

상이한 순서의 동시 입출력 동작시 주소변화패턴의 유한성 및 규칙성에 관한 연구

이건중*, 류광기*

*한밭대학교 정보통신전문대학원

e-mail: lgjkmj@gmail.com, kkryoo@hanbat.ac.kr

A Study on the Limitedness and Regularity of Addressing Patterns in a Concurrent Input/Output Access with Different Orders

Gunjoong Lee*, Kwangki Ryoo*

*Graduate School of Information and Communication,
Hanbat National University

요 약

영상신호처리와 같이 공간적 신호처리를 하는 실시간 신호처리시스템에서는 서로 다른 입출력 순서를 갖는 특정 크기의 블록 단위 신호처리가 요구된다. 다양한 영상압축코덱에 쓰이는 엔트로피 코딩을 위한 데이터 재정렬이 대표적인 예이다. 이 경우 동일 주소에 데이터를 읽고 쓰는 단일 버퍼링 방법이 저장 공간을 최소화 하는 최적의 방법이지만 상이하고 불규칙한 입출력 순서를 갖는 경우 이 방법을 적용할 경우 불규칙한 순서열이 이어지기 때문에 구현하기 어렵고 두 배의 저장 공간을 소모하는 이중 버퍼링 방법을 주로 사용한다. 본 논문에서는 불규칙한 순서열 변화를 보이는 임의의 상이한 입출력 순서를 갖는 동시 입출력 동작에서도 예측 가능한 유한한 횟수 안에 규칙적인 반복성이 나타남을 입증하고 자원을 최소화하는 단일 버퍼링 방법이 적용될 수 있음을 보였다.

1. 서론

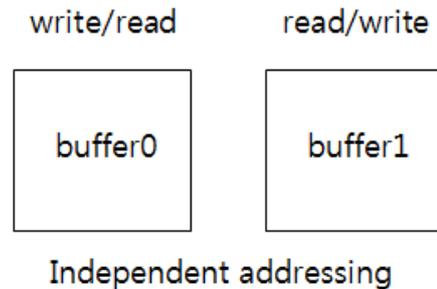
블록단위의 신호처리에서 신호의 입력과 출력순서가 다른 경우 필연적으로 신호를 저장하였다가 재정렬된 신호를 읽어내는 저장 장소가 필요하다. 특히 실시간 신호 처리를 해야 하는 영상처리시스템의 경우 신호의 대기는 곧 손실을 의미하므로 읽고 쓰기가 동시에 이루어질 필요가 있다.

단일 버퍼링은 공통의 주소에 읽기와 쓰기가 동시에 이루어지는 방법으로 버퍼의 크기를 최소화할 수 있는 방법이지만 복잡한 입출력 순서를 갖는 응용분야에서는 주소열이 매번 불규칙하게 변화하기 때문에 적용하기가 어렵다는 단점이 있다[1].

본 논문에서는 복잡한 순서를 갖는 입출력의 경우에도 갱신되는 순서열이 규칙성과 유한한 횟수 안에 예측 가능한 반복성을 나타냄을 입증하고 원래의 순서열로 되돌아 오기까지의 최소의 갱신 횟수를 구하는 방법을 제시하였다. 입증한 순서열의 규칙성과 유한성은 자원을 최소화 하는 단일 버퍼링이 입출력 순서의 임의성에 관계없이 하드웨어 구현에 용이하게 적용될 수 있다.

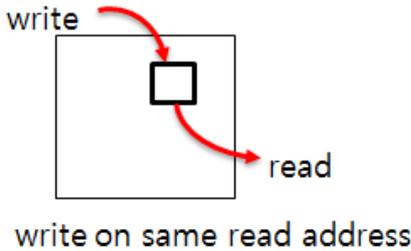
2. 이중 버퍼링과 단일 버퍼링

그림 1에서와 같이 블록 데이터의 입출력 순서 변환을 할 때 두 개의 동일 크기 버퍼를 사용하고 서로 입출력 동작의 순서를 번갈아 가며 수행하는 이중 버퍼링 방법은 입출력 순서의 불규칙성에 관계없이 일반적으로 사용될 수 있는 보편적인 방법이지만 처리하고자 하는 블록 데이터의 크기보다 두 배의 저장 장소가 필요하다는 단점이 있다[1].



(그림 1) 이중 버퍼링

데이터의 입출력 순서가 단순하고 주소갱신과정이 단순한 반복성을 갖는 특정 경우는 데이터를 읽어 내는 주소 공간에 데이터를 쓰는 동작을 동시에 수행함으로써 단일 블록 크기의 버퍼만으로도 입출력 순서를 변환시키는 그림 2와 같은 단일 버퍼링이 가능하다. JPEG, MPEG 등과 같은 영상압축코덱에서 쓰이는 이차원 DCT에 쓰이는 전치 메모리가 대표적인 예이다[2].



