

논문 2010-47SP-3-5

통계적 확률 기반의 효율적인 고속 화면 내 모드 예측 방법

(Efficient High-Speed Intra Mode Prediction based on Statistical Probability)

임 응*, 남 정 학*, 정 광 수*, 심 동 규**

(Woong Lim, Jung Hak Nam, Kwang Soo Jung, and Dong Gyu Sim)

요 약

H.264/AVC는 공간적 중복성을 제거하기 위하여 9개의 화면 내 예측모드를 사용하도록 설계되었다. 또한, 모드 정보의 전송을 위하여 이웃한 블록의 모드간의 높은 상관도를 사용한다. 모드를 표현할 때, 더 높은 확률을 가진 모드에 더 적은 비트가 할당되며, 이웃한 두 개 블록의 예측모드 간에 최소값을 취하여 예측함으로써 압축된다. 본 논문에서는, 몇 개의 테스트 비디오 시퀀스를 사용하여 왼쪽과 위쪽의 이웃한 두 블록의 모드에 따라서 발생하는 현재 블록의 예측모드에 대한 통계적 확률을 구하였다. 다음으로 왼쪽과 위쪽의 이웃한 두 블록의 예측모드의 모든 조합에 대하여 현재 블록에서 결정될 확률이 가장 높은 5개 모드를 후보 예측모드로 하여 테이블로 구성한다. 이 확률 테이블을 사용하여, 선택된 5개의 후보 모드들만 쓸-왜곡 최적화를 수행함으로써 부호화 과정을 고속화하고, 각각의 경우에서 가장 높은 발생 확률을 갖는 모드를 most probable mode로 사용하여 모드 정보를 줄임으로써 부호화 성능을 높이는 방법을 제안한다. 제안한 알고리즘의 부호화 성능은 5개 후보 모드의 발생확률의 합이 90%, 85%, 80%이상인 경우에 대하여 JM14.2 대비 각각 1.17%, 1.50%, 1.19% 향상되었으며 부호화 속도는 18.46%, 27.97%, 36.03% 향상되었다.

Abstract

The H.264/AVC has been designed to use 9 directional intra prediction modes for removing spatial redundancy. It also employs high correlation between neighbouring block modes in sending mode information. For indication of the mode, smaller bits are assigned for higher probable modes and are compressed by predicting the mode with minimum value between two prediction modes of neighboring two blocks. In this paper, we calculated the statistical probability of prediction modes of the current block to exploit the correlation among the modes of neighboring two blocks with several test video sequences. Then, we made the probable prediction table that lists 5 most probable candidate modes for all possible combinatorial modes of upper and left blocks. By using this probability table, one of 5 higher probable candidate modes is selected based on RD-optimization to reduce computational complexity and determines the most probable mode for each cases for improving compression performance. The compression performance of the proposed algorithm is around 1.1%~1.50%, compared with JM14.2 and we achieved 18.46%~36.03% improvement in decoding speed.

Keywords: intra prediction, mode prediction, statistical probability

I. 서 론

최근 IT산업이 급속도로 발전하고 정보 전송이 광대

역화 됨에 따라 고화질 디지털 콘텐츠의 수요가 크게 증가되고 있다. 또한, PDA, PMP와 같은 멀티미디어 플랫폼을 탑재한 모바일 기기가 보편화, 고성능화되고 있으며 무선 이동 멀티미디어 서비스의 질이 높아지고 있다. 과거와 달리 고해상도 디스플레이를 장착한 제품들에 대한 수요가 증가되면서 고화질, 고해상도의 모바일 비디오 콘텐츠들도 지속적으로 제공되고 있다. 이러한 콘텐츠의 변화에 따라 비디오 압축 기술의

* 학생회원, ** 정회원, 광운대학교 컴퓨터공학부
(Department of Computer Engineering,
Kwangwoon University)

※ 본 연구는 서울시 산학연 협력사업(10560)을 통하여 이루어졌음.

접수일자: 2010년1월21일, 수정완료일: 2010년3월2일

발전이 요구되고 있다. 국제 표준화 단체에서는 수십 년간 비디오 압축 표준화를 진행해 왔으며, 최신 비디오 압축표준인 H.264/AVC는 ITU-T Video Coding Experts Group (VCEG)과 ISO/IEC MPEG Video Group의 Joint Video Group (JVT)에 의해서 개발되었다. 현존하는 최고 성능의 비디오 압축 표준인 H.264/AVC는 IPTV, DMB, PMP, HDTV 등에 상용화되었다.^[1~8]

비디오 압축 기술의 주요 관심 분야는 향상된 압축 성능이다. 동일한 비트의 양에 대해서 더 좋은 화질의 영상을 제공하거나, 동일한 화질의 영상을 더 적은 비트로 압축하는 것이 비디오 압축 기술의 가장 큰 목표이다. 이러한 이유로 차세대 비디오 압축 표준화 과정에서는 압축 성능을 높이기 위한 다양한 알고리즘이 지속적으로 제안되고 있다. 비디오 압축 분야의 또 다른 관심 분야는 부호화/복호화의 속도 향상이다. 더 높은 성능의 압축률을 달성하기 위해서 다양한 알고리즘이 표준에 적용되었으며, 이에 따라 다양한 구문 (syntax) 들이 추가되었다. 또한, 최적의 압축 성능을 위하여 부호화기에서는 매우 복잡한 수준의 윌-왜곡 최적화 (RDO : Rate-Distortion Optimization) 과정을 거치게 되며, 이는 많은 양의 연산을 요구한다.^[9]

특히, 최신 비디오 압축 코덱인 H.264/AVC는 높은 비디오 압축 성능을 위하여 9개 방향을 고려한 화면 내 예측 방법을 사용한다.^[1~2] 화면 내 예측 프레임은 이전 참조 영상이 존재하지 않는 영상의 첫 프레임에 적용된다. 또한, 네트워크상에서 발생할 수 있는 패킷 손실과 같은 상황에서 발생할 수 있는 에러의 전달을 방지하기 위하여 영상 시퀀스의 중간에 주기적으로 삽입될 수 있다. 일반적으로 화면 내 예측 프레임은 30프레임 당 한 프레임 정도 존재한다. 이는 영상 전체 프레임의 1/30에 해당하는 적은 양이지만, 이후에 나오는 화면 간 예측 프레임이 참조하는 영상이기 때문에 화면 내 예측 프레임의 화질이 영상 전체의 화질에 영향을 미칠 수 있다. 따라서, 화면 내 예측 부호화 방법의 개선은 비디오 압축에서 중요한 영역이라 할 수 있다. 9개의 방향을 고려한 화면 내 예측 방법은 높은 압축 성능을 보이는 반면, 높은 부호화 복잡도가 수반된다. 따라서, 이러한 높은 부호화 복잡도를 줄이기 위한 연구가 활발하게 진행되고 있다.

