

실시간 IPTV 서비스에서 패킷 재조합 기반의 QoS/QoE 보장 방안에 관한 연구

A Study on Packet Recombination based QoS/QoE Guaranteeing Scheme for Real-time IPTV Services

김준식*, 유인태*, 나원식**

Jun-Sik Kim, In-Tae Ryoo* and Won-Shik Na**

요 약

본 논문에서는 전달망을 통해 서비스되는 IPTV에서 네트워크의 환경이 좋지 않아, 사용자의 QoS/QoE를 보장하지 못할 경우를 판단하고, 이때 전송된 패킷의 재조합을 통하여, 사용자의 QoS/QoE를 보장하기 위한 방안을 제공한다. 제안하는 내용은 IPTV 스트리밍 서비스에서 IPTV 패킷이 순차적으로 수신하지 못하는 상황에서 사용자의 QoS/QoE에 대한 보장 방안으로, 수신 측의 MPEG2-Transport Stream의 Continuous Counter Field 값을 수정하여, 패킷을 재조합하는 것이다. 실제 방송 스트리밍 환경을 구축하고, 네트워크 환경이 좋은 상황과 환경이 좋지 못한 상황에서의 QoS/QoE 측정 값을 시뮬레이션을 통해 비교 분석하였다.

Abstract

This paper proposes a QoS/QoE guaranteeing scheme by reassembling packets that have already been delivered to the end systems under the condition that there is no other way to fulfill user's QoS/QoE with the current network conditions. The proposed scheme is a QoS/QoE provisioning scheme that can be applied when IPTV streaming packets have not been consecutively received by the receiver. The receiving end system modifies the continuous counter field in the MPEG-2 Transport Stream and reassembles packets based on this information. In the simulations, broadcasting streaming environment has been implemented in order to verify the QoS/QoE performance of the proposed scheme under the good and poor network conditions.

Key words : IPTV service, QoS/QoE, MPEG2-TS

I. 서 론

IPTV에서 UDP기반의 프로토콜을 사용하는 목적은 보다 빠른 패킷의 전달에 있다. 하지만 UDP 프로토콜은 송신측에서 전송한 패킷을 수신측에서 수신

할 때, 신뢰성을 보장받지 못하는 프로토콜이기 때문에, 전달 망을 통해 방송 서비스 제공자에서 사용자로 IPTV 패킷 전달 시 손실이 있을 수 있고, 이는 사용자의 QoS/QoE를 보장할 수 없는 상황이 발생하게 된다. 때문에 전달 망을 통해 전달되는 패킷의 신뢰

* 경희대학교 컴퓨터공학과(School of Electronics and Information, Kyung-Hee University)

** 남서울대학교 교양과정부(Dept. of General Education Namseoul University)

· 교신저자 (Corresponding Author) : 유인태

· 투고일자 : 2010년 8월 10일

· 심사(수정)일자 : 2010년 8월 11일 (수정일자 : 2010년 8월 21일)

· 게재일자 : 2010년 8월 30일

성을 보장하기 위하여, 현재 방송 서비스를 제공 받는 사용자의 QoS/QoE가 보장되는지 확인하고, QoS/QoE를 보장받지 못하는 상황이라면, QoS/QoE를 효율적으로 보장하기 위한 방안이 필요하다.

본 논문에서는 이러한 상황에서 사용자 QoS/QoE를 보장하기 위한 기존 연구[1],[2]를 조사하고, 사용자의 QoS/QoE 요구를 수치화하여 표현하는 품질 지표 값[3]을 살펴보고, 방송 서비스를 제공받는 사용자의 QoS/QoE를 보장하지 못하는 상황에서의 지표 값과 QoS/QoE를 효율적으로 보장하기 위해 제안된 메커니즘을 사용할 경우의 지표 값을 비교 분석하여, 현재 사용자가 체감하는 품질을 측정하고, QoS/QoE가 보장받지 못하는 상황에서 패킷의 재조합을 통해 사용자의 QoS/QoE를 보장하기 위한 방안을 제공한다.

