

정규논문 (Regular Paper)

방송공학회논문지 제18권 제5호, 2013년 9월 (JBE Vol. 18, No. 5, September 2013)

<http://dx.doi.org/10.5909/JBE.2013.18.5.730>

ISSN 2287-9137 (Online) ISSN 1226-7953 (Print)

정합 오차 기준을 확장한 제한된 1비트 변환 알고리즘 기반의 움직임 예측

이 상 구^{a)}, 정 제 창^{a)†}

Constrained One-Bit Transform based Motion Estimation using Extension of Matching Error Criterion

Sanggu Lee^{a)} and Jechang Jeong^{a)†}

요 약

본 논문은 정합 오차 기준을 확장한 제한된 1비트 변환 (Constrained One-Bit Transform : C1BT) 기반의 움직임 예측 알고리즘을 제안하였다. 제한된 1비트 변환 기반의 움직임 예측 알고리즘에서는 정합 오차 기준으로 기존의 움직임 예측 방법인 전역 탐색 알고리즘 (Full Search Algorithm: FSA)에서 사용되는 SAD (Sum of Absolute Differences) 대신 NNMP (Number of Non-Matching Points)를 사용하여 하드웨어 구현을 용이하게 하고 연산량을 크게 줄였으나 움직임 예측의 정확도를 감소시켰다. 이 점을 개선하고자 이 논문에서는 제한된 1비트 변환의 정합 오차 기준을 확장하여 움직임 예측의 정확도를 높이는 알고리즘을 제안하였고 이는 기존의 알고리즘과 비교한 결과 PSNR (Peak Signal to Noise Ratio) 측면에서 더 우수한 성능을 보였다.

Abstract

In this paper, Constrained One-Bit Transform (C1BT) based motion estimation using extension of matching error criterion is proposed. C1BT based motion estimation algorithm exploiting Number of Non-Matching Points (NNMP) instead of Sum of Absolute Differences (SAD) that used in the Full Search Algorithm (FSA) facilitates hardware implementation and significantly reduces computational complexity. However, the accuracy of motion estimation is decreased. To improve inaccurate motion estimation, this algorithm based motion estimation extending matching error criterion of C1BT is proposed in this paper. Experimental results show that proposed algorithm has better performance compared with the conventional algorithm in terms of Peak-Signal-to-Noise-Ratio (PSNR).

Keyword : Constrained One-Bit Transform, Number of Non-Matching Points

a) 한양대학교 전자컴퓨터통신공학과(Hanyang University)

† Corresponding Author : 정제창(Jechang Jeong)

E-mail: jjeong@hanyang.ac.kr

Tel: +82-2-2220-4370

※ 이 논문은 2013년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임 (NRF-2011-0011312)

· Manuscript received 17, July 2013 Revised 4, September 2013 Accepted 4, September 2013

1. 서론

영상 통신에서 송·수신 측이 주고받는 매개체인 사진, 동영상은 방대한 데이터를 가지고 있다. 이를 제한된 통신용량과 대역폭을 가지고 있는 멀티미디어 환경 내에서 원활하게 주고받기 위해서는 압축 기술은 필수적이다. 이러한 기술로써 영상 통신에서는 영상 내 연속되는 프레임 사이의 시간적 중복성을 제거하는 움직임 예측 알고리즘을 사용한다. 이 알고리즘을 사용하여 송신 측에서는 기존의 데이터양을 획기적으로 감소시켜 수신 측에 전달한다.

움직임 예측 알고리즘 중 가장 간단하고 보편적으로 이용되고 있는 알고리즘은 블록 매칭 알고리즘 (Block Matching Algorithm : BMA) 이다. 이 기법은 영상 내 연속되는 각각의 프레임을 일정한 크기의 정사각형 정합블록으로 분할하고 압축하고자 하는 현재 프레임 내 각 블록들과 정합 오차가 가장 작은 정합블록을 이전 프레임 내 사용자가 지정한 탐색 범위 안에서 찾는 방법이다. 이후 이전 프레임 내에서 탐색된 정합 오차가 가장 작은 정합블록의 위치와 현재 프레임 내 정합블록의 위치로부터 움직임 벡터 (motion vector)가 결정된다. 이를 통해 현재 프레임 내 각 정합블록에 대한 송신 데이터는 정합블록 내 모든 화소값을 포함하는 데이터에서 정합블록이 가지는 움직임 벡터와 정합오차에 관한 데이터로 압축된다. 이처럼 압축 효율을 최대한 높일 수 있는 움직임 벡터와 정합오차를 제공하는 기법이 블록 매칭 알고리즘이다^{[1][3-5]}.

