

시간 상관관계를 이용한 분산 압축 비디오 센싱 기법의 복원 화질 개선

(Reconstructed Image Quality Improvement of Distributed
Compressive Video Sensing Using Temporal Correlation)

류 중 선¹⁾, 김 진 수^{2)*}

(Ryu Joong-seon and Kim Jin-soo)

요 약 가장 간단한 샘플링을 위한 목적으로 SPL (Smoothed Projected Landweber) 기법 기반의 움직임 보상 블록 압축센싱 기법이 모든 센싱 프레임들에 대해 분산 압축 비디오 센싱 기술이 적용되는 효과적인 방안으로 연구되어 오고 있다. 그러나 기존의 움직임 보상 블록기반의 압축센싱 기법은 매우 간단하여 복원된 워너-지브 프레임에서 우수한 화질을 제공하지 못하는 한계점이 있다. 본 논문에서는 기존의 움직임 보상 블록기반의 압축센싱 기법을 이용한 워너-지브 프레임에서 우수한 화질을 제공될 수 있도록 알고리즘을 변형한다. 즉, 제안된 알고리즘은 참조 프레임이 연속적인 프레임들에 있어 시간적 상관관계에 기초해서 적응적으로 선택되도록 하는 방법으로 설계된다. 다양한 실험 결과를 통하여 제안한 알고리즘은 기존의 알고리즘에 비해 우수한 화질을 제공할 수 있음을 확인한다.

핵심주제어 : 압축센싱, 분산 압축 비디오 센싱, BCS-SPL, 시간 상관관계

Abstract For The Purpose of Pursuing the Simplest Sampling, a Motion Compensated Block Compressed Sensing with Smoothed Projected Landweber (MC-BCS-SPL) has been Studied for an Effective Scheme of Distributed Compressive Video Sensing with all Compressed Sensing (CS) Frames. However, Conventional MC-BCS-SPL Scheme is Very Simple and so it Does not Provide Good Visual Qualities in Reconstructed Wyner-Ziv (WZ) Frames. In this Paper, the Conventional Scheme of MC-BCS-SPL is Modified to Provide Better Visual Qualities in WZ Frames. That is, the Proposed Algorithm is Designed in such a way that the Reference Frame may be Adaptively Selected Based on the Temporal Correlation Between Successive Frames. Several Experimental Results show that the Proposed Algorithm Provides Better Visual Qualities than Conventional Algorithm.

Key Words : Compressed Sensing, Distributed Compressed Video Sensing, BCS-SPL, Temporal Correlation

* Corresponding Author : jskim67@hanbat.ac.kr

† This research was supported by Basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea(NRF) funded by the Ministry of Education (No. 2015R1D1A1A01059456).

Manuscript received Feb 25, 2017 / revised Apr 7, 2017 / accepted Apr 14, 2017

1) 한밭대학교 멀티미디어공학과, 제1저자

2) 한밭대학교 정보통신공학과, 제2저자, 교신저자

1. 서 론

최근 멀티미디어 통신의 빠른 발전과 더불어 프로세서, 저장장치가 급격하게 발달함에 따라 멀티미디어 처리 기능을 가진 휴대 기기의 생산 및 보급이 활발하게 이루어졌다. 사용자는 휴대 기기를 이용하여 멀티미디어 데이터를 취득하고 콘텐츠를 제작 및 전송, 보급할 수 있게 되었다. 이제는 사용자가 단순히 생성된 멀티미디어 데이터를 소비하는 것이 아니라 사용자 스스로 멀티미디어 데이터를 생산하고 배포하는 시대가 되었다. 이와 같은 휴대기기에 의한 멀티미디어 서비스의 발전에 발맞추어, 휴대기기의 제한된 성능 안에서 다양한 멀티미디어 데이터를 처리하기 위해서 짧은 부호화 시간과 낮은 전원소비가 가능한 부호화기의 필요성이 대두되고 있다. 이에 대한 연구의 일환으로 새로운 구조의 코덱인 분산 비디오 부호화 (DVC : Distributed Video Coding) 방법이 연구되어 오고 있다[1-2]. 분산 비디오 부호화는 부호화기의 복잡도를 부호화기로 분산시켜 부호화기의 복잡도를 낮추는 방법으로서, 배터리의 소비가 적고 부호화 시간이 짧아 이동식 비디오 장치에 적합하다. 그러나 분산 비디오 부호화 기술의 낮은 압축 성능, 높은 복호화기의 복잡도와 피드백 채널의 존재 등 해결해야 할 문제점들이 아직은 존재한다.

