

차세대 비디오 압축 기술 개발의 현황과 전망 - H.265

최윤식 · 김성재(연세대학교), 김병호 · 최영호(건국대학교)

1. 서론

제한된 채널 자원의 효율적 활용이라는 측면에서 데이터 압축은 최근 DMB나 HDTV 등 멀티미디어 서비스의 발달과 더불어 더욱 그 중요성이 인식되고 있다. 더불어 PMR, PSP 등 개인 미디어 디바이스의 보급과 모바일 VOD 서비스가 활성화되면서 방대한 양의 데이터를 갖는 멀티미디어 콘텐츠를 효율적으로 저장 및 전송할 수 있는 압축 기법이 요구되고 있다.

이런 관심에 대한 대안으로 1991년에는 디지털 저장 매체를 위한 동영상 및 음성 압축 기술인 MPEG-1이 제안되었고, 그 후로 멀티미디어 압축 기법은 MPEG-2(1995), H.263(1998), MPEG-4(2000), H.264/AVC(2003) 등으로 진화하며 방송·통신 및 저장 매체 등 다양한 멀티미디어 응용 분야에 효율적인 자원 활용을 제공하고 있다.

특히 H.264/AVC(이하 H.264)는 표준화 과정에서 복잡도를 제한하지 않고 가능한 한 많

은 기술들을 표준으로 채택하여 부·복호화에 8배 이상의 구현 복잡도를 증가시켰음에도 불구하고, MPEG-2 기술 대비 최대 50% 성능 개선과 MPEG-4 ASP 대비 30%의 성능 개선을 이루어 DMB 뿐만 아니라 유럽의 DVB-H, 퀄컴의 MediaFLO 등 휴대 방송 기술의 비디오 표준으로 채택되고 있는 추세에 있다.

한편, ITU-T VCEG(Video Coding Expert Group)과 ISO WG11 MPEG(Moving Picture Experts' Group)은 기존 비디오 압축 기술들의 뛰어난 성능 향상에도 불구하고 여전히 자원 활용의 효율적 측면에서 더욱 우수한 비디오 압축 기술을 연구 및 개발을 권장하고, 나아가 2009년에서 2010년 사이에는 H.265라는 이름으로 차세대 비디오 부·복호화기의 표준화를 진행할 계획에 있다. 실제 ITU-SG 16에서는 H.264 FRExt나 H.264 SE의 개발 등을 통해 KTA(Key Technical Area)라는 이름으로 H.264의 확장을 통한 성능 개선을 이루어가고 있으며, 새로운 변환 기법 기반이나 새로운 형태의 확장성(Scalability)을 제공하는

기법 기반의 비디오 압축 기술들을 연구하는 시도들 또한 일어나고 있다^[1].

본 고에서는 차세대 비디오 압축 기술 개발을 위한 시도들이 어떤 방향으로 이뤄지고 있으며 그 전망에 대해서 알아보려고 한다. 본 고의 구성은 제 II장에서 현재 고려되고 있는 H. 265의 표준화 요구 사항을 언급하고, 제 III 장에서는 현재 이루어지고 있는 H.265의 기술 동향을 KTA(Key Technical Area)진행 관점과 웨이블릿 기반의 변환 기법 기술 관점에서 알아보고, 마지막에는 결론과 향후 전망에 대해 살펴본다.

II. H.265 표준화 요구 사항 (H.265 requirements)

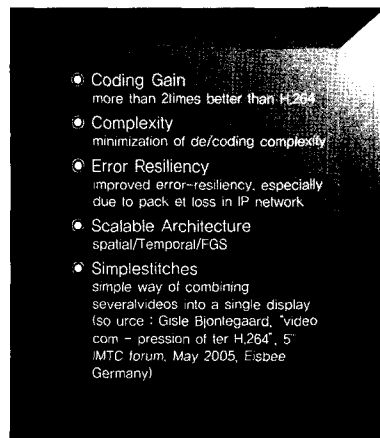
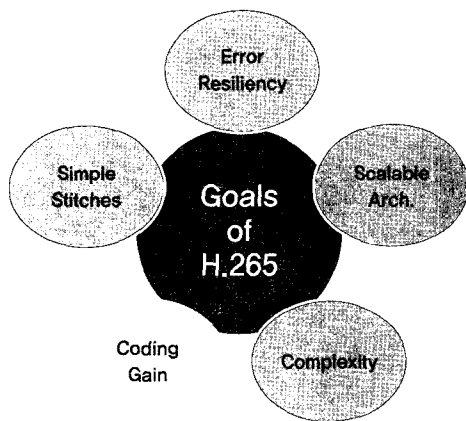
일반적으로 표준화는 현재 산업 기반에서 그 필요성이 강력히 대두되는 특정 필요 항목들을 수집하여 요구사항을 수립함으로써 개

시되는데, 2009년에서 2010년 사이에 진행될 H.265의 경우 표준화 요구 사항은 아래와 같은 조건들을 충족해야 할 것으로 보인다^[2].

