



(19)대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(51) 。 Int. Cl.

H04N 7/26 (2006.01)

H04N 7/24 (2006.01)

(11) 공개번호 10-2007-0033343

(43) 공개일자 2007년03월26일

(21) 출원번호 10-2006-7025385

(22) 출원일자 2006년12월01일

심사청구일자 없음

번역문 제출일자 2006년12월01일

(86) 국제출원번호 PCT/US2005/024552

(87) 국제공개번호 WO 2006/017230

국제출원일자 2005년07월12일

국제공개일자 2006년02월16일

(30) 우선권주장 60/587,699 2004년07월13일 미국(US)

(71) 출원인 돌비 레버러토리즈 라이쎄싱 코오폰레이션  
미국 캘리포니아주 94103-4813 샌프란시스코 포트레로 에비뉴 100

(72) 발명자 기쉬, 월터, 크리스찬  
미국, 캘리포니아 94103, 샌프란시스코, 포트레로 에비뉴 100  
김형석  
미국, 캘리포니아 94103, 샌프란시스코, 포트레로 에비뉴 100

(74) 대리인 박경재

전체 청구항 수 : 총 20 항

(54) 비디오 압축을 위한 비편향 라운딩

(57) 요약

부호없는 데이터의 비편향 라운딩은 비디오가 제 1 비트 심도에서 인코딩되고 상기 제 1 비트 심도보다 더 낮은 제 2 비트 심도에서 디코딩될 때, 데이터 비디오를 표현하는 디지털 비트스트림들의 인코딩 및 디코딩이나 디코딩에서 활용된다. 비편향 라운딩은 예측 루프를 활용하는 프로세싱에서 활용될 수 있다. 데이터 압축된 비디오가 프레임들에서 표현될 때, 비편향 라운딩은 인터 프레임 및/또는 인트라 프레임 데이터의 것일 수 있다.

대표도

도 7

특허청구의 범위

청구항 1.

제 1 비트 심도에서 인코딩되는 데이터 압축된 비디오를 나타내는 디지털 비트스트림을 디코딩하는 방법에 있어서,  
더 낮은 제 2 비트 심도를 디코딩하는 단계로서, 중간 프로세싱에서 부호없는 데이터의 비편향 라운딩을 포함하는 상기 디코딩 단계를 포함하는, 상기 디지털 비트스트림 디코딩 방법.

## 청구항 2.

제 1 항에 있어서,

상기 디코딩 단계는 예측 루프에서 프로세싱하는 단계를 포함하며, 상기 프로세싱 단계는 부호없는 데이터의 상기 비편향 라운딩을 포함하는, 상기 디지털 비트스트림 디코딩 방법.

## 청구항 3.

제 1 항 또는 제 2 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 데이터 압축된 비디오는 프레임들에서 표현되며, 상기 부호없는 데이터의 비편향 라운딩은 인터 프레임 및/또는 인트라 프레임 데이터의 비편향 라운딩을 포함하는, 상기 디지털 비트스트림 디코딩 방법.

## 청구항 4.

데이터 압축된 비디오를 나타내는 디지털 비트스트림을 인코딩하는 방법으로서, 상기 인코딩 단계는 중간 프로세싱에서 부호없는 데이터의 비편향 라운딩을 포함하는, 상기 디지털 비트스트림 인코딩 방법.

## 청구항 5.

제 4 항에 있어서,

상기 인코딩 단계는 예측 루프에서 프로세싱하는 단계를 포함하며, 상기 프로세싱 단계는 상기 부호없는 데이터의 비편향 라운딩을 포함하는, 상기 디지털 비트스트림 인코딩 방법.

## 청구항 6.

제 4 항 또는 제 5 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 데이터 압축된 비디오는 프레임들에서 표현되며, 상기 부호없는 데이터의 비편향 라운딩은 인터 프레임 및/또는 인트라 프레임 데이터의 비편향 라운딩을 포함하는, 상기 디지털 비트스트림 인코딩 방법.

## 청구항 7.

데이터 압축된 비디오를 표현하는 디지털 비트스트림을 인코딩 및 디코딩하는 방법에 있어서,

제 1 비트 심도를 인코딩하는 단계로서, 중간 프로세싱에서 부호없는 데이터의 비편향 라운딩을 포함하는 상기 인코딩 단계와,

더 낮은 제 2 비트 심도를 디코딩하는 단계로서, 중간 프로세싱에서 부호없는 데이터의 비편향 라운딩을 포함하는 상기 디코딩 단계를 포함하는, 상기 디지털 비트스트림 인코딩 및 디코딩 방법.

## 청구항 8.

제 7 항에 있어서,

상기 인코딩 단계는 예측 루프에서 프로세싱하는 단계를 포함하고 상기 프로세싱 단계는 상기 부호없는 데이터의 비편향 라운딩을 포함하며, 상기 디코딩 단계는 예측 루프에서 프로세싱하는 단계를 포함하고 상기 프로세싱 단계는 상기 부호없는 데이터의 비편향 라운딩을 포함하는, 상기 디지털 비트스트림 인코딩 및 디코딩 방법.

## 청구항 9.

제 7 항 또는 제 8 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 데이터 압축된 비디오는 프레임들에서 표현되며, 상기 부호없는 데이터의 비편향 라운딩은 인터 프레임 및/또는 인트라 프레임 데이터의 비편향 라운딩을 포함하는, 상기 디지털 비트스트림 인코딩 및 디코딩 방법.

## 청구항 10.

제 1 항 내지 제 9 항 중 어느 한 항의 방법들을 수행하도록 적응되는 장치.

## 청구항 11.

컴퓨터가 제 1 항 내지 제 9 항 중 어느 한 항의 방법들을 수행하도록 하기 위해 컴퓨터 판독가능 매체상에 저장되는 컴퓨터 프로그램.

## 청구항 12.

제 1 비트 심도에서 인코딩되는 데이터 압축된 비디오를 표현하는 디지털 비트스트림을 디코딩하는 디코더에 있어서,

상기 디지털 비트스트림을 수신하는 수단과,

더 낮은 제 2 비트 심도를 디코딩하는 수단으로서, 중간 프로세싱에서 부호없는 데이터의 비편향 라운딩을 위한 수단을 포함하는 상기 디코딩 수단을 포함하는, 상기 디코더.

## 청구항 13.

제 12 항에 있어서,

상기 디코딩 수단은 예측 루프에서 프로세싱을 위한 수단을 포함하며, 상기 프로세싱 수단은 부호없는 데이터의 상기 비편향 라운딩을 위한 수단을 포함하는, 상기 디코더.

## 청구항 14.

제 13 항 또는 제 14 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 데이터 압축된 비디오는 프레임들에서 표현되며, 상기 부호없는 데이터의 비편향 라운딩은 인터 프레임 및/또는 인트라 프레임 데이터의 비편향 라운딩을 위한 수단을 포함하는, 상기 디코더.

## 청구항 15.

데이터 압축된 비디오를 표현하는 디지털 비트스트림을 인코딩하는 인코더에 있어서,

예측 루프에서 프로세싱하는 수단으로서, 상기 프로세싱 단계는 중간 프로세싱에서 부호없는 데이터의 비편향 라운딩 단계를 포함하는, 상기 프로세싱 수단과,

상기 디지털 비트스트림을 출력하는 수단을 포함하는, 상기 인코더.

## 청구항 16.

제 15 항에 있어서,

상기 인코딩 수단은 예측 루프에서 프로세싱하는 수단을 포함하며, 상기 프로세싱 수단은 상기 부호없는 데이터의 비편향 라운딩을 위한 수단을 포함하는, 상기 인코더.

## 청구항 17.

제 15 항 또는 제 16 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 데이터 압축된 비디오는 프레임들에서 표현되며, 상기 부호없는 데이터의 비편향 라운딩을 위한 수단은 인터 프레임 및/또는 인트라 프레임 데이터의 비편향 라운딩을 위한 수단을 포함하는, 상기 인코더.

## 청구항 18.

데이터 압축된 비디오를 표현하는 디지털 비트스트림을 인코딩 및 디코딩하는 시스템에 있어서,

제 1 비트 심도에서 인코딩하는 수단으로서, 예측 루프에서 프로세싱하는 수단을 포함하고, 상기 프로세싱 수단은 중간 프로세싱에서 부호없는 데이터의 비편향 라운딩을 위한 수단을 포함하는, 상기 인코딩 수단과,

더 낮은 제 2 비트 심도에서 디코딩하는 수단으로서, 예측 루프에서 프로세싱하는 수단을 포함하고, 상기 프로세싱 수단은 중간 프로세싱에서 부호없는 데이터의 비편향 라운딩을 위한 수단을 포함하는, 상기 디코딩 수단을 포함하는, 상기 디지털 비트스트림 인코딩 및 디코딩 시스템.

