

처리 프레임의 재구성을 통한 효율적인 MCTF 구조

*서영호, 최현준, 김영현, 김동욱

*한성대학교 정보통신공학과

광운대학교 전자재료공학과

e-mail : yhseo@hansung.ac.kr, chj/dojaki98/dwkim@kw.ac.kr

An Efficient MCTF Architecture using Processing Frame Re-configuration

*Young-Ho Seo, Hyun-Jun Choi, Young-Hyun Kim, Dong-Wook Kim

*Dept. of Information and Communication Eng. Hunsung University

Dept. of Electronic Material Eng. Kwangwoon University

Abstract

In this paper, we proposed a new MCTF (Motion Compensated Temporal Filtering) technique and its hardware (H/W) architecture for SVC (Scalable Video Coding). Since the proposed MCTF Kernel has a extensible architecture, it executes temporal filtering using (5,3) and (3,1) lifting operation. Also it has the same output data rate as the input, and it can continuously produce filtered frames after some latency time. Since the proposed architecture has simpler architecture than previous ones, it is easily mapped into H/W and has optimized memory usage rate and low cost.

I. 서론

현재 멀티미디어 기술은 급속도로 발전하면서 다양한 코딩기술 및 처리, 분배 능력과 함께 콘텐츠 제작자와 소비자들에게 제공되고 있다. 동시에 유비쿼터스 통신환경 구조는 이러한 멀티미디어 정보들을 다양한 통신망과 단말에 대응하여 UMA (Universal Multimedia Access) 기반의 “Anytime, Anywhere, Anyone”의 서비스가 가능하도록 요구되어진다[1]. 이러한 다양한 수신자의 요구조건에 따른 UMA 서비스

를 충족시키기 위해서 ISO/IEC JTC1 SC29 WG11의 MPEG-21 Part 13 SVC를 위한 연구가 진행되었으며 [2], 현재는 ISO/IEC MPEG과 ITU-T VCEG의 JVT(Joint Video Team)에 의해 H.264/AVC AMD1 Scalability Extension으로 전환되어 표준화 과정이 진행 중에 있으며 최근 Working Draft 3.0 of 14496-10/AMD1이 발표되었다[3].

SVC(Scalable Video Coding)는 하나의 비디오 스트림으로 다양한 전송 네트워크와 수신 단말에 적응적 서비스가 가능하게 하기 위한 비디오 부호화 방법으로, 기존의 관련 국제 표준 및 활동으로는 MPEG-2 Scalable Profile[4], MPEG-4 Scalable Profile/FGS[5], MPEG-21 Part 13 SVC 등이 있다. MPEG-2 Scalable Profile은 기본계층과 향상계층의 구조를 가지면서 공간적, 시간적, 화질에 대한 scalability를 제공하지만 동시에 한 가지 scalability만 제공이 가능하다는 단점을 가지고 있다. MPEG-4 Scalable Profile은 FGS(Fine Granularity Scalability)를 이용하여 화질에 대한 scalability를 제공하고 있으며, MPEG-21 Part 13 SVC는 이러한 scalability와 더불어 네트워크 상에서의 강건성, 기본계층 호환성, 저 복잡도 코덱, 단대단 지연, 화질 선택 및 코딩 효율을 고려한다. 현재 표준화 과정이 진행 중인 H.264/AVC AMD1 SE은 다양한 비트스트림을 생성하기 위해 동영상 압축 표준인 H.264/AVC[6]를 기반으로 한 계층적 접근 방식을 사용함으로써 scalability를 제공한다. 이 중 시간적

scalability를 위해 MCTF와 Hierarchical B pictures를 사용하여 고정된 GOP 구조 내에서 영상들 간의 시간축으로의 재분배 과정을 수행하여 기본계층과 향상계층을 생성한다.

