

평활한 완전 8방향 윤곽선 부호화 기법의 성능평가

○ 오 승석†, 김 인철‡, 이 상욱†

†서울대학교 전기공학부
‡한성대학교 정보전산학부

PERFORMANCE EVALUATION OF SMOOTHLY PERFECT 8-CONNECTED CONTOUR CODING TECHNIQUE

○ SeungSeok Oh†, Rin-Chul Kim‡, and Sang-Uk Lee†

†Signal Processing Lab., School of Electrical Eng., Seoul Nat'l Univ.

e-mail: oss@Claudia.snu.ac.kr

e-mail: sanguk@sting.snu.ac.kr

‡School of Information and Computer Eng. Hansung Univ.

e-mail: rin@ice.hansung.ac.kr

요약문

본 논문에서는 평활한 완전 8방향 윤곽선을 부호화하는 기법의 성능을 기존의 방법과 비교 평가한다¹. 평활한 완전 8방향 윤곽선은 majority filter를 이용하여 윤곽선에서 화질에 큰 영향을 미치지 않는 작은 돌출부분들을 제거함으로써 얻을 수 있고, 이의 효율적인 부호화 방법으로 2단계 움직임 보상 후 NDSC를 적용하는 기법이 소개되어 있다. 본 논문에서는 이러한 윤곽선 부호화 방법의 성능을 현재 MPEG4에서 검토중인 CAE와 비교하였다. 그 결과, 2단계 움직임 보상 후 NDSC를 적용하는 기법은 CAE에 비해 비트율을 7~37% 감소시킬 수 있고, Dp, Dn 척도에서 본 distortion-bitrate 특성도 더 우수한 것으로 나타났다.

1. 서론

최근에 극저전송율에서의 동영상 전송에 대한 관심이 증대되고, 멀티미디어가 요구하는 응용분야가 다양해짐에 따라, 영역기반 또는 객체지향 동영상 부호화가 활발히 연구되고 있다. 영역기반 동영상 부호화는 인간의 시각 체계의 특성을 고려하여 부호화하려는 제2세대 부호화 기법 [1]이 대표적인데, 이 방법은 영상을 윤곽선과 텍스처로 부호화하여, 부호화된 영상의 주관적 화질이 우수한 장점이 있다. 그러나, 이 기법에서는 윤곽선의 부호화에 많은 비트량이 필요하여 병목현상의 원인이 되고 있으므로 효율적인 윤곽선 부호화 기법이 필요하다. 객체지향 부호화를 지향하는 표준화 작업의 대표적인 것으로는 MPEG4가 있는데, MPEG4가 지향하는 각 객체 단위의 조작·축소·확

대·접근을 위해서는 각 객체의 영역을 구분해 줄 필요가 있다 [2]. 따라서, 윤곽선을 효율적으로 부호화할 수 있는 기법의 개발이 필수적이다.

윤곽선 부호화를 위해 여러가지 방법들이 제안되어 왔다. Freeman은 [3]에서 3 bit/link의 효율을 보이는 8방향 체인 부호화 기법을 제안하였고, [4]에서는 두 연속된 체인의 차이를 가변길이 부호화하여 2.0~2.1 bit/link의 성능을 보였다. Kaneko [5]는 인접한 두 방향의 체인부호를 가진 윤곽선 픽셀들을 하나의 세그먼트로 분리하여 세그먼트 단위로 부호화하는 NDSC(Neighboring Direction Segment Coding)기법을 제안하여 1.5~1.8 bit/link의 효율을 보였다. [6]는 세그먼트들을 runlength 부호화하는 NDRC(Neighboring Direction Runlength Coding)기법을 제안하여, 1.6 pel/run 이상의 조건에서 NDSC보다 우월한 성능을 보였다. [7]는 두 연속된 체인의 차이를 Markov 모델로 모델화한 후 부호화하여 [5]보다 우수한 성능을 보였다.

