

레터논문 (Letter Paper)

방송공학회논문지 제22권 제3호, 2017년 5월 (JBE Vol. 22, No. 3, May 2017)

<https://doi.org/10.5909/JBE.2017.22.3.401>

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

큐브맵 영상에 Wavefront 병렬 처리를 적용하는 방법

홍 석 중^{a)}, 박 광 훈^{a)†}

Method for Applying Wavefront Parallel Processing on Cubemap Video

Seok Jong Hong^{a)} and Gwang Hoon Park^{a)†}

요 약

360 VR 영상은 등장방형 또는 정육면체, 정십이면체 등의 입체 도형의 전개도 형태의 포맷을 가진다. 이러한 포맷들은 각각 다른 특성을 가지고 있지만, 공통적으로 해상도가 일반 2D 영상에 비해 높다는 공통점을 가지고 있다. 따라서 부호화/복호화를 할 때 시간이 많이 걸리며, 병렬 처리가 필수적으로 요구된다. 최신 2D 비디오 코덱인 HEVC에는 병렬화 기술로 Wavefront Parallel Processing(WPP) 기술이 표준으로 적용되어 있는데, 이 기술은 2D 영상을 고려하여 만들어진 기술로 3D 영상에서 사용했을 때 최적의 성능을 보이지 않는다. 따라서, WPP를 3D 영상에 적절한 방법이 필요하며 본 논문에서는 큐브맵 포맷에서 개선된 WPP 부호화/복호화 방법을 제안한다. 실험은 HEVC 참조 소프트웨어인 HM 12.0에 적용하였고, 실험 결과 기존 WPP와 비교하여 PSNR에는 큰 손실이 없으며 15%~20% 정도의 부호화 복잡도가 추가로 감소했다. 제안하는 방법은 향후 3D VR 영상을 위한 코덱에 필수적으로 포함될 것으로 기대된다.

Abstract

The 360 VR video has a format of a stereoscopic shape such as an isometric shape or a cubic shape or a cubic shape. Although these formats have different characteristics, they have in common that the resolution is higher than that of a normal 2D video. Therefore, it takes much longer time to perform coding/decoding on 360 VR video than 2D Video, so parallel processing techniques are essential when it comes to coding 360 VR video. HEVC, the state of art 2D video codec, uses Wavefront Parallel Processing (WPP) technology as a standard for parallelization. This technique is optimized for 2D videos and does not show optimal performance when used in 3D videos. Therefore, a suitable method for WPP is required for 3D video. In this paper, we propose WPP coding/decoding method which improves WPP performance on cube map format 3D video. The experiment was applied to the HEVC reference software HM 12.0. The experimental results show that there is no significant loss of PSNR compared with the existing WPP, and the coding complexity of 15% to 20% is further reduced. The proposed method is expected to be included in the future 3D VR video codecs.

Keyword : HEVC(High Efficiency Video Codec), Parallel Processing, WPP(Wavefront Parallel Processing), 360 VR Video

1. 서론

영상의 해상도가 높아지고 기술이 개발됨에 따라 기존의 2D 영상 뿐 아니라 스테레오스코픽 영상이나 전방향 비디오와 같은 실감형 영상에 대한 관심이 높아지고 있으며^[1], 다양한 360 VR 영상을 촬영할 수 있는 기기들이 공급되고 있다^[2]. Joint Video Exploration Team(JVET)에서는 360 Virtual Reality(VR) 동영상에 관한 표준을 만드는 작업을