(그림 2) 단일 버퍼링

3. 상이하고 불규칙한 입출력 순서에서의 단일 버퍼링

입출력 순서가 불규칙하고 복잡한 경우 단일 버퍼링을 적용하면 매회 전체 주소가 전부 접근될 때마다 그 다음 적용할 순서열이 새로운 형태의 불규칙한 순서열로 갱신되기 때문에 일정한 형태의 하드웨어로 구현하기가 어렵게 된다. 표 1과 표 2는 각각 차세대 영상압축표준인 HEVC에서 사용되는 4x4 Diagonal Scan의 고정된 입출력 순서 대응관계와 이것을 단일 버퍼링 방법을 이용하여 구현할 경우 일어나는 순서열 변화를 나타내고 있는데 매번 블록을 읽고 쓰는 동작이 끝날 때마다 새로운 패턴의 불규칙적인 순서열이 적용됨을 보여 주고 있다[3].

<표 1> 4x4 Diagonal Scan의 입출력 순서 대응표

In	0	1	2	3	4	5	6	7
Out	0	4	1	8	5	2	12	9
In	8	9	10	11	12	13	14	15
Out	6	3	13	10	7	14	11	15

4 순서열의 규칙성과 반복성

불규칙한 입출력 순서를 갖는 순서변환블록에 단일 버퍼링을 적용하였을 때 각 입출력 순서와 갱신되는 순서열에는 다음과 같은 특성이 있음을 알 수 있다.

[특성 1] 입력순서와 출력순서는 고정된 대응관계를 유지한다.

특성 1에 의해 n번째 처리된 물리적 주소는 다음 차례에는 항상 고정된 m번째 순서에 처리가 된다. 예를 들면 표 2에서 첫 번째 순서열이 갱신되었을 때 4번째 처리된

주소 1이 다음번에는 표 1에서 볼 수 있듯이 4번째에 대응되는 5번째 순서로 처리됨을 알 수 있다.

[특성 2] 1회의 블록처리에서 모든 주소는 단 한번만 그라나 빠짐없이 접근된다.

<표 2> 4x4 Diagonal Scan에서의 순서열 갱신

주소	순서열 갱신 횟수												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	4	5	2	1	4	5	2	1	4	5	2	1	
2	1	4	5	2	1	4	5	2	1	4	5	2	
3	8	6	12	7	9	3	8	6	12	7	9	3	
4	5	2	1	4	5	2	1	4	5	2	1	4	
5	2	1	4	5	2	1	4	5	2	1	4	5	
6	12	7	9	3	8	6	12	7	9	3	8	6	
7	9	3	8	6	12	7	9	3	8	6	12	7	
8	6	12	7	9	3	8	6	12	7	9	3	8	
9	3	8	6	12	7	9	3	8	6	12	7	9	
10	13	14	11	10	13	14	11	19	13	14	11	10	
11	10	13	14	11	10	13	14	11	10	13	14	11	
12	7	9	3	8	6	12	7	9	3	8	6	12	
13	14	11	10	13	14	11	10	13	14	11	10	13	
14	11	10	13	14	11	10	13	14	11	10	13	14	
15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	

특성 1과 특성 2에 의해 각 물리적 주소의 변화패턴은 주어진 블록의 데이터 수를 최대값으로 하는 고정된 집합을 이루고 그 패턴은 반복됨을 알 수 있다. 표 2에서 주소 8의 경우를 보면 8,6,12,7,9,3이 반복됨을 알 수 있고 이것은 특성 1에 근거를 둔다. 한편 모든 주소는 한 번만 접근되고 개수는 고정되어 있으므로 이 경우는 반복되는 순서열이 16보다 작은 숫자를 가짐을 알 수 있다.

표 3은 4x4 Zigzag Scan의 각 주소가 단일 버퍼링을 적용할 때 갖게 되는 각 주소에 따르는 순서열의 집합을 나타낸 것으로 위와 같은 특징을 나타낸다.

