

# 다중경로 네트워크에서 H.264 SVC에 기반한 비디오 스트림 추출 및 전송 기법

## (Extracting and Transmitting Video Streams based on H.264 SVC in a Multi-Path Network)

류 은 석 <sup>†</sup>      이 정 환 <sup>\*\*</sup>      유    혁 <sup>\*\*\*</sup>  
(Eun-Seok Ryu)    (Jung-Hwan Lee)    (Hyuck Yoo)

**요 약** 오늘날 모바일 디바이스(Mobile Device)는 하나 이상의 네트워크 인터페이스를 가지고 있으며, 이를 효과적으로 활용하기 위한 네트워크 융합(Network Convergence) 기술이 활발히 연구되고 있다. 하지만, 이러한 네트워크 융합 환경을 효과적으로 활용하기 위해서는 물리적 네트워크 인터페이스의 특성 뿐 아니라 비디오 부호화 기술에 대한 이해를 바탕으로 한 전송이 필수적이다. 따라서, 본 논문은 전송하려는 비디오 데이터의 특성 및 채널 환경을 이해하고 이에 따라 서로 다른 네트워크 경로로 전송하는 최적의 방법론을 밝힌다. 본 연구는 스케일러블 부호화(Scalable Coded)된 비디오를 계층적 중요성, 스트림 정보의 중요성, 그리고 비디오 디코더의 강인성(Robustness)을 고려한 중요성으로 나누어 다중 채널로 차별적 전송 한다. 실험 결과는 화질기준(PSNR)으로 평균 1dB 이상의 효과를 가졌다. 본 연구 결과는 모바일 디바이스가 하나 이상의 네트워크 인터페이스를 가지는 차세대 네트워크 컨버전스 환경에 최적인 비디오 전송 기법이 될 것이다.

키워드 : H.264 SVC, 비트스트림 선택기법, 멀티채널 스트리밍

**Abstract** These days, the network convergence for utilizing heterogeneous network on mobile device is being very actively studied. However, understanding characteristics of physical network interfaces and video encoder is needed for using the network convergence technologies efficiently. Thus, this paper proposes an optimized method for streaming video data through different network paths depending on data characteristics and channel condition. Accordingly, unlike the traditional methods, this study divides scalable coded videos by layer importance, the importance of stream information, and the importance in consideration of video decoder's robustness and selectively sends the data via multiple channels. And the experimental results show over 1dB increment in PSNR.

The result of this study will provide an optimized video transmission technique in the next generation network convergence environment in which mobile devices have multiple network interfaces.

**Key words** : H.264 SVC, Bitstream Selection, Multi-channel Streaming

· 본 연구는 서울시 산학연 협력사업에 의해 지원되었습니다.

· 이 논문은 2007 한국컴퓨터종합학술대회에서 '다중경로 네트워크에서 H.264 SVC에 기반한 비디오 스트림 추출 및 전송 기법'의 제목으로 발표된 논문을 확장한 것임

<sup>†</sup> 학생회원 : 고려대학교 컴퓨터학과 연구교수  
esryu@os.korea.ac.kr

<sup>\*\*</sup> 학생회원 : 고려대학교 컴퓨터학과  
jhlee@os.korea.ac.kr

<sup>\*\*\*</sup> 종신회원 : 고려대학교 컴퓨터학과 교수  
hxy@os.korea.ac.kr

논문접수 : 2007년 9월 27일  
심사완료 : 2008년 8월 28일

Copyright©2008 한국정보과학회 : 개인 목적이나 교육 목적인 경우, 이 저작물의 전체 또는 일부에 대한 복사본 혹은 디지털 사본의 제작을 허가합니다. 이 때, 사본은 상업적 수단으로 사용할 수 없으며 첫 페이지에 본 문구와 출처를 반드시 명시해야 합니다. 이외의 목적으로 복제, 배포, 출판, 전송 등 모든 유형의 사용행위를 하는 경우에 대하여는 사전에 허가를 얻고 비용을 지불해야 합니다.  
정보과학회논문지 : 정보통신 제35권 제6호(2008.12)

## 1. 서론

오늘날 서로 다른 이종망 간의 네트워크 융합 기술은 매우 활발히 연구되고 있다. 본 논문은 이러한 네트워크 융합 환경을 배경으로 부호화 기술과 전송 기술이라는 두 가지 관점의 연구를 통합하여 다중 경로에 최적화된 비디오 스트림 추출 및 전송 기법을 밝힌다.

네트워크 융합 연구는 다양한 네트워크 인터페이스를 통합 지원할 수 있는 연구로서 그 예로 SKT는 얼마전 미국 인터디지털사와 제휴를 맺고 이종망 간 핸드오버 기술의 공동 개발에 들어가기도 했다. 현재는 WCDMA와 CDMA간 음성 핸드오버 기술이 있으며 앞으로는 Wibro기술과 HSDPA기술간의 양방향 핸드오버 기술

연구를 진행할 것으로 알려졌다. 따라서 차세대 모바일 디바이스는 네트워크 융합 기술을 이용하여 하나 이상의 네트워크 인터페이스를 동시에 활용할 수 있을 것으로 본다. 하지만, 다양한 네트워크 인터페이스 활용 기술이 개발되더라도 비디오 전송에 복수개의 네트워크 인터페이스를 동시에 사용하기 위한 구체적 방안이 연구되어 있지 않다. 즉, 비디오 부호화 기술에 대한 이해와 네트워크 인터페이스의 특성을 고려한 비디오 스트리밍(Streaming) 기술이 필요하다. 따라서 본 논문은 비디오 부호화 기술과 다중경로(Multi-path) 전송 기술 [1,2]의 깊은 이해를 통해 전송하려는 비디오 데이터의 특성 및 채널 환경에 따라 서로 다른 네트워크 경로로 전송하는 최적의 방법론을 밝힌다.

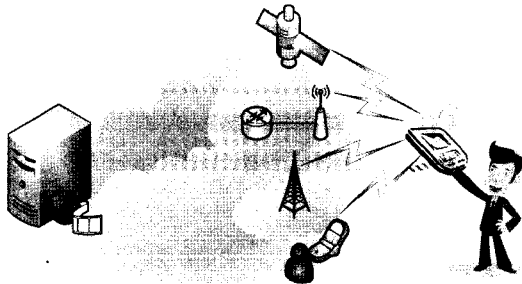


그림 1 네트워크 융합기술을 이용한 비디오 전송기술

본 논문은 모바일 디바이스가 WLAN, HSDPA 및 블루투스(Bluetooth)라는 물리적으로 다른 종류의 네트워크 인터페이스를 동시에 활용하여 네트워크 채널상황 및 비디오 프레임 특성에 맞게 나뉜 비디오 영상을 전송 받게 한다. 또한, 비디오 영상을 추출하고 이를 나누어 채널에 맞게 할당하기 위한 방법을 구체적으로 제시한다. 사용한 비디오 부호화 기술은 표준안이 마무리된 ITUT H.264 Scalable Extension 기법을 이용하였고, 네트워크 전송 기술로는 다중경로 스트리밍 기술을 이용하였다.

