

매크로블록의 특성을 이용한 적응적인 라그랑지안 계수의 선정 방법

Adaptive Lagrange Multiplier Selection Scheme using Characteristics of Macroblocks

최경석, 강현수

충북대학교 정보통신 공학과

Kyung-Seok Choi(cks@chungbuk.ac.kr), Hyun-Soo Kang(hskang@chungbuk.ac.kr)

요약

비디오 부호화에서의 라그랑지안 계수의 선정은 Rate-Distortion Optimization의 성능을 결정하는 중요한 요소이다. H.264의 참조소프트웨어인 JM에서는 모든 매크로블록에 하나의 RDO모형을 사용한다. 그러나 각각의 매크로블록의 특성은 다르기 때문에 그에 맞는 RDO모형을 적용함으로써 성능향상을 기대할 수 있다. 본 논문에서는 매크로블록의 특성에 따라서 적응적인 RDO 알고리즘을 제안한다. 우리는 실험적으로 각 매크로블록의 특성에 따른 최적의 라그랑지안 계수를 얻었다. 성능평가를 위하여 제안한 알고리즘은 참조 소프트웨어 JM10.2에 적용되었고, 실험결과 약 0.2 dB정도의 화질 향상을 얻을 수 있었다.

■ 중심어 : | RDO | 라그랑지안 계수 | SAD |

Abstract

Selection of the Lagrangian multiplier is a key factor to determine the performance of Rate-Distortion Optimization (RDO) in video coding. JM, reference S/W of H.264, employs only one RDO model for all macroblock. However, since the characteristics of macroblocks are different, RDO model adaptive to their characteristics can give some performance improvement. In this paper, we propose an RDO algorithm adaptive to characteristics of macroblocks. We empirically obtain the optimal Lagrangian multipliers considering characteristics of macroblocks. For performance evaluation, the proposed method is applied to JM10.2 and, as a result, we have PSNR gain of 0.2 dB on average.

■ keyword : | RDO | Lagrangian Multiplier | SAD |

I. 서론

매크로블록을 어떤 모드로 부호화 할지를 결정하는 것은 H.264 부호기 성능 향상에 매우 중요하다. 기존의

비디오 압축 부호화 표준과는 달리 H.264는 여러 개의 블록 모드 중에서 최적의 모드를 결정하기 위해서 왜곡도와 발생 비트를 함께 고려한다. 이를 위해 라그랑지안 계수를 이용한 비용함수를 사용한다.

* 이 논문은 2007년도 정부재원(교육인적자원부 학술연구조성사업비)으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 연구되었음 (KRF-2007-313-D00553).

접수번호 : #081013-003

접수일자 : 2008년 10월 13일

심사완료일 : 2008년 11월 05일

교신저자 : 강현수, e-mail : hskang@cbnu.ac.kr

각 블록에 대한 움직임 벡터 결정과 매크로블록의 최적모드를 결정하기 위해 사용되는 이 함수는 왜곡도와 발생 비트 량을 나타내는 항과 발생 비트 수의 가중치 값인 라그랑지안 계수 (Lagrangian multiplier)로 이루어져 있다.

비트 율-왜곡 최적화 기법에서는 각 매크로블록 모드에 대한 비트 율-왜곡 비용을 계산한다.

Rate-Distortion Optimization (RDO)는 주어진 일정 비트 안에서 최적 품질을 달성하기 위하여 H.264/AVC 에서 사용되는 기술이다[1]. 최적 블록 모드는 아래의 비용 함수를 최소화하도록 결정한다.

$$J(mode) = D(mode) + \lambda_{mode}R(mv) \quad (1)$$

H.264의 참조 소프트웨어인 JM에서는 라그랑지 계수 λ 를 QP의 함수로 정의하고 있다[2][3].

$$\lambda_{MODE} = 0.85 \cdot 2^{(QP-12)/3} \quad (2)$$

$$\lambda_{MOTION} = \sqrt{\lambda_{MODE}} \quad (3)$$

식(2), 식(3)의 λ_{MODE} 와 λ_{MOTION} 은 각각 블록 모드와 움직임 벡터의 라그랑지안 계수로서 아래 그림과 같이 율-왜곡선에서의 접선의 기울기를 나타낸다 [4].