본 논문에서는 SVC를 위한 새로운 MCTF 기법과 하드웨어 구조를 제안하였다. 구현한 MCTF 커널은 확장이 가능한 구조를 가지고 있기 때문에 (5,3)필터 및 (3,1)필터를 이용한 temporal filtering이 가능하다. 또한 입력 데이터율과 동일한 출력율을 가지고, 일정 대기시간 이후 필터링된 프레임을 연속적으로 출력할 수 있다. 또한 기존의 알고리즘과 구조들에 비해 비교적 단순한 구조를 가지고 있어 하드웨어로의 구현이 용이하고 최적화된 메모리 사용율을 가지므로 최소화된 비용이 소모된다.

II. SVC를 위한 MCTF

2.1 H.264/AVC SE

H.264/AVC SE의 공간적, 시간적, 화질에 대한 스케일러빌리티를 제공하기 위한 부호화기의 구조를 그림 1에 나타내었다[3]. H.264/AVC SE의 부호화기는 H.264/AVC Codec을 기반으로 SVC를 접목시키기 위해 추가적인 기본계층과 향상계층의 계층적 접근 방식을 통하여 다양한 비트스트림을 생성 및 추출한다. 공간적 scalability를 위해 spatial decimation 및 interpolation, 시간적 scalability를 위해 MCTF 및 hierarchical B pictures, 화질 scalability를 위해 CGS (Coarse Grain Scalability) 및 FGS (Fine Granular Scalability)에 의해 수행되어진다.

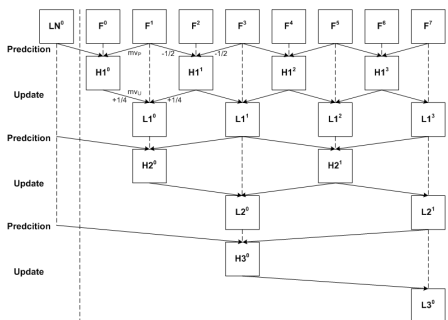


그림 1. H.264/AVC SE의 MCTF 구조

입력 영상의 공간적 spatial decimation을 통한 공간적 기본계층과 향상계층들에 대해서 각각 독립적으로 화면간 예측 방법과 함께 MCTF에 의한 시간축으로의 영상 분해 과정 및 화면 내 예측을 수행한다. 낮은 공

간적 계층으로부터의 움직임 예측 정보는 높은 공간적 계층의 움직임 예측을 위해 사용되어진다. 공간적 계층들 사이에 존재하는 텍스처 정보들의 중복성을 제거하기 위해 기본 계층으로부터 향상계층으로의 spatial interpolation을 통해 텍스처 정보들의 차이 값을 구한 후, 향상계층들은 이러한 차이 값들을 이용하여 정수 4x4 DCT, 양자화 그리고 엔트로피 부호화 과정인 CAVLC/CABAC을 통하여 부호화된다. 그리고 CGS/FGS에 의해 화질 향상계층은 기본계층과 향상계층들 사이의 양자화 차이 값들로 이루어져 부호화된다. 추출기는 수신단의 전송 통신망과 단말의 상태에 따라 공간적, 시간적, 화질의 기본계층과 향상계층들의 적절한 조합을 통하여 다양한 비트스트림을 생성 및 추출함으로써 scalability를 제공하게 된다.

2.2 MCTF

MCTF는 J. R. Ohm에 의해 처음으로 제안된 알고리즘으로[8], 영상들을 시간축으로의 중복성을 제거하기 위한 기술로 그림 2와 같은 피라미드형 분해 구조를 갖는다.

