

H.264/AVC의 실시간 압축을 위한 고속 인터 예측 부호화 기술

정회원 김 영 현*, 최 현 준*, 종신회원 서 영 호**, 김 동 욱*

A Fast Inter Prediction Encoding Technique for Real-time Compression of H.264/AVC

Young-Hyun Kim*, Hyun-Jun Choi* *Regular Members*,
Young-Ho Seo**, Dong-Wook Kim* *Lifelong Members*

요 약

본 논문에서는 H.264/AVC에서 가장 많은 연산량을 차지하는 인터 예측(inter prediction)을 고속으로 수행할 수 있는 방법을 제안하였다. 제안한 방법은 윌-왜곡 최적화 기법(Rate-Distortion Optimization, RDO)이 적용된 JM(Joint Model)의 FME(Fast Motion Estimation)를 대상으로 예측된 움직임 벡터의 방향성을 고려하여 탐색영역을 결정한 후 적응적인 후보 나선형 탐색을 수행한다. 동시에 가변 블록 크기에 대하여 비용함수의 임계값(threshold)을 결정한 후 가변 구간 움직임 탐색을 수행함으로써 인터 예측의 부호화 복잡도를 감소시킨다. 다양한 영상들을 대상으로 실험한 결과 기존의 예측 방식에 최대 80%의 연산량을 줄일 수 있음을 확인하였다. 이에 따른 화질 열화는 평균 0.05dB~0.19dB에 불과하며, 압축률은 평균 0.58%의 미미한 감소를 보임으로써, 제안한 방법이 고속 인터 예측 알고리즘으로 매우 효율적인 방법임을 확인하였다.

Key Words : H.264/AVC, Inter Prediction, Fast algorithm, Rate-distortion Optimization, High Complexity Mode

ABSTRACT

This paper proposed a fast algorithm to reduce the amount of calculation for inter prediction which takes a great deal of the operational time in H.264/AVC. This algorithm decides a search range according to the direction of predicted motion vector, and then performs an adaptive spiral search for the candidates with JM(Joint Model) FME(Fast Motion Estimation) which employs the rate-distortion optimization(RDO) method. Simultaneously, it decides a threshold cost value for each of the variable block sizes and performs the motion estimation for the variable search ranges with the threshold. These activities reduce the great amount of the complexity in inter prediction encoding. Experimental results by applying the proposed method to various video sequences showed that the process time was decreased up to 80% comparing to the previous prediction methods. The degradation of video quality was only from 0.05dB to 0.19dB and the compression ratio decreased as small as 0.58% in average. Therefore, we are sure that the proposed method is an efficient method for the fast inter prediction.

※ 본 논문은 교육인적자원부, 산업자원부, 노동부의 출연금 및 보조금으로 수행한 최우수실용실험사업의 연구결과입니다.

* 광운대학교 전자재료공학과 ({dojaki98, chj, dwkim}@kw.ac.kr), **한성대학교 정보통신공학과 (yhseo@hansung.ac.kr)

논문번호 : 2006-08-341, 접수일자 : 2006년 8월 10일, 최종논문접수일자 : 2006년 10월 26일

I. 서론

최근 정보화 시대로의 도약과 함께 정보화 기술의 급속한 발달이 계속되고 있다. 특히 멀티미디어 서비스에 대한 수요와 공급은 기하급수적으로 증가하고 있으며, 다양한 네트워크 환경에서의 효율적인 멀티미디어 서비스를 위하여 우수한 비디오 압축 기술에 대한 요구가 어느 때보다 커지게 되었다^[1].

H.264/AVC^[2]는 가변 블록 크기 기반 및 1/4화소 단위까지의 인터 예측, 다중 참조 영상 기반의 움직임 예측 및 보상, 루프내의 디블록킹 필터, 향상된 성능의 엔트로피 부호화, 공간 영역에서의 인트라 예측 등의 새로운 기술들이 추가되었고 기존의 DCT/양자화를 변형하였다. 또한 주어진 비트율에서 최상의 영상품질을 얻기 위해 율-왜곡(rate-distortion) 최적화 기법을 사용한다^[3]. 이러한 기술들은 부호화 효율을 제공하는데 반해 많은 연산량을 필요로 한다. 이 중 인터 예측은 전체 부호화 연산량의 60%~80%를 차지하는^[4] 연산량을 줄이기 위해 Zibo^[5]은 정수 화소 단위 탐색을 위한 UMHexagonS (A hybrid Unsymmetrical-cross Multi-Hexagon-grid Search)와 소수 화소 단위 탐색을 위한 CBFPS (Center Biased Fractional Pel Search) 알고리즘을 제안하였고 이는 현재 JM의 FME(Fast Motion Estimation)로 채택되어 사용되고 있다. 또한 Yeping^[6]은 참조 영상 간 움직임 벡터의 연관성을 이용하여 인터 예측의 복잡도를 줄이는 알고리즘을 제안하였다.

