

효과적인 MC-BCS-SPL 알고리즘과 예측 구조 방식에 따른 성능 비교

류중선¹ · 김진수^{2*}

An Effective MC-BCS-SPL Algorithm and Its Performance Comparison with Respect to Prediction Structuring Method

Joong-seon Ryug¹ · Jin-soo Kim^{2*}^{1,2*}Department of Multimedia Engineering, Hanbat National University, Daejeon 34158, Korea

요 약

최근에 낮은 복잡도의 부호화기를 구현하기 위해 분산 비디오 부호화 와 압축센싱을 결합한 구조로서 분산 압축 비디오 센싱기술에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 기존에 움직임 보상 블록 압축센싱 기술(MC-BCS-SPL)은 가장 간단한 표본화를 추구하면서 모든 압축센싱 프레임을 갖는 DCVS 방식중의 효과적인 방안으로 다루어져 왔다. 이 방식은 키 프레임과 WZ 프레임으로 분리하여 압축센싱한다. 그러나 MC-BCS-SPL 방식은 복호화기에서 WZ 프레임을 복원할 때, 움직임이 큰 영상 시퀀스의 경우에 화질 저하가 발생시키는 단점이 존재한다. 본 논문에서는 이러한 기존의 문제점을 극복하기 위한 개선된 MC-BCS-SPL 방식을 제안한다. 제안한 방식은 연속적인 키 프레임 간에 존재하는 높은 상관관계를 이용하여 키 프레임을 참조함으로써 초기 영상을 보정한다. GOP 예측 구조 방식에 따른 윌-에곡 성능을 비교한다. 다양한 실험 결과를 통하여 제안하는 알고리즘이 기존 알고리즘보다 더 좋은 화질을 제공할 수 있음을 보여준다.

ABSTRACT

Recently, distributed compressed video sensing (DCVS) has been actively studied in order to achieve a low complexity video encoder by integrating both compressed sensing and distributed video coding characteristics. Conventionally, a motion compensated block compressed sensing with smoothed projected Landweber (MC-BCS-SPL) has been considered as an effective scheme of DCVS with all compressed sensing frames pursuing the simplest sampling. In this scheme, video frames are separately classified into key frames and WZ frames. However, when reconstructing WZ frame with conventional MC-BCS-SPL scheme at the decoder side, the visual qualities are poor for temporally active video sequences. In this paper, to overcome the drawbacks of the conventional scheme, an enhanced MC-BCS-SPL algorithm is proposed, which corrects the initial image with reference to the key frame using a high correlation between adjacent key frames. The proposed scheme is analyzed with respect to GOP (Group of Pictures) structuring method. Experimental results show that the proposed method performs better than conventional MC-BCS-SPL in rate-distortion.

키워드 : 압축센싱, 분산 비디오 부호화, 분산 압축 비디오 센싱

Key word : Compressive sensing, Distributed video coding, Distributed compressive video sensing

Received 15 February 2017, Revised 21 February 2017, Accepted 28 February 2017

* Corresponding Author Jin-soo Kim(E-mail:jskim67@hanbat.ac.kr, Tel:+82-42-821-1147)

Department of Multimedia Engineering, Hanbat National University, Daejeon 34158, Korea

Open Access <https://doi.org/10.6109/jkiice.2017.21.7.1355>

print ISSN: 2234-4772 online ISSN: 2288-4165

© This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.
Copyright © The Korea Institute of Information and Communication Engineering.

I. 서론

영상 촬영 기능을 갖는 휴대 단말기의 대중화로 휴대기기의 제한된 성능 안에서 다양한 멀티미디어 데이터를 처리하기 위해 짧은 부호화 시간과 낮은 전원소비가 가능한 비디오 부호화기의 필요성이 대두되고 있다. 이와 같은 연구의 일환으로 새로운 구조의 코덱인 분산 비디오 부호화 (DVC : Distributed Video Coding) 방법이 연구되어 왔다[1,2]. 분산 비디오 부호화는 기존의 국제 표준 부호화기가 갖는 높은 복잡도를 복호화기로 분산시켜 복잡도를 낮추는 방법으로서, 배터리의 소비가 적고 부호화 시간이 짧아 이동식 비디오 장치에 적합하여 많은 연구의 대상이 되어 오고 있다.

한편, 분산 비디오 부호화 기술과 더불어 사물인터넷 기술의 도입과 발전에 더불어 신호를 압축해서 입력으로 처리하는 기술의 한 방법으로서 압축센싱 (CS : Compressed Sensing) 기술에 대해 연구가 진행되어 왔다[3]. 압축센싱은 새넨/나이퀴스트 (Shannon/Nyquist) 표본화 정리를 만족하는 나이퀴스트 표본화율보다 더 작은 수의 표본화 주파수로 신호를 획득하더라도 그 신호가 성긴(Sparse) 신호라는 조건을 만족하면 손실 없이 원 신호의 완벽한 복원을 가능하게 하는 이론적인 토대를 제공한다[4,5]. 이러한 DVC기술과 CS기술의 결합을 통해 저비용의 샘플링을 실현하는 분산 압축 비디오 센싱 (DCVS : Distributed Compressed Video Sensing)이 제안되었다. DCVS 기술 중에서 대표적인 복원 알고리즘인 BCS-SPL 기법은 기존 프레임 기반 압축센싱이 가지고 있던 메모리 문제나 복잡도를 낮추고 각 블록마다 다른 성김도에 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 부호화기의 복잡도는 크게 낮추고 복호화기의 복잡도를 높이는 분산 압축 비디오 센싱에 적합한 MC-BCS-SPL 기법이 제안되었다[7]. 이러한 MC-BCS-SPL 기법은 기존의 BCS-SPL 기법을 비디오에 사용하기 위해 움직임 예측과 움직임 보간과 도입하고 예측 오차에 해당되는 잔차 신호를 현재 프레임과 움직임 보간 프레임을 각각 복원하여 처리하지 않고 CS 영역에서 처리함으로써 계산량을 감소시킨 방법이 추가된 구조로 제안되었다.

