

# 인터넷기반 멀티캐스트 스트리밍을 위한 영상 부호화 기술

박성찬\*, 이귀상

전남대학교 전산학과

## Video Coding Technologies for Multicast Streaming based on the Internet

SungChan Park, GueeSang Lee

Dept. of Computer Science, Chonnam National University

E-mail : schpark@cad.chonnam.ac.kr, gslee@chonnam.ac.kr

### 요약

인터넷과 같은 네트워크의 특성은 QoS(Quality Of Service)가 보장되지 않으며, 다양한 대역폭 변화, 전송중의 높은 패킷 손실을, 그리고 스트리밍 시스템에서 스트리밍 서버 및 클라이언트의 부호화/복호화에 따른 복잡도 등 다양한 문제점 및 많은 스트리밍 클라이언트에게 효과적으로 데이터를 전송하기 위한 멀티캐스팅 기법이 필수적으로 요구된다. 따라서, 계속 증가하는 멀티미디어 데이터의 스트리밍 지원을 위해 이러한 네트워크 특성과 비디오 부호화 기술을 접목시켜 보다 안정적인 데이터 전송 및 화질 유지를 가능하도록 하기 위한 요구 조건 및 스트리밍을 위한 영상 부호화 기술에 대해 살펴보고자 한다.

## 1. 서론

최근 멀티미디어 데이터 처리 기술의 급속한 성장과 고속 통신의 발전은 멀티미디어 데이터(Video, Audio, Image) 서비스에 대한 많은 관심을 불러 일으키고 있다. 특히, MPEG(Moving Pictures Experts Group)과 같은 압축된 형태의 비디오 데이터를 이용한 VOD(Video On Demand)나 AOD(Audio On Demand) 서비스가 증가함으로써 멀티미디어 스트리밍 기술에 대한 관심이 커지게 되었다. 멀티미디어 스트리밍이란 인터넷 또는 인트라넷등에서 비디오와 오디오 등의 멀티미디어 데이터를 모두 다운받지 않고 다운 받으면서 재생을 하는 방식이다[1]. 일반적으로, 인터넷 통신망 환경의 특성은 QoS(Quality Of Service)가 보장되지 않은 "Best Effort" 서비스를 제공하며, 사용자수의 증가에 따라 발생하는 네트워크의 혼잡(Congestion) 문제 때문에 발생하는, 지연(Delay)과 지연변이(Jitter), 전송중의 높은 패킷 손실률 등은 실시간 멀티미디어 서비스를 제공하는데 있어 가장 큰 문제점이다[3]. 또한, 멀티미디어 스트리밍 지원을 위한 스트리밍 서버 및 클라이언트의 부호화/복호화에 따른 복잡도, 많은 스트리밍 클라이언트에게 효과적으로 데이터를 전송하기 위해 1 대 1 전송 뿐 아니라, 다수의 클라이언트에게 서비스하기 위해 멀티캐스트 방법등에 관한 다양한 문제점을 안고 있다.

따라서, 본 논문에서는 이러한 QoS가 보장받지 못하는 네트워크 환경에서 계속 증가하는 멀티미디어 데이터의 스트리밍 지원을 위해 필요한 네트워크 특성 분석과 비디오 부호화 기술에 대해 알아보고, 보다 안정적인 데이터 전송 및 화질 유지를 가능하도록 하기 위한 요구 조건 및 스트리밍을 위한 영상 부호화 기술에 대해 살펴보고자 한다.

\* 본 연구는 한국과학재단 목적기초연구 (2000-1-30300-005-3) 지원으로 수행되었음

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 멀티미디어 스트리밍 서비스와 관련된 시스템, 그리고 스트리밍 서비스를 위한 시스템 측면, 부호화 측면, 네트워크 측면, 전송 방식 측면으로 나누어 살펴보고, 3장에서는 멀티미디어 스트리밍을 위한 멀티캐스팅 기법에 대해 기술하고, 마지막으로 결론을 보인다.

