

움직임 보상 보간 프레임에 대한 블록 적응적 정합 특성을 이용한 왜곡 예측 기법

김진수^{a)†}, 김재곤^{b)}, 서광덕^{c)}

Distortion Estimation Using Block-Adaptive Matching Characteristics for Motion Compensated Interpolation Frame

Jin-soo Kim^{a)†}, Jae-Gon Kim^{b)}, and Kwang-deok Seo^{c)}

요 약

비디오 프레임 율 증가 변환은 최근에 가진 분야에서 비디오 정보원과 더불어 디스플레이 포맷의 폭발적인 증가에 힘입어 매우 많은 관심의 대상이 되었다. 대부분의 진보된 FRUC 알고리즘은 보간된 프레임들의 움직임 벡터장을 결정하는 효과적인 움직임 보상 기술을 사용하고 있다. 그러나 수신기의 후처리 분야와 같은 응용 분야에서는 움직임 보상 보간 프레임이 얼마나 잘 복원되었는지에 대한 정보를 필요로 한다. 이와 같은 목적을 달성하기 위해, 먼저, 본 논문에서는 움직임 보상 보간 프레임의 블록 단위로 신뢰도를 측정할 수 있는 비용 함수들을 도입한다. 그런 후에 이러한 함수들을 사용하여 움직임 보상 보간 프레임에서 얼마나 많은 잡음이 포함되어 있는지를 평가할 수 있는 두 가지의 왜곡 예측 모델을 제안한다. 모의실험을 통하여 제안된 왜곡 예측 방식은 움직임 보상 보간 프레임의 잡음을 효과적으로 예측할 수 있음을 보인다.

ABSTRACT

Video FRUC (Frame Rate Up Conversion) is one of the main issues that have arisen in recent years with the explosive growth of video sources and display formats in consumer electronics. Most advanced FRUC algorithms adopt an efficient motion interpolation technique to determine the motion vector field of interpolated frames. But, in some application areas such as post processing in receiver side, it is necessary to evaluate how well the MCI (Motion Compensated Interpolation) frame was reconstructed. In order to achieve this aim, first, this paper introduces some cost functions to estimate the reliability of a block in the MCI frame. Then, by using these functions, this paper proposes two distortion estimation models for evaluating how much noise was produced in the MCI frame. Through computer simulations, it is shown that the proposed estimation methods perform effectively in estimating the noises of the MCI frame.

Keywords: MCI Frame, Distortion, Block-Adaptive Matching, Distortion Estimation Models

a) 한밭대학교 정보통신컴퓨터공학부

School of Information Communications and Computer Engineering, Hanbat National University

b) 한국항공대학교 항공전자 및 정보통신공학부

School of Electronics, Telecommunication & Computer Engineering, Korea Aerospace University

c) 연세대학교 컴퓨터정보통신공학부

Computer & Telecommunications Engineering Division, Yonsei University

† 교신저자 : 김진수 (jskim67@hanbat.ac.kr)

※ 이 논문은 2011년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임.(2011-0026730, No. 2011-0023182)

· 접수일(2011년11월2일), 수정일(2011년11월24일), 게재확정일(2011년11월24일)

1. 서론

현재까지 비디오 프레임 율 증가 변환(FRUC: Frame Rate Up-Conversion) 기법은 고화질 디스플레이 장치, DTV/HDTV, 멀티미디어 환경과 같은 다양한 가전 분야에 매우 많은 관심의 대상이 되어 왔다^{[1][2]}. 또한, 더 높은 시간 해상도를 갖는 스캐닝 응용 분야 외에도 낮은 대역폭을 갖는 비디오 부호화 분야에도 많은 연구의 대상이 되고 있다. 낮은 대역폭이 제공되는 환경에서는 시간축 상에 있는 몇 개의 프레임들은 부호화 과정에서 생략되며, 이 생략된 프레임들은 수신측에서 복호화 과정 동안에 움직임 보상 보간(MCI: Motion Compensated Interpolation)되어 근사화된 영상으로 복원된다. 특히, 분산 비디오 부호화 (DVC: Distributed Video Coding)에서는 보조정보를 부호화기에서 생성해야 하는데 키 프레임 정보를 이용하여 움직임 보상 보간 기법에 의해 만들어진다^{[3][4][5]}. 이때 움직임 보상 보간 기법에 의해 생성된 프레임의 영상 품질은 전체 시스템의 성능에 매우 중요한 역할을 담당하고, 이를 통해 수신측의 비트율-왜곡 특성을 결정한다. 특히, 수신측에서 생성된 MCI 프레임이 매우 낮은 화질을 제공한다고 판단될 때는 높은 부가적인 후처리 작업을 통하여 화질을 개선하는 작업을 필요로 한다. 또한, 분산 비디오 부호화 기법에서는 낮은 품질을 제공하는 것으로 판단되는 블록에 대해서는 선택적 부호화를 요구하도록 요청할 수도 있다.

한편, 기존에 연구되어 온 움직임 보상 프레임 보간 알고리즘 중에 가장 많이 사용하는 방식이 양방향 대칭형 움직임 탐색 기법이다^{[6][7][8]}. 이 방식은 참조 프레임들 사이에 움직임 탐색을 수행하고, 이로부터 움직임 벡터를 유도하고 이 움직임 벡터를 이용하여 대칭적인 구조를 갖는 형태로 움직임 보상 보간 프레임을 얻는 방식이다. 이 방식은 프레임 내에 존재하는 물체의 움직임이 선형적인 경우에 매우 효과적이다. 그래서 참조 프레임들 사이에 대칭적인 구조로 움직임 보상 보간을 수행하기 때문에 간단할 뿐만 아니라 보간된 프레임에 폐색 영역(occluded region)이 발생하지 않는 것과 같이 처리된다. 그러나 실제의 영상은 폐색 영역을 포함할 뿐만 아니라 프레임과 프레임 사이에 움직임이 있는 물체는 선형적인 움직임을 갖지 않는 경우가

매우 많이 존재하기 때문에 주관적 화질 저하가 발생할 수도 있다.

