

MPEG-4 비디오 전송을 위한 RTP 페이로드 설계 및 구현

곽승훈*, 신승호*, 박동선**
*한국통신 가입자망연구소
**전북대학교 정보통신공학과
e-mail : shkwak@kt.co.kr

Design and Implementation of RTP payload format for MPEG-4 Video Streams

Seung-Hoon Kwak*, Seung-Ho Shin*, Dong-Sun Park**
*Access Network Laboratory, Korea Telecom

**Dept. of the Information and Communication Engineering, Chonbuk National University

요 약

MPEG-4 비디오 스트림을 전송하기 위해 RTP 프로토콜을 사용할 경우 RTP 패킷에 MPEG-4 비디오 스트림을 수용하기에 적절한 페이로드 포맷이 정의되어야 한다. RTP 페이로드에 MPEG-4 비디오 스트림을 수용하기 위한 기존의 방법은 MPEG-4 코덱으로부터 생성된 비디오 스트림의 형태에 따라 많은 종류의 페이로드 포맷이 정의되어야 하는 문제점이 있거나, 혹은 각 계층에서 생성된 스트림을 RTP 패킷화하는 방법이 명료하지 않은 문제점 등이 있다. 이 논문에서는 MPEG-4 시스템을 사용하지 않고, MPEG-4 비디오 기초스트림을 RTP 패킷에 담아 전송하기 위한 새로운 RTP 페이로드 포맷을 제안하였고, 제안된 포맷을 이용하여 MPEG-4 비디오를 전송하는 시스템을 설계 및 구현하였다. 제안된 RTP 페이로드 포맷은 비디오 객체(Video Object)에 대한 RTP 페이로드 포맷만을 정의하여 포맷의 종류를 최소화함으로써 포맷의 종류가 많아짐으로써 생기는 부가적인 오버헤드를 감소시켰으며, 또한 하나의 RTP 패킷에는 단 하나의 비디오 객체에 대한 정보만을 저장하여 비디오 객체간의 독립성을 유지하였다. 제안된 포맷을 이용하여 구현된 MPEG-4 비디오 전송시스템은 RTP 패킷의 크기를 path-MTU와 같거나 작게 설계함으로써, IP 계층에서 RTP 패킷의 단편화 현상이 발생하지 않고 효율적인 전송이 이루어지도록 하였다.

1. 서론

최근 ADSL 모뎀, 케이블 모뎀과 같은 새로운 인터넷 접속 기술의 발달로 고속으로 인터넷에 접속하는 사용자들이 늘고 있으며, 이들에게 단순히 고속의 인터넷 접속 서비스 뿐만 아니라 영상회의, 원격교육, 원격의료 등과 같은 인터넷 기반의 고품질 멀티미디어 응용서비스가 요구되고 있다. 이러한 응용서비스는 수신된 영상, 음성의 품질이 얼마나 훌륭한가가 성공의 열쇠가 된다.

MPEG-4(Moving Picture Expert Group-4)[1] 비디오는 콘텐츠 기반의 영상 환경을 구축하기 위해 설계된 새로운 국제 표준으로 데이터를 효율적으로 저장, 전송 및 검색하기 적합한 특징이 있다. MPEG-4 비디오는 낮은 대역폭과 다양한 네트워크 환경에서도 좋은 품질의 비디오 데이터를 제공할 수 있고, 네트워크 자원을

효율적으로 사용할 수 있는 장점이 있다. 이러한 이유로 MPEG-4 영상 압축 기술은 고품질의 멀티미디어 응용서비스에 적용하기에 매우 적합하다.

MPEG-4 비디오 데이터의 전송을 위해서는 실시간이 요구되는 응용서비스에 적합한 기능을 제공하는 프로토콜이 고려되어야 한다. RTP(Real-time Transport Protocol)[2]는 이러한 요구조건을 만족하는 프로토콜로서, MPEG-4 비디오 스트림을 실시간 전송하기에 매우 적합한 장점을 제공한다. 순수한 UDP를 사용하는 것에 비해, RTP를 사용함으로써 MPEG-4 비디오 스트림의 동기화 및 RTCP를 통한 MPEG-4 전송 성능에 대한 감시가 가능하기 때문에 이 논문에서는 RTP를 MPEG-4 비디오 전송 프로토콜로 사용한다.

