

NHỮNG ĐỀ XUẤT VỀ PHÁT TRIỂN ĐI LÊN MẠNG THỂ HỆ MỚI - TƯƠNG LAI CỦA MẠNG VIỄN THÔNG

Trần Minh Anh*, Bùi Trung Hiếu+, Nguyễn Chiến Trinh+

*Viễn thông Đà Nẵng

+ Học Viện Công Nghệ Bưu Chính Viễn Thông

Tóm tắt: Ngày nay, với sự phát triển vượt bậc của khoa học công nghệ, mọi khía cạnh của cuộc sống xã hội từ lối sống đến nhu cầu tiêu dùng hàng ngày đều liên quan đến Internet và truyền thông. Mạng viễn thông trở thành yếu tố gắn chặt với sự phát triển của xã hội, đã thâm nhập và thay đổi lối sống của con người, từ việc làm, tiêu khiển đến những tác động xã hội. Tuy vậy, Internet hiện thời vẫn thiếu đi sự linh động, sự trong suốt, vấn đề chuyển đổi, giao thức không phù hợp... Cho nên, đến nay rất cần có những nghiên cứu cho mạng viễn thông tương lai, trên cơ sở xem xét những khía cạnh của mạng viễn thông hiện tại, và thiết kế mới với các yêu cầu mới, phù hợp cho các nhu cầu hiện tại cũng như trong tương lai. Bài báo đã nghiên cứu tầm nhìn mới về mạng viễn thông tương lai, các tác động của nó với đời sống con người và xã hội, các mục tiêu cần đạt được để thực sự có được mạng thể hệ mới, mạng tương lai của viễn thông. Bài báo còn đề xuất các hướng phát triển đi lên mạng thể hệ mới của mạng viễn thông hiện tại, nhất là của mạng Viễn thông Việt nam hiện nay.

Từ khóa: Internet, mạng, NwGN, thể hệ mới, tương lai.

I. GIỚI THIỆU

Ngày nay, nhu cầu thông tin và truyền thông trở nên cực kỳ quan trọng, là điều kiện sống còn của

mọi hoạt động của xã hội, như kinh tế, chính trị, an ninh quốc phòng đến những nhu cầu cần thiết hàng ngày của người dân, của mọi tổ chức, doanh nghiệp. Việc phát triển mạnh mẽ của mạng viễn thông - công nghệ thông tin đã và đang là nền tảng phát triển của xã hội, và cũng là nền tảng của sự phát triển của các dịch vụ hướng đến cộng đồng, hướng đến nhu cầu của toàn xã hội. Vì thế, công nghệ mà nhất là công nghệ ngành Thông tin-Truyền thông phải đi trước một bước phục vụ cho sự phát triển chung đó.

Thách thức đang đặt ra cho hạ tầng mạng viễn thông hiện nay đó là hạn chế về tốc độ truy cập, chất lượng dịch vụ suy giảm nhiều khi số lượng kết nối tăng đột biến. Nguyên nhân là việc thiết kế và sử dụng từ những năm 1960 nên tầm nhìn thiết kế, cấu trúc của mạng viễn thông chỉ gói gọn trong việc chuyển tải thông tin, truyền tin trong phạm vi hẹp. Những cải tiến đến nay chỉ giải quyết những hạn chế và nhược điểm cục bộ, chưa có những giải pháp mang tính tổng thể mang tính toàn cầu.

Trong khi đó, số lượng nút mạng tăng nhanh, nhu cầu của xã hội gồm cả tổ chức, doanh nghiệp và nhất là các hộ gia đình, các cá nhân lại có xu hướng tăng đột biến. Các thách thức đó đã làm cho mạng viễn thông hiện tại đối mặt với những khó khăn và yêu cầu cần có những giải pháp đồng bộ, căn cơ và đồng thời là sự chung tay toàn cộng đồng.

Từ những năm đầu thế kỷ 21, những nước có nền kinh tế phát triển cao như Mỹ, Nhật Bản, châu Âu... đã có những bước đi đầu tiên trong việc hoạch định một khung nền cho một mạng mới, mang tính giải pháp dài lâu cho công nghệ viễn

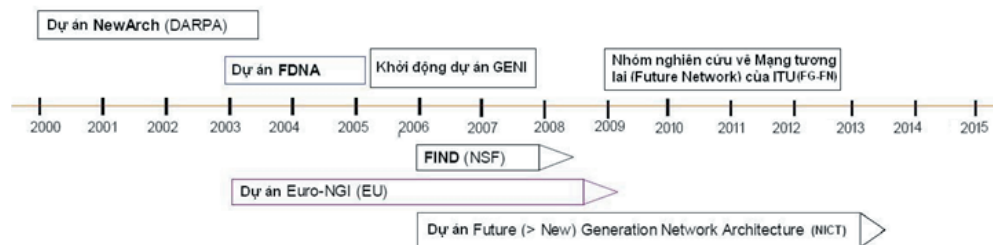
Tác giả liên lạc: Trần Minh Anh,
email: anhtm.dng@vnpt.vn

Đến tòa soạn: 14/3/2016, chỉnh sửa: 28/4/2016,
chấp nhận đăng: 30/5/2016.

Một phần kết quả bài báo được trình bày tại hội nghị quốc gia ECIT'2015.

thông của tương lai. Nhiều dự án nghiên cứu đã được đưa ra nhằm giải quyết căn bản những vấn đề còn tranh cãi, còn gặp phải vướng mắc và nhằm nghiên cứu, thiết kế mạng viễn thông tương lai thay thế cho mạng hiện tại. Phải kể đến các dự án như AKARI, FIND, FP7, New Arch ... hay các nghiên cứu của ITU-T (nhóm FN) đã hoạch định nên một khung sườn, một hình mẫu của mạng viễn thông tương lai hay mạng thế hệ mới. Mục tiêu hướng đến của những nghiên cứu này bao gồm một kế hoạch dài hạn với việc thiết

kế từ đầu, dần hoàn thiện và định hình một mạng viễn thông thế hệ mới (còn được gọi là NwGN). Mạng tương lai này (NwGN) đã và đang là cái hướng đích hướng đến của cộng đồng mạng trong việc xây dựng một thế hệ mạng mang tính mới, tính mở [1, 2, 8], và mang tính định hướng cho toàn cầu về một Internet có tính khả dụng cao, vừa đáp ứng được nhu cầu hiện tại, vừa có tầm nhìn đến tương lai, cho những nhu cầu cần thiết trong tương lai. Các dự án, nghiên cứu trên cụ thể như Hình 1 sau:



Hình 1. Các dự án, nghiên cứu về mạng thế hệ mới

Các dự án trên đều tập trung nghiên cứu, thiết kế, cấu trúc, cấu tạo mạng ... của mạng viễn thông thế hệ mới và các mục tiêu nhằm để mạng thế hệ mới có thể đáp ứng tốt được nhu cầu của cộng đồng xã hội cũng như sự phát triển nhanh của xã hội ngày nay.

