

보정된 필터 값을 이용한 1비트 변환 개선 알고리즘

*김형도 **박미소 ***정제창

한양대학교 전자컴퓨터통신공학과

*khd1207@gmail.com, **misosmile1128@gmail.com, ***jjeong@hanyang.ac.kr

Enhanced One-Bit Transform using Filtered Value Modification

*Hyungdo Kim **Miso Park **Jechang jeong

Dept. Electronics and Computer Eng. Hanyang University

요약

본 논문은 최근 연구가 지속적으로 진행되고 있는 움직임 추정 기술 중 하나인 1비트 변환 (One-bit Transform, 1BT) 알고리즘의 정확도를 개선시킨 알고리즘을 제안하였다. 1비트 변환 알고리즘은 정합오차 기준을 기존의 Sum of Absolute Differences (SAD)에서 이진연산이 가능한 정합오차로 바뀌어 하드웨어 설계에 보다 적합하도록 제안된 알고리즘이지만 정합 과정에서 많은 오차를 야기하는 단점을 가지고 있다. 본 논문에서는 1비트 변환 알고리즘 과정 중 계산 되는 필터 값의 보정을 통해 움직임 추정의 정확도를 향상 시켰다. 실험 결과에서 제안된 알고리즘이 객관적인 화질 측면에서 기존의 1비트 변환 알고리즘보다 더 우수한 성능을 보이는 것을 확인할 수 있었다.

1. 서론

디지털 동영상 데이터 압축 기술은 방대한 크기를 갖는 동영상 원천 (Source)을 멀티미디어 통신 시스템에서 사용하기 위해 필수적으로 사용되어 진다.

움직임 예측 기술은 동영상 데이터 압축 기술 중에서 핵심적인 기술들 중 하나로, 동영상 데이터의 시간적 중복성을 이용하여 큰 압축 효율을 얻는 기술이다. 대표적인 움직임 예측 기술로는 Block Matching Algorithm (BMA)이 있다. BMA는 이미지 프레임을 겹치지 않도록 블록의 형태로 나누어 각 블록마다 가장 유사한 블록을 현재 프레임의 주변 프레임 안에서 찾는 기술이다. 일반적으로 최적의 블록을 찾기 위해서 현재 블록의 위치를 기준으로 어떠한 탐색 영역안의 후보 블록들과 비교를 한다. 최적의 탐색 알고리즘으로는 전역 탐색 알고리즘(Full Search Algorithm, FSA)이 사용된다. 블록의 정합을 비교하는 방법으로는 Sum of Absolute Differences (SAD) 알고리즘이 기준으로 사용되어지고 있다.

SAD 알고리즘을 사용하는 전역 탐색방법은 최소 정합오차를 갖는 위치를 가장 정확하게 찾아 낼 수 있다. 하지만 그 계산 량이 방대하여 실제로 움직임 예측 기술이 전체 비디오 부호화에 과정에서 가장 큰 비중을 차지하고 있어 동영상의 실시간 부호화에 큰 어려움을 주고 있다.

이러한 전역 탐색 알고리즘의 문제점을 해결하기 위해 빠른 움직임 예측을 위한 여러 알고리즘들이 연구되어 왔다. 여러 고속 움직임 예측 알고리즘들 중에 하나는 이미지를 적은 비트 (bit) 의 영상으로 표현하고 탐색에 사용하는 이진 블록 정합 움직임 예측이다. 이진 블록 정합 알고리즘은 이미지를 구성하고 있는 각 화소를 적은 비트 수를 사용하도록 변환하여 빠른 정합오차 계산을 가능하게 한 기술이다. 이러한 알고리즘으로는 1비트 변환^[1] (One-Bit Transform : 1BT) 알고리즘과 그리고 제한된 1비트 변환^[2] (Constrained One-Bit Transform : C1BT) 등이 있다. 하지만 이러한 변환 기술로 빠른 정합오차 계산이 가능해 졌지만 변환과정에서 손실되는 정보로 인해 움직임 예측의 정확도가 떨어지게 되었다.

본 논문은 1비트 변환 알고리즘의 정확도를 높이고자 변환 과정에서 계산되는 필터 값을 보정하는 방법을 제안한다.