기존에 제안된 방법은 9개의 예측모드에 대한 부호화 과정 이전에 해당 블록의 신호적 특성을 알아내고,

이에 따라 후보 예측모드를 줄이는 방법으로 부호화 복잡도를 낮추었다. 이러한 방법들은 대부분 화면 내 예측 부호화 복잡도를 상당한 수준으로 낮추지만, 예측방향의 정확도가 떨어지기 때문에 화질 저하와 비트 증가를 동반한다. 이러한 화질 저하는 고화질 대화면 디스플레이 장치의 수요가 증가함에 따라 최근의 고해상도 비디오 콘텐츠의 수요도 증가하는 현 시점의 추세에 적합하지 않다. 또한, 휴대용 멀티미디어 장치에서도 기존의 것보다 고화질 고해상도 디스플레이 장치가 탑재되고 있으며, 이러한 시장의 동향에서 부호화된 콘텐츠의 화질 저하는 매우 심각한 문제라 할 수 있다.

본 논문에서는 기존의 모드 예측 방법을 실험을 통해서 측정된 통계적 확률 테이블을 기반으로 하여 블록의 예측모드 정보를 가변 비트로 할당하는 개선된 알고리즘을 사용함으로써 더 높은 압축 성능을 달성할 수 있는 방법을 제안한다. 제안한 방법은 높은 발생 확률을 갖는 몇 개의 모드로 후보 모드의 수를 제한함으로써 부호화 복잡도를 동시에 낮출 수 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II 장에서는 기존의 H.264/AVC 화면 내 예측 방법과 모드 예측 방법, 기존에 제안된 화면 내 예측 고속화 방법을 설명하고, III 장에서는 본 논문에서 제안하는 알고리즘을 설명한다. 다음으로 IV 장에서는 제안하는 알고리즘에 대한 성능을 보이며, V 장에서 결론을 맺는다.

II. 기존의 화면 내 예측 및 부호화 방법

1. H.264/AVC의 화면 내 예측 부호화 방법

최신 비디오 코덱인 H.264/AVC에서 사용되는 화면 내 예측 부호화 방법은 현재 코딩되고 있는 블록과 인접한 블록간의 높은 상관도를 이용하여 중복성을 제거한 차분신호를 압축하는 방법이다. 화면 내 예측을 위한 단위는 4×4, 8×8, 16×16 크기의 블록으로 존재하며, 특히 영상 내 복잡한 영역에서 더욱 정밀한 예측을 통한 차분신호를 최소화하기 위하여 4×4 크기의 블록을 사용한다. 4×4 블록 크기의 경우 화면 내 예측모드는 그림 1과 같이 0번에서 8번까지 총 9개의 모드가 존재한다. 각 모드별로 서로 다른 예측 방향을 가지며, 방향성이 없는 2번 모드(DC모드)는 주변 블록의 평균값을 사용하여 예측한다.

9개의 화면 내 예측모드 중에서 현재 부호화가 진행 중인 블록에 대한 최적의 모드를 결정해야 한다. 이때,

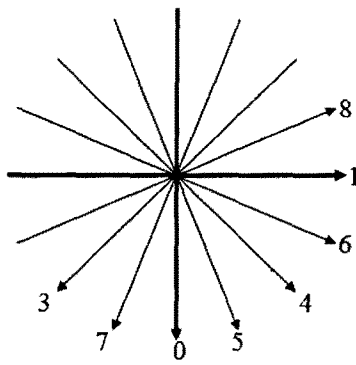


그림 1. H.264/AVC의 화면 내 부호화 방향
Fig. 1. Intra prediction modes for 4x4 block in H.264/AVC.

화면 내 예측 모드 (16 modes)	CBP (Coded Block Pattern)	부호화 계수
-----------------------	---------------------------	--------

그림 2. H.264/AVC의 화면 내 예측 부호화 정보
Fig. 2. Information of intra prediction for 4x4 block in H.264/AVC.

9개의 모든 모드에 대하여 윗-왜곡을 구하여 최소 윗-왜곡을 갖는 모드를 최적 모드로 결정하게 된다.^[4] 현재 부호화 중인 4x4 블록에 대한 최적 모드의 방향으로 차분신호를 만들어 주파수 변환 및 양자화, 엔트로피 부호화 등의 과정을 거쳐 최종 부호화 코드가 생성된다.

H.264/AVC는 16x16 크기의 매크로블록 단위로 부호화가 진행되며, 만일 매크로블록 내의 서브블록이 4x4 블록으로 결정되었다면 총 16개 블록에 대한 정보를 부호화 하게 된다. 이때, 각각의 4x4 블록에 대하여 복호화 과정에서 필요한 정보에는 화면 내 예측모드 정보, 부호화 블록 패턴 정보, 차분신호를 부호화한 계수의 순으로 생성된다. 하나의 매크로블록에 대한 부호화 정보는 그림 2와 같다.