Nhằm nhấn mạnh sự cần thiết xây dựng mạng thế hệ mới, cũng như định hướng hướng đến mạng thế hệ mới, bài báo tập trung vào phân tích chi tiết các yếu tố liên quan đến NwGN như tầm nhìn chiến lược về NwGN trong giai đoạn tới, từ đó, nêu bật khả năng và những mục tiêu ngắn hạn và dài hạn của NwGN. Các mục tiêu này chính là đích đến của mọi quốc gia, mọi nhà sản xuất, kinh doanh, khai thác mạng trong tương lai. Trên cơ sở đó, bài báo đề xuất các định hướng mang tính chiến lược, tầm nhìn và tư duy mới về Internet nói riêng, công nghệ nói chung, trong đó, việc đề xuất liên quan đến tiệm cận hoá mạng viễn thông Việt nam hiện tại hướng đến NwGN với mục tiêu đi tắt, đón đầu hiệu quả, ít tốn kém và đảm bảo phát triển lâu dài, bền vững cho nền kinh tế trong thời đại thông tin mới.

Phần tiếp theo bài báo gồm các phần như sau.

Phần II nói về tầm nhìn mới về NwGN. Phần III mô tả về khả năng và mục tiêu của NwGN. Phần IV là các đề xuất về định hướng phát triển đi lên NwGN của mạng viễn thông nói chung, mạng viễn thông Việt Nam nói riêng. Phần V là phần kết luận của bài báo về tiến trình đi lên NwGN từ mạng viễn thông hiện nay.

II. TẦM NHÌN MỚI VỀ MẠNG THẾ HỆ MỚI

Xác lập mục tiêu là xây dựng mạng viễn thông thế hệ mới có năng lực vượt trội so với mạng hiện tại, NwGN nhắm đến việc duy trì và tạo lập một mạng mới có khả năng đáp ứng tốt cho một xã hội thông tin trong giai đoạn bùng nổ mới.

Tiếp theo các nghiên cứu của các cường quốc hàng đầu thế giới như Mỹ, Nhật Bản ... đồng thời để xây dựng một khung pháp lý chung, ngay từ năm 2009, tổ chức viễn thông quốc tế (ITU) đã xây dựng một nhóm công tác đặc biệt về vấn đề trên gọi là nhóm FG-FN (Focus Group on Future Network). Nhóm trên đã đề xuất một tầm nhìn mang tính tổng quát và chiến lược cho mạng tương lai như [12], tựu trung ở việc đáp ứng 4 yêu cầu chính: Môi trường, Dịch vụ, Dữ liệu và Kinh tế xã hội, xem Hình 2.



Hình 2. Bốn mục tiêu và mười hai hướng thiết kế mạng tương lai - Nguồn [12]

Qua đó, có thể thấy được xu hướng dịch chuyển dịch vụ từ tĩnh sang động, từ cố định sang di động, từ một vài điểm đến khắp nơi... đã trở thành **xu hướng chung của mạng viễn thông**, trong đó việc mạng viễn thông hướng đến quảng đại quần chúng, đa dạng cách thức kết nối và sử dụng dẫn đến số lượng thiết bị viễn thông, chủng loại, loại hình dịch vụ và số lượng người tham gia thị trường mạng ngày càng tăng mạnh mẽ. Không chỉ thụ động hưởng thụ dịch vụ, người sử dụng còn hướng đến các dịch vụ chủ động hơn, thông qua các dịch vụ tương tác trực tiếp hay trực tiếp lựa chọn hệ thống cung cấp tốt hơn khi sử dụng dịch vụ.

Từ đó, việc chấp nhận tính đa dạng của nhu cầu con người, hướng đến đáp ứng nhu cầu thực tế của người dùng, NwGN chính là nền móng cho hạ tầng thông tin và truyền thông mới đáp ứng sự phát triển liên tục, mạnh mẽ của xã hội hiện nay, từ nay đến những năm 2020 và các năm tiếp theo.

Với tầm nhìn như vậy, trước mắt các định hướng chính về mặt giải pháp và công nghệ cần được thực hiện cụ thể như: NwGN cần hướng đến các mục tiêu và các giá trị thực tiễn của xã hội, chia sẻ nhận thức mới về các giải pháp liên quan đến các vấn đề xã hội trong tương lai, xây dựng một hình ảnh của xã hội truyền thông và thông tin tương lai và xây dựng một mạng thế hệ mới có tầm nhìn hướng xa về tương lai, trong đó yếu tố

mọi lúc, mọi nơi, mọi đối tượng được đặc biệt nhấn mạnh ...

Bên cạnh đó, việc xây dựng các giá trị của mạng thế hệ mới (NwGN) đóng vai trò quan trọng. Nó hình thành nên tầm nhìn mang tính chiến lược, từ đó, khuyến khích các tổ chức, cá nhân, các nhà nghiên cứu tập trung xây dựng và hình thành. Các giá trị đó, tựu trung là: Giảm thiểu các yếu tố tiêu cực của các vấn đề xã hội hiện tại, tối ưu hoá các yếu tố tích cực, tiềm năng, đóng góp vào việc tổng hoà các giá trị xã hội như [2] đã đề cập. Xem Hình 3.

GIẢM THIỂU CÁC YẾU TỐ TIÊU CỰC	TĂNG CƯỜNG CÁC YẾU TỐ TÍCH CỰC
Năng lượng	Đa dạng phong cách sống/văn hoá
Thảm họa thiên nhiên	Hội tụ thông tin truyền thông
Chăm sóc y tế	Kiến thức xã hội
Lương thực - Thực phẩm	Sản sinh dịch vụ
Ngăn ngừa tội phạm	Lưu thông và phân phối giá trị
Tai nạn	Chính phủ điện tử
Bất bình đẳng vùng miền quốc gia	Giải trí - Tiêu khiển
Bất bình đẳng kinh tế quốc tế	Mở rộng không gian khai thác
Xã hội già hoá	
Giáo dục	
An ninh không gian ảo	

Hình 3. Các yêu cầu về kỹ thuật của NwGN - Nguồn NICT [2]

Để hiện thực hoá các giải pháp và tầm nhìn mới về mạng NwGN, việc tận dụng các giải pháp hiện hành bao gồm các giải pháp về các vấn đề xã hội, các vấn đề về viễn cảnh tương lai và các giải pháp cho việc tổng hoà các yếu tố xã hội, trong đó tôn trọng tính đa dạng và khuyến khích sự hợp tác của các thành viên trong xã hội đó.