또한, 무선 멀티미디어 센서 네트워크에 비디오 센서를 도입하기 위한 기술로서 압축센싱 (CS : Compressed Sensing)에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 분산 비디오 부호화와 압축센싱 기술의 결합을 통해 저비용의 샘플링을 실현하는 분산 압축 비디오 센싱 기법이 제안되었다[3]. 압축센싱은 Shannon/Nyquist 표본화 정리를 만족하는 나이퀴스트 율보다 더 적은 수의 표본화 주파수로 신호를 획득하더라도 그 신호가 성긴(Sparse) 신호라는 기준 하에 샘플링을 가능하게 하는 핵심 요소 기술이며 손실 없이 원 신호의 완벽한 복원을 가능하게 하는 이론이다[4-5]. 그 중 압축센싱의 복원 알고리즘인 BCS-SPL (Block-based Compressive Sensing-Smoothed Projected Landweber) 기법은 기존 프레임 기반 압축센싱이 가지고 있던 메모리 문제나 복잡도를

낮추고 각 블록마다 다른 성감도에 따라 복원 영상 블록별로 화질 열화 정도가 다를 수 있어 복원 영상 블록 경계들 간에 블록화 현상이 현저하게 보여 화질 열화와 같은 문제를 해결하였다[6]. 그래서 효과적인 BCS-SPL 기법을 비디오에 적용함으로써 인코더의 복잡도는 굉장히 낮추고 복호화기의 복잡도를 높이는 분산 압축 비디오 센싱에 적합한 MC-BCS-SPL (Motion Compensated BCS-SPL)기법을 제안하였다[7]. MC-BCS-SPL 기법은 BCS-SPL 기법을 비디오에 사용하기 위해 움직임 예측 (ME : Motion Estimation)과 움직임 보간 (MC : Motion Compensation)을 결합하고 잔차 신호 처리를 현재 프레임과 움직임 보간 프레임을 각각 복원하여 처리하지 않고 CS 도메인에서 처리함으로써 계산량을 감소시킨 방법이 추가된 구조이다[8-9]. 기존의 MC-BCS-SPL에 대한 연구는 MC-BCS-SPL 구조에 스킵 모드를 추가해 부호화를 한다거나 Group of pictures (GOP)의 구조를 순방향 혹은 역방향 구조 대신 이웃 프레임간 시간 상관관계를 이용한 계층 구조를 사용하는 등 외부적인 요소들을 추가해 성능을 개선하는 연구들이 있었다[10-12].

본 논문에서는 외부적인 요소가 아닌 내부적인 요소를 연구함으로써 알고리즘 자체의 성능을 개선하고자 한다. 기존 MC-BCS-SPL은 복호화기에서 움직임 예측 전에 초기 영상은 복원 품질이 낮은 WZ 프레임을 복원하여 참조 프레임과 움직임 예측 및 보간을 수행하게 된다. 일반적으로 복원된 WZ 프레임은 화질이 안 좋기 때문에 움직임 예측이 잘 수행 되지 않는 문제를 가지고 있다. 또한, 잔차 신호 처리를 CS 영역에서 처리하게 되면 특정한 경우에 값이 제한된 영역에서 벗어나는 문제가 발생 하는 문제점이 있었다. 본 논문에서는 앞에서 언급한 문제들을 해결하기 위해 기존 MC-BCS-SPL의 움직임 예측 전의 입력 초기 영상을 현재 WZ 프레임에 대해 이전프레임과 이후 프레임간의 왜곡을 측정해 정해진 임계치를 기준으로 움직임이 작은 영상에 대해서는 이전 혹은 이후의 참조 프레임과 현재 WZ 프레임과의 차이를 같은 측정률에서 구해 이를 참조 프레임에 더하여 이를 초기 영상으로 사용하고, 움직임이 큰 영상에 대해서는 기존