화면 내 예측모드는 해당 블록에 대한 차분신호를 구할 때 예측한 방향에 대한 정보이며, 부호화 블록 패턴은 8x8 서브블록 단위로 각 블록의 부호화 계수가 존재하는지 여부에 대한 정보이다. 이는 4개의 8x8 휘도 블록과 2개의 8x8 색차신호 블록에 대한 정보로써, 가변 길이 부호화기 내의 테이블을 참조하여 부호화된다. 각 서브블록의 차분신호에 대하여 부호화 계수가 존재할 때 각 블록에 대한 부호화 계수가 추가된다.

기존의 4x4 블록에 대한 화면 내 예측모드를 결정하는 방법은 앞서 설명한 것과 같이 모든 모드에 대한 윗-왜곡을 구하여 최적 모드를 구하게 된다. 최적 모드가 결정되면, 이에 대한 정보를 기록해야 하는데, 모드 정

보를 위한 비트수를 최소화하기 위하여 주변 블록의 모드 정보를 얻어와 식 (1)에 의하여 결정된다. 식 (1)의 $Mode_{left}$ 와 $Mode_{up}$ 은 각각 현재블록의 왼쪽과 위쪽에 위치한 인접 블록의 화면 내 예측모드이다.

$$MostProbableMode = \min(Mode_{left}, Mode_{up}) \quad (1)$$

현재 부호화 중인 블록과 주변 블록 사이에는 동일한 방향성을 가질 확률이 높기 때문에 현재 블록의 최적 모드는 주변 블록의 최적 모드와 같을 확률이 높다. 또한 표준에서 제안된 화면 내 예측모드의 방향성은 영상에서 발생할 확률이 높은 모드로부터 오름차순으로 할당된 번호이다. 즉, 일반적인 경우에 한 프레임 내에서 모드 0번이 발생할 확률이 모드 8번이 발생할 확률보다 높다. 따라서 현재 부호화 중인 블록에서 발생할 확률이 가장 높은 모드(most probable mode)는 식 (1)과 같이 주변의 이웃한 두 블록의 모드 중 그 값이 작은 모드를 통하여 현재블록을 예측했을 때 같은 모드일 확률이 높으므로 이를 most probable mode로 결정하고, 현재 블록의 최적 예측모드와 비교한다. 이 과정을 통해서 most probable mode와 현재 블록의 최적 모드가 같은지에 대한 정보(prediction_mode_flag)를 1비트로 저장한다. 만일, 현재 부호화 중인 블록의 최적 모드와 식 (1)을 통해서 결정된 모드가 같으면, prediction_mode_flag는 1로 세팅되고 현재 블록의 모드 정보는 추가로 전송하지 않는다. most probable mode와 현재 블록의 최적 예측모드가 다를 경우에 prediction_mode_flag는 0으로 세팅되고 현재 블록의 모드 정보 3비트가 추가정보로 보내지게 된다.^[4] 화면 내 예측 부호화 과정에서 총 9개 모드가 존재하지만 주변 블록과의 비교를 통한 prediction_mode_flag의 값을 결정하는 단계에서 한 개의 모드가 이미 비교되었으므로 나머지 8개 모드에 대

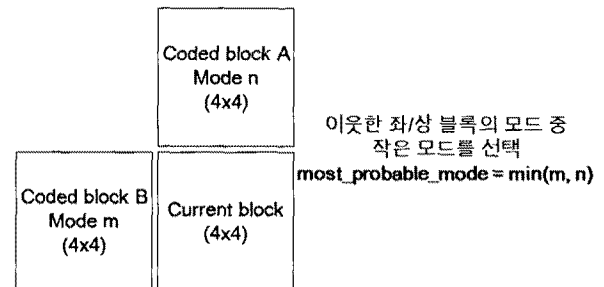


그림 3. H.264/AVC의 4x4 화면 내 예측 부호화 과정에 대한 예
Fig. 3. An example of Intra prediction for 4x4 block in H.264/AVC.

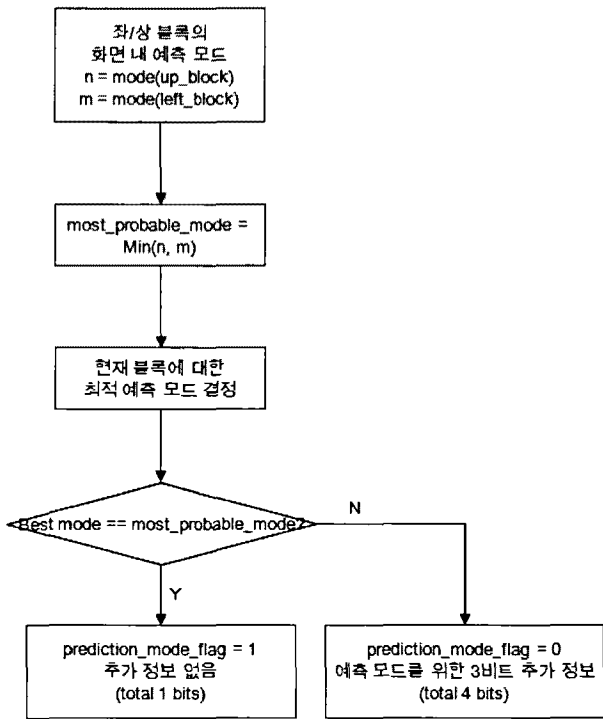


그림 4. H.264/AVC 화면 내 모드 예측 방법에 대한 흐름도

Fig. 4. The flowchart of mode prediction process of the conventional H.264/AVC.

하여 3 비트로 부호화가 가능해진다. 이러한 과정에 대한 예는 그림 3과 같다.

위의 그림 3에서 현재 부호화되는 블록에 대하여 왼쪽 블록과 위쪽의 블록은 이미 부호화 과정이 끝났으며, 만일 왼쪽 블록의 화면 내 예측모드가 3이고 위쪽 블록의 화면 내 예측모드가 6이라고 가정하면 most probable mode는 식 (1)에 의하여 3으로 결정된다. 다음으로 현재 부호화되는 블록에 대하여 9개 모든 방향에 대한 예측을 수행하고, 최적 모드를 결정한다. 만일, 현재 블록에 대한 최적 모드가 3번이라면, most probable mode와 같아지므로 prediction_mode_flag는 1로 세팅되며, 현재 블록의 예측모드에 대한 추가정보는 없다. 만일, 현재 블록에 대한 최적 모드가 8번이라면, most probable mode와 현재 블록의 최적 예측모드가 다르므로 prediction_mode_flag는 0으로 세팅되고 최적 모드인 8에 대한 정보 3비트를 추가한다. 그림 4는 H.264/AVC의 모드 예측 과정을 나타낸다.