그런데, 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 프레임 간 시간 상관관계를 이용한 계층 구조를 사용하는 등 외부적인 요소들을 추가해 성능을 개선하거나 블록 크기를 변경하거나 SPL 내의 성김도의 특성을 이용한 디코딩의 속도를 개선시키는 연구들이 있었다[8-10]. 그러나 기존의 MC-BCS-SPL 알고리즘은 WZ 프레임에 대한 복원에 있어 매우 낮은 화질을 제공하는 비효율적인 구조를 갖고 있는데, 이러한 문제점은 복호화기에서 움직임 예측 전에 초기 영상은 측정율이 매우 낮은 WZ 프레임을 복원하여 참조 프레임과 움직임 예측 및 보간을 수행하게 되는데 이를 극복하기 위한 방안을 제시한다. 또한, 일반적으로 복원 WZ 프레임은 화질이 안 좋기 때문에 움직임 예측이 잘 수행 되지 않는 문제를 가지고 있는데 이러한 문제점을 극복하기 위한 방안을 제시한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서 분산 압축 비디오 센싱 알고리즘인 MC-BCS-SPL 기법의 정의와 의미를 설명하고, 3장에서 MC-BCS-SPL 알고리즘의 제한점과 문제점을 알아보고, 본 논문의 제안한 방법을 설명한다. 그리고 4장에서는 제안한 알고리즘에 의한 실험 결과를 기존의 알고리즘과 객관적인 지표 비교를 통하여 성능을 평가하고, 5장에서 결론을 맺는다.

II. 기존의 MC-BCS-SPL 알고리즘의 특징

그림 1은 기존 MC-BCS-SPL 구조의 전체적인 흐름도를 나타내고, 그림 2는 MC-BCS-SPL에 사용되는 알고리즘인 BCS-SPL 구조의 전체적인 흐름도를 나타낸다. 먼저, 부호화 부분에서는 입력 이미지가 들어오게 되면 GOP 크기에 따라 1개의 키 프레임과 N개의 WZ 프레임으로 나눠 키 프레임에 대해서는 높은 측정율로 센싱 되고, WZ프레임에 대해서는 키 프레임보다 상대적으로 낮은 측정율로 센싱된다.

전체 이미지 X에 랜덤 샘플링을 사용하는 것보다 BCS를 사용하는 것이 몇 가지 장점을 가지고 있다. 첫 번째 장점은 측정 연산자 ΦB 는 압축 크기 때문에 편리하게 저장되고 사용이 가능하다. 두 번째 장점은 부호화기에서 전체 이미지가 측정될 때까지 기다릴 필요가

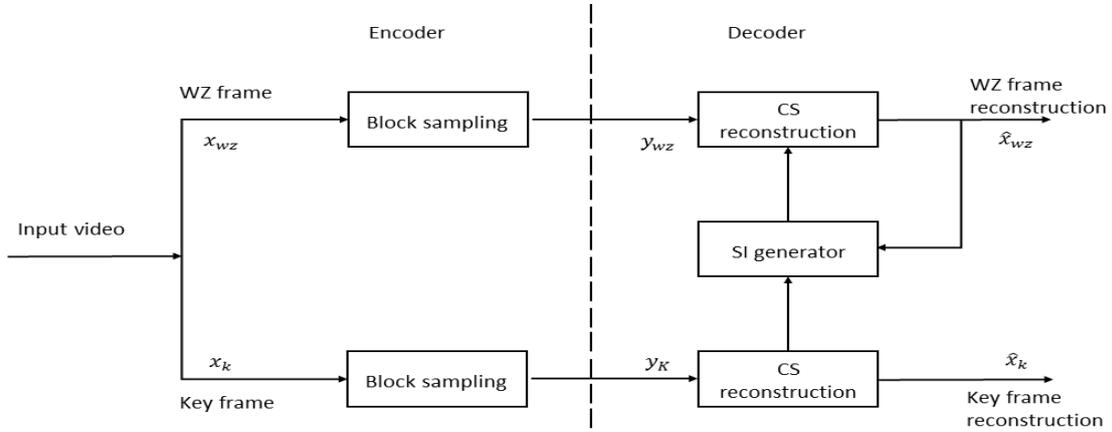


Fig. 1 MC-BCS-SPL Structure[8]

없다. 마지막으로 초기 측정치는 Φ_B 의 작은 크기 때문에 손쉽게 계산이 가능하다[11].