MC-BCS-SPL 기법을 사용하는 방법을 제안한다. 또한, 기존 MC-BCS-SPL에서는 잔차 신호 처리를 CS 영역에서 처리를 하는데, 이는 특정한 경우에 잔차 신호를 화소 영역으로 복원 시큰 오차를 가진 값으로 복원하게 된다. 이는 알고리즘의 안정성을 떨어뜨리기 때문에 잔차 신호 처리를 화소 영역에서 처리함으로써 복호화기의 복잡도를 높이는 대신 안정성을 높였다. 그리고 높아진 복호화기의 복잡도에 대해서는 SPL 부분에서 IT (Iterative Thresholding) 기법으로 바꾸고 성감도가 증가하지 않고 작아지는 경우를 고려한 새로운 종료 조건을 도입하여 반복횟수를 현저히 줄이는 방안에 대해 연구하였고, 또한, 이와 관련 응용 연구도 수행되었다[13-16].

2. 기존 MC-BCS-SPL 알고리즘의 개요 및 문제점

2.1 기존의 MC-BCS-SPL 알고리즘의 개요

MC-BCS-SPL 구조는 기본적으로 기존의 DVC 코덱과 동일한 형태이며, Fig. 1과 같은 구조도를 갖는다. 기존의 MC-BCS-SPL 알고리즘은 BCS-SPL 알고리즘에 기초하고 있으며, Fig. 2는 기존에 제안된 BCS-SPL과 MC-BCS-SPL 알고리즘에 대한 Pseudo-code를 나타낸다[6-7]. 먼저, 압축센싱 부분에서는 키 프레임과 WZ (Wyner-Ziv) 프레임으로 나누고, 키 프레임에 대해서는 높은 측정률로 센싱하며, WZ 프레임에 대해서는 키 프레임보다 상대적으로 낮은 측정률로 센싱한다. 구체적으로는 입력 이미지가 들어오게 되면 이미지는 $B \times B$ 블록으로 나누고 측정률에 의해 정해진 크기의 측정행렬을 이용하여 샘플링된다. 입력 이미지 X 의 j 번째 블록을 x_j 고 할 때, 입력 이미지는 raster-scan 방식으로 스캔된다. 센싱결과인 $y_j = \Phi_B x_j$ 와 같이 표현되며, 측정행렬 Φ_B 는 $M_B (= \lfloor \frac{M}{N} B^2 \rfloor) \times B^2$ 크기의 직교행렬이 사용된다[9].

압축센싱 결과에 대한 복호화 부분에서 키 프레임은 기존의 BCS-SPL 복원 알고리즘에 기초

해서 독립적으로 복원하고, WZ 프레임 복원은 기존의 BCS-SPL 알고리즘으로 복원하되 키 프레임을 참조하여 움직임 예측과 움직임 보간을 통해 얻어진 영상과 결합하여 복원을 한다. 즉, MC-BCS-SPL 기법은 참조 프레임과 WZ 프레임과의 움직임 예측 후 움직임 보간 영상을 구하고 얻어진 움직임 보간 영상과 현재 WZ 프레임과의 차이값을 CS 영역에서 구해 이를 화소 영역으로 복원한 후 움직임 보간 영상과 합치게 된다. 이 과정을 고정된 반복 횟수만큼 반복 후 복원 영상을 얻는다. BCS-SPL의 복원은 구체적으로는 압축센싱된 신호 y 가 들어오게 되면 초기치 $x^{(0)}$ 로 바꾸고 SPL구조를 정해진 종료 기준을 만족시키기 전까지 Wiener 필터링, PL (Projected Landweber), IHT를 반복적으로 수행한다. 여기서, Wiener 필터는 공간 영역에서 신호 내 잡음과 블록화 현상을 제거하고, PL 과정은 신호를 원 영상으로 복원한다. 또한 IHT 과정은 복원되고 있는 영상신호내의 잡음 정도를 변환 영역에서 추정하고, 이 추정된 값보다 작은 값을 가지는 복원 영상 계수들을 0으로 설정하여 복원 신호의 성감도를 증가시킨다[10].