II. IPTV 서비스 전달 구조

2-1 MPEG2-TS 전달 구조

실시간 IPTV 서비스에서 영상, 음성 그리고 데이터를 전달망을 통해 서비스하기 위해서 표 1과 같은 전달 계층을 통해 전송된다. 하나의 서비스 제공자가 다수의 사용자에게 서비스 품질을 지원하기 위해서는, QoS/QoE를 보장할 수 있는 최소한의 데이터로 전달해야 한다. 때문에 사용자가 선호하는 고화질의 영상을 무손실 압축 (원본 영상)하여 네트워크를 통해 다수의 사용자에게 전달하는 것은 대역폭이라는 한계점에 부딪히게 된다.

표 1. 실시간 IPTV 서비스 전달 계층

Table 1. Real-time IPTV service transmission layer

전달 계층	명세
IP	IP 네트워크 망을 통해 Multicast 패킷을 전달
UDP	빠른 전달 목적, 신뢰성이 보장되지 않음
RTP	IP 네트워크망에 맞추어 실시간 전송을 하기 위한 스트림
MPEG2-TS	멀티미디어 데이터 전송을 위해 188Byte단위로 된 스트림 패킷
Video Codec	고화질영상을 압축을 위한 코덱

일반적으로 HD 급 영상 (1920x1080, 1920x1088)의

경우 30 fps로 전달하기 위해 필요한 대역폭은 $1920 \times 1080 \times 4 \times 30 = 237 \text{ MB/Sec}$ 이 필요하다. 현재의 네트워크 상황은 이러한 대용량 데이터 전송에 필요한 대역폭이 충분하지 않기 때문에, 고화질의 영상을 고효율로 압축하게 된다[4]. 이때 압축된 영상 데이터의 크기가 전달망을 통해 전송되기엔 적합하지 않기 때문에 전달망에 적합한 크기로 나누어 전송할 필요성이 있다. MPEG2-TS 계층은 음성, 영상 그리고 데이터를 전달망에 적합한 크기로 전송하기 위한 프로토콜이다.

IPTV 서비스에서 MPEG2-TS는 MPEG2 Part 1, 시스템 (ISO/IEC 표준 13818-1)에 규정되어 있고, ITU-T Rec. H.222.0으로도 알려져 있다. 수신측에서는 전달 계층으로 전달된 UDP/RTP 패킷을 역다중화, 역패킷화, 디코딩을 통해 원래의 영상으로 복원하여 출력한다.

2-2 IPTV 종단간 비디오 전송 프레임워크

현재까지 IPTV에서 사용자의 QoS/QoE를 보장하기 위한 연구는 그림 1에서와 같이, 비디오 전송 측에서 수신측까지 영상 패킷을 전달 네트워크 (Transport Network)를 통해 전송한다.

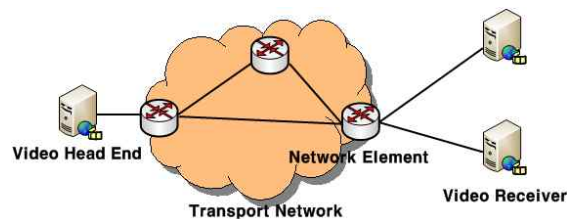


그림 1. 단대단 비디오 전송 시스템의 구조

Fig 1. Structure of end-to-end video transmission system

비디오 영상은 코덱을 통해 압축하여 전송한다. 연구된 프레임워크는 그림 2와 같이 다양한 네트워크 환경에서 사용자마다 필요한 대역폭에 맞게 영상 압축률, 비트율, 영상의 형태 등을 설정하여 전송한다.