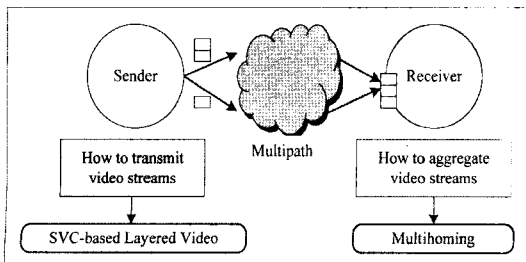


그림 2 문제 해결 목표

본 논문은 2장에서 관련 연구를 소개하고 기존 비디오 스트리밍 기술의 문제점을 짚어보고 이를 해결하기 위한 방안을 알아본다. 3장에서는 제안하는 비디오 전송 기법을 소개하는데, 특히 비디오 스트림의 추출 및 네트워크 채널 할당 모델을 구체적으로 설명한다. 4장에서는 본 논문에서 제안하는 모델의 우수성을 증명하기 위한 실험 환경 및 실험 방안을 설명하고, 각 실험의 결과에 대해 설명한다. 5장에서는 전체 연구에 대한 결론을 맺고 제안하는 비디오 전송 기술을 적용할 수 있는 향후 연구를 소개한다.

## 2. 관련 연구

### 2.1 기존 비디오 스트리밍 기술의 문제점

기존 비디오 스트리밍 연구의 문제점은 크게 보아 단일 채널 스트리밍으로 인한 유휴 자원의 낭비이다. 즉, 다중 채널을 이용한다 하더라도 다중경로기법(Path-diversity) 지원이 가능한 비디오 인코더가 연구되지 못했다. 결론적으로 네트워크 융합 환경에서 다중 네트워크 채널에 적용적인 비디오 인코더 연구가 부재하다. 아래에서 이를 자세히 설명한다.

기존의 비디오 서버-클라이언트 시스템은 개념적으로 다음 그림 3과 같다.

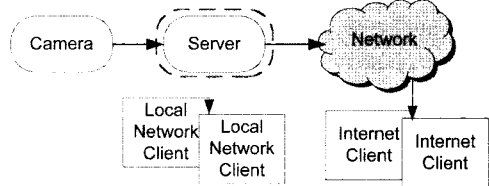


그림 3 기존의 비디오 서버-클라이언트 시스템

카메라나 저장 장치로부터 영상 정보를 입력 받은 서버는 이를 지역네트워크(Local network) 클라이언트로 전송하거나 네트워크를 통해 인터넷 클라이언트로 전송한다. 이 때 기존 방식은 복수개의 클라이언트 지원을 위해서 모든 클라이언트의 영상 품질 및 크기를 단일화하거나 미리 클라이언트의 성능에 맞춰 준비된 복수개의 영상 콘텐츠를 가지고 있어야 했다. 이는 저장 공간 및 네트워크 자원의 낭비를 가져올 수 있고, 또한 사용자의 네트워크 상황에 적절히 대응하기 힘들다. 이를 해결하기 위한 방안으로 아래 그림과 같이 네트워크의 변화에 맞춰 전송율 제어(Rate Control)를 하는 비디오 인코더 연구가 진행되었다.

이러한 방식은 네트워크의 상황 변화에 조금 더 대응적일 수 있으나 동시에 서로 다른 성능의 클라이언트를 지원할 수 없고, 부호화 소요 시간으로 인해 실시간 처

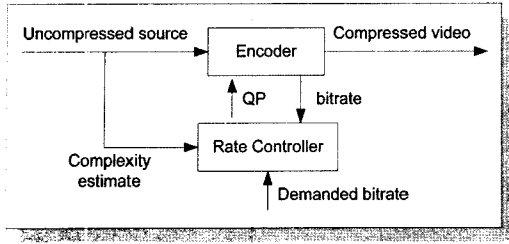


그림 4 전통적인 Rate Control

리가 힘들다는 단점을 지닌다. 이러한 이유로 동시에 다른 성능의 클라이언트를 지원할 수 있는 SVC(Scalable Video Coding) 기반의 인코더가 개발되고 있고 현재 가장 발전적인 모델로는 H.264 Scalable Extension의 JSVM(Joint Scalable Video Model)이 있다. 본문의 2.2절에서 설명하고 있는 H.264 SVC 기반의 스트리밍은 가장 최근에 연구되고 있으며 다음 그림 5에서와 같이 사용자 디바이스 성능에 따른 차별적 스트리밍을 할 수 있다. 하지만, 이러한 최근 연구들도 한계를 가지는데, 그 점이 바로 사용자 디바이스의 네트워크 채널을 단일 채널로 한정하거나 복수개의 네트워크 인터페이스를 동시에 사용 가능한 사용자 디바이스에 대한 고려가 없다는 것이다. 따라서 비디오 품질 및 자원 활용에 한계를 가진다.

앞에 나온 One-Source Multi-User 기술과 달리 Multi-Source One-User 기술이 있다. 이는 사용자 디바이스 관점에서 다양한 소스로부터 데이터를 받는 기술로 다르게 보면 오늘날의 P2P 기술과 유사하다.

I, P, B 비디오 프레임의 중요성에 따른 차별적 부호화, 패킷화 및 전송 기법은 FEC(Forward Error Correction)와 재전송 기법(ARQ)을 이용한 일률적인

방식으로써 다양한 채널별 특성에 대응하기 어렵다. 따라서 본 논문은 기존 방식과 달리 스케일러블 코딩된 비디오를 계층적 중요성, 스트림 정보의 중요성, 그리고 비디오 디코더의 강인성(Robustness) 등을 고려한 중요성으로 나누어 다중 채널로 차별적 전송 한다. 다음절에서 본 기술의 기반이 되는 H.264 SVC 기술과 다중 채널 전송 기술에 대해 알아본다.

2.2 대안으로써의 SVC와 MDC 연구

오늘날 많은 연구들이 고화질의 비디오를 전송오류가 있는 네트워크 상에서 안정적으로 전송하려는 노력을 기울이고 있다. 이 기술적 연구는 특히 비디오 부호화 기술과 네트워크 전송 기술 분야에서 특히 활발히 연구되고 있다.