## 청구항 19.

제 18 항에 있어서,

상기 인코딩 수단은 예측 루프에서 프로세싱하는 수단을 포함하고 상기 프로세싱 수단은 상기 부호없는 데이터의 비편향 라운딩을 위한 수단을 포함하며, 상기 디코딩 수단은 예측 루프에서 프로세싱하는 수단을 포함하고 상기 프로세싱은 상기 부호없는 데이터의 비편향 라운딩을 위한 수단을 포함하는, 상기 디지털 비트스트림 인코딩 및 디코딩 시스템.

## 청구항 20.

제 18 항 또는 제 19 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 데이터 압축된 비디오는 프레임들에서 표현되며, 상기 부호없는 데이터의 비편향 라운딩을 위한 수단은 인터 프레임 및/또는 인트라 프레임 데이터의 비편향 라운딩을 위한 수단을 포함하는, 상기 디지털 비트스트림 인코딩 및 디코딩 시스템.

### 명세서

#### 기술분야

본 발명은 움직이는 이미지들을 압축하는 디지털 방법들, 보다 구체적으로는 압축을 증가시키기 위해 인터 및 인트라 예측을 사용하는 압축 테크닉들에 대한 라운딩의 보다 정확한 방법들에 관한 것이다. 본 발명은 방법들 뿐만 아니라 대응하는 컴퓨터 프로그램 구현들 및 장치 구현들을 포함한다.

#### 배경기술

비디오 이미지들의 디지털 표현은 몇 가지 특정한 비트 심도에 따라 양자화되는 색상 및/또는 이미지 세기의 공간 샘플들로 구성된다. 이러한 비트 심도에 대한 주요한 값은 합리적인 이미지 품질을 제공하는 8비트이고, 각각의 샘플 비트들은 디지털 메모리의 단일 바이트에 완벽하게 부합한다. 그러나, MPEG-4 스튜디오 및 N 비트 프로파일들과 H.264에 대한 충실도 범위 확장들(이하 인용들을 참조한다)에 의해 증명된 바와 같이, 샘플 당 10 및 12 비트들과 같은 더 높은 비트 심도들에서 동작하는 시스템들에 대한 요구가 증가하고 있다.

훨씬 더 큰 비트 심도들은 전체적인 압축에서 더 높은 충실도 또는 더 낮은 에러를 허용한다. 에러의 가장 공통적인 측정은 평균 제곱 에러 기준 또는 MSE 이다. 공간 샘플들이  $test_{x,y}$ 인 테스트 이미지와 공간 샘플들이  $ref_{x,y}$ 인 기준 이미지 사이의 MSE는,

$$MSE = \frac{1}{(NX)(NY)} \sum_x \sum_y (test_{x,y} - ref_{x,y})^2 \quad (1)$$

이고, 여기서 NX 및 NY는 x 및 y 방향에 따른 샘플들의 수이다. 기준 이미지가 입력 이미지이고, 테스트 이미지가 압축된 이미지일 때, MSE는 왜곡이라 불린다. 이러한 경우에, 이러한 이미지들 모두의 공간 샘플들은 디지털 값들이다. 압축된 이미지의 충실도는 최대의 가능한 (피크) 진폭으로 정규화되고 대수 단위들로 측정되는 MSE 또는 이러한 왜곡에 의해 측정된다. 간략하게, dB로 왜곡 PSNR(Peak Signal-to-Noise Ratio)은,

$$PSNR = 10 \log(peak^2 / MSE) \quad (2)$$

이다.

훨씬 더 큰 비트 심도들은 PSNR에 대한 더 높은 값들을 허용한다. 이것을 나타내기 위해 MSE 기준의 일반성을 사용할 수 있다. N 비트들에 따른 아날로그 입력의 양자화를 고려해본다. 여기서, MSE는 아날로그 입력 및 그것의 디지털 근사치 사이에서 계산된다. N 비트 샘플링에 대한 양자화 에러는 MSE가 최소의 중요한 비트와 관련하여  $1/12$ 이도록 간격  $[-1/2, 1/2]$ 에 걸쳐 독립적인, 일정하게 분배된 랜덤 노이즈로 공통적으로 모델링된다. 입력 샘플들이 범위  $[0, 2^N - 1]$ 에서 정수들이기 때문에, 피크 값은  $2^N - 1$ 이다. 따라서, 이러한 MSE에 대응하는 PSNR은,

$$PSNR = 10 \log((2^N - 1)^2 / (1/12)) \quad (3)$$

이다.

이것이 최초 이미지의 아날로그 샘플들 및 그것의 양자화된 표현 사이의 에러를 나타내기 때문에, 그것은 최초 아날로그 이미지와 비교하여 압축된 결과의 충실도에 대한 상위 경계이다. 표 1은 몇 가지 표현적인 비트 심도들에 대해 이러한 상위 경계를 나타낸다.

비트 심도(비트)	PSNR 한계(dB)(반올림에 따름)
8	58.92
10	70.99
12	83.04
14	95.08
16	107.12

표 1 비트 심도의 함수에 따른 최대 PSNR

도 1 및 도 2는 H.264 인코더 및 디코더 각각을 도시한 블록도들이다. MPEG-4/AVC로도 알려진 H.264는 현대 비디오 코딩에서 최신식으로 고려된다. 본 명세서에서 특별한 관련성은 "충실도 범위 확장들"로 집합적으로 알려진 H.264에 대해 현재 개발중인 확장들의 세트이다.

본 발명의 측면들은 "H.264 FRExt" 코딩 환경들에서 특히 유리하게 사용될 수 있다. H.264 코딩의 세부적인 것들은 2003년 5월 23-27일, 스위스 제네바, 제 8 차 회의, ISO/IEC MPEG & ITU-T VCEG의 JVT(Joint Video Team)(ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 및 ITU-T SG16 Q.6), "Draft ITU-T Recommendation and Final Draft International Standard of Joint Video Specification(ITU-T Rec.H.264| ISO/IEC 14496-10 AVC)"에 설명되어 있다. 기본적인 H.264 사양들(그에 따라, "H.264 FRExt")에서 "충실도 범위 확장들"의 세부적인 것들은 2004년 3월 15-19일, 독일 뮌헨, 제 11 차 회의, ISO/IEC MPEG & ITU-T VCEG의 JVT(Joint Video Team)(ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 및 ITU-T SG16 Q.6), "Draft Text of H.264/AVC Fidelity Range Extensions Amendment"에 설명되어 있다. 방금 분류된 자료들 모두는 그것들 전체가 참조로 본 명세서에 포함된다. "충실도 범위 확장들"은 10 비트 및 12 비트 코딩을 포함하는 증가된 샘플 정확성을 지원함으로써 더 높은 충실도 비디오 코딩을 지원할 것이다. 본 발명의 측면들은 그러한 증가된 샘플 정확성의 구현과 관련하여 특히 유용하다. H.264 표준 및 그것의 구현에 관한 추가적인 세부사항들은 예를 들어 2003년 1월(12 페이지), EBU Technical Review, Ralf Schafer 등에 의한 "최근의 H.264/AVC 표준(The emerging H.264/AVC standard)"와 www.vcodex.com에 공개된 07/10/02, Iain E G Richardson에 의한 "H.264/MPEG-4 파트 10 백서: H.264의 개요(H.264/MPEG-4 Part 10 White Paper: Overview of H.264)"를 포함하는 다양한 공개된 문서에서 찾을 수 있다. 상기 Schafer 등 및 Richardson 발행물들은 또한 그것들 전체가 본 명세서에 참조로 포함된다. 본 발명의 측면들은 이하 추가로 설명되는 바와 같이, 수정된 MPEG-2 코딩 환경들과 관련하여 유리하게 사용될 수 있다.

도 1에 도시된 H.264 또는 H.264 FRExt 인코더(그것들은 블록도 레벨에서 동일하다)는 이제 비디오 코더들에서 공통적인 요소들을, 변환 및 양자화 프로세스들과, 엔트로피(무손실) 코딩과, 모션 추정(ME) 및 모션 보상(MC)과, 재구성된 프레임들을 저장하기 위한 버퍼를 갖는다. H.264 및 H.264 FRExt는 다수의 방식들, 인 루프 디블로킹 필터(in-loop deblocking filter), 인트라 예측을 위한 몇 가지 모드들, 새로운 정수 변환, 엔트로피 코딩의 2개 모드들(가변적인 길이 코딩 및 산술적 코딩), 4x4 픽셀들까지 내려가는 모션 블록 사이즈들 등등에 따른 이전 코덱들과는 서로 다르다.

엔트로피 디코드 단계를 제외하고, 도 2에 도시된 H.264 또는 H.264 FRExt 디코더는 인코더의 서브세트로 쉽게 보여질 수 있다.