블록 매칭 알고리즘 내에서 최적의 움직임 벡터와 정합오차를 찾는 알고리즘에는 여러 가지 방법들이 있다. 이 중 가장 정확하게 움직임을 예측하는 알고리즘은 전역 탐색 알고리즘 (Full Search Algorithm : FSA)이다. 이 알고리즘은 압축하고자 하는 현재 프레임 내 정합블록과 가장 작은 정합오차를 갖는 정합블록을 찾기 위해 이전 프레임에서 지정된 탐색 영역 내 모든 정합후보블록들을 탐색하고 정합 오차 기준으로는 SAD (Sum of Absolute Difference)를 사용한다^{[2][6][9-11]}.

$$SAD = \sum_{m,n \in N} |I_1(i,j) - I_2(i+m,j+n)| \quad (1)$$

식 (1)에서 I_1 은 현재 프레임 내 정합블록을 나타내고 I_2 는 이전 프레임 내 정합후보블록들을 나타낸다. 또한 N 은 탐색 범위이고 (m,n) 은 탐색 범위 내 후보정합블록들의 위치를 나타낸다. 이와 같이 탐색 영역 내에서 모든 후보블록들을 탐색하면서 각 후보블록마다 SAD를 계산하여 최적의 정합블록을 찾아내는 전역 탐색 알고리즘은 움직임 예측 알고리즘 중 가장 정확하게 움직임을 예측하지만 방대한 연산량을 필요로 한다. 이는 실시간 동영상 부호화기의 구현에 활용하기 어려움을 시사한다^{[1][7-8][10]}.

전역 탐색 알고리즘의 문제점을 해결하기 위해서 다양한 고속 움직임 예측 알고리즘들이 제안되고 있다. 이 중 하나가 정합 오차 기준을 SAD 대신 NNMP (Number of Non-Matching Points)를 사용하는 이진 변환 움직임 예측 알고리즘이다. 이 알고리즘은 영상 내 각각의 프레임을 이루고 있는 8비트 화소값을 이진 변환하여 불리언 (Boolean) 연산을 사용하면서 최적의 움직임 벡터를 찾아 하드웨어 구현 시 고속 움직임 예측이 가능하게 하였다. 특히 정수로 이루어진 화소값에 대한 산술연산보다 그 화소값을 이진 변환한 비트를 통한 불리언 연산을 사용하여 구현의 용이함과 대역폭 감소를 일궈내 속도를 대폭 향상시켰다. 각 화소값의 이진 변환을 위한 알고리즘으로는 1비트 변환^[1] (One-Bit Transform : 1BT), 2비트 변환^[2] (Two-Bit Transform : 2BT) 그리고 제한된 1비트 변환^[3] (Constrained One-Bit Transform : C1BT) 이 있다.

이진 변환을 사용하는 움직임 예측 알고리즘 중 가장 먼저 제안된 1BT를 이용한 움직임 예측 알고리즘은 고속 움직임 예측을 가능케 하였지만 원 영상 프레임을 이진 변환한 평면 1개만 사용하면서 생기는 단점인 기존 영상 프레임의 정보를 많이 잃어버리게 되는 점을 극복하지 못하면서 적합한 움직임 벡터를 구하지 못하였다. 이에 따라 움직임 예측의 정확도가 전역 탐색 알고리즘에 비해 현저히 저하되었고 이를 개선하고자 다른 이진 변환 알고리즘이 제안되었는데 그 알고리즘이 2비트 변환과 제한된 1비트 변환이다. 이들은 평균, 근사치 표준편차 또는 문턱값을 이용하여 원 영상 프레임의 이진 변환 평면을 2개 사용하면서 1비트 변환의 성능을 개선하였다^{[2][3][4]}.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제 2장에서는 기존의 알고리즘들인 1비트 변환, 2비트 변환, 제한된 1비트 변환에 대해 자세히 기술하고 제 3장에서는 본 논문에서 제안하는 제한된 1비트 변환의 정합 오차 기준을 확장하여 움직임 예측의 정확도를 개선하는 알고리즘에 대해 소개한다. 제 4장에서는 실험결과를 통해 기존의 알고리즘과 제안하는 알고리즘의 PSNR을 비교하고 제 5장에서 결론을 맺는다.