현재까지 움직임 보상 보간을 통한 프레임 율 증가 변환 기법은 다양한 환경에 사용되고 있지만 MCI 프레임들이 얼마나 원 영상 정보에 유사하게 보간되었는가에 대한 정확한 평가 수단이 제공되고 있지 않다. 고가의 멀티미디어 디스플레이 장치 또는 재전송 요구 장치에서는 이러한 왜곡의 크기를 정확하게 측정하여 더욱 세밀한 후처리 작업 또는 재처리 작업을 수행할 필요가 있다. 즉, 참고문헌 [6], [7]과 [8] 등에서는 시간 방향 정합과 공간 방향 정합 비용을 도입하고 동시에 움직임 벡터를 이용하여 간접적으로 보간된 블록을 평가하는 척도를 도입하였다. 이러한 척도들은 물체 보간에 대한 성능을 평가하는 기준으로 사용하고 있으나 발생된 왜곡에 대한 상대적인 비교 기준으로 사용될 수 있을 뿐, 실제 발생하는 왜곡의 크기를 예측하는데 사용하지 않았다. 본 논문에서는 움직임 보상 보간된 프레임이 얼마나 잘 복원되었는지에 대한 효과적인 평가 척도를 도입하고 이를 이용하여 실제의 왜곡을 예측하는 모델을 제안한다. 먼저, 기존에 제안된 대칭형 양방향 움직임 탐색 기법으로 보간되는 각 블록에 대해 시간 방향, 공간 방향 그리고 움직임 벡터 크기 비교에 의해 비용 함수를 도입하고 이를 기반으로 실제 왜곡과의 상호 상관관계에서 높은 상관성을 갖는 비용 함수를 이용하여 프레임 단위의 왜곡을 예측하는 모델을 제안한다. 그리고 움직임의 크기가 다른 다양한 영상 시퀀스를 이용하여 제안된 방식의 타당성을 모의실험을 통하여 검증한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 먼저 II절에서는 가장 많이 사용하는 양방향 대칭형 움직임 탐색에 의한 움직임 보상 프레임 보간 기법에 대해 조사하고, III절에서는 움직임 탐색 및 보간의 단위가 되는 블록에 대해 블록별 정합 비용 함수를 도입하고, 이를 이용하여 블록별 정합특성을 고려한 적응적 왜곡 예측 모델을 제안한다. IV절에서는 다양한 움직임의 크기를 갖는 영상 시퀀스들을 모의실험에 적용하여 제안된 모델의 타당성을 분석하고 검토하며, 끝으로 V절에서는 결론을 맺는다.

II. 양방향 대칭형 움직임 탐색에 의한 움직임 보상 프레임 보간

두 개의 인접한 참조 프레임을 이용하여 움직임 보상 보간 프레임을 구하는 방식에는 여러 방식이 있다. 그림 1은 양방향 움직임 탐색에 의한 움직임 보상 보간 프레임을 얻

기 위한 개념적인 구조도의 예를 나타내고 있다. 먼저 이전 참조 프레임과 이후 참조 프레임에 대해 저역 통과 필터(LPF: Low Pass Filter)를 각각 독립적으로 적용하여 움직임 벡터가 실제의 것에 가깝게 신뢰성있는 값을 얻기 위해 고주파 성분을 제거한다. 움직임 보상 보간에 의해 복원해야 할 블록과 동일 위치에 있는 이전 참조 프레임 x_{n-1} 에서

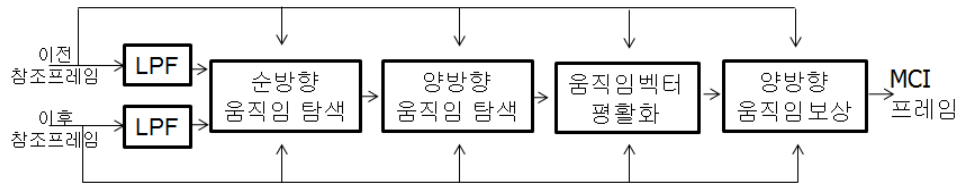


그림 1. 움직임 보상 프레임 보간에 대한 개념적인 구조도^[3]
 Fig. 1. A conceptual block diagram of motion compensated frame interpolation^[3]

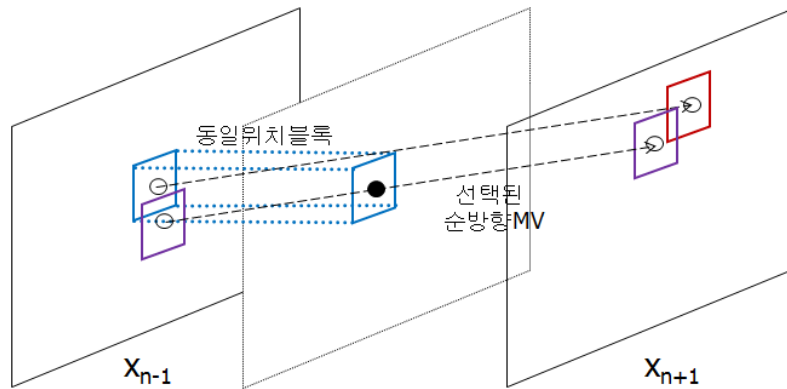


그림 2. 순방향 탐색에 의한 초기 움직임 벡터^[3]
 Fig. 2. Initial motion vector by forward motion estimation^[3]

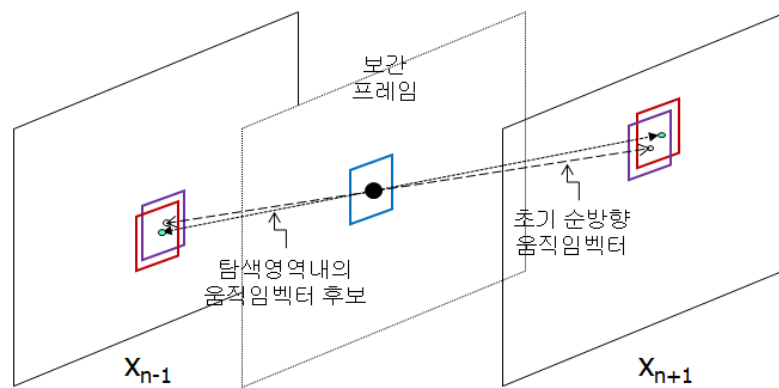


그림 3. 초기의 움직임 순방향 움직임 벡터에 대한 교정된 대칭형 움직임 벡터^[3]
 Fig. 3. A symmetric motion vector refined from initial forward motion vector^[3]