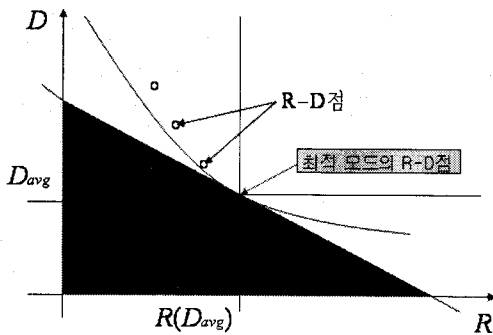


그림 1. 율-왜곡 곡선

H.264 표준의 라그랑지안 계수 λ 는 RDO 동작 시 매크로블록의 특성에 관계없이 모두 같은 값을 가진다.

본 논문에서는 기존의 라그랑지안 계수 결정과는 달리 각 매크로블록의 특성을 SAD로 구분하여 적응적인 λ 를 선정하는 RDO 모델을 제안한다.

이후 본 논문의 구성은 다음과 같다. 먼저 2장에서는 제안한 라그랑지안 계수 선정 방법에 대해 설명한다. 3장은 제안된 방법의 전체적인 구조를 설명한다. 4장에서는 실험 결과를 제시하고 마지막으로 5장에서 결론을 맺는다.

II. 적응적인 라그랑지안 계수 선정

전술한 바와 같이 λ 를 어떻게 결정하느냐는 RDO에서 중요한 문제이다. 식(1)은 Wiegand 와 Girod 가 제안한 라그랑지안 계수 선정 방법에 따라 식을 표현할 수 있다[5].

$$\frac{dJ}{dR} = \frac{dD}{dR} + \lambda = 0 \quad (4)$$

위 식은 아래와 같이 나타낼 수 있다.

$$\lambda = - \frac{dD}{dR} \quad (5)$$

식(5)에서 알 수 있듯이 라그랑지안 계수는 Rate-Distortion 함수의 (-)기울기를 보여준다.

High rate에서의 R-D모델은 아래와 같이 근사화 할 수 있다[6][7].

$$R(D) = a \log_2 \left(\frac{b}{D} \right) \quad (6)$$

여기서 a, b는 일정한 상수이다. High rate의 경우, 양자화 오차는 균일한 분포를 가지므로 일반적으로 왜곡 값 D는 다음과 같이 표현된다.

$$D = \frac{\Delta^2}{12} = \frac{QP^2}{3} \quad (7)$$

여기서 Δ 는 양자화 간격, QP 는 양자화 계수이다. 식(5), 식(6), 식(7)으로부터 라그랑지안 계수 λ 는 아래와 같이 결정 된다[8].

$$\lambda = -\frac{dD}{dR} = c \cdot QP^2 \quad (8)$$

H.264/AVC 표준에서 c 는 일정한 값인 0.85로 사용되고 있다.

본 논문에서는 양자화 오차에 대한 가정의 유효성에 주목하고 있다. 양자화 해야 할 예측 오차 신호가 작으면 양자화 오차의 분포가 균일하지 않을 가능성이 많다. [그림 2]는 이론으로 얻어진 양자화 오차와 실제 실험에 의해 얻어진 결과는 그렇지 않음을 관찰할 수 있다. 양자화 간격이 클수록 양자화 오차가 양자화 간격의 제곱에 비례하기 보다는 선형적으로 증가함을 관찰할 수 있다. 이것은 양자화 오차가 균일 분포를 가진다고 보기 힘들음을 반증하고 있다.

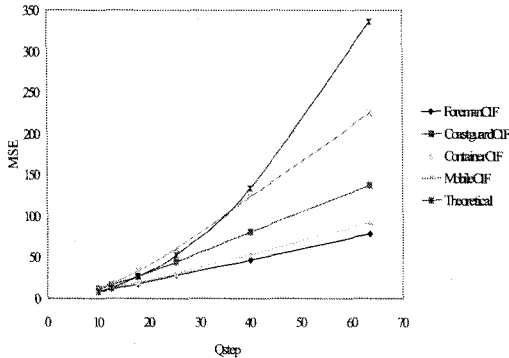


그림 2. 양자화 간격에 따른 왜곡

또한, 영상에서의 배경(background)과 전경(foreground)은 신호의 특성이 다르고, 이에 따라 양자화 오차도 그 특성이 매우 다를 것으로 예상되어, 영상을 배경과 전경으로 분리하여 양자화 오류의 분포를 살펴보았다. [그림 3]에서 전경영역과 배경영역의 특성이 매우 다를 수 있음을 관찰할 수 있다. 전경영역은 [그림 2]에서와 비슷한 양상을 보이지만 배경영역의 경우에는 양자화 간격이