II. 기존의 알고리즘들

1. 1비트 변환을 사용하는 움직임 예측 알고리즘

1비트 변환을 사용하는 움직임 예측 알고리즘은 압축하고자 하는 원 영상 프레임을 이전 변환하기 전에 식 (2)에서 정의된 17x17 다중대역 통과 필터 커널 K 를 이용하여 영상 프레임을 필터링한다.

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

원 영상 프레임 I 의 각 화소를 중심으로 커널을 씌워 해당 위치의 커널값과 화소값을 곱한 값들의 합으로 필터링된 프레임 I_F 를 만든다. 이 후 동일한 위치에 있는 필터링된 프레임 I_F 와 원 영상 프레임 I 의 각 화소를 식 (3)과 같이 비교하여 원 영상 프레임을 0과 1만으로 이루어진 이진 변환 평면으로 만든다.

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

이와 같은 방법으로 원 영상 프레임으로부터 이진 변환 평면을 얻어내는 방법을 1비트 변환이라고 한다. 식 (3)에서 $I(i,j)$, $I_F(i,j)$ 는 각각 현재 프레임 내 (i,j) 위치의 화소값, 필터링된 프레임 내 (i,j) 위치의 화소값을 나타낸다. 이 후 기존의 움직임 예측 알고리즘인 전역 탐색 알고리즘과 동일하게 지정된 탐색 범위 내에서 최적의 움직임 벡터를 찾게 된다. 이 때 기존의 알고리즘과 다른 점은 적합한 움직임

벡터를 결정할 때 전역 탐색 알고리즘에서 사용하는 정합 오차 기준인 SAD 대신 불리언 연산자를 사용하는 NNMP (Number of Non-Matching Points)를 이용한다는 점이다. 1비트 변환을 사용하는 움직임 예측 알고리즘의 정합 오차 기준인 $NNMP_{1BT}$ 는 다음과 같이 정의 된다.

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

$$-s \leq m, n \leq s-1$$

식 (4)에서 $B(i,j)$ 는 현재 프레임의 1비트 변환된 평면 내 (i,j) 위치의 값, $B_{t-1}(i,j)$ 는 이전 프레임의 1비트 변환된 평면 내 (i,j) 위치의 값을 나타낸다. 또 N 은 정합블록의 크기이고 s 는 탐색 범위를 결정한다. (m,n) 은 탐색 범위 내 정합후 보블록들의 변위, \oplus 는 Boolean Exclusive-OR을 의미한다.

2. 2비트 변환을 사용하는 움직임 예측 알고리즘

2비트 변환을 사용하는 움직임 예측 알고리즘은 각 프레임의 이진 변환 평면을 1개만 사용하여 원 영상 프레임의 정보를 많이 잃어버리면서 생기는 1비트 변환을 사용하는 움직임 예측 알고리즘의 부정확한 움직임 예측을 개선하기 위해 제안된 알고리즘이다. 이는 적합한 기준을 이용하여 원 영상 프레임을 이진 변환한 평면 2개를 사용한다. 이러한 2비트 변환에서는 국부 주변 (local surrounding) 화소들의 평균, 표준편차와 근사치 표준편차(approximate standard) 값들을 이용하여 원 영상 프레임을 이진 변환한다. 2비트 변환에 필요한 평균, 표준편차, 근사치 표준편차는 식 (5)와 같이 얻어진다.

$$\begin{aligned} \mu &= E[I_{tw}] \\ \sigma^2 &= E[I_{tw}^2] - E^2[I_{tw}] \\ \sigma_a &= 15 + 0.0125\sigma^2 \end{aligned} \quad (5)$$

식 (5)에서 I_{tw} 는 2비트 변환되는 8x8 정합블록을 포함한 주변 40x40 크기의 국부 문턱 윈도우 (local threshold window) 안의 화소값을 의미한다. 식을 통해 구해진 평균과 근사치 표준편차는 영상 프레임 내 각 정합블록의 움직임

예측 시 해당 정합블록을 포함한 국부 문턱 윈도우 안의 화소값을 통해 매번 다르게 얻어지고 이들은 원 영상 프레임 을 이진변환하기 위해 사용된다. 이진 변환 평면들은 식 (6)과 같이 원 영상 프레임 I의 화소와 국부 문턱 윈도우 안의 화소들의 평균 및 근사치 표준편차를 비교하여 얻어 진다.

