

Mạng truy nhập băng rộng tích hợp GPON-WiMax đa tầng

ThS. Dương Thị Thanh Tú

Bài báo giới thiệu về một loại hình mạng truy nhập băng rộng tích hợp quang - vô tuyến cung cấp đồng thời hai loại hình dịch vụ: truy nhập vô tuyến và truy nhập hữu tuyến trên một hạ tầng mạng duy nhất. Trong đó, GPON đóng vai trò backhaul kết nối các trạm cơ sở WiMax phân tán dựa trên kiến trúc tích hợp GPON- WiMax đa tầng.

GIỚI THIỆU CHUNG

Ngày nay, công nghệ Internet phát triển mạnh mẽ, cung cấp hàng loạt các dịch vụ băng rộng như IPTV, VoD, P2P... Để đáp ứng được yêu cầu ngày càng tăng về băng thông cho các loại hình dịch vụ trên, mạng truy nhập đã có những bước phát triển mạnh mẽ: Từ việc phát triển công nghệ xDSL trên mạng cáp đồng truyền thống ADSL, ADSL2, ADSL2+, VDSL, VDSL2, HDSL, HDSL2, HDSL4, SHDSL đến phát triển các công nghệ tiên tiến trên nền mạng quang PON bao gồm cả FTTH, FTTN, FTTC với hai chuẩn công nghệ quang thụ động tiêu biểu là mạng quang

thụ động Ethernet EPON và mạng quang thụ động có dung lượng gigabit GPON. Trong đó, EPON dựa trên nền mạng Ethernet truyền thống còn GPON dựa trên nền công nghệ mạng quang thụ động băng rộng BPON truyền thống.

Song hành với sự phát triển mạnh mẽ của công nghệ hữu tuyến, công nghệ truy nhập vô tuyến cũng có những bước chuyển mình nhanh chóng: Từ công nghệ truy nhập WiFi truyền thống với dung lượng di chuyển thấp, bán kính phủ sóng nhỏ đến các công nghệ tiên tiến WiMax, WiMax 2, 3GPP LTE, 4G LTE với vùng phủ sóng lớn hơn và dung lượng truy nhập cao hơn. Để giảm chi phí đầu tư cho hạ tầng cơ sở mạng, hội tụ hạ tầng mạng và hệ thống điều khiển là hướng nghiên cứu đang nhận được nhiều sự quan tâm. Đây cũng được đánh giá là xu hướng phát triển tiếp theo của kiến trúc mạng truy nhập băng rộng trong tương lai.

Với tiêu chí giảm tối đa chi phí trong mạng hội tụ hữu tuyến và di động, tận dụng được tối đa hạ

tầng mạng sẵn có trong nước, bài báo này tập trung vào tìm hiểu mạng truy nhập băng rộng tích hợp GPON và WiMax với kiến trúc tích hợp đa tầng, một kiến trúc mở rộng của kiến trúc độc lập và kiến trúc lai ghép đồng thời ứng dụng thêm công nghệ mới 10G GPON. Trên cơ sở đó, một số vấn đề quan trọng trong thiết kế và vận hành mạng được nghiên cứu như điều hành chuyển giao, phân phối băng thông, khả năng bảo vệ của hệ thống thích hợp được đề cập.

Kiến trúc mạng tích hợp GPON-WiMax hoàn toàn có thể phát triển, ứng dụng cho các kiểu tích hợp mạng vô tuyến - hữu tuyến khác như EPON-WiMax, GPON-WiFi và GPON-LTE.