복호화 부분에서는 키 프레임은 BCS-SPL 복원 알고리즘으로 먼저 복원하고 그 다음에 WZ 프레임을 복원을 한다. WZ 프레임 복원은 BCS-SPL 알고리즘으로 복원하되 키 프레임을 참조하여 움직임 예측과 움직임 보간을 통해 얻어진 영상과 결합하여 MC-BCS-SPL 기법으로 복원을 한다. 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 픽셀 영역으로 복원 후 움직임 보간 영상과 합치게 된다. 이 과정을 고정된 반복 횟수만큼 반복 후 복원 영상을 얻는다. 여기서, BCS-SPL 알고리즘의 복원은 구체적으로는 압축된 신호 y 가 들어오게 되면 SPL구조를 정해진 종료 기준을 만족시키기 전까지 Wiener 필터링, PL(Projected Landweber), IHT를 반복적으로 수행한다. 이때, 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[12].

위에서 언급한 그림 1과 같은 기존 MC-BCS-SPL 알고리즘[7]을 사용하면 기존의 영상프레임기반 기술과 비교하여 상대적으로 더욱 간단하고 빠르고 압축센싱

및 복원을 할 수 있으며, 또한 압축센싱 및 복원과정에 소요되는 저장 공간도 줄일 수 있다. 그리고 피드백 채널을 사용할 필요 없다. 따라서 부호화기의 복잡도를 상당히 낮출 수 있다.

하지만, 기존 MC-BCS-SPL 구조를 직접 구현해보면 복호화기에서 문제점이 존재한다[7]. MC-BCS-SPL의 초기값은 측정율이 굉장히 낮은 WZ 프레임을 복원하여 참조 프레임과 움직임 예측 및 보간을 수행하게 된다. 일반적으로 복원된 WZ 프레임은 화질이 안 좋기 때문에 움직임 예측이 잘 수행되지 않을 수 있다.

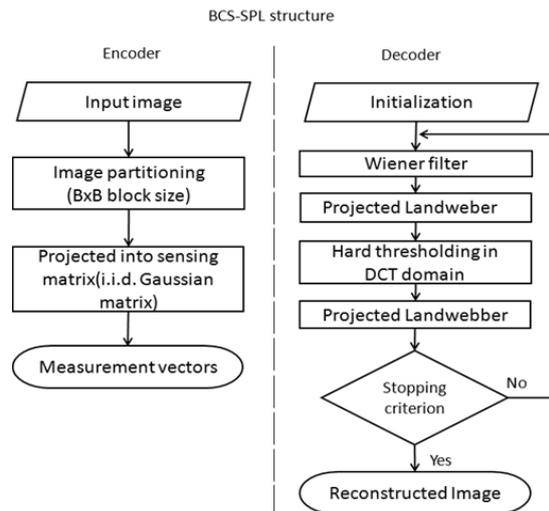


Fig. 2 BCS-SPL Structure[6]

이는 복원 이미지 품질을 떨어뜨리게 하는 문제를 가지고 있다. 따라서 이를 개선하기 위한 해결책이 필요하다.

III. 제안하는 MC-BCS-SPL 알고리즘

그림 3은 제안하는 알고리즘의 흐름도를 보여준다. 그리고 그림 4는 제안하는 알고리즘과 기존 알고리즘과의 복원된 WZ 프레임 번호에 따른 성능 비교를 보여준다.

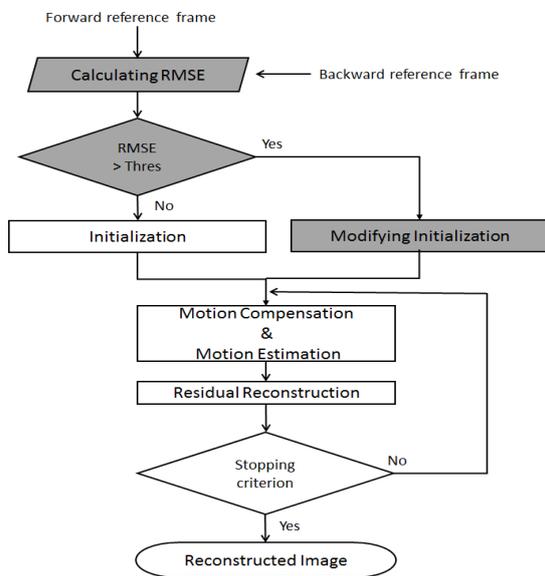


Fig. 3 Flow chart on the proposed algorithm.