RTP는 특정 응용서비스가 요구하는 정보를 유연하게 제공하기 위해 자체적으로 페이로드 포맷을 정의

하고 있지 않다. MPEG-4 비디오 스트림 전송을 위해서는 특정한 RTP 페이로드 포맷이 정의되어야 한다. MPEG-4 비디오 스트림을 RTP 페이로드에 수용하는 방법은, MPEG-4 시스템 상의 압축계층에서 생성된 비디오 스트림을 RTP 페이로드에 수용하는 방법[3], 동기계층에서 생성된 패킷을 RTP 페이로드에 수용하는 방법[4], 혹은 멀티플렉싱 툴을 이용하여 생성된 스트림을 RTP 페이로드에 수용하는 방법[5] 등이 있다. 하지만 여기에 언급된 방법들은 MPEG-4 코덱으로부터 생성된 스트림의 계층적 특성에 의해 여러가지 형태의 RTP 페이로드 포맷이 정의되어야 하거나, 혹은 동기계층에서 생성된 스트림이나 멀티플렉싱 툴을 이용하여 생성된 스트림을 RTP 패킷화하는 방법이 명료하지 않은 문제점 등이 있다.

이 논문에서는 기존의 연구에 비해 개선된 MPEG-4 비디오 스트림을 위한 RTP 페이로드 포맷을 제안한다. 제안된 포맷은 압축계층에서 생성된 MPEG-4 비디오 기초스트림(Elementary Stream)을 위한 RTP 페이로드 포맷으로서, 그 종류를 최소화하여 부가적인 오버헤드 및 처리지연을 방지하는 효과가 있으며, MPEG-4 시스템 상의 동기 기능이나 스트림 관리 기능을 사용하지 않는 것을 특징으로 한다.

또한 제안된 포맷을 이용하여 MPEG-4 비디오의 실시간 전송을 보장하는 시스템을 설계하고 구현함으로써 인터넷 상에서의 고품질 멀티미디어 응용서비스의 가능성을 보인다.

이 논문의 2 장에서는 MPEG-4 비디오를 위한 기존의 RTP 페이로드 포맷의 연구동향을 살펴보고, 3 장에서는 새로운 RTP 페이로드 포맷을 제안한다. 4 장에서는 제안된 포맷을 이용하여 전송시스템을 설계하고 구현한다. 5 장에서는 결론 및 향후 연구 방향에 대해서 기술한다.

2. 기존 연구

MPEG-4 시스템 상의 압축계층에서 생성된 비디오 스트림을 RTP 페이로드에 수용하는 방법은, MPEG-4 코덱으로부터 생성된 계층적 구조를 가질 수 있는 기초스트림을 RTP 페이로드로 바로 매핑하는 방법을 일컫는다. 주로 음성 및 영상을 전송하는 응용서비스에 초점을 맞춘 방법으로, MPEG-4 시스템의 동기화 및 스트림 관리 기능을 사용하지 않는 MPEG-4 비디오 스트림을 전송하기에 적합한 포맷이며, MPEG-4 시스템 구조를 재구성해야만 하는 응용서비스에는 적합하지 않다. 일정한 단편화(fragmentation) 규칙에 의해 제작된 RTP 패킷의 종류는 여섯가지가 존재한다.

SL(Sync Layer) 패킷을 위한 RTP 페이로드 포맷은 동기계층에서 생성된 SL 패킷을 RTP 페이로드에 매핑하는 방법이다. SL 패킷은 전송하고자 하는 미디어 타입에 대해 알 필요가 없고 전송 시스템에 대해서도 독립적이다. RTP 패킷과 SL 패킷은 각각의 헤더에 순서번호(sequence number)와 타임스탬프(timestamp)가 존재한다. 이는 불필요한 오버헤드의 증가를 초래하며, 이런 문제점을 해결하기 위해 중복된 헤더 정보를 없앤 축소된 SL 헤더(reduced SL header)가 필요하게 된다.