5. 유한한 횟수 내에서 전체 순서열의 반복성 예측 및 검증

앞서 4x4 Zigzag Scan의 경우를 들어 불규칙한 입출력 순서열의 경우라도 각 물리적 주소는 일정한 크기와 패턴을 보이며 처리순서가 반복됨을 보였다. 이것은 각 물리적 주소가 정해진 횟수 안에 원래의 순서로 돌아옴을 의미하며 전체 순서열 역시 모든 물리적 주소 패턴이 동시에 처음의 순서로 돌아오게 된다면 그 순서에 마찬가지로 처음의 형태로 돌아오게 됨을 알 수 있다. 따라서 각 물리적 주소가 같은 반복되는 패턴의 크기의 최소공배수를 구하

게 되면 전체 순서열이 몇 번의 갱신과정을 거친 후 처음의 순서열로 돌아오게 되는지를 구할 수 있다.

표 3의 4x4 Diagonal Scan의 경우를 보면 각 물리적 주소가 갖는 순서열 집합의 크기는 1,4,6 세 가지이고 이 숫자들의 최소공배수를 구하면 몇 번의 갱신 후에 처음의 순서열로 돌아오게 되는지를 구할 수 있다. 이 경우 최소공배수는 12가 되며 실제로 표 1에서 확인할 수 있듯이 12번의 순서열 갱신과정이 끝나면 정확히 처음의 순서열로 돌아오게 되고 그 이후는 동일한 과정을 반복하게 된다.

표 4는 위와 같은 방법을 사용하여 JPEG, MPEG, H.264, HEVC 등의 영상압축표준에 쓰이는 다양한 불규칙한 순서열을 갖는 Scan블록에서 각 물리적 주소가 갖는 순서열 집합의 크기와 그것을 이용하여 구한 원래의 순서열로 돌아오는데 까지 걸리는 순서열의 갱신 횟수를 구한 표이다[3-5].

<표 3> 4x4 Diagonal Scan의 물리적 주소가 가질 수 있는 순서열 집합 및 집합의 크기

주소	순서						크기
	0	1	2	3	4	5	
0	0						1
1	1	4	5	2			4
2	2	1	4	5			4
3	3	8	6	12	7	9	6
4	4	5	2	1			4
5	5	2	1	4			4
6	6	12	7	9	3	8	6
7	7	9	3	8	6	12	6
8	8	6	12	7	9	3	6
9	9	3	8	6	12	7	6
10	10	13	14	11			4
11	11	10	13	14			4
12	12	7	9	3	8	6	6
13	13	14	11	10			4
14	14	11	10	13			4
15	15						1

<표 4> 각종 Scan 블록에서의 순서열 변화의 반복성

Scan 종류	순서열 집합의 크기	처음 순서열로 돌아올 때까지 최소갱신횟수 (최소공배수)
Zigzag 4x4	1,3,6	6
Zigzag 4x4 field	1,2,6	6
Diagonal 4x4	1,4,6	12
Zigzag 8x8	1,2,8,17	136

C program을 통하여 실제로 갱신되는 순서열과 표 4에서 예측한 결과가 일치함을 확인할 수 있었다.

6. 결론

지금까지 불규칙한 입출력 순서를 보이는 순서변환블록은 예측이 어려운 순서열 변화 패턴을 보이기 때문에 메모리 자원을 최소화하는 단일 버퍼링 방법을 쓰기 어렵다고 알려져 왔다. 본 논문에서는 임의의 입출력 순서를 보이는 순서변환블록에서도 순서열 변화가 규칙적이고 반복적인 형태를 가짐을 보이고 그것을 예측하는 방법을 제시함으로써 최적의 방법인 단일 버퍼링을 적용할 수 있는 근거를 제시하였다.

감사의 글

본 논문은 교육과학부와 한국연구재단의 지역혁신인력양성사업 및 지식경제부 출연금으로 수행한 ETRI SW-SoC 융합 R&BD 센터와의 공동 연구의 결과입니다.

참고문헌

- [1] 이건중, et. al., “간접 주소접근 방법을 이용한 효율적인 Zigzag Scanning 하드웨어 설계,” 대한전자공학회 대전충남지부학술대회, 대전, 2011.
- [2] Jun Rim Choi, et. al., “A 400MPixel/s IDCT for HDTV by Multibit Coding and Group Symmetry,” in Proc. ISSCC, San Francisco, CA, 1997.
- [3] *High efficiency video coding text specification draft 8*, JCT-VC of ITU-T SG6 WP3 and ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, July. 2012
- [4] Pennenbaker W. B. "JPEG Still Image Data Compression Standard", New York: Van Nostrand Reinhold, 1993.
- [5] *Advanced Video Coding for Generic Audiovisual Services*, ITU-T Rec. H.264 and ISO/IEC 14496-10 (MPEG-4,AVC), ITU-T and ISO/IEC JTC 1, Version 13: Mar. 2010