

# Tích hợp các Giải pháp Xử lý Dữ liệu Multimedia cùng các Phương thức Truyền thông trong Hệ thống Trực tuyến

Tô Nguyễn Nhật Quang

Trường Đại học Công Nghệ Thông Tin, Đại học Quốc gia Tp.HCM  
quangtnn@uit.edu.vn

**Tóm tắt.** Nhằm phục vụ cho việc đào tạo trực tuyến, mục tiêu của đề tài là nghiên cứu một số giao thức truyền dữ liệu Multimedia như RTP, RTCP, RTMTCP... để đưa ra một giao thức cải tiến và thích nghi, tích hợp với các phương thức truyền Unicast, Broadcast và Multicast, cho phép đồng bộ hoá dữ liệu audio và video trong quá trình truyền, từ đó xây dựng nên một giải pháp phù hợp cho việc triển khai dịch vụ lớp học trực tuyến.

**Từ khoá:** Đào tạo trực tuyến, Dữ liệu Multimedia, RTP, RTCP.

## 1 Giới thiệu

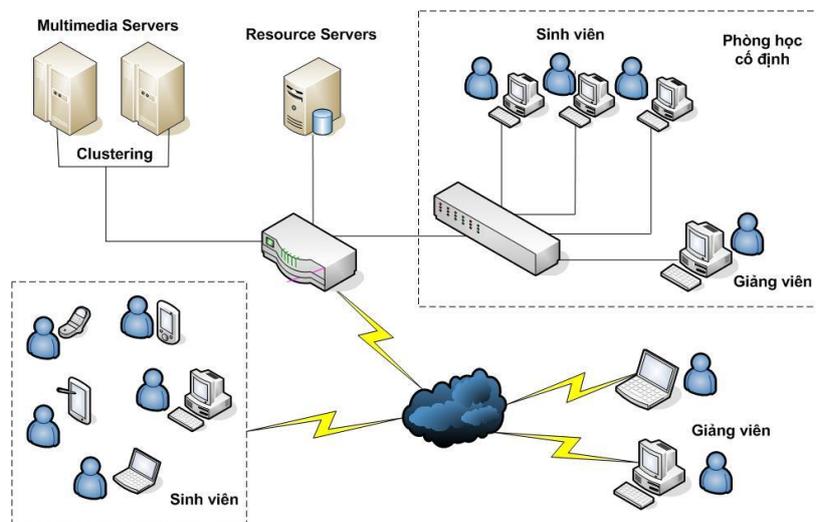
Tại các nước tiên tiến trên thế giới, các hệ thống đào tạo trực tuyến đã và đang được ứng dụng rất phổ biến. Chỉ riêng tại Mỹ, trong năm 2007 đã có khoảng 67% các trường đại học và cao đẳng có tổ chức các hệ đào tạo trực tuyến với gần 84.000 khoá học trong nhiều lĩnh vực khác nhau. Theo thời gian, số lượng học viên tham gia các khoá học trực tuyến cũng tăng rất nhanh. Đến mùa thu năm 1012, hơn một triệu sinh viên tham dự vào một cuộc thử nghiệm có thể làm thay đổi giáo dục đại học thế giới từ dự án đào tạo trực tuyến do đại học Harvard và học viện Công nghệ Massachusetts (MIT) tổ chức với một tham vọng “cách mạng giáo dục toàn cầu”. Dự án này mở ra các khoá học tương tác trực tuyến, giúp bất kỳ ai, dù ở bất kỳ đâu trên khắp thế giới đều có thể tham gia khoá học mà không yêu cầu nhập học và đặc biệt là không mất học phí. Ưu điểm của hệ thống này là cho phép người học có nhiều khả năng chọn lựa về thời gian, địa điểm học tập, cách thức truy cập tài nguyên học tập [7].

Nhờ sự phát triển nhanh chóng của Internet và các dịch vụ khai thác dữ liệu Multimedia phục vụ cho hệ thống đào tạo trực tuyến, dịch vụ lớp học trực tuyến được quan tâm nghiên cứu và xây dựng ngày một hoàn thiện hơn. Nhờ đó, giáo viên và sinh viên có thể tương tác với nhau gần giống như đang học trong lớp học truyền thống. Người học có thể tham gia lớp học trực tuyến qua Internet bằng những kỹ thuật dành cho truyền thông Audio/Video trong thời gian thực (real time) thông qua nhiều loại thiết bị khác nhau như máy tính xách tay, thiết bị cầm tay di động (PDA), máy tính để bàn... kết nối hệ thống qua mạng Internet có dây hoặc không dây [7].