KIẾN TRÚC MẠNG TÍCH HỢP GPON-WIMAX ĐA TẦNG

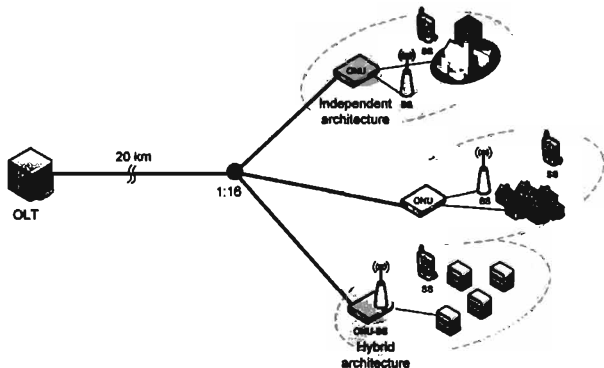
Phần này giới thiệu về kiến trúc mạng truy nhập băng rộng tích hợp GPON-WiMax đa tầng cùng hai kiến trúc cơ bản để tạo nên kiến trúc đa tầng: Kiến

trúc độc lập và kiến trúc lai ghép.

Kiến trúc độc lập

Kiến trúc độc lập là kiến trúc trực quan nhất mô tả sự tích hợp của GPON và WiMax. Hình 1 chỉ ra một ví dụ về kiểu kiến trúc này. Trong đó, các ONU được kết nối với OLT thông qua mạng quang thu động hình cây. Đoạn mạng kết hợp WiMax- GPON được thực hiện bằng cách kết nối một trạm gốc WiMax (BS) với một đơn vị mạng quang (ONU) thông qua một giao diện tiêu chuẩn, ví dụ như giao diện Ethernet.

Trong kiến trúc này, dữ liệu từ WiMax-BS được coi như là dữ liệu từ một người dùng của ONU và được xử lý cùng với các dữ liệu của các người dùng khác trong ONU. Ở hướng lên, dữ liệu từ một trạm thuê bao không dây (SS) được chuyển đến WiMax BS và ONU kết nối đến nó. ONU sau đó sẽ chuyển tiếp dữ liệu này qua mạng quang thu động tới OLT đặt tại trung tâm (CO). Trái lại, ở hướng xuống, quá trình chuyển tiếp gói được tiến hành ngược lại, dữ liệu



Hình 1: Kiến trúc độc lập và lai ghép

đi từ OLT đi xuống ONU tới WiMax BS và cuối cùng đến SS đích.

Kiến trúc này có ưu điểm là WiMax BS và ONU kết nối chỉ cần dựa trên các thiết bị và giao diện tiêu chuẩn. Tuy nhiên nó bộc lộ khá nhiều nhược điểm. Thứ nhất, tại ranh giới vật lý giữa WiMax BS và ONU rất khó để trao đổi các thông tin điều khiển giữa hai thiết bị cho biết sự thay đổi một số trạng thái mạng như sự phân bố băng thông, lập lịch gói cho cả hai hướng lên và xuống. Do đó, kiến trúc này không tận dụng được hết các ưu điểm của sự hợp nhất, đặc biệt là việc phân định băng thông tối ưu trong toàn hệ thống. Thứ hai, vì cần hai thiết bị độc lập, một ONU và một WiMax-BS, tại biên của hai hệ thống nên chi phí sẽ lớn hơn phương thức hợp tích hợp sẽ được trình bày ở phần sau.

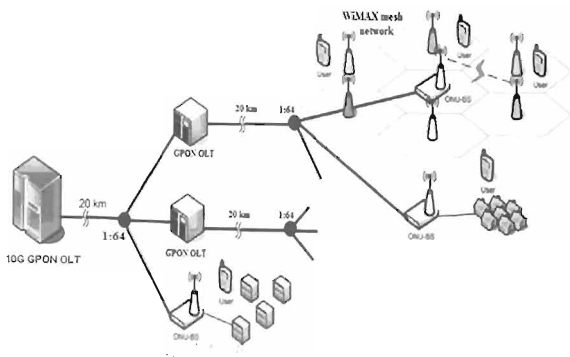
Kiến trúc lai ghép

Với nhược điểm lớn là sử dụng hai hộp thiết bị trong kiến trúc độc lập cùng như sự thiếu hiệu quả và lỉnh đong trong phân bố băng thông và lập lịch,

một kiến trúc mạng tích hợp mới ra đời - kiến trúc lai ghép (cell dưới trong Hình 1). Trong kiến trúc này, ONU của GPON và BS của WiMax được tích hợp trong cùng một thiết bị, gọi là ONU-BS. Thiết bị này đảm nhiệm được tất cả các chức năng của ONU-GPON cũng như BS-WiMax. Hơn thế nữa việc tích hợp trong một thiết bị đơn sẽ giúp cho việc trao đổi thông tin trạng thái mạng được thuận lợi hơn trong phân mạng WiMax- GPON.

