

융합형 3DTV 조건부대체 알고리즘의 주관적 화질 향상을 위한 모드 선택 방법

*권태호 *방민석 **김성훈 **김희용 *김기두 *정경훈
*국민대학교 전자공학부, **한국전자통신연구원
*kmjkh@kookmin.ac.kr

Mode Selection Method to Improve Subjective Visual Quality of Conditional Replenishment Algorithm for Hybrid 3DTV

*Tae-Ho Kwon *Min-Suk Bang **Sung-Hoon Kim **Hui-Yong Kim *Ki-Doo Kim
*Kyeong-Hoon Jung
*Dept. of Electronics Engineering, Kookmin University, **ETRI

요 약

조건부대체 알고리즘(CRA: Conditional Replenishment Algorithm)은 좌우 영상의 해상도가 서로 다른 융합형 3DTV 서비스 환경에서 입체영상의 화질을 개선하기 위해 제안된 기법이다. 조건부대체 알고리즘에서는 비용함수를 도입하여 quad-tree 구조를 가지는 가변크기의 처리단위 (PU: Processing Unit)의 최적 모드를 결정하는데, 본 논문에서는 관심 PU의 모드를 결정하는 단계에서 주변 PU들의 모드를 함께 고려함으로써 모드가 고립되는 현상을 방지하는 방법을 제안한다. 제안 방법을 통해 기존의 CRA의 결과로 발생 가능한 특정 PU의 두드러짐 현상을 제거할 수 있기 때문에 합성된 입체 영상의 주관적 화질이 향상된다.

1. 서론

양안식 3DTV는 시청자에게 입체감과 생동감을 전달할 수 있는 실감형 방송서비스라는 점에서 많은 연구자들이 오래 전부터 활발하게 연구를 진행한 분야이며 다양한 서비스 방식이 제안되었다. 여러 제안방식 가운데 융합형 3DTV 시스템은 기존의 방송시스템과 완벽한 역호환성을 가지며 전송대역폭을 효율적으로 사용하는 장점을 가지고 있다[1]. 이 방식에서는 좌영상과 우영상의 해상도 및 부호화 방법이 서로 다른데, 예를 들어 ATSC-M/H 환경에서는 고정수신용 채널로는 상대적으로 해상도가 높은 좌영상을 MPEG-2로 부호화하여 전송하고 모바일 채널에는 낮은 해상도의 우영상을 H.264로 부호화하여 전송함으로써 고정수신 및 모바일 수신은 기존의 수신기를 통해 가능하도록 하면서 3D 수신기를 통해 두 채널을 모두 수신하면 3D 입체영상 서비스가 가능하도록 구성되어 있다[2].

융합형 3DTV에서 좌영상과 우영상의 해상도 또는 화질의 차이가 너무 심하지만 았다면 합성된 입체영상의 화질은 BSE(Binocular Suppression Effect)에 의해 우수쪽의 화질을 따라가기 때문에 큰 문제가 되지 않는다. 하지만 좌우 영상간의 해상도가 너무 심하게 차이 나거나 부호화로 인한 왜곡이 너무 심하면 BSE 만으로는 해결되지 않는다. 조건부대체 알고리즘 즉 CRA(Conditional Replenishment Algorithm)는 이러한 경우를 다루기 위해 제안되었다[3]. 이 방식은 약간의 부가정보를 사용함으로써 좌우 영상의 화질 차이를 획기적으로 완화시킨다. 이의 기본 개념은 3D 합성을 위해서 우영상의 해상도를 좌영상 수준으로 확대하는 과정에서 상관관계가 높은 고화질의 좌영상을 활용하자는 것이다. 이를 위해 CRA의 기본 처리단위인 PU(Processing Unit)마다 단순히 확대된 우영상, 양안시차를 사용하여 좌영상으로부터