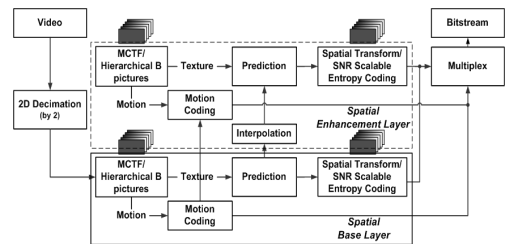


그림 2. H.264/AVC SE 부호화기의 구조

그림 2와 같이, H.264/AVC SE는 고정된 GOP 단위로 Haar와 5/3 필터의 리프팅 기반 MCTF를 적용하고 있으며, 각 레벨(Level)에 대해 예측 및 갱신 과정을 수행하여 각각 고주파 영상과 저주파 영상을 생성한다. 예측 과정은 현재 영상을 기준으로 이전과 이후의 영상을 참조하여 움직임 ME/MC 과정을 통해 차영상 즉 고주파 영상을 만들어낸다. 갱신 과정은 이전의 예측 과정에서 구한 움직임 벡터를 이용하여 고주파 성분이 제거된 저주파 영상을 생성한다. 이와 같은 예측 및 갱신 과정은 각 레벨에 대해 수행되어지며 GOP=2^N일 경우, N 레벨까지 수행하고 마지막 레벨의 저주파 영상과 각 레벨의 고주파 영상이 부호화기의 다음 단계로 이동한다. 최종적인 저주파 영상은 다음 GOP의 MCTF를 수행할 시 예측 과정을 위해 사용되며, 복호화 시 이러한 영상들의 선택적인 추출로부터

시간적 scalability가 제공된다.

III. MCTF의 재구성

3.1 리프팅 연산의 재구성

리프팅 연산이 수행되는 절차를 도식적으로 나타내면 그림 3과 같다. (5,3) 필터를 이용한 리프팅은 리프팅 계수만 다르고 방식은 동일한 총 4단계의 곱셈과 덧셈과정을 거치는데, 이를 식 (1)~(5)에 나타냈다. 식 (8)의 결과는 식 (9)의 스케일링 과정을 거친다.

$$d_i^{(1)} = d_i^{(0)} + \alpha (s_i^{(0)} + s_{i+1}^{(0)}) \quad (5)$$

$$s_i^{(1)} = s_i^{(0)} + \beta (d_i^{(1)} + d_{i-1}^{(1)}) \quad (6)$$

$$d_i^{(2)} = d_i^{(1)} + \gamma (s_i^{(1)} + s_{i+1}^{(1)}) \quad (7)$$

$$s_i^{(2)} = s_i^{(1)} + \beta (d_i^{(2)} + d_{i-1}^{(2)}) \quad (8)$$

$$s_i = \zeta s_i^{(2)}, d_i = d_i^{(2)} / \zeta \quad (9)$$

여기서 $s_i^{(0)}$ 과 $d_i^{(0)}$ 는 각각 F_{2i} 과 F_{2i+1} 에 해당한다.

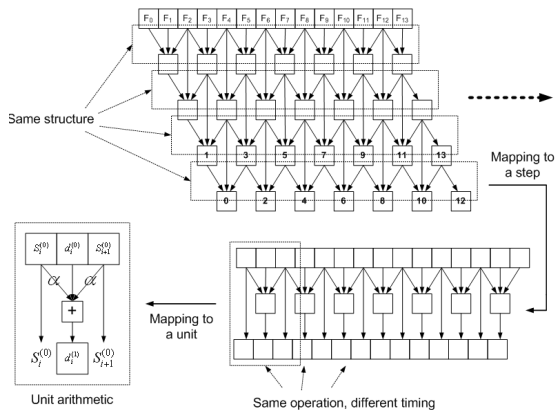


그림 3. MCTF의 구조사상을 통한 단위연산

리프팅은 동일한 연산구조를 가지므로 그림 3의 오른쪽 아래와 같은 하나의 단계로 대체시킬 수 있다. 마지막으로 하나의 단계로 사상된 리프팅 연산은 동일한 구조를 가지고 동일한 연산을 수행하면서 시간적으로 중복되지 않으므로 그림 3의 왼쪽 아래와 같은 하나의 단위 연산으로 사상될 수 있다. 이 경우 연속적으로 입력되는 데이터를 처리할 수 있어야 하는 기본사항을 만족시켜야 하는데, 그림 4에서 단위 연산을 시간에 따라 겹치지 않으면서 입력되는 데이터에 대해 MCTF 연산을 수행할 수 있도록 재구성하는 과정을 그림 4에 나타냈다. 그림 4에 나타낸 MCTF 연산과정을 그림 5에 자세히 나타내었다. 그림 5의 연산과정은

H/W 구현을 대상으로 하고 있고, 시간적으로 연속된 비디오 신호를 처리하는 프레임 단위의 실시간 MCTF 연산 방식을 제안하고 있다.

