

일반논문 (Regular Paper)

방송공학회논문지 제22권 제1호, 2017년 1월 (JBE Vol. 22, No. 1, January 2017)

<https://doi.org/10.5909/JBE.2017.22.1.15>

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

융합형 3DTV를 위한 조건부대체 알고리즘에서의 블록화 현상 제거

김 지원^{a)}, 김 성 훈^{b)}, 김 휘 용^{b)}, 김 기 두^{a)}, 정 경 훈^{a)*}

The Reduction of Blocky Artifacts in Conditional Replenishment Algorithm for SC-MMH 3DTV Systems

Ji Won Kim^{a)}, Sung-Hoon Kim^{b)}, Hui Yong Kim^{b)}, Ki-Doo Kim^{a)}, and Kyeong-Hoon Jung^{a)*}

요 약

조건부대체 알고리즘은 ATSC의 융합형 3DTV 표준인 SC-MMH 시스템의 화질을 개선하는 방법으로서 ATSC에 의해서 표준화되었다. SC-MMH 시스템에서는 양안식 스테레오 영상을 구성하는 기준영상과 부가영상의 해상도 및 부호화 방식이 서로 다르게 정해진다. 3D 영상을 합성하기 위해 해상도가 낮은 부가영상을 확장함에 있어서 조건부대체 알고리즘을 적용하면 약간의 부가 정보를 추가함으로써 3D 영상의 화질이 대폭 개선된다. 이 과정에서 부가 정보는 쿼드트리 구조의 가변 크기 블록 단위로 처리되기 때문에 확장된 부가영상에는 시각적으로 거슬리는 블록화 현상이 발생할 수 있다. 본 논문에서는 SC-MMH 시스템의 수신기 측면에서 조건부대체 알고리즘에 의한 블록화 현상이 발생하는 경우를 분석하고 가변크기의 블록에 사용가능한 디블록킹 필터를 적용함으로써 블록화 현상을 효과적으로 억제할 수 있음을 실험을 통해 검증하였다.

Abstract

CRA(Conditional Replenishment Algorithm) was proposed to improve the visual quality of SC-MMH(Service Compatible 3DTV using Main and Mobile Hybrid delivery) which is a kind of hybrid 3DTV system and has been standardized by ATSC. In SC-MMH system, reference view and additional view may have different resolutions and/or encoding methods. To reconstruct 3D view, additional view needs to be enlarged as same as reference view. Although the performance of CRA is quite satisfactory, there may exist some blocky artifacts in the enlarged view since it adopts block-shaped processing unit with quad-tree structure. In this paper, we analyze the main causes of blocky artifacts in CRA and show these artifacts can be successfully suppressed by applying the deblocking filter at receiver side.

Keyword : CRA, Hybrid 3DTV, ATSC, SC-MMH, Deblocking filter

a) 국민대학교 전자공학과(Electronic Engineering of Kookmin University)

b) 한국전자통신연구원 영상미디어연구실(Electronics and Telecommunications Research Institute)

* Corresponding Author : 정경훈(Kyeong-Hoon, Jung)

E-mail: khjung@kookmin.ac.kr

Tel: +82-910-4409

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7757-5871>

※ 본 연구는 미래창조과학부 및 정보통신기술진흥센터의 정보통신·방송 연구개발 사업의 일환으로 수행하였음. [R1010-16-0294, 융합형 실감방송 서비스 및 전송 기술 개발]

· Manuscript received June 21, 2016; Revised August 18, 2016; Accepted October 20, 2016.

I. 서론

ATSC(Advanced Television Standard Committee)에서는 2014년에 융합형 3DTV 방식으로서 SC-MMH(Service Com-compatible 3DTV using Main and Mobile Hybrid delivery) 시스템을 표준으로 채택하였다^[1]. 이 시스템은 ATSC-M/H(Mobile/Handheld) 전송 환경(A/153)^[2]에서 추가적인 전송대역을 요구하지 않으면서도 기존의 HDTV 방송 및 모바일 방송 서비스와의 완벽한 역호환성을 유지하기 때문에 향후 3DTV 방송서비스를 제공하기 위한 매우 효율적인 플랫폼으로 기대되고 있다^[3]. 그림 1은 SC-MMH 융합형 3DTV 시스템의 구성도를 나타낸다. 부호화기에서는 양안식의 스테레오 영상을 고화질의 기준영상과 모바일급 화질의 부가영상으로 구분하고, 기준영상은 MPEG-2 부호화를 하여 ATSC-M/H에서의 HD 채널을 통해 전송하고 부가영

상은 H.264/AVC 부호화를 하여 모바일 채널을 통해 전송한다. 그리고 수신기에서 낮은 해상도를 가지는 부가영상을 확장하여 기준영상과 동일한 크기로 만든 후 합성함으로써 3D 입체 영상을 구성한다.

SC-MMH 수신기에서 3D 영상을 재생하기 위해서 부가영상은 기준영상과 동등한 해상도를 가지도록 확장되어야 한다. BSE(Binocular Suppression Effect)에 의하면 스테레오 좌우 영상 사이에 해상도 또는 화질의 차이가 존재하더라도 3차원 입체영상을 인식하는 인간 시각의 특성은 화질이 좋은 편을 따라가는 경향이 있다^[4]. 하지만 두 영상간의 해상도가 너무 심하게 차이나거나 부호화로 인한 왜곡이 심하면 이러한 시각특성에도 불구하고 최종적인 화질은 열화된 영상의 영향을 받게 된다. 조건부대체 알고리즘(CRA: Conditional Replenishment Algorithm)은 양안식 스테레오를 구성하는 두 영상의 해상도가 서로 다른 경우에 기준영