보상한 우영상, 그리고 이전 프레임의 보상된 우영상 가운데 하나의 모드(mode)가 부여된다. 기존의 CRA에서는 모드 선택 과정에서 공간적인 상관성을 충분히 고려하지 않기 때문에 모드가 고립된 PU가 발생할 가능성이 존재하고, 이는 특히 고화질의 PU가 저화질의 PU에 둘러 쌓여 있는 경우에 일종의 블록화(blocky effect)현상이 나타나 주관적인 화질을 저하시킬 수 있다. 본 논문에서는 이를 완화하기 위해서 특정 PU의 모드를 결정하는 단계에서 주변 PU들의 모드를 함께 고려하는 적응적인 모드 선택 방법을 제안한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2 절에서는 CRA에서 기존에 사용하는 모드 선택 방법에 대해 설명한다. 3 절에서는 모드의 공간적 분포에 따른 블록화 현상을 살펴보고 본 논문에서 제안하는 고립 모드 제거 방법에 대해 설명한다. 이어서 4 절에서는 제안 기법의 성능을 실험을 통해서 확인하고 마지막으로 5 절에서 결론을 맺는다.

2. CRA에서의 모드 선택 방법

CRA는 좌우 영상의 3D 합성을 위해 낮은 해상도의 우영상을 확장할 때, 양안시차 보상된 좌영상과 단순히 확대된 우영상 가운데 좋은 쪽을 고르는 과정으로 간주할 수 있다. 수신기에서 개선된 화질로 3D 영상을 합성하기 위해서는 선택된 모드에 관한 정보가 부가적으로 전송되어야 하므로 이를 효율적으로 부호화하기 위한 방법이 필요하다[4]. CRA에서는 모드 정보를 화소 단위로 전송하는 대신 공간적인 중복성을 줄이기 위해 quad-tree 형태로 분할된 블록을 단위로 처리하고 이를 PU라고 한다. 또한 시간적인 중복성을 줄이기 위해 이전 프레임에서 구한 양안시차 정보도 함께 고려한다.

따라서 CRA 에서 사용하는 모드를 다음의 표 1 과 같이 정리할 수 있다. Child 모드는 quad-tree 구조에서 해당 노드가 더 작은 크기의 블록으로 분할됨을 나타낸다. 실제로 특정 PU 의 모드는 이전 프레임의 정보를 사용하여 대체하는 PDC(Previous Disparity Compensation) 모드, 현재 프레임에서, 양안시차를 구하고 이를 이용하여 보상한 좌영상으로 대체하는 DC(Disparity Compensation) 모드, 그리고 단순히 확장된 우영상으로 대체하는 NA(Not Assignment) 모드의 세가지가 사용된다.

표 1. CRA 에서 사용되는 모드

모드	설명
Child	Quad-tree 가 더 작은 블록으로 분할됨
PDC	이전 프레임의 정보를 사용
DC	양안시차 보상된 좌영상을 사용
NA	단순 확장된 우영상을 사용

CRA 에서는 표 1 에서 주어진 각각의 모드로 보상된 우영상과 원본 영상간의 MAD(Mean Absolute Difference)와 각각의 모드를 사용할 때 소요되는 부가정보의 발생량을 계산하고 비교하여 최적의 모드를 선택한다. 즉 다음 식 (1)과 같이 비용함수를 도입하는데 여기서 D 는 MAD 를 의미하고 R 은 발생하는 부가정보의 비트량을 의미한다. 그리고 가중치 λ 는 라그랑지안 승수를 나타낸다.

$$Cost = D + \lambda * R \quad (1)$$

CRA 에서는 부가정보의 발생량과 화질의 개선 정보 사이에 trade-off 관계가 존재한다. 즉 부가정보를 많이 사용할수록 더 많은 화질 개선 효과를 기대할 수 있다. 그리고 λ 의 값을 조절함으로써 비트율 제어가 가능하다[5].

3. 블록화 현상과 제안하는 모드 선택 방법

블록화 현상이란 블록 단위로 영상을 처리하는 방식에서 인접한 블록간에 불연속적인 부분이 발생하여 블록 사이의 경계가 두드러지게 나타나는 현상이다. CRA 에서도 PU 단위로 처리하기 때문에 블록화 현상이 발생할 가능성이 있다. 다음의 그림 1 은 CRA 의 결과로 얻어진 영상에서 블록화 현상이 발생한 예이다.

