

H.264 움직임 추정의 고속 2D PE 아키텍처 설계 및 구현

이경호, *공진홍
 광운대학교 컴퓨터공학과
 e-mail : tyvex@kw.ac.kr, kongjh@kw.ac.kr

A design and implementation of high-performance 2D PE architecture in H.264 Motion Estimation

Kyung-Ho Lee, *Jin-Hyeung Kong
 Dept. of Computer Engineering
 Kwangwoon University

Abstract

This paper presents a high performance 2D PE architecture for H.264 Motion Estimation(ME). While existing 2D PE architectures reuse the overlapped data of adjacent search windows scanned in 1 or 3-way, the new architecture scan adjacent windows and multiple paths instead of single raster and zigzag scanning of adjacent windows in 4 way(up,down,left,right). By reducing the redundant access factor by 1.4, the new 4-way search window improve the memory bandwidth by 70~58% compared with 1/3-way search window. With Altera Stratix-III implementation, the high performance 2D PE architecture deals with SD(720×480) video of 2 reference frame, 48×48 search area and 16×16 macroblock by 30fps at 97.1MHz.

I. 서론

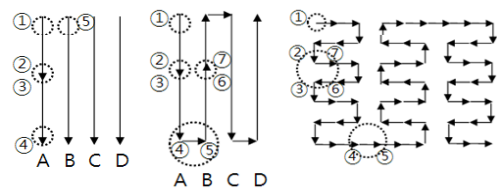
H.264 움직임 추정의 고속 병렬 연산은 2D PE(Processing Element)를 통해서 실시간 처리의 가능성을 확인 할 수 있었으나[1], 움직임 추정과정이 요구하는 매우 많은 양의 데이터를 참조 데이터에 대한 반복적 고속 검색 해야하는 필요성을 보이고 있다. 이를 개선하기 위해서는 메모리로부터 검색한 데이터를 내부에 저장시키고 이를 적절히 재사용함으로써 해결할 수 있다. 이와 같이 데이터 재사용을 위한 연구로 1 또는 3-방향 검색 윈도우가 제안되었다[2,3].

본 연구에서는 스캔경로 중간에서 인접한 스캔경로와의 연속적인 데이터 재사용을 가능토록 4방향 검색윈도우를 구현하였다. 4방향 검색윈도우의 2D PE

내부에는 입력레지스터, pe 어레이, 재사용 어레이 등으로 구성되어 있다. pe 어레이는 검색윈도우 단위로 현재/참조 데이터를 입력받아 절대차분 연산을 수행하며, 재사용 어레이와 함께 4방향 쉬프팅을 지원한다. 재사용 어레이는 인접 스캔경로의 검색윈도우 데이터의 재사용을 위한 연산 레지스터 배열로 구성된다.

II. 1/3/4 방향 검색윈도우 메모리대역폭

검색 영역 M×M, 매크로 블록 N×N 일 때, 그림 1(a) 1-방향 검색 윈도우는 (M=48, N=16)에 대하여 48×16×33 = 25,344개의 참조픽셀을 필요로 하며 11회 정도의 중복 검색 횟수를 보인다. 3-방향 검색 윈도우는 768+528×32 = 17,664개의 참조픽셀을 필요로 하며 7.7회 정도의 중복 검색 횟수를 보인다. 이들에 비해서 4-방향 검색 윈도우는 (M=48, N=16, ASR=3/11)일 때, 검색영역내의 모든 윈도우를 스캐닝하기 위해서는 864+624×10 = 7,104개와 1248+2×(832+176)=3,264개의 참조픽셀을 필요로 하며 3.1/1.4회 정도의 중복 검색 횟수를 보인다. 그림 2에서 4-방향(ASR=3/11) 검색 윈도우는 기존 1/3-방향 검색 윈도우 대비 60~87%정도 감소된 중복 검색 횟수를 보인다.



(a) 1방향 (b) 3방향(ASR : 1) (c) 4방향(ASR : 3)
 그림 1. 스캐닝 방법비교(ASR : Adjacent Scan-path Range)

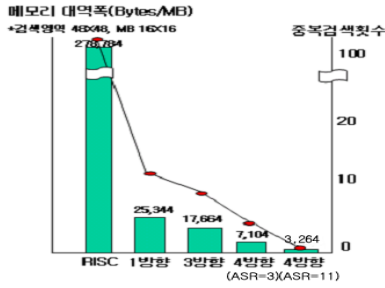


그림 2. 스캐닝 방법에 따른 메모리 대역폭

III. 고속 2D PE 아키텍처 설계

현재 데이터는 pe 어레이로 입력되며, 참조 데이터는 메모리로부터 pe 어레이 및 재사용 어레이로 입력된다. pe 어레이는 H.264 움직임추정의 N×N 매크로블록에 대해서 1:1 대응되는 픽셀 저장 및 연산어레이 블록을 구성하여 N²개의 현재 및 참조 데이터를 저장하고 절대 차분 값을 고속 병렬 처리할 수 있도록 한다. 따라서 재사용 어레이는 (ASR-1)×N의 인접스캔경로 데이터를 추가로 저장해서 pe어레이의 좌/우측 픽셀데이터의 재사용을 가능하게 하는 수평재사용 블록과 검색영역의 마지막 매크로블록에서 스캔방향이 역전될 때 연속적으로 좌/우측 픽셀데이터 재사용을 처리하는 ASR×N의 방향 전환 블록으로 구분된다. 2D PE 아키텍처는 매 사이클마다 하나의 16×16 블록에 대한 256개의 절대차분을 출력한다.