- (1) H.264의 절반 정도의 비트율에서 동등한 화질을 제공한다.
- (2) 부·복호화 복잡도 증가율을 최소화 한다.
- (3) IP 기반 네트워크에서 패킷 손실 최소화를 위한 향상된 에러 강인 기법을 제안한다.
- (4) 공간적/시간적/SNR 확장성을 지원한다.
- (5) 여러 개의 비디오를 하나의 화면으로 간단히 지원하도록 한다.
- (6) 이전 압축 기술과의 호환성은 크게 고려하지 않아도 된다.

그림 1에서는 위에서 언급한 H.265의 요구 사항들을 도식화하여 정리하였다.

H.264는 이미 상당히 높은 완성도를 갖는 신택스(syntax)로 설계되어 있다. 또한 잘 알려진 높은 압축률을 가진 차세대 기술들도 이런 H.264 대비 20-30% 부호화 성능 향상에 머물러 있어 현 상황에서 H.265의 높은 요구 사항



〈그림 1〉 H.265 표준화 요구 사항

을 달성한다는 것은 상당한 어려움을 수반할 것으로 예상되고 있다. 그러나 H.265의 요구사항을 달성하기 위한 유력한 후보들은 다음과 같은 기술 개발들을 통해 표준화에 도전할 것으로 예상된다³⁾.

- (1) 웨이블렛 변환 기법을 적용한 비디오 부호화 기술 개발.
- (2) 새로운 변환 기법 기반의 기술을 개발.
- (3) 향상된 데이터 파티션과 에러 강인 및 언덕 기법을 갖춘 기술 개발.
- (4) H.264 변환 기법을 기본으로 새로운 확장성을 통해 향상된 성능을 갖춘 기술.

특히 본 고의 제 III장에서는 H.265 표준화 진행과 웨이블렛 변환 기법 기반의 차세대 부호화 기법을 통한 표준화 진행에 대해 언급하고자 한다.

III. 차세대 부호화 표준 - H.265 기술 현황

현재 ITU-T와 MPEG 진영은 차세대 압축 부호화 표준을 제정함에 크게 두 가지 방법으로 접근하고 있다. 첫 번째는 H.264를 기반으로 여러 가지 확장 기술들을 첨가한 부호화 기법이고, 두 번째는 기존 H.264의 블록 기반 동영상 압축 기법에서 사용되었던 DCT 변환 기법을 대체할 새로운 주파수 변환 기법을 사용하여 부호화하는 기법이다. 만일 H.264의 확장 기술 기반의 기법이 H.265의 요구사항을 충족시킨다면 기존 부호화 기법을 크게 변화시키지 않는 범위 내에서 표준을 제안할 수 있는 장점을 가지게 된다. ITU-T의 VCEG 내의 여러 연구자들은 H.264 기반으로 성능 향

상을 위한 확장 연구 및 기술 분야를 몇 가지의 KTA로 분류하여, KTA의 기준에서 정격적으로 H.264 기반 부호화 기법의 효율을 향상시키는 여러 기술들을 검토하고, 그 성능을 계속적으로 향상시키는 과정에 있다. 그러나 다른 한편으로는 기존의 변환 기법과는 다른 성능이 뛰어난 새로운 형태의 변환 기법을 적용하여 차세대 부호화 기법을 표준으로 제정할 수도 있다. 본 고에서는 차세대 부호화 표준을 제정함에 있어 우선 KTA방식으로서의 접근과 그 가능성에 대해 알아보고 다음으로 새로운 변환 기법을 적용한 부호화 기법 중 차세대 부호화에 채택 가능성이 높은 웨이블렛 방식에 대해 알아보도록 하겠다.

1. H.264 확장 기반의 차세대 부호화 기법 (Key Technical Area, KTA)

VCEG는 표준 핵심 기술 영역(KTA)을 분류하고 그에 따라서 여러 가지 성능이 뛰어난 부호화 기술을 제안하며 표준화를 진행시켜 왔다. 그 중 본 장에서는 현재 활발히 제안되고 있는 각 KTA의 네 가지 기술 영역과 각 영역에서의 부호화 기술의 현황에 대해 살펴보고, 이 중 뛰어나다고 판단되는 부호화 툴을 실제로 구현한 KTA 참조 소프트웨어를 통해 KTA 기반의 표준화 진행의 가능성을 알아보도록 하겠다.

