

# 초고해상도 비디오를 위한 분할 영상 기반 HEVC 복호화기 병렬화

손소희, 백아람, 최해철

국립한밭대학교 정보통신전문대학원 멀티미디어공학과

soheez45@naver.com, aram98123@naver.com, choihc@hanbat.ac.kr

## Performance Analysis of HEVC Decoder Parallelization based on Slice and Tile for Ultra-High Definition Video

SoHee Son A-Ram Baek Haechul Choi

Hanbat National University, Graduate School of Information and Communications Multimedia Engineering

### 요약

본 논문에서는 초고화질의 비디오 실시간 복호화를 위해 HEVC(High Efficiency Video Coding)에서 지원하는 병렬화 기술인 Slice와 Tile 기술을 이용하여 초고해상도 영상에 대한 복호화기 병렬화 성능을 비교한다. Slice와 Tile은 분할 데이터간의 의존성이 존재하지 않으므로 분할된 데이터를 다중 스레드에 할당하여 데이터-레벨 병렬화를 수행하였다. 실험 결과에서는 병렬화된 복호화기 성능이 기존 순차 복호화기에 비해 최대 2.08배 고속화 되었고, 분할 데이터 수가 증가하여도 화질 손실이 거의 없는 결과를 보인다.

### 1. 서론

최근 디지털 방송기술과 디스플레이 기기, 네트워크 등의 발전으로 인해 다양한 플랫폼에서 초고해상도 영상의 수요가 점차적으로 늘어나고 있다. 이러한 초고해상도 영상 수요를 충족시키기 위해 ITU-T VCEG(Video Coding Experts Group)와 ISO/IEC MPEG(Moving Picture Experts Group)은 JCT-VC(Joint Collaborative Team on Video Coding)을 2010년에 설립하였으며, 2013년 1월 비디오 부호화 표준인 HEVC(High Efficiency Video Coding)의 1차 표준안이 발표되었다. HEVC Main Profile[1]은 기존 비디오 부호화 표준인 H.264/AVC[2] High Profile과 비교하여 객관적 화질 측면에서 40~50% 높은 부호화 효율을 보이고 있지만, 이러한 효율을 위해 HEVC는 H.264/AVC에 비해 약 2배 이상의 복잡도가 증가되었다.

복잡도가 증가한 HEVC에서 초고해상도 비디오의 복호화 성능은 HEVC test model ver.16.5(HM 16.5)를 사용하여 실험한 표 1의 (a)인 원 영상 복호화이며, 실시간 복호화를 위해 크게 부족한 성능을 보였다. 실시간 재생을 위한 영상매체들의 프레임 률의 예로, 영화 필름은 초당 24 프레임으로 구성되며, TV는 초당 25 또는 30 프레임으로 구성된다. 따라서 HEVC에서 초고해상도 비디오의 실시간 복호화를 위해서는 데이터 병렬화가 필수적이며, 이러한 병렬화를 위해 HEVC는 Slice와 Tile 기반의 영상 분할 기술과 WPP(WaveFront Parallel Processing) 기술 등을 지원한다. 본 논문에서는 고해상도 및 초고해상도 실시간 복호화를 위해 HEVC에서 지원하는 병렬화 기술인 Slice 및 Tile 기술을 사용하여 병렬 복호화의 실험 결과를 비교한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 분할 영상 기반 복호화기 병렬화에 대해 소개한다. 3장에서는 분할 영상 기반 복호화기 병렬화의 실험 결과에 대해 설명하고, 4장에서는 결론을 맺고 본 논문을 마치고도록 한다.

### 2. 분할 영상 기반 복호화기 병렬화

HEVC에서의 하나의 픽처는 하나 혹은 하나 이상의 Slice로 구성되며, 같은 픽처 내에서의 Slice는 독립적으로 복호화가 가능하다. Tile은 Slice와 마찬가지로 같은 픽처 내에서 독립적으로 복호화가 가능하지만, Slice와 달리 직사각형 모양의 영역으로 분할이 가능하다. 또한 Slice는 서로 다른 Slice 헤더를 생성하여 사용하는 반면, Tile은 현재 속해있는 Slice의 Slice 헤더만 사용한다[3].

따라서 본 논문에서는 한 픽처 내에서 독립적으로 복호화가 가능한 Slice와 Tile 기술을 이용하여 각각의 분할된 데이터를 다중 스레드에 할당하여 동시에 처리하는 데이터-레벨 병렬화 구조를 구현하였다. 그림 1과 같이, Slice 기반 복호화기 병렬화의 스레드 작업 순서는 한 픽처의 Slice 개수만큼 스레드를 생성한 후 각 스레드에 Slice를 배분하여 동시에 복호화를 진행한다. 먼저 수행이 완료된 스레드는 한 픽처에 대한 복호화가 끝날 때 까지 대기하게 되며, 해당 픽처의 복호화가 끝난 후 다음 픽처의 복호화를 수행한다. Tile 기반 복호화기 병렬화의 작업 순서 또한 Slice 기반 복호화기 병렬화의 스레드 작업 순서와 같다.