본 논문에서는 H.264/AVC 부호화기의 인터 예측 연산량을 감소시키기 위한 알고리즘을 제안한다. 이 방법은 영상의 특성상 예측된 움직임 벡터의 방향성과 움직임 탐색 이후 결정된 움직임 벡터와의 상관도가 높다는 특성을 이용하여 움직임 탐색 영역에서 우선순위를 두어 적응적인 탐색을 수행한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 JM 참조 모델에서 사용되고 있는 H.264/AVC의 인터 예측 부호화 방법과 제안하는 고속 인터 예측 부호화 방법에 대하여 설명한다. 그리고 3장에서는 실험 결과와 기존의 방법과의 비교 결과를 분석하고, 이를 토대로 4장에서 결론을 맺는다.

II. 제안한 고속 인터 예측 알고리즘

본 장에서는 고속 인터 예측을 위해 선행되는 ASS(Adaptive Spiral Search)와 ETSS(Early Termina-

tion Spiral Search) 알고리즘을 제안하고, 본 논문에서 최종적으로 제안하는 고 복잡도 모드的高速 인터 예측 알고리즘에 대해서 설명한다.

2.1 H.264/AVC JM의 인터 예측 부호화

H.264/AVC의 JM 참조 모델에서는 구현 대상이 되는 시스템의 성능 사양을 고려하여 고 복잡도 모드(high complexity mode)와 저 복잡도 모드(low complexity mode)의 두 가지 판정 모드를 지원하고 있다. 또한 인터 예측 수행 시 전형적인 전역 탐색 이외에도 고속 움직임 탐색(FME) 방법을 적용하여 화질의 저하를 최소화하면서 연산량을 획기적으로 줄이고 있다^[4]. FME에서는 아래와 같은 내용에 대한 고속 기법을 정의하고 있다.

- 가변 블록 크기 기반 움직임 예측 및 보상
- 고 복잡도 모드의 움직임 벡터 추정 방법
- 고속 움직임 탐색 방법

2.2 Adaptive Spiral Search (ASS) 알고리즘

2.2.1 방향성 기반 탐색 영역 결정

H.264/AVC 부호화기는 주변 블록으로부터 예측된 움직임 벡터를 중심으로 나선형 구조의 인터 예측을 수행한다. 나선형 구조는 대부분 자연 영상의 움직임 벡터가 원점 근처에 위치한다는 사실을 기반으로 탐색할 영역의 중심부터 원을 그리듯이 움직임 벡터를 추정한다. 이와 관련하여 인터 예측을 위해 탐색의 중심점인 예측된 움직임 벡터의 위치와 탐색 후 결정된 움직임 벡터의 위치 또한 상관성이 매우 높다. 표 1은 실험에 사용한 전체 영상에 대해서 평균적으로 구한 움직임 벡터의 위치 정확도를 나타내었다. 표에서 보는 바와 같이, QP가 증가할수록 움직임 벡터의 위치 정확도는 높아지며 전체적으로 평균 80% 이상 상당히 높은 정확도를 갖는다는 것을 알 수 있다.

본 논문에서는 이러한 실험 결과를 기반으로 인터 예측을 위해 예측된 움직임 벡터의 방향성을 이용하여 탐색 영역의 우선순위를 결정한다. 그림 3에서는 제안한 방향성 기반 탐색 영역의 결정 방법을 보이고 있다. 먼저 예측된 움직임 벡터 $mv_p(x, y)$ 를 중심으로 I, II, III, IV사분면을 형성한다. ±에 대한 방향성뿐만 아니라 $x=0$ 혹은 $y=0$ 과 같이 mv_p 의 부호 값이 사분면의 횡과 종에 놓여 있을 수 있으므로 이러한 모든 가능한 움직임 벡터의 방향성을 고

려하여 사분면을 형성한다. 그리고 mv_p 의 (x, y) 각 위치의 방향 성분인 부호(sign) 값을 분석하여 네 개의 사분면 중 연관성이 높은 사분면을 선택하게 된다. 이렇게 선택된 사분면은 인터 예측 수행 시 우선적으로 탐색되며, 이는 초기에 최적의 움직임 벡터를 예측할 수 있게 한다.

