

# LƯU LƯỢNG TRONG MẠNG FMC VÀ ỨNG DỤNG KỸ THUẬT LƯU LƯỢNG TRONG VIỆC ĐỊNH TUYẾN QoS

## TRAFFIC ENGINEERING IN FMC AND USE OF TRAFFIC ENGINEERING IN QoS ROUTING

**Nguyễn Trung Kiên**

*Học viện Công nghệ Bưu chính Viễn thông*

### TÓM TẮT

Kỹ thuật lưu lượng (TE) đã đóng một vai trò quan trọng trong việc dự báo, thiết kế và tối ưu mạng Viễn thông dựa trên chuyển mạch kênh (TDM) với dịch vụ thoại là chủ yếu. Khi mạng NGN hay gần đây nhất là mạng FMC ra đời người ta cũng mong muốn có các công cụ hữu hiệu để quy hoạch và tối ưu mạng như đã làm với mạng TDM trước đây. Thời kỳ đầu, người ta cố gắng mở rộng các công cụ đã có cho mạng mới, tuy nhiên các phép thử đã cho thấy các công cụ này không dùng được nữa (ví dụ mô hình Poisson chẳng hạn), lý do ở đây là mạng NGN/FMC là mạng đa dịch vụ và dựa trên công nghệ chuyển mạch gói IP nên các đặc tính của các luồng lưu lượng khác hẳn mạng Voice thuần túy. Nhiều mô hình lưu lượng mới cũng đã được đưa ra nhưng chưa có mô hình nào đủ tổng quát như mong muốn. Bài báo này giới thiệu về kỹ thuật lưu lượng trên mạng Viễn thông thế hệ mới, tổng hợp một số thông tin về một số mô hình lưu lượng mới và phân tích cách thức ứng dụng kỹ thuật lưu lượng khi chưa có một mô hình lưu lượng chuẩn

### ABSTRACT

Traffic engineering (TE) has an important role in the forecast, design and optimization of the Telecom network based on circuit switching (TDM) with mainly voice service. When NGN or most recently FMC network appeared, the same efficient tools to plan and optimize the network have been expected, as with TDM network before. At the beginning, there are efforts to expand the existing tools, however trials have showed that these tools were unusable (such as Poisson model), the reason is NGN/FMC is multi-service network based on IP package-switching technology so that the traffic characteristics are quite different from the voice centric network. Many new traffic models have been proposed but none of them was a comprehensive one. This article introduces the traffic techniques on the new generation Telecom network, gathering information about some new traffic models and analyzing the method to apply traffic techniques when there is no standard traffic model shown yet.

### I. GIỚI THIỆU

Mạng FMC (Fixed Mobile Convergence) được xây dựng trên cơ sở hạ tầng mạng chuyển mạch gói IP và cung cấp các loại hình dịch vụ Viễn thông: Voice, video, data..v.v. Phương thức truy nhập sử dụng các công nghệ wireline, wireless (3G, Wifi, Wimax, PHS..). Ứng dụng của kỹ thuật lưu lượng trên mạng FMC là nghiên cứu đặc tính của người sử dụng dịch vụ, loại hình dịch vụ và tính chất của các luồng dữ liệu trao đổi giữa các đối tượng trên mạng từ đó khái quát nên các mô hình chuẩn. Dựa vào các mô hình được khái quát hoá này người ta xây dựng ra các lý thuyết và công cụ khác nhau cho việc tiết kế, tổ chức mạng đảm bảo được các yêu cầu của dịch vụ khác nhau và tránh được các hiện tượng tắc nghẽn

Nghiên cứu về lưu lượng đã rất thành công trong thế hệ mạng chuyển mạch kênh

(PSTN (với lưu lượng voice chủ yếu) truyền thông, trong thế hệ mạng này các mô hình lưu lượng chuẩn đã được xây dựng và là công cụ hữu hiệu để hỗ trợ các quá trình khác nhau trong sự phát triển của mạng. Một số các lý thuyết, mô hình là công cụ hữu hiệu trong việc thiết kế, tối ưu và giải quyết các vấn đề hiệu năng mạng như: tiên trình Poisson, công thức Erlang-B, lý thuyết hàng đợi ứng dụng [1,9].