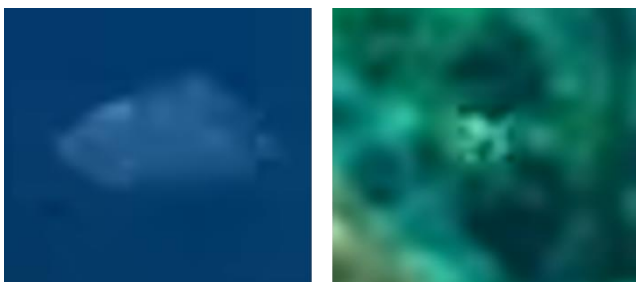


그림 1. 블록화 현상의 예

그림 1 과 같은 블록화 현상은 특정 PU 의 모드가 이를 둘러싼 주변 PU 의 모드와 차이가 있을 때 주로 발생한다. 특히 좌영상으로부터 대체된 DC 모드의 고화질 PU 가 우영상으로 대체된 NA 모드의 저화질 PU 로 둘러 쌓인 경우가 문제가 된다. 반대의 경우 즉 NA 모드의 PU 가 DC 모드의 PU 에 둘러 쌓인 경우는 해당 영역이 양안시차를 이용하여 보상하더라도 좌영상에는 나타나지 않는 영역일 가능성이 높기 때문에 모드를 그대로 유지하는 것이 바람직하다.

이를 해결하기 위하여 본 논문에서는 공간적인 상관성을 이용하여 고립된 모드를 제거하는 새로운 모드 선택 방법을 제안한다. 제안 방법은 기존 방법을 통해 얻어진 전체 영상에 대한 모드 선택이 끝난 후에 진행된다. 기존의 모드 정보가 입력되면 PU 단위로 영상을 검색하면서 관심 PU 가 DC 모드인 경우에 주변 PU 의 모드 정보를 검사하여 관심 PU 의 모드를 변경할 것인지 여부를 결정한다. 그림 2 는 제안하는 방법의 알고리즘 순서도를 나타낸다.

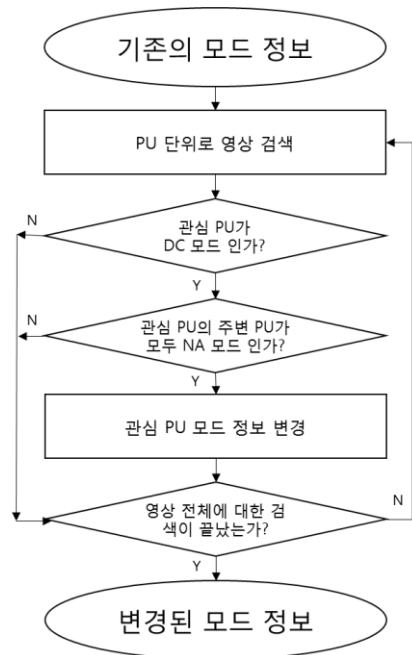


그림 2. 제안하는 모드 변경 알고리즘

그림 2 의 PU 단위의 영상 검색 단계에서는 영상 전체에 대해 PU 전체를 검색한다. 관심 PU 검사 단계에서는 관심 PU 의 모드정보가 DC 인지 여부를 확인한다. 만일 해당 PU 가 NA 모드라면 추가적인 작업이 불필요하므로 고려하지 않는다. 주변 PU 검사 단계에서는 DC 모드의 관심 PU 의 고립 여부를 판단하기 위해 관심 PU 에 인접한 모든 PU 의 모드 정보를 확인한다.

CRA 에서는 가변크기의 PU 블록들이 quad-tree 형태로 구성되어 있기 때문에 이러한 구조를 고려하여 주변 PU 를 결정해야 한다. 그림 3 에서 관심 PU 와 인접한 PU 검사에 대한 예를 나타내었다. 중앙의 블록이 관심 PU 라고 할 때 검사가 필요한 주변 PU 를 음영으로 표시하였다. 그림에서 보듯이 주변 PU 의 범위는 PU 의 크기에 상관없이 관심 PU 를 둘러싼 모든 PU 를 포함한다. 이상의 두 단계를 모두 통과하는

경우에 관심 PU의 모드 정보를 NA 모드로 변환한다.