이후 참조 프레임 x_{n+1} 로의 순방향 움직임 탐색을 수행하여 순방향 움직임 탐색을 수행하여 초기의 움직임 벡터를 얻게 되며, 이 과정은 그림 2와 같이 표현된다. 순방향 움직임 벡터를 복원해야 하는 해당 블록의 중심 위치로 가져온 후에 이 값을 이용하여 양방향으로 움직임 탐색을 수행하여 교정한다. 이 방법은 이전 참조 프레임과 이후 참조 프레임 사이의 선형적인 움직임 궤도를 선택하고, 복원하는 현재 블록의 중심을 관통하도록 한다. 즉, 양방향 탐색은 이전 참조 프레임에서 이후 참조 프레임에 대하여 차이 절대 값의 합과 이후 참조 프레임에서 이전 참조 프레임으로의 차이 절대 값의 합이 최소가 되는 위치를 교정된 움직임 벡터로 하며 수식적으로 다음과 같이 표현된다.

$$v^* = \underset{v}{\operatorname{argmin}} [SAD_f(v) + SAD_b(v)]$$

$$SAD_f(v) = \sum_{p \in M} |x_{n-1}(p) - x_{n+1}(p+v)|$$

$$SAD_b(v) = \sum_{p \in M} |x_{n+1}(p) - x_{n-1}(p-v)|$$
(1)

여기서, p 는 주어진 탐색을 하고자 하는 블록 M 에 속하는 화소의 좌표를 나타내고, x_{n-1} 과 x_{n+1} 는 이전 참조 프레임과 이후 참조 프레임을 각각 나타낸다^[3].

식(1)을 통해 얻어진 움직임 벡터는 주어진 블록 주위에 있는 8개의 블록에 대한 움직임 벡터들과 비교하여 특별히 증가 또는 감소된 값들은 제거하는 것이 움직임 벡터의 균일성을 얻는데 필요하다. 즉, 움직임 벡터들의 평활화를 통하여 부정확한 움직임 벡터를 제거함으로써 실제의 움직임 벡터장에 가깝게 유지하는 것이 요구된다. 이와 같은 목적을 달성하기 위한 가중치가 부여된 메디안 벡터 필터는 다음과 같이 정의된다.

$$\sum_{j=1}^9 w_j \|v_{wmvf} - v_j\|_L \leq \sum_{j=1}^9 w_j \|v_i - v_j\|_L$$

$$w_j = \frac{MSE(v_c, B)}{MSE(v_j, B)}$$
(2)

여기서, $v_1 \dots v_9$ 는 그림 4에 나타난 현재 블록과 주위 8개의 블록을 포함한 9개의 움직임 벡터를 나타내고, 현재 블록 B 에 대해 후보 움직임 벡터 v_c 로 정했을 때 왜곡

$MSE(v_c, B)$ 를 현재 블록 B 에 대해 후보 움직임 벡터 v_j 로 정했을 때 왜곡 $MSE(v_j, B)$ 로서 j 번째 움직임 벡터에 대한 가중치 w_j 를 얻는다. 이렇게 해서 9개의 후보 움직임 벡터에 대해 최소가 되는 v_{wmvf} 는 가중치가 부여된 벡터 메디안 필터의 결과이다. 식(2)을 통해 $N \times N$ 블록에 대해 움직임 벡터가 구해지면, 다음 식에 의해 양방향 대칭인 블록의 평균으로 움직임 보상 보간 프레임의 i 번째 블록 $\hat{x}_{n,i}(p)$ 를 얻는다.

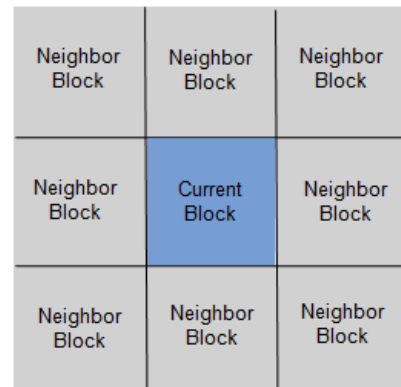


그림 4. 가중치가 부여된 메디안 벡터 필터를 위한 8개 블록^{[3][8]}
 Fig. 4. 8 neighbor blocks for weighted median motion vector field^{[3][8]}

$$\hat{x}_{n,i}(p) = \frac{x_{n-1}(p - v_{wmvf}/2) + x_{n+1}(p + v_{wmvf}/2)}{2}$$
(3)

여기서, p 는 식(1)에서와 같이 주어진 탐색을 하고자 하는 블록 M 에 속하는 화소의 좌표를 나타낸다.

III. 블록별 정합 특성을 이용한 적응적 왜곡 예측

1. 블록별 정합 비용 함수

식(3)에 의해 움직임 보상 보간 프레임에 대해서 정합된 특성을 분석하기 위해서는 각 구성 블록에 대해 정합 특성을 분석하는 비용 측정 함수가 필요하다. 본 논문에서는 [8]에서 다루어진 내용을 변형하여 세 가지의 비용함수를 사

용한다. 첫째, 시간축 방향의 정합 비용함수를 이용하는 것이다. 이것은 식(3)으로 얻어지는 순방향 예측 블록과 역방향 예측 블록의 차이를 이용하여 다음과 같이 측정한다.

$$C_{t,i} = \frac{1}{N_A} \sum_{p \in M} \{x_{n-1}(p - v_{wmvf}/2) - x_{n+1}(p + v_{wmvf}/2)\}^2 \quad (4)$$

여기서 N_A 는 현재 프레임의 i 번째 화소 블록 M 에 속하는 화소의 개수를 나타내고, i 는 현재 프레임내의 블록 위치 인덱스를 나타낸다. 둘째, 공간 정합 비용함수를 이용하기 위해 그림 4에 나타낸 것과 같이 현재 보간된 블록과 주위 블록과 접한 화소들 사이의 연결의 자연스러움을 다음과 같이 측정한다.