$$\begin{aligned} B_1(i,j) &= \begin{cases} 1, & \text{if } I(i,j) \geq \mu \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \\ B_2(i,j) &= \begin{cases} 1, & \text{if } I(i,j) \geq \mu + \sigma_a \text{ or } I(i,j) \leq \mu - \sigma_a \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \end{aligned} \quad (6)$$

식 (6)에서 $B_1(i,j)$, $B_2(i,j)$ 는 각각 2비트 변환된 프레임의 첫 번째 이진 변환 평면, 두 번째 이진 변환 평면을 의미한 다. 2비트 변환을 이용하는 움직임 예측 알고리즘에서 사용 되는 정합 오차 기준인 $NNMP_{2BT}$ 는 식 (7)과 같이 정의된다.

$$\begin{aligned} NNMP_{2BT,1} &= \{B_1^t(i,j) \oplus B_1^{t-1}(i+m,j+n)\} \\ NNMP_{2BT,2} &= \{B_2^t(i,j) \oplus B_2^{t-1}(i+m,j+n)\} \\ NNMP_{2BT}(m,n) &= \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{N-1} NNMP_{2BT,1} \parallel NNMP_{2BT,2} \quad (7) \\ &-s \leq m,n \leq s-1 \end{aligned}$$

식에서 $B_n^t(i,j)$ 는 2비트 변환된 현재 프레임의 n번째 이진 변환 평면이고 $B_n^{t-1}(i,j)$ 는 2비트 변환된 이전 프레임의 n번째 이진 변환 평면이다.

3. 제한된 1비트 변환을 사용하는 움직임 예측 알고리즘

제한된 1비트 변환을 사용하는 움직임 예측 알고리즘도 1비트 변환을 사용하는 알고리즘의 단점인 움직임 예측의 부정확성을 개선하기 위해 제안된 알고리즘이다. 제한된 1비트 변환에서도 2비트 변환과 동일하게 두 개의 이진 변환 평면을 사용하나 평균과 근사치 표준편차를 이용하지 않고 기존의 1비트 변환된 평면과 더불어 식 (8)과 같이 문턱 값 D를 이용하여 원 영상 프레임을 이진 변환한 평면을 사용한다.

$$CM(i,j) = \begin{cases} 1, & \text{if } |I(i,j) - I_F(i,j)| \geq D \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (8)$$

위 식에서 알 수 있듯이 2비트 변환과 크게 다른 점은 원 영상 프레임을 이진 변환할 때 특별한 연산과정 없이 1비트 변환에서 사용된 다중대역 통과 필터 커널을 적용한 프레임 I_F 와 문턱 값 D를 이용하여 두 번째 이진 변환 평면인 제한된 마스크(Constraint Mask : CM)를 얻는다는 점이다. 제한된 마스크를 사용하는 제한된 1비트 변환은 원 영상 프레임 내 두 화소값이 실제로 비슷하나 1비트 변환되면서 두 화소가 서로 다른 값으로 변환되면서 생기는 움직임 예측의 부정확성을 개선하였다. 제한된 1비트 변환에서 사용되는 정합 오차 기준인 $NNMP_{C1BT}$ 는 다음과 같이 정의된다.

$$\begin{aligned} NNMP_{C1BT,1} &= \{CM^t(i,j) \parallel CM^{t-1}(i+m,j+n)\} \\ NNMP_{C1BT,2} &= \{B^t(i,j) \oplus B^{t-1}(i+m,j+n)\} \\ NNMP_{C1BT}(m,n) &= \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{N-1} NNMP_{C1BT,1} \cdot NNMP_{C1B} \quad (9) \\ &-s \leq m,n \leq s-1 \end{aligned}$$

여기서 $CM^t(i,j)$, $CM^{t-1}(i,j)$ 는 제한된 1비트 변환된 현재 프레임의 제한된 마스크, 제한된 1비트 변환된 이전 프레임의 제한된 마스크를 의미한다. 또 \cdot 는 Boolean And 연산을 나타낸다.