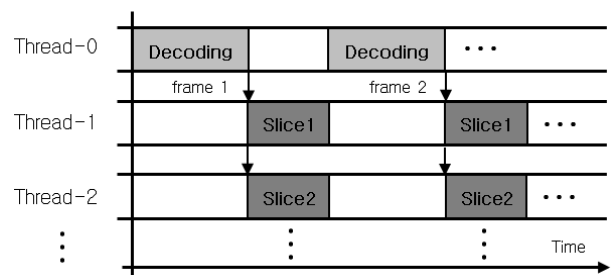


그림 1. Slice 기반 복호화기 병렬화의 스레드 작업 순서

표 1. HM 16.5 버전 Slice 기반 및 Tile 기반 순차 복호화와 병렬 복호화 실험 결과

영상 크기	영상	(a): 원 영상 복호화기						Slice 및 Tile 분할 개수	(b): Slice 기반 복호화기 병렬화						(c): Tile 기반 복호화기 병렬화					
		초당 처리 프레임 수			Y-PSNR				초당 처리 프레임 수			Y-PSNR			초당 처리 프레임 수			Y-PSNR		
		QP 22	QP 32	QP 37	QP 22	QP 32	QP 37		QP 22	QP 32	QP 37	QP 22	QP 32	QP 37	QP 22	QP 32	QP 37	QP 22	QP 32	QP 37
1920x1080	BasketballDrive	9.75	15.84	17.71	39.17	35.65	33.67	8	16.37	30.69	35.81	39.17	35.64	33.65	14.84	25.42	28.74	39.18	35.65	33.66
								16	16.00	28.56	31.70	39.17	35.63	33.63	14.96	25.66	28.15	39.18	35.65	33.65
								25	15.05	25.33	27.96	39.17	35.63	33.62	15.20	25.97	28.72	39.18	35.64	33.64
	Kimono	11.39	16.44	18.28	41.59	37.41	35.03	8	22.06	34.05	37.99	41.59	37.39	34.99	18.74	27.21	29.79	41.60	37.41	35.01
								16	19.97	30.32	33.68	41.58	37.37	34.96	18.68	27.28	29.81	41.59	37.40	34.99
								25	18.75	26.95	29.60	41.58	37.37	34.96	18.91	27.79	30.22	41.59	37.39	34.98
	ParkScene	10.73	16.60	18.92	40.05	34.91	32.39	8	18.20	32.22	37.15	40.05	34.89	32.37	16.77	26.62	29.73	40.06	34.90	32.38
								16	17.57	29.00	32.97	40.04	34.88	32.35	16.58	26.52	29.63	40.05	34.90	32.38
								25	16.41	26.21	28.96	40.04	34.88	32.35	16.93	26.86	29.80	40.05	34.90	32.37
2560x1600	PeopleOnStreet	4.12	6.71	7.72	40.18	34.20	31.43	8	6.49	11.82	14.42	40.18	34.19	31.43	6.31	10.79	13.19	40.18	34.19	31.43
								16	6.49	11.41	13.78	40.18	34.19	31.42	6.33	11.01	13.22	40.18	34.19	31.43
								32	6.21	10.59	12.57	40.19	34.18	31.42	6.41	11.14	13.19	40.19	34.19	31.42
	SteamLocomotive-Train	5.97	9.79	10.82	41.38	38.72	37.04	8	11.10	20.39	22.07	41.37	38.69	36.98	10.20	17.99	19.35	41.38	38.71	37.00
								16	11.18	19.03	20.71	41.37	38.68	36.96	10.43	17.91	19.14	41.38	38.70	36.99
								32	10.41	16.77	17.94	41.37	38.67	36.94	10.67	18.24	19.44	41.37	38.69	36.96
	Traffic	6.31	9.70	10.92	41.67	36.59	33.93	8	11.26	18.41	21.23	41.67	36.58	33.91	10.61	16.93	18.87	41.67	36.59	33.92
								16	11.00	17.77	20.25	41.66	36.57	33.89	10.75	16.91	18.87	41.67	36.59	33.91
								32	10.27	15.99	17.61	41.65	36.56	33.88	10.91	17.06	19.03	41.67	36.58	33.90
3840x2160	HoneyBee	2.56	6.43	6.82	39.43	38.45	37.72	8	4.51	12.93	13.51	39.42	38.44	37.70	4.50	11.65	12.23	39.42	38.44	37.71
								16	4.50	12.62	13.08	39.42	38.43	37.70	4.62	12.16	12.61	39.42	38.43	37.71
								32	4.42	11.66	12.16	39.41	38.43	37.69	4.68	12.21	12.85	39.42	38.43	37.71
	Jockey	2.79	4.67	5.17	40.26	38.95	37.87	8	5.20	9.63	10.16	40.26	38.91	37.72	5.03	9.09	9.60	40.26	38.94	37.80
								16	5.23	9.54	10.08	40.25	38.89	37.66	5.18	9.43	9.90	40.26	38.93	37.73
								32	5.16	8.89	9.41	40.25	38.86	37.60	5.32	9.50	9.95	40.25	38.90	37.70
	ShakeNDry	2.42	5.22	6.24	39.5	37.03	35.49	8	4.44	10.20	11.77	39.44	37.02	35.47	4.26	9.26	10.73	39.45	37.02	35.48
								16	4.46	10.08	11.48	39.44	37.01	35.46	4.41	9.64	10.92	39.45	37.02	35.47
								32	4.38	9.61	10.79	39.44	37.00	35.45	4.49	9.85	11.22	39.44	37.01	35.47