그림 5는 most probable mode가 3일 경우에 대하여 나머지 8개 모드에 할당되는 비트를 나타낸다. 3번 모드는 이미 most probable mode를 결정하는 단계에서 현재 부호화되는 블록의 화면 내 예측모드가 아님이 판별

Prediction mode	0	1	2	3	4	5	6	7	8
bit	000	001	010	X	011	100	101	110	111

Most probable mode

그림 5. Most probable mode를 제외한 모드들에 할당되는 비트 정보

Fig. 5. The mode bit information of the remaining intra prediction mode exception of most probable mode.

되었으므로, 3번 모드를 제외한 나머지 8개 모드에 대하여 코드 값을 그림 5와 같이 3비트로 결정할 수 있다.

부호화기의 측면에서는 현재 부호화될 블록을 기준으로 하여 왼쪽과 위쪽의 부호화된 블록의 예측모드를 알 수 있으므로, 부호화기와 같은 방법을 통해서 most probable mode를 알 수 있다. 또한 위의 예와 같은 경우에 prediction_mode_flag의 값이 0이므로 현재 부호화 중인 블록의 예측모드가 3번이 아님을 알 수 있다. 따라서 부호화기와 동일한 방법으로 그림 4와 같은 모드를 코드 값을 알 수 있고, 예측 과정의 역순으로 부호화된 영상을 만들어낼 수 있다.

2. 기존의 화면 내 예측 부호화에 대한 고속화 방법

최신 비디오 압축 표준인 H.264/AVC의 화면 내 예측 방법은 9개의 다양한 예측 방향을 고려하기 때문에 상당한 복잡도를 수반한다. 이에 따라 다양한 방법으로 복잡도를 낮추는 방법이 제안되었다.^[10~13]

[10]에서는 4x4 화면 내 예측의 고속화 방법을 제안한다. H.264/AVC는 4x4, 8x8 화면 내 예측에 9개의 예측모드가 존재한다. 또한 16x16 화면 내 예측에 4개의 예측모드가 존재한다. 이에 따라 부호화기에서는 각각의 블록 크기별 화면 내 예측을 모두 수행하여 최적의 블록 크기와 예측모드를 결정한다. [10]에서는 일반적으로 화면 내 예측모드의 방향이 블록 내부에 존재하는 에지 방향과 유사한 방향의 모드로 결정된다는 사실에 근거하여 16x16 블록의 화면 내 예측모드를 결정하고, 8x8 블록의 화면 내 예측을 수행할 때, 16x16 블록의 화면 내 예측모드의 방향과 유사한 방향을 갖는 후보 모드들에 대해서만 예측을 수행한다. 4x4 블록의 화면 내 예측을 수행할 때에는 8x8 블록의 예측모드 방향과 유사한 후보 모드들에 대해서만 예측을 수행함으로써, 화면 내 예측의 횟수를 줄이는 방법을 제안하였다. 제안한 알고리즘의 결과는 약 78%의 부호화 복잡도 감소

		Left block →									
		-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8
↑ upper block	-1	2 (100%)	X	1,2,8 (100%)	2,8,1 (100%)	X	X	X	X	X	2,8,1 (100%)
	0	0,2,7,3 (100%)	0,1,6,7,5 (94%)	0,1,6,8,4 (89%)	0,1,5,7,4 (84%)	0,3,8,7,2 (84%)	0,4,5,1,6 (80%)	0,5,7,4,1 (85%)	0,1,6,8,4 (86%)	0,7,3,5,2 (85%)	0,1,8,6,2 (81%)
	1	X	0,1,6,2,4 (91%)	1,8,6,2,0 (93%)	1,6,8,4,0 (87%)	1,8,3,6,4 (81%)	1,4,6,8,5 (80%)	1,5,0,4,6 (79%)	1,6,8,4,2 (87%)	1,7,0,3,8 (76%)	1,8,6,2,4 (88%)
	2	2,3,7,0 (100%)	0,1,6,4,5 (88%)	1,6,8,0,2 (85%)	2,1,0,3,6 (88%)	2,3,8,7,1 (84%)	2,4,5,6,1 (78%)	2,5,0,4,7 (80%)	2,6,1,4,8 (83%)	2,7,0,3,5 (81%)	2,1,8,6,4 (81%)
	3	2,3,7,0 (100%)	0,3,7,1,2 (81%)	1,8,3,2,6 (79%)	2,3,1,7,8 (78%)	3,8,2,7,1 (86%)	3,4,8,5,1 (71%)	3,5,4,0,8 (74%)	3,1,6,8,4 (77%)	3,7,2,0,8 (82%)	3,8,1,2,6 (80%)
	4	X	0,4,5,1,6 (81%)	1,4,6,8,5 (80%)	2,4,6,5,1 (80%)	3,4,8,1,2 (70%)	4,5,6,1,8 (80%)	4,5,0,7,2 (78%)	4,6,1,8,5 (80%)	4,7,0,5,2 (72%)	4,8,1,6,2 (75%)
	5	X	0,5,4,7,1 (83%)	1,5,4,0,8 (78%)	2,5,4,0,7 (81%)	3,5,8,0,4 (71%)	4,5,0,7,6 (79%)	5,4,0,7,2 (86%)	5,6,4,1,8 (74%)	5,0,7,3,4 (75%)	5,8,1,4,2 (69%)
	6	X	0,1,6,4,2 (85%)	1,6,8,4,2 (88%)	2,6,1,4,8 (83%)	3,6,1,8,4 (75%)	4,6,1,8,2 (79%)	5,6,1,4,8 (75%)	6,1,8,4,2 (86%)	6,7,0,8,1 (69%)	6,1,8,2,4 (81%)
	7	2,7,0,3 (100%)	0,7,3,5,2 (84%)	1,7,8,0,3 (78%)	2,7,0,3,5 (78%)	3,7,0,8,2 (81%)	4,7,0,3,8 (71%)	5,7,0,3,2 (76%)	6,7,8,3,0 (68%)	7,3,0,2,8 (86%)	7,8,1,2,3 (75%)
8	X	0,1,8,6,4 (80%)	1,8,6,2,4 (87%)	2,1,8,6,3 (82%)	3,8,1,2,6 (79%)	4,1,8,6,2 (76%)	5,1,8,6,4 (72%)	6,1,8,4,2 (81%)	7,8,1,0,2 (73%)	8,1,2,6,3 (83%)	