## 2. 관련 연구

### 2.1 시스템 측면 : 스트리밍 시스템

멀티미디어 스트리밍 시스템은 멀티미디어 데이터를 제공하는 스트리밍 서버와 네트워크로 서버와 연결하여 서비스를 제공받는 클라이언트로 구성된다. 클라이언트는 서버로부터 라이브(Live) 또는 미리 부호화되어 저장된 콘텐츠(Contents)를 일정량만을 버퍼링 한 후에 클라이언트의 메모리상에서 실시간으로 재생한다. 서버와 클라이언트간의 연결 방식은 1대 1(Point-to-Point) 또는 멀티캐스트(Multicast) 방식으로, 1대 1 스트리밍 방식에서는 각각의 클라이언트와 독립적인 연결 방식으로 이루어지고, 멀티캐스트 스트리밍 방식에서는 서버가 같은 멀티캐스트 그룹에 하나의 스트림을 전송하면 네트워크에서 이를 복사하여 그 멀티캐스트 그룹의 각 클라이언트에게 전달하는 방식이다. 일반적으로 각 클라이언트가 서버에 연결을 설정하고, 멀티미디어 스트림을 요청시, 서버는 요구된 스트림을 전송한다. 이때 클라이언트는 스트림을 수신 즉시 재생하지 않고, 얼마간 수신되는 데이터를 버퍼링한다. 즉, 이를 초기 버퍼링(Initial Buffering)이라 하는데, 이를 이용함으로써 패킷 손실과 지연 변이에 의해 증가된 네트워크 지연과 네트워크 처리 능력이 감소되더라도 클라이언트가 버퍼링된 데이터를 재생할 수 있기 때문에 중단

없이 계속 재생할 수 있게 한다[2]. 따라서, 인터넷과 같은 네트워크 환경에서 접하게 되는 지연 및 지연 변이의 영향을 클라이언트측의 버퍼를 이용하여 부분적으로 감소시킬 수 있다. 클라이언트측의 버퍼링으로 네트워크의 단기 변화(Short-Term Variation)에는 어느 정도 대응할 수 있으며, 손실된 패킷에 대한 재전송 요구가 이루어지도록 할 수 있는 시간적 여유를 제공해준다. 그러나, 장기 변화(Long-Term Variation)에도 어느 정도 대처하기 위해 버퍼링의 크기를 늘리는 경우 버퍼를 채우기 위한 초기 시작 지연(Start-Up Delay)이 커지며 버퍼를 위한 큰 메모리는 요구되는 문제가 있다.

그림 1과 2는 유니캐스트 및 멀티캐스트 방법을 이용하여 스트리밍 전송시 시스템 구조를 나타낸다. 비디오 스트리밍 서비스에는 On-Demand 서비스와 Live Streaming 서비스가 있을 수 있으며, Live Streaming 서비스의 경우는 비디오 카메라와 같은 라이브 소스에서 출력되는 비디오 스트리밍을 부호화기가 실시간으로 부호화하여 압축하고, 이를 packetizer가 패킷화후, 스트리밍 서버에 저장되어 클라이언트에게 서비스되는 방식이다.

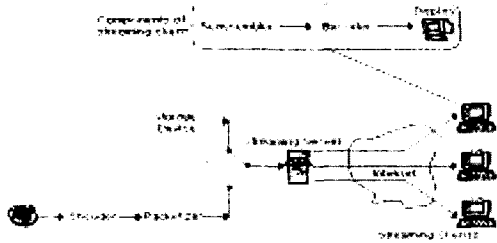


그림 1. 유니캐스트 서비스 시스템

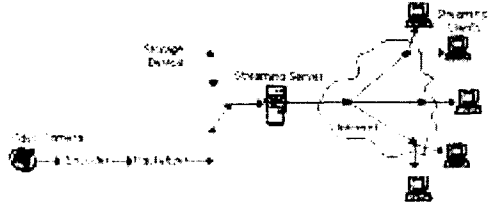


그림 2. 멀티캐스트 서비스 시스템

스트리밍 서버 시스템에서 고려해야 할 사항으로 네트워크를 통하여 다수의 클라이언트가 동시에 접속시 원활한 서비스를 지속하기 위해 시스템의 부하를 분산시키도록 하는 로드 밸런싱(Load Balancing) 또는 클러스터링(Clustering) 기법도 도입되어야 한다.