가. KTA의 정의와 각 분야에서 시도되고 있는 부호화 기술의 현황

ITU-T의 VCEG에서는 새로운 요소 기술의 영역(Key Technical Area, KTA)을 다음과 같이

네 가지의 기술 영역으로 분류하고 있다^[5].

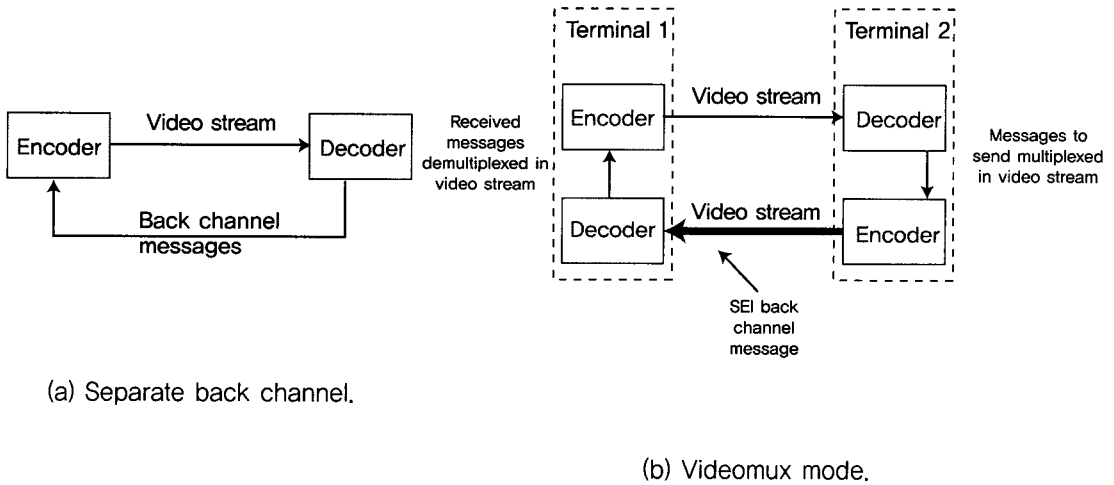
- KTA #1 - 부호화 압축 성능의 향상
 - KTA #2 - 부호화 기술의 구현 복잡도 최소화
 - KTA #3 - 네트워크 상에서 패킷 손실 최소화를 위한 피드백 기반의 오류 정정 능력
 - KTA #4 - 그 밖의 핵심적인 기술 영역
- 그럼 위에서 정의한 각 기술영역에서 이루어지고 있는 가능성 있는 부호화 기술의 현황을 알아보도록 하자.

A. KTA #1 - 부호화 압축 성능의 향상

H.265 표준에서 요구되는 부호화 압축률의 향상은 H.264에서 사용되는 4:2:0 영상 포맷의 부호화 압축률 향상 뿐 아니라 소비자들의 고품질 콘텐츠 요구사항에 발맞추어 새롭게 대두되는 4:4:4 영상 포맷의 부호화 압축률의 향상까지도 의미한다. H.265의 부호화 압축률의 요구 사항이 H.264 대비 2배의 압축률 향상이기 때문에 현재 다양한 기법들이 연구되고 또한 VCEG 회의에서 정기적으로 그 기술들이 제안되고 있다. H.264보다 더욱 세밀하고 정밀한 움직임 예측 및 움직임 보상 기술, 필터 계수를 적응적으로 상황에 맞게 변화시키는 필터링 기술, 양자화 과정에서 양자화 계수 매트릭스를 적응적으로 상황에 맞게 변화시켜 부호화 압축률을 향상시키는 기술들이 VCEG 회의 내에서 유력하게 검토되고 실험적으로 부호화 압축 성능이 입증된 상태이다.