H.264에 대한 FRExt(Fidelity Range Extensions)는 샘플 당 12 비트들까지 샘플 비트 심도들에서 인코딩 및 디코딩을 위한 틀들을 제공한다. 이것은 통합된 방식으로 샘플 당 8비트들 보다 훨씬 더 큰 비트 심도들에서 인코딩 및 디코딩에 대한 틀들을 포함하기 위한 제 1 비디오 코덱이다. 특히, H.264에 대한 충실도 범위 확장들에서 채택되는 양자화 방법은 명칭이 "가변적인 비트 심도에 대한 양자화 제어(Quantization Control for Variable Bit Depth)"인 2004년 5월 19일 출원된 Walter C. Gish 및 Christopher J. Vogt의 계류중인 미국 가출원 특허 S.N. 60/573,017과, 출원서가 상기 S.N. 60/573,017 가출원서의 우선권을 주장하고 있는 동일한 제목을 가지며 동일한 발명가들의 2005년 5월 11일 출원된 미국 특허 출원서 S.N. 11/128,125에 기술된 바와 같이 서로 다른 샘플 비트 심도들 중에서 잠재적으로 호환 가능한 압축된 비트 스트림을 생성한다. Gish 및 Vogt의 상기 가출원 및 영구 출원서들 모두는 그것들 전체가 참조로 본 명세서에 포함된다.

상기 가출원서 및 영구 특허 출원서들의 테크닉들은 특허 인코더의 비트 심도보다 더 낮은 비트 심도에서 동작하는 디코더의 경우에, 서로 다른 비트 심도들에서 동작하는 인코더들 및 디코더들의 상호 운용성을 용이하게 한다. Gish 및 Vogt의 상기 영구 출원서 및 가출원서에 개시된 테크닉들 중 몇 가지 세부적인 것들은 H.264에 대한 충실도 범위 확장들, [http://ftp3.itu.ch/av-arch/jvt-site/2003\\_05\\_Geneva/Jvt-H016.doc](http://ftp3.itu.ch/av-arch/jvt-site/2003_05_Geneva/Jvt-H016.doc),에서 웹상에 공개된 2003년 5월 23-27일, 스위스 제네바 제 8 차 회의, ISO/IEC MPEG & ITU-T VCEG(ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 및 ITU-T SG16 Q.6)의 JVT(Joint Video Team), 문서 JTV-H016, "확장된 샘플 심도: 구현 및 특징(Extended Sample Depth: Implementation and Characterization)"에서 채택된 양자화 방법을 기술하는 문서에 공개되어 있다. 상기 JVT-H016 문서는 또한 그것 전체가 참조로 본 명세서에 포함된다.

본 발명의 목적은 높은 비트 심도 입력으로부터 그러한 동일한 높은 비트 심도에서 뿐만 아니라 대안적으로 최초의 높은 비트 심도 이미지들에 합리적인 근사치를 갖는 디코딩된 이미지들을 제공하는 더 낮은 비트 심도에서도 높은 비트 심도에서 디코딩된 비트스트림을 디코딩하는 것이다. 이것은 예를 들어 종래에 각각 10 비트 또는 12 비트 H.264 FRExt 디코더를 요구하는 비트스트림들을 합리적으로 디코딩하도록 8비트 또는 10비트 H.264 FRExt 디코더를 인에이블한다. 대안적으로, 이것은 도 10a와 관련하여 이하 기술되는 수정된 MPEG-2 디코더에 의해 생성되는 비트스트림들을 합리적으로 디코딩하도록 (도 9에서 이하 기술되는 바와 같이) 종래의 8비트 MPEG-2 디코더를 인에이블하고, 이러한 디코딩은 도 10b와 관련하여 이하 기술되는 바와 같이 수정된 MPEG-2 디코더를 다른 방식으로 요구한다.

도 3은 높은 비트 심도 소스로부터 인코딩되는 단일한 비트스트림이 최초의 높은 비트 심도 및 더 낮은 비트 심도에서 디코딩될 때, 더 낮은 비트 심도 디코딩이 높은 비트 심도 기준과 관련하여 MSE로 측정되는 몇 가지 에러를 갖는다는 것을 나타낸다. 도 3의 예에서, 더 낮은 비트 심도 근사치는 인코더 비트 심도가 낮은 것처럼, 즉 그것이 본 발명의 비편향된 라운드링 측면들을 활용하는 종래의 디코더(이하 도 7 참조) 또는 종래의 디코더(이하 도 6 참조)로 디코딩된다.

서로 다른 비트 심도들에서 디코딩된 결과들이 라운드링 에러로 인해 얼마간 서로 다를 것으로 예상되는 반면에, 종래의 인코더들 및 디코더들을 통해 관찰되는 실제 차이들은 훨씬 더 크기 쉽다. 그러한 큰 차이들은 라운드링이 최근에 이루어지는 방식으로 악화되는 방식에 따라 처음 예측과 나중 예측까지 축적하기 때문에 발생한다. 도 4는 라운드링이 예측(인트라 및 인터), 디블록킹 필터, 및 잔여 디코딩을 계산하는데서 발생하는 장소들을 식별하는 인코더 및 디코더 모두에서 존재하는 예측 루프를 간략하게 도시하고 있다. 어떻게 에러들이 프레임 저장, 예측, 가산기, 및 디블록킹 필터에 의해 형성되는 피드백 루프에서 처음 예측으로부터 나중 예측까지 축적하는지 알 수 있다. 이하 추가로 설명되는 바와 같이, 에러의 주요한 소스들은 인터 및 인트라 예측이다. 루프 디블록킹 필터는 선택적이며, 디코딩에서 라운드링을 따라 나머지가 더 작은 에러들을 유입시킬 것이다. 그에 따라, 문제는 높은 비트 심도 출력 및 더 낮은 비트 심도 근사치 사이의 MSE가 최소화되도록 이러한 에러들을 최소화하는 것이다. 높은 비트 심도 디코딩 출력은 자신들 모두 동일한 높은 비트 심도 예측 루프를 갖기 때문에 인코더와 관련하여 에러가 없다. 그러므로, 그것과 더 낮은 비트 심도 근사치 사이의 MSE에서 감소는 더 낮은 비트 심도 디코딩이 높은 비트 심도 디코딩에 보다 더 가깝다는 것을 표시한다.

인터 예측의 경우에 대해, 하나의 프레임으로부터 라운드링된 결과들은 또 다른 프레임에서 이미지를 예측하도록 사용된다. 결과적으로, 에러는 프레임 저장(버퍼)으로 구성되는 피드백 루프와 모션 보상 필터로부터의 예측이 에러들을 축적하기 때문에 연속적인 프레임들에 걸쳐 성장한다. 그 결과는 도 3에 도시된 서로 다른 비트 심도들의 디코딩된 프레임들 사이의 MSE가 각각의 예측된 프레임 또는 매크로블록에서 증가한다는 것이다. 종래 기술 분야에서, 프레임으로부터 프레임까지 축적하는 그러한 에러는 MPEG-2에서 IDCT들 사이의 허용 가능한 미스매치를 다루는데서 우선적으로 접하게 된다. 에러가 프레임으로부터 프레임으로 성장하기 때문에, 그것은 "드리프트(drift)"라 불린다. H.264에서 인트라 예측 모드들은 유사하게 동작하고, 단지 이러한 경우에 픽셀들에 대해 라운드링된 결과들이 동일한 프레임에서 다른 이웃하는 픽셀들을 예측하도록 사용된다. 인트라 및 인터 예측 모두는 에러가 처음 예측으로부터 나중 예측까지 축적하고 예측 계산들의 형태가 같다는 점에서 동일하다. 그 모든 경우들에서, 예측은 합이 1인 소수 계수들에 의해 가중된 프레임 저장으로부터 정수 값들의 라운드링된 합이다. 즉, 예측된 값  $\text{pred}(x,y)$ 는,

$$\text{pred}(x,y) = \sum_{i,j} C(i,j)FS(x',y') + 1/2 \quad (4)$$

$$\sum_{i,j} C(i,j) = 1$$

이고, 여기서  $FS(x',y')$ 는 프레임 저장 값들이며,  $c(i,j)$ 는 가중 계수들이다.  $(x,y)$ ,  $(x',y')$ , 및  $(i,j)$ 와  $c(i,j)$ 에 대한 값들 사이의 관계는 예측기의 형태, 인터 또는 특정한 인트라 모드에 의존한다 계수들  $c(i,j)$ 이 소수 값들이기 때문에, 이러한 계산은 전형적으로 최종 비트 심도에 따른 결과를 잘라버리도록 최종 우측 시프트를 통해 2의 거듭 제곱으로 합산한 정수 계수들  $C(i,j)$ 을 사용하여 수행된다.

$$pred(x,y) = \left[ \sum_{i,j} C(i,j) FS(x',y') + 2^{M-1} \right] \gg M \quad (5)$$

$$\sum_{i,j} C(i,j) = 2^M$$

이러한 형태에서, 라운드 오프된 소수 비트들의 수가 M이므로, 라운딩을 위해 추가되는  $1/2$ 는  $2^{M-1}$ 로 스케일링된다. 이러한 형태는 그것이 실제로 사용되는 가장 공통적인 형태이기 때문이 아니라, M의 값이 라운딩 에러(즉, 방정식 9)의 심각성을 결정하기 때문에 중요하다.