기존 알고리즘의 초기값은 WZ 프레임을 복원한 영상을 사용하는데, WZ 프레임은 낮은 측정율로 센싱되어 복원되기 때문에 화질이 안 좋기 때문에 움직임 예측이 잘 수행되지 않는다. 따라서 본 논문에서는 현재 WZ 프레임에 대해 이전 프레임과 이후 프레임은 시간 상관관계가 높기 때문에 참조 할 키 프레임을 현재 WZ 프레임을 현재 WZ 프레임의 측정율로 다시 센싱해서 현재 WZ 프레임과의 차이 프레임을 참조 키 프레임과 더해 이를 평균 낸 영상을 초기 영상으로 사용함으로써 초기 영상을 보정한다. 하지만, 이 보정방법은 프레임 간 시간상관관계가 높아야 효과적이기 때문에 움직임

이 작은 영상에는 매우 효과적이지만, 움직임이 큰 영상에 대해서는 프레임 간 시간 상관관계가 낮기 때문에 좋지 못하다. 따라서 영상의 움직임 정도를 RMSE(Root Mean Square Error)을 이용하여 해당 영상이 움직임이 큰 영상인지 작은 영상인지 구분함으로써 움직임이 큰 영상에 대해서는 기존 방법을 움직임이 작은 영상에 대해서는 제안하는 방법을 사용하는 것을 제안한다. 움직임이 큰지 작은지에 대한 기준은 실험적으로 얻은 값으로 임계치를 설정하였다. 그림 4는 제안하는 방법이 기존 방법보다 효과적임을 보여준다.

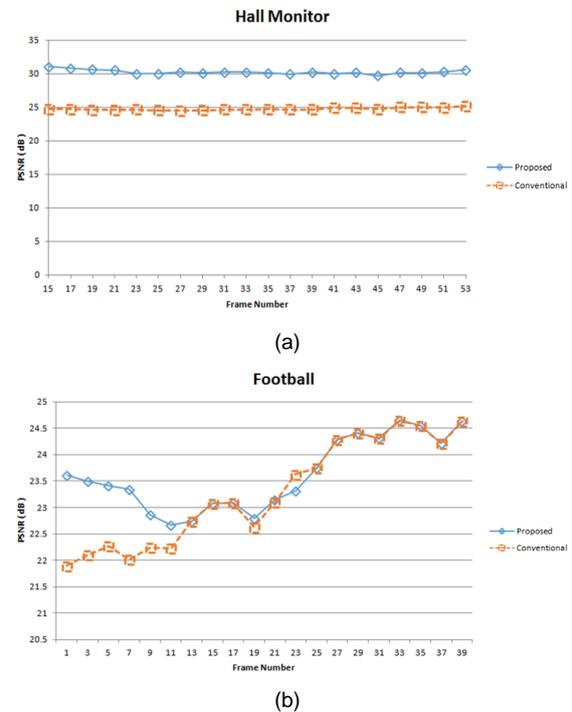


Fig. 4 The performance comparison between the conventional and the proposed algorithm for frame number. (a) Hall Monitor (b) Football

따라서 본 논문에서는 제안하는 알고리즘의 성능을 확인하기 위해 GOP 예측 구조와 크기를 다양하게 바꾸어서 최적의 GOP 예측 구조와 크기를 찾고자한다. 그림 5와 그림 6은 GOP 크기에 따른 순방향/역방향 예측 구조와 계층 구조를 각각 보여준다. GOP 크기가 커지면 커질수록 메모리량이 증가하게 되고 지연시간도 증가하게 되는 장점이 있지만, 부호화 효율성이 높은

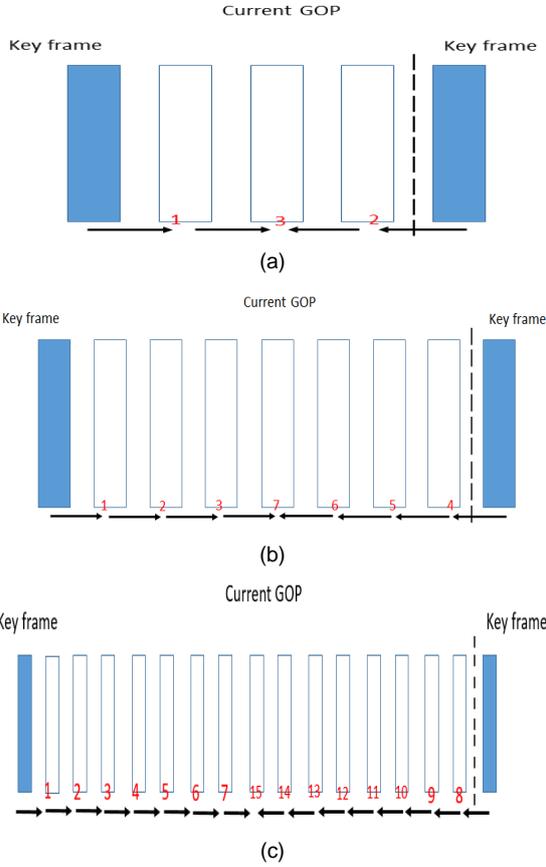


Fig. 5 An illustration of forward/backward structure with different GOP size (a) GOP 4 (b) GOP 8 (C) GOP 16

특징을 가지고 있다. 이는 휴대폰을 이용하여 영상을 찍거나 제작하여 업로드 경우 등 부호화기의 환경이 열악한 경우 효과적이다. 반면, GOP 크기가 낮을수록 시스템의 지연시간이 낮아지게 되기 때문에 화상 통화와 같은 부호화와 복호화가 실시간으로 요구되는 경우에 적합하다.