B. KTA #2 - 부호화 기술의 구현 복잡도 최소화

H.264 표준은 과거 표준에 비해 2배 정도의 압축률 제공을 위해 8배 이상의 구현 복잡도를 발생시켰다. 이에 따라 현재 H.265 표준화에 있어 H.264 대비 2배 정도의 압축률 제공을 목적으로 또 다시 8배 이상의 구현 복잡도가 발생할 경우 이를 감당할 수 있는 하드웨어 기술이 아직까지는 존재하지 않기 때문에 구현 복잡도에 대한 감소는 중요한 관심 기술 영역 중 하나이다. 이와 관련하여 VCEG 회의에서는 H.264에서 사용되는 여러 가지 기술들에 대하여 화질 열화를 최소화 시키면서 구현 복잡도를 크게 감소시킬 수 있는 연구가 활발히 진행되고 있다. 블록 왜곡을 제거하는 더블록킹필터(Deblocking Filter)에 대한 연산량을 감소시키는 기술, 정밀한 움직임 벡터 예측을 위해 픽셀 보간 시 사용되는 필터의 연산량을 감소시키는 기술, 엔트로피 부호화 방식 중 CAVLC (Context-Adaptive Variable Length Coding, 문맥기반 적응적 가변길이 부호화 방식)의 연산량을 감소시키는 기술, 화면 내 예측(Intra Prediction)을 단순화 시킴으로써 연산량을 감소시키는 기술 등 많은 기술들이 제안되었다. 또한 이 기술들을 H.264의 참조 코드(JM Reference Code)에 실제로 구현시키고 실험을 수행함으로써 구현 복잡도의 감소량을 입증하고 있다. 단, 위와 같은 기술들은 복잡도를 줄이는 대신 피할 수 없는 화질 열화를 발생시키기 때문에 주관적, 객관적 화질을 크게 떨어뜨리지 않는 범위 내에서 그 연구가 고려되어야 할 것이다.



〈그림 2〉 Back Channel의 2가지 구성도

C. KTA #3 - 네트워크 상에서의 오류 정정 능력

부호화 된 비트열에 전송 오류가 발생하면 복호기에서는 수신된 비트열을 정확히 복호할 수 없다. 또한 정확하지 않은 프레임을 참조 프레임으로 사용하여 움직임 예측하게 되면 오류가 다음 프레임으로 전파되어 화질 손실이 점점 커지게 된다. 이런 현상을 좀더 효과적으로 방지하기 위하여 제안된 기술이 백 채널 기술이다. 이 기술의 핵심은 복호기에서 부호기로 정보를 송신할 수 있는 새로운 채널(Back-Channel)을 형성하여 부호기와 복호기의 상호 통신을 사용하여 효과적으로 오류를 정정할 수 있게 된다. 그림 1은 현재 연구가 활발히 진행되고 있는 백 채널의 두 가지 방식을 보여 주고 있다. (그림 2 참조⁵⁾)