RTP 페이로드는 하나의 SL 패킷으로 구성되고, SL 패킷 헤더에는 순서번호와 타임스탬프가 없다. RTP 헤더와 중복되지 않은 정보는 SL 헤더에 그대로 남아 있다. 이 방법은 음성 및 영상 데이터 뿐만 아니라 MPEG-4 시스템관련 데이터에도 초점을 맞추었다.

Flexmultiplexed 스트림을 위한 RTP 페이로드 포맷은 Flexmultiplexed 스트림 형태로 다중화된 Flexmultiplexed 패킷을 RTP 패킷화하는 방법이다. FlexMultiplexed MPEG-4 스트림의 RTP 패킷화는 전송성능면에서, 하나의 기초스트림당 하나의 포트를 사용하는 것에 비해, Flexmultiplexed 스트림을 위해 한 포트를 사용함으로써 그 효율이 훨씬 좋다. 또한 전체적인 대역폭 관리가 용이한 장점이 있다.

3. 제안된 RTP 페이로드 포맷

이 논문에서 사용되는 비디오는 자연 영상을 MPEG-4 비디오 스트림 형태로 부호화한 데이터만을 그 대상으로 하고, MPEG-4 시스템 상의 다른 시스템 관련 기초스트림은 대상에서 제외한다. 따라서 MPEG-4 시스템의 동기화 및 스트림 관리 기능은 사용하지 않는, 압축계층에서 생성된 MPEG-4 비디오 기초스트림에 대한 RTP 페이로드 포맷과 패킷화 방법만을 정의한다.

기존의 MPEG-4 기초스트림을 위한 RTP 페이로드 포맷은, 코덱으로부터 생성된 MPEG-4 기초스트림의 계층적 특성을 고려함으로써 여러가지 형태의 RTP 페이로드 포맷이 정의되어야만 한다. 또한 가변적인 크기를 갖는 MPEG-4 기초스트림은 여러 종류 중 어떤 종류의 포맷을 사용해야 하는지에 대한 결정을 어렵게 하고, 수신쪽에서도 RTP 패킷을 MPEG-4 비디오 스트림 형태로 재조립시 각 페이로드에 있는 MPEG-4 비디오 스트림의 구성 정보에 해당하는 계층별 헤더들을 모두 해독해야만 하는 부담이 있다.

따라서 이 논문에서는 MPEG-4 비디오 스트림을 나눌 수 있는 단위 중 가장 큰 단위인 비디오 객체(Video Object)에 대한 RTP 페이로드 포맷만을 정의하여, 페이로드 포맷의 종류를 최소화함으로써 불필요한 부가 정보의 유지 및 관리를 위한 오버헤드를 줄이는 것을 원칙으로 한다. RTP 패킷화를 위한 세부적인 전략은 다음과 같다.

- ① RTP 패킷의 크기는 하위 계층에서 단편화 현상(fragmentation)이 일어나지 않도록 하기 위해서 path-MTU[6]보다 작거나 같게 설정한다.
- ② 하나의 패킷에는 단 하나의 비디오 객체에 대한 정보만을 저장하여 비디오 객체간의 종속성을 배제한다.
- ③ 비디오 객체가 패킷의 페이로드 부분과 크기가 같거나 작으면, 그 비디오 객체를 하나의 패킷에 패킷화한다.
- ④ 그렇지 않으면 패킷의 페이로드 크기만큼 비디오 객체를 패킷화한다. 패킷화되지 않은 비디오 객체의 나머지 부분이 없을 때까지 이 과정을 반복한다. 뒤따라오는 패킷이 동일한 비디오 객체에 대한 정보 인지를 나타내기 위해 RTP 헤더의 marker 비트를

이용한다. 즉, marker 가 0 이면 연속되는 패킷이 동일한 비디오 객체에 대한 정보임을 나타내고, 1 인 경우 뒤따라오는 패킷은 다른 비디오 객체에 대한 정보임을 나타낸다.