III. 제안하는 알고리즘

이진 변환을 이용하여 기존의 정합 오차 기준과 다른 $NNMP$ 를 사용한 움직임 예측 알고리즘 중 제한된 1비트 변환을 이용한 알고리즘이 PSNR 측면에서 가장 좋은 성능을 보이나 전역 탐색 알고리즘에 비해서는 움직임 예측의 정확도가 많이 떨어진다. 이는 원 영상 프레임을 이진 변환하면서 생기는 정보손실이 큰 영향을 미친다. 비슷하게 각 프레임의 화소값이 0 또는 1과 같은 이진값으로 변환되면서 수정된 정합 오차 기준인 $NNMP$ 의 동적 범위에도 정보 손실을 일으켜 부정확한 움직임 예측이 야기되었다. 실제로 $NNMP$ 의 동적범위는 정합블록의 크기가 $N \times N$ 일 때 $0 \leq NNMP \leq N \times N$ 으로서 기존의 정합 오차 기준인 SAD ($0 \leq SAD \leq 256 \times N \times N$)의 동적 범위에 비해 1/256 감소되

$$\begin{aligned}
 NNMP_{C1BT,1} &= \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{N-1} \{CM^t(i,j) \cdot [B^t(i,j) \oplus B^{t-1}(i+m,j+n)]\} \\
 NNMP_{C1BT,2} &= \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{N-1} \{CM^{t-1}(i+m,j+n) \cdot [B^t(i,j) \oplus B^{t-1}(i+m,j+n)]\} \\
 NNMP_{C1BT,3} &= NNMP_{C1BT,1} + NNMP_{C1BT,2} \\
 NNMP_{C1BT,4} &= 2 * NNMP_{C1BT,1} + NNMP_{C1BT,2} \\
 NNMP_{C1BT,5} &= NNMP_{C1BT,1} + 2 * NNMP_{C1BT,2}
 \end{aligned} \tag{8}$$

었다. 그래서 이 장에서는 이 점을 개선하고자 이진 변환 중 가장 좋은 성능을 보이는 제한된 1비트 변환의 정합오차 기준인 NNMP_{C1BT}를 다음과 같이 수정하였다.

기존의 제한된 1비트 변환을 이용하는 움직임 예측 알고리즘의 정합 오차 기준인 NNMP_{C1BT}의 식에서 AND 연산을 현재 프레임의 제한된 마스크 값과 이전 프레임의 제한된 마스크 값에 분배하고 OR 연산을 덧셈 연산으로 수정하였다. 이 후 가중치의 유무에 따라 3가지 정합 오차 기준을 제안하였다. 이에 따라 NNMP_{C1BT,3}의 동적 범위는 $0 \leq NNMP_{C1BT,3} \leq 2xNxN$ 그리고 NNMP_{C1BT,4}와 NNMP_{C1BT,5}의 동적 범위는 $0 \leq NNMP_{C1BT,4}, NNMP_{C1BT,5} \leq 3xNxN$ 으로 기존의 정합 오차 기준인 NNMP_{C1BT}에 비해 동적 범위가 각각 2배, 3배 확장되었다.

IV. 실험결과

실험은 움직임 특성이 서로 다른 6개의 CIF(352 x 288) 영상을 이용하였으며 움직임 예측의 정확도를 측정하기 위

한 알고리즘이므로 휘도 성분만을 고려하였다. 실험조건으로 탐색 범위와 움직임 블록 크기를 ±16, 16x16으로 결정하고 최적의 정합블록 탐색 순서는 나선형 (spiral) 기법을 이용하였다. 또한 제안하는 알고리즘과 기존 알고리즘의 성능 비교를 위해서 화질 비교에 자주 사용되는 복원 영상의 PSNR (Peak Signal-to-Noise Ratio)를 사용하였다.

먼저 제한된 1비트 변환을 이용하는 움직임 예측 알고리즘의 성능에 큰 변화를 일으키는 문턱값을 5부터 25까지 5씩 증가시키면서 이 논문에서 제안하는 정합 오차 기준들을 사용하여 실험하였고 비교 대상인 제한된 1비트 변환을 이용한 알고리즘에서의 문턱값은 10을 사용하였다.

