
실시간 멀티미디어 전송을 위한 RTP 기반 비디오 스트림의 멀티캐스트 전송 기법

정규수* · 양종운* · 나인호*

RTP based Multicast Transmission Technique of
Video Stream for Real-Time Multimedia Transmission

Kyu-Su Jung* · Jong-Un Yang* · In-Ho Ra*

이 논문은 정보통신부 2001년도 대학기초 지원사업에 의해 이루어졌음

요 약

본 논문은 비디오 스트림을 실시간에 전송하기 위하여 RTP(Real-Time Protocol)을 이용한 전송 기법에 관한 연구이다. 먼저, 비디오 스트림의 연속적인 전송을 보장하기 위해 네트워크의 종단간 지연 특성을 분석하여 네트워크 상황을 파악하는 방법과 불규칙한 대역폭을 극복하기 위한 버퍼링 기법과 RTCP(Real-Time Control Protocol)를 이용하여 데이터의 전송 상태를 분석하여 실시간으로 멀티미디어 데이터를 전송할 경우 QoS를 보장하고 연속성을 유지할 수 있는 알고리즘을 과 성능 분석 결과를 제시하였다.

ABSTRACT

In this paper, we describe a method for real-time transmitting video streams based on RTP. In order to guarantee synchronous video streams, we propose a method to grasp network situations by analyzing end-to-end network traffic. In addition, we present an algorithm for satisfying QoS requirements of real-time multimedia transmission and maintaining continuity of transmission. It describes a buffering method for overcoming bandwidth limitations and an analyzing method based on RTCP for grasping network traffic situation to resolve the problem of real-time transmission of video streams.

키워드

Real-Time, RTP, RTCP, Multimedia

1. 서론

비디오와 같은 연속성 매체의 전송 요구 사항은 기존의 텍스트 위주의 데이터와는 판이하게 다르다. 텍스트 데이터는 전송의 실시간성을 요구하지 않지만 모

든 데이터 비트가 손실이나 에러 없이 정확히 전송되어야 한다. 반면, 어느 정도의 손실 또는 에러를 감수할 수 있으나 데이터 비트들을 연속적으로 전송되어야 한다. 또한 활성화(live) 시간이 비교적 길며 주기적으로 비트 스트림을 발생시키는데 매우 큰 대역폭을

*군산대학교 전자정보공학부

접수일자: 2001. 11. 7

요구하기 때문에 현재의 인터넷과 같이 가변적이고 제한된 대역폭상에서는 실시간 전송 및 재생이 어려운 실정이다[1]. 따라서 실시간 전송을 위해서 프로토콜의 오버헤드를 줄이거나 네트워크 전송 상태 정보를 이해하고 대처하는 방법을 모색해야 한다.

인터넷에서 VOD(Video On Demand)서비스를 하기 위해서 기존의 Unicast 방식으로 전송할 때 접속하는 클라이언트 수가 증가함에 따라 데이터의 트래픽은 증가하게되며 라우터가 폭주할 수도 있다. 대역폭이 큰 동영상 전송하는데 효과적으로 다수의 클라이언트를 서비스하기 위해서 대역폭을 적게 소모하며 클라이언트의 수가 증가에 따라 대역폭이 비례적으로 증가하지 않는 Multicast에 대해 많이 연구하고 있다[2].

본 논문의 구성은 다음과 같다. 먼저 II장에서는 실시간 전송을 관리할 수 있는 RTP/RTCP에 대해 소개하고, 네트워크의 자원 낭비를 막을 수 있으면서 브로드캐스트 방식과는 달리 네트워크 내의 특정 호스트에게만 서비스 할 수 있는 멀티캐스트에 대해 소개한다. 다음, III장에서는 동영상 전송을 위해 필요한 몇 가지 고려사항에 대해 기술한다. IV장에서는 실시간 전송을 위한 모델링과 실험 결과에 대해 기술하고, 마지막으로 V장에서는 결론 및 향후 연구 방향에 대해 기술한다.

II. 관련연구

(1) RTP/RTCP

화상회의, VOD서비스에서 실시간 연속적인 멀티미디어 전송을 위하여 연구되어진 프로토콜이 RTP(Real-Time Protocol)로서 인터넷의 불규칙한 대역폭을 극복하기 위하여 네트워크의 정보를 제공하고 있다. 전송된 메시지가 만들어진 시간과 전체 메시지에서 몇 번째인지를 알 수 있는 정보와 비디오, 오디오 데이터에 대해서 코딩 방법이 무엇인지 명시되어 있다. 실시간 전송을 위해 네트워크 상태를 파악할 수 있도록 지터, 전송 시간 등의 정보도 명시하도록 되어 있다.