III. KHẢ NĂNG VÀ MỤC TIÊU CỦA MẠNG THẾ HỆ MỚI

A. Khả năng của NwGN

Với tầm nhìn được xác định như phần II, khả năng của NwGN được xác định là một mạng đem lại những giá trị cơ bản cho xã hội, trong đó thông tin, truyền thông ngày càng đóng vai trò quan trọng, đủ sức giải quyết các thách thức của điều kiện mới. Việc đảm bảo chất lượng dịch vụ,

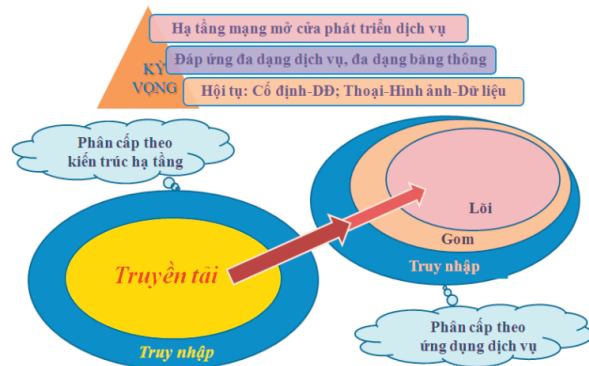
đáp ứng tốt hơn về mặt hiệu quả kinh tế, cũng như đảm bảo thích ứng tốt với điều kiện môi trường, giảm công suất điện trên từng byte thông tin để đáp ứng sự phát triển liên tục, mạnh mẽ của xã hội trong giai đoạn từ nay đến năm 2020 và những năm tiếp theo, chính là những yếu tố mà khả năng của NwGN phải đạt được.

B. Các nhóm mục tiêu của NwGN

Để có được những khả năng trên, việc đặt ra các mục tiêu cụ thể của NwGN cũng đóng vai trò quan trọng, nhất là mang tính định hướng, hướng đến một mạng mới, có khả năng đáp ứng mọi nhu cầu thông tin, mọi nơi, mọi lúc, với tốc độ cao, chất lượng tốt. Việc đặt ra các mục tiêu này được định nghĩa bởi nhiều dự án, của nhiều quốc gia, nhiều nhà nghiên cứu như phần I đã đề cập, cụ thể các nhóm mục tiêu chính như: Nhóm mục tiêu mang tính xã hội, nhóm mục tiêu hướng về không gian truy nhập, nhóm mục tiêu định hướng cơ sở hạ tầng, nhóm mục tiêu về môi trường và năng lượng, nhóm mục tiêu về giải pháp kỹ thuật, công nghệ và nhóm mục tiêu bảo an, an ninh, an toàn dữ liệu.

Mạng viễn thông ngày càng trở thành một mạng mà tính xã hội đang thể hiện rõ nét. Do đó, mục tiêu xã hội là yếu tố then chốt của NwGN, trong đó mục tiêu cụ thể NwGN phải là một mạng có thể phục vụ hàng tỉ người, từ trẻ em đến cả người già đều có thể trở thành một thành viên của mạng, và qua đó mọi nhu cầu, ứng xử, giao tiếp của thành viên tham gia mạng được xử lý, quản lý phù hợp với tiêu chí của một xã hội thông tin rộng mở như [1, 3, 9] đề xuất. Do đó, NwGN cần được nâng cao vai trò trong việc hỗ trợ các nhu cầu thông tin tùy theo lứa tuổi, thu hẹp khoảng cách về năng lực sử dụng mạng đồng thời phát huy tính hòa nhập, thân thiện với môi trường của các thành viên mạng [1, 4, 8], đảm bảo các nguyên tắc kinh tế, thiết kế kỹ thuật, yêu cầu thực tiễn trong hoạch định chính sách [2, 3, 4, 5], tạo điều kiện phát triển, xây dựng sự gắn kết và hỗ trợ nghiên cứu chính sách cộng đồng bằng cách cung cấp diễn đàn và chỉ dẫn phát triển dịch vụ [6]. Để đảm bảo được điều đó, NwGN cần có một

không gian truy nhập đặc thù, với khả năng truy nhập mạng mọi nơi, bằng mọi hình thức khả dĩ: di động/cố định, có dây/ không dây ... trong đó các loại hình dịch vụ đều sử dụng chung hạ tầng mạng.



Hình 4. Hội tụ dịch vụ và hạ tầng mạng

Khi đó, NwGN cần xây dựng cơ sở hạ tầng (CSHT) đồng bộ, thống nhất, đa năng, đa dạng như [1, 2], với mục tiêu CSHT chất lượng tốt, khả năng đáp ứng tốt được yêu cầu ngày càng cao của các loại hình dịch vụ mới, công nghệ mới, nhằm ngày càng góp phần tạo ra các giá trị thực tiễn cuộc sống, gắn liền với các nhu cầu đích thực của xã hội, như: khám chữa bệnh, điều hành chính phủ e-Gov, giáo dục e-Edu, e-School ... [1, 4], hay mạng thông minh, đa dạng [1, 3, 8] ...

Đạt được các yếu tố trên, NwGN vẫn cần đảm bảo về yếu tố môi trường, năng lượng. Đây là nhóm mục tiêu chiếm phần lớn sự quan tâm của các dự án, vì chính nó quyết định việc chuyển mình sang NwGN có thành công hay không, có đủ sức thu hút hay không. Với các điều kiện đặt ra như lượng tiêu thụ điện của mạng thế hệ mới ngày càng nhỏ, bao gồm: giảm tổng lượng điện năng tiêu thụ, kiểm soát lưu lượng dữ liệu đi qua mạng, tối ưu hóa việc định tuyến thông tin, sử dụng mạng tiết kiệm và đạt hiệu quả tối đa với tài nguyên số, tài nguyên sóng điện từ, tài nguyên khác ... [1, 2, 10], thì rõ ràng tiêu chí về “xanh” hóa mạng là rất hiệu quả và đầy sức thu hút. Bên cạnh đó, NwGN phải là mạng chịu đựng được các thách thức của môi trường, về biến đổi khí hậu ... được đề cập trong [4, 8] cũng như nhiều dự án khác, nhằm xây dựng một mạng mới có khả năng

chống chọi lại với các điều kiện khắc nghiệt của môi trường, và rõ ràng, đây là một trong những vấn đề gai góc nhất trong cách tiếp cận của mạng thế hệ mới.

Đối với mục tiêu về giải pháp kỹ thuật, công nghệ, thì rõ ràng, cần áp dụng các công nghệ mới nhất, công nghệ hiệu quả nhất phục vụ cho đại đa số người dân trong quá trình sử dụng mạng, trong đó việc đầu tư về nghiên cứu và phát triển (R&D) một cách trọng điểm để tiến tới xây dựng một mạng có công nghệ mới nhất phục vụ cho việc phát triển mạng xanh, mạng hiệu quả nhất cho các nhu cầu thông tin tương lai. Với các công nghệ truyền dẫn mới IPoMPLS, OTN, việc mạng lõi đạt tốc độ hàng tỷ Mbps sẽ giúp cho việc truyền tải thông tin ngày càng thuận tiện, tạo ra một mặt phẳng dữ liệu mới, trên đó việc truyền tải thông tin được thực hiện nhanh hơn, đồng thời các thiết bị truyền dẫn có thể thay đổi cấu hình tự động, đáp ứng được nhu cầu ngày càng cao về dữ liệu trong tương lai, đồng thời giúp cho việc tích hợp hệ thống mạng trên nền mạng quang tiên tiến, tốc độ cao và đa nhiệm.