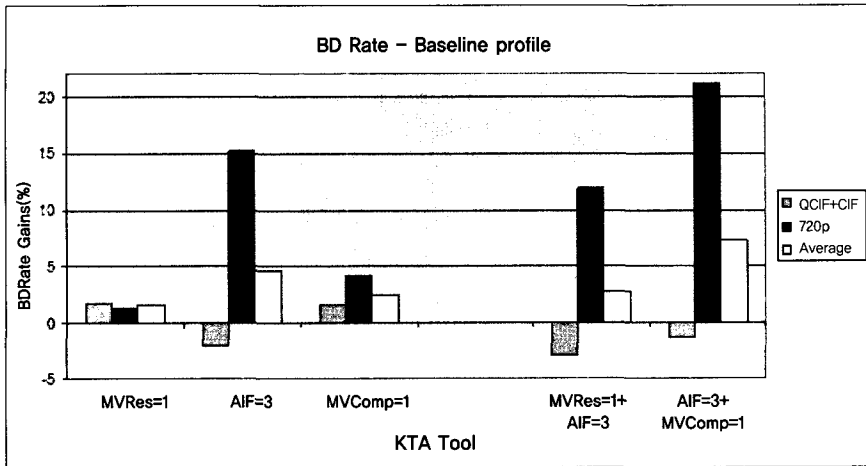
D. KTA #4 - 그 밖의 핵심 기술 영역

위 세가지 이외에도 H.265의 요구사항 중

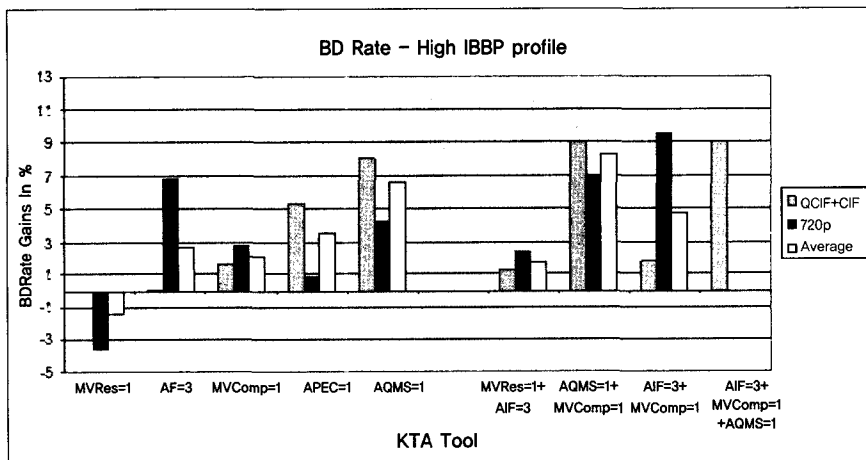
하나인 공간적/시간적/SNR 확장성(Scalability)을 제공하기 위하여 기존 H.264를 크게 변화시키지 않는 범위 내에서 확장성에 대한 연구가 진행되고 있다. SVC(Scalable Video Coding)라 불리는 이 부호화 기법은 MCTF(Motion compensation Temporal Filter)를 이용한 시간적 확장성 제공, RRU(Reduced Resolution Update)를 이용한 공간적 확장성 제공 등 확장성에 대한 기술들이 VCEG 회의 내에서 계속적으로 제안되고 또한 실험이 수행되고 있다.

나. KTA 참조 소프트웨어

KTA의 기술 현황을 알아 보기 위해 KTA의 핵심 부호화 툴을 사용하여 작성된 KTA 참조 소프트웨어에 대한 개괄적인 내용과 그 성능을 알아보도록 하자. KTA 참조 소프트웨어는 2006년 7월 독일 클라젠푸르트(Klagenfurt) VCEG 회의에서, H.264 참조 소프트웨어인



(a) 기본 프로파일



(b) 고 성능 IBBP 프로파일

〈그림 3〉 JM 11.0 참조 소프트웨어 대비 KTA 부호화 툴의 압축률 이득

JM 10.2를 기반으로 KTA의 기술을 접목시키면서 KTA 참조 소프트웨어 버전 1.0으로 처음 소개되었다. 그 이후로도 VCEG에서 괄목할만한 성능을 보이는 부호화 툴을 추가하여 지난 2007년 4월 미국 샌디에고(Sandiego) VCEG 회의에서 KTA 1.3 소프트웨어가 발표되었고, 정기적으로 열리는 VCEG에서 매년 기

능을 추가하며 그 성능을 향상시키고 있다.^[6]

현재 KTA 1.3이 지원하는 부호화 툴은 다음과 같다^[6].

- (1) Adaptive Interpolation Filters - AIF
- (2) Motion compensated prediction with 1/8-pel Vector Resolution - MVRes
- (3) Motion Vector Competition - MVComp

(4) Adaptive Prediction Error Coding in spatial and frequential Domain - APEC

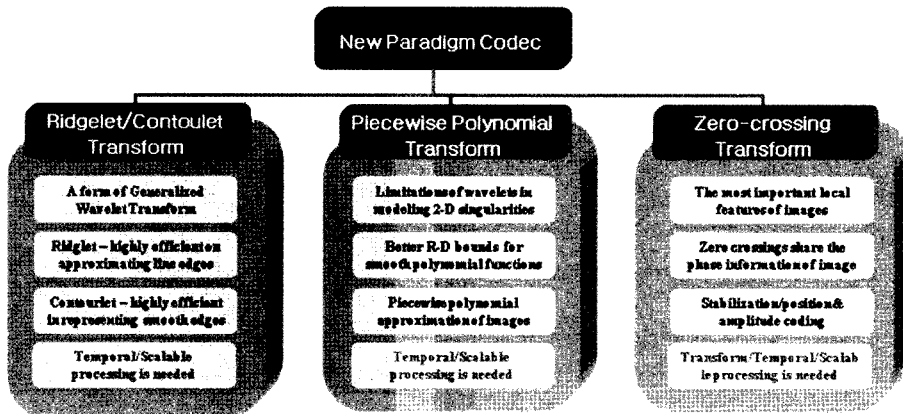
(5) Adaptive Quantization Matrix Selection - AQMS