Tại Việt nam, đã có rất nhiều tổ chức, các nhà nghiên cứu, nhà quản lý giáo dục, giảng viên quan tâm đến vấn đề đào tạo trực tuyến của các trường đại học, cao đẳng,

các Sở Giáo dục và Đào tạo trên toàn quốc. Sự quan tâm này chủ yếu xoay quanh các vấn đề:

- Trao đổi kinh nghiệm về mô hình đào tạo trực tuyến của các trường, bao gồm những thuận lợi và khó khăn trong việc tổ chức, đào tạo.
- Kinh nghiệm của những nhà quản lý giáo dục về việc tổ chức quản lý, đầu tư sử dụng thiết bị phần cứng và phần mềm trong đào tạo trực tuyến.
- Trao đổi ý kiến của các chuyên gia, kỹ thuật viên trong việc quản lý bài giảng, điều hành diễn đàn, giới thiệu mô hình đào tạo trực tuyến của các công ty.



**Hình 1:** Các thành phần tích hợp trong hệ thống đào tạo trực tuyến

Tại các trường Đại học như Đại học Công nghệ Thông tin, Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Bách khoa, Học viện Bưu chính Viễn thông..., hệ thống đào tạo trực tuyến cũng được quan tâm và phát triển bước đầu với mục đích hỗ trợ học tập cho một số hệ đào tạo, đặc biệt là hệ đào tạo từ xa qua mạng Tin học viễn thông. Tuy nhiên các hệ thống này chỉ mới tập trung vào việc quản lý học tập, giáo án điện tử, diễn đàn, cung cấp tài liệu (văn bản, âm thanh, video) chứ chưa quan tâm nhiều đến việc thiết kế các lớp học trực tuyến. Từ đó sự tương tác giữa giảng viên và người học còn hạn chế, ảnh hưởng nhiều đến chất lượng đào tạo. Một số lý do ảnh hưởng đến việc triển khai dịch vụ lớp học trực tuyến là điều kiện hạn chế về hạ tầng kỹ thuật mạng, khả năng đầu tư để mua những phần mềm chuyên dụng, nhân lực nghiên cứu phát triển. Điều này cho thấy việc đầu tư nghiên cứu tìm ra các công nghệ phù hợp với điều kiện hiện tại của Việt nam và triển khai các ứng dụng lớp học trực tuyến hoàn thiện là điều rất cần thiết.

## 2 Một số Nghiên cứu Liên quan

Một đặc điểm quan trọng của dịch vụ lớp học trực tuyến đó là chất lượng của dịch vụ phụ thuộc nhiều vào chất lượng đường truyền. Khi chất lượng đường truyền không cao và có nhiều kết nối tới thì chất lượng hình ảnh và âm thanh giảm đáng kể, thậm chí không truy cập được. Để tìm biện pháp khắc phục điều này, tác giả Chunlei Liu [11] đã tiến hành nghiên cứu việc truyền dữ liệu Multimedia với bốn giao thức thời gian thực là RSVP (Resource ReSerVation Protocol), RTP (Real-time Transport Protocol), RTCP (Real-Time Control Protocol) và RTSP (Real-Time Streaming Protocol). Sau đó, việc nghiên cứu các giao thức cải tiến, các giao thức thích nghi xuất phát từ bốn giao thức trên với các loại dữ liệu phù hợp hoặc điều chỉnh mức độ ưu tiên của từng loại dữ liệu đã được rất nhiều nhóm nghiên cứu quan tâm và thu được nhiều kết quả khả quan [10].

Cùng một loại dữ liệu video, Xiaoqing Zhu [5] đã tìm cách truyền cùng lúc nhiều luồng dữ liệu được mã hoá theo nhiều cách khác nhau trên mạng wireless, trong khi nhóm tác giả Nicola Cranley [6] lại tiến hành thực nghiệm với nhiều loại kích thước khác nhau của gói dữ liệu video.