Khi các kỹ thuật chuyển mạch gói bắt đầu hình thành, (ATM, X25 và tiếp sau là IP..), các mạng này chủ yếu cho việc truyền số liệu. Nguồn lưu lượng dữ liệu trên các mạng chuyển mạch gói này có tính chất ON/OFF, trong đó chu kỳ ON là thời gian truyền dữ liệu và OFF là khoảng thời gian không truyền. Do tính đơn giản, các tiên trình Poisson và Markov cũng đã được dùng cho mạng chuyển mạch gói này. Khi sử dụng các mô hình đơn giản này các chu kỳ

ON hoặc OFF bộc lộ tính chất phân bố của nó có dạng hình học hay hàm mũ. Lưu lượng thể hiện tính *không nhớ* (*Memoryless*) nghĩa là sự phụ thuộc nhau thời gian ngắn (SRD-short range dependence). Các nguồn lưu lượng gom (lưu lượng gộp) sẽ thể hiện như nhiễu trắng (white noise)

Nhiều phân tích gần đây về các lưu lượng trên mạng chuyển mạch gói IP trên các mạng LAN/WAN với các ứng dụng FTP, WWW, Email, Video.. đã cho thấy tính chất **tự tương đồng** (self-similar) với *time scale* khác nhau đang tồn tại một cách tự nhiên trong các lưu lượng này mà trước đây đã bỏ qua đồng thời cũng cho thấy các mô hình lưu lượng truyền thống như Poisson không còn đúng cho việc phân tích các lưu lượng mới này nữa [2].

Với mong muốn đưa ra được các mô hình tương tự cho thể hệ mạng Viễn thông dựa trên công nghệ chuyển mạch gói IP và gần đây nhất là mạng hội tụ FMC người ta cũng đã bắt tay vào nghiên cứu về lưu lượng trên mạng này.

## II. MẠNG FMC VÀ CÁC DỊCH VỤ TIÊU BIỂU

Trên mạng FMC là mạng Viễn thông thế hệ tiếp theo có sự hội tụ giữa mạng cố định và di động. Trên mạng FMC nhiều loại dịch vụ khác nhau nhưng có thể thấy 3 loại dịch vụ tiêu biểu là các dịch vụ trong nhóm Triplay services: VoIP (thoại qua mạng IP), IPTV (dịch vụ xem Tivi qua mạng IP) và HSI (Truy nhập Internet tốc độ cao).

Dịch vụ VoIP là thế hệ tiếp theo của dịch vụ thoại PSTN truyền thống được xây dựng trên cơ sở hạ tầng mạng IP. Trong mạng này, các luồng dữ liệu voice sẽ được gói thành các packet và chuyển phát trên mạng IP, Để tiết kiệm băng thông, một số kỹ thuật mã hoá

(codec) và kỹ thuật triệt khoảng lặng được sử dụng tại phía phát nhằm giảm tốc độ bit. Các kỹ thuật mã hoá phổ biến là G711, G723, G729..

Dịch vụ IPTV/VoD, P2P IPTV cung cấp các luồng thông tin Voice và Video đến một nhóm khách hàng sử dụng dịch vụ quảng bá cho một nhóm khách hàng (IPTV-multicast) hay cho từng khách hàng (VoD). Dữ liệu trong dịch vụ này cũng là dạng dữ liệu video + voice thời gian thực (Soft-realtime)

Dịch vụ truy nhập Internet tốc độ cao là loại hình dịch vụ Internet truyền thống nhưng có yêu cầu cao hơn về chất lượng dịch vụ và loại hình dịch vụ. Lưu lượng này bao gồm dữ liệu thông tin trao đổi trong quá trình duyệt web, truyền file, email..

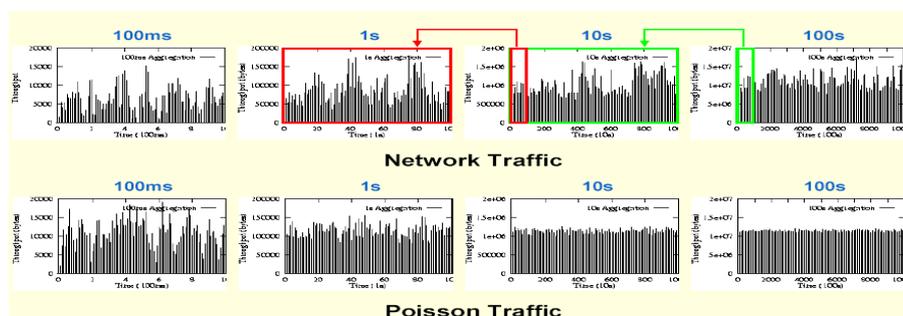
Trên mạng FMC các lưu lượng Internet và Multimedia có dạng ON/OFF. Ví dụ với dịch vụ Web, chu kỳ ON thể hiện việc tải trang web và chu kỳ OFF thể hiện thời gian đọc thông tin.