$$C_{s,i} = \frac{1}{N_S} \sum_{p \in M_s} \{x_n(p) - x_n(B(p))\}^2 \quad (5)$$

여기서, M_s 는 주어진 블록의 경계에 있는 화소 그룹이고, N_s 는 M_s 에 포함된 화소개수를 나타내며, $B(p)$ 는 화소 위치 p 에 접해있는 주위 블록에 속하는 화소 위치를 나타낸다. 셋째, 현재 블록의 움직임 벡터를 이웃하는 블록의 움직임 벡터들과의 최소 차이 값을 측정함으로써 움직임 벡터의 균일성을 다음과 같이 측정하는 것이다.

$$C_{m,i} = \min \{ \|v - w\|^2 : w \in V_s \} \quad (6)$$

여기서, V_s 는 주어진 블록과 이웃하는 블록들에 대한 움직임 벡터 집합을 나타낸다. 이미 식(2)에 의해 움직임 벡터들에 대해 가중치가 부여된 매디안 벡터 필터를 통과시켜 부정확한 움직임 벡터를 제거하였으나, 식(6)에 의해 측정되는 값은 그러한 결과에 대한 신뢰도를 나타낸다고 할 수 있다.

2. 참조 프레임의 순방향 및 역방향 예측 프레임과 왜곡

참조 프레임들에 대한 예측 프레임을 얻는 과정은 II절에

서 논한 과정과 매우 유사하게 진행된다. 그림 5는 각 참조 프레임에 대한 예측 프레임을 얻는 것을 개괄적으로 나타낸 것이다. 이때 얻어지는 $n-1$ 번째 프레임의 i 번째 블록에 대한 예측 프레임은 $n+1$ 번째 프레임으로부터 움직임 벡터 $v_{n-1,i}$ 만큼을 위치 이동하여 보상된다. 이와 같은 방식으로 $n+1$ 번째 프레임의 i 번째 블록에 대해서도 같은 방식으로 얻어질 수 있다.

$$\hat{x}_{n-1,i}(p) = x_{n+1}(p + v_{n-1,i}) \quad (7)$$

$$\hat{x}_{n+1,i}(p) = x_{n-1}(p - v_{n+1,i}) \quad (8)$$

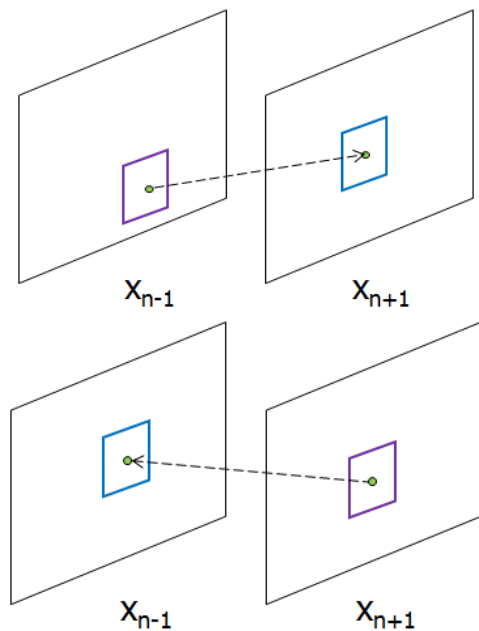


그림 5. 참조 프레임에 대한 예측 프레임
Figure 5. Predictive frame for each reference frame

식(3)으로 결정되는 움직임 보상 보간 프레임을 구성하는 i 번째 블록은 $n-1$ 번째 프레임과 $n+1$ 번째 프레임으로부터 각각 $p - v_{wmvf}/2$ 과 $p + v_{wmvf}/2$ 만큼의 위치 이동을 통하여 보상해오게 되므로, 이 위치에 기초해서 참조 프레임과 그 참조 프레임의 예측 프레임 사이의 왜곡을 측정한다.

$$\sigma_{i,(n-1)}^2 = \left\| x_{n-1}(p - v_{wmvf}/2) - \hat{x}_{n-1}(p - v_{wmvf}/2) \right\|_{p \in M}^2 \quad (9)$$

$$\sigma_{i,(n+1)}^2 = \| x_{n+1}(p+v_{wmvf}/2) - \widehat{x}_{n+1}(p+v_{wmvf}/2) \|_{p \in M}^2 \quad (10)$$

이렇게 얻어진 각각의 왜곡을 이용하여 움직임 보상 보간 프레임에 대한 초기 왜곡의 양은

$$\widehat{\sigma}_i^2 = \frac{\sigma_{i,(n-1)}^2 + \sigma_{i,(n+1)}^2}{2} \quad (11)$$

와 같이 구한다.

3. 블록별 왜곡 예측 모델과 정합 비용 모델의 특성

그림 6은 Foreman시퀀스와 Salesman시퀀스(QCIF, 30Hz)에 대해 모의실험을 통하여 얻은 결과이다. 주어진 임의의 블록에 대해 식(11)에 의해 얻어지는 예측 왜곡(est-mse)에 대한 실제의 왜곡(real-mse)을 나타낸 것이다. 그림 6에는 식(11)에 의하여 예측한 왜곡과 실제 왜곡은 근사적으로 선형적으로 비례하는 형태를 보이고 있으며, 이를 선형 함수 0.4*(est-mse)로 맵핑한 결과를 비교하고 있다.

식 (4)-(6)에 의해 측정되는 각 블록 별 정합 비용함수와

실제 왜곡 사이에 상관 특성을 조사하기 위해 정규화된 상호 상관(Normalized Cross Correlation) 계수를 도입하여 각 프레임 단위로 측정할 때, 임의의 비용함수 x와 y사이의 정규화된 상호 상관 계수 NCC_{xy} 는 다음과 같이 정의된다.

$$NCC_{xy} = \frac{\sum_i (x_i - \mu_x)(y_i - \mu_y)}{\sqrt{\sum_i (x_i - \mu_x)^2} \sqrt{\sum_i (y_i - \mu_y)^2}} \quad (12)$$

여기서 μ_x 와 μ_y 는 주어진 프레임 내의 각 블록들에 대한 파라미터 x와 y의 평균을 의미한다.