RTP 프로토콜은 실시간 데이터의 특성에 중점을 두어 제정한 프로토콜이라 할 수 있다. RTP는 멀티캐스트 또는 유니캐스트 상에서 음성, 화상 또는 모의 데이터와 같은 실시간 데이터를 전송하는데 적합한 단단한 전송기능을 제공한다. RTP는 자원 예약에 대한 내용은 다루지 않으며, 특히 즉시 데이터 전송(timely

delivery), QoS 보장, 뒤바뀐 순서 전송 방지와 같은 기능을 제공하지 않는다. RTP 패킷은 UDP를 이용하여 전달한다[3][4].

RTCP는 RTP의 컨트롤 프로토콜로써 세션에 참가한 모든 참가자들의 전송상태에 대한 정보를 주기적으로 전송한다. RTCP는 SR(Sender Report), RR(Receiver Report), SDES(Source DEscription) BYE(good BYE) 그리고 APP(APPLICATION defined)의 5가지 메시지를 교환하여 다음과 같은 네 가지 기능을 수행한다.

첫째, 주된 기능으로는 데이터 전송 상태에 대하여 피드백 정보를 참가자들에게 통보하는 것이다. 이 기능은 아주 중요한 기능으로 흐름과 충돌에 대한 컨트롤 기능과 관련이 있다. 일례로, 송신자가 네트워크의 대역폭을 상대방에 알려주어 고품질의 화상 또는 음성 데이터 전송을 요청할 수 있다.

둘째, RTCP는 CNAME이라고 불리는 트랜스포트 레벨의 식별자를 전송한다. 이 기능은 프로그램을 다시 시작하였을 때 SSRC(Source ID)가 다른 것과의 충돌로 인하여 바뀌더라도 CNAME에 의해 같은 사용자임을 알 수 있게 하여준다.

셋째, RTCP 패킷들은 주기적으로 세션의 모든 참가자에게 전송되기 때문에 세션에 얼마나 많은 참가자들이 있는지를 알려 준다. 참여자수의 수에 따라 주기를 조정해야 할 필요가 있다. 만일 세션의 참가자들이 많아짐에도 불구하고 주기가 빠른 상태를 계속 유지한다면 많은 대역폭이 RTCP 패킷에 의하여 사용되기 때문이다.

마지막으로 RTCP는 옵션을 통해 사용자의 이름, e-mail 주소, 전화번호, 지역, 사용도구, 상대방에게 전달하고 싶은 메시지 등을 전송한다.

(2) 멀티캐스트

웹서비스에서 사용하는 유니캐스트 방식은 접속자 수가 많을수록 비례적으로 서비스하는 대역폭이 증가되어야 한다. 하나의 클라이언트와 서버 사이에 일대일 관계를 유지하기 때문에 다수의 클라이언트의 접속시 일대다 관계로서 데이터를 전송 시켜야한다. 대역폭이 증가하므로 서버나 라우터의 과부하로 인하여 다른 서비스까지 나쁜 영향을 미칠 수 있다. 이에 반해, 멀티캐스트 방식은 유니캐스트에서 1:N 접속이 이루어졌을 때 서버에서 N회 동일한 데이터를 전송시켜야

했던 것을 서버에서 전송된 데이터가 라우터에 복사되어 라우터 내의 동일한 네트워크에서 그룹에 참가하고 싶은 클라이언트가 있는지 알아보고, 그룹에 참가하고자 하는 클라이언트에게만 데이터를 전송하여 서버와 라우터의 트래픽이 클라이언트 수에 따라 증가하지 않게 된다[5]. 따라서, VOD 서비스, 화상회의 등의 실시간 전송에 효과적이다.

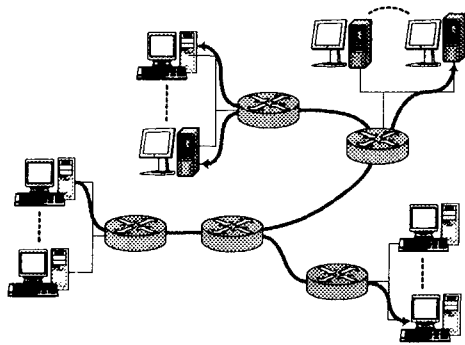


그림 1. 멀티캐스트 전송 방식

(3) 동적 흐름 제어

실시간 비디오 데이터를 동적흐름제어(dynamic flow control)하기 위해 다음과 같은 방식을 사용한다.