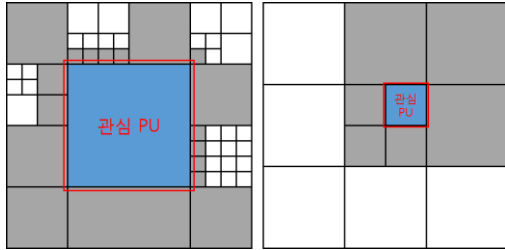


그림 3. 관심 PU와 주변 PU 검사의 예

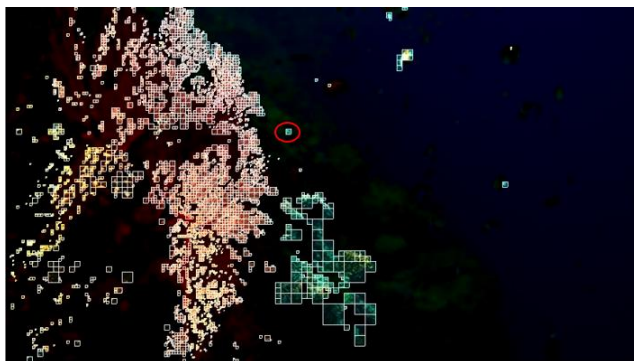
4. 실험결과

제안한 모드 선택방법의 효과를 살펴보기 위해 HD 1080p 해상도의 3D 영상에 대해 실험을 실시하였다. 좌영상은 원본 해상도를 유지하면서 MPEG-2, 12 Mbps로 부호화 하였으며 우영상은 240p 해상도로 크기를 축소한 후에 H.264, 480 kbps로 부호화 하였다. 그리고 CRA로 인해 발생하는 부가정보는 240 kbps이다.

그림 4는 CRA에서 기존의 모드선택 방법을 사용한 경우에 실험 영상의 모드 분포를 나타낸다. 그림에서 검정색으로 표시된 영역은 NA 모드이며 영상이 표시된 영역은 DC 모드에 해당한다. 그리고 DC 모드에서 나타나는 각 블록의 크기는 PU의 크기를 의미한다. 배경에 해당하는 영역은 주로 NA 모드로 선택되었고 전면의 객체에 해당하는 영역은 주로 DC 모드로 선택되었음을 볼 수 있다. 그림에서 동그라미로 표시한 부분이 모드가 고립되어 블록화 현상이 발생하는 영역에 해당한다.



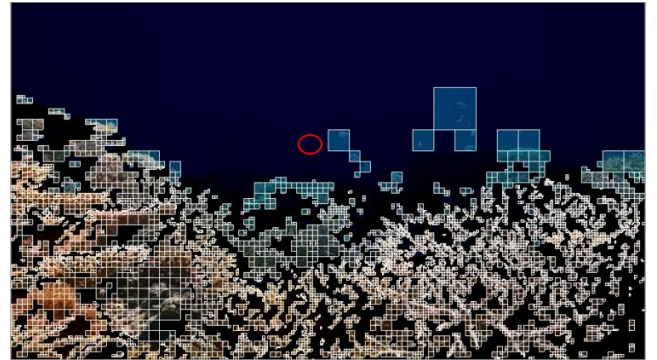
(a) Sequence1



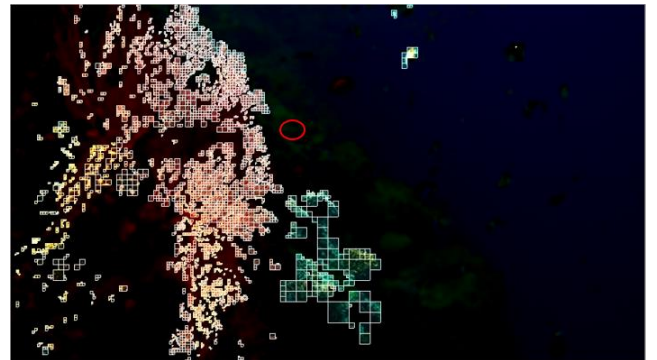
(b) Sequence2

그림 4. 기존의 모드선택 방법을 적용한 경우의 모드 분포

그림 5는 본 논문에서 제안하는 모드 선택 알고리즘을 적용한 경우의 모드 분포를 보여준다. 그림에서 동그라미로 표시된 영역에서 보듯이 sequence 1 및 sequence 2에서 기존의 방법에서 발생했던 고립된 DC 모드의 PU들이 사라짐을 확인할 수 있다.