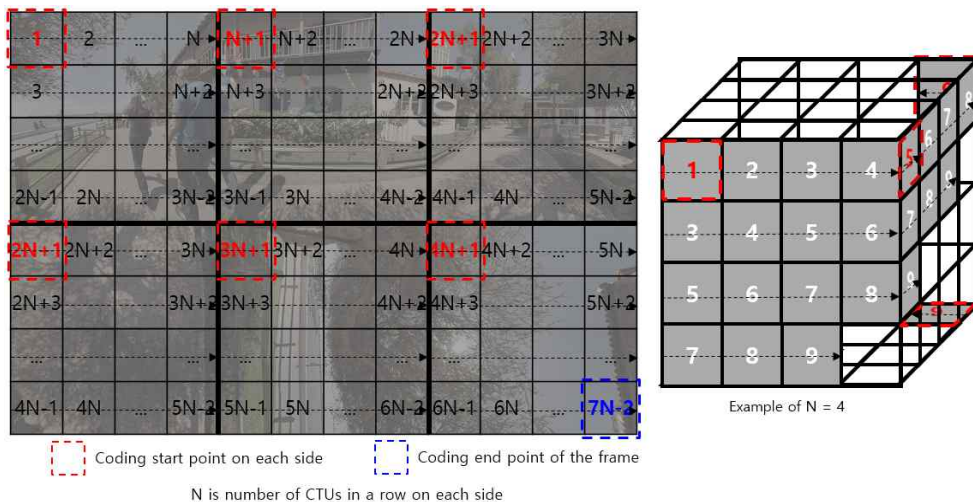


그림 1. 3x2 큐브맵에서 한 프레임에 대한 예시와, 인접한 영역을 같은 숫자로 표시한 예시

Fig 1. An example of a frame in a 3x2 cubemap and an example of displaying adjacent areas with the same number

시작했으며, 현재 VR 동영상에 사용할 포맷을 논의하고 있다. 그 중, 큐브맵 동영상은 정육면체의 전개도 형태인 4x3 큐브맵과, 3x2 큐브맵이 있으며, 본 논문에서는 3x2 큐브맵 동영상을 사용하였다. <그림 1>은 3x2 큐브맵 동영상의 한 프레임 내에서 정육면체의 6면(P1, P2, ... , P6)을 의미하고, 빨간색 숫자는 2D 프레임 상에서는 떨어져 있지만 실제 입체 영상에서는 인접한 영역을 같은 숫자로 표시한 것이다.

HEVC^[3]에서는 고해상도 영상에서 빠른 부호화/복호화를 수행하기 위해 병렬 처리를 지원한다^[4]. 그 중 Wavefront Parallel Processing(WPP)^[5]는 부호화/복호화 시 인접한 블록들의 픽셀 정보에 대한 의존성이 해결된 블록들을 동시에 병렬 처리하는 기술이다. WPP를 360 VR 영상에 적용하면 최적의 성능을 내지 못하는데, 그 이유는 WPP가 360 VR 영상을 고려하여 만들어지지 않았기 때문이다. 즉, <그림 2>의 좌측 이미지와 같이 360 VR 영상에서 기존의 WPP는 해당 영상의 전개도상에서 존재하는 면 간의 연속성만을 이용하였기 때문이며, 실제로 정육면체 상에서 WPP의 진행 방향을 본다면 <그림 2>의 우측 이미지와 같다. 360 VR 영상은 2D 영상과 달리 전방향을 모두 촬영한 영상이기 때문에, 전개도상에서 떨어져 있는 부분이라도 실제 영상에서 인접한 부분일 수 있다. 이는 면 간의 픽셀 정보에 대한 의존성이 단순 전개도상에서 보여지는 것보다 많음을 의미하고, 따라서 360 VR 영상에 기존의 WPP가