Các nghiên cứu của nhóm tác giả Bing Wang [4], Frank H. P. Fitzek [8], Jiangchuan Liu [9] đã chọn giao thức TCP với quan điểm ưu tiên cho chất lượng dữ liệu truyền. Nhưng một số tác giả khác [7] lại chọn giao thức UDP vì kích thước nhỏ gọn và tốc độ cao của gói tin.

Nhằm làm giảm thời gian chờ (delay) và giải quyết hiện tượng tắc nghẽn mạng, nhóm tác giả Lirong He [7] dựa trên kỹ thuật truyền dữ liệu trong thời gian thực đã có sẵn là Internet Protocol (IP), Real-time Transport Protocol (RTP) và Real-Time Control Protocol (RTCP) để đưa ra một giao thức mới gọi là Real-Time Multimedia Transport Control Protocol (RTMTCP) có khả năng gán trọng số mức độ ưu tiên cho các gói dữ liệu. Cũng cùng mục đích này, [9] đã chọn giải pháp truyền Multicast thay vì Broadcast thông dụng.

## 3 Nội dung Nghiên cứu

### 3.1 Lý do Hình thành Đề tài

Trong những năm gần đây, cùng với sự phát triển của nền kinh tế thế giới nói chung và Việt Nam nói riêng, yêu cầu về nguồn nhân lực Công nghệ Thông tin cả về chất lượng lẫn số lượng để phục vụ trong nhiều lĩnh vực khác nhau đang trở nên cấp bách. Nhu cầu về học tập và nâng cao trình độ của mọi tầng lớp nhân dân ở khắp mọi miền của đất nước đòi hỏi cần phải nâng cao hiệu quả của việc giáo dục đào tạo hơn nữa. Với nhiều ưu thế vượt trội của mình, lĩnh vực đào tạo trực tuyến ngày càng trở nên quan trọng.

Một rào cản lớn ảnh hưởng đến việc triển khai dịch vụ lớp học trực tuyến là điều kiện hạn chế về hạ tầng kỹ thuật mạng, khả năng đầu tư để mua những phần mềm chuyên dụng, nhân lực nghiên cứu phát triển. Vì vậy việc đầu tư nghiên cứu tìm ra

các công nghệ Multimedia ứng dụng trong hệ thống đào tạo trực tuyến phù hợp với điều kiện cơ sở hạ tầng thực tế tại Việt nam và triển khai các ứng dụng lớp học trực tuyến một cách hoàn thiện là điều rất cần thiết.

### 3.2 Mục đích Nghiên cứu

Mục đích của đề tài là nghiên cứu, xây dựng một hệ thống tích hợp các giải pháp xử lý, khai thác dữ liệu Multimedia cùng với các phương thức truyền thông cho phép triển khai dịch vụ lớp học trực tuyến (Online classroom) phù hợp với nhu cầu người học trong nhiều lĩnh vực nhờ tích hợp khả năng xử lý thông minh tùy theo các đường truyền chất lượng khác nhau.

### 3.3 Thực hiện Nghiên cứu

Đề tài được thực hiện với ba nội dung nghiên cứu chính, mỗi nội dung sẽ tập trung vào một nhóm các yếu tố kỹ thuật khác nhau, đó là:

Nội dung 1: Nghiên cứu các giao thức đường truyền giữa các thành phần tích hợp trong hệ thống (bao gồm phần mềm giao tiếp với giảng viên, phần mềm giao tiếp với học viên, tài nguyên hệ thống) và các loại dữ liệu Multimedia truyền trong hệ thống. Sau đó sẽ tiến hành chọn tập giao thức truyền tối ưu và mức độ ưu tiên cho các loại dữ liệu Multimedia.

Nội dung 2: Nghiên cứu vấn đề đồng bộ hoá dữ liệu truyền giữa các thành phần tích hợp và khả năng sửa lỗi thông minh trong hệ thống. Nội dung này sẽ chọn cách mã hoá, đồng bộ hoá dữ liệu truyền và biện pháp sửa lỗi tự động không gây ảnh hưởng đến hoạt động chung của hệ thống.