그림 3은 앞에서 언급된 KTA 부호화 틀을 사용한 압축률의 향상 정도를 H.264 JM11.0 참조 소프트웨어 대비 BDRate 이득을 보여 주고 있다. 여기에서 사용되는 BDRates는 부호화 성능을 나타내는 지표로써 같은 화질을 유지하면서 비트 율을 얼마나 압축 했는가를 의미한다. 아직 까지 KTA 참조 소프트웨어에 삽입된 부호화 틀 5가지를 전부 사용하는 실험은 복잡성이나 호환성의 문제로 인해 이뤄지지 않고 있지만, 각 틀을 2-3개씩 조합하여 그 성능을 확인하는 실험은 이루어 지고 있다. 그림 3에서는 여러 KTA 부호화 틀의 몇 가지 조합에 대한 압축률 향상 정도를 보여 주고 있다. KTA 참조 소프트웨어는 기존 H.264 JM 참조 소프트웨어 대비 성능 향상 정도가 뚜렷이 보이고 특히 SD급 이상의 고화질 영상에서 주목할 만한 성능 향상 정도를 보여서 차세

대 부호화 기술이 요구하는 고화질 콘텐츠에서 적용될 가능성이 크다. 또한 앞으로도 VCEG 회의 내에서 계속적으로 성능이 뛰어난 가능성 있는 부호화 틀을 추가하고 최적화 시킴으로써 차세대 부호화 기법의 요구 사항에 차츰 맞추어 나가며 H.265의 표준화 가능성을 열어 두고 있다.

2. 웨이블릿의 기반의 차세대 부호화 기법

앞에서 언급했듯이 한 쪽에서는 KTA를 고려한 기존 H.264의 확장 기반으로 표준화를 진행시키고 있는 반면, 다른 한쪽에서는 기존의 H.264의 블록 기반의 DCT 변환 기법이 아닌 새로운 변환 기법을 적용한 새로운 형태의 차세대 부호화 방식을 표준화로 진행시키고 있다. 그림 4는 현재 부호화에 시도되고 있는 새로운 변환 기법을 나타낸 것으로써 Ridgelet/Contourlet 등 웨이블릿 기반의 변환 기법과 Piecewise Polynomial 변환 기법, Zero-crossing 변환 기법을 보여 주고 있다. 특별히 본 절에



〈그림 4〉 새로운 변환 기법을 사용하는 차세대 부호화 기법 후보군.

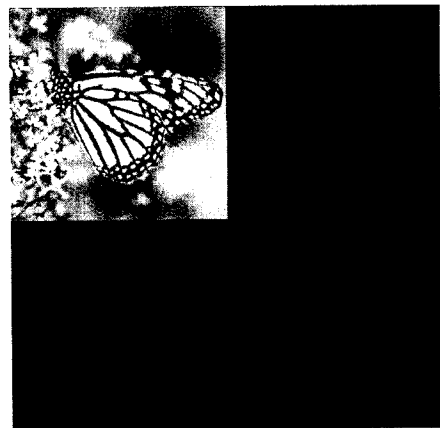
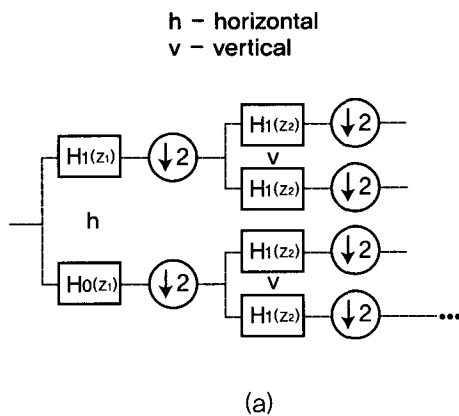
서는 웨이블릿 기반의 변환 기법을 통한 차세대 부호화 기법을 소개하고자 한다.

웨이블릿은 분리된 2개의 1차원 필터를 영상의 수직 방향과 수평 방향으로 각각 취하는 변환 기법으로 고 대역 필터링 후 수평, 수직 두 방향으로 에너지 전파가 최소화 되는 장점을 가져 완전한 신호에 대해서 높은 에너지 집중 효과(Energy Compaction or Sparsity)를 얻을 수 있다. 또한 웨이블릿 변환 기법 자체가 확장성(Scalability)을 제공하고 블록 간의 경계에서 발생하는 블록화 현상(Blocking artifacts)을 최소화하기 때문에 최근 MPEG의 SVC(Scalable Video Codec) 및 JPEG2000 등에서 채택, 그 우수성이 입증되어 차세대 비디오 압축 표준화에 대한 도입이 매우 촉망되고 있다. 그림 5는 기존의 2차원 웨이블릿 변환 기법 구조와 변환 계수 결과를 보여준다.