먼저, 네트워크 전송을 고려한 비디오 부호화 기술의 대표적인 예는 ISO/IEC 산하의 MPEG-2, MPEG-4 Part 2 비디오 및 ITUT의 H.264가 있다. 이 기술들은 각각 효율적인 전송을 고려한 코딩 알고리즘 및 전송 중에 발생할 수 있는 에러에 대한 내성기법들(Resync Markers, Reversible Variable Length Codes, Arbitrary Slice Order, Flexible Macroblock Ordering, Redundant Slice 등)을 포함하고 있다.

그 중 차세대 비디오 부호화 기술로 표준화 마무리 중인 H.264 Scalable Extension 기술은 인터넷 및 상이한 단말기를 통한 비디오의 전송이 늘어나면서 네트워크 상황에 따른 적응적 비트율(bitrate) 제어 및 단말기의 기능(Device Capability)에 따른 화질제어를 위해 연구되었다. 이를 위해 H.264 SVC는 영상 정보를 부호화할 때 비디오 프레임이 공간적(Spatial), 시간적(Temporal), 화질적(SNR) 스케일러빌리티(Scalability)를 가지도록 하기 위해 계층적 부호화(Layered coding)를 수행한다[3].

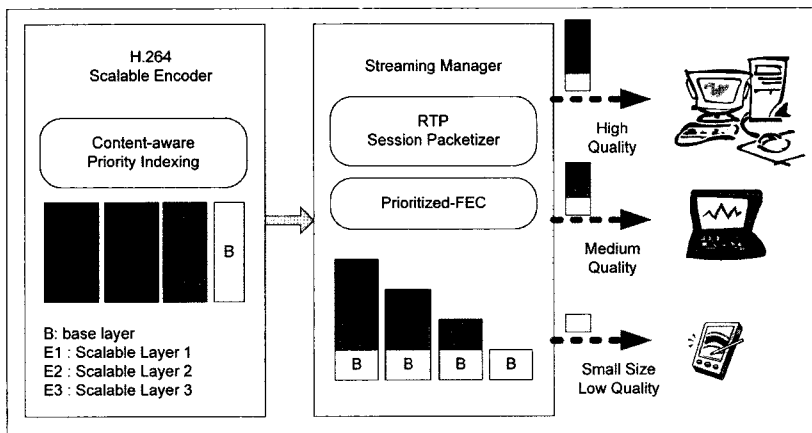


그림 5 H.264 SVC 기반 차별적 스트리밍의 예

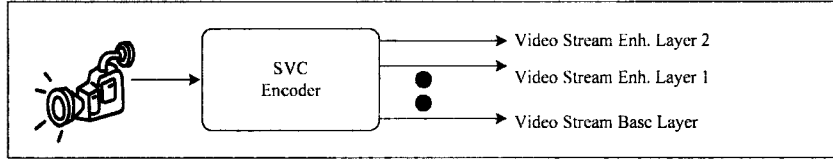


그림 6 스케일러블 비디오 부호화(Scalable Video Coding) 기술

다음으로 비디오 데이터에 기반한 전송 기법 연구로는 다중 디스크립션 부호화(Multiple Description Coding : MDC)를 이용한 다중경로 스트리밍(Multi-Path Streaming) 기법이 있다[4].

MDC 기법은 데이터 부호화를 통해 둘 이상의 비트 스트림을 만들며 크게 두 가지 특징을 가진다. 첫째, 각 디스크립션은 독립적으로 복호화 될 수 있다. 둘째, Multiple Description은 추가적 정보를 포함함으로써 복호화 될 때 받은 디스크립션 수에 따라 품질(Quality)이 향상된다. 특히 이 중 첫째 특징은 스케일러블 코딩 방식이 베이스 계층(Base layer) 정보를 잃으면 전체 데이터가 쓸모 없게 되는 것과 차별적 특성을 가진다[5].

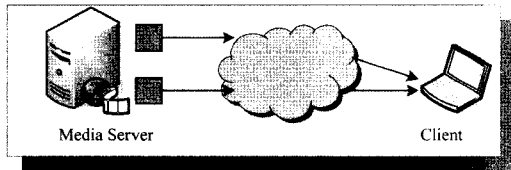


그림 7 다중경로 기반 데이터 전송 기법

이와 같은 MDC를 이용하여 멀티미디어 전송을 위한 다중경로 라우팅(Multi-Path Routing) 연구가 현재 여러 곳에서 진행되고 있으며, 주로 경로 선택 기법 및 패킷 스케줄링 기법 등이 연구되고 있다.

본 연구는 위 기술의 장점을 통합하여 H.264 SVC 기술을 이용하여 계층화된 비트스트림(Layered bitstream)을 만들고, 이를 다중 채널의 네트워크 상황 정보에 따라 다중 소스로 변환한 후 전송한다. 그리고 사용자 디

바이스는 멀티호밍 기술을 이용하여 다중 채널로 들어오는 비디오 정보를 통합(Aggregate)하여 재생한다.

### 3. 시스템 구조

본 논문에서 제안하는 시스템 구조는 그림 8과 같다. 카메라나 저장장치로부터 받아들인 원본 이미지는 H.264 부호화기를 거쳐 계층화된 비디오 스트림이 된다. 채널 선택기(Channel Selector)는 부호화 과정에서 얻은 정보와 비트스트림 추출기(Bitstream Extractor)에서 얻은 정보를 이용하여 채널의 특성 및 상태에 따라 비디오 스트림을 나누어 스트리밍한다. 이 때 네트워크 채널 정보는 스트림 관리자(Stream Manager)로부터 전달되며 스트림 관리자는 사용자 디바이스 내의 채널 상태분석기(Channel State Analyzer)를 통해 채널 정보를 얻는다[6].

#### 3.1 H.264 SVC 비트스트림 분석

H.264 SVC로 부호화된 비트스트림은 그림 9와 같으며 패킷화될 데이터의 메모리 위치에 따라 서로 다른 속성을 갖는다.