그림 6. 인접한 이웃 블록의 화면 내 예측모드에 대하여 현재 블록의 가장 높은 빈도를 갖는 상위 5개 모드에 대한 확률 테이블

Fig. 6. The probability table of the 5 most probable intra prediction modes of the block to be coded in reference to its adjacent neighboring blocks.

에 대하여 약 0.073dB의 화질 저하와 약 2.27% 비트율 증가를 보였다.

또 다른 방법은 주파수축에서 블록의 에지를 판단하여 복잡도를 낮추는 방법이다.^[11] H.264/AVC에서 사용되는 4x4 정수 변환 결과를 참조하여 블록의 신호 특성을 얻을 수 있다. 블록의 정수 변환 계수는 해당 주파수가 블록 내에 얼마만큼 포함되어 있는가를 의미한다. 또한 4x4 정수변환의 특성으로 블록의 (0, 0) 위치로 에너지가 집중된다. 이 때, DC를 제외한 나머지 AC계수들은 해당 블록에 특정 주파수 성분이 포함된 양을 나타냄과 동시에 에지의 방향성을 나타낸다. 따라서 비교적 큰 값은 갖는 AC계수의 위치를 통하여 해당 블록에 존재하는 에지의 방향을 판단하고, 이에 따라 화면 내 예측모드를 제한함으로써 복잡도를 낮출 수 있다. [11]에서 제안한 방법은 약 60%의 복잡도 감소에 대하여 약 0.17dB의 화질 저하와 약 1.25%의 비트율 증가를 보였다.

III. 통계적 확률 테이블 기반의 화면 내 예측모드 결정 및 부호화 고속화 방법

H.264/AVC의 화면 내 예측 과정에서는 이전 장에서

설명한 것과 같이 주변 블록의 예측모드를 참조하여 모드 예측을 수행한다. 9개의 예측모드가 동일한 확률로 발생한다면 이에 대한 정보를 표현하기 위하여 4비트의 정보가 필요하다. 그러나 실제로 주변 블록의 예측모드와 현재 블록의 예측모드 사이에는 공간적인 중복성이 존재하기 때문에, 이를 사용하여 4비트 보다 적은 양의 비트로 예측모드를 표현할 수 있다. 이러한 특성을 바탕으로 본 논문에서는 화면 내 예측부호화 기술 중에서 통계적인 확률을 기반으로 기존의 9개 예측모드 정보를 1~4비트의 가변 길이로 표현하여 압축 효율을 높임과 동시에 부호화 복잡도를 낮출 수 있는 방법을 제안한다.

1. 주변 블록과 현재 블록의 모드별 발생빈도 분석
 기존의 화면 내 예측 부호화는 예측과정에서 총 9개의 후보 예측모드에 대한 부호화 결과 중 가장 압축 성능이 높은 것을 선택하는 방법이다. 이러한 부호화 결과는 차분영상의 부호화 정보 외에 예측모드 정보도 포함하므로, 주변 블록의 예측모드에 따라서 집중되는 몇 개의 모드로 현재 블록의 예측모드의 수를 줄인다면 화면 내 예측모드를 적은 양의 비트로 표현하여 압축 효율을 높일 수 있다.