최근에는 정지 영상 부호화의 성능 향상을 위한 웨이블릿 기반의 부호화 기술은 에너지 집중 효과를 극대화 할 수 있도록 웨이블릿 기

저 함수를 설계하는 방향으로 진행되고 있다. 그 기법 중 첫 번째는 비 분리형 2차원 필터뱅크(non-separable 2-D filter banks) 설계를 기반으로 한 웨이블릿 변환 기법이고, 두 번째는 영상의 지배적인 에지 방향을 고려해 분리형 1차원 필터뱅크 설계해 웨이블릿 변환을 수행하는 기법이다. 이는 기존의 2차원 웨이블릿이 수평, 수직 방향을 따라 존재하지 않는 에지(edges)나 선(lines), 윤곽(contour)과 같은 방향 성분을 많이 갖는 영상에 대해서 고 대역까지 에너지를 전파하게 되는 문제점을 가지고 있었기 때문에, 영상의 주파수 대역을 더 잘게 분해하거나 영상의 방향 특성을 고려한 필터 설계 등으로 더 높은 에너지 집중 효과를 얻기 위한 시도들이다.

비 분리형 2차원 필터뱅크를 이용한 변환 기법들 중 대표적인 Contourlet^[7]은 방향성 필터뱅크와 라플라시안 피라미드 기법 기반의 변환 기법으로 2차원 영상 신호에 대해 에너지 집중 효과가 이론적으로 최적에 가까운 결



〈그림 5〉 (a) 웨이블릿 기반 변환 기법 기본 구조, (b) 웨이블릿 변환 결과

과를 낼 수 있는 장점을 갖는다. 하지만, Quincunx Matrix를 이용한 반복 연산으로 높은 연산량과 과도 샘플링(oversampling)기반의 변환 기법이라는 측면에서 영상 압축으로의 적용은 추가적인 연구들이 진행되어야 한다.

한편, 분리형 1차원 필터 बैं크를 이용한 변환 기법들 가운데 Directionlets^[5]과 DA-DWT^[6]는 영상의 지배적인 에지를 따라 분리형 1차원 필터를 취해 높은 에너지 집중 효과를 얻을 수 있었다. 하지만 Directionlets은 저주파 대역의 신호가 직교 좌표계에 존재하지 않아 공간 확장성(spatial scalability)에 제한적이라는 점, DA-DWT는 2개 이상의 에지를 갖는 영상 신호에 대해서는 기존의 웨이블릿 변환과 성능 면에서 큰 차이를 갖지 못하는 점에서 H.265의 요구 사항을 만족하기에는 아직 한계를 갖고 있다.

하지만, 2003년에 영국의 BBC에서 제안한 웨이블릿 변환 기법 기반의 비디오 부호화기 Dirac은 HD급 비디오에 대해 MPEG-2에 비해 50% 성능을 향상을 보이며 H.264와 충분히 견줄만한 성능을 갖추고 있어 최근에 제안

되고 있는 웨이블릿 변환 기법과 더불어 H.265 표준화의 가능성을 기대할 수 있을 것이다.^[10]

표 3은 현재 제안되고 있는 대표적인 웨이블릿 변환 기법들의 성능 및 복잡도의 관점에서 비교한 것이다.

IV. 결론 및 향후 전망

JVT에서는 2003년 H.264의 표준화 이후 끊임없는 기술 확장을 통해 HD급 영상에 대응하기 위한 확장 프로파일 H.264 FRExt (Fidelity Range Extension)을 2005년에 제정하였고, 하나의 압축된 비트스트림에서 다양한 확장성을 제공하는 H.264 SE(Scalable Extension)의 표준화를 진행 중에 있어 2008년까지 H.264의 부호화 효율 향상을 계획하고 있다.

현재 여러 표준화 그룹들은 H.264와 동일한 화질을 유지하면서 50% 이상의 부호화 율 향상과 부·복호화기의 복잡도 증가를 최소로

〈표 3〉 대표적인 변형 웨이블릿의 성능 및 복잡도 비교

	성능(Sparsity)	복잡도(Complexity)	비고
Contourlets	High :if many directional filtering	High :non-separable filter bank	Oversampling Quincunx Matrix
DA-DWT	Medium	Low :separable filter bank	Directional interaction Variable direction
Directionlets	Medium	Low :separable filter bank	Blocking artifacts Spatial scalability is limited
Ridgelets	Low	Medium :Radon transform	Only point & line singularities
Bandelets	High	High :Bandeletization	Post-processing of wavelet coefficients
Wedgelets	High	Medium :Geometric partitioning	From Continuous domain No Perfect Reconstruction

하는 비디오 압축 기술 설계를 목표로 H.265의 표준화를 준비하는 단계에 있다. H.265 표준화를 준비하는 기술 개발의 동향은 기존 H.264의 기술 확장을 통한 연구와 다양한 변환 기법 및 확장성을 갖춘 새로운 패러다임의 변환 기법 연구로 크게 두 가지 방향으로 이루어지고 있다.