Kiến trúc tích hợp GPON-WiMax đa tầng

Dựa vào kiến trúc độc lập và lai ghép đã nêu ở trên, có thể tiếp tục mở rộng sự tích hợp của GPON và WiMax. Một hệ thống tích hợp GPON-WiMax bốn tầng được chỉ ra trong Hình 2. Đặc biệt với sự ra đời của 10G GPON, chúng ta có thể sử dụng một 10G GPON, hoạt động như một backhaul kết nối nhiều OLT GPON. Trong khi đó, tiêu chuẩn WiMax cũng cho phép thiết lập các liên kết vô tuyến điểm - điểm giữa các WiMax BS lân cận, do đó cho phép nhà mạng có thể thiết lập mạng hình sao WiMax



Hình 2: Kiến trúc tích hợp GPON-WiMax đa tầng



như trong Hình 2. Trong mạng WiMax hình sao này, một BS WiMax kết nối với ONU GPON làm nút gốc để chuyển tiếp dữ liệu từ tất cả các BS WiMax lân cận. Mạng WiMax hình sao này mang lại hiệu quả cao về chi phí, đặc biệt cho các kịch bản mạng truy nhập ở khu vực nông thôn, nơi người dùng phân tán và tổng băng thông người dùng còn thấp.

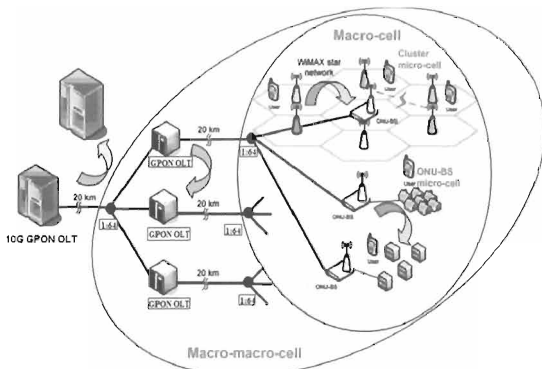
Không những thế, kiến trúc đa tầng này có thể áp dụng cho khu vực với số lượng người sử dụng dịch vụ lớn hơn nhiều so với 2 kiến trúc trước. Ví dụ, nếu cả hai 10G GPON OLT và GPON OLT được trang bị với bộ chia quang 1:64 và mạng WiMax hình sao với 7 micro-cell như trong Hình 2. Toàn bộ kiến trúc nhiều tầng có thể phủ sóng một khu vực rộng lớn, tạo ra tổng cộng 28.672 micro-cell. Hơn nữa, trong một vùng dịch vụ rộng lớn với nhiều người sử dụng thì lợi ích của việc ghép kênh có thể được khai thác tối đa, giúp cải thiện việc sử dụng hiệu năng của hệ thống tích hợp. Ngoài ra, các kiến trúc đa tầng cũng thuận tiện cho hoạt động chuyển giao của các người

dùng di động mà sẽ được đưa ra ở phần sau.

Một ưu điểm nữa của kiến trúc đa tầng là nó có thể tạo ra một sự tích hợp không chỉ mang truy nhập quang - vô tuyến mà còn cho phép lai ghép các node truy nhập từ xa. Ví dụ như, thay vào vị trí của một BS WiMax lân cận, người ta có thể đặt một thiết bị ghép kênh truy nhập đường dây thuê bao số (DSLAM) và kết nối nó với một ONU GPON nhằm cung cấp thêm dịch vụ DSL. Cũng như vậy, 10G GPON OLT hay GPON OLT cũng có thể được kết nối trực tiếp đến một trạm gốc WiMax hay một DSLAM của mạng cấp đóng để đạt hiệu quả cao hơn về băng thông.

