

융합형 3DTV 시스템의 조건부대체 알고리즘에서 플리커링 현상 감소를 위한 모드 선택 방법

*권태호 *김지원 **김성훈 **김희용 *김기두 *정경훈
*국민대학교 전자공학부, **한국전자통신연구원
[*kmjkh@kookmin.ac.kr](mailto:kmjkh@kookmin.ac.kr)

Mode Selection Method to Reduce the Flickering Effects of Conditional Replenishment Algorithm for Hybrid 3DTV

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

요 약

조건부 대체 알고리즘 (CRA: Conditional Replenishment Algorithm)은 융합형 3DTV 서비스에서 부가정보를 전송함으로써 수신기에서의 화질을 개선하는 방법이다. 이 알고리즘은 비용함수를 도입함으로써 가변크기의 처리단위 (PU: Processing Unit) 마다 최적의 모드를 결정하는데, 이 과정에서 시공간적 인접 PU 사이에 모드의 불연속이 발생하는 경우에 블록화 또는 플리커링 현상 등 주관적 화질을 저하시키는 문제가 생길 수 있다. 본 논문에서는 모드를 결정하는 과정에서 시간적으로 연속적인 PU 사이의 상관성을 고려함으로써 플리커링 현상을 방지하는 기법을 제안하고 모의실험을 통해 주관적 화질이 향상됨을 보였다.

1. 서론

융합형 3DTV 시스템은 높은 해상도의 기준영상과 낮은 해상도의 부가영상을 결합하여 3D 영상 서비스를 제공하는 방식으로서 통상적인 3DTV 시스템에서 대역폭이 두 배로 필요한 문제점을 해결하는 동시에 기존 방송시스템과의 호환성을 유지할 수 있다는 장점이 있어 ATSC(Advanced Television Standard Committee)에 의해서 표준으로 결정된 바 있다[1].

융합형 3DTV 시스템에서 좌영상과 우영상의 화질 차이가 일정 수준 이내라면 BSE (Binocular Suppression Effect)에 의해 합성된 3D 영상의 화질은 우수한 영상을 따라가므로 큰 문제가 되지 않는다. 그러나 이 차이가 너무 심하다면 화질의 열화를 발생시킬 수 있으며, 조건부 대체 알고리즘(CRA: Conditional Replenishment Algorithm)은 이 경우의 화질을 개선하기 위해서 제안되었다[2]. CRA에서는 화질 개선이 필요한 부가영상을 가변크기의 쿼드트리 구조를 가지는 처리단위(PU: Processing Unit)로 나누고, 각 PU 마다 ‘단순 확대한 영상’, ‘양안시차를 사용하여 기준영상에서 보상된 영상’, 그리고 ‘이전 프레임으로부터 보상된 영상’ 등 3 개의 모드(mode) 가운데 최적의 모드를 선택하여 부가정보의 형태로 전송한다. CRA를 통해 적은 양의 부가정보만으로 화질 개선효과가 우수함이 증명된 바 있다.

CRA에서는 비트율-왜곡을 고려한 비용함수를 도입하여 최적의 모드를 선택하는데, 이 과정에서 시공간적으로 인접한 PU 사이의 상관성을 고려하지 않기 때문에 특정 영역에서 고립된 모드가 나타날 수 있고 이는 공간적으로 블록화(blocky effect)현상 및 시간적으로 플리커링 현상(flickering effect)의 원인이 될 수 있다. 본 논문에서는 3D 영상의 주관적인 화질을 개선하기 위해 시간적으로 고립된 모드가 발생하는 경우를

방지하기 위한 적응적인 모드 선택 기법을 제안한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2 절에서는 기존 CRA의 모드 선택 방법을 설명하고 3 절에서는 공간적 상관성을 고려한 모드 선택 방법에 대해 설명한다. 4 절에서는 모드의 시간적 분포에 따른 플리커링 현상을 살펴보고 본 논문에서 제안하는 시간적 상관성을 고려한 모드 선택 기법에 대해 설명한다. 이어서 5 절에서는 실험을 통해 제안 기법의 성능을 보이고 마지막으로 6 절에서 결론을 맺는다.