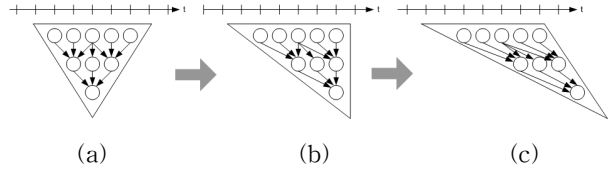


그림 4. MCTF 연산의 시간 재구성 (a) 원래의 연산 방식 (b) 인과시스템의 구조 (c) 연속된 비디오 처리를 위한 구조

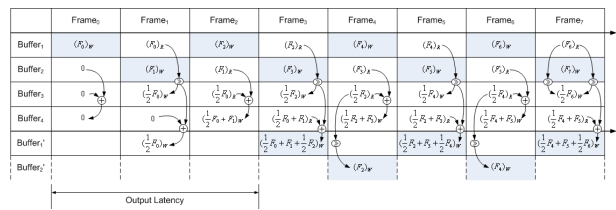


그림 5. 프레임 단위 MCTF 연산의 재구성

3.2 제안한 MCTF의 구조

MCTF는 비디오 프레임간의 상관성을 제거하는 기술의 일종으로 시간적인 순서를 고려할 때 다수의 비디오 프레임에 대한 비인과성 시스템에 해당하므로 소프트웨어 및 하드웨어 구현 시에 프레임 버퍼링을 위한 대기지연시간이 매우 길고 대용량의 프레임 버퍼를 요구하는 단점이 있다. 따라서 이러한 비인과성 시스템을 인과성 시스템으로 재구성하고 구현이 용이한 구조가 필요하다. 동일한 구조의 반복적인 연산을 통해서 수행되는 리프팅의 특성을 이용하여 단위 연산을 수행할 수 있는 프레임 처리 셀을 제안하고 이를 확장하여 전체 MCTF 프레임 버퍼링 구조를 재구성하였다. 먼저, 리프팅 연산의 동작 순서를 분석하고 하드웨어의 구현을 고려한 인과성을 부여한 후 단위 프레임 처리를 위한 셀을 최적화하였다. 제안한 셀의 단순한 확장을 통해서 리프팅 커널을 구성하고, 이를 이용하여 그림 6과 같이 SVC를 위한 MCTF cell의 구조를 제안하였다.

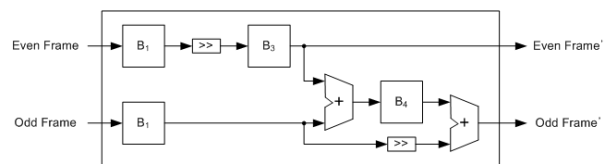


그림 6. MCTF cell의 구조

IV. 하드웨어 결과

제안한 MCTF의 연산방식과 cell의 구조를 이용하여 H/W를 구현하였다. 구현한 하드웨어의 구조를 특징에 따라서 그림 7, 8, 그리고 9에 나타내었다. 그리고 그림 10에는 MCTF cell 기반의 MCTF Kernel로 구성된 MCTF processor의 구조를 나타내고 있다. 제안된 H/W 구조는 셀 단위로 독립적인 동작이 가능하여 단순한 셀의 추가만으로 동작 및 성능의 확장이 가능하다. 본 논문에서 내부 메모리 혹은 버퍼는 SRAM을 가정하였고, 외부 메모리의 경우에는 고속의 SDRAM을 대상으로 하였다.