예측구조를 GOP 크기 4 기준으로 간단히 설명하면 그림 5의 순방향/역방향 예측 구조의 경우 이전 키 프레임을 참조하여 먼저, 1번 WZ 프레임을 복원을 하게 되고 그 다음 이후 키프레임을 참조하여 2번 WZ 프레임을 복원하게 된다. 이때, 1번과 2번 모두 단방향 예측을 이용한다. 그리고 3번 WZ프레임을 복원할 때 복원된 WZ 프레임 1번과 2번을 이용하여 양방향 예측을 이용하여 복원한다. 반면, 그림 6의 계층 구조의 경우 이전/

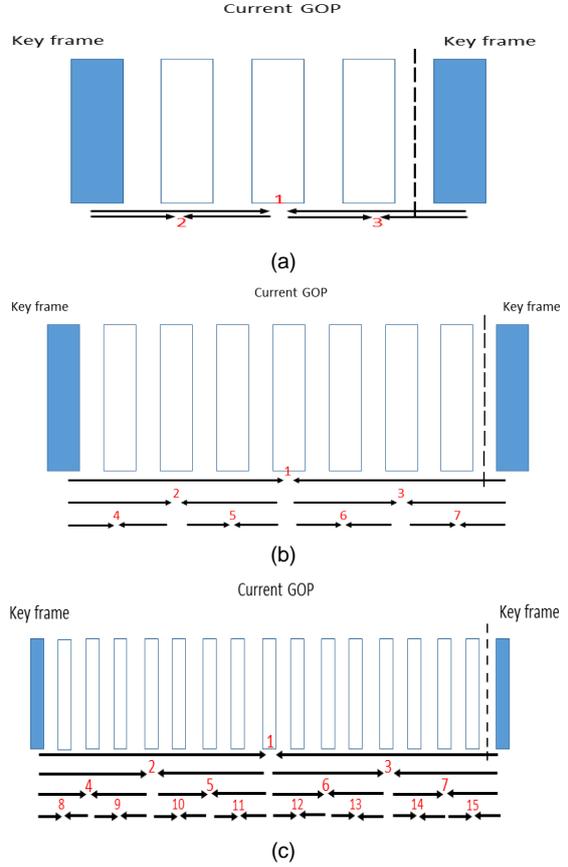


Fig. 6 An illustration of hierarchical structure with different GOP size (a) GOP 4 (b) GOP 8 (C) GOP 16

이후 키 프레임을 참조하여 먼저, 1번 WZ 프레임을 복원하게 되고, 그 다음 각각 2번 3번 순서로 복원이 수행된다. 이때, 모든 WZ 프레임 복원을 양방향 예측을 이용하여 복원하게 된다.

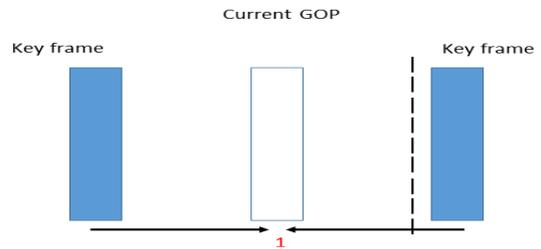


Fig. 7 An illustration of hierarchical & forward/backward structure with GOP size of 2

그리고 그림 7과 같이 GOP 크기 2인 경우 순방향/역방향 예측구조와 계층 구조와 형태가 같다.

IV. 모의실험 결과 및 검토

GOP 예측 구조와 크기에 따른 제안하는 알고리즘 성능을 확인하기 위해 모의실험을 통하여 성능을 비교 분석하였다. 실험 환경은 GOP 크기를 2,4,8, 블록 크기는 16, 키 프레임의 측정율은 0.7, WZ 프레임의 측정율은 0.1, 0.3, 0.5, 센싱 행렬은 Φ 은 가우시안 랜덤 매트릭스(Gaussian random matrix)를 사용하였고, 희소화 행렬 Ψ 은 DCT, 양자화 스텝(Quantization step)의 크기를 16 적용 후 허프만 부호화를 사용 하였다. 테스트 영상은 8비트(bit) 352x 288 흑백 시퀀스 영상을 사용하였

다. 그리고 기존의 MC-BCS-SPL 방식[7]과 제안하는 MC-BCS-SPL 방식과의 성능을 비교하였다. 각 영상 50 프레임에 대해서 총 5회 반복실험 후 이를 평균화하여 최종 결과 값을 산출 하였다.

그림 8은 제안하는 MC-BCS-SPL 방식의 GOP 예측 구조와 크기에 따른 율-왜곡 성능을 보여준다. 그림 9는 전체적으로 같은 평균 측정율이 0.52 일 때 프레임 번호 별 복원된 WZ 프레임의 PSNR을 보여준다. 전체적으로 계층적인 예측 구조가 순방향/역방향 예측 구조보다 GOP 크기와 상관없이 성능이 우수함을 보여준다. 그리고 전체적으로 GOP 크기가 16,8,4,2 순서대로 율-왜곡 성능이 우수하다. 하지만, 그림 8 (a)의 Mobile의 경우 평균 측정율이 약 0.4 이전까지는 GOP 크기 16일 때가 성능이 더 뛰어나지만, 0.4 이후에는 GOP 크기 8일 때가 미세하지만 더 좋은 것으로 나타난다.