Nội dung 3: Tiến hành thực nghiệm để chọn ra được những tham số tối ưu cho hệ thống. Bao gồm thực nghiệm với các phần mềm mô phỏng và so sánh, đánh giá, điều chỉnh các giải pháp trong hệ thống tích hợp.

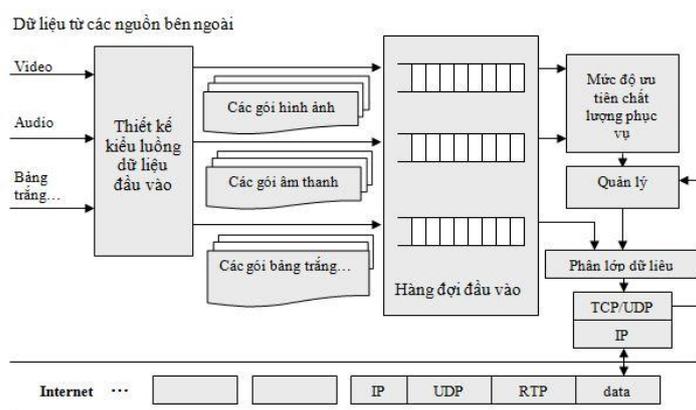
Các nội dung nghiên cứu này đều được tiến hành để tìm ra các tham số kỹ thuật phù hợp nhất, từ đó cải tiến các chuẩn đã có hoặc đưa ra các chuẩn mới thích hợp hơn nhằm xây dựng một hệ thống đào tạo trực tuyến chất lượng cao.

Đề tài đã tiến hành nghiên cứu việc truyền bài giảng trực tuyến bao gồm dữ liệu Multimedia thông qua việc kết hợp lời giảng của giảng viên và các hình vẽ, chữ viết, hình ảnh... trên các slide của PowerPoint. Để thực hiện được việc truyền trực tuyến (online) các điều khiển việc trình chiếu bài giảng PowerPoint của giảng viên cùng với tín hiệu âm thanh của lời giảng, đề tài đã thực hiện việc cải tiến từ giao thức RTP bằng cách xây dựng lại cấu trúc gói tin được gửi từ máy tính giảng viên. Cấu trúc gói tin trong phần mềm lớp học trực tuyến được chia làm 2 thành phần chính:

- Phần dữ liệu cho âm thanh và phần dữ liệu cho việc đồng bộ PPT (PowerPoint Slides).
- Phần mã lệnh để đồng bộ PPT giữa giảng viên và học viên. Cả 2 phần này được đặt vào một buffer trước khi truyền đi.

Việc nghiên cứu các giao thức truyền dữ liệu và các loại dữ liệu Multimedia truyền trong hệ thống trực tuyến đã góp một phần thực hiện đề tài KH-CN cấp ĐHQG (*Không trọng điểm*): “Nghiên cứu và xây dựng phần mềm dành cho lớp học trên

mạng dùng đồng thời các kỹ thuật Multicast, Broadcast và Unicast để truyền các dữ liệu Đa phương tiện trong cả hai môi trường mạng có dây và mạng không dây” do TS. Đàm Quang Hồng Hải làm chủ nhiệm đề tài, được nghiệm thu vào tháng 04.2011.



**Hình 2:** Phân lớp dữ liệu, chọn giao thức truyền, chọn mức độ ưu tiên và mã hoá cho các loại dữ liệu Multimedia

Do yêu cầu của bài giảng trực tuyến, dữ liệu hình vẽ trên bảng vẽ cần có độ chính xác cao so với âm thanh nên việc đồng bộ hoá dữ liệu âm thanh và hình ảnh truyền đi giữa giáo viên và học viên là cực kỳ quan trọng, đặc biệt khi đường truyền xấu hoặc kém ổn định. Hiệu quả của kỹ thuật đồng bộ hoá này được đánh giá dựa trên độ trễ trung bình của các gói tin truyền trên mạng.

Việc đồng bộ hoá dữ liệu này đã được trình bày trong báo cáo: Doan Ngoc Tien, Phan Quoc Tin, To Nguyen Nhat Quang, “Sync data on parallel channels in distance learning”, 6th International Conference on Information Technology and Education (IT@EDU 2010) pp. 143-147, 2010 [3].