그러나, 이러한 기법들을 동영상 부호화에 적용하기 위해서는 두가지 측면에서 개선의 여지가 있다. 첫째, 동영상 부호화에 있어서 윤곽선의 프레임간 유사성을 고려하면 부호화 효율을 크게 향상시킬 수 있다. 이를 고려한 대표적인 것으로 [9]가 있는데, 이는 영역 전체에 대하여 움직임 추정과 보상을 시행한 후 움직임보상 실패구역만 부호화하는 방법이다. 그러나, 이 기법은 영역의 크기가 크거나 움직임이 심한 영상의 경우 효율이 저하되는 단점이 있다. 이러한 단점의 보완을 위해 [10]에서는 전체움직임보상과 부분움직임보상으로 이루어지는 2단계 움직임을 이용한 기법을 제안하였다. 둘째, 사람의 시각에 큰 영향을 미치지 않는 작은 돌출부분까지 손실없이 부호화하

¹본 연구는 삼성전자의 후원으로 이루어진 것입니다.

는 것은 부호화효율을 크게 저하시키는 반면 사람이 느끼는 화질에는 큰 향상을 가져오지 못하므로, 작은 돌출부분들을 제거하고 부호화하는 것이 바람직하다. 따라서, [9]에서는 모폴로지 필터의 일종인 majority filter로 작은 돌출부분들을 제거하여 화질의 큰 저하 없이 부호화 효율을 크게 향상시킬수 있음을 보였고, [10]는 majority filter를 이용한 평활한 완전 8방향(Smooth Perfectly 8-connected: SP8C) 윤곽선의 추출기법을 제안하였다.

본 논문에서는 객체 기반 동영상 부호화에 효율적으로 적용될 수 있을 것으로 기대되는 SP8C 윤곽선의 부호화 성능을 비교 분석한다. 본 논문에서 비교할 알고리즘은 2단계 움직임 보상을 이용한 윤곽선 부호화 기법 [10]과 현재 MPEG4에서 검토중인 Context-Based Arithmetic Encoding (CAE) [8]이다. 이를 위해, 2장에서는 SP8C 윤곽선의 추출 기법을 설명하고, 3장에서는 2단계 움직임 보상을 이용한 윤곽선 부호화 기법을 개괄한 후, 4,5장에서 각각 모의실험결과와 결론을 제시한다.

2. SP8C 윤곽선 추출

SP8C 윤곽선은 영역영상에 majority filtering을 하여 돌출부분을 제거한 후 격자변환을 통하여 얻을 수 있다. 본 절에서는 SP8C 윤곽선 추출 기법을 [10]을 중심으로 살펴본다.

윤곽선을 추출하는 기법에는 픽셀영역에서 윤곽선을 표시하는 방법이 있으나, 이는 영역의 갯수가 많아지는 경우 윤곽선을 정하는 규칙이 복잡해지는 단점이 있다. 따라서, 영역의 갯수가 많은 경우에도 적합한 윤곽선 격자(lattice)를 이용하여 윤곽선을 표시하는 방법이 연구되어 왔다. 윤곽선을 그림1과 같이 격자(lattice)변환하면, 격자구조에서의 완전 8방향 윤곽선 영상을 얻을 수 있다.

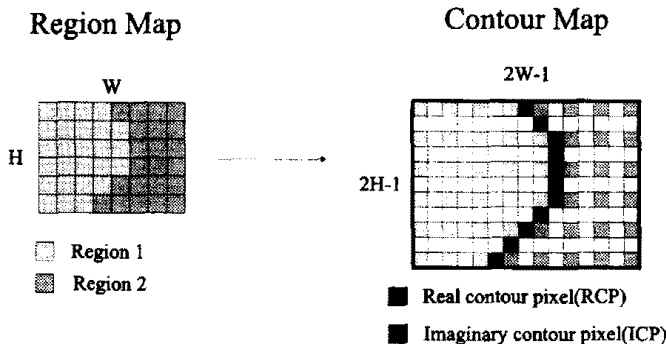


그림 1: 격자변환에 의한 SP8C 윤곽선의 추출

격자변환을 하기 전에 전처리 과정으로서 majority filtering [9]을 한다. Majority filter는 모폴로지 필터의 일종으로 사람의 시각에 큰 영향을 미치지 않는 작은 돌출부분들을 제거한다. 제거되는 돌출영역과 majority filtering 결과의 예를 그림2에 제시하였다. 이와 같이 돌출부분을

제거하면, 격자변환 후 윤곽선이 90°방향 전환이 일어나지 않게 되어 효율적인 체인부호화가 가능해진다.