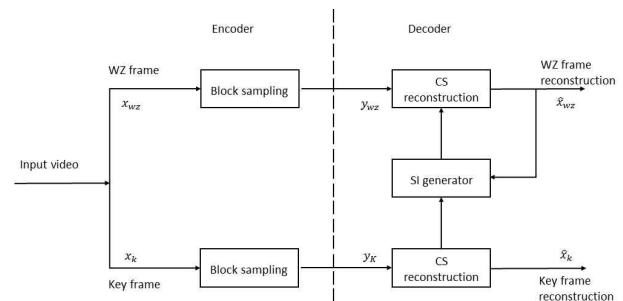


Fig. 1 MC-BCS-SPL Structure[8]

MC-BCS-SPL에서 WZ 프레임에 대한 복호화는 압축센싱된 신호 y 값을 받게 되면 먼저 BCS-SPL 알고리즘에 기초해서 복원하여 초기값 \hat{x} 으로 사용하게 된다. 그런 후에 복원한 \hat{x} 와 참조 프레임 x_{ref} 을 움직임 예측과 움직임 보간을 통해 얻어진 영상 \hat{x}_{mc} 를 얻는다. 그리고 WZ 프레임에 대한 측정률과 동일한 측정률로 다시 압축센싱된다. 센싱된 값 y_{mc} 와 현재 WZ 프레임

에 대한 값 y 를 CS 영역에서 차이값 y_r 을 구하고 이를 다시 BCS-SPL 복원을 통해 복원한 \hat{x}_r 을 얻는다. 그 다음 움직임 보간 영상 \hat{x}_{mc} 와 차이 영상 \hat{x}_r 를 더해 새로운 \hat{x} 값을 갱신한다. 위 과정을 고정된 반복 횟수(5회)만큼 계산하여 얻은 복원 영상을 얻는 구조로 구성된다.

```

function  $x = \text{BCS-SPL}(y, \Phi_B, \Psi)$ 
    for each block  $j$ 
         $x_j^{(0)} = \Phi_B^T y_j$ 
     $i = 0$ 
    do
         $\hat{x}^{(i)} = \text{Wiener}(x^{(i)})$ 
        for each block  $j$ 
             $\hat{x}_j^{(i)} = \hat{x}_j^{(i)} + \Phi_B^T (y_j - \Phi_B \hat{x}_j^{(i)})$ 
             $\tilde{x}^{(i)} = \Psi \hat{x}^{(i)}$ 
             $\check{x}^{(i)} = \text{Threshold}(\tilde{x}^{(i)})$ 
             $\hat{x}^{(i)} = \Psi^{-1} \check{x}^{(i)}$ 
        for each block  $j$ 
             $x_j^{(i+1)} = x_j^{(i)} + \Phi_B^T (y_j - \Phi_B x_j^{(i)})$ 
         $D^{(i+1)} = \left\| x^{(i+1)} - \hat{x}^{(i)} \right\|_2$ 
         $i = i + 1$ 
    until  $|D^{(i)} - D^{(i-1)}| < 10^{-2}$ 
     $x = x^{(i)}$ 
    
```

(a)

```

function  $\hat{x} = \text{MC-BCS-SPL}(y, \Phi_B, \Psi, x_{ref})$ 
     $\hat{x} = \text{BCS-SPL}(y, \Phi_B, \Psi)$ 
     $i = 0$ 
    while  $i < \text{MAX\_ITERATION}$ 
         $\hat{x}_{mc} = \text{MotionCompensation}(\hat{x}, x_{ref})$ 
        for each block  $j$ 
             $y_{mc_j} = \Phi_B \hat{x}_{mc_j}$ 
         $y_r = y - y_{mc}$ 
         $\hat{x}_r = \text{BCS-SPL}(y_r, \Phi_B, \Psi)$ 
         $\hat{x} = \hat{x}_{mc} + \hat{x}_r$ 
         $i = i + 1$ 
    end while
    
```

(b)

Fig. 2 Formulation of pseudo-code in BCS-SPL and MC-BCS-SPL

(a) BCS-SPL[6] (b) MC-BCS-SPL[7]