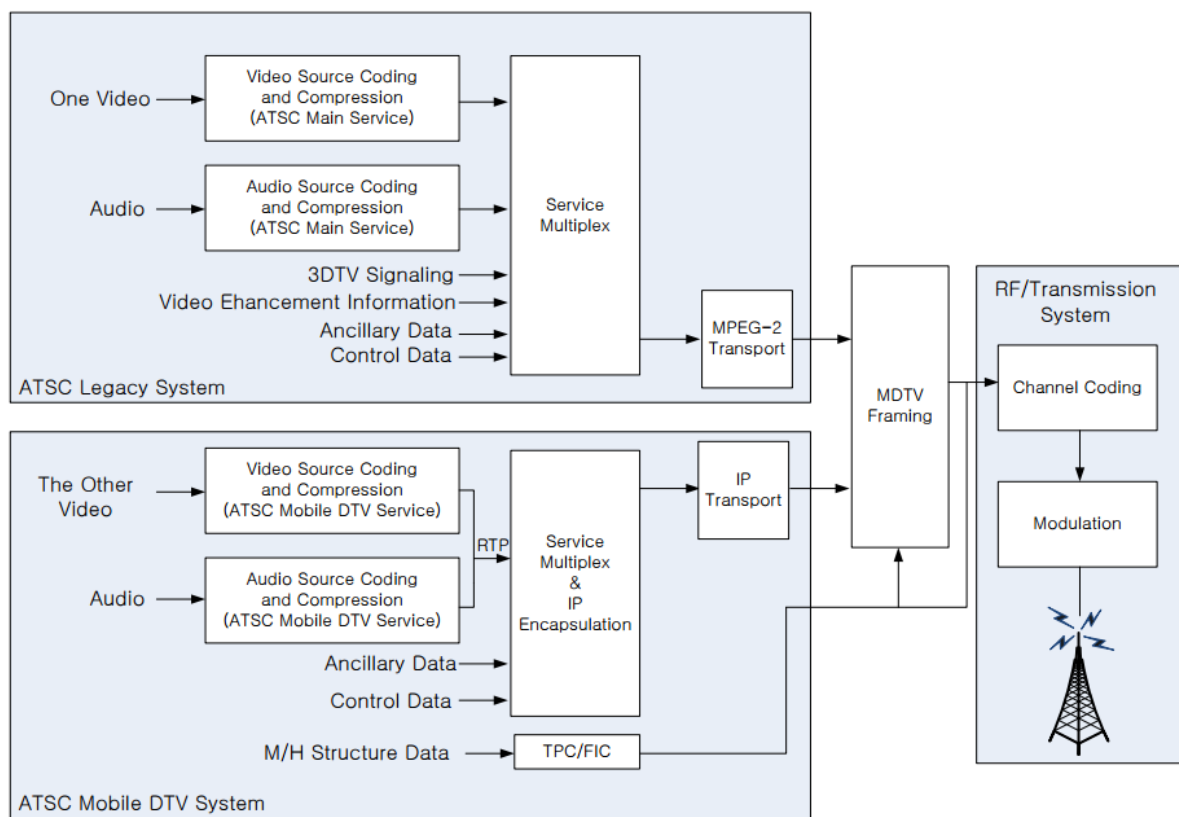


그림 1. SC-MMH 시스템 부호화기의 구성도^[1]

Fig. 1. Block diagram of SC-MMH encoder system^[1]

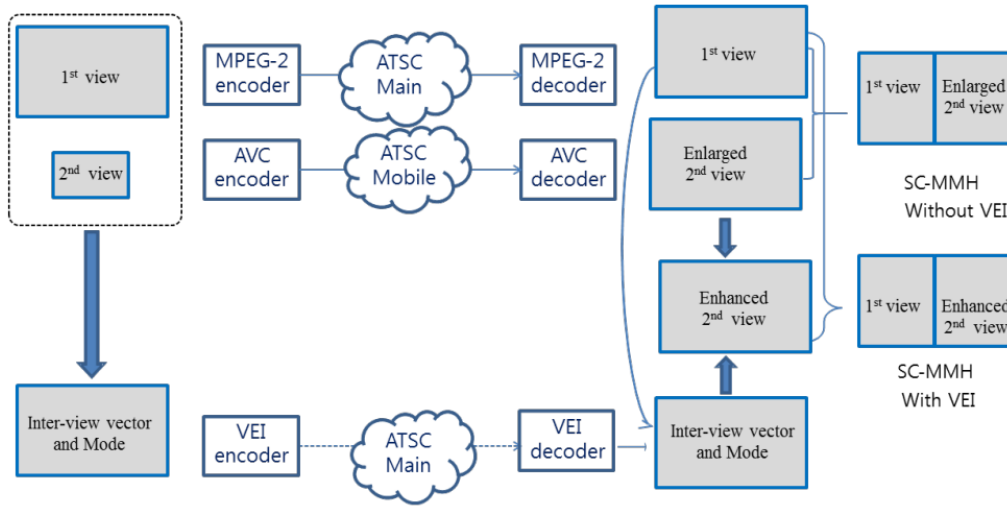


그림 2. 조건부대체 알고리즘의 개념도^[1]

Fig. 2. The conceptual diagram of CRA(Conditional Replenishment Algorithm)^[1]

상과 부가영상 사이에 존재하는 화질 차이에 따른 영향을 최소화하기 위해 제안되었으며, 2015년에 ATSC에 의해 표준으로 채택되었다^[5,6]. 조건부대체 알고리즘에서는 기준영상과 부가영상 사이의 상관관계를 이용하여 이 문제를 해결하는데, 수신기에서 화질이 개선된 확장된 부가영상을 재구성하기 위해 필요한 정보인 VEI(Video Enhancement Information)를 출력한다. 이 정보는 부가데이터의 형태로 수신기에 전송되어야 한다. 그림 2는 VEI를 활용하여 부가영상의 화질을 개선하는 조건부대체 알고리즘의 개념도를 나타낸다.

VEI는 모드(mode) 정보와 IVV(Inter-View Vector)로 구성된다. 여기서 모드는 조건부대체 알고리즘의 처리 단위인 PU(Processing Unit) 마다 할당되는데, PU의 크기는 가변적이며 정사각형 모양의 블록이 모여 쿼드트리(quad-tree) 구조를 이루고 있다. 따라서 PU의 경계 영역에서 블록화 현상이 나타날 가능성이 존재하며, 특히 PU의 크기가 크고 인접한 PU들과 모드가 서로 다른 경우에 시각적으로 두드러질 개연성이 높아진다.

본 논문에서는 SC-MMH 시스템에서 조건부대체 알고리즘을 적용함에 따라 발생 가능한 블록화 현상을 제거하기 위한 방법을 제안한다. 블록화 현상을 제거하는 대표적인 필터로는 HEVC(High Efficiency Video Coding)에서 사용

하는 디블록킹 필터(deblocking filter)가 있다^[7]. 하지만 이 필터는 8×8의 고정된 크기의 블록을 기준으로 수행하기 때문에 이를 조건부대체 알고리즘의 가변 크기 블록에 직접 적용하기에는 적합하지 않다. 또한 조건부대체 알고리즘에서는 모든 PU의 경계마다 필터링을 수행할 필요도 없다. 따라서 본 논문에서는 VEI의 모드 정보를 기반으로 블록화 현상이 발생할 가능성이 높은 PU를 선별하고, 해당 PU에 대해 블록의 크기에 따라 HEVC의 디블록킹 필터를 적응적으로 변형시켜 깊이를 조절하면서 필터링을 수행한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 조건부대체 알고리즘의 쿼드트리 PU 구조와 블록화 현상에 대해 소개한다. III장에서는 블록화 현상 제거를 위한 디블록킹 필터의 적용방법에 대해 자세히 설명하고, IV장에서는 다양한 영상을 통한 실험 및 주관적, 객관적 평가를 통해 제안하는 방법의 효과를 입증한다. 마지막으로 V장에서는 결론을 맺는다.