## 2.2 네트워크 측면

### 가. IP(Internet Protocol) 네트워크의 특성

현재의 IP 네트워크는 패킷 손실, 지연, 지연 변이, 그리고 시간의 흐름에 따라 변화하는 대역폭으로 인해 비디오 콘텐츠를 스트리밍 하기에는 적합하지 않다. 무엇보다 패킷 전송에 있어서 인터넷의 경우 10%의 패킷 손실이 발생하는 네트워크 환경[5]에서는 일정 수준의 화질을 유지하면서 스트리밍을 지원하기 위해서는 패킷 손실에 대한 대비가 이루어져야 한다. MPEG, H.263과 같이 예측 부호화 방법을 이용하는 비디오 부호화에 있

어서 패킷 손실에 의한 화질에 대한 영향력은 매우 크다. 더욱이, IP 통신망은 사용자 수의 증가에 의한 대역폭의 수시 변화로 멀티미디어 데이터의 일정 대역폭 할당이 어려워 일정 수준의 화질을 보장하기 어려운 특성이 있다.

### 나. 응용계층 레벨 QoS 처리

다양한 네트워크 환경과 각기 다른 클라이언트의 재생 화질을 처리하기 위해, 패킷 손실 방지와 지연 감소를 위한 혼잡 제어(Congestion Control) 방법과 패킷 손실 발생시 재생을 위한 에러 제어(Error Control) 기법들이 이용될 수 있다[12].

## 2.3 비디오 부호화 측면

다양한 클라이언트 환경에 서비스하기 위해서 비디오 스트리밍 시스템은 클라이언트에 대한 상태를 모니터링하고 이용 가능한 대역폭에 따라 적절한 스트림을 제공해 줄 수 있어야 한다. 이는 변화하는 네트워크의 상태에 따라 부호화율을 바꾸는 기능뿐만 아니라 전송 시각에 반드시 부호화된 비트율의 대역폭을 보장 받을 수 없어 전송율도 변화시킬 수 있어야 함을 의미한다.

### 가. 계층형 부호화(Layered Video Coding)

계층 부호화는 부호화시 데이터를 두 개 이상의 스트림으로 분리, 발생시켜 복호기와 전송로에 따라서 여러 가지 화질의 재생 영상을 얻을 수 있게 한다. 계층 부호화된 영상은 기본계층과 고급계층으로 구성되며, 고급계층의 재생에는 반드시 기본계층의 데이터가 필요하게 된다. 이러한 계층부호화 기법은 오류 발생을 이용 크고 서로 이질적인 네트워크 환경에서 유용하게 이용될 수 있다[7]. 즉, 부호화된 비트 스트림은 생성된 후 어느 시점에서든 조절이 가능하므로, 디코더의 복잡도, 비트율, 디스플레이 해상도, 네트워크 전송 능력 등에 대한 제약 사항을 보상할 수 있다. 현재의 인터넷에서는 전송대역에 대한 네트워크의 서비스 품질이 보증되고 있지 않으므로, 동영상은 높은 부호화 속도로 안전하게 전송하는 것이 어려울뿐만 아니라 처리 능력이 낮은 단말등에서 수신한 부호화 데이터를 완전히 복호할 수 없는 경우도 발생할 수 있다. 따라서, 저해상도와 고해상도 두 종류의 데이터를 준비해 두고 네트워크와 단말의 상태에 따라 선택적으로 처리하여 최소한 기본계층의 화질을 유지하는 것이다[8]. 계층부호화 기법에는 시간적, 공간적, SNR 계층 부호화 방식이 있다. 시간적 계층부호화는 화면율을 높임으로써 시각적 화질을 향상시키기 위한 기술이며, 공간적 계층부호화는 다중 해상도의 화면 표시를 가능하게 해준다.

#### ① SNR 계층부호화

SNR 계층부호화 방식은 기본 계층과 고급 계층간의 SNR을 달리하여 부호화 하는 방식, 즉 고급계층의 화면은 기본계층 화면의 예측 차분신호에 대해 기본계층보다 좀더 세밀한 양자화를 적용하여 향상된 화면 부호화를 함으로써 얻는 방식이다. 그림 3은 SNR 계층부호화를 나타내며, 그림 4는 SNR 계층부호화의 각 계층간 부호화 관계를 보여준다.

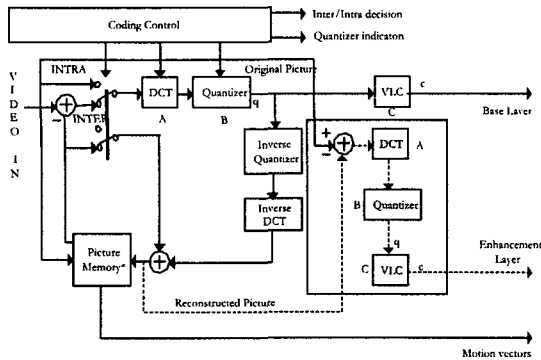


그림 3. SNR Scalability Encoder 구조

즉, SNR 계층부호화는 기본계층과 고급계층의 해상도는 같으나, 화질의 차이가 존재한다.