2.2 기존 알고리즘의 문제점

기존 MC-BCS-SPL 알고리즘[7]을 사용하여 압축센싱을 수행하게 되면, 기존의 프레임기반 기술에 비해 상대적으로 더욱 간단하고 빠르고 압축센싱 및 복원을 할 수 있으며, 또한 압축센싱 및 복원과정에 소요되는 저장 공간도 줄일 수 있는 장점이 있다. 또한 피드백 채널을 사용할 필요 없으므로 부호화기의 복잡도를 크게 낮출 수 있다. 그러나 기존 MC-BCS-SPL 구조[7]는 몇 가지 문제점을 안고 있다. 첫째는 MC-BCS-SPL의 초기값은 측정률이 낮은 WZ 프레임을 복원하여 참조 프레임과 움직임 예측 및 보간을 수행하게 된다. 이때 복원된 WZ 프레임은 화질이 우수하지 않기 때문에 움직임 예측이 잘 수행되지 않는다. 이는 복원 영상의 품질을 떨어뜨리게 되는 주된 원인이 될 수 있다. 둘째는 WZ 프레임과 참조 프레임과의 잔차 신호 처리를 CS 영역에서 처리 할 경우에 잔차 영상 내에는 원 영상을 높은 측정률로 센싱하고 이를 복원하고 다시 이 영상을 참조하여 움직임 보간 프레임을 만든다. 그런 후에 이를 다시 WZ 프레임 측정률에 맞춰 압축센싱한 후에 CS 영역에서 WZ 프레임의 센싱된 값과의 차이 영상을 다시 복원한다. 이런 과정에서 점점 오차가 누적되는 현상이 발생하게 된다. 따라서 잔차 영상 내에 큰 오차가 존재하여 복원된 영상에 표현 값이 가지는 제한된 영역을 벗어나는 문제점을 가지고 있다.

3. 기존 알고리즘을 개선한 제안된 방법

3.1 MC-BCS-SPL 알고리즘의 복호화 문제점

본 논문에서는 앞에서 설명한 기존의 MC-BCS-SPL[7] 방법을 구현하여 기존의 방법이 가지고 있는 문제점을 실험적으로 확인하였다. 우선 기존의 MC-BCS-SPL 알고리즘[7]을 적용하였으며, 그 결과를 Fig. 3와 Fig. 4에 각각 나타내었다. Fig. 3은 MC-BCS-SPL에 대한 압축센싱 복호화에 사용되는 초기 영상을 나타낸 것으로서 매우 품질이 낮게 복원이 되는 예를 나타내고,

Fig. 4는 CS 영역에서 처리했을 때 오차가 누적 이 계속적으로 일어나 영상의 표현 범위를 벗어나서 매우 큰 왜곡을 갖고 복원된 영상을 나타낸다. 이를 통해서 2절에서 설명한 기존의 알고리즘은 문제점을 갖고 있음을 실험적으로 확인할 수 있다.



Fig. 3 Initial image of MC-BCS-SPL

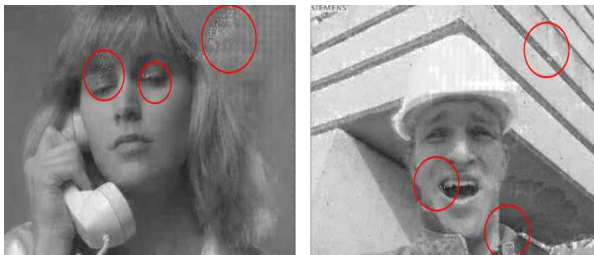


Fig. 4 Distortion of reconstructed images

3.2 복원 영상 품질 개선을 위한 제안된 복호화 알고리즘

기존 알고리즘의 문제점을 극복하기 위한 제안한 알고리즘의 pseudo-code를 Fig. 5에 나타내었다. Fig. 2에서처럼 기존 알고리즘에 의해 결정되는 초기 영상은 WZ 프레임을 복원한 영상으로 그대로 사용하는데, 이는 WZ 프레임에 대해서는 낮은 측정률로 압축센싱되어 복원되기 때문에 움직임 예측으로 좋은 영상을 얻을 수 없게 된다. 따라서 본 논문에서는 현재 WZ 프레임에 대해 이전 참조 프레임과 이후 참조 프레임은 시간적 상관관계가 매우 높음을 이용하는 방안을 적응적으로 사용하는 방법을 고안한다. 즉, 참조할 이전의 키 프레임과 이후의 키 프레임에 대해 RMSE (Root Mean Squared Error)를 측정하여 미리 정의된 문턱치 값보다 작은 경우에는 시간적 상관관계가 높다고 가정을 하고, 이에 대해서는 이전