II. 조건부대체 알고리즘의 쿼드트리 PU 구조와 블록화 현상

조건부대체 알고리즘의 기본 개념은 스테레오를 구성하

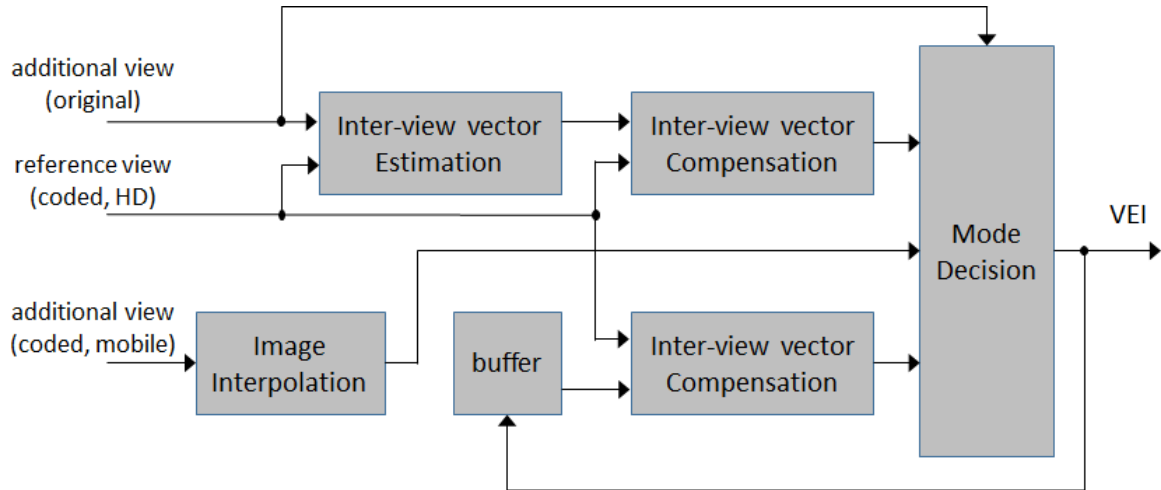


그림 3. 조건부대체 알고리즘의 블록도

Fig. 3. Block diagram of CRA(Conditional Replenishment Algorithm)

는 기준영상과 부가영상 간의 상관성을 이용하는 것이다. 3D 스테레오 영상으로 합성하기 위해서는 부가영상과 기준영상의 크기가 동일해야 하는데, 이 과정에서 단순한 보간(interpolation)을 통해 부가영상을 확장한 영상 뿐 아니라 기준영상과의 시차(disparity)를 계산하여 보상한 영상을 함께 고려한다. 그림 3은 조건부대체 알고리즘의 블록도를 나타낸다^[5]. 부호화기에서 화질개선을 위한 부가정보인 VEI를 출력하기 위해서 HD급 해상도로 부호화된 기준영상과 모바일급 해상도로 부호화된 부가영상이 입력되며 이와 함께 원본 부가영상이 필요하다.

조건부대체 알고리즘에서는 M 모드(main mode), H 모드(hand/held mode), 그리고 S 모드(skip mode)의 세 종류의 모드가 사용된다. 이 가운데 M 모드는 기준영상과 부가영상 사이의 시차를 구한 후, 이를 이용하여 기준영상을 시차만큼 보상한 경우를 선택하는 모드이다. 좌영상과 우영상이 완벽하게 정렬되어 있다면 수평 방향의 시차만을 고려하면 되겠지만 실제로는 수직방향을 함께 고려할 때 오차 성분을 줄일 수 있기 때문에 조건부대체 알고리즘에서는 양방향을 모두 탐색하며 두 영상 사이의 편이를 IVV라고 나타낸다. 이 모드가 선택되면 IVV 정보가 모드 정보와 함께 VEI에 포함된다. 다음으로 H 모드는 저해상도의 부가영상을 단순히 확장한 경우를 선택하는 모드이다. 이 모드는 어느 한 시점의 영상에 존재하지만 다른 시점의 영상에

서는 보이지 않은 영역 즉 폐색(occlusion) 영역을 고려하기 위한 모드이다. 마지막으로 S 모드는 연속적인 프레임 사이에 존재하는 시간적인 중복성을 줄이기 위해서 이전 프레임의 모드 정보를 재사용하는 경우에 해당한다.

한편 조건부대체 알고리즘에서는 모드 정보의 공간적인 중복성을 줄이기 위해서 동일한 모드의 영역을 결합하는데, 임의의 프레임에서 영역들이 결합되고 분할된 구조를 표현하기 위해 쿼드트리를 사용한다^[5,8,9]. 이 때 쿼드트리의 각 노드(node)가 알고리즘의 처리 단위인 PU에 해당하며, 각각의 PU의 크기는 쿼드트리 계층에 따라 다양하고 그 형태는 정사각형이다. 조건부대체 알고리즘에서는 SPU(Smallest PU)부터 LPU(Largest PU)에 이르기까지 차례대로 검색하면서 최적 크기의 PU를 결정하고 이를 모아 쿼드트리를 구성한다.

이와 같이 조건부대체 알고리즘에서는 쿼드트리 구조의 정사각형 블록을 기본 단위로 하여 모드에 따라 선택적으로 대체하기 때문에 블록화 현상이 발생할 수 있다. 그림 4에서는 실험영상의 일부분을 확대하여 조건부대체 알고리즘에 의해 구성된 쿼드트리 구조의 형태와 이에 따라 블록화 현상이 발생한 예를 나타내었다.

그림 4(a)에서 사각형 모양은 PU를 의미한다. 다양한 크기의 PU가 쿼드트리 구조를 이루는 것을 볼 수 있다. 여기서 검은색 영역은 H 모드로 선택된 PU이고, 그림이 보이

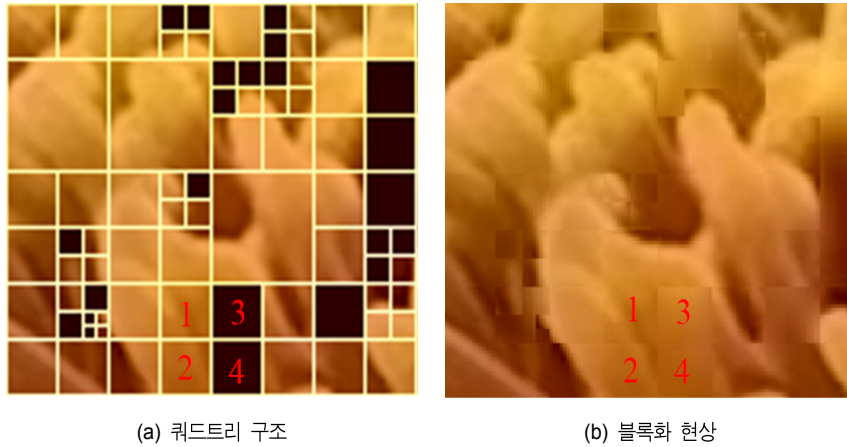


그림 4. 조건부대체 알고리즘의 쿼드트리 구조와 블록화 현상
Fig. 4. Quad-tree structure and blocky artifacts in CRA

영역은 M 모드의 PU에 해당한다. 이어서 그림 4(b)에서 조건부대체 알고리즘을 적용한 결과로서 PU의 경계 부근에서 블록화 현상이 관찰되는 예를 나타내었다.

III. 블록화 현상 제거를 위한 디블록킹 필터의 적용

조건부대체 알고리즘을 사용할 때, PU의 경계라고해서 모두 블록화 현상이 나타나는 것은 아니다. 따라서 블록화 현상을 효율적으로 제거하기 위해서는 실제로 블록화 현상이 나타나는 상황에 대해서 살펴보아야 한다. 먼저 PU의 크기가 너무 작은 경우, 블록화 현상을 고려하지 않아도 무방하다. 예를 들어 SC-MMH 융합형 3DTV 시스템과 같이 기준영상의 해상도가 HD급인 환경에서 PU의 크기가 4×4 이하인 경우에는 블록화 현상이 두드러지지 않는다. 따라서 본 논문에서는 CRA에 맞게 변경한 디블록킹 필터를 제안한다^[8]. 디블록킹 필터는 8×8 이상 크기의 PU에 대해서만 적용한다. 또한, 조건부대체 알고리즘에서는 휘도성분만을 이용하므로, 휘도성분에 대한 필터링만을 적용한다.