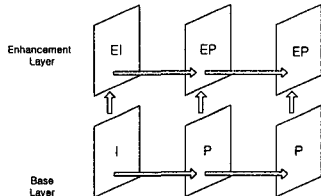


그림 4. SNR Scalability 계층도

② Spatial 계층부호화

Spatial 계층부호화는 SNR 계층부호화와는 달리 기본계층과 고급계층의 해상도를 달리하여 고급계층으로 갈수록 원 영상과 같은 해상도를 유지한다. 그림 5는 Spatial 계층부호화에서 각 계층간 관계를 나타낸다.

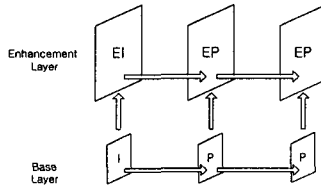


그림 5. Spatial Scalability 계층도

③ Temporal 계층부호화

Temporal 계층부호화는 고급계층의 프레임들을 기본계층의 프레임들보다 더 높게하는 방법으로, 그림 6은 기본계층으로는 I<sub>1</sub>, P<sub>3</sub>, P<sub>5</sub>...등으로 구성하고, 고급계층은 I<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, P<sub>3</sub>, B<sub>4</sub>, P<sub>5</sub>...로 구성됨을 나타낸다.

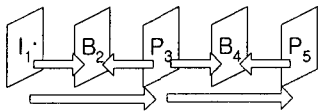


그림 6. Temporal Scalability 계층도

이러한 계층형 부호화 기법이 네트워크에 유연한 스트림을 생성할 수 있다[9]. 이러한 경우에 계층형 부호화는 계층적 부호화 구조(Hierarchical coding scheme)를 사용하여 클라이언트의 비디오 화질은 기본 계층에 계

속적으로 더해지는 고급계층의 정보를 수신함으로써 더 향상된 화질을 얻게 된다. 이러한 계층부호화 방법에서 어떤 부분을 기본계층으로 선택할 것인가에 따라 부호화 방법이 달라진다. 다음 그림은 입력 영상에 대하여 ROI(Region of Interest) 영역 선택에 따라 기본계층과 고급계층으로 나누어 부호화하는 방법과 이미지의 중앙부분을 기본계층으로 하여 Progressive 부호화하여 전송되는 이미지를 나타낸다.

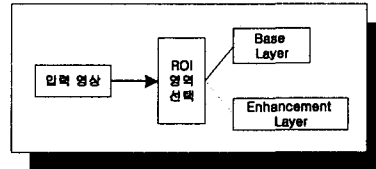


그림 6. ROI(Region of Interest) 부호화 예

나. MPEG-4 FGS(Fine Granular Scalability)

기존의 계층부호화 방법으로 부호화된 비트 스트림은 다음 그림에서 보이는 바와 같이 패킷 데이터 전송 오류시 문제점을 내포하고 있다.

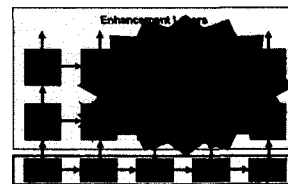


그림 7. 다계층 부호화의 에러 영향

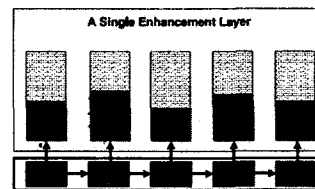


그림 8. Single Layer의 에러 영향

따라서, 이러한 계층형 부호화의 장점을 최대한 이용하며, 패킷 손실 및 가변적인 네트워크 대역폭에 적응적으로 전송하고자 하는 FGS 방법등이 있다[10].