2. CRA의 모드 선택 방법

융합형 3DTV 시스템의 수신기에서 3D 영상을 합성하기 위해서는 낮은 해상도의 부가영상을 기준영상과 동일한 크기로 확장하여야 한다. CRA의 기본 개념은 단순히 부가영상만을 확장할 것인지 또는 높은 해상도를 가지는 기준영상을 보상할 것인지 여부를 선택적으로 판단하고 이를 부가정보의 형태로 전송하는 것이다. 그림 1에서는 CRA 블록도를 나타내었다.

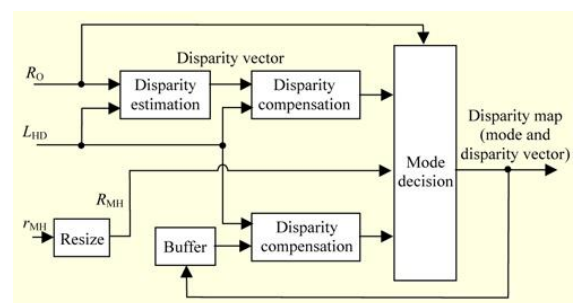


그림 1. CRA(Conditional Replenishment Algorithm)블록도

여기서는 고품질 기준영상으로서 좌영상(L_{HD})을 사용하고 저품질 부가영상으로서 우영상(r_{MH})을 사용하는 것으로 가정하였다. 송신기에서 부가정보를 생성하기 위해서 주어진 영상을 가변크기 쿼드트리 구조의 PU 로 나누고 각 PU 마다 최적의 모드를 결정한다. CRA 에서 사용하는 모드로는 'NA(Not Assignment) 모드', 'DC(Disparity Compensation) 모드', 'PDC(Previous Disparity Compensation) 모드' 등이 있다. NA 모드는 입력된 부가영상을 단순 확장시킨 결과를 선택하고, DC 모드는 좌우 영상 사이의 양안시차(disparity)를 이용하여 기준영상을 보정한 결과를 선택한다. 이 모드를 사용하기 위해서는 양안시차를 추정하고 이를 이용하여 보상하는 과정이 필요하다. 그리고 PDC 모드는 이전 프레임의 모드 정보를 그대로 이용하는 경우인데 이는 부가정보에 존재하는 시간적 중복성을 줄이기 위해 사용된다.

모드결정 과정에서는 이상의 모드 가운데 화질 개선 효과가 우수하면서도 부가정보가 너무 가능한 한 적게 발생하는 최적의 모드를 선택해야 한다. CRA 에서는 다음의 식(1)과 같이 주어진 비용함수를 최소화 하는 모드를 선택한다.

$$Cost=D+\lambda *R \tag{1}$$

여기서 D 는 원본 영상과 해당 모드를 사용하여 보상된 영상간의 MAD (Mean Absolute Difference)이며 R 은 해당 모드를 선택한 경우 발생하는 부가정보의 비트 수이다. 그리고 λ 는 라그랑지안 승수 (Lagrangian multiplier)를 나타낸다.

융합형 3DTV 에서 CRA 를 사용하기 위해서는 부가적인 모드 정보가 전송되어야 한다. 따라서 이를 효율적으로 부호화하기 위한 방법이 요구된다[3]. 그리고 부가정보를 많이 사용할수록 더 많은 화질 개선 효과를 기대할 수 있지만 부가정보의 발생량이 너무 증가하는 것은 바람직하지 못하다. 따라서 CRA 에서는 라그랑지안 승수 λ 의 값을 조절함으로써 부가정보의 발생량과 화질 개선의 정도를 제어할 수 있다[4].