표 1-3은 제안하는 정합 오차 기준 NNMP_{C1BT,3}, NNMP_{C1BT,4} 그리고 NNMP_{C1BT,5}를 이용한 알고리즘과 기존의 정합 오차 기준인 CNNMP를 이용한 알고리즘의 성능을 비교한 결과이다. NNMP_{C1BT,3}, NNMP_{C1BT,4}를 사용한 알고리즘은 기존의 알고리즘보다 좋은 성능을 보이거나 NNMP_{C1BT,5}를 사용한 알고리즘은 정합 오차 기준의 동적범위가 NNMP_{C1BT,3}보다 넓은데도 불구하고 성능이 악화되었다. 이는 정합 오차 기준의 동적범위가 넓다고 해서 항상 성능이 향상되는 것

표 1. 기존 알고리즘과 제안하는 정합 오차 기준(NNMP_{C1BT,3})을 사용한 알고리즘의 PSNR 비교
Table 1. PSNR comparison of conventional algorithm and proposed algorithm using NNMP_{C1BT,3}

	C1BT	D = 5	D = 10	D = 15	D = 20	D = 25
Sequence (frames)	PSNR(dB)	PSNR(dB)	PSNR(dB)	PSNR(dB)	PSNR(dB)	PSNR(dB)
children(300)	28.51	28.41	28.53	28.59	28.56	28.49
flower(300)	26.48	26.47	26.52	26.55	26.55	26.5
sea_football(150)	23.22	23.15	23.32	23.38	23.36	23.27
singer(300)	36.76	36.74	36.8	36.77	36.69	36.53
stefan(300)	23.14	23.11	23.19	23.22	23.22	23.19
table(300)	30.5	30.42	30.57	30.5	30.33	30.14
Average	28.10	28.05	28.15	28.17	28.12	28.02

표 2. 기존 알고리즘과 제안하는 정합 오차 기준(NNMP_{C1BT,4})을 사용한 알고리즘의 PSNR 비교

Table 2. PSNR comparison of conventional algorithm and proposed algorithm using NNMP_{C1BT,4}

	C1BT	D = 5	D = 10	D = 15	D = 20	D = 25
Sequence (frames)	PSNR(dB)	PSNR(dB)	PSNR(dB)	PSNR(dB)	PSNR(dB)	PSNR(dB)
children(300)	28.51	28.43	28.58	28.66	28.66	28.58
flower(300)	26.48	26.48	26.54	26.57	26.57	26.52
sea_football(150)	23.22	23.11	23.31	23.44	23.44	23.37
singer(300)	36.76	36.73	36.88	36.78	36.78	36.59
stefan(300)	23.14	23.11	23.19	23.23	23.23	23.21
table(300)	30.5	30.36	30.58	30.39	30.39	30.17
Average	28.10	28.04	28.18	28.18	28.18	28.07

표 3. 기존 알고리즘과 제안하는 정합 오차 기준(NNMP_{C1BT,5})을 사용한 알고리즘의 PSNR 비교

Table 3. PSNR comparison of conventional algorithm and proposed algorithm using NNMP_{C1BT,5}

	C1BT	D = 5	D = 10	D = 15	D = 20	D = 25
Sequence (frames)	PSNR(dB)	PSNR(dB)	PSNR(dB)	PSNR(dB)	PSNR(dB)	PSNR(dB)
children(300)	28.51	28.32	28.34	28.34	28.24	28.12
flower(300)	26.48	26.41	26.44	26.44	26.41	26.37
sea_football(150)	23.22	23.14	23.2	23.11	23.02	22.92
singer(300)	36.76	36.58	36.5	36.35	36.23	36.07
stefan(300)	23.14	23.08	23.11	23.1	23.07	23.03
table(300)	30.5	30.36	30.37	30.23	30.08	29.9
Average	28.10	27.98	28.00	27.93	27.84	27.74

이 아니라는 점을 시사한다. 또한 현재 프레임의 제한된 마스크 값에 가중치를 적용한 NNMP_{C1BT,4}가 이전 프레임의 제한된 마스크 값에 가중치를 적용한 NNMP_{C1BT,5}보다 성능이 월등히 우수한 것으로 보아 현재 프레임의 제한된 마스크 값이 정합 오차 기준의 요소로 더 적합하다는 것을 알 수 있다.

표 4-5는 기존의 정합 오차 기준을 사용한 알고리즘보다 우수한 성능을 보인 NNMP_{C1BT,3}, NNMP_{C1BT,4}를 사용한 알고리즘의 성능을 최적화시키는 문턱값을 찾는 실험결과이다. 가장 우수한 성능을 보인 문턱값 15를 기준으로 10에서 20까지 2씩 증가시키면서 실험하였다.