표 1. mvp와 mvc의 정확도(%)
Table 1. Accuracy between mvp and mvc(%)

	Akiyo	Mother	Foreman	Stefan	Mobile
24	84.88	83.31	80.45	75.59	73.86
28	85.55	85.19	82.21	78.21	77.41
32	88.27	87.41	84.55	81.12	80.13
36	90.25	89.14	87.89	82.45	82.39
40	93.46	92.73	89.68	86.27	85.20

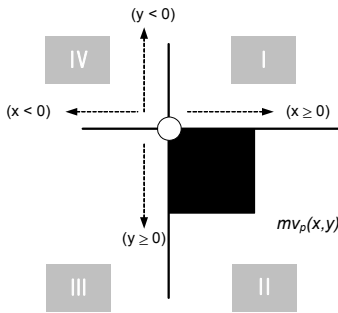


그림 3. 방향성 기반 탐색 영역 결정 방법
Fig. 3. Direction-based Method to decide search range

2.2.2 적응적인 후보 나선형 탐색

예측하고자 하는 현재 블록에 대해 탐색 영역의 우선순위가 결정되면 이를 기반으로 적응적인 나선형 탐색이 수행된다. 그림 4에서는 적응적인 움직임 탐색을 위한 탐색 순서를 보이고 있다. 후보 나선형 탐색(CSS, Candidate Spiral Search) 방법은 CSS1, CSS2, CSS3, CSS4의 총 4가지로 분류된다. 각각의 탐색방법은 예측된 움직임 벡터를 탐색의 중심점으로 설정하여 좌/우/상/하 방향과 시계/반시계 방향으로 적응적인 탐색 패턴의 변화를 주면서 이전에서 우선순위가 결정된 사분면을 먼저 탐색할 수 있도록 설계하였다.

식 1은 적응적인 움직임 탐색을 위한 후보 나선형 탐색 방법의 선택과정을 나타내고 있다. 식에서 변수 i는 선택된 후보 나선형 탐색 방법을 지시하며, 이전의 사분면 선택을 위한 조건이 그대로 도입되었다.

$$CSS_i = (x < 0) ? ((y < 0) ? 4 : i = 3) : ((y < 0) ? i = 1 : i = 2) \quad (1 \leq i \leq 4)$$

그림 4에서 실선(←) 방향으로 탐색을 수행하는 CSS1과 CSS2는 각각 그림 3의 I사분면과 II사분면에 대해 우선적으로 움직임 벡터를 추정하며, 점선(↔) 방향으로 탐색을 수행하는 CSS3와 CSS4는 각각 III사분면과 IV사분면에 대해 우선적으로 움직임 벡터를 추정한다.

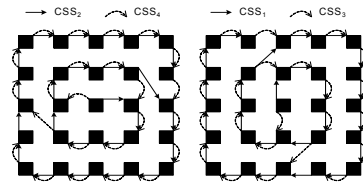


그림 4. 움직임 탐색을 위한 CSSi의 탐색 방법(1 ≤ i < 4)
Fig. 4. Search method of each CSSi for motion estimation

2.3 Early Termination Spiral Search (ETSS) 알고리즘

2.3.1 가변 블록 크기의 임계값 결정

7종류의 움직임 예측 모드에 대해 본 논문에서 제안하는 ETSS 알고리즘을 구현하기 위해서는 각 가변 블록 크기에 대한 임계값을 결정하는 선행처리 과정이 필요하다. 임계값은 움직임 예측의 조기 종결 기준값으로, 임계값이 클수록 연산량은 줄어들지만 예측의 정확도가 떨어진다. 이러한 상보관계를 고려하여 본 논문에서 사용할 임계값은 각 가변 블록 크기에 대한 율-왜곡 비용함수의 평균값으로 한다. 가변 블록 크기의 임계값을 결정하기 위해 영상의 움직임 특성을 고려하여 50개의 영상을 대상으로 가변 블록 크기에 대한 율-왜곡 비용함수의 분포도를 분석하였다. 표 2는 각 영상에 대해 모드 1부터 모드 7까지 율-왜곡 비용함수의 평균값을 나타내고 있다. 실험 결과에서 볼 수 있듯이, 각 모드에 대한 율-왜곡 비용함수는 해당 블록의 크기와 높은 상관성, 즉 블록의 크기에 비례하는 특징을 갖는다.