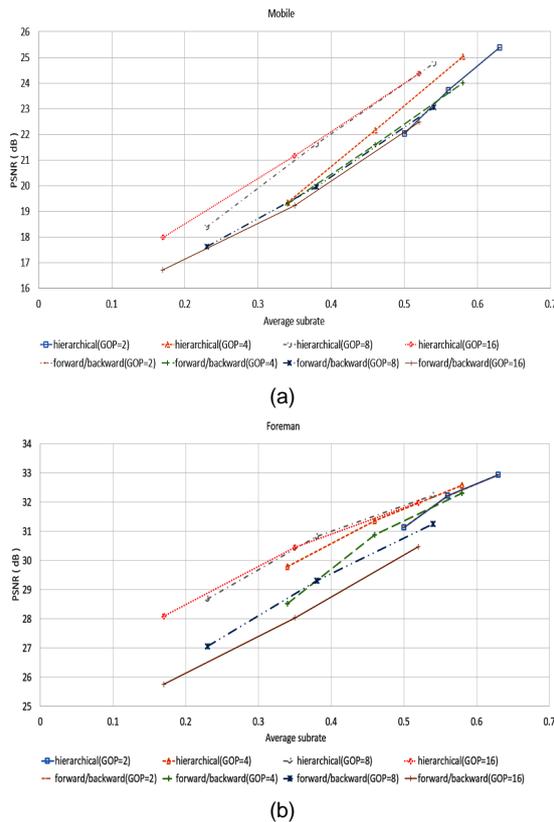


Fig. 8 RD-performance of the proposed algorithm according to GOP structure (a) Mobile (b) Foreman

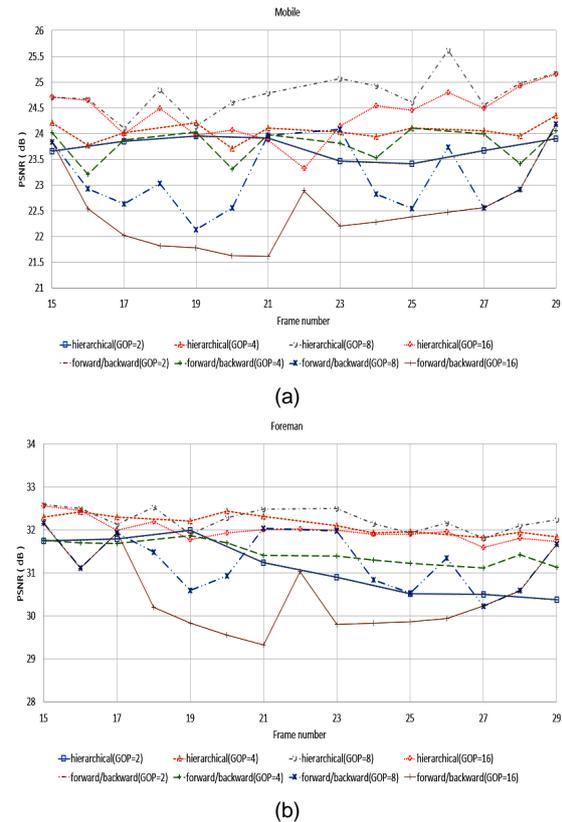


Fig. 9 The performance comparison of the proposed algorithm according to GOP structure (a) Mobile (b) Foreman

이는 그림 9 (a)의 프레임별 복원된 PSNR을 보면 알 수 있다. 그리고 그림 8 (b)의 Foreman도 마찬가지로 약 0.35 이전에는 GOP 크기 16가 좋고, 0.35 이후에는 GOP 크기 8일 때가 좋은 것으로 나타난다. GOP 크기가 16일 때 더 좋은 이유는 GOP 크기를 8이나 16으로 사용하더라도 낮은 측정율을 가진 WZ 프레임의 낮은 복원 이미지 품질 때문에 움직임 예측과 보간이 잘 수행되지 않았기 때문이다. 즉, GOP 크기 8과 16 모두 프레임 간 시간상관계가 여전히 높기 때문에 GOP 크기 16일 때가 성능이 더 좋게 나오게 된다.

여기서 성능이 더 좋게 나온다 하더라도 움직임이 작은 영상의 경우에는 주관적 화질이 만족스럽더라도 움직임이 큰 영상인 경우에는 주관적 화질은 만족스럽지 못하다. 그리고 반대로 GOP 크기 8일 때 더 좋은 이유는 GOP 크기가 작을수록 프레임 간 시간 상관계는 더 높아지고 또한 평균 측정율이 높아짐에 따라 WZ 프레임 자체 복원 품질도 일정 부분 향상되었기 때문에 움직임 예측과 보간이 잘 이루어졌기 때문이다. 또한, 주관적 화질도 만족스럽다. 여기서, 평균 측정율은 2개의 키 프레임의 측정율과 GOP 내 여러 개의 WZ 측정율을 평균 내서 구하게 된다.

즉, 키 프레임의 측정율은 고정시키고 WZ 프레임의 측정율을 다르게 하여 실험한다.