그림 7은 움직임이 다소 큰 Foreman시퀀스와 움직임의 양이 매우 작은 Salesman시퀀스에 대해 상호 상관 계수를 각 블록 정합 비용함수를 에 측정된 것이다. 이 결과에서 실제 왜곡에 대해 C_1 는 영상에 상관없이 매우 상관성이 큰 것으로 나오며, C_m 의 경우에는 정적인 경우에 다소 더 상관성이 높음을 알 수 있다. 반면에 공간 영역 정합 비용을 나타내는 C_s 는 실제의 왜곡과 상관성이 거의 없음을 알 수 있다.

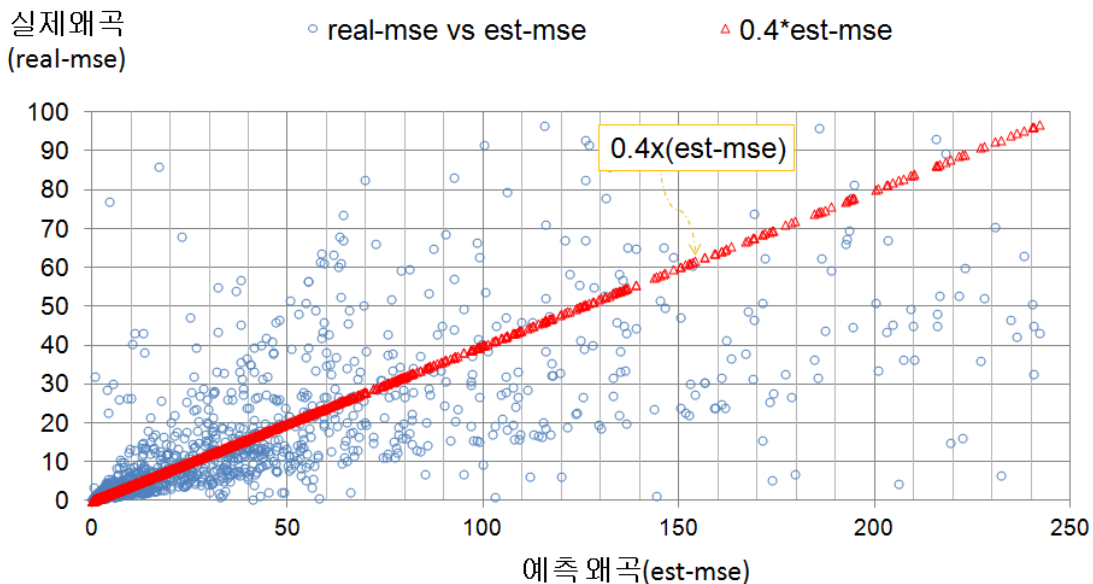


그림 6. 블록별 예측왜곡과 실제 왜곡에 대한 모의실험 결과
 Fig. 6. Simulation result for estimated distortion and practical distortion

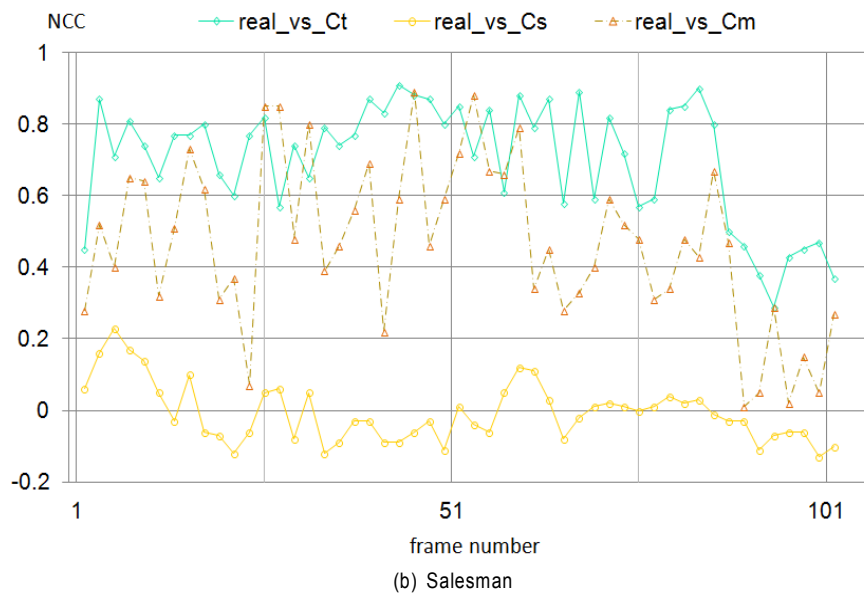
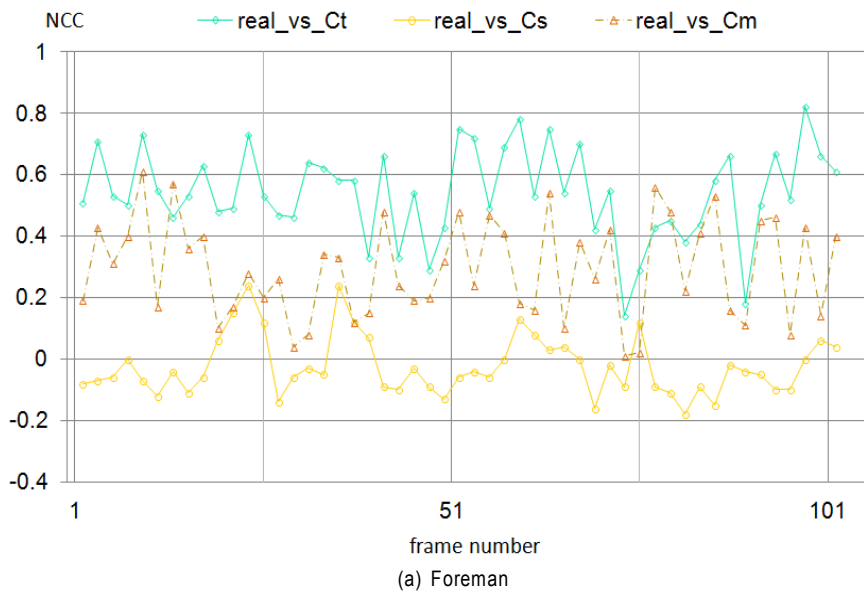