이러한 특성을 이용하여 가변 블록 크기에 대한 면적 대비 율-왜곡 비용함수의 비례관계를 도출할 수 있으며, 식 2부터 식 5까지 그 방법을 나타내고 있다. 초기에 모드 1에 대한 율-왜곡 비용함수가 결정되면, 쉬프트 연산을 이용하여 각 모드의 임계값을 계산한다. 쉬프트 연산은 블록의 면적을 고려하여 1부터 4까지 증가한다. 이 방법은 각 모드에 대

한 임계값 결정을 위해 요구되는 분석 시간을 감소시키며, 단순한 연산을 이용하여 분석을 통해 구해지는 실제 임계값과의 근사화 오차를 상당히 줄일 수 있다.

$$J_{thi} = J_{th1} >> 1, \text{ if } Mode_{curr} = Mode 2, Mode 3 \quad (2)$$

$$J_{thi} = J_{th1} >> 2, \text{ if } Mode_{curr} = Mode 4 \quad (3)$$

$$J_{thi} = J_{th1} >> 3, \text{ if } Mode_{curr} = Mode 5, Mode 6 \quad (4)$$

$$J_{thi} = J_{th1} >> 4, \text{ if } Mode_{curr} = Mode 7 \quad (5)$$

표 2. 가변 블록 크기에 대한 윌-왜곡 비용값의 분포도
Table 2. Distribution of rate-distortion cost values for variable block sizes

Mode	Akiyo	Mother	Foreman	Stefan	Mobile
1	603.34	687.66	1314.81	2725.28	2673.40
2	309.08	356.60	652.11	1293.30	1333.36
3	309.80	356.07	655.88	1295.47	1322.29
4	161.81	181.07	339.60	628.48	674.50
5	86.25	97.43	179.93	324.59	347.19
6	88.13	98.12	181.41	326.28	351.60
7	45.73	50.28	90.83	164.78	182.85

2.3.2 가변 구간 움직임 탐색

앞 절에서 설명한 선행처리 과정에 따라 모든 인터 예측 모드의 임계값이 결정되면 이를 이용하여 예측된 움직임 벡터를 중심으로 가변 구간의 움직임 탐색을 수행한다. 각 모드에 대한 움직임 탐색 시 임계값보다 윌-왜곡 비용함수가 작을 경우 더 이상의 움직임 탐색을 수행하지 않고 그 블록을 현재 모드에서 최적의 움직임 벡터로 결정한다. 그림 5는 이 방법을 도식적으로 나타내고 있다. 움직임 탐색 영역인 w 에 대해, 한 매크로 블록에 대한 움직임 탐색은 i 가 1부터 $(w >> 1) + 1$ 의 값을 갖는 가변 구간의 OL_i (Outer Loop) 단위로 수행한다. OL 은 그림 6과 같이 내부의 j 에 대해 w 만큼의 $round(j)$ 탐색을 포함한다. $round$ 는 움직임 예측을 위한 탐색점(search point)의 집합으로 구성되며, $round$ 간의 간격은 ± 1 이다.

매크로 블록의 모든 인터 예측 모드에 대해서 예측된 움직임 벡터를 탐색의 중심점으로 사용하여 나선형 탐색을 수행하며, 이 때 이전 방법에서 결정된 J_{thi} ($1 \leq i \leq 7$) 임계값과 발생한 각 구간 내의 윌-왜곡 비용함수 J_{cost} 와의 비교 연산을 통한 가변