의 참조 키 프레임을 현재 WZ 프레임의 측정률로 다시 센싱해서 현재 WZ 프레임의 압축센싱된 것과의 차이를 구하여, 그것을 복원한다. 이때 복원된 값을 이전의 참조 키 프레임과 더하여 평균 낸 영상을 초기 영상으로 사용함으로써 초기 영상을 보정한다.

```
function  $\hat{x}$  = MODIFIED_MC-BCS-SPL( $y, \Phi_B, \Psi, x_{forward\_ref}, x_{backward\_ref}$ )
     $rmse\_val$  = RMSE( $x_{forward\_ref}, x_{backward\_ref}$ )
    if ( $rmse\_val < Threshold$ ) then
         $\hat{x}$  = BCS-SPL( $y, \Phi_B, \Psi$ )
         $x_{for}$  = ResidualReconstruction( $x_{forward\_ref}, y, \Phi_B, \Psi$ )
         $\hat{x}$  = Average( $\hat{x}, x_{for}$ )
    else
         $\hat{x}$  = BCS-SPL( $y, \Phi_B, \Psi$ )
     $i$  = 0
    while  $i < MAX\_ITERATION$ 
         $\hat{x}_{mc}$  = MotionCompensation( $\hat{x}, x_{ref}$ )
         $\hat{x}$  = ResidualReconstruction( $\hat{x}_{mc}, y, \Phi_B, \Psi$ )
         $i$  =  $i + 1$ 
    end while
```

(a)

```
function  $\hat{x}$  = ResidualReconstruction( $x_{ref}, y, \Phi_B, \Psi$ )
    for each block  $j$ 
         $y_{ref}$  =  $\Phi_B x_{ref}$ 
         $y_r$  =  $y - y_{ref}$ 
         $\hat{x}_r$  = BCS-SPL( $y_r, \Phi_B, \Psi$ )
         $\hat{x}$  =  $x_{ref} + \hat{x}_r$ 
```

(b)

Fig. 5 Formulation of pseudo-code in the proposed algorithm. (a) modified MC-BC-SPL (b) residual reconstruction



(a)

(b)

Fig. 6 Initial image of Foreman (a) MC-BCS-SPL (b) Proposed

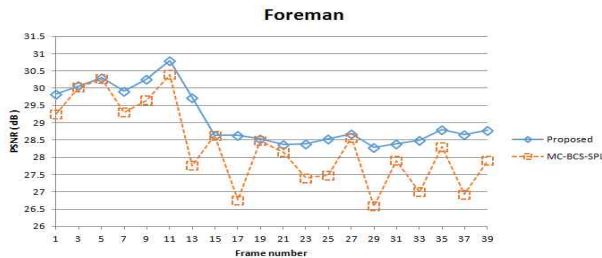
4. 모의실험 결과 및 검토

본 논문에서 제안한 알고리즘의 유효성을 검증하기 위한 모의실험 조건으로는 블록크기는 16, 키 프레임의 측정률은 0.7, WZ 프레임의 측정률은 0.1, 센싱행렬은 Gaussian Random Matrix를 사용하였다. 그리고 회소화 행렬은 DCT, 양자화 계단 크기는 16을 적용한 후에 허프만 부호화를 적용하였다. 테스트 영상은 352 x 288의 공간해상도의 8비트 그레이스케일 영상으로서 Foreman과 Susie 시퀀스를 사용하였다. 또한 분산 압축 비디오 센싱을 위해 짝수 번째 프레임은 키 프레임으로 처리하였고, 홀수 번째 프레임은 WZ 프레임으로 부호화 및 복호화 구조를 사용하였다.

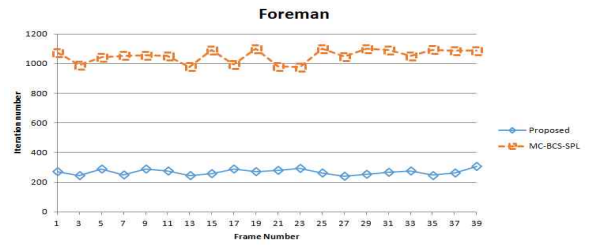
Fig. 8과 Fig. 9는 Foreman과 Susie 시퀀스 영상에 대해 홀수 번째 프레임인 WZ 프레임 복원에 따른 PSNR과 복원하기까지 소요된 BCS-SPL 알고리즘이 적용된 총 반복횟수를 나타낸다. 기존 MC-BCS-SPL에 [11]에서 제안한 적응적 종료기준을 적용하면 복원 이미지 품질은 더 좋으면서 반복횟수는 평균 956회에서 평균 254회로 현저히 줄어드는 것을 확인 할 수 있다. 이