블록화 현상은 기본적으로 인접한 PU의 모드가 다른 경우에 발생할 가능성이 있다. M 모드와 H 모드가 인접해 등장하면 서로 인접한 PU 임에도 불구하고 하나는 기준영상을 참조하고 다른 하나는 부가영상을 참조하기 때문이다.

앞서의 그림 4의 하단에서 1번, 2번, 3번, 4번으로 표시된 PU를 기준으로 설명하자면, 1번과 2번으로 표시된 PU는 M 모드이며 3번과 4번 PU는 H 모드인데 그림 4(b)에서 보는 바와 같이 PU의 경계에서 블록화 현상을 발견할 수 있다. 또한 인접한 PU의 모드가 동일하게 M 모드일지라도 각 PU의 IVV가 서로 같지 않으면 블록화 현상이 나타날 수 있다. IVV가 다르다는 것은 기준영상에서 참조하는 영역이 연속적이지 않다는 것을 의미하기 때문이다. 이러한 이유로 그림 4에서 보인 1번과 2번 PU는 모두 M 모드이지만 경계에서 블록화 현상을 볼 수 있다. 그림 5는 제안하는 디블록킹필터를 적용하는데 있어서 사용되는 알고리즘 순서도를 나타낸다^[8].

제안 알고리즘은 매 프레임마다 수행되며 해당 프레임의 좌측 상단의 PU 부터 순차적으로 진행된다. 조건부대체 알고리즘을 적용하면 프레임이 가변크기의 PU들로 분할되고, 특정 PU 마다 시작 위치와 크기, 그리고 모드정보가 주어지는데, 제안 방법에서는 먼저 PU의 크기를 검사하여 8×8이상인 경우에만 필터링의 적용대상으로 삼는다. 그리고 현재 PU와 상단 PU의 모드 정보를 비교하여 두 PU의 모드 정보가 다르거나 모두 M모드인 경우에만 수직방향으로 필터를 적용한다. 이어서 마찬가지로 방법으로 현재 PU와 좌측 PU의 모드 정보를 비교하여 수평방향 필터의 적용 여부를 판단한다. 해당 프레임의 전체 PU에 대한 검사를 마치면 다음 프레임으로 이동한다.

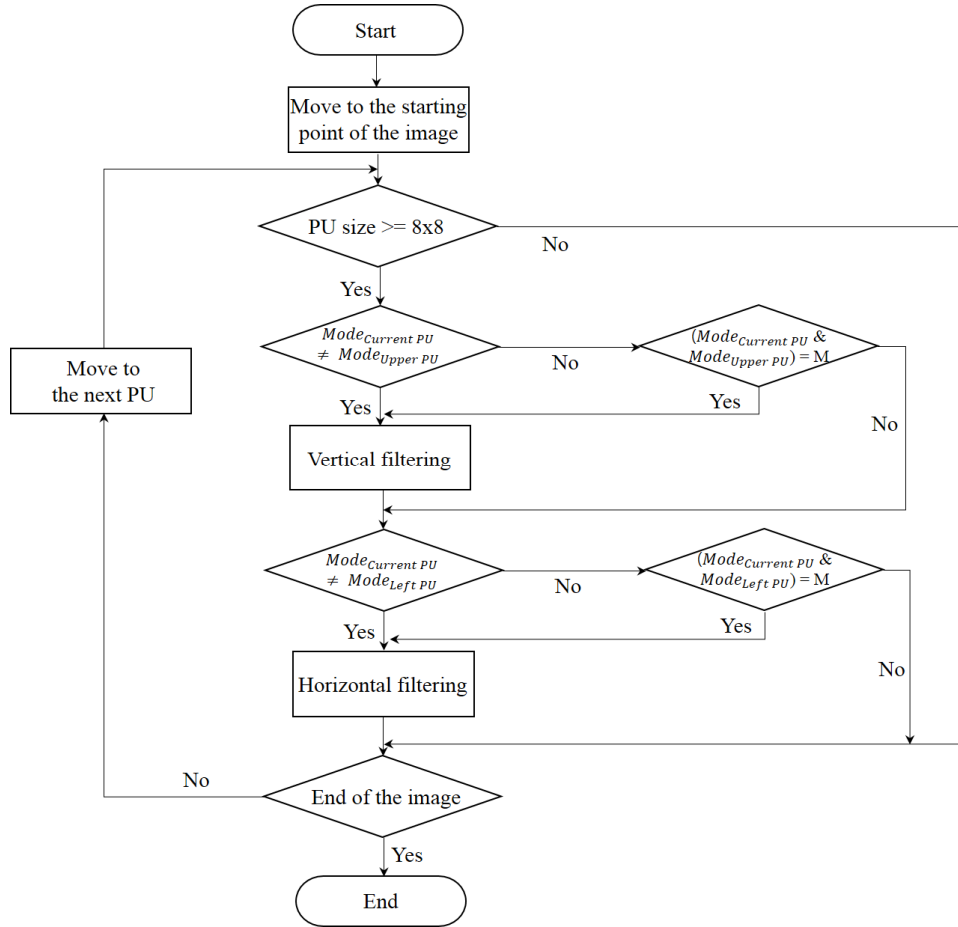


그림 5. 제안하는 디블록킹 필터 순서도
Fig. 5. Proposed flowchart for deblocking filter

일단 임의의 PU에 대해 인접 PU와의 경계에서 블록화 현상이 발생할 가능성이 있다고 판단되면, 해당 경계에 디블록킹 필터를 적용한다. 본 논문에서는 HEVC의 디블록킹 필터^[7]를 기본으로 하되 이를 조건부대체 알고리즘에 적합

하게 변형하여 사용한다^[8]. HEVC에서의 디블록킹 필터는 8×8 크기로 고정된 블록에서 사용하도록 설계되었지만 조건부대체 알고리즘에서 디블록킹을 필요로 하는 PU는 다양한 크기를 가지기 때문이다.

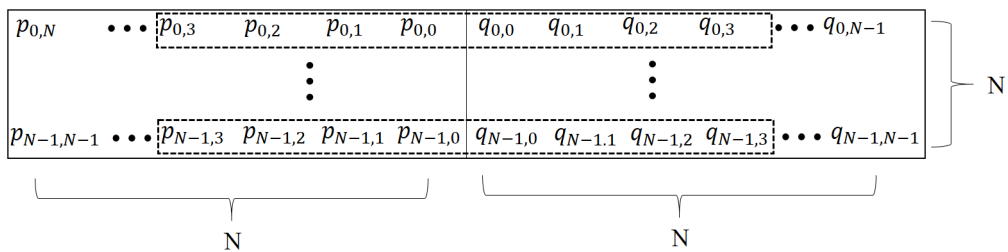


그림 6. 수평 방향으로 인접한 두 PU
Fig. 6. Horizontally adjacent two PUs

디블록킹 필터 과정을 설명하기 위해 그림 6에서는 수평방향으로 인접한 두 PU 블록을 예로 들었다. PU의 크기는 $N \times N$ 이라고 가정하였으며, 좌측 PU 블록(P)와 우측 PU 블록(Q)에 속한 화소들을 각각 $p_{i,j}$ 및 $q_{i,j}$ 로 나타내었다.