2. 기존의 알고리즘

움직임 예측을 하기위해 현재프레임을 f^t , 참조프레임을 f^{t-1} 라 하고 정합 오차를 계산하는 블록의 크기를 N 이라 하자. 가장 정확한 블록 정합 오차를 계산하는 Sum of

Absolute Differences (SAD)의 식은 다음과 같다.

$$SAD = \sum_{m,n=N} |f^t(i,j) - f^{t-1}(i+m,j+n)| \quad (1)$$

위 식에서는 각각의 두 프레임 안에 있는 위치 (i,j) 와 $(i+m,j+n)$ 에서의 크기 $N \times N$ 인 블록의 SAD를 계산하고 있다. 위의 식 (1)으로는 정확한 두 블록의 정합 오차를 계산할 수 있지만 위식을 사용한 전역 탐색 알고리즘은 계산 복잡도가 매우 커지게 된다.

움직임 예측의 계산 복잡도를 줄이기 위한 이진 블록 정합 움직임 예측기술 중에는 1비트 변환 알고리즘이 있다. 1비트 변환 알고리즘은 이미지 프레임 전체의 화소를 1비트로만 표현하는 이진 이미지로 변환한 후 블록의 정합 오차를 number of non-matching points (NNMP)을 통해 계산을 한다.

1비트 변환 알고리즘은 원 이미지를 이진 이미지로 변환하기 위해 먼저 다음의 17×17 크기의 대역 통과 필터 커널 K 를 사용한다.

$$K(i,j) = \begin{cases} 1/25, & \text{if } i,j \in [0,4,8,12,16] \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2)$$

원 이미지를 I 라 하고 식 (2)의 필터 K 가 적용된 이미지를 I_F 라 할 때, 다음과 식 (3)과 같이 이진 이미지를 생성한다.

$$B(i,j) = \begin{cases} 1, & I(i,j) \geq I_F(i,j) \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (3)$$

이러한 과정을 통해 한 프레임을 이진 표현으로 변환하는 것을 1비트 변환이라 한다. 이렇게 1비트 변환된 프레임들을 가지고 블록 간의 정합오차를 다음의 NNMP (Number of Non-Matching Points)를 이용해 계산할 수 있다.

$$NNMP(m,n) = \sum_{i=0}^{N-1N-1} \sum_{j=0}^{N-1N-1} B^t(i,j) \oplus B^{t-1}(i+m,j+n) \quad (4)$$

$$-s < m,n < s-1$$

위의 식 (4)에서 \oplus 는 Boolean Exclusive-OR 연산을 의미한다. 최종 움직임 벡터는 최소의 NNMP를 갖는 후보 블록의 위치가 된다. SAD는 정합오차를 화소단위의 계산을 하는데 비해 NNMP는 비트단위 연산을 통해 계산하기 때문에 하드웨어에 구현이 용이하다.

3. 제안하는 알고리즘

1비트 변환 알고리즘은 빠른 움직임 예측 연산을 가능하게 하지만, 프레임을 이진 이미지로 변환하는 과정에서 손실되는 정보로 인해 움직임 예측 결과의 정확도가 떨어지게 된다. 본 논문에서는 1비트 변환 알고리즘 과정 중 계산되는 필터 값의 보정을 통해 움직임 추정의 정확도를 향상 시키고자 한다.

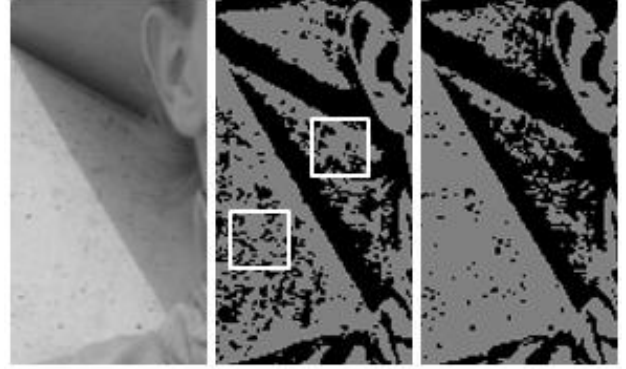


그림 1. 1비트 변환 결과: (a) Foreman 영상의 부분 이미지. (b) 기존의 1비트 변환 알고리즘을 통해 변환한 이미지. (c) 제안된 1비트 변환 알고리즘을 통해 변환한 이미지.

위의 그림 1. 의 (a)는 Foreman 영상의 일부분을 확대한 사진이다. 그림1. (b)는 기존의 1비트 변환 알고리즘을 통해 그림1. (a) 이미지를 1비트 변환한 이미지이다. 위의 그림 (a)와 (b)를 비교해 보면 그림 (b)에서 흰 블록으로 표시된 두 부분이 실제로는 큰 밝기값의 차이를 갖고 있지만 이진으로 변환된 영상에서는 비슷한 영역처럼 표시가 되는 것을 볼 수 있다.