첫 번째는 수신자가 경험하는 패킷 손실을 측정하여 네트워크 상태를 판단한다. 두 번째 방식은 수신자의 네트워크의 상태를 송수신자간의 패킷의 왕복시간(round trip time)으로 판단한다. 세 번째 방식은 수신자의 네트워크 상태를 패킷간의 도착지연시간인 지터값으로 판단한다. 수신자의 수신상태가 판단되면 송신자는 적절한 대역폭을 예측하여 출력되는 데이터 량을 동적으로 조절하면 된다.

RTCP에서는 수신자가 주기적으로 RTCP의 패킷을 통해 수신할 패킷의 개수, 수신된 패킷의 개수, 송신자와 수신자의 평균 왕복시간 등의 정보를 송신자에게 보내게 된다. 이 패킷을 통해 송신자는 수신자의 수신상태와 가용 대역폭을 예측할 수 있다. 대역폭을 예측하기 위한 수식은 다음과 같다. 네트워크의 체증도 SPLR(Smooth Packet Loss Rate), λ 로 나타낸다[3].

$$\lambda = (1 - \alpha) * \lambda + \alpha * \beta \quad (\text{식-1})$$

($0 \leq \alpha \leq 1$, β 각 주기마다 새로운 패킷 분실율)

RTCP 데이터 패킷의 지터에 근거하여 네트워크의 상태를 측정하고 측정된 네트워크 상태에 따라 전송률을 변화시키는 기법을 설명한다. 데이터 패킷의 지터(J)는 한 쌍의 패킷에 대해 송신자로부터 보내어지는 시간 간격과 수신자에게 도착하는 시간 간격의 차이를 말한다. 만약 i 번째 패킷의 RTP 타임스탬프가 S_i 이고 i 번째 패킷에 대한 RTP 도착 타임스탬프가 R_i 라고 한다면 두 개의 패킷의 i 와 j 의 시간 간격의 차이(D)는 다음과 같이 주어진다[3].

$$D(i, j) = (R_j - R_i) (S_j - S_i) = (R_j - S_j) - (R_i - S_i) \quad (\text{식-2})$$

i 번째 패킷과 $i-1$ 번째 패킷의 시간간격의 차이값(D)를 사용하여 송신자로부터 받는 각 데이터 i 번째 패킷에 대한 지터는 계속적으로 다음과 같이 계산되어진다.

$$J = J + (|D(i-1, i)| - J) / 16 \quad (\text{식-3})$$

수신자 측에서는 RTCP report를 보낼 때마다 계산된 현재의 지터값을 RTCP 패킷에 실어서 송신자에게 전송한다. 송신자 측에서는 수신자로부터 받은 RTCP report의 패킷 필드에서 지터값을 읽어서 네트워크의 상태를 파악한다. 파악된 네트워크의 상태에 따라 수신자의 능력에 맞는 데이터량을 제공하기 위하여 적절한 전송량을 결정한다.

III. 고려사항

비디오 데이터의 방대한 양을 줄이기 위해 MPEG, H.261과 같은 압축표준을 사용하는데 영상의 공간상 관율에 따라 가변적인 압축율이 나오게 된다.

비디오 스트림을 전송 목적에 따라 고정 비트율(CBR, Constant Bit Rate)과 가변 비트율(VBR, Variable Bit Rate)의 두 가지 방식으로 전송시킬 수 있다. CBR의 경우, 고정된 대역폭을 확보함으로써 연속적인 스트림을 재생하는데 네트워크 자원뿐만 아니라 시스템의 자원을 효율적으로 사용할 수 있고, 연속적인 서비스를 보장할 수 있는 장점이 있다. 반면, 영상의 압축률이 떨어지고 네트워크의 대역폭이 불규칙

할 경우 화질이 균등하지 않는 단점이 있다[6].
 비디오 스트림을 인터넷에서 실시간으로 전송하기 위해서 몇 가지 조건들을 충족 시켜야만 한다.
 첫째, 표 1과 같이 멀티미디어 데이터의 QoS 값을 충족시켜줄 수 있어야 하며, 둘째, 지터 발생으로 인한 비디오 스트림의 출력량을 조절할 수 있어야 한다. 셋째, 실시간성을 보장하기 위한 방법 등을 고려해야 한다.