Bên cạnh các nhóm mục tiêu trên, nhóm mục tiêu an ninh, an toàn dữ liệu cũng là một nhiệm vụ rất quan trọng của mạng mới. Với NwGN, các yêu cầu về an toàn, an ninh mạng lưới được đặt lên cao hơn so với các mạng viễn thông thế hệ trước, nhằm đảm bảo an ninh mạng tốt hơn cho người sử dụng, cho nhà quản lý cũng như các nhà hoạch định chính sách, đồng thời cần thiết kế sao cho hệ thống có thể thực hiện được an toàn và khả năng hoạt động trong những điều kiện khó khăn như khi xảy ra thảm họa, hay bị tấn công. Dù rằng việc nâng cao khả năng bảo mật sẽ làm tăng chi phí đầu tư nghiên cứu, tăng nhân sự quản lý, giảm tốc độ khai thác mạng, nhưng việc đảm bảo bảo mật vẫn luôn là một yêu cầu bức thiết, quan trọng khi triển khai NwGN đồng bộ.

Với các nhóm mục tiêu đầy tham vọng trên, NwGN hy vọng sẽ trở thành một hình mẫu đa năng mà các nước, các nền kinh tế lớn trên toàn cầu hướng đến nhằm xây dựng cho mình một chuẩn tiên tiến trên hình mẫu đó.

C. So sánh NwGN với các mạng viễn thông hiện tại

Với các mục tiêu đặt ra, NwGN kỳ vọng là một mạng có những tính năng vượt trội so với các mạng viễn thông hiện tại. Mạng của tương lai không đơn thuần là mạng Internet, mà còn là mạng của các mạng và công nghệ, với các tiêu chí cụ thể như:

Bảng 1. So sánh giữa NwGN và các mạng viễn thông hiện tại

Các tiêu chí so sánh	Mạng thế hệ trước	NwGN
Về Mạng lõi	Tốc độ chưa đạt mức Pbps	Tốc độ phải đạt mức Pbps trên mạng lõi
Về mạng gom	Chưa quy định	Xây dựng các mạng gom thứ cấp, tốc độ cực cao, trên nền tảng mạng toàn quang, ghép thông tin từ tất cả các nền tảng mạng truyền tải lớp dưới
Về mạng truy nhập	Còn phân định giữa nhiều loại mạng truy nhập tương ứng các dạng dịch vụ, dữ liệu...	Thống nhất một nền mạng truy nhập trên toàn mạng, đủ sức đáp ứng mọi loại hình truy nhập quang-điện-vô tuyến
Vấn đề truy cập khắp nơi (Ubiquity)	Hạn chế do giới hạn không gian địa chỉ IP, và cấu trúc mạng	Kết nối khắp nơi là thế mạnh, là khuynh hướng chủ đạo của NwGN. Với kiến trúc thống nhất, việc truy cập khắp nơi, với không gian địa chỉ IP lớn là một đặc trưng của NwGN.
Định tuyến	Kiểm soát tập trung phân phối IP cho định tuyến tốc độ cao, thời gian phát hiện lỗi dài	Đưa ra điều khiển phân phối toàn bộ, tăng cường chống lỗi và khả năng thích ứng, bao gồm cả mạng cảm biến và ad-hoc
Đảm bảo chất lượng	Ưu tiên kiểm soát cho mỗi phân lớp sử dụng IP	Đảm bảo chất lượng bao gồm băng thông cho mỗi luồng sử dụng chuyển mạch gói tin hoặc đường dẫn tương ứng
Hệ thống quản trị	Còn chưa thống nhất giữa các loại hình dịch vụ, truy nhập	Thống nhất trên một nền tảng mạng mới. Khả năng xây dựng một hệ sinh thái mới, đa nhiệm, đa dạng trên cơ sở thống nhất giữa mạng viễn thông, mạng điều hành viễn thông
Quản trị hệ thống dịch vụ	Tuỳ thuộc vào loại hình dịch vụ	NwGN quản lý mọi loại hình dịch vụ trên một nền tảng chung, dưới một hệ thống quản trị mạng thống nhất. Thay đổi bản chất của cung cấp dịch vụ từ chỗ thụ động sang tích cực.

Các tiêu chí so sánh	Mạng thế hệ trước	NwGN
Tốc độ truy cập	Lên tới 1Gbps cho từng người sử dụng	Vượt quá 10Gbps cho từng người sử dụng
Hệ thống an ninh - bảo mật	Chưa mang tính thống nhất xuyên suốt giữa mọi loại hình dịch vụ, truy nhập.	Thống nhất trong công tác an ninh - bảo mật xuyên suốt hệ thống. Giúp hệ thống an toàn trước các cuộc tấn công mạng, hay thảm họa ...

Các so sánh trên chỉ tập trung vào các mục tiêu chủ yếu của NwGN so với các mạng thế hệ trước. Mặc dù, về một số mặt mạng hiện tại đã đáp ứng được nhu cầu, nhưng để dự phòng cho sự phát triển của mạng viễn thông tương lai, sự thống nhất hay đồng nhất chức năng giữa nhiều hệ thống dịch vụ - hệ thống quản trị mạng sẽ giúp NwGN giải quyết tốt những thách thức của hiện tại như lượng truy cập nhiều, hiện tượng quá tải cục bộ...

Tóm lại, với các nhóm mục tiêu ở mục III.B, NwGN đã định hình ra một hình mẫu mạng tương lai, để các nhà nghiên cứu, các nhà sản xuất thiết bị viễn thông có định hướng cụ thể để hướng đến, từ đó, tiệm cận dần sang mạng mới với chi phí thấp nhất, và hiệu quả cao nhất.

IV. MỘT SỐ ĐỀ XUẤT TRONG VIỆC HOẠCH ĐỊNH CHIẾN LƯỢC PHÁT TRIỂN MẠNG VIỄN THÔNG HƯỚNG ĐẾN XÂY DỰNG NwGN CHO MẠNG VIỄN THÔNG HIỆN NAY

A. Việc hoạch định chiến lược phát triển mạng viễn thông

Với mục tiêu phát triển mạng viễn thông hiện nay sang NwGN, cần xác định đây chính là hướng phát triển mạng hiện thời nhằm đáp ứng nhu cầu trong tương lai. Việc hoạch định chính sách phát triển mạng trong giai đoạn sắp đến cần đi nhanh vào việc hiện đại hóa mạng, tăng cường và phát triển mạng lõi viễn thông. Theo khuyến nghị của ITU như [13], việc đưa ra các mô hình chuẩn cho các mạng viễn thông thế hệ mới nhằm để định hướng cho việc hoạch định chiến lược phát triển mạng viễn thông hướng đến NwGN, trong đó

việc đáp ứng tốt các mục tiêu đặt ra của NwGN, với cách tiếp cận từng bước, đồng thời với việc hiện đại hoá mạng lõi, đa dạng hóa các loại hình dịch vụ, tập trung phát triển và hoàn thiện cơ sở hạ tầng truyền thông và thông tin chính là trọng tâm của chiến lược này.