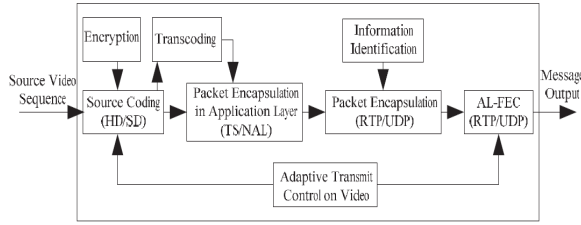


그림 2. Video Head End의 블록 다이어그램
Fig 2. Block diagram of video head end

수신 측에서는 전달 받은 패킷들을 버퍼 관리를 통해 단일 수신측에서 다중 패킷에 대한 디코딩 처리를 수행한다. 이때 그림 3과 같이 전송된 패킷의 형태에 따라 영상을 복원하여 출력한다. 그러나 현재까지 진행되어온 실시간 IPTV 서비스에서 사용자의 QoS/QoE를 보장하기 위한 연구는 Delay, Jitter 등과 같은 QoS/QoE에 영향을 미치는 요인에 대한 연구가 필요하고, 패킷을 조합 과정에서의 효율적인 처리가 추가적으로 필요하다.

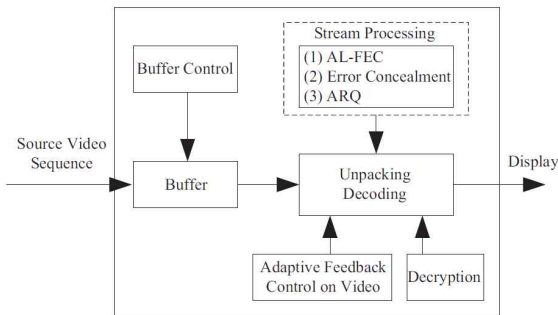


그림 3. 수신측의 블록 다이어그램
Fig 3. Block diagram of receiver

III. 패킷 재조합 메커니즘

3-1 일반적인 IPTV 서비스 처리

IPTV 서비스는 영상, 음성, 데이터를 한 소스에서 다수의 소스로 전송하기 위해 가장 효율적인 멀티캐스트 기술을 사용한다[5]. 그림 4에서는 IPTV 서비스를 멀티캐스트로 전달하는 방식을 보여준다.

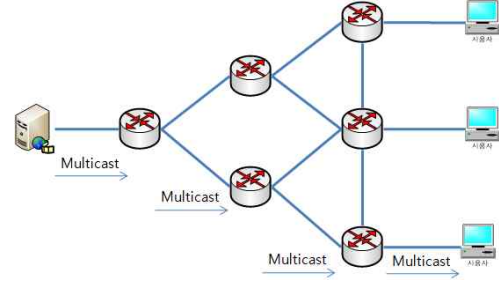


그림 4. IPTV 서비스 멀티캐스트 전달 방식
Fig 4. IPTV service multicast transmission method

그런데 멀티캐스트 전달은 UDP 기반으로 동작하기 때문에, TCP가 가지는 전송 이점을 제공하지 못한다. 즉 UDP 기반의 멀티캐스트 전달은 신뢰성 있는 전송을 하지 못하고, 혼잡 회피 기술이 없으며, 중복된 데이터가 전송될 가능성이 있고, 전송 시 순서가 뒤바뀌어 전송될 수 있다. 때문에 IPTV 서비스를 IP 네트워크를 통해 전달할 때, 네트워크 환경에 의해 잘못된 패킷이 전달될 수 있다. 또한 IPTV 서비스에서 멀티캐스트 전달은 서비스 데이터가 잘못 전송되었다고 이를 수신측에서만 알 수 있고, 서버에 요청하여 재전송 할 수 없는 구조로 되었기 때문에 [2] 잘못 전달된 패킷에 대한 보완이 필요하다.

IPTV 서비스에서 UDP/RTP 패킷을 멀티캐스트로 네트워크를 통해 전달할 때, 네트워크의 MTU (일반적으로 1500)에 맞게 MPEG2-TS 패킷을 UDP/RTP 패킷에 담아 전송하게 된다. MPEG2-TS 패킷은 서비스 전달시 일어날 수 있는 잘못된 데이터 전송을 해결하기 위한 기능을 제공한다[6]. MPEG2-TS은 하나의 전송 스트림이 188바이트로 고정된 길이를 갖는 패킷의 시퀀스(sequence)로 구성되어 있다.

한 MPEG2-TS는 단일 TV 프로그램이나 멀티미디어 스트림(영상 및 음성 PES)에 대응된다. 이 형태의 MPEG2-TS를 SPTS (Single Program Transport Stream) 이라 부른다[6].