그림 7. 상호 상관 계수에 대한 모의실험 결과
 Fig. 7. Simulation results for normalized cross correlation

4. 프레임 단위의 왜곡 예측 모델

이상의 결과를 통하여 각 블록단위로 계산되는 C_t 와 C_m

을 이용하여 프레임 단위를 위한 왜곡 예측에 대한 두 가지 모델을 제안한다. 우선 C_t 와 실제 왜곡과의 상관성이 매우 높으므로 주어진 프레임에 대한 왜곡($\hat{\sigma}^2$)은

$$\hat{\sigma}^2 = \alpha \cdot \sum_i C_{t,i} \quad (13)$$

으로 예측하며, 모델 파라미터 α 는 식(11)에 의한 결과를 이용하여 다음과 같이 얻는다.

$$\alpha = \frac{\sum_i \hat{\sigma}_i^2 \cdot C_{t,i}}{\sum_i \hat{\sigma}_i^4} \quad (14)$$

다음은 우선 Ct와 Cm이 실제 왜곡과의 상관성이 매우 높으므로 주어진 프레임에 대한 왜곡($\hat{\sigma}^2$)은

$$\hat{\sigma}^2 = \alpha \cdot \sum_i C_{t,i} + \beta \cdot \sum_i C_{m,i} \quad (15)$$

으로 예측하며, 모델 파라미터 α 와 β 는 다음과 같이 얻는다.

$$\begin{bmatrix} \alpha \\ \beta \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum_i C_{t,i}^2 & \sum_i C_{t,i} C_{m,i} \\ \sum_i C_{t,i} C_{m,i} & \sum_i C_{m,i}^2 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} \sum_i \hat{\sigma}_i^2 \cdot C_{t,i} \\ \sum_i \hat{\sigma}_i^2 \cdot C_{m,i} \end{bmatrix} \quad (16)$$

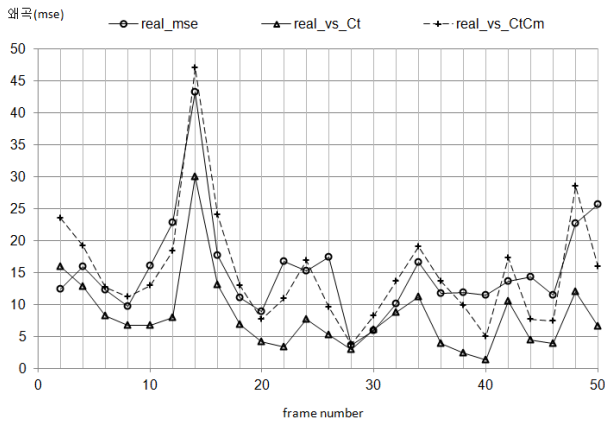
IV. 모의실험 결과 및 검토

움직임 보상 보간 프레임에 대한 블록별 적응적 정합 특성에 의한 왜곡 예측 특성을 조사하기 모의실험을 수행하였다. 모의실험에 사용한 영상 시퀀스는 foreman, salesman, carphone, hall_monitor, silent, container 시퀀스(QCIF, 30Hz)를 사용하였다. 먼저, 프레임 율을 2배 증대하는 실험을 테스트하기 위해, 홀수 프레임들을 이용하여 가운데 위치하는 짝수 프레임에 대해 움직임 보상 프레임 보간을 실시하였고, 보간된 프레임과 원래의 프레임사이의 평균 제곱 오차(MSE: Mean Square Error)를 조사하였다. 그림 8은 전체 297프레임에 대한 모의실험 결과 중에 앞에 위치하는 51번째 프레임까지에 대한 모의실험 결과를 나타

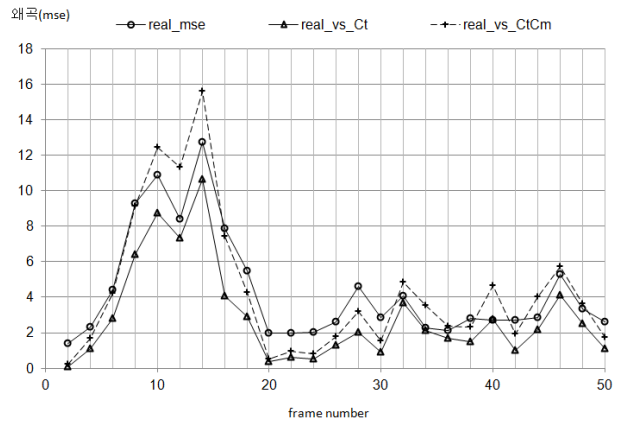
낸 것이며, 각 기호의 의미는 다음과 같다.

- real_mse : 움직임 보상 보간 프레임과 실제 짝수 번째 프레임 사이에 관찰된 평균 제곱 오차를 관찰한 결과
- real_vs_Ct : 식(13)에 의해 왜곡의 크기를 예측한 결과로서 시간축 방향의 블록별 정합 특성을 이용하여 왜곡을 예측한 결과
- real_vs_CtCm : 식(15)에 의해 왜곡의 크기를 예측한 결과로서 시간축 방향과 움직임 벡터 크기 비교에 대한 블록별 정합 특성을 이용하여 왜곡을 예측한 결과