구간의 움직임 벡터 결정 과정은 다음과 같다. 먼저 $round(1)$ 부터 $round(w >> 1)$ 을 포함하는 OL_1 구간에 대해 움직임 탐색을 수행한다. OL_1 구간이 많은 $round$ 연산을 포함하고 있는 이유는 국부적 최소점 문제를 해결하기 위해서이다. 만약 발생한 윌-왜곡 비용함수 J_{cost} 가 임계값 J_{thi} 보다 작을 경우, 이때의 블록을 최적의 움직임 벡터인 J_{best} 로 결정한 후 현재 모드의 탐색을 중단한다. 그렇지 않을 경우 현재 구간의 모든 $round$ 를 수행한 후, 다음의 $round((w >> 1) + 1)$ 를 포함하는 OL_2 구간에 대해 움직임 탐색을 수행한다. 마찬가지로 J_{cost} 가 J_{thi} 보다 작을 경우, 이때의 블록을 최적의 움직임 벡터인 J_{best} 로 결정한 후 현재 모드의 탐색을 중단하고, 그렇지 않을 경우 현재 구간의 모든 $round$ 를 수행한다. 만약 J_{cost} 가 이전 구간 OL_1 의 최소 J_{OL1} 보다 작을 경우, 큰 움직임 벡터를 가질 확률이 높기 때문에 다음 구간인 OL_3 에 대해 움직임 탐색을 수행하게 되며, 그렇지 않을 경우 J_{OL1} 을 J_{best} 로 결정한 후 탐색을 중단한다. 이러한 가변 구간에 대한 탐색 방법으로 탐색에 대한 조기 종결이 가능하며, 윌-왜곡 비용함수를 구하는 연산량을 상당히 줄일 수 있다. 이 알고리즘의 수행 절차는 그림 7에 의사코드(pseudo code)로 나타내었다.



그림 5. 가변 구간 움직임 탐색 방법
Fig. 5. Motion search method in variable rounds

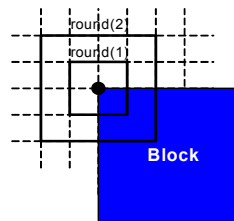


그림 6. 탐색 영역 내 라운드 정의
Fig. 6. Definition of round within search range

2.4 고 복잡도 고속 인터 예측 알고리즘

본 논문에서 최종적으로 제안하는 고속 인터 예측 알고리즘은 윌-왜곡 최적화 방법과 함께 앞 절에서 설명한 ASS와 ETSS 알고리즘을 기반으로 JM의 FME에 탑재하여 구현하였다. 초기 임계값은 각 단계를 진행할 때마다 갱신되며, 기존 JM의 FME

에 적응적으로 ASS와 ETSS 알고리즘을 적용하여 인터 예측을 수행한다.

매크로 블록의 각 모드에 대한 인터 예측에 대해 각 단계에서 움직임 탐색의 조기 종결 조건 및 임계값 갱신 과정은 다음과 같다.

```

Procedure {Early Termination Spiral Search}
// w = search range
begin
For each mode i (i=1,...,7) of the MB(x, y){
  OLi = round(j) (j=1,...,(w>>1))
  For OLi{
    if (Jcost < Jthi) then
      {Jbest = Jcost, Stop motion estimation}
    else
      {Perform motion estimation for all round}
  }
  For all OLj (j=2,...,((w>>1)+1)){
    OLj = round((w>>1)+(j-1))
    if (Jcost < Jthj) then
      {Jbest = Jcost, Stop motion estimation}
    else{
      {Perform motion estimation for all search points
within round}
      if (Jcost < JOL(j-1)) then
        {Perform motion estimation within OL(j+1)}
      else
        {Jbest = JOL(j-1), Stop motion estimation}
      }
  }
}
}

```

그림 7. ETSS 알고리즘의 수행 절차
Fig. 7. Procedure of ETSS algorithm

- ① ASS와 ETSS를 적용한 초기 탐색점 예측
움직임 탐색 초기 종료 조건 : $J_{step1} < J_{thi}$
- ② ETSS를 적용한 Asymmetrical-cross search
임계값 갱신 : $J_{thi} = \min(J_{thi}, J_{step2})$
- ③ ASS와 ETSS를 적용한 UnevenMulti-Hexagon-grid search
가. 탐색 초기 종료 조건 : $J_{step3.1} < J_{thi}$
나. 탐색 초기 종료 조건 : $J_{step3.2} < J_{thi}$
임계값 갱신 : $J_{thi} = \min(J_{thi}, J_{step3.1})$
임계값 갱신 : $J_{thi} = \min(J_{thi}, J_{step3.2})$
- ④ ETSS를 적용한 Extended Hexagon-based search
가. 탐색 초기 종료 조건 :
($J_{step4.1}$ is center) < J_{thi}
나. 탐색 초기 종료 조건 :
($J_{step4.2}$ is center) < J_{thi}
임계값 갱신 : $J_{thi} = \min(J_{thi}, J_{step4.1})$
임계값 갱신 : $J_{thi} = \min(J_{thi}, J_{step4.2})$