이 경우는 실험을 위해 SNR 스케일러빌리티 모드로 부호화한 예이므로 QId는 0또는 1로 된 값을 갖는데 값 1은 향상계층(Enhancement Layer)이다. 패킷타입은 각각 스트림 헤더, 파라미터 셋, 슬라이스 데이터로 나뉘며 헤더 정보는 버릴 수 없는 데이터에 속한다. 그 이유는 헤더 정보가 손실될 경우 복호화기(Decoder)에서 강인성(Robustness)에 따라 재생이 불가할 수 있고, 재생된다 하더라도 심한 오류를 발생시킬 수 있기 때문이다. 그림에서 Truncatable 정보는 해당 비트스트림이 중간

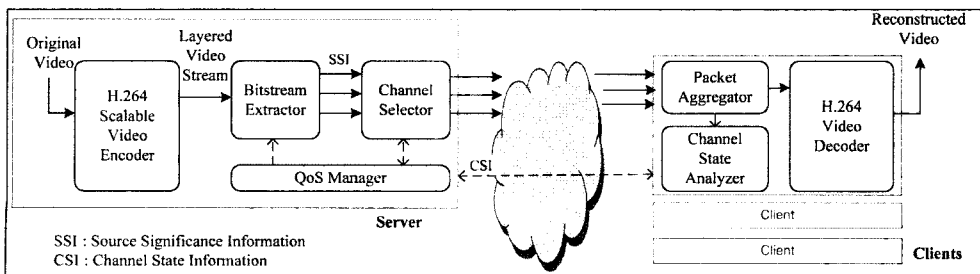


그림 8 시스템 구조

Start-Pos.	Length	Lid	Tid	QId	Packet-Type	Discardable	Truncatable
0x00000000	222	0	0	0	StreamHeader	No	No
0x0000000e	15	0	0	0	ParameterSet	No	No
0x0000000d	18	0	0	0	ParameterSet	No	No
0x000000ff	9	0	0	0	ParameterSet	No	No
0x0000108	9	0	0	0	ParameterSet	No	No
0x00000111	9	0	0	0	ParameterSet	No	No
0x0000011a	29799	0	0	0	SliceData	No	No
0x00007581	9	0	0	0	SliceData	No	No
0x0000758a	32486	0	0	1	SliceData	Yes	Yes
0x0000f470	14470	0	0	0	SliceData	No	No
0x00012cf6	9	0	0	0	SliceData	No	No
0x00012cff	22839	0	0	1	SliceData	Yes	Yes

그림 9 H.264 SVC(SNR Scalability)부호화된 비트스트림 속성의 예

에 잘릴 수 있는지의 여부를 나타내는데 이는 패킷손실(Packet Drop)과 비트오류(Bit error)를 버릴 수 있는지를 나타낸다. 따라서 제안하는 기법에서는 기존의 대표적 UEP(Unequal Protection) 기법인 I, P, B 프레임별 FEC/ARQ 적용 방식과는 달리 표 1과 같이 비트스트림의 계층정보 및 패킷타입에 따라 UEP 적용과 전송할 채널을 선택한다.

제안하는 기법은 패킷의 중요도 및 손실 가능 여부에 따라 최대한 오류가 없는 채널을 할당하며, 오류가 있는 채널이 할당 될 경우, FEC, ARQ를 선택한다. 사용자 디바이스의 채널 별 오류 발생 여부는 사전에 인지된 채널의 특성 정보와 스트리밍 상황에서의 분석 정보를 이용한다. 예를 들어 HSDPA 방식은 망 자체 내에서 FEC 및 ARQ를 사용하여 응용 프로그램 계층에 전달되는 데이터는 오류가 없다.

표 1 패킷특성에 따른 에러내성기법 및 채널 선택

패킷 특성	채널	에러 내성 기법
StreamHeader	Reliable Chan.	사용 안함
	Error-prone Chan.	사용
ParameterSet	Reliable Chan.	사용 안함
	Error-prone Chan.	사용
SliceData	Baselayer	Reliable Chan. 사용 안함 Error-prone Chan. 사용
	Enhan. Layer	Selective

3.2 비디오 스트림의 특성 및 채널 상황을 고려한 비트스트림 추출 모델

본 논문에서 제시하는 비디오 스트림의 특성 및 채널 상황을 고려한 비트스트림 추출 모델은 크게 2가지 단계로 나뉜다. 첫째는 SVC로 부호화 된 데이터 중에서 어떤 계층의 정보를 추출할지를 결정하는 계층 선택(Layer Selection) 단계이다. 둘째는 그 데이터를 어떻게 나누어 적절한 채널로 할당할지를 결정하는 채널선택(Channel Selection) 단계이다.

제안된 알고리즘의 전제는 다음과 같다. 버릴 수 있는

표 2 2-단계 처리 방식

1단계 : Layer 추출 단계 - 어떤 계층의 SVC 코딩된 비트스트림을 추출할지 결정하는 단계
2단계 : 채널 선택 단계 - 추출된 비트스트림의 패킷들을 나누어 패킷 특성에 맞는 채널들로 할당하는 단계

데이터의 사이즈와 버릴 수 없는 데이터 사이의 비는 SVC 부호화된 데이터 특성상 대체로 비례한다고 가정한다. 따라서, 같은 채널 환경으로 전송한다면 낮은 SNR 계층의 비디오 화질이 비록 여러 내성 기법을 사용하더라도 더 높은 SNR 계층의 비디오 화질보다 낮다. 그리고 채널상의 우선순위에 대해서는 고려하지 않았다. 이는 사용자의 선호도라든지, 채널 사용 비용 및 사용자 위치 등 부가적인 정보로서 처리될 수 있기 때문에 본 알고리즘에서는 이런 경우를 제외하였다.

그림 10에서 보는 바와 같이 비트스트림 데이터와 채널 상황에 따른 특성은 크게 네 가지 경우로 나누어 볼 수 있다. 이 중 첫번째와 두번째 경우는 전송되어야 할 데이터가 주어진 채널의 대역폭 합보다 큰 경우이다. 하지만, SVC 기반 비디오 코딩은 채널 상황에 적절한 비트율의 비트스트림이 추출되므로 이 두 경우는 고려대상이 아니다. 다음으로 3번 경우는 데이터를 전송하기에 충분한 대역폭이 주어진 경우이므로 역시 고려대상에서 제외된다.

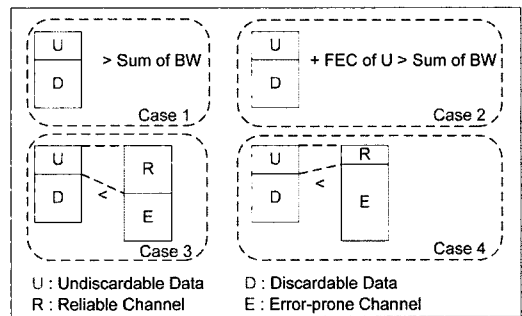


그림 10 비트스트림에 따른 채널 할당의 네 가지 경우

따라서 본 논문에서는 4번째(Case 4) 경우와 같이 안정적인 채널의 대역폭 합이 버릴 수 없는 데이터의 크기 합계보다 적은 경우를 해결하기 위한 방법을 보인다. 정리하면, 본 논문은 SVC 코딩된 비디오 계층 중 적절한 비트스트림을 선택하여 이를 채널에 맞추어 전송하기 위한 새롭게 설계된 알고리즘을 설명한다. 그림 11은 제안하는 비트스트림 계층 선택 방법을 나타내며 이를 아래에 설명한다.