이러한 점 때문에 실제로는 큰 값의 차이를 갖는 두 영역이지만 NNMP 정합 오차 알고리즘에 의해 최적의 블록 정합 위치로 판단이 되는 경우가 발생한다.

이진 영상에서도 원 영상에서의 밝은 부분과 어두운 부분을 명확히 구분 짓기 위해 식 (3)에서 필터 K 가 적용된 이미지 $I_F(i,j)$ 의 값을 다음 식을 통해 보정을 하였다.

$$\tilde{I}_F(i,j) = I_F(i,j) - 0.1 \times (I_F(i,j) - 128) \quad (5)$$

필터 K 가 적용된 이미지 I_F 를 보정시킨 이미지 \tilde{I}_F 를 식 (3)에 적용시켜 그림 1.(a)를 변환 시킨 결과는 그림 1.(c)와 같다. 그림을 통해 확인 할 수 있듯이 식 (5)를 통한 필터된 값의 보정으로 이미지의 밝은 부분과 어두운 부분이 이진 이미지에서도 명확하게 구분되는 것을 볼 수 있다. 결과적으로 필터를 거친 값의 보정을 통하여 NNMP 계산을 통한 최적의 블록 정합을 찾는 과정에서 원 이미

지에서는 밝기 값의 차이가 큰 블록들이 최적의 정합 블록으로 선택되는 경우를 줄일 수 있었다.

4. 실험 결과

기존의 1비트 변환 알고리즘과 본 논문에서 제안된 알고리즘을 비교해 보기 위해 6개의 CIF(352×288) 크기의 영상 Akiyo, Bus, Coastguard, Container, Football, Foreman 그리고 Table을 이용하여 실험을 해 보았다. 실험에서는 영상의 휘도성분만을 고려하였으며 Visual Studio 2012를 사용하였다. 실험 조건으로 탐색범위는 움직임 예측 부호화를 수행할 블록을 기준으로 ±16크기의 영역을 설정하였고, 탐색 순서로는 나선형 (spiral) 기법을 사용하였다. 블록 정합 오차를 계산하는 블록의 크기는 16×16 을 사용하였다. 제안하는 알고리즘과 기존의 알고리즘의 성능 비교를 위해 화질 비교방법으로 복원영상의 Peak Signal-to-Noise Ratio (PSNR)수치를 사용하였다.

표 1. PSNR 성능 비교 (dB)

Sequence	FSA	1BT	Proposed
Akiyo	42.36	41.69	41.40
Bus	25.62	24.32	24.51
Coastguard	30.45	29.90	29.92
Container	38.19	37.31	37.57
Football	24.11	22.90	23.01
Foreman	31.83	29.67	30.20
Table	31.47	29.88	29.96
Average	32.00	30.81	30.94

표 1. 은 기존의 1BT 알고리즘과 본 논문에서 제안된 알고리즘의 PSNR[dB]수치 결과이다. 표 1에서 볼 수 있듯이 본 논문에서 제안하는 알고리즘은 기존의 1비트 변환 알고리즘의 결과와 비교해 봤을 때 Akiyo 영상을 제외한 모든 영상에서 증가된 PSNR[dB]결과를 가져오고 평균적으로는 0.13dB 높아진 PSNR[dB]수치를 가져오는 것을 볼 수 있다.

4. 결론

1비트 변환 알고리즘은 동영상의 프레임을 한 화소당 1비트로 표현되는 이진 이미지로 변환시켜 빠른 움직임 예측 계산을 가능하게 하고 하드웨어 구현에 용이한 알고리즘이다. 하지만 프레임 이진 이미지로 변환하는 과정에서 손실되는 정보로 인해 움직임 예측의 정확도가 떨어지는 단점을 가지고 있다. 본 논문에서는 기존의 1비트 알고리즘의 움직임 예측의 정확도를 개선시키고자 변환과정에서 계산되는 필터값을 보정하여 이진 이미지를 생성하는 방법을 제안하였다. 실험의 결과를 통해 본 논문에서 제안된 알고리즘은 기존의 알고리즘 보다 평균 0.13dB 향상된 PSNR[dB] 수치를 가져오는 것을 확인 할 수 있었다.

참고문헌

- [1] Natarajan, V. Bhaskaran, and K. Konstantinides, "Low-complexity block-based motion estimation via one-bit transforms,"*IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol.*, vol. 7, no.4, pp. 702-206, Aug. 1997.
- [2] O. Urhan and S. Ertürk, "Constrained one-bit transform for low-complexity block motion estimation,"*IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol.*, Vol. 17, no. 4, pp. 478-482, Apr. 2007.