## III. MỘT SỐ TÍNH CHẤT CỦA LƯU LƯỢNG TRÊN MẠNG FMC

Một số thuộc tính của các luồng dữ liệu trên mạng mới đã được chỉ ra như:

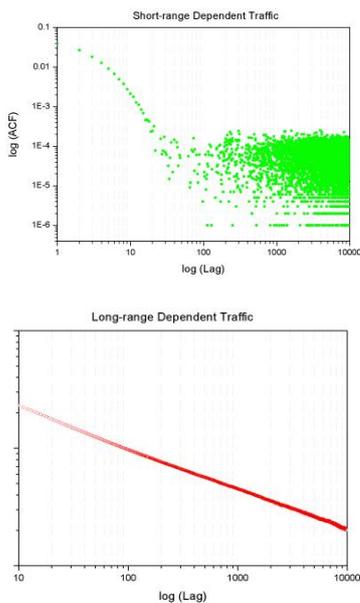
- Tính tự tương đồng [3,8,9]: Sự phân bố của lưu lượng có dạng sao lại toàn bộ hay một phần của nó sau một chu kỳ thời gian. Biểu diễn của sự tự tương đồng này qua tham số Hurst (H). Khi H gần tiến tới 1 thì sự tương đồng càng gần chính xác. Sự tự tương đồng có thể diễn ra theo các time-scale khác nhau và có thể biểu diễn bởi hàm phân bố heavy-tailed hay long-tailed.

Hình so sánh tính chất tự tương đồng trong lưu lượng trong mạng FMC với tính chất của lưu lượng Poisson truyền thống.



Hình 1. So sánh lưu lượng Poisson và Self-similar

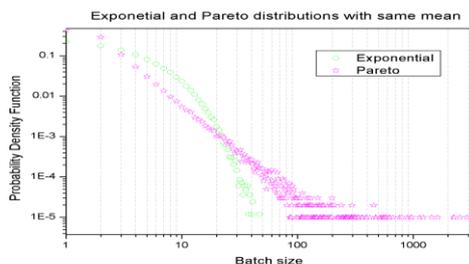
- Tính phụ thuộc nhau thời gian dài (Long-range-dependence) [10,19]: Sự tự tương đồng theo time-scale khác nhau được gọi là (*Long-range-dependence-LRD*). Tính phụ thuộc nhau thời gian dài này tương phản với tính chất của lưu lượng trên mạng PSTN truyền thống ở đó tiến trình đến và đi được phân bố theo Poisson. Hình 2 so sánh SRD và LRD, trong phân bố Poisson sự suy giảm của xác suất phía đuôi rất nhanh chóng và sát với hàm mũ của thời gian còn trong lưu lượng có đặc tính LRD, sự suy giảm của xác suất theo hàm hypebol.



Hình 2. SRD và LRD

Phân bố Heavy-tailed/ long-tailed: Một bộ phận lớn trong xác suất tập trung cao ở phía đuôi của sự phân bố so với phân bố hàm mũ. Diễn hình của tính chất này được thể hiện trong phân bố Pareto [4] và Weibull [5].

Hình so sánh giữa phân bố Heavy-tailed và phân bố hàm mũ



Hình 3. Phân bố Heavy-tailed và phân bố hàm mũ (exponential)

- Tính rời rạc (Fractal): Tính chất này thể hiện rất rõ trong việc truyền các dữ liệu dạng gói lớn (bursts) như việc tải các file lớn, file audio, ..
- Sự phân bố các chu kỳ ON/OFF khác nhau đối với các ứng dụng cụ thể trên mạng này [8,11,19,21]:
- *Dịch vụ VoIP* đã chỉ ra sự phân bố: ON – Gamma, OFF - Weibull
- *Dịch vụ E-mail*: ON – Weibull, OFF – Pareto
- *Dịch vụ FTP*: Tương tự dịch vụ Email nhưng với kích thước file trung bình lớn hơn và chu kỳ ON dài hơn
- *Lưu lượng WWW*: khoảng thời gian Inactive được chia làm 2 loại: Active OFF time phân bố Weibull, In-active OFF time phân bố Pareto