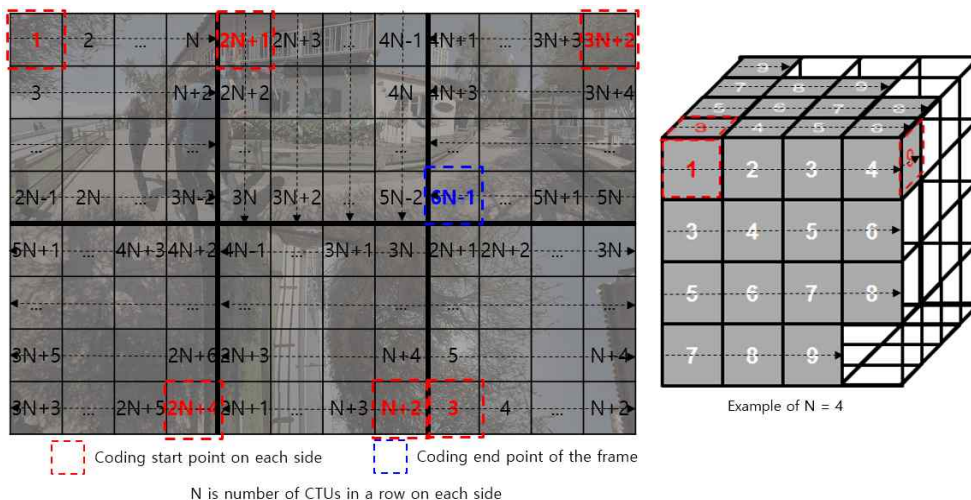
적합하지 않다는 것을 의미한다. 본 논문에서는 360 VR 영상의 특성을 적용한 WPP 방법을 제안한다. 이는 360 VR 영상에 기존의 WPP 기술을 사용하였을 때보다 부호화/복호화 복잡도를 더 줄일 수 있다. 이 때, <그림 2>의 왼쪽 이미지는 3x2 큐브맵 영상의 한 프레임을 나타내며, 프레임을 6개로 나누는 검은색 굵은 실선은 정육면체의 면 간의 경계를 의미하고 6개로 나누어진 영역은 각각 <그림 1>의 좌측 이미지처럼 정육면체의 6면을 나타낸다. 각 면 내에서 숫자가 적힌 작은 정사각형들은 각각 CTU를 의미하며, 숫자는 해당 CTU가 처리되는 순간을 의미한다. <그림 2>의 오른쪽 큐브 이미지는 <그림 2>의 왼쪽 이미지를 실제 큐브에서 봤을 때 진행되는 방식을 나타낸다. 해당 예시에서 각 면당 가로, 세로 CTU의 개수를 나타내는 N은 4이고, CTU의 처리는 한 CTU를 처리할 때 걸리는 시간을 1이라고 했을 때 9만큼 진행된 상황이다. 검은색 점선은 각 면의 부호화/복호화 진행 방향을 나타낸다.

II. 제안하는 방법

제안하는 방법은 다음과 같다. 기존 WPP는 2D 전개도 상에서의 픽셀 정보만을 이용한다. 그렇기 때문에 <그림 2>의 정육면체의 윗면처럼 인접한 면의 픽셀 정보를 사용

할 수 있더라도 부호화/복호화가 진행되지 않는 경우가 있다. 전개도 상에서의 픽셀 정보의 의존성을 고려하지 않고, 실제 정육면체 상에서의 픽셀 정보의 의존성을 고려하여 WPP를 진행한다면 동시에 처리할 수 있는 블록의 개수를 늘릴 수 있고, 더 빠른 부호화/복호화가 가능하다. 제안하는 방법을 정육면체에 적용했을 때의 예시는 <그림 3>과 같다. <그림 3>의 좌측 이미지는 3x2 큐브맵에 제안하는 방법을 적용한 예시이고, <그림 3>의 우측 이미지는 실제 큐브에서 부호화/복호화 진행 과정을 나타낸 것이다. <그림 3>에서 N은 <그림 2>와 마찬가지로 각 면당 가로, 세로 CTU의 개수를 나타낸다.

부호화/복호화 방식은 다음과 같다. 먼저 처음에는 기존의 HEVC와 마찬가지로 좌상단 CTU에서 부호화/복호화를 진행한다. 따라서 <그림 1>의 P1에 해당하는 면부터 부호화/복호화를 진행하며, P1 면 내에서는 기존의 WPP와 같은 방식으로 부호화/복호화가 진행된다. 이 때, 첫 행에서 2개의 CTU가 부호화/복호화된다면 다음 행에서 해당 CTU들을 참조하여 부호화/복호화를 수행할 수 있는데, P1의 첫 행과 인접해있는 P6의 마지막 행 역시 같은 방식으로 부호화/복호화를 수행할 수 있다. 따라서 P6 면은 좌하단에서부터 우상단으로 P1 면의 두 번째 행과 동시에 부호화/복호화를 시작할 수 있다. 다음은 P1, P6 면과 인접한 P5 또는 P2 면인데, 이 중 P1, P6면의 부호화/복호화 진행이 P5에