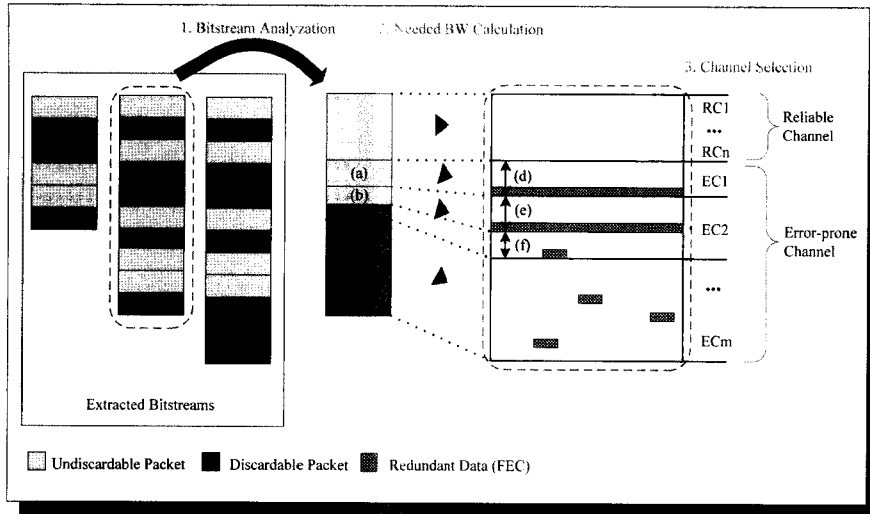


그림 11 비트스트림 계층 선택 메커니즘

표 3 Notations

심볼	표현 의미
Bw	Bandwidth
RC	Reliable Channel
EC	Error-prone Channel
SizeD	Size of Discardable Data
SizeUD	Size of Undiscardable Data
mFEC <sub>i</sub>	Rate of FEC <sub>i</sub> (e.g. (15, 10) = 3/2)
NeededBwUD	Needed Bandwidth for Undiscardable Data to Transmit it over Error-prone Channel
n	Number of Reliable Channels

제안하는 모델의 알고리즘이 패킷 (a)를 EC<sub>1</sub> 채널로 전송하려 한다고 가정하자. EC<sub>1</sub>은 에러가 존재하는 채널이므로 패킷 (a)는 EC<sub>1</sub>을 통해 전송되기 전에 채널 에러율에 맞는 FEC과정을 거친다. 이 때 (d) = Bw(EC<sub>1</sub>)이므로 (a)의 예측 대역폭은 (a) - Bw(EC<sub>1</sub>) / mFEC<sub>1</sub>이다. 그리고 이 때 남은 버릴 수 없는 데이터가 (b)이고 이것이 Bw(EC<sub>2</sub>)보다 작은 값을 가진다면, (b) = SizeUD - ∑<sub>i=1</sub><sup>n</sup> Bw(RC<sub>i</sub>) + (a) 이고 (e) = (b) \* mFEC<sub>2</sub>가 된다. 이 때 (e) = (b) \* mFEC<sub>2</sub>이므로 (f)와 (c) 값은 다음과 같이 계산될 수 있다.

$$(f) = Bw(EC_2) - (b) \times mFEC_2 \quad (1)$$

$$(c) = (f) / mFEC_2, \text{ Therefore} \quad (2)$$

$$(c) = \frac{Bw(EC_2) - (b) \times mFEC_2}{mFEC_2} = \frac{Bw(EC_2)}{mFEC_2} - (b) \quad (3)$$

이를 이용하여 제안하는 비트스트림 계층 선택 슈도 코드는 다음과 같다. 첫째, 다음 함수를 이용하여 N번째 계층의 비트스트림 전송을 위해 필요한 대역폭의 합계

표 4 전송을 위한 대역폭 계산

```

Calculate ( )
{
    Sort channel information by packet error rate;
    Set appropriate mFEC value to each sorted channel;

    NeededBwUD = 0;

    Remain = SizeUD - ∑i=1n Bw(RCi);
    for( i=1 ; Remain >= Bw(ECi) ; i++) {
        NeededBwUD += Bw(ECi);
        Remain -= Bw(ECi) / mFECi;
    }

    NeededBwUD += Remain * mFECi;
    Remain = 0;
}
    
```

를 구한다.

SizeUD와 SizeD는 알고 있으므로 표 4에 의해 구한 NeededBwUD 값을 더하면, N번 계층의 비트스트림을 위해 필요한 대역폭의 합인 SizeUD + SizeD + NeededBwUD 값을 구할 수 있다. 따라서 우리는 모든 비트스트림 계층에 대해 이를 반복적으로 수행하여 계층별로 전송을 위해 필요한 대역폭 값을 구한다. 그리고 이 값들 중 주어진 채널 대역폭과의 차가 가장 적은 비트스트림 N 계층을 선택한다[7].

H.264 SVC에 의해 부호화된 여러 계층의 비트스트림 중에서 위의 계산을 통해 선택된 계층의 비트스트림은 그림 11과 같이 각각 FEC가 추가되어 채널에 맞게 전송한다. 그리고 클라이언트는 여러 채널로 전송된 패

킷을 받아 모아 이를 재생한다.

#### 4. 실험 및 결과

##### 4.1 실험 환경

그림 12는 제안하는 다중 경로 네트워크에서 H.264 SVC에 기반한 비디오 스트림 추출 및 채널 할당 기법의 우수성을 검증하기 위한 실험의 단계이다. 앞에서 언급한 바와 같이 JSVM 도구를 사용하였으며, H.264에 의해 부호화된 비디오를 추출하여 본 논문에서 제안하는 모델을 적용한 후 패킷 에러를 적용시킨다. 그 후 복호화된 데이터의 PSNR을 측정하였다.

본 연구는 실험을 위해 사용자 디바이스의 네트워크 인터페이스가 가질 수 있는 대역폭은 다음 표 5와 같고 가정하였다. 이 수치는 각 전송 기술의 특성을 고려한 실제 전송 실험을 통해 구한 평균 값이며, 3번째 항목은 HSDPA 모뎀을 이용하여 서울 지하철에서 이동 중에 측정된 평균 대역폭이다.