필터링은 라인 단위로 수행된다. 먼저 P블록(좌측)과 Q블록(우측)의 경계에서 화소값의 차이가 있을 때, 이 원인이 블록화 현상에 의한 것인지 아니면 자연스러운 에지에 해당하는 것인지를 판단한다. 이 과정은 식 (1)과 식 (2)를 통해 이루어지는데 여기서는 표기상 편의를 위해 수직 방향의 화소들을 p_0, p_1 과 같이 나타내었다. 즉 p_0 는 $p_{0,0}$ 부터 $p_{N-1,0}$ 을 그리고 p_1 는 $p_{0,1}$ 부터 $p_{N-1,1}$ 을 의미한다. 또한, q_0, q_1 도 같은 방식으로 정의하였다.

$$\delta_0 = (9(q_0 - p_0) - 3(q_1 - p_1) + 8)/16 \quad (1)$$

$$|\delta_0| < 10t_c \quad (2)$$

식 (1)에서의 δ_0 은 경계 부분이 블록화 현상이 발생한 것인지 자연스럽게 생성된 에지인지를 판단하는 값이다⁷⁾. 이때 δ_0 값이 식 (2)의 조건을 만족하지 못하면 해당 경계는 블록화 현상이 발생한 것이 아니라 자연스럽게 생성된 에지라고 판단하여 다음 블록의 경계로 이동한다. 만일 식 (2)를 만족하면 블록화 현상이 나타난 부분이라고 판단하고 필터링을 수행한다. 그리고 t_c 는 필터링 수행 여부를 결정하는 파라미터로서 다음의 식 (7)에서 보이는 바와 같이 클립핑(clipping)을 위한 임계값으로 사용된다.

그리고 필터링을 적용하는 깊이를 결정하기 위해 식 (3) 및 식 (4)와 같이 각 라인마다 P블록(좌측)과 Q블록(우측)의 경계에 가까운 4개의 화소, 즉 $p_{0,0} \sim p_{0,3}, q_{0,0} \sim q_{0,3}, p_{N-1,0} \sim p_{N-1,3}, q_{N-1,0} \sim q_{N-1,3}$ 를 살펴본다. 여기서 β 는 필터링 수행 여부를 결정하는 파라미터이다. 만일 해당 블록의 경계에서 식 (3)과 (4)를 모두 만족하면 좌측 및 우측으로 각각 두 번째 세로줄까지 필터링을 수행한다. 즉 P블록에서 p_0 와 p_1 , Q블록에서 q_0 와 q_1 이 필터링의 대상이 된다. 반면 식 (3)과 식 (4) 중 만족하지 않는 것이 하나라도

있으면 P블록과 Q블록의 첫 번째 세로줄인 p_0, q_0 에 대해서만 필터링을 수행한다.

$$|p_{0,2} - 2p_{0,1} + p_{0,0}| + |p_{N-1,2} - 2p_{N-1,1} + p_{N-1,0}| < \frac{3}{16}\beta \quad (3)$$

$$|q_{0,2} - 2q_{0,1} + q_{0,0}| + |q_{N-1,2} - 2q_{N-1,1} + q_{N-1,0}| < \frac{3}{16}\beta \quad (4)$$

필터링의 깊이가 결정되었다면, 블록의 경계로부터 첫 번째 세로줄 즉 p_0 와 q_0 에 대한 필터링은 식 (5)와 식 (6)에 의해 이루어진다. 여기서 식 (7)에 나타나 있는 Δ_0 은 식 (1)의 δ_0 를 클립핑하여 사용하는데 그 이유는 화소값의 변화가 너무 크지 않도록 제한하기 위함이다.

$$p_0' = p_0 + \Delta_0 \quad (5)$$

$$q_0' = q_0 + \Delta_0 \quad (6)$$

$$\Delta_0 = \begin{cases} t_c & \text{if } (\delta_0 \geq t_c) \\ -t_c & \text{else if } (\delta_0 \leq -t_c) \\ \delta_0 & \text{else} \end{cases} \quad (7)$$

이어서 두 번째 세로줄 p_1 과 q_1 에 대한 필터링 과정은 식 (8)과 식 (9)에 나타내었다. 여기서 Δ_{p1} 와 Δ_{q1} 도 앞서와 마찬가지로 각각 δ_{p1} 과 δ_{q1} 를 클립핑하여 사용하며 방법은 식 (7)과 동일하다.

$$p_1' = p_1 + \Delta_{p1} \quad (8)$$

$$q_1' = q_1 + \Delta_{q1} \quad (9)$$

$$\delta_{p1} = (((p_2 + p_0 + 1)/2) - p_1 + \Delta_0)/2 \quad (10)$$

$$\delta_{q1} = (((q_2 + q_0 + 1)/2) - q_1 + \Delta_0)/2 \quad (11)$$

한편 조건부대체 알고리즘에서의 PU 크기는 가변적이며 8×8 보다 큰 크기의 PU가 존재할 수 있다. 그리고 8×8 보다 큰 크기의 PU의 경계에서는 필터링의 최대 깊이를

더 늘리는 것이 자연스럽다. 따라서 본 논문에서는 PU의 크기가 큰 경우에는 세로줄의 화소들을 추가적으로 필터링한다. 추가적인 세로줄 필터링을 위한 수식은 식 (12), 식 (13)과 같다.

$$p_n' = (p_{n-1}' + p_n)/2 \quad (12)$$

$$q_n' = (q_{n-1}' + q_n)/2 \quad (13)$$

예를 들어, 16×16 블록의 경우에는 $n = 2$ 로서 세 번째 세로줄인 p_2 및 q_2 까지 필터링을 수행하며 32×32블록은 네 번째 세로줄인 p_3 및 q_3 까지 필터링을 수행한다. 표 1은 PU 크기에 따른 필터링의 깊이를 나타내었다. PU의 크기에 따라 필터링의 깊이를 다르게 사용함으로써 크기가 큰 PU의 경계에서 발생 가능한 블록화 현상을 완화시킬 수 있다. 본 논문에서는 수평방향을 기준으로 필터링 과정을 설명하였지만 수직방향을 필터링도 동일한 기준과 방법으로 이루어진다^[8].

표 1 PU 크기에 따른 필터링의 깊이

Table 1 Filtering depth according to the PU size

| PU size | Filtering depth |
|---------|-----------------|
| 8x8 | 2 |
| 16x16 | 3 |
| 32x32 | 4 |
| 64x64 | 5 |
| 128x128 | 6 |
| 256x256 | 7 |

IV. 실험결과

SC-MMH 3DTV 시스템에 조건부대체 알고리즘을 적용하는 경우를 대상으로 제안 방법의 성능을 평가하였다. 원본 실험영상으로서 1920×1080p 해상도의 HD급 영상 4종을 사용하였는데, 그림 7에 이를 나타내었다. 또한 하드웨어적으로 AMD사의 3.10 GHz의 CPU와 8GB RAM을 사용하였다.