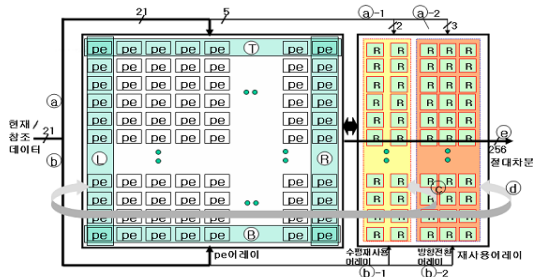
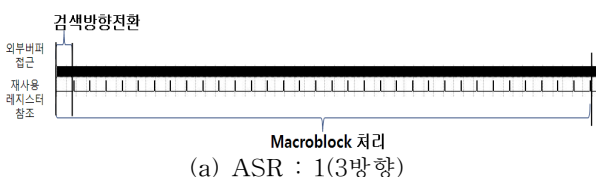


그림 3. 고속 2D PE 아키텍처

IV. 실험 및 고찰

그림 4(a)는 2D PE외부의 버퍼에서 참조데이터를 검색하는 입력 사이클이 연속적으로 요구되어 상대적으로 4(b)/(c)에 비해서 3 및 11배의 광대역 메모리 밴드를 요구하게 된다. 실제로 4방향의 4(b)/(c)는 참조 데이터를 검색하기 위한 재사용 사이클을 2D PE재사용 레지스터로부터 연속적으로 요구하기 때문에 버퍼로부터의 입력 사이클보다 고속화가 가능하다.



(a) ASR : 1(3방향)

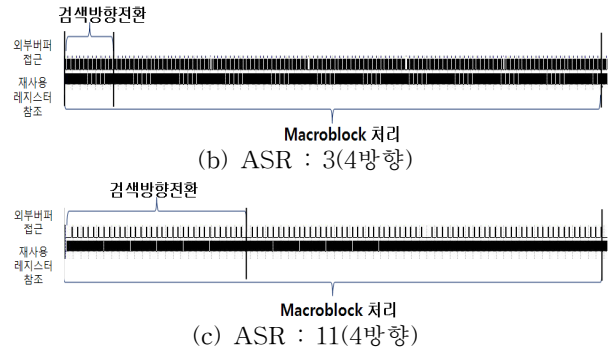


그림 4. 검색범위에 따른 타이밍 다이어그램

V. 결론

본 연구에서는 고속 H.264 움직임추정의 메모리 대역폭을 개선하기 위하여, 참조 데이터의 재사용을 증가시킬 수 있는 4방향 검색인도우를 포함한 2D PE 구조 및 동작을 설계하였다. 고속 2D PE아키텍처는 Altera Stratix-III에 구현되어 참조프레임 2장, 검색영역 48×48, 매크로블록 16×16의 조건에서 97.1MHz의 동작 주파수에서 SD(720×480)영상을 30fps로 실시간 처리할 수 있는 성능을 보였다.

Acknowledge

"본 논문은 지식경제부 출연금으로 ETRI, SoC산업진흥센터에서 수행한 IT SoC 핵심설계인력양성사업의 연구결과이며 2008년도 「서울시 산학연 협력사업」의 「나노IP/SoC설계기술혁신사업단」과 반도체설계교육센터(IDEC)의 지원으로 이루어졌습니다."

참고문헌

- [1] Minho Kim, Ingu Hwang, Soo-Ik Chae, "A Fast VLSI Architecture for Full-Search Variable Block Size Motion Estimation in MPEG-4 AVC/H.264", IEEE, Design Automation Conference, 2005 Proceedings of the ASP-DAC 2005 Asia and South Pacific, vol 1, pp. 631-634, Jan. 2005.
- [2] Ching-Yeh Chen, Shao-Yi Chien, Yu-Wen Huang, Tung-Chien Chen, Tu-Chih Wang, Liang-Gee Chen, "Analysis and Architecture Design of Variable Block-Size motion Estimation for H.264/AVC", IEEE, Circuits and Systems I: Regular Papers, IEEE Transactions, vol 53, pp. 578-593, March 2006.
- [3] Cao Wei, Mao Zhi Gang, "A Novel VLSI Architecture for VBSME in MPEG-4 AVC/H.264", IEEE Trans, Circuits and Systems Fundamental Theory and Applications, Vol 53, pp. 578- 593, March 2006.