특히, 패킷 손실에 따른 강인성에 대한 방안으로 MPEG-4 비디오 압축 기법중 그림 8과 같은 단일 고급계층으로 구성된 FGS(Fine Granular Scalability) 부호화 방법이 있다[4]. 기존의 계층부호화 방법은 실제 압축된 비디오 데이터를 전송시의 네트워크 대역폭, 가변적인 대역폭등을 예측하여 부호화시에 파라미터값으로 사용한다. 그러한 값들은 실제 전송시에 무의미한 값이 될 수 있다. 따라서, FGS 기법에서는 그림 10에서와 같이 부호화시에 그 네트워크 통신망 환경에서 이용 가능한 대역폭의 범위인 최소 및 최대(R<sub>min</sub>, R<sub>max</sub>) 대역폭 예측 파라미터를 FGS 고급 계층 부호화기에 넘겨주어 부호

화 한다. 그리고, 실제 스트리밍 서버에는 ( $R_{max} - R_{Bl}$ )의 고급 계층의 정보를 전송하고, 각 스트리밍 서버에서 접근한 클라이언트에는 전송시의 네트워크 대역폭 실제값인 R에서 기본 계층의 전송 대역폭을 뺀 나머지 대역폭 ( $R - R_{max}$ )만큼 전송하므로 실제 부호화된 시점의 비트율과 전송이 이루어지는 시점에서의 전송율이 다르게 된다.

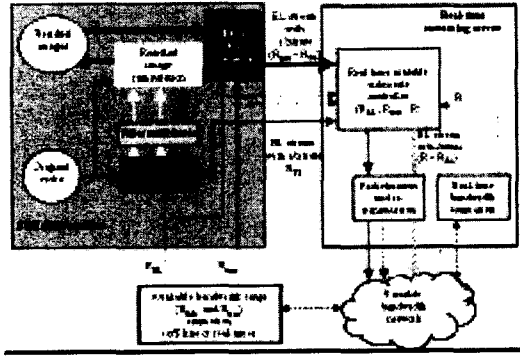


그림 10. FGS 전체 시스템도

#### 다. 에러 회복(Error Recovery)

일반적으로 MPEG 또는 H.26x에 의한 동영상 압축 기법이 사용된 비트스트림에서 패킷 손실에 따른 에러 전파에 의한 화질 저하를 막기 위한 기법이 스트리밍 서비스에서 필수적이다. 부호화기/서버 측면에서 소스코딩 및 채널 코딩 방법과 복호화기/클라이언트 측면에서 에러 은닉 기법중 이 장에서는 에러 은닉 기법 대해 알아본다.

디코더에서 후처리 방식으로 손실 또는 손상된 데이터를 복원하고자 하는 에러 은닉 기법은 부가적인 데이터를 삽입하지 않고 올바르게 수신된 주변 또는 이전 프레임의 정보를 이용하여 손실 또는 손상된 데이터를 복원하는 기법이다. 일반적으로 손실된 블록을 복원하기 위해 주변 블록들의 움직임 벡터로 후보 움직임 벡터를 구성하여 이전 프레임으로부터 손실된 블록과 가장 유사한 블록을 나타내는 움직임 벡터를 찾아내어 복원한다. 따라서, 후보 움직임 벡터를 어떻게 구성하느냐에 따라 손실된 블록과 유사한 값을 찾아낼 수 있다. 만약 계층부호화시 주변 블록의 움직임 벡터를 이용하여 현재 블록의 움직임 벡터를 찾아 낼 수 있는가에 따라 기본계층과 고급계층으로 나눌 수 있다. 다음 그림처럼 현재 블록(?)을 부호화시 이전 블록의 움직임 벡터로부터 현재 블록의 움직임 벡터를 추출할 수 있으면 고급계층으로, 찾을수 없는 경우에는 기본계층으로 하여, 화질 보장을 할 수 있게 한다.

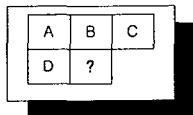


그림 11. 기본계층과 고급계층 분리를 위한 움직임 벡터값 예측

#### 2.4 전송 방식 : Progressive 부호화 전송

DCT 변환후, DCT 계수들에 대한 부호화 전송 방식에 따라 크게 Sequential 모드와 Progressive 모드로 나뉘어 질 수 있다. Sequential 모드는 이미지가 raster scan 방식과 같은 순서로, 즉 왼쪽 상단에서부터 오른쪽 하단의 순으로 이미지가 부호화되어 그림 12의 (b)와 같이 전송됨을 의미한다. Sequential 모드와는 달리 Progressive 모드에서는 이 DCT 계수의 전송 방식을 다시 spectral selection 방법과 successive approximation 방법으로 세분화된다. spectral selection 방법은 먼저 DC 계수를 전송하고, 각  $8 \times 8$  DCT 블록에서 계수 하나씩만 먼저 전송하는 방식이며, successive approximation 방법은 먼저 DC계수를 전송하고  $8 \times 8$  DCT 블록에서 63개의 AC계수를 bit plane에 따라 선별적으로 전송하는 방식이다. 그림 12의 c)와 d)는 프로그레시브 부호화에서 spectral selection 방법과 successive approximation 방법에 의해 전송되는 과정을 보인다[3].