Cho dù đến nay đã có nhiều dự án, nhiều quốc gia tham gia nghiên cứu đề xuất, nhưng mô hình cụ thể cho NwGN vẫn ở mức đề ra các mục tiêu cần đạt được, và tùy thuộc sự phát triển từng nước, từng khu vực mà có những cách tiếp cận khác nhau. Do vậy, việc đi lên NwGN đối với mạng viễn thông hiện nay, với Việt nam chẳng hạn, thì việc ứng dụng và đi lên NwGN phải được tiến hành từng bước một, tiệm cận dần đến các mục tiêu của NwGN, các mục tiêu mà đa số các dự án, các khuyến nghị, đặc biệt là các khuyến nghị đã được ITU-T khẳng định, thông qua nhóm thảo luận đặc biệt (2009) của ITU nghiên cứu về mạng thế hệ mới [12, 13].

Chính vì thế, về định hướng chung, cần nhận thức được định hướng đi lên NwGN là định hướng nhất quán, còn trong thực tế, các nhà mạng cũng như các chính phủ cần có lộ trình, chính sách, định hướng rõ ràng, nhằm hướng đến một NwGN một cách chủ động, nhằm đạt hiệu quả đầu tư cao nhất, vừa thỏa mãn nhu cầu hiện tại, đồng thời đón đầu đầu tư vào một mạng tương lai đầy hứa hẹn và hiệu quả.

B. Đề xuất tiệm cận NwGN cho mạng viễn thông hiện nay

1) Hướng tiệm cận NwGN về phát triển và ứng dụng công nghệ tiên tiến:

Về mặt công nghệ, cần phải xây dựng một nền hạ tầng kỹ thuật cơ bản, trên cơ sở tích hợp các hệ thống hiện tại trên nền mới, đồng thời mở ra khả năng mạnh mẽ trong việc đáp ứng các mục tiêu lâu dài. Việc tích hợp hạ tầng dịch vụ “điện”, “quang” trên một hạ tầng chung một cách mềm mại, uyển chuyển, hoàn toàn “trong suốt” với người sử dụng dịch vụ, đáp ứng được yếu tố “ubiquitous” (mọi lúc, mọi nơi, mọi dịch vụ) của NwGN như hình 5 đề xuất cũng là một cách tiệm

cận hóa đến NwGN.



Hình 5. Hạ tầng viễn thông trong NwGN

Các hướng tiệm cận chính đáp ứng các mục tiêu của NwGN về mặt công nghệ truyền dẫn, công nghệ tích hợp và mạng lõi mới, như:

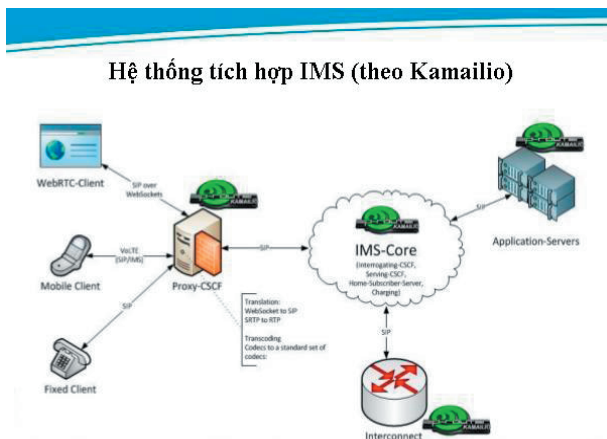
1. Phát triển và ứng dụng các công nghệ truyền tải quang thể hệ mới, nhằm đạt được tốc độ truyền tải ở mức Pbps cho mạng đường trục, 10 Gbps cho mạng truy nhập quang trở lên, đồng thời phát triển công nghệ truyền tải quang thể hệ mới như: công nghệ truyền dẫn quang; các loại sợi quang mới; công nghệ tái tạo tín hiệu quang 3R; giám sát chất lượng tín hiệu quang, chuyển mạch quang và bộ đệm quang, kỹ thuật điều chế, mã hóa và ghép kênh phân chia theo bước sóng WDM tốc độ siêu cao cỡ 100Gbps trên một kênh bước sóng trở lên, hướng đến mạng toàn quang với tốc độ siêu cao ...
2. Tăng cường ứng dụng vô tuyến thông minh để giải quyết những hạn chế trong sử dụng phổ tần hiện nay. Với công nghệ vô tuyến thông minh, người dùng có thể cảm nhận phổ, quản lý phổ, chia sẻ phổ và dịch chuyển phổ, từ đó có thể sử dụng phổ tần linh hoạt, giảm thiểu xuyên nhiễu và trường điện từ [7]. Trong tương lai, công nghệ vô tuyến thông minh rất lý tưởng cho các ứng dụng yêu cầu khắt khe về thời gian thực như các dịch vụ khẩn cấp, dịch vụ đa phương tiện, băng rộng...
3. Triển khai mạnh việc ứng dụng các mạng cảm biến không dây (WSN) cấu thành từ các thiết bị cảm biến nhỏ gọn, tiêu thụ ít năng lượng,

giao tiếp thông qua các kết nối không dây, có khả năng làm việc trong môi trường tự nhiên với nhiệm vụ cảm nhận, đo đạc, tính toán các thông số môi trường xung quanh để thu thập thông tin về trung tâm để xử lý phù hợp theo sự biến đổi của môi trường. WSN được ứng dụng trong rất nhiều lĩnh vực như quốc phòng, an ninh, dân sự, y tế, giao thông, môi trường, nông nghiệp... ví dụ như: rà soát bom mìn, khí độc hại, chống đột nhập; giám sát chu trình và sản phẩm trong sản xuất công nghiệp; cảnh báo cháy nổ, nhà thông minh; kiểm tra giám sát sức khỏe; kiểm soát lưu lượng giao thông; giám sát mức độ ô nhiễm môi trường, dự báo thời tiết, khí hậu; đo nhiệt độ độ ẩm, điều khiển tưới tiêu tự động theo độ ẩm không khí, theo dõi sự di chuyển của động vật hoang dã...