3. 블록화 현상을 줄이기 위한 모드 선택

CRA 에서의 모드 결정 과정에서 PU 사이의 시공간적 상관성을 고려하지 않는 경우에는 블록화 또는 플리커링 등 주관적으로 화질에 영향을 미치는 현상이 발생할 수 있다. 그림 2 에서는 CRA 를 적용한 결과로 확장된 부가영상에서 블록화 현상이 발생한 예를 나타내었다. 그림에서 보듯이 인접한 PU 간의 모드 정보가 다를 경우 경계 부근의 불연속성이 두드러지게 나타나서 주관적인 화질을 저하시키는 원인이 된다.

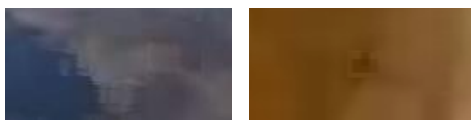


그림 2. 블록화 현상의 예

블록화 현상은 특정 PU 의 선택된 모드가 공간적으로 고립된 경우에 나타나는데, 모드를 결정하는 과정에서 인접한 PU 사이에 공간적인 상관성을 고려함으로써 블록화 현상을 줄이기 위한 방법이 제안되었다[5]. 이 방법은 기존의 CRA 에서의 모드 선택이 완료된 이후에 이미 결정된 모드 정보를 이용하여 수행된다. 그림 3 에서 공간적 상관성을 고려한 모드선택 알고리즘 순서도를 나타내었다.

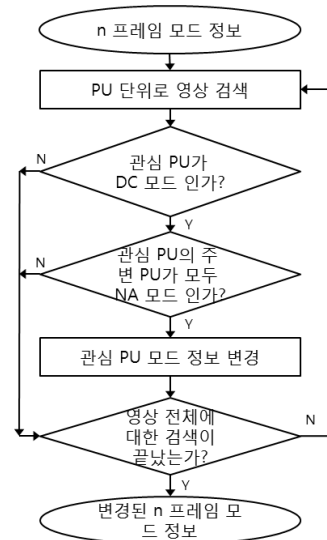
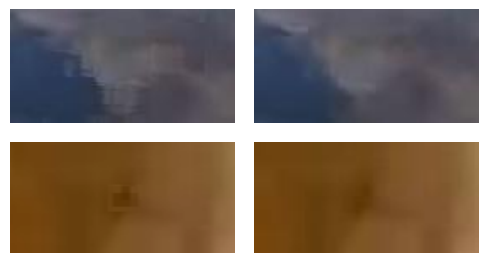


그림 3. 공간적 상관성을 고려한 모드 선택 알고리즘

일단 모든 PU 에 대해서 모드가 선택되면, PU 전체를 검사하여 관심 대상인 PU 의 모드가 주변 PU 들의 모드 정보와 달라 고립된 PU 를 찾는다. 이 과정에서 실제로 블록화 현상이 두드러지는 경우는 관심 PU 가 DC 모드이고 주변 PU 가 모두 NA 모드인 상황이다. 고품질 기준영상으로부터 보상된 PU 가 저품질 부가영상을 확장한 PU 들로 둘러 쌓여 있을 때 시각적으로 두드러지게 나타나기 때문이다. 이와 반대로 관심 PU 가 NA 모드이고 주변 PU 가 DC 모드인 경우는 기준영상에 존재하지 않는 영역이 부가영상에서 선택되었을 가능성이 높기 때문에 기존의 모드를 유지한다. 그림 4 에서는 공간적 상관성을 고려한 모드선택 방법을 통해 블록화 현상이 제거된 예를 나타내었다.



(a) 기존 CRA 적용 결과 (b) 공간상관성 적용 결과

그림 4. 블록화 현상 제거의 예

4. 플리커링 현상을 방지하기 위한 모드 선택

플리커링이란 동영상에서 나타나는 깜빡임 현상으로서 프레임 단위로 영상을 처리하는 상황에서 인접한 프레임에서 특정 영역에서의 모드가 불연속적으로 변하는 경우에 발생한다. CRA 에서 PDC 모드가 존재하지만 이 모드는 현재 프레임에서 특정 PU 모드가 이전 프레임에서 동일한 위치의 PU 모드와 같을 때 효율적인 부호화를 위해 사용된다. 즉 CRA 에서 기존의 모드 결정 과정은 이전 프레임의 모드 분포와 상관없이 현재 프레임을 기준으로 이루어진다. 따라서 임의의 PU 위치에서의 모드 선택 결과가 'DC-NA-DC' 또는 'NA-DC-NA'의 시간적 순서로 변화하는 경우에는 화질이 순간적으로

좋았다가 나빠지는 또는 반대의 현상이 나타나기 때문에 시각적으로 거슬리는 현상이 발생할 가능성이 높다.