⑤ 패킷화를 위한 최소 단위는 바이트 단위로 한다 즉, RTP 페이로드에 수용 가능한 바이트 수만큼 패킷화함으로써 바이트 정렬 방식에 따른다.

⑥ 비디오 객체의 마지막 부분을 담은 패킷의 페이로드 부분이 다 차지 않아 가용한 공간이 있다 할지라도, 이 패킷에는 또 다른 비디오 객체를 위한 패킷화를 하지 않는다. 이는 인접한 비디오 객체 간의 독립성을 유지하기 위함이다. 만약 RTP 패킷의 데이터 수용효율을 높이기 위해서 가용한 공간에 다른 비디오 객체의 일부분에 해당하는 데이터를 수용할 경우 비디오 객체간의 독립성이 유지되지 못하고, 전송중 잃어버린 RTP 패킷에 대한 의존도가 높아진다.

이와 같은 전략에 의해 생성된 패킷화 알고리즘은 아래와 같다.

[알고리즘]

procedure packetize;

begin

while (there is encoded data to be packetized) do begin

search next VO_start_code

and count the number of bytes;

if ((next VO_start_code is found)

and (ByteCount ≤ MaxPL))

then

packetize the bytes before next VO_start_code);

else if (ByteCount > MaxPL)

then

packetize as many bytes as possible without exceeding MaxPL

and crossing into next VideoObject;

else packetize the remaining data;

end; {of while}

end; {of packetize}

· ByteCount : 현재 패킷화가 진행되는 비디오 객체의 총 바이트 수이고, 하나의 RTP 패킷이 완성된 후에는 완성된 바이트 수만큼 감소하게 된다.

· MaxPL(Maximum Payload Length) : 하나의 패킷 안에 수용 가능한 페이로드의 길이를 뜻한다.

· VO_start_code : 비디오 객체의 시작코드를 의미한다.

이 알고리즘으로 생성될 수 있는 RTP 패킷의 종류는 그림 1 과 같고, 이 알고리즘으로 생성된 RTP 패킷의 구조는 그림 2 와 같다. 기존의 MPEG-4 기초스트림을 위한 RTP 페이로드 포맷과 비교하면 RTP 패킷의 종류가 여섯가지에서 두가지로 단순화되었음을 알 수 있다. 이는 포맷의 종류를 단순화시킴으로써 어떤 종류의 포맷을 사용할 것인지에 대한 결정을 쉽게 할 수 있고, 또한 수신쪽에서도 RTP 패킷을 MPEG-4 비디오 스트림 형태로 재조립시 VO 헤더만을 해독하면 되는 장점을 제공한다.

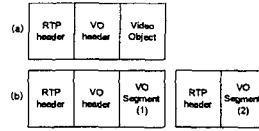


그림 1 패킷화 알고리즘에 의한 RTP 패킷의 종류

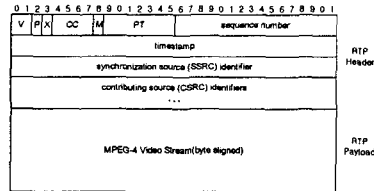


그림 2 MPEG-4 비디오 기초스트림을 위한 RTP 패킷 구조

- payload type : 이 필드는 RTP 페이로드가 MPEG-4 비디오 스트림임을 나타낸다.
- sequence number : RTP 패킷이 하나씩 보내질 때마다 1씩 증가한다.
- marker(M) bit : 이 필드가 1로 셋팅되면 하나의 비디오 객체를 표현하는 RTP 패킷 중 이 패킷이 마지막 패킷임을 나타낸다. 하나의 비디오 객체가 하나의 RTP 패킷으로 표현될 때도 마찬가지로 1로 셋팅된다. 즉 하나의 비디오 패킷을 표현하는 연관된 RTP 패킷이 뒤따라올 때는 이 필드가 0이 된다.
- timestamp : 패킷의 동기화 정보를 나타낸다.