#### IV. MỘT SỐ MÔ HÌNH LƯU LƯỢNG MỚI

Với một số đặc tính mới của các luồng lưu lượng trên mạng FMC như trên đây, thời gian qua có một số mô hình lưu lượng được nghiên cứu và đề xuất áp dụng [11,17,19]:

- Mô hình luồng lưu (Fluid): Trong mô hình này, lưu lượng được coi như volume và có tính chất của 1 flow rate. Mô hình này phù hợp cho các luồng lưu lượng đơn như trong B-ISDN hay ATM. Mô hình này phù hợp cho việc mô hình hoá các lưu lượng burst với mẫu ON/OFF
- Các mô hình tự tương đồng (Self-similar models): Mô hình Fractional ARIMA (mô hình hồi quy tự chuyển dịch trung bình phân đoạn), mô hình này được sử dụng rộng rãi nhất cho sự tự tương đồng, nó có thể mô hình hoá cả các tiến trình LRD, SRD đồng thời; Mô hình Fractional Gaussian Noise (FGN): Được dùng nhiều cho các quá trình ngẫu nhiên, phù hợp cho việc mô hình hoá các dữ liệu burst và ứng dụng đa phương tiện; Mô hình Transform-Expand-Sample (TES)..
- Các mô hình LRD: các mô hình này có thể kể đến: Fractional Brownian motion (FBm), M/G/  $\infty$ , ..

Thực tế, mỗi trong các mô hình lưu lượng trên chỉ thích hợp với một loại lưu lượng nhất định. Về lý thuyết, trong tương lai các lưu lượng ngày càng trở nên gần giống với các quá trình Gaussian [12,19], ở đó ảnh hưởng của các

luồng lưu lượng đơn sẽ ngày càng ít ý nghĩa trong nguồn lưu lượng gộp. Tuy nhiên tại thời điểm hiện tại lưu lượng thực tế chưa ở đâu giống với mô hình Gauss. Thời gian qua nhiều cố gắng đã được thực hiện nhằm đưa ra công thức tổng quát tương tự như Erlang trong mạng PSTN áp dụng cho mạng mới nhưng chưa có cố gắng nào đưa ra được công thức phù hợp cho vai trò này. Hiện tại, các luồng lưu lượng gộp vẫn chưa phải là mang tính điển hình để bỏ qua vai trò của các luồng lưu lượng riêng rẽ và việc nghiên cứu các mô hình lưu lượng vẫn tiếp tục. Nói tóm lại, hiện vẫn chưa có một mô hình lưu lượng chuẩn được chấp nhận rộng rãi cho các lưu lượng trên mạng FMC và một công cụ hữu hiệu như trong mạng PSTN chưa đạt được.

## V. GIẢI PHÁP VỀ ĐẢM BẢO QoS TRÊN MẠNG THỂ HỆ MỚI KHI CHƯA CÓ CÁC LÝ THUYẾT ĐẦY ĐỦ VỀ LƯU LƯỢNG

Trong khi chưa đạt tới sự chín trong nghiên cứu về mô hình lưu lượng trong FMC nghĩa là chưa có các công cụ thiết kế hữu hiệu, một kỹ thuật khác được sử dụng để kiểm soát chất lượng dịch vụ (QoS) đó là kỹ thuật *quản lý lưu lượng* [19]. Các kỹ thuật liên quan đến quản lý lưu lượng có thể bao gồm: *Quản lý đầu vào* (admission control), *phân lớp lưu lượng* (traffic classification), *xử lý hàng đợi* (queueing), *định tuyến QoS* (QoS), *đánh lịch phân phát gói* (scheduling) và *kiểm soát các lưu lượng ra* (traffic sharpening), *hand-over* ...