서로 다른 샘플 비트 심도들을 사용하는 시스템들이 가능한 한 상호 운용 가능한 것이 바람직하다. 즉, 인코더 또는 디코더의 비트 심도와 무관하게 합리적으로 비트스트림을 디코딩할 수 있는 것이 바람직하다. 디코더가 입력의 비트 심도와 같거나 더 큰 비트 심도를 가질 때, 디코더와 동일한 비트 심도를 통해 디코더를 모방하는 것은 사소한 것이다. 디코더가 인코더보다 더 작은 비트 심도를 가질 때, 얼마간의 손실이 존재해야 하지만, 디코딩된 결과들은 그러한 더 낮은 비트 심도에 대해 적절하고 바람직하게는 작지 않은 PSNR을 가져야 한다. 서로 다른 비트 심도들 사이에서 상호 운용성을 달성하는 것은 산술적인 세부 사항들에 대한 신중한 주의를 요구한다. 미국 특허 출원서 공보 US 2002/0154693 A1에서는 더 큰 정확성을 통해 모든 중간 계산들을 수행함으로써 코딩 정밀도 및 효율성을 향상시키는 방법을 개시하고 있다. 상기 공개된 출원서는 그것 전체가 참조로 본 명세서에 포함된다. 일반적으로, 더 낮은 비트 심도에서 합리적이고 공통적인 근사치들은 더 높은 비트 심도에서의 계산들과 비교될 때 수용가능하지 않을 수 있다. 본 발명의 한 측면은 인코더로의 입력보다 더 낮은 비트 심도에서 비트스트림을 디코딩할 때, 에러를 최소화하도록 그러한 중간 계산들에서 라운딩을 향상시키는 방법에 관한 것이다.

### 발명의 상세한 설명

한 가지 측면에 있어서, 본 발명은 더 높은 비트 심도에서의 그러한 비트스트림을 디코딩하는 것과 비교하여 더 높은 비트 심도에서 인코딩되는 비디오 스트림을 더 낮은 비트 심도에서 디코딩하는 결과로 나타나는 에러들을 감소 또는 최소화하는 것에 관한 것이다. 특히, 주요하지 않은 경우에 대부분 그러한 에러들에 대한 기여가 단순하지만 종래의 압축 방식들에 따라 사용되는 편향된 라운딩이라는 것이 알려져 있다. 본 발명의 한 측면에 따라, 디코더에서의 비편향된 라운딩 방법들 또는 디코더 및 인코더 모두에서 적절히 될 수 있는 바와 같이, 인코더의 비트 심도보다 더 낮은 비트 심도들에서 디코딩을 결과로 나타내는 전체적인 정확성을 향상시키도록 활용된다. 그러한 결과들은 더 낮은 비트 심도 및 인코더의 비트 심도와 동일한 비트 심도에서의 디코딩된 결과들 사이에서 에러의 감소 또는 최소화에 의해 설명될 수 있다. 본 발명의 다른 측면들은 본 명세서를 읽고 이해함으로써 명백해질 것이다.

### 실시예

#### 본 발명을 수행하기 위한 최상의 모드

##### 편향 및 비편향 라운딩의 기본

본 발명의 측면들은 디코더에서 비편향된 라운딩의 사용을 제안하거나, 에러가 예측 루프에서 누적하기 쉬운, 비디오 압축에 대해, 특히 인터 및 인트라 예측에 대해 인코더 및 디코더 모두에서 적절할 수 있다. 따라서, 자신들이 유입하는 에러들과 방법들의 라운딩의 분석을 시작할 수 있다. 특히, 라운딩에 의해 야기되는 에러의 평균 및 편차가 관심사이다. 비디오 압축에서 계산들이 전형적으로 서로 다른 정확한 정수들을 통해 수행되기 때문에, 정수들의 라운딩이 특히 관심사이다.

가장 공통적으로 활용되는 라운딩 방법은  $1/2$ 를 더하여 그 결과를 자르는 것이다. 즉, 2진 포인트가 N 및 M 비트 부분들 사이에 있는 경우,  $(N+M)$  비트 값 s가 주어지면, 라운딩된 N 비트 값 r은,



$$r = s + 1/2 \quad (6)$$

로 주어지고, 여기서 등가 부호는 잘라버림을 의미한다. M이 2라고 가정한다. 이러한 경우에, s에서 M 소수 비트들에 대한 4가지 확률들이 존재한다.

s에서 소수 비트들	s+1/2	r	에러(s-r)
.00	.10	-	0
.01	.11	-	+0.1(+1/4)
.10	1.00	+1	-0.1(-1/2)
.11	1.01	+1	-0.1(-1/4)

표 2 편향 라운딩

즉, .00 및 .01에 대해, 하나는 라운드 오프하고, .10 및 .11에 대해, 하나는 라운드 업한다. 문제는 s에서 소수 비트들에 대한 1/2 값 동안 발생하고, 이러한 예에서 그것은 .10 경우이다. 1/2 값을 라운드하는 것이 특정한 처리를 요구하는 것으로 (수치 분석의 분야에서) 알려져 있다. 이것은 .01 및 .11 경우들이 서로 균형을 이룰지라도, .10 경우에 균형을 이루는 것이 존재하지 않는다. 이러한 불균형은 평균 에러가 0이 되지 않도록 한다.

각각의 이러한 4가지 경우들이 등가적으로 가능하기 때문에, 에러 평균 및 편차는,

$$m = \frac{1}{4} \left( 0 + \frac{1}{4} - \frac{1}{2} - \frac{1}{4} \right) = -\frac{1}{8}$$

$$\sigma^2 = \frac{1}{4} \left( 0 + \frac{1}{16} + \frac{1}{4} + \frac{1}{16} \right) = \frac{3}{32} \quad (7)$$

이다.

에러 편차, 3/32는 연속적인 경우에 대한 편차, 1/12에 근접한다. 에러 평균이 0이 아니기 때문에, 이것은 "편향 라운딩"으로 불린다. 0이 아닌 에러 편차가 라운딩을 통해 피할 수 없는 것과 같이 거의 에러 편차를 감소시키도록 이루어질 수 없다. 그러나, 평균 에러를 0으로 감소시키기 위한 알려진 해결책들이 존재한다. 소수가 정확하게 1/2일 때, 모든 이러한 해결책들은 반은 라운드 업하고 반은 라운드 오프한다. 라운드 업 또는 라운드 오프하기 위한 결정은 결정론적 및 임의적 모두로 많은 방식들에 따라 이루어질 수 있다. 예를 들어,

(a) 공평하게 라운딩: s의 정수 부분이 홀수인 경우 r을 라운드 업, 다른 경우는 라운드 오프

(b) 교대: 카운터가 1 라운드 업되고, 그렇지 않으면 라운드 오프되는 경우, 하나의 비트 카운터가 각각의 라운딩에서 증가됨

(c) 임의: 이러한 수가 1/2보다 더 큰 경우 라운드 업, 그렇지 않으면 라운드 오프하는 경우, [0,1]에서 임의의 수를 곱함.

이러한 방법들을 통해, 표 2에 도시된 가능한 결과들은,

s에서 소수 비트들	확률	s+1/2	r	에러(s-r)
.00	1/4	.10	-	0
.01	1/4	.11	-	+0.01(+1/4)
.10	1/8	1.00	-	+0.10(+1/2)
.10	1/8	1.00	+1	-0.10(-1/2)
.11	1/4	1.01	+1	-0.01(-1/4)

표 3 비편향 라운딩

평균 에러 및 편차는,

$$m = \frac{1}{4} \left( 0 + \frac{1}{4} - \frac{1}{4} \right) + \frac{1}{8} \left( \frac{1}{2} - \frac{1}{2} \right) = 0$$

$$\sigma^2 = \frac{1}{4} \left( 0 + \frac{1}{16} + \frac{1}{16} \right) + \frac{1}{8} \left( \frac{1}{4} + \frac{1}{4} \right) = \frac{3}{32} \quad (8)$$

이다.

이것이 평균 에러를 0으로 감소시키기 때문에, 비편향 라운딩으로 불린다.