커지면서 [그림 2]와 다른 특성을 보여주고 있다. 즉, 기존의 라그랑지안 계수는 양자화 간격의 제곱에 비례하도록 설정되어 있으나, [그림 3]에서 배경영역의 경우 [그림 2]와 거리가 있음을 관찰 할 수 있다.

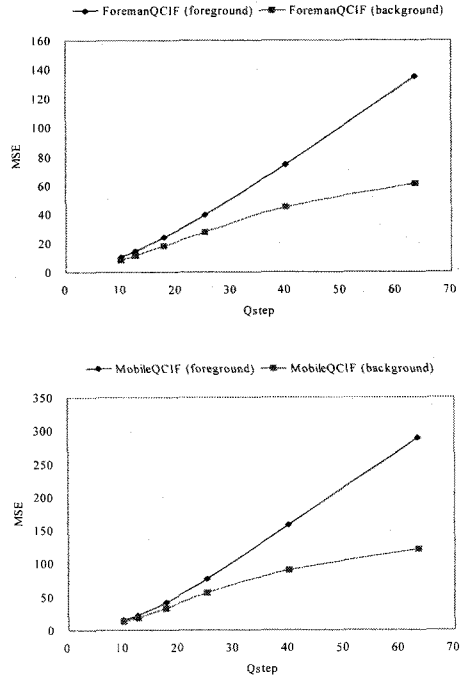


그림 3. 전경과 배경영역에서의 양자화 간격에 따른 왜곡

기존의 라그랑지안 계수는 영상의 특성이나 영상 내 지역적 특성과 관계없이 양자화 계수에 의해서만 결정된다. 이러한 문제점을 극복하기 위해 본 논문에서는 다음과 같이 접근을 시도하였다.

접근 방법으로, 식(8)은 부호화시 예측오차의 크기가 작은 경우에 잘 성립하지 않는다. 예측 오차가 작은 경우 식(8)과는 특성이 매우 다르기 때문에 아래의 모델을 사용하였다.

$$\lambda = \alpha QP + \beta QP^2 + \gamma \quad (9)$$

식(9)의 QP 는 H.263의 파라미터이다. H.263의 QP 는 비례관계이기 때문에 H.264에 적용하기 위해 식(10)

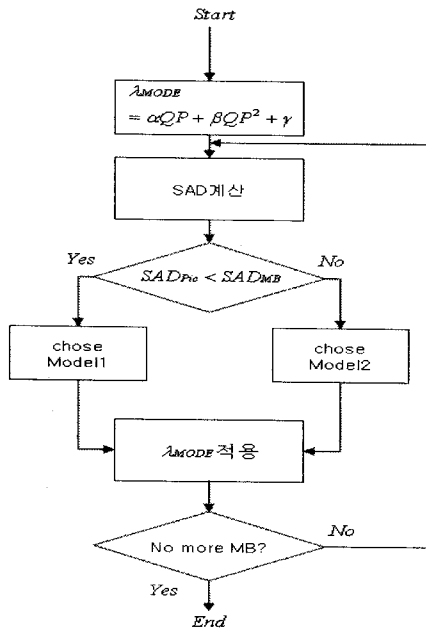


그림 6. 제안한 알고리즘

매크로블록을 부호화 할 때 현재 픽처의 SAD의 평균과 현재 매크로블록의 SAD값을 비교 하여 라그랑지안 계수를 제안한 다른 두 가지 RDO모델로 선정하여 부호화하게 된다.

IV. 실험 결과 분석

제안한 알고리즘을 평가하기 위하여 여섯 가지 QCIF 포맷 176*144크기, 100프레임의 테스트 영상(Foreman, News, Mobile, Claire, Car, Akiyo)을 사용하였다. 참조 소프트웨어는 JMI0.2, 양자화 파라미터는 $QP = 32, 36, 40, 44$ 의 4가지로 비교하였으며 CABAC, Hadamard transform을 사용하였다. 탐색 영역은 ± 16 이고 GOP구조는 IPPP로 실험하였다.

