trong những lợi thế của kiến trúc này

đó là thông tin lập lịch và phân bổ tài nguyên được chia sẻ giữa ONU và eNB, điều này giúp cải thiện đáng kể hiệu suất. Bảng thông được phân bổ bởi OLT đến ONU-eNB cần phải được phân bổ giữa các kênh mang UE. Tuy nhiên, bảng thông nhận được tại ONU-eNB thay đổi bất kỳ trong mỗi chu kỳ phân bổ bảng thông. Có thể nó sẽ nhận được ít hơn lượng cần thiết, vì vậy cần phải bù đắp thiếu hụt bằng một bộ lập lịch LTE đường lên nằm trong ONU-eNB thì mới đảm bảo yêu cầu QoS.

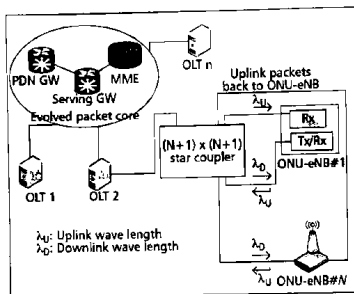


Hình 3: Phân tích kiến trúc tích hợp [4].

Kiến trúc tích hợp loopback

Kiến trúc tích hợp loopback được coi là bản nâng cấp của kiến trúc tích hợp (Hình 1). Kiến trúc tích hợp loopback sử dụng một cơ chế loopback tại bộ chia thụ động. Nghĩa là dữ liệu đường lên sau khi gửi từ một ONU-eNB được lặp lại tại bộ chia thụ động tới tất cả các ONU-eNB khác mà có cùng kết nối với splitter. Cơ chế này dễ dàng được thực hiện bằng cách sử dụng một bộ chia thụ động $(N+1) \times (N+1)$. Điều quan trọng là kiến trúc của bộ chia này không làm thay đổi tính chất thụ động của mạng [4].

Ưu điểm của kiến trúc này là khả năng hỗ trợ trực tiếp giữa các ONU-eNB có kết nối chung với một OLT. Trong kiến trúc loopback, lưu lượng giữa các ONU-eNB không cần phải đi qua OLT như là các kiến trúc được trình bày ở phần trên. Từ góc nhìn kiến trúc LTE, các tín hiệu chuyển vùng (handover) giữa các eNB lân cận có thể được chuyển một cách hiệu quả



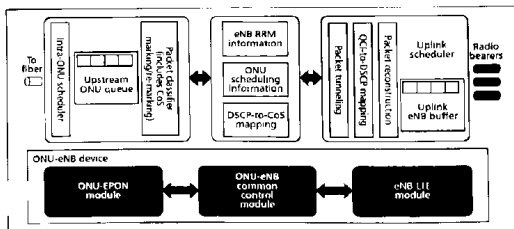
Hình 4: Kiến trúc tích hợp loopback [4].

thông qua SC bằng cách tạo ra giao diện X2 tuân thủ các tiêu chuẩn của LTE. Do đó, trễ bởi lưu lượng chuyển vùng có thể được giảm bớt, từ đó nâng cao hiệu suất tổng thể mạng. Hơn nữa, kiến trúc này còn làm tăng dung lượng đường xuống, bởi vì lưu lượng giao diện X2 cũng như lưu lượng của bất cứ ONU-eNB nào cũng có thể được truyền qua SC

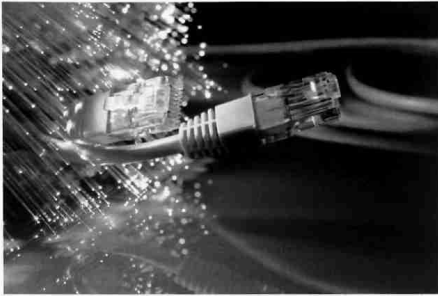
(soi cáp quang nối thêm) mà không cần tốn bằng thông đường xuống.

ĐẢM BẢO QoS TRONG MẠNG TÍCH HỢP

Đảm bảo QoS là một trong những thách thức của mạng tích hợp NG-PON/LTE Advanced. Theo đó một sự kết hợp giữa phần cứng và phần mềm, giữa hai công nghệ LTE Advanced và NG-PON cần phải được xem xét kỹ lưỡng với thành phần mấu chốt là thuật bị tích hợp phần cứng và phần mềm của NG-PON và LTE Advanced (Hình 5). Trong đó, ba module điều



Hình 5: Cấu trúc, chức năng ONU-eNB [2].



khuyến chỉnh của ONU-eNB, bao gồm: modun điều khiển ONU, modun điều khiển eNB và modun điều khiển chung.

Mỗi modun sẽ có một CPU điều khiển bên trong. Giao diện modun ONU với phần PON sẽ chạy giao thức NG-PON, giao diện modun eNB của LTE A sẽ chạy các giao thức LTE A. Giao diện modun chung sẽ quản lý và điều phối các nguồn tài nguyên quang, vô tuyến chung. Tại đây nó cũng thực hiện các thuật toán DBA và lập lịch gói thích hợp. Modun ONU và eNB gửi các trạng thái hàng đợi, yêu cầu băng thông của chúng đến modun chung. Dựa trên các thông tin này, modun chung đưa ra các quyết định phân bổ tài nguyên đến ONU và eNB một cách tối ưu. Cụ thể, modun điều khiển ONU bao gồm các chức năng lập lịch gói EPON, ưu tiên hàng đợi và phân loại các gói tin. Tương tự như vậy, modun LTE thực hiện chức năng ánh xạ (ánh xạ bearer UE đến đường hầm di động), phân loại gói eNB, và lập lịch đường lên LTE A. Cuối cùng modun chung có chức năng thiết lập ánh xạ QoS giữa EPON và LTE A, kiểm soát nghẽn, cũng như tích hợp DBA, phân bổ tài nguyên và chia sẻ các giao thức và thuật toán.