이것이 일반적으로 항 비편향 라운딩(term unbiased rounding)이 사용되는 방법인 반면에, 그 항이 서로 다르게 사용되는 알려진 예들이 존재한다. 소수 부분에 대한 1/2 값에 따른 특정한 주의를 통한 라운딩은 그것이 동일한 주파수를 통해 라운드 업 및 라운드 오프되도록 비편향 라운딩을 의미한다. 동일한 방식으로 항 비편향 라운딩을 사용하는 종래 기술의 예는 Giacalone 등에 의한 명칭이 "프로세서들에서 라운딩 메카니즘들(Rounding Mechanism in Processors)"인 미국 특허 출원서 2003/0055860 A1에 공개되어 있다. 이러한 출원서는 32 비트 정수들을 16비트로 라운딩할 때, 비편향된 라운딩의 형태 "공평한 라운딩"의 구현을 위한 회로를 기술한다. 다른 한편으로는, Wong에 의한 명칭이 "라운딩된 정수 결과를 얻기 위한 정수 연산자 우측 시프팅 및 소수 중간 결과 라운딩(Right-Shifting an Integer Operand and Rounding a Fractional Intermediate Result to Obtain a Rounded Integer Result)"인 미국 특허 5,930, 159에서는 그것이 MPEG-1 및 MPEG-2 표준들에서 기술된 바와 같이 0으로 또는 무한대로 "라운딩"하는 "비편향" 방법들을 특징으로 한다는 것을 기술하고 있다. 그러나, Wong이 기술하는 상기 방법들은 라운딩보다는 잘라버림의 방법들로 보다 적절하게 관찰된다. 더욱이, 그것들은 단지 양 및 음의 값들의 동일한 혼합에 대해서만 비편향되고, 그것들은 (모든 잘라버림 방법들이) 음이 아닌 값들에 대해서인 것과 같이 높게 편향된다. 본 명세서에서 사용되는 비편향 라운딩은 별개로 그리고 조합에 따르지 않으며 양 및 음의 값들에 대해 비편향된다.

편향된 라운딩에 의해 유입되는 에러의 크기는 소수 비트들의 수, M에 의존한다. 상기 제시된 예에서, M은 2이므로, 편향을 야기하는 경우는 시간의 25%에서 발생한다. M이 1인 경우, 이러한 경우는 시간이 50%에서 발생하므로, 평균 에러는 2배 더 크다. 마찬가지로, M이 3인 경우, 이 경우는 시간의 12.5%에서 발생하므로, 평균 에러는 1/2 더 많다. 따라서, 일반적으로 편향된 라운딩에 대한 평균 에러는,

$$m = -\frac{1}{2^{M+1}} \quad (9)$$

이다. 이러한 결과는 편향된 라운딩에 의해 유입되는 평균 에러가 적은(즉, 더 적은 M) 라운딩에 대해 더 크다는 것을 나타낸다는 점에서 다소 카운터 직관적이다.

결과들이 도 6 및 도 7에 도시된 테스트들에 대해, 샘플 비디오 당 10비트는 도 10a와 관련하여 기술된 바와 같이 수정된 MPEG-2 인코더를 사용하여 10비트에서 인코딩되고, 그 후에 3가지 방식들, (1) 도 10b와 관련하여 기술된 바와 같이, 수정된 MPEG-2 디코더를 사용하는 10비트 디코딩과(이러한 디코딩은 도 3 테스트 장비의 방식에 따라 다음에 기술되는 2개의 8비트 디코딩들에 대한 기준으로 사용된다), (2) 도 9b와 관련하여 기술된 바와 같이, 종래의 MPEG-2 8비트 디코더를 사용하는 8비트 디코딩과, (3) (도 9b에서와 같이) 다른 방식의 종래의 MPEG-2 8비트 디코더를 사용하지만 본 발명의 측면들에 따라 비편향 라운딩을 활용하도록 수정되는 8비트 디코딩에 따라 디코딩된다. 비편향 라운딩 없는 8비트 디코더 및 비편향 라운딩을 갖는 8비트 디코더에 대한 MSE는 도 3에 도시된 바와 같은 방식으로 10비트 디코딩과 관련하여 각각 계산된다. 전체 드리프트 MSE를 바운딩하기 위해, I 프레임은 매 48 프레임들마다 수정된 MPEG-2 인코더에 의해 삽입된다. 도 6 및 도 7을 비교한 것은 비편향 라운딩이 약 4의 인자에 의해 MSE를 감소시킨다(75% 감소). 게다가, 도 6의 MSE

에서 약간의 2차적 상승(즉, 양의 2차 도함수)은 선형적이거나 심지어 서브 리니어(sub-linear)인 성장 레이트를 통해 도 7에서 대체된다. 이것은 전체적으로 평균에러, 방정식(12) 및 (13)에서 주요한(즉, 2차) 항을 0으로 감소시키기 위해 비편향 라운딩을 사용하는 것에 기인한다.

#### 인터 예측(모션 보상)에 대한 비편향 라운딩의 효과

일반적으로, 비편향 라운딩은 편차가 변경되지 않은 상태로 남아있는 동안 평균 에러가 감소되기 때문에, 편향 라운딩보다 우수하다. 피드백 루프가 에러를 축적하도록 하기 때문에, 편향 라운딩의 효과들이 모션 보상에서 특히 손해가 된다는 것을 알 수 있다. 도 5는 그러한 모션 보상 피드백 루프의 근본적 구성요소들을 도시한다(도 4에 도시된 코딩된 나머지에 대해 디블록킹 필터 및 가산기가 단순성을 위해 제거되어 있다).

도 5에서 프레임 저장은 몇 가지 초기 이미지에 의해 초기화된다. 공통 실행에 있어서, 이러한 초기 이미지는 인트라 매크로블록 또는 인트라 프레임 픽처에 대응한다. 모션 보상 필터는 모션 벡터의 정수 부분에 의해 대체되는 프레임 저장의 일부분을 보간한다. 이러한 필터는 방정식들 (4) 및 (5)에 도시된 전체적인 선형 형태를 갖는다. 필터 계수들 자체는 일반적으로 모션 벡터의 소수 부분에 의해 결정되는 위상을 갖는 윈도우 사인 함수이며,  $(x', y')$ 는 모션 벡터의 정수 부분에 의해 결정된다. 라운드 오프 에러에는 소수 계수들  $c(i,j)$  또는 그것들의 정수 버전  $C(i,j)$ 이 불가피하게 제공된다.  $c(i,j)$ 가 정수인 경우에만 어떠한 라운드 오프 에러도 존재하지 않을 것이다.

도 5에서의 피드백 루프 때문에, 에러 편차들은 처음 반복으로부터 나중 반복까지 일관되지 않게 추가하지만, 평균 에러는 그 평균 에러가 결과적으로 프레임 저장에서 전체 MSE(mean-squared error)를 지배하도록 일관적으로 추가한다. 표 4 (이하)는 처음 반복으로부터 나중 반복까지 전체 MSE에서 평균 에러 및 편차 에러의 상대적인 기여들을 표로 만들고 있다. 각각의 반복은 다음의 P 프레임 또는 P 매크로블록, 즉 이전 프레임 또는 매크로블록으로부터 예측되는 것에 대응한다. B 프레임들이 기준 프레임들로 사용될 때, 그것들은 또한 반복을 구성한다. K번째 반복에서, 축적 평균 에러는,

$$m = K \left( -\frac{1}{8} \right) \quad (10)$$

이고, 축적 편차 에러는,

$$\sigma^2 = K \left( \frac{3}{32} \right) \quad (11)$$

이며, 결과적인 MSE는 공지된 공식,

$$MSE = m^2 + \sigma^2 \quad (12)$$

에 의해 제시되며, 방정식들 (10) 및 (11)에 의해 예시되는  $M=2$ 의 경우(라운딩의 2비트)에 대해,

$$MSE = \frac{1}{64} K^2 + \frac{3}{32} K \quad (13)$$

이다.

이러한 방정식들은 편향 라운딩이 전체적인 MSE에 대해 점근선적으로 주요한(즉, K에서 2차) 기여자라는 것을 나타낸다.

반복	전체 평균 에러	평균 에러로부터의 MSE	편차 에러로부터의 MSE
1	-1/8	1/64	3/32
2	-1/4	1/16	3/16
3	-3/8	9/64	9/32

4	-1/2	1/4	3/8
...	...	...	...
6	-3/4	9/16	9/16
...	...	...	...
8	1	1	3/4
...	...	...	...
16	2	4	3/2
...	...	...	...
32	4	16	3

표 4 예측 루프에서 에러 성장

표 4를 살펴보면, 초기에 평균 에러로부터의 기여가 편차 에러로부터의 1/6기여라는 것을 알 수 있다. 그러나, 그것들은 6 번째 반복에서 동일하며, 32번째 반복에 의해 평균 에러는 편차 에러의 5배를 넘는다.