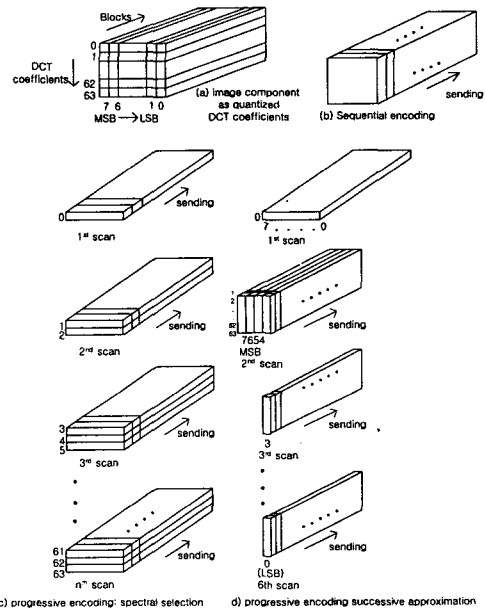


그림 12. Progressive 방식

이와같은 Progressive 방식으로 이미지를 전송시 복호화되는 과정을 보면 그림 13처럼 시간이 흐를수록 더욱 선명한 화질을 얻을 수 있게 된다.



그림 13. Progressive 부호화 전송 예

#### 3. 멀티미디어 스트리밍을 위한 멀티캐스팅 기법

현재까지의 인터넷은 종래의 통신 미디어(xDSL, ISDN, 공중전화 회선)를 기본으로 하고 있어 멀티 미디어를 위한 인프라로서는 역부족이다. 인터넷을 이용한 1 대 N의 멀티미디어 통신에서는 여러 가지 문제점이 있다. 그것은 인터넷에서의 통신 규약인 TCP/IP라는 프로토콜이 기본적으로 1 대 1의 통신을 위해 만들어져

있기 때문이다. TCP/IP 프로토콜은 메시지의 대상이 동시에 여럿인 경우를 고려하지 않아 1 대 N의 멀티미디어 통신에는 네트워크의 부하와 VOD(Video On Demand) 서버의 능력 등 많은 문제가 있다. 이 문제에 대한 해결책으로 "멀티캐스팅"이라는 개념이 있다. 동영상, 음성 등의 멀티미디어 정보의 특징은 정보가 실시간에 연속적으로 발생하는 등시적(Isochronous)이라는 것이다. 멀티미디어 정보의 실시간성과 연속성은 멀티미디어 정보를 위한 새로운 네트워크에 대한 요구 조건이라 할 수 있다.

기존의 인터넷 환경에서는 애플리케이션 프로그램의 안정성이 전송에 따른 지연보다도 중요했으며, 데이터 전송시 어느 정도의 지연은 서비스 특성상 그리 큰 문제가 되지 않았다. 그러나 사용자와 상호작용하는 형태로 제공되는 인터넷의 멀티미디어 서비스에서 전송 지연은 연속되는 스트림 형태의 서비스 품질에 매우 심각한 문제를 야기한다. 현재의 인터넷 환경은 이러한 실시간 형태의 멀티미디어 서비스에는 적합하지 않으며, 따라서 새로운 형태의 프로토콜과 라우터 및 호스트 환경 등 멀티미디어 네트워크 환경을 요구하고 있다.