H.264와 제안한 적응적인 라그랑지안 계수 선정 알고리즘과의 차이를 [표 1]에 나타내었다. 각 영상에 대해 매크로블록의 특성에 따른 RDO 모델 적용의 결과를 살펴봄으로써 제안한 라그랑지안 계수 알고리즘이 H.264보다 향상된 성능을 보여주는 것을 알 수 있다.

[표 1]에서 볼 수 있듯이 매크로블록의 특성을 비교 하여 RDO모델을 적응적으로 선정하였을 때 평균 0.22dB의 향상을 나타내었다.

[그림 7]-[그림 9]은 표에 나타난 결과를 Foreman, News, Mobile 영상에 대해 PSNR-rate 곡선으로 나타 낸 것이다. 그림에서 볼 수 있듯이 제안한 알고리즘의 곡선이 H.264보다 대체로 상위에 위치하며 낮은 비트 율에서는 우수한 결과를 나타냄을 발견할 수 있다. 이것은 본문에서 언급한 바와 같이 기존의 방법이 낮은 비트율에서 정확하지 않음에 따른 제안한 알고리즘의 이득으로 판단된다.

총 6개의 영상의 결과를 살펴보았을 때 이 논문에서 제안한 알고리즘이 H.264와 비교하여 평균적으로 성능이 향상되었음을 검증할 수 있었다.

표 1. PSNR과 Bit Rate 값의 비교

Image	QP	JM		Proposed		BDPSBR	
		PSNR	Bit Rate	PSNR	Bit Rate	PSNR	Bit Rate
Foreman	32	33.77	253696	34.47	298064	0.120	-2.175
	36	31.08	156472	31.02	152416		
	40	28.25	95272	28.07	88672		
	44	25.78	58856	25.53	53912		
News	32	33.76	145592	34.39	166120	0.394	-6.053
	36	30.86	88576	31.03	85448		
	40	28.05	52536	28.22	49408		
	44	25.4	32704	25.61	30504		
Claire	32	36.73	56304	37.48	67960	0.371	-5.143
	36	34.17	35240	34.26	33456		
	40	31.26	23536	31.29	22264		
	44	29.34	17744	29.06	16904		
Mobile	32	30.01	634648	30.63	749744	0.121	-2.570
	36	26.99	317768	26.96	306944		
	40	24.14	172288	24.01	162392		
	44	21.41	98536	21.31	93152		
Car	32	34.51	166376	35.32	202848	0.109	-2.157
	36	31.81	96608	31.75	93936		
	40	29.22	59624	29	54840		
	44	26.63	36312	26.62	34424		
Akiyo	32	35.36	54608	36	66392	0.257	-3.865
	36	32.67	33904	32.86	33408		
	40	30.23	23216	30.43	22616		
	44	27.71	17040	28.05	16616		

V. 결론

본 논문에서 우리는 H.264와는 달리 적응적인 라그랑지안 계수의 선정을 제안하였다. 일반적으로 알려진 라그랑지안 계수는 양자화 계수의 제곱에 비례하지만 본 논문에서는 실제 영상의 블록에서 특성을 분석하여 새

로운 모델을 제시하여, 영상 부호화에 적용함으로써 기존의 기법에 비해 향상된 결과를 얻었다. 매크로블록 단계에서의 영상의 특성을 SAD로 판단하여 전경과 배경에 따른 다른 두 가지 라그랑지안 모델을 적용하였다. 큰 값의 양자화 파라미터 QP에 대하여 실험하였고 기존의 H.264보다 향상된 결과를 얻었다.