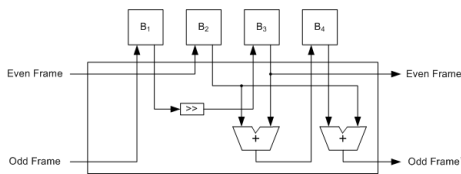


그림 7. 내부 메모리(버퍼)를 이용한 MCTF Cell의 H/W 구조

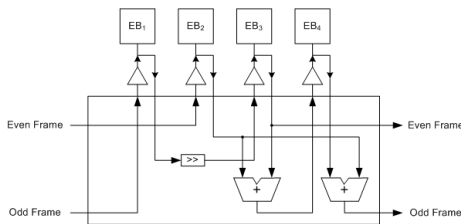


그림 8. 외부 메모리(SDRAM)를 이용한 MCTF cell의 H/W 구조

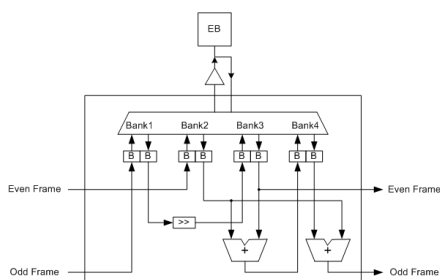


그림 9. 외부 메모리(SDRAM)를 이용한 MCTF cell의 H/W 구조

V. 결론 및 연구방향

본 논문에서는 SVC를 위한 새로운 MCTF 연산방식과 그에 따른 H/W 구조를 제안하였다. 프레임 단위 리프팅 연산의 특성을 분석하여 실시간으로 처리가 가

능한 연산 구조를 보였다. 구현한 MCTF 프로세서는 확장이 가능한 구조를 가지고 있기 때문에 다양한 temporal filtering이 가능하다. 입력 데이터율과 동일한 출력율을 가지면서 일정 대기시간 이후 필터링된 프레임은 연속적으로 출력할 수 있고, 기존의 알고리즘과 구조들에 비해 비교적 단순한 구조를 가지고 있다. 제안된 구조는 H/W의 구현이 용이하고 최적화된 메모리 사용율을 가져 최소화된 비용이 소모되므로 앞으로 H/264와의 통합을 통해 SVC를 구현하기 위한 좋은 솔루션이 될 수 있을 것으로 사료된다.

ACKNOWLEDGEMENT

본 논문은 2005년도 교육인적자원부, 산업자원부, 노동부의 출연금 및 보조금으로 수행한 최우수실험실지원사업의 연구결과입니다.

참고문헌

- [1] J. Bormans, J. Gelissen, and A. Perkis, "MPEG-21: The 21st Century Multimedia Framework", IEEE Trans. on Signal Processing Magazine, vol. 20, pp. 53-62. 2003.
- [2] ISO/IEC TR 21000-1:2001(E), "Part 1: Vision, Technologies and Strategy", 2000.
- [3] J. Reichel, H. Schwarz, and M. Wien, "Working Draft 3 of ISO/IEC 14496-10:2005/AMD1 Scalable Video Coding", ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 and ITU-T SG16 Q.6 Document N7310, 2005.
- [4] ISO/IEC 13818-2, "Generic Coding of moving pictures and associated audio information-Part 2: Video", also ITU-T Recommendation H.262, 1995.
- [5] ISO/IEC 14496-2, "Coding of audiovisual objects-Part 2: Visual", 1998.
- [6] ISO/IEC 14496-10 "Coding of Audiovisual Objects-Part 10: Advance Video Coding", 2003, also ITU-T Recommendation H.264 "Advanced Video Coding for Generic Audiovisual Services", 2003.

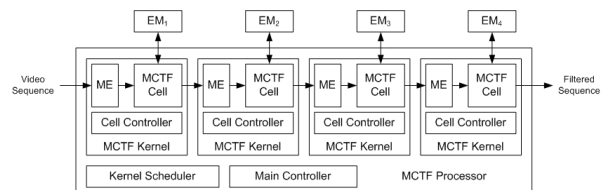


그림 10. MCTF processor의 H/W 구조