(a) (b)
Fig. 7 reconstructed image of Foreman
(a) MC-BCS-SPL (b) Proposed



(a)



(b)

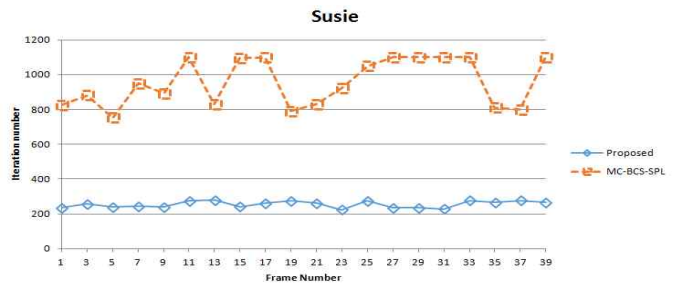
Fig. 8 The performance comparison between the conventional algorithm[6] and the proposed algorithm of Foreman

(a) PSNR (b) Iteration number

방법을 CS 영역에서가 아닌 화소 영역에서 처리하면 반복횟수는 증가하겠지만 알고리즘 안정성을 높일 수 있다.



(a)



(b)

Fig. 9 The performance comparison between the conventional algorithm[6] and the proposed algorithm of Susie

(a) PSNR (b) Iteration number

Table 1 The PSNR performance comparison among conventional algorithms and the proposed algorithm for iteration number.

Iter	MC-BCS-SPL	Proposed
1	27.63 dB	29.07 dB
2	28.87 dB	
3	29.00 dB	
4	29.01 dB	
5	29.01 dB	

이렇게 반복횟수가 현저히 줄어든 이유는 BCS-SPL 알고리즘 내의 화질 정체구간과 고정적인 종료 기준을 만족하지 못한 채 정해진 반복 횟수를 채우고 나오는 현상에 기인한다. SPL 내의 IHT를 IT로 바꾸게 됨으로써 화질 정체구간을 없애 보다 원 영상에 가까운 값에 빠르게 수렴하게 된다. 기존 MC-BCS-SPL의 경우 위에서 언급한 문제 때문에 여러 반복을 통하여 복원하게 된다. Table. 1을 보면 기존 MC-BCS-SPL의 경우 1번 반복하게 될 때는 27.63 dB, 2번 반복 시에는 28.87, 3번 반복 시 29.00 dB, 4번 반복과 5번 반복에는 29.01 dB로 나타난다. 반복하면 할수록 화질이 점점 좋아지게 되는 것이다. 이는 기존 알고리즘에 존재하는 화질 정체 구간 때문에 나타나는 현상으로, 제안하는 방법을 사용하게 되면 고정된 반복횟수(5회) 반복 필요 없이 29.07 dB로 단 한번 반복을 통해 최적의 복원을 하게 된다.

5. 결론

본 논문에서는 분산 압축 비디오 센싱 기법으로 가장 많은 연구가 진행되어 온 MC-BCS-SPL 기법에서 복호화에서 발생하는 문제점을 확인하고 그 해결 방안으로서의 시간 상관관계를 이용하여 적응적인 압축 센싱 복호화기법을 제안하였다. 즉, 제안한 방법은 WZ 프레임에 대해 이전의 키 프레임과 이후의 키 프레임 사이의 시

간 상관관계를 조사하고, 이 정보에 기초해서 초기 영상을 사용하는 방법에서 참조 프레임 선택하는 방법을 적응적으로 결정하는 방법을 제안하였다. 또한, 기존 MC-BCS-SPL에서는 잔차 신호를 CS 영역에서 처리함으로써 발생하는 오차의 누적 현상으로 화질 저하가 초래되었으나, 본 연구에서는 이를 해결하였다. 즉, 다양한 모의실험을 통하여 제안한 방법은 기존의 방식에 비해 복호화 화질이 크게 개선되었고, 또한, 반복 횟수를 단축시킴으로써 성능 개선을 달성할 수 있었다.

앞으로 본 논문에서 분석한 결과를 바탕으로 MC-BCS-SPL 기법을 활용함에 있어 더욱 고속화하는 방안, GOP 구조에 따른 성능 최적화 구조, WZ 프레임에 대한 측정률 할당 등에 대한 상호 효과를 체계적으로 수행할 필요가 있다.