인터넷에서 실시간 멀티미디어 서비스의 제공은 다음과 같은 몇 가지 방법을 생각해 볼 수 있다. 첫째, 전송 시간에 많은 영향을 받는 비디오 스트림의 경우, 우선 순위를 부여하여 네트워크의 전송 대역폭을 일정하게 보장해 줌으로써 원하는 수준의 서비스 품질을 보장할 수 있다. 이것은 IETF에서 제안된 프로토콜인 RSVP3)에 의해서 애플리케이션 프로그램으로 하여금 필요한 네트워크 자원을 동적으로 예약할 수 있게 해준다. 둘째, 실시간 전송에 가장 적합한 스트림 전송 기술을 사용하는 것이다. 비디오 형태의 스트림 데이터는 일반적인 파일 전송과는 달리 신뢰성이 100% 보장될 필요는 없다. 전송중에 손실된 패킷은 그 손실량이 일정 기준값 이하이면 소프트웨어적으로 보상이 가능하며, 사용자가 서비스를 이용하는데 큰 불편을 느끼지 않는다. 셋째, 멀티캐스트 기법을 이용하여 전송 대역폭을 효과적으로 이용하는 방법이다. 이것은 모든 네트워크 사용자에게 똑 같은 패킷을 복사해서 전송하는 것이 아니라 동시에 특정한 서브넷의 사용자에게만 패킷을 전송하므로 대역폭의 낭비를 효과적으로 줄일 수 있다. 이와 같은 네트워크상의 전송 기술과 인프라의 변경 외에도 PC와 같은 네트워크의 단말 노드에서 멀티미디어 데이터를 압축/복원, 동기화 할 수 있는 기능도 필요하다. 이러한 모든 요소들이 갖추어지면 ATM과 같은 새로운 방법이 많은 대역폭을 제공함으로써 보다 쉽게 문제를 해결할 수 있을 것이다.

#### 4. 결론

본 논문에서는 인터넷과 같은 네트워크 환경에서 계속 증가하는 멀티미디어 데이터의 스트리밍 지원을 위해 네트워크 특성과 비디오 부호화 기술을 접목시켜 보다 안정적인 데이터 전송 및 화질 유지를 가능하도록 하기 위한 요구 조건 및 스트리밍을 위한 영상 부호화 기술에 대해 알아보았다. 인터넷과 같은 네트워크의 특성은 QOS(Quality Of Service)가 보장되지 않으며, 다양한 대역폭 변화율, 전송중의 높은 패킷 손실율, 그리고 스트리밍 시스템에서 스트리밍 서버 및 클라이언트의 부호화/복호화에 따른 복잡도 등 다양

한 문제점을 안고 있다. 또한, 많은 스트리밍 클라이언트에게 효과적으로 데이터를 전송하기 위한 멀티캐스트 방법이 요구된다. 따라서, 이러한 스트리밍 지원을 위한 네트워크 특성 분석과 영상 부호화 기술이 함께 고려되어야만 보다 안정적인 데이터 전송 및 화질 유지를 가능하게 될 수 있다.

#### 5. 참고 문헌

- [1] T.D.C Little and D. Venkatesh, "Prospects for Interactive Video-on-Demand", *IEEE Multimedia*, Vol. 1, No. 3, pp.14-24, 1994.
- [2] Miska M. Hannuksela, "Simple Packet Loss Recovery Method for Video Streaming", *Proceedings of The 11th International Packet Video Workshop*, pp. 138-143, May, 2001.
- [3] H. Kang and Y. Mun, "Control of Client Using Smooth Streaming", *Proceedings of The 27th KISS Fall Conference*, Vol. 27, No. 2, pp.322-324, Oct., 2000.
- [4] M. Walker, R. Jacobs and M. Nilson, "Adaptive multimedia streaming over IP", *Proceedings of The 11th International Packet Video Workshop*, pp. 15-21, May, 2001.
- [5] M. Khansari and V. Bhaskaran, "A low complexity error resilient H.263 coder", *IEEE ICASSP '97*, pp.2737-2740, 1997.
- [6] H. Schulzrinne, S. Casner, R. Frederick and V. Jacobson, "RTP:A Transport Protocol for Realtime Applications", *IETF RFC 1889*, Jan., 1996.
- [7] 김재균, "영상통신시스템", 영진문화사, 2000
- [8] A. Kaup, "Error Concealment for SNR Scalable Video Coding in Wireless Communication", *In Proc. SPIE Image and Video Communications and Processing* Vol.4067(2000), pp.175-186, Oct. 2000
- [9] M. Ghanbari, "Two-layer coding of video signals for VBR networks", *IEEE Journal on selected areas in Communications*, Vol. 7, No. 5, Jun., 1989.
- [10] H.Radha and Y.Chen, "Fine-Granular-Scalable Video for Packet Networks", *Packet Video 99*, Columbia University, New York, April 1999.
- [11] G. K. Wallace, "The JPEG Still Picture Compression Standard", *Communications of the ACM*, pp. 30-45, April, 1991
- [12] D.Wu, Y.T.Hou, and Y.-Q. Zhang, "Transporting real-time video over the Internet:challenges and approaches", *Proceedings of the IEEE*, vol.88, no.12, Dec. 2000