하나의 SPTS는 인코딩된 TV 채널 또는 멀티미디어 스트림을 재생하기 위해 요구되는 모든 정보를 포함하며, 각 PES (Packetized Elementary Stream)는 동일한 시간에 출력할 데이터로 구성되어 있다. 대부분의 IPTV 서비스에서 하나 혹은 그 이상의 SPTS 스트림들이 MPTS (Multiple Program Transport Stream) 형태

로 결합된다. 또한 서비스에 관련된 PSI (Program Specific Information)와 함께 PS (Program Stream)등의 필요한 정보도 포함된다. 그림 5는 MPEG-TS의 스트림 구조이다.

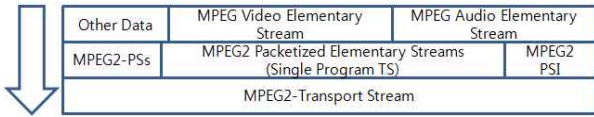


그림 5. MPTS 스트림 구조
Fig 5. MPTS stream structure

MPEG2-TS를 역다중화하여 PES로 조합하는 처리 과정은 패킷을 순서에 맞게 조합하기 위해 CC (Continuity Counter) 필드를 사용한다. 이때 CC 필드는 0부터 15까지 값을 가지는 4 비트의 필드 공간이다. 순차적으로 0에서 15로 그리고 또다시 0부터 15로 패킷의 순서를 반복하면서 MPEG2-TS패킷으로 다중화하게 된다. 이전 패킷의 CC 필드 값과 그 다음 패킷의 CC 필드 값이 순차적인 번호가 아니라면, 다음 PES 시작 패킷이 오거나 CC 필드 값이 올 때 까지 모든 패킷은 무시된다.

폐기되는 패킷 그리고 다음 순서의 패킷이 아닌 잘못된 패킷이 순차적으로 조합될 경우, 한 구간뿐 아니라 다른 구간에도 영향을 미치게 되고, 영상 품질이 저하되게 된다. 이는 MPEG2-TS 패킷이 도착하는 순서대로 분석되고 순차적으로 도착하지 않는 경우에 생기는 문제로서 이를 보완할 필요가 있다.

3-2 패킷 재조합 메커니즘 기반의 처리

RTP/UDP 패킷은 일반적으로 네트워크의 MTU (Maximum Transmission Unit)에 맞추어 7 개의 MPEG2-TS 패킷으로 이루어져 있다. 때문에 수신측에서 RTP/UDP 패킷을 수신 하고, RTP/UDP 패킷의 MPEG2-TS 패킷 헤더 각각을 분석 (Parsing)한다. 그림 6은 일반적인 실시간 IPTV 서비스를 수신하여 MPEG2-TS 패킷 헤더를 분석하는 절차이다.

MPEG2-TS 패킷 헤더에서 Sync Byte 필드는 MPEG2-TS 패킷을 나타내는 비트로 0x47 값으로 고정되어 있다. 이 Sync Byte 필드를 이용하여 각각의 MPEG2-TS 패킷임을 확인한다. 이후 PAT (Program

Association Table)을 통해 프로그램의 PID (Packet ID)를 구분하고, PMT (Program Map Table)을 통해서 프로그램들을 관리한다.

PID는 프로그램마다 고유한 값을 가진다. CC 필드는 같은 PID를 갖는 MPEG2-TS 패킷을 0부터 15까지 수신된 순서대로 역다중화 처리를 하여 PES 스트림을 생성하는데 사용되고, 각 PES 스트림은 디코딩되어 화면에 출력된다. 하지만 다음과 같은 경우에는 올바르지 않은 MPEG2-TS 패킷을 수신할 가능성이 내포하고 있다.