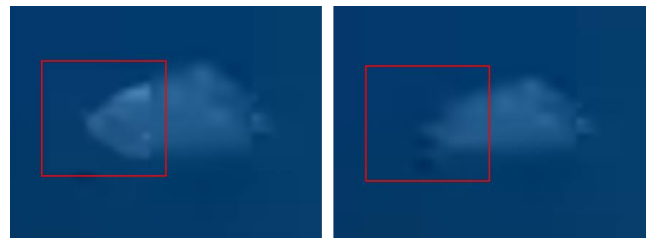


(a) Sequence1



(b) Sequence2

그림 5. 제안하는 모드선택 방법을 적용한 경우의 모드 분포



(a) Sequence1



(b) Sequence2

그림 6. 블록화 현상 발생 부분의 확대 영상

그림 6 에서는 앞의 그림 4, 5 에서 동그라미로 표시된 영역을 확대하여 나타내었다. 여기서 사각형으로 표시된 영역이 하나의 PU 에 해당한다. 그림의 왼편은 기존 방법을 적용한 결과이고 오른편은 제안 방법을 적용한 결과를 각각 나타낸다. 각각의 실험영상에 대해서 왼편 그림에서는 DC 모드로 선택된 관심 PU 가 NA 모드의 주변 PU 로 둘러 쌓여있기 때문에 PU 의 경계에서 블록화 현상이 발견된다. 반면에 오른편 그림에서는 관심 PU 의 모두가 NA 로 변경되었기 때문에 선명도는 떨어지지만 인접한 PU 간의 화질 차이가 없기 때문에 주관적인 화질 측면에서는 더 유리하다. 그림 4 및 그림 5 를 비교하면 이 영역 이외에도 고립되어 있던 PU 의 모드들이 성공적으로 변경되었음을 확인 할 수 있다.

이용한 가변블록 부호화 방안,” 한국방송공학회 추계학술대회, 2011 년 11 월.

[5] 방민석 외, “융합형 3DTV 를 위한 조건부 대체 알고리즘의 비트율 제어기법,” 한국방송공학회 추계학술대회, 2012 년 11 월.

5. 결론

CRA 는 융합형 3DTV 에서 발생할 수 있는 좌우 영상간의 화질 차이라는 문제점을 해결하는 효과적인 방법이다. 그러나 CRA 에서 사용했던 기존의 모드 선택방법에서는 PU 의 경계에서 블록화 현상이 나타날 수 있다. 본 논문에서는 모드 사이에 공간적인 상관성을 고려하여 고립되어 있는 PU 를 검사하고 이의 모드를 변경시킴으로써 블록화 현상을 방지하는 모드 선택방법을 제안하였다. 구체적으로 특정 PU 가 NA 모드로 둘러 쌓인 DC 모드인 경우에 이를 NA 모드로 변경하였다. 모의실험을 통해 제안 방법을 적용하면 최종적으로 합성된 영상에서 블록화 현상이 효과적으로 제거되어 주관적인 화질이 개선됨을 확인하였다. 추후 과제로는 모드 분포의 공간적인 상관성과 함께 시간적인 상관성을 고려하여 특정 PU 의 모드가 프레임마다 전환되면서 나타나는 플리커링 현상을 제거하는 방법에 대한 연구가 필요하다.

본 연구는 미래창조과학부 정보통신·방송 연구개발 사업의 일환으로 수행하였음. [R0101-15-294, 융합형 실감방송 서비스 및 전송 기술 개발]

참고문헌

- [1] 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.
- [2] ATSC, ATSC standard: 3D-TV terrestrial broadcasting, part 5 - Service compatible 3D-TV using main and mobile hybrid delivery. Doc. A/104, Part5, Aug. 2014.
- [3] K. Jung, M. Bang, S. Kim, H. Choo, and D. Kang, “Quality enhancement for hybrid 3DTV with mixed resolution using conditional replenishment algorithm,” ETRI Journal, vol.36, no.5, pp. 752-760, Oct. 2014.
- [4] 방민석 외, “양안시차 벡터의 시공간적 중복성을