4. 전송시스템 설계 및 구현

전송시스템의 소프트웨어 구조는 그림 3 과 같이 표현할 수 있으며 각 모듈은 메뉴 환경과 영상 화면 윈도우를 제공하는 사용자 인터페이스, 단말 내에서 비디오 스트림 처리를 위한 MPEG-4 비디오 처리 모듈, 네트워크의 연결 및 데이터 송수신을 위한 전송 모듈로 나뉜다.

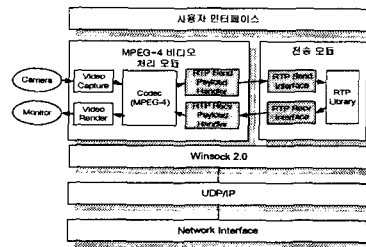


그림 3 소프트웨어 구조

MPEG-4 비디오 처리 모듈은 MPEG-4 비디오를 효율적으로 전송하기 위해 단말 내에서 비디오를 처리하거나 혹은 수신된 비디오 데이터를 단말에서 재생이 가능하도록 처리하는 기능을 담당한다. 즉, 실시간으로 사용자의 모습을 획득하여 MPEG-4 코덱을 통해 압축한 후 압축된 데이터를 RTP 패킷으로 만드는 과정을 수행하고, 또한 이의 역과정도 수행한다.

전송 모듈은 비디오 스트림의 전송을 담당하는 부분으로, 전송을 위한 가장 상위의 프로토콜은 실시간

이 요구되는 멀티미디어 데이터의 전송에 적합한 RTP를 사용한다. RTP 패킷은 WinSock 을 통하여 UDP/ IP 로 전달되게 된다.

이 논문에서는 구현을 위하여 'Widows 98' 운영체제가 탑재된 개인용 컴퓨터를 사용했으며 여기에는 카메라와 모니터가 부착되어 있다. 각 기능 모듈은 Microsoft 사의 'Visual C++'를 이용하여 구현하였다. 입력된 자연 영상의 부호화 및 복호화를 위하여 Angelpotion 의 소프트웨어 코덱인 'Angelpotion MPEG-4 Video Codec'[9]을 사용하였고, 단말 내에서의 비디오 스트림 처리를 위해서는 각 기능 모듈을 필터 형태로 객체화하여 개발자로 하여금 객체 지향적 프로그래밍이 가능하도록 하는 장점이 있는 Microsoft 사의 'DirectShow SDK'[7]를 이용하였다. 또한 RTP Library 부분은 RTP 프로토콜을 라이브러리 형태로 구현해 놓은 'JRTPLIB(Jori's RTP Library)'[8]를 이용하였다.

응용프로그램을 구현한 예는 그림 4 와 같다. 구현된 응용프로그램에서 사용된 MPEG-4 비디오의 해상도는 160*120 픽셀이고, 초당 15 프레임이 생성된다. RTP 페이로드 최대크기의 기본값은 1450 바이트이다.

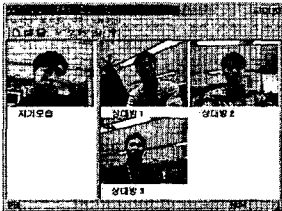


그림 4 MPEG-4 비디오 전송 응용프로그램

구현된 전송시스템의 동작 시험을 위한 환경은 그림 5 와 같이 구성하였고, 응용프로그램에 Windows-Socket 멀티캐스트 기능을 사용하여 Ethernet 상에서 4 대의 컴퓨터에 MPEG-4 비디오 스트림을 동시에 전송하였다. 시험 결과 그림 6 과 같은 결과치를 얻었다.