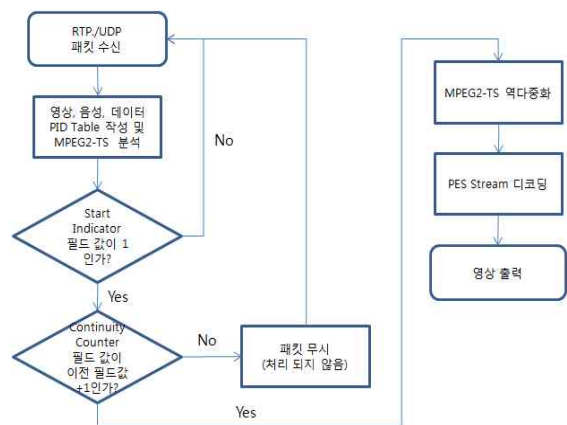


그림 6. 일반적인 IPTV 서비스 수신 처리 절차
Fig 6. General processing sequence for receiving IPTV services

- 너무 많은 신호가 멀티플렉서 (Multiplexers)에 수신될 경우.
- 인터페이스 카드의 문제 혹은 전송 스트림이 올바르게 오지 않을 경우.
- 패킷의 CC 필드가 올바르게 저장되지 않은 경우 (시간에 맞추어 처리해야 하는 멀티플렉서는 올바르게 처리할 수 없음)

MPEG2-TS 패킷을 수신할 때 그림 7과 같이 CC 필드 처리에 의해서 다음 패킷은 무시되고, 이로 인해 PES 스트림을 생성하지 못하고, 디코딩 처리와 영상 출력 처리에 필요한 PES 스트림을 처리하지 못하기 때문에 사용자의 영상 품질에 영향을 준다. 이는 IPTV 서비스 전달 방식에서 영상을 압축하여 사용자에게 전달하기 때문에 일정 부분에 손실이 온 경우, 전체 영상에 영향을 주기 때문이다.

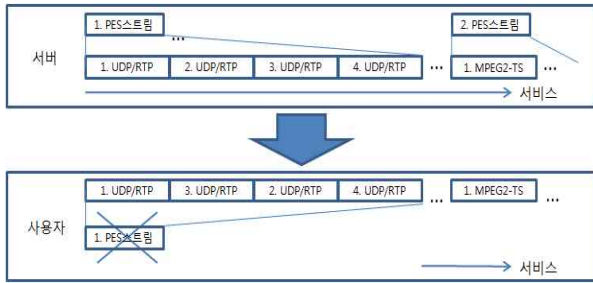


그림 7. 잘못된 패킷 전송 시 처리 과정
Fig 7. Processing sequence for abnormal packet transmission events

일반적으로 IPTV 서비스를 수신하는 사용자는 원래의 영상으로 복원화시키는 처리 과정이 필요하며, 이때 I 프레임에 해당하는 MPEG2-TS 패킷이 손실되어, 해당 프레임이 손상된 경우 이를 참조하는 B 프레임과 P 프레임에 영향을 미치게 되므로 영상 품질이 가장 크게 저하되며, B 프레임 또는 P 프레임이 손상된 경우에도 영상 품질이 저하된다.

본 논문에서는 일반적인 상황에서 발생하는 CC 필드로 인한 올바르게 못한 패킷의 처리 과정을 보완하여, 사용자의 QoS/QoE를 보장하는 방안을 제안한다. 그림 8은 본 논문에서 제안하는 패킷 재조합 메커니즘 기반의 패킷 처리 절차로서, 특징은 다음과 같다.

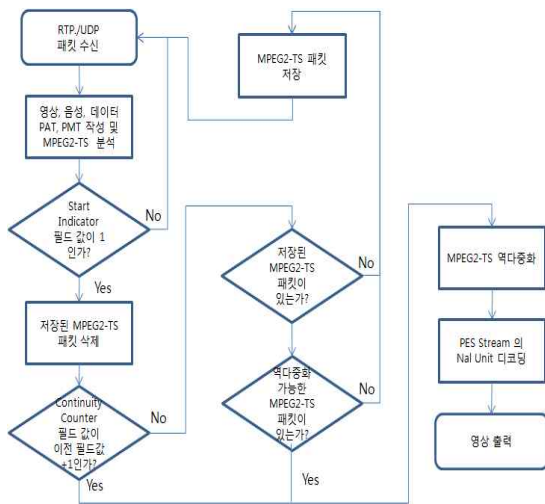


그림 8. 패킷 재조합 메커니즘 기반의 IPTV 서비스 수신 처리 절차
Fig 8. Packet recombination based IPTV service receiving procedure

1) 수신 패킷의 CC 필드가 잘못된 경우 폐기하지

않는다.