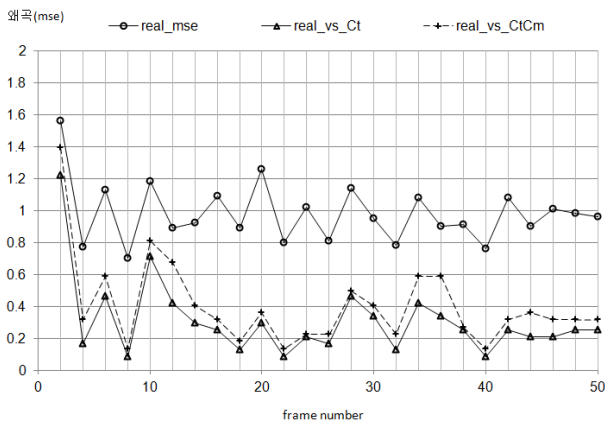
Foreman시퀀스는 움직임의 양이 크므로 움직임 보상 보간 프레임에 대한 왜곡의 크기가 크게 나타나며, 식 (15)에 의한 두 개 파라미터 즉, 시간 방향 정합 특성과 움직임 벡터에 의한 정합 특성을 동시에 고려하면, 움직임 보상 보간 프레임에 대한 왜곡을 좀 더 정확한 예측이 가능함을 알 수 있다. 반면에 식 (13)에 의한 시간 방향 정합 특성만을 이용한 예측은 실제 왜곡 보다 다소 작게 예측하는 특성을 보인다. 이와 같은 예측 성능은 Salesman시퀀스와 같이 움직임이 매우 작은 영상 시퀀스에서도 비슷한 형태로 나타난다. Foreman시퀀스와 Salesman시퀀스와 달리 Container시퀀스는 움직임의 양이 매우 작다. 즉, 모의실험 결과에서 알 수 있듯이 평균 제곱 오차의 값이 1 근처의 값을 갖는다. 이와 같은 경우에는 매우 정밀한 예측을 필요로 하며, 식 (15)와 식(13)에 의한 예측방식은 실제의 왜곡을 정확하게 예측하지 못하는 특성을 보인다. Silent시퀀스와 Hall_monitor시퀀스와 같은 경우에는 Foreman시퀀스와 Salesman시퀀스와 같은 특성을 보이고 있으며, 왜곡 예측이 비교적 정확하게 동작함을 알 수 있다. 그러나, Hall_monitor시퀀스는 12번째 프레임까지 움직이는 물체가 없으므로 실제 발생 왜곡이 매우 작으며, 그로인해 예측 값이 정확하지 않는 것을 확인할 수 있다. Silent시퀀스의 10-14번째 프레임과 같이 급격히 변화하는 부분에서도 다소 예측 성능이 좋지 못한 경우도 발생된다. Carphone시퀀스와 같은 경우에는 프레임 시작 부분에 왜곡의 변화가 심하며 다소의 큰 오차가 발생됨을 보인다.



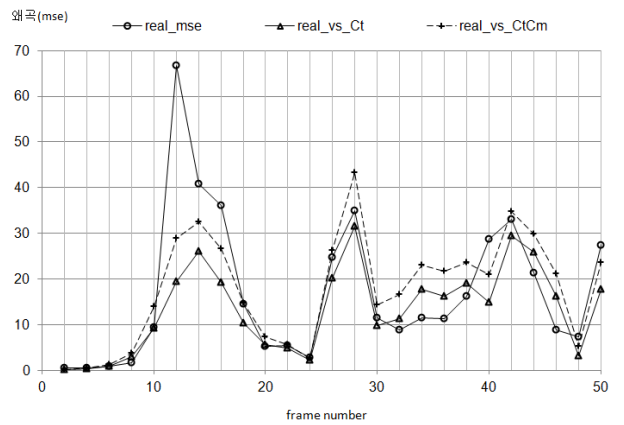
(a) Foreman



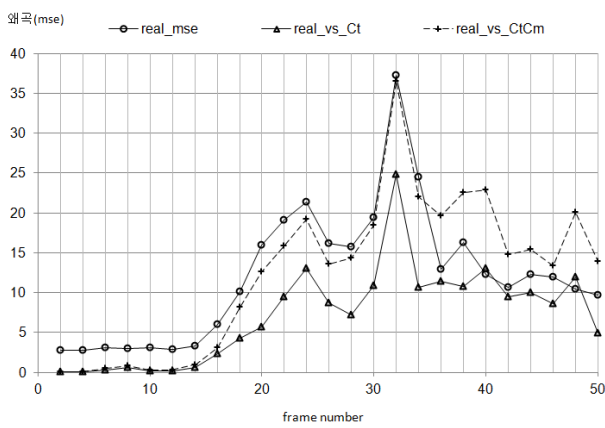
(b) Salesman



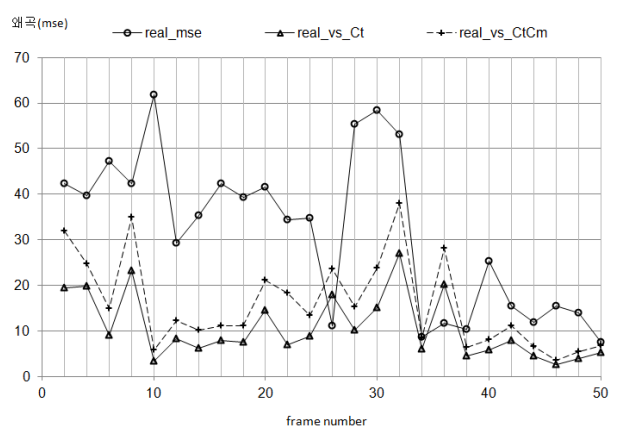
(c) Container



(d) Silent



(e) Hall_monitor



(f) Carphone

그림 8. 왜곡 예측에 대한 모의실험 결과
Fig. 8. Simulation results for distortion estimation

이상의 모의실험을 통하여 알 수 있듯이, Foreman 시퀀스 또는 Salesman 시퀀스와 같은 그림 6의 실험 결과에 의하여 그 특성이 어느 정도 고려된 측면이 있어 성능이 매우 우수하게 나타난 측면이 있으나, 이와 비슷한 특성을 갖는 Silent 시퀀스 또는 Hall monitor 시퀀스의 경우에도 왜곡 예측 성능이 우수하게 나타나는 것을 볼 수 있었다. 반면에 Carphone 시퀀스와 같은 경우와 같이 비선형적인 움직임이 있거나 Container와 같은 경우와 같이 왜곡 값이 매우 작은 경우에는 상대적으로 예측 성능이 조금 떨어지게 됨을 확인할 수 있었다. 그러나 다양한 영상 시퀀스를 통하여 제안된 왜곡 예측 모델은 움직임 보상 보간 프레임의 왜곡을 예측하는데 효과적으로 사용될 수 있음을 확인할 수 있었다.