표 1. 멀티미디어 데이터의 QoS값

QoS	max. delay (s)	max. delay jitter (ms)	ave throughput (Mbit/s)
voice	0.25	10	0.064
video(TV quality)	0.25	10	100
Compressed video	0.25	1	2~10
real-time data	0.001~1	-	< 10

과도한 지터는 수신측에서 최대 지연시간 내에 패킷이 도착하지 않는 결과가 생기므로 손실될 가능성이 크다. 수신측의 지연시간 허용값과 데이터 손실에 대한 처리 방법을 명확하게 해야한다.

IV. 시스템 및 구현

(1) 시스템

RTP를 이용하여 실시간 멀티캐스트 전송을 구현하기 위하여 그림 2와 같이 시스템 모델링을 하였다.

객체에는 다양한 미디어의 특성을 고려한 정보를 담고 있는 MediaObject를 응용 프로그램에서 요구하게 된다. MPEG, H.261, JPEG 등 미디어 타입과 미디어의 시간, 우선 순위 등의 정보를 포함하고 있다. 미디어 타입에 따라 미디어 특성에 적합한 특정 처리가 필요하지만 추상적인 처리를 위해 MediaObject에서 Session Object에 특성에 따른 패킷 설정을 한 후 데이터를 전송하게 된다. Session에서 접속한 클라이언트의 정보를 관리하며, 전송할 객체와 수신할 객체를 생성하고, 리스트로 관리하게 된다.

RTPPacket은 RTP의 정보를 관리하며, RTPConnect 객체에서 실제 전송이 이루어지게 된다. RTCP 패킷에서 제어 정보를 관리한다.

Transport Manager는 다수의 클라이언트의 접속을

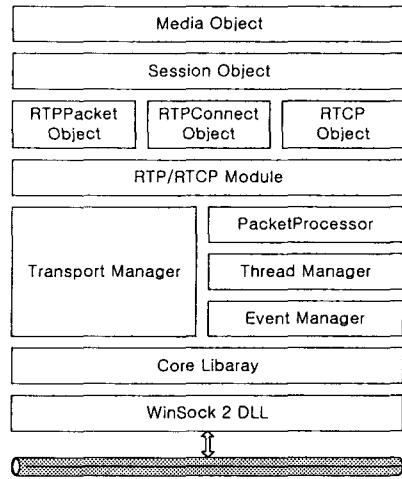


그림 2. 시스템 개념도

가능하도록 한 세션당 하나의 쓰레드가 할당해주며 ThreadManager에서 전송 패킷과 수신패킷을 분리하여 두 개의 WorkThread를 생성하게 된다. 각 포트에 들어오는 패킷을 검사하고, 제어정보와 데이터 패킷을 구분하며, 버퍼에 데이터를 담게 된다.

(3) 알고리즘

RTP/RTCP를 이용한 기본적인 알고리즘은 그림 3과 같다. CRTPSession 객체에서는 원격지와 로컬간의 접속을 유지하고 CRTP, CRTCP의 패킷이 중복되거나 다중세션을 지원할 경우 충돌 없이 패킷을 전송, 수신하는데 필요한 객체이다.

세션을 열고 원격지 호스트와의 지연을 측정하기 위해 임시 CRTCP만을 전송하여 지터를 계산하고, 전송 데이터 CRTP 패킷을 전송한 후, 다시 RTCP 패킷을 전송시킨다. 원격지에서 보내온 패킷이 있는지 검사하고, 다음에 전송할 RTP 패킷에 이전에 보낸 시간과 지금 보내는 시간의 지연시간을 (식-2), (식-3)으로 구하고 다시 전송을 한다.

패킷의 시간 정보는 상당히 불규칙하며, 예측할 수 없는 값들로서, 네트워크 대역폭에 적응하기 위한 작업으로 집중될 수밖에 없게 된다. 이러한 급격히 변화하는 전송폭을 완화하기 위해 STM 전송방식(Smooth Transmit Method)을 이용하여 전송시간의 급격한 변화를 줄이게 하였다

(4) 결과

오디오의 대역폭을 스테레오 32KHz로 하고 비디오는 320x240 크기의 15fps로 할 때, 오디오의 대역폭은 32Kbps, 비디오의 대역폭은 64Kbps가 된다. 이때 초당 12Kbytes를 전송해야 하며, 오디오 패킷은 10ms마다 하나씩 전송하고, 비디오 패킷은 66ms(1/15)마다 전송해야 한다.