4. Ứng dụng công nghệ Web 3.0, cùng tính toán đám mây trên các máy chủ. Việc ứng dụng các công nghệ mới này giúp cho việc tính toán, lưu trữ, trình bày, truy cập thông tin và tìm dữ liệu được thông suốt, uyển chuyển và an toàn, đồng thời tăng khả năng tính toán của thiết bị di động, tính phổ biến của mạng không dây, đồng thời với sự phát triển của các công nghệ cảm ứng không dây mới, tiên tiến giúp phát triển mạng các công nghệ mới các đối tượng thông minh được kết nối, tạo nên Internet của mọi thứ.
5. Xây dựng và triển khai một lộ trình hiện đại hóa mạng lõi viễn thông, nhằm đáp ứng ngay nhu cầu hiện tại, đồng thời có hướng đến mạng viễn thông thể hệ mới. Công nghệ OTN, theo khuyến nghị G.709, G.872 ... của ITU-T tại [14, 15], sẽ là một hướng công nghệ rõ ràng của tương lai, ít nhất là vài thập kỷ nữa. Với Việt Nam hiện nay, việc nâng cấp, đầu tư ngay mạng lõi công nghệ OTN sẽ là một hướng công nghệ rất đáng đầu tư ngay từ bây giờ [16, 17] để hoàn thiện dần mạng lõi, mạng gom. Về mạng truy nhập và các mạng ngoại vi, cần có tiến trình hiện đại hoá cụ thể, nâng cấp tốc độ của các mạng biên, kết nối lõi với tốc độ cao, đồng thời tổ chức quang hoá đến cấp thấp nhất trong mạng viễn

thông, càng nhiều, càng sớm càng tốt. Việc tích hợp môi trường truyền tải dịch vụ có dây, không dây, sensor, wifi ... để có thể phục vụ nhu cầu sử dụng dịch vụ mọi lúc, mọi nơi ... Riêng về công nghệ mạng, việc nghiên cứu ứng dụng các giải thuật định tuyến đa năng, các mô hình mới trong cấu trúc mạng cung cấp dịch vụ, phân bổ tài nguyên mạng, chống tắc nghẽn cục bộ sẽ giúp cho mạng viễn thông ngày càng đáp ứng được chất lượng dịch vụ cho người dùng.

6. Tích hợp dịch vụ trên hệ thống IMS mới, đủ khả năng đáp ứng nhu cầu của người dùng, theo hướng đa dịch vụ trên một nền hạ tầng viễn thông. Một ví dụ về ứng dụng hệ thống tích hợp IMS như hình 6 – nguồn [11], giúp thiết lập đường truyền viễn thông trong mạng hiệu quả, đảm bảo chất lượng đường truyền, chất lượng dịch vụ.



Hình 6. Tích hợp hệ thống IMS trên cơ sở đa dịch vụ - Nguồn [11]

7. Nghiên cứu ứng dụng công nghệ ảo hóa mạng nhằm tăng cường tính độc lập giữa các thành viên tham gia mạng, đồng thời tiết kiệm tài nguyên vật lý trong điều kiện hạn hẹp của mạng viễn thông đồng thời với số lượng người tham gia tăng vượt trội. Với tính năng mới này, việc chia sẻ nguồn lực mạng sẽ mang tính cộng đồng hơn và mang lại nhiều hiệu năng hơn.
8. Xây dựng và ứng dụng nhiều giải pháp định tuyến đảm bảo chất lượng dịch vụ QoS theo nguyên tắc đa định tuyến đảm bảo QoS. Đa

định tuyến bao gồm định tuyến QoS, hạn chế các bản tin quảng cáo đồng thời quan trọng nhất là cho phép người sử dụng có quyền lựa chọn đường định tuyến từ nguồn dữ liệu cụ thể.

Về việc tiệm cận đi lên NwGN về mặt kỹ thuật, công nghệ theo định hướng chung vẫn là ứng dụng các công nghệ mới đảm bảo yêu tố thân thiện môi trường, do đó, việc đặt ra các tiêu chuẩn ngay từ đầu về môi trường cần phải đặt ra sớm, cụ thể như các tiêu chuẩn về tiêu thụ năng lượng, các ưu tiên cho các thiết bị sử dụng năng lượng tái tạo, năng lượng mặt trời... Từ đó, định hướng của các chính sách vĩ mô của nhà nước về đầu tư cho các thiết bị, giải pháp công nghệ tương ứng, đảm bảo cho việc ứng dụng càng nhiều càng tốt các thiết bị, giải pháp công nghệ mang tính đột phá về môi trường, giảm thiểu khí thải nhà kính, tiêu thụ năng lượng trên đầu byte thấp, sử dụng vật liệu nhẹ, ít tỏa nhiệt, vật liệu tái chế ... sẽ là định hướng ưu tiên khi đi lên NwGN. Bên cạnh yếu tố môi trường, việc ứng dụng các công nghệ để đáp ứng các nhu cầu mang tính xã hội cao cần được ưu tiên giải quyết, như việc làm, y tế, giáo dục, cân bằng sinh thái, chống biến đổi khí hậu, cân bằng và hợp lý trong giới tính, tuổi tác, năng lực tự nhiên của mỗi người sử dụng mạng...

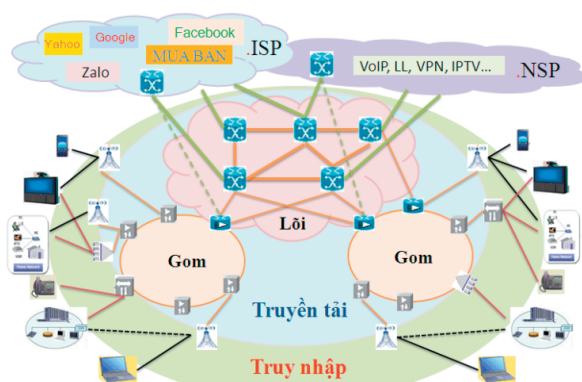
Tóm lại, về mặt kỹ thuật và công nghệ, NwGN bao hàm hầu như tất cả các công nghệ mới nhất nhằm hướng đến một mạng tương lai, một mạng mang bản chất xã hội, thân thiện môi trường, tương ứng với các mục tiêu và tầm nhìn của mạng thế hệ mới như khẳng định ở các phần trên.

2. Hướng tiệm cận NwGN về đẩy mạnh nghiên cứu phát triển ứng dụng:

Việc đáp ứng tốt nhất các nhu cầu của xã hội là một mục tiêu mang tính trọng yếu của tiến trình hiện đại hóa mạng viễn thông, nên việc nghiên cứu phát triển các dịch vụ ứng dụng đã và đang là trọng tâm hiện nay. Việc xác định **xu hướng chuyển đổi bản chất dịch vụ mạng** từ chỗ người sử dụng thay đổi hành vi để sử dụng thông tin thì đến nay hệ thống thông tin phải thay đổi để đáp ứng chính nhu cầu thực tế của người sử dụng, đảm bảo dịch vụ mọi lúc, mọi nơi và mọi thứ

cần thiết, để có định hướng phát triển hệ thống quản trị dịch vụ tập trung, đó chính là một hướng tiệm cận đến NwGN hiện nay. Với sự tiện lợi mà mạng mang lại, đặc biệt là các ứng dụng mang tính xã hội cao, sẽ rất cần một mạng mang tính “đa mạng”, đáp ứng được “đa dịch vụ” trên một nền mạng thống nhất như mô tả trong hình 7.