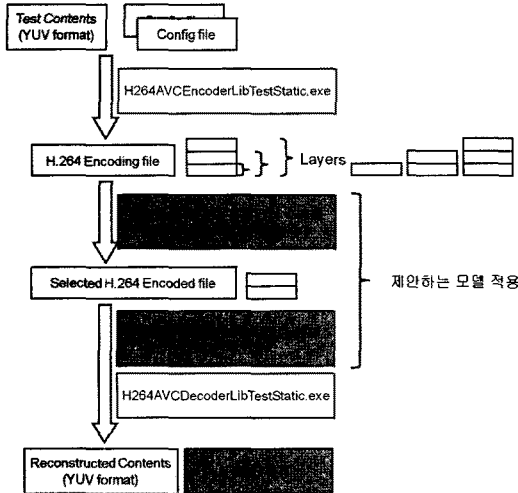


그림 12 시뮬레이션 실험 단계

표 5 네트워크 인터페이스 별 평균 대역폭

Network Interface	Throughput
EVDO	310 kbps
HSDPA	1.09 Mbps
HSPDA (Subway Move)	739 kbps
Bluetooth (ver 1.2) (DH5)	723 kbps

실험은 비디오 실험에서 많이 사용되는 초당 30 프레임(frame)을 갖는 가로 704, 세로 576 픽셀(Pixel)의 Soccer 콘텐츠를 이용하였으며 SNR 스케일러빌리티를 이용하여 두 계층으로 부호화했다. 실험을 위한 속성 정보는 표 6과 같다.

표 6 실험을 위한 부호화 옵션

Attribute	Value
Number of Test Frames	100
GOP Size	16
Number of SNR Layers	2
QP (Layer 0)	38
QP (Layer 1)	32

위의 옵션으로 부호화된 테스트 콘텐츠의 계층(Layer) 별 속성 정보는 표 7과 같다. 본 실험에서는 추출 가능한 비트스트림 조합 중 계층 4와 계층 9의 두 계층을 사용하였다. 이때의 각 계층이라는 용어는 기본 계층(Base layer)부터 해당하는 향상 계층(Enhancement layer)까지의 모든 정보를 포함하는 비트스트림 데이터를 지칭하는 번호이다.

표 7 실험 콘텐츠의 레이어 별 속성 정보

Layer	Frame rate	Bitrate
0	1.875	290
1	3.75	383.31
2	7.5	486.64
3	15	583.64
4	30	685.64
5	1.875	709
6	3.75	944.54
7	7.5	1203.32
8	15	1453.32
9	30	1726.32

##### 4.2 시뮬레이션 방법 및 결과

본 실험은 HSDPA(Subway Move 환경)와 Bluetooth 인터페이스를 가진 모바일 디바이스 클라이언트를 대상으로 시뮬레이션 하였다. 실험은 크게 두 단계로 나뉘어 진행되었는데, 첫째는 기존의 단일 채널 스트리밍과 우리의 다중 채널 스트리밍 방법의 비교이고, 둘째는 전송 방법에 따른 PER(Packet Error Rate)별 화질비교 실험이다.

실험은 H.264 SVC 부호화, 복호화를 위해서 ITUT의 JSVM ver 8.9를 사용하였고, 에러가 있는 채널에서 전송된 데이터를 복호화 할 때는 JSVM 부호화기의 EC(Error Concealment)옵션을 값 2(Frame copy 방식)로 사용하였다.

###### 4.2.1 단일경로 전송과 제안하는 전송방식 비교

실험을 위해 서버는 HSDPA만을 이용한 스트리밍을 위해 685.64kbps의 비트율을 갖는 표 7의 Layer 4를, HSDPA와 Bluetooth를 이용한 스트리밍을 위해 1,727.32kbps의 비트율을 갖는 Layer 9를 비트스트림 추출하여 전송한다. HSDPA 채널은 링크계층의 에러

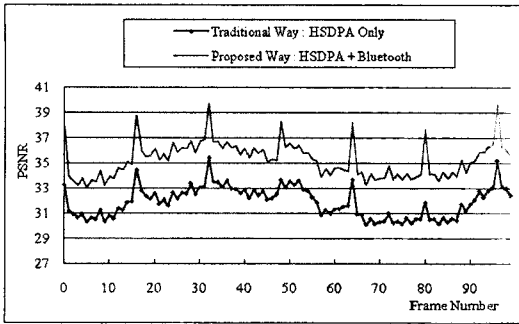


그림 13 기존의 단일경로 전송과 제안하는 전송방식

대용기법을 통해 어플리케이션 계층에서 에러가 없으므로 이때의 평균 PSNR은 그림 13과 같이 각각 35.26dB와 31.91dB이었다. 이러한 실험 결과가 나타나는 이유는 크게 두 가지로 나누어 볼 수 있다. 첫째는 하나의 채널만을 이용해야 하는 기존 방식이 확보할 수 있는 네트워크 대역폭이 제안하는 방식에 비해 작을 수 밖에 없기 때문이다. 둘째는 제안하는 방식은 스케일러블 코딩된 콘텐츠에서 확보된 대역폭에 따른 데이터를 추출하여 전송하기 때문에 확보된 대역폭을 최대한 효과적으로 쓸 수 있기 때문이다. 즉, 스케일러블 부호화된 비디오 데이터가 다중 경로로 전송되었기 때문에 더 나은 화질을 보인 것이다.

4.2.2 전송 방법 별 PER에 따른 화질비교

전송 방법 별 PER에 따른 화질비교 실험은 표 8에서 보는 바와 같이 두 가지 전송 방법에 대해 시뮬레이션이 이루어졌다. 이번 실험은 4.2.1절의 실험과는 달리 기존 방식과 제안 방식 모두 FEC를 고려하더라도 1,727.32kbps의 테스트 비트스트림 전송에 충분한 대역폭을 가진 상황을 시뮬레이션 했다. 전송 방법은 3~10%의 PER 에러가 있는 WLAN과 에러가 없는 HSDPA를 이용한 전송으로 한정했다. 전체 데이터를 보내기에 HSDPA는 충분하지 못하므로 기존 방식은 에러가 있지만 충분한 대역폭을 제공하는 WLAN으로 추출된 비디오 비트스트림을 전송하는데 비해 본 논문이 제안하는 방식은 표 1에 나온 중요도에 따라 전체 719,796 Byte의 데이터 중 보호해야 하는 135,438 Byte의 데이터를 추출하여 이를 HSDPA로 전송하였다. 그리고 표 5의 HSDPA 739kbps(서울시내 지하철 이동상황에서 측정한 평균값)를 고려하였을 때 중요도가 낮은 데이터도 일부는 이 채널로 보낼 수 있기 때문에 이를 실험에 반영하였다. 물론 기존 방식도 표 1에서 제시한 버릴 수 없는 데이터에 대해 FEC를 적용하여 디코더가 동작하지 못하는 상황은 막았다고 가정한다. 본 실험에서는 FEC로 인한 데이터 사이즈의 증가는 따로 고려하지 않았지만 이를 고려하면 제안하는 방식의 효율성은

표 8 전송 방법 별 PER에 따른 PSNR 비교

GOP 크기	전송 방법	패킷 에러율(PER)			
		3%	5%	7%	10%
16	기존 방식	30.4	29.5	29.0	27.2
	제안하는 방식	31.0	30.4	30.1	28.8
	PSNR 비교(dB)	+0.6	+0.9	+1.1	+1.6
8	기존 방식	29.6	28.9	27.9	27.3
	제안하는 방식	30.8	29.6	28.9	28.1
	PSNR 비교(dB)	+1.2	+0.7	+1.0	+0.8

더욱 커진다. 그 이유는 기존 방식은 안정된 채널로 데이터를 전송하는 경우에도 FEC를 사용하지만, 제안하는 방식은 에러가 있는 채널로 전송하는 일부 데이터에 대해서만 FEC를 사용하기 때문이다.