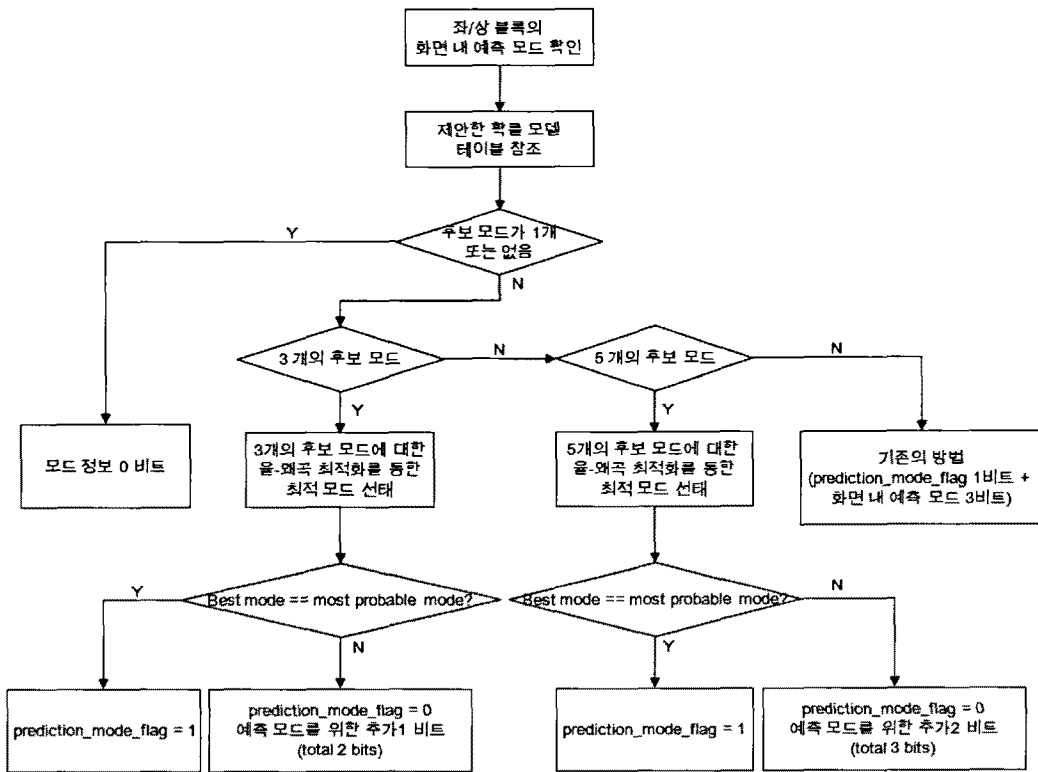


그림 7. 제안한 화면 내 모드 예측 방법의 흐름도
 Fig. 7. The flowchart of the proposed intra mode prediction method.

제안하는 방법을 위하여 기존의 방법에서 현재 블록이 참조하는 왼쪽과 위쪽 이웃블록의 모든 예측모드의 조합에 대하여 부호화 과정에서 결정된 현재 블록의 예측모드의 발생빈도를 측정하였으며, 그 결과는 그림 6과 같다. 그림 6은 현재 블록을 기준으로 왼쪽/위쪽 방향에 있는 이웃블록의 예측모드에 대한 현재블록의 발생 빈도가 가장 높은 예측모드로부터 상위 5개의 예측모드를 나열하고, 상위 5개의 모드가 전체 9개 예측모드의 발생 빈도의 합에서 차지하는 비율을 표시한 것이다. 이는 12종류의 CIF(352×288) 비디오 시퀀스에 대한 부호화 실험을 통하여 측정된 것이다. 모든 프레임을 4×4 화면 내 예측 프레임으로 부호화 하였으며, 양자화 파라미터 22, 27, 32, 37에 대하여 각각 50 프레임을 부호화한 결과로부터 추출했다. 그림 6 내에서 'x'로 표기된 것은 발생하지 않는 경우를 의미한다. 그리고 프레임의 경계에 인접한 블록에서는 3 또는 4개의 모드 중 하나로 반드시 선택된다. 나머지 블록에서는 모든 경우에 대하여 약 70% 이상의 확률로 상위 5개의 예측모드에 집중됨을 알 수 있다. 이는 이웃한 블록의 예측모드와 현재 블록의 예측모드 간에 상관관계가 존재한다는 사실을 뒷받침한다.

2. 제안하는 화면 내 예측모드 결정 방법

그림 6의 결과를 바탕으로 화면 내 예측을 수행함에 있어, 발생 빈도가 가장 높은 5개 모드에 대해서만 예측 부호화를 수행한다. 이 때, 기존의 방법과 달리 5개의 후보 모드 중 발생 빈도가 가장 높은 예측모드를 most probable mode로 선택한다. 다음으로 기존의 방법과 동일한 방법으로 most probable mode를 통하여 현재 블록의 최적 예측모드와 비교한다. 다음으로 현재 블록의 최적 예측모드가 most probable mode와 동일할 경우 prediction_mode_flag를 1로 세팅하고, 다를 경우 0으로 세팅한다. 만일 prediction_mode_flag가 0으로 결정되었고, 총 5개의 모드가 존재하는 경우라면 나머지 4개의 모드 중 하나가 최적 예측모드이므로 2비트의 추가 정보만으로 예측모드를 표현할 수 있다. 만일 현재 블록이 프레임의 경계에 위치한다면 후보 예측모드가 3개 또는 4개이다. 후보 예측모드가 3개인 경우라면 prediction_mode_flag가 0일 경우라도 추가 1비트로 나머지 2개의 현재 블록의 예측모드를 표현할 수 있으며, 이는 추가적으로 발생하는 3비트의 모드 정보 대비 2비트를 줄일 수 있는 방법이다. 후보 예측모드가 4개인 경우에도 추가 2비트로 현재 블록의 예측모드를 표

현함으로써 기존의 방법 대비 1비트를 줄일 수 있다.

제안한 방법은 앞서 설명한 바와 같이 각각의 경우에 대하여 화면 내 예측모드 정보를 가변적으로 적용하는 방법이다. 즉, 그림 6의 확률 테이블을 참조하여 부호화기에서 발생빈도가 높은 상위 5개 예측모드가 전체 9개 모드 대비 차지하는 비율을 가변적으로 선택할 수 있다. 예를 들어, 부호화기 측에서 90%이상의 확률을 차지하는 경우에만 제안한 알고리즘을 적용할 것이라면 선택되지 않는 나머지 경우에 대해서 모드 정보가 1비트 또는 4비트로 표현되는 기존의 방법과 동일한 방법으로 부호화 한다. 이와 같이 발생 확률에 따라 가변적으로 테이블의 일부를 참조하여 모드 예측을 수행하는 과정의 흐름도는 그림 7과 같다.

기존의 H.264/AVC 화면 내 예측 알고리즘은 9개의 예측모드에 대하여 각 방향에 따른 예측을 수행하고, 발생하는 비트량과 열화되는 화질의 정도를 측정하여 최적 예측모드를 구하는 울-왜곡 최적화를 통해 현재 블록의 최적 예측모드를 결정한다. 이러한 기존의 방법은 최대 9번의 화면 내 예측을 수행해야하며, 높은 복잡도를 수반한다. 반면, 제안한 알고리즘은 발생확률 테이블을 기반으로 선택된 경우에 대하여 최대 5개 방향으로의 예측 및 울-왜곡 최적화만을 수행하며, 동시에 모드 정보를 가변적으로 선택함으로써 기존의 방법에 비하여 압축성능을 개선함과 동시에 연산 복잡도를 낮출 수 있다.