- RTP/UDP 특성에 의해 패킷이 잘못 전달된 경우를 고려한다. 늦게 전송된 패킷이 먼저 도착하는 경우, 그 이후의 패킷은 다중화 작업에서 CC 필드 값을 순차적으로 처리해야 하기 때문에 모두 무시되고, 이로 인해 QoS/QoE 수준이 크게 저하된다.

2) PES 스트림으로의 역다중화 처리 과정에서 패킷 재조합을 처리한다.

- MPEG2-TS 패킷의 역다중화 처리 과정에서, CC 필드 값이 순차적이지 않아 패킷을 무시해야 하는 경우, 저장된 MPEG2-TS 패킷을 검색한다. 이때 순차적인 CC 필드 값을 가진 MPEG2-TS 패킷이 있는 경우, 패킷을 재조합하여 역다중화 처리를 한다.

3) MPEG2-TS 패킷 헤더의 SI (Start Indicator) 필드 값이 1인 경우, 저장된 MPEG2-TS 패킷을 초기화한다.

- MPEG2-TS 패킷 헤더의 SI 필드 값이 1인 경우, PES 스트림의 처음 부분을 의미한다[7]. 이때 이전에 저장되었던 MPEG2-TS 패킷들은 이전 PES 스트림의 구성요소이므로 초기화할 필요가 있다.

1)의 과정을 통해 수신되는 모든 패킷을 저장한다. 한 패킷이 잘못되어 이후 모든 패킷이 무시되거나 처리되지 않을 때, 2)의 과정을 통해 전달된 패킷으로 보완하여, 수신된 모든 패킷을 처리한다. 3)의 과정을 통해 저장되어 있는 모든 패킷을 초기화한다. 실시간 IPTV 서비스에서 저장 버퍼의 크기는 멀티미디어 전체를 저장할 만큼 충분하지 않기 때문에, 동일한 PES 스트림에 대한 패킷만을 저장하여 처리한다. 또한 PES 스트림의 시작 패킷이 수신될 때, 이전의 PES 스트림을 구성하는 패킷은 이후 사용할 필요가 없기 때문에 모두 초기화시키고, 새로운 PES 스트림의 MPEG2-TS 패킷을 저장한다.

일반적인 IPTV 서비스와 비교하여, 패킷 재조합 기반의 IPTV 서비스를 통한 사용자의 QoS/QoE 보장 방법을 제안하였다. 다음 장에서는 원본 영상과 패킷 전송 오류환경을 구성하고, 패킷이 손실되는 환경에서 패킷 재조합 메커니즘을 사용할 경우의 품질 보장 성능을 시뮬레이션을 통해서 확인한다.

IV. 패킷 재조합 메커니즘의 시뮬레이션

사용자의 QoS/QoE의 영상 품질을 측정하기 위해, 실제 멀티캐스트 방송 서버와 사용자 클라이언트를 구현한다. 또한 네트워크 환경이 좋지 못하거나, 패킷 전송 오류가 일어날 수 있는 상황을 가정하였다. 영상 품질은 원본 영상과 대상 영상을 PSNR을 통해 측정하였으며, 원본 영상과 같은 경우를 0에 가깝도록 하였다. 또한 패킷 전송을 확률 상으로 가정하였으며, 가장 적게 일어나는 경우를 0.001 %로 구성하였고, 가장 많이 일어나는 경우를 0.1% 로 구성하였다. 또한 샘플 영상의 프레임은 600 프레임을 측정하였으며, 각 프레임 단위로 원본영상과 대상영상의 PSNR을 측정하고, PSNR의 오류정도를 그래프로 나타내었다. 그래프에서 y 축은 원본 영상 대비 대상 영상의 PSNR 에러 율을 보여주고 있고, x 축은 각 프레임을 나타낸다. 샘플 영상은 30 fps로 총 20 초간의 영상 품질을 측정하였다.