표 8의 실험 결과를 보면 PER에 따른 PSNR 비교에 있어서 제안하는 전송 기법의 결과가 모든 경우에 우수한 것을 알 수 있다. 또한 PER 값이 커질수록 효율은 높아진다.

그림 14는 기존방식과 제안하는 방식에 따른 PER별 PSNR 측정 결과이다. 다이아몬드 모양의 선은 기존 방식에 의한 결과이고, 네모 모양의 선은 제안하는 방식에 의한 결과이다. 원으로 표시된 부분은 기존 방식에 의해 패킷 손실을 겪은 부분과 제안하는 방식에 의해 이를 극복한 부분간의 차이가 드러나는 부분이다. 따라서 이러한 구간에서의 차이가 제안하는 모델의 우수성을 보여준다.

GOP 16에 대한 실험 중 5% PER의 예에서는 그림에서 보는 바와 같이 57~65번 프레임과 71~77번, 81~83번 프레임에서 두드러진 값의 차이가 있다. 에러확산(Error Propagation)은 GOP 크기에 영향을 받기 때문에 향후엔 여러 GOP별 실험을 수행할 계획이다. 또한, 본 실험을 지하철 이동 환경이 아닌 일반 환경을 가정하여 수행한다면 HSDPA 대역폭 증가로 인해 제안하는 방식이 더욱 효과적일 것이다.

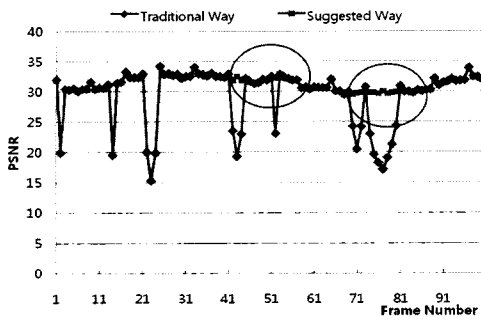
앞에서 보인 실험 결과를 PER별 PSNR값 그래프로 나타내면 그림 15와 같다. GOP 16, GOP 8 각각에 대해서 제안하는 방식이 작게는 약 0.6dB에서 크게는 약 1.6dB까지 우수함을 나타낸다.

그림 16은 두 방식에 의한 비디오 프레임 중 한 부분을 캡처한 것이다. 기존 방식에 의한 좌측 화면에 비해 제안하는 다중 경로 스트리밍 방식에 의한 우측 화면이 좀 더 화질이 우수한 것을 알 수 있다.

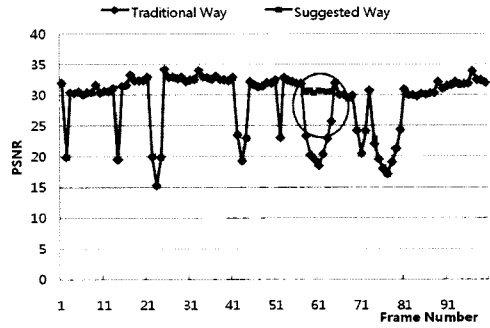
5. 결론

본 논문에서 제안하는 비디오 전송 기법은 최신 비디오 부호화 기술인 스케일러블 비디오 코딩(SVC) 기술로 부호화된 데이터 스트림을 하나 이상의 복수개의 채널

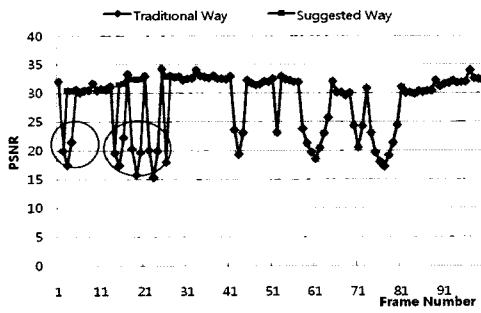




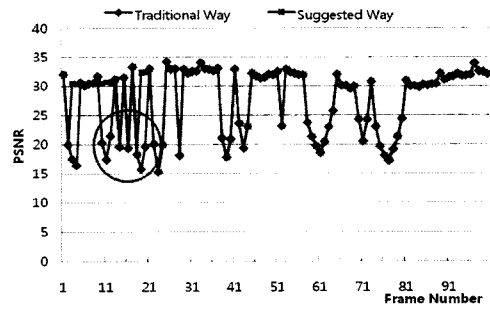
(a) 3% PER (GOP 8)



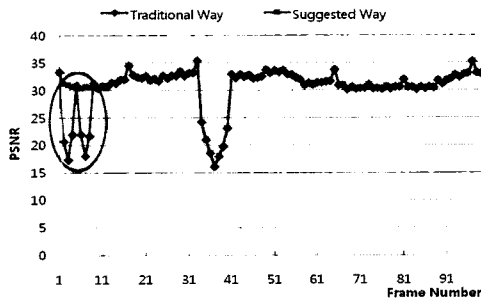
(b) 5% PER (GOP 8)



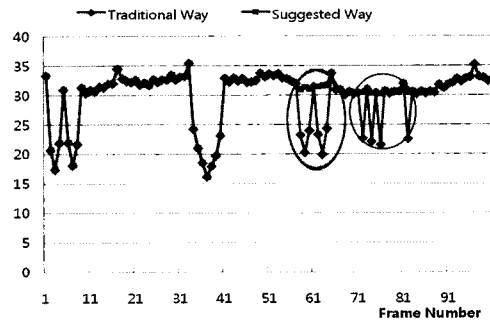
(c) 7% PER (GOP 8)



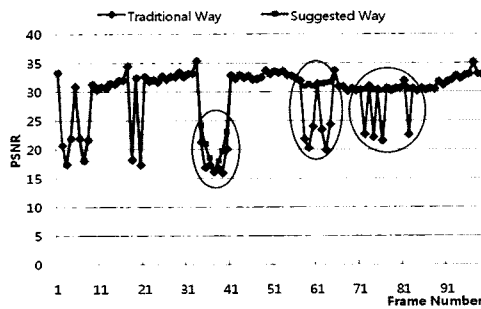
(d) 10% PER (GOP 8)