IV. 제안한 알고리즘의 성능 분석 결과

본 논문에서 제안한 알고리즘의 부호화 성능과 복잡도 성능을 측정하기 위하여 H.264/AVC 표준 모델인 JM14.2에 제안하는 알고리즘을 적용하였다. 그림 6의 확률 참조 표는 앞서 언급한 것과 같이 4x4 화면 내 예측만을 사용하여 12개 CIF영상에 대하여 측정한 결과이다. 제안한 알고리즘의 성능 측정은 training을 위한 입력 시퀀스와 구분되는 VCEG 720p(1280x720) 표준 시퀀스를 입력으로 하여 실험한 결과이다. 실험환경은 JM14.2 / baseline profile / only I frame / only 4x4 intra / 100 frames이다.

각각의 실험은 그림 6의 확률 표에서 가변적으로 상위 5개 모드가 전체 9개 모드에 대해서 차지하는 비율을 선택하여 각각에 대하여 실험한 결과이며, 양자화 파라미터는 22, 27, 32, 37로 수행하였다. 제시한 실험조

건에서 제안한 알고리즘의 압축 성능은 BDbitrate와 BDPSNR로 측정하였다. BDbitrate와 BDPSNR은 부호화 과정에서 발생하는 비트의 양과 입력된 원본 영상과 복원된 영상간의 화질 간의 서로 다른 축의 값에 대한 부호화 성능을 정량적인 수치로 표현하는 방법이다.^[4] BDbitrate이 음수로 표현되는 것은 발생한 비트의 양이 감소하였음을 나타낸다. 즉, 압축 성능이 높아짐을 의미한다. BDPSNR은 양수로 표현되었을 때 영상의 화질이 높아짐을 나타낸다.

부호화 복잡도 향상에 대한 성능은 밀리 초 (millisecond, ms) 단위로 측정하였다. 이는 제안한 알고리즘과 기존의 H.264/AVC의 화면 내 예측 부호화 모듈의 수행시간만을 측정한 결과이다.

제안하는 알고리즘에 대한 실험은 그림 6의 테이블에서 각각의 경우에 대한 모드들의 발생 확률이 80%, 85%, 90% 이상인 영역을 참조하여 수행하였다.

1. 부호화 성능 측정 결과

표 1은 상위 5개 모드의 발생확률이 80%, 90%, 95% 이상인 각각의 경우에 대한 압축 성능을 나타낸다.

표 1의 결과에서 5개의 720p 시퀀스에 대하여 발생확

표 1. 각각의 발생확률 테이블 참조영역에 따른 부호화 성능

Table 1. The result of the coding performance in reference to the cases that of each probability table region.

영상	QP	80% 이상		85% 이상		90% 이상	
		BD PSNR	BD Bitrate	BD PSNR	BD Bitrate	BD PSNR	BD Bitrate
BigShips	22	0.12	-1.90	0.11	-1.75	0.09	-1.47
	27						
	32						
	37						
City_corr	22	-0.05	0.60	0.00	-0.05	0.02	-0.31
	27						
	32						
	37						
Crew	22	0.07	-1.15	0.09	-1.48	0.10	-1.60
	27						
	32						
	37						
Night	22	-0.04	0.57	0.00	-0.05	0.03	-0.33
	27						
	32						
	37						
Shuttle Start	22	0.32	-4.07	0.33	-4.20	0.17	-2.17
	27						
	32						
	37						
평균		0.08	-1.19	0.11	-1.50	0.08	-1.17

률이 80%이상인 테이블 영역을 적용하였을 경우 평균 부호화 성능은 약 1.19%로 측정되었다. 특히 shuttle start영상에서 4.07%의 높은 성능이 나왔으며, 이를 제외하면 약 0.47%의 부호화 성능을 보인다. 발생확률이 전체의 85% 이상을 차지하는 경우에 대한 압축 성능은 약 1.5%로 측정되었으며, shuttle start 영상을 제외했을 경우 약 0.8%의 부호화 성능의 향상이 있었다. 발생확률이 90% 이상인 경우에 대한 압축 성능은 약 1.17%로 측정되었으며, shuttle start를 제외했을 경우 약 0.93%의 압축 성능을 보였다.

2. 복잡도 성능 측정 결과

표 2는 부호화 성능 실험과 동일한 실험조건에서 측정한 복잡도 성능 측정결과이다. 이는 제안한 방법이 기존의 방법 대비 단축된 수행시간의 비율을 나타낸 결과이다.

표 2의 결과는 기존의 방법과 제안한 방법의 화면 내

표 2. 제안한 방법의 부호화 속도 측정 결과
Table 2. The result of the coding speed of the proposed method.

영상	QP	time saving(%)		
		80%이상	85%이상	90%이상
BigShips	22	35.53	23.78	9.50
	27	32.22	26.13	11.14
	32	36.22	29.78	18.58
	37	37.51	33.17	25.37
평균		35.37	28.22	16.15
City_corr	22	35.08	24.00	13.95
	27	36.30	23.57	12.64
	32	35.97	25.29	16.11
	37	35.54	30.22	17.86
평균		35.72	25.77	15.14
Crew	22	36.55	24.79	14.71
	27	37.18	30.98	22.09
	32	36.24	32.53	27.46
	37	38.68	34.85	32.57
평균		37.16	30.79	24.21
Night	22	35.83	21.71	11.38
	27	34.44	26.43	16.83
	32	35.52	28.01	22.24
	37	37.66	32.31	23.37
평균		35.86	27.11	18.45
Shuttle Start	22	36.78	29.70	20.69
	27	36.86	32.57	19.78
	32	34.63	31.44	11.81
	37	35.66	38.20	17.06
평균		35.98	32.98	17.33
전체 평균		36.03	27.97	18.49

예측 수행 시간만을 측정한 결과이다. 표 2를 통하여 그림 6의 확률 테이블의 90%이상에서 80%이상의 경우로 테이블의 참조 영역이 넓어질수록 수행 시간이 단축됨을 알 수 있다. 이는 기존의 9개 방향 예측에 비하여 5개 혹은 그 이하의 방향으로만 예측하는 경우가 증가하기 때문이다.