(a) Sequence 1



(b) Sequence 2



(c) Sequence 3



(d) Sequence 4

그림 7. 실험 영상

Fig. 7. Test Sequences

그림 7(a)는 에지가 뚜렷하고 세밀한 성분을 많이 포함하고 있으며, (b)와 (c)는 상대적으로 자연 배경이 많으며 움직임이 거의 없다. 그리고 (d)는 실내에서 이동하는 사람들을 촬영한 영상으로서 움직임이 상대적으로 많은 편이다.

한편 표 2에서는 ATSC-M/H 전송채널을 전제로 하여 SC-MMH 시스템에 대해 본 논문에서 설정한 실험 환경을 정리하여 나타내었다.

표 2. SC-MMH 시스템을 위한 실험 환경
Table 2. Simulation environment for SC-MMH System

| | Reference view | Additional view |
|-----------------|----------------|-----------------|
| Codec | MPEG-2 | H.264/AVC |
| Resolution | 1920x1080p | 416x240p |
| Target bit rate | 12 Mbps | 480 kbps |
| Frame rate | 30fps | 30fps |

기준영상은 원본과 동일하게 HD급 해상도를 유지하였으며 부가영상은 모바일 급의 해상도를 가지도록 416×240p로 크기를 변환하였다. 또한 기준영상 부호화를 위해서는 MPEG-2 방식으로 12Mbps를, 그리고 부가영상 부호화를 위해서는 H.264/AVC 방식으로 480kbps를 할당하였다. 두 영상의 프레임율은 모두 30 fps로서 동일하다.

또한, 본 논문의 조건부대체 알고리즘에서 사용하는 파라미터로서 SPU 크기는 1×1, LPU 크기는 256×256로 설정

하였고 VEI를 위한 목표 비트율은 240kbps를 사용하였다. 그리고 제안하는 더블록킹 필터의 파라미터는 실험을 통해 결정하였는데 식 (2)에서의 $t_c = 12$, 식 (3) 및 식 (4)에서의 $\beta = 36$ 를 사용하였다.

그림 8에서는 인접한 PU의 모드 정보가 서로 다른 경우의 실험 결과를 영상을 확대하여 나타내었다.

그림 8(a)에서 보인 다양한 크기의 정사각형 모양은 조건부대체 알고리즘의 적용 결과 분할된 쿼드트리 구조의 PU로서 색상이 존재하는 부분은 M모드이고, 검은색 부분은 H모드에 해당한다. 그림에서 숫자로 표시한 1번에서 4번까지의 PU와 5번 PU의 경계에서 모드가 불연속적임을 볼 수 있다. 따라서 아무런 처리를 하지 않는다면 그림 8(b)와 같이 PU의 경계에서 블록화 현상이 뚜렷하게 두드러지지만 제안하는 더블록킹 필터링을 적용하면 그림 8(c)와 같이 보다 자연스러운 결과를 얻을 수 있다.

그림 9에서는 인접한 PU가 모두 M 모드지만 각각의 IVV가 차이나는 경우의 실험결과를 나타내었다.

그림 9(a)에서 볼 수 있듯이 이 영상에서는 모든 PU가 M 모드에 해당한다. 하지만 그림 9(b)를 보면, 1번 PU와 2번 PU 사이에서 블록화 현상이 나타나는데 이는 두 PU에 할당된 IVV가 다르기 때문이다. 그림 9(c)에서는 제안하는 더블록킹 필터를 통해 블록화 현상이 완화됨을 확인할 수 있다. 그림 10은 그림 7의 실험 영상 (b), (c), (d)에 대하여 실험한 블록화 제거 결과를 나타낸다.

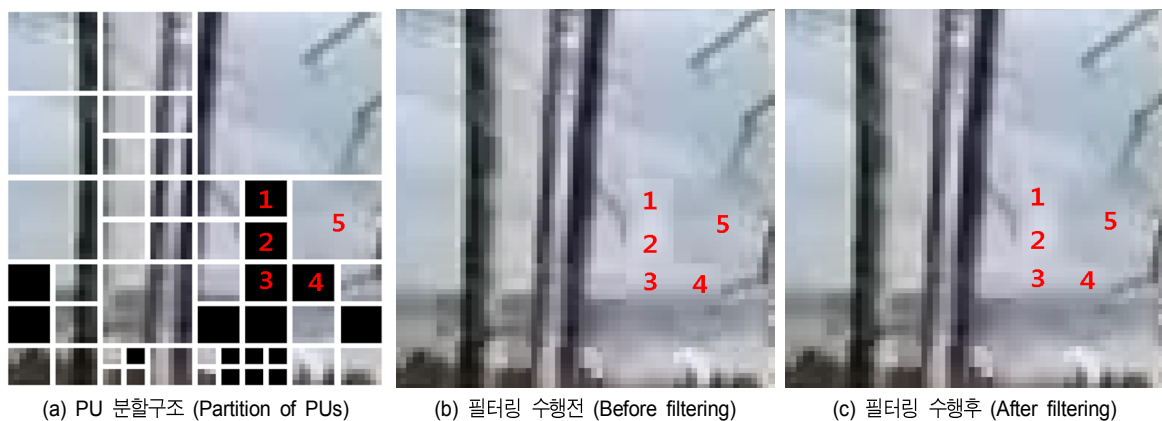


그림 8. 인접한 PU의 모드 정보가 서로 다른 경우의 실험 결과
Fig. 8. Simulation results when the modes of adjacent PUs are different