### 3. 실험 결과

Slice와 Tile을 이용한 복호화기 병렬화 성능 비교를 위해 Intel Xeon E5-2687W v2 프로세서에서 16개의 스레드와 HEVC 참조 소프트웨어인 HM 16.5이 사용되었고, Random\_Access 부호화 모드로 진행하였다. 실험 영상은 1920x1080, 2560x1600, 3840x2160의 3개의 해상도와 3개의 QP를 사용하였다. Slice와 Tile의 분할 개수는 스레드 배수인 8, 16, 32개로 진행되었고, 1920x1080 해상도에서는 HEVC에서 지원하는 최대 Tile 개수를 고려하여 32개 대신 25개로 분할하였다.

표 1의 (b)와 (c)는 각각 Slice와 Tile을 이용한 복호화기 병렬화의 실험 결과를 나타낸다. (b)의 실험결과는 1920x1080 영상에서 최대 초당 37.99 프레임 률을 보였으며, 3840x2160 영상에서 최대 초당 13.51 프레임 률을 보였다. 표 1의 (a) 성능과 비교하였을 때 3840x2160 영상에서 최대 2.06배, 1920x1080 영상에서 최대 2.08배의 고속화 성능을 보였다. (c)의 실험결과는 동일한 1920x1080 영상에서 최대 초당 30.22 프레임 률을 보였으며, 3840x2160 영상에서 최대 초당 12.85프레임 률을 보였다. 표 1의 (a)와 비교하였을 때 3840x2160 영상에서 최대 2.03배, 1920x1080 영상에서 최대 1.69배의 성능을 보였다. 또한, Slice 분할의 경우에 분할 개수가 적을수록 높은 고속화를 보였고, Tile 분할의 경우에는 분할 개수가 많을수록 높은 고속화를 보였다. 표 1의 Slice와 Tile 분할 개수에 따른 Y-PSNR 비교는 영상 분할 개수가 늘어나도 화질 손실은 거의 없는 결과를 나타낸다.

### 4. 결론

본 논문에서는 초고해상도 비디오의 실시간 복호화를 위해 HEVC에서 지원하는 병렬화 기술인 Slice와 Tile을 이용하여 복호화기 병렬화를 구현하고 실험 결과를 비교 분석하였다. 두 복호화기의 병렬화 성

능은 미미한 차이를 보였으나, 분할 개수에 따라 다른 성능을 보였고, 분할 개수에 따른 화질 손실은 거의 없는 것으로 나타났다. 또한 Slice와 Tile 기반 복호화기 병렬화 성능은 기존 HEVC 복호화기 성능에 비해 3가지 해상도에서 1.51~2.08배의 고속화를 보였으며, 3840x2160 영상에서 1.72~2.06배의 고속화를 보였다. 분할 영상 기반 복호화기 병렬화는 기존 HEVC 복호화기에 비해 높은 고속화를 보였지만, 초고 해상도 비디오의 실시간 복호화를 위해서는 추가적인 연구가 필요하다.

### 감사의 글

이 논문은 2016년 정부(미래창조과학부)의 재원으로 정보통신기술진흥센터의 지원을 받아 수행된 연구임 (B0126-15-1013, 퍼즐형 Ultra-wide viewing 공간미디어생성및소비기술개발).

### 참고 문헌

[1] JCT-VC, "High Efficiency Video Coding (HEVC) text specification draft 10", JCTVC-L1003, Geneva, Jan. 2013.  
 [2] Thomas Wiegand, Gary J. Sullivan, Senior Member, IEEE, Gisle Bjontegard, and Ajay Luthra, Senior Member, IEEE, "Overview of the H.264/AVC video coding standard," IEEE Trans. Circuits and Systems for Video Tech., Vol. 13, issue 7, p. 560-576, July 2003.  
 [3] Gary J. Sullivan, Jens-Rainer Ohm, Woo-Jin Han, Thomas Wiegand, "Overview of the High Efficiency Video Coding (HEVC) Standard", IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol., vol. 22, no. 12, pp. 1649-1668, Dec. 2012.