Để đảm bảo QoS trong trường hợp băng thông cung cấp cho các eNB trong một chu kỳ là không

đủ thì (Fonseca June 2014) phương pháp sử dụng thông tin truyền dẫn di động (backhaul information) để bộ lập lịch LTE tùy chỉnh sao cho đảm bảo QoS [5]. Theo đó một nhân tố $C(k)$ được giới thiệu:

$$C(k) = \frac{Gate(k)}{Report(k-1)}$$

Với $Gate(k)$ là số byte được cấp phát cho một ONU-eNB bởi một OLT trong chu kỳ thứ k và $Report(k-1)$ là số byte yêu cầu của ONU-eNB trong chu kỳ thứ $(k-1)$. Khi $C(k)$ bằng 1 thì có nghĩa là liên kết truyền dẫn di động không tắc nghẽn và bộ lập lịch LTE hoạt động bình thường. Khi $C(k)$ nhỏ hơn 1 thì liên kết EPON tạm thời bị tắc nghẽn (tức là thiếu hụt băng thông) và các giá trị ưu tiên của non-GBR bearers cần phải được giảm xuống để bù đắp sự thiếu hụt này. Các bộ lập lịch phải được sửa đổi để giảm số lượng lưu lượng ưu tiên dự kiến khi tải truyền dẫn tăng cao. Giá trị của $C(k)$ cần phải được cập nhật định kỳ (thông thường là 4ms) để đảm bảo QoS.

Một cách thức khác cũng giúp cải thiện QoS trong mạng tích hợp là sử dụng bộ lập lịch QoS nền tảng Z (Z-Based QoS Scheduler-ZBQoS) [6], [7]. Trong đó, sử dụng hàm Z để giải quyết vấn đề ưu tiên băng thông thay đổi của kênh mạng. $C(k)$ cũng được sử



dụng trong bộ lập lịch ZBQoS và được gọi là *Hybrid Z-Based QoS Scheduler* (HZBQoS). Theo kết quả trong [6] thì bộ lập lịch HZBQoS cung cấp tỷ lệ trễ ràng buộc và đảm bảo tốt hơn ZBQoS ngay trong khi mạng truyền dẫn di động và di động đang trong trạng thái tải nặng.

KẾT LUẬN

Mô hình mạng truy nhập băng rộng NG-PON/LTE-Advanced là một sự kết hợp hoàn hảo, bằng việc sử dụng NG-PON như là truyền dẫn di động để nhiều eNB (LTE-Advanced) kết nối. Lợi dụng băng thông cao của truyền dẫn NG-PON để nâng tầm phủ sóng dịch vụ của LTE-Advanced. Kiến trúc mạng lai ghép loopback cũng như những ý tưởng đảm bảo QoS được giới thiệu trong bài báo đã mở ra cơ hội đầy hứa hẹn của việc tích hợp hai công nghệ mới trong quang và không dây lại với nhau. Một ONU-eNB thông minh có khả năng tự sắp xếp thỏa thuận băng thông giữa hai hệ thống sao cho chất lượng phục vụ người dùng cao nhất cũng là giải pháp hay để nâng cao hiệu suất mạng tích hợp.

Tài liệu tham khảo

- [1]. TUCKER, G.S.a.R.S., *Fixed mobile convergence architectures for broadband access: integration of EPON and WIMAX*. IEEE Communications Magazine, August 2007.
- [2]. MOHAMED A. ALI, G.E., HASAN ERKAN, ANTONIS HADJANTONIS, and ROGER DORSINVILLE, *On the Vision of Complete Fixed-Mobile Convergence*. Journal of Lightwave Technology, VOL. 28, August 15, 2010.
- [3]. SHAHAB HUSSAIN, SYED R. ZAIDI, M.A. ALI, *Next Generation PON based LTE architecture and Challenges in Femtocells Deployments*, International Journal of Research in Wireless System (IJRWS), December 2012.
- [4]. CHATHURIKA RANAWEEERA, E.W., CHRISTINA LIM, AND AMPALAVANAPILLAI NIRMALATHAS, *Next Generation Optical-Wireless Converged Network Architectures*. IEEE Network, March/April 2012.
- [5]. CARLOS A. ASTUDILLO, N.L.S.D.F., *Standard-Compliant QoS Provisioning Scheme For LTE/EPON Integrated Networks*. IEEE Wireless Communications, June 2014.
- [6]. CARLOS A. ASTUDILLO, N.L.S.D.F., JULIANA FREITAG BORIN, *LTE Scheduler for LTE/TDM-EPON Integrated Networks*. IEEE WCNC'14 Track 2 (MAC and Cross-Layer Design), 2014: p. 1409-1414.
- [7]. C. A. ASTUDILLO, J.F.B., AND N. L. S. DA FONSECA, *LTE Time-Domain Uplink Scheduler for QoS Provisioning*. IEEE GLOBECOM, 2013.