모션 보상에서 실제 필터링이 2차원적이기 때문에, 라운딩된 소수 비트들의 수는 코덱 특정 세부사항들에 의존하며, 상기 예들은 단지 예시적인 것이다. 평균에러가 지배하는 경우에서 반복은 이러한 단순한 예로부터 변경될 수 있지만, 세부적인 것들과 무관하게 평균 에러는 약간의 반복들 후에 지배한다.

비편향 라운딩으로 변경됨으로써, 평균 에러로부터의 기여는 0으로 감소될 수 있다. 도 6 및 도 7은 도 10(a)에 도시된 MPEG-2의 수정된 버전을 사용하여 10비트 소스로부터 인코딩된 비트스트림을 8비트에서 디코딩하기 위해, 종래 기술 분야에서와 같은 편향 라운딩과 본 발명에 따른 비편향 라운딩 각각을 통한 MSE 또는 드리프트 에러의 성장을 나타낸다.

#### 인트라 예측에 대한 비편향 라운딩의 효과

H.264 및 H.264 FRExt는 그것들이 인트라 예측에 대해 많은 모드들을 갖는다는 점에서 현대 코덱들 중에서 유일하다. 대부분의 이러한 모드들은 제시된 픽셀에 대한 초기 추정에 도달하기 위해 다수의 이웃하는 픽셀들(가장 공통적으로 2개 또는 4개)을 평균화한다. 이러한 평균화 계산들은 편향 라운딩을 통해 방정식들(4, 5)에서 나타난 동일한 선형 형태를 갖는다. 단지 작은 수의 값들이 결합되기 때문에, 편향 라운딩으로부터의 에러는 이것이 방정식 6에서  $M=1, 2$ 에 대응하기 때문에 특히 중요하다.

도 8은 H.264 및 H.264 FRExt 시스템들에서 제시된 블록(검은색)에 대한 인트라 예측 값들에 영향을 미칠 수 있는 블록들(흰색)을 나타낸다. 이러한 예측들이  $4 \times 4$  픽셀들 만큼 작은 블록들에서 발생할 수 있기 때문에, 인트라 예측에 대한 에러 전달은 많은 시간들에 걸쳐 반복하여 발생할 수 있다. 예를 들어,  $1080 \times 1920$ 의 HDTV 해상도에서 수평 및 수직 방향으로 수 백번의 반복들이 있을 수 있다. 비교에 의해, 도 6 및 도 7에 도시된 인트라 예측에 대한 에러 전달은 단지 16번의 반복들에 대한 것이고, 표 4는 단지 32번까지의 반복들로 상승된다.

10비트 FRExt 인코더에 의해 생성되는 비트스트림을 디코딩하도록 종래의 8비트 H.264 FRExt 디코더를 사용하려고 시도할 때, 결과적인 이미지들이 인식가능하지만 색상들은 서로 다르다. 심지어 인트라 예측에서 라운딩 에러들 때문에 바로 제 1 I 프레임이 이것을 예시한다. 더욱이, 8비트 디코딩된 이미지를 기준 10비트 디코딩된 이미지로부터 감산하는 경우, 에러는 도 8에서 제안하는 것과 같이 아래로 그리고 우측으로 전달되는 것으로 보여질 수 있다. 인트라 예측에 대한 에러가 2차원 이미지에 걸쳐 복소수 방식으로 성장하기 때문에, 도 6 및 도 7과 유사한 증가하는 에러의 단순한 구상이 존재하지 않는다. 그러나, 비편향 라운딩의 효과들은 동일하다. 예를 들어, 비편향 라운딩은 약 20 dB의 낮은 PSNR로부터 50 dB에 근사한 높은 PSNR까지 (단지 인트라 예측을 갖는) 초기 I 프레임에 대해 MSE를 감소시킬 수 있다.

MPEG-2와 같은 비디오 압축 테크닉들은 오늘날 폭넓게 전개되어 있다. 도 9 a 및 도 9b 각각은 MPEG-2 인코더 및 디코더(b)의 종래 기술의 구현들을 나타낸다. 프로파일들로 불리는 대부분의 공통으로 사용되는 MPEG-2 비디오 압축 구성들에서, 8비트의 비트 심도 또는 입력 정밀도를 갖는 비디오 데이터가 적용된다. 이러한 입력 정밀도는 차후에 압축에서 사용되는 다양한 내부 변수들의 최소 정밀도를 결정한다. 따라서, 전형적으로 8비트의 비트 심도 또는 정밀도를 통한 입력 비디오가 감산기("-")에 적용된다. 감산기의 정수 출력은 또한 8비트의 정밀도를 갖지만, 그것이 음수이기 때문에, "s8" (signed 8)로 제시되는 전체 9비트에 대한 사인 비트를 요구한다. 감산기의 차이 출력은 "나머지"라 불린다. 그에 따라, 이러한 정수 출력은 출력이 "s11"(signed 11 bit) 포맷으로 3개의 추가적인 비트 또는 12 비트를 요구하는 2-D DCT에 적용된다. 이러한 12비트는 양자화되어, 그 후에 엔트로피(가변적인 길이 코딩)("VLC")가 인코딩된 비트스트림을 생성하기 위

해 다른 파라미터들을 통해 코딩된다. 양자화되어 변환된 계수들은 또한 최초 감산에서 사용되는 동일한 예측에 따라 역 양자화("IQ")되고, 역 변환("IDCT")되며, (포화를 통해) 추가된다. 인코더의 이러한 부분이 도 9b에 도시된 디코더를 모방한다는 것에 주의한다. 엔트로피 코딩("VLC") 및 디코딩("VLD")이 무손실이기 때문에, VLC에 따른 양자화된 DCT 계수들 입력은 VLD 블록으로부터의 그러한 출력과 동일하다. 디코더 및 인코더에서 IDCT들이 동일한 경우, 인코더 및 디코더에서 디코딩된 나머지가 동일하다. 디코딩된 나머지는 원래의 나머지에 대한 근사치이다. 예측에 이러한 디코딩된 나머지를 추가하고 최초 범위(MPEG-2에 대해 [0,255])에 포화시킴으로써, 입력 프레임의 근사치인 디코딩된 프레임을 생성한다. 그러한 디코딩된 프레임들은 콘텐츠들이 인코더 및 디코더에서 (IDCT 에러 허용 한계들 내에서) 동일한 프레임 저장("FS")에 저장된다. 그 후에, 디코딩된 프레임들은 최초 감산에서 사용하기 위해 예측을 생성하도록 사용된다. 따라서, 요약하자면, 종래 기술의 MPEG-2 시스템은,

입력 8비트(unsigned)

예측에 대한(프레임 저장) 8비트(unsigned)

나머지(입력 빼기 예측) 9비트(signed)

변환된 나머지 12비트(signed)

양자화된 데이터 12비트(signed)

의 비트 심도 정밀도들을 갖는다.

도 10a 및 도 10b에 도시된 MPEG-2 수정들에 있어서, 비디오 시퀀스들은 명칭상 8비트 스트림들을 통해 적합성을 유지하는 동안, 종래의 MPEG-2에서보다 더 높은 정밀도에서 인코딩된다. 이것은 변환되고 양자화된 나머지들에 의해 전달되는 정밀도의 최적을 사용을 이루기 위한 계산들을 수행하도록 사용되는 정밀도를 증가시킴으로써 달성된다. 이것은 특히 MPEG-2에 적용가능하며, 그것은 입력 비디오가 단지 8비트인 반면에 변환되고 양자화된 나머지들에 대해 12비트를 사용한다.

도 10a 및 도 10b의 수정들에 있어서, 모든 내부 인코더 및 디코더 계산들의 정밀도는 2비트 만큼 증가되고, 입력 소스는 2개 비트들이 더 큰 비트 심도를 가지며, 양자화된 데이터 정밀도는 동일한 상태에 있으며, 즉,

입력 10비트(unsigned)

(예측에 대한) 프레임 저장 10비트(unsigned)

나머지(입력 빼기 예측) 11비트(signed)

변환된 나머지 14비트(signed)

양자화된 데이터 12비트(signed)

이다. 변경되는 인코더 및 디코더의 그러한 부분들은 도 10a 및 도 10b의 각각에서 점선으로 에워싸져 있다.