Đối với các nhà khai thác Viễn thông lớn (carrier, operator) việc đảm bảo QoS cho các dịch vụ do mình cung cấp là rất quan trọng, do vậy các nhà khai thác lớn thường đầu tư trang thiết bị đảm bảo *dự thừa lưu lượng* trong mạng do mình quản lý. Việc kiểm soát đầu vào tại các ngõ vào của mạng (các ngõ này kết nối với các mạng của nhà khai thác khác hay mạng Internet) được thực hiện nhằm để hạn chế các yêu cầu từ bên ngoài vào khi lưu lượng bên trong đã cạn

Sự phân lớp lưu lượng cho phép các nút mạng xử lý có ưu tiên đối với các luồng lưu lượng của các dịch vụ đòi hỏi yêu cầu chất lượng cao (ví dụ các dữ liệu yêu cầu tính thời gian thực VoIP, Video). Các gói tin có ưu tiên cao sẽ được đánh lịch phát trước.

Các kỹ thuật hàng đợi cũng được cải tiến rất nhiều so với các kỹ thuật áp dụng cho mạng TDM, ATM trước đây: Weighted Fair Queuing (WFQ), Weighted Round Robin (WRR), Priority Queuing (PQ), Custom Queuing (CQ), Class Based Weighted Fair Queuing (CBWFQ). Hiện nay, để cải tiến QoS các thiết bị mạng bao gồm cả các thiết bị phía khách hàng (mạng đô thị -MAN, mạng wifi 802.11e hay Wimax băng rộng 802.16) có khả năng kiểm soát QoS để từng người dùng và từng dịch vụ bằng cách tạo cho từng user/dịch vụ các hàng đợi riêng, tính chất của hàng đợi phụ thuộc dịch vụ cụ thể.

Việc kiểm soát lưu lượng ra (sharpening) nhằm kiểm soát băng thông dùng bởi 1 khách hàng hay một hướng nào đó không vượt quá mức danh định cho phép. Ở đây người ta sử dụng các kỹ thuật hàng đợi để kiểm soát lưu lượng vượt quá.

Đối với các lưu lượng liên miền hay liên nhà khai thác NGN/FMC thì thực sự khó kiểm soát. Các tổ chức chuẩn hoá Quốc tế đang cố gắng đưa ra một framework cho việc đáp ứng yêu cầu khách hàng về QoS như SLA (Service Level Agreement) framework nhưng trong thực tế chưa có thử nghiệm nào được tiến hành

Bên cạnh các kỹ thuật chủ động trên, một phương án khác là sử dụng các số liệu thống kê từ giám sát trạng thái mạng (monitor) một cách thụ động [19]. Ở đây, các thông số thống kê được về lưu lượng sẽ được sử dụng hỗ trợ các công việc như định tuyến, quy hoạch lại mạng..

## VI. KỸ THUẬT LƯU LƯỢNG VÀ ĐỊNH TUYẾN QoS

Định tuyến QoS là chức năng tìm đường đi trên mạng đảm bảo một số các yêu cầu ràng buộc về QoS (băng thông, trễ, rung pha, tỷ lệ mất gói..) còn kỹ thuật lưu lượng lại là việc tối ưu tài nguyên mạng dựa trên các tính chất của các luồng lưu lượng thông tin.

Giữa QoS và TE có điểm chung QoS và TE đều là các kỹ thuật hướng đến việc sử dụng tài nguyên tối ưu và thoả mãn các yêu cầu truyền thông tin. Điểm tương phản giữa QoS và TE là QoS hướng đến việc tìm đường ngắn nhất trong khi TE lại tìm đường có băng thông cao nhất, QoS được xem xét dưới góc độ người dùng còn TE xem xét dưới góc độ mạng, QoS tập trung vào điểm có tính nhất thời (short-

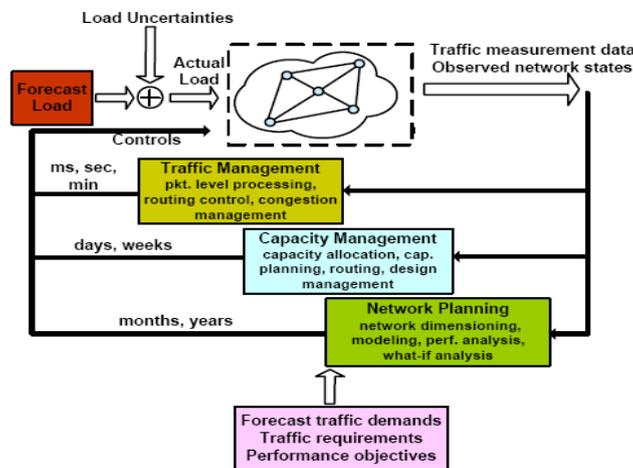
term) trong khi TE lại là vấn đề có tính lâu dài (long-term).