최대 지연시간 허용 범위를 최대 지연시간에 대한 현재 패킷의 지연시간의 비율로서 5단계로 나누어 기본적으로 전송되어야 할 전송폭을 0.5배씩 증가, 감소시켜 버퍼링 하였다. 지연율이 25% 이하일 경우, 패킷을 손실한 것으로 보고 다음 패킷을 수신하도록 하였다.

군산대(Pentium II-350, 256MB, Windows 2000, 203.234.48.125)와 고리넷(Pentium III-750, 256MB, Linux6.1, 211.48.254.242)의 두 시스템 왕복시간이 분당 8~290ms 정도 소요되는 상태에서 시뮬레이션 하였다. 비디오, 오디오 데이터를 전송하기 위하여 비디오 전송 소켓, 오디오 전송 소켓을 만든 후, 서버의 로컬 포트를 송신할 RTP패킷과 SR패킷에 4000, 수신할 RTP패킷과 RTCP의 RR패킷에 4001을 할당하였고, 알고리즘을 적용한 클라이언트에는 각각 4002, 4003을 할당하였으며, 적용하지 않은 클라이언트에는 각각 4004, 4005를 할당하였다.

동일한 조건에서 실험하기 위하여 비디오 데이터 8Kbytes의 패킷과 오디오 데이터 4Kbytes의 패킷을 UDP로 각각 2000개씩 하나의 호스트에 알고리즘을 적용시킨 클라이언트와 적용시키지 않은 클라이언트 프로그램으로 전송하였다. 알고리즘을 적용시키지 않은 클라이언트에서는 비디오 패킷은 그림 4와 같은 전송 시간을 보였고, 오디오 패킷은 그림 5와 같은 전송 시간을 보였다. 반면에 알고리즘을 적용시킨 클라이언트에서는 그림 6과 같이 전체적인 불규칙한 전송 지연을 완전히 변하는 지연시간을 구하여 부드러운 전송을 할 수 있음을 보여주고 있으며, 전송시간은 평균 174.5ms의 전송속도를 보였다. 동일한 데이터에 대해 RTP패킷을 UDP지연시간 보정을 거쳐 동일한 수의 패킷을 전송시켰을 경우, 200ms이하로 낮을 수 있었다.

그 결과, UDP방식보다 RTP 전송 효율이 10%정도 높다는 것을 알 수 있었다. 지연시간에 의한 패킷 손실률은 기존의 전송방법 비슷하게 약 3%정도로 나타났다. 이것은 RTP와 QoS 알고리즘이 더욱 최적화 된다면 전송효율을 더 향상시킬 수 있을 것이다.