그림 9는 0.001 %의 패킷 전송 오류가 발생할 때, 원본 영상과 손실 영상의 그래프 (Normal)와 원본 영상과 패킷 재조합 메커니즘을 사용하였을 때의 그래프 (Algorithm)를 보여주고 있다. 250 프레임 구간에서 패킷 손실이 발생하였고, 이로 인해 영상의 품질이 저하된 것을 볼 수 있다.

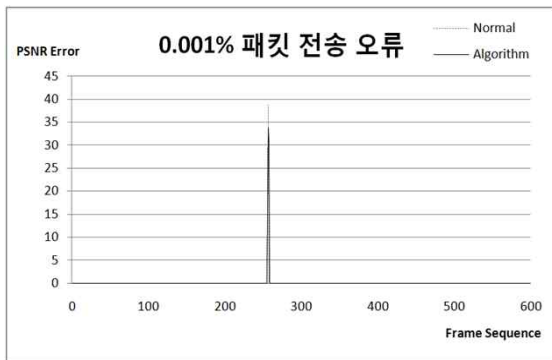


그림 9. 제안 방안의 PSNR 오류 비교 결과 (0.001 % 패킷 손실 환경)

Fig 9. PSNR error result of the proposed scheme (0.001 % packet loss environment)

그림 10과 그림 11에서는 네트워크의 환경이 좋지 않은 0.01 %와 0.1 % 패킷 손실 환경에서 원본 영상과 손실 영상의 그래프와 원본 영상과 패킷 재조합

메커니즘을 사용하였을 때의 그래프를 보여주고 있다. 이 시뮬레이션 환경에서는 영상이 심하게 손상되었다. 또한 패킷 재조합 메커니즘을 통해 수신된 패킷의 재조합을 하였지만, 영상 품질이 크게 복구되지 않았다. 이를 통해 수신측에서 보장할 수 있는 품질에는 한계가 있음을 알 수 있다.

표 2는 0.001 %, 0.01 %, 0.1 %의 각 패킷 손실 환경 하에서의 시뮬레이션 결과에 대한 PSNR 평균 오차 값이다. 이 결과를 통해 0.001 %환경에서는 약 38.91 %, 0.01 %환경에서는 약 5.49 %, 0.1 %환경에서는 약 6.56 % 효율이 증가하였다. 이 결과를 통해 패킷이 손실되는 환경에서 수신측의 패킷 재조합만으로 사용자의 QoS/QoE를 어느 정도 보완할 수 있다는 것을 확인할 수 있다.

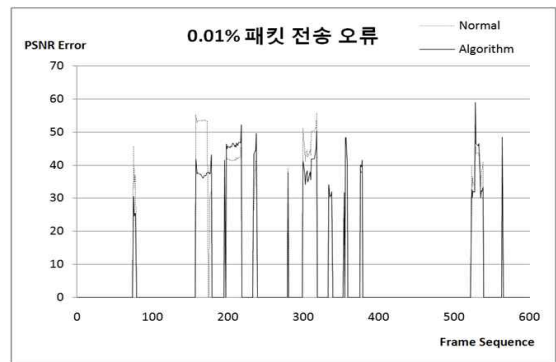


그림 10. 제안 방안의 PSNR 오류 비교 결과 (0.01 % 패킷 손실 환경)

Fig 10. PSNR error result of the proposed scheme (0.01 % packet loss environment)

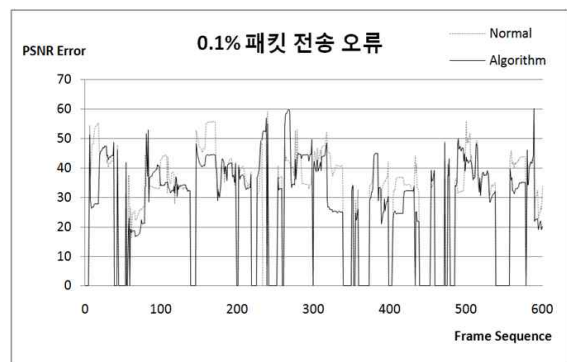


그림 11. 제안 방안의 PSNR 오류 비교 결과 (0.1 % 패킷 손실 환경)