NNMP_{C1BT,3}, NNMP_{C1BT,4}를 사용한 알고리즘 모두 문

표 4. 각 문턱값에 따른 정합 오차 기준(NNMP_{C1BT,3})을 사용한 제안하는 알고리즘의 PSNR

Table 4. PSNR of proposed algorithm using NNMP_{C1BT,3} according to each threshold value

	D = 10	D = 12	D = 14	D = 16	D = 18	D = 20
Sequence (frames)	PSNR(dB)	PSNR(dB)	PSNR(dB)	PSNR(dB)	PSNR(dB)	PSNR(dB)
children(300)	28.53	28.57	28.58	28.59	28.59	28.56
flower(300)	26.52	26.54	26.54	26.55	26.55	26.55
sea_football(150)	23.32	23.37	23.38	23.38	23.37	23.36
singer(300)	36.8	36.8	36.78	36.74	36.71	36.69
stefan(300)	23.19	23.21	23.22	23.22	23.23	23.22
table(300)	30.57	30.55	30.53	30.47	30.4	30.33
Average	28.15	28.17	28.17	28.16	28.14	28.12

표 5. 각 문턱값에 따른 정합 오차 기준(NNMP_{C1BT,4})을 사용한 제안하는 알고리즘의 PSNR
 Table 5. PSNR of proposed algorithm using NNMP_{C1BT,4} according to each threshold value

	D = 10	D = 12	D = 14	D = 16	D = 18	D = 20
Sequence (frames)	PSNR(dB)	PSNR(dB)	PSNR(dB)	PSNR(dB)	PSNR(dB)	PSNR(dB)
children(300)	28.58	28.62	28.65	28.67	28.67	28.66
flower(300)	26.54	26.56	26.57	26.57	26.57	26.57
sea_football(150)	23.31	23.38	23.42	23.43	23.44	23.44
singer(300)	36.88	36.89	36.87	36.85	36.81	36.78
stefan(300)	23.19	23.21	23.23	23.23	23.23	23.23
table(300)	30.58	30.58	30.57	30.5	30.44	30.39
Average	28.18	28.21	28.22	28.21	28.19	28.18

표 6. 기존 이진 변환을 이용한 움직임 예측 알고리즘과 제안하는 알고리즘 PSNR 비교
 Table 6. PSNR comparison of conventional algorithm using binary transform and proposed algorithm

	1BT	2BT	C1BT	Proposed	FSA
Sequence (frames)	PSNR(dB)	PSNR(dB)	PSNR(dB)	PSNR(dB)	PSNR(dB)
children(300)	28.21	28.18	28.51	28.65	29.18
flower(300)	26.42	26.32	26.48	26.57	26.68
sea_football(150)	22.84	23.16	23.22	23.42	24.08
singer(300)	36.29	36.26	36.76	36.87	37.11
stefan(300)	22.94	23.22	23.14	23.23	23.9
table(300)	29.87	30.24	30.5	30.57	31.46
Average	27.76	27.9	28.10	28.22	28.73

턱값 14일 때 최적의 성능을 보였고 미세하게 NNMP_{C1BT,4}를 사용한 알고리즘이 더 좋은 결과를 보여줬다.

표 6은 기존의 이진 변환을 이용한 움직임 예측 알고리즘들, 전역 탐색 알고리즘과 가장 좋은 성능을 보인 정합 오차 기준 NNMP_{C1BT,4}를 사용한 제한된 1비트 변환 알고리즘을 비교한 결과이다. 제안하는 알고리즘에서는 성능을 최적화시키는 문턱값 14를 사용하였다.

실험결과를 통해 기존의 이진 변환을 이용한 움직임 예측 알고리즘인 1BT, 2BT, C1BT 보다 각각 0.46dB, 0.32dB, 0.12dB 향상되었음을 알 수 있고 이는 움직임 예측의 정확도를 월등히 개선하였음을 시사한다. 연산량 측면에서는 기존의 C1BT를 사용하는 움직임 예측 알고리즘이 각 정합블록에 대한 최적의 정합블록을 찾는데 NxN번 XOR 연산, NxN번 OR 연산, NxN번 AND 연산 그리고 NxN 덧셈 연산을 사용한 것에 비해 제안하는 알고리즘은 NxN번 XOR 연산, 2xNxN번 AND 연산, 2xNxN 덧셈 연

산 그리고 가중치 적용을 위한 shift 연산 1번을 사용하면서 연산량이 소폭 상승하였음을 알 수 있다. 이는 움직임 예측의 성능과 연산량은 Trade-Off 관계임을 시사한다.