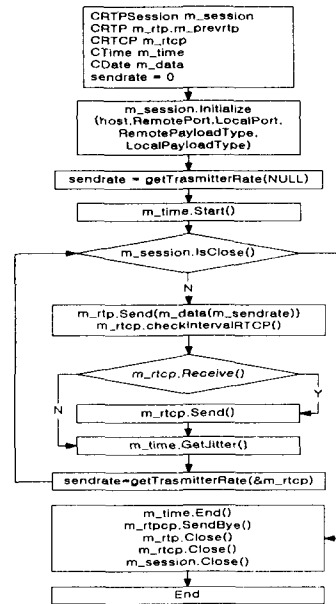


그림 3. RTP/RTCP 구현 알고리즘

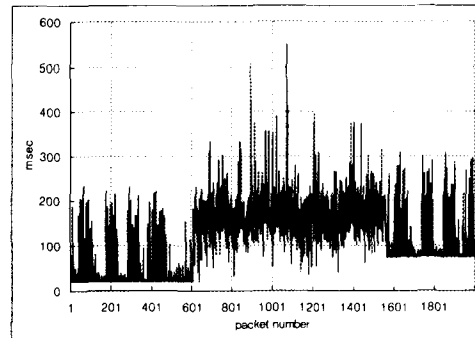


그림 4. 13KBytes UDP 패킷 전송

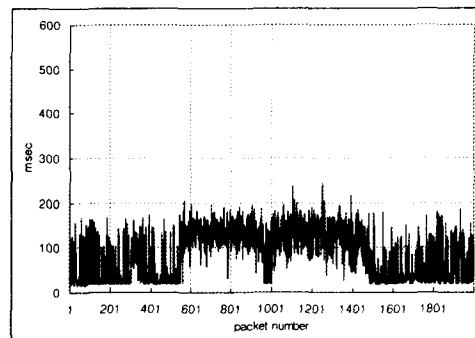


그림 5. 13KBytes RTP 패킷 전송

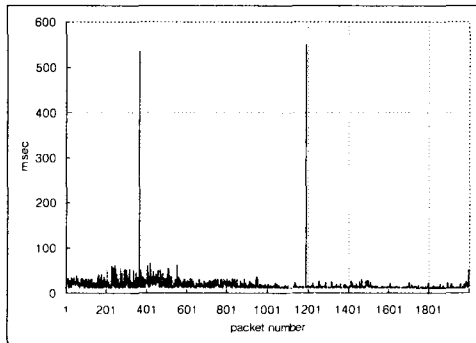


그림 6. 13KBytes Packet, LAN

V. 결론

본 논문에서는 실시간에 비디오 데이터를 전송하기 위하여 RFC 1889와 1890을 기반으로 RTP/RTCP를 이용해서 고품질의 비디오 데이터를 멀티캐스트 하는 방법을 연구하였다.

실시간 전송을 위해 RTP/RTCP는 이용하여 원격지와 지역간의 패킷 지연시간을 스트림을 지속적으로 계산하고, 지연 시간을 5단계로 나누어 데이터의 전송 폭을 유동적으로 변화시킬 수 있도록 하였다. 또한 동일한 비디오 스트림에 대한 서비스를 요구하는 클라이언트가 증가할 때 전송대역폭을 과부하가 발생하지 않도록 멀티캐스트를 이용하여 전송하도록 하였다.

향후 연구로 다중 세션 처리, 버퍼관리, 다중 그룹 관리의 오버헤드를 방지하기 위한 지금보다 더 효율적이고 최적화된 알고리즘 개발과 RTP 패킷 손실에 대한 보상 방법 등을 추가적으로 연구해야 할 것이다.

참고문헌

[1] 윤원용, "인터넷에서 저장형 MPEG 비디오 데이터의 효과적인 전송방법", 1998
 [2] Macedonia, M Brutzman D., "Mbone provides Audio and Video across the Internet", IEEE Computer vol. 27, No.4, April 1994.
 [3] S. Casner, R. Frederick, V. Jacobson, "RTP : A Transport Protocol for Real-Time Applications", RFC1889, Jan 1996
 [4] H. Schulzrinne, "RTP Profile for Audio and

Video Conferences with Minimal Control", RFC1890, Jan 1996

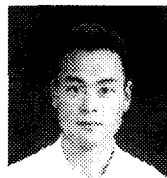
[5] James F. Kurose, Keith W. Ross "Computer Networking ", Addison Wesley, 2001
 [6] 강상욱, "A Study on Real-Time Media Synchronization in Multimedia Networks", 포항공대 석사학위논문, 1993



정규수(Kyu-Su Jung)

2000년 2월 군산대학교 정보통신공학과 졸업(공학사)
 2000년 3월~현재 군산대학교 대학원 전자정보공학부 석사과정

※ 관심분야 : 실시간 멀티미디어 통신



양종운(Jong-Un Yang)

1999년 2월 군산대학교 정보통신공학과 졸업 (공학사)
 2001년 2월 군산대학교 대학원 전자정보공학부 졸업 (공학석사)
 2001년 3월~현재 군산대학교 대학원 전자정보공학부 박사과정

※ 관심분야 : 멀티미디어 시스템, 멀티미디어 저장 및 검색



나인호(In-Ho Ra)

1988년 2월 울산대학교 전자계산학과 공학사 졸업
 1991년 2월 중앙대학교 대학원 전자계산학과 공학석사 졸업
 1995년 8월 중앙대학교 대학원 전자계산학과 공학박사 졸업

1995년 9월~현재 : 군산대학교 전자정보공학부 부교수

1997년 7월~현재 : 전주 첨단영상산업 추진협의회 위원, 한국 해양정보통신학회 편집 위원

1997년 12월~1998년 3월 : 전자통신연구원 초빙 연구원

1999년 10월~2000년 10월 : 전주 국제컴퓨터게임 축제 조직위원

※ 관심분야 : 멀티미디어통신시스템, 분산시스템, 병렬처리