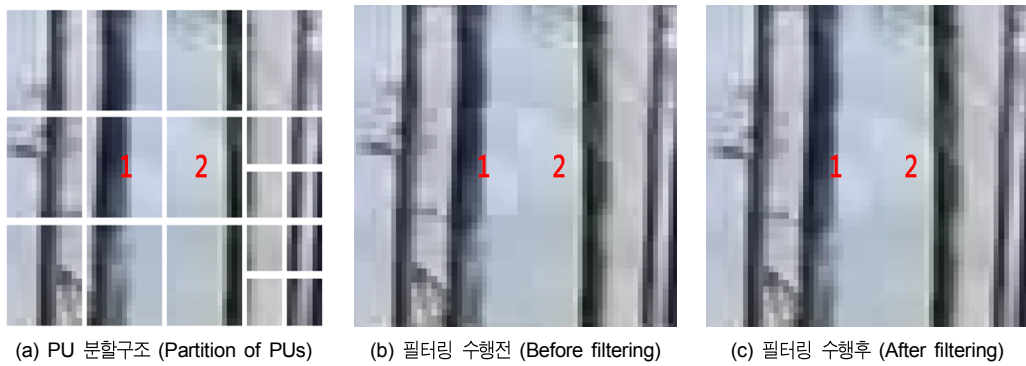


그림 9. 인접한 PU의 IVV가 서로 다른 경우의 실험 결과

Fig. 9. Simulation results when the IVVs of adjacent PUs are different

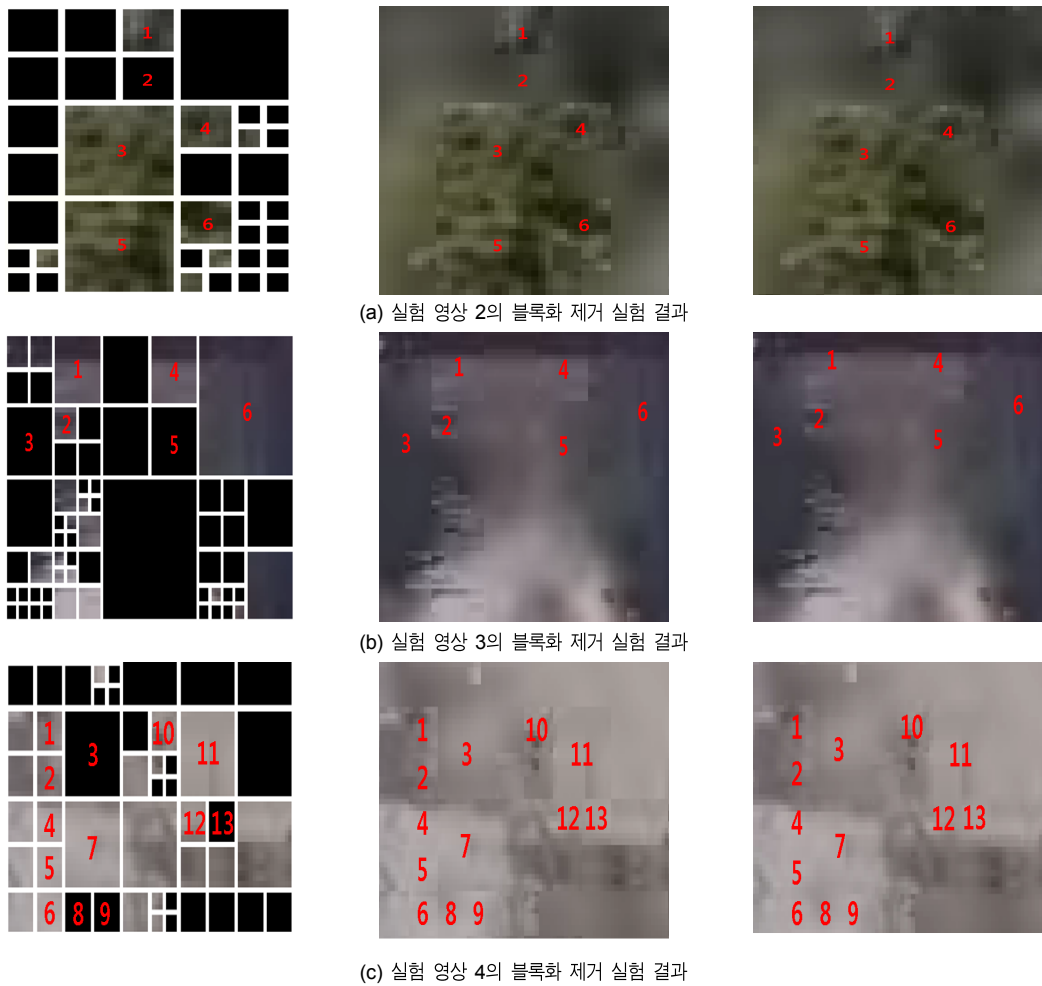


그림 10. 실험 영상 2, 3, 4의 인접한 PU의 블록화 제거 실험 결과

Fig. 10. Simulation results for suppressing blocky artifact of adjacent PUs in test sequences 2, 3, 4

그림 10의 (a) ~ (c)는 실험 영상 2, 3, 4에 대한 블록화 제거 실험 결과를 나타낸다. 그 중 왼쪽 그림은 PU 분할구조를 나타내고, 가운데는 필터링을 수행하기 전 영상을 나타내며, 오른쪽 그림은 필터링을 수행한 후의 영상을 나타낸다. 빨간색 숫자로 인접한 PU들을 나타내었으며, 빨간색 숫자가 있는 PU의 경계부분의 블록화가 제거되는 것을 확인할 수 있다. 그림 8 ~ 그림 10을 통해, 결론적으로 본 논문의 제안 방법을 통해 모드가 서로 다른 경우의 블록화 현상 및 IVV가 서로 다른 경우의 블록화 현상이 모두 개선되고 주관적인 화질이 향상됨을 확인할 수 있다.

한편 본 논문에서처럼 복호화 과정에서 디블록킹 필터를 적용하게 되면 객관적인 화질 평가기준인 PSNR(Peak Signal to Noise Ratio)이 달라질 가능성이 존재한다. 표 3에

서는 그림 7의 각 실험영상마다 제안하는 디블록킹 필터의 적용 전과 후의 PSNR을 비교하여 제시하였으며, 시퀀스별 알고리즘 처리 시간을 나타내었다. 표 3을 살펴보면, 실험 영상의 특성에 따라 약간의 차이는 있지만 전반적으로 디블록킹 필터링을 수행한 후와 수행전의 PSNR 차이는 평균 0.09dB 수준으로서 큰 변화는 없다고 할 수 있다. 또한, 알고리즘 처리 시간은 평균적으로 프레임당 0.75초가 소모되어 실시간 처리가 어렵다. 그러나 디블록킹 필터에서 복잡도를 줄이는 알고리즘^[10]과, GPU를 이용한 병렬처리^[11]를 통해 실시간 디블록킹 필터가 구현이 가능한 것을 보았을 때, 앞으로 실시간 처리 가능성을 기대할 수 있다.

그림 11은 주관적 화질평가 방법인 DSCQS(Double Stimulus Continuous Quality Scale)^[12]을 통해 필터링 전의 영

표 3. 디블록킹 필터링 적용에 따른 PSNR 및 수행시간
Table 3. Processing time and PSNR for before and after deblocking filtering

| Sequence | PSNR [dB] | | PSNR difference [dB] | Processing time [sec] |
|------------|------------------|-----------------|----------------------|-----------------------|
| | Before filtering | After filtering | | |
| Sequence 1 | 28.16 | 28.11 | 0.05 | 0.95 |
| Sequence 2 | 29.23 | 29.17 | 0.06 | 0.56 |
| Sequence 3 | 33.22 | 33.15 | 0.07 | 0.54 |
| Sequence 4 | 35.89 | 35.73 | 0.16 | 0.95 |
| Average | 31.63 | 31.54 | 0.09 | 0.75 |

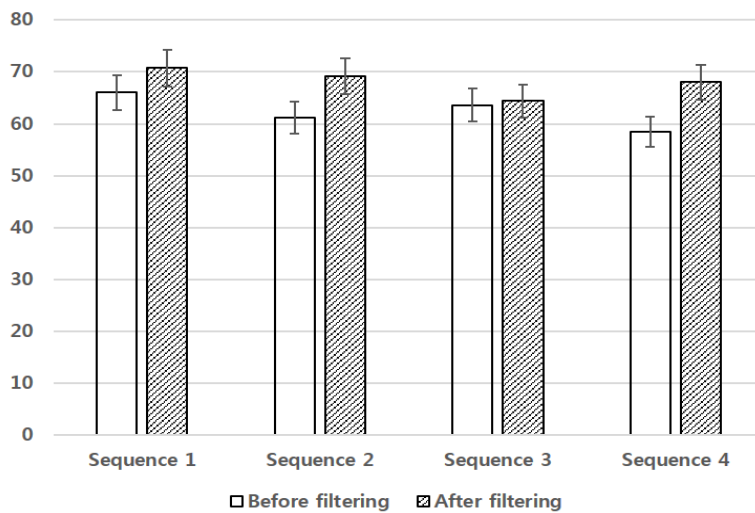


그림 11. 실험 영상에 대한 주관적 화질평가 실험 결과
Fig. 11. The results of subjective quality evaluation

상과 필터링 후의 영상에 대한 상대적인 화질 평가 결과이다. 그림에서 오차막대는 표준편차를 나타낸다. 47인치 LED TV를 이용하여 20-30세의 영상에 대한 비전문가 25명을 대상으로 주관적 화질평가를 진행하였다. 그림 11에서 나타난 바와 같이, 필터링 전의 영상보다 필터링 후의 영상에 대한 주관적 화질이 우수한 것을 확인할 수 있다.