HOẠT ĐỘNG CHUYỂN GIAO

Các tính năng của kiến trúc tích hợp có nhiều ưu điểm trong việc chuyển giao cho những người dùng di động. Trong mỗi vùng, chúng ta luôn luôn có thể tìm thấy một điểm điều phối trung tâm có thể xử lý và phối hợp hoạt động chuyển giao. Hình 3 minh



Hình 3: Hoạt động chuyển giao trong hệ thống tích hợp đa tầng

họa hoạt động chuyển giao cho các người dùng di động trong mô hình kiến trúc đa tầng với các khu vực khác nhau.

Trong kiến trúc này, có 4 loại cell không dây. Loại đầu tiên là micro-cell trong mạng WiMax hình sao, được gọi là cluster micro-cell. Loại thứ 2 là micro-cell được bao phủ bởi ONU-BS, gọi là ONU-BS micro-cell. Loại thứ 3 là macro-cell, bao gồm tất cả những micro-cell liên kết với OLT GPON trung tâm. Loại cuối cùng là macro-macro-cell, được tạo thành từ tất cả các macro-cell liên kết với 1OG GPON OLT chung.

Dựa trên các kiểu cell đó, chúng ta cũng có 4 loại chuyển giao. Loại chuyển giao đầu tiên xảy ra giữa hai cluster micro-cell. Ở đây, ONU-BS đóng vai trò như một bộ điều khiển phối hợp chuyển giao. Loại chuyển giao thứ 2 có thể xảy ra giữa 2 ONU-BS micro-cell. Trong trường hợp này, OLT kết nối trực tiếp với 2 ONU-BS sẽ có chức năng điều khiển phối hợp chuyển giao. Chuyển giao cũng có thể xảy ra giữa 2 macro-cell, ví dụ, giữa macro-cell liên kết với 2 GPON OLT khác nhau. Trong trường hợp này, 1OG GPON OLT trung tâm kết nối đến 2 GPON OLT sẽ làm nhiệm vụ điều phối chuyển giao. Cuối cùng, việc chuyển giao có thể xảy ra giữa 2 macro-macro-cell tương ứng ở hai 1OG GPON OLT khác nhau. Trong trường hợp này, một mức độ điều phối cao hơn sẽ được yêu cầu hoạt động.

PHÂN ĐỊNH BĂNG THÔNG

Phân định băng thông là một vấn đề rất quan trọng với cả mạng GPON và WiMax. Cả GPON và WiMax đều thực hiện phân định băng thông tương tự nhau cho luồng lên và luồng xuống. Theo hướng xuống, dù GPON hay WiMax, thông tin đều được chuyển theo chế độ điểm - đa điểm, có nghĩa là dữ liệu của người dùng được gửi từ một điểm

trung tâm, như OLT GPON hay WiMax BS đến các trạm thuê bao phân tán, ONU GPON hay WiMax SS. Theo chế độ truyền dẫn này, không có cạnh tranh nguồn tài nguyên mạng hay va chạm trong quá trình truyền dẫn vì khi một nút trung tâm truyền dữ liệu đến một trong số người dùng trực thuộc nó, kênh luồng xuống luôn luôn dành riêng cho việc truyền dẫn này.

Ngược lại, việc phân định băng thông theo luồng lên thường khá phức tạp. Vì chế độ này truyền tải theo chế độ đa điểm đến điểm nên va chạm có thể xảy ra khi nhiều người dùng cùng đăng ký gửi dữ liệu theo luồng lên đến nút trung tâm. Để tránh những va chạm, cả GPON và WiMax đã phát triển một tập những cơ chế đặc biệt cho việc phân định băng thông theo luồng lên.