## 4 Đánh giá Kết quả

### 4.1 Hiệu quả của Quá trình Đồng bộ

Cơ chế xử lý đồng bộ giữa hai kênh truyền chính và phụ đảm bảo cho sự đồng bộ giữa dữ liệu hình vẽ và âm thanh. Các gói tin đến đích sẽ không được phát lập tức mà sẽ qua giai đoạn xử lý đồng bộ. Thời gian chờ đợi để một gói tin có thể được phát tùy thuộc vào từng yếu tố tác động bên ngoài của mạng (như băng thông, trễ, mất mát...).

Để thấy rõ sự đồng bộ của hệ thống khi xảy ra mất mát và chậm trễ, đề tài tiến hành xác định giá trị trễ trung bình trên 5000 gói tin hình vẽ được truyền theo gói tin kết hợp, tương ứng với các điều kiện của mạng bên ngoài tác động vào hệ thống. Từ đó đưa ra các biểu đồ biểu diễn sự biến thiên của tham số này. Đề tài đã sử dụng phần

mềm giả lập “*Network Emulator for Windows Toolkit*” của Microsoft để tạo ra các biến động giả lập về độ trễ và mất mát trên mạng Lan.

Kí hiệu trong quá trình đánh giá:  $\Delta t$  (ms) : độ trễ trung bình hay thời gian đợi trung bình của 5000 gói tin hình vẽ được đính kèm theo gói tin kết hợp. Thời gian đợi của mỗi gói tin được tính từ lúc gói tin đến cho đến khi gói tin được phát.

Hệ thống hoạt động trên một kênh chính với giao thức RTP và một kênh phụ với giao thức TCP, vì vậy khi kênh truyền chính hoạt động trong điều kiện mạng tốt ổn định (tức không xảy ra mất mát và trễ) sẽ không xảy ra quá trình đồng bộ hay sự biến thiên của  $\Delta t = 0$ . Điều này có nghĩa là dữ liệu âm thanh và dữ liệu hình vẽ được phát cùng một thời điểm. Khi tỉ lệ mất mát và trễ trên kênh truyền chính tăng lên, tỉ lệ xảy ra quá trình đồng bộ cũng tăng theo. Lúc này các gói tin hình vẽ đính trong các gói tin kết hợp phải chờ đợi các gói tin phòng ngừa nhằm thay thế vào các vị trí bị mất mát. Do đó, đề tài xem xét sự biến thiên của  $\Delta t$  như thế nào khi kênh truyền chính xảy ra mất mát và trễ trong hai trường hợp thử nghiệm sau: kênh truyền chính mất 10% và mất 30% trong cùng điều kiện trễ 0 đến 200ms.

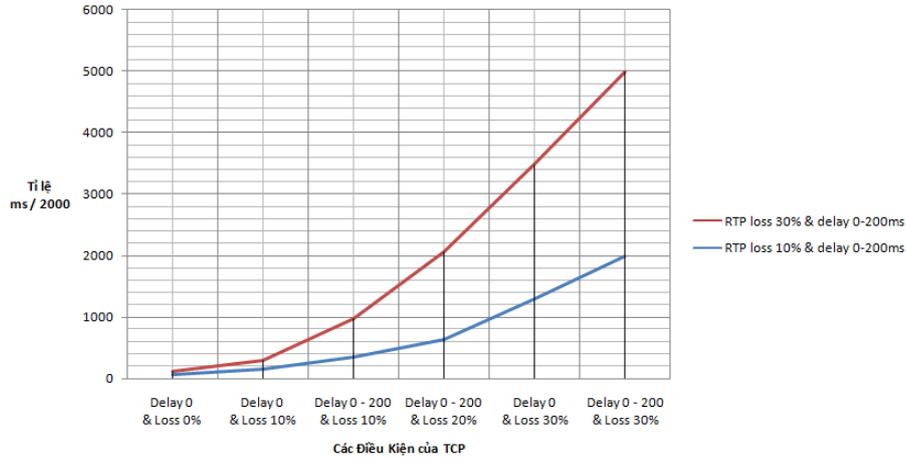
Trong mỗi trường hợp của kênh truyền chính, xem xét độ trễ trung bình của 5000 gói tin tương ứng với mỗi điều kiện mất và trễ của kênh truyền phụ, để thấy được sự biến thiên của  $\Delta t$  theo các điều kiện mạng trên kênh truyền phụ. Bảng 1 là bảng số liệu thu được tương ứng với hai trường hợp xảy ra của kênh truyền chính.