V. 결론

본 논문에서는 비디오 프레임 율 증가 변환에서 움직임 보상 보간된 프레임에 대해 왜곡을 효과적으로 예측하는 기법을 제안하였다. 먼저, 기존에 제안된 대칭형 양방향 움직임 탐색 기법으로 보간되는 각 블록에 대해 시간 방향, 공간 방향 그리고 움직임 벡터 크기 비교에 의해 비용 함수를 도입하였고 이를 기반으로 시간 방향 특성과 움직임 벡터 크기에 의한 특성이 실제 왜곡과의 상호 상관관계에서 높은 상관성을 가지는 특성을 관찰하였다. 이를 바탕으로 시간 방향의 특성을 고려한 모델과 시간 방향 및 움직임 벡터의 크기 특성에 의한 모델로 나누어 프레임 단위의 실제 왜곡을 예측하는 성능을 모의실험을 통하여 분석하였다. 모의실험을 통하여 시간 방향과 움직임 벡터의 크기 특성을 동시에 고려한 모델이 시간 방향 특성만을 고려한 모델에 비해 우수한 성능을 보이는 것을 확인할 수 있었다. 그리고 움직임이 다소 선형적이고 왜곡의 크기가 작지 않은 경우에 다소 정확하게 예측할 수 있음을 확인하였다. 그러나 움직임이 거의 없어 왜곡의 크기가 매우 작아서 정밀한 예측을 필요로 하는 경우 또는 급격한 프레임간 움직임이 있

는 경우에는 성능 향상을 위한 모델의 개선이 필요한 부분이 있다.

본 논문에서 제안된 방식은 프레임 율 증가 변환이 필요한 응용 분야에서 움직임 보상 보간된 프레임에 대해 폐색 영역의 검출 또는 왜곡을 근사적으로 예측하는데 효과적으로 사용될 수 있을 것으로 판단된다. 또한, 분산 비디오 부호화 기법 등에서 선택적 부호화 및 복호화 방식에도 적절하게 수용될 수 있을 것이다. 앞으로 다양한 영상 시퀀스에 대해 안정적이고 좀 더 정확한 모델을 위해 모델 파라미터의 교정에 대한 연구가 추가적으로 수행될 필요가 있다.

참 고 문 헌

- [1] B-T. Choi, S.-H. Lee, and S.-J. Ko, "New Frame Rate Up-Conversion Using Bi-directional Motion Estimation," IEEE Trans. on Consumer Electronics, Vol. 46, Aug. 2000, pp.603-609.
- [2] T. Thaipanich, P.-H. Wu, and C.-C. Jay Kuo, "Low Complexity Algorithm for Robust Video Frame Rate Up-Conversion(FRUC) Technique," IEEE Trans. on Consumer Electronics, Vol. 55, No.1 Feb. 2009, pp. 220-228
- [3] J. Ascenso, C. Brites, and F. Pererira, "Improving Frame Interpolation with Spatial Motion Smoothing for Pixel Domain Distributed Video Coding," Proc. EURASIP Conf. Speech and Image Processing, July 2005. pp.311-316
- [4] E. Peixoto, R. L. Queiroz and D. Mukherjee, "On Side Information Generation for Wyner-Ziv Video Coding," Proc. of Simposio Brasileiro de Tel., Riode Janeiro, Brazil, Sept. 2008.
- [5] Jin-soo Kim, Jae-Gon Kim and Kwang-deok Seo, "A Selective Block Encoding Scheme Based on Motion Information Feedback in Distributed Video Coding," IEICE Trans. Comm., Vol.E94-B, No.3, pp.860-862, March 2011
- [6] Jin-soo Kim, Jae-Gon Kim, "An Adaptive Occluded Region Detection and Interpolation for Robust Frame Rate Up-Conversion," International Journal of KIMICS, Vol.8, No.2, pp.201-206, March 2011.
- [7] Sang-Uk Park, Jin-Woo Choi, Chang-Su Kim, Sang-Uk Lee and Jung-Won Kang, "Efficient Distributed Video Coding Using Symmetric Motion Estimation and Channel Division," PACRIM09, Aug. 2009.
- [8] Sang-Uk Park, Young-Yoon Lee, Jin-Woo Choi, Chang-Su Kim, Sang-Uk Lee and Jung-Won Kang, "Multiple Channel Division for Efficient Distributed Video Coding," ICIP2009, Nov. 2009

저 자 소 개



김진수

- 1991년 2월 : 경북대학교 전자공학과 학사
- 1993년 2월 : KAIST전기 및 전자공학과 석사
- 1998년 8월 : KAIST전기 및 전자공학과 박사
- 1995년 6월 ~ 2000년 3월 : 삼성전자 선임연구원
- 2008년 7월 ~ 2009년 6월 : 텍사스 주립대학교 교환교수
- 2000년 4월 ~ 현재 : 한밭대학교 정보통신컴퓨터공학부 교수
- 주관심분야 : 영상부호화, 디지털방송, 분산비디오부호화



김재곤

- 1990년 2월 : 경북대학교 전자공학과 학사
- 1992년 2월 : KAIST전기 및 전자공학과 석사
- 2005년 2월 : KAIST전기 및 전자공학과 박사
- 1992년 3월 ~ 2007년 2월 : 한국전자통신연구원(ETRI) 선임연구원/팀장
- 2001년 9월 ~ 2002년 11월 : 뉴욕 콜롬비아대학교 연구원
- 2007년 9월 ~ 현재 : 한국항공대학교 항공전자 및 정보통신공학부 부교수
- 주관심분야 : 비디오 신호처리/부호화, 디지털방송 미디어, 미디어 컨버전스, 멀티미디어 통신



서광덕

- 1996년 2월 : KAIST전기 및 전자공학과 학사
- 1998년 2월 : KAIST전기 및 전자공학과 석사
- 2002년 8월 : KAIST전기 및 전자공학과 박사
- 2002년 8월 ~ 2005년 2월 : LG전자 단말연구소 선임연구원
- 2005년 3월 ~ 현재 : 연세대학교 컴퓨터정보통신공학부 부교수
- 주관심분야 : 영상부호화, 멀티미디어통신, 디지털방송, 멀티미디어 통신시스템