Nếu có một mô hình lưu lượng chuẩn ta có thể xác định được tải nguyên khả dụng trong khoảng lân cận thời điểm xét nếu biết lưu lượng ở thời điểm trước đó và thông số này có thể làm một yếu tố tác động đến quyết định chọn đường đi. Tuy nhiên, như đã giới thiệu phía trên hiện nay chưa có các mô hình lưu lượng chuẩn nào được đưa ra để sử dụng cho mục đích này, việc nghiên cứu ứng dụng kỹ thuật lưu lượng trong định tuyến QoS còn nhiều thách thức [15]. Ý tưởng có tính khả thi sử dụng kỹ thuật lưu lượng để hỗ trợ định tuyến QoS được thực hiện bằng một số cách như:

- Phân lớp các luồng lưu lượng (ví dụ Realtime và Non-Realtime) trên cơ sở đó sử

dụng các thuật toán QoS khác nhau cho các luồng lưu lượng [22].

- Sử dụng kỹ thuật dự báo lưu lượng dựa trên các thông số thống kê lưu lượng mạng ở quá khứ với chu kỳ quan sát lưu lượng (time-scale) khác nhau (*ms, sec, min, hour* hay *day*) [16] để hỗ trợ định tuyến QoS. Hình biểu diễn ví dụ việc sử dụng số liệu thống kê giám sát lưu lượng hỗ trợ cho QoS routing.
- Bên cạnh đó, các thông số thống kê lưu lượng cũng được sử dụng trong QoS nhằm cân bằng tải trên các tuyến nhất là trong định tuyến QoS liên miền [24,25]..., ở đây các thông tin về lưu lượng được trao đổi giữa các bộ định tuyến thông qua trường thông tin mở rộng của các giao thức OSPF hay BGP.



Hình 4. Ứng dụng số liệu thống kê lưu lượng cho các bài toán khác nhau

## VII. KẾT LUẬN

Kỹ thuật lưu lượng đóng vai trò quan trọng trong tổ chức mạng Viễn thông. Lý thuyết về lưu lượng trong thế hệ mạng FMC khác nhiều so với trong mạng PSTN truyền thống và cho đến nay chưa có một mô hình lưu lượng hoàn chỉnh và chưa theo kịp yêu cầu trong việc phát triển của mạng thế hệ mới. Trong khi các nghiên cứu về lưu lượng còn tiếp tục, các cơ chế giám sát, quản lý để kiểm soát QoS hay sử

dụng các dữ liệu thống kê lưu lượng về mạng để phục vụ cho mục đích định tuyến QoS nói riêng hay đảm bảo QoS nói chung thường được sử dụng trong thực tế. Trong tương lai, khi mạng FMC đã ổn định và các dịch vụ trên đó đủ phong phú và mức độ sử dụng cao làm cho ảnh hưởng của các luồng lưu lượng đơn ít ý nghĩa đi trong một lưu lượng gộp thì mô hình tổng quát như Gaussian có thể hy vọng được sử dụng như mô hình chuẩn.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. *Richard Parkinson*; Traffic engineering techniques in Telecommunications; Infotel system, 1985
2. *Vern Paxson and Sally Floyd*; Wide-Area Traffic: The Failure of Poisson Modeling; Lawrence Berkeley Laboratory and EECS Division, University of California, Berkeley, 1985