추가로, (\*로 표시되는) 양자화 및 역 양자화는 양자화된 값들의 스케일이 변경되지 않도록 바뀐다. 10비트 인코더에서 내부 변수들이 정밀도의 2개의 여분의 비트들을 갖기 때문에, 이러한 변경은 양자화에 대한 2의 추가적인 우측 시프트 또는 4로 나누고, 탈양자화에 대한 2의 추가적인 좌측 시프트 또는 4로 곱하는 것이다. 8비트 양자화가 단순히 양자화 스케일, QS에 의한 나눗셈이기 때문에, 등가적인 10비트 양자화는 단순히 양자화 스케일 4배로 또는  $4 \cdot QS$ 로 나누는 것이다. 마찬가지로, 8비트에서 역 양자화는 기본적으로 양자화 스케일 QS로 곱하는 것이기 때문에, 10비트에서 단순히 양자화 스케일 4배만큼 곱한다. 따라서,  $Q^*$  및  $IQ^*$ 에 대해 요구되는 변화들은 단순히 비트 심도에 따라 양자화 스케일 QS를 변경하는 것이다.

MPEG-2 인코더들 및 디코더들의 또 다른 수정은 Snell & Wilcox Limited의 Cotton and Knee에 의한 "향상된 압축 테크닉들(Improved Compression Techniques)"인, 국제 공보번호 WO 03/063491 A2에 기술되어 있다. Cotton 및 Knee 공보에 따라, 비디오 압축 인코더 및 디코더에서 계산 정밀도는 프레임 저장의 정밀도를 제외하여 증가된다. 그러한 장비는 또한 비편향 라운딩이 다른 방식의 종래 MPEG-2 디코더에서 활용될 때 인코딩을 위해 유리할 수 있다.

### 요약

비편향 라운딩은 동일한 비트스트림의 높고 낮은 비트 심도 디코딩 사이에서 에러에 대해 상당한 영향력을 갖는다. 편향 라운딩은 평균 및 편차 에러 모두를 생성한다. 평균 에러는 일관적이고, 처음 예측으로부터 나중 예측까지 빠르게 성장하며(MSE 성장은 방정식들(12, 13)에 의해 제시된 바와 같이 K에 따른 2차식이다), 매우 가시적이다. 편차 에러는 보다 느리게 성장하고(MSE 성장은 선형적이다), 그것이 임의적이고 더 낮은 진폭을 갖기 때문에 훨씬 덜 가시적이다. 비편향 라운딩은 라운딩이 요구될 때 보다 정확하다. 본 발명의 측면들에 따라, 더 높은 비트 심도에서 동일한 계산들에 더 근사한 더 낮은 비트 심도 계산들을 구성하기 위해, 비편향 라운딩은 예측 루프, 특히 인터 및 인트라 예측에서 계산들에 적용될 수 있다.

### 구현

본 발명은 하드웨어 또는 소프트웨어나, 그 모두의 조합(예로써, 프로그램 가능한 논리 어레이들)으로 구현될 수 있다. 다른 방식으로 명시되지 않는 경우, 본 발명의 일부로 포함되는 알고리즘들은 어떠한 특정 컴퓨터 또는 다른 장치에 관련되어 선천적인 것은 아니다. 특히, 다양한 범용 머신들은 본 명세서 내 지침들에 따라 기록된 프로그램들을 통해 사용될 수 있거나, 요구되는 방법 단계들을 수행하도록 보다 특화된 장치(예로써, 집적 회로들)를 구성하기에 보다 편리할 수 있다. 따라서, 본 발명은 각각이 적어도 하나의 프로세서와, (휘발성 및 비휘발성 메모리 및/또는 저장 요소들을 포함하는) 적어도 하나의 데이터 저장 시스템과, 적어도 하나의 입력 디바이스 또는 포트와, 적어도 하나의 출력 디바이스 또는 포트를 포함하는 하나 또는 그 이상의 프로그램가능한 컴퓨터 시스템들상에서 실행하는 하나 또는 그 이상의 컴퓨터 프로그램들에서 구현될 수 있다. 프로그램 코드는 본 명세서에 기술된 함수들을 수행하도록 입력 데이터에 적용되며 출력 정보를 생성한다. 출력 정보는 공지된 방식에 따라 하나 또는 그 이상의 출력 디바이스들에 적용된다.

각각의 그러한 프로그램은 컴퓨터 시스템과 통신하도록 (기계, 어셈블리, 또는 고레벨 절차나, 논리적, 또는 객체 지향적 프로그래밍 언어들을 포함하는) 어떠한 희망되는 컴퓨터 언어로 구현될 수 있다. 어떠한 경우에도, 언어는 컴파일 또는 해석되는 언어일 수 있다.

각각의 그러한 컴퓨터 프로그램은 저장 매체 또는 디바이스가 본 명세서에 기술된 절차들을 수행하도록 컴퓨터 시스템에 의해 관독될 때, 컴퓨터를 운영하고 구성하기 위해 범용 또는 특화된 프로그램 가능 컴퓨터에 의해 관독 가능한 저장 매체 또는 디바이스(예로써, 고체 상태 메모리 또는 매체나, 자기 또는 광학 매체)로 다운로드되거나 그에 저장되는 것이 바람직하다. 본 발명의 시스템은 또한 컴퓨터 프로그램을 통해 구성되는 컴퓨터 관독가능 저장 매체로 구현되도록 고려될 수 있고, 그렇게 구성된 저장 매체는 컴퓨터 시스템이 본 명세서에 기술된 함수들을 수행하도록 특정한 미리 규정된 방식에 따라 동작하도록 한다.

본 발명의 다수의 실시예들이 기술되어 있다. 그럼에도 불구하고, 다양한 수정들이 본 발명의 취지 및 범위로부터 벗어나지 않으며 이루어질 수 있다는 것을 이해할 것이다.

### 도면의 간단한 설명

도 1은 H.264 또는 H.264 FRExt 비디오 인코더의 개략적인 기능을 도시한 블록도.

도 2는 H.264 또는 H.264 FRExt 비디오 디코더의 개략적인 기능을 도시한 블록도.

도 3은 2개의 디코더들의 출력들의 품질을 비교하기 위한 장비의 개략적인 기능을 도시한 블록도.

도 4는 라운딩이 발생하는 장소들을 식별하는 인코더 및 디코더에서 예측 루프의 개략적인 기능을 도시한 블록도.

도 5는 모션 보상 피드백 루프의 개략적인 기능을 도시한 블록도(도 4에 도시된 코딩된 나머지에 대한 디블록킹 필터 및 가산기는 단순성을 위해 제거되어 있다).

도 6은 기준 디코더(인코더의 비트 심도에서 동작하는 디코더)와 관련하여 인코더의 비트 심도보다 더 낮은 비트 심도에서 동작하는 종래의 디코더의 경우에 대해 축적하는 에러들(수직 스케일) 대 비디오 프레임 수(수평 스케일)의 수를 나타내는 그래프도.

도 7은 기준 디코더(인코더의 비트 심도에서 동작하는 디코더)와 관련하여 인코더의 비트 심도보다 더 낮은 비트 심도에서 동작하는 비편향된 라운딩을 활용하는 종래의 디코더의 경우에 대해 축적하는 에러들(수직 스케일) 대 비디오 프레임 수(수평 스케일)의 수를 나타내는 그래프도.

도 8은 (셰이딩된) 또 다른 픽셀을 예측하도록 사용될 수 있는 (셰이딩되지 않은) 픽셀들을 나타내는 연속적인 비디오 라인들에서 픽셀들을 도시한 도면.

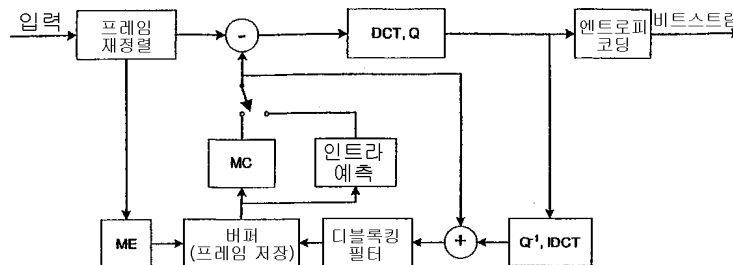
도 9는 종래의 MPEG-2 인코더(도 9a) 및 디코더(도 9b)의 개략적인 기능을 도시한 블록도.

도 10은 수정된 MPEG-2 인코더(도 10a) 및 디코더(도 10b)의 개략적인 기능을 도시한 블록도.

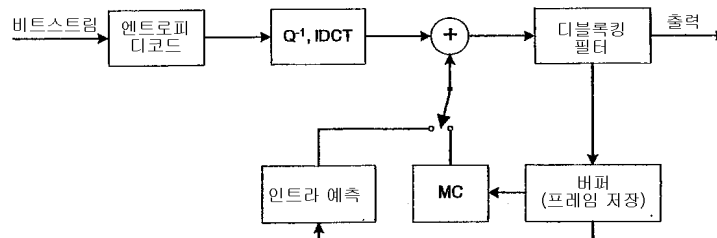
도 11은 MPEG-2 형태 디바이스들에서 입력, 잔여물, 변환된 잔여물, 및 양자화되어 변환된 나머지의 8비트 및 10비트 버전들의 비교를 도시한 도면.