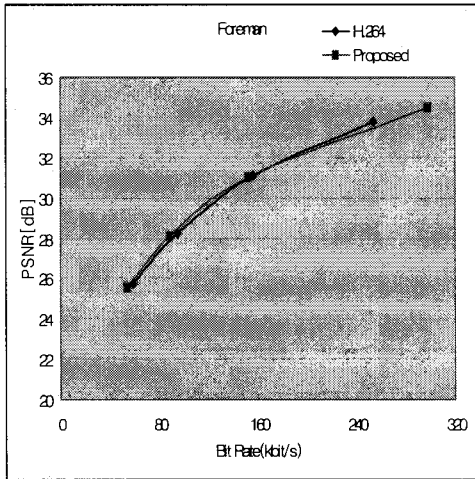


그림 7. Foreman에 대한 PSNR-rate 곡선

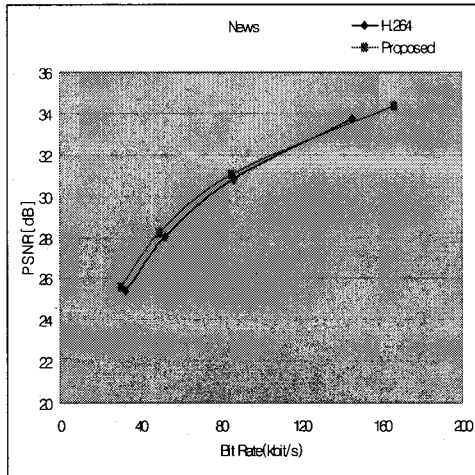


그림 8. News에 대한 PSNR-rate 곡선

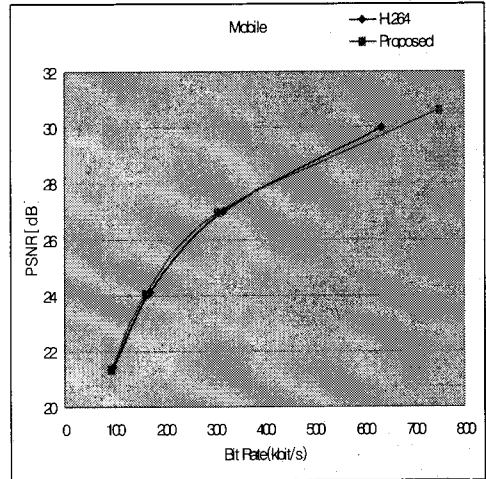


그림 9. Mobile에 대한 PSNR-rate 곡선

참고문헌

- [1] T. Wiegand, H. Schwarz, A. Joch, F. Kossentini, and G. J. Sullivan, "Rate-constrained coder control and comparison of video coding standards," *IEEE Trans. Circuits System for Video Technology*, Vol.13, No.7, pp.688-703, 2003(7).
- [2] <ftp://standards.polycom.com/>
- [3] <http://iphone.hhi.de/suehring/tml/>
- [4] 김희순, 호요성, "H.264 표준에서 모드 분류를 이용한 고속 모드결정 방법", *대한전자공학회*, Vol.44 No.3, pp.88-96, 2007.
- [5] T. Wiegand and B. Girod, "Lagrange multiplier selection in hybrid video coder control," in *IEEE Int. Conf. on Image Processing*, Vol.3, pp.542-545, 2001.
- [6] G. Sullivan and T. Wiegand, "Rate-Distortion Optimization for Video Compression," *IEEE SIGNAL PROCESSING MAGAZINE*, pp.74-90, 1998(11).
- [7] H. Gish and J. N. Pierce, "Asymptotically Efficient Quantizing," *IEEE Transactions on*

Information Theory, Vol.14, pp.676-683, 1968(9).

- [8] T. Wiegand and B. Girod, "Lagrange Multiplier Selection in Hybrid Video Coder Control," in Proc. of int. Conf. on Image Processing, pp.542-545, 2001.

저자 소개

최 경 석(Kyung-Seok Choi)

준회원



- 2006년 2월 : 충북 대학교(공학사)
- 2009년 2월 : 충북대학교(공학석사)

<관심분야> : 영상부호화, 영상정보처리

강 현 수(Hyun-Soo Kang)

종신회원



- 1999년 2월 : KAIST 전기및전자공학과 졸업(공학박사)
- 1999년 ~ 2001년 : 현대전자 과장
- 2001년 ~ 2002년 : 한국전자통신연구원 선임연구원
- 2002년 ~ 2004년 : 중앙대학교

첨단영상대학원 영상공학과 조교수

- 2005년 3월 ~ 현재 : 충북대학교 전기전자컴퓨터공학부 부교수

<관심분야> : 영상처리, 영상부호화, 콘텐츠보호기술, 사운드