Trong đó, cơ chế thăm dò/yêu cầu/cấp phát là cơ chế chung, điển hình nhất. Ví dụ, trong mạng GPON, một OLT trung tâm đầu tiên sẽ gửi bản tin thăm dò đến các ONU trong mạng để kiểm tra xem ONU có bất cứ dữ liệu nào muốn truyền lên trong phiên truyền tải tiếp theo không. Các ONU sẽ phản hồi lại bằng bản tin yêu cầu băng thông dựa trên cơ sở dữ liệu hiện thời đang lưu trữ trong bộ đệm của chúng. Khi nhận được gói tin yêu cầu băng thông, OLT trung tâm sẽ phân định khe thời gian tối ưu cho các ONU khác nhau bởi việc xem xét, tính toán tổng thể các tham số khác nhau như: sử dụng tối đa năng lực hệ thống, xác định thời gian trễ tối thiểu và đảm bảo các yêu cầu QoS cho mỗi ONU sử dụng dịch vụ. Sau đó, OLT thông báo tới các ONU thời điểm chúng có thể bắt đầu truyền dữ liệu theo luồng lên trong phiên truyền tải tiếp theo. Cơ chế phân định băng thông tương tự như vậy cũng được thực hiện với WiMax. Trong đó, WiMax BS cũng đảm nhận vai trò giống như OLT trong mạng GPON. Chúng sẽ gửi bản tin thăm dò tới từng trạm thuê bao SS trong mạng để xem những trạm này có dữ liệu truyền tải

theo luồng lên trong phiên truyền tải tiếp theo hay không. Các SS sẽ phản hồi lại bằng bản tin yêu cầu băng thông. Sau đó, WiMax BS trung tâm làm nhiệm vụ phân định băng thông tối ưu giữa những SS khác nhau. Bên cạnh đó, ngoài sử dụng cơ chế thăm dò/yêu cầu/cấp phát như trên, trong công nghệ WiMax còn hỗ trợ thêm chế độ phân định băng thông khác. Đó là sự phân định băng thông không yêu cầu, trong đó BS không cần đến bản tin yêu cầu băng thông từ phía SS.

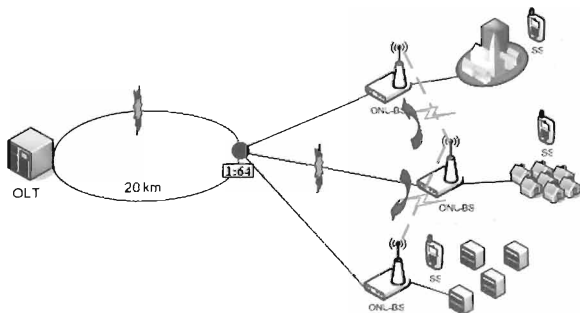
Việc tương tự trong cơ chế phân định băng thông theo hướng lên của WiMax và GPON đã tạo điều kiện thuận lợi cho việc tối ưu hóa hiệu suất phân định băng thông tổng thể trong toàn bộ hệ thống mạng tích hợp, đặc biệt khi sử dụng kiến trúc mạng tích hợp đa tầng.

KHẢ NĂNG BẢO VỆ

Hệ thống tích hợp WiMax và GPON có thể chứa rất nhiều micro-cell WiMax. Một ví dụ đơn giản được chỉ ra trong Hình 3, có đến 28.672 micro-cell được

gắn kết trong một hệ thống tích hợp tích hợp. Hơn nữa, trong mỗi micro-cell lại có một số lượng lớn những người sử dụng thuê bao WiMax cần được phục vụ. Chính vì thế, đối với một hệ thống tích hợp, một sự cố nghiêm trọng như OLT trung tâm không hoạt động hay đứt liên kết giữa OLT và bộ chia quang có thể làm gián đoạn dịch vụ của tất cả những người dùng trong hệ thống. Do đó, khả năng bảo vệ là một vấn đề rất quan trọng trong hệ thống tích hợp GPON và WiMax.

Đối với kiến trúc tích hợp, chúng ta chủ yếu xem xét những sự cố do đứt sợi quang (bởi vì xác suất xảy ra tương đối cao). Như chỉ ra trong Hình 4, có 2 kiểu đứt sợi quang. Kiểu đầu tiên là đứt sợi liên kết giữa OLT trung tâm và bộ chia quang. Kiểu thứ hai là đứt sợi liên kết giữa bộ chia quang và ONU-BS. Nói chung, sự cố đứt sợi quang thứ nhất nghiêm trọng hơn vì nó ngắt kết nối của tất cả các ONU-BS từ OLT trung tâm, do đó làm gián đoạn toàn bộ dịch vụ của người dùng. Ở loại sự cố đứt sợi quang thứ hai thì chỉ ảnh hưởng đến một nhóm người sử dụng



Hình 4: Khả năng bảo vệ của hệ thống truy nhập tích hợp

thuộc ONU-BS bị mất kết nối.