이를 해결하기 위하여 본 논문에서는 모드 분포의 시간적인 상관성을 이용한다. 즉 현재 프레임의 이전 그리고 이후 프레임의 모드정보를 이용하여 고립되어 나타나는 PU 모드를 변경하는 새로운 모드 선택 방법을 제안한다. 시간적 상관성을 고려하는 제안 방법 역시 일단 기존 CRA 에서의 모드 결정이 완료된 이후에 적용된다. 공간적 상관성을 고려하는 방법과의 차이는 현재 프레임의 이전과 이후 프레임의 모드 정보가 필요하다는 점이다. 따라서 제안 방법은 이후 프레임의 모드 정보를 결정할 이후에 사용 가능하므로 부호화기 입장에서 한 프레임의 시간 지연이 발생한다. 만일 실시간 부호화가 반드시 필요한 경우가 아니라면 기존 CRA 를 통해 영상 전체 프레임에 대해 모드 선택을 완료한 다음에 후처리 작업으로 진행할 수 있다. 그림 5 는 시간적 상관성을 고려한 모드 선택 알고리즘의 순서도이다.

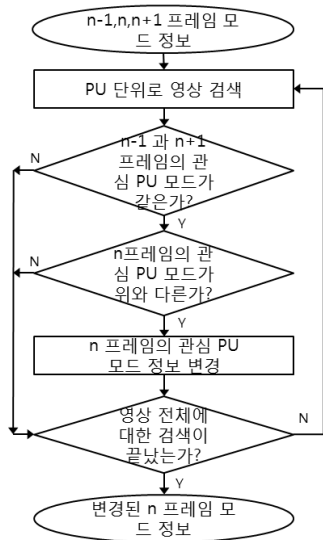


그림 5. 시간적 상관성을 고려한 모드 선택 알고리즘

제안 알고리즘에서 시간적 상관성을 고려하기 위해서는 현재인 n 번째 프레임의 앞뒤로 $n-1$ 번째 및 $n+1$ 번째 프레임이 필요하다. 현재 프레임의 전체 PU 를 차례대로 검사하면서 관심 대상인 PU 의 모드가 시간적으로 앞 뒤의 PU 들의 모드 정보와 달라 고립된 PU 를 찾는다. 만일 $n-1$ 번째 및 $n+1$ 번째 두 프레임에서 n 번째 프레임의 관심 PU 와 동일한 위치의 PU 의 모드가 서로 다르다면 자연스러운 모드 전환이 이루어진 것으로 간주하여 추가적인 작업을 수행하지 않는다. 하지만 만일 $n-1$ 번째 및 $n+1$ 번째 프레임에서의 모드가 동일한 경우에는 이를 n 번째 프레임에서의 관심 PU 의 모드와 비교한다. 그리고 시간적으로 고립된 모드가 존재하는 경우에는 n 번째 프레임의 관심 PU 모드를 변경하여 시간적으로 연속성을 유지한다.

프레임을 순차적으로 처리하는 과정을 고려하면, 현재 프레임을 n 번째라고 할 때 $n-1$ 번째 프레임에서는 그림 5 에서 설명한 바와 같은 처리과정을 거쳐 변경된 모드 정보를 사용하고 $n+1$ 번째 프레임에서는 아직 시간적 상관성을 고려하지 않았으므로 CRA 의 결과로 얻은 기존의 모드 정보를 사용한다.