V. 결론

본 논문에서는 제한된 1비트 변환을 이용한 움직임 예측 알고리즘의 정합 오차 기준인 NNMP_{C1BT}의 동적 범위를 확장시켜 움직임 예측의 정확도를 개선하는 알고리즘을 제안하였다. 실험결과를 통해 제안하는 알고리즘은 기존의 알고리즘보다 연산량이 소폭 상승하였으나 PSNR 측면에서 0.12 dB 상승하였고 다른 이진 변환을 사용하는 움직임 예측 알고리즘인 1BT, 2BT에 비해 0.46 dB, 0.32dB 상승하였다. 이는 고화질 디지털 영상의 구현에 적합한 알고리즘이 될 수 있겠다.

참 고 문 헌

[1] B. 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.5, pp.702-706, Aug. 1997

[2] A. Erturk and S. Erturk, "Two-Bit Transform for Binary Block Motion Estimation," IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol., vol.15, no.7, pp.938-946, July 2005.

[3] O. Urhan and S. Erturk, "Constrained one-bit transform for low complexity block motion estimation," IEEE Tans. Circuits and Syst. Video Technol., vol.17, no.4, pp.478-482, Apr. 2007.

[4] B. Demir and S. Ertürk, "Block motion estimation using adaptive modified two-bit transform," IET Image Processing, vol.1, no.2, pp.215-222, Jun. 2007.

[5] O. Urhan, "Constrained one-bit transform based motion estimation using predictive hexagonal pattern," Journal of Electron. Imaging, vol.61, no.3, 033019, Aug. 2007

[6] H. Lee and J. Jeong, "Early termination scheme for binary block motion estimation," IEEE Trans. Consumer Electron, vol.53, no. 4, pp.1682-1686, Nov. 2007

[7] H. Lee, S. Jin and J. Jeong, "Early termination algorithm for 2BT block motion estimation," Electronics Letters, vol.45, no.8, pp.403-405, Apr. 2009

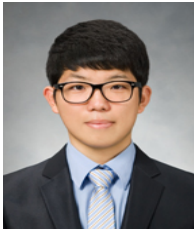
[8] N. J. Kim, S. Ertürk and H. Y. Lee, "Two-bit transform based block motion estimation using second derivatives," IEEE Tans. Consumer Electron, vol.55, no.2, pp.902-910, Aug. 2009.

[9] H.-Y. Oh, D.-H. Kim, O. Urhan and T.-G. Chang, "Modified constrained one-bit transform based fast block motion estimation," IEEE Tans. Consumer Electron, vol.5, no.3, pp.1093-1097, Oct. 2007.

[10] O. Urhan, "Constrained one-bit transform based fast block motion estimation using adaptive search range," IEEE Tans. Consumer Electron, vol.56, no.3, pp.1868-1871, Aug. 2010.

[11] C. Choi and J. Jeong, "Enhanced two-bit transform based motion estimation via extension of matching criterion," IEEE Tans. Consumer Electron, vol.56, no.3, pp.1883-1889, Aug. 2010.

저 자 소 개



이 상 구

- 2012년 2월 : 한양대학교 미디어통신공학전공 졸업 졸업(공학사)
- 2012년 3월 ~ 현재 : 한양대학교 전자컴퓨터통신공학과 석사과정
- 주관심분야 : 비디오 압축, 영상처리



정 제 창

- 1980년 2월 : 서울대학교 전자공학과 졸업
- 1982년 2월 : KAIST 전기전자공학과 석사
- 1990년 : 미국 미시간대학 전기공학과 공학박사
- 1980년 ~ 1986년 : KBS 기술연구소 연구원 (디지털 및 뉴미디어 연구)
- 1990년 ~ 1991년 : 미국 미시간대학 전기공학과 연구교수 (영상 및 신호처리 연구)
- 1991년 ~ 1995년 : 삼성전자 멀티미디어 연구소 (MPEG, HDTV, 멀티미디어 연구)
- 1995년 ~ 현재 : 한양대학교 전자통신컴퓨터공학과 교수 (영상통신 및 신호처리 연구실)
- 1998년 11월 : 과학기술자상 수상
- 1990년 12월 : 정보통신부장관상 수상
- 2007년 : IEEE Chester Sall Award 수상
- 2008년 : ETRI Journal Paper Award 수상
- 2011년 5월 : 제46회 발명의 날 녹조근정훈장 수훈
- 주관심분야 : 영상처리, 영상압축, 3DTV