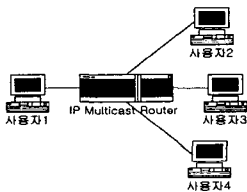


그림 5 시험 환경

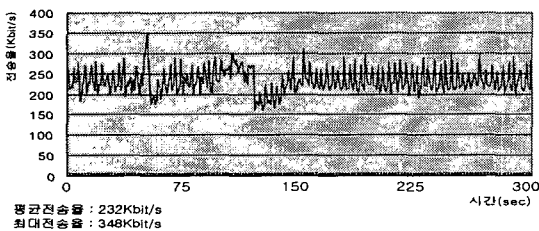


그림 6 성능 평가 결과

5. 결론

고속 인터넷 접속 기술의 발달로 인해 고속의 인터넷 접속 서비스 뿐만 아니라, 인터넷 기반의 고품질 멀티미디어 응용서비스가 많이 요구된다.

MPEG-4 비디오와 RTP 를 이용하여 이러한 요구를 만족하는 서비스를 개발하기 위해, 이 논문에서는 MPEG-4 비디오 기초스트림을 위한 새로운 RTP 페이로드 포맷을 제안하였고, 이를 이용하여 MPEG-4 비디오를 인터넷 상에서 전송하는 시스템을 설계하고 구현함으로써, 고품질의 멀티미디어 응용서비스의 가능성을 보였다.

제안된 페이로드 포맷은 압축계층에서 생성된 MPEG-4 기초스트림 중 비디오 객체에 대한 페이로드 포맷만을 정의함으로써, RTP 페이로드 포맷의 종류를 최소화하여 기존의 방법에 비해 처리해야 하는 부가적인 오버헤드를 감소시켰다. 또한 MPEG-4 시스템의 동기화 및 스트림 관리 기능을 사용하지 않으므로써, MPEG-4 단말 시스템 구조의 각 계층을 구성하지 않아도 되는 잇점을 얻었다. 이 외에도 제안된 페이로드 포맷을 이용하여 MPEG-4 비디오 스트림을 RTP 패킷화시, path-MTU 를 고려한 MPEG-4 비디오 스트림의 패킷화를 수행하여 IP 계층에서의 단편화 현상을 예방하였으며, 하나의 RTP 패킷에는 하나의 비디오 객체에 대한 정보만을 수용하여 비디오 객체간의 중속성을 배제하였다.

향후 연구 과제로는 RTCP(RTP Control Protocol)를 이용하여, 네트워크 변화에 동적으로 적응할 수 있는 트래픽 제어를 위한 방법이 연구되어야 할 것이다.

참고 문헌

- [1] ISO/IEC JTC 1/ SC 29, Information technology - coding of audio-visual objects - part1: systems, part2: visual, part6: Delivery Multimedia Integration Framework(DMIF) , FDIS 14496, Oct. 1999
- [2] Internet Engineering Task Force, H. Schulzrinne, S. Casner, R. Frederick, and V. Jacobson, RTP : a transport protocol for real-time applications, RFC 1889, Feb. 1996
- [3] Internet Engineering Task Force, Kukuchi, Nomura, Fukunaga, Kimara, Matsui, RTP payload format for MPEG-4 Audio/Visual streams, Internet Draft, Sep. 2000
- [4] Internet Engineering Task Force, Civanlar, Basso, Casner, Herpel, Perkins, RTP payload format for MPEG-4 streams, Internet Draft, Jul. 2000
- [5] Internet Engineering Task Force, C. Roux, E. Gouleau, D. Curet, P. Clement, RTP payload format for Flexmultiplexed MPEG-4 streams, Internet Draft, Mar. 2000
- [6] Internet Engineering Task Force, J. Mogul, S. Deering, Path MTU Discovery, RFC 1191, Nov. 1990
- [7] Microsoft Corp, Microsoft DirectX, <http://www.microsoft.com/DirectX>
- [8] Jori, RTP Library (JRTPLIB), <http://lumumba.luc.ac.be/jori/jrtp/lib/jrtp/lib.html>
- [9] Angelpotion MPEG-4 Video Codec, <http://www.angelpotion.net>