이와 같이, 90°방향전환이 없이 평활해진 완전8방향 윤곽선 영상을 '평활한 완전 8방향(Smooth Perfectly 8-connected: SP8C) 윤곽선'이라 한다.

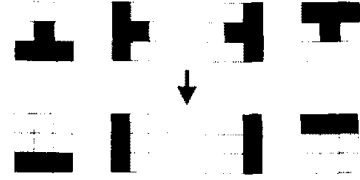


그림 2: majority filter에 의한 돌출영역 제거의 예

3. 2단계 움직임 보상을 이용한 윤곽선 부호화

본 절에서는 동영상 윤곽선 부호화의 효율 향상을 위한 2단계 움직임 보상 기법 [10]과 비트량 조절을 위한 에러피 개념 [10]을 설명한다.

동영상 윤곽선 부호화의 효율 향상을 위하여, 이전 프레임의 윤곽선과 현재 프레임의 윤곽선 사이의 유사성을 이용하는 2단계 움직임 보상을 시행한다. 윤곽선은 2단계 움직임보상에 의해 그림3와 같이 몇개의 세그먼트로 분리된다. 전체움직임 보상에 의해 전체 움직임보상(Global Motion Compensated: GMC) 세그먼트와 전체움직임보상 실패(Global Motion Failure: GMF) 세그먼트로 분리한 후, GMF세그먼트에 대해서는 다시 부분움직임 보상을 시행하여 부분움직임보상(Local Motion Compensated: LMC)세그먼트와 부분움직임보상 실패(Local Motion Failure: LMF) 세그먼트로 나눈다. GMC, LMC 세그먼트는 움직임 정보만 전송하면 수신측은 이전 프레임의 윤곽선으로부터 윤곽선을 복호할 수 있고, LMF 세그먼트는 프레임 내에서 인접하는 윤곽선 픽셀과의 유사성을 이용하여 NDSC와 유사한 방법으로 부호화된다.

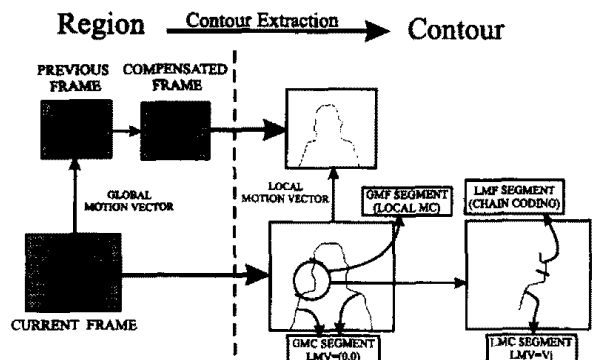


그림 3: 2단계 움직임 보상

부분 움직임 보상이, 윤곽선 부호화에 드는 정보량을 조절하기 위하여 에러띠의 개념을 도입한다. 에러띠는 현재 프레임의 윤곽선에서 거리가 \sqrt{N} 보다 작은 픽셀들의 집합이다. 부분 움직임 보상에 만약 그림3와 같이 이전 프레임의 세그먼트와 현재 부호화하고자 하는 세그먼트가 시작점, 끝점이 일치하고 이전 프레임의 세그먼트가 현재 프레임의 에러띠 내부에 있는 경우에는 NDSC부호화 대신 LMC를 하게 된다.

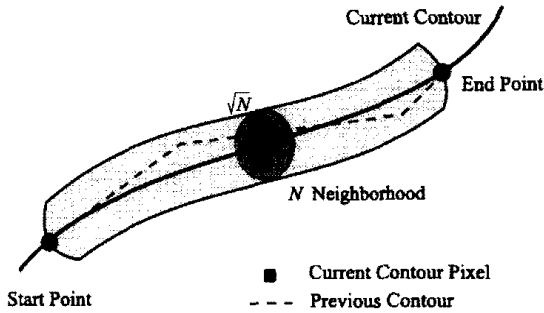


그림 4: 에러띠

4. 모의 실험 결과

2단계움직임 보상을 이용한 SP8C 윤곽선 부호화 기법의 성능을 평가하기 위하여 Claire, Foreman, Weather의 QCIF(176×144) 윤곽선 영상에 대하여 실험하였다. 또한 비교를 위하여, 현재 MPEG4의 검증모델(Verification Model) [8]에서 검토하고 있는 CAE 부호화 결과를 함께 제시하였다.