표 4로부터 확률 테이블의 90% 이상인 영역을 사용하였을 경우 전체 5개 720p 영상의 화면 내 예측 수행 시간이 기존의 방법 대비 약 18.49% 단축되었음을 알 수 있다. 또한 확률 테이블의 참조 영역을 85%, 80%로 증가시킴에 따라 기존의 방법에 비하여 약 27.97%, 36.03%로 단축되는 시간의 비율이 증가함을 알 수 있다.

V. 결 론

본 논문에서 제안한 통계적 확률 기반의 화면 내 모드 예측 방법은 이웃한 주변 블록의 화면 내 예측모드에 따라 현재 블록의 발생 확률이 높은 후보 예측모드를 줄임으로써 예측모드에 필요한 비트를 감소시키는 방법이다. 통계적 확률을 통하여 후보 모드가 줄어들어 따라 수행하는 예측의 수가 줄어들기 때문에 부호화 속도가 향상되었다. 제안한 방법의 실험을 통하여, 통계적 확률 테이블의 영역을 90% 이상, 85% 이상, 80% 이상으로 넓혀감에 따라서 각각 1.17%, 1.50%, 1.19%의 부호화 성능 향상이 있었으며, 18.49%, 27.97%, 36.03%의 부호화 속도 향상이 있음을 확인하였다. 이를 통하여 인접한 블록 간에 화면 내 예측모드의 상관관계가 존재함을 알 수 있으며, 이를 사용하여 화면 내 예측모드 정보를 감소시킬 수 있으며, 후보 예측모드를 제한함으로써 부호화 속도를 향상시킬 수 있음을 증명하였다.

참 고 문 헌

[1] Thomas Wiegand, Gary J. Sullivan, Gisle Bjontegaard, and Ajay Luthra, "Overview of the H.264/AVC video coding standard," IEEE trans. on Circuits and Systems for Video Technology, vol. 13, no.7, pp. 560-576, July 2003.
 [2] ITU-T Recommendation H.264 & ISO/IEC 14496-10 (MPEG-4) AVC, "Advanced Video Coding for Generic Audiovisual Services," (version 1: 2003, version 2: 2004) version 3: 2005.
 [3] Gary J. Sullivan, "The H.264/MPEG4 Advanced

- Video Coding Standard and its Applications,” IEEE Communications Magazine, pp. 134-143, August, 2006.
- [4] Iain E.G. Richardson, “H.264 and MPEG-4 video compression for next-generation multimedia” Wiley, pp.177-184, 2003.
- [5] ISO/IEC, “Generic Coding of Moving Pictures and Associated Audio-Part 2: Video,” ISO/IEC 13818-2, 2000.
- [6] Arundhati Tamhankar and K. R. Rao, “An Overview of H.264/MPEG-4 part 10,” 4th EURASIP Conference on Video/Image Processing and Multimedia Communications, vol. 1, pp. 1-51, June 2003.
- [7] A Puri, X Chen, A Luthra, “Video coding using the H.264/MPEG-4 AVC compression standard,” Signal Processing: Image Communication 19 (2004) pp.793-849, 2004.
- [8] Iain E. G. Richardson, “H.264 and MPEG-4 Video Compression,” John Wiley & Sons Ltd, pp. 187-198, 2003.
- [9] G. Sullivan, T. Wiegand, “Rate-distortion optimization for video compression,” IEEE Signal Proc. Magazine, pp. 74-90, November, 1998.
- [10] Jun Sung Park, and Hyo Jung Song, “Selective Intra Prediction Mode Decision for H.264/AVC Encoders,” World Academy of Science, Engineering and Technology, Volume 13, pp.51-55, Helsinki, Finland, January, 2006.
- [11] Takeshi Tsukuba, Isao Nagayoshi, Tsuyoshi Hanamura, Hideyoshi Tominaga, “H.264 Fast Intra-prediction Mode Decision Based on Frequency Characteristic,” Proc. of EUSIPCO 2005, Antalya, Turkey, pp. 61-66, September, 2005.
- [12] Abderrahmane Elyousfi, Ahmed Tamtaoui, EL Houssine Bouyakhf, “Fast Mode Decision Algorithm for Intra prediction in H.264/AVC Video Coding,” IJCSNS-International Journal of Computer Science and Network Security , VOL.7 No.1, pp. 356-364, January 2007.
- [13] A. Elyousfi, A. Tamtaoui, and E. Bouyakhf, “A New Fast Intra Prediction Mode Decision Algorithm for H.264/AVC Encoders,” Volume 27, pp. 1-7, March, 2007 Amsterdam, The Netherlands
- [14] Gisle Bjontegaard, “Calculation of average PSNR differences between RD-curves,” ITU-T Q.6/SG16 VCEG, VCEG-M33, Texas, USA, April 2001.

— 저 자 소 개 —



임 응(학생회원)
2008년 광운대학교 컴퓨터공학과
학사
2010년 광운대학교 컴퓨터공학과
석사
2010년~현재 광운대학교 컴퓨터
공학 박사과정.

<주관심분야 : 영상압축, 컴퓨터 비전, 영상신호
처리>



남 정 학(학생회원)
2006년 광운대학교 컴퓨터공학과
학사
2008년 광운대학교 컴퓨터공학과
석사
2008년~현재 광운대학교 컴퓨터
공학 박사과정

<주관심분야 : 영상압축, 멀티프로세서>



정 광 수(학생회원)
2008년 광운대학교 컴퓨터공학과
학사
2008년~현재 광운대학교 컴퓨터
공학과 석사

<주관심분야 : 영상신호처리, 영
상압축, 영상 화질측정>



심 동 규(정회원)
1999년 서강대학교 전자공학과
공학박사
1999년~2000년 (주) 현대 전자
2000년~2002년 (주) 바로 비전
2002년~2005년 Univ. of
Washington

2005년~현재 광운대학교 컴퓨터공학과 (부교수)
<주관심분야 : 영상신호처리, 영상압축, 컴퓨터
비전>