References

- [1] Slepian D. and Wolf J., "Noiseless Coding of Correlated Information Sources," in *Proceedings of IEEE Trans. on Information Theory* 19, pp. 471-480, July 1973.
- [2] Girod B., Aaron A., Rane S., and Rebollo-Monedero D., "Distributed Video Coding," in *Proceedings of IEEE Special Issue On Advance In Video Coding And Delivery*, Vol. 93, pp. 71-83, June 2005.
- [3] Do T., Chen Y., Nguyen D. T., Nguyen N., Gan L., and Tran T. D., "Distributed Compressed Video Sensing," in *Proceedings of the International Conference on Image Processing*, Cairo, Egypt, pp. 1393-1396, November 2009.
- [4] Donoho D. L., "Compressed Sensing," *IEEE Transactions on Information Theory*, Vol. 52, No.4, pp. 1289-1306, Apr. 2006.
- [5] Jeon B., "Compressed Sensing and Image Processing Application," *Proceedings of The Magazine of the The Institute of Electronics and Information Engineers*,

Vol. 41, No.6, pp. 27-38, June. 2014.

[6] Mun S. and Fowler J. E., "Block Compressed Sensing of Images Using Directional Transforms," in *Proceedings of IEEE International Conference on Image Processing*, USA, pp. 3021-3024, 2009.

[7] Mun S. and Flower J. E., "Residual Reconstruction for Block-based Compressed Sensing of Video," in *Proceedings of Data Compression Conference*, pp. 183-192, March 2011.

[8] Nguyen Q. H., Dinh K. Q., Nguyen V. A., Trinh C. V., Park Y. H., Jeon B. W.. "A Skip-mode Coding for Distributed Compressive Video Sensing," *Journal of Broadcast Engineering*, Vol. 19, No.2. pp 257-267, March. 2014.

[9] Gan L., "Block Compressed Sensing of Natural Images," *Proceedings of the International Conference on Digital Signal Processing*, Cardiff, UK, pp. 403-406, July. 2007.

[10] Fowler J. E., Mun S., and Tramel E. W., "Multiscale Block Compressed Sensing with Smoothed Projected Landweber Reconstruction," in *Proceedings of 19th European Signal Processing Conference*, Aug 2011, pp. 564 - 568.

[11] Park Y., Shin H., Jeon B., "Convergence Complexity Reduction for Block-Based Compressive Sensing Reconstruction," *Journal of The Korean Society of Broadcast Engineering*, Vol. 19, No.2, pp. 240-249, Mar. 2014.

[12] Ryu J. S. and Kim J. S. "Performance Comparison of BCS-SPL Techniques Against a Variety of Restoring Block Sizes," *Journal of the Korea Industrial Information System Society*, Vol. 21, No.1, pp. 21-28, 2016.

[13] Kim J. and Lee B., "Wave Information Retrieval Algorithm Based on Iterative Refinement," *Journal of the Korea Industrial Information System Society*, Vol. 21, No.1, pp.7-15, 2016.

[14] Kwon S. and Lee D., "Recognition Method of Multiple Objects for Virtual Touch Using Depth Information," *Journal of the Korea Industrial Information System Society*, Vol. 21, No.1, pp.27-34, 2016.

[15] Kim J., "The Decoding Approaches of Genetic Algorithm for Job Shop Scheduling Problem," *The Journal of Information Systems*, Vol. 25, No.2, 2016, pp.105-117

[16] Han H., Chung N., Koo C., "Utilizing Smart Technologies to Enhance Tourists' Experiences at the Exhibition : A Case of Near Field Communication," *The Journal of Internet Electronic Commerce Research*, Vol. 16, No.5, 2016, pp.1-19.



류 중 선 (Ryu Joong-seon)

- 준회원
- 한밭대학교 석사과정
- 관심분야 : 영상처리, 영상해석, 알고리즘



김 진 수 (Kim Jin-soo)

- 정회원
- 한국과학기술원(KAIST) 전기 및전자공학과 공학박사
- 한밭대학교 정보기술대학 정보통신공학과 교수
- 관심분야 : 영상신호처리, 압축센싱, 멀티미디어 정보처리