## 도면

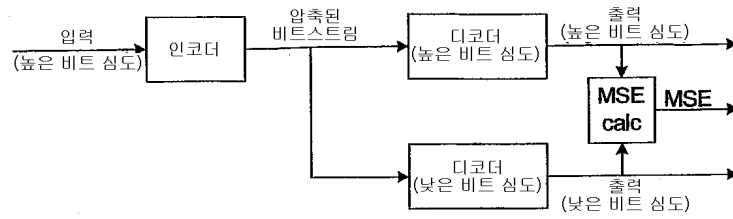
도면1



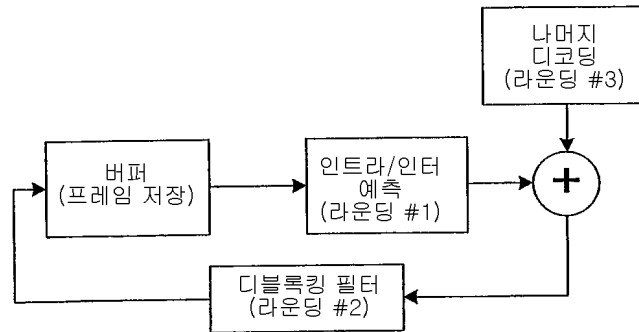
도면2



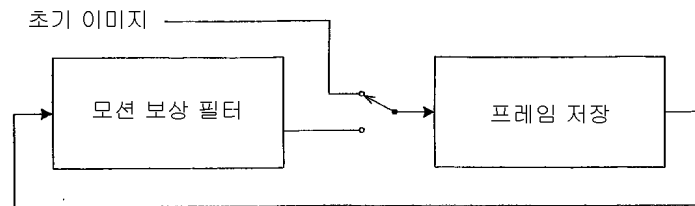
도면3



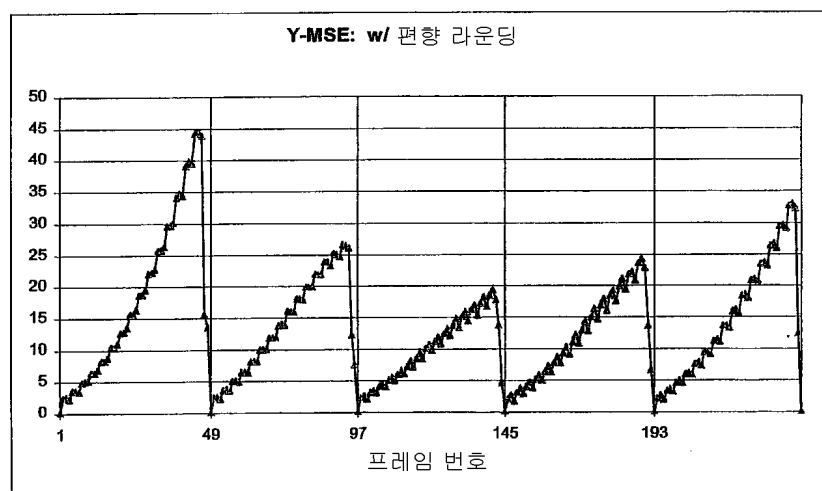
도면4



도면5

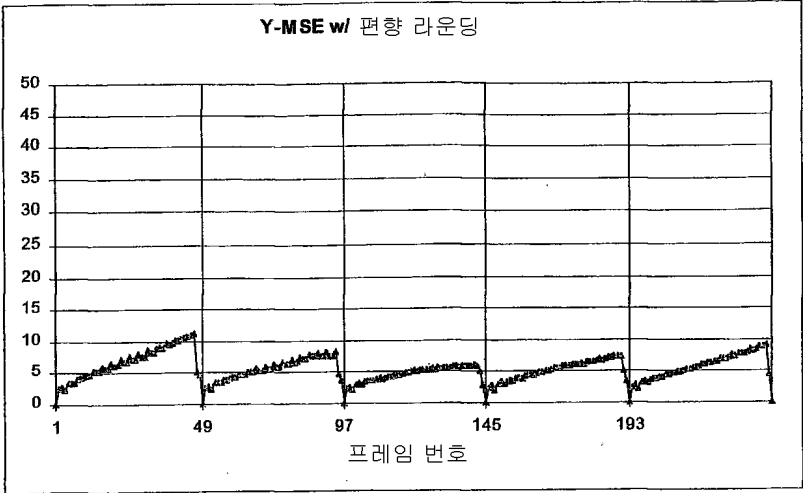


도면6

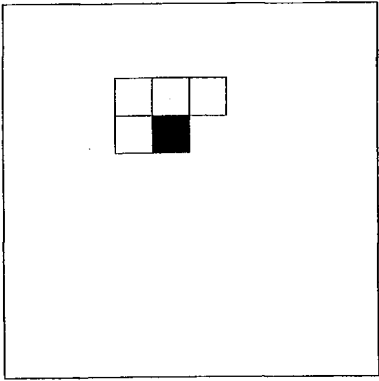




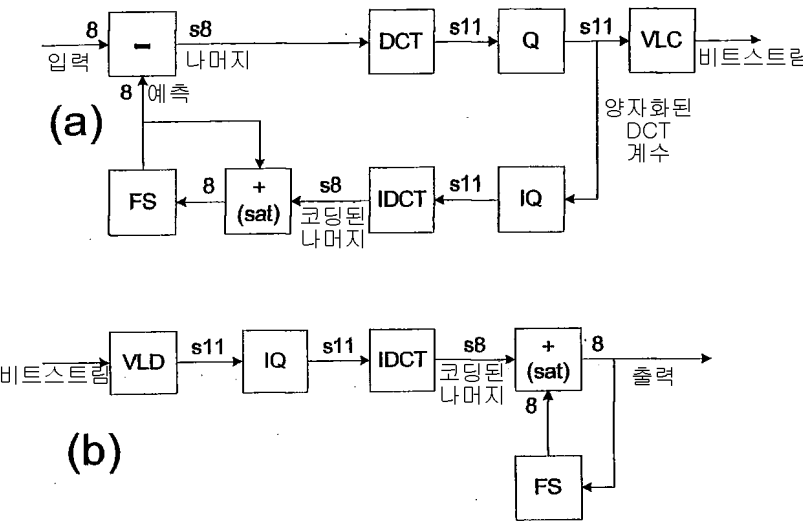
도면7



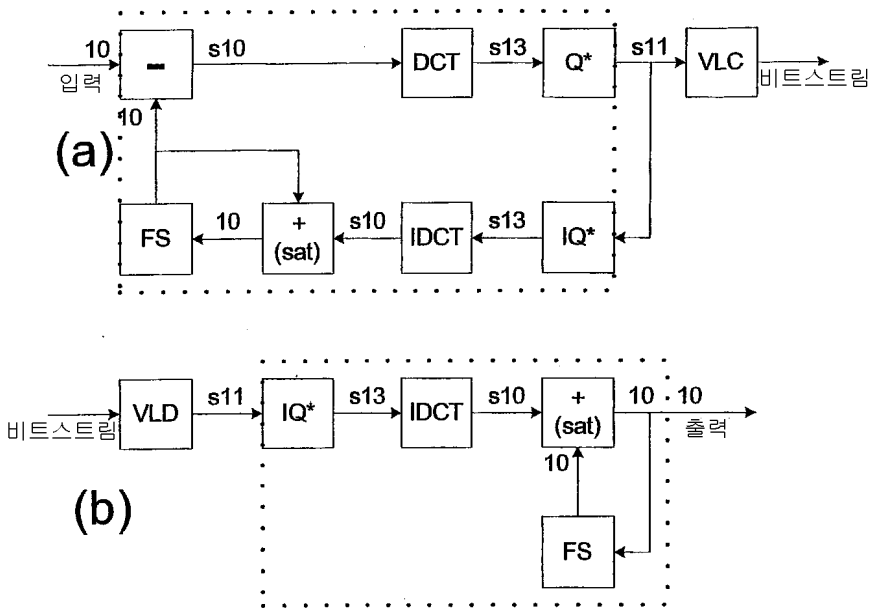
도면8



도면9



도면10



도면11

	8비트의 종래 기술	10비트의 본원 발명	
입력	A (8)	A' (10) f	$ A-A'  < 1/2$
나머지	B (9)	B' (11) f	$ B-B'  < 1/2$
DCT	C (12)	C' (12)	$ C-C'  < 4$
Q	D (12)	D' (12)	$ D-D'  < 4/QS$
		D'' (12)	$ D-D''  < (1+4/QS)$