V. 결 론

본 논문에서는 ATSC의 융합형 3DTV 시스템인 SC-MMH를 위한 조건부대체 알고리즘에서 발생하는 블록화 현상을 수신기 측면에서 제거하는 방법을 제안하였다. 조건부대체 알고리즘에서는 부가영상을 확장하는 과정에서 쿼드트리 구조의 가변크기 블록을 처리단위로 사용하기 때문에 블록의 경계에서 불연속성이 나타날 수 있다. 이에 대응하기 위해 조건부대체 알고리즘을 적용할 때 블록화 현상이 발생하는 상황을 분석하여, 8×8 이상 크기의 PU를 대상으로 인접한 PU 사이의 모드 정보가 서로 다르거나 동일한 M모드라고 하더라도 IVV가 차이나는 경우를 디블록킹 필터의 적용대상으로 판단하였다. 그리고 조건부대체 알고리즘에 적합하도록 HEVC의 디블록킹 필터를 변형하여 PU의 크기에 따라 필터링의 깊이가 조절되게 하였다. 복호화 과정에 제안 방법을 적용함으로써 확장된 영상의 PSNR은 거의 감소하지 않고 PU의 경계 영역에서 블록화 현상이 효과적으로 제거되고 주관적인 화질이 상당히 개선됨을 모의실험을 통해 검증하였다.

참 고 문 헌 (References)

- [1] ATSC, "3D-TV terrestrial broadcasting, part 1," Doc. A/104, Part 1, Aug. 2014.
- [2] ATSC, "ATSC mobile/handheld digital television standard, part 3 - Service multiplex and transport subsystem characteristics," Doc. A/153 Part 3, 2013.
- [3] B. Kim, M. Bang, S. Kim, J. Choi, J. Kim, D. Kang, and K. Jung, "A study on feasibility of dual-channel 3DTV service via ATSC-M/H," ETRI Journal, vol. 34, no. 1, pp. 17-23, Feb. 2012.
- [4] L. Stelmach, W. J. Tam, D. Meegan, and A. Vincent, "Stereo image quality: effects of mixed spatio-temporal resolution," IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol., vol. 10, no. 2, pp. 188-193, Mar. 2000.
- [5] K. H. Jung, M. S. Bang, S. H. Kim, H. G. Choo, and D. W. Kang, "Quality enhancement for hybrid 3DTV with mixed resolution using conditional replenishment algorithm," ETRI Journal, vol. 36, no. 5, pp. 752-760, Oct. 2014.
- [6] ATSC, "3D-TV terrestrial broadcasting, part 5-Service compatible 3D-TV using main and mobile hybrid delivery," Doc. A/104 Part 5, Oct. 2015.
- [7] A. Norkin, G. Bjontegaard, A. Fuldseth, and M. Narroschke, "HEVC Deblocking Filter," IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol., vol. 22, no. 12, pp. 1746-1754, Dec. 2012.
- [8] J. W. Kim, "A Method for Subjective Quality Improvement of Conditional Replenishment Algorithm for Hybrid 3DTV," Master's degree thesis, Graduate School of Kookmin University, 2017.
- [9] M. S. Bang, D. W. Kang, S. H. Kim, S. Y. Jeong, and K. H. Jung, "A method to efficiently encode inter-view vectors in conditional replenishment algorithm," 2015 IEEE International Conference Consumer Electronics(ICCE), pp. 277-278, Las Vegas, NV, USA, Jan. 2015.
- [10] Y. Li, N. Han, and C. Chen, "A Novel Deblocking Filter Algorithm in H.264 for Real Time Implementation," 2009 Third Conference on Multimedia and Ubiquitous Engineering, pp. 26-30, Qingdao, China, June 2009.
- [11] B. Pieters, C. J. Hollemeersch, J. D. Cock, and P. Lambert, "Parallel Deblocking Filtering in MPEG-4 AVC/H.264 on Massively Parallel Architectures," IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol., vol. 21, no. 1, pp. 96-100, Jan. 2011.
- [12] ITU-R, "Methodology for the Subjective Assessment of the Quality of Television Pictures," ITU-R BT.500-11, 2002.

저 자 소 개



김 지 원

- 2015년 : 국민대학교 전자공학부 학사
- 2015년 ~ 현재 : 국민대학교 전자공학과 석사과정
- ORCID : <http://orcid.org/0000-0002-9495-1557>
- 주관심분야: 멀티미디어 통신, 영상신호처리



김 성 훈

- 1996년 ~ 2000년 : LG전자 주임연구원
- 2008년 : 국민대학교 전자공학과 박사
- 2000년 ~ 현재 : 한국전자통신연구원 책임연구원
- 주관심분야 : 지상파 방송시스템, UHD/3D 방송시스템, 모바일 방송시스템



김 휘 용

- 1994년 : 한국과학기술원 전기및전자공학과 학사
- 1998년 : 한국과학기술원 전기및전자공학과 석사
- 2004년 : 한국과학기술원 전기및전자공학과 박사
- 2003년~2005년 : ㈜애드팩테크놀로지 멀티미디어팀장
- 2005년 ~ 현재 : 한국전자통신연구원, 영상미디어연구실장
- 주관심분야 : 영상압축, 영상처리, 실감미디어서비스



김 기 두

- 1980년 : 서강대학교 전자공학과 학사
- 1980년 ~ 1985년 : 국방과학연구소 연구원
- 1988년 : 미국 펜실베이니아 주립대학교 전자공학 석사
- 1990년 : 미국 펜실베이니아 주립대학교 전자공학 박사
- 1998년 ~ 1999년 : 미국 UCSD, Visiting Scholar
- 1991년 ~ 현재 : 국민대학교 전자공학부 교수
- ORCID : <http://orcid.org/0000-0001-5052-3844>
- 주관심분야 : 디지털통신, 디지털신호처리



정 경 훈

- 1987년 : 서울대학교 전자공학과 학사
- 1989년 : 서울대학교 전자공학과 석사
- 1996년 : 서울대학교 전자공학과 박사
- 1991년 ~ 1997년 : 한국영상산업진흥원 선임연구원
- 1997년 ~ 2005년 : 한동대학교 전산전자공학부 교수
- 2005년 ~ 현재 : 국민대학교 전자공학부 교수
- ORCID : <http://orcid.org/0000-0001-7757-5871>
- 주관심분야 : 방송시스템, 비디오코딩, 멀티미디어 신호처리