첫 번째 단계에서 예측된 움직임 벡터 $mv_p(x, y)$ 의 방향성을 고려하여 탐색 영역의 우선순위를 결정하고, 적응적인 움직임 탐색을 위한 후보 나선형 탐색 방법 CSS_i ($1 \leq i \leq 4$)를 선택한다. 만약 움직임 탐색 조기종결 조건을 만족하면 현재의 블록을 최적의 움직임 벡터인 J_{best} 로 결정한 후 현재 모드의 움직임 탐색을 중단한다. 그렇지 않을 경우 $mv_p(x, y)$ 를 탐색을 위한 중심점으로 설정한 후 다음 단계를 수행한다. 두 번째 단계에서는 탐색 중심점을 기준으로 수평과 수직 방향의 관련된 모든 탐색점에 대해 움직임 탐색을 수행한다. 이 단계에서는 탐색에 대한 조기종결을 지원하지 않으며, 최소의 비용함수 J_{step2} 를 갖는 움직임 벡터가 다음 단계의 탐색을 위한 중심점으로 설정된다. 만약 J_{step2} 가 임계값보다 작으면 임계값 갱신을 수행하며, 마찬가지로 JM의 FME에서 도입한 기존의 조기종결 조건을 적용한다.

두 개의 부-단계로 구성된 세 번째 단계에서 각각의 움직임 탐색에 대한 조기종결 조건이 만족되면 현재 모드의 움직임 탐색 중단과 함께 임계값 갱신 후 다음 단계를 수행하게 된다. 육각 패턴 방향의 탐색을 수행하는 두 번째 부-단계에서는 초기에 결정된 CSS와 함께 ETSS의 OL 개념을 적용한다. 가변 구간 OL_i 은 식 6과 같이 정의된다. 여기서 w 와 θ 는 각각 움직임 예측을 위한 탐색 영역과 탐색점의 집합을 의미한다.

$$OL_i = \theta(i), (1 \leq i \leq (w \gg 2)) \tag{6}$$

가변 구간에 대한 움직임 탐색은 +2의 간격으로 수행한다. OL_3 이후의 구간에서 움직임 탐색에 대한 조기종결 조건이 만족되지 않는 경우, 현재와 이전 구간의 윗-왜곡 비용함수와의 비교를 통해 다음 구간 혹은 다음 단계를 수행할 것인지를 결정한다. 이러한 방법은 움직임의 변화가 큰 경우의 발생 확률을 고려한 것이다. 네 번째 단계 역시 두 개의 부-단계로 구성되며, 각 단계에서 탐색 조기종결 조건이 만족되면 이때의 블록을 최적의 움직임 벡터로 결정한 후 현재 모드의 움직임 탐색을 종결한다.

III. 실험 및 결과

3.1 실험환경

2장에서 설명한 고속 인터 예측 부호화 방법은 JM 9.5^[7]를 기반으로 하여 C++언어로 구현하였으

며, Pentium IV 2.66GHz의 CPU 환경에서 그 동작과 성능을 분석하였다. 사용된 JM 9.5의 실험 환경은 표 3과 같다.

실험에 사용된 테스트 영상은 CIF(352×288) 크기의 Akiyo, Mother, Foreman, Stefan, Mobile 등의 MPEG 표준 동영상들이며, 각 동영상에서 200 프레임 이상을 사용하였다. 제안한 알고리즘의 성능 평가를 위한 측정도구로는 Δ PSNR(화질향상율), Δ Bit-rate(압축향상율), Δ SIR(Speed Improvement Ratio: 연산량 개선율)을 사용하였다.