최근 지문 및 홍채, 얼굴 인식 등 생체 인식과 관련된 여러 응용 분야가 생활 속에 활발하게 융화되기 시작하면서 방대한 데이터들을 효율적으로 처리하기 위한 지능형 부·복호화기가 요구되고 있으며, VoIP나 IPTV 등 IP 기반의 서비스들이 상용화 되기 시작하면서 IP 기반에서의 효율적인 전송을 위한 에러 내역 및 강인 기법들 또한 요구 되고 있다. H.265는 위와 같은 디지털 기술의 발전과 더불어 새롭게 제시되는 응용 분야에서의 요구 사항을 충족할 뿐 아니라, 높은 부호화율 및 다양성, 확장성을 지원하는 차세대 비디오 압축 기술로 제안될 것이다.

<http://ftp3.itu.ch/av-arch/video-site/>

- [6] KTA reference model,
<http://iphome.hhi.de/suehring/tml/download/KTA/>
- [7] Minh N. Do and Martin Vetterli, "The contourlet transform : an efficient directional multiresolution image representation," IEEE Transaction on Image Processing, vol. 14, no. 12, pp. 2091-2106, Dec. 2005.
- [8] V. Velisavljevic, B. Beferull-Lozano, M. Vetterli, and P. L. Dragotti, "Directionlets: Anisotropic multi-directional representation with separable filtering," IEEE Transactions on Image Processing, Vol. 15, No. 7, pp. 1916-1933, July 2006.
- [9] C.L. Chang and B. Girod, "Direction-Adaptive Discrete Wavelet Transform for Image Compression", IEEE Transactions on Image Processing, vol. 16, No. 5. May 2007.
- [10] K. Onthriar, K. K. Loo, Z. Xue, "Performance comparison of emerging Dirac video codec with H.264/AV," IEEE Int. conf. on Digital Telecommunications, 06' ICDDT, pp. 22-26. 2006.

참고문헌

- [1] ITU-T SG16 web site at <http://www.itu.int/ITU-T/studygroups/com16/sg16-q6.html>
- [2] Gisle Bjontegaard, "Video compression after H.264," 5th IMTC forum, Eisbee, Germany, May. 2005.
- [3] Rantna Reddy, "Advances in video compression standards: H.265," 8th Texas Instruments developer Conference, Bangalore, India, 30 Nov. - 1 Dec. 2005.
- [4] ITU-T. Recommendation H.264 and ISO/IEC 14496-10 AVC, "Advanced video coding for generic audiovisual services," version 3
- [5] ITU-T VCEG meeting document,

저자소개



김성제

2004년 9월 연세대학교 전기전자공학과 학사
 2006년 9월 연세대학교 전기전자공학과 석사
 2006년 9월-현재 연세대학교 전기전자공학과 박사 재학 중

주관심 분야 : 비디오 압축 코덱 개발, HW/SW co-design



김병호

2007년 2월 건국대학교 전기공학과 학사
 2007년 3월-현재 건국대학교 전기공학과 석사 재학 중

주관심 분야 : 마이크로프로세서, 비디오 압축 코덱 개발, HW/SW co-design



최영호

1991년 연세대학교 전자공학과 학사
 1995년 University of Southern California, 전기공학(M.S)
 2001년 University of Southern California, 전기공학(Ph.D)

2001년-2004년 미국 Intel Corp. 선임연구원
 2004년-현재 건국대학교 공과대학 전기공학과 조교수

주관심 분야 : 마이크로프로세서, 병렬처리 구조, 네트워크, 영상압축처리 구조

저자소개



최윤식

1979년 연세대학교 전기공학과 학사
 1984년 Case Western Reserve Univ. 시스템 공학과 석사 졸업

1987년 Pennsylvania State Univ. 전기공학과 석사 졸업

1990년 Purdue Univ. 전기공학부 박사 졸업
 1990년-1993년 (주)현대전자 산업전자 연구소 책임 연구원

1993년-현재 연세대학교 전기전자공학부 교수

주관심 분야 : 비디오, 영상 신호처리, HDTV