Đối với mỗi kiểu đứt sợi quang khác nhau, người ta sẽ sử dụng các cơ chế bảo vệ khác nhau. Trong trường hợp đứt tuyến, để đảm bảo yếu tố kinh tế, người ta sẽ triển khai thêm một sợi quang backup cùng với sợi đầu tiên như trong Hình 4,

nếu như sợi đầu tiên bị đứt, sợi backup sẽ có nhiệm vụ truyền tải lưu lượng của tất cả người dùng. Đây là cơ chế bảo vệ 1+1/1:1. Vì sợi backup được sử dụng cho tất cả người dùng trong hệ thống tích hợp nên chi phí bình quân cho mỗi người dùng khi thêm sợi thứ hai này là chấp nhận được.

Tuy nhiên, đối với trường hợp đứt sợi thứ hai, việc triển khai cơ chế bảo vệ 1+1/1:1 có thể là khả tốn kém vì chỉ có một nhóm nhỏ người dùng cùng sử dụng sợi quang nối từ bó chia quang đến ONU-BS. Hơn thế nữa, nếu tính cho cả hệ thống tích hợp thì chi phí này sẽ đôi lên rất nhiều. Tuy nhiên, dựa trên kiến trúc tích hợp, một giải pháp hấp dẫn được thông qua, trong đó sử dụng liên kết vô tuyến WiMax điểm - điểm giữa những trạm gốc WiMax lân cận để thực hiện khắc phục sự cố khi sợi quang bị đứt. Khi sợi quang giữa bó chia và ONU-BS bị đứt, ONU-BS có thể chuyển tiếp dữ liệu người dùng của mình cho các trạm WiMax gốc lân cận qua liên kết vô tuyến điểm - điểm. Sau đó, các trạm gốc WiMax lân cận tiếp tục chuyển tiếp dữ liệu người dùng đến trạm trung tâm. Đây là một kỹ thuật bảo vệ được dự kiến sẽ có giá thành thấp và phù hợp với loại đứt gãy sợi quang thứ hai.



KẾT LUẬN

Việc sử dụng một mạng GPON để kết nối nhiều WiMax-BS đã mở ra một hướng phát triển mới cho mạng truy nhập băng rộng, đặc biệt khi tích hợp thêm công nghệ 10G GPON, tạo ra kiến trúc tích hợp đa tầng. Sự hợp nhất này giúp hiện thực hóa sự

hội tụ giữa di động và cố định, đem lại nhiều lợi ích cho nhà cung cấp dịch vụ cũng như người dùng. Trước hết, sự hợp nhất cho phép thực hiện hiệu quả việc phân bổ băng thông và lập lịch gói, giúp đạt được hiệu suất sử dụng băng thông và hỗ trợ QoS tốt hơn. Ngoài ra, sự hợp nhất có thể đơn giản hóa vận hành mạng đặc biệt trong hoạt động chuyển giao. Hơn thế nữa, sự hợp nhất tạo ra một mạng truy nhập đáp ứng yêu cầu của con người hiện tại cũng như trong tương lai: có khả năng trao đổi thông tin mọi lúc mọi nơi với yêu cầu băng thông gần như không hạn chế.

Tài liệu tham khảo

- [1]. "Broadband Access Network - Technologies and Deployments", Springer, Oct 2008.
- [2]. MILOŠ MILOSAVLJEVIĆ, "Integrated Wireless - PON Access Network Architectures", STRI - University of Hertfordshire- United Kingdom, 2010.
- [3]. DAVE BURSTEIN, "Gigabit Easy with GPON and 10G PON for Decades", FNN, 04 January 2013.
- [4]. STEPHEN HARDY, "2013 Annual Technology Forecast", Lightway, 01 November 2012.