표 3. JM 9.5의 실험 환경
Table 3. Experimental environments of JM 9.5

Configure	Setting
Profile	Baseline
GOP structure	IPPP . . .
Reference frame	5
Inter prediction mode	7
Search range	16
QP	32
Entropy coding	CAVLC
RDO	On
FME	On

3.2 실험결과 및 분석

3.2.1 임계값 결정을 위한 분석

그림 8에서는 실험에 사용된 영상들의 임계값을 결정하기 위해 가변 블록 크기에 대한 윌-왜곡 비용함수의 분포도를 나타내었다. 영상의 특성상 비교적 움직임이 적은 Akiyo 영상과 Mother 영상의 윌-왜곡 비용함수는 거의 비슷한 분포를 보이고 있다. 마찬가지로 움직임의 변화가 큰 Stefan 영상과 Mobile 영상에 대해서도 이러한 특성을 볼 수 있다. 그리고 움직임의 변화가 큰 영상일수록 높은 윌-왜곡 비용함수를 갖게 되며, 임계값 결정시 이러한 영상의 특성을 반영해야 한다. 본 논문에서는 이러한 특성을 고려하여 각 영상의 임계값 결정을 위해 선행되는 모드 1의 임계값을 Akiyo 영상과 Mother 영상에 대해서는 645, Foreman 영상에 대해서는 1300, 그리고 Stefan 영상과 Mobile 영상에 대해서는 2700으로 설정하였다. 그리고 모드 1의 임계값을 이용하여 각각 {645, 323, 323, 162, 81, 81, 41}, {1300, 650, 650, 325, 163, 163, 82}, {2700, 1350, 1350, 675, 338, 338, 169}의 총 3개의 후보 임계값 모드로 분류하였으며, 영상의 움직임 특성에 따라 적절적으로 선택하여 사용하였다.

3.2.2 실험결과 및 타 방법과의 비교

표 4는 제안한 고속 인터 예측 알고리즘의 성능 평가를 위해 Zibo Chen이 제안한 JM의 FME 방법과 비교하여 분석한 결과이다. 각각의 방법은 일반적인 전역 탐색(Full search) 방법을 기준으로 성능의 향상된 정도를 계산하였다. 제안한 방법은 기존의 전역 탐색 방법과 비교하여 인터 예측의 연산량을 최대 80% 이상 감소시키며, 이에 따른 화질 열화는 0.05dB~0.19dB로 미미한 증가를 보였다. 또한 압축율은 평균 0.58%의 감소를 보임으로써, 연산량의 감소에도 불구하고 압축율은 거의 그대로 유지함을 확인할 수 있었다.

또한 제안한 방법은 Zibo Chen의 방법과 비교하여 평균 45% 이상의 연산량을 감소시키며, 화질 열화와 압축율의 증가는 미미한 것을 알 수 있다. 따라서 본 논문에서 제안한 방법이 기존의 전역 탐색과 JM의 FME 방법에 비교하여 상당히 우수한 성능을 보이고 있음을 확인하였다.

그림 9는 Akiyo 영상에 대해 같은 환경 조건에서 기존의 JM FME와 제안한 방법에 의해 복원한 영상의 예를 보이고 있다. 일반적인 전역 탐색으로 수행할 경우 PSNR이 37.707dB, JM의 FME로 수행할 경우 PSNR이 37.700dB 인데 비해, 그림 9(b)의 경우 PSNR은 37.672dB 정도를 유지하고 있다. 이러한 결과에서 제안한 방법에 의한 화질의 열화는 미미하여 시각적으로 그 차이를 느낄 수 없음을 알 수 있다.

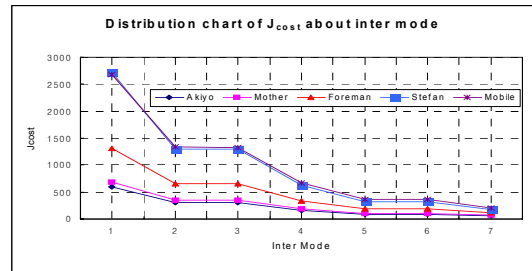


그림 8. 가변 블록 크기에 대한 Jcost의 분포도
Fig. 8. Distribution of Jcost for variable block sizes

IV. 결론

본 논문에서는 동영상 압축 기술의 국제 표준인 H.264/AVC 요소기술 중 인터 예측 모듈의 연산량을 줄이기 위한 고속 인터 예측 방법을 제안하였다. 실험 결과 인터 예측의 연산량을 최대 80% 이상

감소시키는데 비해 PSNR이나 압축률에는 거의 손실을 발생시키지 않음으로써, 제안한 방법이 고속 인터 예측 알고리즘으로 매우 효율적인 방법임을 확인하였다.

따라서 제안한 방법은 고화질을 필요로 하고 고속의 영상압축을 수행해야 하는 응용 분야에서 효과적으로 사용될 것으로 사료된다.