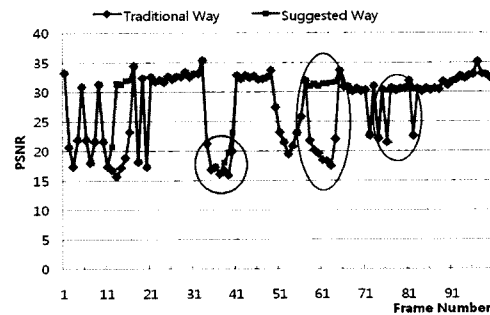
(e) 3% PER (GOP 16)



(f) 5% PER (GOP 16)

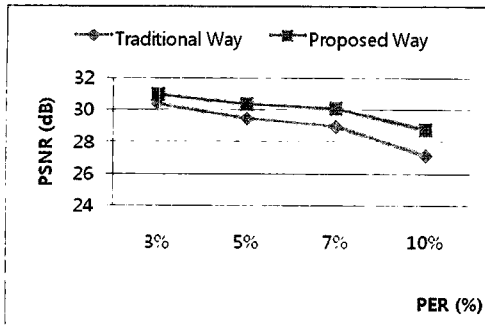


(g) 7% PER (GOP 16)

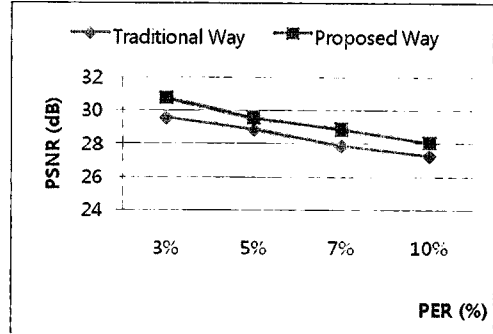


(h) 10% PER (GOP 16)

그림 14 PER에 따른 두 방법간의 PSNR 측정 결과



(a) GOP 16일 때의 PER별 PSNR 비교



(b) GOP 8일 때의 PER별 PSNR 비교

그림 15 실험 방식간의 PER별 PSNR 비교



(a) 기존 방식



(b) 제안하는 방식

그림 16 전송 방식 별 화질비교 (5% PER 경우)

널로 전송하되, 채널의 오류 특성에 따라 에러내성기법을 선택적으로 적용하는 것이다. 그리고 이를 위한 데이터 중요도의 판단 기준은 계층적 중요성, 스트림 정보의 중요성, 그리고 비디오 디코더의 Robustness 등을 고려한 중요성이다. 이를 표 9에서 정리하였다.

제안하는 기법은 최신의 스케일러블 비디오 코딩 기법 연구를 통해 시스템 자원 및 네트워크 자원을 가장 효율적으로 사용할 수 있게 한다. 또한, 연구 결과물은

복수개의 인터페이스를 갖는 4세대 모바일 디바이스에 최적화된 방송서버 엔진에 적용 가능하다. 결론적으로 본 연구 결과는 모바일 디바이스가 하나 이상의 네트워크 인터페이스를 가지는 차세대 네트워크 컨버전스 환경에 최적의 비디오 전송 기법이 될 것이다. 향후 연구로는 사용자의 주된 관심 영역인 ROI(Region of Interest) 정보에 대해 다중 경로 네트워크를 통한 차별적 전송 기법을 모델화하고 실험할 계획이다.

표 9 기존방식과 제안하는 방식의 특성 비교

기존 방식	제안하는 방식
단일 채널 사용	다중 채널 사용
단일 비디오 스트림 또는 MD	SVC 코덱 사용
전체 데이터에 에러내성기법을 사용하지 않을 경우 복호화 불가능한 경우가 대부분	에러내성기법을 사용하지 않아도 복호화 불가능한 경우를 피할 수 있음
확실적인 UEP : 채널 특성과 상관없이 중요한 모든 데이터에 에러내성기법(FEC) 사용	Adaptive UEP : 에러 채널로 전송될 일부 데이터에 대해서만 에러내성기법(FEC) 사용
I, P, B 프레임에 대해 중요도 적용	디코더를 고려하여 화질에 영향을 주는 헤더 정보와 Base layer 정보에 대해서만 중요도 적용

## 참고문헌

- [1] Jacob Chakareski, Pascal Frossard, "Adaptive Systems for Improved Media Streaming Experience," IEEE Communications Magazine, Vol.45, No.1, pp. 77-83, Jan. 2007.
- [2] Jiancong Chen, Gary Chan, Victor O. K. Li, "Multipath routing for video delivery over bandwidth-limited networks," IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Vol.22, No.10, pp. 1920-1932, Dec. 2004.
- [3] Hsiang-Chun Huang, Wen-Hsiao Peng, Tihao Chiang, Hsueh-Ming Hang, "Advances in the scalable amendment of H.264/AVC," IEEE Communications Magazine, Vol.45, No.1, pp. 68-76, Jan. 2007.
- [4] H. Mansour, P. Nasiopoulos, V. Leung, "Low Redundancy Layered Multiple Description Scalable Coding Using the Subband Extension of H.264/AVC," International Symposium on Circuits And Systems, 2005.
- [5] John G. Apostolopoulos, Mitchell D. Trott, "Path diversity for enhanced media streaming," IEEE Communications Magazine, Vol.42, No.8, pp. 80-87, Aug. 2004.
- [6] Maria G. Martini, Matteo Mazzotti, Catherine Lamy-Bergot, Jyrki Huusko, Peter Amon, "Content adaptive network aware joint optimization of wireless video transmission," IEEE Communications Magazine, Vol.45, No.1, pp. 84-90, Jan. 2007.
- [7] Eun-Seok Ryu, Jung-Hwan Lee, Chuck Yoo, Multi Channel based Evacuation Guidance System by Using Scalable Video Streaming, International Conference on Convergence Information Technology (ICCIT 2007), pp. 1700-1707, Nov. 2007.



유혁

1982년 서울대 전자공학과 학사. 1984년 서울대 전자공학과 석사. 1986년 University of Michigan 전산학 석사. 1990년 University of Michigan 전산학 박사. 1990년~1995년 Sun Microsystems Lab. 연구원 & Sun Micro Systems Lab. 초빙연구원. 1995년~현재 고려대학교 컴퓨터학과 교수. 관심분야는 Embedded System, Multimedia Network



류은석

1999년 8월 고려대학교 컴퓨터학과 학사  
2001년 8월 고려대학교 컴퓨터학과 석사  
2008년 2월 고려대학교 컴퓨터학과 박사  
2008년 3월~8월 고려대학교 정보통신기술연구소 연구교수. 2008년 9월~현재 Georgia Institute of Technology Post-doc. 관심분야는 Multimedia Communications, Mobile System



이정환

2007년 성결대학교 멀티미디어학과 학사  
2007년~현재 고려대학교 컴퓨터학과 석사과정. 주관심분야는 Multimedia Streaming, Video Compression