Việc tập trung xây dựng hệ thống quản trị dữ liệu, hệ thống cung cấp dịch vụ nội dung đã và đang trở thành hướng đi phù hợp với nhu cầu và thị hiếu của thị trường. Việc xây dựng hệ thống dịch vụ đáp ứng nhu cầu của xã hội đã đem lại cho người phát triển ứng dụng cũng như là nhà cung cấp dịch vụ nguồn lợi cực kỳ to lớn. Vì thế, việc đẩy mạnh các ứng dụng hướng đến nhu cầu xã hội là một hướng tiệm cận đến NwGN mang tầm chiến lược trung và dài hạn đối với các nhà quản lý vĩ mô.



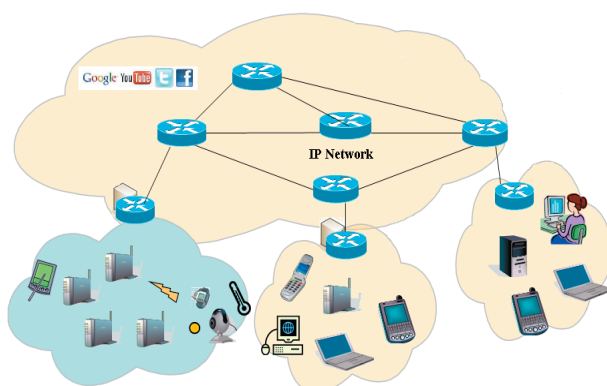
Hình 7. Hội tụ dịch vụ trên nền mạng tích hợp, đa nhiệm

Tuy nhiên, một yêu cầu lớn đặt ra là nhà nghiên cứu phát triển cần chú ý là các ứng dụng phải đơn giản, nhỏ gọn, tiết kiệm năng lượng, đồng thời phù hợp với thị hiếu của xã hội, hoặc một tầng lớp xã hội. Để các ứng dụng nhanh chóng trở nên phổ quát, các ứng dụng cũng cần có giá cả phải chăng, hoặc miễn phí và phải trực tiếp đến người dùng, phù hợp với nhu cầu và khả năng đáp ứng của người dùng. Bài học của Google Play Store, Apple Store... là minh chứng cho cách tiệm cận này. Các ứng dụng nhỏ gọn, dễ được cộng đồng chấp nhận sẽ là hướng đi giúp mạng viễn thông thể hiện là công cụ hữu hiệu hướng đến nhu cầu của xã hội, phục vụ cho hàng tỷ người và hướng đến mục tiêu mọi thứ, mọi lúc, mọi nơi của NwGN.

C. Những bước chuyển biến sang NwGN của mạng viễn thông Việt nam:

Với sự tập trung đầu tư, đi tắt đón đầu, đến nay việc mạng viễn thông Việt nam đã và đang đáp ứng tốt cho các nhu cầu của nền kinh tế, đồng thời là một trong những nước ứng dụng 3G hiệu quả, và có tốc độ truy cập mạng thuộc loại cao, với giá cước thông tin trên mạng thuộc loại thấp nhất. Kết quả của việc đầu tư trên thực sự đã đem lại những hiệu quả không nhỏ cho nền kinh tế, nhất là trong thời đại thông tin và truyền thông như hiện nay.

Các nhà mạng VNPT, MobiFone, Viettel ... đã được cấp phép đầu tư 3G, 4G và sắp tới là 5G, với tốc độ dữ liệu di động đạt trên 40Mbps trên các đường xuống, thì hướng đến 4G hay cả 5G trong thời gian tới, với tốc độ vượt trội, trên 1Gbps, tạo điều kiện rõ ràng cho việc cải thiện chất lượng mạng, tích hợp các loại dịch vụ trên nền vô tuyến, cũng như trên nền quang ... Việc các nhà mạng hiện nay của Việt nam triển khai G-PON rộng khắp, cũng xem như là một cách tiếp cận NwGN về góc độ đa dịch vụ đến với người dùng (hình 8).



Hình 8. Đa dịch vụ đến với người dùng - Nguồn Keio University

Về chính sách của chính phủ, việc triển khai rộng khắp e-Gov, e-Commerce cũng như các chính sách vĩ mô của nền kinh tế, sẽ rất cần băng thông rộng, tốc độ cao của mạng viễn thông hỗ trợ. Để giải quyết tốt các bức xúc của nền kinh tế-xã hội trong thời gian sắp đến, và khi ngày một nhiều nhà cung cấp dịch vụ ra đời, mạng dịch vụ viễn thông phổ biến đến đại bộ phận người dân, doanh nghiệp thì việc mạng viễn thông phải thay đổi

liên tục, và đi trước một bước là điều hiển nhiên. Các hướng tiệm cận đề xuất trong phần IV.A và IV.B đều là các bước triển khai rất hữu ích, giúp cho Việt nam nhanh chóng chuyển đổi, bắt kịp đà phát triển công nghệ trong tương lai.

Chính vì thế, việc phát triển đi lên NwGN là việc hết sức cần thiết để có thể đi trước đón đầu, và thu lợi nhuận từ việc hoạch định chính sách đáp ứng nhu cầu của xã hội trong lĩnh vực thông tin như hiện nay.

V. KẾT LUẬN

Hiện đại hoá mạng viễn thông của các nhà khai thác trên thế giới nói chung, Việt nam nói riêng là một tiến trình cần thiết và cấp thiết trong giai đoạn bùng nổ thông tin hiện nay. Với các khuyến nghị của ITU-T, cũng như các nghiên cứu của các nước mạnh về viễn thông trên thế giới, thì hình mẫu của một mạng tương lai như NwGN thực sự là một giải pháp hữu hiệu nhằm đáp ứng cho nền kinh tế – xã hội ngày càng phát triển mạnh mẽ.

Tiến trình đi lên NwGN này theo hướng tiệm cận hóa theo từng mục tiêu cụ thể của NwGN sẽ trước mắt đáp ứng một phần nhu cầu thông tin hiện tại, giải quyết một loạt vấn đề nảy sinh hiện nay như thiếu băng thông, nghẽn cục bộ ... đồng thời, là cơ sở quan trọng trong việc đáp ứng nhu cầu thông tin, truyền thông ngày càng cao từ nay đến 2020 và các năm tiếp theo.

Để đáp ứng nhu cầu của xã hội thông tin rộng mở, với sự tham gia ngày càng tăng của người sử dụng dịch vụ, cũng như chất lượng dịch vụ ngày càng yêu cầu cao hơn thì xu thế đi lên mạng thế hệ mới là một tất yếu. Trong những năm sắp tới, khi lưu lượng trên di động cũng như băng rộng tăng vọt, việc tiệm cận hoá đi lên NwGN của mạng viễn thông Việt nam cũng như các nhà khai thác mạng viễn thông trên thế giới là một thực tế khách quan, và là điều các nhà khai thác đang hướng đến để có thể định hướng phát triển kinh doanh trong tương lai.