표 1에서는, majority filter에 의한 SP8C 윤곽선과 원래 윤곽선의 화질 차이를 비교하기 위해, 원래 윤곽선의 \sqrt{N} 근방 밖에 존재하는 mismatched pixel의, 원래 윤곽선 영상의 객체 크기에 대한 비율을 측정된 결과를 나타내었다. 이때, 거리 \sqrt{N} 은 격자영역에서의 거리이므로, EB_4 는 오차가 실제 영상에서 1화소 이내의 차이를 가지고 있음을 의미한다. 실험 결과, SP8C윤곽선을 원래 윤곽선(EB_0)와 비교한 경우, 그 비율이 0.000343~0.003650로 나타나 majority filtering에 의해 제거된 돌출부분은 충분히 작음을 알 수 있으며, 돌출부분은 사람의 시각에 큰 영향을 미치지 않는 부분임을 감안할때, 돌출부분 제거에 의한 주관적 화질 저하는 거의 없을 것으로 보인다. 또한, 에러띠 계수 N 을 증가시킴에 따라 그 비율이 0에 근접하므로, 손실있는 부호화의 경우 majority filter에 의한 화질 저하는 무시할 수 있다.

2단계 움직임 보상에 의한 윤곽선 부호화의 예를 그림5에 나타내었다. (a)는 격자영역에서의 원래의 윤곽선을 나타내며, (b)는 majority filtering 이후의 윤곽선을 나타낸다. (a)(b)를 비교해 보면, majority filtering에 의해 제거된 돌출부분은 거의 눈에 띄지 않음을 확인할 수 있다. 또한, (c)는 전체움직임 보상 실패 윤곽선을 나타내며,

(d)는 부분움직임 보상 실패 윤곽선을 나타낸다. (c)(d)로부터, 전체움직임 보상 실패 윤곽선 중 상당한 부분이 부분 움직임 보상을 통하여 효율적으로 부호화될 수 있음을 알 수 있다.

표 2에서는 SP8C 윤곽선에 에러띠를 적용하지 않고 2단계 움직임 보상 기법으로 부호화한 결과와 SP8C 윤곽선을 CAE 방식으로 부호화한 결과, 그리고 majority filtering하기 전의 영상을 CAE로 부호화한 결과를 제시하였다. 윤곽선의 majority filtering하기 전의 영상을 CAE로 부호화한 결과와 비교해 볼 때 SP8C 윤곽선을 추출하여 2단계 움직임 보상을 이용하여 부호화하는 방법이 7~37% 정도 비트율을 감소시킴을 알 수 있다. 공정한 비교를 위해 SP8C 영상을 부호화한 결과를 비교해 보면, 2단계 움직임 보상을 이용한 부호화 기법이 CAE보다 필요비트율을 6~36% 정도 감소시킴을 알 수 있다. 표2에서 Skip은 세 프레임마다 건너 뛰면서 윤곽선을 부호화한 결과로서, 건너뛰지 않고 부호화한 결과보다 필요비트율이 증가하는데, 이는 프레임을 건너뛰므로써 윤곽선의 이전 프레임과의 시간상관성이 줄어들었음에 기인한다.

그림6에서는 SP8C 윤곽선 영상을 에러띠를 이용한 2단계 움직임보상 기법과 CAE기법으로 세 프레임마다 건너뛰면서 부호화한 distortion-bitrate 성능을 비교하였다. 여기에서 비교항목인 D_n , D_p 의 정의는 다음과 같으며, D_n , D_p 측정을 위해 majority filtering 이후의 영상을 기준으로 택하였다.

- D_n : 객체크기에 대한 잘못구분된 픽셀의 비율의 평균
- D_p : 최대 벗어난 거리의 평균

실험 결과, 에러띠 개념을 도입함으로써 비트율을 효율적으로 조절할 수 있으며, 따라서 전송 환경과 요구되는 화질에 따라 적절히 비트율을 조절할 수 있음을 알 수 있다. 또한, Claire, Foreman, Weather 세가지 영상 모두에 대해 에러띠 개념을 도입한 움직임 보상 기법이 CAE보다 D_n , D_p , D_a 척도에서 더 좋은 성능을 보였다.