**Bảng 1:** Bảng số liệu thử nghiệm hai trường hợp của kênh truyền chính

Kênh phụ với giao thức TCP	Kênh chính loss 10% & delay 0-200(ms)	Kênh chính loss 30% & delay 0-200(ms)
Delay 0 & Loss 0%	59.33	64.07
Delay 0 & Loss 10%	147	156.61
Delay 0 - 200 & Loss 10%	347.86	629.85
Delay 0 - 200 & Loss 20%	642.14	1424.26
Delay 0 & Loss 30%	1290.09	2188.66
Delay 0 - 200 & Loss 30%	1998.71	2983.48

#### 4.2 So sánh với Hệ thống Không có Cơ chế Đồng bộ

Để chứng minh được hiệu quả của hệ thống khi áp dụng cơ chế đồng bộ hóa hai loại dữ liệu, chúng tôi tiến hành so sánh kết quả thực hiện được với kết quả của một hệ thống khi không áp dụng cơ chế đồng bộ. Tiêu chí so sánh được chọn dựa trên “thời gian phát chênh lệch trung bình của 5000 gói tin âm thanh và 5000 gói tin hình vẽ tương ứng”. Hai gói tin hình vẽ và âm thanh có cùng số thứ tự sẽ được gửi tại cùng một thời điểm nhưng sẽ có chênh lệch về thời gian phát sau khi đến đích.



**Hình 3:** Biểu đồ biến thiên  $\Delta t$

**Bảng 2:** So sánh 2 hệ thống trong trường hợp kênh truyền chính tốt và kênh truyền phụ biến động

	Không đồng bộ (ms)	Đồng bộ (ms)
Delay 0ms & Loss 0%	154	7
Delay 0ms & Loss 0%		
Delay 0ms & Loss 0%	329	11
Delay 0ms & Loss 10%		
Delay 0ms & Loss 0%	1908	7
Delay 0-200ms & Loss 10%		
Delay 0ms & Loss 0%	2354	11
Delay 0ms & Loss 20%		
Delay 0ms & Loss 0%	4684	10
Delay 0-200ms & Loss 20%		
Delay 0ms & Loss 0%	Mất kết nối trên kênh	Mất kết nối trên kênh
Delay 0ms & Loss 30%	truyền phụ (không thể	truyền phụ (có thể kết nối
	kết nối lại)	lại)

Điều kiện trên kênh truyền chính  
 Điều kiện trên kênh truyền phụ

Trong hệ thống không áp dụng cơ chế đồng bộ, hai loại dữ liệu sẽ được gửi trên hai kênh truyền riêng biệt và sẽ không thể tự động kết nối lại khi ở những điều kiện mạng tương đối xấu. Ngược lại, đối với hệ thống áp dụng cơ chế đồng bộ, dữ liệu hình vẽ sẽ được đính kèm vào gói tin kết hợp chung với dữ liệu âm thanh và đồng thời cũng được truyền như một gói tin hình vẽ riêng biệt (gói tin phòng ngừa). Như vậy, hệ thống áp dụng cơ chế đồng bộ hoạt động rất hiệu quả nếu kênh truyền chính hoạt động tốt và không quan tâm lắm đến tình trạng của kênh truyền phụ. Sau đây là bảng

bao gồm các kết quả so sánh được thực hiện trên hai hệ thống có cơ chế đồng bộ và không có cơ chế đồng bộ. Quá trình so sánh được thực hiện dựa trên việc truyền dữ liệu từ giáo viên đến học viên qua mạng Lan cùng với công cụ giả lập Network Emulator for Windows Toolkit.

Quan sát bảng so sánh, đối với hệ thống áp dụng cơ chế đồng bộ, sự chênh lệch đường như không đáng kể trong khi sự chênh lệch lại tăng theo các điều kiện trên kênh truyền phụ ngày càng xấu đi ở hệ thống không áp dụng cơ chế đồng bộ. Trong điều kiện kênh truyền phụ mất mát 30%, hệ thống thường xuyên bị mất kết nối trên kênh truyền phụ nhưng hệ thống áp dụng cơ chế đồng bộ có thể tự động kết nối lại và tiếp tục truyền dữ liệu bình thường (nếu điều kiện trên kênh truyền phụ tiến triển tốt trở lại), và ngược lại đối với hệ thống không áp dụng cơ chế đồng bộ.