Trong khuôn khổ bài báo chỉ nêu lên những nét tổng quan về mạng thế hệ mới, những mục tiêu,

yêu cầu và thách thức để định hướng phát triển mạng hiện tại sang mạng thế hệ mới trong tương lai. Phần IV của bài báo đề xuất một số giải pháp liên quan đến việc tiệm cận đến các mục tiêu cần đạt được như nêu trong phần III ở trên, nhằm cung cấp cho những nhà sản xuất, khai thác, cung cấp dịch vụ mạng một định hướng để có thể xây dựng cho mình một mạng viễn thông hiện đại, đa năng, đa nhiệm trong tương lai.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. NIST. New Generation Network Architecture – AKARI Conceptual Design, 2008. AKARI Architecture Design Project report, October 2008, <http://akari-project.nict.go.jp/>.
- [2]. NICT - National Institute of Information and Communications Technology, 2009. New-Generation Network Technology Strategy. <http://nwgn.nict.go.jp/>.
- [3]. Tania Regina Tronco. New Network Architectures – The Path to the Future Internet, Springer, 2010.
- [4]. NFS.XIA-eXpressiveInternetArchitecture, NFS Future Internet Architecture Project, 2013. <http://www.cs.cmu.edu/~xia/>
- [5]. Euro-NF, Anticipating the Network of the Future – From Theory to Design, 2008.
- [6]. European Commission. The EIFFEL Support Action: Laying the foundation for Future Networked Society, 2010.
- [7]. European Commission. ICT – Information and communication technologies. FP7 – ICT work program 2013. http://cordis.europa.eu/fp7/ict/home_en.html
- [8]. Research Coordination Working Group, and the GENI Research Plan; GENI: Global Environment for Network Innovations. GENI Design Document 06-28, April 2007. <http://www.geni.net/GDD/>.
- [9]. Baruch Awerbuch and Brian Haberman, “FIND: Algorithmic foundations for Internet Architecture: Clean Slate

- Approach,” FIND Project 2009. <http://www.nets-find.net/>.
- [10]. David Clark, Karen Sollins, John Wroclawski, Dina Katabi, Joanna Kulik, Xiaowei Yang, Robert Braden, Ted Faber, Aaron Falk, Venkata Pingali, Mark Handley, Noel Chiappa, 2000. New Arch: Future Generation Internet Architecture.
- [11]. KamailioWorld 2014. Kamailio, IMS and WebRTC. <http://www.slideshare.net/carstenbock-kamailioworld-2014>.
- [12]. ITU-T Recommendation Y.2012, “Functional Requirements and architecture of the NGN”, release 1, 2006.
- [13]. IUT-T, 2010. Committed to connecting the world. <http://www.itu.int/en/ITU-T/focusgroups/fn/Pages/default.aspx>, truy cập 12/12/2014.
- [14]. ITU-T G.709 (01/03), Interfaces for the Optical Transport Network (OTN)
- [15]. ITU-T G.872 (10/01), Architecture for the Optical Transport Network (OTN)
- [16]. (Ericsson WhitePaper), Hà nội 2010. “OTN – Tương lai của truyền tải dữ liệu”. Tạp chí Công nghệ Thông tin và Truyền thông. Số 388(578), kỳ 1 tháng 11/2010, trang 24.
- [17]. Nguyễn Trọng Tâm, 2013. Triển khai hiện đại hóa mạng với OTN (phần 1,2) [http://tapchibcv.gov.vn/TinBai/2610/Trien-khai-hien-dai-hoa-mang-voi-OTN-phan-1\(2\)](http://tapchibcv.gov.vn/TinBai/2610/Trien-khai-hien-dai-hoa-mang-voi-OTN-phan-1(2)), truy cập ngày 10/8/2013

PROPOSALS OF FURTHER PROGRESS TOWARDS NEW GENERATION NETWORK – THE FUTURE OF TELECOMMUNICATION NETWORK

Abstract: Today, with the considerable development of science and technology, all aspects of social life from lifestyle to everyday consumer demand are all concerned with Internet and communication. The telecommunication (telecom) network becomes the vital factor which goes with the development of society, has penetrated into and

changed almost the ins and outs of mankind from works, entertainments to social influences. However, it is now still short of flexibilities, transparencies ... due to NAT overuse, mass-changes, uncomfortable protocols ... Hence, it is very necessary to have more researches for future network, on the base of contemporary network accompanied with new requisitions and new designs which are compatible with today and tomorrow demands.

The paper has researched the new vision of future telecom network, its effects on human life and society and the charged targets to achieve the NwGN – the future telecom network. The paper still proposes the orientation of progressing towards NwGN from present telecom network, and from the currently Vietnamese network in particular.



Trần Minh Anh tốt nghiệp đại học ngành Điện tử Viễn thông năm 1995 tại Đại học Bách Khoa Đà Nẵng, nhận bằng Thạc sỹ Kỹ thuật Viễn thông năm 2001 tại Đại học Bách khoa Hà Nội. Hiện đang là Nghiên cứu sinh tại Học viện Công nghệ Bưu chính Viễn thông Việt Nam. Hướng nghiên cứu chính là: Mạng thế hệ mới, vấn đề đảm bảo chất lượng dịch vụ trên mạng viễn thông, kỹ thuật định tuyến trên mạng viễn thông ...



Bùi Trung Hiếu, nhận bằng kỹ sư viễn thông tại trường ĐH kỹ thuật Thông tin Liên lạc năm 1978, bằng Tiến sĩ viễn thông tại ĐH Zilina, Slovakia, năm 1992. Hiện là phó giáo sư, giảng dạy và nghiên cứu về viễn thông tại Học viện Công nghệ Bưu chính Viễn thông Việt Nam. Nghiên cứu tập trung về mạng truyền tải quang, báo hiệu và điều khiển trong mạng viễn thông.



Nguyễn Chiến Trinh, nhận bằng kỹ sư Điện tử Viễn thông năm 1989 tại Odesa, Ukraina. Nhận bằng Thạc sỹ và Tiến sỹ Điện tử Viễn thông lần lượt các năm 1999 và 2005 tại Đại học Điện tử - thông tin Tokyo, Nhật Bản. Hiện là Trưởng Bộ môn Viễn thông, Khoa Viễn thông 1 thuộc Học viện Công nghệ Bưu chính Viễn thông, Việt Nam. Hướng nghiên cứu hiện nay là Mạng thế hệ mới, phân tích và mô hình hóa lưu lượng mạng, phân bố tài nguyên mạng, đảm bảo chất lượng mạng và bảo mật mạng