표 4. 제안한 알고리즘의 기존 방법과의 성능 비교
Table 4. Performance comparisons between previous algorithm and the proposed algorithms

Video (QP=32)	Zibo Chen's algorithm ⁹⁾			Proposed algorithm		
	ΔP (dB)	ΔB (%)	ΔS (%)	ΔP (dB)	ΔB (%)	ΔS (%)
Akiyo	-0.01	-0.07	69.09	-0.05	-0.09	80.26
Mother	0	-0.02	49.02	-0.02	-0.04	77.84
Foreman	-0.02	-0.17	34.92	-0.12	-0.26	76.81
Stefan	-0.04	-1.28	32.27	-0.15	-1.54	67.24
Mobile	-0.02	-0.13	34.36	-0.19	-0.97	64.71

(P=PSNR, B=Bit-rate, S=SIR)



그림 9. 복원 영상의 예(Akiyo); (a) JM FME, (b) 제안한 알고리즘
Fig. 9. Reconstructed image example (Akiyo); (a) JM FME, (b) proposed algorithm

참 고 문 헌

[1] I. Chisalita and N. Shahmehri, "Issues in Image Utilization within Mobile E-Services", IEEE Workshop on Mobile Internet and E-Business Applications, Boston, USA, pp. 62-67, June 2001.

[2] ISO/IEC 14496-10, "Coding of Audiovisual Object-Part 10: Advance Video Coding", 2003, also ITU-T Recommendation H.264, "Advanced video coding for generic audiovisual services", 2003.

[3] G. Sullivan and T. Wiegand, "Rate-distortion for video compression", IEEE Signal Processing Magazine, Vol. 15, No. 6, pp. 74-90, Nov. 1998.

[4] 이영렬, "JVT(Joint Video Team) 압축/복원 방식의 복잡도 분석", 한국방송공학회 논문지 Vol. 7, No. 3, pp. 75-82, 2002. 09.

[5] Z. Chen, P. Zhou, and Y. He, "Fast integer pel and fractional pel motion estimation for JVT", JVT-F017, 6th JVT Meeting, Awaji, Japan, Dec. 2002.

[6] Y. Su and P. Yin, "Fast Motion Estimation algorithm for H.264/MPEG-4 AVC by using multiple reference frame skipping criteria", Image Processing, 2003 International Conference, Vol. 3, pp. 853-856, Sept. 2003.

[7] JM 9.5, JVT Reference Software Version of H.264, Available: <http://iphome.hhi.de/suehring/tml>.

김 영 현 (Young-Hyun Kim)

정회원



2002년 2월 건양대학교 컴퓨터 공학과(공학사)
2006년 8월 광운대학교 전자재료공학과(공학석사)
<관심분야> Image Processing, FPGA/ASIC 설계

최 현 준 (Hyun-Jun Choi)

정회원



2003년 2월 광운대학교 전자재료공학과(공학사)
2005년 2월 광운대학교 대학원 (공학석사)
2005년 3월~현재 광운대학교 전자재료공학과 박사과정
<관심분야> Image Processing, 암호학, FPGA/ASIC 설계

서 영 호 (Young-Ho Seo)

중신회원



1999년 2월 광운대학교 전자재료공학과(공학사)
2001년 2월 광운대학교 대학원(공학석사)
2000년 3월~2001년 12월 인티스닷컴(주) 연구원
2003년 6월~2004년 6월 한국전기연구원 연구원

2004년 8월 광운대학교 대학원(공학박사)
2004년 9월~2004년 11월 유한대학 겸임교수
2004년 12월~2005년 8월 유한대학 연구교수
2005년 9월~현재 한성대학교 정보통신공학과 교수
<관심분야> Image Processing/Compression, 워터마킹, 암호학, FPGA/ASIC 설계

김 등 옥 (Dong-Wook Kim)

중신회원



1983년 2월 한양대학교 전자공학과(공학사)
1985년 2월 한양대학교 대학원(공학석사)
1991년 9월 Georgia공과대학 전기공학과(공학박사)
1992년 3월~현재 광운대학교

전자재료공학과 정교수. 광운대학교 신기술 연구소 연구원

2000년 3월~2001년 12월 인티스닷컴(주) 연구원
<관심분야> 디지털 VLSI Testability, VLSI CAD, DSP 설계, Wireless Communication