5. 실험결과

제안 방법의 성능을 모의실험을 통해 검증하기 위해 ATSC M/H 방송 규격에 따라 융합형 3DTV 실험 환경을 다음과 같이 구축하였다. 실험 영상으로는 HD 1080p 해상도의 양안식 스테레오 동영상을 사용하였다. 그리고 좌영상을 기준영상으로 선택하여 원본과 동일한 1080p 해상도를 유지하면서 MPEG-2 압축방식을 사용하여 12Mbps 의 데이터율로 부호화하였다. 그리고 부가영상인 우영상은 원본 영상의 해상도를 240p 로 축소하고 H.264 압축방식을 사용하여 480kbps 의 데이터율로 부호화하였다. 그리고 CRA 수행 결과로 발생하는 부가정보의 데이터율은 240kbps 로 설정하였다. 이상의 실험환경을 정리하면 다음의 표 1 과 같다.

표 1. 융합형 3DTV 실험환경

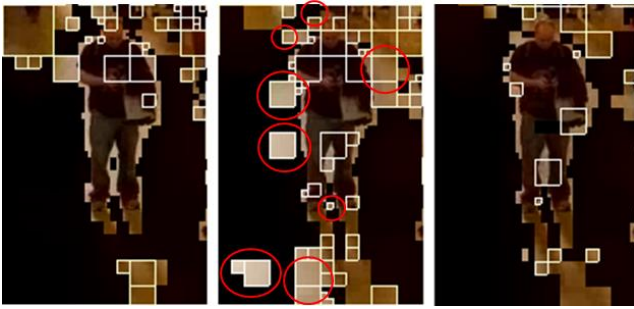
	기준영상	부가영상
해상도	1920x1080p	416x240p
프레임율	30 fps	30 fps
칼라포맷	YUV 4:2:0	YUV 4:2:0
비트심도	8 bits	8 bits
목표 비트율	12Mbps	480kbps

제안 방법의 성능을 확인하기 위해서 다양한 양안식 스테레오 영상에 대해서 모의 실험을 수행하였다. 그림 6 은 실험 영상을 나타낸다. 이 동영상은 움직임이 상대적으로 많이 발생하는 특성을 가지고 있다.



그림 6. 실험영상 화면

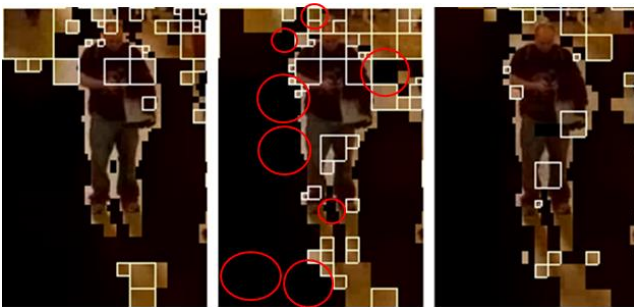
그림 7 은 CRA 에서 기존의 모드 선택 방법을 사용한 경우에 실험 영상에 대한 모드 분포를 나타낸다. 확실한 비교를 위해서 영상의 일부분을 확대하여 나타내었으며 25 번째 프레임을 기준으로 이전 프레임과 이후 프레임을 함께 나타내었다. 그림에서 검정색으로 표시된 영역은 NA 모드에 해당하고 실제 영상의 내용이 블록 없이 표시된 영역은 PDC 모드에 해당하며 실제 영상의 내용이 블록과 함께 표시된 영역은 DC 모드에 해당한다. DC 모드에서 함께 표시한 가변 크기의 정사각형은 PU 의 크기를 의미한다. 그림으로부터 프레임이 진행함에 따라 움직임이 자주 발생하는 사람의 경계 부근에 위치한 PU 모드가 NA 에서 DC 를 거쳐 다시 NA 로, 또는 반대로 변하는 것을 볼 수 있으며 해당 부분을 빨강색 원으로 강조하였다. 동영상을 직접 시청하면 주로 이러한 영역에서 플리커링 현상이 발생한다.