Fig 11. PSNR error result of the proposed scheme (0.1 % packet loss environment)

표 2. PSNR 평균 오차

Table 2. Average error ratio of PSNR

	일반 방식으로 처리된 서비스 상황	제안 방식으로 처리된 서비스 상황
0.001% 패킷 손실 환경	0.10747	0.065655
0.01% 패킷 손실 환경	7.104894	6.714719
0.1% 패킷 손실 환경	29.03794	27.13283

V. 결 론

본 논문에서는 IPTV 서비스에 관한 기존의 프레임워크에 대해 연구하고 이를 토대로 실시간 MPEG2-TS패킷 재조합을 기반으로 사용자의 QoS/QoE를 보장하는 방안을 제안하였다. 그리고 실제 네트워크상에서 IPTV 서비스 환경을 구축하여, 사용자의 QoS/QoE 품질을 측정하였다.

정상적으로 전달되는 IPTV 서비스의 멀티캐스트 패킷에 대해 사용자의 영상 품질 지표 값을 기준으로, 패킷 손실이 생길 경우의 품질 지표 값과 패킷 재조합 메커니즘을 적용하여 패킷 손실을 보완 할 경우, 품질 지표 값을 비교한 시뮬레이션 결과를 통해 사용자의 QoS/QoE가 효율적으로 보장된다는 것을 확인하였다. 향후 고려하지 않은 메커니즘 처리 비용이 QoS/QoE에 미치는 영향을 확인하고, 시뮬레이션 하지 않은 주관적인 품질 지표와 객관적인 품질 지표를 통해 정확한 사용자의 영상 품질 측정이 필요하고, 네트워크에서 효율적인 IPTV 서비스 전달구조에 관한 연구가 이루어져야한다.

감사의 글

본 연구는 지식경제부 및 정보통신산업진흥원의 대학 IT연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음 (NIPA-2010-(C1090-1011-0001))

참 고 문 헌

[1] Wei Geng, Wu Lenan, Wang Deguo, "The Technical

Framework of End-to-End Video Transmission System for the IPTV", *IEEE Conferences*, Jun, 2010.

[2] Atenas M, Canovas A, Garcia M, Lloret J, "IPTV Transcoding to Avoid Network Congestion", *IEEE Conferences*, Jun, 2010.

[3] ITU-T FG IPTV-C-0411, "IPTV QoS/QoE Metrics".

[4] 최락권, 김대건, 이상수, 권순홍, "IPTV 서비스 기술", *KT 컨버전스본부 IP 미디어개발부*.

[5] 강신각, 박주영, 서영일, "IPTV Multicast", *한국 전자통신연구원, KT*.

[6] ITU-T Recommendation H.222.0/ISO, IEC 14496.

[7] ISO/IEC 13818-1:2000, Dec, 2000.

김 준 식 (金準植)



2008년 8월 : 경희대학교

컴퓨터공학과(졸업)

2008년 8월~현재 : 경희대학교

컴퓨터공학과(석사과정)

관심분야 : 인터넷 기술/IPTV,

네트워크 QoS/QoE

유 인 태 (柳寅太)



1994년 10월 ~ 1997년 9월 : The University of Tokyo (Ph.D.)

1997년 10월 ~ 1999년 3월: 삼성전자 (선임연구원)

1999년 3월 ~ 현재 : 교수

(경희대학교 전자정보대학)

관심분야 : IPTV, QoS/QoE, Security

나 원 식 (羅元植)



2005년 8월 : 경희대학교 대학원 컴퓨터공학과(공학박사)

2001년 3월~2003년 2월 : (주)성신 섬유 전산실장

2006년 3월~현재 : 남서울대학교 교양과정부 교수 (컴퓨터계열)

관심분야 : 네트워크 보안, 무선 LAN,

의료정보, 전자제어