그림 10과 그림 11은 각각 foreman 영상과 mobile 영상의 같은 평균 측정율에서 GOP 크기에 따른 주관적 화질을 보여준다. 그림 10과 그림 11는 평균 측정율 0.5에서 주관적 화질을 보여주는데 GOP 크기 8, 16, 4, 2 순으로 좋은 것으로 나타난다. foreman의 경우 각각의 PSNR은 31.57, 31.43, 31.19, 28.77이고, mobile의 경우 각각의 PSNR은 24.20, 23.79, 22.90, 21.71이다. mobile 영상 내에 숫자 같은 경우 GOP 크기 16일 때 깨지게 보였던 숫자가 GOP 크기 8일 때는 식별된다. 특정 평균 측정율 이상에서는 GOP 크기 8일 때 성능이 우수하다. 하지만, 특정 평균 측정율 이하에서는 GOP 크기 16일 때 성능이 가장 우수하다.

움직임이 작은 영상의 경우 GOP 크기 8일 때와 비교해보면 PSNR이나 주관적 화질도 약간이나마 더 좋다. 하지만, 움직임이 큰 영상의 경우에도 GOP 크기 16이 더 좋은 것으로 보이거나 둘 다 주관적 화질이 좋지 않기 때문에 좋다고 만족스럽지 못하다. 따라서 움직임이 큰 영상에 대해서 주관적 화질까지 고려하여 WZ 측정율을 높인다면 GOP 크기 8일 때가 16일 때보다 성능이

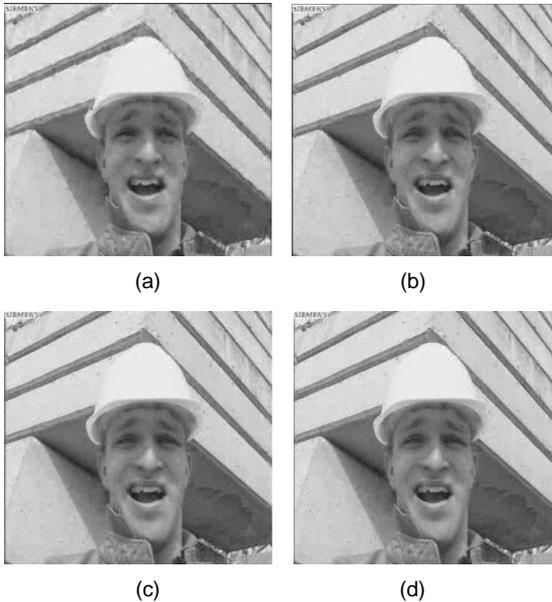


Fig. 10 Comparison of subjective quality. (Foreman, Average substrate = 0.5) (a) GOP 2 (b) GOP 4 (c) GOP 8 (d) GOP 16

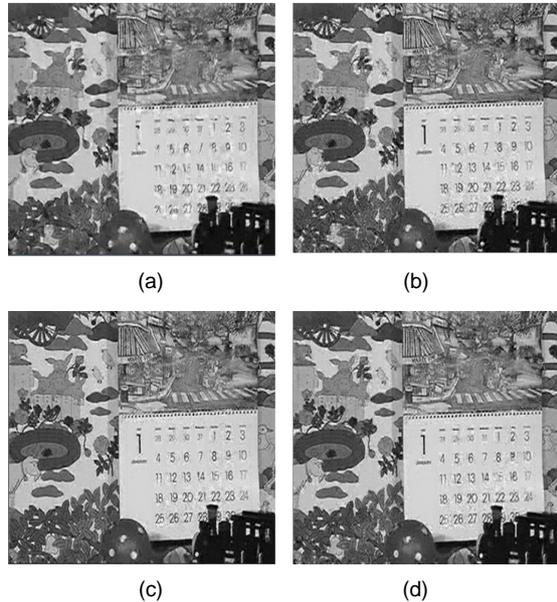


Fig. 11 Comparison of subjective quality. (Mobile, Average substrate = 0.5) (a) GOP 2 (b) GOP 4 (c) GOP 8 (d) GOP 16

우수하다. GOP 크기를 설정하는 부분에 있어서 움직임이 큰 영상인지 작은 영상인지 구분하여 적용할 필요가 있다.

V. 결 론

본 논문에서는 GOP 예측 구조 형태와 크기에 따른 제안하는 MC-BCS-SPL 방식의 성능을 비교 분석 하였다. 제안하는 방법은 움직임 예측 전 초기 영상을 보정함으로써 복원된 영상의 이미지 품질을 개선하였다. 이 방법은 움직임이 작은 영상에 대해서 상당한 효과를 가져 오지만, 움직임이 큰 영상에 대해서는 효과적이지 못하다. 따라서 이전 프레임과 이후 프레임과의 RMSE를 구해 움직임 정도를 구분함으로써 움직임이 큰 영상에 대해서는 기존 방법을, 움직임이 작은 영상에 대해서는 제안하는 방법을 사용하는 방법을 제안하였다. GOP 예측 구조의 경우 계층 구조가 순방향/역방향 예측구조 보다 GOP 크기에 따른 실험 결과를 통하여 전체적으로 성능이 효과적임을 증명하였다. GOP 크기 측면에서는 평균 측정율이 낮을 때는 GOP 크기 16일 때 평균 측정율 대비 PSNR 성능이 가장 우수하였다. 이는 GOP 크기 16일 때도 프레임 간 시간상관관계가 여전히 높기 때문에 GOP 크기를 2, 4, 8일 때보다 성능이 좋게 나왔다. 그리고 평균 측정율이 어느 정도 높을 때는 GOP 크기 8일 때 성능이 가장 우수하였다. 이는 WZ 프레임 자체 복원 이미지 품질이 좋아짐에 따라 움직임 예측과 보간이 잘 수행되었기 때문이다. 하지만 주관적 화질까지 고려한다면 GOP 크기 8일 때 성능이 가장 우수하다.