인접한 CTU에서 더 빨리 진행되기 때문에, P5 면에서 부호화/복호화를 수행한다. 이 때, P5 면에서 부호화/복호화할 때 참조할 수 있을 만큼 P1, P6면의 부호화/복호화가 충분히 진행되었다면 P5 면에서도 부호화/복호화를 동시에 수행한다. 이런 식으로 인접한 면의 CTU들의 부호화/복호화 상황을 고려하여 각 면들의 부호화/복호화를 병렬적으로 수행하면 <그림 3>의 왼쪽과 같은 방식으로 부호화/복호화가 수행되며, 이를 정육면체 상에서 본다면 <그림 3>의 오른쪽 그림과 같이 진행된다. <그림 3>에서 왼쪽 이미지는 <그림 2>와 마찬가지로 3x2 큐브맵 영상의 한 프레임이며, 검은색 굵은 실선이나 숫자가 적힌 작은 정사각형들은 모두 <그림 2>와 같은 의미를 가진다. <그림 3>의 오른쪽 이미지는 <그림 2>와 마찬가지로 해당 예시에서 각 면당 가로, 세로 CTU의 개수를 나타내는 N은 4이고, CTU의 처리는 한 CTU를 처리할 때 걸리는 시간을 1이라고 했을 때 9만큼 진행된 상황이다.

큐브의 한 면에서 한 행에 있는 CTU의 개수를 N, 하나의 CTU를 코딩하는데 걸리는 시간을 1이라고 가정했을 때, 프레임의 코딩이 끝나기까지 걸리는 시간을 비교해보면 기존의 WPP는 7N-2, 제안하는 방법은 6N-1으로 더 빠른 부호화/복호화 속도를 보인다. 단, 기존의 HEVC 부호화기/복호화기는 좌상단에서 우하단의 순서로 부호화/복호화가 진행되는데, 제안하는 방법은 정육면체의 면에 따라 우하단에서 좌상단으로 부호화/복호화가 진행되거나 우상단에서 좌하단으로 진행되기도 한다. 따라서 이런 경우에는 기존의 부호화기/복호화기의 처리 방향에 맞춰서 해당 면을 뒤집거나 돌리는 과정을 거친다. 그 후, 실제 부호화/복호화 과정에서 각 면의 경계면에 위치한 CTU의 경우, 실제 영상에서 인접한 CTU의 정보를 참조하여 부호화/복호화를 수행한다.

III. 실험 결과

제안하는 방법은 HEVC test Model(HM) 14.0 버전에 구현되었고, <그림 4>는 큐브맵에서 기존의 WPP를 적용했을 때와 제안된 방법으로 WPP를 적용했을 때의 결과를 비교한 것이다. 제안한 방법을 적용했을 때 기존의 WPP에 비해 PSNR의 손실은 없으면서 부호화 시간을 15%~20% 정도 감소시킬 수 있다.

IV. 결론

본 논문에서는 고해상도의 큐브맵 영상을 병렬로 부호화/복호화하기 위해 기존의 WPP를 큐브맵 영상에 적합하도록 수정한 WPP 방법을 제안한다. 제안된 기법은 큐브의 2D 전개도 상에서 보여지는 면 간의 픽셀 의존성이 아닌, 실제 3D 큐브에서의 면 간의 픽셀 의존성을 이용해 WPP를 수행하는 방법으로, 기존의 WPP와 비슷한 PSNR을 유지하면서 큐브맵 영상의 인코딩/디코딩 시간을 줄일 수 있다.

참고 문헌 (References)

- [1] J. Ahn, J. Lee, and C. Kim, "Super-Resolution Image Reconstruction Using Multi-View Cameras", Journal of Broadcast Engineering Vol. 18, No. 3, pp.463-472, May 2013.
- [2] C. Kim, "A Comparative Study for Virtual Reality 360° Contents Shooting Equipments Based on Real World", Journal of Broadcast Engineering Vol. 21, No. 5, pp. 714-725., September 2016.
- [3] G. J. Sullivan, J. Ohm. W. J. Han, and T. Wiegand, "Overview of the High Efficiency Video Coding (HEVC) Standard", IEEE Transactions on CSVT, vol. 22, no. 12, pp.1649-1668, Dec. 2012
- [4] Y. Kim, J. Seok, S. Jung, H. Kim, and J. Choi, "Tile-level and Frame-level Parallel Encoding for HEVC", Journal of Broadcast Engineering Vol. 20, No. 3, pp. 388-397, May 2015.
- [5] C. Gordon, F. Henry, S. Pateux, "Wavefront Parallel Processing for HEVC Encoding and Decoding", document JCTVC-F274, July, 2011.

표 1. 기존 WPP와 제안하는 WPP 방법의 비교 결과
Table 1. Comparison of existing WPP and proposed WPP method