각 프레임의 필요 비트량을 나타낸 그림7에서도 역시 2단계움직임 보상 기법이 CAE기법보다 비트량이 적게 소요되며 에러띠를 조절함으로써 비트량을 효과적으로 조절할 수 있음을 알 수 있다.

5. 결론

본 논문에서는 평활한 완전 8방향 윤곽선을 부호화하는 기법 중, 2단계 움직임 보상과 에러띠 개념을 도입한 NDSC 기법과 MPEG4에서 검토중인 CAE의 성능을 비교하였다. 그 결과, 2단계 움직임 보상 후 NDSC를 적용하는 기법은 CAE에 비해 비트율을 상당히 감소시킬 수 있고, 에러띠 개념을 이용하여 전송비트량을 조절할 수 있으며, 이때의 distortion-bitrate 특성도 더 우수한 것으로 나타났다. 본 실험은 전경/배경 영상에서만 이루어진 것이지만, 객체가 여러개 있을 경우에도 비슷한 결과를 보일 것으로 예상된다.

6. 참고문헌

- [1] M. Kunt, A. Ikonomopoulos and M. Kocher, "Second Generation Image Coding Techniques," *Proc. of the IEEE*, vol.733, pp.549~574, April 1985.
- [2] AOE Group, ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 N998, "Proposal Package Description(PPD)", Tokyo, July 1995.
- [3] H. Freeman, "On the Encoding of Arbitrary Geometric Configurations," *IRE Trans. Electron. Comput.*, vol. EC-10, pp. 260~268, June 1961.
- [4] H. Freeman, "Application of the Generalized Chain Coding Scheme to Map Data Processing," In *Proc. IEEE Comput. Soc. Conf. Pattern Recog. Image Processing*, pp. 220~226, Chicago, May 1978.
- [5] T. Kaneko and M. Okudaira, "Encoding of Arbitrary Curves Based on Chain Code Representation," *IEEE Trans. on Communications*, vol. COM-33, pp. 697~707, July 1985.
- [6] B. B. Chaudhuri and S. Chandrashekhar, "Neighboring Direction Runlength Coding: An Efficient Contour Coding Scheme," *IEEE Trans. Systems, Man and Cybernetics*, vol. 20, pp. 916~921, Aug. 1990.
- [7] C. Lu and J. Dunham, "Highly Efficient Coding Schemes for Contour Lines Based on Chain Code Representations," *IEEE Trans. Commun.*, vol. 39, pp. 1511~1514, Oct. 1991.
- [8] MPEG Video Group, ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 N1642, "MPEG4 Video Verification Model 7.0", Bristol, April 1997.
- [9] C. Gu and M. Kunt, "Contour Simplification and Motion Compensated Coding," *Special Issue of Signal Processing: Image Communication on Coding Techniques for Very Low Bitrate Video*, vol. 7, pp. 276~296, Nov. 1995.
- [10] S.H. Cho, R.C. Kim, and S.U. Lee, "Contour coding technique using motion information," *Proc. SPIE Visual Communication and Image Processing '97*, San Jose, CA, vol. 3024, pp. 435-446, Feb. 12-14, 1997.

표 1: Ratios of the mismatched pixels related to the object sizes for various error bands.

Image	EB_0	EB_4	EB_8	EB_{16}
Claire	0.000344	0	0	0
Foreman	0.000863	0	0	0
Weather	0.004374	0.000435	0.000100	0

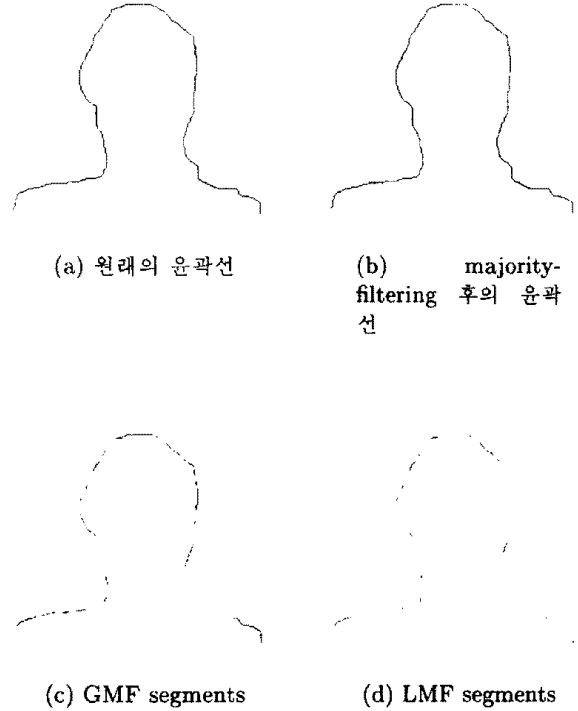
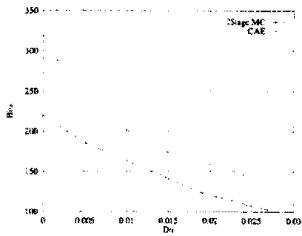