Như vậy, với những cơ chế điều khiển phức tạp của một giao thức tin cậy như TCP: điều khiển mất mát, chậm trễ, điều khiển tắc nghẽn, hệ thống đã cung cấp một phương pháp nhằm làm giảm sự phụ thuộc vào kênh truyền này nhưng vẫn giữ được sự chính xác và đầy đủ của dữ liệu TCP khi truyền qua mạng.

## 5. Kết luận

Với những kết quả nghiên cứu đã nêu, đề tài đã xây dựng được một giải pháp bao gồm một hệ thống phần mềm cho phép triển khai dịch vụ lớp học trực tuyến (Online classroom) phù hợp với nhu cầu người học trong đó tích hợp khả năng xử lý thông minh cho các đường truyền chất lượng khác nhau. Đề tài chú trọng vào việc tích hợp các giải pháp xử lý dữ liệu Multimedia cho phép giáo viên và sinh viên có thể trao đổi, tương tác để có thể tiếp thu bài học một cách dễ dàng và trực quan. Ngoài ra đề tài cũng nghiên cứu việc đồng bộ dữ liệu bằng vẽ và âm thanh để có thể đưa bằng vẽ vào hệ thống bài giảng nhằm nâng cao chất lượng hệ thống đào tạo trực tuyến.

Dự kiến trong thời gian tới, đề tài sẽ tiếp tục nghiên cứu việc cải tiến cho các giải pháp đã nêu, đồng thời hệ thống sẽ được thử nghiệm và đánh giá thông qua một số chương trình mô phỏng như NS2, OMNeT++.

## Tài liệu tham khảo

1. Xin Zhang: Secure and Efficient Network Fault Localization. Research Thesis, Degree of Doctor of Philosophy, Carnegie Mellon University, 2012.
2. Anna Levin: Mobility Management Schemes for Improving TCP Performance in the Next Generation Wireless Networks. Research Thesis, Degree of Doctor of Philosophy, Israel Institute of Technology, 12.2011.
3. Doan Ngoc Tien, Phan Quoc Tin, To Nguyen Nhat Quang: Sync data on parallel channels in distance learning. 6th International Conference on Information Technology and Education (IT@EDU 2010) pp. 143-147, 2010.
4. Bing Wang, Wei Wei, Zheng Guo, Don Towsley: Multipath Live via TCP: Scheme, Performance and Benefits. CoNEXT'07, New York, USA, December 10-13, 2007.
5. Xiaoqing Zhu, Bernd Girod: Video Streaming Over Wireless Networks. Information Systems Laboratory, Stanford University, USA, 2007.

6. Nicola Cranley, Mark Davis: Performance Evaluation of Video Streaming with Background Traffic over IEEE 802.11 WLAN Networks. WmuNeP'05, Montreal, Canada, October 2005.
7. Lirong He, Ian Rogers, Lisha He: A New Real-Time Multimedia Control Protocol For Distance Learning. IADATE-2005 International Conference on Education, Biarritz, France, July 7-9, 2005.
8. Frank H. P. Fitzek, Martin Reisslin: Wireless video streaming with TCP and simultaneous MAC packet transmission (SMPT). International Journal of Communication Systems, Int. J. Commun. Syst., 2004.
9. Jiangchuan Liu, Bo Li, Ya Qin Zhang: Adaptive Video Multicast over the Internet. Multimedia, IEEE Volume 10, Issue 1, Pages 22 – 33, Jan-Mar 2003.
13. Ch. Bouras, A. Gkamas, Th. Tsiatsos: Internet Protocols for Synchronous Distance Learning. 11th International Workshop on Database and Expert Systems Applications (DEXA'00), 2000.
11. Chunlei Liu: Multimedia Over IP: RSVP, RTP, RTCP, RTSP. Handbook of emerging communications technologies: the next decade, Pages: 29 – 46, CRC Press, Inc. Boca Raton, FL, USA, 1999.