3. *W. Leland, M. Taqqu, W. Willinger, and D. Wilson*; On the Self-Similar Nature of Ethernet Traffic (Extended Version); IEEE/ACM Transactions on Networking, 2(1),pp. 1-15, February 1994.
4. *B. Arnold*- Pareto Distributions; International Cooperative Publishing House, Maryland, 1983.
5. *Weisstein, Eric W*; Weibull Distribution; From MathWorld - <http://mathworld.wolfram.com/WeibullDistribution.html>
6. *Pinder, J.E., Wiener, J.G. and Smith, M.H*; The Weibull distribution: a new method summarizing; survivorship data -1978
7. *M. Garrett and W. Willinger*; Analysis, Modeling and Generation of Self-Similar VBR Video Traffic; Proceedings of SIGCOMM '94, pp. 269-280, September, 1994.
8. *J'orn Seger*; Modelling Approach for VoIP Traffic Aggregations for Transferring Tele-traffic Trunks in a QoS enabled IP-Backbone Environment; Faculty for Electrical Engineering and Information Technology Department of Electronic Systems and Switching niversity of Dortmund, 2003
9. *Huai Huang*; Analysis of self-similar Traffic Using Multiplexer & Demultiplexer Loaded with Heterogeneous ON/OFF Sources; Dept. of Electronic Engineering, Queen Mary, University of London
10. *Thomas Silverston, Olivier Fourmaux and Kav'e Salamatian*; Characterization of P2P IPTV Traffic: Scaling Analysis; Universit'e Pierre et Marie Curie - Paris VI, Laboratoire LIP6/CNRS, UMR 7606 104 avenue du pr'esident Kennedy 75016 Paris, France, 2007
11. *Zhili Sun and Lei Liang*; IP Network Traffic Measurement and Modelling; Centre for Communication System Research University of SurreyGuildford
12. *R.G. Addie, M. Zukerman, T.D. Neame*; Broadband traffic modeling: simple solutions to hard problems; IEEE Communications Magazine 36 (8) (1998)
13. *Yantai SHU, Minfang YU, Oliver YANG, Jiakun LIU, and Huifang FENG*; Wireless Traffic Modeling and Prediction Using Seasonal ARIMA Models; IEICE TRANS. COMMUN., VOL.E88-B, NO.10 OCTOBER 2005
14. *Young-Tak Kim, Hae-Sun Kim, Hyun-Ho Shin*; Web Service based Inter-AS Traffic Engineering for QoS-guaranteed DiffServ Provisioning; School of Electrical Engineering and Computer Science, College of Engineering, Yeungnam University -214-1, Dae-Dong, Kyungsan-Si, Kyungbook, 712-749, KOREA
15. *Henrik Abrahamsson Anders Gunnar*; Traffic Engineering in Ambient Networks: Challenges and Approaches; Swedish Institute of Computer Science Box 1263, SE-164 29 Kista, Sweden
16. *Yuekang Yang Chung-Horng Lung*-Traffic Forecast in QoS Routing-Department of Systems and Computer Engineering Carleton University, Ottawa, Ontario, Canada Information Society Technologies
17. *Balakrishnan Chandrasekaran*; Survey of Network Traffic Models; [http://www.cse.wustl.edu/~jain/cse567-06/ftp/traffic\\_models3/index.html](http://www.cse.wustl.edu/~jain/cse567-06/ftp/traffic_models3/index.html)
18. *Sixth Framework Programme*; Definition and analysis of TE functions in different network scenarios; Deliverable No: D.WP.JRA.2.3.1
19. *Abbas Jamalipour*; The Wireless Mobile Internet, Architectures, Protocols and Service-Wiley-2003
20. <http://www.ist-intermon.org/>
21. Cisco; Traffic Analysis for Voice over IP; Sept 2002
22. *Hedia KOCHKAR, Takeshi IKENAGA and Yuji OIE*; QoS Routing Algorithm based on Multi-classes Traffic Load; Department of Computer Science and Electronics , Kyushu Institute of Technology
23. *Yuekang Yang*; The Role of Traffic Forecasting in QoS Routing, a Case Study of Time-Dependent Routing; Department of Systems & Engineering, Carleton University, Ottawa, Ontario, Can
24. *K.H. Ho, N. Wang, P. Trimintzios and G. Pavlou*; Traffic Engineering for Inter-domain Quality of Service; Centre for Communication Systems Research, University of Surrey, UK
25. *G. Leduca, H. Abrahamsson*; An open source traffic engineering toolbox; Computer Communications 29 (2006) 593-610, [www.elsevier.com/locate/comcom](http://www.elsevier.com/locate/comcom)

---

Địa chỉ liên hệ: Nguyễn Trung Kiên - Tel: 0913.510.136, E-mail: [kiennt@cbit.com.vn](mailto:kiennt@cbit.com.vn)  
 Học viện Công nghệ Bưu chính Viễn thông