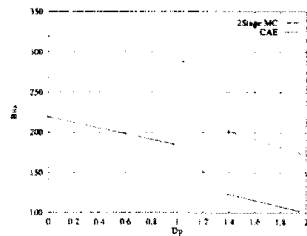
그림 5: 2단계움직임 보상 윤곽선 부호화의 예 : Foreman 20번째 프레임

표 2: 윤곽선 부호화에 필요한 비트량 (bits/frame)

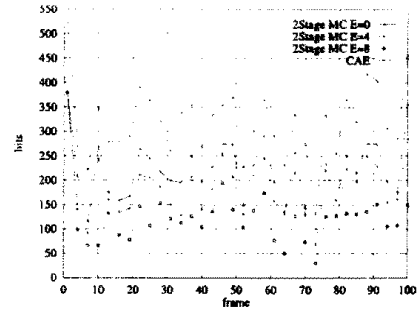
Image		2Stage MC	CAE (filtered)	CAE
Claire	No Skip	134.11	210.24	211.69
	Skip	219.35	319.15	321.91
Foreman	No Skip	318.07	417.14	422.64
	Skip	416.88	548.47	555.18
Weather	No Skip	284.68	302.64	325.61
	Skip	337.94	382.21	412.12



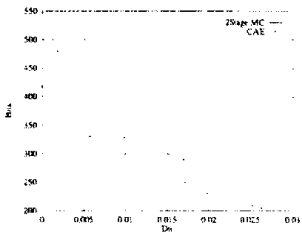
(a) Dn-Bitrate (Claire)



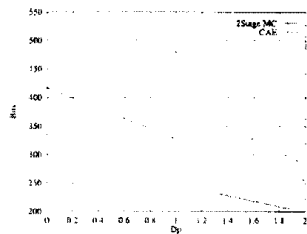
(b) Dp-Bitrate (Claire)



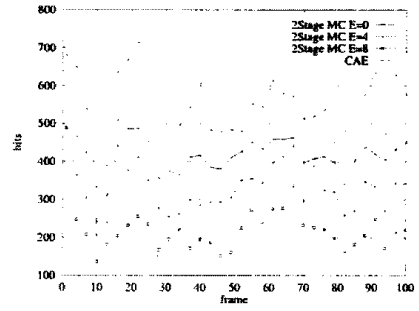
(a) Claire



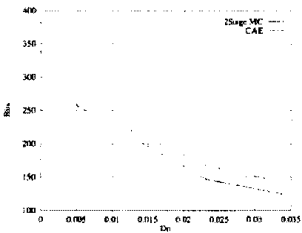
(c) Dn-Bitrate (Foreman)



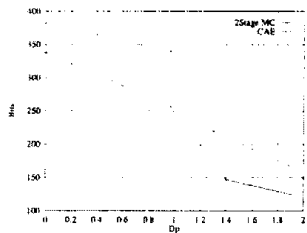
(d) Dp-Bitrate (Foreman)



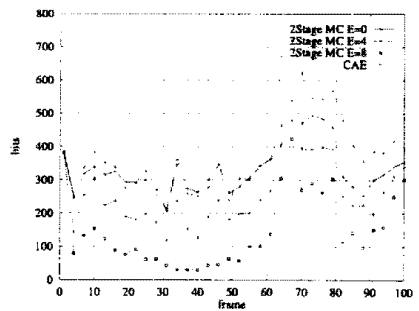
(b) Foreman



(e) Dn-Bitrate (Weather)



(f) Dp-Bitrate (Weather)



(c) Weather

그림 6: Distortion-Bitrate

그림 7: 프레임별 비트량