(a) 24 번째 프레임 (b) 25 번째 프레임 (c) 26 번째 프레임

그림 7. 기존의 CRA 를 적용한 경우의 모드 분포

다음의 그림 8 에서는 본 논문에서 제안하는 모드 선택 기법을 적용한 경우의 모드 분포를 나타내었다. 비교를 위해서 그림 7 에서 제시한 영상과 동일 프레임에서 동일 위치를 확대하였다. 현재 프레임인 25 번째 프레임에서의 결과를 살펴보면, 기존의 방법에서 발생했던 특정 PU 위치의 모드가 교차되어 나타나는 경우가 사라짐을 알 수 있다. 결과적으로 제안 방법을 통해 CRA 를 적용하기 위해 사용되는 모드의 분포가 시간적인 연속성을 가짐으로써 주관적 화질 열화의 원인이 되는 플리커링 현상을 방지할 수 있음을 확인하였다.



(a) 24 번째 프레임 (b) 25 번째 프레임 (c) 26 번째 프레임

그림 8. 제안방법을 적용한 경우의 모드 분포

6. 결론

본 논문에서는 융합형 3DTV 에서 좌우 영상간의 화질 차이를 극복하기 위해 사용하는 CRA 의 주관적 화질을 개선하기 위한 모드선택 기법을 제안하였다. 기존의 CRA 에서의 PU 모드 선택은 시공간적인 상관성을 충분히 고려하지 않기 때문에 하나의 프레임 내에서는 블록화 현상이 발생할 가능성이 있고 프레임이 진행하면서 플리커링 현상이 발생할 가능성이 있다. 제안 방법에서는 동영상에서 플리커링 현상이 발생하는 원인을 분석하고, 현재 프레임을 기준으로 이전과 이후의 프레임의 모드 분포를 함께 고려하여 동일 위치에서의 모드가 시간적으로 교차하지 않고 연속성을 유지할 수 있도록 선택하였다. ATSC M/H 환경에서의 융합형 3DTV 시나리오에 따른 실험환경을 구축하여 제안 방법을 적용한 결과, 시간적으로 고립된 모드가 적절하게 변경되었고 최종적으로 합성된 3D 영상에서 플리커링 현상이 효과적으로 제거되어 주관적인 화질이 향상됨을 확인하였다.

추후 과제로는 모드 정보의 공간적인 상관성과 시간적인

상관성을 함께 고려함으로써 블록화 현상과 플리커링 현상을 동시에 제거하는 통합 기법을 구현하고 이를 실제 3DTV 서비스 환경에서 적용한 모의실험을 수행하는 것이다. 이를 통해 융합형 3DTV 에서 CRA 의 주관적 및 객관적 화질개선 효과와 부가정보 데이터율 간의 관계를 분석하여 인간의 시각특성에 적합한 최적의 CRA 용 모드 선택 기법을 개발할 수 있을 것으로 예상된다.

본 연구는 미래창조과학부 및 정보통신기술진흥센터의 정보통신·방송 연구개발 사업의 일환으로 수행하였음.
[R0101-16-0294, 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] 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.
- [3] 방민석, 김병연, 이승주, 이동희, 김성훈, 이주영, 최진수, 김진웅, 정경훈, 김기두, 강동욱, "양안시차 벡터의 시공간적 중복성을 이용한 가변블록 부호화 방안," 한국방송공학회 추계학술대회, 2011 년 11 월.
- [4] 방민석, 이승주, 조정식, 이동희, 김성훈, 이주영, 추현곤, 최진수, 김진웅, 정경훈, 강동욱, "융합형 3DTV 를 위한 조건부 대체 알고리즘의 비트율 제어기법," 한국방송공학회 추계학술대회, 2012 년 11 월.
- [5] 권태호, 방민석, 김성훈, 김휘용, 김기두, 정경훈, "융합형 3DTV 조건부대체 알고리즘의 주관적 화질 향상을 위한 모드 선택 방법," 한국방송공학회 추계학술대회, 2015 년 11 월.