본 논문에서는 분석한 결과를 바탕으로 앞으로 GOP 예측 구조와 크기에 따른 MC-BCS-SPL 알고리즘을 활용함에 있어서 GOP 크기 선택에 대한 참고로 고려될 수 있을 것으로 보인다. 더불어 부호화기에서 움직임이 큰 영상인지 작은 영상인지 구분함으로써 GOP 크기를 어떻게 보낼지에 대한 연구가 필요하고, 또한 움직임 예측 전 초기 영상에 대해서도 좀 더 구체적인 기준을 정함으로써 알고리즘 성능 개선에 대한 연구가 수행될 필요가 있다.

ACKNOWLEDGEMENTS

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) and by the research fund of Hanbat National University in 2016

REFERENCES

- [1] D. Slepian and J. Wolf, "Noiseless Coding of Correlated Information Sources," in *Proceedings of IEEE Transactions on Information Theory* 19, pp. 471-480, July 1973.
- [2] B. Girod, A. Aaron, S. Rane, and D. Rebollo-Monedero, "Distributed Video Coding," in *Proceedings of IEEE Special Issue On Advance In Video Coding And Delivery*, vol. 93, pp. 71-83, June 2005.
- [3] T. Do, Y. Chen, D. T. Nguyen, N. Nguyen, L. Gan, and T. D. Tran, "Distributed Compressed Video Sensing," in *Proceedings of the International Conference on Image Processing*, Cairoa, Egypt, pp. 1393-1396, November 2009.
- [4] D. L. Donoho, "Compressed Sensing," *IEEE Transactions on Information Theory*, vol. 52, no. 4, pp. 1289-1306, Apr. 2006.
- [5] B. Jeon, "Compressed Sensing and Image Processing Application," in *Proceedings of The Magazine of the The Institute of Electronics and Information Engineers*, vol. 41, no. 6, pp. 27-38, June 2014.
- [6] S. Mun and J. E. Fowler, "Block Compressed Sensing of Images Using Directional Transforms," in *Proceedings of IEEE International Conference on Image Processing*, USA, pp. 3021-3024, 2009.
- [7] S. Mun and J. E. Flower, "Residual Reconstruction for Block-based Compressed Sensing of Video," in *Proceedings of Data Compression Conference*, pp. 183-192, March 2011.
- [8] Q. H. Nguyen, K. Q. Dinh, V. A. Nguyen, C. V. Trinh, Y. H. Park, B. W. Jeon, "A Skip-mode Coding for Distributed Compressive Video Sensing," *Journal of Broadcast*

- Engineering*, vol. 19, no. 2, pp. 257-267, March 2014.
- [9] J. Ryu and J. Kim, "Performance Comparison of BCS-SPL Techniques Against a Variety of Restoring Block Sizes," *Journal of the Korea Industrial Information System Society*, vol. 21, no. 3, pp.21-28, June 2016.
- [10] J. Ryu and J. Kim, "An Effective Fast Algorithm of BCS-SPL Decoding Mechanism for Smart Imaging Devices," *Journal of Korea Multimedia Society*, vol. 19, no. 2, pp. 200-208, Feb. 2016.
- [11] J. Ryu and J. Kim, "Reconstructed Image Quality Improvement of Distributed Compressive Video Sensing Using Temporal Correlation," *Journal of the Korea Industrial Information System Society*, vol. 22, no. 2, pp. 27-34, Apr. 2017.
- [12] J. Ryu and J. Kim, "A Stabilization of MC-BCS-SPL Scheme for Distributed Compressed Video Sensing," *Journal of Korea Multimedia Society*, vol. 20, no. 5, pp. 731-739, March 2017.



류중선(Joong-seon Ryu)

2008년 ~ 2015년 : 한밭대학교 멀티미디어공학과 졸업 (학사)
2015년 ~ 2017년 : 한밭대학교 정보통신전문대학원 멀티미디어공학과 공학석사
※ 관심분야 : 영상처리, 영상해석, 알고리즘



김진수(Jin-soo Kim)

1998년 : KAIST 전기 및 전자공학과 공학박사
1995년 ~ 2000년 : 삼성전자 선임연구원
2000년 ~ 현재 : 한밭대학교 정보통신공학과 교수
2003년 ~ 2006년 : 한국전자통신연구원 초빙연구원
2008년 ~ 2009년 : 텍사스 주립대학교 (UTA) 교환교수
※ 관심분야 : 영상처리, Distributed Video Coding, 디지털방송, 영상부호화, 영상통신